YER 2018

Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu

Editörler

Cengiz KUZU

Hakan TUNÇDEMİR

Neslihan OCAKOĞLU GÖKAŞAN

Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı,
YER 2018, Maslak, İstanbul, 11 Haziran 2018.

Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri ve Sergisi

YER 2018

Editörler

Cengiz Kuzu, Hakan Tunçdemir, Neslihan Ocakoğlu Gökaşan
İTÜ Maden Fakültesi

e-ISBN: 978-975-561-495-3

http://web.itu.edu.tr/~madendek/YER2018BildirilerKitabi.pdf

Baskı: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi, Maden Fakültesi
34469 Maslak-Sarıyer İstanbul

Ağustos 2018

Tel: +90 212 285 6060
Belgeç: +90 212 285 6080

www.mines.itu.edu.tr
madendek@itu.edu.tr

"HAYATTA EN HAKİKİ
MÜRŞİT İLİMDİR FENDİR,
İLİM VE FENDEN BAŞKA
YOL GÖSTERİCİ ARAMAK
GAFLETTİR, DALALETTİR,
CEHALETTİR."

DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Cengiz Kuzu (Maden Fakültesi Dekanı)
Doç. Dr. Hakan Tunçdemir *(Dekan Yrd.)*
Doç. Dr. Neslihan Ocakoğlu Gökaşan *(Dekan Yrd.)*
Prof. Dr. Hanifi Çopur(Maden Müh. Böl. Bşk.)
Prof. Dr. Ziyadin Çakır (Jeoloji Müh. Böl. Bşk.)
Doç. Dr. Gürşat Altun (Petrol ve Doğal Gaz Müh. Böl. Bşk.)
Prof. Dr. Argun Kocaoğlu (Jeofizik Müh. Böl. Bşk.)
Prof. Dr. Ayhan Ali Sirkeci (Cevher Hazırlama Müh. Böl. Bşk)

YÜRÜTME KURULU

Doç. Dr. Hakan Tunçdemir (Dekan Yrd.)
Doç. Dr. Neslihan Ocakoğlu Gökaşan (Dekan Yrd.)
Nurcan Sarpen (Maden Fak. Sekr.)
Doç. Dr. Gonca Örgülü
Doç.Dr. Olgaç Kangal
Doç.Dr. K. Kadir Eriş
Doç. Dr. Cüneyt Atilla Öztürk
Dr. Öğr. Üyesi Demet Kıran Yıldırım
Dr. Öğr. Üyesi İhsan Murat Gök
Dr. Öğr. Üyesi Kayhan Develi
Y. Müh. Dr. Onur Güven
Araş.Gör. Kürşat Hasözdemir
Araş.Gör. Ufuk Cemali Çalışkan
Araş.Gör. Ali Tuğcan Ünlüer
Araş. Gör. Dilek Karapınar
Araş.Gör. Mehmet Emin Onay
Araş.Gör. Muhammed Sait Ergül
Araş.Gör. Nevra Bulut
Araş.Gör. Serkan Üner
Araş.Gör. Mete Tayhan Serdengeçti
Araş.Gör. Zeynep Üçerler

Bilim Kurulu

Maden Mühendisliği Bölümü
Prof. Dr. Cengiz KUZU
Prof. Dr. Hanifi ÇOPUR
Prof. Dr. Erkin NASUF
Prof. Dr. Gündüz ÖKTEN
Prof. Dr. Selamet ERÇELEBİ
Prof. Dr. Hasan ERGİN
Prof. Dr. Cemal BALCI
Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR
Doç. Dr. Ömür ACAROĞLU ERGÜN
Doç. Dr. Türker HÜDAVERDİ
Doç. Dr. C. Atilla ÖZTÜRK
Doç. Dr. Abdullah FİŞNE
Doç. Dr. Deniz TUMAÇ
Dr. Y.Müh. İ. Cengiz KIRMANLI

Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Prof. Dr. Ziyadin ÇAKIR
Prof. Dr. A.M. Celal ŞENGÖR
Prof. Dr. Aral OKAY
Prof. Dr. Sezai KIRIKOĞLU
Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL
Prof. Dr. Okan TÜYSÜZ
Prof. Dr. Fahri ESENLİ
Prof. Dr. Fikret SUNER
Prof. Dr. Ali Haydar GÜLTEKİN
Prof. Dr. Yüksel ÖRGÜN
Prof. Dr. Fuat YAVUZ
Prof. Dr. Ercan ÖZCAN
Prof. Dr. Boris NATALINE
Prof. Dr. Can GENÇ
Prof. Dr. Nilgün OKAY
Prof. Dr. Serdar AKYÜZ
Prof. Dr. Şafak ALTUNKAYNAK
Prof. Dr. Zekiye KARACIK
Prof. Dr. Cenk YALTIRAK
Prof. Dr. Murat BUDAKOĞLU
Prof. Dr. Nurgül Çelik BALCI
Prof. Dr. Emin ÇİFÇİ
Doç. Dr. Mustafa KUMRAL
Doç. Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU
Doç. Dr. E. Vural YAVUZ
Doç. Dr. Gürsel SUNAL
Doç. Dr. K. Kadir ERİŞ
Öğr. Üyesi Dr. Erkan BOZKURTOĞLU
Öğr. Üyesi Dr. Kayhan DEVELİ
Öğr. Üyesi Dr.Şenel ÖZDAMAR
Öğr. Üyesi Dr. Demet KIRAN YILDIRIM
Öğr. Üyesi Dr. Cengiz ZABCI
Arş. Gör. Dr. Ufuk TARI
Arş. Gör. Dr. Ümmühan SANCAR
Dr. Y.Müh. Orhan YAVUZ

Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü
Doç. Dr. Gürşat ALTUN
Doç. Dr. Ömer İnanç TÜREYEN
Doç. Dr. Murat ÇINAR
Öğr. Üyesi Dr. Metin MIHÇAKAN
Öğr. Üyesi Dr. Şenol YAMANLAR
Öğr. Üyesi Dr. M. Hakan ÖZYURTKAN
Öğr. Üyesi Dr. Emine Didem KORKMAZ BAŞEL
Öğr. Üyesi Dr. İhsan Murat GÖK
Arş. Gör. Dr. Yıldıray PALABIYIK

Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Prof. Dr. Argun KOCAOĞLU
Prof. Dr. Tuncay TAYMAZ
Prof. Dr. İlyas ÇAĞLAR
Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ
Prof. Dr. Aysun GÜNEY
Prof. Dr. Hülya KURT
Doç. Dr. Turgay İŞSEVEN
Doç. Dr. Gonca ÖRGÜLÜ
Doç. Dr. Neslihan OCAKOĞLU GÖKAŞAN
Doç. Dr. Doğa DÜŞÜNÜR DOĞAN
Doç. Dr. Seda YOLSAL ÇEVİKBİLEN
Öğr. Üyesi Dr.Caner İMREN
Öğr. Üyesi Dr.Tuna EKEN

Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü
Prof. Dr. Ayhan Ali SİRKECİ
Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK
Prof. Dr. Fatma ARSLAN
Prof. Dr. Neşet ACARKAN
Prof. Dr. Ali GÜNEY
Prof. Dr. Hayrünnisa DİNÇER ATEŞOK
Prof. Dr. Gülay BULUT
Prof. Dr. Alim GÜL
Prof. Dr. A. Ekrem YÜCE
Doç. Dr. Feridun BOYLU
Doç. Dr. Murat Olgaç KANGAL
Doç. Dr. Birgül BENLİ
Doç. Dr. Fırat KARAKAŞ
Öğr. Üyesi Dr. K. Tahsin PEREK
Öğr. Üyesi Dr. Fırat BURAT
Dr. Y.Müh. Mustafa ÖZER
Dr. Y.Müh. Onur GÜVEN

Önsöz

"**YER2018, Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu ve Sergisi**" İTÜ Rektörü 'nün katılımı ve yoğun bir fakülte ilgisi ile açılmış; DSİ, Eczacıbaşı ESAN, Yılmaden ve Straton Madencilik 'ten konuşmacıların kendi alanları ile ilgili konularda yaptıkları sunumlar ile zenginleşmiştir.

Bilindiği üzere **YER Sempozyumları,** Fakültemiz Bölümleri 'nden yıl içinde mezun olan öğrenciler ile tez danışmanlarının yoğun emek harcayarak ürettikleri bitirme çalışmalarının bilim camiası ile paylaşılması amacıyla her yıl Haziran ayında düzenlenmektedir. Bu yıl da bölüm başkanlıkları ve ilgili komisyonları tarafından seçilen 33 öğrencimizin posterlerini sergilediği, 5 öğrencimizin de sunum yaparak yer bilimleri camiasıyla buluştuğu sempozyum, ayrıca sektörden katılan temsilcilerle akademik şölen mahiyetinde icra edilmiştir.

Bu poster ve sunumların üretildiği tezler de dahil olmak üzere, **YER2018** çerçevesinde Maden Fakültesi Bölümleri 'nin bitirme tezlerinden tam metinli bildiriler üretilmiş ve bu sempozyum kitabında toplanmıştır. Oldukça kapsamlı yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarının yanında özgün tasarım ile çözümleme yöntemleri içeren tezler ve bunların özünü yansıtan bildirilerin sayısının fazlalığı da yapılan emek yoğun çalışmaları göstermesi bakımından önemlidir. Maden Mühendisliği Bölümü 38, Jeofizik Mühendisliği Bölümü 32, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü 22 bildiriyle ve birden fazla öğrenci grubuyla oluşturulmuş takım çalışması mahiyetindeki çalışmalarıyla Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü 19 ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü ise 13 bildiriyle sempozyuma katkı sağlamıştır.

Sempozyum kitabında yer alan bildirilerin tümü de bilimsel kurul görevi yapan bölüm jürilerinin denetiminden geçmişlerdir. Bu sebeple üretilen bildirilerin diğer sempozyumlardan farklı olarak bir çok akademisyenimizin ekstra onay ve değerlendirmesinden geçmiş olduğu görülmekte ve yapılan çalışmaların üst seviyeli çalışmalar olduğu düşünülmektedir.

Yer bilimleri alanında ifa edilen akademik bitirme çalışmaları emek yoğun ve aynı zamanda bilimsel sistematik gerektirmekte ve öğrenciler, araştırma görevlileri ve danışmanları bir araya getirmektedir. Üretilen "**Bitirme Tasarım Projeleri**" ise bir mesleğin üstün nitelikli olarak ilk uygulamaları olmaktadır. Bu nedenle bu bitirme çalışmalarının özünü yansıtan faaliyetler fakültemizce çok önemsenmekte ve söz konusu çalışmaların daha da kapsamlı ve fayda sağlayan takım çalışmaları şeklinde olması için azami çaba gösterilmektedir.

"**YER2018, Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu ve Sergisi**" nde, yoğun emek harcayan "**Bilim Kurulu**", "**Düzenleme Kurulu**" ve "**Yürütme Kurulu**" üyelerine ayrıca teşekkür eder, üretilen çalışmaların daha sonra bu türden çalışmaları yapacak öğrenci ve akademisyenler için yol açıcı olacağına inancımı da vurgulamak isterim. **YER2019** 'da buluşmak üzere !

Prof. Dr. Cengiz Kuzu, Maden Fakültesi Dekanı

Ağustos 2018

İÇİNDEKİLER

MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ 23

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Ş.A. Kantarcı, C. A. Öztürk; Yeraltı Açıklıklarının Tahkimatında Kullanılan Jeoteknik Ayna 25
Raporlama Sisteminin Yazılımlaştırılması ve Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemi ile İntegrasyonu

E. Birol; Garp Linyitleri İşletmesi Tavşanlı-Tunçbilek Havzası'ndaki Rehabilitasyon ve 29
Ağaçlandırma Çalışmalarının İncelenmesi ve Önerileri

M. F. Çengel, D. Tumaç; Fethiye Mermer Gökben Ocağındaki Elmas Tel Kesme Makinelerinin 33
Performanslarının İncelenmesi

S. İskenderov, C. Balcı; Bakırköy Kirazlı Metro Tünelinde EPB TBM'in PerformansAnalizi 37

O. C. Küçük, C. A. Öztürk; Eczabaşı-Esan'a Ait Kurşun Çinko Maden İşletmesi Jeoteknik 41
Etüt İşleri ve Tahkimat Tasarımı

O. Çelik, T. Hüdaverdi; Evaluation of Drilling-Blasting Operations in Akdağlar Mining Inc. 45

A. Orhan, H. Tunçdemir, C. Erdoğan; Bazı NATM Tünellerinde Proktor Penetrometre 49
Testlerinin Analizi

S. Yaramış, H. Çopur; Performance Analysis of the EPB TBM used in Bakirkoy-Kirazli Metro Tunnel 53

O. Gürtürk, H. Tunçdemir, C. Erdoğan; Determination of Abrasion and Partition Resistance 57
of Akdağlar Mining Ayazağa Aggregates

E. Aydın, O. Esen, A. Soylu, A. Fişne; The Assessment of the Ventilation System in Aspects of 61
Quality and Quantity in Eczacibasi Esan Lead Zinc Mine in Balıkesir- Balya Region

B. Korkmaz, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız; Evaluation of Multi-Row Blasting Operations in the 66
Koza Altın İşletmeleri A.Ş. Eskişehir Kaymaz Open Pit Mine

A. Güldaş, M. Lashgari, C.A. Öztürk; Kastamonu Hanönü Bakır Madeni, Açık İşletme Şev Stabilite 72
Çalışmalarının Araştırılması

E. Çetin, D. Tumaç, A. S.Mamaghani, Y. Türkmen; Yardımsız Kesme Koşullarında Minyatür Konik Keskilerin Performans Analizi 77

D. Ayhan, H. Çopur; Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattı Kabataş Tüneli'nde Kullanılan Hidrolik Kırıcının Performans Analizi 83

Y. Türkmen, D. Tumaç, A. S. Mamaghani, E.Çetin; Yardımlı Kesme Koşullarında Minyatür Konik Keski Performans Analizi 89

A.Gümüş, T. Hüdaverdi; Eti Bakır A.Ş Küre Yeraltı Bakır Madeni İşletmesi Delme ve Patlatma Faaliyetlerinin Değerlendirilmesi 95

A.Ersöz, C. Erdoğan, C. A. Öztürk ; Bigadiç Bor İşletmeleri Simav Açık Ocağı Şev Stabilite Araştırmalarının Yapılması 100

B. Türker, M. Toker, H. Ergin; Çimento Hammadde Öğütme Sistemlerinin İncelenmesi ve Traçim Çimento Fabrikasında Performans Analizi 105

A.H. Coşan, C. Balcı; Kabataş-Mecidiyeköy Metro Projesi Kabataş Şantiyesinde Çalışan Pasa Basınçlı Tünel Açma Makinesinin (EPB/TBM) Kazı Performans Analizi 110

M.C. Erbağcı, A. Fişne, A. Soylu; Investigation of Auxiliary Ventilation System in Imbat Mining Eynez Quarry 114

M.B. Yiğit, D. Tumaç, A. S. Mannghani; Gayrettepe Üçüncü Havalimanı Metro Projesinde Kullanılan Darbeli Kırıcı Performans Analizi 120

N.Ramadhan, T.Hudaverdi ;Investigation Of The Sublevel Stoping Opeartion In Dundee Precious Metals Chelopech Mine Bulgaria Dundee Precious Metals 126

B.Abdyyev, T.Hüdaverdi, Ö.Akyıldız; Eti Maden Bigadiç Bor İşletmesinde Delme Patlatma İşlerinin Etüdü 131

B.Coşkun, A. Fişne, A. Soylu; Eti Bakır A.Ş. Kastamonu Küre Yeraltı Bakır Madeninin Havalandırma Sistemlerinin İncelenmesi 136

Ç. Güley,Ö. Akyıldız,T. Hüdaverdi; Akdağlar Ocağında Patlatma Tasarımının ve Ateşleme Sisteminin İncelenmesi 140

D. Duran, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız; Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Cebeci Tüneli Patlatma Tasarımının Bilgisayar Destekli Analizi 144

D. Bayram, H. Çopur; DSİ Ankara İçmesuyu 2. Merhale Projesi, Gerede Tünelinde Hibrit TBM'in Performans Analizi 148

E. Özmek, H. Tunçdemir, C. Erdoğan; Çamlıca – Libadiye Karayolu Tüneli Tahkimat İşlerinin İncelenmesi 155

E. Dak, H. Çopur; Kuzey Marmara Otoyolu Cebeci Tüneli NATM Hidrolik Kırıcı Performans Analizi 160

G. Balcı, C. Balcı**;** Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattı Kabataş İstasyonundaki Hidrolik Kırıcının Performans Analizi 166

G. Kotel, C. Erdoğan, C. A. Öztürk**;** Barit Maden Türk A.Ş Şekeroba Yeraltı İşletmesi Ana Nakliyat Galerisi Tahkimat Sistemlerinin Etüdü 172

H. Ülger, H. Tunçdemir, U. Çalışkan; Mecidiyeköy - Kabataş Metro Hattı Tünel Tahkimat Sistemleri Etüdü 177

M. İ. Odabaşı, H. Tunçdemir; Eti Küre Bakır Madeninin Üretim Galerilerindeki Tahkimat Sistemlerinin İş Zaman Analizi 181

J. EL-Maaly, S.G. Erçelebi, K. Hasözdemir; Şev Stabilite Analizi - Guelb Moghrein Açık Ocağı 186

M.O. Tunç, C. Balcı; Kabataş Mecidiyeköy Metro Hattı TBM Performans Analizi 191

M. Eroğlu, C. Erdoğan, C. A. Öztürk; Modelling The Stress – Deformation Relationship of Underground Openings at Gümüştaş Mining A.Ş. Gümüşhane Site In The Scope Of Support Design 195

M. Şen, C. A. Öztürk; Çayeli Bakır İşletmesindeki Yeraltı Formasyonlarının İncelenmesi, Tahkimat Tasarımları ve Nümerik Yöntemler İle Analizi 200

S. Tanrıverdi, H. Çopur; Effects Of Devitation From Directıon And Spiral Curve to Epb-Tbm Performance in Bostancı-Dudullu Subway Tunnel 204

T. Kartal, H. Çopur; Tuzla Akfırat Atık Su Tüneli'nde İşletme Şaftları Arası Optimum Mesafenin Belirlenmesi 210

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ 219
Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

B. Çiçek; İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Trakya Formasyonu Kayaçlarının Mühendislik Jeolojisi ve Süreksizlik İlişkisi 221

C. Uzunoğlu,C. Bozyiğit,D. Şahin; Marmara Denizi'nin Geç Kuvaterner'deki Su Seviyesi Değişimleri ve Eski İklim Kayitlarinin Araştirilmasi; Karot Çökellerinden Yeni Bulgular 225

E. Taşdelen, B. A. Natalin; Evciler - Yenice Köyleri (Istranca Masifi) ve Çevresinin Jeolojisi ve Petrografisi 229

E. B. Koçer; Büyük Melen Barajı Aks Yeri (Sağ Sahili) Temel Kayasının Su Tutma Özelliklerinin Araştırılması ve İyileştirilmesi 233

Y. Gerzeli, S. Mercan, D. O. Sarıyar; Topuk Plütonu Batısının Jeolojik, Petrografik Özellikleri ve Radyoaktivite Açısından Kullanılabilirliği Kb Anadolu Bursa 237

T. Duzman, A. Okay; Çınarcık-Esenköy Bölgesinin Jeolojisi ve Bölgenin Depremselliği 241

A. Akın, M. Ayar, T. Arık, C. Yaltırak; Gelibolu-Bolayır ve Çevresinin Genel Jeolojisi ve Bolayır Mevkisinden Geçebilecek Kanal Fikir Projesinin Mühendislik İncelemesi 245

H. Alan, E. İzmirli, N. Onaral; Düzce Belediyesi Katı Atık Düzensiz Depolama Sahasının Su Kaynaklarına Etkisinin İncelenmesi ve İyileştirilmesine Yönelik Öneriler 251

E. Culfa, E. Genç, E. Yıldırım, E. V. Yavuz, E. Çiftçi, M. Korkut; Interpretation of Relationship Between Field and Monitored Data in Madenköy Open-Pit Copper Mining 255

C. Hazar, İ. Kutsal, M.A. Çakar, M. Kumral; Eskişehir-Seyitgazi Bölgesindeki Nadir Toprak Elementlerinin Potansiyelinin Belirlenmesi 259

E. Sağlam, B. A. Natalin; Evciler - Yenice Köyleri ve Çevresinin Jeolojisi ve Petrografisi 263

E. K. Soysal, Y. Mahmutoğlu; Sazlıbosna Civarının Jeolojisi ve Kırklareli Kireçtaşı'nın Yapıtaşı ve Isı Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması 267

Ö. Taşdelen, T. Hüseyinli, T. Ayvacı, S. Kırıkoğlu, Ş. Altunkaynak, A.T. Ünlüer, A. Ünal; Afyon Sandıklı Bölgesinin Güney Doğusundaki Volkanik Kayaçların Petrografisi ve NTE Potansiyelinin Belirlenmesi 273

G. Uygur, Ş.C. Genç; Sarıkaya Kuvarsit ve Feldspat Oluşumlarının Petrografik İncelenmesi ve Metamorfik Kayalarla İlişkilerinin Araştırılması 277

PETROL MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ 281
Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Ü. Kartal, G. Sürgüt, S. Gurbanzade, G. H. Yıldırım, and İ.M. Mıhçakan; Gibiluru-B Petrol Sahasında İki Karbonat Rezervuarın En Uygun Üretim Gengüdümü İçin GU-1 Kuyusunda Delikleme ve Uyarlı Tamamlama Tasarımı 283

Y. Demircan, E, Şahin, D. Nilüfer, G. H. Yıldırım, İ.M. Mıhçakan; Gibiluru-B Petrol Sahasında İki Bağımsız Katmandan Üretim için GU-4 Kuyusunda Delikleme ve Çiftli Tamamlama Tasarımı 288

A. Otlu, E.Yılmaz, S. U. Sürer, M. E. Onay, M. H. Özyurtkan; Farklı Senaryolara Sahip Gerçek Bir Kuyu İçin Alışılmamış Kuyu Kontrol Operasyonları Tasarımı 293

Ö.F. Arslan, S. Karakaya, M.Ağın, E. D. Korkmaz Başel, Ö. İ. Türeyen, A. Satman; Sabit Isı Üretimi Altında Kooperatif Jeotermal Sahalar İçin Uygun Stratejinin Tasarımı ve Modellenmesi 297

A. Gökgöz, D. Şaşmaz, T. Sivrihisar, A. Atadeğer, İ. M. Gök; Interval Pressure Transient Testing in Multi Layered Reservoir 301

M. Ergin, T. Onat, S. Ereren, M. E. Onay, M.H. Ozyurtkan; Irak-Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı Tasarımı 306

E. E. Koçak, E. B. Göçmen, M. E. Onay, G. Altun; Değişken Sıcaklıklarda Dinamik Çatlatma Basınç Gradyeni Dizaynı 310

İ.H. Sarıçam, M.C. İkiz, M. E. Onay, G. Altun; Uzak Erişimli Yatay Kuyu Tasarımı 316

S. Gayde, L.O. Burulan, K.B. Kaya, M. K. Özel, G. Altun; C. Bonifacio, M.A. Kıztanır, M.A. Kocacık, E. D. Korkmaz Başel, Ö. İ. Türeyen, A. Satman; Bir Yeraltı Gaz Depolama Rezervuarında En Uygun Gözlem Kuyusu Yerinin Belirlenmesine Yönelik Çalışma 326

M.A.M. Laouali, M. S. Arslan, G. Altun; Paradigm Sysdrill Kılavuzunu Keşfetmek ve Lisans Eğitim Amaçlı Kullanıcı Dostu Hale Getirmek 331

M. Keskin, S.V. Atmaca, M. Demir, M.S. Ergül, M. Çınar; South Chalip Sahasının Tarihsel Çakıştırması ve Gelecek Üretim Performansının Tahmini 336

N. M. Al-Hetari, B. Alçın, I. M. Gök, G. H. Yıldırım; Açık Deniz Gaz Sahasının Üretim ve Rezervuar Planı 342

S. Aşam, İ.F. Saruhan, M.S. Ergül, Ş. Yamanlar; Doğalgaz Akışından H2S ve Su Çıkarma 347

A. Altıntaş, Ş. Zad Ghaffari Vahdat, E. D. Korkmaz Başel, Ö. İ. Türeyen, A.Satman; Doğalgazın Yeraltında Depolanması 351

M. T. Gezgin, M. B. Çetinkaya, A. Atadeğer, İ. M. Gök; Üretim Loglarının Dizaynı ve Analizi 354

B. Aktepe, E. Ekdi, S. Soysal, M. Ş. Arslan, M. Çınar; Rezervuar Simülatörü Kullanarak Karbondioksit Enjeksiyonu Dizaynı 359

C. Ülker, M. Yıldız ve G. Altun; MS Excel Programlama ile Sondaj Dizi Tasarımı 363

R. Önen, M. E. Onay, M. H. Özyurtkan; Kompresör Seçimi 367

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ 371

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

T.Ö. Kütahya, E. Şatır, B. Karadöller, C. İmren; Kampüs Alanında Planlanan Öğrenci Yurt İnşaatı için Çamlık ve Lojman Alanlarında Zemin Ve Anakayanın Elastik Ve Geoteknik Parametrelerinin Belirlenmesi 373

B. Yakın, H. İ. Çağlar; Afyon İhsaniye Civarındaki Bozhüyük Sahasının Yer Elektrik Yapısının Araştırılması 377

B. Özkan, T. Eken, K. Fırtana Elcömert; Soil Properties Based on Spectral Analysis of Microtremor Data Collected in the Residence Area of ITU Maslak 381

C. Arıcan, E. Demirbağ; Investigation of Coastal Section of Balıkesir Province, Bandırma District,Edincik Town With Single Channel Seismic Reflection Method 386

Ç. Özer, N. Bulut, A. Kaşlılar; Bağarası (BAG), Kınalar (KNL) ve Karataş (KRTS) Deprem İstasyonları Sürekli Veri Kayıtlarının Gürültü Analizi 390

E. Mankırcı, E. Demirbağ; Sismik Kırılma Yöntemi ile Gölet Dolgu Alanında Hız Tayini 394

C. C. Bafralı, E. Şen, D. Doğan, S. Üner; Manisa, Gediz Grabeni'nde Bir Geri Enjeksiyon Kuyusunun Jeotermal Rezervuara Etkisinin Belirlenmesi 398

E. Şatıroğlu, G. Anlamam, E. Demirbağ, C. İmren, B. Karadöller; İstanbul Teknik Üniversitesi ile Milli Savunma Üniversitesi Arasında Kalan Kanlıkavak Dere Yatağı Boyunca Yapılmış Dolgu Alanı Kalınlığının Ve Geometrisinin Belirlenmesi 402

P. Aksu, İ.C. Önder, D. Düşünür Doğan, S. Üner; İzmir, Balçova'daki Jeotermal Üretim Kuyusunun Su Kuyularına Etkisinin Simülasyonu 406

S. Yalçın, E. Demirbağ**;** Sismik Kırılma Yöntemi ile İTÜ Ayazağa Kampüsü'nde Kayaçların Sökülebilirlik Açısından İncelenmesi 410

Y.F. Akbaş, E. Demirbağ; Alaşehir Grabenin Sismik Modellemesi 414

F. Gül, N. G. Okut Toksoy, H. Kurt; İTÜ-Ayazağa Yerleşkesi Yeraltı Isı Galerisi Dağılımının Yüksek Çözünürlüklü Jeofizik Yöntemler ile Belirlenmesi 418

H. Kaplan, E. Demirbağ; Güney Marmara Kiyilarinda (Edincik, Balıkesir) Yansıma Sismiği Yöntemiyle Fay Araştırması 422

M. Yıldırım, N. Ocakoğlu, Z. Altan**;** Afşin Kömür Yataklarının Kalınlık ve Boşluklarının Sismik Modelleme Yöntemiyle Belirlenmesi 426

Y. Arslan, C. İmren, B. Karadöller; Marmara Denizi Tekirdağ Çukurluğu'nda Toplanan Çok Kanallı Sismik Yansıma Verisinin İşlenmesi ve Yorumlanması 430

A. Kopan, H. Kurt, N.G. Okut-Toksoy; Gökova Körfezi'nde 5-No'lu Hattın Çok Kanallı Sismik Yansıma Verisinin İşlenmesi ve Yorumlanması 434

A. Güneş, H. Kurt, N. G. Okut Toksoy; Sismik Yansıma Modellemesi İle Normal Fayların Listrik veya Düzlemselliklerinin Araştırılması 438

A. Avşar, D. Düşünür Doğan; Batı Anadolu'da Isı Akısı ve Jeotermal Alanlar 442

A. Yıldırım, D. Düşünür Doğan; Fayların ve Sill'lerin Hidrotermal Akış ve Isı Dağılımı Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi: Gjallar Sırtı Örneği 446

B. Silimhan, T.Eken; P Dalgası Polarizasyonu Sapmalarından Hareketle Üst Mantoda Anizotropik Yön Kestirimi 450

B. C. Köse, E. Demirbağ; Beypazarı Trona Sahasında Sismik Yöntemler İle Yeraltı Boşluğu Modellemesi 454

B. Şen T. Eken; Gauss Filtresi ve Su Seviyesi Parametresinin Sentetik ve Gerçek Veri Alıcı Fonksiyon Ters Çözümüne Etkisi 458

C. Beyke, C. İmren, B. Karadöller; Marmara Denizi Tekirdağ Çukurluğu'nda Toplanan Çok Kanallı Sismik Yansıma Verisinden Yakın Ofset Verisinin Hazırlanması, İşlenmesi ve Yorumlanması 462

E. Altay, N. Ocakoğlu; Sismik Yansıma Verilerinde Hız Analizi Uygulamaları 466

G. Kaplan, G. Örgülü; Kilikya Bölgesi'nde B-Değerinin Alansal Dağılımı 470

İ. N. Özdoğru, C. İmren, B. Karadöller; Marmara Denizi, Tekirdağ Çukurluğu'nda Toplanan Çok Kanallı Sismik Yansıma Verisinden Uzak Ofset Verisinin Hazırlanması, İşlenmesi ve Yorumlanması 474

M.U. Algül ve E.A. Güney; Silivri ve Aksaray-Sultanhanı Yeraltı Doğal Gaz Depo Alanları ve Civarının Depremselliği 478

M. M. Tozak, E. A. Güney; 6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 Depremi Artçı Şok Alanına Ait Depremselliğin İncelenmesi 481

N. D. Yıldırım, S. Yolsal-Çevikbilen; 20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos Depremi (Mw 6.6) Deprem Lokasyonu ve Odak Mekanizması Çözümü 485

N. Haydarov, İ. Çağlar, M. Karaş; Burdur Gölü Doğu Sahasında Yer Elektrik Yapısının Araştırılması 489

S. Türkdoğan, D. Düşünür-Doğan; Ansys Fluent Yazılımı Kullanılarak Lucky Strike Magma Odacığı için Soğuma Zamanı Tahminlerinin Yürütülmesi 493

T. İregör, G. Örgülü; Kilikya Bölgesi İçin b-değerinin Derinlikle Olan Değişimi 497

CEVHER HAZIRLAMA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ 501
Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

U. Çuğu, F. Karakaş, M. S. Çelik; Su Bazlı Boyalarda TiO2 Pigmentinin Dolgu Maddeleri ile İkamesi 503

C. Kenet, Ö. Gökçeoğlu, O. Güven, G. Ateşok, H. Ateşok; Trakya Uzunköprü Kömürlerinin Yıkama Özelliklerinin Belirlenmesi ve Lavvar İnce Boyut Devresinin Performans İncelemesi 506

C. Çelik, A. Güney; 100 Ton/Saat Kapasiteli Bakır Flotasyon Tesisi Tasarımı ve Ön Fizibilitesinin Hazırlanması 510

G. Irgasheva, M. O. Kangal, O. Güven; Vollastonit ve Kalsitin Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi 514

M. Tunç, N. Acarkan, E. Tanısalı; Artvin Yöresi Oksitli Cevherden Altının Flotasyon ile Zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması 518

M.K. Güner, G. Bulut, Ü. Yenial; Geri Dönüşüm Suyunun Kalkopirit Flotasyonuna Etkisi 522

S. Bayram, Ü. Yenial, G. Bulut; Pirit Flotasyonunda Köpürtücünün Etkisi 526

T. Aydemir, A. A. Sirkeci; Seramik Killerinden Sülfitin Uzaklaştırılması 530

T. Türk, K.T. Perek; Baritin Tane Şekil Özelliklerinin Belirlenmesi 535

Ş. B. Narin, K. T. Perek, F. Boylu; Bir Kömür Hazırlama Tesisinin LIMN "The Flowsheet Processor" Uygulaması ile Simülasyonu 539

A. Sever, K.T. Perek; Determination of Silo Design and Properties of Bulk Materials 543

B.B. Arar, A. Gül; Flotation of Fluorite Ore 548

B. Fırtına, M. Ozer, A. E. Yüce; Examination of Saleable Quartz Production Possibilities from Murgul Copper Plant Tailings 552

D. Taşdelen, A. E. Yüce; Laboratuvar Tipi Bilyalı Değirmende Yaş Öğütme Parametrelerinin İncelenmesi 557

İ.E. Çuhadar, F. Arslan; Atık Cep Telefonlarından Hidrometalurjik Prosesler ile Metallerin Geri Kazanılması 563

E. Üstünışık, B. Benli; Overview of the Potential of High Technology Raw Materials in Turkey 567

G. Dolu, M. Özer, A.E. Yüce; Elazığ ETİ Krom Tesisi Atıklarının Geri Kazanımı 572

İ. Özorhan, H. Baştürkçü, M. Özer, H. Ateşok; İzmir Karaburun Bölgesi Kilinden Yer Karosu Üretimine Yönelik Konsantre Eldesinde Demirin Uzaklaştırılması 576

M.C. Şafak, F. Burat; Recovery of Gold and Silver from Floor Sweeping Wastes by Cyanide Leaching Method 580

R. Ö. Gökçeoğlu, H. Ateşok;Trakya Uzunköprü Kömürlerinin Yıkama Özelliklerinin Belirlenmesi ve Lavvar İri ve İnce Boyut Devresi Performans İncelemesi 584

S. M. Beşiktaş. M. O. Kangal; Na-Feldispat ve Kuvars Ayırımında Yağ Asidi Aminlerinin Etkileri 588

S. S. Serpicioğlu, Ü. Yenial, G. Bulut; Geri Dönüşüm Sularının Kalkopirit Flotasyonuna Etkisi 593

YER2018 Program 596

MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Yeraltı Açıklıklarının Tahkimatında Kullanılan Jeoteknik Ayna Raporlama Sisteminin Yazılımlaştırılması ve Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemleri ile İntegrasyonu

Development of a Cloud Based Geotechnical Report System Software and It's Integration with Rock Mass Classification Systems

Ş.A. Kantarcı, C.A. Öztürk
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Bu bitirme çalışmasında Eczacıbaşı Esan A.Ş. Balya Kurşun-Çinko Madeni İşletmesi'nde uygulanan üretim yöntemleri ve tahkimat tasarımı aşamalarında yararlanılan kaya kütle sınıflandırma sistemlerine veri sağlaması amacıyla kullanılan "Jeoteknik Ayna Raporlama Sistemi" incelenmiş, kaya kütle sınıflandırma sistemleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Mevcut raporlama sisteminin iyileştirilmesi, kullanımının kolaylaştırılması, veriminin arttırılması ve insan hatalarının önüne geçilmesi amaçlanarak, 3 ana bileşenden oluşan bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, "Jeoteknik Ayna Raporlarının" kayıtlarının dijital ortamda tutulmasını sağlarken, girilen verileri kullanarak, otomatik olarak, kaya kütle sınıflandırmaları için kullanılan RMR ve Q değerlerini de hesaplamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Jeoteknik Ayna Raporlama Sistemi, Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemleri, RQD, RMR, Q, Yazılım.

ABSTRACT In this graduation project, the geotechnical report system, which is used in providing necessary data to rock mass classification systems to estimate required support type in Eczacıbaşı Esan A.Ş. Balya Kurşun-Çinko Mining Cooperation, is studied and commonly used rock mass classification systems are discussed in detail. With the purpose of enhancing the pen-and-paper system, providing a gentler learning curve and preventing probable user errors, a cloud based software system is developed. The software makes it possible to store chronological reports systematically in a digital medium, while automatically producing respective RMR and Q values based on each report.
Keywords: Geotechnical Report System, Rock Mass Qualification Systems, RQD, RMR, Q, Software

1 GİRİŞ ve GENEL BİLGİLER

Kaya kütlesi karakterizasyonu ve sınıflandırması, muhtemel kaya kütlesi özelliklerini metodik bir şekilde ve ortak bir dil ile verimli teknik iletişimi sağlamak için bir araçtır. Bu sistemler, kaya mühendisliğinde tasarımın ayrılmaz bir parçası olmakla birlikte (Goodman, 1980; Hoek, 2007; Bieniawski, 1989), uzun yıllar süren gözlemlere bağlı deneyimler ve istatistiksel değerlendirmeler esas alınarak önerilmiş görgül yöntemlerdir. Bu sistemler, kaya kütlelerinin karakteristik davranışlarını anlamak ve öngörebilmek için bir temel sağlar. Tahkimat gereksinimlerini tahmin etmek için ihtiyaç duyulan kaya kütlesi kompozisyonu, sertlik, deformasyon vb özellikler hakkında bilgi verir.

Günümüzde 30'a yakın sınıflandırma sistemi mevcuttur. Bu sistemlerin önemli bir bölümü, kendilerinden önce önerilmiş olan sistemlerin, bazı özel faktörler dikkate

alınarak, yeniden düzenlenmesi sonucunda ortaya çıkmıştır.

Günümüzde yeraltı yapılarının tasarımında yardımcı olmak amacıyla en yaygın olarak RMR, Q ve GSI sistemleri kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında Kaya Yükü (Terzaghi), RQD, RMR ve Q sistemleri detaylı olarak incelenmiş ve yazılımda RQD, RMR ve Q sistemleri kullanılmıştır.

2 ESAN BALYA KURŞUN – ÇİNKO YERALTI MADEN İŞLETMESİ

1960lardan önceki dönemde dünyanın en büyük kurşun-çinko maden yataklarından birine sahip olan Balya'nın nüfusunun 1920lerde 30.000 civarında olduğu bilinmektedir. Günümüzde bu sayının 2000-2200 arasında olduğu tahmin edilmektedir.

12 Mayıs 2002 tarihinde yapılan ihalede Eczacıbaşı Esan A.Ş. tarafından alınan sahada, çalışmalar 29 Mayıs 2002 tarihinde başlatılmış, şirketin 2007 yılında başlattığı yatırım faaliyetleri sonucunda tesis 2009 yılında işletmeye alınmıştır.2009 yılı son çeyreğinde 3200 ton konsantre üretilen tesiste 2012 yılında 100000 ton konsantre üretimi gerçekleştirildiği bilinmektedir.

Eczacıbaşı Esan A.Ş. Balya Kurşun Çinko Madeni'nde yan kayaç olarak, kireçtaşı, dasit, skarn, kumtaşı, kumtaşı, bitümlü kireçtaşı ve andezit ile karşılaşılmaktadır. Kayaçların Q değerleri incelendiğinde, kireçtaşı formasyonları orta-zayıf, diğer formasyonların tümü çok zayıf-son derece zayıf sınıfına girmektedir. Bu durum, güvensiz kaya yapılarında kazı yapıldığını ve tahkimat tasarımı ve uygulamasında dikkatli davranılması gerektiğini gösterir.

Balya Esan Kurşun-Çinko Yeraltı Madeni'nde iki farklı damar bulunmaktadır. Bu damarlar hazırlık galerilerinin ortasına sürülen yeraltı galerilerinin solunda ve sağında bulunmaktadır. Solundaki damara batı sağındaki damara ise doğu damarı ismi verilmektedir. Bu damarların rezervleri ve tenörleri arasındaki fark uygulanan üretim yöntemi seçiminde önemli bir etken olmaktadır. Batı damarının rezervi düşük fakat tenörü yüksek olduğundan bu damarda arakatlı dolgulu üretim yöntemi uygulanmakta iken, doğu damarının ise rezervi yüksek tenörü düşük olması nedeniyle arakatlı göçertmeli üretim yöntemi kullanılması uygun görülmüştür. Fakat henüz arakatlı göçertmeli yöntem uygulanmaya başlanmamıştır.

3 JEOTEKNİK AYNA HARİTALAMA

Yapılar ile ilgili jeoteknik özellikler sayısallaştırıldıktan sonra, ölçümün yapıldığı aynanın kaya kütle sınıfı tayin edilebilir ve uygun tahkimat seçimleri yapılabilir. Haritalama işlemleri "Jeoteknik Ayna Haritalama Formu" kullanılarak kayıt altına alınmaktadır.

İşletmede güncel olarak kullanılan jeoteknik ayna haritalama formunda bu görsel tasvirlerin dışında 11 ana parametre bulunmaktadır. Kayacın tanımlanması, kayacın RQD değeri, kayacın dayanımı, süreksizlik takımı sayısı, pürüzlülük, bozunma ve alterasyon dereceleri, su durumu, süreksizlik aralığı, süreksizlik devamlılığı, süreksizlik açıklığı, süreksizlik yönelimleri (oryantasyonları). Bu parametreler aynı zamanda RMR ve Q sınıflandırma sistemlerinde de kullanılmaktadır.

4 YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ

Hal-i hazırda, Eczacıbaşı Esan A.Ş. Balya Kurşun-Çinko Madeni'nde uygulanmakta olan ve bu çalışmasının 3. Bölümünde detaylı olarak ele alınan "Jeoteknik Ayna Raporu" hazırlama ve kayıt altına alması işlemleri, jeoteknik mühendisi tarafından el ile yapılmaktadır. Rapor, bir tarayıcı yardımıyla veya fotoğrafı çekilmesi suretiyle dijital ortama aktarılarak, aynanın çekilmiş fotoğrafları ile birlikte, e-posta aracılığı ile rapordaki veri ve görsellerin kayıt, takip ve analizini yapacak kişiye iletilmektedir. Bu yaklaşımın birçok sakıncası vardır. Bunlardan en önemli ikisi; aynalar ile ilgili kaydı tutulan verilerin sadece bir kişi tarafından ulaşılabilir olması, güncel verilere eş zamanlı ve/veya anlık erişim mümkün olmaması ve her gün onlarca rapor hazırlaması gereken bir mühendisin, bu proses sırasında hem çok zaman kaybetmesi, hem de hata yapabileceği

veya atlayabileceği bir çok noktanın ortaya çıkmasıdır. Bu durumlara çözüm getirmek amacıyla, bu tez çalışması kapsamında hazırlanan yazılım, birbirinden bağımsız çalışan ancak birbirleriyle iletişim içinde olan 3 ana bileşenden oluşacak şekilde tasarlanmıştır.

5 ÖNERİLER

Sistemin daha verimli kullanılabilmesi ve ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilmeye devam edilebilmesi amacıyla önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca kullanılan parametrelerin ortaklığına dikkat çekilerek, sistemin RMi değerleri de hesaplayabilecek ve hesaplanan RMR, Q, RMi değerleri için önerilen tahkimat sistemlerini otomatik olarak kıyaslayacak şekilde geliştirilmesi önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince, yardımlarını, desteğini, bilgisini esirgemeyen, birlikte çalışmayı keyifli kılan tez danışmanım Doç.Dr. C.Atilla ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi borç bir borç bilir saygılarımı sunarım.

KAYNAKLAR

Aydan, O., Ulusay, R., ve Tokashiki, N., 2014, A new rock mass quality rating system: rock mass quality rating (RMQR) ve its application to the estimation of geomechanical characteristics of rock masses: Rock Mechanics Rock Engineering, vol. 47, pp. 1255-1276.

Akyol, Z.,1977, Balya Madeni Civarının Jeolojisi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Ekim 1977, syf. 19-27.

Akyol, Z., 1980, Balıkesir, Balya, Arı-Orta Sahası Pb-Zn-Cu Cevher Yatağı Maden Jeolojisi ve Rezerv Çalışmaları, MTA Rap. No 6973.

Barton, N.R., Lien, R., ve Lunde, J., 1974, Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support: *Rock Mechanics*, vol. 6, pp. 189-239.

Bieniawski Z.T., 1968, Note on in Situ Testing of Strength of Coal Pillars: Journal of the South African Institute of Mining ve Metallurgy, vol. 68, pp. 455-&.

Bieniawski, Z.T., 1973, Engineering classification of jointed rock masses: Transaction of the South African Institution of Civil Engineers, vol. 15, pp. 335-344.

Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers ve geologists in mining, civil, ve petroleum engineering: New York, Wiley, xii, 251 pp.

Bieniawski, Z.T., 1993, Classification of rock masses for engineering: The RMR system ve future trends, In: Hudson, J.A., ed., Comprehensive Rock Engineering, vol. 3: Oxford ; New York, Pergamon Press, pp. 553-573.

Cecil, O.S., 1970, Correlation of rock bolts - shotcrete support ve rock quality parameters in Scandinavian tunnels: Urbana, University of Illinois.

Cording, E.J., ve Deere, D.U., 1972, Rock tunnel supports ve field measurements, in Lane, K.S., ve Garfield, L.A., eds., North American rapid excavation ve tunneling conference, Vol 1: Chicago, New York: Society of Mining Engineers, American Institute of Mining, Metallurgy ve Petroleum Engineers, pp. 601-622.

Cosar, S., 2004, Application of rock mass classification systems for future support design of the Dim Tunnel near Alanya, Middle East Technical University.

Deere, D.U., Deere, D.W., 1988, The rock quality designation (RQD) index in practice, in Kirkaldie, L., ed., Rock classification systems for engineering purposes, Volume 984: ASTM Special Publication: Philadelphia, American Society for Testing Materials, pp. 91-101.

Deere, D.U., Hendron, A.J., Patton, F.D., Cording, E.J., 1967, Design of surface ve near surface construction in rock, 8th U.S. Symposium on Rock Mechanics: Failure ve breakage of rock: New York, Society of Mining Engineers, American Institute of Mining, Metallurgical, ve Petroleum Engineers.

Deere, D.U., Peck, R.B., Parker, H.W., Monsees, J.E., Schmidt, B., 1970, Design

of Tunnel Support Systems: Highway Research Record, vol. 339, pp. 26-33.
Grimstad, E., ve Barton, N., 1993, Updating the Q-system for NMT, in Kompen, Opsahll, ve Berg, eds., International Symposium on Sprayed Concrete-Modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Norwegian Concrete Association, Oslo.
Hoek, E., 2007, Practical rock engineering, RocScience.
Kanpolat, İ. ve Cengiz, E., 1985, Balya (Balıkesir) Kurşun-Çinko Cevher Yatağı Ön Fizibilite Çalışması, Bölüm III Madencilik, MTA Rap.
Mehmet Ç., Osmanlı Devletinde Madencilik ve Balya Madenleri, T.C. Balıkesir Üniversitesi F.E.F. Karesi Tarih Kulübü Bülteni, Ocak 2007.
Merritt, A.H., 1972, Geologic prediction for underground excavations, in Lane, K.S., ve Garsfield, L.A., eds., North American rapid excavation ve tunneling conference, vol. 1, Chicago, New York: Society of Mining Engineers, American Institute of Mining, Metallurgical ve Petroleum Engineers, pp. 115-132.
Palmstrom, A., Broch, E., 2006, Use ve misuse of rock mass classification systems with particular reference to the Q-system: Tunnels ve Underground Space Technology, vol. 21, pp. 575-593.
Ritter, W., 1879, Die Statik der Tunnelgewölbe: Berlin, Springer.
Singh, B., ve Geol, R.K., 1999, Rock mass classification: a practical approach in civil engineering: Amsterdam, Elsevier Science, 282 p.
Tahir Ö., Balya Çinko - Kurşun Madeni, Çevre Sorunları ve Toplumsal Yeniden Kalkınma, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Kasım 2003.
Terzaghi, K., 1946, Rock defects ve loads on tunnel supports, in Proctor, R.V., ve White, T.L., eds., Rock tunneling with steel support, vol. 1: Youngstown, Ohio, Commercial Shearing ve Stamping Company pp. 17-99.
Turhan, M., 2013. "Balya Madeni Anıları", Sektörden Haberler Bülteni, İstanbul, Sayı 46, pp. 71-82.
Ulusay, R. ve Sönmez, H., 2002; "Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri", TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:60, Ankara, 243 pp.
Wickham, G.E., Tiedemann, H. R. Skinner, E. H., 1972, Support determination based on geologic predictions, In: Lane, K.S.a.G., L. A., ed., North American Rapid Excavation ve Tunneling Conference: Chicago, New York: Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical ve Petroleum Engineers, p. 43-64.

Garp Linyitleri İşletmesi Tavşanlı-Tunçbilek Havzası'ndaki Rehabilitasyon Ve Ağaçlandırma Çalışmalarının İncelenmesi Ve Önerileri

Investigation and Recommendations of Rehabilitation and Reforestation Studies of the Tavsanlı-Tuncbilek Basin of Garp Lignites

E. Birol
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu tezde Garp Linyitleri İşletmesi'ne ait Tunçbilek Havzası'nda yapılan ağaçlandırma çalışmaları ve rehabilitasyon yöntemleri incelenmiştir. Mevcut durumun iyileştirilmesine yönelik öneriler oluşturulmuştur. Tunçbilek Havzası'nın kömürü çıkartılmış çeşitli bölgelerinden alınmış olan toplam 4 adet toprak örneği ile bir adet havzanın orman bölgesinden alınmış orijinal toprak olarak adlandırabileceğimiz örneği karşılaştırılmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi Biyojeokimya laboratuvarlarında XRF analizleri yapılarak Toprak Zenginleştirme faktörü skalasındaki yeri ve toprak zenginleştirme derecesi tespit edilmiştir. Bu tespit Tezin Sonuç ve Öneriler kısmında anlatılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Tunçbilek Havzası, Rehabilitasyon, Ağaçlandırma, XRF

ABSTRACT In this thesis, afforestation studies and rehabilitation methods of Garp Lignite Plant in Tunçbilek basin are examined. It is arranged for the improvement of the current situation. A total of four charred soil samples taken from various regions of the Tunçbilek Basin and an example of what we can call the original soil from a forest area of the basin were compared Istanbul Technical University Biogeochemistry laboratory XRF analyzes were taken and the soil enrichment factor was determined. From determined enrichment factor a degree of soil enrichment degree has found. This is explained in the Conclusion and Suggestions section.
Keywords: Tuncbilek Basin, Reforestation, Rehabilitation, XRF

1 GİRİŞ

Garp Linyitleri İşletmesi Müessesi Tunçbilek Havzası'nda Temmuz 2017 ve Kasım 2017'de yapılmış olan incelemelerde Tunçbilek havzasının beş farklı bölgesinden toprak örnekleri alınmıştır. Bu alınan toprak örnekleri Biyojeokimya Laboratuvarında XRF yöntemi ile majör ve iz elementlerine ayrılmıştır. Bu veriler sayesinde iz element verilerinden faydalanarak Tunçbilek Havzası'nda toprak kalitesi incelenmiştir. Bu analizlere ait tespitler tezin sonuçlar kısmında verilmiştir. Ortaya çıkan bu veriler zenginleştirme faktörü beşli değerlendirme kategorisi yardımı ile değerlendirilmiştir.

2 TAVŞANLI-TUNÇBİLEK HAVZASI REHABİLİTASYON ÇALIŞMALARI

2.1 Rehabilitasyon Sahalarında Yapılan İncelemeler

Bölgede 1959 yılından günümüze kadar 7,836,554 m^2'lik alanda rehabilitasyon çalışması yapılmıştır. Toplamda bölgeye Akasya, Karaçam, Sedir, Meşe, Diş Budak, Ceviz, Meşe Palamudu ve geniş yapraklı

türler olmak üzere 1,599,889 adet ağaç dikilmiştir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, 2008).
Bölgede bulunan araziler iki bölüme ayrılmıştır:

- Garp Linyitleri Müessesi'ne ait olan sahalar
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı olan araziler

Garp Linyitleri Müessesine ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmaları 2017 yılı kapsamında kasım ayına kadar 300.000 tane karaçam fidanı Tunçbilek-Tavşanlı Havzası'na dikilmiştir. İşletmede Orman Mühendisi olan Muzaffer Bey ile 48 Panoda yapılan ağaçlandırma çalışmalarını yerinde gözlem yapabilmek adına 48 Panoya gidilmiştir. Bölgede fidan ekimi doğa uyanmadan bir ay önce yapılmaktadır. Bölgeye iki kez fidan dikimi yapılmaktadır. İlk fidan ekimi doğa Nisan'da uyandığı için Mart ayında, ikinci fidan ekimi ise Kasım ayında yapılmaktadır. Sonbaharda yörede vejetasyon Ekim ayının ortasında başlamaktadır. Sahaya toprak oluşturma özelliği yüksek olduğundan Karaçam (pinus nigra) seçilmiştir. Müessese için ekonomik nedenler, Bakım-Onarıma ihtiyaç duymaması ve Tunçbilek Havzası'nda yetişen hakim bitki türü olduğundan Karaçam fidanları dikilmektedir.

48 Panoya Kasım ayı içerisinde aralarında 1,5 metre mesafe olacak şekilde toplamda 2.220 adet 2+0 yaşında çıplak köklü Karaçam fidanı dikilmiştir. Fidan sıraları arasındaki mesafe 3 metredir. 3 hektarlık alanda yapılmakta olan çalışmada toplamda 29 işçi çalıştırılmaktadır. Çalışma 3'er kişilik ekipler halinde gerçekleştirilmektedir. 48 Panoda yapılan çalışmalar 3 adımda ilerlemektedir:
Bunlar;

- İlk işçi 30-40 cm'lik çukuru kazar,
- İkinci işçi fidanı dikip toprakla köklerini kapatır,
- Üçüncü işçi ise, dikilen fidanın etrafındaki toprağı sıkılaştırır. Fidanın etrafında gelişime olumsuz etki edebilecek taşları ve otları temizler.

2.2 Tunçbilek Havzası'ndan Alınan Toprak Örneklerinin İncelenmesi

Tunçbilek Havzası'nın toplam 4 farklı bölgesinden toprak örnekleri alınmıştır. Bunlar Eriş Tepesi, Hamitabat, 48 Pano ve Beke'dir. 1 adet ise Garp Linyitleri işletmesi tarafından toprağı ellenmemiş, orijinal orman toprağı alınmıştır. Bunun nedeni ise bir kontrollü gözlem grubu oluşturmak ve yapılan madencilik çalışmalarının toprağa olan etkilerini anlamak, ayrıca yapılan ağaçlandırma çalışmalarına katkı sağlamaktır.

2.2.1 Toprak Örneklerinin XRF ile Majör ve İz Element Analizleri

Tunçbilek sahasının dört farklı bölgesinden alınan toprak örnekleri İ.T.Ü. Biyojeokimya laboratuvarında XRF (X ışını bombardımanı) yöntemiyle içeriklerindeki Majör elementler ve İz elementlerine ayrılmıştır.

Bu analize ait veriler Birol, 2018'de verilmiştir. XRF ile toprak majör analizi aşamaları, numune volfram havanda 50 mikron boyutuna kadar öğütülür. Daha sonra bu numuneden yapılan peletler hazırlanır. Hazırlanan peletler daha sonra X ışını bombardımanı için XRF makinesine konulur. İz element tespiti için de aynı işlemler uygulanmaktadır.

2.3 Toprak Kirliliğine Neden Olan Ağır Metallerin Zenginleştirme Faktörü Hesabı

Ağır metallerin modern çağda çevreye verdiği zararlar birçok canlı çeşitliliğini ve doğrudan veya dolaylı yoldan insan hayatını olumsuz yönde etkileyen problemlerin başında gelmektedir. Toprak kirliliğine sebep olan başlıca ağır metaller arasında Kurşun (Pb), Cıva (Hg), Arsenik (As), Çinko (Zn), Bakır (Cu), Krom (Cr) ve Kadmiyum (Cd) sayılabilir (Abdullah, 2015). Yapılmış olan XRF deneyi iz elementlerinin tespiti sonucunda Tunçbilek Havzası'nda çevreye zararlı olan Bakır (Cu), Arsenik (As) ve Kurşun (Pb) tespit edilmiştir. Bu üç iz elementin Skandiyum elementi referans kabul edilerek zenginleştirme faktörleri aşağıda hesaplanmıştır:

Zenginleştirme faktörü formülü;
Z.F.= (A.M.K./R.K.) örnek / (A.M.K./R.K.) orijinal
A.M.K. = Ağır metal elementi konsantrasyonu
R.K. = Referans elementi konsantrasyonu

Bu formüle göre;

- 48 Pano'da zenginleştirme faktörleri,

Pb için, A.M.K. = 0 PPM olduğundan
Z.F. = 0'dır
As için, A.M.K. = 0 PPM olduğundan
Z.F. = 0'dır.
Cu için, R.K = 0 PPM olduğundan zenginleştirme faktörü 0 kabul edilir.
Z.F. = 0

- Beke sahası zenginleştirme faktörleri,

Pb için, A.M.K. =37 PPM ve R.K.=24 PPM
Z.F.= (37/24)beke / (78/22)orijinal
Z.F.= 0.434
As için, A.M.K. = 0 PPM olduğundan
Z.F.= 0'dır
Cu için, A.M.K. = 30 PPM ve R.K = 24 PPM
Z.F. = (30/24)beke / (57/22)orijinal
Z.F. = 0.482

- Eriş Tepesi zenginleştirme faktörleri,

Pb için, A:M.K. = 68 PPM ve R.K. = 17 PPM
Z.F. = (68/17)eriş / (78/22)orijinal
Z.F.= 1.12
As için, A. M.K.= 42 PPM ve R.K. = 17 PPM
Z.F. = (42/17)eriş / (23/22)orijinal
Z.F.= 2.363
Cu için, A.M.K. = 2 PPM ve R.K. = 10 PPM
Z.F.= (2/10)eriş / (57/22)orijinal
Z.F.= 0.077

- Hamitabat sahası zenginleştirme faktörleri,

Pb için, A.M.K. = 31 PPM ve R.K. = 17 PPM
Z.F.= (31/17)hamitabat / (78/22)orijinal
Z.F.= 0.51
As için, A.M.K.= 30 PPM ve R.K.= 17 PPM
Z.F.= (30 /17)hamitabat / (23/22)orijinal
Z.F.=1.687
Cu için, A.M.K.= 26 PPM ve R.K.=17 PPM
Z.F.= (26/17)hamitabat / (57/22)orijinal
Z.F.= 0.59

2.3.1 Hesaplanan Zenginleştirme Faktörlerinin Beşli Zenginleştirme Kategorisine Göre Değerlendirilmesi

Hesaplanan zenginleştirme faktörleri beşli zenginleştirme tablosu (Cipurkovic, 2014) ile karşılaştırılarak gerekli olan zenginleştirme derecesi bulunur. Bulunan bu derece bize insan aktiviteleri sonucu toprağın hangi seviyede zenginleştirmeye ihtiyaç duyduğunu gösterir. Bu kategori çizelge 6'da verilmiştir,

Çizelge 6. Beşli Zenginleştirme Kategorisi

Zenginleştirme Faktörü	Zenginleştirme Kategorisi
Z.F. <2	Minimum zenginleştirme derecesi (1)
2<Z.F.<5	Orta zenginleştirme derecesi (2)
5< Z.F.<20	Yüksek zenginleştirme derecesi (3)
20<Z.F.<40	Çok yüksek zenginleştirme derecesi (4)
Z.F.>40	Tehlikeli derece zenginleştirme derecesi (5)

Bu sınıflandırmadan yola çıkarak 48 Pano'da Bakır (Cu), Arsenik (As) ve Kurşun (Pb) zenginleştirme seviyesi minimum seviye olan birinci derecede çıkmıştır. Bölgede ağır metallerin yaptığı herhangi bir olumsuz etki bulunmamaktadır. Beke sahasında Kurşun, Arsenik ve Bakır zenginleştirme faktörleri birinci derece olan minimum zenginleştirme derecesindedir. Eriş Tepesi sahasında Kurşun ve Bakır minimum zenginleştirme derecesi çıkmıştır. Arsenik ise zenginleştirme derecesi iki'den büyük olduğundan ikinci derece olan orta zenginleştirme derecesinde çıkmıştır. Hamitabat sahasında Kurşun, Bakır, Arsenik zenginleştirme faktörleri iki'nin altında kaldığından birinci derece olan minimum zenginleştirme derecesi çıkmıştır. Beşli zenginleştirme kategorisinde zenginleştirme faktörünün değeri yükseldikçe ağır metallerin çevreye verdiği zarar da artmaktadır.

Bu analizlerden yola çıkarak sahaların hiç birinde ağaçlandırma çalışmalarına ve ekilecek olan fidanların büyümesine ciddi bir biçimde olumsuz etkileyecek bir sonuca ulaşılamamıştır. Ancak Eriş Tepesinin ikinci derece yani orta zenginleştirme derecesinde çıkmış olması Tunçbilek Havzası'nda yapılan madencilik çalışmalarının etkilerinin doğaya yansıdığını göstermektedir.

3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Toprak kirliliği, doğada giderilmesi güç ve dönüşümü zor olan bir kirlilik çeşididir. Kirli toprakta tarım yapılamamakta, bu tür topraklar atıl kalmaktadır. Toprak kirliliği gerek hava kirliliği, gerekse su kirliliğinin doğada son noktasını oluşturmaktadır. Ağır metallerin sebep olduğu çevre kirliliği, su, hava ve doğrudan toprak kirliliğine yol açan madencilik çalışmaları, gübre ve pestisitler, sanayi atıkları ve hidrokarbon yanma ürünleri ile toprağa ulaşabilmektedir. Sonuçta ağır metaller, kontamine olmuş topraklarda yapılan bitkisel üretimler ve meraların da kirlenmesi ile gıda zincirine dahil olmakta, tüm canlı sistemlerini etkilediği gibi insan sağlığını da olumsuz olarak etkilemektedir (Url-1).

Yapılmış olan XRF majör ve iz elementleri tespitine dayanan toprak analizleri sonucunda 48 Pano'da, Beke ve Hamitabat'ta Bakır (Cu), Arsenik (As) ve Kurşun (Pb) zenginleştirme seviyesi minimum seviye olan birinci derecede çıkmıştır. Bölgede ağır metallerin yaptığı herhangi bir olumsuz etki bulunmamaktadır. Ancak Eriş Tepesi'nde toprak zenginleştirme faktörü ikinci derece çıkmış olması bölgede daha kapsamlı araştırmaların yapılması gerektiğini gözler önüne sermektedir.

TEŞEKKÜR

Öncelikle tüm desteği ve danışmanlığı için Prof. Dr. Orhan KURAL'a; yaptığı yardımlar nedeniyle G.L.İ. Tunçbilek'te ağaçlandırma çalışmalarından sorumlu Orman Mühendisi Muzaffer DÖVÜCÜ'ye, Kütahya İli Tavşanlı-Tunçbilek Orman ve Su İşleri, Tunçbilek Bölgesi Ağaçlandırma Sorumlusu Zeynep AKSU'ya, İstanbul Teknik Üniversitesi Biyojeokimya Laboratuvarı'na ve Murat BUDAKOĞLU'na, bu tezin hazırlanmasında yol gösterici olan Olgun ESEN'e, yaptığı öneriler ve desteği için G.L.İ. Tunçbilek Maden Mühendisi Özgür ODABAŞ'a ve Fatma KUZUKIRAN'a destekleri için teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Abdullah, M. Z., Louis, V. C., Abas, T. M., 2015. *Metal and Ecological Risk Assessment of Balok River*.

Birol, E., 2018. Garp Linyitleri İşletmesi Tavşanlı-Tunçbilek Havzası'ndaki Rehabilitasyon ve Ağaçlandırma Çalışmalarının İncelenmesi ve Önerileri, İTÜ Maden Müh. Böl. Lisans Tezi, İstanbul.

Cipurkovic, A., Trumic, I., Selimbasic, V., Djozic, A., Tunjic, J. Jusic, D. Z., 2014. Assessment of Mercury Pollution In Soils Along JALA and SPRECA River Banks In Bosnia and Herzegovina, *Journal of Trends in the Development of Machinery*, Vol 18, No 1, p.p.. 183-186.

Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010. Madencilik Faaliyetleri İle Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği Resmi Gazete.

NRCS, NHCP, 2006. Land Reclamation, Currently Mined Land.

Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, 2008. Kütahya İli Tavşanlı- Tunçbilek Beldesi Ağaçlandırma Uygulama Projesi.

Url-1, http://www.academicfoodjournal. com /archive/2010/2/31-35.pdf

Fethiye Mermer Gökben Ocağındaki Elmas Tel Kesme Makinelerinin Performanslarının İncelenmesi

Investigating the Performance of Diamond Wire Machines used in Fethiye Marble Gökben Quarry

M. F. Çengel, D. Tumaç
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Günümüzde gelişen teknoloji ve artan ekonomik rekabet karşısında, ülkemizin başarılı olabilmesi için tek şart kendi doğal kaynaklarımızın en verimli şekilde üretilip işlenerek değerlendirilmesinden geçmektedir. Bu doğal kaynaklar arasında önemli bir yeri olan mermer sektörü dünya rezervlerinin büyük bir kısmına sahip olan ülkemizde çeşitli sorun ve problemler yüzünden dünya ticaretinde henüz hak ettiği yeri bulamamıştır. Bu sebeplerden dolayı ülkemizde mermer sektöründe diğer madencilik sektörlerinde olduğu gibi planlı bir madencilik uygulaması yapılmalıdır. Ocaklar, blok üretimini gerçekleştirirken bu yöntemler hakkındaki gelişmelerden haberdar olmalıdır ki buda alanında uzman bir kişi yani bir maden mühendisi tarafından takip edilmelidir. Ayrıca bir mermer ocağına başlamadan önce çeşitli araştırma ve fizibilite çalışmaları muhakkak yapılmalı, ekonomiklik açısından da değerlendirmeler yapılarak işletmelerin açılması konusunda fikirler verilmelidir. Bu çalışma Türkiye'de uygulanan mermer üretim yöntemleri ve Muğla'nın Fethiye ilçesi Seki Beldesi Gökben Köyü'ne bağlı olan Fethiye Mermer Gökben ocağındaki mermer tel kesme makinelerinin performanslarını incelemek amacıyla hazırlanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Elmas tel kesme makinesi, Performans tahmini, Doğal taş.

ABSTRACT Today, in the face of advancing technology and increasing economic competitiveness, the only requirement to be successful for our country, our own natural resources is produced and processed in the most efficient way to evaluate. Looking at the developed countries and backgrounds, they managed that very well. Marble has an important place in the natural resources and marble market has not found its rightful place in world trade in our country which has a large portion of the world's reserves. For these reasons, planned mining application should be done in the marble sector in our country as well as other mining sectors. Quarries must be informed of developments during production of these methods by a skilled person which can be a mining engineer. This study was prepared for implemented marble production methods in Turkey and examine the performance of wire-cutting machines in Fethiye Marble.
Keywords: Diamond wire machine, Performance prediction, Natural stone

1 GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ve artan ekonomik rekabet karşısında, ülkemizin başarılı olabilmesi için kendi doğal kaynaklarımızın en verimli şekilde değerlendirilmesi son derece önemlidir. Gelişmiş ülkelerin geçmişlerine bakıldığında bunu başardıkları ve madencilik sektörünün dünya ticaretindeki paylarının daha yüksek olduğunu görmek mümkündür. Bu doğal

kaynak içerisinde önemli bir yeri olan mermer sektöründe Türkiye dünya rezervlerinin %35-40'ına sahip olmasına rağmen henüz çözümlenemeyen sorunlardan dolayı dünya ticaretindeki hak ettiği yeri alamamaktadır (DPT, 1991).

Mermer yataklarının 1985 yılında 3213 sayılı Maden Kanunu'na dahil edilmesiyle sektör hızlı bir gelişme kaydetmiştir. Bu dönemde ocak yatırımları önemli ölçüde artmış ve mermer işletmelerinde büyük boyutlu üretim imkanları sağlayan ekipmanların kullanımına geçilmiştir. Sektördeki bu dinamizm dış satımlara yansımış ve mermer ihracatı hızla artmıştır.

Mermer antik çağlardan insanların uğraş alanı olmuştur. Ancak mermercilikte uygulanan üretim yöntemlerinde son yüzyıla kadar klasik yöntemlerle üretim yapılmıştır. Özellikle 1970'li yıllarda elmas tel kesme yöntemleri ve zincirli kesiciler ile birlikte büyük kapasiteli iş makinelerinin mermer üretiminde kullanılmaya başlanılması sektöre büyük bir hareketlilik kazandırmıştır (Kekeç, 2001; Ersoy, 1991)).

Mermer teknolojisindeki son gelişmeleri takip etmek ve mermer yataklarının en randımanlı ve en ekonomik ölçülerde işletilmesini sağlamak üzerinde durulması gereken noktadır (Conti, 1986). Teknolojinin gelişmesi ile birlikte mermer ocaklarında blok mermer ve fabrikalarda işlenmiş mermer üretimi hızla artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada antik çağlardan, günümüze kadar uygulanan mermer üretim yöntemleri ve son yıllarda meydana gelen teknolojik gelişmeler ele alınmış ve elmas tel kesme makineleri performansı incelenmiştir.

1.1 Projenin Amacı

Fethiye ilçe sınırlarında toplam 5.000 m² kapalı ve 25.00 m² açık alan üzerine inşa edilmiştir. Kendi ocaklarından temin ettiği ham malzemeleri (blok veya moloz) Türk ve İtalyan menşeli makinelerde kesip boyutlarına göre çeşitli kalibrasyon, epoksi, cilalama işlemlerinden sonra son derece korunaklı kasa ve bandıllara yerleştirerek müşterilerine sevk etmektedir.

Gerekli yatırımlar sonucunda tamamı son teknoloji ile donatılmış tesislerinde, yıllık 200.000 m^2 işlenmiş mermer ve 25.000 tonu ihracat olmak üzere 50.000 ton ham blok mermer üretimi yapmaktadır.

Üretim esnasında elmas telli kesiciler tercih edilmiş olup, envanterde 6 adet elmas telli kesici bulunmaktadır.

2 ELMAS TELLİ KESİCİ HAKKINDA TEKNİK ÖZELLİKLER

Fethiye mermer firmasında blok üretimi için kullanılan elmas tel kesme makinesinin teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

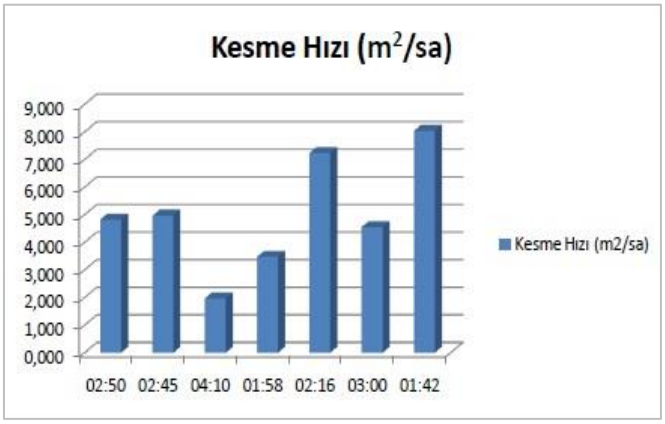
Çizelge 1. Kullanılan Elmas Telli Kesme Makinesi Hakkında Teknik Özellikler

Motor Gücü	45 Kw (60 Hp) 1450 D/DK 380 Volt
Ana Motorlu İlk Hareket	Torklu (Yağlı Kablin)
Elektrik Donanımı	380 Volt 3 Faz Yıldız Üçgen
Yürüyüş Sistemi	1.1. Kw 1400 D/Dk 3 Devir Çıkışlı
Makine Kumandası	Kablolu Seyyar Pano (üzerinde pano)
Ana Kasnak Çap	800 mm
İstikamet Kasnak Çap	300 mm
Yürüme Payı	3m x 2 Adet
Kesme Kapasitesi	6-10 m^2 Mermerin Sertliğine göre
Tel Kapasitesi	80-100 m

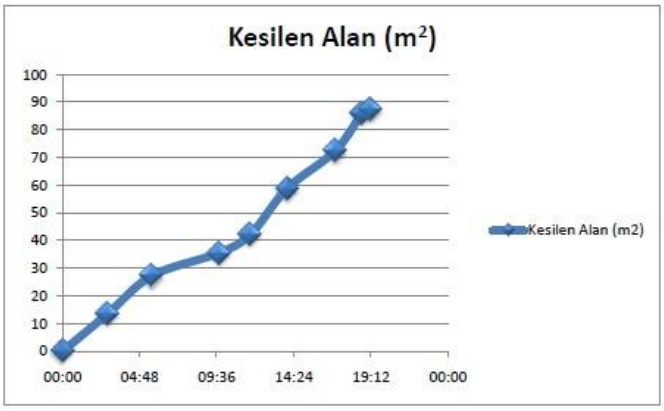
3 GÖZLEM YÖNTEMİ ve BAZI HESAPLAMALAR

Tüm veriler Gökben Ocağı'nda 21 gün gözlemlenmiştir. İki ayrı bölgede kesilen blokların kesme hızı, kesme alanı ve tel sarfiyatı incelenip hesaplanmıştır.

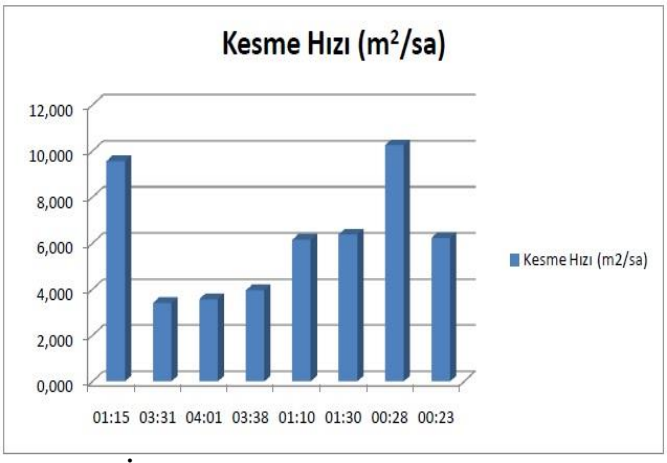
İnceleme sonrası yapılan hesaplamalar Şekil 1-4'te gösterilmiştir.



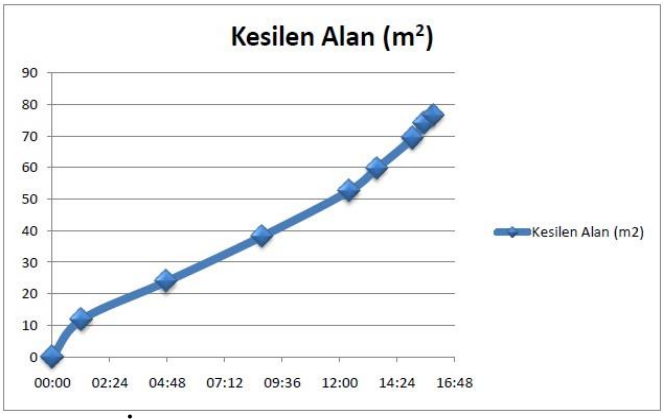
Şekil 1. Birinci Bölge 1 No'lu Kesim Hızı



Şekil 2. Birinci Bölge 1 No'lu Kesim Alanı



Şekil 3. İkinci Bölge 1 No'lu Kesim Hızı



Şekil 4. İkinci bölge 1 No'lu Kesme Alanı

4 SONUÇ

Mermer ocağı tabakalı ve çatlaklı yapı göstermesi nedeniyle elde edilen blok boyutları küçük olmaktadır. Ayrıca bu formasyon bozuklukları üretim kaybına ve daha sonra mermer işletme fabrikalarında ortaya çıkabilecek kılcal bozukluklara neden olmaktadır. Dolayısıyla blok kesimi yapılırken elde edilebilecek blok boyutlarının 2-3 katı kadar büyüklükler alınarak üretim yapılmaktadır. Büyük bloklar daha sonra ayna önünde sayalama işlemi ile mermer fabrikasının istediği boyutlara ebatlanır. Ama işletmede formasyon bozuklukları çok iyi etüt edilerek üretim yönü belirlenmeli ve kayıplar asgariye indirilmelidir.

Bununla beraber mermer ocağındaki teçhizatların kullanılması ile ilgili olarak, işinde uzmanlaşmış bir ekip olmalı, muhtaç olunan teçhizatın işlemesini, özelliklerini ve üretimlerini gösteren deneysel cetvellerin değerlendirilmesi ile görevli bulunmalıdır. Bu cetveller, aynı zamanda hangi teçhizatın daha fazla bir başarı ile kullanılabileceğini belirtmelidir. Mermer endüstrisinde ihtisas kazanmış teknisyenlerin nezaretinde, 2-6 ay sürecek stajlarla, mevcut taşçı ustalarının en modern teçhizatı dahi kullanabilecek duruma kolayca gelebileceklerine inanılmaktadır. Genellikle mermer ocağında çalışan işçiler aynı aileye mensup ve geçimini mermercilikten sağlamaktadırlar. 10 yılı aşkın süredir işletmede çalışmaktadırlar. Bunun için mermer ocağını çok iyi tanımakta ve mermercilik bilgisi açısından son derece tecrübelidirler.

Çalışmalar sırasında ocak içi organizasyonunun çok iyi yapılması üretim randımanının artması için gerekli şarttır. İşletmede çalışan elmas tel kesme makineleri tam kapasite ile çalışmaktadır. Elmas tel kesme makineleri çalışırken diğer yandan bir sonraki bloğun yatay ve düşey deliklerinin delinmesi ve kesime hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Böylece elmas tel kesme makineleri boşa çıktıklarında bekleme süresi asgariye indirilecek ve üretim hızı ve kapasitesi arttırılmış olacaktır. Ayrıca kesim sonrasında bloğun hemen ayna önüne devrilmesi ve sayalama işleminin de yapılması gereklidir. Bu bloklar hemen stok

sahasına götürülerek çalışma sahası daima geniş tutulmalıdır.

İşletmede makinelerin ve işçilerin organizasyonu açısından vardiyalı sisteme geçiş önerilebilir. Çünkü gerek makine sayısı gerek de işçi sayısındaki büyük artış nedeni ile işletme organizasyonunda bir kalabalıklaşma söz konusudur. Vardiyalı sisteme geçiş üretim miktarını arttırmasa bile bir takım sorunların önüne geçebilir ve ilk yatırım maliyetlerini azaltmış olabilir. İşletmede şu an 7 adet elmas tel kesme makinesi ve 11 adet sayalama makinesi bulunmakta ve bu makinelerin çoğu gece çalışmamakla beraber gündüz de bazıları çalışmamaktadır. İyi uygulanacak bir vardiya sistemi ile bu makinelerin üretime katkı yapmaları sağlanabilir. Bununla birlikte bu seçilen tel kesme makinesinin çeşidi ve teknolojisi oldukça fazla önemlidir. İşletmede bulunan tel kesme makineleri oldukça modern ve son teknoloji ile donatıldığı söylenebilir. Bu durumda önemli olan makinelerde kullanılacak elmas tellerin doğru bir şekilde seçilmesini sağlamaktır. Bunun için çeşitli uygulamalar yapılıp çıkan sonuçlar üzerinde çalışma ve hesaplar yapılıp en verimli olan tel seçimi sağlanabilir. Ayrıca ocakta tel kesme makineleri ile beraber makaraların da kullanılmasının verimi arttıracağı düşünülmektedir. Hali hazırda ocakta makaralar kullanılmamaktadır. Makaralar kullanılarak çeşitli veriler tutarak sonuçlara bakılıp değerlendirmeler yapılabilir.

İşletmede kullanılan iş makinelerinin bakımları aksatılmamalıdır. Meydana gelebilecek herhangi bir arızadan dolayı üretim aksayabilmekte hatta durma noktasına gelebilir. Özellikler iş makinesi operatörlerinin oldukça dikkatli olmaları gerekmektedir. Gerek iş makinelerinin gerekse ocakta bulunan işçilerin sağlığı açısından bu dikkati göstermeleri gerekmektedir. Son zamanlarda yaşanılan bir olayda lastikli yükleyici kepçenin üzerine düşen bir kaya parçasından dolayı kepçe 3 ay kadar kullanılamamış, üretimde aksamalara neden olmuş ve işletmeyi olumsuz etkilemiştir.

Günümüzde mermer ocağının döküm sahası ve blok sahası açısından herhangi bir problemi gözükmemektedir. İlk zamanlarda bu sahaların yetersiz kaldığı ancak daha sonra alınan izinlerle birlikte ocak işletme sahasının ve döküm sahasının alanlarının genişletildiği bilgisi alınmıştır. Üretilen blokların içinden ihracat olabilecekler seçilerek stok sahasının bir kısmına, kendi fabrikalarında işlenebilecek bloklar diğer tarafına ve kesilip işlenebilecek olan moloz mermerler ise farklı bir yerde stok edilmektedir.

TEŞEKKÜR

Öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her daim yanımda olan sevgili annem Nadire Çengel'e, lisans eğitimim sırasında öğrendiğim tüm bilgileri bana sağlayan ve üzerimde her türlü emeği olan sevgili hocalarıma, bitirme çalışması süresince benden bilgi ve desteğini esirgemeyen sevgili hocalarım Dr. Cengiz Kırmanlı ve Doç. Dr. Deniz Tumaç'a, Fethiye Mermer Maden Mühendisi Adnan Doğuç'a, öğrenim hayatımı samimi ve eğlenceli kılan sevgili arkadaşlarıma teşekkürlerimi bir borç bilir saygılarımı sunarım.

KAYNAKLAR

Kekeç, N., 2001. Tel Kesme Makinelerinde Elmaslı Tellerde Kesme Performansının Belirlenmesi Üzerine Bir İnceleme, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği, *Yüksek Lisans Tezi*, Sayfa 30-46, Isparta.

Ersoy, H.T., 1991. Ladik (Konya) Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve İşletmeciliği, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Sayfa 98, Ankara.

Conti, G., 1986**,** *Marble in the World*, Societa Editrice Apuana Srl, 1st Eddition, Sayfa 247, Carrara, İtalya.

DPT Raporu, 1991. *Mermer*, T.C. DPT, VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

Bakırköy Kirazlı Metro Tünelinde EPB TBM'in Performans Analizi

Performance Analysis of an EPBM used in Bakırköy Kirazlı Metro Tunnel

S. İskenderov, C. Balcı
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET: Bakirkoy Kirazlı Metro Tünelinde seçilen kısım 40 gün boyunca incelenmiş ve TBM'den (6,57 metre kesici kafaya sahip) alınan veriler toplanıp, çeşitli modellerde parametre olarak kullanılmıştır. Kazı hızlarının karşılaştırması, bu yöntemlerin daha iyi anlaşılması ve spesifik enerjiye bağlı potansiyel kazı hızının görülmesini ve jeolojik yapı değişimine bağlı itme, tork, hız ve diğer verilerde değişimlerin gözlemlenmesi sağlamıştır.
Anahtar Kelimeler: TBM, EPB, Performans

ABSTRACT: Bakirkoy Kirazlı Metro Tunnel is selected and in duration of 40 days, data taken from the TBM (that has 6, 57 m diameter cutter head) were collected to be used in various parameters in this model. The advance rate comparison of this model creates better understanding towards prediction models and the potential advance rates estimated based on optimal specific energy also can be seen and observed of changes on thrust, speed, advance and the other at TBM Log data.
Keywords: TBM, EPB, Performance

1 GİRİŞ

Büyük kentlerin ulaşım sorununda en etkili çözüm yolu olan metro; günümüz toplu taşımacılık sistemlerinin yaygın bir türü olarak tüm dünyada giderek artan oranda kullanılmaktadır. Ucuz ve çabuk ulaşım olanağı sağlayan metronun diğer raylı sistemlerle birlikte İstanbul içi kent karayollarındaki trafik sıkışıklığına en etkili çözümü sağlayacağı da kuşkusuzdur.

Dünyada ilk büyük metro sistemleri 19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılın başlarında Londra, Paris, New York ve Moskova'da kuruldu. İlk "yeraltı demiryolu" projesi 1835'de İngiltere'de yapıldı. Ama Londra'nın kenar semtlerindeki iki demiryolu istasyonunu kentin merkezine bağlamayı amaçlayan bu proje "düşsel" bulunduğu için uygulanmadı.

1860'da Londra'da dünyanın ilk yeraltı demiryolunun yapımına başlandı.6 kilometre uzunluğundaki bu metro hattı 1863'de isletmeye açıldı. Sonraki yıllarda yapılan ekler ve yeni hatlarla giderek genişleyen Londra Metrosunda bugün 408 kilometrelik bir ağ üzerindeki 273 istasyon arasında çalışan 457 metro treni her gün yaklaşık 2,5 milyon yolcu taşımaktadır.
Dünyanın en ünlü metrolarından biri olan Moskova metrosunun 197 kilometrelik toplam uzunluğunun 20 kilometrelik bir bölümü dışında, tümü yeraltındadır ve 123 istasyonu vardır.
Son yıllarda diğer yöntemlere göre daha avantajlı olması nedeniyle TBM kullanımında önemli bir artış görülmüştür. TBM'lerin diğer metotlara göre başlıca avantajları hızlı, ekonomik ve daha güvenli

bir metot olmasıdır. Tamamlanan her proje bir sonraki projenin daha verimli gerçekleşebilmesini sağlamıştır.

1.1 Projenin Amacı

İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde inşa edilecek olan yaklaşık 8, 8 km uzunluğundaki BBKM hattı Başakşehir Metrokent – Kirazlı ve Olimpiyat – Kirazlı metro hatlarının uzatması olarak planlanmıştır. Bu hat, planlanan İstanbul ulaşım ağının önem arz eden parçalarından biri olup İncirli bölgesinde doğu-batı aksında ilerleyen tamamlanmış veya planlanan muhtelif ulaşım projeleri ile kesişimi veya etkileşimi söz konusudur. Bağcılar, Bahçelievler, Güngören ve Bakırköy ilçe belediyesi sınırları içerisinden geçmektedir. Kuzey-güney aksında ilerleyen BBKM hattı 8 ayrı istasyondan geçerek Bakırköy İDO bölgesine ulaşacaktır. Proje kapsamında yapılacak kaba inşaat işleri; her biri yaklaşık 6, 2 km uzunluğunda çift tüp mekanize kazı (TBM) ile açılacak hat yolu tünelleri (hattın nispeten daha kısa kesiminde de NATM ile açılacak hat yolu ve kuyruk tünelleri de bulunmaktadır), 8 adet istasyon inşaatı, hatlar arası geçiş imkânı sağlayan makas yapılarının inşaatı ve hat yolu tünellerinde birbirine geçiş imkânı sağlayan bağlantı tünelleri olarak özetlenebilir. Güzergâh planında şehrin yoğun yerleşime sahip bölgelerinin birinden geçtiği kolaylıkla söylenebilir. (Aga Enerji Jeoteknik Raporu, 2016).

2 TBM HAKKINDA TEKNİK ÖZELLİKLER

Bakırköy – Bahçelievler- Kirazlı arası yapılan metro hattında kullanılan tünel açma makinesi tipi makinesinin genel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan TBM Hakkında Teknik Özellikler

Makina Tipi	**Toprak Basıncı Dengesi Kalkanı**
Monte edilen güç	2000 kW
TBM uzunluğu + Römork	Yakl. 96 m
TBM ağırlığı, geri ekipmanı	657,6 t
Viraj yarı capı düzeltmesi	250 m
İşletme basıncı (orta aksta)	4,0 bar
Tünel toplam uzunluğu	2 adet 9000 m
Artiş (maks.)	%4
Düşüş (maks.)	%4
Diş halka çapı	6300 mm
İç halka çapı	5700 mm
Segment uzunluğu	1500 mm
Segment kalınlığı	300 mm
Halka dağılımı	5+1
Segment ağırlığı (maks.)	3976 kg
Komple halka ağırlığı	21206 kg
TBM Performansı	
Makina kullanımı (%)	32
Ortalama İlerleme oranı (m)	8,2
Penetrasyon Oranı (m^3/saat)	87,12
Kesici diskler (1 halka)	32
Kesici diskler (merkez)	4 x 2 halka disk kesici
Aşırı kesici disk	1 x 4 katlı disk kesici
Strok aşırı kesicisi	50 mm
Kesici disk çapı	17''
İz mesafesi	90/95/100 mm
Kesici biçağı	72
Taraklar	8
Aşınma algılayıcısı	2 sensör, 1 kanal
Vantilatör gücü	15 kW
Havalandırma borusu çapı	TBM: 600 mm Tünel: 1400 mm

3 GÖZLEM YÖNTEMİ VE BAZI HESAPLAMALAR

Tüm veriler TBM'de 20 gün gözlemlenmiştir. RPM, ilerleme hızı, makine kullanımı, penetrasyon hızı, spesifik enerji, ortalama normal kuvvet, toplam itme kuvveti, kesici kafanın tork gereksinimi, kesici sayısı, kesici kafanın tüketilen gücü, anlık kesim hızı, anlık penetrasyon oranı, nüfuz indeksi, köpük enjeksiyon hızı ve köpük genleşme oranı izlenir.

4 SONUÇ

Bu çalışmada Bakırköy Kirazlı Metro Tüneli'nde toplam 180 m uzunluğundaki bölümde analiz edilmiştir. TBM'den alınan değerler günlük olarak toplanmakta ve ayrılmaktadır. Daha sonra, bu değerler TBM'in verimliliğini değerlendirmek için çeşitli modellerde kullanılır.

Kesitte sedimanter kaya oluşumlarından dolayı zaman zaman itme, moment ve spesifik enerji değerlerinde yüksek değerlerin gözlemlenmesine bağlı olarak oluşum bu bölümde 3 kez değiştirilmiştir.

Spesifik Enerji konseptine dayanan model, daha önce yapılmış diğer araştırmalara kıyasla bu oran yeterli olduğundan, halka 1 ile halka 260 arasındaki tünel kesitinde kazı için düşük verimliliğe işaret etmektedir. Göz önünde bulundurulması gereken tek şey en uygun Spesifik Enerji değerini kayanın yumuşaklık ve kırılma olduğu gözlemlendiğinde bulunmasıdır.

Arazideki TBM verilerinin kullanıldığı hesaplama sonucu, saha raporlarından alınan raporlardan 8,2 m ilerleme hızı farkı gösterir. Bu sayı, bildirilen makine kullanım zamanı ile açıklanabilir, çünkü avans oranlarının tahmin edilmesi anahtar husustur.

Optimal SE'nin kullanıldığı deterministik model sonucu, makine kullanma zamanı yanlış olsa bile alan raporu avans oranlarını aşmıştır. Ancak SEfield verileri ve SEopt verileri çok yakındır. Dolayısıyla, proje için etkili kazı gösteriliyor. Makine kullanım süresi % 32 olarak izlenmeştir, siteden alınan raporlara göre tüneldeki önceki bölümdeki TBM Girişinden %30 üzerinde makine kullanım süresine erişildi.

Bu değerli makine kullanım performansı, günde 22 saatlik iki vardiya ile açıklanabilir. TBM, konveyör bant sistemleri ile tasarlandığından, son zamanlarda azalan makine kullanım süresi, muck otomobil seyahatinde azalma ile açıklanabilir. Muck araba nakilleri kazı hızına etki eder. Kurulan konveyör bant sisteminden makine kullanma zamanı arttırılmıştır. Arazi raporu ile Gözlemlenen verilere dayanan çalışma arasında gözlemlenen avans oranı karşılaştırması, penetrasyon değeri için TBM verilerinin kendisi olduğundan dolayı iyi benzerlik göstermektedir.

Ek olarak; jeolojik verileri analiz edildiğinde, itme, spesifik enerji, tork hızı ve penetrasyonda bazı değişiklikler olduğunu gösterir. Özellikle spesifik enerji ve itme değerlerinde meydana gelen değişiklikler olağandışı değildir. Maddenin sertliği azaldıkça spesifik enerji azaltılmalıdır. Ancak bu durumda sertlik azaldığında, kil faktörü nedeniyle özgül enerji artar.

Kilin kimyasal özelliklerinden kazılması zor olduğu için, TBM kazısında istenmeyen maddedir. Aynı şekilde, malzeme yumuşarsa itme azaltılmalıdır. Buna sebepten, killerin özellikleri nedeniyle teori için zıt sonuçlar vardır. Üstelik, köpük enjeksiyonu, incelenen jeoloji hakkında bir fikir edinmemektedir. Çünkü köpük enjeksiyonu sert kaya zemininde toz oluşumunu önler. Öte yandan, yumuşak zeminde zemin kondüsyonu için köpük enjeksiyonu kullanılır.

Sonuç olarak, Bakırköy Kirazlı Metrosu Projesinde kazısı verimli bir şekilde yürütülmektedir. Makine kullanım oranı İstanbul'un jeolojik yapısı için uygundur. Bu bölge için avans oranları kabul edilebilir.

Çizelge 2. Kullanılan TBM Hakkında Teknik Özellikler Kendi Hesaplamam

İtme	11 980	kN
Penetraasyon	27.87	mm/dev
Trok	2 163	kNm
TBM çapı	6,570	mm
Disk çapı	43,18	mm
Yüzey alan	33,9	m^2
Makina kullanımı	32	yüzde
Kesiciler Sayısı	32	

TEŞEKKÜR

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi'nden tez danışmanım Prof.Dr. Cemal Balcı'ya teşekkür ediyorum. Ayrıca, her zaman akademik yayınları aracılığıyla bana destek verdi ve onunla işbirliği içinde olmaktan hep şanslı olduğumu düşündüm.
Tüm katkıları için Utku Gümüş'e teşekkür ederiz. İlk günden beri Tünel Şefi Gümüş'ün bize verdiği bütün katkılar ve önerileri için teşekkür ederim.

Çok sevdiğim arkadaşım Sertaç Yaramış'a her konuda bana yardam ettiği, beni arkadaşı değil bir kardeşi olarak gördüğü ve bitirme tezimi yazmamda yardım ettiği için teşekkür ederim.

Emre Toro, Ogün Çelik, Yusuf Türkmen ve Can Budak'a, bu tez yazarlığı ve araştırmasına destek verdiği için teşekkür ederim.

Ailemin tüm desteği sayesinde bu günlere geldim. Kendilerine müteşekkirim.

KAYNAKLAR

AGA ENERJİ, 2016. Bakırköy-Bahçelievler-Kirazlı Metro Hattı İnşaat ve Elektromekanik Sistemleri Temin, Montaj ve İşletmeye Alma İşleri, Bakırköy – Bahçelievler – Kirazlı Metro Hattı İnşaat ve Elektromekanik Sistemleri, *Prota Mühendislik*, BBKM-TU-TBM-000-000-U-100 no.lu pafta Tek Hat Tünel Enkesiti.

Pehlivan, H., 2013. Üsküdar–Ümraniye–Çekmeköy Metro Tünellerinde TBM Performansı ve Veri Analizi, *Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Çomaklı R., 2015. Taşınabilir Doğrusal Kazı Deney Seti Kullanılarak TBM Performans Tahmin Modeli Geliştirilmesi, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Çınar M., Feridunoğlu C., 2011. Tünel Açma Makineleri (TBM). *Yer altı Kazıları 1.Sempozyumu*.

Eczabaşı-Esan'a Ait Kurşun-Çinko Maden İşletmesi Jeoteknik Etüt İşleri ve Tahkimat Tasarımı

Lead-Zinc Mining Operation Geotechnical Surveying Works and Support Design Belongs To Eczabasi-Esan

O. C. Küçük, C. A. Öztürk
İ.T.Ü., Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Madencilik çalışmaları, gelişen ve endüstriyelleşen dünyamızın enerji ve hammade ihtiyacının karşılanmasında en büyük öneme sahip sektörlerden biri olmasına rağmen, iş sağlığı ve güvenliği açısından istenen yeterlilikte önlemler alınmasında sorunlar yaşanmaktadır. Bu iş kazalarının önlenmesi için ve üretimde verimin arttırılabilmesi için tahkimat tasarımları dikkat ve özenle yapılmalıdır. Bu bitirme çalışmasında, Eczacıbaşı Esan Kurşun-Çinko İşletmesi'nde yapılan üretim faaliyetleri, jeoteknik etütler ve kullanılan tahkimat sistemleri incelenmiş ve hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Ayrıca işletmede yapılan çalışmalar sonucu ayna tipleri belirlenmiş, bu ayna tiplerine göre kaya kütle sınıfı tayinleri ve tahkimat tasarımları yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Tahkimat, metal madenciliği, jeoteknik

ABSTRACT Despite the fact that mining is one of the sectors with the greatest emphasis on meeting the energy and raw material needs of our developing and industrialized world, where are problems in taking the required competence measures in terms of occupational health and safety. In order to prevent these work accidents and to increase the productivity in production, the support designs must be done with care. In this graduation project, production activities, geotechnical studies and ground support system which are performed in Eczacıbaşı-Esan Lead-Zinc firm, has been examined and informed in detail. Furthermore, types of mine excavation surfaces define as a result of studies in facilities. In order to types of surfaces, rockmass determination of rockmass class and ground support systems designed.
Keywords: Ground support system, metal mining, geotechnical

1 GİRİŞ ve GENEL BİLGİLER

1.1 Esan'a Ait Madencilik Faaliyetleri

Eczacıbaşı Topluluğu'nun seramik fabrikalarının hammadde ihtiyacını karşılamak amacı ile 1978 yılında kurulan Eczacıbaşı Esan, 2004 yılı başında Yapı Ürünleri Grubu kuruluşlarından EDM Eczacıbaşı Doğa Madencilik Sanayi ve Tic A.Ş. ile birleşmiştir. Bu birleşme ile birlikte, feldspat, kil, kaolin ve kuvars hammaddelerinin üretim ve satış faaliyetine ek olarak, çeşitli sektörlere kimyasallar, mineraller, ısı izolasyon malzemeleri, seramik fırın ve fırın ekipmanlarının pazarlama ve satışını da gerçekleştirmeye başlamıştır.

1.2 Balya Madeni Tarihçesi

Balya madeninden tarihte ilk defa 17. yüzyıl kayıtlarında (1651) bahsedilmektedir ancak bir işletme olarak 19. uncu yüzyılda 1839 – 1849 yılları arasında "Balya Maden İşletmeleri" adlı şirketin burada madencilik faaliyetlerinde bulunduğu bilinmektedir. 1878 yılında "Riol" isimli bir Fransız şirket Balya'da maden arama ve işletme hakkını 99 yıllık bir "işletme imtiyazı" şeklinde almış ve 1892 yılında da "Balya – Karaaydın

Madenleri Anonim Şirketi"nin kurulmasıyla bu yatırım, Balya'nın gelişimine önemli katkılarda bulunmuştur.

1.3 Coğrafi Konum Bilgileri

Balya civarında; Paleozoyik, Mezozoyik ve Tersiyer yaşlı formasyonlar vardır Paleozoyik, Permiyen ve Ferno-Karbonifer yaşlı kireçtaşları şeklinde, olup, Üst Triyas içinde ve üstünde yabancı (allokton) bloklar halinde bulunmaktadır. Yüzölçümü 952 km² olan Balya'nın %70'i kadarını dağlık alanlar, geriye kalanını engebeli alanlar oluşturur. İlçenin Kuzey Batısında Konak, Batıda Ekizce, Doğuda Akçal dağları uzanmaktadır.

Stratigrafik olarak bölgede en yaşlı kaya topluluğu olan Permiyen yaşlı allokton kireçtaşı mostra verir, Üst Eosen yaşlı dasidik – riyodasidik volkanik kayaçlar ise bölgede dar bir alanda mostra verir ve arazideki kalınlıkları 200 metre civarındadır.

2 ÜRETİM YÖNTEMİ

Eczacıbaşı Balya Kurşun-Çinko Yeraltı İşletmesi'nde kullanılan üretim yöntemi yatay dilimli dolgulu kes doldur yöntemi olarak bilinmektedir. Bu üretim yönteminin genel adı tavan ayaktır. Fakat işletmede dolgu işlemi sonunda kazı işlemi, sadece dolgu atılan bölgenin üst kısmına yapılmadığı için kullanılan yöntem tam olarak tavan ayak değildir. Kesme Doldurma üretim yönteminin, cevherleşme şekline uygun olarak değişik bir uygulaması olan bu çalışmada cevher yatağı yan yana ve üst üste dilimler halinde üretilmektedir. Bu çeşit yataklanmalarda uygulanan bu yöntem, ekonomik açıdan olduğu kadar, iş güvenliği ve çalışma kolaylığı açısından da alternatif yöntemlere göre önemli üstünlüklere sahiptir.

2.1 Üretim Yöntemine Ait Teorik Bilgiler

Eczacıbaşı, Balya Kurşun-Çinko Yeraltı İşletmesi'nde kullanılan üretim yöntemi yatay dilimli dolgulu kes doldur yöntemi olarak bilinmektedir. Bu üretim yönteminin genel adı tavan ayaktır.

3 JEOTEKNİK AYNA HARİTALAMA

3.1 Kayaç Malzemelerinin Mühendislik Özellikleri

Kayaç malzemelerinin mühendislik yönünden sınıflandırılmasında etkin olan 2 önemli husus vardır. Bu hususlardan biri, kayanın dayanımı, diğeri ise deformasyon özelliğidir.

3.2 Kayaç Malzemelerinin Mühendislik Özellikleri

Süreksizliklerin özellikleri belirlenirken ilk önce süreksizliğin türü saptanır. Bu süreksizlik türleri 2 grupta incelenir.

1.Grup: "tabaka, eklem, dilinim, şistozite, foliasyon, laminasyon" gibi türleri içinde bulundurur. Takım ve sistemler halinde bulunurlar. Yüzeyleri boyunca herhangi bir yer değiştirme meydana gelmez. İstatistiksel değerlendirmelere tabi tutulabilirler.

2.Grup: "fay ve makaslama zonu" gibi süreksizlikleri barındırır. Tek başına bulunurlar Yüzeyleri boyunca yer değiştirme gözlenir ve istatistiksel değerlendirmelere tabi tutulamazlar.

3.2.1 Süreksizlik Aralığı ve Sıklığı

Süreksizlik aralığı, kaya kütlelerinde komşu iki süreksizlik veya birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik setindeki iki süreksizliğin arasındaki dik mesafedir. Süreksizlik veya bunun tersi olan süreksizlik sıklığı, ya da eklem sıklığı parametresi; süreksizlik yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra, kaya kütlesinin geçirgenliğinin ve kayaç malzemesinin oluşturduğu blokların boyutlarını denetleyen bir parametre olması nedeniyle de kaya kütlelerinin en önemli özelliklerinden biridir.

3.2.2 Süreksizliğin Devamlılığı

Kaya kütlesi kavramı, süreksizlik düzlemleri tarafından bloklara ayrılmış bir sistemi ifade eder. Ancak, süreksizlik düzlemleri kaya kütlelerinde sonsuz bir devamlılığa sahip değildir. En yüksek devamlılığa sahip süreksizlik türü olan tabakalanma düzlemleri bile havza kenarlarında sonlanır.

3.2.3 Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü ve Dalgalılığı

Pürüzlülük ve dalgalılık sırasıyla, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ve büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsüdür. Dalgalılık, düzlemsellikten büyük ölçekteki bir sapmayı karakterize ederken, küçük ölçekteki sapmalar ise pürüzlülük olarak tanımlanır. Her iki özellik de süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımının önemli bir bileşeni olarak rol oynar.

3.2.4 Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı

Eğer süreksizlik yüzeyi temiz ve kapalı ise, diğer süreksizlik parametreleri jeoteknik tanımlama açısından yeterli olabilmektedir. Ancak süreksizlik yüzeyi açık ise, bu açıklığın ölçülmesi gerekmektedir. Açıklık, bir süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dik uzaklık olup, boş olabileceği gibi, su veya herhangi bir dolgu malzemesi tarafından doldurulmuş da olabilir

3.3 Kaya Kütle Sınıflama Sistemleri

Herhangi bir sahada bir projenin ilk aşamalarında bu yöntemlerin en az ikisinin kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu kısımda sık karşılaşılan kaya kütlesi sınıflama yöntemleri olan kaya kütlesi göstergesi (RQD), kaya yapısı puanı (RSR), kaya kütlesi puanı (RMR), kaya tünelcilik kalite indeksi (Q), jeolojik dayanım indeksi (GSI), kaya kütlesi indeksi (RMi) temel olarak incelenecektir. Doğru bir şekilde kullanıldıkları zaman bu sistemler, ön tasarımda yararlı birer araç olabilmektedirler.

4 JEOTEKNİK UYGULAMALAR

4.1 Ayna Tiplerinin Belirlenmesi

Ocak içerisinde bulunan ayna tiplerinin belirlenmesi için işletmede çalışan mühendisler vardiyaları sırasında Jeoteknik Ayna Raporu ‘nu doldurarak ocak içerisinde yer alan aynaların tiplerinin belirlenmesinde ve ilgili aynanın Q ve RMR değerinin belirlenmesinde etkin rol oynarlar.

5 TAHKİMAT TASARIMLARI

5.1 Ayna Tiplerine Göre Tahkimat Tasarımları

Abaktan elde edilen veriler sonucu her bir kayaç için gerekli tahkimat tasarımları belirlendi. Yapılan çalışmalar sonucu Q sistemindeki 7 tahkimat tipinden 3., 4., 5. ve 6. tahkimat sistemlerinin kullanılacağı sonucuna ulaşıldı. 6 nolu tahkimat sistemi sadece ana rampa da kullanılacaktır.

6 SONUÇ

36 farklı çeşit ayna yapısı bulunmaktadır. Bu ayna çeşitleri incelendiğinde skarn kayacı tüm ayna çeşitlerinin %22,4 ünü oluşturmuş ve en sık rastlanan ayna tipi olmuştur. Skarndan sonra en çok bulunan ayna tipleri, her biri tüm aynaların hemen hemen %10 unu oluşturmakla beraber, bu kayaçlar mermer, metasediment, andezit-skarn kayaçlarıdır. Ana Rampa için yapılan değerlendirmelerde sadece 384 kotundan gelen 5 veri kullanılmış ve tek kayaç tipine rastlanmıştır. Bu kayaç tipi mermerdir.

Bu verilerde en büyük Q değerinin 1.75 olduğu ve 384 kotunda bulunduğu tespit edilmiştir. En düşük Q değeri ise yine aynı kottaki mermer kayacından gelmiştir ve değeri 0,667 dir. Rekup için kullanılan verilerin ortalama Q değeri 1,125 olarak bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkarılması sırasında desteklerini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Cüneyt Atilla ÖZTÜRK’e ve lisans hayatım boyunca benimle bilgi ve tecrübelerini paylaşan tüm bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan, desteklerini esirgemeyen ailem Işıl KÜÇÜK ve Mesut KÜÇÜK’e ve lisans hayatım boyunca yanımda olan, bu çalışma sırasında da desteklerini her zaman hissettiğim arkadaşlarım, Kürşat HASÖZDEMİR’e, Ceyhun TAŞKIRAN’a, Mehmet Ali Mollavelioğlu’na, Ayşegül GÜLDAŞ’a ve İsmail Melih ÖZKAYA’ya teşekkür ederim.

Bu bildirinin hazırlandığı bitirme tezimi yaptığım çalışmalar süresince yardımlarını esirgemeyen Eczacıbaşı-Esan ailesine teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Akyol, Z., 1977. Balya Madeni Civarının Jeolojisi.

Calder, W. M. And Bean, G. E., 1957. ‘’*A classical map of Asi: being a partial revision by permession of messrs’’* London: British Instute of Archaeology at Ankara.

Erdil, M., 1993. Kalın masif sulfid yataklarda kesme/doldurma üretim yöntemi tasarımı ve uygulama örnekleri. Türkiye XIII Madencilik Kongresi, s. 23-26.

Madencilik Türkiye Dergisi, 2013. ‘’Eczacıbaşı Esan, Balya Kurşun-Çinko Madeni’’, s.64-65.

Smith, M., 2008. Mining Methods in Underground Mining. Atlas Copco Rock Drills. AB İsveç, s.150.

Tokgöz, N., 1998. Türkiye 11. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı

Ulusay, R., 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri

Hoek, E., Kaiser P.K and Bawden, W.f Support of Underground Excavations in Hard Rock.

Evaluation of Drilling-Blasting Operations in Akdağlar Mining Inc.

Akdağlar Madencilik Bünyesinde Yapılan Delme ve Patlatma İşlerinin Değerlendirilmesi

O. Çelik, T. Hüdaverdi
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul

ABSTRACT In this study, drilling and blasting operations in Akdaglar Mining were observed. Information about the machines and equipment used in the drilling process, the cost calculations and four different work-time studies related to drilling operations were given. The equipments and materials used in the blasting operation in the mine are introduced, and their usage patterns are explained by visual data. Schematic diagrams of these blasts were drawn, the amount of explosive per hole and the contents of the explosives per hole were given, and the scaled photographs taken from the muckpile were analyzed in the WipFrag program. A detailed cost calculation was made for each of the four observed blasts. Blast design parameters were calculated and compared to Olofsson's theoretical approach. In the last part, information about the environmental effects of the blasting was also presented.
Keywords: Drilling, blasting, fragmentation

ÖZET Bu çalışmada Akdaglar Madencilik bünyesinde yapılan delme ve patlatma işlemleri gözlemlenmiştir. Kazı operasyonunun aşamaları, delme işleminde kullanılan makine ve ekipmanlar hakkında bilgi verilmiş ve maliyet hesabı yapılmıştır. Delme operasyonuna ait dört farklı iş zaman etüdü verilmiştir. Ocak içinde yapılan patlatmalarda kullanılan patlatma ekipmanları tanıtılmış, bunların kullanım şekilleri görsel verilerle açıklanmıştır. Bu patlatmaların atım şemaları çizilmiş, delik başına düşen patlayıcı miktarları ve patlayıcıların içeriği verilmiş ve yığından alınan ölçekli fotoğraflar WipFrag programında analiz edilmiştir. Gözlemlenen dört farklı patlatmanın her biri için maliyet hesabı yapılmış, her biri için patlatma parametreleri hesaplanmış ve bunlar Olofsson'un teorik hesaplamaları ile karşılaştırılmıştır. Son kısımda da patlatmanın çevresel etkileri hakkında bilgiler verilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Delme, patlatma, parçalanma

1 INTRODUCTION

Drilling and blasting in mines is directly related to production efficiency. In the case of limited resources, it is necessary to choose and implement the most appropriate parameters of the drilling and blasting to evaluate these resources in a way that covers the investment costs and satisfy the production expectations. These processes affect the sustainability of the following stages in mine production (Jimeno et al., 1995). The quarry belongs to Akdaglar Mining is located at Cendere street. At this location, there is also a crushing facility belongs to Akdaglar Mining that handling production of the aggregate that later on will be used in concrete and asphalt facilities in order to provide the country's needs with more than 85 years. Coordinates of the quarry is, 41°07'54.5"N 28°58'01.5"E. Figure

1 shows the location of the quarry by satellite image. Cendere region, which observed within the scope of the thesis, belongs to the Thrace formation lies predominantly on the west side of the Istanbul Bosporus. Carboniferous old Thrace Formation composing the upper part of Istanbul Paleozoic area generally consists of sandstone, graywacke, silt stone, clay and shale. It has been revealed that this formation consisting of various clastic rock assemblages is fragmented, crushed and sliced by multi-directional fracture and slip surfaces (Ketin and Güner, 1988.)

Figure 1. Location of the quarry

2 DRILLING OPERATIONS

Fukurawa HCR 1200-EDII is used in the quarry. The rod diameter is 89 mm and rod length is 3.5 meter. Efficiency of the drilling operations and drilling performance were measured for four different blasts. The average total drilling duration for 1st, 2nd and 3rd that are 10.5 meters depth is 9.2 minutes. The average machine utilization for drilling is 55.68%. The average total drilling duration of 4th drilling that is 7 meters depth is 5.27 minutes. The average rod drilling duration for 1st, 2nd and 3rd drilling is 1.76 minutes. The average rod drilling duration for 4th drilling is 1.48 minutes. The percentage distribution of 1st, 2nd and 3rd drilling stages are 5% rod adding, 18% rod removing, 20% switching and 57% rod drilling. The average drilling length is 68.48 meters per hour.

3 BLASTING OPERATIONS

3.1 Explosive Properties

Nobelex 6000 is cap sensitive, water resistant packaged emulsion explosive material. After the explosion with exposed to high gas volume it provides high thrust over the rock structure. Powermite is emulsion primer explosive which generate the energy needed for initiation of blasting agents. ANFONIT is the brand name of explosive producer NitroMak. ANFONIT is not water resistant explosives and used in dry holes.

Table 1. Specifications of the explosives used in the quarry.

Specifications	ANFONIT	NOBELEX 6000	POWERMITE
Density (g/cm^3)	0.77-0.82	1.25-1.28	1.10-1.12
Energy (mJ/kg)	3.90	3.0	3.6
Volume of Gass (lt/kg)	974	1015	930
Ideal Detonation Temperature (°C)	2565	2049	2423
(VOD) (m/s)	3500	4500-4800	5300
Water Resistance	None	Excellent	Excellent

3.2 Blast Design in the Quarry

The design and initiation pattern of the measured Blast 1 are presented in Figure 2.

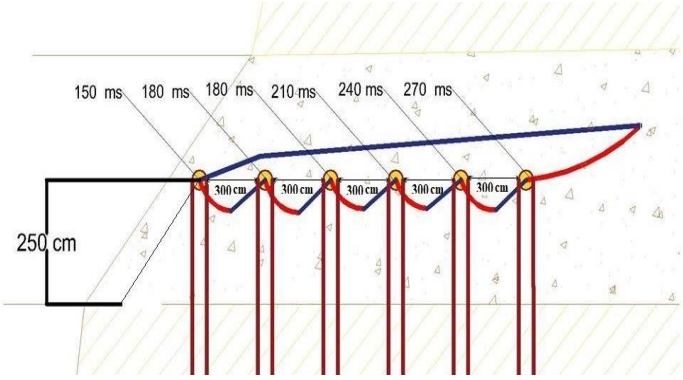


Figure 2: Initiation pattern of Blast 1.

For Blast 1, total detonation time is 270 ms and there are 6 blastholes, instantaneous explosive charge is 2 decks. Total weight of ANFO is 240 kg, also total weight of Powermite is 7.5 kg. All blast design parameters were investigated in the colliery.

In Table 2, measured blast design parameters were compared to Olofsson's (1988) blast design.

Table 2: Comparison of calculated and actual blast design parameters.

Blast Parameters	Olofsson's Approach	Actual Values
Subdrilling (U)	0.87 m	0.5 m
Depth of Blast Hole (H)	10.87 m	10.5 m
Practical Burden (B)	2.47 m	2.5 m
Practical Spacing (S)	3.09 m	3 m
Stemming (h_0)	2.47 m	2.5 m
Charge Weight (Q_T)	41.96 kg	40 kg
Charge Height (h_b)	8.39 m	8 m
Specific Charge (q)	0.66 kg/m^3	0.62 kg/m^3
Specific Drilling (b)	0.171 m/m^3	0.163 m/m^3

3.3 Fragmentation Analysis

The first phase of fragmentation analysis is determination of sampling locations of muck pile (WipFrag Operator Manual, 2010). Two plates were placed on muckpile as scale. Then, images were analyzed by WipFrag software.

Figure 2. A Scaled Image from Blast 1.

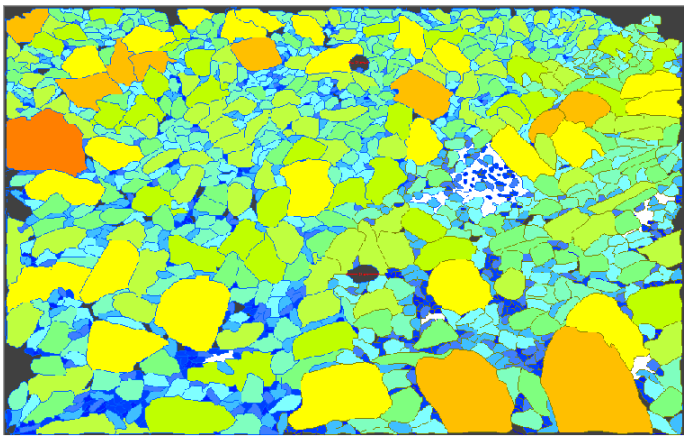


Figure 3. Measurement of Particle Size by WipFrag Software.

WipFrag software counted 1526 particles. Mean particle size (d50) is 21.466 cm. Uniformity index (n), which gives slope of the curve, is 1.548. 90% of the particles are under 45 cm. Characteristic size (Xc) is 27.034 cm (Figure 4).

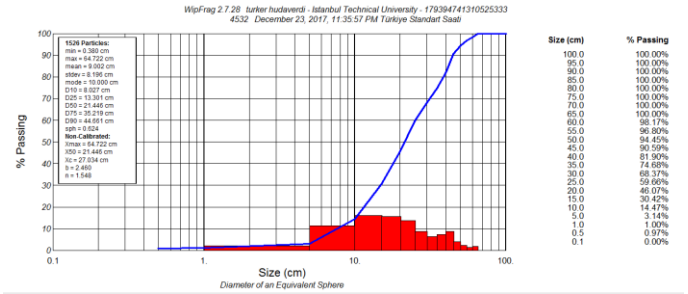


Figure 4. Size Distribution Curve for Blast 1.

4 CONCLUSION

The drilling and blasting activities in Akdaglar Mining were examined. Performance of drilling machine has been observed for 4 blasts. Average drilling duration is 9.2 for 10.5 meters blastholes and the average drilling duration is 5.27 minutes for 7 meters blastholes. Total drilling cost has been found as 25.4 TL per blasthole. The unit cost of drilling per one cubic meter is 0.33 TL/m^3. The calculated total drilling and blasting cost of Blast 1 per hole is 187.05 TL. The calculated total drilling and blasting cost of Blast 2 per hole is 320.23 TL. The calculated total drilling and blasting cost of Blast 3 per hole is 317.88 TL. Delay between rows is 30 milliseconds. Theoretical blasting parameters were calculated using the Olofsson's blast design approach. For Blast

1, there are nearly 5.5-6% differences between the calculated and measured specific charge and specific drilling values. For Blast 2, there are nearly 3.5% differences between the calculated and measured specific charge and specific drilling values. For Blast 3, there are nearly 3.5% differences between the calculated and measured specific charge and specific drilling values. During investigation there was no any adverse effects of blasting. The ground vibration calculations were under the limits, and there was not any observed flyrock or airblast problems. Instantaneous explosive charge was 2 decks for the examined blasts. It may be reduced to one deck by appropriate initiation pattern. The quarry is very close to Cendere Road. The stemming length may be increased to eliminate excessive flyrock risk for the blasts performed close to road.

REFERENCES

WipFrag Operator Manual, 2010. WipWare Inc., Ontorio, Canada.

Jimeno, C. L., Jimeno, E. L. and Carcedo, F. J. A., 1995. Drilling and Blasting of Rocks, A. A. Balkema, Brookfield Publication, Rotterdam.

Ketin, İ. and Güner, G., 1988. İstanbul Bölgesi'nde karbonifer yaşlı Trakya formasyonunun yapısal özelliği, Erguvanlı Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, İstanbul, 29-30 Eylül, s. 13−17.

Olofsson, S. O., 1988. *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Applex, Sweden.

Bazı NATM Tünellerinde Proktor Penetrometre Testlerinin Analizi

Proctor Penetrometer Tests Analysis in Some NATM Tunnels

A. Orhan, H. Tunçdemir, C. Erdoğan
İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu çalışmada, NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) temel prensiplerinden, tahkimat sistemlerinin uygulama biçiminden, yöntemdeki tahkimat sistemi elemenlarından olan püskürtme betonun özelliklerinden bahsedilmiştir. Bu tez kapsamında , inşaatı devam eden Dudullu – Bostancı metro hattı ve Şile – Ağva karayolu tünellerinde, püskürtme beton kullanılan kısımlarında, "Proktor Penetrometre" ve "Sertleşmiş Beton Deney Örneklerinde Basınç Dayanımının Tayini (Tek Eksenli Basınç Dayanımı)" deneyleri yapılmak üzere örnekler alınmıştır. Priz hızlandırıcı katkı malzemesi içeren püskürtme beton örneklerinin, proktor penetrometresi kullanılarak priz alma süresi ve erken basınç dayanımı değerleri ölçülmüştür. Ayrıca silindrik kalıplar kullanılarak katkı maddesi içermeyen püskürtme beton örnekleri alınmıştır. Bu örneklerin boyutları ayarlandıktan sonra epoksi başlık yapılarak, kür sürelerinin (14'üncü, 21'inci ve 28'inci günler) sonunda, katı yükleme cihazında dayanımları test edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Tünelcilik, sağlamlaştırma, püskürtme beton, erken dayanım

ABSTRACT In the scope of this thesis, the foremost tunneling method NATM (New Austrian Tunneling Method), application of the support systems, and the importance of shotcrete as an element of the support systems are analysed. Shotcrete samples taken from currently under construction Dudullu – Bostancı metro line and Şile – Ağva highway tunnels, were used in testing with proctor penetrometer and for the determination of uniaxial compressive strength. Setting time and early-age compressive strength values of samples containing set accelerating admixtures were determined by using proctor penetrometer. Several samples taken by cylindrical molds were prepared and capped by using epoxy following the ASTM standarts and tested (at predetermined curing dates 14, 21, and 28th) by using stiff testing machine to determine the compressive strength.
Keywords: Tunneling, support and reinforcement members, shotcrete, early strength

1 GİRİŞ

1.1 Püskürtme Beton

Püskürtme beton (PB), onarım veya yapım amacı ile önceden hazırlanmış olan betonun hava basıncı yardımıyla yüksek hızla uygulama yüzeyi veya uygulama alanına püskürtülerek elde edilen kaplama betonudur. Islak ve kuru karışım olmak üzere iki şekilde uygulanırlar. Islak karışım daha az sıçrama ve tozlanma sağlar. Kuru karışım ise değişen şartlara kolay uyum sağlar ve küçük çaplı tünellerde kullanılırlar. PB'nin yeraltında en sık kullanıldığı yerlerden biri tünel inşaatlarıdır.

PB'nin en önemli özelliği karışımındaki priz hızlandırıcı kimyasallar yardımı ile erken priz alması ve hızlıca mukavim olmasıdır. PB, kayanın kesme dayanımını

artırır, tünel kesiti çevresindeki kayanın gevşemesini, kayadaki süreksizlikleri doldurarak da dökülmeleri ve sökülmeleri önler. Kazıdan hemen sonra oluşan gerilme ve deplasmanların bir kısmını kontrol altına alır. Uygun kalınlıkta yapılmış püskürtme beton kaplaması arazi yüklerinin taşınmasında yardımcı sağlamlaştırma elemanı olarak işlev görebilir. PB kaplaması, kazılan yüzeylerin hava ve su ile temasını keserek yüzey bozunmasını ve gevşemeleri önler. Püskürtme betonun hiçbir zaman tek başına tahkimat sistemi olarak kullanılması önerilmemektedir (Arıoğlu, Yüksel, & Yılmaz, 2008).

1.2 Püskürtme Betonun Bileşenleri

PB ana bileşenleri, agrega, çimento, su ve katkı maddeleri olarak sınıflandırılabilir. PB için çimento gereksinimleri geleneksel betonunkine benzerdir. Kullanılan agregalar çimentodaki alkalilerle reaksiyona girdiklerinden özellikle düşük alkalili çimento olmalıdır. Alternatif çimentolar, sülfata dayanıklı çimentolar (sülfat etkisine karsı koyan), kalsiyum alüminat çimentolar (yüksek sıcaklıklar ve özel talepler için) ve doğal çimentolar (düşük ısı, hızlı priz gibi istekler için) vb. içerir. Püskürtme beton bileşiminde istenilen yapışkanlık özelliğini elde etmek için kullanılan çimento miktarı 350-400 kg/m^3'tür.

Agrega boyutunun seçimi birçok faktöre bağlıdır. Belli başlı faktörler; büzülme performansı, yerleştirmenin boyutu ve alt tabakanın rijitliğidir. Dane büyüklüğü seçiminde çok önemli bir noktada hortum çapının l/3'ü oranında olması gereğine dikkat edilmesidir. Genel olarak, iletimi kolay olması yönünden doğal yuvarlak malzeme tercih edilir. Normal olarak, dane büyüklüklerinde süreksizliğin bulunduğu karışımların kullanılmaması istenir.

Karışım suyu, donatı veya betona zarar verebilecek maddelerden arındırılmış ve temiz olmalıdır. Kullanılmayacak sudaki ilk belirtiler; koku, tat, renk ve çalkalandığında gösterdiği değişim (uzun süre köpüklü kalması gibi) önemlidir.

Püskürtme ekipmanlarının kısıtlarından dolayı PB'da katkıların kullanımı geleneksel betondakine benzemez. PB karışımına eklenen katkı maddeleri, püskürtme betonun hangi fiziksel ve mekanik özelliklerinin arttırılması isteğine bağlı olarak (erken dayanım, su geçirimsizlik, deformasyon kapasitesi, sertlik, beklenen kohezyon, adezyon ve taşınabilirlik vb.) değişmektedir. Püskürtme betonda kullanılan başlıca katkı maddeleri, priz hızlandırıcılar, süper akışkanlaştırıcılar, hidratasyon kontrollü katkılar ve lifler olarak belirtilebilir.

Priz hızlandırıcılar erken dayanım gelişmesini sağlar ve hızlı priz almayı, rijitlik oranını arttırır. Malzemeler arasında iyi kohezyonu sağlamak için dozaj en iyi şekilde yapılmalıdır. Hızlandırıcılar arzu edilen sonucu başarmak için sadece minimum miktarda ve gerekli ise kullanılmalıdır.

Süper akışkanlaştırıcılar karışım suyunun miktarını azaltmak için püskürtme betonda kullanılır. Süper akışkanlaştırıcılar priz geciktirici olmaksızın, akışkanlaştırıcılardan daha fazla su azaltmayı sağlar.

Hidratasyon kontrollü katkılar püskürtme betona işlenebilirliği sürdürmek ve tasıma sırasındaki zamanı uzatmak ve beton kalitesini düşürmeden uygulamak için eklenirler (Efnarc, 1999).

Lifler, çelik lifler ve sentetik lifler olarak kullanılabilmektedirler. Lifler, plastik büzülme (rötre) çatlağının kontrolü, ısı çatlağının kontrolü, aşınma ve çarpma (darbe) dayanımını arttırmak, yangına dayanımı arttırmak, süneklik ve çekme dayanıklılığını arttırmak, çekme ve eğilme dayanımını yükseltmek için püskürtme betona eklenirler.

Bu çalışmada katkı maddelerinden, priz hızlandırıcı katkı maddeli püskürtme betonların erken dayanımları incelenmiştir.

1.3 Çalışma Yeri ve Uygulanan PB

Bu çalışma da yapımı devam eden Dudullu – Bostancı metro hattı ve Şile – Ağva karayolu tünelleri, püskürtme beton uygulanan kısımlarında, Proktor Penetrometre ve Sertleşmiş Beton Deney Örneklerinde Basınç Dayanımının Tayini (Tek Eksenli Basınç Dayanımı) deneyleri yapılmak üzere iki set örnek alınmıştır.

A ve B olarak adlandırılmış olan bu örnek setlerinden, A örnek setlerinde kullanılan katkısız püskürtme beton, silindir beton kalıplarına doldurulurken metal şiş kullanılarak elle sıkıştırılmıştır. B örnek setindeki katkısız püskürtme beton örneği ise silindir kalıplara titreşim masası kullanılarak sıkıştırılmıştır. Daha sonra püskürtme beton örnekleri priz hızlandırıcı

katkı maddesi eklendikten sonra, 30 cm x 30 cm x 15 cm boyutlarındaki kalıba püskürtülerek belirlenen sürelerin sonunda proktor penetrometre deneyi gerçekleştirilmiştir.

2 PB DAYANIM DENEYLERİ

Bu çalışmada, proktor penetrometre ve tek eksenli basma deneyi olmak üzere iki farklı deney ile ilgili sahadaki püskürtme betonun dayanım değerleri incelenmiştir.

2.1 Proktor Penetrometre Testi (

Proktor penetrometresi (ASTM C403/C403M-08), zeminin yumuşaklığına ve sertliğine bağlı değişik çapta uçlara sahiptir. Yumuşak zeminlerde geniş çaplı uç, katı ve sert zeminlerde dar çaplı uç kullanılır. Deney yapılırken penetrometrenin ucu zemine yavaş yüklenerek örneğin içerisine sokulur ve skala değeri (SD) okunur. Bundan yararlanarak tek eksenli basınç mukavemeti hesaplanır. Şekil 1'de gösterilen proktor penetrometresinin yanında farklı boylarda altı adet uç vardır. Bu uçların alanları sırasıyla 645, 323, 161, 65, 32mm^2 'dir. Deney örneklerinin eni boyu ve derinliği 150 mm'den daha küçük olmamalıdır. Deney örneği olarak ASTM C150 standartlarına uygun Portland tipi çimento karışımları kullanılmalıdır. ASTM C33 standartına göre püskürtme betonun bileşimindeki agrega çapının 19 mm'den büyük olmaması gerekmektedir.

Şekil 1. Proktor penetrometresi.

Test verilerinden basınç dayanımına geçiş için kullanılan iki yaklaşım Denklem 1 ve 2 de verilmektedir (Orhan, 2018, ASTM D1558-10).

$$R = P / A$$
$$\sigma_{ucs} = 0{,}007 \times R \quad (1)$$
$$\sigma_{ucs} = (0{,}07 \times SD) / A \quad (2)$$

Burada; R: Penetrasyon oranı (lbf/in^2)
P: Okunan değer, A: Kullanılan ucun alanı
σucs: Tek eksenli basınç dayanımı
SD: Okunan değer'dir.

2.2 Sertleşmiş Beton Örneklerinde Basınç Dayanımı Tayini (TS EN 12390-3)

Bu deneyde, kürünü almış beton deney örneklerinde basınç dayanımı tayini için yapılmaktadır. Örnekler TS EN 12350-1, TS EN 12390-1, TS EN 12390-2 veya TS EN 12504-1 standartlarına uygun boyutlarda küp, silindir veya karot biçiminde olmalıdır. 0.2 MPa/s-1,0 MPa/s arasındaki yükleme hızı ile örnekler tek eksenli basma gerilmesine tabii tutulur.

3 DENEY ÇALIŞMALARI

Çalışmada deney yapılmak üzere A ve B olarak adlandırılan iki set deney örnekleri hazırlanmıştır.

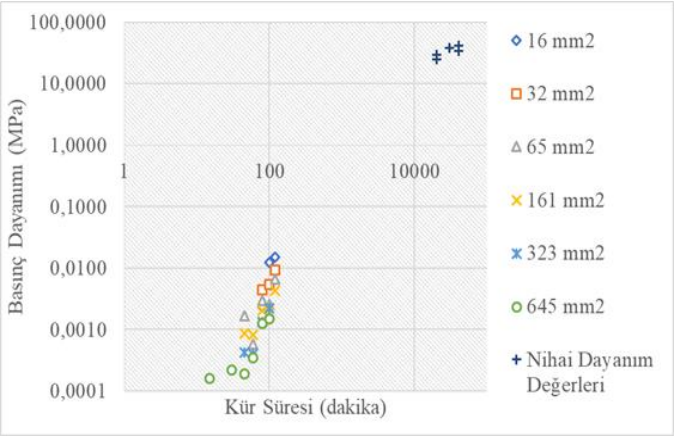
A ve B tipi püskürtme beton örneklerinin içeriği Çizelge 1 'de verilmiştir.

Çizelge 1. A örneği püskürtme beton içeriği

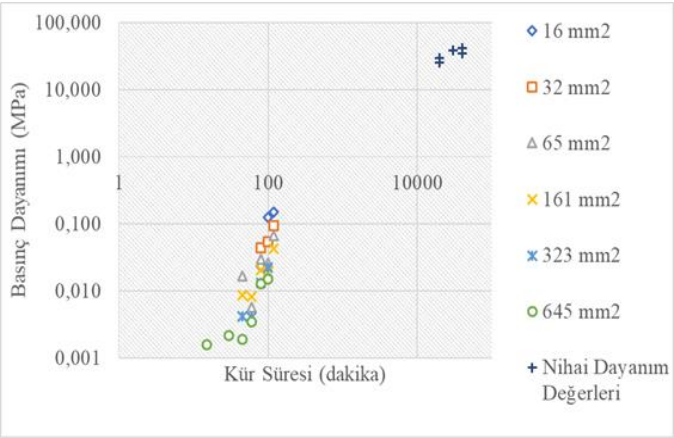
	A Örnek		B Örnek	
Malzeme Adı	1 m^3 Gerçek (gr)	7 m^3 Kuru Reçete	1 m^3 Gerçek (gr)	10 m^3 Kuru Reçete
Kırma Taş	656	4636	640	6395
Kum	326	2223	500	5006,4
Taş Tozu	878	6101	660	6605
Su	164	1147	165	1505
Çimento	400	2795	420	4224
Katkı Maddesi	3,6	25,37	4,62	46,6
Toplam	2427,6	16927,37	2389,62	16927,37

3.1 Proktor Penetrometre Testi

Proktor penetrometresinin farklı boyutlardaki altı ucu kullanılarak A ve B örneklerinin erken dayanım değerlerinin hesaplanması için okumalar gerçekleştirilmiştir. A örneği için Şekil 2 ve 3'te denklem 1 ve denklem 2 ye göre dayanım değerlerinin değişimi verilmiştir (Orhan, 2018).



Şekil 2. A örnek seti erken dayanım- eşitlik 1.



Şekil 3. A örnek seti erken dayanım-eşitlik 2

3.2 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Testi

Tek eksenli basma dayanım deneyi (TEBD) (Çizelge 2) İ.T.Ü. Maden Fak. Maden Müh. Böl. Kaya Mekaniği ve Doğal Yapıtaşları Lab.'ında bulunan katı yükleme cihazında yapılmıştır. TEBD bir önceki bölümde belirtilen standartlara uygun olarak yapılmıştır. Deney örneklerinin 14, 21 ve 28 günlük kürlere göre TEBD değerleri incelenmiştir.

Çizelge 2. A ve B örnekleri TEBD sonuçları

No	ÖA	YY (kN)	TEBD (MPa)
1	İE-01-14G	216,1	24,96
2	İE-02-14G	253,4	29,26
3	İE-03-21G	311,6	38,14
4	İE-04-21G	345,8	38,45
5	İE-05-28G	291,2	34,28
6	İE-06-28G	357,2	42,05
7	AS-01-14G	249,7	29,40
8	AS-02-14G	301,2	34,78
9	AS-03-21G	332,8	39,17
10	AS-04-21G	333,2	39,23
11	AS-05-21G	335,6	38,76
12	AS-06-28G	310,8	30,45
13	AS-07-28G	311,0	30,48

4 SONUÇLAR

Proktor penetrometre testlerinde küçük yüzeye sahip olan uçlardan ilk 30 dakika istenilen veri alınamadığı ve priz alma süresinin yavaş olduğu görülmüştür. Proktor penetrometre okumalarının, kullanılan ucun püskürtme beton içindeki agregaya denk gelmesinden dolayı etkilendiği gözlemlenmiştir. Yapılan bu deneylerden yola çıkarak taze püskürtme betonun priz alma süresinin tayininde proktor penetrometrenin kullanılmasının önemli olduğu gözlemlenmiştir.

Tek Eksenli Basınç deneyi testi için alınan örneklerin nihai basınç dayanımlarının en az C35 beton sınıfı dayanımlarına sahip olması bekleniyordu. Yapılan deneylerin sonucunda her iki örnek setlerindeki püskürtme beton örneklerinin istenilen dayanımdan daha fazla olduğu görülmüştür. Kür süresi olarak belirlenmiş olan, 21'inci günlerde püskürtme beton örneklerinin basınç dayanımları, nihai dayanım değerlerinin ölçüldüğü 28'inci gündeki dayanım değerlerine yakın olduğunu da vurgulamak gerekir.

KAYNAKLAR

ASTM C33/C33M-16. 2016. *Standard Specification for Concrete Aggregates.* ASTM

ASTM C150/C150M-17. 2016. *Standard Specification for Portland Cement.* ASTM

ASTM C403/C403M-16. 2016. *Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance.* ASTM

ASTM D1558-10. 2016. *Standard Test Method for Moisture Content Penetration Resistance Relationships of Fine-Grained Soils.* ASTM

Arıoğlu, E., Yüksel, A., Yılmaz, A.O, 2008. *Püskürtme Beton Bilgi Föyleri Çözümlü Örnekler,* TMMOB, Istanbul, 296 s.

Efnarc, 1999. *The Sprayed Concrete Association, An Introduction to Sprayed Concrete*. United Kingdom. s. 34.

Orhan, A., 2018. *Bazı Natm Tünellerinde Proktor Penetrometre Testlerinin Analizi*. Istanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, Istanbul.

TS 706 EN 12620. 2003. *Beton Agregaları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TS 11747. 1995. *Püskürtme Beton (Shotcrete) Yapım, Uygulama ve Bakım Kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Performance Analysis of the EPB TBM used in Bakirkoy-Kirazli Metro Tunnel

Bakırköy-Kirazlı Metro Tüneli'nde Kullanılan EPB TBM'in Performans Analizi

S. Yaramış, H. Çopur
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Eng. Department, Istanbul, Turkey

U. Gümüş
AGA Enerji Transportation Mining and Construction Company, Istanbul, Turkey

ÖZET Bakırköy-Kirazlı Metro Tüneli'nde seçilen kısım 90 gün boyunca incelenmiş ve 6,57 metre kesici kafa çapına sahip TBM'den alınan veriler analiz edilmiştir. Buna ek olarak ortaya çıkan sonuçlar ile daha önce yapılan çalışmalardan alınan veriler karşılaştırılmıştır. Çalışma sırasında kazı hızlarının karşılaştırılması, kullanılan hesaplama yöntemlerinin daha iyi anlaşılması sağlamıştır, spesifik enerjiye bağlı potansiyel kazı hızının tahmini ve jeolojik yapının değişimine bağlı itme kuvveti, tork, hız, köpük enjeksiyon miktarı ve diğer verilerdeki değişimler gözlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: TBM, EPB, Performans

ABSTRACT Bakirkoy-Kirazli Metro Tunnel was selected and observed for 90 days, data from the TBM (6.57 m diameter cutter head) were collected and used in various performance estimations. In addition, the estimated data and results from the past studies were compared. The advance rate comparison of this model creates better understanding towards prediction models and the potential advance rates were estimated based on optimum specific energy and changes on thrust, speed, advance, foam injection ratio were observed in accordance with the changing geological formation.
Keywords: TBM, EPB, Performance

1 INTRODUCTION

Being one of the most efficient solutions to transportation problems in the metropoles, metro is being used in increasing rate worldwide as a variety of mass transportation. There is no doubt that metro will provide the best solution against traffic jams in downtown Istanbul with other railed systems. In 1860 in London, the first underground railway program has started. Today, London Metro lines consisting of 408 km of network is in operation with 273 stations and 457 trains. It carries 2.5 million passengers per day. The Moscow metro has 197 km of underground subway. New York metro network, which became operational in 1904, is the busiest network in the World, operating 24 hours daily with 23 lines, transporting above 1 billion passengers every year. With 220.5 km underground and 150.6 km on surface, it consists of 456 stations. There are nearly no cities left under 1 million residences without a metro line.

1.1 Bakirkoy-Kirazli Metro Project

Bakirkoy–Kirazli Metro (BKM) line will be 8.8 km long extension of Basaksehir-Metrokent–Kirazli and Olimpiyat Stadium–Kirazli metro lines within the borders of Istanbul metropolitan municipality. While being one of the most crucial parts of Istanbul transportation network, this line would connect with various transportation

projects which are completed or planned for East-West axis of the city. This line goes through Bagcilar, Bahcelievler, Gungoren and Bakirkoy districts. BKM line, which continues in North-South axis, will go across 8 different stations and reach Bakirkoy IDO.

1.2 Studied Area

This graduation design project was performed at Bakirkoy / Istanbul located in south part of Istanbul's European side, on the historical peninsula. Studied parts include the fist 127.5 m and between to 210 and 390 m of Bakirkoy Kirazli Metro Project.

1.3 Technical Properties of TBM

Some of the technical features of the EPB TBM is summarized in Table 1.

Table 1.Technical Properties of the EPB TBM used in BKM Line

Machine type	Earth Pressure Balance TBM
Installed power	2000 kW
Length TBM + back-up	approx. 96 m
Weight TBM + back-up	657.6 t
Correction curve radius (min.)	250 m
Working pressure (at axis)	4.0 bar
Total tunnel length	2 x 9000 m

2 METHODOLOGY OF THE STUDY

All data was observed at TBM for 90 days in 388.5 m of the metro line excavations. Rotational speed of the cutterhead, advance rate, penetration rate, specific energy, mean normal force, total thrust force, torque requirement of the cutterhead, power consumed by the cutterhead, instantaneous cutting rate, instantaneous penetration rate, penetration index, foam injection ratio, foam expansion ratio and machine utilization were recorded from TBM works. EPB TBM performance is summarized first, and then, thrust and torque variations in different ground types are analysed.

3 ANALYSIS OF THE RESULTS

Total length of 388.5 m section was analyzed in this study in Bakirkoy-Kirazli Metro Tunnel. Data taken from the TBM were reduced daily. Then, these values were used in various models to evaluate efficiency of the TBM. TBM performance in the studied zone is summarized in Table 2.

Table 2. General Excavation Performance

Advance Rate	41.16	mm / min
Machine Utilization	20	%
Specific Energy	6.94	kWh / m^3
Cutterhead Torque Req.	4554	kNm
Cutterhead Power Cons.	811	kW
Total Thrust Req.	13049	kN
Instantaneous Cutting Rate	99.32	m^3 / h
Instant. Penetration Rate	2.92	m / h
Daily Advance Rate	12.85	m / day
Foam Injection Ratio	9	%

Formation has been changed 3 times in this section. Depending on formation, occasional high values in thrust, torque and specific energy values were observed. The average performance parameters of the EPB TBM are summarized in Table 3 for different geological zones.

Table 3. Average EPB TBM Performance on Different Ground Types

	Limestone	Clayey Limestone	Weathered Clayey Limestone
Average Thrust (kN)	12762	13029	13189
Ave. Torque (kNm)	2703	2385	2642
Ave. Penetration (mm/rot)	20	20	19
Ave. Speed (mm/min)	41.5	42.3	39.9
Ave. EPB Pressure (bar)	1.84	1.81	1.82

Model based on specific energy (SE) concept (Bilgin, 1994; Bilgin et al., 2014) indicated low efficiency for excavation of the studied section between the ring 1 and ring 260, compared to the previous performance values mentioned in literature (Avunduk et

al., 2017). There is one thing to be taken in consideration is that optimum specific energy (SE_{opt}) is affected by rock hardness and rock mass fractures. SE values change with different grounds as seen in Figure 1 for different geological zones encountered.

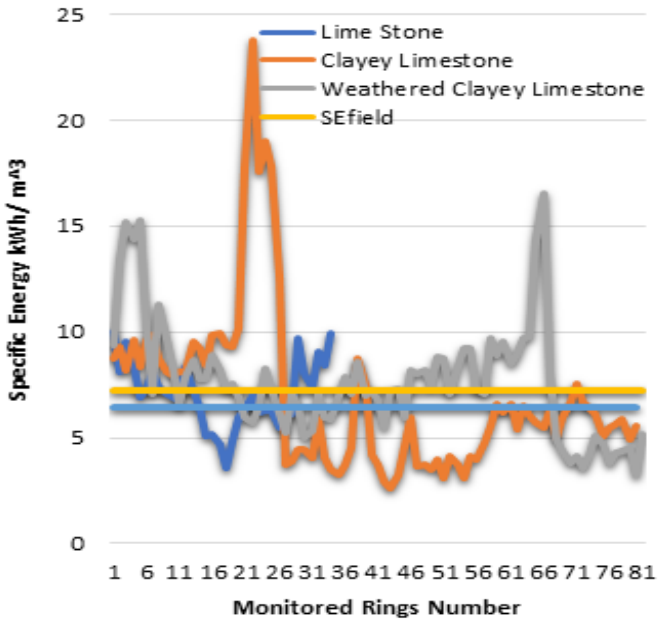


Figure 1. Changes of Specific Energy in Different Geological Zones

Deterministic model results (Copur et al., 2014) showed 7.99 m daily advance rate, which is different from the field reports. This issue can be explained by reported machine utilization time, which is the key parameter for prediction of advance rates. Deterministic model results, where optimum SE is used, exceeded the field advance rates, even though machine utilization time is wrong. But SE_{field} (field specific energy) data and SE_{opt} (optimum specific energy) data were very close, showing efficient excavation.

Although machine utilization time was monitored as 30%, the reports taken from the site showed that machine utilization time of 20% was achieved (based on TBM data logger) in the previous section of the tunnel.

The machine utilization is estimated based on two shifts/day and 11 hour/shift. Recent decreasing machine utilization time can be explained when decreasing by muck car travel usage, since TBM is designed to work with conveyor belt systems. Muck car transportation has an impact on excavation speed that people can examine at Figure 2. Machine utilization time increased after conveyor belt system was in operation. The advance rate comparison, which was observed between field report and study based on a monitored field data, showed well similarity, since TBM data itself was used for penetration value.

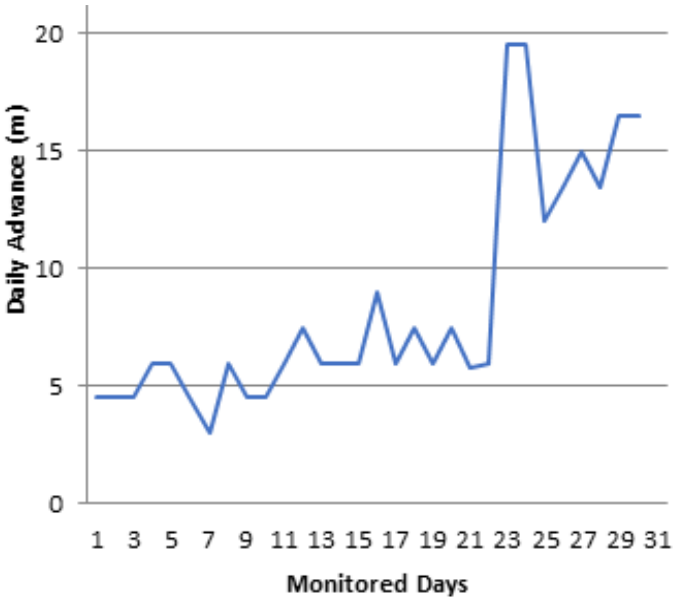


Figure 2. Daily Advance Rates

However, the rotational speed extrapolated by using monitored data showed great compatibility even the TBM having close diameter to the other TBMs studied in the past. In addition, when geological data was analysed, it showed that there were some deviation at thrust, specific energy, torque rotational speed and penetration.

Especially changes on specific energy and thrust values are not usual. Since; when the hardness of material decreases, specific energy must decrease. But in this case, when the hardness decreases, specific energy increases because of clay formation.

Clay is undesirable material on TBM excavations, since clay is hard to excavate due to its characteristics of adhesion on metal parts (Avunduk et al., 2017). Likewise, if the material softens, thrust must decrease. Despite this, results are opposite to theoretical consideration because of the clay's characteristics. Figure 3 shows changes of thrust for different grounds.

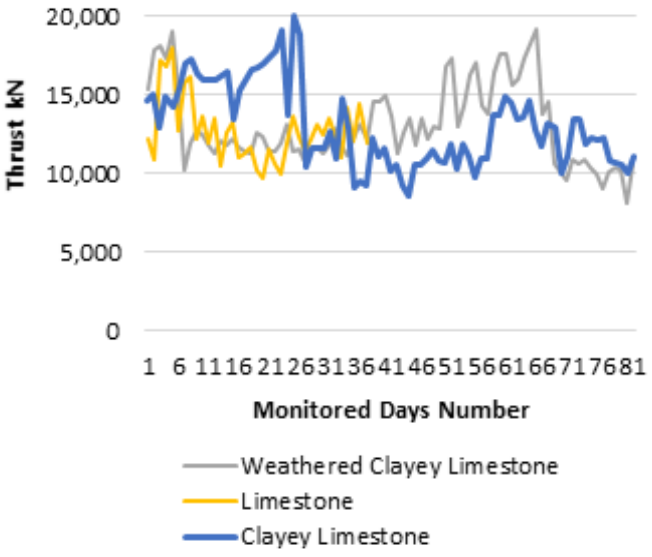


Figure 3. Comparisons of Thrust

Torque values were also examined for different grounds. Results demonstrated that the torque has no direct relationship with ground types (Figure 4).

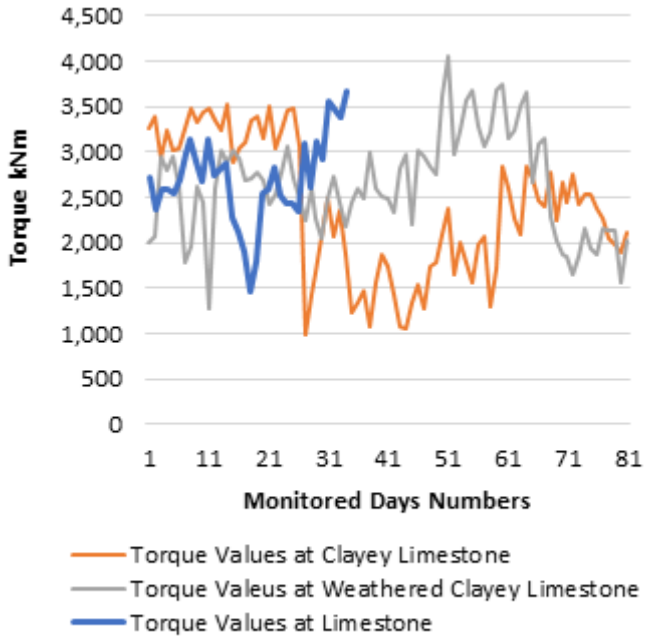


Figure 4. Change of Torque with Geological Zones

The variation of the ratio of field specific energy to predicted optimum specific energy with the uniaxial compressive strength (UCS) of the rocks is seen in Figure 5. Moreover, there could not be found any relationship between foam injection ratio (FIR) and geological formation types. Average values of FIR for different geological formations encountered are summarized in Table 5.

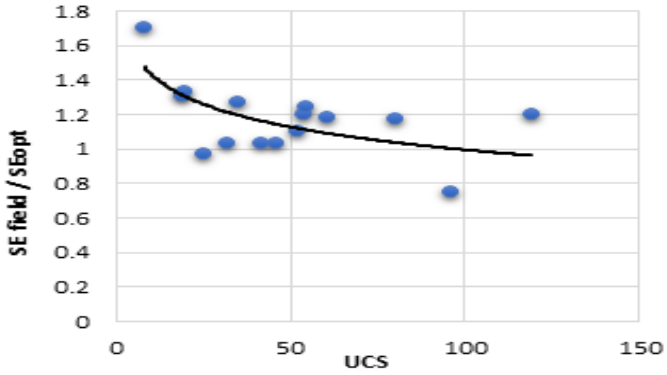


Figure 5. Correlation of UCS and Ratio of SE_{field}/SE_{opt}

Table 5. FIR Values for Different Grounds

Foam Injection Ratio	Limestone	Clayey Limestone	Weathered Clayey Limestone
FIR (%)	8.24	8.9	8.6

4 CONCLUSIONS

In conclusion, excavation is efficient in Bakirkoy-Kirazli Metro Project. Machine utilization ratio is suitable for Istanbul's complex geological structure. Advance rates, specific energy, thrust and penetration rates are acceptable for this region.

REFERENCES

Avunduk, E., Copur, H., Gumus, U., Tolouei, S., Altay, U., 2017. Effect of Adhesion on EPB TBM Performance, *Proceedings of the World Tunnel Congress 2017–Surface Challenges–Underground Solutions*, Bergen, Norway.

Bilgin, N., 1994.Mechanical excavation in underground workings. *Proceedings of Underground Excavations Symposium*, Istanbul, p.60.

Bilgin, N., Copur, H., Balci, C., 2014. *Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries*, Taylor and Francis, CRCPress, 366 p.

Copur, H., et al, 2014. Aydin, H., Bilgin, N., Balci, C., Tumac, D., Dayanc, C., 2014. "Predicting performance of EPBTBMs by using a stochastic model implemented into a deterministic model". *Tunnelling and Underground Space Technology*, May, 42:1–14.

Determination of Abrasion and Partition Resistance of Akdağlar Mining Ayazağa Aggregates

Akdağlar Madencilik Ayazağa Agregalarının Aşınma ve Parçalanma Dirençlerinin Belirlenmesi

O. Gürtürk, H. Tunçdemir, C. Erdoğan
Istanbul Technical University, Departmant of Mining Engineering, Maslak, Istanbul

O. Yavuz
Istanbul Technical University, Departmant of Geological Engineering, Maslak, Istanbul

ÖZET Bu çalışmada öncelikle agrega hakkında genel bilgiler verilmiştir. Agreganın inşaat sektöründeki önemi belirtilmiştir. Agregaların sınıflandırılması ve çeşitli özellikleri anlatılmıştır. Agregaların belirli standartlarda sınıflandırılması için yapılan test standartlarından bahsedilmiştir. Los Angeles ve Mikro – Deval deneyleri hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. Akdağlar Ayazağa Agrega Üretim Tesisindeki 5 farklı üretim bölgesinden numuneler alınmış, İTÜ Kırmataş Laboratuvarında Los Angeles ve Mikro – Deval deneyleri uygulanmıştır. Buradan çıkan sonuçlar analiz edilerek tablolar ve grafikler oluşturulmuştur. Bu grafiklerden faydalanılarak Akdağlar Ayazağa agregalarının ortalama kalitesi ele alınan örnekler açısından irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Agrega, mikro-Deval, Los Angeles Testi

ABSTRACT In this study, firstly general information about aggregate is given. The importance of the aggregate in the construction sector has been noted. Classification of aggregates and various properties are described. Test standards for the classification of aggregates have been mentioned. Los Angeles and Micro - Deval experiments have been given the necessary information. The samples were taken from 5 different production areas in Akdaglar Ayazaga Aggregate Mining and Los Angeles and Micro Deval experiments were applied in ITU Kırmataş Laboratory. The results are analyzed and tables and graphics are created. By using these graphs, the average quality of Akdağlar Ayazağa aggregates was examined.
Keywords: Aggregate, mikro-Deval, Los Angeles test

1 INTRODUCTION

Aggregate is a non-organic granular material such as natural sour or blast furnace slag such as sand, gravel, crushed stone, expanded perlite, expanded clay, artificial sourced material brought to the concrete with the help of binder consisting of cement and water mixture (Ozisik,1998). Nowadays it is used as basic raw material in both superstructure and infrastructure such as concrete, asphalt road, bridge, railway, pipelines. Aggregate is used at 60-80% volume ratio in concrete production and 95% in asphalt production.

In this study, the samples taken from 5 different production areas in Akdaglar Ayazaga Aggregate Quarry were collected, analysed and brought to ITU Mining Faculty laboratories.

2 EXPERIMENTAL STUDIES

Within the scope of this study, samples of five different regions were taken from the Akdağlar Ayazağa Agrega Mining and Los Angeles and Micro - Deval experiments were carried out.

2.1 Los Angeles Test

A total of 10 different test samples were prepared for the Los Angeles test, in which two test samples from each area were prepared from five different areas. The test results are shown in Table 1.

Table 1. The Los Angeles Test Result

S	PTW	POTW	LA	LA A
NO:1	5000.14	4294.42	14.11	13.46
	5000.58	4359.65	12.81	
NO:2	5000.13	4443.05	11.14	11.17
	5000.56	4439.57	11.21	
NO:3	5000.38	4262.04	14.76	15.15
	4999.87	4222.24	15.55	
NO:4	5000.62	4448.98	11.02	10.75
	5000.58	4475.56	10.48	
NO:5	5000.29	4458.46	10.83	10.80
	5000.81	4461.47	10.77	

S: Sample PTW :Pre-test weight (g), LA: LA Coefficient
POTW: Post-test weight (g) A: Average

2.2 Micro Deval Test

A total of thirty different test samples were prepared for the Micro Deval test, in which six test samples from each area were prepared from five different areas.

Micro Deval Test in Dry Conditions

A total of fifteen different test specimens were prepared for the Micro - Deval dry experiment in five different areas, and three experimental samples in each area. The test results are shown in Table 2

Table 2. Micro Deval Dry Test Result

S		PTW	POTW	MD	MD A
NO:1	MD1	500.17	473.45	5.31	7.79
	MD2	500.42	459.02	8.19	
	MD3	500.03	150.67	9.86	
NO:2	MD1	500.29	456.28	8.74	6.39
	MD2	500.36	479.94	4.01	
	MD3	499.47	467.94	6.41	
NO:3	MD1	499.61	472.33	5.53	5.78
	MD2	500.86	471.31	5.73	
	MD3	500.13	469.57	6.08	
NO:4	MD1	500.34	464.68	7.06	7.91
	MD2	500.74	458.35	8.33	
	MD3	500.56	458.20	8.36	
NO:5	MD1	499.83	438.39	12.32	12.03
	MD2	500.11	443.35	11.33	
	MD3	500.91	437.69	12.46	

S: Sample PTW :Pre-test weight (g), A: Average
MD: MicroDeval Coefficient POTW: Post-test weight (g)

Micro Deval Test in Wet Conditions

A total of fifteen different test specimens were prepared for the Micro - Deval wet experiment in five different areas, and three experimental samples in each area. The test results are shown in Table 3.

Table 3. Micro Deval Wet Test Results

S		PTW	POTW	MD	MD A
NO:1	MD1	500.09	370.01	25.99	26.49
	MD2	500.56	365.40	26.92	
	MD3	500.89	367.25	26.55	
NO:2	MD1	500.97	393.82	21.24	21.51
	MD2	500.13	393.44	21.31	
	MD3	499.58	390.12	21.97	
NO:3	MD1	499.88	309.09	38.18	36.47
	MD2	500.17	320.05	35.99	
	MD3	500.38	323.81	35.24	
NO:4	MD1	500.41	346.51	30.70	29.27
	MD2	500.08	362.74	27.45	
	MD3	500.29	351.72	29.66	
NO:5	MD1	499.37	355.22	28.96	28.23
	MD2	500.62	360.91	27.82	
	MD3	500.86	360.36	27.93	

2.3 Examination of Aggregates by Microscope

In order to examine the mineralogical composition of the aggregates, thin sections were prepared and examined with a microscope. After preparation of 3 thin sections and examination with microscope, a report about the mineralogical composition of the material was prepared.

3 EVALUTION OF TEST RESULTS

3.1 Los Angeles Test

In this section, the average of Los Angeles test results is calculated and the average rock quality of the mine is determined according to LA classification. The average La coefficients are shown in Table 4

Table 4. LA categories of samples

Sample Number	Average LA coefficient	C
NO: 1	13.46	LA15
NO: 2	11.17	LA15
NO: 3	15.15	LA20
NO: 4	10.75	LA15
NO: 5	10.80	LA15
Average	12.26	LA15

3.2 Micro Deval Tests

Micro Deval Test in Dry Conditions

In this section, the average of Micro Deval (MDE) in dry condition test results is calculated and the average rock quality of the mine is determined according to MDE classification. The average MDE coefficients are shown in Table 5.

Table 5. The average MDE coefficients

Sample Number	Average MDE coefficient	C
NO:1	7.79	MDE10
NO:2	6.39	MDE10
NO:3	5.78	MDE10
NO:4	7.91	MDE10
NO:5	12.03	MDE15
Average	7.98	MDE10

MDE Test in Wet Conditions

In this section, the average of Micro Deval in wet condition test results is calculated and the average rock quality of the mine is determined according to MDE classification. The average MDE coefficients are shown in Table 6.

Table 6. The average MDE coefficients

	Average MDE coefficient	C
NO:1	26.49	MDE35
NO:2	21.51	MDE25
NO:3	36.47	MDE35
NO:4	29.27	MDE35
NO:5	28.23	MDE35
Average	28.39	MDE35

Comparison of MDE Test Results

In this section, the results of dry and wet conditions of micro devaluation are compared with graph. This graphic are shown in Figure 1.

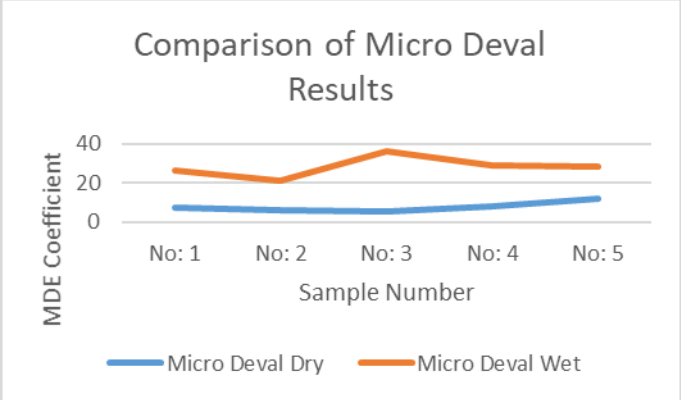


Figure 1. A Comparison on MDE Results

3.3 Aggregate Thin Sections

Significant differences were observed in the micro-deval experiments performed. The material that contact with water, has been exposed to high rate. On this, a thin section was prepared from the material and the mineralogical composition was examined with microscope. As a result of the investigation, it was determined that the erosion was caused by the altered alkali

feldspar, mica and muscovite. Thin section view shown in Figure 3.1.

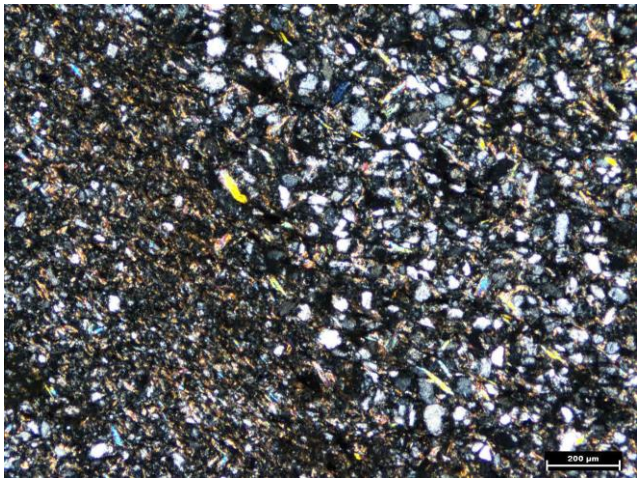


Figure 3.1. Thin section view of aggregates

4 CONCLUSION

Within the scope of the Los Angeles experiment, two samples from five different regions were prepared and tested. The average mass loss was 12.26% in the test results. This value provides a limit value ≤ 30% which can be used as concrete aggregate according to TS 706 EN 12620. These results show that the material can be used as concrete and asphalt material.

Within the scope of the Micro - Deval experiment in dry conditions, three samples were prepared from five different regions and experiments were carried out. As a result of the experiments, the average mass loss was 7.98%.

In the Micro - Deval experiment carried out in wet conditions, three samples were prepared from five different regions and experiments were carried out. The mean mass loss was 28.39% at the end of the experiments.

A large difference was observed between the results of the Micro - Deval test on wet and dry conditions. In order to determine the cause of this, two thin sections were taken from the samples and the mineralogical composition was examined by microscope.

The first sample examined was coarse grained siltstone-sandstone. The rock is composed of quartz, alkali feldspar, mica, plagioclase and opaque granules according to density order. Alkali feldspars have undergone alteration. Altered alkali feldspars and mica are dissolved with water, resulting in loss of mass.

The second sample was found to be normal-fine grained siltstone. It has been observed that the micas are mostly muscovite. Muscovites were dissolved with water to liberalization and cause mass loss.

KAYNAKLAR

Arıcı, S., 2011. “Agregalar ve Çimento Sektöründe Hammadeler”, 6. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Sivas.

Arslan, M., 2001. “Beton (Dökümü, Kalıpları, Kusurları, Dayanıklılığı)”. Atlas Yayın, İstanbul.

BS EN 1097-1, 2011. “Test for Mechanical and Pysical Properties of Aggregates, Part 1: Determination of The Resistance to Wear” London.

BS EN 1097-2, 2010. “Test for Mechanical and Pysical Properties of Aggregates, Part 2: Methods for Deternination of Resistance to Fragmentation”, London.

Çağlayan, M., Haberveren, S., İpekoğlu, B., Kurşun, İ., 1999. “Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş “İSTON””, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.

Doğan, Y., 2015. “Trakya Bölgesi Agregalarının Aşınma Dirençlerinin Belirlenmesi”, Bitirme Tezi Çalışması, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Ts En 932-2, 1999. “Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 2: Labarotuvar Numunlerinin Azaltılması Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Ts En 1097, 2000. “Beton Agregaları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Ts En 1097-1, 2002. “Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 1: Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro-Deval)”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

The Assessment of the Ventilation System in Aspects of Quality and Quantity in Eczacibasi Esan Lead Zinc Mine in Balıkesir-Balya Region

Eczacıbaşı Esan Balıkesir-Balya Kurşun Çinko Madeninin Havalandırma Sisteminin Nitelik ve Nicelik Açısından İncelenmesi

E. Aydın, O. Esen, A. Soylu, A. Fişne
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering, Istanbul, Turkey

ÖZET Bu bitime çalışmasında, madenin hava hızı, sıcaklık ve basınç ölçümleri anemometre, psikrometre ve dijital barometre yardımıyla 106 havalandırma istasyonunda ölçüm alınarak, bu ölçümlerin sonucunda maden havasının niceliği ve niteliği açısından incelenerek değerlendirmede bulunulmuştur. Madenin koşulları normal standartlara uygun mu değil mi karşılaştırılmıştır. Madenin hava hızı ve kesitleri ile beraber hava miktarları hesaplanmıştır. İşçi sayısı, dizel motorların gücü ve patlayıcı madde miktarlarına göre hava miktarının yeterli olup olmadığı karşılaştırılmıştır. Ek olarak normal hesaplamaların dışında daha detaylı ve spesifik hesaplamalar sunulmuştur. Bunların yanında, psikrometre sonuçlarından elde edilen kuru ve yaş sıcaklıklar değerlendirilerek hava hızı ile beraber nomogramdan etkin işletme sıcaklığı bulunmuştur. Uygun olmayan yerler saptamıştır. Ayrıca, madenin gaz ölçümleri alınmıştır. Gaz kaynakları saptanarak bunlardan çıkan gazların tanımı ve madendeki oranların normal koşullara uygunluğu belirlenmiştir. Bunların sonucunda hava kalitesinin ve miktarının iyileştirilmesi için öneriler sunulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Maden Havalandırması, Etkin İşletme Sıcaklığı, Gazlar, Tozluluk

ABSTRACT In this graduation project, air velocity, temperature and pressure measurements of the mine were taken from 106 airborne stations with the help of anemometer, sling psychrometer and digital barometer, and these measurements had been evaluated in terms of quantity and quality of mine air. Mine had been compared whether or not have the suitable conditions. With the air speed and cross-section of the galleries, air quantities have been calculated. Air quantities have been compared whether or not it is adequate in aspects of number of workers, power of the diesel motors and amount of the explosive. Apart from the standard calculations, more detailed and specific analyses have been presented. Besides, with the assessment of the results of the sling psychrometer which are dry and wet bulb temperatures, effective temperature of the galleries have been found from the nomogram with the data of the air speed. Inappropriate areas have been detected. Moreover, gas measurements of the mine were taken and threshold limits have been compared with normal standards. As a result of these, ideas have been presented for the improvement of the quality and quantity of the air.
Keywords: Mine Ventilation, Effective Temperature, Gases, Dustiness

1 INTROUCTION

In this graduation study, the ventilation system of the mine have been analyzed in aspects of thermal condition, gases, air distribution, production, auxiliary mine ventilation and other necessities such as

features of the sulphuric minerals like pyrite, chalcopyrite. In the measurements, digital barometer is used for the determining the pressure at the stations, anemometer is used for the measuring the air speed and sling psychrometer is used for the determining the wet & dry bulb temperatures. The instruments which is used in the survey, barometer and sling psychormeter were borrowed from the university and anemometer was used from the company.

1.1 Regional Geology

The factors are providing the mineralization circumstances which are the most important ones, convenience of stratigraphic, magmatic and tectonic conditions and caused to broad mineralization in the region of Balya. Moreover, these situations caused contact metamorphism and hydrothermal mineralization.

The basic minerals are galena and sphalerite in the Balya lead-zinc mine. Also, there is a lot of pyrite and less chalcopyite occurs. As a regional, there are alluvium, andesite, dacite, karakaya fm. (complex), and limestones exists.

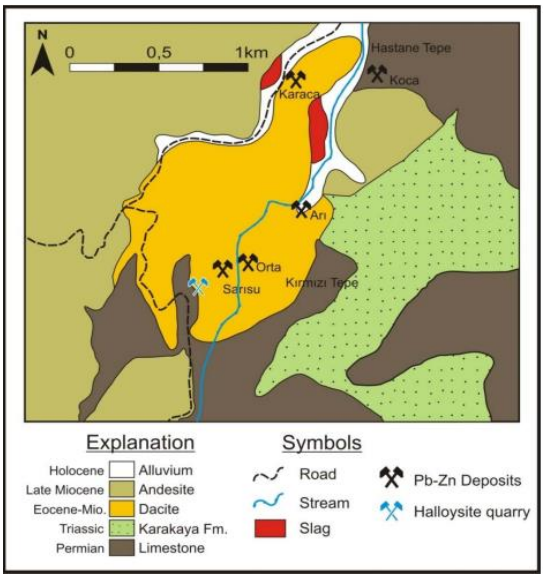


Figure 1. Geological map of Balya mine and surroundings. (Çiftçi, 2013)

2 DESCRIPTION OF MINE VENTILATION PLAN

The lead-zinc mine has 3 main ventilation shafts which one of the depth of the shaft is 275 m and another one is 300 m and these shafts have 4 main fans. First shaft have two main fans which have 355kW and they are connected parallel to each other in order to increase sufficient pressure. Second and third shaft have main fans which have 450kW power.

Fresh air which comes from first shaft goes to the 1020 elevation. From there, it passes through old French airways (gallery). After that, air that comes from second shaft, these are combined at the 805 elevation. Also, fresh air comes from the collections shafts or ventilation shafts in the mine. In that area, initially, fresh air goes to the lowest elevation of the mine. After the circulation, return air get out from main road. Additionally, airflow is connected parallel to each other.

2.1 Mine Ventilation Plan

The mine has 106 air-control points in which of these 25 are collection shafts. Ventilation of the mine is provided 3 ventilation shafts are connected with four main fans which have 355kW and 450kW.

Company is planning to open 2 new air shafts in order to increase air quantity in the mine. They are aiming that the increasing the air quantity by 400 m^3/sec.

There are three types of fan tubes used in the underground. Fan tubes which have 120 cm diameter used from fan tubes exhaust to the conjuction (separation West-East) where exist to the production areas. 90 cm fan tubes are used from the conjunction to the production areas, and 60 cm fan tubes are used for ventilation of the areas where air requirements are not much like transformer section.

2.2 Air Quantity

Air quantity is one the most significant factor when ventilating the faces properly. Sufficient volume of air is required for proper ventilation. In the mine, quantity of the air is determined at least 20 m^3/h each of the galleries by the engineers. The mine takes 176.1 m^3/sec air flow from number 1

station. This air is distributed all over the mine.

Mine air quantity is calculated from product of the average speed and cross section of the faces. In the Table 1 the result of the air speed, and air quantity of the mine is shown on the first 19 stations from the entrance of the mine to the deeper points respectively.

Average Speed (m/sn)	Cross Section (m^2)	Air Quantity (m^3/sn)
5.98	29.5	176.1
6.2	24.2	150.3
5.8825	27.1	159.2
5.3025	26.8	142.1
0.015	23.5	0.4
0.045	19.3	0.9
4.685	29.0	135.8
0.07	23.4	1.6
0.0175	31.6	0.6
4.67	28.7	134.0
0.05	27.5	1.4
5.2575	9.6	50.5
4.5575	26.5	120.8
4.895	9.6	47.0
5.5475	28.5	158.1
0.0225	32.1	0.7
4.3975	30.2	132.8
5.495	9.6	52.8
5.315	29.8	158.4

Figure 2. Average Speed-Air Quantity Measurements

3 QUALITY

3.1 Thermal Condition of the Subsurface Mine

For the finding the effective temperature, we need to know the dry-bulb temperature, wet-bulb temperature, pressure, air density and humidity of the mine. Firstly, we found the air density of the mine from the product of the specific gas constant (R=287.05 J/(kg* °K) for dry air, dry air temperature. After that, we will divide this value to the pressure (in Pascal). Note that, dry air temperature should be converted in Kelvin (°K).

In the Figure 3, below parameter shows the station numbers. Y axis shows the densiy in kg/m^3.We can understand from the graph that mine air is going denser when reaching the deeper point in the mine. Moreover, we can see the similar results in the air pressure that is shown in the Figure 4. In that figure X-axis is also shows the station numbers.

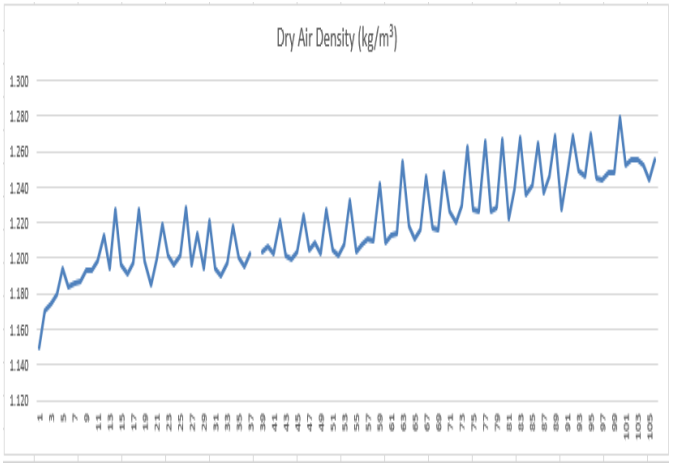


Figure 3. Dry Air Density Graph

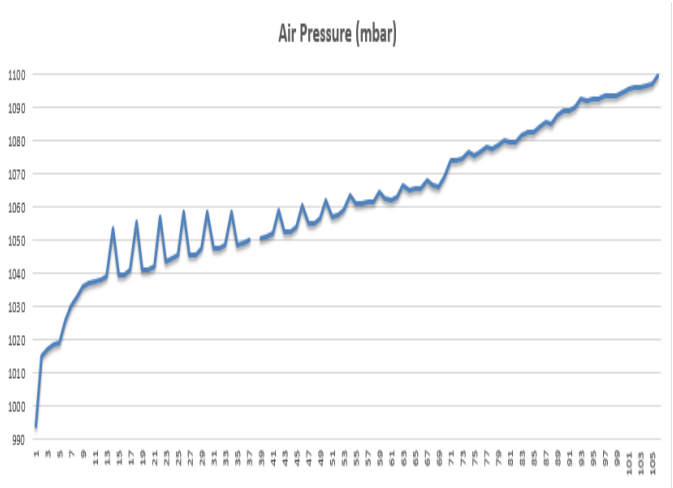


Figure 4. Air Pressure Graph

As we can see from the above graph, pressure is getting higher when elevation decreases generally. Note that in 38th station, it couldn't have been taken any measurement. Because, there was a problem about entering that ventilation shaft. Similar results are seen in the Figure 3.

When we look at the thermal conditions in the mine in aspects of dry & wet bulb temperatures, the result are shown in the Figure 5 and Figure 6. The below parameters

in these figures are the station numbers of the mine.

Red line is the threshold limit of the heat standards which is 32°C and green lines are shows the standard range of the heat that is 28°C. Normal standards in the mines, the standard range of the dry and wet bulb temperatures should be smaller or equal to the 28°C. The threshold limit of these temperatures is 32°C. Above of this temperature, company must reduce the shift length of the workers or plan the interval times. Also, the possibility of the heat stress, heat strain and heatstroke increases.

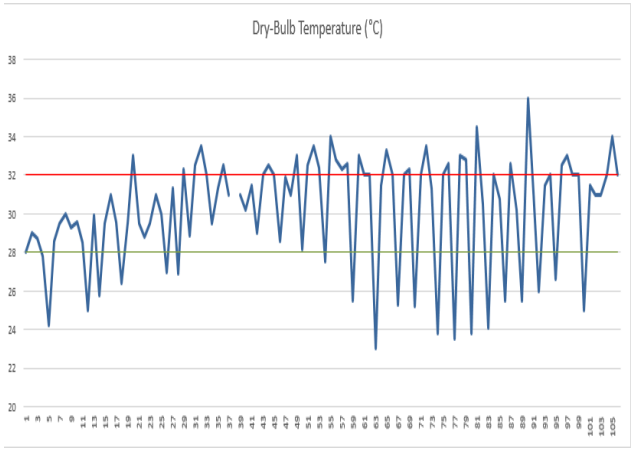


Figure 5. Dry-bulb temperatures

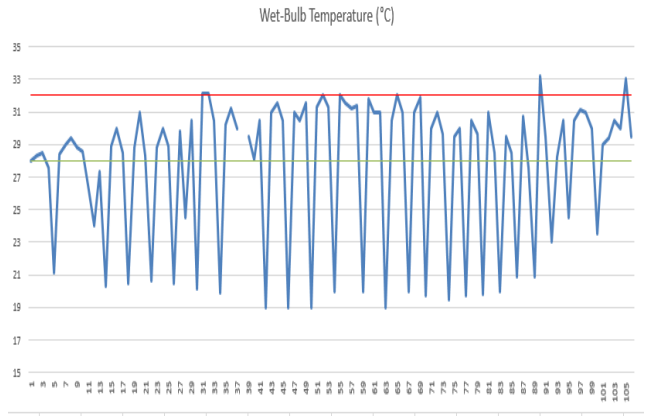


Figure 6. Wet-bulb temperatures

When we study of the graph closely, there are 25 sharp changing points. These values are measured from ventilation shafts. At there, wet bulb temperature levels are low and the difference between dry-bulb and wet-bulb temperatures are higher. Moreover, clean air circulation is comes from these shafts that means humidity level of the air is low. Due to the low damp in the air, wet bulb temperature is going to be low. In general, temperature increases when depth is increase.

3.2 Gas Assessment

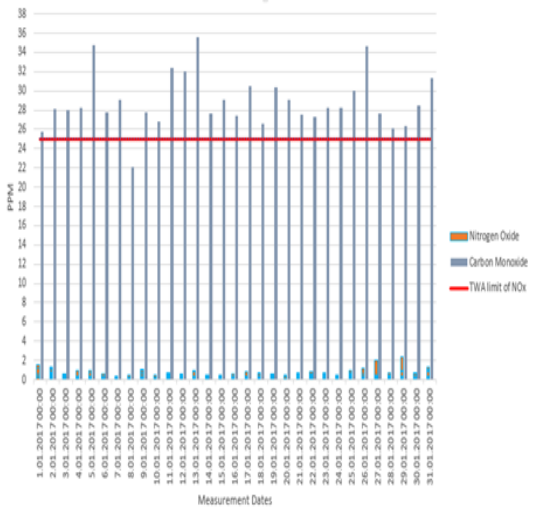


Figure 7. NO and CO Gas Survey Results

The mine has one gas sensor in which placed 950th elevation. The reason of this is the dirtiest air collects from here. The measured gasses in the mine are NO, CO, O_2,CO_2 and H_2S. This sensor take measurement of the specific gasses, temperature and humidity of the mine air at every hour on the hour. Only oxygen and carbondioxide are measured at percentage. The rest of the gasses are measured in the ppm.

According to these measurements, the maximum gas values of the one month period (01-31.01.2017) are NO which is 2.4 ppm, CO which is 35.6 ppm and O_2 which is 20.7% and average of these values in one month period are NO= 0.218 ppm, CO= 20.46 ppm, and O_2= 19.79%. Also, there are no H_2S and CO_2 gas determinations in the one month period (H_2S=0 ppm , CO_2= 0%). These means mine gas values are in proper condition when we look at the Figure 7.

4 RESULTS

When we examine at the measurement results in the Figure 5 and Figure 6, 28 stations are not in suitable conditions and they are exceeding the temperature standards in the mine. On the other hand, air quantity of the mine is calculated as adequate in aspects of diesel engine calculation, number of workers, production, blasting time &

amount and other alternative calculations that are stated in the belong sections.

Gas conditions in the mine is normal in one month period according to their gas measurements (01-31.01.2017). Their gas sensors are under the maintenance and now there is one active sensor placed in the mine where the dirtiest air passes. However, it should have been paid attention about sulphuric minerals in the mine when doing blasting. They have explosibility ratios in the certain conditions especally it can be occur in the blasting.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to thank to my father Sebahattin AYDIN, my mother Arzu AYDIN, and my sister Alara AYDIN for their existence and support in my life at all time.

REFERENCES

Çiftçi Y., Revan K. M., Şen P. & Zimitoğlu O., 2013. *International Workshop on Base and Precious Metals,* (pp. 23), Ankara

Shelquist Richard, 2016, January 14. "*An Introduction to Air Density and Densitry Altitude Calculations"* Retrieved From: https://wahiduddin.net/calc/density_altitude.html.

Evaluation of Multi-Row Blasting Operations in the Koza Altın İşletmeleri A.Ş. Eskişehir Kaymaz Open Pit Mine

Koza Altın İşletmeleri A.Ş. Eskişehir Kaymaz Açık Ocağında Çok Sıralı Atımların İncelenmesi

B. Korkmaz, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul

ABSTRACT Firstly general information about Koza Gold Corporation and Kaymaz Gold Mine was given in this thesis. Geological and geographical features of the study area were examined. A general information was given about the open-pits in Kaymaz Gold Mine. Production capacity of the mine and production methods were mentioned. In the second stage, the drilling activities in Kaymaz Gold Mine were examined and information about drilling equipment was presented. Performance analysis of drilling equipments was achieved and drilling costs were calculated. In the blasting operation, information was given about the used explosive materials, the blast design parameters were calculated on the results compared to Olofsson's theoretical approach. The blast area was photographed before and after blasting and scaled images were captured for size distribution analysis. The analysis results of WipFrag image analyses software was presented. Finally, the environmental adverse effects of blasting operation and the precautions to be taken were mentioned.
Keywords: Drilling, Blasting, Fragmentation

ÖZET Bu bildiride öncelikle Koza Altın İşletmeleri ve Kaymaz Altın Madeni hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışma sahasının jeolojik ve coğrafik özelliklerinden bahsedilmiştir. Kaymaz Altın Madeninde bulunan ocaklar hakkında bilgiler verilmiştir. Üretim miktarları belirtilmiş, üretim yöntemleri açıklanmıştır. Daha sonra Kaymaz Altın Madeninde gerçekleştirilmekte olan delme faaliyetlerinden bahsedilmiş, delici ekipmanlar hakkında bilgiler verilmiştir. Delici ekipmanın performans analizi yapılmış ve delme maliyetleri hesaplanmıştır. Patlatmada operasyonunda ise kullanılan patlayıcı malzemeler hakkında bilgiler verilmiş, patlatma tasarım parametreleri hesaplanmış ve Olofsson'a göre karşılaştırma yapılmıştır. Patlatma öncesi ve sonrası yığın incelenmiş ve parça boyut analizi gerçekleştirmek için yığından ölçekli fotoğraflar alınmıştır. WipFrag programında yapılan analiz sonuçları gösterilmiştir. Son olarak patlatmanın çevreye olan etkilerinden ve alınacak önlemlerden bahsedilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Delme, Patlatma, Parçalanma

1 INTRODUCTION

Drilling and blasting play vital roles in opencast mining. These operations not only affect the cost of production directly but as well and significantly, the overall operational costs. In this study, the drilling and blasting operations in the Koza Gold Corporation Kaymaz Gold Mine were examined in detail. Koza Gold Corporation is a Turkish company consisting of 100% Turkish capital established to search and operate gold mines in our country. Kaymaz Gold Mine is located about 70 km south east of Eskişehir city center, about 20 km north

of Sivrihisar town, 2 km east of Kaymaz town. The nearest settlements to the mining areas are Kaymaz Village which is located 350 m north of Topkaya area and Karakaya village which is 2 km west of Damdamca area (Figure 1).

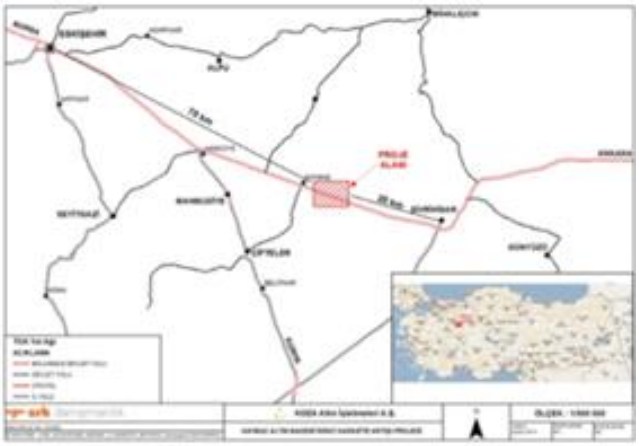


Figure 1. Location of the Kaymaz Gold Mine

The marbles and schists of the Late Palaeozoic-Mesozoic Sivrihisar Formation form the base rocks in the Kaymaz area. Sivrihisar Formation is over Karakaya Serpantine (It has been determined that the thickness is more than 100 m in the drillings made by Tüprag). Karakaya Granite settled by cutting these two units. The granite, which is a lensoidal structure, extends 5 km east-west and 2 km north-south. Granite is only a small part of a wider intrusion in shallow depth (Koza Altın İşletmeleri A.Ş., 2015.)

Also Kaymaz Gold Mine Open Pit Production method have been examined. The Open Pit mine operation consists of preparation of the land, the extraction and storage of the vegetable soil, the design of the benches, blasting, loading-carrying and dumping phases.

2 DRILLING OPERATIONS

In order to achieve the blasting operation, it is necessary to drill a blasthole to charge explosive. In, Koza Gold Corporation Kaymaz Gold Mines, production is performed in 5 meters benches. Therefore, the blasthole is 5 meters long (5.30 meters with subdrilling) and is drilled vertically. Blasting are carried out by Nonel initiation system with millisecond delays, so that no holes detonate at the same time.

There are 4 drilling equipments in the Koza Gold Corporation Kaymaz Gold Mines. Two of them are the 2017 Atlas Copco T35 type FlexiROC, one Atlas Copco T45 type SmartROC and the last one is the 2015 model Atlas Copco T35 type FlexiROC, which is specially designed for the Koza Gold Corporation and by using a single rod. Table 1 shows the technical specifications of Atlas Copco FlexiROC T35 machine, briefly.

Table 1. Technical Specifications of Atlas Copco FlexiROC T35 Type Drilling Machine (Atlas Copco Makinaları İmalat A.Ş.).

Main Application Area	Open pit mines
Drilling Method	Tophammer
Hole Diameter	64mm-115mm
Rock drill / DTH hammer size	COP 1840+ ; COP 2540+
Maximum hole depth	28 m
Engine	168 Kw
Weight	15500 kg
Height	3300 mm, 10' 8"
Length	10700 mm, 35' 2"
Width	2500 mm, 8' 2"

Two types of drill bits, Atlas Copco and Sandvik, are used in the Kaymaz Gold mine. Bit life is about 2500 meters for the 89 mm Atlas Copco drill bits. It is about 3500 meters for 102 mm Sandvik drill bits.

2.1 Investigation of Drilling Operations

First key of a successful blasting is an efficient drilling operation. Time loss in drilling negatively affects the production, and the performance analysis of the drillers must be done correctly in order to prevent time loss. In this thesis, drilling operations in Karakaya open pit mine were examined for 3 blasts.

The performance measurements of Blast 1 are presented in Table 2. According to Table

2, a hole with a length of 5.30 meters in the granitic zone is drilled at an average of 4.21 minutes. The drilling machine drills an average of 14 holes per hour in the granitic zone and the drilling speed is 75.5 m / h. Total drill length for 15 holes is 79,5 meters. 15 holes were drilled in average 1.05 hours.

Table 2. The Measurements for First Drilling Operation in Karakaya Open Pit Mine.

Hole Number	Hole Length (m)	1st Rod (sec)	Rod Adding (sec)	2nd Rod (sec)	Rod Disassembly Duration (sec)	Tower Landing (sec)	Change of Location (sec)	Tower Departure (sec)	Total Duration (sec)
1	5.30	54	32	32	35	26	42	42	263
2	5.30	56	29	27	32	26	44	43	257
3	5.30	62	28	25	30	26	37	37	245
4	5.30	56	33	28	28	26	31	41	243
5	5.30	59	36	28	29	26	47	43	268
6	5.30	54	25	28	26	26	78	39	276
7	5.30	58	29	32	31	26	34	43	253
8	5.30	67	29	29	32	26	38	44	265
9	5.30	52	28	25	28	26	42	37	238
10	5.30	55	30	27	28	26	31	38	235
11	5.30	54	30	26	29	26	38	42	245
12	5.30	58	27	29	33	26	33	39	245
13	5.30	59	26	34	26	26	39	41	251
14	5.30	54	28	32	32	26	51	43	266
15	5.30	56	29	28	29	26	36	39	243
Total (m&sec)	79.5	854	439	430	448	390	621	611	3793
Average (m&sec)	5.30	56.9	29.3	28.6	29.8	26	41.4	40.7	252.9

3 BLASTING OPERATIONS

Blasting technology is the process of fracturing rocks by the calculated amount of explosive to break predetermined volume of material.

After the drilling is completed, the holes are charged by explosives by the Kaymaz Open-Pit Blasting Team. Figure 2 shows general view of a charged hole.

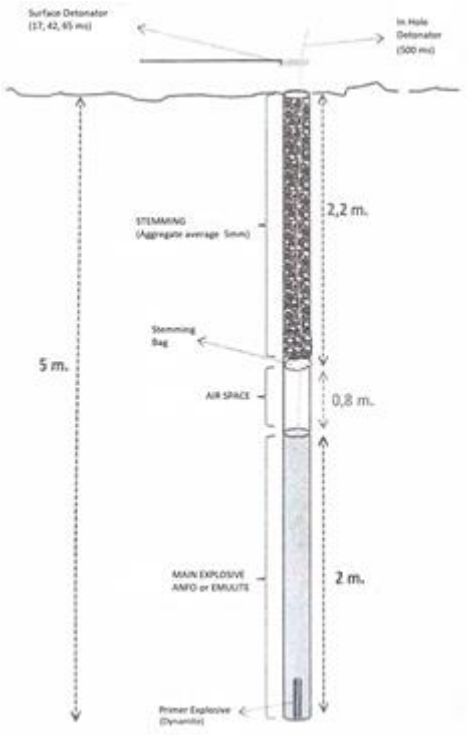


Figure 2. Charged Hole.

3.1 Explosives and Initiation Systems Used in Koza Gold Corporation

For blasting operations in Kaymaz Gold Mine, non-el system milliseconds delayed detonators are used. ANFO and emulsion type explosives are charged into holes. Millisecond delay detonators help to reduce instantaneous explosive charges and vibration levels. Additionally, Nonel detonators are safer then electric initiation systems. Water resistant emulsion explosives increase performance of blasting operations. ANFO is charged into dry holes (Figure 3). Table 3 shows the technical specifications of ANFO used in Kaymaz Gold Mine.

Figure 3. 25 kg Orica EXAN ANFO Used in Kaymaz Gold Mine.

Table 3. Thermodynamics and Technical Specifications of Orica Nitro EXAN ANFO (Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. ve Tic. A.Ş.).

Ideal Detonation Velocity of Explosion	4850 m/s
Ideal Blasting Pressure	48960 atm
Ideal Blasting Heat	2946°K
Detonation velocity with 125 mm cartridge	4000-4200 m/sn
Explosion Energy	3.89 Mj/Kg
Density	0.78-0.80 gr/cm^3
Water resistance	None

3.2 Investigated Blasts in the Kaymaz Gold Mine

Blasting operations made in Kaymaz Gold Mine were examined and all the blast data were collected. The number of holes in a blast, the amount of explosive used, and the post-blast muckpile were investigated.

A total of 276 holes blasts were made during the first blasting operation in Kaymaz Gold Mine. The blasting was performed in granitic area. The amount of explosives and detonators used in Blast 1 is presented in Table 4.

Table 4. The Amount of Explosives and detonators Used in Blast 1.

NO	DETONATOR-EXPLOSIVE TYPE	AMOUNT	UNIT	TOTAL
1	EXAN ANFO (25 KG PP/PE BAG)	171	x 25 kg	4275 kg
2	POWERGEL 750 (65 x 500 mm)			0 kg
3	POWERGEL MAGNUM (50 x 225 mm)	276	x 0,50 kg	138 kg
4	EXEL MS (7 m 500 MS)			285 number
5	EXEL HTD (5 m 65 MS)			0 number
6	EXEL HTD (5 m 42 MS)			250 number
7	EXEL HTD (50 m 25 MS)			2 number
8	EXEL HTD (5 m 17 MS)			35 number
9	ELEKTRIC DETONATOR 2,5 AL Type 3			4 number
		Total Explosive :		**4413 kg**
		Total Detonator :		**576 number**

A total of 4413 kg explosives and 291 detonators were used in the blasting operation. Figure 4 shows the initiation pattern of Blast 1.

Figure 4. Initiation Pattern of Blast 1.

For Blast 1, the last surface detonator explodes in 1773 milliseconds. The ground vibration is reduced to a minimum level by reducing instantaneous explosive charge to only one deck.

In the hole charge, the primer explosives are connected to a 500 MS delayed in-hole detonators 7 meters long. After the stemming operation, the holes are connected each other by 17 MS and 42 MS surface detonators.

3.3 Fragmentation Analysis for the Kaymaz Open Pit

Two plates were placed on muckpile as scale. Then, images were analyzed by WipFrag image analysis software. Figure 5 below shows a scaled image from muckpile. Figure 6 presents size measurement process.

Figure 5. Muckpile after Blasting.

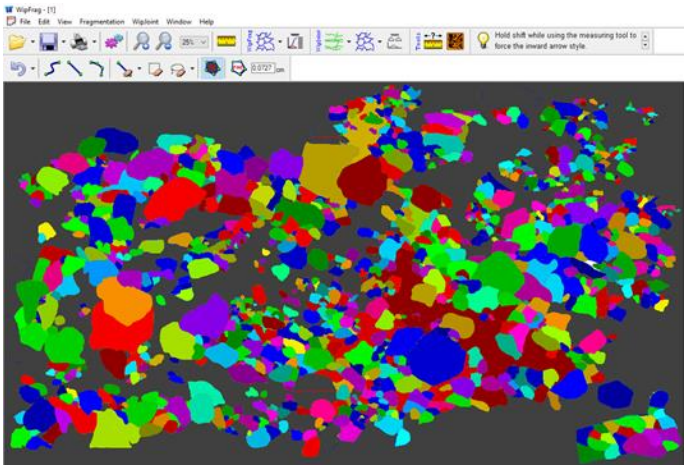


Figure 6. Measurement of the Particle Size of Blast 1 by WipFrag Program.

There are 2026 particles measured by Wipfrag program. Mean particle size (d50) is 113.427 mm. Uniformity index (n), which is the slope of the curve is 2.037. Characteristic size (Xc) is 148.268 mm. and the maximum particle size (Xmax) is 455.563 mm. Characteristic size is 63.2 % passing size (Figure 7).

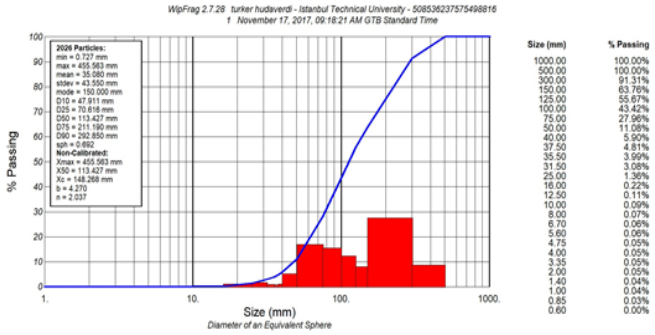


Figure 7. Particle Size Distribution Curve of Blast 1.

3.4 Comparison of Applied Blast Design and Theoretical Calculation

Open pit blastings are performed based on certain basic principles except special applications.
Starting with bench height selection, including the diameter of the hole, these principles are used to determine all the blast parameters. Theoretical blast deign parameters were calculated based on Olofsson's approach. Calculated parameters were compared to the measured actual values. The comparison is given in Table 5.

Table 5. Comparison of the Calculated and Actual Blast Design Parameters.

Blast Parameters	Olofsson's Approach	Actual Values
Subdrilling (U)	0.98	0.30
Depth of Blasthole (H)	5.98	5.30
Practical Burden (B)	3.01	2.80
Practical Spacing (S)	3.76	3.20
Stemming (h_0)	3.01	2.20
Charge Height (h_b)	2.97	2.80
Charge Weight (Q_T)	19.31	16.00
Specific Charge (q)	0.37	0.34
Specific Drilling (b)	0.11	0.11

4 CONCLUSION

Drilling and blasting applications in the Koza Gold Corporation have been examined in detail. The investigated blasts in Kaymaz Mine are large-scale multi-row blasts. Number of the blastholes is more than two hundred for each blast. Especially, the efficiency of large-scale blasts was examined in this study.

Performance of drilling machines was measured for three blasts. Average drilling time is measured as 4.24 minutes in granitic area and 4.58 minutes in mineralized area for a single blasthole. Drilling equipment drills an average of 14 holes per hour in the granitic zone and drills an average of 13 holes per hour in the mineralized zone.

Theoretical blast design parameters were calculated using the blast design proposed by Olofsson. Mostly, theoretical calculations are in accordance with the site applications. In the future Olofsson's approach can be used in the Kaymaz open-pit mine for planning of prospective blasts.

ANFO and Emulsion explosives are used in blasting operation. ANFO is cheaper than the emulsion explosive, but it has no water resistance. Therefore, it cannot be used in wet holes. Emulsion explosive provides high efficiency in wet holes. Application of the Nonel initiations system helps to reduce ground vibration. Instantaneous explosive charge was only one deck for all observed blasting operations. It was not observed any

ground vibration, airblast and flyrock problem.

Detailed cost calculation was performed for the mine. Drilling cost per hole is 15.74 TL. Blasting cost per hole is 46.80 TL. Total drilling and blasting cost per hole is calculated as 62.54 TL.

Image analysis technique was applied to determine particle size distribution of a muckpile. This technique is currently under use in Kaymaz mine. Mean fragment size is measured as 11.73 cm. Characteristic size is 14.98 cm. Mean uniformity index was calculated as 2.126.

ACKNOWLEDGEMENTS

Bitirme tezimin hazırlanması sürecinde sürekli olarak bilgi ve deneyimlerini paylaşarak yardımlarını esirgemeyen bitirme danışmanım sayın Doç. Dr. Türker HÜDAVERDİ'ye ve üzerimde emeği bulunan bütün hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Sevgi KURT ve abim Caner KORKMAZ'a sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Ayrıca üniversitede geçirdiğim yıllar boyunca yanımda olan, güzel zamanlar geçirdiğim arkadaşlarıma ve birçok dersi geçmemde büyük katkısı olan Burak YELKEN'e teşekkürlerimi sunarım.

REFERENCES

Atlas Copco, (n.d.). Atlas Copco Makinaları İmalat A.Ş. <https://www.atlascopco.com/tr-tr/mrba/products/drillrigs/surface drillrigs/flexiroct4>.

Hüdaverdi T., 2010. Blasting Technology and Its Applications, Mining Engineering Department, ITU Faculty of Mine Part 3, pp. 9.

Koza Altın İşletmeleri A.Ş., 2015. Sermaye Piyasası Kurulu'nun Tebliğine İstinaden Hazırlanmış Yönetim Kurulu Faaliyet Raporu, Eskişehir, pp.3-43.

Orica Nitro, (n.d.). Orica- Nitro Patlayıcı Mad. San. ve Tic. A.Ş. <http://www.orica-nitro.com.tr>.

Kastamonu Hanönü Bakır Madeni, Açık İşletme Şev Stabilite Çalışmalarının Araştırılması

Investigation of Kastamonu Hanönü Copper Mine, Open Pit Mining Slope Stability Studies

A. Güldaş, M. Lashgari, C.A. Öztürk
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Madencilik çalışmaları, yıllardır süre gelen enerji ve hammadde ihtiyacının en önemli kaynağıdır. Çalışmalar esnasında meydana gelen iş kazaları, alınan güvenlik önlemlerinin yeterli olmadığını göstermektedir. Güvenliğin sağlanmasının yanı sıra madenin ekonomik olmasını sağlayan genel şev açısının belirlenmesi, maden planlaması ve operasyon çalışmaları esnasında yer alan önemli etkenlerden biridir. Bu çalışmada Kastamonu Hanönü bakır madeninin basamak açıları ve farklı yönlerdeki nihai eğim açıları Slide programı ile incelenerek, olası kaymaların engellenmesi ve ekonomik açıdan maden sınırlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Programda alınan numunelerden elde edilen kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri, bölgenin deprem bölgesinde olup olmaması ve yer altı suları ve iklim özellikleri ana veri olarak kullanılmış ve kaymanın olmaması için gereken güvenlik faktörü değeri hesaplanmıştır. Güvenlik faktörünün, şevin sismik hareketler durumda en az 1, kuru durumda ise 1.3 olması gerektiği düşünülerek, gerekli analizler yapılmıştır. Üretim faaliyetleri sonucunda güvenlik şartlarını sağlarken, karın maksimize edilmesi bu çalışmanın başlıca hedefi olmuştur.
Anahtar Kelimeler: Şev Stabilitesi, Güvenlik Katsayısı, Kaya Kütlesi Sınıflandırma Sistemleri

ABSTRACT In this graduation project, air velocity, temperature and pressure measurements of the mine were taken from 106 airborne stations with the help of anemometer, sling psychrometer and digital barometer, and these measurements had been evaluated in terms of quantity and quality of mine air. Mine had been compared whether or not have the suitable conditions. With the air speed and cross-section of the galleries, air quantities have been calculated. Air quantities have been compared whether or not it is adequate in aspects of number of workers, power of the diesel motors and amount of the explosive. Apart from the standard calculations, more detailed and specific analyses have been presented. Besides, with the assessment of the results of the sling psychrometer which are dry and wet bulb temperatures, effective temperature of the galleries have been found from the nomogram with the data of the air speed. Inappropriate areas have been detected. Moreover, gas measurements of the mine were taken and threshold limits have been compared with normal standards. As a result of these, ideas have been presented for the improvement of the quality and quantity of the air.
Keywords: Slope Stability, Factor of Safety, Rock Mass Classification Systems

1 GİRİŞ

Kastamonu ili, Hanönü Sepetçioğlu Mevkii'nde Acacia Maden İşletmeleri A.Ş. tarafından gerçekleştirilmesi planlanan bakır madeni projesi 2007 yılında faaliyete geçmiştir. Açık ocak işletmeciliği ile tüvenan bakır cevheri çıkarılacak ve zenginleştirme tesislerinde işlenecektir. Proje kapsamında tüvenan bakır cevherinin çıkarılacağı açık ocak alanı, bitkisel toprak stok alanı, karot

depolama alanı, pasa (dekapaj) stok alanı bulunacaktır.

1.1 Coğrafi Bilgiler

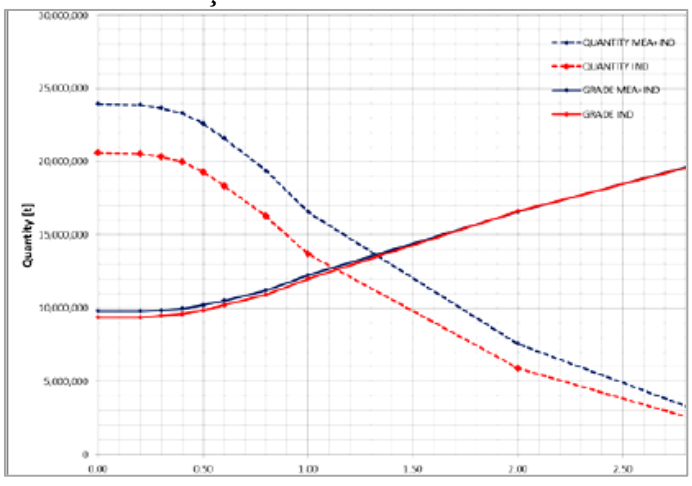
Kastamonu ili Hanönü ilçesi Sepetçioğlu mevkiinde yer alan proje alanı Sinop-Kastamonu-Çankırı planlama bölgesi 1 100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı sınırları içerisinde Kastamonu e32 paftasında, 41o21′ kuzey enlemi ile 33o46′ doğru boylamları arasında yer almaktadır. Çevre Düzeni Planına göre bölge orman alanı ve Gökırmak nehir yatağı üzerinde kalmaktadır (Gökırmak Projesi Nihai Çed Raporu, 2015). İl çoğunlukla engebeli arazilerden oluşmakta, kuzeyinde Batı Karadeniz dağları, güneyinde ise doğu-batı uzantılı Ilgaz Dağları yer almaktadır.

1.2 Rezerv-Tenör İlişkisi

Bir cevherin işletilebilirliği çeşitli faktörlere bağlı olarak belirlenen tenör değerine (Ekonomik Minimum Tenör) sahip olup olmadığına göre belirlenir. Ekonomik Minimum Tenör şu faktörler kullanılarak belirlenir:

- Rezerv
- Yatağın Durumu (Yüzeye yakınlık, çevresel faktörler)
- Pazara Mesafe
- Piyasa Değeri
- Üretim Masrafları ve Diğer Tüm Masraflar

Tüm bu faktörler her cevher için farklılık gösterir. Projedeki rezerv-tenör ilişkisi Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Rezerv-Tenör İlişkisi

2 ÜRETİM YÖNTEMİNE AİT TEORİK BİLGİLER

Açık ocak işletmeciliği bilinen en eski madencilik yöntemidir. Mostra veren her işletilebilir cevher yatağında açık ocak işletmeciliğinin uygulandığı görülmüştür. Bu kazı yöntemi genel olarak ekonomik derinlikteki maden yataklarının belirli yöntemler doğrultusunda kazılması, yüklenmesi ve taşınması olarak tanımlanabilir. Günümüzde dünya çapında madencilik çalışmalarının %70'i açık işletme yöntemleriyle yapılmaktadır. Metalik cevherlerden bakır Amerika Birleşik Devletlerinde %74, dünya çapında ise %40 oranında bu yöntem ile kazanılmaktadır (Karpuz, 2005). Açık ocak işletmeciliğinde üretim kayıplarının az olması bu yöntemin tercih edilmesinin ana sebeplerinden biridir. Özellikle açık ocak madencilik üretiminde delik delme, kazı, yükleme ve taşıma gibi işlemlerin uygulanmasında kullanılan makinaların üretim kapasiteleri ve verimlilik açısından yer altı ocaklarına göre üstün olması da bu tür kazı sistemlerini tercih edilebilir kılmaktadır. Bunların yanı sıra açık ocak işletmeciliğinin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

2.1 Açık İşletmelerde Üretim Şekilleri

Üretim planlaması ve üretim sistemi açık işletmeye hazırlanan bir maden sahasında ana hedeflerdir. Bu doğrultuda cevher yatağına, örtü tabakasının ve faydalı mineralin fiziksel özelliklerine, arazi topografyasına, taşıma sistemine ve üretim miktarından yola çıkarak üretim sistemine karar verilmektedir.

2.1.1 Derinlemesine Doğru Yapılan Üretim

Açık işletmede dik meyillenmiş cevher yataklarında uygulanan üretim şeklidir. Oluşturulan hazırlık yerinin büyüklüğü ve geometrik ölçüleri projelenen senelik üretim miktarlarına göre tespit edilmektedir. Kazının ilerleme yönü düşey ve derine doğru olmaktadır. Derine inildikçe dekapaj miktarı devamlı olarak artış göstermektedir. Ayrıca sadece açık işletmenin maliyeti için değil, kaldırılacak pasanın en az düzeyde tutulması

ve işletmenin ekonomik olması için oluşturulacak şev açılarının ve genel eğim açısının doğru belirlenmesi çok önemlidir.

Örtü toprağının ve pasanın dökümü için bir döküm sahasının planlanması gerekmektedir. Açık ocaktan çıkan kayaların doğal ortamından çıkarılması sebebiyle bir alana konulduktan sonra kaymaya meyilli olması nedeniyle planlama aşamasında döküm sahası için de bir şev açısı ve basamak yüksekliği belirlenmeli, çalışmalar emniyetin sağlanması amacıyla bu planlara uygun olarak ilerlemelidir.

2.2 Üretim Yöntemine Bağlı Olarak Gerçekleştirilen Üretim Çalışmalarının Aşamaları

Bir maden ocağının üretime geçmeden önce ocak planlamasını yapması gerekmektedir. Bu doğrultuda belirli bir sürede üretilen cevher miktarının maliyetini en aza indirgeyecek ocak planı ve şekli belirlenir. Bu planın oluşturulabilmesi için yapılacak ilk adım sahanın jeolojik, jeoteknik ve hidrolojik çalışmalarla incelenmesidir. Sahanın incelenmesi aşağıda belirtilen amaçlar doğrultusunda yapılmaktadır;

- Formasyonların mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirtilmesi
- Kaya ve zemin tasarımı için gereken parametrelerin sağlanması
- Kazı yönteminin belirlenmesi
- Çalışmanın güvenliğinin sağlanması
- Maliyetlerin hesaplanması ve temrin planı hazırlanması (Bilgin, 2014).

3 AÇIK OCAK MADENİNE AİT TEKNİK BİLGİLER

3.1 Üretim Yöntemine Bağlı Olarak Gerçekleştirilen Üretim Çalışmalarının Aşamaları

Yamaç Molozu Alüvyon: Sondaj verilerinden elde edilen bilgilere dayanarak, alüvyonun dere yatağındaki bölgede konumlanmış, kum ve çakıl taneciklerinden oluştuğu görülmüştür. Yüzeyde tam yuvarlak kum, çakıl ve farklı boyutlardan oluşan tanelere rastlanmıştır. Alüvyal tabakanın Gökırmak bölgesinde yaklaşık olarak 40 metre olduğu hesaplanmıştır.

Yeşil Şist: Proje sahasında 23 noktada mostra veren yeşil şist, şeritli ve masif bir yapıdan oluşmaktadır. Kaya kütlesi sınıflandırmasında düzensiz bloklar olarak tanımlanmakta, dayanımı ise 15 MPa ile 150 MPa arasında değişmektedir. Haritalanan basamaklarda yeşil şistin dike yakın bir şekilde eğimlendiği görülmüştür. Kazıya bağlı olarak oluşabilecek herhangi bir kaymanın yeşil sistin içindeki süreksizliklerden dolayı olacağı tahmin edilmektedir. Eklem setleri tüm yönlerde gelişmiş, birkaç metre boyunca takip edilebilmektedir. Formasyondan herhangi bir su çıkışı gözlenmemiştir.

Yeşil Şist: Proje sahasında 23 noktada mostra veren yeşil şist, şeritli ve masif bir yapıdan oluşmaktadır. Kaya kütlesi sınıflandırmasında düzensiz bloklar olarak tanımlanmakta, dayanımı ise 15 MPa ile 150 MPa arasında değişmektedir. Haritalanan basamaklarda yeşil şistin dike yakın bir şekilde eğimlendiği görülmüştür. Kazıya bağlı olarak oluşabilecek herhangi bir kaymanın yeşil sistin içindeki süreksizliklerden dolayı olacağı tahmin edilmektedir. Eklem setleri tüm yönlerde gelişmiş, birkaç metre boyunca takip edilebilmektedir. Formasyondan herhangi bir su çıkışı gözlenmemiştir.

Schist: Şist yaygın olarak foliasyonlu bir yapıya sahiptir. Dayanımı 0.5-25 MPa arasındadır. Arakatmanlar yumuşak bir yapıya sahip olması tüm kaya kütlesinin düşük dayanıma sahip olmasına yol açmaktadır. Şistleşmiş yüzeyler arasında 6-20mm arasında değişen boşluklar tespit edilmiş, bunun yanı sıra kırıklar arası mesafe 20 mm ile 0.2 metre arasında değişkenlik göstermiştir. Oluşabilecek kayma, kaya kütlesinin düşük dayanıma sahip olması ve süreksizliklerin varlığı ile tetiklenebilir. Şistin mostrada mikst şistten ayırt edilmesi ve modellenmesi zor olduğu için bu birimler mikst şist olarak kabul edilmiştir.

4 ŞEV STABİLİTE ÇALIŞMALARI

Birçok mühendislik çalışmalarında kayaların kazılmasının gerekliliği söz konusudur. Bu inşaat mühendisliğinde karayolu ve demiryolu gibi ulaşım projelerini, hidroelektrik santrallerini içerirken, madencilik sektöründe açık ocak madenciliği gibi dünya mineral üretiminin sağlandığı aktiviteleri kapsamaktadır. Açık ocak madenciliğinde şev stabilitesi çalışmaları maden planlama ve operasyon sürecinin her adımında önem arz etmektedir. Her bölgede değişkenlik gösteren formasyon özellikleri, alterasyonların anlaşılması ve kullanılması uzman jeolojik bilgisi gerektirir. Bir basamağın stabilitesini, yerel jeolojik koşullar, bölgedeki genel şev şekli, yerel yer altı su durumu ve uygulanan kazı tekniği kontrol eder. Bu değişken faktörler her maden sahasında farklılık göstereceğinden dolayı bir basamak özelliklerine kesin kurallar koymak imkansızdır. Bu nedenle şev duraylılığı analitik ve numerik olarak hesaplanmaktadır.

4.1 Kaya Kütlesi Sınıflandırma Sistemleri

RQD 1967 yılında Deere tarafından önerilmiş, silindirik şeklini koruyan, doğal süreksizlikler tarafından bölünmüş sağlam karot numunelerinden boyu 10 cm ve 10 cm'den büyük uzunluklara sahip olanların toplamının, ilerleme uzunluğuna oranı olarak ifade edilmiştir.

Tüneller, büyük yer altı açıklıkları, şevlerde yapılan uygulamalarla derlenen verilerin ve gözlemlerinin istatiksel olarak değerlendirilmesi, yöntemin bugünkü şeklini almasına yardımcı olmuştur RMR sınıflama sistemi uygulanırken, tablolarda verilen her parametre için değerler veya ölçütler esas alınır.

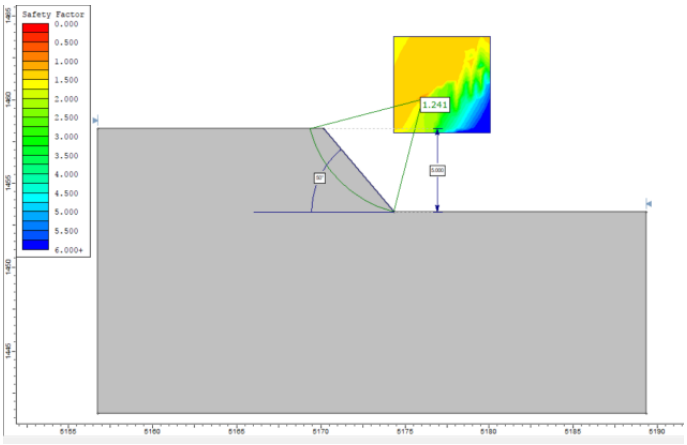
Bieniawski, RMR ve Q arasında bir ilişki tanımlamıştır (1976) ve bu ilişki aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$RMR = 9\ln Q + 44$$

4.2 Basamak Analizler

Saha hakkındaki veriler alındığında ve modelleme oluşturulduğunda, basamak geometrisi incelenmelidir (Read, 2009). Her bir formasyon için basamak açıları ve yüksekliği üzerine çalışılmış olup, durağan basamak parametreleri hesaplanmıştır. Kaymaya karşı güvenlik katsayısı kuru basamaklarda 1.3 ve üzeri, deprem ve suya doygun basamaklar için 1 ve üzeri olarak kabul edilmiştir.

Öncelikle Autocad programında basamak parametrelerine göre basamaklar çizilmiş ve Slide programında analiz edilmiştir. Durağan koşulları sağlamayan basamakların yüksekliği ve açıları tekrardan değiştirilip sonuçlar hesaplanmış ve sistem durağan hale gelene kadar tekrar edilmiştir.



Şekil 2. Basamak genişliği 5 metre, basamak açısı 50^{o} olarak analiz edilen alüvyondan oluşan basamak

5 SONUÇLAR

Alüvyon ve debris biriminde ekonomik sınır göz önüne alındığında mümkün olan basamak açısı ve yüksekliği minimuma indirgenmiş fakat sistem durağanlığı suya doygun koşullarda sağlanamamıştır. Bu nedenle bu formasyonun olduğu bölgelerde susuzlaştırma çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Diğer birimler için yapılan analizlerde sistem stabil durumda olduğu için basamak parametreleri kabul edilebilir.

Nihai şev açısı, alüvyon debris ve fay breşi 50 metre yükseklik için, yeşil şist 250 metre ve mikst şist 400 metre yükseklik için incelenmiştir. Yüksekliklerin farklı olmasının sebebi saha hakkında jeoloji biriminden alınan bilgilerden dolayıdır. Jeoloji biriminden alınan bilgilere göre açık ocak sahası içinde fay breşi ve alüvyon biriminin

en fazla 50 metre yükseklikte olabileceğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, mikst şist ve yeşil şist kaya blokları halinde bulunduğundan, bu birimler daha yüksek ölçülerde sahada karşımıza çıkacaktır. Bu nedenle görülebilecek en yüksek uzunluk yeşil şistte 250 metre, mikst şistte 400 metre olduğundan analizler bu verilere göre yapılmıştır. Nihai şev açısında, alüvyon ve debris biriminde güvenlik katsayısı 0.8 olarak hesaplanmış ve bu birimde şevlerin kayacağı kesin olarak görülmektedir. Bu nedenle basamak tasarımlarında bahsedildiği gibi alüvyon ve debris birimlerinde susuzlaştırma çalışması yapılması gerektiği bu bölümde de yer almaktadır.

TEŞEKKÜR

Yardımlarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma, danışmanım Atilla Öztürk'e, Mohammad Lasghari'ye ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Gökırmak Projesi Nihai Çed Raporu, Ocak, 2015. "Bakır Madeni Açık Ocak İşletmeciliği Kapasite Artışı Projesi"

Karpuz, C., Hindistan M.A., 2005. Maden Mühendisliği Açık Ocak El Kitabı: Açık işletmelerde üretim yöntemleri (Editör Şinasi Eskikaya, Celal Karpuz, Mehmet Ali Hindistan, Nejat Tamzok), Ankara, s.113-209.

Bilgin, N., Çopur, H., Balcı, C., 2014. Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries. Site investigations for mechanized excavation projects. Istanbul. s. 13-20.

Read, J., Jakubec, J., Beale, G., 2009. Field data collection. Guidelines for Open Pit Slope Design (Editör Read, J., Stacey, P.) Avustralya, s. 15-52..

Yardımsız Kesme Koşullarında Minyatür Konik Keskilerin Performans Analizi

Miniature Conical Cutters Performance Analyses Under Unreleived Cutting Conditions

Emre Çetin, Deniz Tumaç, Aydın Shaterpour-Mamaghani, Yusuf Türkmen
İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET İstanbul Teknik Üniversitesi ileri mekanize kazı teknolojileri labarutuvarında Şubat – Mayıs 2018 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada, taşınabilir doğrusal kazı seti kullanılarak minyatür konik keskilerin yardımsız kesme koşullarında performans analizi için doğrusal kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler, Korkuteli bej ve Kaklık traverten numuneleri üzerinde 1,5 mm, 2,5 mm, 3,5 mm ve 5 mm kesme derinliklerinde, keskiye etki eden kesme kuvvetleri vee spesifik enerjinin belirlenmesi, karşılaştırılması ve konik keskilerin performans analizlerinin yapılması amacıyla yapılmıştır. Kesme deneylerinde keski üzerine etkiyen kuvvetler belirlenmiş, spesifik enerji değerleri hesaplanmış ve her bir numune için bu değerlere ait grafikler hazırlanmıştır. Hazırlanan grafikler kazı mekaniği temel esasları göz önüne alınarak yorumlanmış ve değerlerin karakteristik yaklaşımlarla olan karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçların yorumlanması neticesinde deneylerde kullanılmış olan numunelerde yapılan kesme deneylerinin literatür taramalarında bulunan karakteristik veriler ile örtüştüğü gözlemlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Mekanize kazı, Yardımsız kesme, Konik keski, PLCM

ABSTRACT This study has been performed in advance rock cutting laboratory, Istanbul Technical University during the February – May 2018. Rock cutting experiments were performed using miniature cutting tool on two stone samples at unrelieved cutting conditions. Experiments were carried out on Korkuteli beige and Kaklık travertine samples to determine and compare specific energies with cutting and normal forces acting at different cutting depths of 1.5 mm, 2.5 mm, 3.5 mm and 5 mm. The specific energy and forces acting on the miniature tool were calculated and the relationships between depth of cut and specific energy and forces were drawn. The prepared graphs were interpreted considering the basic principles of mechanical excavation and the values were compared with the characteristic approaches. As a result of interpretation of the results obtained from the experiments performed, it was observed that the cutting experiments on the samples used in the experiments overlapped with the characteristic data found in the literature.
Keywords: Mechanized excavation, Unrelieved cutting, Conical Cutter, PLCM

1 GİRİŞ

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi ileri mekanize kazı teknolojileri labarutuvarında Şubat – Mayıs 2018 tarihleri arasında taşınabilir doğrusal kazı seti kullanılarak yapılmıştır.

Kesme deneyleri sadece spesifik enerjinin ve keskiye etkiyen kuvvetlerin belirlenmesinde değil, aynı zamanda kesme parametrelerinin keskilerin performansı üzerine etkilerini incelemek için kullanılmaktadır (Balcı ve diğ., 2004).

Bu çalışmada, taşınabilir doğrusal kazı seti kullanılarak minyatür konik keskiler ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler, yardımsız kesme koşullarında yapılmıştır.

Minyatür konik keskilerin performansının analiz edilebilmesi için, tek eksenli basınç dayanımları 11,0 ve 120,9 MPa olan iki kaya numunesi ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Kaya kesme deneylerinden sonra, keski performansı, kesme derinliği göz önüne alınarak keskiye etkiyen kesme kuvvetleri ve spesifik enerjiye göre değerlendirilmiştir. Taşınabilir doğrusal kazı setinde minyatür konik keski ile yapılan kaya kesme deneylerinin verileri toplanmış, analiz edilmiş ve grafikler oluşturulmuştur. Minyatür ölçekli kesiciler ile yapılan kesme deneyinin sonuçları literatürde yer alan yaklaşımlar ve grafikler ile kıyaslanmış ve örtüşen sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

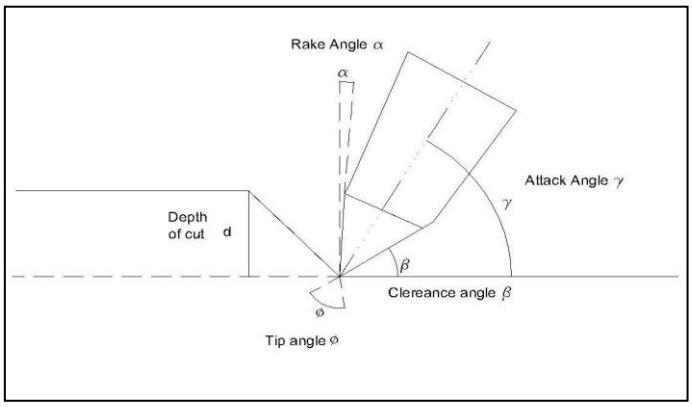
2 LİTERATÜR

Genel olarak üç tip keski ucu mevcuttur. Bunlar radial, forward attack ve point attack uçlardır. Bu keski tipleri Şekil 1'de görülmektedir (Kurt ve MacAndrew, 1985).

Şekil 1. Radyal, forward ve point atak uçlar (Kurt ve MacAndrew, 1985)

2.1 Noktasal Kesme Yapan Kesicilerin Kesme Kuvveti

Noktasal kesme yapan kesicilerin kesme kuvveti dizayn parametreleri rake açısı, uç açısı, clearance açısı ve attack açısıdır. Bu açılar Şekil 2'de gösterilmiştir. Kesme aletine etki eden ortogonal kuvvetler normal, yanal ve kesme kuvvetleri olarak gruplandırılabilirler.



Şekil 2. Kesme aletine etki eden açılar

Bir kesme işleminde kullanılan kesme kuvvetlerini tahmin etmek çok önemlidir ve bu kuvvetleri açıklayan temel olarak üç teorik model vardır. Bunlar, Evans (1984), Göktan (1997) ve Roxborough ve Liu (1995) formülasyonlarıdır.

2.2 Keski Parametrelerinin Konik Kesiciklerin Kesme Performansına Etkisi

2.2.1 Skew ve attack açıları

Hurt ve Evans (1980), kesme kuvvetleri için skew ve attack açılarının etkisi üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Grindleford kumtaşı üzerinde deneyler yapmışlardır. Attack açısını, 40°'den 60°'ye kadar ve eğim açısını sıfırdan başlayarak ve 5°'lik bir açıklıkla artarak değiştirdiler. Aletler arasındaki kesme derinliğinin ve aralığın sırasıyla 20 ve 40 mm olduğunu belirtmişlerdir. 30°'lik bir skew açısının 45°'lik bir attack açısı ile kesme kuvvetleri üzerinde net bir etkisi olmadığı sonucuna varmışlardır. Artan atak açısının, rake açısında azalmaya neden olacağı ve clearance açısını belirgin bir şekilde arttırdığını görmüşlerdir. Ayrıca, sıfır skew açısı ile 40 ve 50° arasındaki attack açısının kuvvetleri azalttığını, ancak 50 ile 60° arasındaki açıların ters etkiye neden olduğunu görmüşlerdir.

2.2.2 Uç Çapı

Liu ve diğ. (2009), karbür tip uç çapının kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Test yatağında

kömür ve kaya kesici (CTCR) isimli bir cihaz ile uzunluğu 84 mm, uç açısı 75° ve uç çapı 8, 10 ve 12 mm olan karbür tip uçlar kullanmışlardır. Karbür uç çapındaki artışın uca etkiyen kuvvetinde artmasına sebep olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

2.3 Spesifik Enerji

Spesifik enerji, kesme kuvvetleri ile beraber mekanize kazının en önemli parametrisidir. Mekanize kazı uygulamalarında spesifik enerjinin tespiti ve dizayn parametrelerinin buna göre belirlenmesi hayati önem arz etmektedir. Birim hacimdeki kayaçların kazılması için gereken enerji miktarı spesifik enerji olarak tanımlanabilir. Spesifik enerji birimi olarak genellikle kWh/m^3 veya MJ/m^3 kullanılmaktadır. Spesifik enerji, kesme derinliği ile ters orantılıdır. Spesifik enerji yapılan araştırmalar neticesinde çeşitli parametrelere bağlı olarak hesaplanmıştır. Bunlar Hughes (1972), Thuro ve Span (1996), Balcı ve diğ. (2004), Bilgin ve diğ. (2006) ve Tumaç ve diğ. (2007)'dir.

2.4 Mekanize Kazıda Kullanılan Laboratuvar Deneyleri

İTÜ laboratuvarlarında tam ölçekli doğrusal kesme makinesi (LCM), küçük boyutlu kazı seti (SLCM) ve taşınabilir doğrusal kazı seti (PLCM) olarak adlandırlan üç ana laboratuvar deneyi yapılmaktadır.

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Numuneler

Bu bitirme çalışması kapsamında Kaklık traverten ve Korkuteli bej numuneleri kullanılmıştır (Tumaç, 2015).

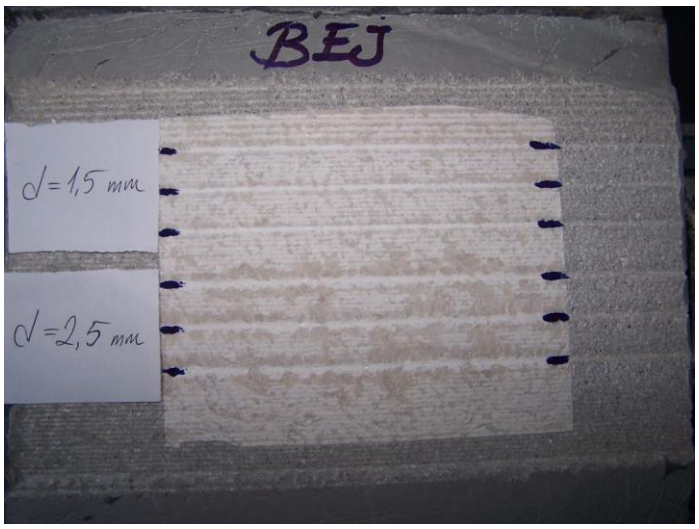
3.2 Yöntem

Bu bitirme çalışması kapsamında hazırlanan numuneler taşınabilir doğrusal kazı setinde (PLCM) minyatür konik keski ile kesilmiştir. PLCM, Şekil 3.'te görülmektedir. PLCM, 10 x 10 x 15 cm boyutlarındaki numuneleri kesebilmekte ve bu makinada tüm minyatür disk, konik ve çizel keskiler kullanılabilmektedir. Bu deney yönteminin en önemli avantajı, LCM'den daha kolay ve hızlı sonuç elde edilebilmesidir.

Şekil 3. Taşınabilir Doğrusal Kazı Seti (PLCM)

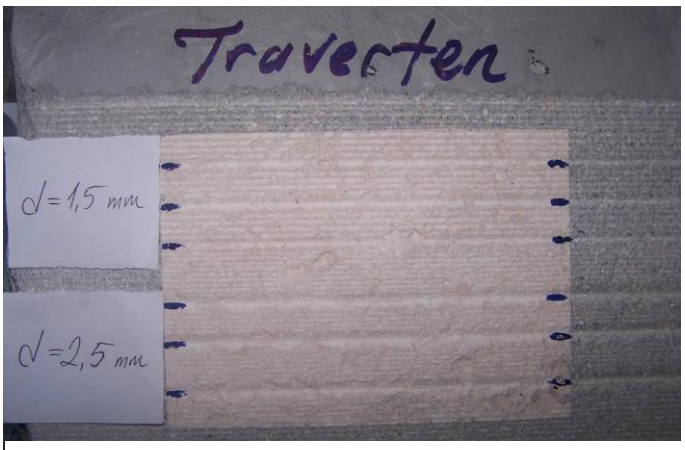
Numuneler taşınabilir doğrusal kazı setinde yapılacak kesme deneyleri için uygun ölçülerde kesilerek hazırlanmıştır. Doğrusal kazı setine özel kalıplara yerleştirilen numuneler üzerine grout karışımından hazırlanan beton dökülerek kalıp, içerisinde hiçbir boşluk kalmayacak şekilde doldurulmuştur. Kesme deneyleri için hazır hale getirilmiş olan kalıplar doğrusal kazı setine yerleştirip özenle sabitlendikten ve gerekli güvenlik tedbirleri alındıktan sonra numuneler yüzeyden 5mm derinlikte trimlenmiştir. Trimleme işlemi neticesinde yüzeyleri eşdeğer yüksekliğe gelmiş olan numuneler kesme işlemine başlamak için uygun hale gelmişlerdir. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar kesme kuvvetlerinin kesme derinliği ile nasıl değiştiğinin gözlemlenmesi için kullanılmıştır. Bu sebeple, yüzeyleri trimlenmiş her bir numune üzerinde yardımsız kesme koşullarında kesme derinliği arttırılarak kesme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kaklık traverten ve Korkuteli bej numunelerinin her biri 1,5 mm, 2,5 mm, 3,5 mm ve 5 mm olmak üzere dört farklı kesme derinliğinde deneye tabi tutulmuşlardır. Her iki numune için de 1,5 mm kesme dernliğinde üç kesim, 2,5 mm derinliğinde üç kesim, 3,5 mm derinliğinde

iki kesim ve 5 mm derinliğinde iki kesim olmak üzere toplam 20 kesim yapılmıştır. Korkuteli bej ve Kaklık traverten numunesinin deneylerine ait fotoğraflar Şekil 4 ve Şekil 5'te görülmektedir. Yapılan kesme işlemlerinde kesimlerden sonra oluşan kırık ve çatlaklar incelenmiş yardımsız kesme koşullarının sağlandığından emin olunmuştur.



Şekil 4. Korkuteli bej 1,5 mm ve 2,5 mm derinliğinde kesme hatları

Her kesme işlemi sırasında doğrusal kazı seti ve bilgisayarlar yardımı ile konik keskiye etkiyen kuvvetler kaydedilmiş ve kesme işlemi neticesinde ortaya çıkan beton parçaları numune yüzeyinden uzaklaştırılmış, numune parçaları ise toplanarak tartılmış, tartılan miktar kayıt altına alınmış, bir araya toplanarak etiketlenmiştir.

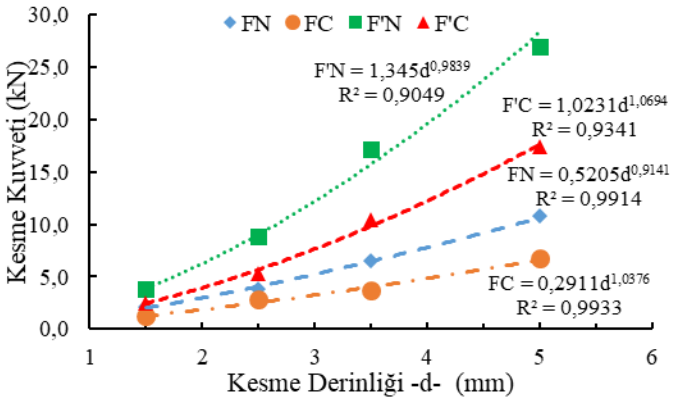


Şekil 5. Kaklık traverten 1,5 mm ve 2,5 mm derinliğinde kesme hatları

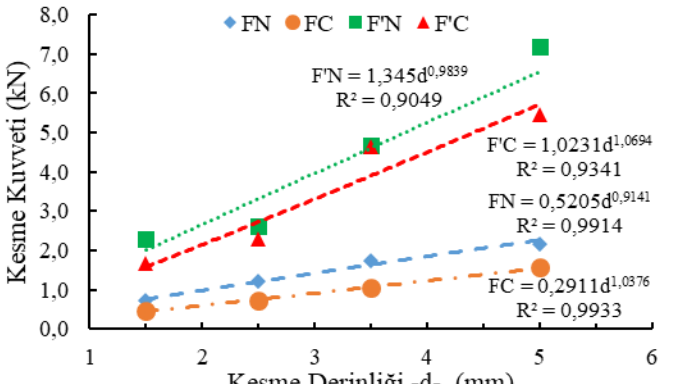
Numune yüzeyi tamamen temizlendikten sonra her kesim için oluşan deformasyonlar ve süreksizlikler incelenmiş, kesim uzunluğu hesaplanmış ve kayıt altına alınmıştır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra doğrusal kazı seti yeniden kesim için hazır hale getirilip yeni kesim için gerekli kesme aralığı ayarlandıktan sonra yeni kesimlere devam edilmiştir.

3.3 Deney Sonuçları

Korkuteli bej ve Kaklık traverten numuneleri üzerinde yapılan kesme deneylerinin sonuçları Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.

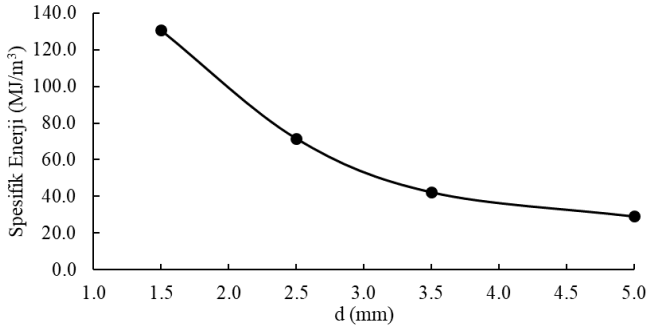


Şekil 6. Korkuteli Bej Deney Sonuçları

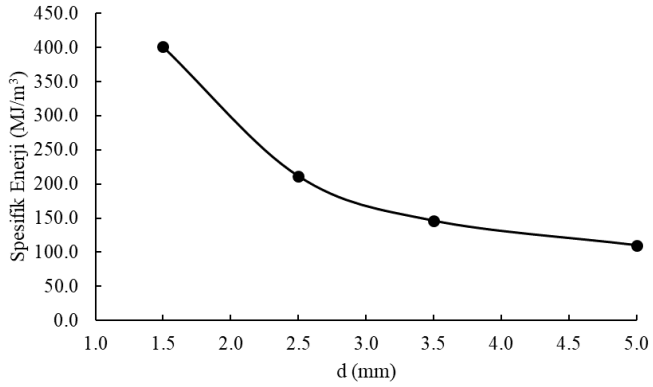


Şekil 7. Kaklık Traverten Deney Sonuçları

Kaklık traverten ve Korkuteli bej numuneleri için spesifik enerji ile kesme derinliği ilişkisini gösteren grafikler Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Kaklık traverten spesifik enerji – kesme derinliği grafiği



Şekil 9. Korkuteli bej spesifik enerji – kesme derinliği grafiği

4 SONUÇLAR

Bu bitirme ödevi kapsamında minyatür konik keskilerin taşınabilir doğrusal kazı setinde iki farklı kayaç için kazı performansı analiz edilmiştir.

Korkuteli bej numunesi üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre, numune için minimum FN değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 2,05 kN, maksimum kesme FN değeri ise 5 mm kesme derinliğinde 10,85 kN, minimum FC değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 1,20 kN, maksimum FC değeri 5mm kesme derinliğinde 6,76 kN, minimum F'N değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 3,84 kN, maksimum F'N değeri 5 mm kesme derinliğinde 26,92 kN, minimum F'C değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 2,50 kN, maksimum F'C değeri 5mm kesme derinliğinde 17,38 kN olduğu görülmüştür.

Kaklık Traverten numunesi üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre, numune için minimum FN değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 0,74 kN, maksimum kesme FN değeri 5 mm kesme derinliğinde 2,17 kN, minimum FC değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 0,46 kN, maksimum FC değeri 5mm kesme derinliğinde 1,59 kN, minimum F'N değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 2,28 kN, maksimum F'N değeri 5 mm kesme derinliğinde 7,18 kN, minimum F'C değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 1,66 kN, maksimum F'C değeri 5mm kesme derinliğinde 5,46 kN olduğu görülmüştür.

Korkuteli bej ve Kaklık traverten numuneleri üzerinde yapılan kesme deneylerinde, keski üzerine etki eden FC, F'C, FN, F'N değerlerinin ve spesifik enerji değerinin numunelerin basınç dayanımıyla doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Bilgin, N., Demircin, M.A., Çopur, H., Balcı, C., Tunçdemir, H. ve Akcin, N., 2006. Dominant rock properties affecting the performance of conical picks and the comparison of some experimental and theoretical results, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 43, s. 139-156

Bilgin, N., Çopur, H. ve Balcı, C., 2014. Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries, CRC Press, Boca Raton, 388 s.

Çopur, H., Balcı, C., Bilgin, N., Tumaç, D. ve Avunduk, E., 2012. Predicting cutting performance of chisel tools by using physical and mechanical properties of natural stones, European Rock Mechanics Symposium (Eurock 2012, ISRM International Symposium), s. 14, Stockholm.

Evans, I., 1984. A theory of the cutting force for point attack picks, International Journal of Mining Engineering, s. 63-71.

Göktan, R.M., 1997. A suggested improvement on Evans cutting theory for conical bits. Proceedings of the fourth international symposium on mine mechanization and automation, s. 457-461, Brisbane.

Hurt, K.G. ve Evans, I., 1980. A laboratory study of rock cutting using point attack tools, 21st U.S. Symposium on Rock Mechanics, Austin.

Liu, S., Du, C. ve Cui, X., 2009. Research on the cutting force of a pick, Mining Science and Technology, 19, s. 514–517

Roxborough, F.F. ve Liu, Z.C., 1995. Theoretical considerations on pick shape in rock and coal cutting. Proceedings of the sixth underground operator's conference, s. 189-193.

Tumaç, D., Çopur, H. ve Balcı, C., 2015. Doğal taşların dokusal özelliklerinin kesilebilirliğe ve kırılganlıpa etkisinin araştırılması, s.219.

KABATAŞ-MECİDİYEKÖY METRO HATTI KABATAŞ TÜNELİ'NDE KULLANILAN HİDROLİK KIRICININ PERFORMANS ANALİZİ

The performance analysis of impact hammers used in Kabataş Metro Tunnel Construction in Istanbul.

D. Ayhan, H. Çopur

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada, Kabataş-Kuyruk Şaftında bulunan Hat-1 Peron Tüneli'nde çalışan hidrolik kırıcının performans analizini yapmak için gün gün numuneler alınmıştır. Alınan numunelere nokta yük deneyi yapılmış ve oradan tek eksenli basınç dayanımı tayini yapılmıştır. Tek eksenli basınç dayanımından Bilgin Yöntemi ile kayaç kazılabilirlik indeksi ve net kırma hızları tahmin edilerek, gerçekleşen kazı hızı ile karşılaştırma yapılarak hidrolik kırıcının performans analizi yapılmıştır. Ayrıca, iş-zaman etüdü oluşturulmuş ve grafiklerle gösterilmiştir. Bu analizler sonucu değerlendirmelerde ve önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik kırıcı, Nokta yük indeksi, Tek eksenli basınç dayanımı, Net kazı hızı.

ABSTRACT In this study, In order to perform hydraulic hammer performance analysis, random irregular samples suitable for point load test were taken from certain locations of day and performance analysis of hydraulic crusher was made by reaching uniaxial compressive strength and net breaking rates from point load test experimental results. The results of the analysis and the work-time study were compared, and evaluations and suggestions were made.

Keywords: Impact hammer, Point load test, Uniaxial compressive strength, Net excavation speed

1 GİRİŞ

Giderek artan nüfustan dolayı oluşan İstanbul'un ulaşım problemini azaltmak amacıyla bir çok alanda çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan en önemlisi metro ulaşımıdır. Bu sebeple metro tünel inşaatlarının sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Metro ulaşımı trafik yoğunluğunu azalltığı gibi hem daha çabuk hem de daha güvenli bir ulaşım türüdür. Mahmutbey-Mecidiyeköy-Kabataş metro brojesinde kullanılan kazı yöntemleri TBM ile kazı ve NATM yöntemiyle yapılan kazıdır.

Bitirme projesi kapsamında Kabataş istasyonunun H1 ileri aynasında çalışan hidrolik kırıcının performans analizi, Nokta yük dayanımı – Net kazı hızlarının incelenmesi – Günlük ilerlemesinin incelenmesi ve duraklama zamanlarının incelenmesiyle yapılmıştır.

2 YENI AVUSTURYA TÜNEL METODU (NATM)

1957 yılında ilk defa VonRabcewicz Leopold Müller ve Franz Pacher, tarafından ortaya Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi yapılan bir kaş deneyiminden sonra ilk 1969 yılında Frankfurt metro inşaatında kullanılmıştır. NATM yönteminin temel prensibleri yapılan kazıyı desteklemekten ziyade onu güçlendirerek, kazı sonrasında oluşacak ikincil gerilme ve deformasyonların gözlemlenmesi, denetlenmesi ve yönlendirilmesi ve kayaçların stabilitesini koruyarak, açılan boşluğu çevreleyen bölgenin kendi kendini tutan ve taşıyan bir statik sistem oluşturulmasıdır. Yani yapılan kazının ardından oluşan jeolojik baskıyı kayaya taşıttırarak daha optimize edilmiş bir yöntem olarak günümüzde yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir.

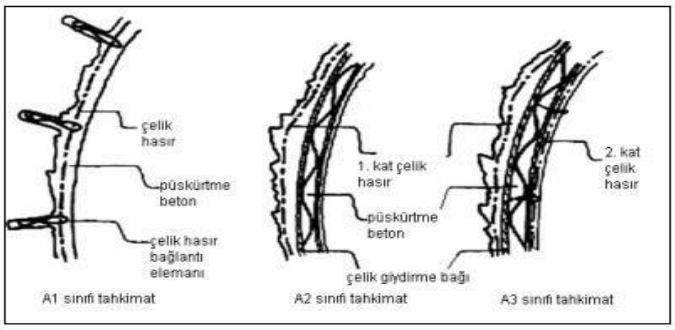
2.1 Yeni Avusturya Tünel Metodu'nun Uygulama Biçimi (Okyay,2015)

Yöntemin amacı, kazı sonrasında oluşan dağ basıncına, mutlak rijit sistemlerin tepkime kuvvetleri ile karşı koymak olmadığından , rijit tahkimat elemanları ve kalın kaplamalar kullanılmaz. Bunlar ancak yöntemin yeterli hızda uygulanamadığı durumlarda veya aşırı derinliklerdeki ya da yüksek tektonik gerilmelerin etkili olduğu plastik ortamlarda zorunlu olarak kullanılmaktadır.

Açım sırasında ikincil deformasyon ve gerilmelerin yeterli ölçüm ve gözlemlerle izlenerek açım çalışmalarının denetlenmesi ve yönlendirilmesi gerekmektedir. (Okyay,2015)

3 TÜNEL KAZI DESTEKLEMELERİ

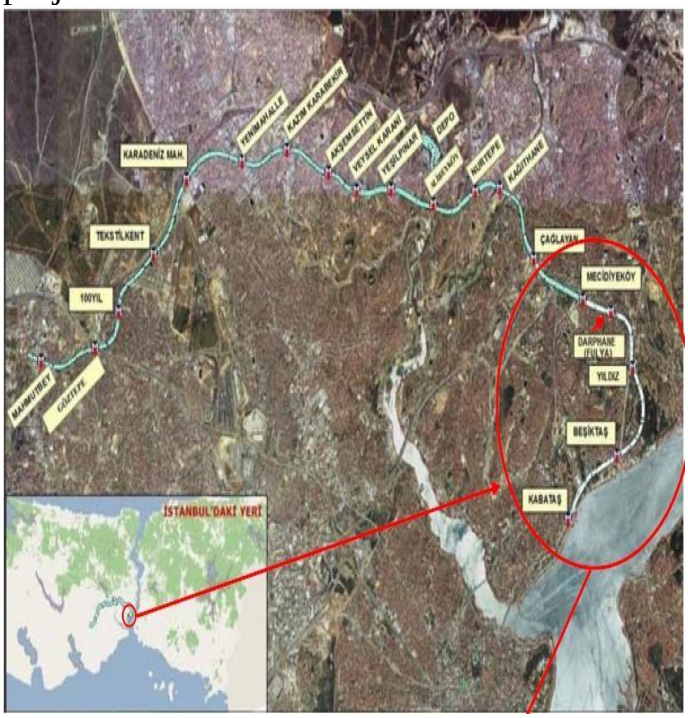
Tünel kazısı hidrolik kırıcı ile yapılmıştır. Tünel destek elemanları ise yer yer değişiklik göstermiş olup Kabataş Tünelinde destek sistemleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Sınıfı Takimat Uygulama Biçimleri (Sonuç, vd., 1994)

4 PROJENİN AMACI ve GÜZERGAHLARI

Kabataş- Mecidiyeköy- Mahmutbey metro hattı İstanbul'un temel sorunlarından biri olan trafiği azaltmak amacıyla planlanmış 22.5 km uzunluğundaki bir metro projesidir. Özellikle Kabataş – Beşiktaş – Mecidiyeköy bölgesini birbirine bağlayan karayollarının yetersizliği ve bununla birlikte akşam saatlerinde oluşan trafik probleminden ötürü insanların daha hızlı ve güvenli bir şekilde evlerine ulaşabilmeleri amacıyla planlanmış bir projedir.



Şekil 4.1 Kabataş – Mecidiyeköy- Mahmutbey Metro Güzergahı (Polat,2015)

5 JEOLOJİ

5.1 Genel Jeoloji

İstanbul kenti ve yakın çevresi; kıvrımlı, çok faylı ve bindirmeli Paleozoyik, Mesozoyik kaya birimleri ile bunları üzerinde yer alan Tersiyer çökellerinden oluşmaktadır. Magmatizma olayları sırasında, kaya birimleri içine yaygın olarak andezit ve diyabaz daykları yerleşmiştir. (Polat,2015)

5.2 Stratigrafi

Kabataş bölgesinde Trakya Formasyonu , ağırlıklı olarak silttaşı (çamurtaşı), kumtaşı ve kiltaşı tabakalarının ardalaşmasından kuruludur. Birimin ilksel rengi açık – koyu gri arasında değişim gösterir. Çok ayrışmış kesimlerde hakim renk sarı, kahverengi, orta derecede ayrışmış kesimlerde sarımsı gri, zeytin yeşili, boz; ayrışmış kesimlerde ise gri, açık gri ve koyu gri renklidir. Ayrışma genel olarak derinlik yönünde azalır. Ancak birimi kesen fay ve makaslama zonları ile volkanik dayk sınırlarında derinliğe bağlı olmaksızın ileri derecede ayrışmış seviyeler ile karşılaşılabilir.İnceleme alanında yapılan sondajda, kabaca 10,50 m ile 26 m arasında daha ziyade kumtaşı, 26 m ile kuyu bitimi olan 47 m arasında ise silttaşı baskın seviyeler kesilmiştir.Yine 10,50 m ile 18 m arasında çok – orta derecede, 18 m ile kuyu sonu olan 47 m arasında az ayrışmış- ayrışmamış kaya seviyeleri geçilmiştir. (Polat,2015)

6 HİDROLİK KIRICI PERFORMANS ANALİZİ

Kabataş Tüneli Hat-1 Tünelinde çalışan SUMITOMO 130 Hidrolik kırıcının

performans analizi için gün gün belirli lokasyonlardan numuneler alınmıştır ve nokta yük dayanımına tabi tutulmuştur. Nokta yük dayanamından tek eksenli basınç dayanımına ulaşılmıştır. Bieniawski,1989 ' ye göre tek eksenli basınç dayanımına göre kaya kütle kalitesi tayininde bulunmak mümkündür.

Bilgin Yöntemi ile kayaç kazılabilirlik indeksine ve net kazı hızı değerleri belirlenebilmektedir.

Kayaç kazılabilirlik indeksi;

$$RMCI = \sigma_c (RQD/100)^{2/3} \quad (6.1)$$

Burada σ_c (MPa) olarak tek eksenli basınç dayanımı, RQD (%) olarak kayaç kalite göstergesidir.

Net Kazı Hızı;

$$IBR = 4.26\ P_{out} (RMCI)^{-0.567} \quad (6.2)$$

Burada IBR (m3/h) olarak Hidrolik kırıcı net kırma hızı, Poutp (Hp) olarak Hidrolik Kırıcı çıkış gücüdür.

Kırıcı çıkış gücü (Yağ sızmaları, yağ akışı kaynaklı sürtünme kayıpları göz önünde alındığında çıkış gücü giriş gücünün %70-%80'i arasında olacaktır. (Bilgin,1989) (Bu sebepten ötürü verim %75'i olarak alınmıştır.)

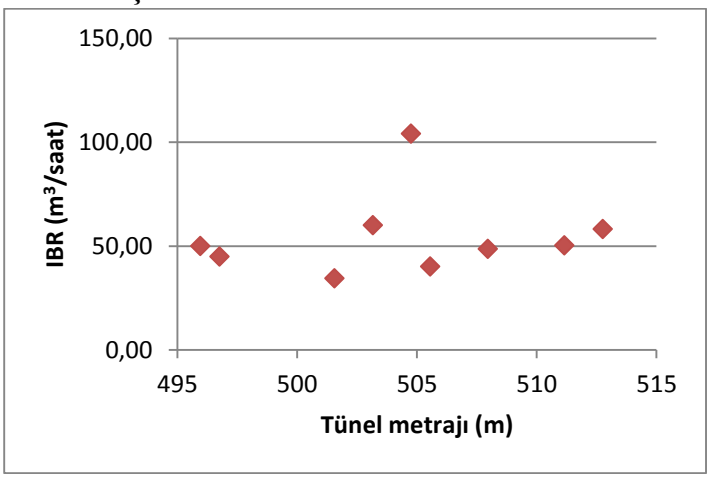
	SİMGE	TANIMLAMA-LİTOLOJİ	AYRIŞMA	SPT N	RQDort
0.00		DOLGU: Beton, blok, Kaya parçaları ve kil, kum ara malzeme.	-	9 - 23	-
5.50		Kavkılı Kum – Siltli kUM: çakıllar köşeli ve iri, (dolgu veya yamaç molozu görünümünde)	-	7 - 9	-
10.50		KUMTAŞI-SİLTTAŞI Ardalanması. Kumtaşı baskın. Çok ayrışmış, orta - sık kırıklı, parçalı	W3 - W4	-	8
18.00		KUMTAŞI-SİLTTAŞI Ardalanması. Silttaşı Baskın – 18.00 – 36 m arası, orta - sıkı kırıklı, yer yer parçalı,	W1-W2	-	15
47.00					

Şekil 6.1 Zemin araştırma verileri (Polat,2015)

Şekil 6.1'den alınan bilgilere göre Kabataş tüneli için RQD değeri ortalama %15 alınmıştır ve bu değer üzerinden tahminde bulunulmuştur.

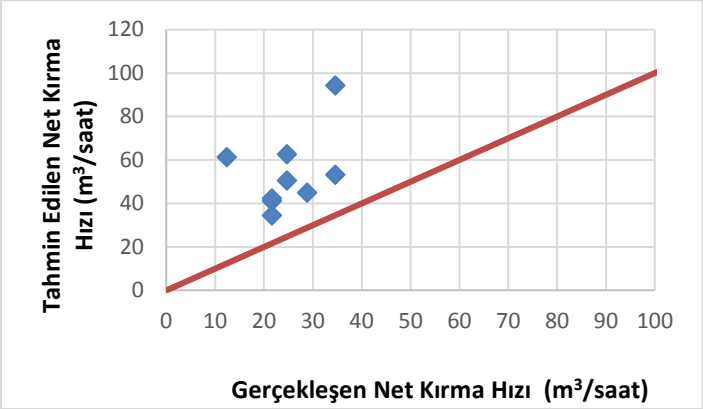
7 SONUÇLAR

Yapılan hesaplamalar sonucu tünel metrajına göre net kazı hızları Şekil 7.1'de gösterilmiştir.



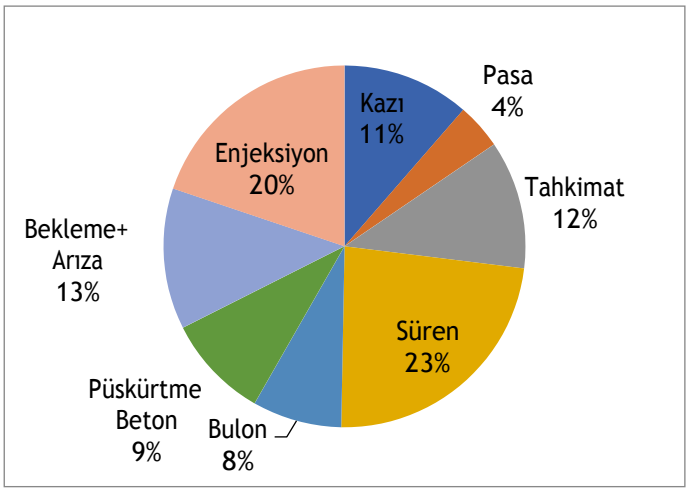
Şekil 7.1 Tünel Metrajına Göre Net Kırma Hızları

Edinilen net kazı hızı verileri ile Sumitomo SH130-6 hidrolik kırıcısının gerçekleştirdiği kazı hızı miktarı kıyaslaması Şekil 7.2'deki gibidir.



Şekil 7.2 Gerçekleşen Net Kazı Hızları ile Tahmin Edilen Net Kırma Hızları Arasındaki İlişki

9 günlük vardiya bilgilerinden yola çıkılarak ortalama bir iş-zaman etüdü şekildeki gibidir.



Şekil 7.3 Ortalama İş-Zaman Dağılımı

Yapılan çalışmalar şunu göstermektedir ki kaya dayanımı ve kalitesi yüksek olan formasyonlarda hidrolik kırıcının performansı düşmekte ve verimi azalmaktadır. Performansı arttırmak için ise kırma gücü daha yüksek bir hidrolik kırıcı seçilmelidir. İnceleme yapılan yerde daha güçlü bir hidrolik kırıcının seçilmesi tünel ilerlemesini hızlandıracağını göstermiştir. Bunun dışında iş- zaman dağılımı incelenmiş ve makina arızaları günlük ilerlemeleri çok etkilediği görülmüştür.

KAYNAKÇA

Okyay, V., 2015, *Yeni Avusturya Tünel Metodu (NATM), Tünel Teknolojisi Dergisi,* Mayıs sayısı

Sonuç, M., Giray, G., Atik, İ. ve Küçük, S., 1994, *İstanbul Metrosunda uygulanan yapım çalışmaları, Ulaşımda Yeraltı Kazıları 1. Sempozyumu*, İstanbul: 93-104.

Polat, F., 2015, *Kabataş Kuyruk Tüneli Şaftı Kesin Proje Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu, Alsim Alarko Sanayi Tesisleri ve Ticaret A.Ş. Kabataş Mecidiyeköy Mahmutbey Metro Müessesi*, İstanbul

Bienawski, Z T., 1989, *Engineering rock mass classifications.* New York: Wiley.

Bilgin, N., 1989, *İnşaat ve Maden Mühendisleri İçin Uygulamalı Kazı Mekaniği*, Birsen Yayınevi, İstanbul

Yardımlı Kesme Koşullarında Minyatür Konik Keski Performans Analizi

Miniature Conical Cutter Performance Analysis under Relieved Cutting Conditions

Yusuf Türkmen, Deniz Tumaç, Aydın Shaterpour-Mamaghani, Emre Çetin
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada, minyatür konik keski performansının incelenmesi amacı ile doğrusal kaya kesme deneyleri yapılmıştır. Deneyler, taşınabilir doğrusal kazı setinde (PLCM) yardımlı kesme koşulları altında iki farklı numune ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler keskiler arası mesafenin kesme derinliğine oranı (s/d) değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Hata payını düşürmek için, iki numunede de her bir s/d oranı için birden fazla kesme deneyi yapılmıştır. Aynı s/d oranında keskiye etki eden kuvvet değerlerinin ortalamaları hesaplanmıştır. Bu değerler tablolar halinde verilmiş ve s/d oranı ile değişimi grafikler ile gösterilmiştir. Keskiye etki eden kuvvetlerden ortalama kesme kuvveti (FC), spesifik enerji (SE) hesaplamasında kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucu belirlenen spesifik enerji değerleri tablolar ve grafiklerle sunulmuştur.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre keskiye etki eden kuvvetlerin s/d oranı arttıkça arttığı, spesifik enerjinin ise optimum s/d oranında minimum değere sahip olduğu görülmüştür. Sonuçlar incelenmiş ve literatür ile karşılaştırılmıştır. Keskiye etki eden kuvvetlerin ve spesifik enerjinin s/d oranına bağlı değişimine ait sonuçların ve grafiklerin literatür ile örtüştüğü görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Mekanize kazı, Yardımlı kesme, Konik keski, PLCM

ABSTRACT In this study, linear rock cutting experiments were performed with the aim of examining the miniature conical cutter performance. The experiments were performed using portable linear cutting machine (PLCM) on two different samples under relieved cutting conditions. Experiments were carried out by varying the ratio (s/d) of spacing to the depth of cut. In order to reduce the error margin, more than one cutting was made at each s/d ratio in both samples. The average force values at the same s/d ratio were calculated. These values were given in tables and the change in s/d ratio was indicated by graphs. The mean cutting force (FC) was used in the calculation of the specific energy. Another parameter required for the specific energy calculation is the muck volume in unit cutting length. It can be calculated by weighing the mucks obtained in the cutting line and measuring the length of the cutting line. The specific energy values determined as the result of the calculations were presented in tables and graphs.

According to the results obtained in this study, it was observed that the forces acting on the cutter increased as the s/d ratio increased and the specific energy had the minimum value of the optimum s/d ratio. The obtained results and graphics were examined and compared with the literature. This study indicates that the forces acting on a miniature tool and specific energy changes at optimum s/d ratio overlap with the literature.
Keywords: Mechanized excavation, Relieved cutting, Conical cutter, PLCM

1 GİRİŞ

Bu çalışma, minyatür konik keskilerin performanslarının incelenmesi amacıyla, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü İleri Kazı Teknolojileri Laboratuvarı'nda Şubat – Mayıs 2018 tarihleri arasında yapılmıştır.

Çalışma esnasında gerçekleştirilen deneyler PLCM'de uç açısı 85° olan minyatür konik keskiler kullanılarak yardımlı kesme koşullarına göre yapılmıştır. Deney verileri, PLCM'nin bağlı olduğu bir veri toplama sistemi ve bir bilgisayar aracılığıyla toplanmıştır.

Minyatür konik keskilerin performansının analiz edilebilmesi için, tek eksenli basınç dayanımları (UCS) 52,6 ve 293,3 MPa olan iki kaya numunesi ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Kaya kesme deneylerinden sonra keski performansı, keskiler arası mesafenin kesme derinliğine oranı göz önüne alınarak, keskiye etki eden kuvvetler ve spesifik enerjiye göre değerlendirilmiştir.

Minyatür konik keski için kaya kesme deneylerinin verileri tablo haline getirilmiş ve bu verilerden grafikler elde edilmiştir. Yapılan kesme deneyinin sonuçları literatürde yer alan yaklaşımlar ve grafikler ile kıyaslanmış ve örtüşen sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

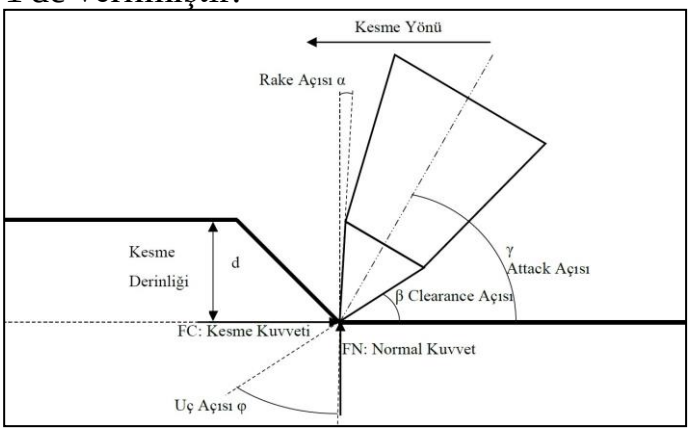
2 LİTERATÜR

Keskiler, makinelerin enerjisini toprağa aktaran temel elemanlar olmaları ve zemini kırmak için gerekli mekanik gerilmeleri üretmeleri nedeniyle mekanize kazıda çok önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle, herhangi bir mekanize kazı ekipmanı için uygun keski seçimi ve tasarımı, kazının ekonomik başarısı açısından çok önemlidir (Bilgin ve diğ., 2014).

Keski uçları, kazı yöntemine göre sürükleme, dönme ve darbe olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Bu gruplarda yer alan uçlar ile kayanın UCS değeri ve aşındırıcılığına göre belirli uygulama limitleri mevcuttur (Çopur ve diğ., 2012).

2.1 Konik Keskilerin Kesme Kuvveti

Konik keskilerde tasarım parametreleri rake açısı, uç açısı, clearance açısı ve attack açısıdır. Keskiye etkiyen kuvvetler ise normal kuvvet, kesme kuvveti ve yanal kuvvetlerdir. Bu açılar ve kuvvetler Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Konik keskiye etkiyen kuvvetler ve açılar

Kesme işlemindeki kuvvetleri tahmin etmek amacıyla geliştirilmiş üç önemli teorik model vardır. Bu modeller Evans (1984), Göktan (1997) ile Roxborough ve Liu (1995) modelleridir.

2.1.1 Konik keskilerin kesme kuvvetine etki eden parametreler

2.1.1.1 Uç çapı

Liu ve diğ. (2009), karbür uç çapının kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi üzerine bir araştırma yapmışlardır. İsmi Test Yatağında Kömür ve Kaya Kesici (CTCR) olan bir cihaz ile 84 mm uzunluğa, 75°'lik konik uç açısına, 8, 10 ve 12 mm uç çapına sahip üç adet karbür uç kullanmışlardır. Karbür ucun çapının artması, uca etkiyen kuvvetin artmasına neden olmuştur.

2.1.1.2 Skew ve attack açıları

Hurt ve Evans'ın Grindleford kumtaşı üzerinde gerçekleştirdikleri kesme kuvvetleri için skew ve attack açılarının etkisi araştırmasında, kesme derinliği (d) 20 mm, keskiler arası mesafe (s) 40 mm iken skew açısı sıfırdan 5°'ye arttırılmış, attack açısı 40°'den 60°'ye değiştirilmiştir. Attack açısı

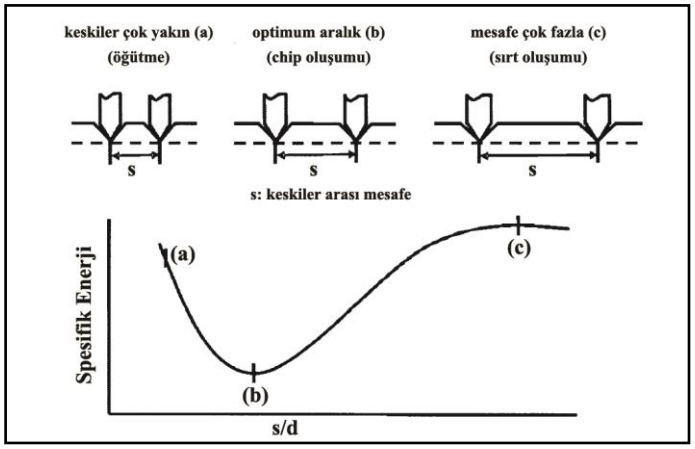
45° iken skew açısının 30°'ye kadar artmasının kesme kuvvetleri üzerinde net bir etkisi olmadığı sonucuna varmışlardır. Artan attack açısının, rake açısında azalmaya neden olacağı ve doğal olarak clearance açısını arttıracağı görülmüştür. Ayrıca, skew açısının sıfır olduğunda, 40° ile 50° arasındaki attack açılarının kuvvetleri azalttığını, ancak 50° ile 60° arasındaki attack açılarının tam tersi sonuca neden olduğunu göstermişlerdir. Point atak uçların kesme işleminin iki fonksiyonu olduğunu, bunlardan ilkinin kayayı keski ucunun önünden kırma, ikincisinin ise kalan malzeme boyunca yolu temizleme (profiling) olduğunu belirtmişlerdir.

2.2 Spesifik Enerji

Spesifik enerji, birim hacimdeki kayaçların kazılması için gereken enerji olarak tanımlanabilir. Birimi kWh/m^3 veya MJ/m^3'tür. Ortalama kesme kuvveti ve kesme sonucu her bir kilometrede çıkan pasa miktarı ile hesaplanır. Spesifik enerji, mekanize kazı makinelerinde verimli bir kesme için kilit role sahiptir.

2.2.1 Optimum spesifik enerji

Keskiler arası mesafenin (s) kesme derinliğine (d) oranına (s/d) ait, en düşük spesifik enerjiyi veren optimum bir değer mevcuttur. Şekil 2'de s/d oranının spesifik enerji üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 2. s/d Oranı ve Spesifik Enerjiye Etkisi (Balcı ve diğ., 2004)

Mesafe çok yakın olduğunda iki keski arasında öğütme meydana gelir. Aralığın optimum değere sahip olması durumunda chip oluşur. Mesafe fazla olduğunda ise söküm gerçekleşmez. Ayrıca Bilgin ve diğ. (2006), konik keskiler için keskiler arası mesafenin kesme derinliğine oranının optimum değerinin 1 ile 5 arasında olduğunu belirtmişlerdir.

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Numuneler

Bu çalışmada Finike Limra ve Sandıklı Siyah kireçtaşı numuneleri kullanılmıştır. Kullanılan numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Numune Özellikleri

Özellik	FL	SS
Yoğunluk (g/cm^3)	2,22	2,83
UCS (MPa)	52,6	293,3
BTS (MPa)	4,4	13,0
E_{sta} (GPa)	18,8	44,5
Statik Poisson Oranı	0,26	0,29
P Dalga Hızı (m/sn)	4326	6699
S Dalga Hızı (m/sn)	2626	3823
E_{dyn} (GPa)	37,0	103,8
Dinamik Poisson Oranı	0,21	0,25
Shore Sertliği	27,9	66,3
Schmidt Hammer Sertliği	39,0	73,6
CAI	0,30	1,56

FL: Finike Limra kireçtaşı, SS: Sandıklı Siyah kireçtaşı, UCS: Tek eksenli basınç dayanımı, BTS: Brazilian çekme dayanımı, E_{sta}: Statik elastisite modülü, E_{dyn}: Dinamik elastisite modülü, CAI: Cerchar aşındırıcı indeksi

3.2 Ekipmanlar

Bu çalışma kapsamında kullanılan numunelerin kesme deneyleri, Şekil 3'te görülmekte olan taşınabilir doğrusal kazı setinde (PLCM) minyatür konik keski ile gerçekleştirilmiştir. Bu deney yönteminin ana avantajı, tam boyutlu doğrusal kazı setine göre daha az numune ile çok daha kolay ve hızlı sonuç elde etmektir.

Kesme deneyleri için uç açısı 85° olan minyatür konik keski kullanılmıştır. Keski Şekil 4'te görülmektedir.

Şekil 3. Taşınabilir doğrusal kazı seti (PLCM)

Şekil 4. Minyatür konik keski

3.3 Deney Parametreleri

Finike Limra kireçtaşı numunesi 5 mm, Sandıklı siyah kireçtaşı numunesi 2,5 mm kesme derinliğinde kesilmiştir. Kesme deneylerine başlamadan önce iki numune de keski derinliği 5 mm'ye ayarlanarak trimlenmiştir. Numunelerde öncelikle yardımsız kesme gerçekleştirilmiş daha sonra yardımlı kesmelere başlanmıştır. Yardımlı kesme deneyleri için keskiler arası mesafe değiştirilerek farklı s/d oranlarında kesmeler gerçekleştirilmiştir. Deney programı Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deney Programı

Numune	d (mm)	s (mm)	s/d
		Yardımsız	-
Finike		5	1
Limra	5	10	2
Kireçtaşı		15	3
		20	4
		25	5
		Yardımsız	-
Sandıklı		5	2
Siyah	2,5	10	4
Kireçtaşı		15	6
		20	8

d: Kesme derinliği, s: Keskiler arası mesafe

3.4 Deney Sonuçları

PLCM'de yapılan kesme deneylerinden elde edilen veriler tam boyutlu kesme deney programında analiz edilmiş, keskiye etkiyen maksimum kesme kuvveti, ortalama kesme kuvveti, maksimum normal kuvvet ve ortalama normal kuvvet belirlenmiştir. Kesme esnasında ortaya çıkan ve hassas tartı ile tartılan pasaların kütlesi, kayacın yoğunluğuna bölünerek pasanın hacmi elde edilmiştir. Pasa hacmi, kesme hattının uzunluğu ve ortalama kesme kuvveti verileri kullanılarak spesifik enerji hesaplanmıştır.

Finike Limra kireçtaşı numunesine ait kesme kuvveti ve spesifik enerji değerleri Çizelge 3'te, Sandıklı Siyah kireçtaşı numunesine ait kesme kuvveti ve spesifik enerji değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Finike Limra Kireçtaşı Kesme Kuvvetleri ve Spesifik Enerji Değerleri

d	s/d	F'C	FC	F'N	FN	SE
5	1	0,20	0,08	0,78	0,09	3,71
5	2	1,62	0,41	1,93	0,51	6,91
5	3	2,72	0,66	3,48	0,72	10,48
5	4	5,51	1,93	6,56	2,44	26,82
5	5	4,63	1,99	5,73	2,10	27,86

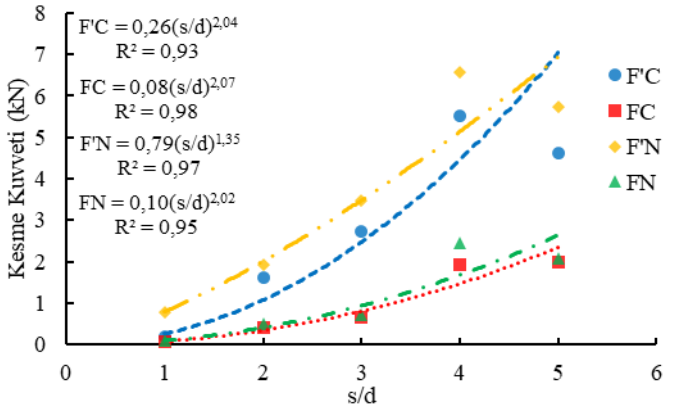
d: Kesme derinliği (mm), F'C: Maksimum kesme kuvveti (kN), FC: Ortalama kesme kuvveti (kN), F'N: Maksimum normal kuvvet (kN), FN: Ortalama normal kuvvet (kN), SE: Spesifik enerji (MJ/m^3)

Çizelge 4. Sandıklı Siyah Kireçtaşı Kesme Kuvvetleri ve Spesifik Enerji Değerleri

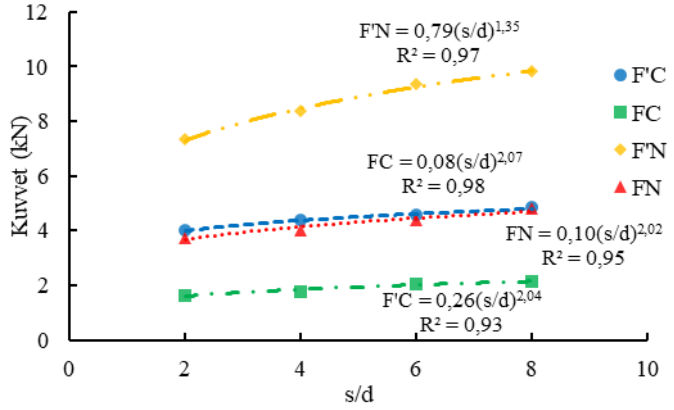
d	s/d	F'C	FC	F'N	FN	SE
2,5	2	3,99	1,63	7,32	3,73	361,15
2,5	4	4,37	1,77	8,35	4,03	274,10
2,5	6	4,57	2,06	9,35	4,41	404,06
2,5	8	4,84	2,16	9,83	4,81	683,06

d: Kesme derinliği (mm), F'C: Maksimum kesme kuvveti (kN), FC: Ortalama kesme kuvveti (kN), F'N: Maksimum normal kuvvet (kN), FN: Ortalama normal kuvvet (kN), SE: Spesifik enerji (MJ/m^3)

Bu çizelgelerdeki kuvvet değerleri kullanılarak, Finike Limra kireçtaşı numunesine ait kesme kuvvetleri ile s/d oranının ilişkisini gösteren grafik Şekil 5'te, Sandıklı Siyah kireçtaşı numunesine ait kesme kuvvetleri ile s/d oranının ilişkisini gösteren grafik Şekil 6'da verilmiştir.



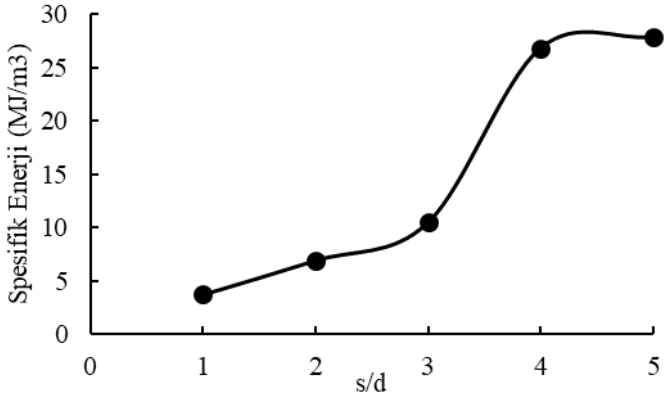
Şekil 5. Finike Limra Kireçtaşı Kesme Kuvvetleri – s/d Grafiği



Şekil 6. Sandıklı Siyah Kireçtaşı Kesme Kuvvetleri – s/d Grafiği

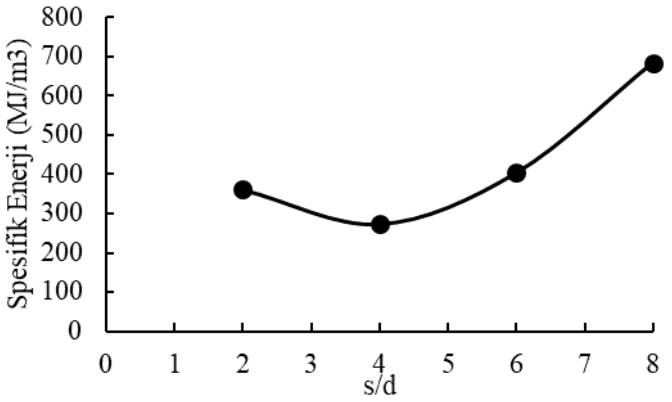
Verilen grafiklerde s/d oranı arttıkça keskiye etkiyen kuvvetlerin arttığı görülmektedir. Kesme derinliği sabit iken keskiler arası mesafe arttırıldığında, keski iki kesme hattı arasında chip oluşturmakta zorlanmakta ve keskiye etkiyen kuvvetler artmaktadır.

Finike Limra kireçtaşı numunesine ait spesifik enerjinin s/d oranına bağlı değişimini gösteren grafik Şekil 7'de, Sandıklı Siyah kireçtaşı numunesine ait spesifik enerjinin s/d oranına bağlı değişimini gösteren grafik Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Finike Limra Kireçtaşı Spesifik Enerji – s/d Grafiği

Finike Limra kireçtaşı ile yapılan deneyler sonucunda ortaya çıkan spesifik enerji – s/d grafiğine bakıldığında, s/d oranı 1 iken spesifik enerji en düşük değerini almaktadır. Şekil 2'de gösterilen karakteristik grafik ile kıyaslandığında, Finike Limra kireçtaşı için optimum s/d oranının da 1 olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 8. Sandıklı Siyah Kireçtaşı Spesifik Enerji – s/d Grafiği

Sandıklı Siyah kireçtaşı ile yapılan deneyler sonucunda ortaya çıkan spesifik enerji – s/d grafiği, Şekil 2'de verilen spesifik enerji – s/d karakteristik grafiği ile örtüşmektedir. Bu sebeple Sandıklı Siyah kireçtaşı için optimum s/d oranının 4 olduğu görülmektedir.

4 SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, minyatür konik keskilerin performansının incelenmesi amacıyla PLCM'de yardımsız kesme koşullarına göre Finike Limra kireçtaşı ve Sandıklı Siyah kireçtaşı numuneleri ile doğrusal kaya kesme deneyleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Finike Limra kireçtaşı için en düşük F'C değerinin 0,20 kN, en yüksek F'C değerinin 5,51 kN; en düşük FC değerinin 0,08 kN, en yüksek FC değerinin 1,99 kN; en düşük F'N değerinin 0,78 kN, en yüksek F'N değerinin 6,56 kN ve en düşük FN değerinin 0,09 kN, en yüksek FN değerinin 2,44 kN olduğu görülmüştür. Keskiye etki eden kuvvetler en düşük değerini s/d oranı 1 iken almıştır. Ancak en yüksek değerlere bakıldığında F'C, F'N ve FN kuvvetleri en yüksek değerini s/d oranı 4 iken, FC ise s/d oranı 5 iken almıştır.

Sandıklı siyah kireçtaşı için en düşük F'C değerinin 3,99 kN, en yüksek F'C değerinin 4,84 kN; en düşük FC değerinin 1,63 kN, en yüksek FC değerinin 2,16 kN; en düşük F'N değerinin 7,32 kN, en yüksek F'N değerinin 9,83 kN ve en düşük FN değerinin 3,73 kN, en yüksek FN değerinin 4,81 kN olduğu görülmüştür. Keskiye etki eden kuvvetler en düşük değerlerini s/d oranı 2 olduğunda, en yüksek değerlerini de s/d oranı 8 olduğunda almışlardır.

Finike Limra kireçtaşı deney sonuçlarına bakıldığında, yardımlı kesme koşullarında optimum spesifik enerji değerinin, s/d oranı 1 iken 3,71 MJ/m^3 olduğu görülmektedir.

Sandıklı siyah kireçtaşına ait spesifik enerji grafiği literatür ile tamamen örtüşmektedir. Sandıklı siyah kireçtaşının optimum spesifik enerji değeri, s/d oranı 4 iken 274,10 MJ/m^3'tür.

Deneylerin gerçekleştirildiği iki numune karşılaştırıldığında, kayaçların basınç dayanımı arttığında keskiye etki eden F'C, FC, F'N ve FN kuvvetleri ile spesifik enerji değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Balcı, C., Demircin, M. A., Çopur, H. ve Tunçdemir, H., 2004. Estimation of optimum specific energy based on rock properties for assessment of roadheader performance, *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, s. 633-642

Bilgin, N., Demircin, M.A., Çopur, H., Balcı, C., Tunçdemir, H. ve Akcin, N., 2006. Dominant rock properties affecting the performance of conical picks and the comparison of some experimental and theoretical results, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 43,* s. 139-156

Bilgin, N., Çopur, H. ve Balcı, C., 2014. Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries, CRC Press, Boca Raton, 388 s.

Çopur, H., Balcı, C., Bilgin, N., Tumaç, D. ve Avunduk, E., 2012. Predicting cutting performance of chisel tools by using physical and mechanical properties of natural stones, *European Rock Mechanics Symposium (Eurock 2012, ISRM International Symposium),* s. 14, Stockholm.

Evans, I., 1984. A theory of the cutting force for point attack picks, *International Journal of Mining Engineering,* s. 63-71.

Göktan, R.M., 1997. A suggested improvement on Evans cutting theory for conical bits. *Proceedings of the fourth international symposium on mine mechanization and automation,* s. 457-461, Brisbane.

Hurt, K.G. ve Evans, I., 1980. A laboratory study of rock cutting using point attack tools, *21st U.S. Symposium on Rock Mechanics,* Austin.

Liu, S., Du, C. ve Cui, X., 2009. Research on the cutting force of a pick, *Mining Science and Technology, 19,* s. 514–517

Roxborough, F.F. ve Liu, Z.C., 1995. Theoretical considerations on pick shape in rock and coal cutting. *Proceedings of the sixth underground operator's conference,* s. 189-193, Kalgoorlie.

Eti Bakır A.Ş Küre Yeraltı Bakır Madeni İşletmesi Delme Ve Patlatma Faaliyetlerinin Değerlendirilmesi

Evaluation of Drill&Blasting Operations In The Eti Bakır A.Ş Küre Underground Mining

A.Gümüş, T. Hüdaverdi
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu bildiride öncelikle Eti Bakır A.Ş Küre yeraltı bakır işletmesi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışma sahasının jeolojik ve coğrafik özelliklerinden bahsedilmiştir. Yeraltı madeninde çıkan minerallerin mineralojik özellikleri verilmiştir. Üretim yöntemi açıklanmıştır. Daha sonra Küre Bakibaba Ocağı'nda gerçekleştirilmekte olan delme faaliyetlerinden bahsedilmiş, delici ekipmanlar hakkında bilgiler verilmiştir. Delme işlemlerine ait delme ve patlatma paternleri detaylıca açıklanmıştır. İşletmenin patlatma faaliyetleri incelenmiştir. Patlatmada operasyonunda ise kullanılan patlayıcı malzemeler hakkında bilgiler verilmiş, patlatma tasarım parametreleri hesaplanmıştır. İşletmenin patlatma maliyetleri hesaplanmıştır. Son olarak patlatmanın çevreye olan etkilerinden ve alınacak önlemlerden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Delme, Patlatma, Patlatma Dizaynı

ABSTRACT Firstly general information about Eti Bakır A.Ş was given in this thesis. Geological and geographical features of the study area were examined. Specifications of thee minerals which are taken from the mine were given. Production methods of the mine were mentioned. In the second stage, the drilling activities in Küre Bakibaba mine were examined and information about drilling equipment was presented. Patterns of the drilling and blasting operations were mentioned in detail. In the blasting operation, information was given about the used explosive materials, the blast design parameters were calculated. Costs of the blasting operations of the mine were calculated. Finally, the environmental adverse effects of blasting operation and the precautions to be taken were mentioned.

Keywords: Drilling, Blasting, Blast Design

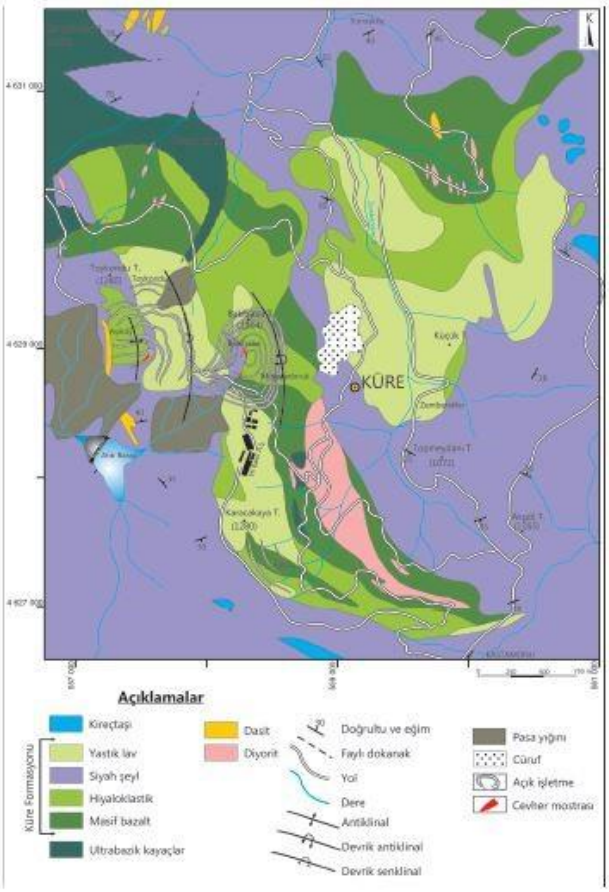
1 GİRİŞ

Yeraltı metal işletmelerinde delme ve patlatma maden üretiminde önemli roller oynamaktadır. Delme ve patlatma faaliyetleri incelendiğinde ve diğer maden üretim yöntemleri ile kıyaslandığında önemi daha da ortaya çıkmaktadır. Bu tezde ise Eti Bakır A.Ş'ye ait Küre Yeraltı Bakır İşletmesi'nin delme ve patlatma faaliyetleri detaylıca incelenmiştir. Türkiye'nin önemli bakır işletmelerinden biri olan, Cengiz Holding'e ait Eti Küre Bakır İşletmeleri, ülkemizin kuzeyinde Karadeniz Bölgesinin batı kısmında bulunan Kastamonu ilinin Bakibaba köyü, Aşıköy mevkiinde bulunmaktadır. Eti Küre Bakır işletmesi kuzeyde bulunan İnebolu ilçesine 30km,

güneyde bulunan Kastamonu merkeze 60 km, Ankaraya 400 km uzaklıktadır.(Şekil 1)

Şekil 1 Kastamonu Küre Konumu[1]

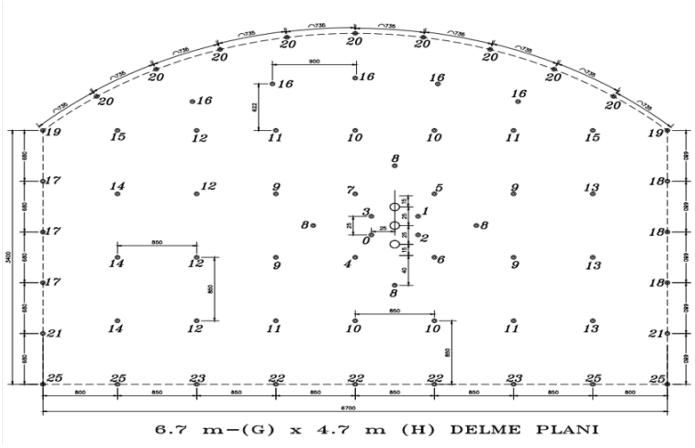
Küre bakır yatakları olarak bilinen ve başlıca pirit kalkopiritten oluşan massif ve ağsal-saçınımlı sülfid yatakları, Küre ilçe merkezinin batısında yer alır ve kuzeyden güneye doğru; Toykondu, Aşiköy, Bakibaba ve Kızılsu olarak sıralanırlar. Bakibaba yer altı ocağının ortalama %3 jeolojik tenörle 25.500.000 ton rezervi bulunmaktadır. 2013 de yapımına başlanan ihraç kuyusunun 2017 de tamamen kullanıma geçmesi ile 2018 de günlük ortalama 3750 ton cevher çıkartılıyor. Şu an üretilen bakır Türkiyedeki bakır ihtiyacının %10 unu karşılanmaktadır. Bakibabada kuzey ve güney olmak üzere 2 ayrı cevher kütlesi bulunmaktadır. Bu cevher kütleleri K15°-25°D yönlü ve 60°-80° ile GD'ya eğimlidirler. Küre bakır yataklarındaki cevherleşmenin hidrotermal kökenli olduğunu ve metasomatik süreçlerden oluştuğu belirlenmiştir. Yatakları bazaltik volkanizmaya bağlı, deniz tabanı ürünü olarak yorumlanmıştır ve bu oluşum Kıbrıs tipi massif sülfit yataklanması olarak adlandırılır. Küre yataklarındaki cevherleşme Bazalt-Siyah şeyl birimleriyle yakından ilişkilidir.



Şekil 2 Küre Bakır Jeoloji Haritası[2]

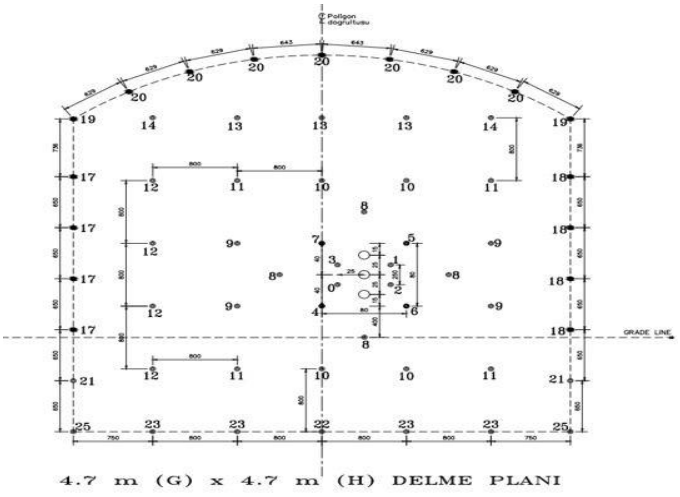
2 DELME İŞLEMLERİ

Delme işlemleri Küre Bakır yeraltı madeninde hazırlık ve üretim kısımlarında ayrı ayrı uygulanmaktadır. Delme işlemleri işletmede ayna ve katlar arası olmak üzere iki farklı uygulama ile yapılmaktadır. Ayne delme işlemleri ise hem cevher hem de pasa aynasında farklı olarak uygulanmakadır. Cevher aynası 4,7 m x 6,7 m boyutlardadır ve toplam delik sayısı 69+3 olarak delinmektedir. 69 tanesi üretim deliği, 3 tanesi ise genişletme olarak isimlendirilen ve patlatma etkinliğini arttıran boş deliklerdir. Şekil 3'te cevher aynasına ait patern görülebilir. Bu paternde aynı zamanda deliklerin patlama numaraları da görülebilmektedir.



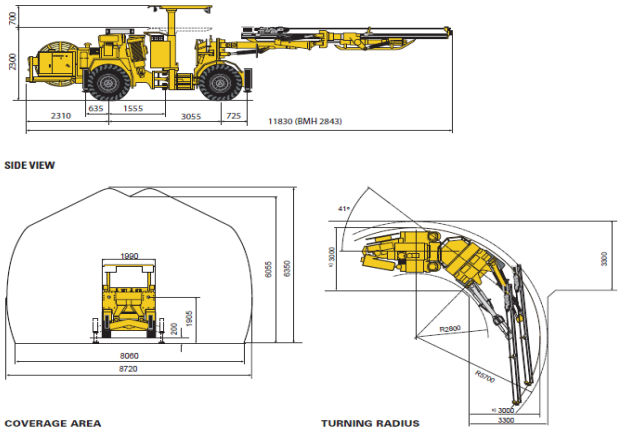
Şekil 3 Cevher Aynası Delme Paterni

Pasa aynasında ise 4,7 m x 4,7 m boyutlarda olmak üzere 59+3 adet delik delinmektedir. Bu paternde de 59 adet üretim, 3 adet ise genişletme deliği mevcuttur. Şekil 4'te pasa aynasına ait patern görülebilmektedir.



Şekil 4 Pasa Aynası Delme Paterni

Delme işlemlerinde Atlas Copco 282 Boomer marka delici ekipman kullanılmaktadır. bu ekipmana ait ölçüler şekil 5'te görülebilir.



Şekil 5 Atlas Copco Boomer 282 Ölçüleri[3]

2.1 Ayna Delme İşlemleri Kronometraj Yöntemi

Ayna delme faaliyetlerine dair 2 sefer olmak üzere 30 adet delik delinmesi esnasında süreler tutulmuştur. 610 K4 aynası ve 630 G8 aynasına ait süreler Çizelge 1 ve Çizelge 2'de görülebilmektedir.

Çizelge 1 610 K4 Aynası Süreler

Delik No	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)	Delik No	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)
1	180	45	16	186	36
2	137	32	17	130	45
3	170	21	18	155	49
4	112	26	19	151	57
5	98	27	20	226	36
6	115	19	21	184	26
7	125	22	22	395	24
8	118	32	23	113	18
9	223	45	24	113	32
10	156	56	25	118	27
11	122	33	26	205	33
12	123	29	27	138	192(bit değişimi)
13	119	27	28(genişletme)	301	45
14	155	19	29(genişletme)	280	23
15	180	17	30(genişletme)	205	27

Ayna delikleri 4 metre olacak şekilde doldurulmaktadır. 1,3 metresi sıkılama, 2,7 metre ise patlayıcı ile doldurulmaktadır.(Şekil 6).

Şekil 6 Ayna Şarjı Şematik Gösterimi

Çizelge 2 630 G8 Aynası Süreler

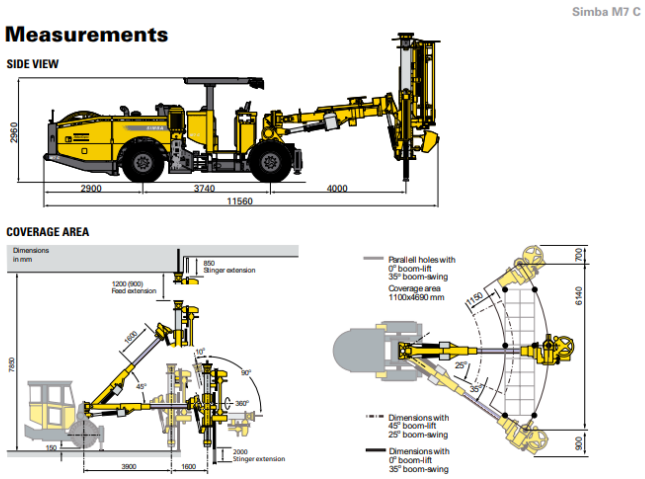
Delik No	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)	Delik No	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)
1	206	17	16	168	15
2	192	12	17	155	18
3	122	26	18	133	9
4	147	32	19	118	17
5	172	15	20	156	26
6	129	20	21	184	35
7	175	39	22	167	25
8	188	42	23	129	36
9	113	25	24	209	29
10	126	23	25	247	32
11	112	19	26	174	35
12	103	42	27	203	205(bit değişimi)
13	111	36	28(genişletme)	301	42
14	110	30	29(genişletme)	304	18
15	186	27	30(genişletme)	292	34

Sonuç olarak;

- 610 K4 aynasında bir üretim deliğinin ortalama delinme süresi **157 saniye** olarak ölçülmüştür.
- 610 K4 aynasında genişletmeler ise **262 saniye** olarak ölçülmüştür.
- 630 G8 aynasında bir üretim deliği ortalama delinme süresi **151 saniye** olarak ölçülmüştür.
- 630 G8 aynasında genişletmeler ise **299 saniye** olarak ölçülmüştür.

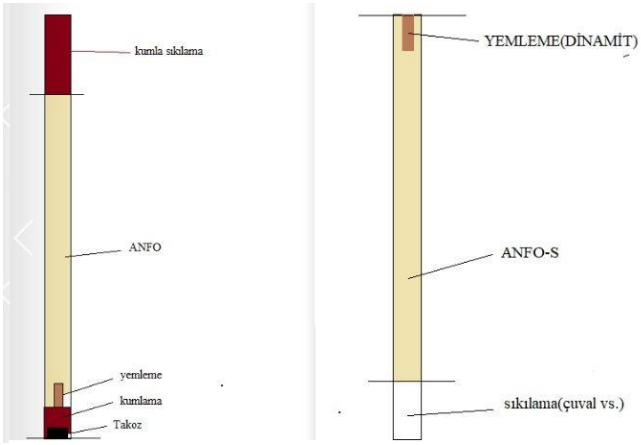
3 Katlar arası Delme ve Patlatma Uygulamaları

Katlar arası delme ve patlatma asıl cevher üretiminin yapıldığı operasyonlardır. Katlar arası mesafe 12-15 metre olarak ayarlanmakta ve 2 sefer atım yapılarak bir kat sırası patlatma işlemi gerçekleştirilmektedir. Katlar arası delme işletmede Atlas Copco M7C(Şekil 6) ve Atlas Copco ME7 isimli delici ekipman ile yapılmaktadır. Üretim delikleri 76 ve 89 mm'lik delici uçlar, genişletme delikleri ise 152 mm'lik uçlar ile yapılmaktadır.



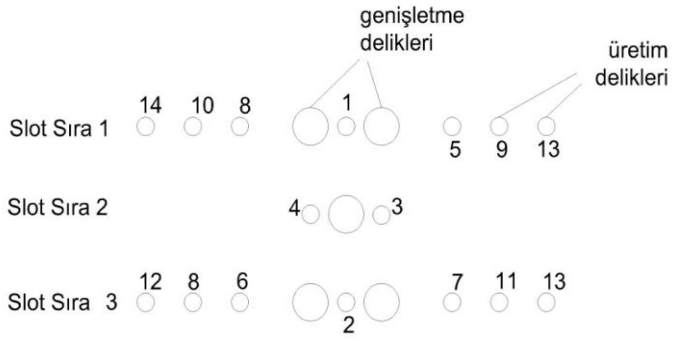
Şekil 7 Atlas Copco M7C[3]

Katlar arası patlayıcı şarjları da düz ve ters olmak üzere 2 farklı şekilde yapılmaktadır. Genellikle düz dolum yapılsa da kör stoplarda ise ters dolum işlemleri yapılmaktadır(şekil 7).



Şekil 8 Düz ve Ters Dolum

Katlar arası slot ve sıra olmak üzere iki farklı uygulama yapılmaktadır. Slota ait pattern şekil 8'de görülebilir.



Şekil 9 Slot Sıraları Paterni

3.1 Katlar Arası Delme İşlemleri Kronometraj Yöntemi

Katlar arası delme işlemlerinde kronometraj yöntemi ile süre tutulmuştur. Bu süreler sonucunda bir deliğe ait ortalama delme süresi 7,47 dakika olarak hesaplanmıştır(Çizelge 3).

Çizelge 3 Katlar Arası Kronometraj

	1. delik(5,13m)		2. delik(6,62m)		3. delik(7,22m)		4. delik(8,04m)		5. delik(6,79m)	
tij no	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)
1	79	16	73	23	103	20	70	15	90	26
2	258	25	105	22	64	21	93	32	120	25
3	183	27	87	22	71	23	163	19	137	22
4	110		62		84	22	80	23		
5					27		55			
toplam	630	68	327	67	349	86	461	89	347	73

	6. delik(5,84 m)		7. delik(6,57 m)		8. delik(4,74 m)		9. delik(6,06 m)		10. delik(6,66 m)	
tij no	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)	delme süresi(sn)	manevra süresi(sn)
1	100	19	118	22	123	18	108	18	99	18
2	104	18	76	22	174	27	59	21	88	22
3	183	22	155	25	126		66	32	281	18
4	82		189				36		120	
toplam	469	59	538	69	450	45	324	71	588	58

4 Patlatma Faaliyetleri

İşletmede patlatma faaliyetleri vardiya sonlarında olmak üzere günde 3 defa yapılmaktadır. İşletmede kullanılan patlayıcılar;

- ANFO ve ANFO-S
- Kartuş patlayıcılar(dinamit)
- Kapeksdet Elektriksiz Kapsül
- İnfilaklı Fitil, Kontur patlayıcı

4.1 Patlayıcı Maliyet Hesabı

Her patlayıcıya ait birim maliyetler dikkate alınarak yapılan maliyet hesaplamalarında;

- **275,34 $** bir pasa aynası maliyeti
- **338,99 $** bir cevher aynası maliyeti
- **658,6 $** bir slot patlatması maliyeti

hesaplanmıştır.

4.2 Çevresel Etkiler

Küre yerleşimini maden yakınlığı sebebi ile işletmede ABEM marka cihaz ile sarsıntı ölçümü yapılmaktadır. Bu ölçümler sonucu 5,5-6 mm/s ortalama sarsıntı hızı ölçülmüştür. Bu sarsıntı hızlarının yerleşim yerine etkisi yok denecek kadar azdır.

5 Sonuçlar ve Öneriler

İşletmede delme ve patlatma faaliyetleri ile üretim sebebi ile bu işlemlerin analizi işletmenin verimli çalışabilmesi için yüksek öneme sahiptir. Bu tezde de delme ve patlatma faaliyetlerinin analizi yapılmıştır. Patlayıcı maddeler tanımlanmış ve patlatma işlemlerine ait maliyet hesabı yapılmıştır.

KAYNAKÇA

[1] http://etibakir.com.tr/hakkimizda/

[2] Altun Yılmaz, YILMAZ Hüseyin, ŞİNER İlyas ve YAZAR Fatih, Okyanus. Ortası Sırtlarda Oluşan Masif Sülfid Yataklarinin Sırları Ve Küre-Mağaradoruk Bakır Yatağı, **Maden Tetkik ve Arama Dergisi,** S:150 (2015), s.51-65.

[3] Atlas Copco, (n.d.).Atlas Copco Makinaları İmalat A.Ş. : https://www.atlascopco.com/tr-tr/mrba/products/drillrigs/surfacedrillrigs/flexiroct4

Bigadiç Bor İşletmeleri Simav Açık Ocağı Şev Stabilite Araştırmalarının Yapılması

Bigadiç Boron Co. Simav Open Pit Mine Investigations of Slope Stability

A.Ersöz, C. Erdoğan, C. A. Öztürk
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET
Tez kapsamında ETİ Maden İşletmelerine bağlı Bigadiç Bor İşletmelerinin faaliyet gösterdiği Simav Açık Ocağında Şev stabilite araştırmaları yapılmıştır. Bu tezde işletme hakkında genel bilgiler, sahanın jeolojik ve hidrojeolojik durumları, şev duraylılıkları ve depremsellik değerlendirmelerine yer verilmiş olup sahadaki cevherleşmeler göz önünde bulundurularak birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç dayanımı, içsel sürtünme açısı ve kohezyon gibi parametrelerin değerleri hesaplanmıştır. Şevlerde meydana gelen kaymalar ve analiz yöntemleri hakkında da bilgiler sunulmuştur. Stabilite şartlarına göre ilgili parametreler kullanılarak Slide programında statik ve dinamik koşullara göre analiz yapılmıştır. Bu değerleri sağlayan kesit geometrileri alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Şev stabilitesi, Depremsellik, Cevherleşme.

ABSTRACT
Within the scope of the thesis, slope stability studies were carried out at Simav Open Range where Bigadiç Boron Operations affiliated to ETİ Mine Operations were active. In this thesis, general information about the operation, geological and hydrogeological conditions of the area, slope stability and seismicity evaluations were taken into consideration and unit volume weight, single axial pressure resistance, internal friction angle and cohesion. Information about slides and analysis methods in the slopes was also provided. Static and dynamic conditions were analyzed in Slide program by using related parameters according to stability conditions. The section geometries providing these values were taken and evaluations were made.
Keywords: Slope stability, Seismicity, Mineralisation.

1 MADEN ÖZELLİKLERİ

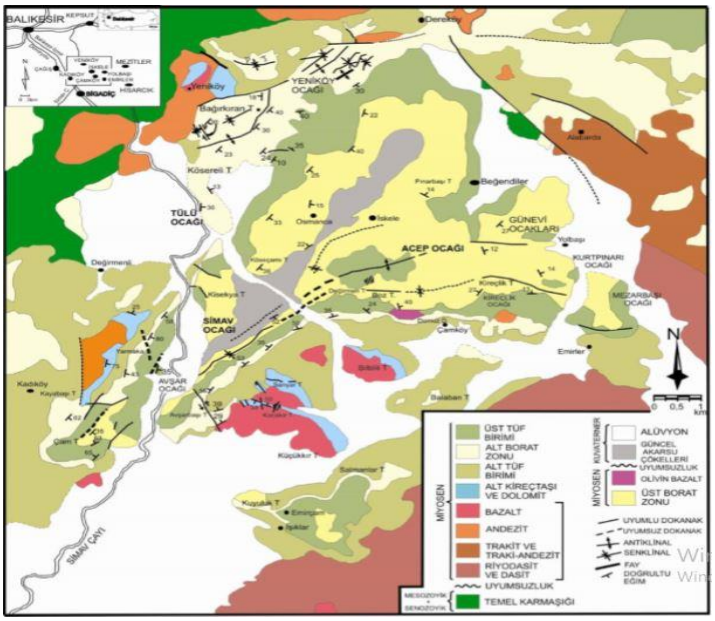
1.1 Bigadiç Bor İşletmelerinin Coğrafi Konumu

Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü Balıkesir İline bağlı Bigadiç ilçesinin 12 km kuzey doğusunda, Osmanca köyü mevkiinde kurulmuştur. İdari tesisler ve konsantratör tesiside burada yer almakta olup tüvenan cevher üretim yerlerinin İşletme Müdürlüğü'ne uzaklıkları Simav Açık Ocağı 2.5 km, Acep Açık İşletmesi 3 km, Tülü Açık İşletmesi 1 km, Kırma Öğütme Tesisi ise 2 kilometredir. Bigadiç ilçesi 141 rakımlı olup nüfusu yaklaşık 16.000 olup, burada bulunan Sosyal tesislerden işletmede çalışmakta olan memur ve işçi personeller faydalanabilmektedir.

Şekil 1. Yerbulduru Haritası

1.2. Saha Jeolojisi

Bigadiç bor yatakları kuzeydoğu – güneybatı istikametinde uzanan, birbirinden kalın tüf birimiyle ayrılmış iki bölge halinde oluşmuştur. Havza doğu ve batıda yoğun volkanikler, kuzeybatı da taban kompleksleri ile kuşatılmıştır (sınırlanmıştır). Bigadiç volkano sedimanter Neojen sedimanları, yoğun taban birimi katmanlarıyla sınırlanmış birkaç bağımsız veya birbirine bağlı (ilişkili) yataklanmıştır. Bu havzalar aynı zamanda kuzeydoğu-güneybatı istikametinde yayılırlar ve Neojenin ilk devrelerinde oluşmuşlardır.



Şekil 2. Bigadiç Borat yatakları ve çevresinin jeolojik haritası (Helvacı, 1995)

1.3.Simav Açık Ocağının Tanıtılması

İşletme Müdürlüğü faaliyet sahası içindeki Simav bölgesi bor tuzu yatağının açık işletme yöntemiyle üretilebilmesini temin için, 1994 yılında DSİ tarafından " Simav çayının ocak alanı içinde kalan kısmının ıslah edilmesi" projesi çalışmalarına başlanılmış ve 23.07.1998 tarihinde çalışmalar tamamlanarak Simav çayı derivasyon kanalından akıtılmaya başlanılmıştır.

Simav Açık Ocağının faaliyete geçirilebilmesi için inşa edilen Simav derivasyon Kanalı 4.100 m. uzunluğunda olup 12.178.550 ($) bir harcama ile gerçekleştirilmiştir. Nisan 1997 tarihinde proje çalışmaları tamamlanarak "200.000 Ton/yıl kapasiteli Simav açık işletme projesi uygulamaya konulmuştur.14.08.1998 tarihinde müteahhit marifetiyle dekapaj faaliyetlerine başlanılmıştır.

Ocağın işletmeye olan uzaklığı 3,5 km olup, karayolu irtibatı 1 km stabilize bir yol ile sağlanmıştır. Simav Açık Ocağı üst boratlı zonda Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultulu senklinalin kuzey kanadında olup, sahada cevherleşme 4-6 damar halinde bulunmaktadır. Damarların doğrultusu N55E, 200 SE'dir. Ortalama cevher zonu kalınlığı 40 metre, ortalama net cevher kalınlığı 23 metredir.Cevher damarları arasında 3-6 m. kalınlığında kil-kireçtaşı-marn tabakaları mevcuttur.

Şekil 3. Simav Açık İşletmesinin Görünümü.

2.ŞEV STABİLİTESİ

Açık işletmelerde planlama aşamalarında yapılan etütler sonucunda elde edilen veriler şev stabilite analizi açısından oldukça önem taşımaktadır. Açık ocaklarda şev stabilitesini, jeolojik yapısal özellikler, şevin geometrisi, yer altı su durumu, malzeme özellikleri ve uygulanan kazı yöntemleri gibi çeşitli durumlar etkiler. Elde edilen veriler sonucunda çeşitli analizler yapılmaktadır. Çok fazla zaman alan ve işletmeyi ekonomik yönden etkileyen bu analizler, detaylı saha araştırmaları, numune alma ve numunelerin laboratuvarlarda çeşitli testlere tabi tutulup özelliklerinin belirlenmesi ile elde edilmektedir. Dolayısıyla, şev stabilitesine

etkileyen faktörlerin bilinmesi durumunda, işletmenin jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik özellikleri ve plan haritalarından faydalanılarak, muhtemel şev kayma alanları belirlenebilmektedir.

Bu analizler sonucunda işletmeye ekonomik olarak ve zaman açısından fayda sağlamak adına her basamakta değil de şev kaymalarının olduğu noktalarda çalışmalar yapılabilir. Gerekli önlemlerin önceden alınabilmesi için şev stabilitesine etki eden faktörler ocağın planlama aşamasında belirlenebilir. Bunun yanında kazı sırasında açığa çıkabilecek, önceden tespit edilemeyen süreksizliklerde meydana gelebilmektedir. Bu yüzden daha öncesinde önlem alınması gerekmektedir.

2.1.Şev Kaymaları

Bir basamağın stabilitesi kayaç ve toprak ağırlığı, yerel jeolojik koşullar, şev şekli, yer üstü ve yeraltı suyu, kazı tekniği ve basamak yüksekliği gibi birçok faktöre bağlıdır. Açık işletmede meydana getirilen basamaklar, süreksizlikler boyunca meydana gelen şev kaymaları sebebiyle tehlike kaynağı olmaktadır. Şev kaymaları bazen belirgin şekillere sahip olsa da, kayma şekli genellikle karmaşık ve tespiti zor olmaktadır. Gerçek kayma şekli, süreksizliklerin konumuna ve sıklıklarına bağlıdır. Bu yüzden şev stabilitesi analizi yapmak ve kayma şeklinin tespit edilebilmesi için, kaya kütlesinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile yapısal jeolojinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Açık işletmelerde birçok şekilde kayma türü izlenebilmekte olup bunlar düzlemler tarafından sınırları çizilen kaymalar, dairesel kayma ve bu iki türün birlikte olduğu kombine kaymalardır.

3.LABORATUVAR DENEYLERİ VE ANALİZ

Simav açık ocak işletmesinde şev duraylılığı analizlerinde kullanılmak üzere jeomekanik özellikleri açısından farklılıklar sunan Alt tüf, Alt boratlı birim, Zeolitik tüf fasiyesi, İnce taneli tüf fasiyesi, Bor-kireçtaşı-kiltaşı fasiyes topluluğu, Organik malzemeli kiltaşı-kireçtaşı-tüf fasiyes topluluğu ve kumtaşları olmak üzere 7 kaya kütlesinin kaya kütlesi karakterizasyonu yapılmıştır.

Kaya kütlelerinin dayanımlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan ve ayrıntısı bir sonraki bölümde sunulan Hoek ve Brown yenilme ölçütünde kaya malzemesinin dayanımı ölçek parametresi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca şev duraylılığı analizlerinde kullanılan diğer bir fiziksel parametre ise birim hacim ağırlığıdır.

Simav açık ocağındaki duraysızlıkların önemli bir bölümünde süreksizlikler üzerinde de kayma hareketleri gelişmektedir. Bu nedenle, sabunsu, kaygan yüzeyler ile farklı yüzey özelliklerine sahip (az pürüzlü yüzeyler) diğer tabaka düzlemlerinin makaslama dayanım parametreleri de laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmalarında ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler dikkate alınmış olup, süreksizliklerin makaslama dayanımları ise toprak zeminlerde kullanılan deformasyon kontrollü makaslama deney ekipmanıyla belirlenmiştir.

Çizelge 1. Birim hacim ağırlık, tek eksenli sıkışma dayanımı , GSI , mi , kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri

Birimler	Ort. UCS(Mpa)	Ort. γ(kN/m3)	GSI	mi	c(kpa)	ϕ
Abor	15,5	18,1	45	13	49,37	40,88
Atüf	36,3	21,8	37	8,3	54,557	36,95
Ütüf_z	19,5	16,8	45	13	54,11	43,34
Ütüf_i	27,6	18,2	27	8	26,292	28,7
Übor_bkk	35,5	18,9	33	7,3	40,265	33,91
Übor_okm	32,7	19,3	25	7	25,265	26,73
Kumtaşı	7,2	18	57	10	53,846	40,17
Silttaşı	26,3	17,1	57	10	125,868	48,97

Çizelge 2. Stabilite analizi sonucunda tek basamak üzerinde ölçülen güvenlik faktörü değerleri

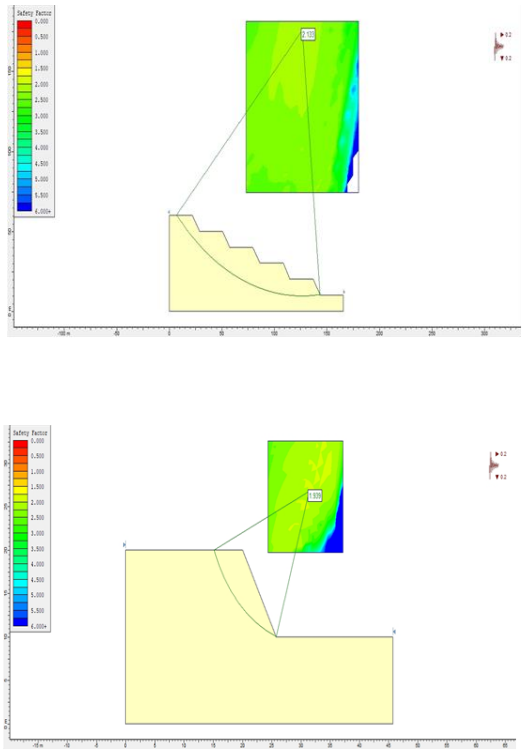
Birimler	Dinamik SF	Statik SF
Abor	1,872	2,802
Atüf	2,133	3,126
Ütüf_z	2,359	3,568
Ütüf_i	1,110	1,559
Übor_bkk	1,658	2,436
Übor_okm	1,140	1,639
Kumtaşı	2,125	3,263
Silttaşı	3,310	5,341

Çizelge 3. Stabilite analizi sonucunda beş basamak üzerinde ölçülen güvenlik faktörü değerleri

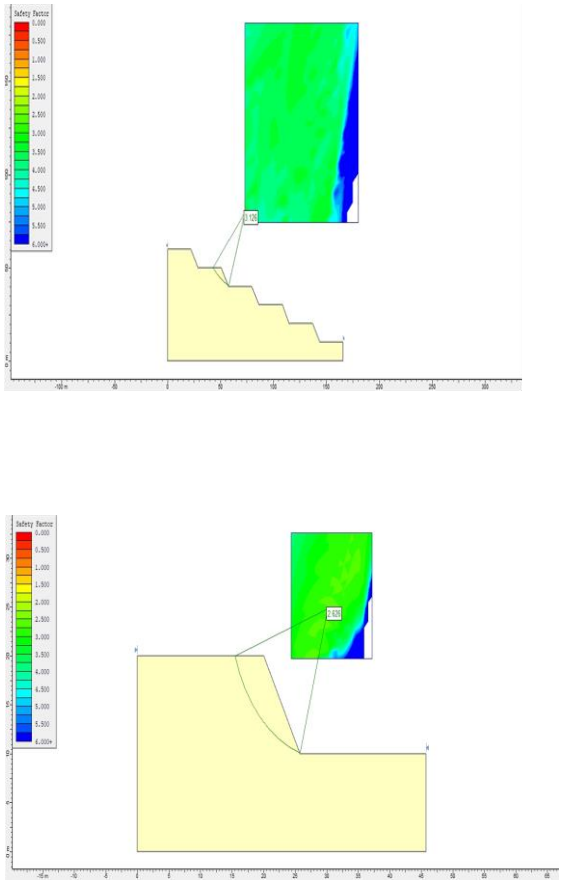
Birimler	Dinamik SF	Statik SF
Abor	1,740	2,357
Atüf	1,939	2,626
Ütüf_z	2,216	3,002
Ütüf_i	1,059	1,441
Übor_bkk	1,510	2,045
Übor_okm	1,011	1,368
Kumtaşı	2,028	2,748
Silttaşı	4,060	5,600

Kaya mekaniği laboratuvar deneylerinden elde edilen değerlere göre kayaçları tek eksenli basınç dayanımları, birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Jeolojik dayanım indeksi(GSI), mi, kohezyon ve içsel sürtünme açıları bu verilere göre hesaplanarak Slide programına aktarılmıştır. Statik koşullarda güvenlik faktörünün F>1.3 ve dinamik koşullarda da F>1.0 olması esas alınmıştır.

Simav ocağında oluşan 7 farklı cevherleşme alanına göre statik ve dinamik koşullarda stabilite analizleri program üzerinde yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda kesit görünümleri alınarak raporda sunulmuştur.



Şekil 4. Alt tüf biriminin dinamik koşullardaki kesit görünümü



Şekil 5. Alt tüf biriminin dinamik koşullarda kesit görünümleri

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bigadiç Bor İşletmeleri Simav ocağında yapılan değerlendirmeler sonucunda cevherleşmelere göre Hoek-Brown parametre değerleri yani UCS, GSI, mi ve γ değerlerinden içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Slide programında işlenerek basamak tasarımları yapılmış olup normal koşullarda stabilite şartı F>1.3 olması ve deprem koşullarında da F>1.0 stabilite şartları sağlanmaya çalışılmıştır. Şev açıları dereceler değiştirilerek ilk olarak farklı cevherleşmelere göre tek basamaklar üzerinde normal koşullardaki güvenlik faktörü ve deprem koşulundaki kesitlerin görünümleri Slide programı sayesinde elde edilmiştir. Verilen koşulları sağlamayan formasyonlarda stabiliteyi sağlamak adına çeşitli varyasyonlar denenmiş statik ve dinamik koşullardaki stabilite şartlarını sağlayan basamak tasarımları yapılmıştır. Sonrasında basamak sayısı 5'e çıkarılarak tekrar analiz yapılmış ve kesit görünümleri alınmıştır.

TEŞEKKÜR

ETİ Bigadiç Bor İşletmelerinde yaptığım araştırmalar sırasında her türlü desteği esirgemeyen eğitim şefi İhsan UZUN' a, İSG Uzmanı Şamil HOŞKAN'a, Tülü Açık Ocağında görevli Maden Mühendisi; Saffet ÇOBAN'a, planlama grubuna ve işletmede çalışan memur, mühendis, işçi vs. tüm personellere;

Son olarak eğitim hayatım boyunca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim ve tercih yaparken de beni bu bölüme yönlendiren başta sevgili ağabeyim Kazım Ersöz'e, varlıklarıyla bana güç veren sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

Adnan Konuk, M. G.,1999. *Açık İşletme Madenciliği Ders Kitabı.*2.basım, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Cahit Helvacı, O. A., 1991. Bigadiç Borat Yatakları ve Çevresinin Jeolojisi ve Minerolojisi. *MTA Dergisi*, 62-91.

Dumlu, S., 2014. *Açık İşletmelerde Şev Açısı, Basamak Yüksekliği Ve Genişliğinin Belirlenmesi Ve İş Güvenliği Açısından Önemi.* Bursa.

Köse H., Kızıl S., 1995. Açık İşletmelerde Şev Stabilitesi, *D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi*, İzmir.

Özgenoğlu, A., 1986. Madencilikte Şev Duraylılığı Analizi Yaklaşımı. *MADENCİLİK*, 18-26.

Taşkıran, T., V. S., 2015. Şev stabilitesinin iki ve üç boyutlu modeller ile incelenmesi. *Mühendislik Dergisi*, 2-6.

Çimento Hammadde Öğütme Sistemlerinin İncelenmesi ve Traçim Çimento Fabrikasında Performans Analizi

Study of Cement Raw Material Grinding Systems: Performance Analysis in Traçim Cement Factory

B. Türker, M. Toker, H. Ergin.

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada çimento hammaddeleri ve hammadde öğütme sistemleri üzerinde çalışılmıştır. Traçim Çimento A.Ş. bünyesinde kullanılan hammaddelerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri araştırılmıştır. Hammadde karışımları, kalite kontrol parametreleri dikkate alınarak, hammadde içerisindeki değişik oksitlerin oranları kullanılarak tespit edildi. Farin öğütmede kullanılan değişik sistemler incelenerek, Traçim Çimento Fabrikasında kullanılan sistemin detaylı teknik ve ekonomik açıdan değerlendirmesi yapıldı. Çalışma yapılan fabrikada kullanılan dik valsli değirmenin bakım maliyetleri ile enerji sarfiyatı tespit edilmiş olup; sistem 420 t/s kapasiteye sahiptir. Dik valsli değirmende döner öğünme tablası ve tabla üzerine beslenen malzemeyi belli bir basınçta öğüten valsler ve ince malzemeleri ayırıp kalın malzemeleri değirmene geri çeviren seperatör ana fonksiyonları yerine getirir. Performans analizi yapılan farin değirmeni, 19.25 kWh/t enerji tüketimi ve 0,54 TL/t bakım maliyeti ile işletilmektedir. Bu maliyetler, bilyalı değirmenlere göre avantajlar sunmakla birlikte yapılacak optimizasyon çalışması ile enerji tüketiminin 2-3 kWh/t aşağı çekilmesi mümkündür.
Anahtar Kelimeler: Hammadde, kalite kontrol parametreleri, öğütme, farin değirmeni, performans analizi

ABSTRACT In this study, cement raw materials and raw material grinding systems were investigated. Physical, chemical and mineralogical properties of the raw materials have been studied in Traçim Cement Factory. Raw material mixtures were determined using the ratios of different oxides, taking into account the quality control parameters. The various systems used in grinding have been examined and the system used in Traçim Cement Plant has been evaluated in terms of technical and economical aspects in detail. The maintenance costs and energy consumption of the vertical roller mill used in the plant were determined and the system was found to have a capacity of 420 t/h. Rotary table, rollers that grind the material fed to the table at a certain pressure, and separator that separates the fine materials and sends the coarse materials back to the mill are the main functions the vertical roller mill has. The performance analysis were carried out with the raw mill and was found to have 19.25 kWh/t energy consumption and 0,54 TL/t maintenance cost. These costs provide advantages compared to the ball mills and costs can be further reduced by 2-3 kWh/t with optimization.
Keywords: Raw material, quality control parameters, grinding, raw mill, performance analysis

1 INTRODUCTION

Raw material preparation in cement production is one of the important stages of production. Crushing, raw material grinding and blending operations were investigated in this study. General information about the types of mills used in the grinding of raw materials was given. As a result of the study made in the performance analyses of the vertical roller mill used in Traçim Cement Plant, the raw materials features, the technical design parameters of the raw mill and operational parameters were examined. In addition, the comparison of vertical roller mills and the different circuit configuration of ball mills were also performed.

1.1 Cement Manufacturing Process

The main lines and the production steps of the cement can be examined in three main sections; raw material production and preparation, burning process and cement grinding and packaging process (Figure 1).

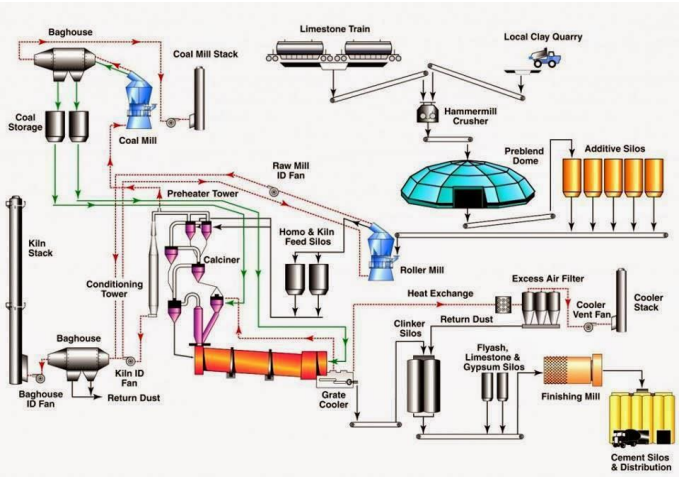


Figure 1. Cement manufacturing process

Limestone, clay and marl are the main raw materials used in cement production. These raw materials are known as sedimentary rocks in geology. The main components of clinker production are calcium, silicon, aluminum and iron oxide.

There are some preparation criteria that need to be taken into account when preparing the raw meal. These are humidity, fineness and homogeneity. Raw meals to be prepared;

- It must be dry – most 1% moisture,
- It must have a certain fineness – 90μm sieve and
- Material must be homogenous.

Pre-blending and homogenization significantly increase final product quality.

The raw material mixtures in the cement industry are commonly determined by quality control parameters. These parameter values which should be taken into consideration and which are determined previously are LSF (lime saturation factor), SR (silicate ratio) and AR (alumina ratio). Using the on-line analyzer in Figure 4, the raw materials are supplied homogeneously. If LSF, AR and SR are increases, burning becomes difficult, fuel consumption increase, setting time of cement reduce, clinker resistance increase, liquid phase reduce and dusty burning increases.

2 RAW MATERIAL GRINDING SYSTEMS

Grinding of cement raw material has various ways in which different types of equipment are used. While main types are ball mill, vertical roller mill and high pressure roller mill, the other types are autogenous mill and hammer/impact mill (Figure 2).

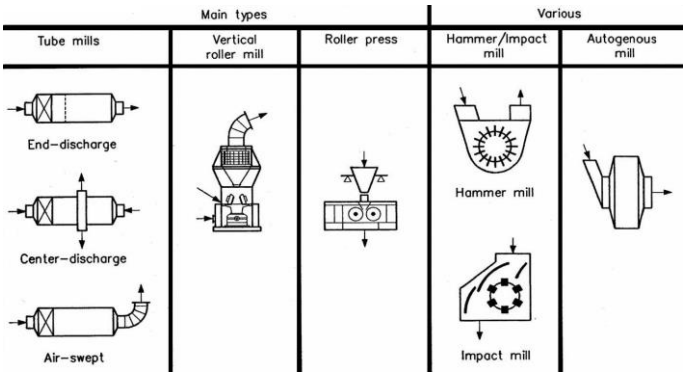


Figure 2. Raw material grinding systems

2.1 Ball Mill

There are three types of ball mills that end-discharge mill, center-discharge mill and air-swept mill.

2.1.1 End-discharge mill

• Low drying capacity (limited by allowable gas speed within the mill < 2 m/s over ball charge),

• With or without drying compartment,

• With one or two grinding compartments (according to material hardness and consequently adaptation of ball sizes),

• Conventional, simple mill.

2.1.2 Center-discharge mill

• Medium drying capacity up to 15% H2O with a heat source additional to the kiln exhausts gases,

• Suitable for materials of high hardness, and materials with hard and soft components,

• Sensitive to false air leakage (sealing around entire mill shell),

• Complex process (difficult distribution of gases and tailings).

2.1.3 Air-swept mill

Drying, grinding and transport are close connected in an air swept mill system. The drying is done in an incorporated drying compartment, the grinding in a subsequent single grinding compartment.

2.2 Vertical Roller Mill

Drying, grinding and separating are done in one single machine (Figure 3).

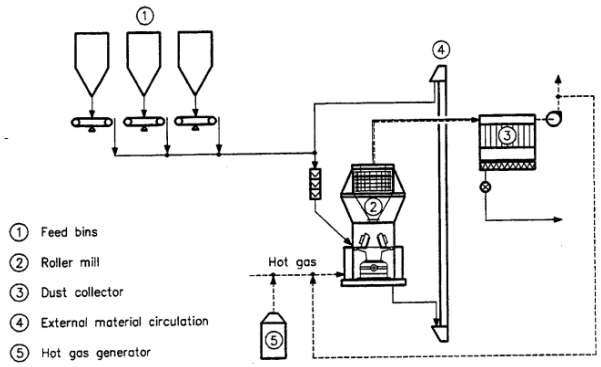


Figure 3. Vertical roller mill

- High drying capacities, up to 20 % with an additional hot gas generator,
- Maximum mill inlet temperature of <450°C admitted,
- Efficient grinding process in a compact machine,
- More specialized maintenance staff required
- Coarse material feed size < 100mm
- Operation at partial load 70–100 %
- Large grinding capacities up to approximately 550 t/h in one machine

3 INVESTIGATION OF TRAÇİM CEMENT PLANT RAW MATERIAL GRINDING

In order to obtain a clinker with good quality of the rotary kiln, these parts must be reduced to at least 0.2 mm. In the Traçim Cement Plant, a vertical roller mill is used to grind raw materials. The premix, corrector limestone and iron ore are ground in this mill.

3.1 Raw Materials and Analysis Results

The limestone is in the first 20 m in the mine site. It is followed by marl and clay. Table 1. shows the amount of oxides in raw materials and Table 2., shows the chemical analysis results of raw materials.

Table 1. The amounts of oxides contained in the raw materials used in the Traçim Cement Plant.

Raw Material	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	Moisture (%)
Limestone	2,13	0,8	0,2	54,2	7,20
Marl	18,4	4,0	0,7	40,2	17,00
Clay	7,6	13,0	9,9	9,7	15,40
Schist	77,0	11,6	1,45	0,55	3,10

Figure 4. On-line analyzer in the plant

Table 2. The chemical analysis and quality control modulus of the raw meal in plant.

Time	17.01.2018	17.01.2018	17.01.2018
SiO_2	13,4	13,32	13,40
Al_2O_3	3,36	3,44	3,33
Fe_2O_3	2,39	2,34	2,35
CaO	44,03	43,9	43,9
LSF	101,9	102,5	101
SR	2,34	2,35	2,36
AR	1,41	1,43	1,42
SR Set	2,35	2,35	2,35
AR Set	1,4	1,4	1,4
LSF Set	102	102	102

3.2 Raw Mill in Traçim

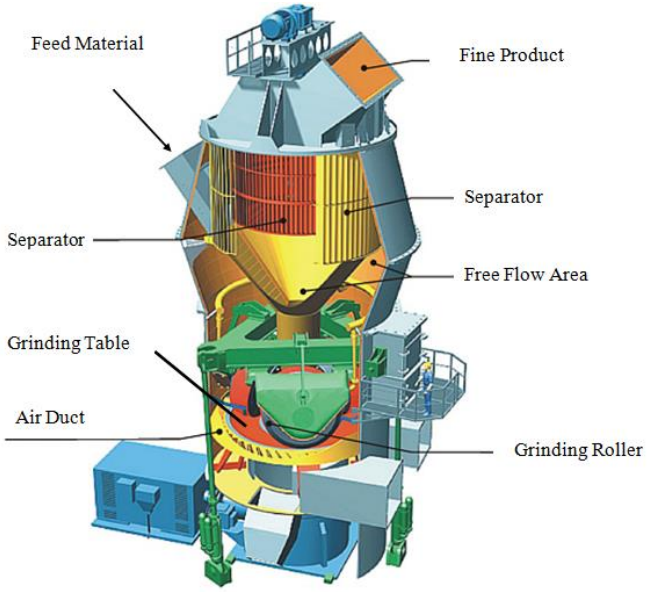


Figure 5. Vertical roller mill in Traçim

The most important parts of the vertical roller mill are the rotary table, the rollers and the separator. The separator separates the fine materials and sends the coarse materials back to the mill. Rollers grind the material falling on the table by pressing it at a certain pressure. As can be seen in Figure 5, materials fall to the center of the rotary table. The rotational movement of the grinding table pushes the material towards the center of the table, i.e. under the rollers. The rollers grind the material and the hot air blown from under the tables carries the powders to the separator. While fine materials are sent to homogeneous bin by holding in the separator and the coarse material remains on the mill.

3.2.1 Design and Technical Features of the Raw Mill

The raw mill in Traçim Cement Plant belongs to Pfeiffer. Technical features of the raw mill is given in Table 3 in detail.

Table 3. Technical parameters of the Pfeiffer

Vertical Roller Mill in Traçim	
Manufacturer	Pfeiffer
Model	MPS5000B
Number of roller	3
Roller diameter	2.800
Roller weight	46.335
Grinding table diameter (mm)	5.000
Motor power of grinding table (kW)	3.500
Separator rotor height (mm)	3.199
Separator rotor diameter (mm)	3.820
Motor power of separator (kW)	200
Fan power (kW)	5.000
The fan power during operation (kW)	4.800
Fan flow rate (m^3/h)	1.100.000
Capacity (t/h)	420
Feed size (mm)	0-30
Motor power (kW)	3.500

4 CONCLUSION

The following results can be achieved when the studies carried out in Traçim Cement Factory are evaluated together:

- If LSF, AR and SR are increases, burning becomes difficult, fuel consumption increase, setting time of cement reduce, clinker resistance increase, liquid phase reduce and dusty burning increases.
- The newly established plants are begun to prefer vertical roller mills because of their high-capacity and low energy consumption.
- The grinding efficiency of the vertical roller mill provides advantage over a ball mill system combined with the ability to dry and grind, classify and if necessary - set up in a single unit.
- The vertical roller mill is superior compared to a ball mill in terms of the consumption of electrical energy and the cost of operation.
- Increasing capacity reduces energy consumption. The raw mill makes both grinding and drying of the raw meal

together. This situation causes an increase in energy consumption. While, energy consumption is 19,25 kwh/t, maintenance cost is 0,54tl/t in the Pfeiffer.

- The maintenance cost associated with the two mill systems is quite similar; therefore, it is an insignificant factor in the comparative evaluation of the two systems.
- A vertical roller mill is a very versatile mill that can be easily adapted to a wide range of products compared to a ball mill.

TEŞEKKÜR

Bitirme tezimin hazırlanması sürecinde değerli bilgi ve deneyimlerini paylaşarak yardımını hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Hasan ERGİN' e ve üzerimde emeği bulunan bütün hocalarıma; Traçim Çimento A.Ş. çalışanlarına ve özellikle yardımlarından dolayı Ender YORULMAZ' a; beni bu günlere getiren ve benden hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

REFERENCES

DPT, 2001**.** Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayii Hammaddeleri IV, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı,* Ankara.

Holderbank, 2000. Raw Grinding System, *Cement Seminar,* Germany.

Traçim Çimento San. Ve Tic. A.Ş., 2008. *''Eğitim Notları'',* Kırklareli.

Kabataş-Mecidiyeköy Metro Projesi Kabataş Şantiyesinde Çalışan Pasa Basınçlı Tünel Açma Makinesinin (EPB/TBM) Kazı Performans Analizi

Excavation Performance Analysis of the Kabataş-Mecidiyeköy Subway Project Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machine (EPB-TBM)

A.H. Coşan, C. Balcı
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Gelişmekte olan ülkemizde, nüfus yoğunluğunun giderek arttığı ve buna bağlı olarak da ulaşım problemlerinin çoğaldığı aşikardır. Bu probleme çözüm üretmek ve İstanbul'un trafik problemini azaltmak amacıyla Kabataş-Mecidiyeköy Metro Projesi inşa edilmektedir. Bu tez çalışması Kabataş-Mecidiyeköy Metro Tüneli Projesi Kabataş Şantiyesinde Çalışan Pasa Basınçlı Tünel Açma (EPB/TBM) Makinesinin Kazı Performans Analizi başlıklı çalışma boyunca söz konusu projeye dair genel bilgiler, jeolojik özellikler, TBM tanıtımı ve yine bu doğrultudaki makine performansının 15 iş günü boyunca değerlendirilmesini içermektedir. Çalışma Kabataş-Beşiktaş istasyonları arasındaki hattı kapsamaktadır. İncelemeler sırasında birçok duraksamalar meydana gelmiştir ve bu duraksamaların nedenleri de incelenmiştir. Makinenin sık sık arızalanmasına rağmen veriler analiz edilmiş ve elde edilen veriler sunulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Metro, Kabataş, Tünel Açma Makinesi (TBM)

ABSTRACT In our developing country, it is obvious that the population density is increasing gradually and accordingly the transportation problems are increasing. Kabataş-Mecidiyeköy Subway Project is being built to reduce the traffic problem in Istanbul. This thesis study includes general information about the project, geological characteristics, TBM presentation and evaluation of machine performance in this direction during 15 working days during the work titled Excavation Performance Analysis of the Kabataş-Mecidiyeköy Subway Project Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machine (EPB-TBM) . The study covers the line between Kabataş and Besiktas stations. During the examinations, many pauses have occurred and the causes of these pauses also have been examined. Despite the frequent breakdown of the machine, the data were analyzed and the data obtained were presented.
Keywords: Subway, Kabataş, Tunnel Boring Machine

1 GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile beraber birçok sektörüde içine dahil ederek yeraltı ulaşım sistemleride mekanize sistemler olarak gelişmiş daha uzun mesafelerde daha fazla yolcu kapasitesine sahip ulaşım tünelleri yapılmaya başlanmıştır. Özellikle son yıllarda yapılan tünel açma çalışmaları, mekanize kazı sistemleriyle daha hızlı bir şekilde bitirilip hizmete açılmaya başlanmış ve bu çalışmalarda hızlı, ekonomik ve daha güvenli olması sebeplerinden ötürü tünel açma makinalarının (TBM), diğer makinalara göre daha fazla tercih edildiği görülmüştür.

Tezimizin uygulama sahası olan Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattının da TBM ile açılması planlanmış ve bu metot ile tünel kazıları yapılmıştır. Bu çalışmada Kabataş İstasyonunda kullanılan tünel açma makinesinin (TBM) performansı incelenmiş, laboratuvarda yapılan deneyler ışığında değişen ortam özellikleriyle TBM performansı arasındaki ilişkiler saptanmış ve net kazı hızları hesaplanmıştır. Bu bilgiler Kabataş metrosunda çalışmakta olan Herrenknecht marka tünel açma makinesinden 15 günlük takip sonrasında elde edilmiştir.

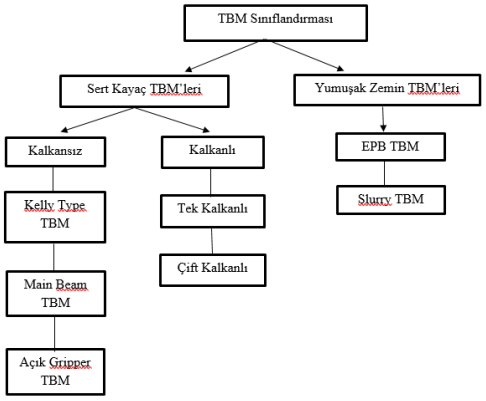
2 MEKANİZE KAZI SİTEMLERİ

Kayaç yapının makineler ile kazılması olarak tarif edebileceğimiz mekanize kazı, delme patlatma işlemlerine muhalif olarak ortama uygun makineler ile yapılır. Galeri açma makinelerini tüm aynayı aynı anda kazabilen yani tam kesitli ve makine genişliğinin galerinin bir kısmını işgal ettiği bu sebeple keskileri değiştirme ve tahkimatın makinenin yan kısmında devam ettirilebilme imkanı sunduğu kısmi kesitli makineler olarak iki ana grupta toplayabiliriz (şekil 2.1).

Şekil 2.1: Tam kesitli ve Kısmi kesitli kazı makineleri.

2.1. Tam Kesitli Tünel Açma Makineleri Ve Sınıflandırılması

Madencilik ve inşaat sektöründe yeraltı yapılarının önemi teknolojik gelişmelere paralel olarak her geçen gün artmaktadır. Özellikle yerleşim merkezleri ve büyük şehirlerde elektrik, su, kanalizasyon, telefon, doğalgaz ve metro tünelleri gibi yer altı yapıların açılması sırasında, çevreye ve yer üstünde yapılara zarar vermemesi için kullanılacak kazı yönteminin seçimi büyük önem taşımaktadır. Açılacak yeraltı boşluğu boyunca geçilecek formasyonların önceden tespiti, kullanılacak makinenin seçiminde en önemli faktörlerden biri olmaktadır. [1]



Şekil 2.2: TBM Sınıflandırması [2]

2.1.1. Sert Zemin Tünel Açma Makineleri

Zemin koşullarına göre kalkansız (şiltsiz) ve kalkanlı (şiltli) olmak üzere iki gruba ayrılan bu TBM'ler göçme riski az olan çok sert kayaları kazmak üzere özel kesici kafa tasarımı ile donatılmış tünel açma makineleridir.

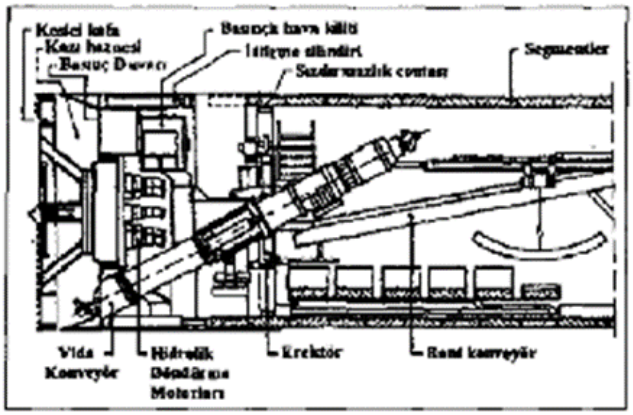
2.1.2. Yumuşak Zemin Tünel Açma Makineleri

Disk keskiler yanında kalem keskiler de kullanılan bu tip makineler zeminin kendi kendini tutamadığı yumuşak yapıya sahip formasyonlarda kullanılmak üzere tasarlanmış TBM'lerdir.

3 KABATAŞ TÜNELİNDE KULLANILAN TÜNEL AÇMA MAKİNESİNİN PERFORMANSININ İNCELENMESİ

3.1 Tünel Açma Makinesinin Özellikleri

Tezin inceleme alanı olan Kabataş tünelinde Herrenknecht marka tünel açma makinesi kullanılmaktadır. EPB özelliği taşıyan makinenin yüzeye yakın yerlerde, genellikle yerleşim yerlerinin altından geçen projelerde yoğun su girişinin bulunduğu ve zeminin zayıf yani kendi kendini tutamadığı bölgelerde kullanımı tercih edilir.



Şekil 3.1: EPB TBM Kesit Görünümü.

3.2 Tünel Açma Makinesi Performans Tahmini

TBM'lerin performanslarını tahmin etmek için farklı farklı yöntemler geliştirilmiş olmakla beraber biz bu çalışmamızda yerleşim bölgelerinin altında yapılan projelerde kullanılan TBM lerin performanslarını tahmin etmek için tek eksenli basınç dayanımı, RQD ve spesifik enerjiyi baz alarak çalışmamızı gerçekleştirdik.

3.3 Nokta Yükü Dayanım İndeksi Deneyi

Bu deney, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılması amacıyla yapılmaktadır. Kabataş TBM şaftından aldığımız numuneleri laboratuvarda deney yapılacak hale getirmek için öncelikle kenarlarının kesme ve düzeltme işlemleri yapıldı. Düzeltilen numuneler nokta yükü deney aletinin iki konik ucu arasına yerleştirilerek yenilme yükleri elde edildi. Şekil 1'de nokta yük deneyleri için kullanılan basınç ünitesi görülmektedir.

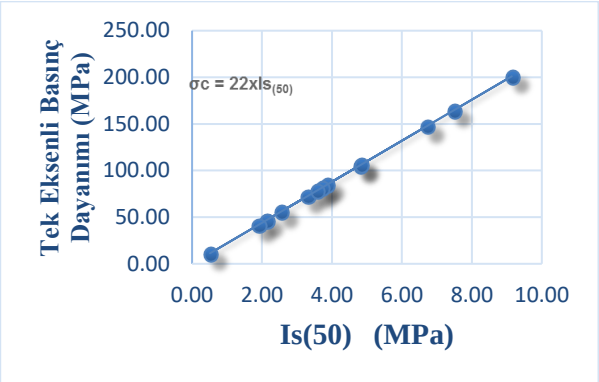
Şekil 3.2 : Nokta Yükü Deney Aleti

3.4 Nokta Yük Dayanım Deneyinin Sonuçlarının Analizi

Şantiyede çalışılan süre boyunca TBM'in kazı işlemleri sırasında her ringden yeterli miktarda numune alınmıştır. Numuneler ring ring ayrılmış ve her ringden bir örnek numune alınarak kesme ve düzeltme işlemleri uygulanmıştır. Numune boyutları kumpas ile ölçülerek değerler kaydedilmiş ve sonrasında nokta yük deneyi uygulanmıştır. Ortaya çıkan yenilme yükleri göstergeden okunduktan sonra gerekli çevirme işlemleri yapılmış ve sonraki adımlara geçilmiştir. Yenilme yükü hesaplandıktan sonra nokta yükü indeksi ve düzeltme faktörü de hesaplanmış ve düzeltilmiş nokta yükü indeksi bulunmuştur. Nokta yükleme indeksleri hesaplandıktan sonra tek eksenli basınç dayanımları hesaplanmış ve Çizelge 3.1 de gösterilmiştir. Nokta yükleme indeksi ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki grafik de Şekil 3.3'teki gibidir.

Çizelge 3.1: Nokta Yük İndeksi ile UCS'nin Hesaplanması

Ring	Is(50) (Mpa)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)
1	3,30	72,55
2	3,86	84,89
3	3,71	81,58
4	4,80	105,54
5	4,83	106,20
6	2,12	46,63
7	1,91	41,93
8	3,57	78,57
9	2,55	56,09
10	6,71	147,69
11	0,51	11,30
12	9,14	201,13
13	7,49	164,76

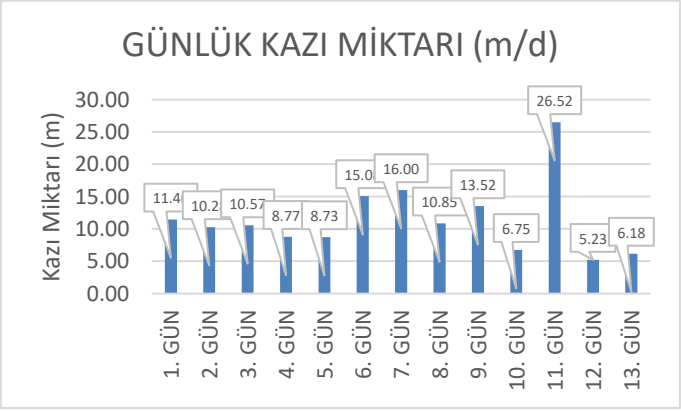


Şekil 3.3 : Nokta Yük İndeksi İle Tek Eksenli Basınç Dayanımı Arasındaki İlişki

3.5 Net Kazı Miktarının İncelenmesi

Tek eksenli basma dayanımı ve RQD bulunduktan sonra makinenin performans tahmini yapılabilir. Makineden faydalanma oranı kazı esnasında % 15-45 aralığındadır. Kesme gücünü spesifik enerjiye bölerek ve 0.8 katsayısıyla çarparak saatlik net üretimi hesaplarız. Daha sonra saatlik net üretimi TBM verimi ile çarparak TBM'in net kazı kapasitesi bulunur.

Kazı kapasitesi bulunduktan sonra bulunan değerler tünel kesit alanına bölünerek günlük ilerlemeler tespit edilir ve ardından günlük ilerlemeler toplanarak on üç günlük toplam ilerleme miktarı bulunur.



Şekil 3.4: Günlük TBM Kazı Miktarı

4 SONUÇLAR

Kabataş-Mecidiyeköy metro tüneli projesi, projenin uygulandığı bölgede trafik sorununa çözüm olurken aynı zamanda bölgenin sosyal ve iktisadi noktadan da kalkınmasına büyük fayda sağlayacaktır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen deney sonuçları ve grafikler ile makinenin kazı verimliliği ile kayaç sertliği arasındaki ilişki ortaya çıkartılmıştır. Nokta yükleme deneyi sonuçlarına göre kayacın yenilme yükü ve nokta yükleme dayanım indeksi arasındaki ilişki incelenmiş. Böylece kayacın, uygulanan basınca karşı gösterdiği dayanım analiz edilmiştir. Arazi çalışmaları ve tünel açma makinesi verilerinin değerlendirilmesi sonucu grafikler çizilmiş, metre bazlı ilerleme, spesifik enerji, ortalama kazı hızı gibi değerler ortaya çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Cemal Balcı'ya, laboratuvar çalışmalarında destek olan sayın Araş. Gör. Aydin Shaterpour Mamaghani'ye tünelde yapılan incelemelerde destek veren Alsim-Alarko A.Ş. mühendislerine teşekkür etmeyi vazife bilirim.

KAYNAKLAR

[1] Hakan Tunçdemır, "Arazi Basıncının Dengelenmesi Esasına Göre Çalışan Tam Cephe Tünel Açma Makinelerinin Kazı Performansını Etkileyen Zemin Özellikleri ve İzmir Metrosu Örneği", 1998,4.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu

[2] Bilgin, N., Çopur, H., Balcı, C., 2016. Mechanization In Mining and Tunneling Excavation Ders Notu, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden fakültesi

Investigation of Auxiliary Ventilation System in Imbat Mining Eynez Quarry

İmbat Madencilik Eynez Yeraltı Ocağında Tali Havalandırma Sisteminin İncelenmesi

M.C. Erbağcı, A. Fişne, A. Soylu (*Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul)*

ABSTRACT In this study, auxiliary ventilation system and their operations in İmbat Mining were observed. Information about the fans and equipment used in the heading for sending required air to the dead-end faces, the leakage calculations and fan efficiencies with different conditions related to auxiliary ventilation were given.

The equipments and materials used in the ventilation operation in the development headings are introduced. Schematic diagrams of all types of auxiliary ventilation were drawn, the length of the headings, fans motor power and duct diameters were given. In-situ meaurements about velocity pressure at fan head (in front of the fan) and at duct end, air velocities and cross-section areas of the gallery where the fan installed were given. Auxiliary ventilation design parameters were given and controlled with thanks to De Souza's theoretical approach that is surveying procedure.

Keywords:Auxiliary, ventilation, leakage, heading

ÖZET Bu çalışmada İmbat Madencilik bünyesinde yapılan tali havalandırma sistemi gözlemlenmiştir. Hazırlık galerilerindeki kör bacalara gönderilmesi gereken temiz hava için kullanılan tali fanlar ve ekipmanları hakkında bilgiler verilmiştir. Hava boruları içindeki kaçak hesaplamaları ve değişik ortam koşullarındaki tali havalandırmaya bağlı fanların verimleri verilmiştir.

Tali havalandırma sistemleri ve kullanılan materyaller tanıtılmış ve tüm tali havalandırma sistemlerinin şematik plan görünüşleri çizilmiştir. Bu plan görünüşleri üzerinde, fanların motor güçleri, boruların yarıçapları ve galeri uzunlukları verilmiştir. Yerinde ölçümlerle birlikte hesaplamalarda kullanılacak veriler toplanmış özellikle fan önündeki ve boru bitimine yakın

hız basınçları ölçülmüştür. Tüm bu ölçümlerle birlikte tali havalandırmayı etkileyen parametreler De Souza'nın teorik yaklaşımlarıyla kontrol edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tali, havalandırma, kaçak, galeri

1 INTRODUCTION

Ensuring and checking the volume, direction and quality of fresh air in underground are the process which is called as mine ventilation. Providing enough amount and quality of fresh air, reducing and removing flammable, explosive gases and controlling the temperature and humidity are the main purposes of mine ventilation. Besides the using for health and safety in mines, ventilation management system is a significant issue for to provide and measure the quantity and quality of airflow throughout the mine ventilation network (De Souza, 2017).

Purpose of the mine ventilation according to The Ministry of Labour and Social Security:

- To provide required oxygen,
- To remove dangerous gases from mine area,
- To control dust amount,
- To reduce temperature at deep mines,
- To reduce moisture content (Occupational Health and Safety Guide, 2011).

İmbat Coal Company has license number of IR75153 which in context of Turkish Coal Enterprise and it is located at Manisa city, Soma, Karanlıkdere district.

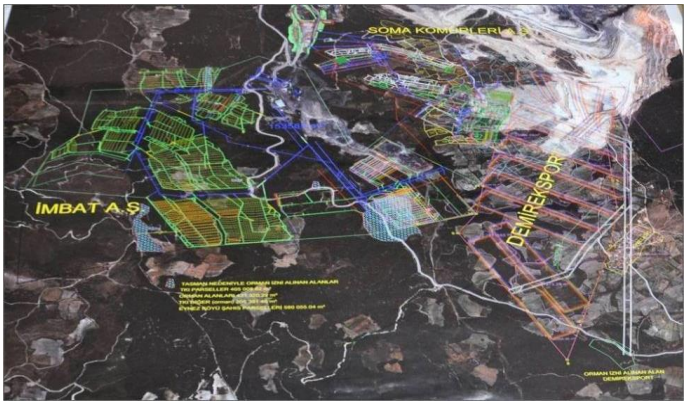


Figure 1: Location of the quarry by satellite image.

2 AUXILIARY VENTILATION DESIGN

The practical design procedure of auxiliary ventilation design of the mine involves several steps which is most of the case major effect of the miners if not planned properly. One step is to determine the required air quality inside the mine, as a result choosing the right fan to the job. The other step contains the surrounding environment of the mine face, area, length of the tube, etc

Auxiliary ventilation is done by sending the required air through the duct. Attachments made from pipe materials and due to

extensions cause air leakages. Therefore, in these systems carried out with pipes, air leakages must be well detected, and the analysis of the mine air must be done well.

2.1 Fan Design and Operational Requirements (De Souza, 2009)

Firstly, planner must be ensuring about the fresh air source reaches every time to the main fan. According to De Souza, air flow capacity of fan must be lower (50%) than the volume of air through the gallery where the fan is installed (De Souza, 2009). For determining the duct sizing, the size of the drift and transportation or drilling equipment must be considered. Duct needs to be installed in a suitable location for any damage due to the equipment. For to supply economical and proper ventilation system, planner should calculate the air leakage and works on minimizing this leakage.

3 IMBAT MINE PROJECT

Development galleries in Imbat Mining A.Ş are chosen for this auxiliary ventilation design project. Various fan and duct types are used to provide required air for face. In Imbat Mining Co. mechanized longwall system is completely used and ventilation processes are handled by the auxiliary ventilation system. All the fans power and amounts in the quarry are shown on the **Error! Reference source not found.**.

Table 1: Fans power and amount

Motor Power	Amount
2.2 KW	25
4 KW	1
5.5 KW	1
22 KW	17
28 KW	5
30 KW	13
37 KW	4
7.5 KW	15

In this study, 3 blind faces are used for investigation of auxiliary fans electric consumption, leakage rate and efficiency. Especially, duct diameters, length of heading and motor power of these faces have been selected differently from each other's.

3.1 G7 Heading

It is the one of the many development galleries in the mine. It located in the west part of the underground production plan. The dimensions of the shaft are 320 m in length, average of 15 m^2 (8-22-30) in cross-sectional area. The support activity in mine is done using GI 110 trapezoidal steel arch.

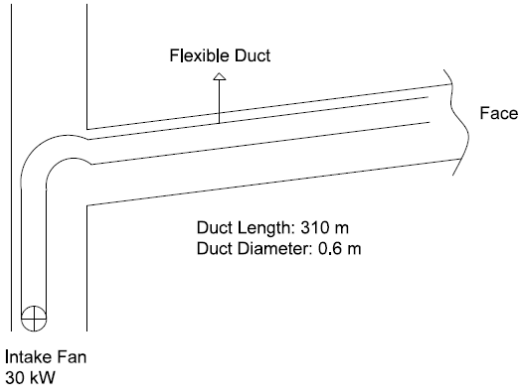


Figure 2: The simplified plan view of the ventilation system in G7 shaft.

Table 2: The calculated result of G7 heading.

	G7 Shaft	Units
Velocity Pressure at Duct End	98.42	Pa
Velocity Pressure at Fan Head	122.84	Pa
Friction Head Loss Flexible Duct	1740.10	Pa
$H_{exit}=H_{ductatend}$	98.42	Pa
Overall Static Loses	1838.52	Pa
Considering Average Installation	2206.23	Pa
Fan Total Pressure	2329.06	Pa
Absolute Power Consumption	26.50	kW
Ventilation Power	18.11	kW
Leakage	10.49	%
Total Efficiency	51.75	%

3.2 D11 Continuous Shaft

D11 shaft is continuous shaft for the production and ventilated with auxiliary fans. It located in west part of the underground production plan. The dimensions of the shaft are 270 m in length, average of 12 m^2 (8-22-30) in cross-sectional area. The support activity in shaft is done using TH trapezoidal steel arch. General view of the shaft shown in Figure 3.

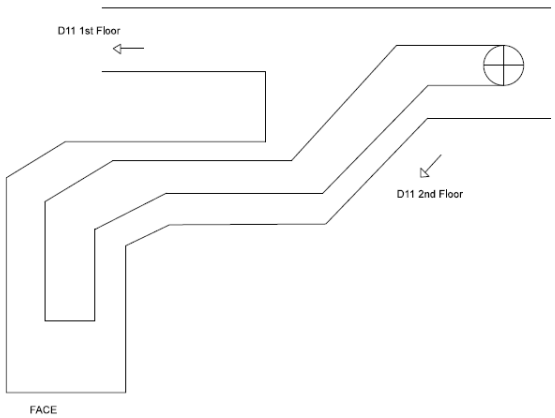


Figure 3: The simplified plan view of the ventilation system in D11 shaft.

Table 3: The calculated result of D11 shaft.

	D11 Shaft	Units
Velocity Pressure at Duct End	72.68	Pa
Velocity Pressure at Fan Head	129.81	Pa
Friction Head Loss Flexible Duct	859.53	Pa
$H_{exit}=H_{ductatend}$	72.68	Pa
Overall Static Loses	932.21	Pa
Considering Average Installation	1118.65	Pa
Fan Total Pressure	1248.46	Pa
Absolute Power Consumption	31.18	kW
Ventilation Power	23.41	kW
Leakage	25.17	%
Total Efficiency	49.52	%

3.3 B1 Inclined Shaft

It is the inclined shaft to reach B2(West2) inclined shaft. After drilling operation, faces are joined and quarry had totally 4.5 km gallery road. It located in the north part of the underground development plan. The dimensions of the inclined shaft is 850 m in length, average of 22 m^2 in cross-sectional area.

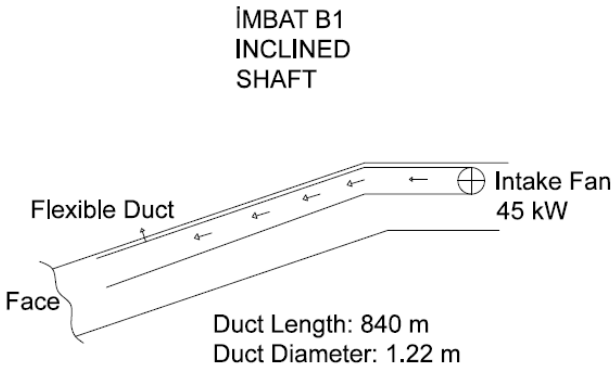


Figure 2: Plan view of forcing auxiliary system with duct in B1 inclined shaft.

Table 4: The calculated result in B1 inclined shaft.

	B1 Inclined Shaft	Units
Velocity Pressure at Duct End	38.44	Pa
Velocity Pressure at Fan Head	66.23	Pa
Friction Head Loss Flexible Duct	1064.18	Pa
$H_{exit}=H_{ductatend}$	38.44	Pa
Overall Static Loses	1102.63	Pa
Considering Average Installation	1323.15	Pa
Fan Total Pressure	1389.38	Pa
Absolute Power Consumption	25.34	kW
Ventilation Power	30.88	kW
Leakage	23.81	%
Total Efficiency	55.98	%

4 CONCLUSION

In conclusion, auxiliary ventilation system should use to send the fresh air to the dead-end face. As a result of this study, it has been determined that the most important parameters to be considered in the design of the secondary ventilation systems can be accepted as diameter, inlet air length. Thus, designing especially for long-haul ventilation lines by considering these parameters will help to provide more effective ventilation. Given calculations and formulas in this thesis work can be used to determine the fan operating point:

- The fan total pressure contains static pressure and velocity pressure at the fan head (in front of the fan).
- Duct joints must be properly.
- According to the study done, it was determined that there was a large loss of power throughout the van tube line. For this reason, it is very important to examine the parameters that affect the flow rate to reduce the initial investment and operating costs.

The summary table is given below in the (Table 5) which includes the fan total pressure, absolute power consumption, ventilation power, leakage, total efficiency and cost of electricity for all fans installed in different headings.

Table 5: Summary Table

	B1 Inclined Shaft	G7 Shaft	D11 Shaft	Units
Fan Total Pressure	1389,38	2329,06	1248,46	Pa
Absolute Power Consumption	25,34	26,50	31,18	kW
Ventilation Power	30,88	18,11	23,41	kW
Leakage	**23,81**	**10,49**	**25,17**	%
Total Efficiency	**55,98**	**51,75**	**49,52**	%
Cost of Electricity	6431,85	6726,31	7913,21	₺

5 REFERENCES

De Souza, E. (2002). Mine Ventilation: Proceedings of the North American/ Ninth US Mine Ventilation Symposium.

Auxiliary ventilation in mining roadways driven with roadheaders: Validated CFD modelling of dust behaviour. (2010, August 24). Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779810001124

McPherson, M. J. (2009). *Subsurface ventilation and environmental engineering*. London: Chapman & Hall.

Auxiliary mine ventilation manual. (2011). North Bay, Ont.: Workplace Safety North.

McElroy, G. E., & Kingery, D. S. (1957). *Making ventilation-pressure surveys with altimeters*. Washington, D.C.: U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines..

Team, M. F. (n.d.). Retrieved from http://www.mayafan.in/mine-ventilation-fans.html

Mine ventilation. (1999). Washington, D.C.?: U.S. Dept. of Labor, Mine Safety and Health Administration.

Gayrettepe Üçüncü Havalimanı Metro Projesinde Kullanılan Darbeli Kırıcı Performans Analizi

Performance Analysis of Impact Hammer Used in Gayrettepe-Third Airport Metro Project

M.B. Yiğit, D. Tumaç, A. Shaterpour-Mannghani (*Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul)*

ÖZET Delme patlatma yöntemiyle kıyaslandığında, darbeli kırıcılar düşük maliyetlerinin yanında hızlı ve pratik olmasıyla tercih edilebilir bir kazı yöntemidir. Ayrıca daha kontrol edilebilir ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamaktadır. Kolin-Kalyon-Cengiz adi ortaklığı tarafından yapımı devam eden Gayrettepe-Üçüncü Havalimanı metro projesinde kullanılan darbeli kırıcının performans analiz verileri toplanmış ve çalışma sahasından numuneler alınmıştır. Bu çalışmanın amacı, darbeli kırıcının performansının yerinde analiz edilmesidir. Bu amaçla, alınan numuneler üzerinde nokta yük testi uygulanmıştır. 25 ayrı ringden alınan bu numunelerin test sonuçları göz önüne alınarak performans tahmini için çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışma sonucunda bazı kaya özellikleri ile darbeli kırıcı performansı arasında yüksek ilişki olduğu berlirlenmiştir. Her bir ring için bekleme süreleri, kazı süresi, iksa montajı süresi, püskürtme beton süresi, çelik hasır montaj süresi, pasa nakliyatı süresi ve bulon delgi süresi uygulanma süreleri ayrı ayrı kayıt altına alınmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda darbeli kırıcının kazı performansı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve verilerin karşılaştırılması geniş kapsamlı olarak bu çalışmada gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Darbeli kırıcı, performans analizi, NATM

ABSTRACT Compared to drilling and blasting method, mechanical excavation can serve as a fast method requiring lower capital cost. Mechanical excavations can also provide more control on strata and more secure working environment. The aim of this study is to asses single regression analysis using a new and simple set of data gathered from Gayrettepe-Üçüncü Havalimanı metro project by KOLİN-KALYON-CENGİZ Partnership in Istanbul, Kağıthane. For this purpose; point load test was carried out on these samples. Performance prediction studies were performed on 25 rounds where the samples were obtained. This study showed that

there are good relation between some rock properties and performance of the impact hammer (*IBR*). Waiting and breakdown times, utilization of impact hammer, steel arches, shotcrete time, wire meshes installation time, mucking time and rock bolting time were recorded during the tunneling operation for every round. The comprehensive report of excavation performance are determined and given in this study.

Keywords: Impact hammer, performance analysis, muck

1 GİRİŞ

1960'dan beri, darbeli kırıcılar, madencilik ve inşaat alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tünel Açma Makineleri (TBM) ve Roadheader ile karşılaştırıldığında daha düşük yatırım maliyeti nedeniyle, koşullar elverişli olduğunda darbeli kırıcı daha uygun olabilir. İstanbul'da darbeli kırıcılar, yaklaşık 20 km metro tünel kazısı yapmıştır. Darbeli kırıcının diğer bir avantajı, madencilikte yeri doldurulamaz olan esneklik özelliğidir (Tunçdemir, 2008).

Modern tünel kazılarında birçok farklı yöntem arasından seçim yapmak mümkündür. Yöntem seçilirken aşağıdaki parametreler dikkate alınmalıdır:

- Tünel geometrisi,
- Tünelin boyutu,
- Yer altı suyu seviyesi ve beklenen su geliri,
- Yerleşim yerlerinin konumu
- Tünel uzunluğu, kazılan toplam hacim,
- Titreşim kısıtlamaları,
- Jeolojik ve kaya mekaniği koşulları,

Tünel yöntemleri iki bölüme ayrılabilir; delme - patlama ve mekanik kazı. Delme ve patlama yöntemi daha eski ve daha yaygın bir kazı yöntemiyse de mekanik kazı konvansiyonel delme ve patlatma yöntemine alternatif olarak kazı endüstrisinde önemli bir paya sahiptir. Mekanik yöntemler kısmi kesitli tünel açma makineleri (örn. darbeli kırıcılar, sürekli kazıcılar, kollu tünel açma makineleri) ve tam boyutlu tünel açma makineleri (yumuşak kaya TBM'leri, sert kaya TBM'leri, mikro tünel açma makineleri) olarak iki ana bölüme ayrılabilir (Heiniö, 1999). Kısmi kesit kazı yöntemleri mekanize kazı metotlarından birisidir. Uygun jeolojik koşullar altında tünel açma projelerinde ekonomik olarak kullanılabilen mekanik ekskavatörlerden biri hidrolik darbeli kırıcılardır. 1960 yılından beri, hidrolik darbeli kırıcıların kullanımı madencilik endüstrisinde ve inşaat mühendisliği

uygulamalarında çok popüler olmuştur. *TBM* ve Roadheader' a kıyasla daha düşük maliyeti haricinde, esnek bir şekilde çalışabilmek, hidrolik darbeli kırıcının madencilik açısından yerini doldurulamaz kılmaktadır (Tuncdemir, 2008).

2 PROJE TANITIMI

İstanbul Gayrettepe – Yeni Havalimanı Metro Hattı projesi içerdiği güzergahın trafik sorununa çözüm olmasının yanı sıra bölgenin sosyal ve iktisadi kalkınmasına da olumlu etkilerde bulunacaktır. Toplam 66 kilometre uzunluğa sahip olacak yeni metro güzergahı, ilk olarak 33 kilometrelik kısmıyla başlayacak. 30 dakika olarak düşünülen ulaşım süresi, 120 kilometre hıza çıkabilen metrolar ile gerçekleştirilecektir. İlk adımda gerçekleştirilecek istasyon sayısı 13' tür.

Şaft alanı, planlanan Gayrettepe – İstanbul Yeni Havalimanı Metro Hattı güzergahında, Km 4+231 de (Kağıthane Deresi'nin batı yamacında, Kemerburgaz Caddesi üzerinde) yer almaktadır. Saha halihazırda yoğun yapılaşma alanı içinde kalması yanı sıra, trafik yükü yoğun Kemerburgaz Caddesi üzerinde yer almaktadır.

C02 şaftı, metro tünellerinin bu kesiminde NATM yöntemi ile inşa edilecek M2 makasının kazısına yönelik olarak planlanmıştır. Şaft, dairesel kesite sahip olup, çapı 15 m olarak belirlenmiştir. Şaft alanında ortalama yükselti +10 m, planlanan şaft derinliği ise kabaca 32 metredir. Projenin güzergahı Şekil 1' de verilmiştir.

Şekil 1: Proje güzergahı

3 DARBELİ KIRICILAR VE PERFORMANS TAHMİN MODELLERİ

Geçmiş yıllarda darbeli kırıcıların performans tahmini üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Bilgin v.d. (1996) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda darbeli kırıcıların anlık kazı hızlarını (*IBR*) tahmin edebilmek için Eşitlik 3.1 geliştirilmiştir.

$$IBR = 4.24 \times P \times \left(RMCI\right)^{-0.567} \quad \textbf{(3.1)}$$

P'nin makinenin gücünü (*Hp*) cinsinden girdiği *IBR*, bir darbe kırıcının ani kırma hızıdır. *RMCI* ise Eşitlik 3.2 kullanılarak *MPa* cinsinden hesaplanan Kaya Kütle Kesilebilirlik İndeksidir.

$$RMCI = \sigma_C \times \left(RQD/100\right)^{2/3} \quad \textbf{(3.2)}$$

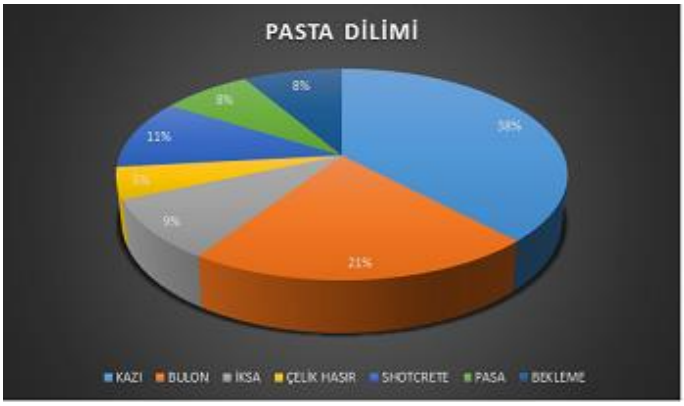
Burada *RQD*: yüzde olarak kaya kütle kalitesidir, σ_C: bozulmamış kayacın *MPa* cinsinden tek eksenli basınç dayanımıdır.

3.1 Saha Çalışmaları

M2 Kağıthane istasyonunda günlük ilerleme 0,8 – 1 metre arasında değişmektedir. 1.aşamada kazılan aynanın yüzey alanı 59,79 metrekaredir. 2.aşamada kazılan topal ayağın yüzey alanı ise 20,50 metrekaredir. Sahada numune elde edilen ve incelenen ayna 1.aşamanın aynasıdır ve sol üst yarıdan numuneler elde edilmiştir. Bu aynada çalışan ekskavatör CAT 323 D2L' dir. Hidrolik darbeli kırıcı olarak ise RAMMER BR 2577 kullanılmaktadır. Darbeli kırıcı çalışma prensibi, tünel kazısında detaylı olarak analiz edilmiştir. Makine kullanım pasta grafikleri çizmek için tüm NATM aşamaları gözlemlenmiştir. Her aşamada, zaman kaydedilmiş ve ayrıca darbeli kırıcının kırma süresi kaydedilmiştir.

3.2 Saha Çalışmalarının Sonucu

Tünel açma işlemi sırasında bekleme süreleri, kazı süresi, iksa montajı süresi, püskürtme beton süresi, çelik hasır montaj süresi, pasa nakliyatı süresi ve bulon delgi süresi yerinde kaydedilmiştir. Veriler toplam 50 raund kazısı için alınmıştır. 50 raund için kazı süresi, bulon delgi süresi, püskürtme beton süresi, iksa montajı süresi, pasa nakliyatı süresi, bekleme süresi ve çelik hasır montaj süresi alt alta toplanarak yüzdelik dilimde ortalamaları alınmıştır. Kazı süresi, bulon delgi süresi, püskürtme beton süresi, iksa montajı süresi, pasa nakliyatı süresi, bekleme süresi ve çelik hasır montaj süresi sırasıyla ortalama, 4.5, 2.52, 1.27, 1.09, 1, 0.9, 0.57 olarak hesaplanmıştır. Yüzdelik dilimde ise % 38, % 21, % 11, % 9, % 8, % 8 ve %5 olarak belirlenmiştir. M2 Kağıthane istasyonunun yüzdelik çalışma performans grafiği Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2: M2 Kağıthane istasyonunun yüzdelik çalışma performans grafiği

Günlük yapılan kazılar ışığında 1 raund için ilerlemeler 1 ile 0,8 metre arasında değişmektedir. Kazılan yüzey alanı ise 59,79 m^2 dir. Bu bilgiler ışığında kaydedilen *IBR* değerleri, 6,29 ve 31,88 m^3/saat arasında değişmektedir.

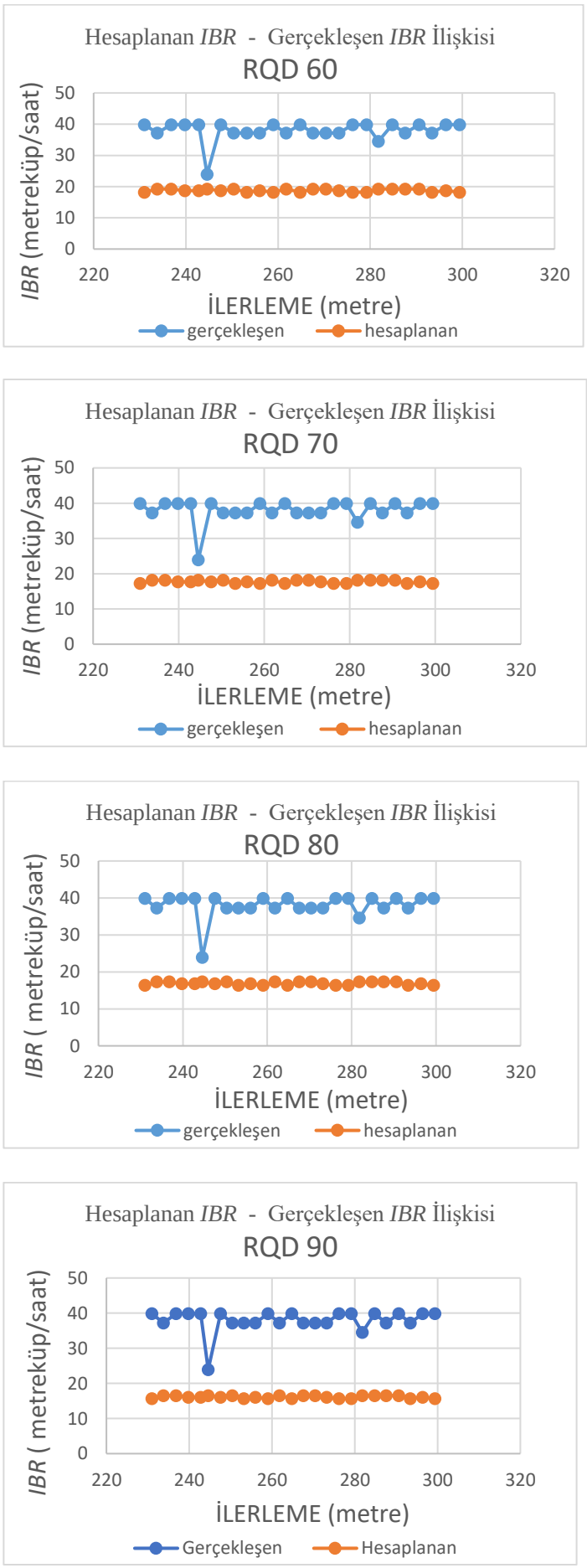
3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri, darbeli kırıcıların performansını etkileyen en

önemli parametreler arasındadır. Laboratuarda test edilen kayaç örnekleri, darbe kırıcının kullanıldığı İstanbul Gayrettepe – Yeni Havalimanı tünel projesi Kağıthane istasyonundan alınmıştır. Kaya örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) (Ulusay ve Hudson, 2007) standartlarına göre belirlenmiştir. Tünelin yüzeyinden elde edilen biçimsiz kayaç örnekleri testere yardımlarıyla boyutlandırılmıştır. Numunelerin dolaylı yoldan dayanaımlarını belirlemek için nokta yük indeksi testi kullanılmıştır. Bu deneyler, projeden elde edilen 25 numune üzerinde yapılmıştır. 1.aşamada sol üst yarıdan kaya numuneleri alınmıştır. Sonuçlar 71,84 *MPa* ile 65,31 *MPa* arasında değiştiği belirlenmiştir.

4 SONUÇ

Saha ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen nokta yük test sonuçları ile darbeli kırıcıların kazı performans verileri detaylı olarak incelenmiştir. Kayaçların basınç dayanımı değerleri ile *IBR* arasında mantıklı bir istatiksel ilişki bulunamamıştır. Daha sonra ise kaya örneklerinin *RQD* 60, *RQD* 70, *RQD* 80, *RQD* 90' daki *RMCI* değerleri hesaplanmış ve buradan Anlık kazı oranı (*IBR*) hesaplanmıştır. Gerçekleşen ve hesaplanan *IBR* karşılaştırması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: Hesaplanan ve gerçekleşen *IBR* grafikleri

Yapılan hesaplamalar sonucunda, gerçekleşen ve hesaplanan *IBR* değerleri arasında büyük bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Gerçekleşen *IBR* hesaplanan *IBR* değerinden yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi, hidrolik kırıcının süreksizlik yüzeylerinden faydalanarak daha yüksek kazı hızlarına ulaşmış olması olarak açıklanabilir.

5 KAYNAKLAR

Bilgin, N., Kuzu, C. and Eskikaya, S. (1997). "Cutting performance of rock hammers and roadheaders in Istanbul metro drivages", *Word Tunnel Congress*, Balkema.

Heiniö, M. (1999). "Rock excavation handbook for civil engineering", Sandvik, Tamrock.

Tuncdemir, H. (2008). "Impact hammer applications in Istanbul metro tunnels", *Tunnelling and Underground Space Technology* **23**(3): 263-273.

Ulusay, R. and Hudson, J. A. (2007). "The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006", International Society for Rock Mechanics, Commission on Testing Methods.

Investigation Of The Sublevel Stoping Opeartion In Dundee Precious Metals Chelopech Mine Bulgaria

Dundee Precious Metals Bulgaristan Chelopech Madeninde Arakatlı Kazı Yönteminin İncelenmesi

N.Ramadhan, T.Hudaverdi,

Istanbul Technical University,Mining Faculty,Mining Engineering Department.

ÖZET Bu çalışma Bulgaristan'da bulunan Dundee Precious Mines Chelopech yeraltı altın madenindeki üretim yöntemini detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Yeraltından cevherin çıkarılması ve kazı aynalarının hazırlanması amacıyla mühendisler pek çok faaliyeti planlamaktadırlar. Chelopech madeninde uygulanan yöntem arakatlı kazı yöntemidir. Bu metot tahkimatsız üretim yöntemleri arasında sınıflanmaktadır ve sağlam veya orta sağlamlıktaki kayaçlar için; dik, kalın, büyük boyutlu yataklarda uygulanmaktadır.

İlk olarak üretim yönteminin temel özellikleri tanıtılmıştır. Hazırlık işlerinde delme ve patlatma operasyonu incelenmiştir Ayrıca üretim amacıyla uzun deliklerle gerçekleştirilen patlatma operasyonu incelenmiştir. Tahkimat faaliyetleri değerlendirilmiştir. Nakliyat operasyonu ve kullanılan ekipmanlar gözlenmiştir. Havalandırma, su atımı ve telekomünikasyon gibi yardımcı operasyonlar incelenmiştir. Maden planlama yazılımlarının kullanımı tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler : Delme,Patlatma,Tahkimat,Havalandirma

ABSTRACT This thesis explains the production method of Dundee Precious Mines Chelopech underground gold mine, Bulgaria. In order to extract mineral from underground, engineers plan many activities to develop stopes and to reach the ores. The production method of Chelopech mine is the sublevel stoping. This method is classified as an unsupported underground production method and applied in strong to moderate competent rocks for tabular, steep, thick and large size deposits.

Firstly, basic specifications of production method were described. Drilling and blasting activities were investigated for development operations. Also, longhole blasting operation which was performed for production was examined. Rock supporting operations were evaluated. Haulage operation and the equipment were inspected. Ventilation, water management and drainage, telecommunication operations were inspected as axillary operations. Use of mine planning software was discussed.

Keywords : Drilling,Blasting,Support,Ventillation

1 INTRODUCTION

Bulgaria is one of the countries in the world which can be considered as a sufficient underground mineral reserve. Along with the national development the needs of mineral reserves are enhanced. Moreover, the needs of space for processing the underground and surface materials by the mining sectors are also increased.

Among the materials which should be given more attention are gold, copper and, silver. Some provinces and regions in Bulgaria give immense gold reserves that many national and international companies are interested in investing on it. But, in other regions, the gold reserves may be seen as too small in amount and less profitable or uneconomical to the mining activities on a great scale. This material can be found in the nature in the form of chunks or grains in rocks, underground veins or saturations.

Moreover, these studies of Sublevel stoping method helps the students to do further studies on graduation project in which the student focused on the underground gold mine sectors.

Figure 1: Location of Chelopech Mine Dundee precious mineral

2 PRODUCTION METHODS

2.1 Sublevel Stoping Method

The sublevel stoping mining method is usually applied to relatively steeply dipping, competent ore body, surrounded by the competent wall rock. Ore is produced by drilling and blasting longholes, which can range from 50 mm (2 inch) to 200 mm (7 7/8 inch) diameters,with lengths up to 90 m (300 ft). Longhole can be inclined in any direction, but the ring patterns usually forms a plane, and the holes are blasted as a unit. Recently developed mobile drilling and loading machine, as well as new explosive products, blasting technique, cemented sand and rock fill have made sublevel stoping a highly efficient and versatile mining methods.

PARAMETER	VALUE
Stope high	30-60 m
Stope width	20 m
Stope lenght	Up to 90 m
Secodary stope Max.lenght	Up to 40 m
Blast hole diameter	89 mm

Table 1: Longhole stoping method parameter in Dundee Mining precious mine

Electric Power	1000 Volts
Hoisting System	Conveyor belts
Production/Day	6111 t/day
Depth of mining	850 m
Number of shift per/week	3shift/day or 21 shift/week
Ore produced/year	2,2 Mt ore/year
Total stope	49 stopes/year
Development	6077 m
Production ore (from stopes only)	1954000
Number of worker underground	286
Productivity / one man shift	21.4 t ore /manshift

Table 2: General information table of DPM Chelopech Mine

2.1.1 Structure of mine and Production Methods in Chelopech Mine

Opening of the mine or the way to production area and development project in Dundee Precious Metals are provided through the West part of Decline called “vyara” and the Central part of Decline called “Nadejda”.Furthermore, there are also 3 shafts which are not be utilized for main entrance of the mine.In addition to that, shafts are used only for transfering an Blasting material to the production or manway of the workers.Other way to reach underground is by following the ramps which are connecting the level of the production stopes.The structures of the sections area of the ramps and levels are kept to be between 28-30 m^2.

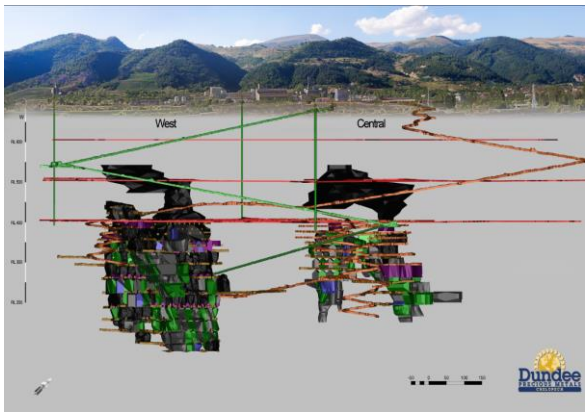


Figure 2: Detailed Structure of Chelopech Mine

3 DEVELOPMENT OPERATION

3.1 Blasting

The activity of blasting which is done during the development activity has an aim to fragment the rocks in order to open an access or way for the workers and the mining machines and also used for the creation of cross cut, rump up and rump down to the next production front. The charging of blasting product is done similarly with the production blasting activity. The only difference is that the blasting during the development phase uses power gel exan dynamite.

Figure 3: Blasting material of ANFO produced by EXAN

3.2 Smoke Clearing

Smoke clearing is applied to clear the blast fumes by a blower together with a exhaust ventilator to give fresh air to the blasted area and take off any toxic material which is produced after blasting to the surface and the air in the front can be normalized.

3.3 Washing

A mining activity used to clear off dusts and fumes after blasting performed,this activity is done by spraying the water by water truck with the helped of Jumbo Drill.

3.4 Scalling

The aim of this activity is to secure the cracked or broken rocks on the roof which to prevent any damages and danger to the workers or mining machines.

3.5 Meshing

The type of mesh used here is the weld mesh type which is helped with installation of rockbolt and sometimes added with strap to include more security the installation is done by helped of jumbo drill.

Figure 6: Mesh for supporting the roof in development process

3.6 Upper and Lower drilling

Upper and lower drilling is done to create openhole for blasting activity. The aim of upper drilling is used in heading face (roof). Upper drilling activity is done with Jumbo drill located above the muck level to be easily accessible.

Figure 4: Mesh for supporting the roof in development process

After the upper drilling and lower drilling is done, the open hole is ready to be filled with blasting materials

Figure 5: Drilling activities in the face of development

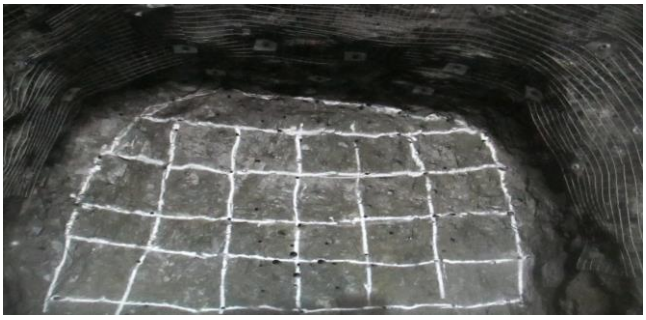


Figure 7: Drilling pattern of development drift

Figure 8: The view of drilling pattern from jumbo drill

4 PRODUCTION OPERATION

4.1 Production Drilling

Production driliing is the mine activity used to drill production (ring) blast holes, which are charged with explosives and that are initiate to cause crack/fragment rocks from the main orebody to get the valuable ore which is economical to be mined. Drilling activities for mining stopes in Dundee Mining Precious mines are performed by production drill rig type SOLO7-7V and SOLO DL420-15C.

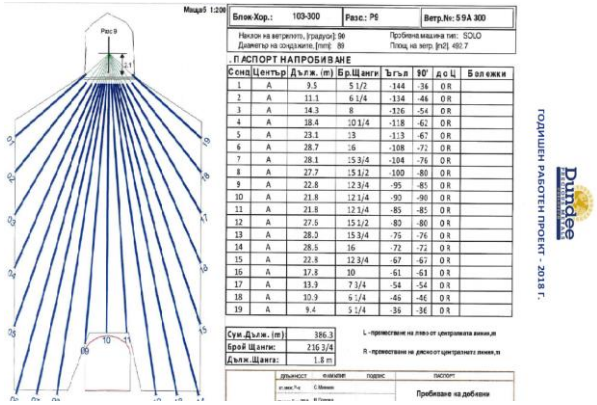


Figure 9: Production drill ring from block 103 and level 300

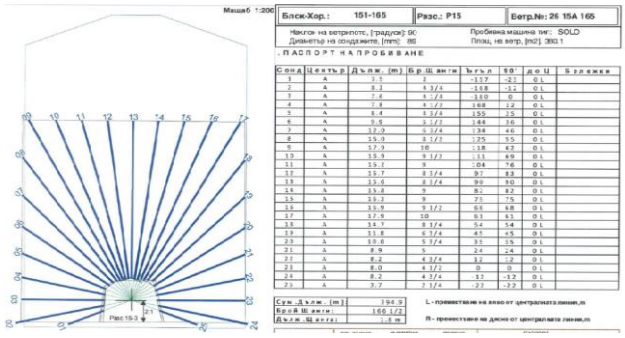


Figure 10: Production drill ring from block 151 and level 165

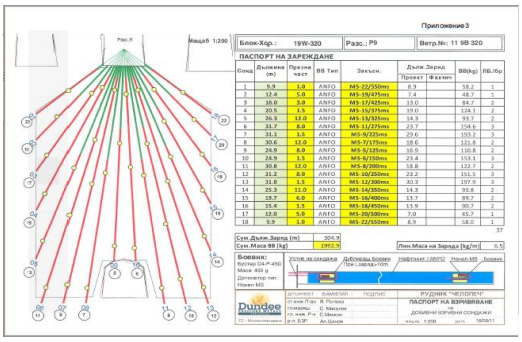


Figure 11: Production drill ring from block 19W and level 320

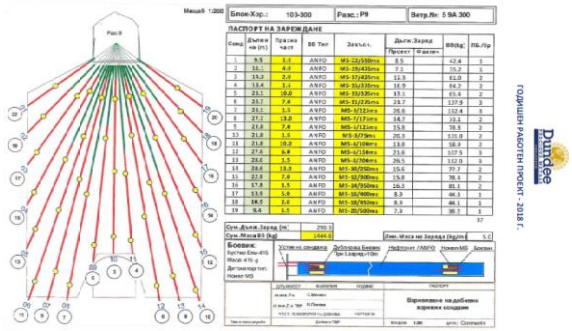


Figure 12: Production drill ring from block 103 and level 300

Production Equipments Available in DPM Chelopech Mine can be seen in Table 3.

NO	EQUIPMENT	TYPE	AVAILABLE
1	FRONT LOADER	LH517	6
2	DUMP TRUCK	TH550	5
3	DUMP TRUCK	TH545	2
4	DEVELOPMENT DRILL RIGS	AXERA 7-260 CABINE	1
5	DEVELOPMENT DRILL RIGS	AXERA DD 422I CABINE	3
6	PRODUCTION DRILL RIGS	SOLO 7-7VCABIN	1
7	PRODUCTION DRILL RIGS	SOLO DL420-15C	3

Table 3: Production equipments in Dundee Mining Precious Metals Chelopech Mine 2018

5 CONCLUSION

In conclusion, the gold deposit in chelopech mine is located 70 km from Sofya city which is the Capital city of Bulgaria. The targeting ores are mainly gold , silver, and copper minerals. Stages of excavating the ores are began with the development operation which have several steps including ; blasting ,smoke clearing, washing, scalling, meshing, upper and lower drilling by Axera DD 422I Cabine and Axera 7-260 Cabine from Sandvik company. After that, production activities were started with the stope design parameters such us ; Length and Width, height, drawpoint, location and design, Slot Raising or slotting, undercutting, production drilling ,Production Blasting. The stopes are developed on (30, 60 or 90 m) floor to floor sublevel intervals and all raising is done by conventional methods by the help of Raise Boring Machine from portuguese company Drillcon. Morever, the design software used by the mine planning engineers to design the stope are GEMS GEOVIA. Old design of the stopes with 60 m stopes high are completely changed to new design stopes with 30 m stopes highin order to not remote control mucking , operator stays outside the braw, keep draw point blocked with material , no air recirculation through the stope, and no damages from rock falls.

6 REFERENCES

https://inductiveautomation.com/what-is-scada

https://www.dundeeprecious.com/English/Operating-Regions/Current-Operations/Chelopech/Overview/default.aspx

Hudaverdi T., 2015. MAD 243E- Undeground Mining Lecture Notes, ITU Faculty Of Mines, Mining Engineering Department.

http://www.drillcon.se/subsidiaries/drillcon-iberia

Gesheva, N 2017 Dundee Precious Mines 2017 Annual production

https://www.3ds.com/products-services/geovia/products/gems/

https://www.minemax.com/products/igantt/

Hustrulid, 1982. SME underground mining methods handbook

http://karmamakina.com/en/drillcon-raise-boring-contracting-services/

Eti Maden Bigadiç Bor İşletmesinde Delme Patlatma İşlerinin Etüdü

Evaluation of Multi-Row Blasting Operations in the Eti Maden Bigadiç Bor İşletmesi

B.Abdyyev, T.Hüdaverdi, Ö.Akyıldız
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Açık işletmelerde, delme-patlatma yoluyla yapılan kazılarda en düşük delme, patlatma ve yükleme maliyetinin elde edilebilmesi, optimum delme-patlatma ile mümkündür. Bu bildiride ETİ Maden Bigadiç Bor İşletmesinde, delme patlatma tekniği incelenmiştir. Açık ocak sahasında kullanılan delici makinenin toplam çalışma süreleri, delme hızı, toplam delme uzunluğu belirlenmiş olup makinenin performans ve maliyet analizi yapılmıştır.

Patlatma operasyonunda ise ETİ Maden Bigadiç Bor açık ocak işletmelerinde kullanılan patlayıcı maddeler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Patlatma faaliyetleri incelenmiş olup, patlatma tasarımı parametreleri hesaplanmış ve bu parametreler Olofsson, Bhandari ve Naapuri'ye göre karşılaştırma yapılmıştır. WipFrag yazılım programı kullanılarak patlatma sonrası oluşan kayaç parçalanması analizi yapılmıştır.

Son olarak delme patlatma işlerinin çevreye etkileri hakkında bilgiler verilmiş ve alınacak önlemler hakkında bahsedilmiştir.
Anahtar Kelimeler: ANFO, delme ve patlatma, patlatma tasarımı, parçalanma boyut analizi.

ABSTRACT In open pit mining where excavation done by drilling and blasting, the overall cost effectiveness of the production operations is achieved by optimization of drilling and blasting. In this thesis, drilling and blasting techniques were investigated in ETİ Maden Bigadiç Bor İşletmesi. Total working time, drilling speed, total drill length of drilling machine, were investigated and performance and cost analysis were made by using these measure data.

In the blasting operation, general information of blasting materials, used in the ETİ Maden Bigadiç Bor İşletmesi, was given. The blast design parameters were calculated and the results compared to Olofsson's, Bhandari's and Naapuri's theoretical approach. By using WipFrag software application, particle size analysis of batch after blasting was investigated.

Finally, environmental effects of blasting operation and precautions can be taken against these effects were mentioned.
Keywords: ANFO, drilling and blasting, blast design, particle size analysis.

1 İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1.1 Coğrafik Konumu

İşletme Müdürlüğü, Bigadiç ilçesinin 12 km Kuzeydoğusunda Osmanca Köyü hudutları içinde kurulmuştur. Osmanca Köyü İşletmeden 2 km uzaklıkta olan Maden Sahalarının içinde kalan İskele Beldesi'ne bağlıdır. İş yerlerinin işletmeye olan uzaklıkları 1-5 km arasında değişmektedir. Bigadiç Marmara ve Ege bölgelerinin iklimlerinden etkilenmiştir. Yılda ortalama 62 cm^3 yağış almaktadır ve özellikle kış aylarında faaliyetler durma noktasına gelmektedir.

1.2 İşletmede Faliyet Gösteren Ocaklar

Bigadiç Eti bor işletmesinde faliyet gösteren üç farklı maden sahası bulunmaktadır. Bunlar Simav açık ocağı, Tülü açık ocağı ve Acep açık ocağıdır.

1.2.1 Simav açık ocağı

Simav Açık Ocağı itfa oranı ise 10.57 m^3/ton dur. Daha önce Simav çayı geçmekte olan vadi yapısına sahip bölgenin örtü tabakası çok ince malzemeden oluşmaktadır. Cevher damarları arasında 3-6 metre kalınlığında kil, kireç taşı, marn tabakaları mevcuttur.

Şekil 1. Simav Açık Ocağı

2 DELME FALİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Delme faaliyetlerinin planlanırken iki temel faktör göz önünde tutulmalıdır. Bunlar delici makinaların teknik özellikler ve kayaçların sondaj özellikleridir. Eti Maden Bigadiç Bor işletmelerinde Atlac Copco FlexiROC D60 markalı delici makineler kullanılmaktadır. Tijlerin çapı 6 inç (15,2 cm) olup tijlerin bağlı olduğu 90^0 yatıp kalkabilen bir kule vardır. İstendiği takdirde pim ayarı yapılarak eğimli delik delinmesi mümkündür. FlexiROC D60, kolay doldurma için deliği temiz tutacak kadar bol miktarda havayla düzgün delikler sağlamaktadır. DTH çekicinin verimliliği yüksektir, buda hassas bir şekilde eşleştirilen kompresör kapasitesine dayanır.

2.1 Delme Operasyonlarının İncelenmesi

Patlatma yapılması istenen bölgede açılan deliklerin, hangi düzen içerisinde açılması gerektiği, patlatmadan sorumlu olan maden mühendisinin bilgisi ışığında yapılmalıdır. Günümüzde genel olarak belirlenmiş olan bazı delik düzenleri, kare, şeşbeş, dikdörtgen şekillidir. ETİ Maden Bigadiç Bor açık ocak işletmelerinde şeşbeş delik düzeni uygulanmaktadır.

2.1.1 Delme performans ölçümleri

Simav açık ocağında üç farklı delme operasyonunda AtlasCopco FlexiROC-D60 delici makinesinin performansı incelenmiş olup, inceleme sonucu makinenin ortalama delme hızı 78,6 m/saat olarak ölçülmüştür. 10 m'lik delikleri ortalama 8,04 dakikada delinmektedir.
Tablo 1'de Simav açık ocağında ilk delme operasyonu için delici makine performans ölçümleri verilmiştir.
Tabloya göre sonuçlar:

- Delici Makinesinin delme hızı 80,2 m/saat 'dir.
- 1 delik ortalama 7 dakika 48 saniyede delinmektedir.
- 12 delikten 120 metre delik, toplam 1 saat 30 dakika 16 saniyede delinmektedir.

Delik no:	1.Tij Delme süresi (sn)	Tij ekleme süresi (sn)	2.Tij Delme süresi (sn)	Toplama süresi (sn)	Manevra süresi (sn)	Toplam süre (sn)	Delik boyu (m)
1	223	18	129	47	46	463	10
2	255	17	130	60	22	484	10
3	216	14	125	48	21	424	10
4	175	15	125	40	24	379	10
5	213	20	129	53	30	445	10
6	221	22	124	38	45	450	10
7	214	18	135	42	43	452	10
8	225	19	125	41	58	468	10
9	201	21	135	44	49	450	10
10	219	20	131	42	45	457	10
11	221	19	128	39	51	458	10
12	215	22	126	45	48	456	10
Ortalama (sn)	216,5	18,75	128,5	44,9	40,16	448,8	10

Tablo 1. İlk Delme Operasyonunun Performans Verileri

2.5 Delme Maliyeti Hesabı

Delik boyu, delici makine fiyatı, yakıt sarfiyatı gibi bilgilerden faydalanarak toplam delme maliyeti ve delik başına düşen delme maliyeti hesaplanmıştır. İncelemeler sonucunda metre başına düşen delme maliyeti 2,58 TL/m, delik başına düşen delme maliyeti de 25,8 TL/delik olarak tespit edilmiştir.

3 PATLATMA FALİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Açık ocak maden işletmeciliğinde dekepaj ve üretim basamaklarında makinelerin daha rahat kazı yapabilmeleri için patlatma faliyeti gerekmektedir. Patlatma faliyeti önceden planlanır ve basamak yüzeylerinde açılan deliklere uygun patlayıcılar şarj edilerek gerçekleştirilir.

3.1 Kullanılan Patlayıcı Maddeler

Patlayıcı maddeler ısı, sürtünme, darbe veya bütün bunların bileşimi ile dışarıdan herhangi bir elemanın kimyasal katkısı olmaksızın çok hızlı reaksiyona giren ve genellikle gaz ürünler veren organik yada inorganik bileşimlerdir. ETİ Maden Bigadiç Bor işletmesinde bu tez kapsamında incelenmiş patlatma faliyetinde kullanılan maddeler şunlardır;

- Blue Anfo ticari markalı anfo patlayıcı
- Kapsüle duyarlı patlayıcılar
- Elektriksiz (Non Electrik) Gecikmeli kapsüller

Blue Anfo'nun patlatma performansı delik çapına göre değişmektedir. Kritik çap olarak 45 mm üstünde kullanılması tavsiye edilir.

Şekil 2. Blue Anfo Patlayıcı

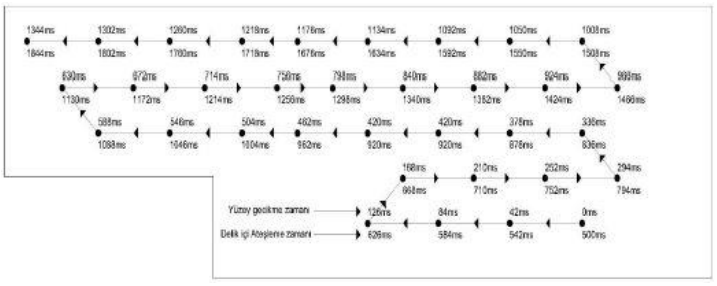
TEKNİK ÖZELLİKLER	BLUE ANFO
İdeal İnfilak Hızı (VOD)	3700-4000 m/sn
Enerji	3,75 Mj/kg
İnfilak Isısı	2725 ^{0}C- 2840^{0}K
Gaz Hacmi	975-980 lt/kg
Yoğunluk	0,79-0,82 g/cm^3
Suya Daynımı	Yok
Abalaj	25 Kg

Tablo 2. Blue Anfo Teknik Özellikler

3.2 Patlatma Tasarımı ve Ateşleme Düzeninin İncelenmesi

Ateşleme sistemleri, patlatma operasyonlarının başlangıç kısmını oluşturmakla beraber en önemli kademelerinden birisidir. Patlatma operasyonunu en verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi bakımından gerek aynı sıradaki delikler arasında, gerekse delik sıraları arasında uygun bir gecikme süresinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu tez kapsamında Simav açık ocağında iki tane dekepaj patlatması incelenmiştir. ETİ Maden Bigadiç bor açık ocak işletmelerinin patlatma işlerini ihaleyi almış olan Komando Av Explosive Group tarafından yapılmaktadır. Yapılan dekepaj patlatmaları işinde delik düzenleri şeş beş düzeninde olup, 42/500 (42 ms yüzey gecikme, 500ms delik içi gecikmesi) ateşleme sistemi kullanılmıştır. Aynı anda patlayan delik sayısı yalnızca birdir.



Şekil 3. Simav Açık Ocağı İlk Patlatma Operasyonu Ateşleme Düzeni

Şekil 3'de görüldüğü gibi atım 5 sıra olarak planlanmıştır. İlk 2 sırada delik sayısı azdır, 4'er delik mevcuttur. Ateşleme ilk sıranın en sağından başlamaktadır. Toplam ateşleme süresi 1848 milisaniyedir. Aynı anda patlayan delik sayısı 1'dir. Diğer bir deyişle her delik farklı bir zamanda patlamaktadır.

3.3 Patlatma Parametrelerinin İncelenmesi

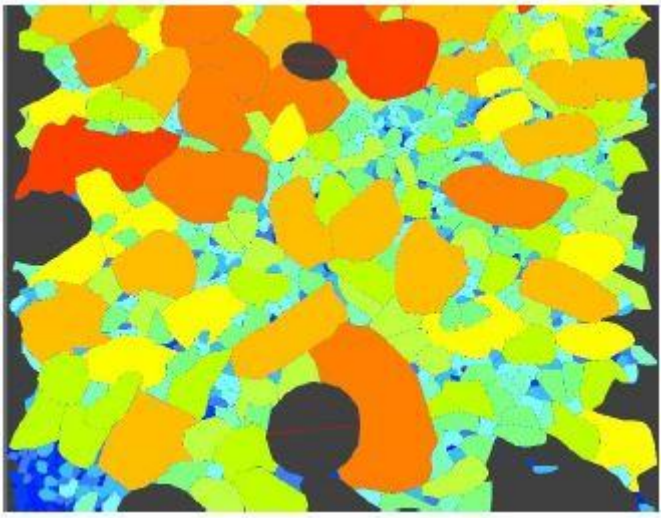
Olofsson, Bhandari ve Naapuri'ye göre patlatma tasarımı parametreleri incelenmiş ve arazide uygulan değerlerle karşılaştırılmıştır. Literatürden elde edilen tasarım değerleri ve ölçülen değerler büyük ölçüde birbirne yakındır. Ölçülen dilim kalınlığı ile hesaplanan dilim kalınlığı arasında ortalama %11,6 mertebesinde bir fark vardır.

	Sahada Uygulanan Gerçek Değerler	Olafsson'a Göre Hesaplanmış Değerler	Bhandari'ye Göre Hesaplanmış Değerler	Naapuri'ye Göre Hesaplanmış Değerler
Delik Yükü (B) m	5 m	4,44 m	4,5 m	4,32
Alt delme (U) m	0,5 m	1,4 m	1,35 m	1,3 m
Delik Boyu (H) m	10 m	10,9 m	10,85 m	10,8 m
Delikler Arası Mesafe (S) m	6 m	5,55 m	4,96 m	5,4 m
Sıkılama (T) m	5,4 m	4,44 m	4,95 m	3,88 m
Şarj Yüksekliği (h) m	4,6 m	6,46 m	5,9 m	6,92 m
Özgül Şarj (q) kg/m³	0,31 kg/m³	0,4 kg/m³	0,403 kg/m³	0,452 kg/m³
Delik başına şarj miktarı (Q) kg	90 kg/delik	93,67 kg/delik	85,55 kg/delik	100,34 kg/delik

Tablo 3. Sahada Uygulanan Değerler ile Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması

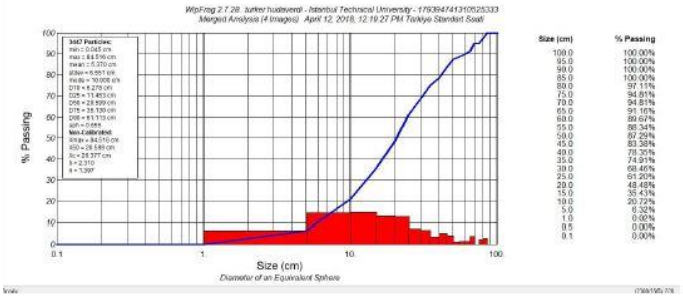
3.4 Parça Boyut Dağılımının İncelenmesi

Parçalanma analizlerinin incelenmesinde çeşitli metotlar uygulanır. En verimli metotlardan birisi de, parçalanma sonucu oluşan tane boyutlarının dijital görüntülerinin elde edilmesi ve bu görüntülerin dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak işlenmesidir. Bu tez kapsamında parçalanma analizlerini incelenmesi aşamasında WipFrag programı kullanılmıştır. Bu program kapsamında patlatma işlemi sonrasında yığından görüntü alınmakta, zenginleştirme ve biçimlendirme işlemlerinden geçirilerek köşeler belirgin hale getirilmektedir. Bu işlemden sonra program, tanelerin her bir dijital görüntü işleme algoritması içinde belirlenmesini sağlar.



Şekil 4. Yığın için Blok Boyutları Belirlenen Örnek Bir Fotoğraf

Şelkil 4'de verilmiş olan boyut dağılım grafini elde etmek için yığının 4 farklı nosktasıdan alınan ölçekli fotoğraflar analiz edilmiştir. Daha sonra analiz sonuçları birleştirilerek tüm yığın için bir boyut dağılım eğrisi oluşturlmuştur.



Şekil 5. Atıma Ait Boyut Dağılım Eğrisi

Grafikte görüldüğü üzere program 3447 parçayı incelemiş ve bu incelemeler sonucunda parça boyutlandırmasını vermiştir. Birinci patlatma işlemi parçalanma analiz sonucunda ortalama parça boyutu (d50) 20,59 cm, en küçük parça boyutu 0,045 cm ve en büyük parça boyutu da 84,51 cm'dir. Grafik eğimini veren üniformite indeksi (n) 1,397 mertebesindedir.

3.5 Patlatma Maliyeti Hesabı

Toplam patlatma maliyeti ve birim patlatma maliyeti hesaplanmış olup, toplam patlatma maliyeti 190,7 TL/delik ve birim patlatma maliyeti de 0,67 TL/m3 olarak tespit edilmiştir.

4. DELME VE PATLATMANIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Doğru ve verimli bir patlatma gerçekleştirebilmenin en önemli sonuçlarından bir tanesi de çevresel etkilerin en düşük seviyede olması ve herhangi bir tesisisin en ufak hasar dahi görmemiş olmasıdır. Patlatma kazılarının önem kazandığı sektörlerde, patlatmadan sorumlu personelin çevresel etkilerin en düşük seviyede olucak şekilde tasarımlar yapması ve kontrollü bir patlatmalar gerçekleştirmesi gerekmektedir. Patlatma işleminin çevreye verebilecek dört etki aşağıda sıralanmıştır:

1. Kaya fırlaması
2. Toz emisyonu
3. Titreşim (Yer sarsıntı)
4. Hava şoku

4 SONUÇLAR

ETİ Maden Bigadiç Bor açık ocak işletmelerinde Simav, Tülü ve Acep acık ocakları olmak üzere üç ocakta üretim yapılmaktadır. Bu bildiride Simav açık ocağında delme ve patlatma faliyetleri incelenmiştir. Tez kapsamında delici makinen performans ölçümler yapılmıştır ve inceleme sonucu makinenin ortalama delme hızı 78,6 m/saat olarak ölçülmüştür. 10 m'lik delikleri ortalama 8,04 dakikada delinmektedir.

ETİ Maden Bigadiç Bor işletmesinde patlatma operasyonunda Blue Anfo patlayıcı maddesi kullanılmakta olup kuru deliklerde 10 m'lik deliklere 90 kg Blue Anfo ve sıkılama malzemesi olarak da, delik delinirken delici makinenin çıkartığı tozlar kullanılmıştır.

WipFrag programı kullanılarak işleminin parçalanma analizleri incelenmiştir. İncelenmiş patlatma operasyonu için 3447 parça incelenmiş ve bu inceleme sonucunda ortalama parça boyutu (d50) 20,59 cm, ve en büyük parça boyutu da 84,51 cm olarak bulunmuştur. Ünifromite indeksi (n) 1,397 mertebesindedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince sabrını ve yardımını benden esirgemeyen, bilgi birikimiyle sürekli yanımda olan değerli danışmanım Sayın Doç.Dr Türker HÜDAVERDİ'ye, desteğini esirgemeyen Araş.Gör. Özge AKYILDIZ'a ve üzerimde emeği bulunan bütün hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Alpaydın, E., Alpsar, M., Elmacı, E., Halıcılar, G., İnal, H. S., İşcen, H. İ., Patır, O., Özkazanç, M.O., 2012, "Patlayıcı Maddeler ve Patlatma Teknikleri", NitroMak Yayınları, Ankara, Sf. 44, 105-110.

Sayınbatur, O. (2011). "Açık Maden İşletmelerinde Patlatma Delikleri ve Patern Tasarımı Üzerine Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği, Kütahya, Sf. 3,11

Aksoy, M. 2009. "Patlatmadan Kaynaklanan Titreşim Dalgalarının, Stokastik Yaklaşımla 3-Boyutlu Sayısal Analizi". İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul, Sf.26-29

Komando Av Silah Patlayıcı San Tic. A.Ş. " Ürün Katolog ve Broşürleri "
http://www.komandoav.com/tr/katalog.aspx

Olofsson, S. O., 1988, "Applied Explosives Technology for Construction and Mining", Applex, Sweden, Sf. 35-44.

Eti Bakır A.Ş. Kastamonu Küre Yeraltı Bakır Madeninin Havalandırma Sistemlerinin İncelenmesi

Eti Bakır A.Ş. Investigation of Ventilation Systems of Kastamonu Küre Underground Copper Mine

B.Coşkun, A. Fişne, A. Soylu

İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu bitirme çalışmasında Eti Bakır A.Ş. Küre Bakır madeninin havalandırma sistemi incelenmiştir. Bu çalışmada ilk olarak maden işletmesi tanıtılmıştır ve ocak hakkında ve yeraltı maden havalandırması hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Ardından havanın sıcaklığı, nemi, basıncı ve hızı belirlenen 15 istasyonda ölçülmüştür. Toz ölçüm sonuçları incelenmiştir. Bu veriler doğrultusunda havanın niteliği ve niceliği incelenip değerlendirilmiştir. Madenin hava hızı ve kesitleri ile beraber hava miktarları hesaplanmıştır. İşçi sayısı, dizel motorların gücü ve patlayıcı madde miktarlarına göre hava miktarının yeterli olup olmadığı belirlenmiştir. Ana fanlar ve tali fanların yerleri, konumu ve nasıl bağlandıkları incelenmiştir. Ventsim Visual™ simülasyon programında madene hava girişi, galerilere dağılması ve kirli havanın ocağı terk etme yerleri, ara egzoz kuyuları ve havanın yetersiz kaldığı galeriler belirlenmiş, hava hızı bakımından da incelemeler ve yorumlar yapılmıştır.

ABSTRACT In this this graduation project, the ventilation system of Eti Bakır Company Küre Copper mine has been examined. In this study the mining operation was introduced and general information about the Küre Copper Mine. Air temperature, velocity, humidity and pressure were measured at 15 stations where were determined. The quality and quantity of the air together with these data have been examined and evaluated. Air quantities have been compared whether or not it is adequate in aspects of number of workers, power of the diesel motors and amount of the explosive. The location, position and how the main and auxiliary fans are connected were examined. In the Ventsim Visual ™ simulation program, the air entrances of the mine, the distribution of air in galleries and the output area of the polluted

air, exhaust shafts and the galleries in which the air is insufficient were determined and the air velocity was also examined and interpreted.

Keywords: Ventilation, Underground, air quantity

1 GİRİŞ

1.1 Eti Bakır A.Ş. Küre Yeraltı Bakır Madeni

Eti Bakır A.Ş. Küre Bakibaba yeraltı ocağında üretim arakatlı geri dolgulu göçertme yöntemi ile yapılmaktadır. Cevher göçertilip alındıktan sonra geri dolgu yapılmaktadır. Bu şekilde cevherin %100'ünün üretilmesi hedeflenir.

Cevhere taban kayacında açılmış spirallerden sürülen kat galerileri ile ulaşılmaktadır. Kat galerileri açılıp panoya ulaştıktan sonra güney ve kuzey olmak üzere cevhere ulaşmak için iki adet kılavuz yol açılır. Kılavuz galerilerinden cevhere ulaşmak için üretim galerileri açılır.

1.2 Jeolojik Formasyon

Küre formasyonu, çalışma sahasının en yaygın kayaç topluluğunu oluşturan ultramafik kayaçlar üstüne ters bir fayla gelmiştir ve altta bazaltik volkanik kayaçlar ile başlar, üste doğru kalın bir çökel istife geçer. Alt düzeylerde masif olan bazaltik volkanik kayaçlar, yukarı doğru yastık lav ve en üst seviyelerde ise breşik karakterdedir. Çökel kayaçlar ise siyah şeyl, silttaşı, kumtaşı ile ender olarak da üst bölümlerde kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı seviyelerinden ibarettir. Bu dizinin alt kesimleri çok ince taneli siyah şeyl, üst kesimleriyse kumtaşı ağırlıklı olup, üste doğru tane büyümesi görüldüğünden regresif karakterli olduğu anlaşılmaktadır (Güner, 1980).

2 HAVA MİKTARININ BELİRLENMESİ

Çalışılan cevherin cinsi ve diğer faktörler, ocağın havalandırılması için gerekli hava miktarını etkiler. Gazlı ocaklarda ocak havasına karışan gaz miktarına göre, metal madenlerinde ise ateşlemesi yapılan patlayıcı madde ve toz oluşumlarına göre gerekli temiz hava miktarı hesaplanır.

Hava miktarının belirlenmesi aşağıdaki ölçütlere dayanır;

- Kullanılan araçların gaz emisyonları
- Ocaktaki maksimum işçi sayısı
- Yayılan gazların miktarı
- Üretim miktarı
- Patlayıcı madde tüketimi
- Toz konsantrasyonu (Güyagüler, 1991).

.

2.1 Eti Bakır A.Ş. Küre Yeraltı Bakır Madeninde Hava Miktarının Belirlenmesi

Bir madende havalandırma sisteminin belirlenmesi için öncelikle gerekli hava miktarının belirlenmesi gereklidir. Eti Bakır A.Ş. yer altı madeninde gerekli temiz hava miktarı SIA 196 normlarına göre hesaplanmış ve bulunan miktara göre yeraltına temiz hava sağlamak üzere havalandırma projesi yapılmakta ve kontrolü de havalandırma ölçümleri ile sağlanmaktadır. Bakibaba yer altı madeni için gerekli temiz hava miktarının hesaplanması üç kriter esas alınarak yapılır;

- Çalışan hava ihtiyacı
- Dizel makineler hava ihtiyacı
- Patlatma sonrası hava ihtiyacı

3 MEVCUT HAVALANDIRMA SİSTEMİ

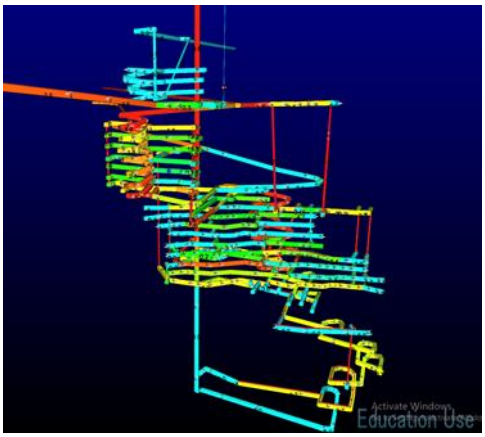
Bakibaba yer altı ocağına temiz hava 775 kotundaki ocak girişinden ve 1111 kotundaki ana havalandırma kuyusundan sağlanmaktadır. Ana nakliye kuyusu olarak da kullanılan bu kuyunun boyu 961 metredir. Toplamda bu kuyudan 152 m^3/s hava girişi olmaktadır. Bu hava üretim galerine desandrelerle ya da ana yol veya rampalar vasıtasıyla ulaşmaktadır. 775 kotundaki giriş ana giriştir. Maden ocağına ulaşım genellikle bu galeriden yapılmaktadır. Bu girişten maden ocağına 65 m^3/s temiz hava girişi sağlanmaktadır.

3.1 Hava Miktarı İncelenmesi

1111 kotunda yüzey bağlantısı olan ana kuyudan 152,7 m^3/s, 775 kotundaki ana giriş galerisinden ise 65 m^3/s hava girişi gözlenmiştir. Bu galerinin ana kuyuya bağlandığı yerde kayıplar hariç 36,4 m^3/s hava ana kuyudaki hava ile birleşip toplamda 186,2 m^3/s hava miktarına ulaşmıştır. Geri kalan 26,4 m^3/s hava ise üretim galerilerine 645 kotundan gönderilmiştir.

Ana havalandırma kuyusundan 510 kotundaki kuyu bağlantısından 96,3m^3/s hava bu kottaki galerilere tali fanlar yardımıyla gelerek 630 kotundaki galerilere de ulaşarak havalandırmasını yapar. 475 kotuna gelindiğinde ana havalandırma kuyusundan etrafındaki ceplere ve galerilere gerekli hava temin edilir.

3.2. Hava Hızı İncelenmesi



Şekil 1. Hava hızının ocak içerisindeki davranışı

Şekil 1'de görüldüğü gibi ocak içerisindeki hava hızı kırmızı ve mor renk galeri ve kuyularda en yüksek, mavi ve yeşil olan galeri ve kuyularda ise en düşüktür. Mavi renkte olan kuyu ve galeriler için hava hızı yok denilebilecek kadar azdır. Hava hızı ana havalandırma kuyusunun girişinde 3,3 m/s 'dir. 710 kotunda kuyudaki hava hızı 5,6 m/s hıza ulaşır. 775 kotundaki ana girişten hava 2,8 m/s hızla ocağa gelir ve dağılır.

794 kotundaki galeriden 6,2 m/s ve 1080 kotundaki kuyudan 10,4 m/s hızındaki kirli hava ocağı terk eder. Havanın en hızlı olduğu yer rampalar ve ocağa giriş yapılan galerilerdedir.

3.3. Havalandırma ile İlgili Ölçümler

Eti Bakır A.Ş. Küre Yer altı işletmesinde hava hızı, basıncı, nemi ve sıcaklığı rutin olarak ölçülmektedir. İşletmede bu ölçümleri yapabilmek için 15 tane istasyon belirlenmiştir. Bu istasyonlarda her ay kontrollü bir şekilde ölçümler yapılmaktadır.

Ölçüm yapılırken havalandırma kapılarının kapalı olduğundan ve ana fanların çalıştığından emin olunarak ölçümlere başlanmalıdır.

Havanın nemi, sıcaklığı ve basıncı 'Kestrel 4000' marka cihazla aynı anda otomatik olarak ölçümü yapılır. Hızı ise anemometre kullanılarak dolaştırma yöntemine göre ölçülür. Bu yönteme göre anemometre galerinin çevresinde 1 dakika boyunca kontrollü bir şekilde dolaştırılır. Ve 1 dakikanın sonunda anemometreden ortalama hız ölçülmüş olur.

5.3.1 Toz Ölçümü

İşletmede toz ölçümleri akredite firma tarafından Casella Apex kişisel toz örnekleme cihazı ile yapılır. Yapılan toz ölçümlerine toz konsantrasyonu belirlenen sınır değerin altında kalmaktadır.

4 SONUÇLAR

Kastamonu sınırları içindeki Eti Bakır A.Ş.'ne ait olan bakır madeninin havalandırma sistemleri incelenmiştir. Madenden cevher, ara katlı geri dolgulu göçertme yöntemi ile üretilmektedir. Dolgu malzemesi olarak çimento ve pasa kullanılmaktadır. Madenin havalandırılma sistemi emicidir. 2 tane 250 KW gücünde paralel bağlı fanlar ve 3 tane 90 KW gücünde paralel bağlanmış fanlar ayrı galeri çıkışlarında bulunarak ana fan olarak çalışırlar. Bunların haricinde 5 tanesi yedek olmak üzere 15 tane 90 KW, 2 tane 55 KW yedek ve 6 tanesi yedek olmak üzere 23 tane 37 KW tali fanlar kullanılmaktadır.

Üretimi devam eden ve hava miktarı düşük olan galerilere gerekli havayı göndermek için, bu galerilerle bağlantısı olan ve hava miktarı yoğun olan galerilere ragülatör konulması durumunda hava miktarında artış gözlemlenebilir.

Madenin gerekli hava ihtiyacı belirlenirken çalışan kişiler dizel makineler

ve patlatma sonrasındaki hava ihtiyacı parametreleri dikkate alınır. Yapılan hesaplamalarla birlikte dizel araçların gerektirdiği hava miktarı 162,17 m^3/s bulunmuştur. Fakat madenin derinleşmesiyle birlikte hava ihtiyacı da artmıştır. Sonuç olarak ocağa toplam hava girişi 249,97 m^3/s' dir.

KAYNAKLAR

Güner, M. (1980, Ocak). *" Küre civarının masif sülfit yataklan ve jeolojisi, Pontidler (Kuzey Türkiye)* ", Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 93(93,94).

Güyagüler, T. (1991). *"* Ocak Havalandırması*",* *Ankara: TMMOB Maden Mühendisleri Odası*

Akdağlar Ocağında Patlatma Tasarımının Ve Ateşleme Sisteminin İncelenmesi

Investigation of Blast Design and Initiation System in Akdağlar Mining Inc.

Güley, Ç., Akyıldız, Ö., Hüdaverdi T.
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada Akdağlar Madencilik A.Ş. Taş Ocağında uygulanan delme ve patlatma sistemleri incelenmiştir. Kazı çalışmaları, delme sistemleri ve delme araçları hakkında bilgi verilmiş ve maliyet hesabı yapılmıştır. Delme işi zamanları ölçülmüştür. Ocakta yapılan patlatma işlemleri tanıtılmış, patlayıcı türleri, patlayıcı miktarları ve patlatma tasarımları incelenmiştir. Patlatma sonrası oluşan yığından ölçekli fotoğraflar alınıp WipFrag programı kullanılarak parçalanma analizi yapılmıştır. Gözlemlenen patlatma tasarımlarını Olofsson, Bhandari, Morhard ve Konya'nın teorik çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Her atımın çevresel etkileri cihazlarla ölçülmüş, olgular incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Delme, patlatma, parçalanma, analiz

ABSTRACT In this study, Akdaglar Madencilik Inc. Drilling and blasting systems have been examined. Information about excavation works, drilling systems and drilling tools were given and cost calculations were made. Drilling period have been measured. Explosion processes in quarry were introduced, types and quantities of explosives, blasting designs were examined. Scale photographs taken after blasting and fragmentation. Photos analysed via WipFrag program. The observed blasting designs were compared with the theoretical studies of Olofsson, Bhandari, Morhard and Konya. The environmental impacts of each blast was measured by devices, the results was examined.
Keywords: Drilling, blasting, fragmentation, analysis.

1 GİRİŞ

1.1 İşletme Hakkında Genel Bilgiler

Kırma taş, çimento ve asfalt üretimi yapan Akdağlar Madencilik A.Ş. açık işletme yöntemi kullanarak İstanbul ili, Cendere yolunda faaliyet göstermektedir (Url-1, 26.05.2018.). İşletmede delme ve patlatma metodu kullanılarak üretim yapılmaktadır. 41,1316735, 28,9699774 koordinatlarında bulunan taş ocağının Şekil 1.1'de uydu fotoğrafı verilmiştir. Trakya formasyonu gözlemlenen Cendere bölgesi İstanbul Boğazı'nın batısında yer almaktadır. İstanbul Paleozoyik bölgesinin üst kısmını oluşturan karbonifer yaşlı Trakya formasyonu genellikle kumtaşı, grovak, silttaşı, kil ve şeyllerden oluşmaktadır. Çeşitli klastik kayaçlardan oluşan bu formasyonun çok yönlü kırılma ile şekillenmiş, parçalanmış ve dilimlenmiş olduğu ortaya çıkmıştır (Ketin, İ. ve Güner, G., 1988).

Şekil 1.1 – Akdağlar Madencilik A.Ş.

Akdağlar Madencilik A.Ş.'nin bilinen toplam agrega rezervi 621 milyon ton civarındandır. Rezerv ömrü yıllık 5 milyon ton üretim ile 120 yıl olarak hesaplanmıştır. Açık ocak

madenciliği kullanılarak yapılan üretimde kumtaşı çeşitli işlemlerle yeryüzünden alınıp işleme tesisinden geçerek son haline ulaşmaktadır. Kumtaşına ulaşmak için yeryüzünden değersiz materyaller çeşitli yöntemler kullanılarak uzaklaştırılmaktadır. Zemin dayanımının yüksek olduğu, ekonomik ve doğrudan kazı yapılmadığı durumlarda delme patlatma uygulanmaktadır. Patlatma tekniklerine göre aynaya delikler delinerek patlayıcı madde yerleştirilmekte ve patlayıcı maddenin ateşlenmesi ile istenen kazı sağlanmaktadır. Kazı sonrası oluşan hafriyat ya da kayaç işlem alanından taşınmak üzere kamyonlara yüklenmektedir. Cevher, kamyonlarla istenilen boyuta küçültülmesi amacıyla kırma-eleme tesisine taşınmaktadır. Boyut küçültme uygulandıktan sonra 0-38 mm boyut aralığındaki cevher, üretim tesisine gönderilmektedir. Malzemenin bir kısmı ince taş tozu ve kil içeren malzemenin yıkanmasıyla elde edilmektedir. Yıkama işlemi sırasında, sahada oluşan havuzda birikmiş yağmur suyu ve drenaj suyu kullanılmaktadır. Gölet aynı zamanda sedimantasyon havuzu olarak da kullanılmaktadır. Yıkandıktan sonra, suyun bir kısmı süspanse olan kumlu malzeme üzerinde bırakılır ve filtrelenmiş malzeme çöktürme havuzunda çökeltilmektedir. Bu işlem malzemenin alınmasıyla beraber kalan suyun sürekli yeniden kullanılmasını sağlamaktadır. Kayaların parçalanması sırasında oluşan toz oluşumunu önlemek için su püskürtme ve toz azaltma sistemleri de kullanılmaktadır.

2 DELME FAALİYETLERİ

Delme işlemi temelde, üretim yapmak ve rezerv hesabı yapmak için yapılmaktadır. Patlatma yapılması üzerine kaya delme operasyonu, üretimin temel bir parçasıdır. Patlayıcıların ve ateşleme sistemlerinin yüklenebileceği uygun bir formasyon ve geometrideki deliklerin açılması gereklidir.

Akdağlar Madencilik A.Ş.'de üretim amaçlı delik delme makinası Fukurawa HCR 1200-EDII kullanılmaktadır. Darbe kuvveti, besleme kuvveti, dönme kuvveti ve çift amortisör basıncını otomatik olarak kontrol ederek, makine değişken zemin koşullarına uyum sağlamaktadır, delme performansı yüksek ve yakıt tüketimi düşük seviyelerdedir. Makinede genellikle kullanılan tij çapı 89 mm ve tij uzunluğu 3,5 metre uzunluğundadır (Url-2, 26.05.2018). Ortalama tij ekleme süresi 25 saniye ve ortalama delik delme süresi ise 7,8 dakikadır. Hesaplanan üç delik delme işleminde, her bir delik için makine kullanımı ortalama %64,9'dur. Üç delik delme işleminde de 3 tij boyu delik delinmiş ve birbirine yakın performansta çalışılmıştır. Üç delik için de basamak boyları birbirine yakındır ve delik delme analiz sonuçları benzer değerler göstermektedir.

3 PATLATMA FAALİYETLERİ

3.1 Patlayıcı Madde Özellikleri

Patlayıcı maddelerin kullanım alanının belirlenmesi barındırdığı çeşitli özelliklere göre değişiklik göstermektedir. Patlama hızı, patlayıcı maddenin yoğunluğu, patlayıcı maddenin partikül boyutu, sıkıştırma, patlayıcı maddenin gücü, patlayıcı maddenin duyarlılığı, patlama stabilitesi, kritik çap, oksijen dengesi ve su direnci özellikleri kullanılacak patlayıcının türünü belirlemede önemli etken değerlerdir.

ANFONIT, patlayıcı madde üreticisi NitroMak A.Ş.'nin bir markasıdır. ANFONIT suya dayanıklı patlayıcı değildir ve kuru deliklerde kullanılır.

Nobelex 6000, kapsüle duyarlı, suya dayanıklı paketlenmiş emülsiyon patlayıcı bir malzemedir.

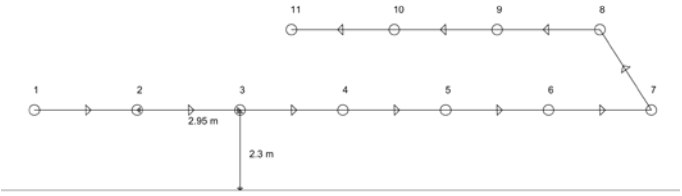
Powermite, patlayıcı maddenin başlatılması için gereken enerjiyi üreten bir primer patlayıcıdır. Ocakta kullanılan patlayıcıların özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 – Patlayıcı Özellikleri

Özellikler	ANFONIT	NOBELEX 6000	POWERMITE
Yoğunluk (gr/cm^3)	0,77 - 0,82	1,25 - 1,28	1,10 - 1,12
Enerji (mJ/kg)	3,9	3,0	3,6
Hacim (It/kg)	974	1015	930
Patlama Isısı (°C)	2565	2049	2423
Patlama Hızı (m/s)	3500	4500-4800	5300
Su Direnci	Yok	Var	Var

3.2 Patlatma Tasarımı

Şekil 3.1'de gösterildiği üzere çift sıralı patlatma düzeninde ilk sırada 7 adet, ikinci sırada 4 adet toplamda 11 adet delik basamak üstünde, 4 adet topukta genel toplamda 15 delik delinmiştir. 11 delik 3 tij uzunluğundadır ve aynaya paralel olarak 85 derecelik açı ile delinmiştir. Çift yemleme ile beraber 42,5 kg patlayıcı kullanılmıştır. Şeşbeş düzeni ile atım yapılmıştır. Üst görünüm çizimi ile gösterilen tasarımın delikler arası mesafesi 2,95 metre iken delik yükü 2,3 metre olarak ölçülmüştür. Basamak yüksekliği 10,8 metre, delik boyu ise 11,3 metre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.1 – Atım 1 Patlatma Düzeni

Ölçülen tasarım parametreleri Tablo 3.1'de verilen Olofsson (Olofsson, S.O., 1988) (a), Bhandari (Bhandari, S., 1997) (b), Morhard (Morhard R.C., 1987) (c) ve Konya (Konya C.J., 1990) (d) teorik parametreleri ile karşılaştırılmıştır.

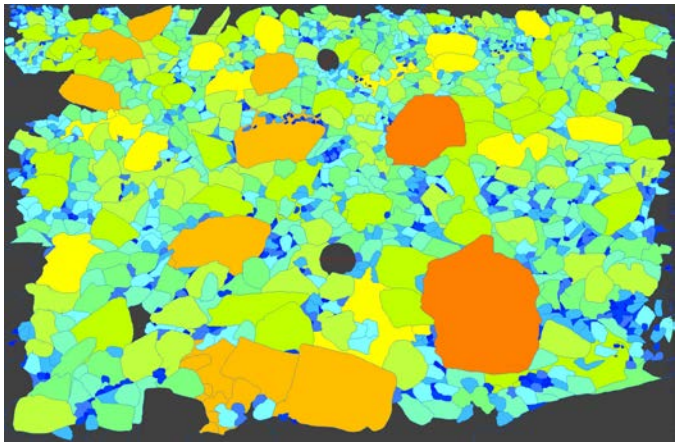
Tablo 3.1 – Teorik Patlatma Tasarımları

	a	b	c	d	Ölçüm
d	89,00	89,00	89,00	89,00	89,00
H	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80
B	2,60	2,99	2,16	2,36	2.30
S	3,25	3,60	3,02	3,30	2,95
T	2,60	3,28	2,16	1,30	4,00
L	11,71	11,70	11,56	11,51	11,30
U	0,91	0,90	0,76	0,71	0,50
L_c	9,11	8,41	9,40	9,50	7,30

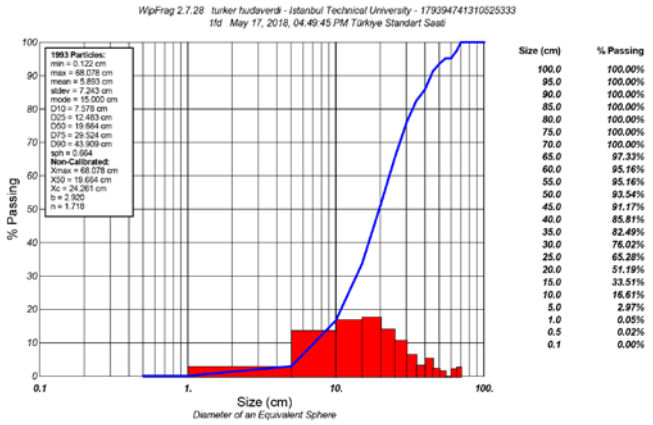
3.3 Parçalanma Analizi

Şekil 3.2'deki ölçekli fotoğrafın Şekil 3.3'de belirtilen Wipfrag programı ile 1993 parçanın analizi yapılmıştır. Şekil 3.4'te gösterildiği üzere, ortalama parça büyüklüğü (D50) 19,664 cm'dir. Eğri eğimini veren üniformite indexi (n) 1,718'dir ve atım sonrası oluşan parçaların %90'ı 43,909 cm boyutundan küçüktür. Malzemenin %63,2'sinin geçtiği elek açıklığına anlamında kullanılan karakteristik boyut (Xc) ise 24,261 cm'dir.

Şekil 3.2 – Ölçeklendirilmiş Ayna Fotoğrafı



Şekil 3.3 – WipFrag Parça Boyutlandırması

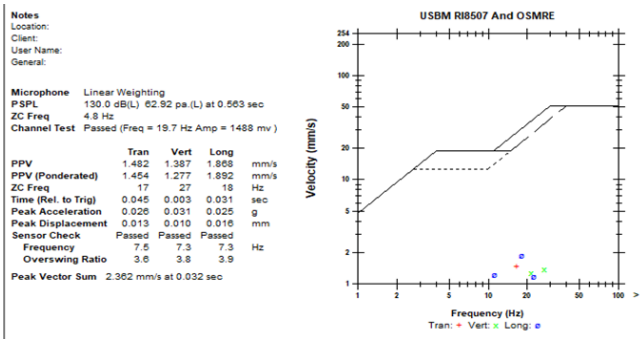


Şekil 3.4 – WipFrag Analiz Sonuçları

4 ÇEVRESEL ETKİLER

Patlatma operasyonu genellikle çevresel etkilere neden olmaktadır. Patlatma sırasında karşılaşılabilecek çevre sorunları genellikle insanlar ve çevre için rahatsız edici durumlardır. Bu rahatsızlıklar tehlikeli olan

bir patlatma aktivitesinden sonra ortaya çıkmaktadır. Zemin titreşimleri, taş fırlamaları ve şok dalgaları gibi çevresel etkiler en önemli faktörlerdendir. Yapılan her bir atım sonrası çevresel etkiler ölçülmüş, zemin titreşimleri ve desibel şiddetleri ölçüm araçları ile kaydedilmiştir. Patlatmalar sonrası yapılan ölçümlerde atımların sonuçları sınır değerlerini aşmamıştır. Şekil 4.1'de atım 1 için ölçüm sonuçları belirtilmiştir.



Şekil 4.1 – Atım 1 Sonrası Çevresel Etkiler

5 SONUÇLAR

Akdağlar Madencilik A.Ş.'de delme patlatma faaliyetleri incelenmiştir. 19.01.2018, 30.01.2018 ve 16.02.2018 tarihli üç patlatma işlemi için delici makinenin performansı gözlenmiştir. Ortalama delik delme süresi 7,8 dakikadır. Ortalama tij ekleme süresi 25 saniyedir ve ortalama makine kullanımı üç delik için %64,9'dur. Ayrıca ortalama delik kapasitesi saatte 80,77 metre olarak hesaplanmıştır. Yakıt, yağ, işçilik, makine, bakım maliyetleri ve amortisman hesaplanmıştır. Bu verilerden yararlanarak, toplam delme maliyeti, delik başına 24,9 TL olarak bulunmuştur. Bir metreküp için delme birim maliyeti 0,30 TL/m^3 olarak bulunmuştur.

Teorik patlama tasarım parametreleri olarak Olofsson, Bhandari, Morhard ve Konya tasarım parametreleri kullanılarak patlama tasarımı hesaplanmıştır. Atım 1 için; ölçülen delik yükü 2,3 metredir. Olofsson hesaplamasına göre delik yükü 2,6 metre, Bhandari hesaplamasına göre 2,99 metre, Morhard hesaplamasına göre 2,16 metre, Konya hesaplamasına göre ise 2,36 metredir. Delikler arası mesafe 2,95 metre ölçülmüştür. Olofsson hesaplamasına göre 3,25 metre, Bhandari hesaplamasına göre 3,60 metre, Morhard hesaplamasına göre 3,02 metre, Konya hesaplamasına göre 3,30 metredir. Kullanılan patlayıcı madde miktarı delik başına ortalama 40 kg'dır. Tasarım değerleri Olofsson'un, Bhandari'nin, Morhard'ın ve Konya'nın patlama tasarım teorilerine uygundur. Hesaplanan ve ölçülen şarj yüksekliği ile belirli tasarım parametreleri arasında yaklaşık %26 gibi bir farklılık mevcuttur.

Hesaplanan ve ölçülen patlama tasarım parametreleri yaklaşık olarak birbirleriyle uyumludur. Olofson'un, Bhandari'nin, Morhard'ın ya da Konya'nın teorik yaklaşımı Akdağlar ocağında yeni patlamalar tasarlamak için kullanılabilir. Ek olarak, her patlama tasarımının arazi jeolojisiyle direkt olarak alakalı olduğu unutulmamalıdır. Mühendisler kayaç koşullarını dikkate alarak patlama modellerini düzenlemelidirler.

KAYNAKLAR

Bhandari, S., 1997. *Engineering Rock Blasting Operations*, A.A. Balkema, Rotterdam. s. 65-76, 185-206.

Ketin, İ., Güner, G., 1988. "İstanbul Bölgesinde karbonifer yaşlı Trakya formasyonunun yapısal özelliği", *Erguvanlı Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu*, 29-30 Eylül, İstanbul, s. 13-17.

Konya, C. J. and Walter, E. J., 1990. *Surface Blast Design*, Prentice Hall, New Jersey, USA. s. 117-127.

Morhard, R. C., Chiappetta, R. F. and Borg, D. G., 1987. *Explosives and Rock Blasting*, Atlas Powder Co., Dallas, Texas. s. 174-176.

Olofsson, S.O., 1988. *Applied Explosives Technology for Contruction and Mining*, Applex, Sweden. s. 33-44, 237.

Url-1, 26.05.2018, http://www.akdaglar.com.tr/kurumsal

Url-2, 26.05.2018, http://www.frd.eu/images/AV/pdf_ebrochure/hcr1200edii.pdf

Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Cebeci Tüneli Patlatma Tasarımının Bilgisayar Destekli Analizi

Computer-Aided Analysis of the Blast Design of North Marmara Motorway Cebeci Tunnel

D. Duran, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız,

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Artan insan nüfusu ve dolayısıyla yaşanan trafik problemini gidermek, ulaşım için yenilikçi çözümler sunmak adına her geçen gün yeni projeler yapılmaktadır. Bu bağlamda Kuzey Marmara Otoyolu projesi, Marmara bölgesi adına oldukça önemli bir proje olmaktadır. Bu çalışmada Kuzey Marmara Otoyolu projesi kapsamında yapılan Kesim-7 Cebeci Tüneli'nin patlatma tasarımının bilgisayar destekli analizi yapılmıştır. Öncelikle proje ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Delme işleri anlatılmış, kullanılan delici makinalar ve teknik özellikleri verilmiştir. Patlayıcılar, ateşleme sistemleri, patlatma düzenleri ile ilgili bilgiler verilmiş; kullanılan malzemeler ve özellikleri belirtilmiştir. JkSimBlast programı kullanılarak Cebeci Tüneli'nde kullanılan ateşleme düzeni birebir oluşturulup, ateşleme benzetimi gerçekleştirilerek enerji diyagramları incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda düzenlemelere gidilmiştir. Daha verimli patlatma işlemleri yapabilmek için gereken düzenlemeler açıklanıp, programda uygulanmış ve test edilip, yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Delme, Patlatma, Parçalanma

ABSTRACT New projects are being carried out day by day in order to provide innovative solutions for increasing the human population and hence traffic problems. In this context, the North Marmara Motorway project is a very important project for the Marmara region. In this study, a computer aided analysis of the blasting design of Kesim-7 Cebeci Tunnel was performed within the scope of North Marmara Highway project. It started by giving general information about the project. The drilling operations were described, the drilling machines used and the technical specifications of the equipment was described. Information about detonators, ignition systems, blasting arrangements, explosives are given. Using the JkSimBlast program, the initiation scheme used in the Cebeci Tunnel was created, and the initiation simulation was exploded to examine the energy diagrams. It has been decided to make arrangements as a result of the evaluations made. The regulations needed to make more efficient blasting operations are explained, implemented in the program, tested and interpreted.

Key Words: Drilling, Blasting, Fragmentation

1 GİRİŞ

Yeraltı patlatmaları, açık ocak patlatmaları ile kıyasla oldukça zor olmaktadır. Tünellerde, patlatma işlemi için serbest yüzey bulunmamaktadır. Bundan dolayı uygulanacak patlatma tasarımı, ateşleme düzeni, patlayıcı madde seçimi gibi parametreler oldukça önemli olmaktadır. Bir

diğer taraftan şehir içinde gerçekleştirilecek tünel patlamaları için çevresel etkiler dikkate alınmalıdır. Yer sarsıntısı, gürültü gibi etkiler minimize edilmeye çalışılmalıdır.

Verimli bir patlatma işlemi tasarımı için, en düşük miktarda patlayıcı ile istenen ilerlemeye ulaşılmaya çalışılır. Parçalanmamış yerler ya da gereğinden fazla söküm patlatmanın olumsuz sonuçlarıdır.

Bu çalışmada öncelikle delik delme işlemleri ve kullanılan makinalar anlatılmıştır. Projede delik delme için 2 tane delici makine kullanılmaktadır. Sağ ve sol ayna patlatma dizaynına uygun olacak şekilde delinmektedir. Daha sonra kullanılan patlayıcı ve kapsüller anlatılmıştır. Tünel patlatma yöntemi olarak orta çekme yöntemi kullanılmıştır. Bu uygulamada açılı delikler delinmektedir. Deliklerin açıları ve konumları dikkatli tasarlanmalıdır. Her iki ayna içinde, özgül şarj hesabıyla metre küp başına kullanılan patlayıcı miktarları hesaplanmıştır.

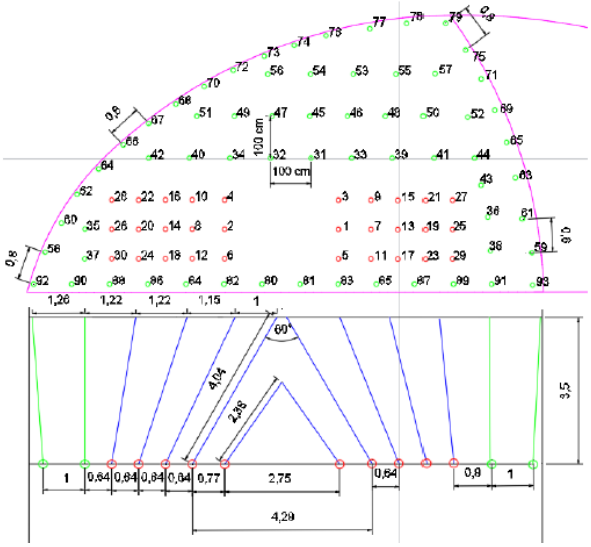
JkSimBlast bilgisayar destekli programla ateşleme simülasyonu oluşturulmuştur. Patlatma işlemi yapılmış, enerji dağılımı incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda aşırı sökümü engellemek için tavan deliklerine kontur patlayıcı şarj edilmiştir. Oluşturulan yeni simülasyon patlatılıp; enerji dağılımı alınmış ve yorumlanmıştır.

2 DELME İŞLEMLERİ

Cebeci Tüneli projesinde patlatma deliklerinin delinmesi işleminde iki tane delici makine kullanılmaktadır; Atlas Copco 282 ve Atlas Copco L2d delici makinalar. Delikler patlatma düzenine uygun yerleştirilmektedir. Sol ayna orta çekme patlatma düzeniyle patlatılmaktadır. Bundan dolayı 60°'lik açılarla delik delinme uygulaması yapılmaktadır. Sağ ayna delikleri ise düz delinmektedir.

3 PATLATMA İŞLEMLERİ

Cebeci tünelinin geniş kesitli olması sebebiyle iki aşamada patlatılması planlanmıştır. Üst yarı için tünel patlatma teknikleri kullanılırken, alt yarı için oluşan serbest yüzey sayesinde basamak patlatma tekniği kullanılarak kazılması uygun görülmüştür. Bu çalışma üst yarı tünel patlatma tekniği esas alınarak yapılmıştır. Önce sol ayna, sonra sağ ayna olacak şekilde ilerleme planı yapılmıştır. Şekil 1.'de sol ayna orta çekme patlatma tasarımı görülmektedir.



Şekil 1. Sol Ayna Patlatma Tasarımı

3.1. Kullanılan Patlayıcılar

Projede patlayıcı olarak Orica marka Powergel Magnum 365 kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcı kullanılmıştır. Tablo 1.'de patlayıcının teknik özellikleri görülmektedir. Delikler 17 MS aralıklı yüzey kapsülleriyle patlatılmaktadır. Patlayıcı doldurulan deliklerin gecikmeleri elektriksiz Orica marka Exel LP kapsüller ile sağlanmaktadır.

Bu çalışmada Cebeci Tüneli patlatma tasarımının simülasyonu JkSimBlast bilgisayar programı kullanılarak oluşturulmuştur. Tasarım sonrası düzenlemelerde her iki aynada da çevre delikleri Trimex kartuş patlayıcı ile

şarjlanmıştır. Tablo 2.'de Trimex kartuş patlayıcının teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 1. Projede Kullanılan Emülsiyon Patlayıcının Teknik Özellikleri

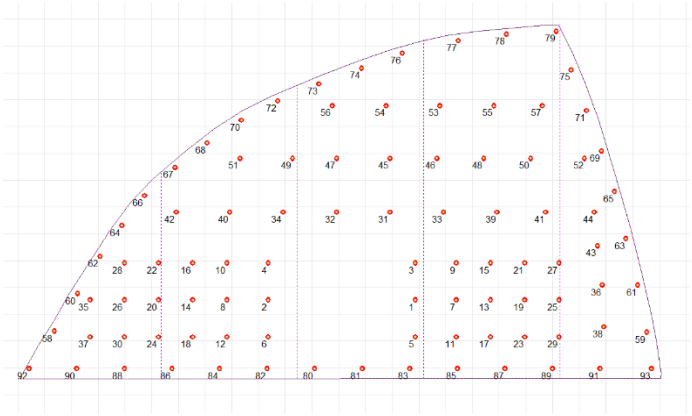
İdeal Patlama Hızı	6140 m/s
İdeal Patlama Basıncı	112900 atm.
İdeal Patlama Sıcaklığı	3106° K
Yoğunluk	1,20 gr/cm^3
İdeal Patlama Isısı	4370 kj/kg
İdeal Gaz Hacmi	873 lt/kg
ANFO'ya Göre Efektif Enerji	% 129
ANFO'ya Göre Hacimce Kuvvet	% 193

Tablo 2. Trimex Kartuş Patlayıcı Teknik Özellikleri

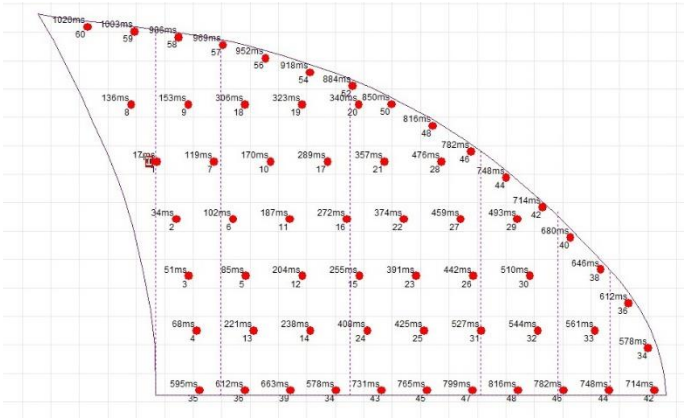
İdeal Patlama Hızı	5490 m / s
İdeal Patlama Basıncı	80800 atm.
İdeal Patlama Sıcaklığı	2571° K
Yoğunluk	1,08 gr/cm^3
İdeal Patlama Isısı	3240 kj/kg
İdeal Gaz Hacmi	894 lt/kg
ANFO'ya Göre Efektif Enerji	% 96
ANFO'ya Göre Hacimce Kuvvet	% 130

4 JKSİMBLAST YAZILIMININ PROJEYE UYGULANMASI

Projedeki patlatma tasarımı yazılım sayesinde birebir oluşturuldu. Sağ aynada 60, sol aynada 93 patlatma deliği bulunmaktadır. Delik uzunluğu 3 metre, genişliği ise 45 mm'dir. Her bir deliğe 3 adet Powergel Magnum emülsiyon patlayıcı yerleştirilmiştir. Delik başına patlayıcı miktarı 1,635 kg'dır. Delikler 17 ms aralıklarla patlatılmıştır. Şekil 2.'de sol, Şekil 3.'de sağ ayna JkSimBlast yazılımıyla oluşturulmuş patlatma düzeninin simülasyonları görülmektedir.



Şekil 2. Sol Ayna Delik Düzeni

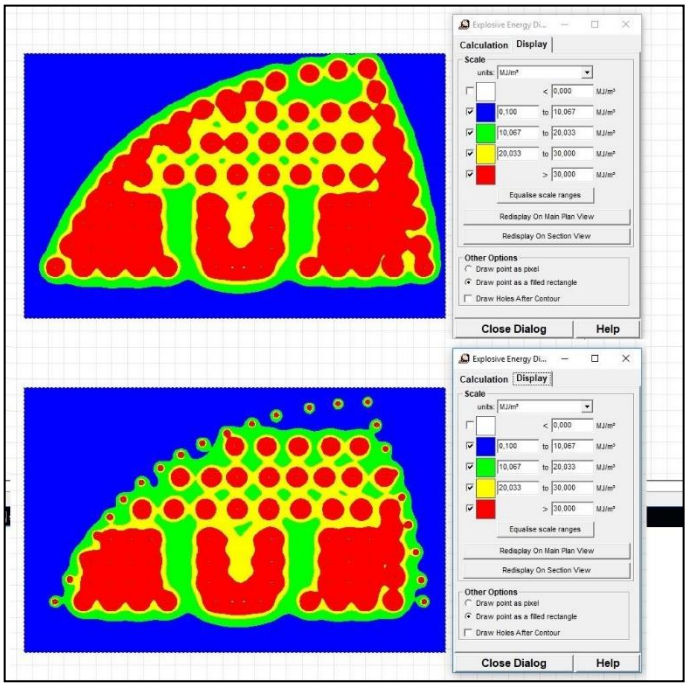


Şekil 3. Sağ Ayna Delik Düzeni ve Ateşleme Zamanları

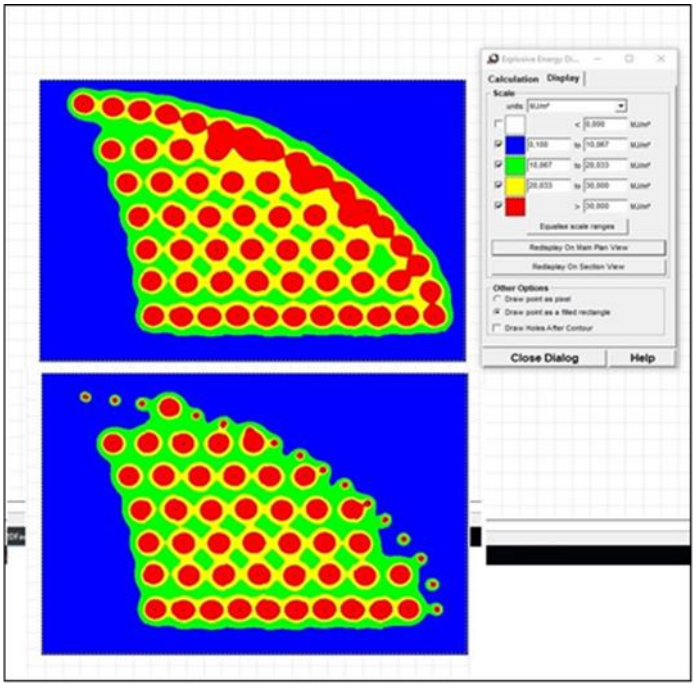
4.1. Enerji Dağılımlarının İncelenmesi

Ateşleme simülasyonları yazılımla birebir oluşturulduktan sonra patlatılmış ve enerji diyagramları alınmıştır. Her iki aynada da tavan çevre deliklerinde aşırı söküm ihtimali nedeniyle, kartuş patlayıcı ile şarj edilmek üzere değişikliklere gidilmiştir. Tavan deliklerine ikişer tane olmak üzere, delik başına 0,440 kg patlayıcı yemlenmiştir. Şekil 4.'de sol, Şekil 5.'de sağ ayna enerji dağılımları görülmektedir. Düzenlemeden önceki ve sonraki enerji dağılımları sırayla; üstte ve altta verilmiştir. Kartuş patlayıcı

sonrası tavan deliklerinde enerjinin 10 MJ/m^3 altına düştüğü yerler olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Sol Ayna Patlayıcı Enerji Dağılımları



Şekil 5. Sağ Ayna Patlayıcı Enerji Dağılımları

5 SONUÇLAR

Bu çalışmada mevcut paternin enerji dağılımı incelenmiş, ek olarak çevre deliklerine kontur patlayıcı yerleştirilmesi durumunda ortaya çıkacak sonuçlar irdelenmiştir. Düzenlemelerle aşırı söküm ihtimalinin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum "Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Cebeci Tüneli Patlatma Tasarımının Bilgisayar Destekli Analizi" adlı bitirme tezi çalışmamda kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destek olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Türker HÜDAVERDİ' ye ve lisans hayatım boyunca üstümde emeği olan bütün hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında her türlü desteğini ve yardımını esirgemeyen Araş. Gör. Özge AKYILDIZ'a teşekkür ederim.

REFERANSLAR

Alpaydın, E., Alpsar, M., Elmacı, E., Halıcılar, G., İnal, H.S., İşcen, H.İ., Patır, O. ve Özkazanç, M.O., "Patlayıcı Maddeler ve Patlatma Teknikleri", Nitro Mak. Eğitim Yayınları, Ankara, s. 1-26, s.62-88.

Bhandari, S., "Enginering Rock Blasting Operation", Departman of Mining Engineering, J.N.V. Univercity, Jodhpur, İndia, Chapter 2

Heinio, M., 1999. "Rock Excavation Handbook", Sandvik Tamrock Corp.,

DSİ Ankara İçmesuyu 2. Merhale Projesi, Gerede Tünelinde Hibrit TBM'in Performans Analizi

Crossover TBM Performance Analysis for DSİ Ankara Drinking Water 2nd Phase Project, Gerede Tunnel

D. Bayram, H. Çopur

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul

ÖZET Nüfusun hızla artması, yerüstündeki işlerin yeraltına taşınması gerekliliğini doğurmuştur. Tünel projeleri, ulaşımın iyileştirilmesi ve kişisel kalite zaman sürelerinin artırılması amacıyla tüm ülkelerde önem kazanmıştır. Büyük şehirlerde temiz su ihtiyacı, çevre bölgelerdeki doğal su kaynaklarından tüneller yoluyla toplanan suyla karşılanmaktadır. "DSİ Ankara İçmesuyu 2. Merhale Projesi, Gerede Tüneli" Ankara'nın içme suyu ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla inşa edilmektedir. Daha hızlı kazı yapılması ve uzun mesafeli tünel işlemlerinin sağladığı düşük maliyetlerden dolayı, tünellerin TBM'ler ile kazılmasına karar verilmiştir. Bu çalışmada kazı metotları, tünel açma makineleri hakkında genel bilgiler verilmiş, Gerede Tüneli projesi, jeolojik özellikleri ve Crossover TBM'in saha performans kayıtları (itme, tork, spesifik enerji, vb.) incelenmiş ve performans analizi yapılmıştır. Ayrıca sahadan alınan kayaç örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları ve ön delgi uygulamaları da TBM'in performans analizine katkıda bulunmuştur. Son olarak, sonuçlar ve öneriler sunulmuştur. Ön delgi ile ilgili çalışmalar Koloğlu vd (2018)'de yayınlanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Hibrit Tünel Açma Makinesi, Performans Analizi, Ön Delgi Performansı, İtme Kuvveti, Tork

ABSTRACT Rapid increase of the population has caused the necessity of carrying the surface works in to the underground. Tunneling projects have gained importance in all countries in order to improve transportation and to increase the personal quality time durations. The clean water requirement of the big cities is satisfied by the water collected through tunnels from the natural water resources in the surrounding areas. "DSİ Ankara Drinking Water 2nd Phase Project, Gerede Tunnel" is constructed for Ankara's drinking water needs. Due to the necessity of faster excavation of the water transmission tunnel and the low costs of long-distance tunnel operations, it has been decided to excavate the tunnel with TBMs. In this study, general information about the excavation methods, tunneling machines and Gerede Tunnel project, geological properties and Crossover TBM field performance records (thrust, torque, specific energy, etc.) were analyzed and performance analysis was carried out. In addition, uniaxial compressive strengths of the rock samples taken from the field and probe drilling applications were also contributed to the performance analysis of the TBM. Finally, the results and suggestions were presented. The studies related to probe drill have already been published by Koloğlu et al. (2018).
Keywords: Crossover Tunnel Boring Machine, Performance Analysis, Probe Drill Performance, Thrust, Torque

1 INTRODUCTION

In the last decades, transportation systems in big cities were problematic issue due to irregular growing of human population. Migration from towns to the cities are also count as this problem. Besides that, not only for transportation systems but also inadequate

infrastructure conditions become a critical problem for big cities. These issues are one of the reasons of low life quality. In Turkey, these types of problematic issues are solved by tunneling constructions. Demand of drinking water of Ankara will be a big problem because of prediction of population growth between 2015 and 2045. One of the alternative solution is to transfer water from the surrounding cities. Ankara Drinking Water 2nd Phase Project has started to be constructed so that demand of drinking water will be provided through the Gerede Tunnel.

2 LITERATURE SEARCH

There are different methods to excavate tunnels. Proper method selection is the most important issue for successful excavations. During selection, there are many parameters to consider. Tunneling construction methods can be separated into two main groups. These are drill and blast and mechanical excavation. Drill and blast method is an older one. But mechanical excavation methods are formed an important alternative to drill and blast method in the excavation industry.

Mechanical excavation can be described as the removal of soil or rock by means of heavy cutting machines that transfers the energy from cutting tools such as cutters or bits. Basically, mechanical excavation machines are grouped in two main types: partial face and full face type machines.

In this Project, considering the time and cost calculations, 31.6 km of total tunnel length was started to be excavated by full face machines (TBM).

3 FACTORS AFFECTING PERFORMANCE

Generally, there are many factors affecting the excavation performance of machines. Basically, these factors are classified as geological and geotechnical, technical and operational, and machine parameters.

Performance terminology consists of these parameters as ICR (Instantaneous (net) Cutting Rate: excavation rate through the cutting hours in m^3/h), (IPR (Instantaneous (net) Penetration Rate: excavation rate through the cutting hours in m/h), BCR (Bit or Cutter Consumption Rate by excavated in-situ volume in cutter/m^3 excavation), MUT (Machine Utilization Time: time spent for only excavation in project or shift time in %) and AR (Advance Rate: rate of drifting along the whole shift or project time) (Çopur et al., 2018).

4 PROJECT DESCRIPTION

4.1 Details of the Project

Ankara Drinking Water 2nd Phase Project Gerede System is located between Gerede district of Bolu and Çamlıdere district of Ankara, as shown in Figure 4.1. The Gerede Tunnel Project construction is divided into three sections: Ümitköy, Havullu and Çamlıdere. Three hard rock type TBMs have started this project and two TBMs which started excavation in Havullu and Ümitköy have already completed excavation. The last TBM continues to excavate through Çamlıdere to Havullu. During excavation, this TBM has encountered many problems such as high earth pressure, shield jamming, and water ingress. Because of these problems, the Gerede Tunnel Project and excavation works had to be stopped for long periods. So that, at 7200 meters, high pressure ground and water made the excavation impossible. Head of machine stuck in the pressurized zone. It was decided to proceed with the Crossover type of Robbins TBM, which was considered more suitable for the tunnel construction.

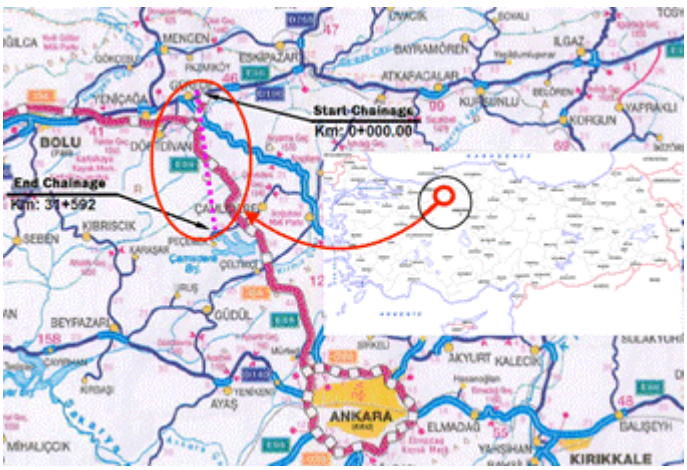


Figure 4.1. Location of Gerede Tunnel Project (Özaslan, 2007)

4.2 Geology of the Project

The general geological units in the project are the Neogene units: Pre-Neogene, Neogene, and Plio-Quaternary units, which are divided into three groups according to the events and changes observed in the region. Turkey's North Anatolian tectonic motions played an important role in study area, which lies to the south of the fault zone. Due to the location, geology of the region is very complex.

4.3 Technical Properties of the TBM

The last 9 km of Gerede Tunnel is excavated with a Robbins Crossover TBM designed for easily switch between hard rock and EPB mode and overcoming high-pressure water ingress up to 20 bar. Also, screw conveyor design is one of the important part. Project geology is shown massive amount of water ingress potential. The TBM has a sealed screw conveyor for these situations. Screw conveyor is allowed to changing entire wear plates because of rock abrasiveness. Some of the TBM features are shown in Table 4.1.

Table 4.1. Main characteristics of Crossover TBM.

Cutterhead Diameter	5560 mm
Overcut	70 mm in radius
Thrust Capacity (maximum, exceptional)	42360 kN, 55252 kN
Number of Thrust Cylinder	12 pair
Cutterhead Torque (low gear, high gear)	9264 kNm, 3805 kNm
Cutterhead Power	8 x 210 kW = 1680 kW (electric motors)
Disk Cutter Number	36
Diameter of Disk Cutters	17 inç (432 mm)
Inner Diameter of Screw Conveyor	700 mm
Length of Screw Conveyor	Approximate 12 m
Rotational Speed of Screw Conveyor	0 – 20 rpm

5 CROSSOVER TBM PERFORMANCE ALAYSIS

TBM performance parameters are recorded by the TBM computer system during excavation of each ring. The 3072 rings data were received from the records and carefully analyzed in the several subheadings.

The detailed field performance data of the TBM recorded in every 20 seconds were analyzed for each ring of 1.4 m length. TBM thrust force, cutterhead torque, cutterhead power, cutterhead rotational speed, total earth pressure, penetration rate were the performance parameters analyzed and averaged for each ring in this study. On the other hand, net values of the TBM thrust, cutterhead torque and power values are estimated by subtracting losses. In addition, TBM thrust index and cutterhead torque index were calculated in order to get more logical correlations. Moreover, Specific energy was calculated to analyze TBM performance.

TBM thrust force, cutterhead torque and power were correlated with TBM penetration rate. However, no reliable relationship could be found.

Furthermore, relationship between s/p (line spacing / penetration) and specific energy was investigated. Firstly, s value is defined as spacing between disc cutters, according to number of disc cutters and cutterhead diameter. Also, it is known that there is an optimum s/p value showing the case for the most efficient excavation. Generally, this ratio is determined between 10 and 20 for disc cutters (Çopur et al., 2018). In this study, s (space between disc cutters) was found 140 mm and s/p ratio was took between 7-14 mm. Figure 4.2 shows a relationship between s/p and specific energy.

The parameter s/p gives prediction about the lowest consumption of energy. In this study, s/p value shows a range between 15 and 17 giving the lowest energy while excavating. Optimum penetration rate is one of the useful empirical method to obtain minimum cost excavation.

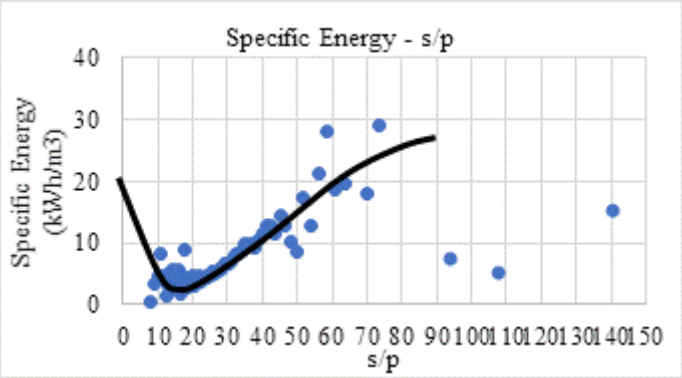


Figure 4.2. Relationship between s/p and specific energy.

6 RELATIONSHIP BETWEEN PROBE DRILL AND TBM PERFORMANCES

Probe Drill is a drill / pre-drill technique used for determining the water ingress, gas presence and some other geological conditions ahead of the tunnel with a mechanism installed in a TBM used in projects having difficult geological conditions (Bilgin et al. 2016). In case of weak zones, an umbrella arch can be used for prohibiting tunnel face collapse. Moreover, this technique is preferred to identify the fractures-joints, faults and shear zones in front of the tunnel face. Probe Drill provides for learning the characteristics of the excavated formation and getting precautions against possible problems before the excavation. Therefore, the Probe Drill technique presents faster and cheaper excavation in especially difficult ground conditions.

6.1 Probe Drill Equipment

Unexpected TBM excavation performance determines where the probe drilling application is going to be used. Probe drill equipment is located above the screw conveyor and tail conveyor connection point. Drilling application is able to work at 12 different directions like clockwise through cutterhead to the ground. Generally, probe drilling is used in top / upper position for getting valuable data, since the most of load is coming from the top of TBM. Probe drill equipment is able to drill holes with 7 degrees of inclination. Probe Drill parameters are recorded by using a software (Koloğlu et al., 2018). Probe drill equipment specific features are summarized in Table 6.1.

Table 6.1. Main information of Probe Drill equipment (Koloğlu et al., 2018).

Location	Segment erector
Number of Drills	2
Feed Length	2.20 m
Hole Size	38 – 89 mm diameter
Coverage	360°
Angle	7°
Supplied with	2 x hydraulic/percussive drill complete with feeds and controls mounted on rotary ring positioner

6.2 Investigation of Probe Drill Applications

The project site is near North Anatolian Fault Zone. Therefore, faults, joints and beddings were monitored in this formation (Shaterpour-Mamaghani et al., 2015). Geological information related to the study area is summarized in Table 6.2. These difficult conditions lead to assemble the probe drill equipment in order to obtain knowledge about forward excavation of the new TBM. This study focused on Ilıcadere volcanics having variable lithological units, which are agglomerate, volcanic breccia, basalt, andesite, and tuff. Moreover, one borehole (GSK-13) has been drilled in the studied area as shown Figure 6.1. According to the borehole, the rock mass in the studies area has RMR of 40, RQD of 55% and Q of 0.30.

Table 6.2. Geological information (Koloğlu et al., 2018).

Stratigraphy	Lithology
Alluvium	Sandy clayey silt, sand, silty gravel
Bakacatepe Volcanics	Basalt, andesite, dacite, agglomerate
Ilıcadere Volcanics	Agglomerate, volcanic breccia, basalt, andesite, tuff

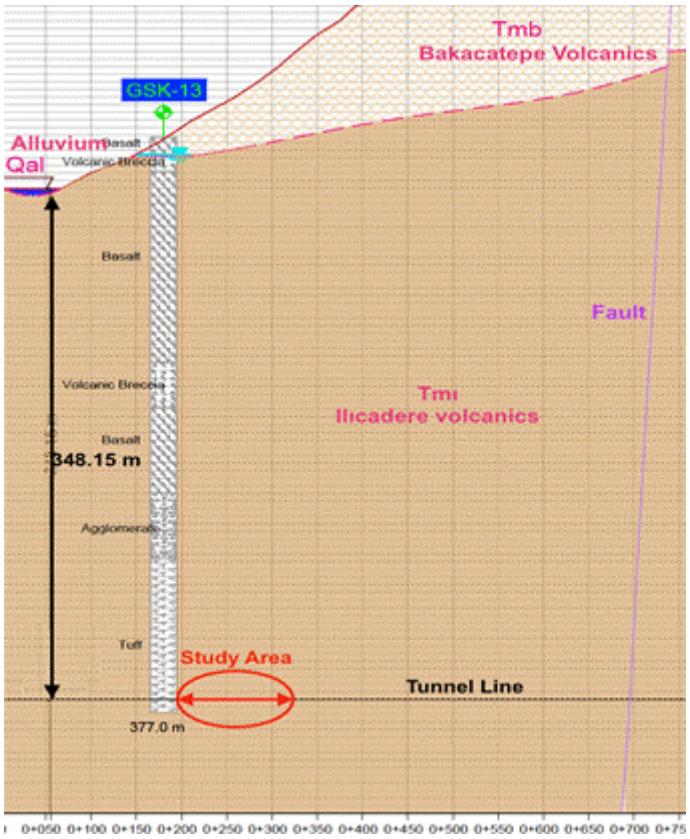


Figure 6.1. Probe Drill study area (Koloğlu et al., 2018).

6.3 Investigation of Probe Drill Performance

The aim of this part is to find relations between probe drill performance and TBM performance. Probe Drilling was being applied in where TBM performance was decreasing. The probe drill data of seven applications in different chainages are recorded. Probe Drill data included specific features such as direction of drill, start/finish depth and chainages. Although the probe drills were performed in different directions, mainly the ones in 12 o'clock directions were used in this study. The respective segment ring numbers are given in Table 6.3 for these seven probe drill applications.

One of the Probe Drill performance parameter is average drill speed recorded as excel file. Speed column has instant speed values in an irregular instant time values through the entire drill length. These speed values were separated ring by ring and averaged according to starting and finishing points of each ring. The other probe drill parameter is drill torque value recorded such as speed values. Furthermore, torque values were separated ring by ring. Moreover, drilling torque values were normalized by probe drill penetration rate (Bilgin et al., 2016).

Table 6.3. Probe Drill application information (Koloğlu et al., 2018).

Respective Segment Range	Total Probe Drill Length (m)
175 – 189	23.4
186 – 195	13.0
213 – 218	6.4
253 – 266	19.1
274 – 291	25.5
281 – 291	14.3
302 – 313	16.4

6.4 Relationships between Probe Drill and Crossover TBM Performances

Probe Drill and TBM performance parameters are statistically analyzed to see correlations and proper trends. Probe Drill performance parameters (average drill speed, drill torque and probe drill torque index) were matched to each respective ring's TBM performance data. Seven Probe Drill applications covering 77 rings were investigated in this analysis.

At the beginning of the study, the performance parameters of both probe drill and TBM excavation were averaged for the entire drill lengths and respective rings. No meaningful trends could be found in this method. Therefore, each probe drill zone was separated according to respective segments. Then, both probe drill and TBM performance data were averaged for each segment length in each of seven probe drill sections. The statistically significant relationships and general trends obtained (weak and moderately correlated) are mentioned below.

The first probe drill section was between the rings 175 and 189. Probe drill speed (probe drill penetration rate) data indicated general trends, but weak relationships with TBM penetration rate as shown in Figure 6.2. The penetration rate (and thus cutting rate) of the TBM is increasing with increasing probe drill penetration rate (speed).

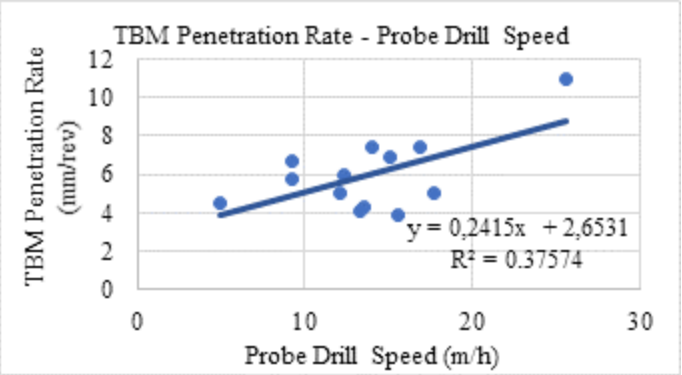


Figure 6.2. Variation of Probe Drill speed and TBM penetration rate.

The second probe drill section was between the rings 186 and 195. A general trend was obtained between TBM Thrust Index and Probe Drill Torque Index as pointed in Figure 6.3. TBM thrust index decreased with increasing probe drill torque index.

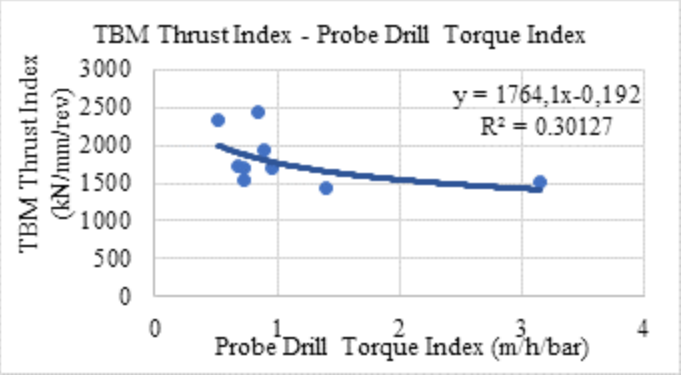


Figure 6.3. Variation of probe drill torque index and TBM thrust index.

In the other probe drill section between the rings 281 and 291, a good relationship between TBM thrust force and Probe Drill speed was obtained as shown in Figure 6.4. TBM thrust force increased with increasing probe drill speed. Probe drill speed also indicated meaningful trends and relationships with TBM Cutterhead Power, TBM Specific Energy and TBM Penetration rate as shown in Figures 6.5, 6.6 and 6.7, respectively.

Another probe drill section was between the rings 302 and 313. Generally, similar correlations was obtained in this group data. TBM Specific Energy and TBM Penetration Rate have connected with Probe Drill speed values as shown in Figures 6.8 and 6.9.

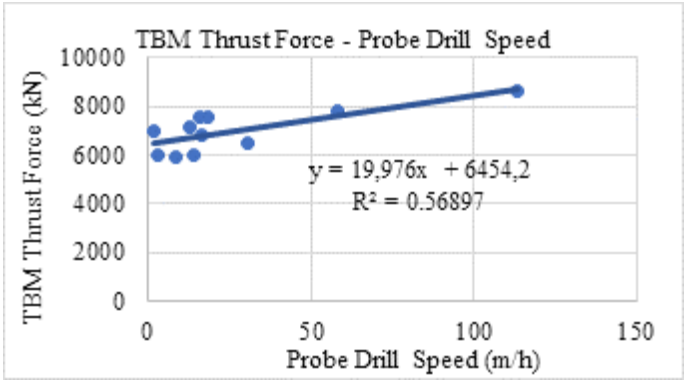


Figure 6.4. Variation of probe drill speed and TBM thrust force.

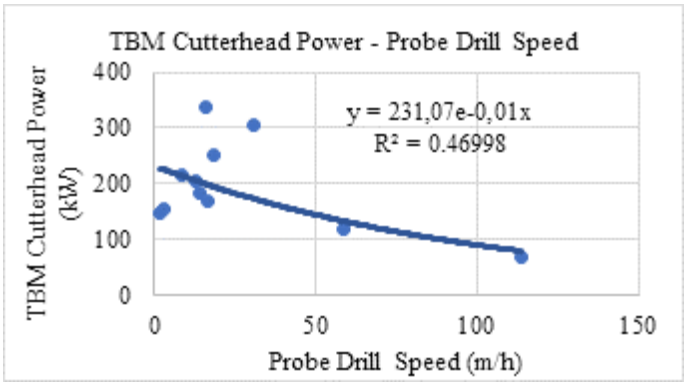


Figure 6.5. Variation of probe drill speed and TBM cutterhead power.

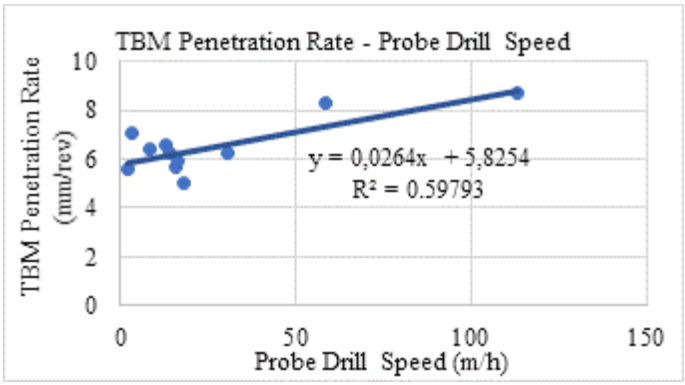


Figure 6.6. Variation of probe drill speed and TBM penetration rate.

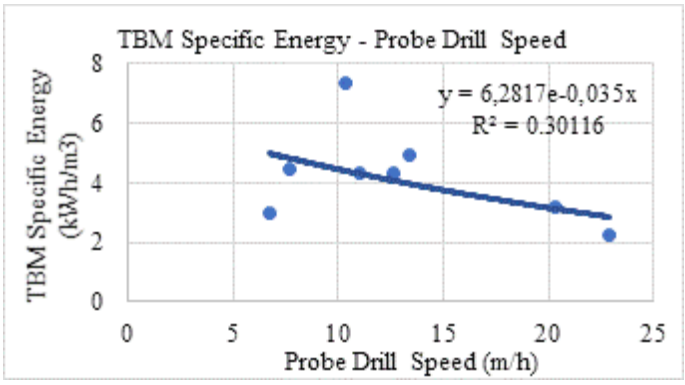


Figure 6.7. Variation of probe drill speed and TBM specific energy.

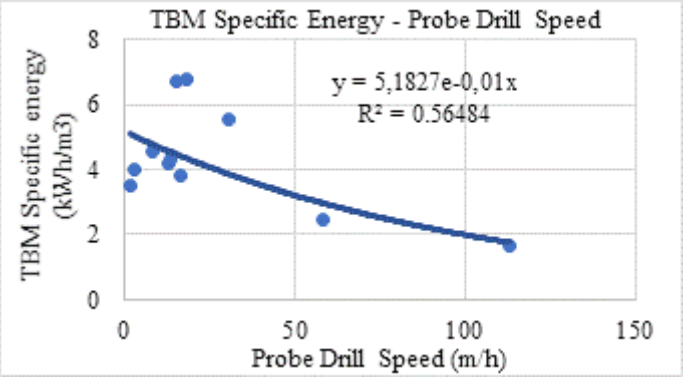


Figure 6.8. Variation of probe drill speed and TBM specific energy.

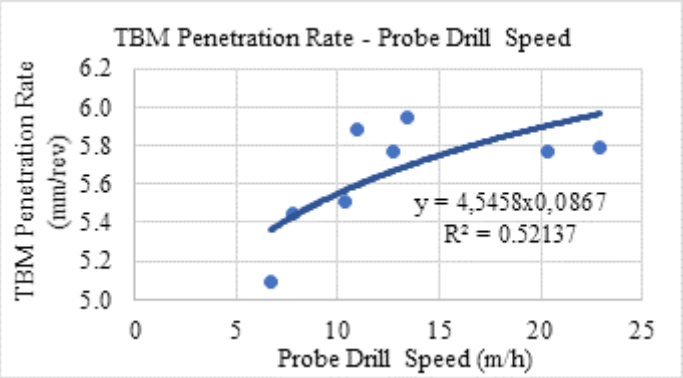


Figure 6.9. Variation of probe drill speed and TBM penetration rate.

7 EFFECT OF ROCK STRENGTH ON PROBE DRILL AND TBM PERFORMANCES

This part of the study is dedicated to analyzing relationships between rock strength and performances of TBM and probe drill operations. The performance data is investigated according to corresponding uniaxial compressive strength values obtained from the point load test results, of which the samples were obtained from 21 different chainages. Rock compressive strength and TBM parameters did not indicate any important relationship.

Rock strength values coincided in 190, 192, 200, 207, 208 points with Probe Drill applications. Probe drill performance parameters shown more significant trends than TBM performance parameters with the compressive strength. However, these five rings were not enough for good correlations. Number of data should be increased to perform a deeper analysis.

8 CONCLUSION

Investigation of TBM performance was divided into three main groups. Firstly, TBM performance data were correlated to each other. After that, TBM performance data and Probe Drill performance data were correlated. Lastly, TBM and Probe Drill performances were correlated to uniaxial compressive strength of the rock samples.

TBM thrust force, cutterhead torque and power were correlated with TBM penetration rate. However, no reliable relationship could be found between them. Relationship between s/p (line spacing / penetration) and specific energy indicated the lowest energy consumption and maximum performance.

TBM and Probe Drill performance parameters are correlated with the uniaxial compressive strength of rocks. Probe Drill and TBM performance parameters did not indicate any important relationship with the rock strength. Probe drill performance parameters shown more significant trends than TBM performance parameters with the uniaxial compressive strength.

The results of analyses indicated that probe drill performance records might be used for predicting TBM performance. However, the correlations were either weak or moderately strong. The study should be further improved / detailed by additional data.

TBM performance data were connected with geological cross-section of the tunnel alignment. It was seen there was significant performance increases and/or decreases while excavating closer to or on fault zones.

Gerede Tunnel still have different kinds of geological difficulties. In order to finish excavations without any problem, additional researches should be performed.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the support of Kolin Construction Co; this study could be impossible without their support. The authors would like to thank Prof.Dr. Nuh Bilgin for his valuable contribution during studies.

REFERENCES

Bilgin, N., Çopur, H., Balcı, C., 2016. "*TBM Excavation in Difficult Conditions. Case Studies from Turkey*", 1st edn. Ernst & Sohn GmbH & Co.KG., Berlin.

Bilgin, N., Çopur, H., Balcı, C., 2013. "*Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries*", 1st edn. CRC Press, New York.

Çopur, H., Balcı, C., 2018. "*MD 432E – Mechanization in Mining and Tunneling Excavations*" Mining Eng Dept, ITU Faculty of Mines.

Çopur, H., 2015. "*MD 513E – Mechanical Excavation and Mechanization in Soft Ground*" Mining Eng Dept, ITU Faculty of Mines.

Koloğlu, T., Duman, B., Erkmen, O., Bayram, D. and Çopur, H., 2018. "Relationship between Probe Drill performance and Crossover TBM performance: Gerede experience", *World Tunnel Congress*, Dubai, U.A.E.

Özaslan, H., 2007. "Final geotechnical report of second stage of Isikli Tunnel, Vol. 1"

Shaterpour-Mamaghani, A., Tumaç, D. and Avunduk, E., 2015. "Double shield TBM performance analysis in difficult ground conditions: a case study in the Gerede water tunnel, Turkey", *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75: 252-256.

Çamlıca – Libadiye Karayolu Tüneli Tahkimat İşlerinin İncelenmesi

Analysis of Support Systems in Çamlıca – Libadiye Highway Tunnel Project

E. Özmek, H. Tunçdemir, C. Erdoğan
İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu bitirme çalışması kapsamında, günümüzde oldukça sık kullanılan kazı yöntemlerinin başında gelen ve klasik bir tünel açma yöntemi olan NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) temel prensiplerinden, tahkimat sistemlerinin uygulama biçiminden ve yöntemdeki tahkimat sistemi elemenlarından bahsedilmiştir. Bu çalışma kapsamında, inşaatı devam eden Çamlıca – Libadiye karayolu tünellerinde uygulanan NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) tahkimat sistemleri için harcanan detaylı zamanlar ve bu zamanları etkileyen faktörler tespit edilmiştir, tahkimat işlerinin kapsadığı zaman dilimi belirlenmiştir, iş kayıplarının sebepleri ve bu kaybedilen zamanı en aza indirgemeye yönelik yapılması gerekenler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tünelcilik, karayolu tüneli, yeni avusturya tünel açma metodu, tahkimat sistemleri

ABSTRACT In the scope of this study, it is mentioned from the basic principles of NATM (New Austrian Tunneling Method) which is one of the most frequently used excavation methods today and which is a classical tunnelling method, the application form of the support systems and the support system elements of the method. Within the scope of this completion study, the detailed time spent for the NATM (New Austrian Tunneling Method) support systems applied in Çamlıca - Libadiye road tunnels which are under construction and the factors affecting these times have been determined, the time frame covered by support systems have been determined, the reasons for job losses and the things that need to be done to reduce this lost time are presented.

Keywords: Tunneling, highway tunnel, new austrian tunneling method, support systems

1 GİRİŞ

1.1 ÇAMLICA-LİBADİYE KARAYOLU TÜNEL PROJESİ

Proje ile amaçlanan, İstanbul Üsküdar Çamlıca'da trafik yükünü azaltmak, bu sayede zaman, yakıt kaybını ve çevreye verilen zararı en aza indirmenin yanında daha rahat ve kısa sürede konforlu bir şekilde ulaşım sağlamaktır.

Çalışma kapsamında incelenecek olan Çamlıca Tüneli, Anadolu yakasında Üsküdar Kısıklı – Küplüce - Ferah mahallelerini birbirine bağlamaktadır. Derin- orta derinlikte tünel niteliğinde olan yapı farklı uzunluklarda olan 3 tüpten oluşmaktadır.

T1 Tüneli Km: 0+210.000-1+460.000, T2 Tüneli Km: 0+145.000-1+534.000 ve T3 Tüneli Km: 0+700.000-1+270.000 aralığında olup tünel 3209 m uzunluğundadır.

Güzergah üzerinde yapılan jeolojik araştırmalar, sondajlar ve laboratuar sonuçlarına göre bir jeoteknik model belirlenmiştir. Oluşturulan jeolojik modele göre yapılan hesaplar sonucunda gerekli kazı

yöntemi Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) olarak belirlenmiştir (Özmek, 2018).

1.2 Mühendislik Jeolojisi

Tünelin ilerleme yönü yaklaşık güneyden kuzeydoğuya doğrudur. Jeomorfolojik açıdan topoğrafya düzenli olarak artmakta, maksimum kota ulaştıktan sonra yine düzenli olarak azalmaktadır.

Çamlıca tünelinde 3 farklı jeolojik formasyon bulunmaktadır. Bu formasyonlar yaşlıdan gence doğru sırası ile Alt Ordovisiyen yaşlı Kurtköy Formasyonu (Opk), Alt Ordovisiyen Aydos Formasyonu (Oa) ve Üst Ordovisiyen- Alt Silüriyen yaşlı Yayalar Formasyonu'nun Gözdağ Üyesi'dir (Emay Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş., 2013).

2 YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ (NATM)

Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi, kazı sonrası oluşacak deformasyonun bir kısmının ana kayaya, bir kısmının ise tahkimat elemanına taşıttırılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde ana ilke; en uygun kazı ve sağlamlaştırma yöntemlerinin seçilerek kazı sonrasında oluşan ikincil gerilme ve deformasyonların, kaya yapısının stabilitesini bozmayacak şekilde denetlenmesi, yönlendirilmesi ve kayaçların ilk sağlamlığını olabildiğince koruyarak boşluğu çevreleyen bölgenin kendi kendisini taşıyan bir statik sistem oluşturmasının sağlanmasıdır (Atasoy, 2010).

NATM'ın avantajları:

- Çok değişik zemin şartlarına uyumludur.
- Farklı enine kesitlere kolaylıkla ve esnek olarak uygulanabilir.
- Tam kesit galeri açma makineleri ile birlikte kullanımı kolaydır.
- Yatırım maliyetleri daha düşük ve amortismanı daha çabuktur.

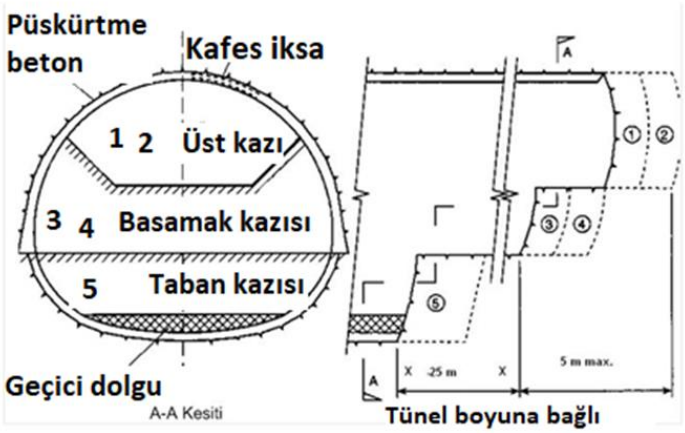
NATM'ın dezavantajları:

- İlerleme oranı nispeten düşüktür ve önemli artışlar sağlanamaz.
- Kalifiye işçilik ve yüksek kaliteli malzeme gerektirir.
- Yeraltı suyunun altında uygulanması sadece ek ölçümlerle olabilir.
- Projeyi yapan ve yaptıran açısından risk dağılımı zordur (Uğurel, 2010).

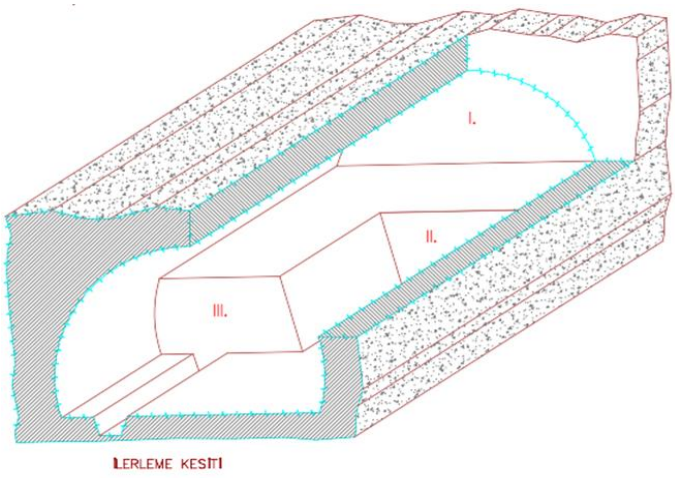
2.1 Tünel Kazısı

NATM'de değişik ikincil gerilmelerin ortaya çıkmasından kaçınmak için kazı, küçük parçalar halinde ve genellikle üç aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşama kazı tünel kesitinin üst yarısının, yarım daire şeklinde alınması ile gerçekleştirilir. İkinci aşama kazı, birinci aşamanın 25-30 m gerisinden yapılır. Bu aşamadan sonra ise üçüncü kademe kazı veya taban (radye) kazısı yapılır (Şeker, 2008).

Kazı metodu, kazı kesit alanına ve kayaç özelliklerine göre delme patlatma, hidrolik darbeli kırıcılar veya kollu galeri açma makineleri ile yapılabilir (Karaoğlan, 2002). Ankraj delikleri, süren delikleri gibi işlemler için özel makineler gereklidir. Şekil 1'de kazı aşamaları şematize edilmiştir. Şekil 2'de ise kazı aşamalarının ilerleme kesiti şematize edilmiştir.



Şekil 1. Tüneldeki NATM kazı aşamaları



Şekil 2. Tüneldeki NATM kazı ilerleme kesiti

2.2 Tünel Tahkimat Elemanları

2.2.1 Püskürtme Beton

Püskürtme beton, çelik hasır ve iksa montajından sonra 8-25 cm kalınlıkta uygulanmaktadır. İç kaplama betonu ve su yalıtım elemanları için düzgün bir tünel yüzeyi sağlar ve donatılarda korozyonu önler. Ancak düşük kaliteli kaya şartlarında dökülmeyi önlemek için öncesinde ilk tahkimat olarak 5 cm kalınlıkta uygulanabilir. Püskürtme beton eklem çatlaklarını kaplayarak dökülmeleri önler aynı zamanda hava ile teması keserek, duraylılığı arttırır.

2.2.2 Kafes İksa (Çelik İksa)

I profil ve inşaat donatısının kaynaklanmasıyla oluşturulan kafes iksa olmak üzere iki tip iksa kullanılır. Kafes iksa hem hafif hem de ekonomik olduğundan daha avantajlıdır. Uygulanma amacı kemerlenmeyi ve tavan kayasının bir bütün halinde deformasyonunu sağlamaktır. Çamlıca tünellerinde kullanılan kafes iksa, iki adet T20'lik ve T26'lık nervürlü çelik ile bunlar arasında bağlantıyı sağlayan T10'luk elemanlardan oluşmaktadır.

2.2.3 Çelik Hasır (Donatı)

Çelik hasırın esnek olması ve tünelin şekline kolaylıkla uyum sağlaması istenmektedir. Sağlamlaştırma sırasında düşebilecek olan kaya parçalarının düşmesini önler ve ilk desteklemeyi arttırır. Zemine mümkün olduğu kadar yaklaştırılmalı ve çok stabil bir şekilde monte edilmelidir. Çamlıca tünelleri kazısında B3 ve C2 kaya sınıfında kullanılan çelik hasır tipi Q221/221'dir, C3 kaya sınıfında kullanılan çelik hasır tipi ise Q295/295'dir. Her biri 2 kat olarak atılmaktadır.

2.2.4 Kaya Bulonu

Kaya bulonları, kayayı çekme gerilmelerini taşıyabilecek şekilde sağlamlaştırmak ve çekme gerilmelerini ana kayaya iletmek amacıyla uygulanmaktadır. Bulonlar aynı zamanda kazı esnasında duvar ve tavanda kopmak üzere olan kayaların kopmalarını önleyerek emniyeti arttırırlar. Çamlıca tünellerinde kullanılan enjeksiyonlu kaya bulonudur. 4 m ve 6 m boylarında, T26'lık nervürlü çelikten özel olarak imal edilir. Bir ucu 12 cm dişli ve taşıma plakaları 200/200/120 mm boyutlarında olup, metrik 24 somun kullanılır.

2.2.5 Süren

Kazı sonrası dökülmeye meyilli formasyon ortamlarında, özellikle su gelişinin olduğu bölgelerde, kazıya girmeden önce süren uygulaması yapılır. Çamlıca tünellerinde 1, 1/2" çapında, 4.00 m'lik borulardan faydalanılmıştır. Çelik iksa üzerinden yatayla max. 5-10º açı yapacak biçimde çakılırlar. Sürenlerin içerisi çimento/su oranı = 2/1 olan enjeksiyon ile doldurulmaktadır.

2.2.6 Şemsiye Kemer (Umbrella Arch)

Ayna üzerine gelecek basınçlara karşı kazı tavanına yerleştirilen 9 m uzunluğunda 114 mm çapında çelik borulardır. Zayıf formasyonlarda kullanılır. Makinelerin çalışması ve boruların yerleştirilebilmesi için kazı kesiti 50 cm daha geniş açılmaktadır. Çamlıca tünellerinde etrafı alçı ile sıvanmakta ve boru içine enjeksiyon basıncı 2-3 bar ve çimento/su = 7/5 olan enjeksiyon verilmektedir. Enjeksiyonun, kayaçtaki çatlakları tam doldurabilmesi için boruların cidarında delikler açılmaktadır ve uçları sivri hale getirilmektedir.

2.2.7 Zemin Çivisi

Gelen yüklerden dolayı aynada dayanımını yitiren malzeme hacmi kadar yüzeyde oturmalar olacaktır. Bunu önlemek için tünel aynasını zeminini konsalide etmenin etkili yolu zemin çivisidir. Ayna önünden 10 - 12º aşağı eğimli 125 mm çapında delikler açılarak içine 9 m uzunluğunda, 14 mm çapında tor çelikten imal edilmiş nervürlü çubuklar yerleştirilmektedir (Özmek, 2018).

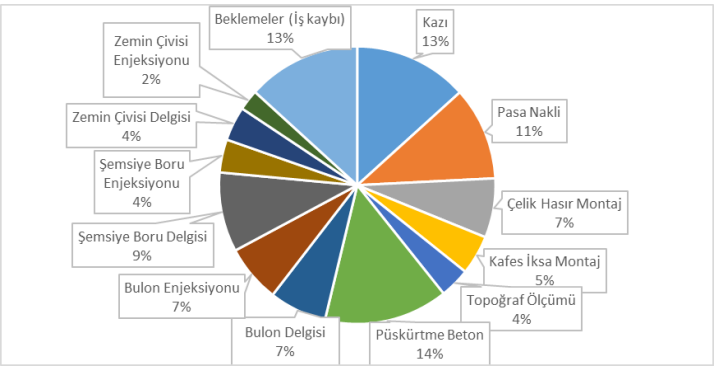
3 YERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmada tünel tahkimat işlerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu yüzden 3 farklı tünelde çok sayıda kazı döngüsü boyunca yapılan işlemlerin detaylı zamanları tutulmuştur. Ayrıca gecikmeler (iş kayıpları) ve sebepleri tespit edilerek bu zaman kayıplarını minimuma indirgemeye yönelik önlemler sunulmuştur (Özmek, 2018).

Genel bir sonuç çıkarabilmek için ise aşağıda T1 Tüneli'nin ortalama zamanları ve yüzdeleri Çizelge 1 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. T1 Tüneli'nde bir çevrim ilerlemede yapılan işlerin ortalama zaman çizelgesi

Yapılan İş	Zaman(dk)
Kazı	178
Pasa Nakli	146
Çelik Hasır Montaj	93
Kafes İksa Montaj	62
Topoğraf Ölçümü	48
Püskürtme Beton	194
Bulon Delgisi	90
Bulon Enjeksiyonu	90
Şemsiye Boru Delgisi	124
Şemsiye Boru Enjeksiyonu	52
Zemin Çivisi Delgisi	53
Zemin Çivisi Enjeksiyonu	32
Beklemeler (İş kaybı)	178



Şekil 3. T1 Tüneli'nde bir çevrim ilerlemede yapılan işlerin ortalama yüzde dağılımı

4 SONUÇLAR

12.06.2017 - 07.07.2017 tarihleri arasında Kiska & Özaltın & Cengiz ve Makyol Holding ortaklığının üstlendiği "Çamlıca – Libadiye Karayolu Tüneli" projesinde tahkimat işleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar derlenmiştir.

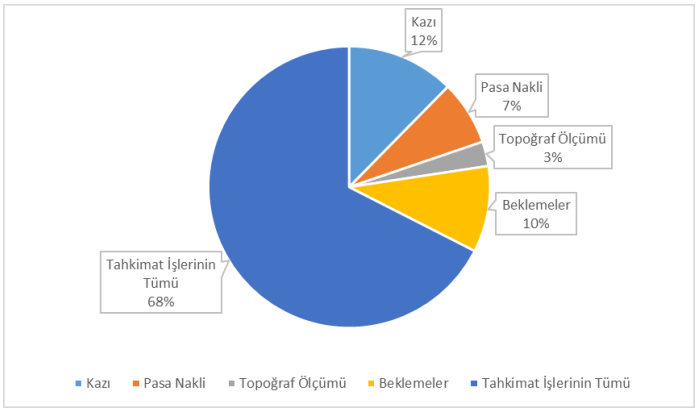
Beklemelere (iş kayıplarına) çoğunlukla jumbo makinesi ile ilgili arızalar (elektrik arızası, matkap kırılması, yağ kaçırması vs.), betonun geç gelmesi ve santral suyu ile ilgili olumsuzluklar neden olmaktadır.

Bu beklemelere karşı alınabilecek önlemler ise şu şekilde sıralanabilir :

1. Her zaman kesinlikle yedek bir jumbo bulundurulması.
2. Jumboların bakımlarının zamanında ve düzenli olarak yapılması.
3. Jumbo operatörüne daha iyi eğitim verilmesi ve denetlenmesi.
4. Beton gönderimi için santralde koordinasyonun iyi olması.
5. Santral suyunun devamlı olarak kontrol edilmesi ve tankerlerinin bakımlarının düzenli olarak yapılması.

Bu iş kayıplarını sıfıra indirgemek mümkün değildir. Fakat daha eğitimli ve dikkatli çalışanlarla ve planlı bir çalışma şekliyle bekleme sürelerinin en aza indirgenmesi mümkündür.

Tünellerdeki tahkimat işlemlerinin tümünün ve diğer işlemlerin yüzde grafiği Şekil 4'de gösterilmiştir. Tahkimat işlemlerinin diğer işlemlere göre çok daha fazla bir zaman dilimine sahip olduğu görülmektedir (Özmek, 2018).



Şekil 4. Tünellerde yapılan tahkimat işlerinin kazı döngüsünde genel dağılımı.

KAYNAKLAR

Atasoy, A., 2010. *İstanbul Metrosu III. Aşama Tünellerinde Kullanılan Destekleme Tipleri ve Maliyetlerinin İncelenmesi.* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Emay Uluslararası Müh. ve Müş. A.Ş., 2013. Çamlıca Tüneli Kesin Proje Jeoloji ve Jeoteknik Etüt Raporu, İstanbul.

Karaoğlan, H., 2002. *Kaya Zeminde Tünel Tasarımı.* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Özmek, E., 2018. *Çamlıca-Libadiye Karayolu Tüneli Tahkimat İşlerinin İncelenmesi.* Istanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, Istanbul.

Şeker, Ö., 2008. *Yeni Avusturya Prensiplerine Göre Tünel Kaplama Tasarımı.* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Uğurel, Ş., 2010. *Türkiye'de Metro Projeleri Yatırımlarının Geri Dönüşüm Süresinin Belirlenmesi ve Bu Sürenin Optimizasyonu İçin Öneriler.* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Kuzey Marmara Otoyolu Cebeci Tüneli NATM Hidrolik Kırıcı Performans Analizi

Performance Analysis of Hydraulic Breaker in Cebeci Tunnel Project NATM, North Marmara Highway

E. Dak, H. Çopur
İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu bitirme çalışmasının amacı, Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Cebeci Tüneli Hidrolik Kırıcıların Performans Analizi hakkındadır. Ulaşımın kolaylığı ve ihityacın doğması açısından yapılan projede gündelik yaşamı etkilemeyecek şekilde yer altından açılan tüneller vasıtası ile ilerlemektedir. Yapılan bu çalışmada NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) kazısında değişik iş grupları için harcanan zamanlar tespit edilmiştir. Aynı zamanda nokta yük deneyi ve IBR ilişkisi ile kırıcıların performansını artırmanın yolları ve kaybedilen zamanı en aza indirgemeye yönelik yapılması gerekenler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tünelcilik, Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi, Karayolu Tüneli,

ABSTRACT In the scope of this study, mentioned the Performance Analysis of the North Marmara Highway Project Cebeci Tunnel Hydraulic Breakers. With the ease of transportation and the birth of necessity, the project is proceeding with a tunnel underground that will not affect everyday life. In this study, the time spent for different jobs in the excavation of NATM (New Austrian Tunneling Method) was determined. At the same time, the point load experiment and the IBR relation and the ways to improve the performance of the breakers and the necessary things to reduce the lost time are presented.

Keywords: Tunneling, New Austrian Tunneling Method, Highway Tunnel

1 GİRİŞ

Ulaşımı kolaylaştıran, uzun mesafeleri kısaltarak geçmeye olanak sağlayan tüneller, karayollarının bütünleyici bir parçasını oluşturmaktadır. Aşılması zor coğrafi engellerin tünel kullanılarak geçilmesi ulaşımda büyük avantajlar sağlamaktadır. Ülkelerin coğrafi özelliklerine uygun olarak yapılan her tünel kendisine münhasır özellikler gösterir. Türkiye'de farklı sektörler tarafından projelendirilen ve inşa edilen tünellerin büyük çoğunluğu Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (NATM) kullanılarak yapılmaktadır.

Nüfusun getirdiği ulaşım problemleri metro ve raylı sistem gibi birçok yöntemin daha etkin kullanılmasına sebep olacak ve bu şekilde toplu taşımaya daha fazla ihtiyaç olacağından dolayı NATM veya TBM gibi alt yapı proje yöntemleri gün geçtikçe önemi arttıracak ve gelişmeye devam edecektir.

2 YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ (NATM)

Tünelcilikte, tünelin, açıldığı kaya ortamına kendisini taşıtması prensibi ile ortaya çıkan "Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM)" günümüzde çok yaygın kullanılan bir yöntemdir.

NATM'nin Leopold Müller tarafından geliştirilen 22 prensibi olup, esası ana kayanın ilk sağlamlığını koruyarak yapılacak tahkimatla beraber kayaç bölgesinin de taşıyıcı olmasını sağlamaktır.

2.1 NATM'nin Kazı Yöntemleri

NATM'de kazı yöntemi olarak delme patlatma ve yarı mekanize kazı kullanılır. İlk tahkimat olarak birinci kat püskürtme beton kullanılır. Püskürtme beton eklem çatlaklarını kaplayarak dökülmeleri önlemek, kayanın kendini taşıma durumunun devamını sağlamak amacını taşır. İkinci aşamada çelik veya kafes iksa kullanılmaktadır. Bazı kayaç formasyonlarında gerek duyulmayabilir. Üçüncü aşama donatılı püskürtme beton aşamasıdır. Öncelikle hasır donatı iki iksa arasında zeminle aralarında bir boşluk oluşmayacak şekilde yerleştirilir. Ardından iki iksa arası bağlantı elemanları olan işban demirleri monte edilir ve püskürtme beton bu işlemlerin ardından uygulanır.

2.2 NATM Tahkimat Elemanları

2.2.1 Püskürtme Beton

Püskürtme beton; ince kum, agrega, çimento, priz hızlandırıcı karışımından oluşan kuru ya da ıslak olarak pompalar yardımıyla kazı yüzeyine püskürtülen çok yönlü kullanım amacı olan bir çeşit harçtır. Püskürtme betonun en önemli özelliği karışımındaki priz hızlandırıcı kimyasallar yardımı ile erken priz alması ve mukavim olmasıdır. İksa ve çelik hasır ile kaya kütlesi arasında oluşa bilecek bölgesel boşlukların minimumda kalmasını sağlar.

2.2 Çelik Hasır Uygulaması

Hasır çelik yoğun ve hızlı işçilik gerektiren tünel gibi yapılarda işçilik kolaylığı ve küçük kaya kopmalarını tutarak oluşabilecek iş kazalarını minimuma indirir. Çelik hasırlar püskürtme betonla birlikte kullanıldıklarında kayaca sağlamlık verir, hava ve nem etkilerine karşı korur ve bulonların sağlamlaştırma etkilerine ek olarak rijit bir diyafram oluşturarak sağlamlık etkisini geniş bir alana yayar. Kuzey Marmara Otoyolu, Cebeci Tüneli inşaatında kullanılan Q221/222 çelik hasırının özellikleri Tablo 1. De verilmiştir.

Tablo 1 Q221/221 Çelik Hasır Boyutları

Hasır Tipi Q		Q221/221
Boy (cm)		500
En (cm)		215
Çubuk Çapı	Boy (mm)	6,5
	En (mm)	6,5
Çubuk Aralığı	Boy (mm)	150
	En (mm)	150
Çubuk Çıkıntısı	Boy (mm)	100/100
	En (mm)	25/175
Kesit Alanı	Boy (cm^2/m)	2,21
	En (cm^2/m)	2,21
Hasır Ağırlığı	Kg/m^2	3,48
	Kg/Adet	36,65

2.3 İksa Montaj Uygulaması

Tünel kazısı esnasında, kendini tutamayan zayıf zeminlerde, kazı yapılırken zemini tutmak için kullanılan yapılara iksa denir. Tünel içerisine hazır imal edilmiş olarak, iki parça halinde gelen iksanın, flanşları üzerinde açılan dört yuva içerisinde civata ve somunun birbirlerine bağlanması şeklinde yapılır. İksalar, kazılmış olan tünel boşluğunu kısmen de olsa destekleyip, belirli bir noktanın ötesinde zemin akmalarını önlemek ve boşluğu çevreleyen zeminin hareketini azaltmak için kullanılırlar.

2.4 Bulon Uygulaması

Kaya bulonları, kayayı çekme gerilmelerini taşıyabilecek şekilde sağlamlaştırmak, çekme gerilmelerini ana kayaya iletmek, süreksizliklerin sürtünme direncini arttırmak veya kayada üç eksenli gerilme durumu oluşturmak için yerkabuğu içine bağlanan çubuklardır. Kaya bulonları tek başına tahkimat elemanı olarak kullanılabildiği gibi, iksa, hasır-çelik ve shotcreteden oluşan tahkimatın tamamlayıcı elemanı olarak da kullanılabilmektedir. Bulonlar aynı zamanda kazı esnasında duvar ve tavanda kopmak üzere olan kayaların kopmalarını önler.

2.5 Delme-Patlatma Uygulaması

Patlatma işlemi ekskavatör ile kazısı gerçekleştirilemeyen aynalarda ve patlatma sonrasında kendini belli bir süre tutabileceğine inanılan yerlerde yapılır. Bunun için kazı yapılacak bölgede kayacın özelliklerine ve ne kadar mesafede devam ettiğine bakılır. Bunu anlamak için daha önceden yapılmış sondaj loglarına bakılır ve yerinde belirmek için kılavuz delgiler delinerek karot numuneleri alınır ve kayacın ne kadar daha patlatma ile gidilecek doğrultuda olduğu tespit edilir. Patlatma yapılacak aynanın kesitine, ilerleme adımına, güzergah üstündeki yüzeyde bulunan yapıların durumuna ve kayacın sertliğine göre bir patlatma paterni oluşturulur. Bu paterne göre aynada ne kadar delik delineceği, hangi yöntemle patlatma yapılacağı, ne kadar patlayıcı kullanılacağı, ne kadar mesafe alınacağı ve bu patlatma sonrasında ne kadar titreşim olacağı hesaplanır. Tablo 2 de tünele ait delme patlarma bilgileri verilmiştir.

Tablo 2. Cebeci Tüneli Delme Patlatma Bilgileri

Bir tane dinamit kartuşunun ağırlığı 0,545 gr.
3 metreye kadar delgi boyu için kapsül başına şarj miktarı 0,545x3=1,6kg.
Dolumlar her aynada 6 ateşçi + 1 Manitou ile yapılıyor
Delik çapı 45 mm
Yemlemeden sonra Mursa (kilden yapılmış kartuş lokumlar) ile sıkılama yapılıyor.
Nonel kapsüllerde gecikme yüzey kapsülleriyle sağlanıyor.
Elektronik kapsüllerde sistemde kendimiz belirliyoruz.

2.6 Havalandırma

Karayolları tünellerinde hidrolik kırıcılarla beraber patlatma uygulaması ve püskürtme beton yapıldığından tünel içerisinin çok iyi havalandırılması gerekmektedir. Hava kalitesinde yaşanan düşüş sebebi ile sağlık açısından tehlike yaratmaktadır. Cebeci Tüneli inşaatında havayı temizlemek amacı ile Technima Clean Air jet fanları kullanılmaktadır.

3 KUZEY MARMARA OTOYOLU CEBECİ TÜNELİ TANITIMI

3.1 Projenin Güzergahı

Kuzey Marmara Otoyolu Projesi'nin Avrupa kesimleri, Silivri ilçesinin Alipaşa semtinde bulunan Kınalı kavşağında başlayıp Üçüncü Boğaz Köprüsü mevcut bağlantı yollarının (Kesim 3) başladığı Eyüp ilçesi Odayeri semtinde sona ermektedir. Proje'nin Asya kesimleri, İstanbul'un Pendik ilçesinde Kurnaköy'de (Paşaköy Kavşağı'nın güney-güneydoğusunda) başlayıp Sakarya'nın Akyazı ilçesinde Akyazı TEM Kavşağı'nda sona ermektedir. Bitirme çalışması yapılan Cebeci Tüneli projesi'nin güzergâh uzunluklarına ait bilgiler aşağıda verilmektedir. (Tablo 3)

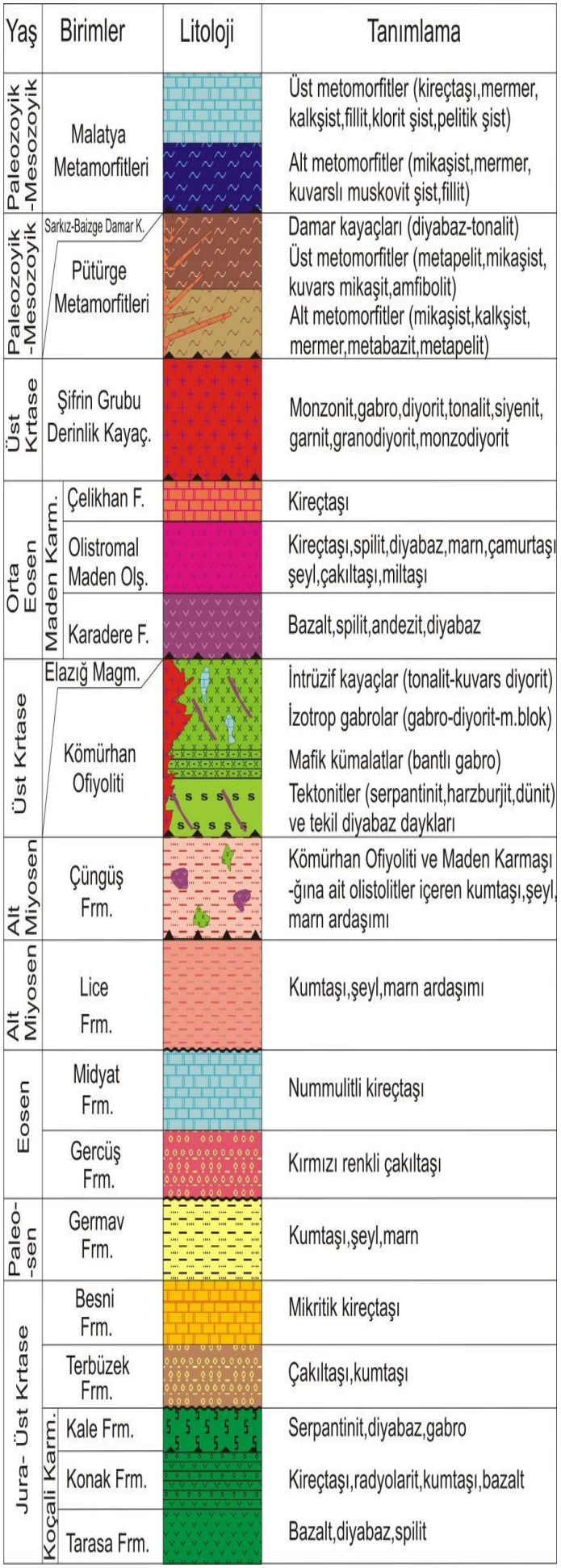
Tablo 3. Cebeci Tünel Projesi Uzunluklarına Ait Bilgiler

İŞ	VİYADÜK	KÖPRÜ	ALTGEÇİT	ÜSTGEÇİT	MENFEZ
BİRİM	Adet	Adet	Adet	Adet	Adet
Kesim-1	2	16	20	10	43
Kesim-2	4	20	7	4	20
Kesim-7	3	7	9	5	6
Avrupa	9	43	36	19	69
Kesim-4	4	11	29	15	158
Kesim-5	4	2	9	10	50
Kesim-6	1	64	27	35	169
ASYA	9	77	65	60	388
TOPLAM	18	120	101	79	446

3.2 Güzergah Jeolojisi

İstanbul'da jeolojik olarak yapı oldukça karmaşıktır. Bunun başlıca sebebi stratigrafik istifte birbirine çok benzeyen birimlerin tekrarlanması, kılavuz düzeylerinin seyrek ve kolay tanınır olmaması, üstlenen orojenik hareketler olarak sıralanabilir. Cebeci Tüneli'nde formasyon genel olarak gri-koyu renkli, orta-iyi dayanımlı, sık-seyrek çatlaklı, çatlaklar arası kalsit ile tamir edilmiş, yer yer karstik boşluklu, orta-iyi kaliteli kayadır. Şekil 1'de Stratigrafik Sütun Kesiti paylaşılmaktadır.

Şekil 1.İstanbul Tersiyer Çökellerinin Stratigrafik Sütun Kesiti (Yıldırım ve Savaşkan, 2003)



3.3 Kuzey Marmara Otoyolu Cebeci Tünel İnşaatı Proje Haritası

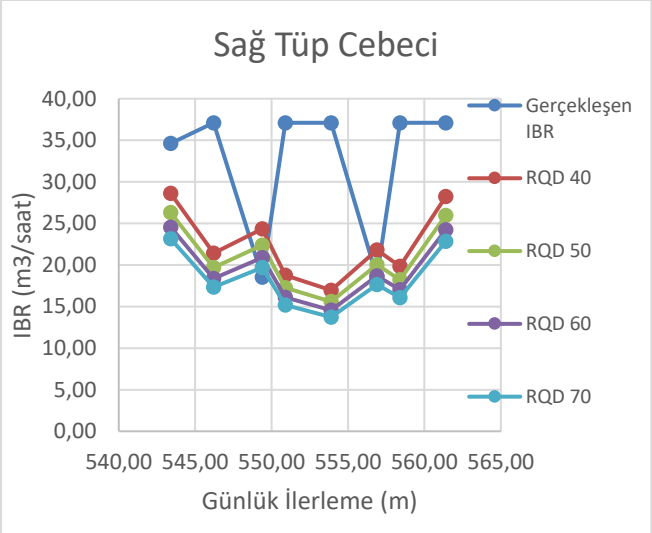
İnceleme çalışmalarında bulunan yer 7. Kesim Hasdal-Habibler arasında Gazi Mahallesinde bulunan Cebeci Tünelidir. Kesim 7 güzergah uzunluğu 27 km ve 11 km anayol , 5 viyadük, 3 köprü, 7 altgeçit, 3 üstgeçit, 8 menfez, 2 kavşak dan oluşmaktadır. Cebeci Tüneli ise bu projede 3362 metre olarak planlanmıştır. Şekil 2.' de Cebeci Tüneli Yer Bulduru Haritası bulunmaktadır.

Şekil 2. Cebeci Tüneli Yer Bulduru Haritası

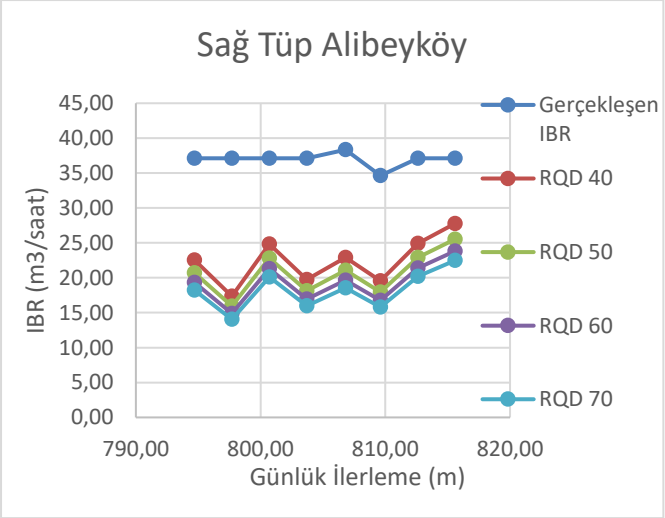
4 HİDROLİK KIRICININ PEFORMANSININ İNCELENMESİ

RQD değerlerimiz sondaj loglarından hazırlanan jeolojik raporlardan okunmuş olup %40 ile %70 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra her metrajın farklı RQD değerlerinden faydalanılarak %10'ar değişim gösterilerek RQD değerleri referans alınmıştır. Hidrolik kırıcının performansını hesaplamamızda ise (Tunçdemir, 2008) formülünden yararlanılmıştır. Şekil 3. , Şekil 4. ,Şekil 5. ve Şekil 6.'da dört aynada bulunan farklı RQD'lere göre kazı hızları paylaşılmaktadır.

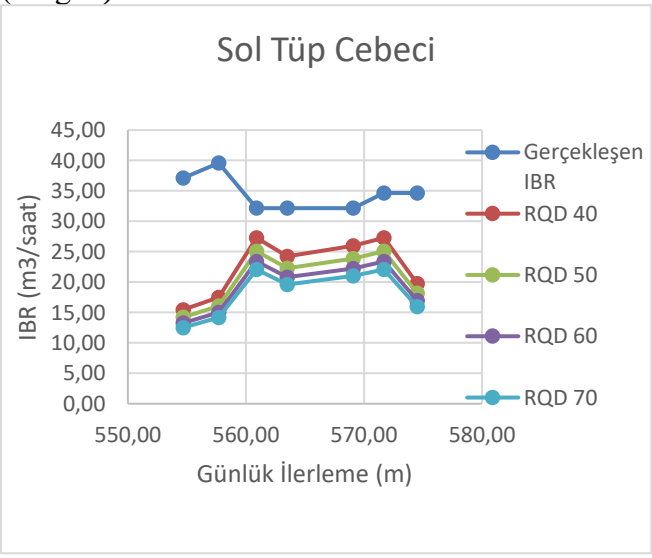
Şekil 3. Sağ Tüp Cebeci RQD %40, %50, %60 ve %70'de Hesaplanan ve Gerçekleşen Kırma Hızları (m³/gün)



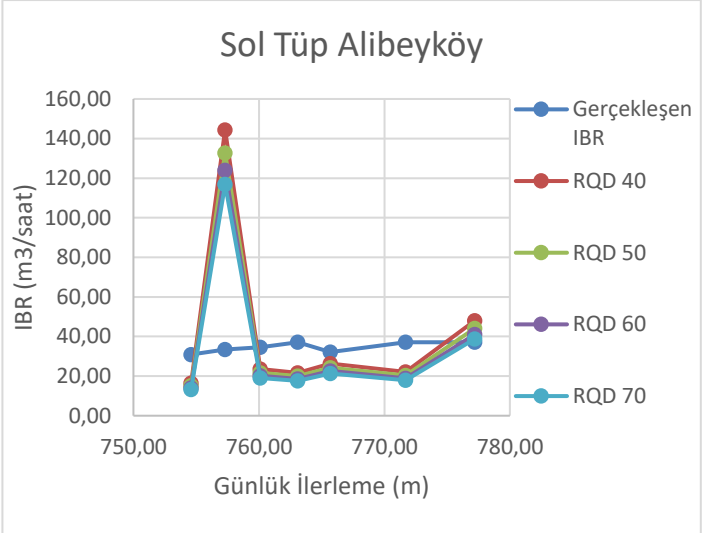
Şekil 4. Sağ Tüp Alibeyköy RQD %40, %50, %60 ve %70'de Hesaplanan ve Gerçekleşen Kırma Hızları (m³/gün)



Şekil 5. Sol Tüp Cebeci RQD %40, %50, %60 ve %70'de Hesaplanan ve Gerçekleşen Kırma Hızları (m³/gün)



Şekil 6. Sol Tüp Alibeyköy RQD %40, %50, %60 ve %70'de Hesaplanan ve Gerçekleşen Kırma Hızları (m³/gün)



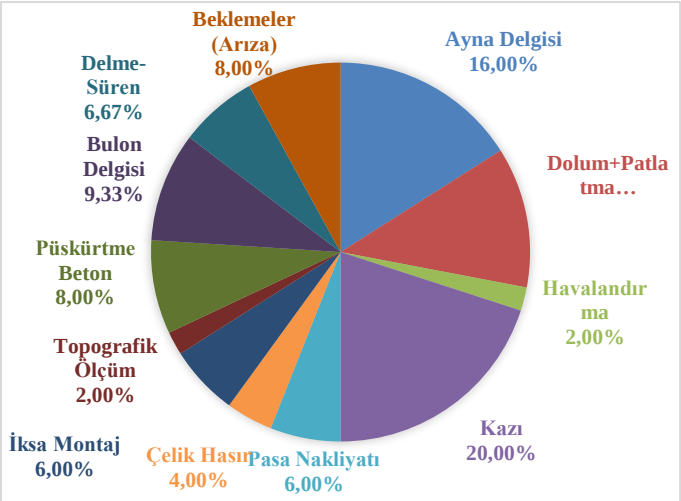
4.1 Günlük Duraklamaların İncelenmesi

Cebeci Tünelinde yerinde yapmış olduğum inceleme boyunca günlük vardiyalar tutulmuş ve günlük ilerleme raporları temin edilmiştir. Tutulan vardiyalar sonucu 1 metre ilerlemek için yapılan işlere harcanan vakit Tablo 3. ve Şekil 6.'da verilmiştir.

Tablo 3. Bir Metre İlerlemek için İş-Zaman Etüdü

1 metre ilerleme için iş-zaman etüdü	Süre (dk)	Ortalama (%)
Ayna Delgisi	120	16,00
Dolum+Patlatma	90	12,00
Havalandırma	15	2,00
Kazı	150	20,00
Pasa Nakliyatı	45	6,00
Çelik Hasır	30	4,00
İksa Montaj	45	6,00
Topografik Ölçüm	15	2,00
Püskürtme Beton	60	8,00
Bulon Delgisi	70	9,33
Delme-Süren	50	6,67
Beklemeler (Arıza)	60	8,00

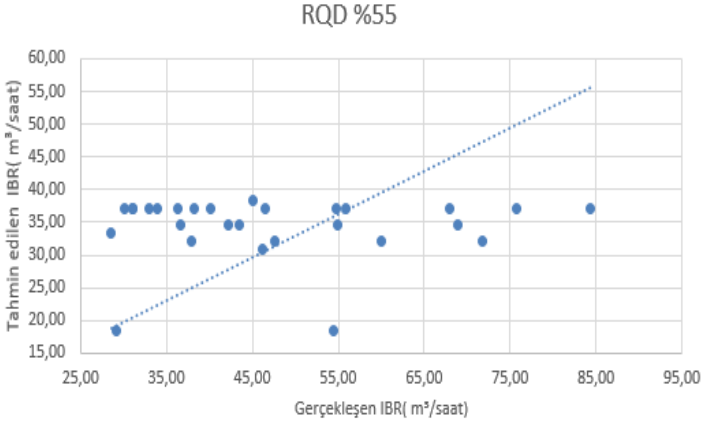
Şekil 6. Cebeci Tüneli İş-Zaman Etüdü Pay Grafiği



5 SONUÇLAR

Bu çalışmada Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Cebeci Tüneli Projesinde, Yeni Avusurya Tünel Açma Yönteminin nasıl uygulandığı açıklanmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda yapılan deneyler sonucu, hidrolik kırıcının performans tahimini, gerçekleşen ve tahmini IBR (Net Kazı/Kırma Hızı) arasındaki ilişki de incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında gerçekleşen kazı hızları RQD (Kaya Kalite Değeri) ve UCS değerlerine (Tek Eksenli Basınç Dayanımı) göre değişkenlik göstermektedir. Toplam dört farklı kazı aynası için gerçekleşen ve tahmin edilen kazı hızları yüzdesel olarak incelenmiş ve ortalama RQD %55 referans alınarak grafik haline dönüştürülmüştür. Şekil 7. 'de Elde edilen veriler, tahmini kazı hızları ile hesaplanan kazı hızındaki ilişkiyi göstermektedir. Yapmış olduğumuz analiz sonuçlarında ise %15 ile %65 arasında değişkenlik ölçülmüştür.

Şekil 7. Cebeci Tüneli Tüm Aynalar İçin Geçerli RQD %55, Tahmin Edilen IBR/Gerçekleşen IBR Grafiği



6 TEŞEKKÜR

Bitirme çalışmamın ortaya çıkarılması sırasında ve bu bildiride katkılarından dolayı Sargın İnşaat A.Ş Teknik İşler Müdürü Sn. Tayfun Erdoğan'a, staj sürecinde bilgi ve tecrübelerini aktaran vardiya şefi, Jeoloji Mühendisi Sn. İrfan Çevik'e ve laboratuvar çalışmalarımda desteğini esirgemeyen İ.T.Ü Maden Mühendisliği Araş.Gör. Sn Aydın Shaterpour'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Aksoy, C. O. (2009). "Performance prediction of impact hammers by block punch index in weak rock masses", *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* **46**: 1383-1389

Bilgin, N., Copur, H. and Balci, C. (2014). "Mechanical excavation in mining and civil industries", CRC Press.

Breitrick, M. E. (1998). "Using a Roadheader for Underground Gold Mining", Mining Engineering, 43-46, March.

Çopur, H. Balcı, C., (2018). "Mechanization in Mining and Tunneling Excavations (MAD 432E)", İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Lisans Ders Notları.

Tunçdemir H., Hidrolik Kırıcıların Performans Tahmini ve Seçim Kriterleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattı Kabataş İstasyonundaki Hidrolik Kırıcının Performans Analizi

Performance Analysis of Impact Hammer at the Kabataş-Mecidiyeköy Subway Line Kabataş Station

G. Balcı, C. Balcı
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Yeraltı yapılarından metro tünelleri alternatif ulaşım noktasında çare olmaya başlamış ve ilerleyen teknoloji ile birlikte yapımları kolaylaşmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte tünel açma yöntemleri değişmiş, klasik yöntemlerden mekanize kazı yöntemlerine geçilmiştir. Mekanize kazı yöntemleriyle metro yapılarının inşa süreleri kısalmış ve geliştirilen NATM metoduyla dünya genelinde uygulama alanı geniş bir yer almıştır. İstanbul'da ki metro hatları da genel olarak bu metot ile açılmış ve açılmaya da devam etmektedir. Tezimizin uygulama alanı olan Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattı Kabataş İstasyonunda incelemeler yapılmış ve Kuyruk Şaftı Hat 2 Peron İleri aynasında çalışan Sumitomo 160 markalı ekskavatörün kazdığı kayaçlardan numuneler alınarak hidrolik kırıcı performans analizi yapılmıştır. Alınan numunelere nokta yük dayanım deneyi yapılarak nokta yük indeksi hesaplanmış, buradan yola çıkılarak tek eksenli basınç dayanımı hesaplanmıştır. Daha sonra uygun ampirik yaklaşımlar yapılarak net kırma hızları hesaplanmış ve günlük ilerlemelerle karşılaştırılmıştır. İş-zaman etüdüyle birlikte tüneldeki uygulama süreleri ortalama olarak hesaplanmış ve grafiklerle karşılaştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Metro, NATM, Kabataş, Hidrolik Kırıcı

ABSTRACT Subway constructions have become an alternative means of metro tunnels and their construction together with the advancing technology has become easier. With the progress of the technology, tunneling methods have changed into mechanic excavation method from classic. The construction period of subway structures has been shortened by means of excavation methods to our mechanics, and the applied field has been widely used around the world by the developed NATM method. Subway lines in Istanbul have also been opened by this method in general and continue to open. Impact hammer performance analysis was carried out by taking samples from the rocks of Sumitomo 160 branded excavator working at the Kabataş-Mecidiyeköy Metro Line Kabataş Station, which is the application area of our thesis, and working at the Tail Shaft Line 2 Perion Forward. The point load bearing test was performed on the receiving samples and the point load index was calculated. From this point, the uniaxial pressure resistance was calculated. After that, net crushing rates were calculated by appropriate empirical approaches and compared with daily progress. The application times in the tunnel with the work-time study were calculated as an average and compared with the graphs. Finally, the results and suggestions are presented.
Keywords: Subway, NATM, Kabataş, Impact Hammer

1 GİRİŞ

Artan nüfus ile birlikte şehirleşme hız kazanmış, ticaretin ve turizmin de gelişmesiyle üst yapı ulaşımı yetersiz kalmış ve alternatif ulaşım yolları aranmıştır. Ulaşımı rahatlatmak ve sosyal hayatı kolaylaştırmak için yer altı ulaşım yolları ortaya çıkmış ve bunun sonucunda metro hatları inşa edilmiştir.

Metro tünellerinin kazıları yapılırken birçok metot ortaya çıkmış, klasik kazı yöntemleri ile başlayan serüven teknolojinin ilerlemesiyle makine ile kazı yöntemlerine geçmiştir. Mekanize kazılarla yapıların hem inşa süreçleri hızlandırılmış hem ekonomik hem de güvenlik verimliliği artırılmıştır.

Mekanize kazı yöntemlerinden olan ve dünyada giderek yaygınlaşan Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) ile kazı performansları maksimum seviyeye çıkarılarak tünelcilik sektörüne ivme kazandırmıştır.

Bu çalışmada Kabataş İstasyonunda kullanılan hidrolik kırıcının performansı incelenmiş, değişen kayaç özellikleriyle hidrolik kırıcı performansı arasındaki ilişkiler saptanmış ve net kazı hızları hesaplanmıştır.

2 YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ (NATM)

Kayayı kayaya taşıtma prensibiyle ortaya çıkan ‘’Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi(NATM)’’ 20. Yüzyılın ortalarından itibaren hızlı ve güvenli kazı olarak tünelcilik sektöründe kullanımı yaygınlaşmaya başlamış ve günümüzde tünelcilikte en çok kullanılan metot olarak karşımıza çıkmıştır.

NATM ile açılan tüneller geçici ve kalıcı tahkimat destekleriyle desteklenmekte ve böylece kayanın kendi mukavemeti korunmaktadır. Bu yöntem ile açıklık kemer şeklinde açılır. Tavana basan kuvvet tüm yüzeye yayılarak bir süreksizlik sağlanır ve kayanın stabilizasyonu sağlanmış olur.

Genel olarak NATM ile yapılan kazılarda yerinde karar verme, en hızlı uygulama ve kontrollü deformasyon ilkeleri uygulamanın ana prensiplerini oluşturur.

2.1 Tünel Kazısı Destek Tipleri

Tünel kazısı ve ardından gelen desteklemeler her zaman sistematik olarak ilerler. Kayacın mekanik özelliklerine göre önceden belirlenmiş tünel destek tipleri vardır. İstanbul metrosunda uygulanan kazı destek tipleri ve elemanları Çizelge 2.1 de ki gibidir.

Çizelge 2.1 Destekleme Tipleri ve Destekleme Elemanları [1]

A TİPİ TÜNEL	A1	A2	A3	A5
ORTAM	Sağlam Kaya	Orta-sağlam kaya	Zayıf kaya	Zayıf zemin,Yerleşim Bölgesi Geçişleri,Dolgu
LİTOLOJİ	Kireçtaşı, kumlu kireçtaşı	Grovak (Çamurtaşı,kalkerli çamurtaşı),ince kireçtaşı	Grovak (Çamurtaşı,kalkerli çamurtaşı),ince kireçtaşı,şeyll (silisli şeyll), yumrulu kireçtaşı, kumtaşı	Fay breşi,kaya unu,kil,çok parçalı kaya
ÇELİK İKSA (KAFES KİRİŞ)	-------	(Tip 136)	(Tip 136)	(Tip 174)
ÇELİK HASIR	TEK KAT (Q221/221)	TEK KAT (Q221/221)	ÇİFT KAT (Q221/221)	ÇİFT KAT (Q377/221)
PÜSKÜRTME BETON	10-15 cm.	20 cm.	20 cm.	25 cm.
KAYA BULONU	4-5 (şaşırtmalı) (3,00 m.)	6-7 (şaşırtmalı) (3,00 m.)	7-8 (şaşırtmalı) (4,00 m.)	6-6 (4,00 m.)
SÜRGÜ ÇUBUĞU	-------	(25 adet-4,00 m.)	(25 adet-4,00 m.)	----------
ŞEMSİYE BORUSU	-------	----------	----------	(27adet-9,00 m.)
AYNA/YANAL ZEMİN ÇİVİSİ	-------	----------	----------	(12adet-9,00 m.)
KAZI ADIMI	>1,50 m.	1,20-1,50 m.	1,00-1,20 m.	0,80 m.

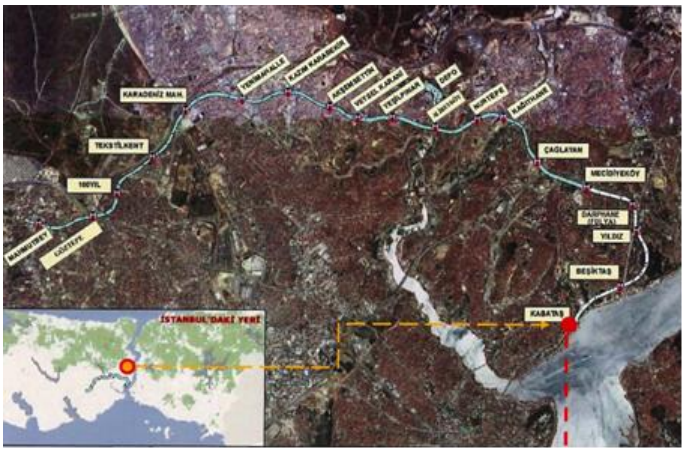
2.2 Tünel Tipleri

İstanbul Metrosu tünelleri Hat-1 ve Hat-2 yani gidiş ve dönüş olmak üzere iki ayrı hat olarak açılır. Hatlar belirlendikten sonra hat üzerinde tünel tipleri ana hat tüneli, bağlantı tüneli, peron tüneli ve makas tüneli olmak üzere 4’e ayrılır. Bağlantı tünelleri de kendi içinde 3’e ayrılarak B1 tüneli(Peronlar arası bağlantı tüneli), B2 tüneli(Hatlar arası bağlantı tüneli), B3 tüneli(merdiven tüneli) olarak ayrılır. Makas tünelleri T ve C olmak üzere 2’ye ayrılır.

3 PROJENİN TANITIMI

Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattı, Beyoğlu ilçesine bağlı Kabataş semti ile Şişli ilçesine bağlı Mecidiyeköy semtini birbirini bağlar. Beşiktaş ve Şişli ilçelerini kat edecek olan hat, çift tüp halinde 5 km tünel, 4 adet istasyon ve 10 dolayında şafttan oluşmaktadır. Tünellerin büyük bir kısmı TBM ile bir kısmı da NATM ile açılması planlanmıştır.

Kabataş Şantiyesi, Meclisi Mebusan Caddesi üzerinde, caddenin batı tarafında yani sahil tarafında yer alır. Kabataş Şantiyesi Makas, TBM be Kuyruk olmak üzere 3 adet şafttan oluşur. Makas şaftı, Beşiktaş-Kabataş arasında yer alan 45 metre derinliğinde olan makas tünelinin NATM yoluyla açılması planlanmıştır. Kuyruk şaftı, Karaköy'e uzanan yol üzerinde bulunan ve derinliği 40,6 metre olan 9x12 ebatlarında NATM yoluyla açılması planlanan tüneldir. TBM şaftı ise Makas ile Kuyruk şaftı arasında bulunan ve 100 metrelik kısmı NATM yoluyla açıldıktan sonra TBM'in tünele indirilmesiyle TBM'in kazı yapacağı hat olarak planlanan tüneldir.



Şekil 3.1 Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Hattı
Kabataş İstasyonunun Konumu

3.1 Uygulama Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı Trakya Formasyonundan oluşur. Alsim Alarko Sanayi Tesisleri ve Ticaret A.Ş. Kabataş - Mecidiyeköy Metro Müessesesi tarafından hazırlanan sondaj loğuna göre dolgu tabakasına ait kalınlık 5,5 m görünmektedir. Genel olarak kil, kum ara malzeme ile kaya parçaları ve molozlardan kurulu olup son derece heterojen bir dağılıma sahiptir. Dolgunun alt seviyelerinde (3.50 m ile 5.50 m arası), çakıl ve kavkı katkıları gözlenmiştir. Bu nedenle, söz konusu bu kesimin deniz tabanı çökelleri ile karışmış olabileceği düşünülmektedir. Kabaca 5.5 m ile 10.50 m derinlikler arasında yer alan bu seviye, karotiyerle alınan örneklerde sondaj suyunun etkisi ile ince malzeme tamamen yıkanarak uzaklaşmıştır. Penetrasyon testleri sırasında alınan örneklerden anlaşıldığı üzere, genel olarak sarımsı kahvemsi gri renkli, kavkılı siltli kum veya kavkılı kum bileşiminde olup gevşek yerleşmiştir. Taban kısmı (9.75 – 10.50 m arası) yaygın şekilde çakıl katkılıdır.

Trakya Formasyonu, genellikle çamurtaşı, kumtaşı ve kiltaşından oluşur. Genellikle açık-koyu gri arasında değişen renk, çok ayrışmış kesimlerde sarı-kahverengi tonlarına dönmektedir. Ayrışma genel olarak derinlik yönünde azalır. Ancak birimi kesen fay ve makaslama zonları ile volkanik dayk sınırlarında derinliğe bağlı olmaksızın ileri derecede ayrışmış seviyeler ile karşılaşılabilir [2].

4 KABATAŞ TÜNELİNDE KULLANILAN HİDROLİK KIRICININ PERFORMANSININ İNCELENMESİ

4.1 Hidrolik Kırıcının Özellikleri

Kabataş Tüneli Kuyruk şaftında iki tip hidrolik kırıcı kullanılmaktadır. Bunlar Sumitomo 160 ve Sumitomo 130 markalı kırıcılardır. Sumitomo 160 markalı kırıcı SH130'a göre daha sert kayaçları kırabilen ve kayaya daha sert basınç uygulayabilen bir ekskavatördür.

Tezin inceleme alanı olan Kuyruk Şaftı Hat 2 peron ileri aynasında Sumitomo 160 markalı ekskavatörle kazı yapılmıştır. Ekskavatörün teknik özelliklerini Çizelge 4.1 deki gibi özetleyebiliriz.

Çizelge 4.1 Sumitomo SH160-5 Markalı Ekskavatörün Teknik Özellikleri

TEMEL	Bom Uzunluğu	5,15 m
	Arm Uzunluğu	2,62-3,05 m
	Kova Kapasitesi	0,55 m^3-0,70 m^3
	Standart Çalışma Ağırlığı	16600 kg-19200 kg
MOTOR	Modeli	ISUZU Al-4JJ1X
	Gücü	89,2 kW(120 hp)
	Hacmi	2999 ml(cc)
HİDROLİK SİSTEM	Ana Pompa	2 adet regüleli, değişken debili eksenel pistonlu pompa
	Maksimum Basınç	34,3 Mpa
	Oto Güç Desteği İle	36,3 Mpa
	Yürüyüş Motoru	Değişken debili eksenel piston motor
	El Freni Tipi	Mekanik kilitli fren
	Çekici Motoru	Sabit debili eksenel piston motor
PERFORMANS	Yürüyüş Hızı	5,4/2,8 km/h
	Çekme Kuvveti	161 kN
	Tırmanma Kapasitesi	70%<35º>
	Yer Basıncı	40 kPa
	Dönüş Hızı	11,5 devir/dakika
	Kova Koparma Gücü	112 kN
	Güç Desteği İle	118 kN
	Arm Koparma Gücü	72 kN
	Güç Desteği İle	77 kN
DİĞER	Yakıt Tankı	300 Litre
	Hidrolik Yağ Tankı	90 Litre

4.2 Hidrolik Kırıcının Performansını Etkileyen Faktörler

Hidrolik kırıcı performansını etkileyen faktörleri şu şekilde özetleyebiliriz.

a. Jeolojik ve Jeoteknik Faktörler
   - Kayaç sınıfının özellikleri
   - Mekanik özellikler

b. Makine Özellikleri
   - Ekskavatörün gücü
   - Ekskavatörün ağırlığı
   - Bom özellikleri
   - Kırıcı tipi
   - Kırıcı uç özellikleri

c. İşletme Faktörleri
   - Operatörün yetkinliği
   - Kazı yöntemi
   - Makine bakım ve onarım süresi

4.3 Hidrolik Kırıcı Performans Tahmini

Hidrolik kırıcıların performansının incelenmesi için kırıcının çalıştığı aynadan aldığımız numunelerle nokta yükleme deneyi yaparak kayaçların tek eksenli basınç dayanımı hesaplanır. Daha sonra Bilgin yöntemi kullanılarak kayacın net kazı hızları bulunur.

4.3.1 Nokta Yükleme Dayanım İndeksi Deneyi

Nokta yükleme deneyi, iki konik uç arasına yerleştirilen kayaç numunesinin kırılma esasına dayanır. Yenilme yükü ve numunenin boyutları kullanılarak nokta yükleme dayanım indeksi bulunur. Numunelerin belirli boyutlarda olması deney için önemlidir.

Nokta yükleme deneyinden elde edilen yük (P) ve numunenin boyutları (W,D) kullanılarak eşitlik (4.1)'teki gibi düzeltilmemiş nokta yükleme dayanımı (Is) bulunur.

$$Is = (P*10^3) / De^2 \ (Mpa) \qquad (4.1)$$

Buradaki De eşdeğer karot çapıdır. Eksenel deneylerde ve düzensiz boyutlu numunelerde (4.2) eşitliği kullanılır.

$$De^2 = 4*A/\pi = 4*W*D/\pi \qquad (4.2)$$

Standart nokta yükleme dayanım indeksini (Is50) bulabilmek için de Is değeri 50 mm olarak belirlenmiş numune çapına göre düzeltilir. ISRM(1985) tarafından uygulanan eşitlik (4.3)'teki gibidir.

$$Is(50)= F*Is \qquad (4.3)$$

Buradaki F değeri düzeltme faktörü olup eşitlik (4.4)'teki gibi hesaplanır.

$$F = (De/50)^{0,45} \qquad (4.4)$$

Tüm bu işlemlerden sonra standart nokta yükleme indeksi kullanılarak eşitlik (4.5)'te ki gibi tek eksenli basınç dayanımı hesaplanır.

$$\sigma c = 22*Is_{(50)} \qquad (4.5)$$

4.3.2 Bilgin Yöntemi

Nokta yük deneyi ile elde edilen verilerden sonra tek eksenli basınç dayanımı bulunur. Ardından Bilgin yöntemi ile hidrolik kırıcıların net kazı hızları hesaplanır. Net kazı hızını hesaplayabilmek için (4.6)'da ki gibi bir eşitlik söz konusudur.

$$IBR = 4.24*P*(RMCI)^{-0,567} \quad (4.6)$$

IBR: Hidrolik kırıcı için net kırma hızı (m3/saat)
P: Hidrolik kırıcının gücü (Hp)
RMCI: Kayaç kütlesi kazılabilirlik indeksi (MPa)

Kaya kütlesi kazılabilirlik indeksini hesaplamak için ise (4.7)'de ki gibi bir eşitlik oluşturulmuştur.

$$RMCI = \sigma c*(RQD/100)^{2/3} \quad (4.7)$$

σc = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)
RQD = Kayaç kalite göstergesi (%)

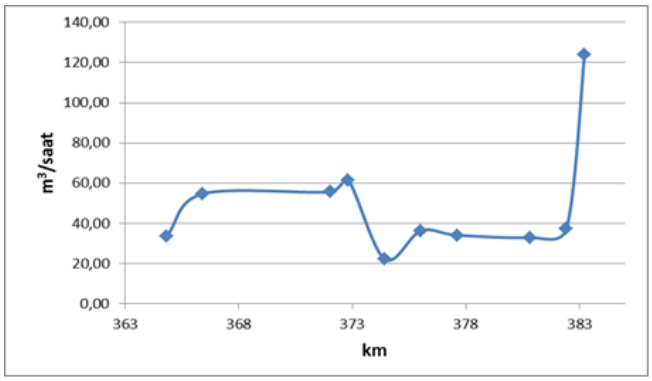
4.3.3 Nokta Yük Deney Verilerinin İncelenmesi

Kabataş İstasyonu Kuyruk Şaftı Hat 2 Peron tünelinden alınan numuneler İTÜ/Maden Fakültesi Kazı Laboratuvarında nokta yükleme işlemine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucu hesaplanan tüm veriler Çizelge 4.2'teki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2 Nokta Yükleme İndeksi ile Net Kazı Hızlarının Hesaplanması

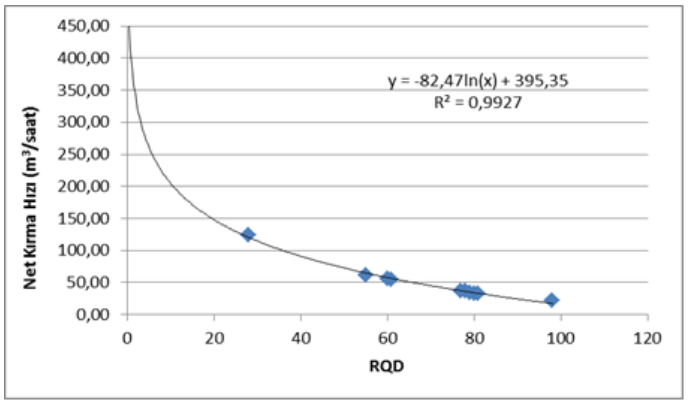
Ring	Is(50) (MPa)	UCS (MPa)	RQD (%)	RMCI (MPa)	IBR (m^3/h)	Tünel Metrajı (km)
1	6,42	141,2	80	121,68	33,44	364,82
2	3,23	71,07	61	51,12	54,67	366,42
3	3,17	69,7	60	49,59	55,63	372,02
4	2,82	62,02	55	41,63	61,42	372,82
5	11,5	252,94	98	249,55	22,25	374,42
6	5,66	124,45	78	105,45	36,26	376,02
7	6,25	137,53	79	117,53	34,1	377,62
8	6,52	143,4	81	124,61	32,99	380,82
9	5,44	119,73	77	100,58	37,25	382,42
10	1,29	28,28	28	12,1	123,74	383,22
11	0	0	0	0	-	384,02

Tüm bu sonuçların ardından Sumitomo 160 markalı hidrolik kırıcının net kazı hızıyla Hat 2 Peron İleri tünelinin metrajıyla arasındaki ilişki ise Şekil 4.1'de ki gibidir.



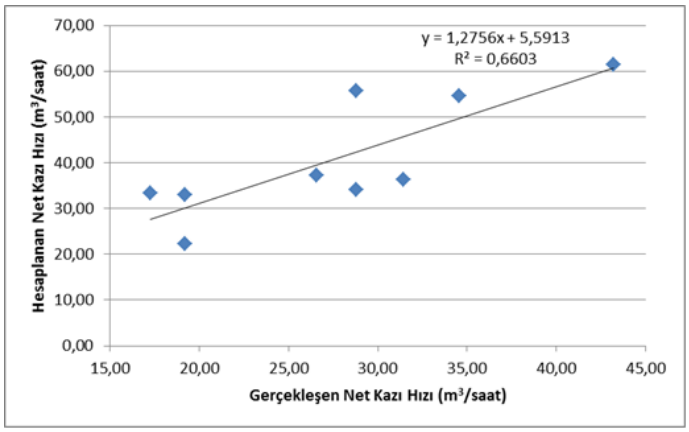
Şekil 4.1 Tünel metrajına göre net kazı hızları

Ayrıca aynada kazılan kayacın kalite değeri ile hidrolik kırıcının net kazı hızı arasındaki ilişki Şekil 4.2 de ki gibidir.



Şekil 4.2 IBR ile RQD arasındaki ilişki

Tünel kazısında gerceklesen net kazı hızı ile Bilgin yöntemiyle hesapladığımız net kazı arasında ise Şekil 4.3'de ki bir ilişki vardır.

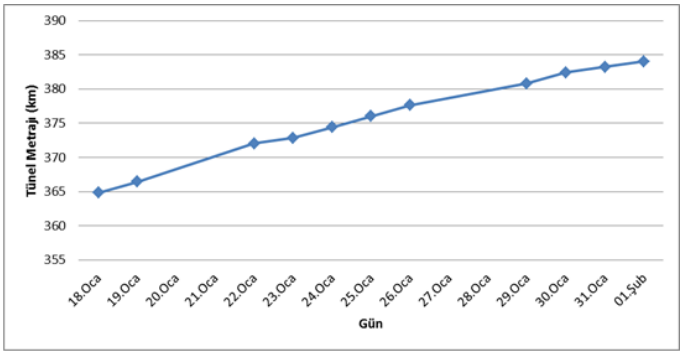


Şekil 4.3 Gerceklesen Net Kazı Hızı ile Hesaplanan Net Kazı Arasındaki İlişki

4.3.4 Günlük İlerlemelerin İncelenmesi

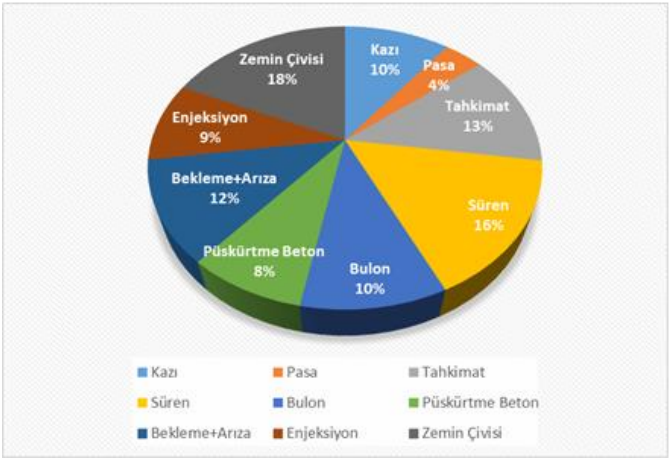
Kuyruk Şaftı Hat 2 Peron tünelindeki ilerlemeler günlük olarak işlenmiş ve tünel

metrajı olarak ilerleme adımları hesaplanmıştır. Bunların sonucunda Şekil 4.4 de ki gibi bir grafik ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.4 Tünel Metrajına Göre Günlük İlerleme

Tünel boyunca yapılan işler ayrı ayrı gözlemlenmiş, iş süreleri üzerinde durularak kayıt alınmıştır. Yapılan işlerin iş zaman etüdü oluşturularak ortalama değerler alınmış ve Şekil 4.5'da ki grafikte ayrı ayrı yüzdelik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Kabatas-Kuvruk Saftı Hat 2 Peron İleri Ayna Kazısı İş-Zaman Etüdü

5 SONUÇLAR

NATM ile yapılan tünel kazılarında hidrolik kırıcılar önemli bir yüzdelik dilime sahip olmaktadır. Lakin kayaçların jeolojik ve jeomekanik özellikleri kazı sürelerini büyük ölçüde değiştirmekte sağlam kayaçlara yapılan kazılarda tünel ilerlemesi düşük olmaktadır. Bu durum çalışmada ele alınmış ve değişen kayaç ortamına göre net kazı hızları hesaplanmıştır.

Numunelere nokta yükleme testleri yapılarak öncelikle nokta yük dayanım indeksleri hesaplanmış, daha sonra da tek eksenli basınç dayanımı bu indeksten bulunmuştur. Tek eksenli basınç deneyi yapılmadan nokta yük deneyinden elde edilen verilerle UCS hesaplanması, nokta yük deneyine göre daha maliyetli olmasından dolayı tercih edilmiştir.

Elde edilen veriler sonucunda Bilgin yöntemi kullanılarak önce kayaç kalitesi kazılabilirlik indeksi hesaplanmış daha sonra da hidrolik kırıcının net kazı hızları hesaplanmıştır. Hesaplamalar yapılmadan önce kayaçların kalite değerleri Bieniawski'ye göre belirlenmiştir.

Tüm hesaplamalardan sonra grafikler incelendiğinde kayaçın kalitesi arttığında net kazı hızlarının düştüğü ve ilerlemenin yavaşladığı görülmüştür. Bunun sebebinin ise hidrolik kırıcı gücünün sert kayaçı kırmaya göre zayıf kalması olarak gösterilebilir. Bu tip sert kayaçlarda kırıcı tipi değiştirilerek kazı-performans seviyesi korunabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında desteklerini esirgemeyen tez tanışmanım sayın Prof. Dr. Cemal Balcı'ya, tünelde yapılan incelemelerde yardımlarını esirgemeyen Alsim-Alarko A.Ş. mühendislerine ve diğer taşeron mühendislerine teşekkür eder, minnettarlığımı belirtmek isterim.

KAYNAKLAR

[1] Atasoy, A., 2010, İstanbul Metrosu III. Aşama Tünellerinde Kullanılan Destekleme Tipleri ve Maliyetlerinin İncelenmesi, *İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s.78

[2] Polat, F., 2015, Kabataş Kuyruk Tüneli Şaftı Kesin Proje Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu, Alsim Alarko Sanayi Tesisleri ve Ticaret A.Ş. Kabataş Mecidiyeköy Mahmutbey Metro Müessesi, İstanbul

Barit Maden Türk A.Ş Şekeroba Yeraltı İşletmesi Ana Nakliyat Galerisi Tahkimat Sistemlerinin Etüdü

Barit Maden Türk A.S Şekeroba Underground Operation Main Transportation Gallery Investigation of Support Systems

G. Kotel, C. Erdoğan, C. A. Öztürk
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET
Tez kapsamında Barit Maden Türk Anonim Şirketi tarafından projesi yapılmış Şekeroba yeraltı işletmesi, ana nakliyat galerisi detaylı olarak incelenmiştir. Tez çalışmasına konu olan kesimde yapılan sondajlar ve laboratuvar deneyleri (UCS, BTS, TCS) sonuçlarına göre yapılan mühendislik jeolojisi çalışmaları irdelenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, oda-topuk ilkelerine göre inşa edilmiş olan yeraltı işletmesi için kazı ve destekleme tiplerinin seçimi gözden geçirilmiştir. Bu incelemeler doğrultusunda gereken tahkimat hesaplamaları yapabilmek için Phase^2 programı kullanılmıştır. Sonrasında, ağaç tahkimatın meşe türünden olmasından dolayı, sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm yapan Phase^2 programı kullanılarak tahkimat etüdü yapılmıştır. Oluşan deformasyon miktarları incelendiğinde en kötü durumda değerlendirilerek öneriler yapılmıştır. Hesap sonuçları ile arazi ölçümlerinin birbirini desteklemesi, bu yapılan modellemenin tutarlı olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT
In this study, the Şekeroba underground operation, the main transportation gallery, which was designed by Barit Maden Türk Anonim Şirketi, has been examined in detail. The engineering geology studies conducted according to the results of the drillings and laboratory tests (UCS, BTS, TCS) made in the section subject to the thesis study were examined. In accordance with this information, the selection of excavation and support types for the underground operation built according to the room-heel principles has been observed. The Phase 2 program was used to calculate the fortifications required in the direction of these examinations. Later, due to the fact that the wooden fortification is of oak type, fortification was conducted by using the Phase 2 program, which is a solution with the finite element method. When the amount of deformation was examined, evaluation and suggestions were made in the worst case. The fact that the results of the calculations and the field measurements support each other show that this model is consistent.

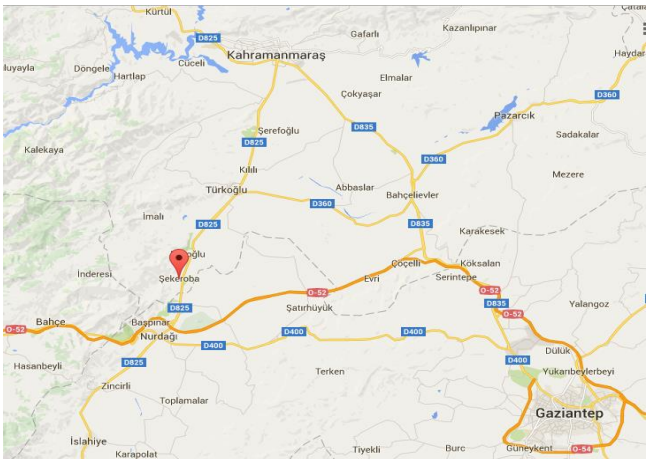
1 MADEN ÖZELLİKLERİ

1.1 Yeraltı İşletmesinin Coğrafi Konumu

Cebel-ü Bereket, Gâvur Dağı ve Nur Dağı olarak da bilinen bu dağ kütlesi K.Maraş civarından başlayıp Kuzey-Doğu , Kuzey-Batı istikametinde uzanarak Asi Nehri Munsabı Hınzır Burnu arasında sona erip, Batı da Ceyhan Nehrinin orta mecrasında tahdit edilmiştir. Şekeroba'nın batısında Amanos dağlarının uzantısı, doğusunda Şekeroba'nın güneşle buluşmasını geciktiren Boztaş Dağı bulunmaktadır.

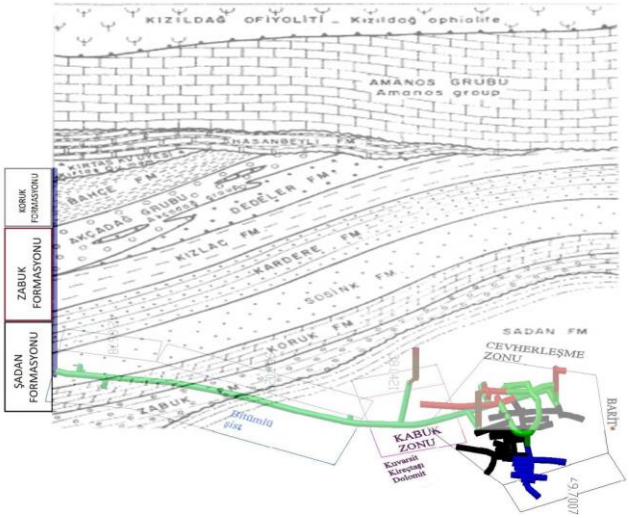
1.2. *Saha Jeolojisi*

Bölgede yapılan sondaj çalışmaları sonucunda tabanda Şadan Formasyonu silttaşı, gri renkli kuvarsit ve bitümlü şeyller ile ardalanmaktadır.



Şekil 1. Yerbulduru Haritası

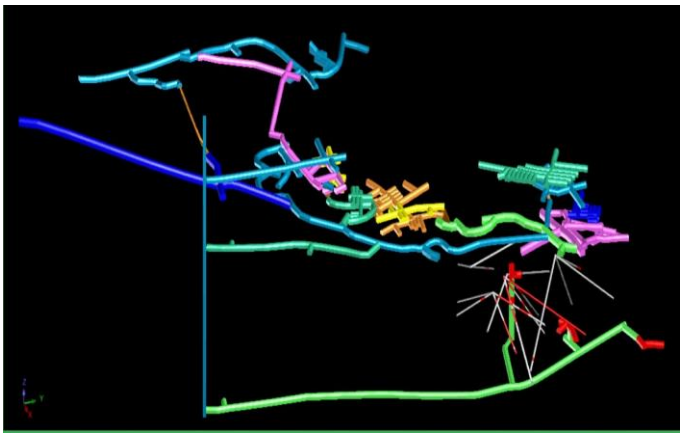
Şadan formasyonunun yaşı Orta Kambriyendir. İçinde kurt tüpçükleri gözlenmektedir. Cevherleşme hidrotermal yolla gelip bitümlü şeyller içinde yataklanmıştır.. Cevher 15 - 20 derece ile Kuzeydoğu eğimli zabuk formasyonu içindeki kırık ve fay hattına girip yerleşmektedir. Zabuk Formasyonu siltaşı, kuvarsitler, marn birimlerinden oluşmaktadır. Kuvarsitler ince taneli, mor, beyaz ve sarı-kahverenklidirler. Laminasyon yapıları izlenmektedir. Yer yer kuvars damarları tarafından kesilmişlerdir. Zabuk Formasyonu üstüne dereceli geçişli Koruk Formasyonu gelmektedir. Gri-siyah renkli, çok ince taneli, az dolomitik özellikli, midye kabuğu kırıklı, kalın tabakalanmalı, yer yer masif görünümlüdür. Bu birimin içinde de cevher yataklanmaktadır.



Şekil 2 Yeraltı işletmesine ait statigrafik görünümü (MTA, 2015)

1.3. Yeraltı İşletmesinin Tanımı

Şekeroba Yeraltı işletmesi kes doldur üretim yöntemine göre planlanmıştır ve topukların geri kazanılması için ızgara yöntemi kullanılmaktadır. Izgara yöntemi birbirine paralel açılan iki anakat galerisinde uygulanabilmektedir. Bu yöntemde aralarında 15 metre kot farkı olan galeriler delme-patlatma yöntemiyle sürülür ve ızgara altı-ızgara üstü olmak üzere adlandırılır. Oluşan topuk boşluğunda, topuk görevi görmesi için domuz damı ve kilit sarma kullanılır. Cevherleşme şekline uygun olarak değişik bir uygulaması olan bu çalışmada, cevher yatağı yukarıdan aşağıya oluk halinde üretilmektedir. Genellikle dilinimli ve şekil itibari ile merceğimsi tip masif sülfid yataklarda uygulanan bu yöntem, ekonomik açıdan olduğu kadar, iş güvenliği ve çalışma kolaylığı açısından da alternatif yöntemlere göre önemli üstünlüklere sahiptir. Bu önemli özelliklerden birisi de giriş ve çıkış katlarının bir galeride yer almasıdır.



Şekil 3. 3D Surpac Yeraltı İşletmesinin Durumu.

Tipik kat oluşumları cevher sınırına uyumlu yaklaşık % 7 ortalama eğimli rampadan sağlanır. Raylı ve raysız mekanize madenciliğin uyarlanabildiği bu yataklarda, yatay kat içi hazırlık yolu cevherleşmenin sınırına kadar ulaştırılmıştır. Kat içi yollar, kullanılan yükleyicilerin ölçü ve dönüşlerine uygun olarak taban genişliği 2 - 2.5 metre yüksekliği 2.3 - 2.5 metre olarak açılmaktadır.

2 JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

Şekeroba yeraltı madeni için yapılan ayrıntılı jeoteknik değerlendirmede ana nakliyat galerisinin geçtiği formasyonlar incelenmiş ve tek eksenli basınç dayanım, brazilian endirekt çekme dayanım, elastik modül testlerine tabi tutulmuştur ve şekeroba barit madeni için kaya kalite sınıflamalarından yola çıkılarak kaya destek sınıflamaları belirlenmiştir.

Çizelge 1. Numunelerin Deneysel Değerleri

Formasyon Bilgisi	Tek Eksenli Basınç Dayanım (MPa)	Elastik Modül (GPa)	Brazilian Endirekt Çekme Dayanım (N/mm2)	İçsel Sürtünme Açısı	Kohezyon
Zabuk F.	27,26	9,86	5,88	37	7,83
Şadan F.	18,20	7,50	4,15	49	8,96

2.1. *Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri*

Şekeroba yeraltı madeni için kaya kalite sınıflamaları RQD, Q ve RMR yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

Mekanik özellikler ise, kayaç malzemesinin statik ve dinamik yükler altındaki davranışlarını temsil eden özelliklerdir. Mekanik özelliklerin tayini gerek laboratuvar gerekse arazide gerçekleştirilen belirli deneyler ile elde edilmiştir.

Sistemler arası dönüştürme (RMR ve Q sistemlerinin ilişkisi); Q sınıflama sistemindeki Q indeksi ile RMR değeri arasında dönüşüm eşitliklerinin kullanılması ile yapılmaktadır. Böylece sistemlerden birisi kullanılarak belirlenen sınıflama puanı esas alınıp, diğer sistemin sınıflama puanını elde etmek mümkün olabilmektedir. Buna göre ilgili dönüştürme eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$RMR = 9 \ln Q + 44 \quad (1)$$

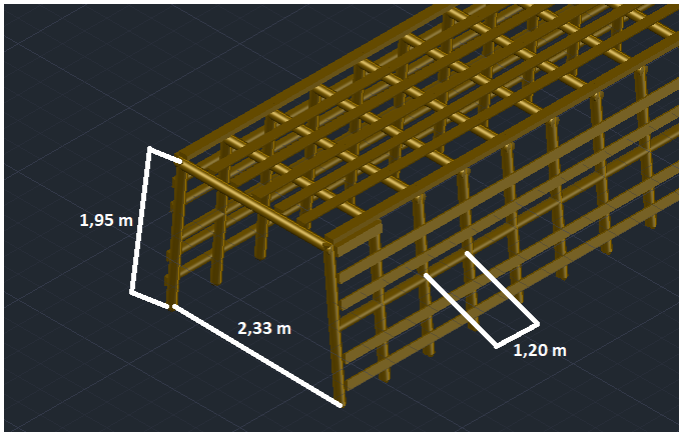
Çizelge 2. Kayaçların kaya kütle nitelikleri

Kayaç Türü	Barit (Cevherli)	Bitümlü Şeyl	Kuvarsit	Şişt Kumtaşı
Kaya Kütle Sınıflandırması (RMR)	55	34	67	52
Kaya Kütle Niteliği (Q)	3,3	0,3	12,8	2,4

3. TAHKİMAT VE ANALİZLER

2.1 Destekleme Elemanları

Yeraltında uygulanan ve kaya kalite sınıflamaları göz önüne alınarak ana nakliye galerisinde kullanılan ahşap tahkimat meşe türündeki özelliklere göre belirlenmiştir. Çizelge 3'te uygulanan destekleme elemanın bazı dayanım özellikleri verilmiş olup ilgili hesaplamalar, bu çizelgedeki değerler doğrultusunda yapılmıştır.



Şekil 4. Galeri Açıklık Geometrisi

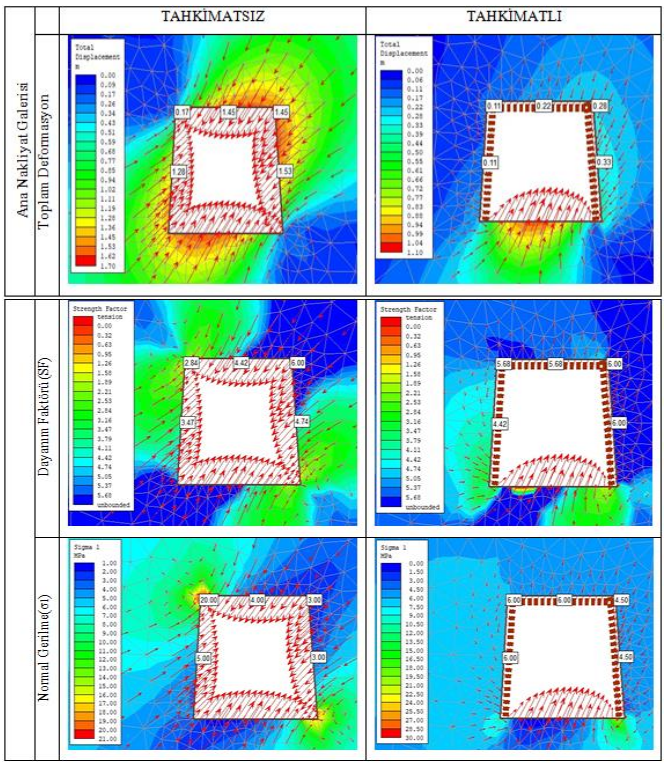
Şekeroba Yeraltı İşletmesinde üretilen barit'in hem mineralojik hemde maliyet açısından ve baskı, şişme yapmasından dolayı teknik olarak ahşap tahkimat olarak bilinen ağaç tahkimat kullanılmaktadır. Kullanılan tahkimat türüne ayrı bir önem verilmektedir ve meşeden üretilen sarmalar kayacın yaptığı basıncın bir işareti olarak çatırdama sesi çıkartmaktadır.Bu sayede oluşacak olan herhangi bir kazaya karşı önlem alınmaktadır.

	Meşe Türü Ahşap Tahkimat			
Uygulanan Deneyler	Xmin	Xmax	Xort	v (%)
Çekme Direnci (N/mm2)	65,98	97,14	82,21	16,07
Basınç Direnci (N/mm2)	48,83	73,43	58,20	11,88
Eğilme Direnci (N/mm2)	96,00	142,00	118,50	13,13
Kesme Direnci (N/mm2)	16,32	21,92	19,41	8,07
Elastisite Modülü (N/mm2)	9661	13668	12161	11,41

Çizelge 3. Tahkimat elemanın özellikleri

3 TAHKİMAT SİSTEMİNİN SAYISAL ANALİZİ

Arazi deneylerinden ve laboratuar elde edilen veriler Phase^2 sayısal modelleme programında kullanılarak uygulanan tahkimat elemanlarının yeterliliğini ve ana nakliye galerisinde risk oluşturan durumların olup olmadığı incelenmiştir. Bu bölümde yapılan incelemelerde galeri tabanına ait veriler dikkate alınmamıştır. Toplam yer değiştirme grafiklerinde yatay (x) ekseni tahkimatsız durumdaki yer değiştirmeleri, dikey (y) ekseni ise tahkimatlı durumdaki yer değiştirmeleri içermektedir. Bölüm içerisindeki tablolarda toplam deformasyon (TD) değerleri cm ve σ_1 değerleri MPa cinsindendir.



Şekil 5.Sayısal Analiz Sonuçları

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan hesaplamalar sonucunda, Şadan formasyonunda meşe türünde ağaç tahkimat kullanılması uygundur. Aynaya en az 3 metre mesafe bırakacak şekilde tahkimat uygulanabilir.

Kabuk zonu olarak nitelendirilen Zabuk Formasyonu işletmede kısa süreli karşılaşılan bir formasyon. Kuvarsit ve Şist-Kumtaşı içeren bu bölgede , açılacak olan ana galerilerde 1-1,5 metre aralıklarla tam kasa ağaç tahkimat yapılması önerilmektedir. Bitümlü şeyl formasyonunda işletme ağaç tahkimatın mesafelerini kısaltarak kullanmaktadır. Bu durum yapılan hesaplamalarla doğru orantılıdır.

TEŞEKKÜR

BARİT MADEN TÜRK A.Ş. Kurucusu A.Hamdi BOZBAĞ'ın değerli kızı Handan BOZBAĞ olmak üzere, başından beri yanımdan desteğini ve tecrübesini esirgemeyen İşverenvekili Yük. Müh. Murat ER'e;

Benim bugünlere gelmem için her türlü çabayı gösteren canım babam Fikret KOTEL, annem Serpil KOTEL, ablam Ayşegül KOTEL, can yoldaşım ikizim Hakan KOTEL ve en yakın arkadaşım Gizem GEVREK'e destekleri için teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Öztürk, Cüneyt Atilla. «Kayaç Dokusal Özelliklerinin Sınıflandırılması ve Kaya Mühendisliği Uygulamaları.» 2006.

***ISRM* 1981.**«Suggested methods for the quantitative description of discontinuities.» *Rock Mechanics Minining Science & Geomechanic Abstraction* içinde, 319-368. Commission on standardization of laboratory and field test,, 1978.

Phase^2, 2016. *Phase^2 2D Manual*, Plaxis, Delft Hollanda, 66 s.

Mecidiyeköy - Kabataş Metro Hattı Tünel Tahkimat Sistemleri Etüdü

Mecidiyeköy – Kabatas Metro Line Tunnel Support Systems Study

H. Ülger, H. Tunçdemir, U. Çalışkan
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu bitirme çalışması kapsamında, 'Mecidiyeköy-Kabataş Metro Hattı İnşaatı' projesinde uygulanan Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi dâhilindeki tahkimat sistemleri analiz edilmiştir. Belirli tarih aralıklarında formasyon değişimine bağlı olarak uygulanan A3 tip ve A4 tip tahkimatların iş-zaman etüdü yapılarak iki tahkimat tipinin farkları ortaya konulmuş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışmada hedeflenen, A3 ve A4 tahkimat sistemleri için harcanan zamanın bağlı olduğu parametreleri ortaya koymak, gecikmelerin sebeplerini bulmak ve bir döngü içerisindeki zaman kaybını en aza indirmeye yönelik yapılacak olan çalışmanın hangi noktalarda yoğunlaşması gerektiğini tahmin etmektir.
Anahtar Kelimeler: Tünelcilik, NATM, Sağlamlaştırma, Tahkimat

ABSTRACT In the scope of this study, the ground support systems including the New Austrian Tunnelling Method applied in the project 'Mecidiyeköy-Kabataş Metro Line Construction' have been analysed. Differences between the two types of ground supports were made and compared by making a work-time study of A3 type and A4 type ground support systems applied depending on the formation change at certain date intervals. The purpose of this study is to estimate the parameters to which the time spent for the A3 and A4 support systems depends, to find the reasons for the delays and to estimate at what points the work to be done should be concentrated to minimize the time loss in a cycle
Keywords: Tunneling, NATM, Reinforcement, Support

1 GİRİŞ

1.1 Mecidiyeköy-Kabataş Metro Projesi

Proje ile amaçlanan, şehir ve şehir merkezi ile ilçeler arasında Haliç'in kuzeyinde doğu-batı aksında önemli bir bağlantı kurmaktır. Çalışma kapsamında incelenecek olan kısım, projenin 2. etabıdır ve 21 Mayıs 2015 tarihinde çalışmalara başlanmıştır. İncelenen kısım toplamda 5 istasyondan oluşmaktadır; bunlar, Mecidiyeköy, Fulya, Yıldız, Beşiktaş ve Kabataş'tır.

Güzergah üzerinde yapılan jeolojik araştırmalar, sondajlar ve laboratuar sonuçlarına göre kilometre bazında incelendiğinde ekonomik olarak kabul edilen ana hat tünellinde TBM kullanılırken, projenin kalan kısımlarında Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) ile kazının yapılması gerektiğine karar verilmiştir. Bu hat, çift tüp halinde 5 km tünel, 5 adet istasyon ve 9 adet şafttan oluşmaktadır.

1.2 Mühendislik Jeolojisi

Tünelin ilerleme yönü yaklaşık güneyden güneybatıya doğrudur. Sahanın güney sınırı karayolu dolayısıyla 0,5-3,0 metre daha yüksekte kalır.

Yapısal Jeoloji İnceleme alanının özellikle batı tarafında yaygın olan ceylan Formasyonu, Trakya Formasyonu üstüne açısal uyumsuzlukla gelir. Ceylan Formasyonu ince orta katmanlı olup, katmanlar çok az eğimlidir. Trakya Formasyonu, geçmiş dönemde hem doğu-batı, hem de kuzey-güney sıkışmaya maruz kalmıştır. Bunun sonucu olarak, yaygın şekilde eklemli, çatlaklı ve kıvrımlı olmanın yanı sıra, sıkça makaslanma ve fay zonları ile kesilmiştir. Fay zonları genellikle paralanmış milonitleşmiş, bazen killeşmiştir. Bazen de bu fay zonlarına, ince orta

kalınlıklı, kabaca doğu-batı doğrultulu ve düşeye yakın eğimde, andezit diyabaz dayklar yerleşmiştir (Polat, 2016).

2 YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ (NATM)

NATM, tüneli çevreleyen kaya/zemin kütlesini destekleyerek tünel çevresini yük taşıyıcı bir halka haline getirmeye çalışmaktır (Gülermak Kolin Kalyon Metro Yapım Ortaklığı, 2014).

Yöntemin prensibi, en uygun kazı ve sağlamlaştırma yöntemleri kullanılarak kazı sonrasında oluşacak ikincil gerilme ve deformasyonların, kaya yapısının stabilizesini bozmayacak şekilde denetlenmesi, yönlendirilmesi ve kayaçların ilk sağlamlığını olabildiğince koruyarak boşluğu çevreleyen bölgenin kendi kendini tutan ve taşıyan bir statik sistem oluşturulmasıdır.

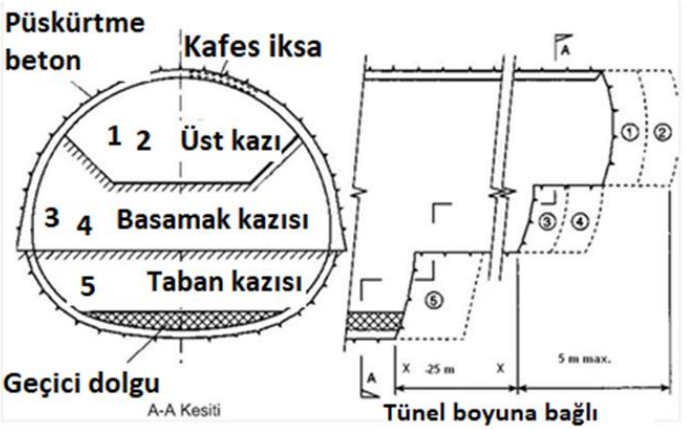
NATM prensibinin temel ilkeleri şunlardır:

- Kaya kütle sınıflandırmasına dayalı olası destek elemanlarının tanımlanması,
- Aşamalı/ardışık kazı uygulamalarının uygulanması,
- Zemin deformasyonları ve sürelerinin gözlemlenmesi,
- Yük taşıma bölgesinin oluşmasına izin verilmesi (stres yeniden dağılımı, zemin kaybı),
- İlk (esnek) destek kurulumu,
- Ring invert kapatması,
- Su yalıtım ve son destek kurulumu,

2.1 Tünel Kazısı

NATM'de değişik ikincil gerilmelerin ortaya çıkmasından kaçınmak için kazı, küçük parçalar halinde ve genellikle üç aşamada gerçekleştirilir. Aynı zamanda tüneller alt yarı kazısı 1, üst yarı kazısı 1 kademede olmak üzere 2 kademede; üst yarı kazısı 2 kademe ve alt yarı kazısı 1 kademede olmak üzere 3 kademede yapılmaktadır.

Kazı metodu, kazı kesit alanına ve kayaç özelliklerine göre delme patlatma, hidrolik darbeli kırıcılar veya kollu galeri açma makineleri ile yapılabilir (Karaoğlan, 2002). Ankraj delikleri, süren delikleri gibi işlemler için özel makineler gereklidir. Şekil 1'de kazı aşamaları şematize edilmiştir.



Şekil 1. Tüneldeki NATM kazı aşamaları

2.2.1 Püskürtme Beton

Püskürtme beton kazı yüzeyine yakın zemin/kayanın kesme dayanımını arttır. Tünel kesiti çevresindeki kayanın gevşemesini, kayadaki süreksizlikleri doldurarak dökülmeleri ve sökülmeleri önler. Kazıdan hemen sonra oluşan gerilme ve deformasyonların bir kısmını karşılar. Taşıyıcı eleman olarak donatılı ya da donatısız kullanılır. Püskürtme betonun etkinliği uygulandığı yüzeye yapışabilirliğine bağlıdır. Yapışma konusunda yapılan araştırmalar yüzeyle beton arasındaki bağın yüzeyin mineral bileşimine bağlı olduğu sonucunu vermiştir.

Püskürtme beton, kuru karışım ve ıslak karışım olmak üzere 2 şekilde uygulanır. Uygulama yapılan yerin özeliklerine, uygulama hızına ve istenen beton kalitesine bağlı olarak bu 2 sistemden birisi tercih edilir.

2.2.2 Kafes İksa (Çelik İksa)

Tünel kazısı çevresindeki kayanın desteklenerek tünel kesiti etrafında taşıyıcı bir halka oluşturarak kazı profilini sınırlandırmak ve sökülmeleri azaltmak için kullanılır. Kazı yapılan kaya ortamının tanınmasına kadar geçen sürede yapım güvenliğini sağlar. Tünel içerisine hazır imalat olarak, parçalar halinde gelen çelik iksanın, flanşları üzerinde açılan dört yuva içinden cıvata + somun yardımıyla birbirlerine bağlanması şeklinde yapılır. Kafes kiriş iksalar ile destekleme yapılacak, ancak çok zayıf zeminlerde profil çelik iksalar da kullanılır. İksa aralıkları zemin şartlarına göre 0.50 – 2.00 m arasında

olabilir (Alarko, Natm Kazı Destekleme Ve Beton Kaplama Yapım Yöntemi).

2.2.3 Çelik Hasır (Donatı)

Püskürtme beton donatısı olarak kullanılır. Püskürtülen betonun kaya yüzeyine uygulanmasını kolaylaştırır. Püskürtme beton pirizini alana kadar süre dayanımını sağlar. Yüzey yükünü iksalara yayarak yükün tabana verilmesini sağlar. Aşırı gerilmelerden dolayı oluşacak çatlakları azaltır. Püskürtme Betonin duraylılığını arttırıp parçalanmasını önlemeye yardımcı olur. Kazı sonrası tünel içinde çelik hasır montajına geçilir. Bütün tünel tiplerinde kullanılan çelik hasır tipi projelerde gösterildiği gibi ve bindirme oranları da yatay-düşey yönde 30 cm dir. Bu bindirmelerin yapılmasının amacı bütünlüğü sağlayarak, betonu püskürtme sırasında sarkma olmasını önlemektir. Hasır çelik uygulaması zemin durumuna göre belirlenir. Tavan ve yan cidarlara, ekip tarafından hasır çelik montajı yapılır. Burada bir önceki anoda yerleştirilen hasır çeliğe bindirme işlemine dikkat edilmesi ve montaj işine özen gösterilmesi, böylece sistemin rijit çalışmasının sağlanması gereklidir (Alarko, Natm Kazı Destekleme Ve Beton Kaplama Yapım Yöntemi).

2.2.4 Kaya Bulonu

Kaya bulonları tünel kesiti çevresine uygulanan, kayanın desteklenmesine yarayan ana tahkimat elemanlarından biridir. Tek başına kullanılabildiği gibi çelik hasır, iksa, Püskürtme beton gibi tahkimatı tamamlayıcı elemanlarla birlikte de kullanılabilir.
Bulonlar 1,3–4,0 cm çaplı ve uzunlukları tünel açıklığına göre değişebilen çelik çubuklardır. Bulon boyları, çapları, aralıkları ve adetleri tünel kesidi, zemin cinsine, statiğe bağlı olarak değişmektedir. Tünel tavan ve duvarlarına delinen duvarlar içine yerleştirilirler. Çimento enjeksiyonu yapılarak veya alt ucundan kayaya bağlanarak ve her iki halde de kaya yüzünde bir plakanın somun vasıtası ile kayaya doğru itilip sıkıştırılmasıyla, delik içinde kaya ile teması ve gerdirilmesi sağlanır (Alarko, Natm Kazı Destekleme Ve Beton Kaplama Yapım Yöntemi).

2.2.5 Süren

Kazı sonrası dökülmeye meyilli formasyon ortamlarında, özellikle su gelişinin olduğu bölgelerde, kazıya girmeden önce süren uygulaması yapılır. Çamlıca tünellerinde 1, 1/2" çapında, 4.00 m'lik borulardan faydalanılmıştır. Çelik iksa üzerinden yatayla max. 5-10º açı yapacak biçimde çakılırlar. Sürenlerin içerisi çimento/su oranı = 2/1 olan enjeksiyon ile doldurulmaktadır.

2.2.6 Şemsiye Kemer (Umbrella Arch)

Ayna üzerine gelecek basınçlara karşı kazı tavanına yerleştirilen 9 m uzunluğunda 4 inç çapında çelik borulardır. Zayıf formasyonlarda kullanılır. Makinelerin çalışması ve boruların yerleştirilebilmesi için kazı kesiti 50 cm daha geniş açılmaktadır. Çamlıca tünellerinde etrafı alçı ile sıvanmakta ve boru içine enjeksiyon basıncı 2-3 bar ve çimento/su = 7/5 olan enjeksiyon verilmektedir. Enjeksiyonun, kayaçtaki çatlakları tam doldurabilmesi için boruların cidarında delikler açılmaktadır ve uçları sivri hale getirilmektedir.

2.2.7 Zemin Çivisi

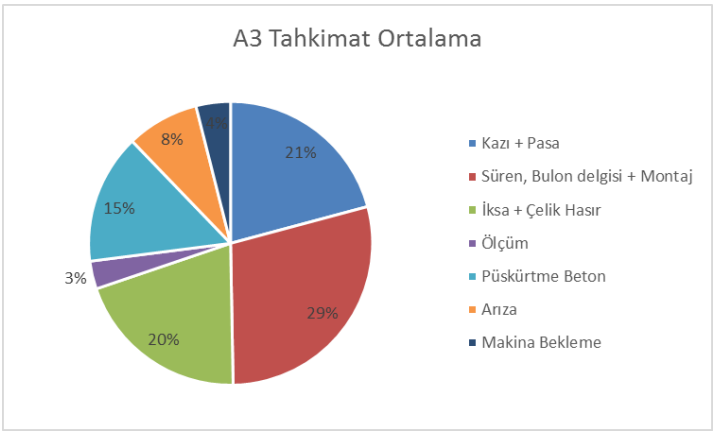
Zemin çivisi, kazı takviye uygulamalarında ve şev stabilitesinin desteklenmesinde zemine yük aktarımını sağlayan bir yapı elemanıdır. Zemin çivileri genellikle çelik veya fiber donatılardan oluşmaktadır, ancak zemine yük transferini geliştirmek ve paslanmaya karşı koruma sağlamak amacıyla genellikle etrafı çimento enjeksiyonu ile kaplanmaktadır.
Ayna önünden 10 - 12º aşağı eğimli 125 mm çapında delikler açılarak içine 9 m uzunluğunda, 14 mm çapında tor çelikten imal edilmiş nervürlü çubuklar yerleştirilmektedir.

3 YERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmada tünel tahkimat işlerinin analiz edilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu yüzden Kabataş şaftında bulunan hat 2 ileri tünelinde A3 ve A4 tahkimat tipi için çok sayıda kazı döngüsü boyunca yapılan işlemlerin detaylı zamanları tutulmuştur. Ayrıca gecikmeler ve sebepleri tespit edilerek bu zaman kayıplarını minimuma indirgemeye yönelik önlemler sunulmuştur. Aşağıda A3 tahkimat için ortalama zaman ve yüzdeler Tablo 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. A3 Tahkimat için Yapılan Ortalama İş-Zaman Etüdü

Yapılan İş	Toplam Zaman (dk)	Günlük Ort. (dk)	Yüzde (%)
Kazı + Pasa	1665	277,5	21
Süren, Bulon delgisi Montaj	2310	385	29
İksa , Çelik Hasır	1605	267,5	20
Ölçüm	255	42,5	3
Püskürtme Beton	1185	197,5	15
Arıza	660	110	8
Makina Bekleme	315	52,5	4
Toplam	7995	1332,5	100

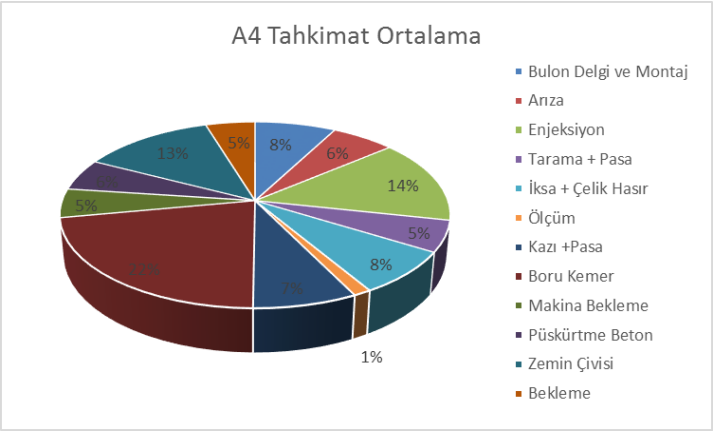


Şekil 2. A3 Tahkimat İçin Yapılan İşlerin Ortalama Yüzde Dağılımı

Süren ve bulonların delgi ve montajı bu tahkimat tipinde en çok zaman harcayan işlerin başında gelmektedir (Ülger, 2018).
A4 tahkimat için ortalama zaman ve yüzdeler ise Tablo 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

Tablo 2. A4 Tahkimat için Yapılan Ortalama İş-Zaman Etüdü

Yapılan İş	Toplam Zaman (dk)	Günlük Ortalama (dk)	Yüzde (%)
Bulon Delgi ve Montaj	820	102,5	8
Arıza	645	80,625	6
Enjeksiyon	1530	191,25	14
Tarama + Pasa	570	71,25	5
İksa + Çelik Hasır	805	100,625	8
Ölçüm	135	16,875	1
Kazı +Pasa	790	98,75	7
Boru Kemer	2315	289,375	22
Makina Bekleme	530	66,25	5
Püskürtme Beton	580	72,5	6
Zemin Çivisi	1340	167,5	13
Bekleme	500	62,5	5
Toplam	10560	1320	100



Şekil 3. A4 Tahkimat İçin Yapılan İşlerin Ortalama Yüzde Dağılımı

Boru kemer uygulaması bu tahkimat tipi için belirleyici özellik olmasının yanı sıra en fazla zaman harcanan uygulamalarında başında gelmektedir. Gerek delgisi gerek montajı gerekse enjeksiyonu beklenen boru kemer uygulaması bu tahkimat tipinin ana elemanı olarak kabul edilebilir (Ülger, 2018).

4 SONUÇLAR

Mecidiyeköy-Kabataş metro hattında, A3 ve A4 tip tahkimat için yapılan analizler sonucunda tahkimat sistemlerinin parametreleri ve döngüdeki gecikmeye sebep olan süreler saptanmış ve bu sürelerin optimuma indirilmesi için bazı öneriler geliştirilmiştir. A3 tahkimat ile çalışıldığında, A4 tahkimat tipine göre yaklaşık 2,3 kat daha hızlı ilerleme görülmektedir. Buna veriyi destekler nitelikte olarak, A3 tahkimat tipinde azaltılması mümkün olan %12'lik bir arıza / bekleme süresi gözlenmişken, A4 tahkimat tipinde bu oran %16'ya kadar ulaşmıştır.

Yapılan enjeksiyon ve püskürtme beton uygulamalarında bir diğer dezavantaj ise mikser makinasının vardiya içerisinde bekleme süresine sebep olmasıdır. Bu bekleme süresi hem mikserin bir şantiyeden bir şantiyeye giderken kaybettiği süreyi hem de bir aynada kullanıldığı için diğer aynada kullanılamaması sebebiyle olabilmektedir. Mikser bekleme sürelerini en aza indirebilmek için;

- Kullanılan mikser sayıları arttırılabilir
- Mikserin daha hızlı kullanılabilmesi için eğitim verilebilir

Bahsedilen konulara ek olarak makinelerin arızası da azımsanmamalıdır. Özellikle hidrolik kırıcıda meydana gelen arızalar gecikmelerin büyük bir kısmını kapsamaktadır. Bu gecikmeye karşı alınabilecek önlemler;

- Her şaft için yedek bir hidrolik kırıcı bulundurmak
- Kırıcı bakımlarını düzenli bir şekilde ve planlı olarak yapmak
- Operatöre düzenli bir eğitim verilmesi ve denetlenmesi

Gecikmelerin tamamıyla önüne geçmek pek mümkün değildir. Fakat planlı ve programlı bir çalışma ortamında eğitimli ve dikkatli çalışanlarında yardımıyla gecikmelerin miktarını azaltmak olasıdır. A4 tahkimatın A3 tahkimata göre daha yavaş ilerlemesi sebebiyle ve boru kemer uygulamasının maliyetli olması sebebiyle, A4 tahkimata geçmeden önce 2 adet drenaj-araştırma delgisi yapılmış ve sonuçlara göre formasyonun A4 tahkimata daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tahkimat sistemlerinin her bölümü gecikmeler hesaba dahil edilmediğinde düzenli bir şekilde işlediği görülmüştür. Sistemdeki gecikmeler aslen insan kaynaklı olduğu için çözümler de ona bağlı olarak geliştirilmelidir. Çalışanların dikkati ve eğitimli olması bu konuda sistemi optimize edebilecek yegane unsurlardan biridir. İşleyiş ergonomik hale gelmelidir ki gecikmeye yol açabilecek çakışan bir uygulama olmasın. Bu gibi öneriler göz önünde bulundurulduğunda bir döngüde uygulanan sistemlerin iyi bir planlama sayesinde minimize edilebileceği ön görülmüştür (Ülger, 2018).

KAYNAKLAR

Karaoğlan, H., 2002. *Kaya Zeminde Tünel Tasarımı.* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Ülger, H., 2018. *Mecidiyeköy-Kabataş Metro Hattı Tünel Tahkimat Sistemleri Etüdü.* Istanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, Istanbul.

Özmek, E., 2018. *Çamlıca-Libadiye Karayolu Tüneli Tahkimat İşlerinin İncelenmesi.* Istanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, Istanbul.

Alarko Holding, *Natm Kazı Destekleme Ve Beton Kaplama Yapım Yöntemi,* İstanbul.

Polat, F., 2016. *Kabataş Mecidiyeköy Mahmutbey Depo Sahası, Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporu,* İstanbul.

Gülermak Kolin Kalyon Metro Yapım Ortaklığı, 2014. *Natm Tünelde İksa Kazı Ve Nihai Beton Kaplama Yapım Yöntemi,* İstanbul.

Eti Küre Bakır Madeninin Üretim Galerilerindeki Tahkimat Sistemlerinin İş zaman Analizi

Work-Time Analysis of Support System of Eti Copper Mine in Production Galleries

M. İ. Odabaşı, H. Tunçdemir.

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu bildiride öncelikle Eti Bakır İşletmeleri ve Bakibaba Madeni hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışma sahasının jeolojik ve coğrafik özelliklerinden bahsedilmiştir. Küre Bakır Madeninde bulunan bitmiş ve halen devam etmekte olan ocaklar hakkında bilgiler verilmiştir. Bakibaba madeninin üretim miktarı belirtilmiş, üretim yöntemi açıklanmıştır. Daha sonra Küre Bakır Madeninde üretim galerilerinde kullanılmakta olan tahkimat sistemlerinden ve tahkimat sisteminin seçim parametrelerinden bahsedilmiştir. Küre Bakır Tahkimat sistemlerinin uygulaması sırasında geçen zaman hesaplanmış. Bakibaba ocağındaki ortalama tahkimat süresi belirlenmiştir. Son olarak iş zaman analizi yapılarak farkın neden ortaya çıktığından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tahkimat Sistemleri, İş Zaman Analizi

ABSTRACT Firstly general information about Eti Copper Corporation and Bakibaba Copper Mine was given in this thesis. Geological and geographical features of the study area were examined. General information was given about the underground mines that completed and ongoing in Küre Copper Mine. Production capacity of the mine and production method was mentioned. In the second stage, the support systems used in the production galleries in Küre Copper Mine and selection parameters of support system was mentioned. In the third stage, the elapsed time during the application of the support systems is calculated. The average time of support system in the Bakibaba Mine has been determined. Finally, by carrying out work time analysis, why the difference occurred was mention.

Keywords: Support System, Time work Analysis

1 INTRODUCTION

Supporting system in the mines are important for the successful operation of the mines and for the production to continue successfully. Support system was investigated in this study. In this study, the support systems in the Eti Küre Corporation Bakibaba Copper Mine were examined in detail. Cengiz Holding has Eti Küre Corporation in its field. Cengiz Holding are making a lot of investments and searching in the field of mining. Bakibaba Copper Mine is located 30 km from the town of Inebolu, 60 km from the center of Kastamonu, 400 km from Ankara (Figure 1).

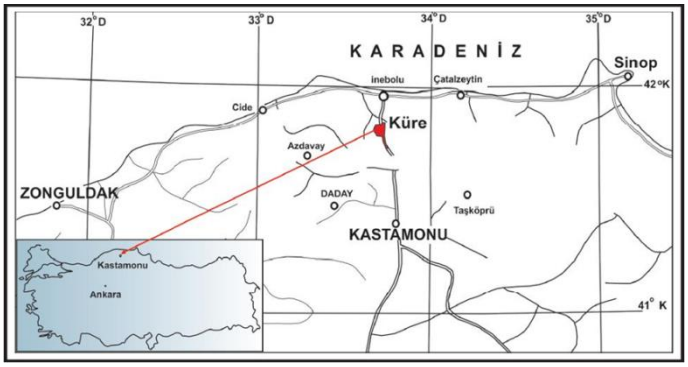


Figure 1. Location of the Eti Küre Copper Mine

The ore deposits in the Küre beds are closely related to the basalt-black shale units. Black shales associated with Küre Basalts which become the mid-oceanic ridge basalts, sometimes become footwall or sometimes become hanging wall (Altun, Y.; Yılmaz, H.; Şiner, İ.; Yazar, F., 2015. Okyanus Ortası Sırtlarda Oluşan Masif Sülfid Yataklarının Sırları ve Küre-Mağaradoruk Bakır Yatağı. *Maden Tetkik ve ARAMA*, p.57). The Black Shale unit was studied as sedimentary rocks and basalt, basaltic rocks and low-diffuse diorite and ultra-basic rocks were investigated as crystallized rocks (ETİ Bakır A.Ş., 2017, *Küre İşletmesi Kapasite Artışı Projesi Nihai ÇED Raporu, Kastamonu,* p. 59).
Also Bakibaba Underground Copper Mine production method has been examined. The production method of underground mining in Eti Küre Copper mine is combination of sublevel caving-cut and fills method. Drilling-blasting-haulage-support system are the basis of the production.

2 SUPPORT SYSTEM of BAKİBABA UNDERGROUND MINE

In order to achieve the ideal support system, it is necessary to determine which support systems will be used. In Küre Copper Mine, rock mechanic department made the calculations to select the ideal support system. As a result of these calculations, the shotcrete application thickness, the use of steel mesh and the distances between rock bolts have been determined.

Küre Copper Mine Support systems are shotcrete, wire mesh and rock bolt. The shotcrete is applying to the region with high volume sprayer. There is an obligation to use shotcrete in every gallery, such as main ramp, crosscuts, hanging wall, footwall in underground galleries of Eti Küre Copper Mine (Eti Küre Bakır, Tahkimat yönergesi, p.3). In Eti Küre Copper Mine shotcrete is preferred wet form. Wire mesh is used in ventilation galleries, production galleries, ore transportation galleries, rock fill barricades. Rock bolting which uses to roof or side walls prevent displacement by collapsing and provide safety working place. Support application made in underground production galleries is split set. The rock bolt applications will be start toward from the supported area to the unsupported area; therefore, workers in Eti Copper Co. will not work at the unsupported area. Application of split set is used in underground opening for maximum 6 months (Eti Küre Bakır, Tahkimat yönergesi, p.9).

3 WORK TIME ANALYSIS in PRODUCTION GALLERIES

In production galleries, supporting systems are provided with shotcrete, wire mesh and split set.

3.1 Shotcrete

Shotcrete is being made for 3.5 meters of progress for 5*7 m production galleries. First shotcrete are making painting has a thickness 7 cm. 2 hours is enough for drying the first shotcrete. Second shotcrete's thickness has 15 cm. Shotcrete operation is making with Meyco Cobra and Normet Ultimec LF-mixer for production section. The shotcrete sprayer machine is shown in Figure 2. The mixer machine that fed the Meyco Cobra is shown in Figure 3.

Figure 2. Meyco Cobra Shotcrete Machine

Figure 3. Normet Mixer

The performance measurement of shotcrete operations for first thick is presented in Table 1. According to Table 1, production galleries are painted an average at 23 minutes 29 seconds.

Table 1. Shotcrete Spraying Time at First Thick

Shotcrete Spraying Time	**Place**	**Day of Application**
25’18’’	510 Level-North 2	18.01.2018
18’40’’	490 Level-North 4	22.01.2018
24’27’’	545 Level-South 4	23.01.2018

The performance measurement of shotcrete operations for second thick is presented in Table 2. According to Table 2, production galleries are painted an average at 73 minutes 42 seconds.

Table 2.Shotcrete Spraying Time at Second Thick

Shotcrete Spraying Time	**Place**	**Day of Application**
79’33’	490 Level-North 4	22.01.2018
73’52’’	545 Level-South 13	26.01.2018
67’41’’	610 Level-South 8	29.01.2018

At the end of each application, to freeze the shotcrete 2 hours is waiting. Picture from shotcrete operation area is shown in Figure 4.

Figure 4. Shotcrete Operation Area

3.2 Wire Mesh

Wire mesh is the second application for support system in production galleries. Wire meshes are used after shotcrete application. It is applied between first and second shotcrete operation. Picture of operation wire mesh is shown in Figure 5.

The performance measurement of wire mesh operation is presented in Table 3. According to Table 3, wire mesh application in 580 Level North 11 production galleries are an average at 23 minutes 29 seconds.

Table 3.Operation Time of Wire Mesh at 580 Level North 11

Preparation (Drilling and nailing with hand bit)	Starting Time (min)	Finishing Time (min)
	00’00’’	04’37’’
Third of the Wire Mesh	07’08’’	08’43’’
Third of the Wire Mesh	08’55’’	11’27’’
Third of the Wire Mesh	12’42’’	16’55’’
Second Mesh	20’20’’	35’05’’
Third Mesh	53’49’’	79’34’’
Forth Mesh	83’40’’	93’39’’
Fifth Mesh	96’24’’	106’09’’

Figure 5.Operation of Wire Mesh

3.3 Split Set

Split-set, made from high-strength steel, consists of a pipe and a plate that are slit through the middle. The anchor is provided by the frictional force between the stud and the rock surface. It is used in only ore. The installation of Split Set is a fairly effortless procedure and can be performed easily by trained personnel. Split set operations are making with Atlas Copco Bolthec MT. Machine for bolt application is shown in Figure 6.

Figure 6. Boltec Machine-Atlas Copco Bolthec MT

After the 1 set of split set, one arch is occurring.

Investigations were made in the gallery in 510 level north 2 to observe the split set operation at February 1, 2018.

Table 4. Application of Split Set Operation at 510 Level North 2

Preparation (Filling the spin to machine)		Starting Time (min)	Finishing Time (min)
		00’00’’	08’53’’
1.	Time of drill rod	00’00’’	01’42’’
	Bolt	02’11’’	02’47’’
2	Time of drill rod	03’27’’	05’19’’
	Bolt	06’28’’	07’08’’
3	Time of drill rod	08’03’’	10’49’’
	Bolt	11’31’’	12’14’’
4	Time of drill rod	13’49’’	15’49’’
	Bolt	16’12’’	16’57’’
5	Time of drill rod	17’43’’	19’09’’
	Bolt	19’51’’	20’49’’
6	Time of drill rod	21’32’’	23’17’’
	Bolt	24’07’’	24’52’’
7	Time of drill rod	25’45’	26’20’
	Bolt	27’12’’	28’09’’
8.	Time of drill rod	29’19’’	30’47’’
	Bolt	31’00’’	31’42’’
9.	Time of drill rod	32’39’’	34’26’’
	Bolt	35’05’’	35’59’’

The performance measurements of split set is presented in Table 4. According to Table 4, a hole with a length of 2.4 meter is drilling an average 1 minute 30 seconds and total operation is completed in 35 minutes 59 seconds.

4 CONCLUSION

Support system applications in the Küre Copper Corporation have been examined. The investigated support system in Bakibaba Underground Copper Mine is operated with discipline. Especially, the efficiency of shotcrete, wire mesh and split set was examined in this study.

Performance of shotcrete was measured 6 operations. 3 applications of them were for thick layer, 3 of them were second layer. Average shotcrete operation time for first layer is measured as 1338 seconds and average shotcrete operation time for second layer is measured as 4482 seconds. Besides, at the end of each shotcrete application, to freeze the shotcrete 2 hours is waiting.

Performance of wire mesh was measured in 3 operations. The average of this calculation is 5128 seconds.

Performance of split set was measured in 3 operations. The average of three calculations is 1954 s.

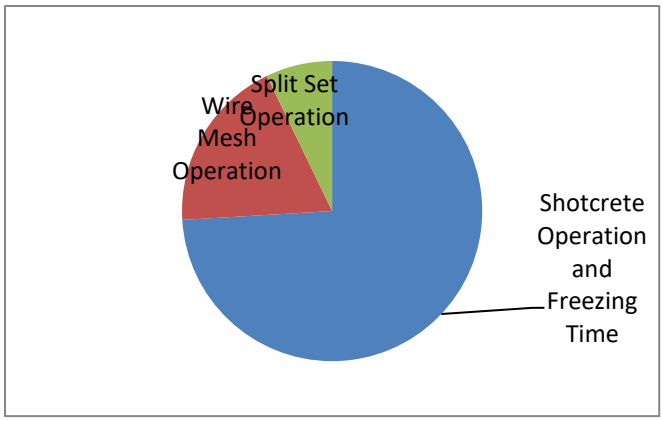


Figure 7. Pie Chart of Support System

In Figure 7. pie chart display each support system's time.

Parameters that affect work time analyses in Eti Küre Copper Mine;

- Number of worker
- Distance of operation areas from
- Smoothness of surface
- Operator's habit about using the machine
- Operating in primary or secondary gallery

TEŞEKKÜR

Bitirme tezimin hazırlanması sürecinde sürekli olarak bilgi ve deneyimlerini paylaşarak yardımlarını esirgemeyen, bana sabır ve her daim iyi niyet gösteren bitirme danışmanım sayın Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR'e ve üzerimde emeği bulunan bütün hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

Beni bu yaşa kadar büyüten, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen annem Hümeyra YILMAZ'a ve ablam Merve Nur ODABAŞI'na sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Ayrıca üniversitede geçirdiğim yıllar boyunca yanımda olan, güzel zamanlar geçirdiğim arkadaşlarıma ve birçok dersi geçmemde büyük katkısı olan Mert ZİNCİRCİ ve Begüm KORKMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Eti Bakır A.Ş. Küre İşletmesi çalışanlarına ve özellikle yardımlarından dolayı Ali EROL ve Nuğman DERECİ'ye teşekkür ederim.

REFERENCES

Altun, Y.; Yılmaz, H.; Şiner, İ.; Yazar, F., 2015. Okyanus Ortası Sırtlarda Oluşan Masif Sülfid Yataklarının Sırları ve Küre-Mağaradoruk Bakır Yatağı. *Maden Tetkik ve ARAMA*, p.57.

ETİ Bakır A.Ş., 2017, *Küre İşletmesi Kapasite Artışı Projesi Nihai ÇED Raporu, Kastamonu*, p. 59.

Eti Küre Bakır, Tahkimat yönergesi, p.9.

Şev Stabilite Analizi - Guelb Moghrein Açık Ocağı
Slope Stability Analysis - Guelb Moghrein Open Pit

J. EL-Maaly, S.G. Erçelebi, K. Hasözdemir
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering, Istanbul

ÖZET Kaya stabilitesininin koşullarını tespit etmek, kayabilen şevlerin güçlendirilmesi ve iyileştirilmesi, ekonomik ve teknik açıdan yapılması kaya mühendisliğin ana görevleridir.
Bu projede, Guelb Moghrein açık ocağındaki şev stabiliteyi çeşitli analizler uygulanarak yaklaşımlar üretildi. Dips programı kullanrak kinematik analizi yapılırken denge sınırı analizi SLIDE ve SLOPE/W programları ile gerçekleştirildi. Üstelik sonlu elemanlar analizi, Phase 2 programının yardımı ile elde edildi. Tüm bunlar yapılabilmek için gerekli olan kaya dayanım özellikleri, çatlakların dayanım parametreleri ve kayadaki ayrışımlar göz önünde bulundurarak uygulandı. Yukarıda bahsedilen analizlerin uygulanması sonucunda, genel olarak ocağın kayma olasılığı oldukça düşüktür. Fakat bazı kritik noktalar gözlemlendi; özellikle şist formasyonun domine ettiği yerlerdedir. Yine de Guelb Moghrein ocağında yeraltı suların çok büyük bir tehlike yaratmadığı ve bölgenin depremsel olmadığı için kayma olasılığı düşük sayılabilir. .

Anahtar Kelimeler: Kinematik analizi, Denge Sınırı Analizi, Guelb Moghrein, DIPS, SLIDE.

ABSTRACT The main purposes of rock slope engineering are to determine rock slope stability conditions, to stabilize unstable natural slopes and to design, while maintaining safety conditions, the rock excavation slopes by optaining optimal conditions from the reliability and economical points of view. In this project, anlyses for the slope stability in Guelb Moghrein open pit mine are done based on the kinematic analysis (using DIPS program) and limit equilibrium analysis(using SLIDE and SLOPE/W softwares). They involve some geothechnical investigations such as strength features of the rocks, the geometrical and strength features of the discontinuities and the presenece of weathering action on the rock and rock defects. According to the different types of analyses mentioned above, the pit is stable in general. But still has some critical points to consider; especially where the pit is domined by schist rock/formation. Since the water impact on the Guelb

Moghrein Mine slope stability is negligible and the earthquakes are not expected in the region, the probability of failure is low.

Keywords: Kinematic analysis, Limit Equilibrium Analysis, Guelb Moghrein, DIPS, SLIDE.

1 GUELB MOGHREIN OPEN PIT

The Guelb Moghrein open pit (Figure 1.2) site is situated approximately 6 km from the town of Akjoujt, 250 km north east of the capital of Mauritania, Nouakchott. The northern part of the country is part of the Sahara Desert and consists of sand dunes and rocky plateaus/peneplains with low mountain ranges and isolated hills (Figure 1.2)

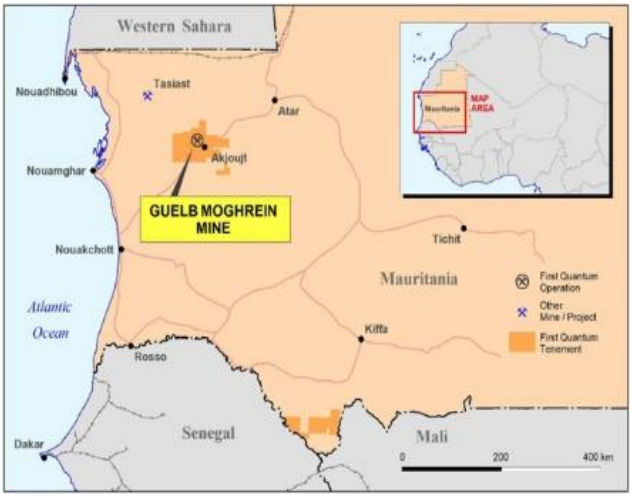


Figure 1.1 Guelb Moghrein Mine location (Turner, 2016)

There are basically three rock types present in the open pit area which are; Mineral Carbonate Ore, Schist, and Tuff.

Figure 1.2 Pit looking north

2 KINEMATIC ANALYSIS

Domains have been determined for each of the 3 major pit excavation stages from slope orientation and lithology. The slope stability for domain B has been preliminary assessed using DIPS program to analyse the risk of planar and wedge failures.

2.1 Observation

The walls in Domain B (Figure 2.1) are not in good condition but the limited capacity of wedges to form in the corner of the pit and the presence of the haulage ramp have mitigated the rockfall hazard.

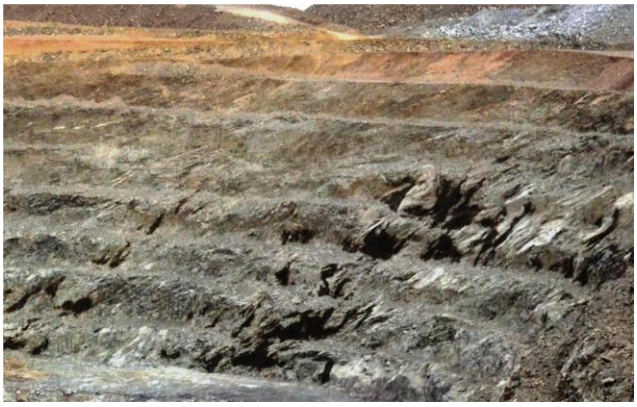


Figure 2.1 Domain B

2.2 Analysis

There is a minor probability(18.73%) of wedge failure in Domain B (Figure 2.3), especially along the northernmost faces near the corner with the north wall (but this also means the wedges will be limited in size). The potential of planar failure is nearly zero(Figure 2.2).

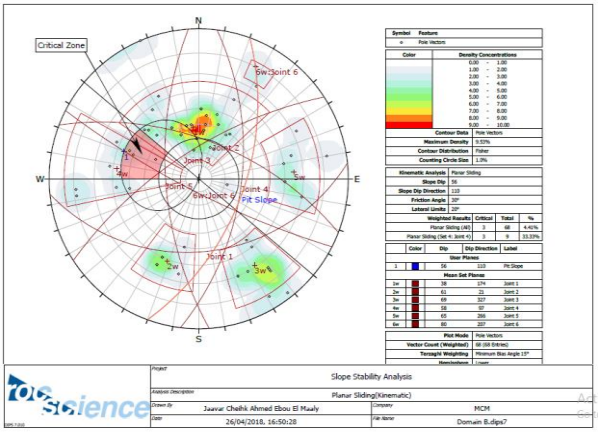


Figure 2.2 Stereograph, Domain B planar

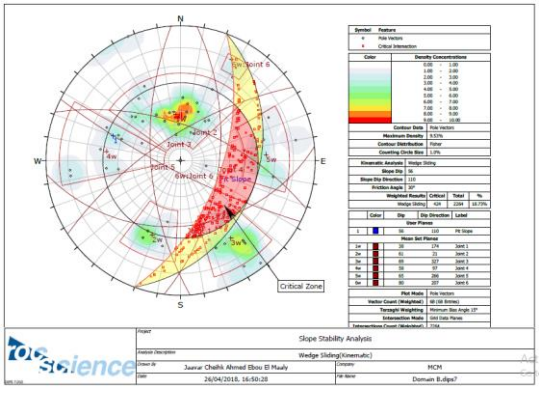


Figure 2.3 Stereograph, Domain B wedge

3 NUMERICAL ANALYSIS

Using the rock mass strength parameters presented in Table 3.1, a stability analysis is undertaken using limit equilibrium techniques assuming failure through the rock mass.

Various scenarios with an idealized slope model are analyzed using Slide and Slope/W programs. In addition, the study compares the results from three types of soil by computing the factor of safety for each one.

Table 3.1 Input parameters for LEA

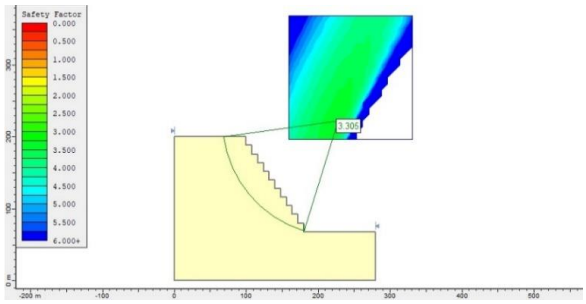
	Ore	**Tuff**	**Schist**
Cohesion (kPa)	1132.843	626.628	125.666
Friction angle	59.07	58.32	45.02
Unit weight (kN/m³)	39.18	29.38	30.39

The baseline geometrical parameters used for the analysis of slope stability are shown in table 3.2.

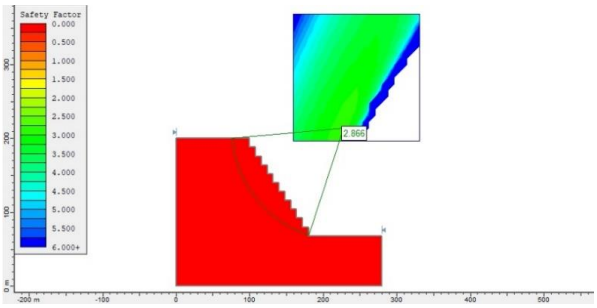
Table 3.2 Geometerical parameters

Batter height	**12 m**
Batter angle	90
Batter width	8 m
Slope height	132m

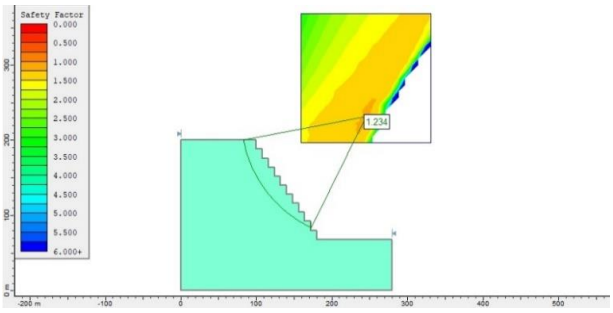
3.1 Slide



(a)



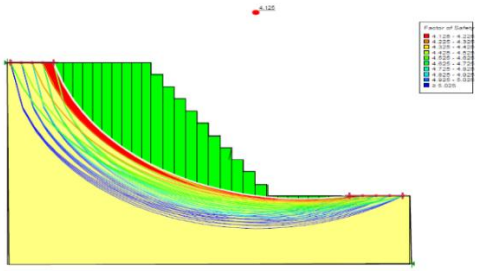
(b)



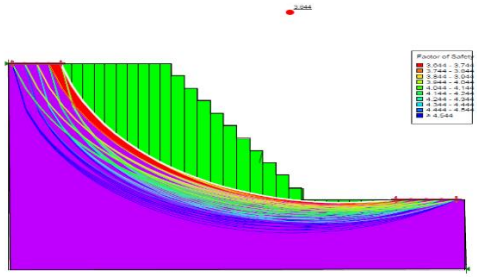
(c)

Figure 3.1 Overall slope stability analysis for case 1 using SLIDE; (a) Ore, (b) Tuff, (c) Schist

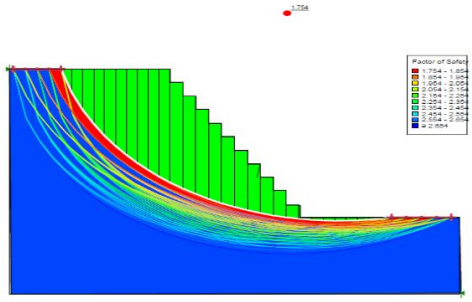
3.2 Slope/w



(a)



(b)



(c)

Figure 3.2 Overall slope stability analysis using SLOPE/W; (a) Ore, (b) Tuff, (c) Schist

4 CONCLUSION

The results confirm the in-pit observations that the unweathered rock is unlikely to suffer stress-related intact rock failures down to the pit depth of 132 m due to the generally high strength of the rock.

As indicated in the table 3.6, the FOS takes different values with a minimum of 1.167 and a maximum of 4.125. These results show that the tested slope (Domain B) is stable and safe(i.e. no major problems considering the stability of the benches).

The table 3.7 also shows that the factor of safety is relativeley critic and low in schist formation (F < 1.3), which means that the potential of failure will increase in case of

earthquake. But since the region is not a seismic region, it can be considered as stable, but the danger still need to be taken into account.

Table 4.1 Factors of safety Using SLIDE and SLOPE/W.

Program / Formation		SLIDE	SLOPE/W
Ore	**OM**	3.236	3.861
	SBM	3.305	4.125
Tuff	**OM**	2.785	3.388
	SBM	2.866	3.644
Schist	**OM**	**1.167**	1.603
	SBM	**1.234**	1.754

OM: Ordinary Method, SBM: Simplified Bishop Method

REFERENCES

Diara Y., 2016. "Etude de la Distribution de Magnétite dans le minerai de Cu de Guelb Moghrein", Nouakchott University.

Duncan, J. M., 1996. "State of the art: Limit Equilibrium and Finite Elment Analysis of slopes".

Duncan, J. M., Wright, S. G. and Brandon T. L., 2014. "Soil Strength and Slope Stability", Hoboken, New Jersey : John Wiley and Sons Incorporated.

Eberhardt, E., 2012. "The Hoek–Brown Failure Criterion", Rock Mechanics and Rock Engineering.

Simons, N. E., 2001. "A Short Course in Soil and Rock Slope Engineering", Thomas Telford, London.

Turner, M., 2016. "Guelb Moghrein geotechnical review", Mauritanian Copper Mines-First Quantum Ltd.

Kabataş Mecidiyeköy Metro Hattı TBM Performans Analizi

Analysis of TBM Performance in Kabataş – Mecidiyeköy Metro Line

M.O. Tunç, C. Balcı
İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu çalışmada, Kabataş-Mecidiyeköy metro hattımda çalışan tünel açma makinesinin kazı ve performans parametreleri incelenmiştir. 5 Temmuz 2017-20 Temmuz 2017 tarihleri arasında tünelde kazılan farklı ringden kaya numuneleri alınmıştır. Aynı süre boyunca tünel açma makinesinin çalışma parametreleri kazı sırasında toplanmıştır. Alınan numuler ile İTÜ Maden Mühendisliği Kazı laboratuarında Nokta Yükleme deneyi yapılmıştır. Nokta Yükleme deneyi ile kayacın tek eksenli basınç dayanımı, belirlenmiştir. Laboratuarda yapılan deneyler tünel açma makinesinden elde edilen kazı ve performans parametreleriyle karşılaştırılmış, aralarındaki ilişkiler istatistiksel olarak ortaya konulmuştur.

.Anahtar Kelimeler: Tünelcilik, Kabataş-Mecidiyeköy metro hattı, nokta yük deneyi

ABSTRACT In this study, the excavation and performance parameters of the tunneling machine working on the Kabatas-Mecidiyeköy metro line are examined. Between July 5, 2017 and July 20, 2017, rock samples were taken from the different rings found in the tunnel. During the same period, the operating parameters of the tunneling machine were collected during excavation. The point loading experiment was carried out in the excavation laboratory of ITU Mining Engineering with taken rock samples. The point load test was used to determine the uniaxial compressive strength of the rock. The laboratory experiments were compared with the excavation and performance parameters obtained from the tunnel drilling machine and the relations between them were statistically revealed.

Keywords: Tunneling, Kabataş-Mecidiköy Metro Line, point load expirement

1 GİRİŞ

1.1 KABATAŞ MECİDİYEKÖY METRO HATTI

İstanbul'da ulaşım ağına önemli katkıda bulunacak bu tünel Fulya istasyonundan başlayıp sırasıyla, Yıldız, Beşiktaş istasyonlarından geçerek Kabataş istasyonunda son bulacaktır.Hat uzunluğu 6,5 kilometre olup Kabataş-Mecidiyeköy arası seyehat süresi 7 dakikaya düşürülecektir.Hattın yolcu taşıma kapasitesi saatte 86.500 kişidir. Kabataş istasyonunda, F1 Taksim-Kabataş füniküler hattı,

Mecidiyeköy istasyonunda M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı ve metrobüs işletmesi ile entegrasyon sağlanacaktır. Tünel kazısında Lovsuns firmasının ürettiği RME 257 SE modeli tünel açma makinesi kullanılmaktadır. Makine, EPB (Pasa basınç dengeli) tipi bir makinedir. Alarko Alsim firması tarafından satın alınan 6,57 kazı çapına sahip RME 257 SE pasa basınçlı makinedir. (Tunç, 2018)

1.2 Güzergah Jeolojisi

Tünel güzergahının geçtiği malzemelerin jeolojik tanımı kondensattır. Kabataş-Mecidiyeköy metro tüneli güzergahı esas olarak Trakya formasyonundan oluşmaktadır. Güzergahta Trakya Formasyonu dışında yüzeyde önemsiz kalınlıklarda dolgu, Kabataş kıyı düzlüğü ile Dolmabahçe ve Ihlamur derelerinde ise alüvyal - haliç çökelleri yer almaktadır. (Tunç, 2018)

2 TÜNEL AÇMA MAKİNESİ

Tünel açma makineleri farklı kayaç koşullarında dairesel kesitli tünel kazısı yapabilen makinelerdir. Tünel çapı 1 metreden 19.25 metreye kadar değişebilir. Amerikan Charles Wilson, 1856'da patentini aldığı bir tünel açma makinesini 1851'de geliştirdi ve inşa etti. Makine modern bir TBM'nin tüm özelliklerine sahipti. Bu makine 1853'te Hoosac Tüneli'nde kullanılmış, tüm ayna Wilson'ın 1847'de geliştirdiği ve bir patent başvurusunda bulunduğu disk kesicileri kullanılarak kazılmıştır ancak bu makine 3 metre ilerleyebilmiştir

Şekil 1. Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattı'nda kullanılan TBM

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışma için Kabataş-Mecidiyeköy tünelinden alınan 1 cm-10 cm boyutundaki düzensiz şekilli numunelerle nokta yük deneyi yapılmıştır. Deney, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği, kazı laboratuarında, tünel açma makinesinin kazı performansını analiz etmek için yapılmıştır. Deney sonraları elde edilen veriler yardımıyla grafikler çizilip makinenin çalıştığı arazi ile arasindaki ilişki ortaya çıkarılmış ve bu ilişkiye dayanarak makinenin performansı ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

3.1 Nokta Yük Deneyi

Nokta yük indisini tanımlayan "Nokta Yük Deneyi" ilk defa 1972 yılında "Uygulamalı Kaya Mekaniği Disiplini"nde kayacın bir anlamda çekme dayanımından hareketle basınç dayanımının belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiştir. Nokta yük deneyinin, üniversal test makinasında gerçekleştirilen tek eksenli basınç dayanımı deneyine kıyasla daha basit, pratik ve ekonomik olması anılan deneyin en belirgin üstünlüklerini oluşturmaktadır. Nokta yük deneyinde, deney için numune uçlarının kesilmesi, düzgün yüzey elde edilmesi ve deney başlıklarının hazırlanmasıgibi zaman alan ve zahmetli olan "ön hazırlık işlemleri yoktur".

Çizelge 1. Nokta Yük Deneyi ile Taşıma Sınır Değeri Hesaplama

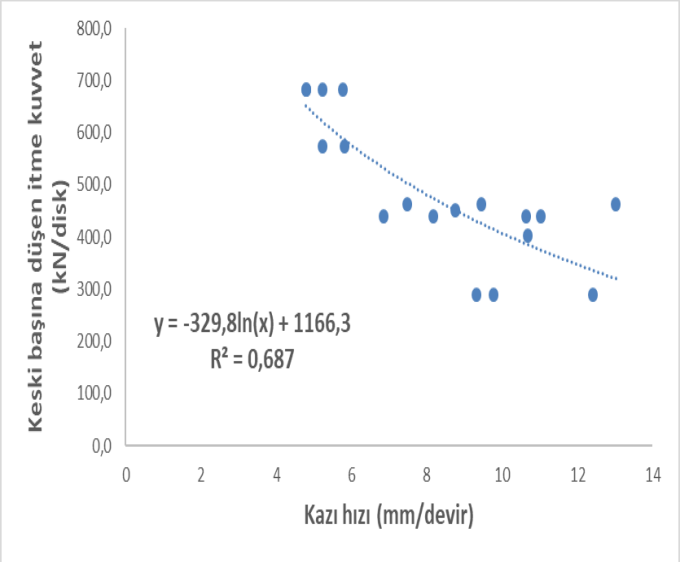
$I_s(50)$ (MPa)	TSD(MPa)
0,57	13,79
0,28	6,82
3,14	75,41
8,77	210,42
8,42	202,10
3,88	93,18
8,34	200,25
7,38	177,20
0,31	7,32
6,10	146,49
8,33	200,00
2,19	52,66

4 ARAZİ ÇALIŞMALARI

Bu bölümde tünel açma makinesinin staj süresi boyunca ölçülmüş kazı parametreleri ve bu kazı parametrelerinin incelenmesi sonucu oluşturulan grafikler ile toplanan numuneler ile ilgili kazı parametreleri ve grafikleri bulunmaktadır. Kazı ve ilerleme parametreleri staj süresi boyunca gösterge ekranından takip edilip tutulmuştur. Tutulan veriler TBM'in kesici kafasının dönüş hızı, tork, kazı süresi ve itme kuvveti olup spesifik enerji, güç ve kazı hızı ayrıca hesalanmıştır.

4.1 Keski Başına İtme Kuvveti ile Kazı Hızı Arasındaki İlişki

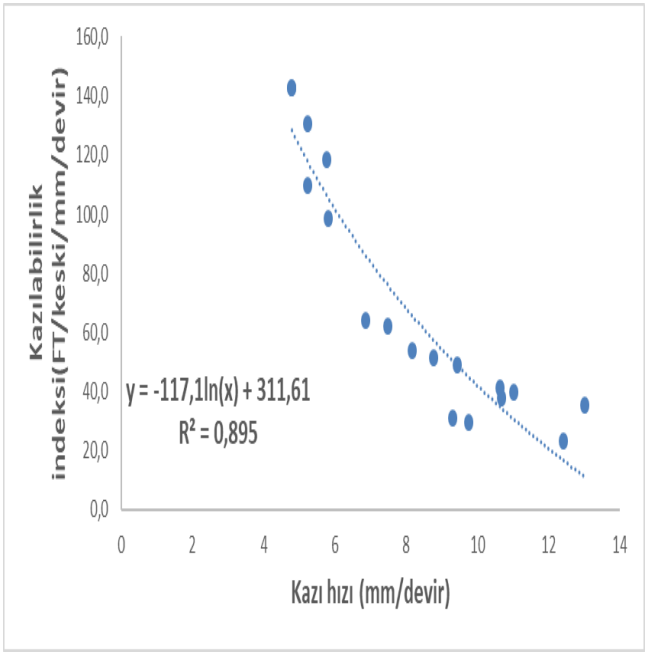
İtme kuvveti, tünel açma makinesinin kesici kafasındaki keskilerin aynaya penetrasyon etmesini sağlayan kuvvettir. Şekil 5.3' te keski başına düşen itme kuvveti ile kazı hızı arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Excel'de logaritmik regresyon yöntemi ile bulunan eğilim çizgisinin denklemi y = -329,8ln(x) + 1166,3' dir..



Şekil 3. Kazı hızı ve keski başına itme kuvveti ilişkisi

4.2 Kazılabilirlik İndeksi ile Kazı Hızı Arasındaki İlişki

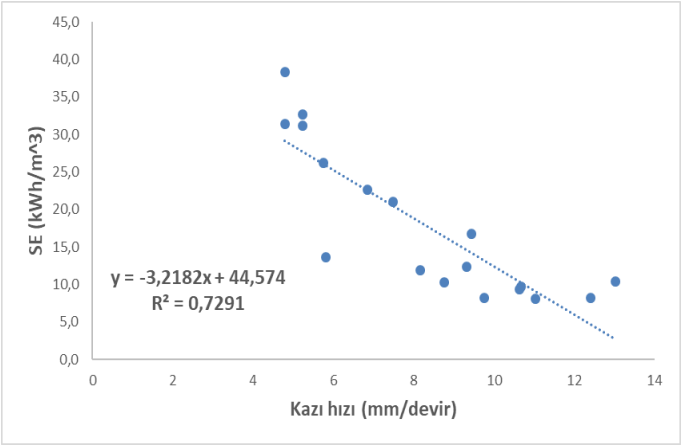
Keski başına düşen kuvvetin kesici kafa hızına oranına kazılabilirlik indeksi denir. Şekil 5.4'te kazılabilirlik indeksi ile devir başına ilerleme arasındaki ilişki olduğu gösterilmiştir. Grafikte görüleceği üzere kazılabilirlik indeksi azaldıkça kesici kafa hızı artmaktadır. Excel'de logaritmik regresyon yöntemi ile bulunan eğilim çizgisinin denklemi y = -117,1ln(x) + 311,61' dir.



Şekil 4. Kazılabilirlik indeksi ile kazı hızı arasındaki ilişki

4.3. Spesifik Enerji ile Kazı Hızı Arasındaki İlişki

Bir metreküp kayayı kazmak için harcanan enerjiye spesifik enerji denir. Şekil 5.9'da kazı hızı ile spesifik enerji arasındaki ilişki gösterilmiştir. Excel'de doğrusal regresyon yöntemi ile bulunan eğilim çizgisinin denklemi y = -3,2182x + 44,574' dir. Denkelem ve grafikte görüleceği üzere kazı hızı arttıkça spesifik enerjinin azalabileceği söylenebilir.



Şekil 4. Spesifik enerji ile kazı hızı arasındaki ilişki

5 SONUÇLAR

Nokta yükleme deneyinden elde edilen sonuçlara göre, kayacın yenilme yükü ile kabul edilen sınır değerlerine göre tek eksenli basınç dayanımı hesaplanmıştır. Arazi çalısmaları sonucunda ise disk başına itme kuvveti, kazılabilirlik indeksi, spesifik enerji ile kazı hızı arasındaki ilişkiler çizilen grafiklerle açığa çıkarılmıştır. Keski başına itme kuvveti azaldıkça kazı hızının artabileceği grafik ve denklem yardımıyla gösterilmiştir. Spesifik enerji azaldıkaça kazı hızının artacağı grafikte gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

Tunç, Mehmet Oğulcan, 2018. Kabataş Mecidiyeköy Metro Hattı Performans Analizi, Lisans bitirme tezi, İTÜ

Modelling The Stress – Deformation Relationship Of Underground Openings At Gümüştaş Mining A.Ş. Gümüşhane Site In The Scope Of Support Design

Gümüştaş A.Ş. Gümüşhane Madeninde Yeraltı Açıklıklarının Gerilme - Deformasyon İlişkilerinin Tahkimat Tasarımı Temelinde Modellenmesi

M. Eroğlu, C. Erdoğan, C. A. Öztürk.

(*İstanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, İstanbul)*

ABSTRACT

The aim of this thesis, to model the stress - deformation characteristics of the underground openings of Gümüştaş Mining, which is located in the central province of Gümüşhane, on the basis of support design. The necessary information about systems used to determine the stress - deformation characteristics is given in the thesis. The samples taken from the site, which are necessary for determining the stress - deformation characteristics, were passed through the tests and the necessary data were obtained for the support design. Individual samples were reported for each rock type as a result of applying the above samples to the samples suitable for each of the main rock (limestone) and side rocks (Granite, Liass, Clay + Silt). Taking these reports into consideration, modeling of the stress - deformation characteristics of underground openings of Gümüştaş Mine Operation on the basis of support design has been done.

Keywords: Support, Finite Element Method, Stress - Deformation, Modelling

ÖZET

Bu tezde Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Gümüşhane ilinin, merkez ilçesinde bulunan Gümüştaş Maden İşletmesi yeraltı açıklıklarının gerilme - deformasyon karakteristiklerinin tahkimat tasarımı temelinde modellenmesi amaçlanmıştır. Gerilme – deformasyon karakteristiklerinin belirlenebilmesi için kullanılan veya geçmişte kullanılmış sistemler hakkındaki gerekli bilgiler tez içerisinde verilmiştir. Gerilme – deformasyon karakteristiklerinin belirlenebilmesi için gerekli olan, işletmeden alınan numuneler testlerden geçirilmiş ve tahkimat tasarımı için gerekli veriler elde edilmiştir. Ana kayaç (Kireçtaşı (Cevherli)) ve yan kayaçların (Granit, Lias, Kil + Silt (Filiş)) her biri için uygun numunelere,

yukarıdaki deneylerin uygulanması sonucunda her bir kayaç türü içi ayrı ayrı raporlama yapılmıştır. Bu raporlar dikkate alınarak Gümüştaş Maden İşletmesi yeraltı açıklıklarının gerilme - deformasyon karakteristiklerinin tahkimat tasarımı temelinde modellenmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tahkimat, Sonlu Elemanlar Yönetmi, Gerinim - Deformasyon, Modelleme

1 INTRODUCTION

In this study, stress – deformation relations of the mine openings at Gümüştaş Mining Pb-Zn underground mine will be examined. Because the modeling of each individual openning is requires very detailed work, the uniformity of openings will be taken into consideration and four main formations are investigated. The geotecnical classification of Limestone, Granite, Filish and Lias formations, which cut the mine primarily working in this area, will carried out depending on RMR and Q. Then, using analytical methods, design of support systems for each formation will be carried out from RMR and Q. The appropriateness of the support systems and the engineering properties of the equipment used in the support systems will be tested by numerical methods and the results of the studies will be evaluated.

2 OREBODY QUALITY

Geological, technical and market surveys were conducted during the exploration periods in the field. These researches have proved to be economically feasible and have proved to be beneficial for the region. When taken into operation, average

1.81 grams/ton gold, 77.11 grams / ton silver, 0.6% copper, 5% zinc, 3% lead and 1,815,000 tons of reserves were detected in the area. The amount of reserves specified and measured in the research conducted in the following years is 3,452,000 tons.

Figure 1: Location of the mine.

3 GEOTECHNICHAL INVESTIGATION

While the main transport gallery continues, the formation first begins with 400 m of quartz porphyry and granite blends called "Gümüşhane Granite". Rock mass structures encountered in the first 1,000 meters of the

main transport gallery are the Lias Volcanic (Hamurkesen Formation) 500 meters long after "Gümüşhane Granite" and there are limestone and clayey limestone zones called Flyhl which contain ore bed in their contacts.

As the depth of the mine increases, the tension increases on the roof and side walls of the gallery. This stress creates risks in the Flyhl and Lias formations with low uniaxial compresive strength.

3.1 Rock Mass Rating

The following six parameters are used to classify a rock mass using the RMR system:

- Uniaxial compressive strength (σC)
- RQD
- Discontinuity spacing
- Discontinuity conditions (continuity, roughness, fill, weathering, aperture)
- Groundwater conditions
- Orientation of discontinuities

For the application of the system, the rock mass is divided into structural zones with similar characteristics in terms of their specific properties. Structural zones where the distance between the rocks and the discontinuities are irregular, are commonly encountered. In most cases, the boundaries of structural zones; It coincides with the main discontinuities such as faults and dykes. Once the structural zones are identified, the parameters required to classify them along the excavation faces or in each progression when a drilling operation is performed are determined (Bienawski, Z. T. 1989).

3.2 Q-System

This system, generally known as the Q or NGI (Barton, Lien, & Lunde, 1974). According to this classification system, the six parameters used for the calculation of the Q value are;

- Rock Quality Designation (RQD)
- Joint Number (J_n)
- Joint Roughness (J_r)
- Joint Alteration (J_a)
- Joint Water Reduction Factor (J_w)
- Stress Reduction Factor (SRF)

4 EXPLORING THE STESS - DEFORMATION RELATIONS USING NUMERICAL METHODS

There are several numerical methods that used for calculating the simple engineering problems some of these are;

•Discrete Element Method

•Finite Difference Method

•Finite Element Method

Finite Element Methods (FEM) is used in the computer aided design program Phase^2.

Table 1. Support System According To Q-System

Formation	RMR	Q	Rock Bolt	Bolt Spacing	Wiremesh	Shotcrete
Limestone	43	0.70	2.4	1.7	Roof And Shoulders	100mm
Granite	47	0.46	2.4	1.5	Roof And Shoulders	100mm
Lias	50	1.58	2.4	1.5	Roof And Shoulders	100mm
Filish	39	0.09	2.5	1.3	Roof And Shoulders	150mm

4.1 The Finite Element Method

The Finite Element (FE) method was developed by engineers using physical insight using abstract methods. In all applications the analyst seeks to calculate a field quantity: in stress analysis it is the displacement field or the stress field (Cook, 1994).

4.2 Stesss - Deformation Relations on Unsupported Rock

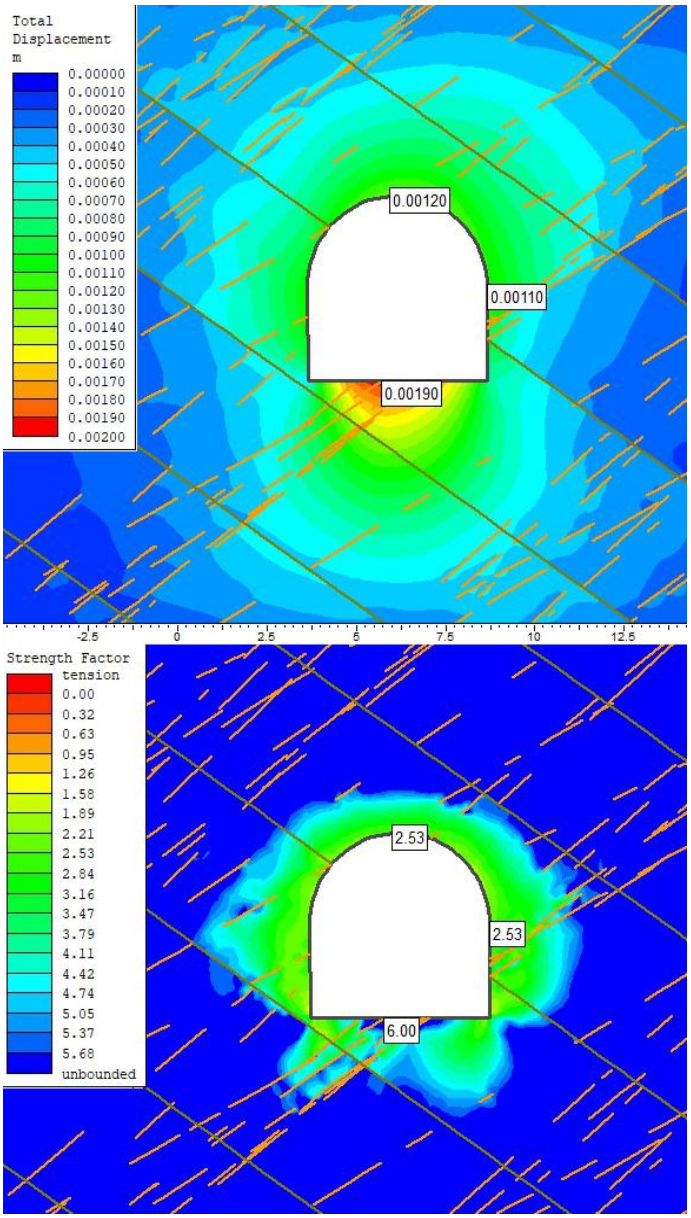


Figure 2. Phase [2] Output of Unsupported Limestone TD and SF

In underground mines, support systems are generally constructed after some relaxation (convergence) of the rock , partly because displacement is inevitable and also it reduces the active stress and hence active support system to be installed. To apply this phenomena in underground, total displacement must be known to see if the opening can stand-up for a certain time and converge in the allowable limits and relax.

4.3 The Stesss - Deformation Relations on Supported Rock

When the support elements are defined in the program, the type of element called "Liner" is used. Because the support elements such as shotcrete and steel lining are located in the same section, the stiffness parameters are calculated separately and the totals are entered as a coating feature. If the steel mat is additionally used, the parameters of the steel mill are formed as a separate coating and the coatings are combined into a composite. Parameters for the support elements are given below:

Table 2. Spesifications of Support Materials Used in Modelling

Sup. Type	*Thickness*	*I*	*Em*	*Possion Ratio*	*σC*	*σt*	*d*
	cm	**m^4**	**GPa**		**Mpa**	**Mpa**	**MN/ m^3**
Shot crete	10 - 15	-	30.00	0.20	35.00	5.00	0.025
Wire mesh	0.80	2.01 E-10	200.0	0.25	400	400	0.790
Rock Bolts	3.90	-	200.0	-	-	-	

Table 3. Comparison of application and numerical modeling of support systems

Formation	Application	Analysis	Application	Analysis	App. And Analysis	Application	Analysis	App. And Analysis
	Rock Bolt	Rock Bolt	Bolt Spacing	Bolt Spacing	Wiremesh	Shotcrete	Shotcrete	Steel Arch
Limestone	2.4	2.4	1.5	1.7	Roof And Shoulders	100mm	100mm	-
Granite	2.4	2.4	1.5	1.5	Roof And Shoulders	100mm	100mm	-
Lias	2.4	2.4	1.5	1.5	Roof And Shoulders	100mm	100mm	-
Filish	2.4	2.5	-	1.3	Roof And Shoulders	100mm	150mm	1.5m Spacing

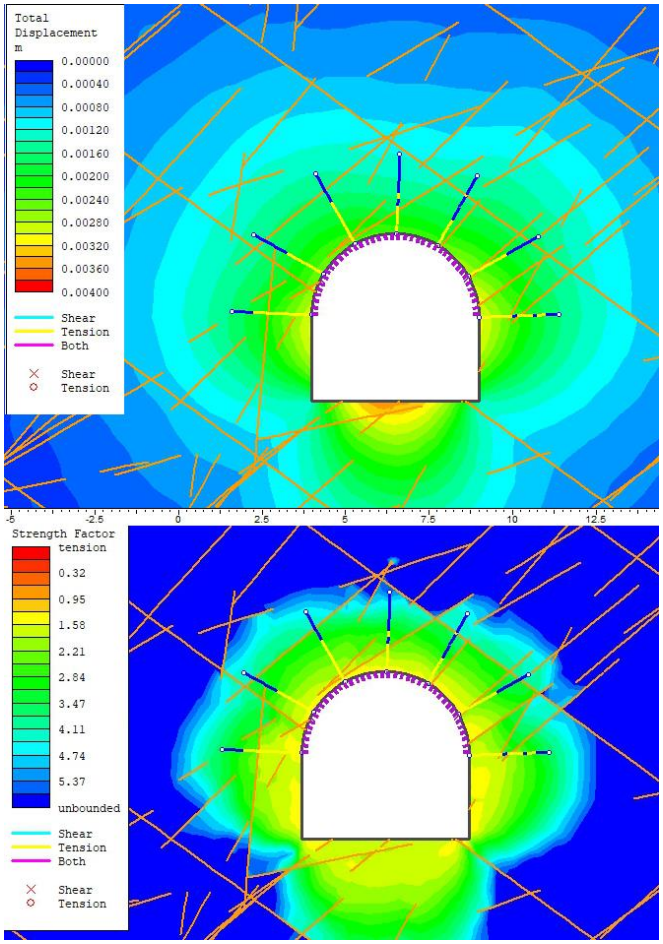


Figure 3. Phase [2] Output of Supported Limestone Rock TD and SF

5 CONCLUSION

After all these studies, numerical modeling studies of 4 different formations were carried out and **16** different model outputs were obtained. The results obtained include significant conclusions regarding the suitability of the selected support equipment and the compatibility of the support systems obtained based on the rock mass classification requirements. In Limestone, Granite, Lias and Filish analyzes, areas where the SF value is less than 1.0, additional reinforcements may be needed however, this was not observed. Comparisons of supports applied during mine activities and supports obtained from model works are given below.

Comparisons between these results and the actual support systems that applied during the tunnel excavation were made. As can be seen from the comparison made, the support systems applied on the field are not suitable systems according to the designs obtained as theoretical calculations. This is especially in terms of providing a safe approach when viewed from the safety standpoint. However, in terms of cost, the cost of the systems applied is below the cost of the systems required.

6 REFERENCES

Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). *Engineering Classification of Rock Masses.* United State of America.

Cook, R. D. (1994). *Finite Element Modeling for Stress Analysis.*

Bienawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications.* New York: Wiley.

Çayeli Bakır İşletmesindeki Yeraltı Formasyonlarının İncelenmesi, Tahkimat Tasarımları ve Nümerik Yöntemler İle Analizi

Investigation of Underground Formation in Çayeli Bakır İşletmeleri, and Supporting Design and Analysis Numerical Methods

M. Şen, C. A. Öztürk
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET
Bu bitirme tezi, Rize'de bulunan Çayeli Bakır İşletmesi'nin ruhsat sahası içerisindeki yer altı formasyonlarının kaya mekaniği prensiplerince incelenmesini içerir. Elde edilen verilerle teorik yaklaşımlar yapılıp, pratikteki uygunluğu kıyaslanmıştır. Tahkimat tasarımlarının belirlenmesinde RMR ve Q kaya sınıflarına değinilmiş, kayaçların RQD, kohezyon, tek eksenli basınç dayanımı (UCS) ve çekme dayanımı (BTS) değerleriyle bu sınıflandırmalardaki yeri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu veriler işletmedeki mühendislerden temin edilmiştir. Sahada bulunan 11 farklı formasyon arasından üç tanesi seçilmiş, bu üç tip içerisinde açılacak bir galerinin etrafında oluşan gerilim ve deformasyon değişimleri analiz edilmiştir. Analizler, nümerik yöntemler içinden sonlu elemanlar yöntemi prensibinin kullanıldığı Rocscience firmasının ürettiği Phase^2 programında yapılmıştır. Sonuçlar ve öneriler tez içerisinde belirtilmiştir.

ABSTRACT
This graduation project involves examining of underground formations in the license field of the Çayeli Bakır İşletmeleri in Rize under the principles of rock mechanics. With reaching to the obtained informations to theoretical approaches, the practical suitability is compared. In the determination of supporting designs, RMR and Q rock classes are mentioned and it has been tried to determine the location of these classes with RQD, cohesion, uniaxial compressive strength (UCS) and tensile strength (BTS) values. These datas has been obtained from the engineers in the company. Of the eleven different formations in the mining area, three were selected, and the tension and deformation changes around a gallery to be opened in these three types were analyzed. Analyzes were carried out in the Phase^2 program produced by Rocscience, where the principle of finite element method was used in numerical methods. The results and suggestions are mentioned in the thesis.

1 MADEN ÖZELLİKLERİ

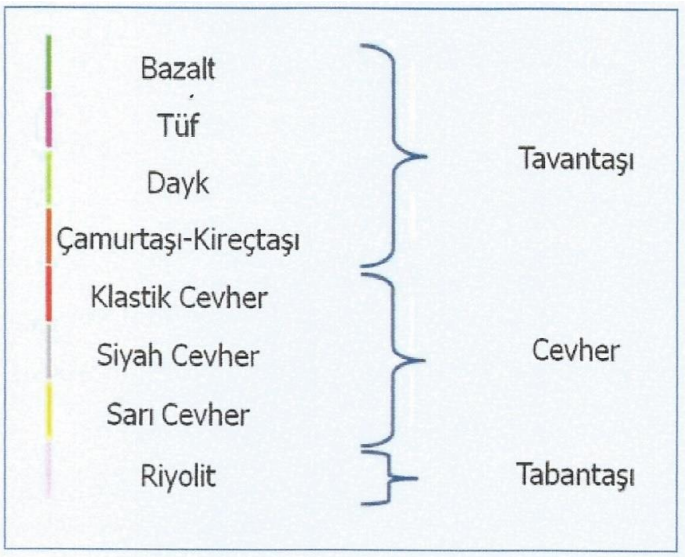
1.1 Yeraltı İşletmesinin Coğrafi Konumu

Çayeli Bakır İşletmeleri A.Ş. (ÇBİ), Rize İli, Çayeli İlçesi, Madenli Beldesi sınırları içerisindedir. İşletme sahası toplam 450.000 m^2 yüzölçümlü tapulu alan üzerinde, 140.000 m^2 yüzölçümlü çevrili tesis alanı içerisinde 14.480 m^2 yüzölçümlü kapalı alanda yer almaktadır.

1.2. Saha Jeolojisi

Yüzeyde mineralleşme ile ilişkili olarak kristal şekilli pirit ile silisleşmiş kısımlarında gri kuvars pirit-kalkopirit ve az sfalerit içeren damar ve damarcıklar izlenmektedir. Sahanın güneyinde mor tüfler içinde ve mor

tüflerle dasitik piroklastların mor tüflerin sınırında, kaolinleşmiş tüf parçaları içeren pirit yığışımları vardır.



Şekil 1. İşletme jeolojisi

Sahadaki asıl cevherleşmenin yer altında gelişmesi sebebiyle, yüzeyde mostra vermemektedir. Ağsal tip cevher, dasitik piroklastların üst seviyeleri içinde, yersel olarak da mor tüflerde, masif tip cevher ise, dasitik piroklastlarla üst bazik serinin sınırında ve üst bazik serinin alt seviyelerinde bulunmaktadır. Ağsal cevher, dağılım düzenli olmamakla beraber esas olarak masif cevher merceklerinin altında iyi gelişmiştir. Ortalama kalınlığı 20 m kadardır. Bu cevheri oluşturan damar ve damarcıklar ile saçılmış olarak bulunan metalik mineraller yukarıdan aşağıya doğru azalırlar. Masif tip cevher, üst bazik serinin tabanında ve alt seviyeleri içinde mercekler ve bantlar seklinde bulunmaktadır. Masif tip cevher mercekleri ve bantları üstten mor tüflerle sınırlanmışlardır. Masif cevher mercekleri 20–25 derece ile kuzeydoğuya dağılımlı, 60–85 derece ile kuzeybatıya eğimlidirler. Cevherleşmenin merkezî kısmında ortalama kalınlıkları 20–25 m kadardır. Kuzeybatı eğim yönünde uzanımları ise, yine oluş sırasına göre 200 m, 300–350 m ve 250–300 metredir. Kuzeydoğu yönündeki uzanımları 450 metreye yakındır.

1.3. Yeraltı İşletmesinin Tanımı

ÇBİ'de kullanılan yeraltı üretim metodu, cevher yatımına dikey veya paralel ara kat göçertmeli, dolgulu yöntemdir. Cevhere tavan taşındaki rampa ve taban taşındaki üretim kuyusu aracılığıyla ulaşılır. Ana katlar 80-100 metre dik aralıklarla, ara katlar ise 1080-800 kotları arasında 20 metre, 800 ve altı kotlar arasında ise 15 metre aralıklarla konumlanmıştır. Cevherde ilerleme doğrultu yönünde kesiti 25 m^2 olan galeriler aracılığıyla tavantaşı, tabantaşı veya cevher tabakasının içinden cevher sınırına kadar ilerleyerek sağlanır (Şekil 2.2). Panoların hazırlanışı eşik galerileri aracılığıyla doğrultu boyunca tavan ya da taban taşına doğru, ya da düşük tenörde cevher olan yerlerde eşik tenörü sınırına kadar yapılır.

2 JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

Yeraltında karşılaşılan formasyonlar işletme tarafından zamanla laboratuvar testlerine tabi tutulmuştur. ÇBİ maden ve mühendislik bölümü, cevherin bulunduğu coğrafyada 11 farklı tip formasyon sınıflaması yapmıştır

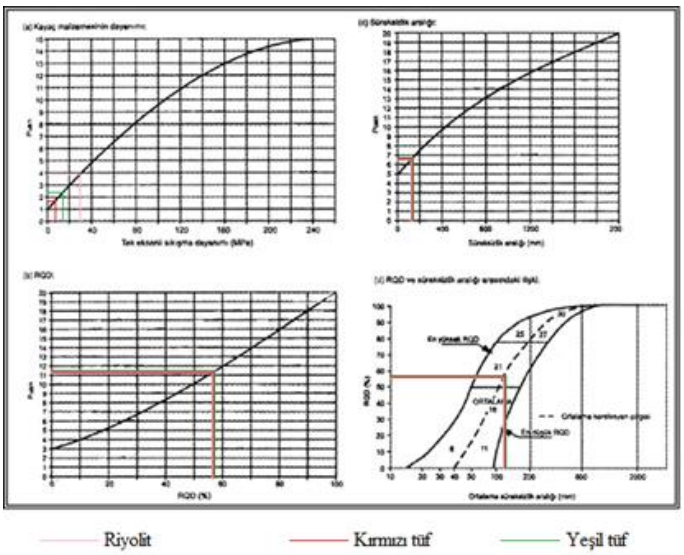
Çizelge 1. Maden sahasındaki formasyonlar

Formasyonun Tipi	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	RQD(%)
Çamurtaşı/Kiltaşı	8,52	18,50
Sarı Cevher	19,00	14,41
Siyah Cevher	17,70	31,90
Klastik Cevher	27,40	43,22
Piritli Cevher	19,30	40,63
Bazalt	15,36	32,60
Dayk	30,10	39,19
Piritli Zayıf Formasyon	11,30	45,63
Kırmızı Tüf	7,17	56,21
Yeşil Tüf	15,50	57,00
Riyolit	28,50	56,00

2.1. Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri

Çayeli Bakır İşletmeleri yeraltı madeni için kaya kalite sınıflamaları riyolit, kırmızı tüf ve yeşil tüf formasyonları için RQD, Q ve RMR yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

İşletme tarafından verilen RQD, UCS, birim hacimdeki ağırlık, elastisite modülü, poisson oranı gibi laboratuvar verileriyle gözleme dayalı veriler bir araya getirilip çeşitli varsayımlar yapılarak öncelikli olarak RMR puanına ulaşılmıştır ve tahkimatsız ayakta durabilme süresi 1 hafta civarında hesaplanmıştır.

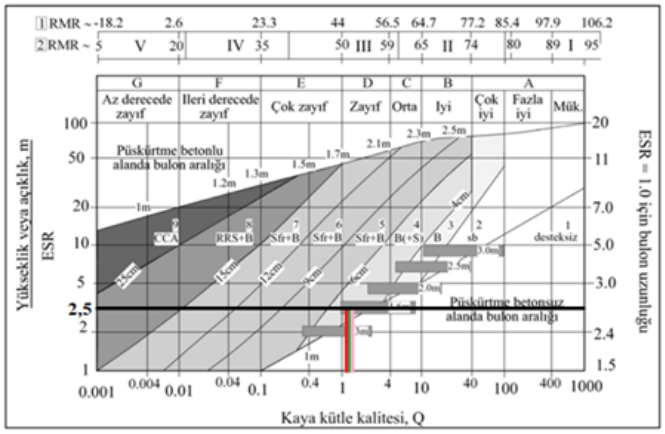


Şekil 2. RMR hesabında kullanılan grafikler

RMR ve Q sistemleri arasında çeşitli ampirik eşitlikler kullanarak geçişler sağlanabilmektedir. Böylece sistemlerden birisi kullanılarak belirlenen sınıflama puanı esas alınıp, diğer sistemin sınıflama puanını elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu bitirme çalışmasında kullanılan eşitlik, %90 güven sınırı içerisinde kalan Bieniawski (1989)'nin belirttiği eşitliktir.

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

Formasyonların her biri için RMR ve Q değerleri hesaplandıktan sonra, Grimstad ve Barton (1993)'ın belirlediği tahkimat destek abağından uygulanması gereken tahkimat tasarımı, 6 cm püskürtme beton ve 1.7 m aralıklarla kaya saplamaları olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Q sistemi destek abağı

Buradan yola çıkarak formasyonlarda tahkimatsız ilerleyebilme mesafeleri de 4.67 m – 5.13 m arasında hesaplanmıştır.

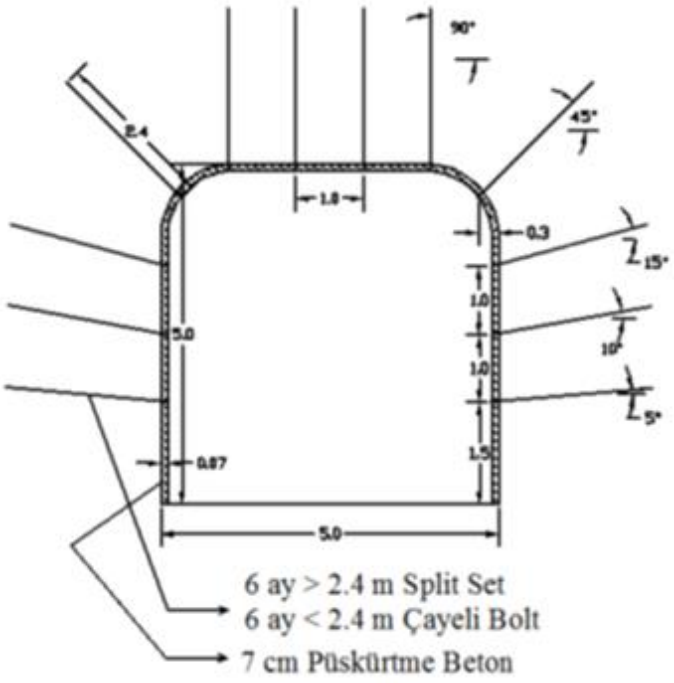
3. TAHKİMAT VE ANALİZLER

3.1. Destekleme Elemanları

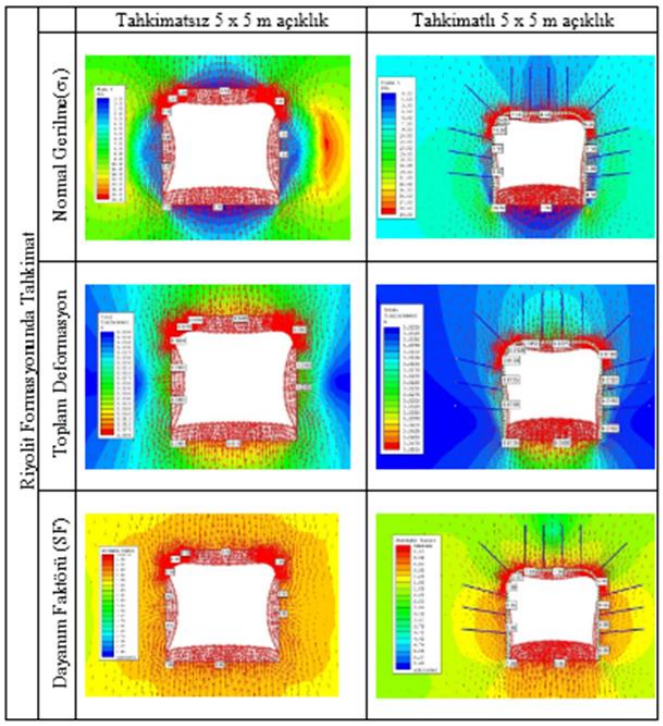
İşletmenin tahkimat elemanları olarak cable bolt, split set, püskürtme beton, sürenler, çelik hasır, Çayeli bolt, rebar, çelik kuşak kullanılmaktadır. Analizler yapılırken işletmenin uyguladığı tahkimat elemanlarının mekanik özellikleri ve uygulanma şekli baz alınmıştır.

3.2. Nümerik Analiz

Analizler Rocscience firmasının ürettiği, sonlu elemanlar yönteminin kullanılarak modelleme yapan Phase^2 programında yapılmıştır. Galerinin geometrisi 5 x 5 m seçilmiş, yerin 300 m altında gravite etkisinde kaldığı varsayılmıştır. Tahkimat uygulamalarından 7 cm lifli püskürtme beton, 1 m aralıklarla 2.4 m'lik rebar seçilmiştir. Üç farklı formasyonda da açıklıklar oluşturulmuş, arazinin normal gerilimi, deformasyonu ve dayanım faktörü tahkimatsız ve tahkimatlı durumlar için incelenmiştir.



Şekil 4. Analiz için seçilen tahkimat tipi



Şekil 5. Riyolit içinde açılan galeri analizi

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Belirlenen 3 farklı formasyonun RMR ve Q değerleri bir takım kabullerle belirlendikten sonra, teorik olarak yapılan tahkimat tasarımları analiz sonuçlarına göre pratikte başarıyla uygulanmaktadır.

Kullanılan kaya saplamaları teorik olarak 2,375 m olarak belirlenmiş, işletme standartlarında ise saplamalar en az 2.4 m olarak kullanılmaktadır.

Riyolit içerisindeki açıklığa standart tahkimat uygulandığında yer değiştirme ve gerilmeler güvenilir seviyededir. Ancak galeri duvarlarında dayanım faktörü 1'den az olduğu için, uzun süre açık kalacak bir galeride yan duvarlara standart rebar yerine Çayeli Bolt uygulaması veya 7 m ve üzeri cable bolt uygulaması tercih edilmelidir.

Kırmızı tüf formasyonunda tavan kısmındaki deformasyon ve dayanım faktörleri yeterlidir. Ancak galerinin üst köşelerinde ve yan duvarlarında bu değerler tehlike yaratmakta, Çayeli Bolt ve cable bolt beraber uygulanmalıdır.

Yeşil tüf içerisinde de riyolite benzer olarak açılan galerinin tavan ve üst köşelerdeki deformasyon ve dayanım faktörleri güvenilir seviyededir. Ancak galeri duvarlarına yine galerinin açık kalması istenen süreye göre Çayeli Bolt veya cable bolt uygulamaları ek olarak tercih edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu bitirme çalışması süresince desteği ve yönlendirmeleri için hocalarım Doç. Dr. Cüneyt Atilla ÖZTÜRK'e, Ar. Gör. Cemalettin Erdoğan'a, Mohammad Balandari TOROGHİ'ye, Ar. Gör. Kürşat HASÖZDEMİR'e ve Ar. Gör. Anıl SOYLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Bieniawski, Z.T., 1989. "*Engineering rock mass classifications"* New York: Wiley

Grimstad, E. and Barton, N., 1993. *"Updating of the Q-System for NMT", Proceedings of the International Symposium on Sprayed Concrete,* Fagernes, 22-26 October 1993, 46-66.

Hoek, E., Kaiser, P. K., ve Bawden, W. F., 1995. "*Support of underground excavations in hard rock"*. Rotterdam, Netherlands: A.A. Balkema.

Karpuz, C., Hindistan, M.A., 2012. "*Kaya Mekaniği İlkeleri, Uygulamaları"*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara.

EFFECTS OF DEVITATION FROM DIRECTION AND SPIRAL CURVE TO EPB-TBM PERFORMANCE IN BOSTANCI-DUDULLU SUBWAY TUNNEL

BOSTANCI-DUDULLU METRO TÜNELİ'NDE YÖNDEN SAPMALARIN VE KURPLARIN EPB-TBM PERFORMANSINA ETKİLERİ

S. TANRIVERDİ, H. ÇOPUR

(*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul)*

ÖZET

Bu bitirme tezi çalışmasında Bostancı- Dudullu Metro Projesi Tüneli'nde aynı formasyondayken yönden sapmaların ve kurpların Pasa basınçlı Herreknecht S1034 EPB-TMB performansına etkilerine ait çalışmalar incelenmiştir. Aynı formasyonda düz tünel kazısındaki performans ile kurp kazısındaki performans net kazı hızı, itme kuvveti, kesici kafa torku, kesici kafa gücü, günlük ilerleme miktarı ve duraklama süresi bakımından karşılaştırılmış, gerekli çizelge ve tablolar oluşturulmuştur.

Aliyman ve kurptaki performans değerinin karşılaştırılmasında sırasıyla net kazı hızına, itme kuvvetine, duraklama sürelerine, kesici kafa torkuna ve güce bakılmıştır. Bu karşılaştırmaların hepsinde EPB-TBM düz tünel kazısından çıkıp kurba giriş yaptığında performans değerlerinde artış görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Tünel kazısı, Aliyman, Kurp

ABSTRACT

In this thesis, studies about effects of deviation from direction at same formation and curve of Pasa pressure Herreknecht S1034 EPB- TMB performance at Bostancı- Dudullu metro tunnel excavation are analysed. Performance in straight tunnel excavation at same formation and performance of net excavation speed, thrust, cutter head torque, cutter head power, amount of travelling per day and duration time in curve tunnel excavation are compared, required chart and tables are formed.

While comparing alignment and curve performance values, net excavation speed, thrust force, duration time, cutter head torque and cutter head power considered. At these considerations, increase in performance values have been seen when EPB-TBM leaves the straight tunnel excavation to enter the curve tunnel excavation.

Key Words: Tunnel excavation, Alignment, Curve

1 GİRİŞ

Bu bitirme çalışmasında Bostancı - Dudullu metro projesi tüneli'nde ölçme işlemlerinin aynı formasyonda olması şartıyla yönden sapmaların ve kurpların EPB-TBM performansına etkileri incelenmiştir. Bu performans değerleri ilerleme miktarı, duraklama miktarı, kesici kafa torku ve gücü, itme kuvveti gibi parametrelerdir. Bu değerler aliyman ile kurp arasında karşılaştırılmış ve eş zamanlı olarak VMT programından takip edilmiştir.

2 PROJENİN TANITIMI

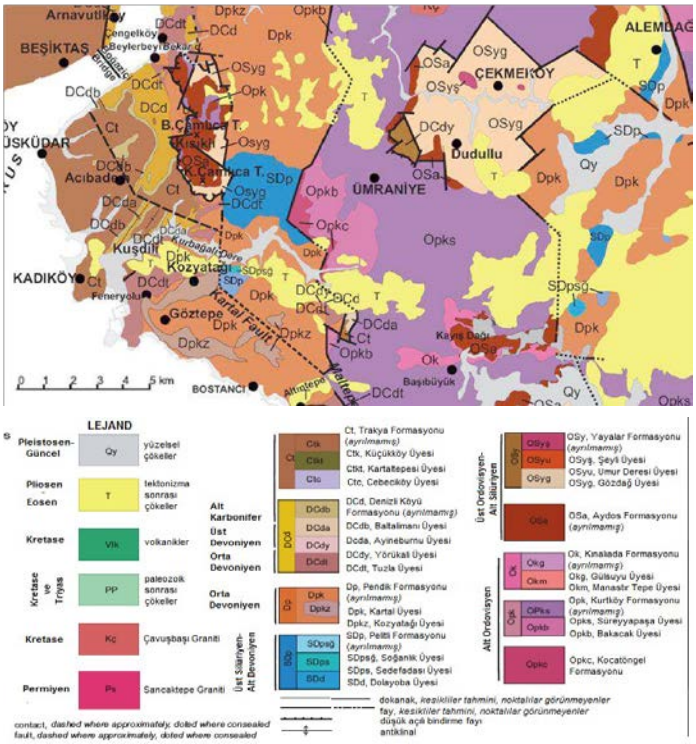
Kilometre uzunluğu 14,3 kilometre olan proje İki tüp halinde 4 adet tam cepheli tünel açma makinesiyle yapılan projede 2 çeşit TBM kullanılmaktadır. Bu hat üzerinde 13 adet istasyon bulunmaktadır. Bununla birlikte 7 makas ve 41 kros pasajdan meydana gelen tünelin başlangıç sahası Kadıköy ilçesindeki Bostancı durağıyla Ümraniye ilçesindeki Dudullu durağı arasında planlanmıştır. Tünel bu duraklar göz önünde bulundurularak güney ve kuzey doğrultusunda ulaşım planlarının gerçekleştirilmesi için planlanmıştır. Bostancı – Dudullu metro projesi bitmesi durumunda diğer metro ağlarıyla birleşimi sayesinde sadece normal bir metro projesi değil aynı zamanda entegre özelliğe sahip bir metro projesi konumunda olmaktadır.

Şekil 1: Metro Hattı Yerbulduru Haritası

2.1 Güzergah Jeolojisi

Proje alanında bulunan ana kaya grupları "İstanbul paleozoyik istifinden yani diğer adıyla İstanbul grubundan oluşmaktadır. İstanbul grubu birimleri sedimanter kökenli olup (kumtaşı, kuvarsit, silttaşı, grovak , şeyller ve kireçtaşları) metamorfizma izlerini azda olsa göstermektedir. Litolojileri oldukça kırıklı yer yer ayrışmış ve altere durumdadır. Proje alanı, Kocaeli yarımadası'nın (İstanbul Asya Bölgesi) en güney batı köşesiyle

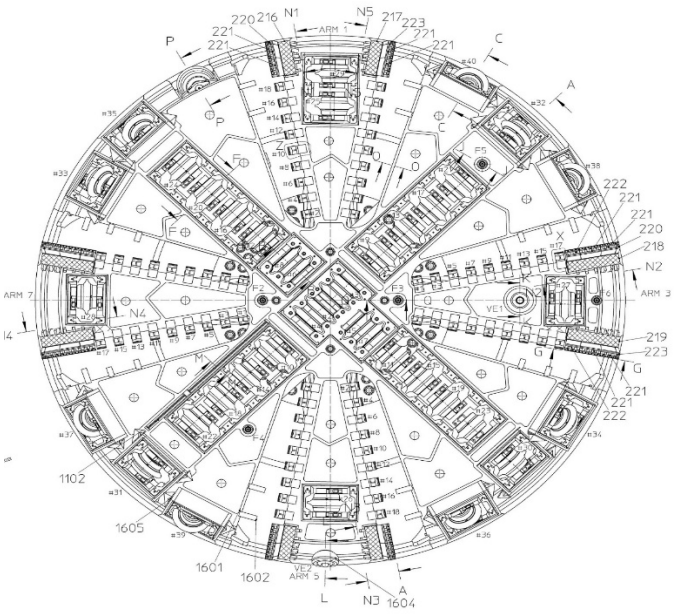
Marmara Denizi'ne doğru alçalan tepe yamaçlarına kabaca paralel olan kuzey-güney doğrultusunda bir güzergajtan oluşmaktadır. Tünel güzergahında ortalama deniz seviyesi yüksekliği en güneyde bulunan Bostancı istasyonu durağında birkaç metre iken güzergahın 11 ve 12. Kilometreleri arasında bulunan Modoko ve Dudullu istasyonlarında 150-160 metrelere kadar çıkmaktadır.



Şekil 2: Bölgenin Jeoloji Haritası

2.2 Kullanılan EPB-TBM

Dudullu-Bostancı Metrosu İnşaat ve Elektromekanik İşleri, Yeraltı Aktarma Merkezleri (Otoparklar) Projesi için kazı aşamasında kullanılan 4 adet TBM bulunmaktadır. Geçilen formasyonların geniş olması ve bünyesinde çok sayıda fay bulundurması nedeniyle TBM tipi EPB (Earth Pressure Balance) yani pasa basınçlı TBM olarak seçilmiştir. Marka olarak ise Herrenknecht seçilmiştir. Piston sayısı olarak 16 adet pistondan meydana gelen ve 5 adet sensör tarafından yönlendirilen tünel açma makinesinin kesici kafası 9 metrelik kesici kafa uzunluğuna sahiptir.



Şekil 3: TBM Kesici Kafası

2.3 EPB-TBM'in Yönlendirme ve Ölçme Sistemi

TBM'in proje üzerindeki güzergahında yönlendirilmesi için özel olarak geliştirilen bir ölçme sistemine ihtiyaç duyar. Bu yönlendirme ile TBM'in konumu anlık olarak tespit edilir. Operatörün tünel kazısı sırasında kullanabilmesi için sadece sayısal veri olarak değil daha iyi anlaması için görsel veri de gereklidir. Bu amaç kapsamında projede SLS-T TBM Guiding System (VMT) programı kullanılmaktadır. Bu programın amacı

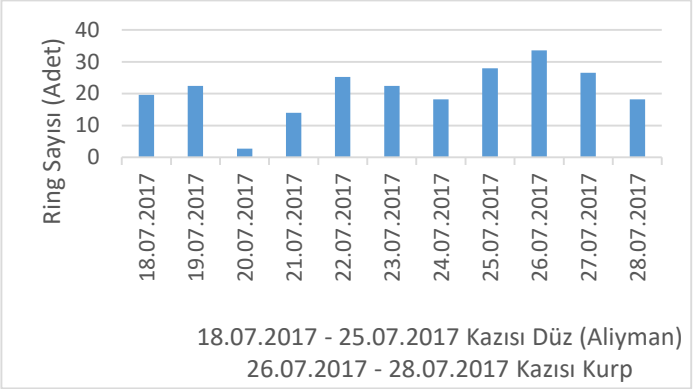
TBM'in bu projede öngörülüp tasarlanan tünelin geometrik ekseninin dışına çıkmasını önlemektir.

3. KAZI MAKİNESİ PERFORMANSI

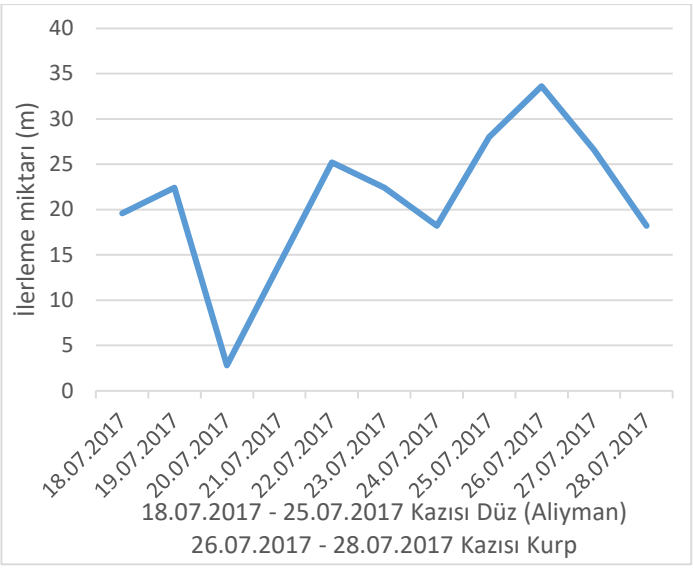
Kazı makinesinin performansını etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler 3 ana başlık altında toplanabilir. Bunlar; jeolojik ve jeoteknik faktörler, teknik ve işletme faktörleri ve makine ile ilgili faktörlerdir.

4. YÖNDEN SAPMALARIN VE KURPLARIN ANALİZİ

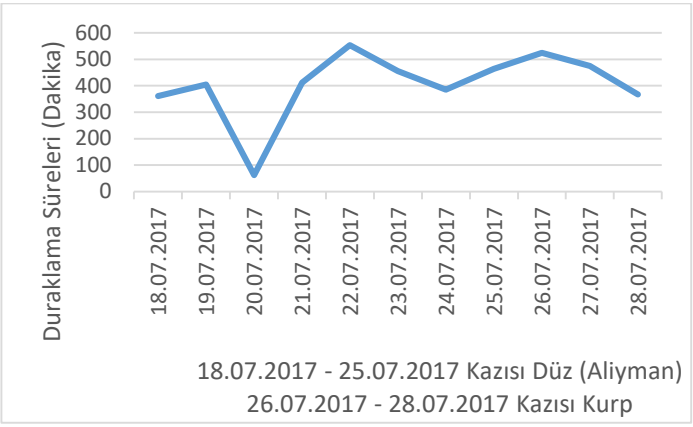
EPB-TBM'in 18.07.2017 ile 28.07.2017 tarihleri arasında 11 günlük kazısı incelenmiştir. EPB-TBM bu 11 günlük kazı süresi boyunca 6+197 metre tünel metrajından 5+967 metre tünel metrajına hareket etmiş ve kazı işlemi Küçükbakkalköy – İçerenköy istasyonları arasında gerçekleştirmiştir. Bu süre zarfında toplamda 230 metre ilerlemiştir. Bu ilerle miktarı 165 ringe eşdeğer olmakla birlikte 789-898. ringleri arasındaki 110 ring aliymanda yani düz tünel kazısında 899-953.ringler arası kurpta yani iki aliyman arası eğilimli yolda meydana gelmiştir. Aliyman ve kurptaki performans değerinin karşılaştırılmasında sırasıyla net kazı hızına, itme kuvvetine, duraklama sürelerine, kesici kafa torkuna ve güce bakılmıştır.



Şekil 4: Günlük yerleştirilen ring sayısı



Şekil 5: Günlük İlerleme Miktarı



Şekil 6: Günlük Duraklama Süreleri

5. Sonuç

Aliyman ve kurptaki performans değerlerinin karşılaştırılmasında ilk olarak net kazı hızına bakılmış ve bu değerin aliymanda 1,58 m/saat

ile 2,47 m/saat arasında değiştiği görülmüştür. Aynı parametre olan net kazı hızı kurpta ise 2,43 m/saat ile 2,86 m/saat değerleri arasındadır. Genel olarak bir artış mevcuttur. Bu artış ile birlikte günlük yerleştirilen ring sayısı ve buna bağlı olarak ilerleme miktarı da kısmende olsa bazı günlerde artış göstermiştir.

İkinci olarak itme kuvvetinin karşılaştırılması yapılmış, tünel açma makinesinin aliymanda minumum itme kuvvetinin 854. ringde 5238 kN, maksimum itme kuvvetinin 821. ringde 11820 kN olduğu görülmüştür. Kurpta ise bu durum minumum 7493 kN ile 924. ringde, 11318 kN ile 943. ringdedir. Bu verilere bakıldığında tünel açma makinesi, düz tünel kazısı olan aliymandan çıkıp kurba giriş yaptığında itme kuvvetinin her bir ring için ortalama bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Üçüncü olarak duraklama sürelerine bakışmıştır. Herreknecht S1034 marka EPB-TBM tek kalkanlı olması özelliğinden dolayı segment montajı sırasında aliymanda da kurpta da olsa durma eğilimi göstermiştir. Bu duraklama süresi montajı yapılan ring sayısı ile doğrudan ilişkilendirilir. Bu yüzden yukarıdaki verilere bakıldığında kurp kazısı gerçekleştirilen tarihlerde duraklama sürelerinden kısmen bir artış vardır.

Dördüncü olarak kesici kafa torku ve gücünün aliyman ve kurpta karşılaştırılması yapılmıştır. Aliymanda 476 kNm ile 1582 kNm arasında bir değere sahip olan tork değeri, tünel açma makinesinin düz tünel kazısından çıkıp kurba girmesiyle birlikte tork değerlerinin 1,5-2,5 kat arası arttığı ve bu değerin 1100 kNm seviyeleriyle 2428 kNm seviyeleri arasında olduğu görülmüştür. Bu yorumlama, formülünde barındırdığı tork parametresi ile doğru orantıya sahip güç içinde yapılabilir. Düz tünel kazısında güç değerleri 122,62 kW – 504,66 kW arasında değişkenlik gösterirken, kurp kısmında yapılan kazılarda haliyle torkun ve kesici kafa dönüş hızının artmasıyla güç değeri artış göstermiş ve 455,66 kW ile 811,23 kW arasında bir değere sahip olduğu hesaplanmıştır.

6. KAYNAKLAR

Bilgin, N. ,Çopur H. , Balcı C., 2014: Mechanical Excavation In Mining And Civil Industries pp.176-195

GEODATA Proje Şirketi 2014. Bostancı-Dudullu Metro Projesi

ÜNLÜTEPE, A., MESSING, M. Tünel Açma Uygulamalarında Son Yenilikler, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu

Özgül, N., İBB Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü İstanbul Mikrobölgeleme Projesi Anadolu Yakası Cilt 1, 2009

Özgül,N., vd., 2005. İstanbul İl Özel Alanının Genel Jeoloji Özellikleri, İBB

Tuzla Akfırat Atık Su Tüneli'nde İşletme Şaftları Arası Optimum Mesafenin Belirlenmesi

Determination Of The Optimum Distance Between Operating Shafts In Tuzla Akfırat Sewage Tunnel

T. Kartal, H. Çopur (*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul*)

ÖZET Günümüzde tünelcilik sektöründe büyük atılımlar gerçekleşmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de tünelcilik sektöründe büyük projeler hayata geçmektedir. Tünelcilik sektörünün büyümesine bağlı olarak sektördeki sorunlarda büyümektedir. Tünelcilik sektöründe sorunların azaltılmasına yönelik olarak farklı yöntemler ve makineler kullanılmaktadır. Son dönemlerde TBM ile kazı yöntemlerinde de çok büyük atılımlar yapılmıştır. TBM'lerin kullanılması ile iş güvenliği sorunlarının azaltılması, kazı sürelerinin arttırılması, tahkimat sistemlerinin yapım sürelerinin azaltılması ve insan kaynaklı sorunların önüne geçilmesi gibi amaçlar hedeflenmektedir.

Bu bitirme projesinde, Tuzla-Akfırat Atık Su Tünelinin yapımı sırasında kullanılan işletme şaftlarının optimum konumları ile ilgili bir inceleme yapılmıştır. Tuzla-Akfırat Atık Su Tüneli projesinde EPB-TBM kullanılmaktadır. Ayrıca bu çalışmada kazı işlerini etkileyen döngü zamanları, kazı ilerleme hızları ve varolan şaftlardan hangisinin işletme şaftı olarak kullanılmasının en efektif kazıyı sağlayacağı ile ilgili detaylı incelemeler ve hesaplamalar yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: TBM, döngü zamanı, ilerleme hızı

ABSTRACT In todays, great progress has been made in the tunneling sector. As well as, all over the World, major projects in tunneling sector in Turkey makes real. It is growing problems in the sector which is depends on the growth of the sector. Different methods and machine are used to reduce problems in the tunneling sector. In recent days, huge breakthroughs have been made in TBM and excavation methods. The use of TBM's aimed to reducing work safety problems, increasing advance rate, reducing installation times of support system and prevent human-caused problems.

This thesis includes studies on the optimum locations of the operating shafts used during the construction of the Tuzla Akfırat Sewer Tunnel project. In addition to this study detailed analyzing and calculations have been made about the cycle times that effect excavation work, advance rate and which one of the existing shafts will provide the most effective excavation.
Keywords: TBM, cycle time, advance rate

1 GİRİŞ

Tünel açma makinalarının verimliliğini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin içerisinde dikkate alınması gereken önemli faktörlerden biri, projenin uygulanmasından önceki ilk planlamadır çünkü hatalı yapılmış olan ilk planlama sahada feci sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle, başarının anahtarı doğru performans tahmini yapmaktadır.

Performans tahminin doğru yapılması için pek çok veriye ihtiyaç vardır. Bu veriler

geoteknik ve jeolojik raporlar gibi raporlardan elde edilmektedir. Bu raporlardan elde edilen bilgiler ışığında yapılan performans tahmininde şaftların konumlarının belirlenmesi de büyük bir öneme sahiptir. Şaftlar arasındaki mesafenin yanlış belirlenmesi ulaşım işlemlerinin süresinin uzamasına sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı iş bitim süreleri olumsuz etkilenmektedir. İş bitim süresinin uzaması maliyetlerin artması ve yasal yükümlülüklerin yerine getirilememesi sorununu ortaya çıkaracaktır.
Bu çalışmada şaftlar arası optimum mesafenin belirlenmesi için döngü zamanlarına bağlı olarak iş bitim süreleri hesaplanacaktır. Daha sonra, farklı işletme şaftları kullanılması durumunda ortaya çıkacak olan iş bitim süreleri ve maliyetler karşılaştırılacaktır. Hesaplamaların yapılması için şantiyeden alınmış olan vardiya tutanakları ve sahada yapılmış olan ölçümler kullanılacaktır.

2 PROJE HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Tuzla Akfırat kanalizasyon tüneli Tuzla atık su havzası kollektörü projesinin bir parçası olup, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından Nas-Akad İnşaat A.Ş.'ye yaptırılmaktadır.

Bu projede, 2.2 metrelik bitmiş çapa sahip toplam 8125 metrelik kanalizasyon tünelinin iki ayrı uzunluğunun inşa edilmesi planlanmış ve ayrıca toplam uzunluğu 182 m olan 7,5 metre çapa sahip 9 şaft bulunmaktadır.

İSKİ, yüklenici firmalara ekstra zaman, kaynak ve bu iki tüneli birbirine bağlayan başka bir tünel projesi vermiştir. Yapılmış olan bu bağlantı tüneliyle 8125 metrelik tünel, 9193 metreye uzamıştır. Ayrıca, başka nedenlerden ötürü bazı şaftların konumları değiştirilmiş ve şaftların toplam uzunluğu 206,83 metre olmuştur. Projede Herrenknecht şirketi tarafından yapılmış EPB TBM kullanılmaktadır. Kullanılan TBM'in teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. TBM teknik özellikleri

Kazı Çapı	3 151 mm
Kalkan çapı	3 095 mm
İtici silindir sayısı	8
Silindirlerin itme uzunluğu	1 700 mm
İtme kapasitesi	3 500 kN
Tork kapasitesi	620 kNm
Dönüş hızı aralığı	0-9.2 rpm
Kurulu güç	800 kW
Kesici kafa gücü	450 kW
Tekli disk sayısı	6
Çiftli disk sayısı	9
Disk keskilerin çapı	12 inch (305 mm)
Helezon çapı	500 mm
Helezon dönme hızı	0 - 27 rpm
Toplam TBM uzunluğu	62 m

Projede bir ring oluşturmak için 6 adet segment kullanılmaktadır. Her bir ringin uzunluğu 1 metredir. Enjeksiyon, her bir segment halkası ile zeminin arasını doldurmak için kullanılmaktadır. Pasa atımı ve segment taşınması için iki adet lokomotif kullanılmakta ve her bir lokomotifte 4 metreküplük hacime sahip 4 adet vagon bulunmaktadır. Ayrıca her lokomotifte segmentlerin taşınabilmesi için 3 adet segment taşıma aracı bulunmaktadır. Çalışma şekli ise günde üç vardiya ve vardiya başına sekiz saat olarak belirlenmiştir.

Projenin temel amacı ise Tuzla havzası, Akfırat ve Tepeören bölgelerindeki yerleşim alanlarından gelen atık suların, tünel ağı ile su arıtma tesisine taşınmasıyla deniz kirliliğinin önlenmesi için kanalizasyon tüneli inşaatıdır.

2.1 Proje Revizyonu ve Tünel Güzergahı

Proje öncesinde belirlenen şaft yerleri aşağıda belirtilen sebeplerden dolayı değiştirilmiştir:
*Özel mülk içerisinde yer alan şaftları mülk sahiplerinin kabul etmemesi,
*Bazı şaftların yüksek gerilim hatlarının altında bulunmasının yarattığı risk,

* Yaz-kış sürekli akan, yüksek debili derelerin içinde olması,
*Bazı şaftların ağaçlık alanlar içerisinde yer alması,
*Teknik olarak yapılabilirlik koşullarının iyileştirilmesidir.

Bununla birlikte, en önemli değişiklik tünel güzergahı üzerinde yapılmıştır. Birinci tünel güzergahı ile ikinci tünel güzergahı arasında yer alan, açık kazı ile yapılmasına karar verilen 935 metre uzunluğu, 1000 milimetre çapa sahip kısım, 690 metre uzunluğa ve 2200 milimetre çapa sahip olarak değiştirilmesi ile TBM kazısına uygun hale getirilmiştir.

2.2 Jeolojik Özellikler

İstanbul bölgesi, tarih boyunca önemli deformasyonlara uğrayan birçok kaya türüne sahip olduğu için eşsiz bir jeolojik bölge olarak görülebilir. Ancak bu zenginlik beraberinde pek çok jeolojik problemi de beraberinde getirmektedir. Bütün bölge, bu deformasyonlardan etkilenmiş olduğu için İstanbul zonunun stratigrafik özellikleri hala tartışmalı bir konudur. Ayrıca bu bölgeyle ilgili araştırmaların yetersiz olması, bu alandaki mühendislik projeleri için ekstra dikkatli olma zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, bu bölgede yapılacak olan projelerdeki problemleri en aza indirgemek için bir projeyi uygulamadan önce geniş kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır.

2.2.1 İstanbul Palezoik İstifinin Genel Özellikleri

İstanbul bölgesinde Paleozoyik kayaların Ordovisiyen-karbonifer döneminde oluştuğu bilinmektedir. Bölgede üç farklı deformasyon periyodu bulunmasından ve bölge litolojisinin birbiriyle benzerlik göstermesinden dolayı stratigrafik sonuçlar zaman zaman yanlış bir şekilde ortaya çıkmış ve Paleozoyik istif konusunda yetersiz bilginin oluşmasına neden olmuştur (Akyüz, 2010). Deformasyon dönemlerindeki tektonik hareketler hakkında tarihsel bilgiler hâlâ yetersiz olsa da, bölgede yapılmış olan araştırmalar Paleozoyik istifin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

2.2.1 Proje Alanının Jeolojik Özellikleri

Daha bölümlerde belirtildiği üzere Kurtköy, Aydos ve Gözdağ formasyonları tünel kazısı sırasında karşılaşılan formasyonlardır. Bu formasyonlar Ordovisiyen'den, magmatik dayklar tarafından kesilen üst Silüriyen dönemine kadar uzanmaktadır (Akyüz, Çopur, 2015).

3 İŞLETME ŞAFTLARI ARASI OPTİMUM MESAFENİN BELİRLENMESİ

Atık suların toplanması amacı ile açılan şaftlardan, kazı hızının optimal seviyede olmasını sağlayacak şekilde işletme şaftının kurulması gereken şaft belirlenmelidir. Bu çalışmada kurulacak olan işletme şaftlarının arasında olması gereken optimum mesafenin bulunması hedeflenmektedir. İşletme şaftları: kazı sırasında çıkan pasanın atımı, personel ulaşımı, malzeme nakliyesi gibi lojistik işlemlerin yapıldığı şaftlardır. Bu çalışmada Tuzla Akfırat Atık Su Tünelindeki S3-207 şaftı ile S1-93 şaftı arasında bulunan 2020 metrelik tünel incelenecektir.

3.1 Döngü Zamanı

Döngü zamanı, tekrar eden işlerin tek bir döngüsünün tamamlandığı süredir. Döngü zamanının hesaplanabilmesi için öncelikle açılacak olan tünelin parçalara bölünmesi gerekmektedir. Bu projede tünel bir metrelik eş parçalara bölünmüştür.

Bir döngüde öncelikle kazı işlemi yapılmaktadır. Kazı işlemi için kullanılan tünel açma makinasının tek kalkanlı olmasından dolayı bir metrelik kazı yapıldıktan sonra segment döşenmesi için kazının durdurulması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Segment döşenmesinin tamamlanmasının ardından eğer ulaşım ve ikincil işler hala devam ediyorsa bu işlemlerin de tamamlanması beklenir. Kazı, segment döşenmesi, ulaşım ve ikincil işlerin hepsinin bitirilmesi ile beraber bir metrelik tünelin açılması tamamlanmış olur ve diğer bir metrelik tünelin açılması için kazı işlemi

tekrar başlar. İki kazının başlangıçları arasında yapılmış olan bütün işlemlerin sürelerinin toplamı ile döngü zamanı elde edilir.

3.1.1 Ortalama Kazı Süresi

Kazı işlemi süreleri zemin koşullarına göre farklılık göstermektedir. Ortalama kazı süresinin hesaplanmasında, değişen zemin koşulları göz önüne alınmalıdır. Ortalama kazı sürelerinin hesaplamasında, çalışılmış olan kısmın vardiya tutanakları kullanılmıştır. Vardiya tutanaklarından elde edilen litolojilerin uzunlukları, litolojilerin toplam kazı süreleri ve litolojilerin ortalama kazı süreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Zeminlere göre kazı süreleri

Litolojiler	**LTU**	**LTKZ**	**LOKS**
Killi	246	7000	28,5
Sert	58	3800	65,5
Parçalı	450	18500	41,1
Yoğun Killi	72	1700	23,6
Parçalı Killi	1194	31000	26,0

LTU: Litolojilerin Toplam Uzunlukları(m)
LTKZ: Litolojilerin Toplam Kazı Süreleri(dk)
LOKS: Litolojilerin Ortalama Kazı Süreleri(dk)

Tablo 2'de verilen değerler baz alınarak yapılmış olan hesaplamalar sonucunda ortalama kazı süresi 30,7 dakika olarak hesaplanmıştır.

3.1.2 Segment Döşeme Süresi

Segment döşenme süreleri çalışan ekibin tecrübesine, döşenecek olan segment sayısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu projede çalışan ekipler yeterli tecrübeyi kazanmış olup segment döşenme süreleri benzer zamanlarda tamamlanmaktadır. Sahada yapılmış olan çalışmalar sonucunda segment döşenmesi işleminin ortalama 17 dakika sürdüğü görülmüştür.

3.1.3 Ortalama Kazı Süresi

Projede ulaşım pasa atımı, malzeme ve personel taşınması için yapılmaktadır. Ulaşım elektrikli lokomotif ile sağlanmakta olup tünel içerisinde iki adet lokomotif kullanılmasının yanında iki adet lokomotifte yedekte bulunmaktadır. Ulaşım döngü süresini belirleyen yatayda ve dikeyde ulaşım olmak üzere iki farklı işlem bulunmaktadır.

3.1.3.1 Yatayda ulaşım süresi

Yatayda ulaşım süresi, şaft altı ile TBM arasındaki mesafede ulaşımın sağlanması için yapılan bütün işlemlerin toplamından meydana gelmektedir. Yatayda ulaşım işlemi; lokomotifin şaft altı ile TBM arasındaki mesafeyi kat etmesi, şaft altında operatörün lokomotif değiştirmesi ve segmentlerin TBM'e boşaltılması işlemlerinden oluşmaktadır. Yatayda ulaşım işlemi, lokomotifin hızı ile ilişkilidir. Lokomotifin kataloğundan elde edilen bilgiler ışığında lokomotif hızının 8 km/saat olduğu görülmüştür. Şaft altında operatörün lokomotif değiştirmesi sırasında 1 dakikalık, segmentlerin TBM'deki yerlerine yerleştirilmesi sırasında ise 2 dakikalık zaman kaybı yaşandığı görülmüştür.

3.1.3.1 Dikeyde ulaşım süresi

Dikeyde ulaşım işleminin, şaft altında California Switch sisteminin bulunması sayesinde her zaman hazırda boş vagon bulundurulabilmesinden dolayı döngü zamanına herhangi bir etkisi yoktur.

3.1.4 İkincil İşler

İkincil işler kazı, segment ve ulaşım işleri dışında yapılan tüm işlerden meydana gelmektedir. Bunlar: şilt temizliği, ray montajı, hava-su montajı, enjeksiyon, arıza, bakım, parça değişimi ve disk değişimidir. Bu ikincil işlerden hiçbiri kazı işlemi sırasında gerçekleştirilememektedir. Bunun nedeni kazı işlemi sırasında çıkan pasanın atılabilmesi için TBM' nın arka tarafında vagonun bulunması zorunluluğudur. Ancak segment döşenmesi ve ulaşım işlemlerinin

gerçekleştiği sırada ikincil işler yapılabilmektedir.

İkincil işlerin bir döngüdeki süresinin hesaplanmasında iki saatten fazla süren ikincil işler hesaplamalara dahil edilmemiştir. Bu tip ikincil işlerin döngü zamanına eklenmemesinin sebebi, ideal koşullar altında gerçekleşmiş olan bir döngünün ne kadar sürede tamamlandığının hesaplanmaya çalışılmasıdır. İki saatten uzun süren ikincil işlerin olağandışı durumlarda meydana geldiği gözlenmiştir. Bu olağandışı durumların meydana gelmesindeki önemli sebeplerden biri, yüklenicinin kısıtlı ekonomik koşullara sahip olmasıdır. Bu duruma örnek olarak arıza yapan bir helezon, işletmede yedek helezon bulunmamasından dolayı sökülerek tamir edilmeye çalışılmakta ve bu tamirat işlemi bir haftalık duraklamaya sebebiyet vermektedir. Buna benzer durumların sonucunda ortaya çıkmış olan ikincil işler, ideal bir döngünün içinde bulunmadığından dolayı döngü zamanının hesaplanmasına dahil edilmemiştir. Vardiya tutanaklarından yukarda ki koşullar göz önünde bulundurularak elde edilen verilere göre ikincil işlerin bir döngüdeki ortalama süreleri 8,2 dakika olarak elde edilmiştir.

3.1.5 Toplam Döngü Süresinin Hesaplanması

Döngü zamanının hesaplaması yapılırken dikkat edilmesi gereken konu döngü zamanının hangi işlerden oluşacağıdır. Döngü zamanının hesaplanmasında yer alan kazı işleminin gerçekleştirildiği sırada başka hiçbir işlem yapılamamaktadır ancak döngü zamanını hesaplarken dikkate alınan işlerden bazıları aynı anlarda yapılabilmektedir. Bu tip bir durumla karşılaşılması halinde, aynı anda yapılan iki işten bir tanesi diğer iş tamamlanmadan bitiriliyorsa bu iş döngü zamanına dahil edilmezken, uzun süren işin süresi döngü zamanına eklenmektedir. Böylelikle kısa süren iş döngü zamanını herhangi bir şekilde azaltıp arttırmadığı için döngü zamanına etkisi yoktur. Birden fazla işin aynı anda yapılması durumunda, yeni bir işe başlanılabilmesi için tüm işlerin bitirilmesi gerekiyorsa, aynı anda yapılan işlerden bitirilmesi en uzun süren iş döngü zamanına dahil edilir.

Bu bilgiler ışığında döngü zamanının hesaplanmasında kullanılacak tüm işlemlerin süreleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Döngü zamanının hesaplanmasında kullanılacak tüm işlemlerin süreleri

Yapılan işlemler	Süre(dk)
Kazı	30,71
Segment döşenmesi	17,00
İkincil işler	8,20
Yatayda lokomotif ulaşım işlemi	0,0075*L*2
Şaft altında lokomotif değişim işlemi	1,00
TBM'de segment boşaltım işlemi	2,00

Tablo 3'de verilen süreler ışığında mesafeye bağlı döngü zamanları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Mesafeye göre döngü zamanları

Mesafe(m)	Döngü Zamanı(dk)
0	55,9
200	55,9
400	55,9
600	55,9
800	55,9
900	55,9
933	55,9
1000	56,9
1200	59,9
1400	62,9
1600	65,9
1800	68,9
2000	71,9

3.2 Net Kazı Hızı

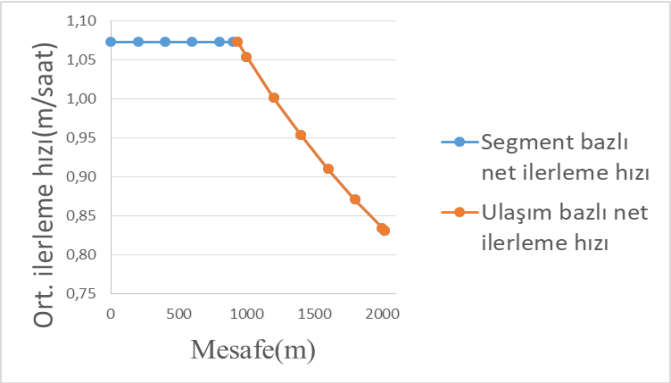
Net kazı hızı, bir saatte kazısı tamamlanan tünel uzunluğunu ifade etmektedir. Net kazı

hızının bulunabilmesi için açılmış olan bir tünelin kazısının ne kadar sürede tamamlandığı bilinmelidir. Bir tünel kazısının ne kadar sürede tamamlanabileceğinin önceden hesaplanması gereken durumlarda, tünelin kazısı sırasında yapılan bütün işlemlerin sürelerinin bilinmesi gerekmektedir. Tablo 4'te her bir metrelik kazının döngü süresi, tünel uzunluğunun değiştiği de dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bütün işlemlerin sürelerinin bilinmesi halinde 1 saatlik dilimde ne kadarlık ilerleme yapılacağı bulunabilmektedir. Yapılan hesaplamalar sonunda elde edilen net kazı hızları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. S3-207 şaftının işletme şaftı olarak kullanılması halinde mesafeye göre net kazı hızları

Mesafe(m)	Net ilerleme hızı(m/saat)	Ortalama ilerleme hızı(m/saat)
1	1,07	
200	1,07	
400	1,07	
600	1,07	**1,07**
800	1,07	
900	1,07	
933	1,07	
1000	1,05	
1200	1,00	
1400	0,95	
1600	0,91	**0,95**
1800	0,87	
2000	0,83	
2020	0,83	

Şekil 1'de net ilerleme hızlarının mesafeye bağlı olarak değişim grafiği gösterilmiştir.



Şekil 1. Ortalama ilerleme hızı grafiği

Yukarıda görülen grafikteki net kazı hızları dikkate alınarak 2020 metrelik tünelin ideal koşullar altında iş bitim süresinin 84 gün olacağı hesaplanmıştır.

Yukarıda bulunmuş olan iş bitim süreleri ideal koşullar söz konusu olduğunda bulunan iş bitim süreleridir. Ancak ikincil işlerin hesaplanmasında iki saatten uzun süren ikincil işlerin bir döngü içerisinde yer almamasından dolayı döngü zamanının hesaplanmasına dahil edilmiştir. Çalışmanın yapılmış olduğu şantiyedeki koşullar göz önüne alındığında iki saatten uzun süren ikincil işlerin döngü zamanına dahil edilmemesi halinde bulunan iş bitim sürelerinin doğru sonuç vermediği görülmektedir. Söz konusu şantiyede var olan koşulların hesaba katılabilmesi için vardiya tutanaklarından iki saatten uzun süren ikincil işlerin toplam süreleri bulunmuştur. Tablo 6'da iki saatten uzun süren ikincil işlerin süreleri, toplam çalışma süresi ve çalışılmayan iş süresi oranı verilmiştir.

Tablo 6. Çalışılmayan iş oranı

Aylar	İki saatten uzun süren ikincil işlerin toplam süreleri(dk)	Toplam çalışma süresi (dk)	Çalışılmayan iş süresi oranı(%)
Ekim	137	360	0,38
Kasım	363	720	0,50
Aralık	221	720	0,31
Ocak	208	672	0,31
		Ort.	0,38

Tablo 6'da bulunmuş olana çalışılmayan iş oranının ideal koşullar altında iş bitim süresine eklenmesi sonucunda gerçek iş bitim süresi 116 gün olarak hesaplanmıştır.

3.3 İşletme Şaftının Taşınması Durumunda İş Bitim Süresi

S3-207 şaftının işletme şaftı olarak kullanılması durumunda iş bitim süresinin 116 gün olacağı bir önceki bölümde görülmüştür. S3-207 şaftından 758 metre ileride bulunan S2-131 şaftı kolektör olarak kullanılmak amacıyla açılmıştır. Kazının S2-131 şaftına ulaşması ile beraber işletme şaftı S3-207 şaftından S2-131 şaftına taşınırsa, lokomotifin TBM ile şaft altı arasında arasında kat etmesi gereken mesafe azalacaktır. Bu mesafenin azalmasının etkilerinin incelenebilmesi için, iş bitim süresi işletme şaftının değişmesi durumuna göre tekrardan hesaplanacaktır. Tablo 7'de işletme şaftları ile TBM arasındaki mesafeye bağlı olarak gerçekleşecek döngü zamanları gösterilmiştir.

Tablo 7. İşletme şaftları ile TBM arasındaki mesafeye bağlı döngü zamanları

Mesafe(m)		Döngü Zamanı(dk)
S3-207 şaftı ile TBM arasındaki mesafe	S2-131 şaftı ile TBM arasındaki mesafe	
1	-	55,9
100	-	55,9
300	-	55,9
500	-	55,9
700	-	55,9
758	-	55,9
858	100	55,9
1058	300	55,9
1258	500	55,9
1458	700	55,9
1658	900	55,9
1691	933	55,9
1758	1000	56,9
1858	1100	58,4
1958	1200	59,9
2020	1262	60,8

S2-131 şaftının işletme şaftı olarak kullanılması durumunda gerçekleşecek olan iş bitim süresinin hesaplanması için Tablo 7'de görülmekte olan döngü zamanları kullanılarak net kazı hızları hesaplanacaktır. Mesafeye göre net kazı hızları Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. İşletme şaftının değişmesine göre mesafelere bağlı olarak net kazı hızları

Mesafe(m)		Net kazı hızı(m/saat)
S3-207 şaftı ile TBM arasındaki mesafe	S2-131 şaftı ile TBM arasındaki mesafe	
1	-	1,07
100	-	1,07
300	-	1,07
500	-	1,07
700	-	1,07
758	-	1,07
858	100	1,07
1058	300	1,07
1258	500	1,07
1458	700	1,07
1658	900	1,07
1691	933	1,07
1758	1000	1,05
1858	1100	1,03
1958	1200	1,00
2020	1262	0,99

Tablo 8'de belirtilen net kazı hızlarına göre ideal koşullar altında iş bitim süreleri 79 gün olarak hesaplanmaktadır. Çalışılmayan iş süresi oranının idela koşullarda iş bitim süresine eklenmesi ile beraber gerçek iş bitim süresi 109 gün olarak hesaplanacaktır.

Yapılmış olan hesaplamalara göre, işletme şaftının S3-207 şaftından S2-131 şaftına taşınması durumunda tünel kazısı 7 gün erken bitirilecektir. Ancak yüklenicinin sahip olduğu ekonomik koşullardan dolayı ellerinde yedek ekipman(vinç, kamyon vb.) bulunduramamaları nedeniyle işletme şaftının taşınması sırasında kazı işlemi

gerçekleştirilememektedir. Daha önceki şaft taşınması işlemleri sırasında elde edilen tecrübelere dayanarak şaft taşıma işleminin ortalama 7 gün sürdüğü görülmüştür. Bu bilgiler ışığında işletme şaftlarının yerlerinin değiştirilmesi durumunda kazı işleminin bitişi iki durum içinde aynı zamanda gerçekleşecektir.

3.4 Maliyet Hesaplamaları

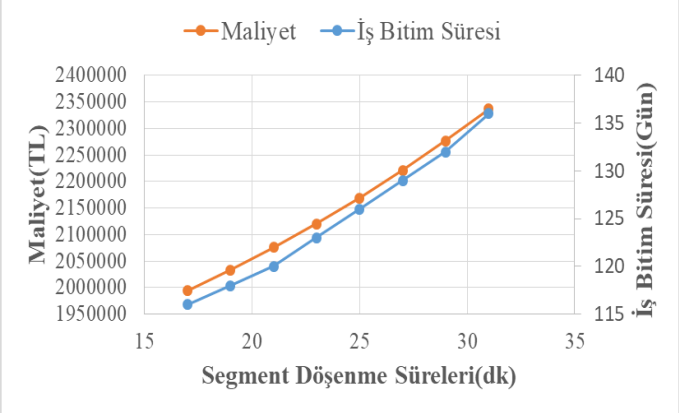
Önceki bölümde hesaplanan iş bitim sürelerine dayanarak her iki durum içinde yapılmış olan maliyet hesaplamalarının sonuçları Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. İşletme şaftlarının değiştirilmesi durumundaki maliyet karşılaştırması

S3-207 şaftının işletme şaftı olarak kullanılması durumunda oluşacak toplam maliyet(TL)	S2-131 şaftının işletme şaftı olarak kullanılması durumunda oluşacak toplam maliyet(TL)
1994044	1981536
İki durum arasında oluşan maliyet farkı	
12508 TL	

3.5 Segment Döşenme Sürelerine Göre Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, bir faktörün değerleri değiştirilirken diğer faktörlerin değerlerinin sabit tutulmasıyla yapılan analiz yöntemidir. Bu çalışmada, segment döşenmesi işlemi süresinin, maliyet ve iş bitim süresi üzerindeki etkisine bakılacaktır. Maliyet hesaplamasında işletme şaftının S3-207 şaftında olduğu kabul edilmiştir. Segment döşenmesine göre duyarlılık analizinde kullanılan değerler ve bu değerlere bağlı olan değişimler Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Segment döşenme sürelerine göre duyarlılık analizi grafiği

4 SONUÇLAR

Bir döngü zamanının içerisinde yer alan bütün işlemlerin sürelerinin hesaplanmasından sonra şaft altı ile TBM arasındaki her bir mesafede döngü zamanlarının hangi değerleri alacağı verilmiştir. Döngü zamanının hesaplanmasında iki farklı şekilde döngü zamanı kullanılmıştır. Bulunmuş olan bu döngü zamanlarına göre net kazı hızları hesaplanmış, bu net kazı hızlarından da iş bitim süreleri bulunmuştur. İş bitim sürelerinin bulunmasının ardından iki farklı durum için maliyet kıyaslaması yapılmıştır.

S3-207 ve S2-131 şaftlarının işletme şaftı olarak kullanılması durumlarına göre iş btitim süreleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamaları göre S3-207 şaftının işletme şaftı olarak kullanılması durumunda iş bitim süresinin 116 gün olacağı görülmüştür. S2-131 şaftının işletme şaftı olarak kullanılması durumunda ise iş bitim süresinin 109 gün olacağı görülmüştür. Ancak işletme şaftının yerinin değiştirilmesi durumunda yaşanacak olan 7 günlük kayıptan dolayı, işletme şaftının yeri değiştirilse bile iş bitim süresi her iki durum içinde 116 gün olarak gerçekleşecektir. İşletme şaftının yerinin değiştirilmesi durumunda ortaya çıkacak olan maliyet farkları da incelenmiş ve işletme şaftının S2-131 şaftına taşınması durumunda 12508 TL'lik bir kar elde edileceği görülmüştür.

Elde edilen bu bilgiler ışığında ulaşım işleminin, segment döşenmesi işleminden

uzun sürmeye başladığı mesafe olan 933 metrenin iki katı olan mesafelerde işletme şaftlarının kurulması durumunda, hem iş bitim süresi açısından hemde maliyet açısından en uygun sonuçlar elde edilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapımında değerli bilgilerini benimle paylaşan ve bana her türlü konuda yol gösteren Şantiye Şefi Uğur ALTAY'a ve TBM Şefi İlhan TOSUN'a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Akyüz, H., 2010. "İstanbul ve yakın civarının Paleozoyik istifi", *İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu III*, Bildiriler Kitabı, ISBN: 978-9944-89-887-4, s. 49-62.

Akyüz, H., Çopur, H., 2015. Tuzla Atik Su Havzasi Tünel Kollektör ve Şebeke Inşaati Güzergahinda Karşılaşılan Zemin Problemlerinin Analizi, Rapor.

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Trakya Formasyonu Kayaçlarının Mühendislik Jeolojisi ve Süreksizlik İlişkisi

ITU Ayazağa Campus Relation of Engineering Geology and Discontinuity of Trakya Formation Rocks

Baran Çiçek

İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

ÖZET İstanbul ili içerisinde bulunan İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa yerleşkesinde, bu bölgeye ait kayaçların mühendislik jeolojisi ve kayaç tasarım parametreleri ilişkisini belirlemek amacıyla saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve ofis çalışmaları yapılmış ve ulaşılan sonuçlar ilgili bölümlerde sunulmuştur. Çalışma, başlıca iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde yerleşkenin jeolojisi incelenerek litoloji ve yapısal özellikleri ortaya konulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümde kayaçların uluslararası olarak kullanılan sınıflama ölçütlerine göre yapısal, fiziksel ve mekanik sınıflamaları sunulmuştur. Bu sınıflamalar ile çalışma alanının mühendislik jeolojisi açısından ortam değerlendirilmesi yapılmıştır

Anahtar Kelimeler: Trakya, Jeoloji, Sınıflama

ABSTRACT In the Istanbul Technical University Ayazağa settlement area in Istanbul province, field studies, laboratory studies and office studies were carried out in order to determine the relationship between engineering geology and rock design parameters of the rocks belonging to this region. The study consists of two main parts. In the first chapter, geology of the settlement was examined and its lithology and structural features were revealed.

In the second part of the work, structural, physical and mechanical classifications of rocks are presented according to internationally used classification criteria. With these classifications, the study area has been evaluated in terms of engineering geology.

Keywords: Trakya, Geology, Classification

1 GENEL JEOLOJİ

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu güne kadar yapılan bilimsel çalışmalar ile inceleme alanı ve çevresinde yüzeyleyen kayaçların litolojik, stratigrafik ve tektonik özellikleri ortaya konmuştur. Söz konusu çalışmalar kronolojik sırası ile; Tchihatcheff (1864), Penck (1919), Paeckelmann (1938), Yalçınlar (1951), Ketin (1953), Yalçınlar (1956), Baykal-Kaya (1963), Kaya (1971), Önalan (1981), Akyüz (1987), Vardar (1989), Vardar-Eriş (1995), Görür-Okay ve diğerleri (1995), Bozkurtoğlu (1996), Akyüz (2010) şeklindedir.

1.1 Genel Jeoloji ve Stratigrafi

İnceleme alanı olan İTÜ Ayazağa yerleşkesinde yüzeyleyen kayaçlar İstanbul Paleozoyik istifinde yer almaktadır.
İstanbul Paleozoyik kayaları Ordovisiyen'den Karbonifer'e uzanan transgresif bir istiften ve Permiyen yaşlı granitik kayalardan oluşur. Paleozoyik çökelleri Ordovisiyen yaşlı Kurtköy formasyonu ve Aydos formasyonu, Üst Ordovisiyen-Alt Silüriyen yaşlı Gözdağ formasyonu, Üst Silüriyen-Alt-Devoniyen yaşlı Dolayoba formasyonu, Orta Devoniyen yaşlı Kartal formasyonu, Üst Devoniyen yaşlı Tuzla formasyonu ve Karbonifer yaşlı Baltalimanı ve Trakya formasyonlarından oluşur. Bu istif Granodiyoritik bileşimli Çavuşbaşı ve Sancaktepe plütonları ile kesilmiştir (Akyüz,2010).

1.1.1 Tuzla Formasyonu (Üst Devoniyen)

İnce tabakalı, laminalı yumrulu kireçtaşından oluşan Tuzla formasyonu inceleme alanının güneydoğusunda görülmektedir.

1.1.2 Baltalimanı Formasyonu (Alt Karbonifer)

Baslıca silisli şeyl ara katkılı siyah çörtlerden oluşan Baltalimanı formasyonu, inceleme alanında bulunan İTÜ lojmanları güneyinden başlayıp doğuya doğru yayılım sunar.

1.1.3 Trakya Formasyonu (Alt Karbonifer)

Başlıca kumtaşı, şeyl, silttaşı ve çamurtaşından oluşan birim İTÜ Ayazağa kampüsünde geniş bir alana yayılmaktadır.

2 MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

İTÜ Ayazağa kampüs sahasının büyük bir kesimini oluşturan, çamurtaşı - silttaşı, kumtaşı ardalanması şeklinde gözlemlenen türbiditik karakterdeki Trakya formasyonuna ait kayaçların, dane boyu ve litolojisine göre değişen mühendislik özellikleri yapılan laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiştir. Bu bölümde söz konusu laboratuvar sonuçları ile bu sonuçlardan hareketle Trakya formasyonunun mühendislik jeolojisi açısından tanımlanması yapılıp ve özellikleri sunulmuştur.

2.1 Kayaçların Yapısal Özelliklerine Göre Sınıflandırılmaları

Malzeme sahası içinde kayaç kesimlerde tabaka kalınlıkları 0,5-125 cm arasında değişmekte olup genel tabaka kalınlık değerlerine göre Geological Society Engineering Group Working Party, 1972 sınıflamasında ince laminalı kayaç tanımından kalın tabakalı kayaç tanımına kadar devam eden kayaç sınıflamalarıyla tanımlanır.

Kayaçlar çoğunlukla 1-125 cm arasında değişen süreksizliklere ait açıklık değerleri ile Geological Society Engineering Group Working Party, 1977 sınıflamasında "çok sık çatlaklı – seyrek çatlaklı" kayaç grubunda yer alır.

İTÜ Ayazağa kampüsü ileri araç teknolojileri binası için yapılan sondaj verilerine göre (Kardeş Sondajcılık, 2017) Trakya formasyonuna ait kayaçların RQD değerlerine göre kaya kalitesinin tanımı, çok zayıf-zayıf aralığındadır.

2.2 Kayaçların Fiziksel Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Trakya formasyonuna ait kayaçların KBHA göre sınıflandırılması Anon, 1979 sınıflandırmasına göre düşük, orta, yüksek ve çok yüksek kaya grupları arasında yer almaktadır.

Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılması Anon 1979 sınıflamasına göre Trakya formasyonuna ait kayaçların poroziteleri "Yüksek" olarak tanımlanır

2.3 Kayaçların Mekanik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Trakya ve Tuzla formasyonundaki kayaçlar, nokta yük direnci değerine göre Franklin ve Broch (1972) tarafından önerilen sınıflandırmada "yüksek dirençli " kayaç sınıfındadır. Kayaç olası tek eksenli direnç değerine göre Anon (1977) sınıflamasında "orta sağlam" kayaç sınıfındadır.

2.4 Taştan Kayaca Geçiş Sınıflaması

Sistem büyüklüğü içinde taştan kayaca geçişte kayaç ortamın olası kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (ϕ), çekme dayanımı (τ), basınç dayanımı (σ) ve deformasyon modülü (E) değerlerinin belirlenmesi Hoek-Brown yaklaşımı ile yapılmıştır. Trakya formasyonu için yaklaşımda kayaç ortamın basınç dayanımı için kayacın (taşın) nokta yük direnç değerinden hareketle hesaplanan olası basınç direnç değerleri kullanılmıştır. Trakya Formasyonunda kayaç ortamın sistem büyüklüğü içerisinde değerlendirilirken alınmış olan Hoek-Brown ölçütleri ile analiz sonuçları RockLab programında genel ve şev uygulamaları için hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda kabul edilen Hoek-Brown kriterleri Tablo 2.1 ile verilmiştir.

Tablo 2.1 Hoek-Brown kriter değerleri.

Değerler	**σ (MPa)**	**GSI**	**mi**	**D**	**MR**
Minimum	21.55	10	15	1	350
Ortalama	44.90	50	18	0.5	
Maksimum	98.38	80	21	0	

Tablo 2.1 ile verilen değerler ile RocLab programı kullanılarak Trakya formasyonunda taş (monolit) için geçerli olan basınç direnci değerleri ile kayacın arazideki süreksizlik durumu ilişkisi dikkate alınarak kayaç ortama ait basınç ve kesme dayanımı, Elastisite modül değeri, kohezyon ve içsel sürtünme açısına ait olası değerler elde edilmiştir.

3 SONUÇ

Laboratuvar ortamında yapılan deneyler ışığında taştan kayaca geçiş sınıflamasına geçiş yapılmıştır. Sistem büyüklüğü içinde taştan kayaca geçişte kayaç ortamın olası kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (ϕ), çekme dayanımı (τ), basınç dayanımı (σ) ve deformasyon modül (E) değerlerinin belirlenmesi Hoek-Brown yaklaşımı ile yapılmıştır. Trakya formasyonu için yaklaşımda kayaç ortamın basınç dayanımı için kayacın (taşın) nokta yük direnç değerinden hareketle hesaplanan olası basınç direnç değerleri kullanılmıştır. Bu basınç direnç değerleri ile bulunan kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (ϕ), çekme dayanımı (τ), basınç dayanımı (σ) gibi değerler arasında ilişki saptanmış ve bu ilişki formüllerle gösterilmiştir.

$$c_{genel} = 0.0635e^{0.112\,\phi} \quad (3.1)$$

$$c_{şev} = 0.0127e^{0.0832\,\phi} \quad (3.2)$$

$$\tau_{genel} = 0.0135\,c^{1.7685} \quad (3.3)$$

$$\tau_{şev} = 0.1165\,c^{1.737} \quad (3.4)$$

$$\tau = 30.968\sigma + 0.2378 \quad (3.5)$$

Yukarıda önerilen ilişkiler çerçevesinde Trakya formasyonunda teknik girişim amaçlı ön değerlendirme yapılması aşamasında jeoloji mühendisi mostra başında eşitlik 3.1 ve 3.3 veya 3.2 ve 3.4 adımlarını izleyerek eşitlik 3.5 aşamasına gelip kayacın mekanik özellikleri için güvenilir ön tahminde bulunacaktır.

TEŞEKKÜR

Bitirme çalışmamı hazırlarken karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarını esirgemeyen ve beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Erkan Bozkurtoğlu'na, katkı ve eleştirileri ile genel jeoloji ve mühendislik jeolojisi kısımlarının oluşturulmasında bilgilerinden yararlandığım Dr. Rahmi Eyüpoğlu'na ve son olarak okul hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

AKYÜZ, S., (2010). "İstanbul ve Yakın Civarının Paleozoyik İstifi" *İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu III, Bildiriler Kitabı*, *TMMOB-JMO Yayını.*

Marmara Denizi'nin Geç Kuvaterner'deki Su Seviyesi Değişimleri Ve Eski İklim Kayitlarinin Araştirilmasi; Karot Çökellerinden Yeni Bulgular Püskürtme Beton Kullanılan Tünellerde

Proktor Penetrometre

Testlerinin Analizi

Relative Sea Level Changes and Climate Variations In Late Quaternary, New Evidence From Core Sediments, Sea Of Marmara

Uzunoğlu. C, Bozyiğit. C, Şahin. D
İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

ÖZET Marmara Denizi'nin Geç Kuvaterner'deki su seviyesi değişimleri ve Akdeniz ile Karadeniz arasındaki su geçişlerini değerlendirmek amacı ile genel olarak Marmara Denizi'nin kuzey şelfinde birçok paleoşinografik çalışma yürütülmüştür. Önceki karot verilerine göre denizel çökel istifleri 5 denizel izotop dönemi başına karşılık gelen G.Ö. 100 bin yıl gerisine gidememiştir.Bu sebeple, İmralı Platfomu üzerinden Ekim 2014 yılında Fransız Pourquoi Pas? araştırma gemisi ile alınan iki piston karotu bu tez kapsamında incelenmiş ve böylece Marmara Denizi'nin son 165 bin yıldaki paleoşinografik ve paleoiklimsel değişimleri araştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Sismik stratigrafi, kronostratigrafi, karot çalışmaları, sedimantaloji Marmara Denizi

ABSTRACT In order to evaluate water level changes and water exchanges between the Black and Meditteranean seas, many paleoceanographic studies have in general established in the northern part of the shelf in the Sea of Marmara. According to the previous core datasets, the sediment sequences have not been able to reach beyond 100 ka BP, corresponding to beginning of five. marine isotope stage. For this reason, two piston cores recovered from İmralı Platform by the French Pourquoi Pas? research vessel in October 2014 are examined in this study, and thus, the palaeoceangrahpy and palaeoclimatic changes of the Marmara Sea over the last 165 ka BP have been investigated.
Keywords: Seismic Stratigraphy, chronostratigraphy, core studies, sedimentology, Sea of Marmara (SoM)

1 GİRİŞ

1.1 Konu

Bu projede, Marsite Avrupa Birliği araştırma projesi çerçevesinde 2014 Ekim ayında Marmara Denizi İmralı Platformu üzerinden alınmış ve uzunlukları 21 m'ye varan karotların analiz edilecek olması son birkaç yüzbin yıllık süreçte kronostratigrafik, paleoşinografik ve paleoiklimsel sorunların araştırılmasına katkı sağlamıştır. Bu bağlamda özellikle İmralı Platformu ve çevresinden alınan 2 adet Calypso piston karotunda proje kapsamında yapılmış çalışmalar öne çıkmıştır. Karotlarda multi-parametre ve kronostratigrafik yöntemler uygulanarak çökel kronolojisi ve paleoşinografik sorunların aydınlatılmasına olanak sağlamıştır. Marmara Denizi'nin son birkaç yüzbin yılda geçirdiği fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerin çökel kayıtlarının alınan uzun çökel istiflerinde ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu değişimin izleri Marmara Denizi'nin Karadeniz ve Akdeniz ile olan su geçişleri ile de ilişkisi olduğundan, bu komşu denizlerle olan su kütlesi alışverişi ve seviye değişimleri de ortaya çıkarılması bu projenin

esas konusudur. Bu değişimlerin global ölçekte gelişmiş iklimsel değişimlerle korele edilmesi sonucu, bu süreçlerden hangi oranlarda ve hangi zaman süreçlerinde etkilendiği ortaya çıkarılması da proje bulguları açısından önemlidir.

1.2 Bölgenin Jeolojisi

Marmara Denizi KAF'nın sağ yanal atımlı tektonik rejimi ile Ege'nin K-G yönlü gerilme tektonik rejiminin hüküm sürdüğü kuzeybatı Anadolu'da bulunmaktadır (McKenzie, 1972; Dewey ve Sengör, 1979; Sengör vd., 1985; Taymaz vd., 1991). K-G gerilme nedeniyle KAF Marmara Bölgesi'nde kollara ayrılmış ve üç derin yanal atımlı çukurluk ve bunları ayıran transpresif (basınç) sırtlar oluşturmuştur (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Wong vd., 1995). Yakın zamanda yapılmış olan GPS ölçümlerine göre İstanbul'a göre olan sağ yanal yerdeğiştirme hızı yaklaşık 20 mm/yr olup, doğudan batıya giderken hareket vektörleri saatin tersi yönde bir dönme göstermektedir (Straub ve Kahle, 1997).

2 ANALİZ METODLAR

2.1 Karot Alımı

Tezimizde yer alan CS-18 ve CS-27 karotları İmralı Platformu ve çevresinden Calypso piston karot yöntemi ile alınmıştır. CS-18 karotu 14,25 m, 40,66 enlem 28,87 boylamlarında olup, CS-27 20,65m olup 40,70 enlem 28,40 boylamlarındadır.

2.2 Sedimentolojik Çalışmalar

2.2.1 Litostratigrafik çalışmalar

EMCOL sedimentoloji laboratuvarına getirilen karotlar üzerinde ki tüm litolojik özellikler loglama ile tanımlanmıştır. Farklı renge sahip her litoloji Muncell skalası kullanılarak isimlendirilmiş, tane boyları not edilmiş, karot üzerinde görülen tüm sedimentolojik yapılar, fosil içerikleri ve tefra, sapropel gibi birimler loglama ile kaydedilmiştir.

2.2.2 Çok sensörlü karot log alıcısı (MSCL: Multi Sensor Core Logger) analizleri

Karot tarayıcısı, karotlarda yüksek çözünürlükte fiziksel parametreleri (yoğunluk, manyetik duyarlılık, porozite, elektrik direnç, sıcaklık, p-dalga hızı gibi) ölçmektedir.

2.2.3 Tane boyu analizleri

Tez kapsamında incelenen CS-18 karotunda tane boyu analizleri gerçekleştirmek için EMCOL sedimantoloji laboratuvarında bulunan Malvern Mastersizer 3000 Laser Granulometer Analizörü kullanılmıştır (Şekil 4.2.3.1). Analizör, 0,1-2000 μm aralığındaki taneleri ölçmektedir.

2.3 XRF Karot Tarayıcı Analizleri

Karotlarda yüksek çözünürlükte (0.2 mm) majör ve eser element analizi, sayısal X-ışınları görüntülerinin (radyografi) alınması ve sayısal renk taraması yapmaktadır. ITRAX karot tarayıcısı, karot boyunca rastlanan birbirinden farklı tabakaların, jeokimyasal olarak tanımlanması çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir analiz cihazıdır. Bu yöntemle karot numunesine zarar vermeden, sediment içerisindeki element konsantrasyonları ortaya çıkarılmaktadır.

2.4 TOC ve TIC Analizleri

Tez kapsamında toplam organik (TOC) ve inorganik karbon (TIC) analizleri CS-27 ve CS-18 karotlarında karotların litolojik özelliklerine bağlı olarak yapılmıştır. Bu analizler İTÜ EMCOL Jeokimya Laboratuvarında Shimadzu TIC/TOC analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.5 Tarihlendirme analizleri

Tarihlendirme için bu analizler gerek CS-27 ve gerekse CS-18 karotlarında yapılmış olup, alınan çökel örnekleri yıkanarak içerisinden kavkı fosilleri ayıklanarak örnekler analize gönderilmiştir. Yaşlar ^{13}C düzeltmesi yapıldıktan sonra günümüzden önce (G.Ö) ^{14}C yılı olarak hesaplanacak ve hata payları $\pm 1\sigma$ olarak tespit edilecektir.

3 BULGULAR

3.1 Karotlarda Sedimentolojik Çalışmalar

CS-27 karotunda yapılan sedimantolojik çalışmalar sonucunda karot boyunca litolojik değişimler tespit edilmiş olup 4 farklı çökel birime ayrılmıştır. Birimler yaşlıdan gence doğru birim L4, L3, L2 ve L1 olarak incelenmiştir. Birim L4 ve L1 denizel olup, L3 ve L2 birimleri içerdikleri fosil içeriğinden gölsel olduğu kanıtlanmıştır. Cs-

18 karotunda yapılan sedimentolojik çalışmalarda da 4 farklı çökel birimine rastlanmış olup, bu birimler yaşlıdan gence sırasıyla L5, L4, L3 ve L2 birimleridir. Fosil içeriğine göre L5, L3 ve L2 birimlerinin gölsel, L4 biriminin ise denizel olduğu kanıtlanmıştır.

3.2 Tane Boyu Analizleri

Tez çalışması kapsamında yapılan tane boyu analizleri ile çökellerin boylanma ve ortalama tane boyu değerlerine ulaşılmış elde edilen diğer parametrelerle karşılaştırılarak benzerlik ve farklılıkları tespit edilmiştir.

3.3 MSCL Analizleri

Bitirme çalışması kapsamında incelenen tüm karotlardaki manyetik duyarlılık ve yoğunluk analiz sonuçları, CS-27 ve CS-18 karotunda ki tefra seviyelerinde ve sapropel seviyelerinde değişimler göstermiş birimlerin ayırt edilmesinde yardımcı olmuştur.

3.4 Karotlarda XRF Analizleri

Bu analizler sayesinde karot çökellerinde Ca, Zr, Mn, Sr, K ve Br elementlerine ait sayım sonuçları grafikler halinde çizdirilip yorumlanmasına olanak sağlamıştır. Birim geçişlerinde, tefra seviyelerinde ve sapropel seviyelerinde elementlerde ki salınımlar ile gerekli yorumlar yapılmıştır.

Karotlarda TOC Analizleri

Çökeller içerisinde organik karbon oranı %1.5'ün üzerine çıktığı seviyelerde sapropel olarak tanımlanırken, CS-27 karotunda bu sapropel seviyelerinden Holosen'de Birim L1 içerisinde gözlenen MSAP-1, karotta daha yaşlı olan birimlerden Birim L4 içerisinde ise MSAP-2 sapropelinin varlığı bu çalışmadaki TOC analizleri ile ortaya çıkarılmıştır. CS-18 karotunda Birim L4 içerisinde MSAP-2, MSAP-3 ve MSAP-4 sapropel seviyeleri TOC analiziyleriyle tespit edilmiştir. Çağatay vd. (2009)'a göre MSAP-2 sapropelinin yaşı G.Ö. 81-86 bin yıl, MSAP-3 sapropelinin yaşı G.Ö. 95-103 bin yıl olarak tespit edilmiştir. Bu sapropel seviyelerindeki yüksek organik karbon içeriği üretkenliği temsil etmektedir.

4 BULGULARIN TARTIŞMASI VE SONUÇLAR

Karotlarda yapılan kronostratigrafik çalışmalar ve üzerinde yeraldığı sığ-sismik yansıma görüntüleri ile karşılaştırılması sonucunda çalışılan karot çökellerinin son 160 bin yıla kadar gidebildiğini göstermektedir. Bu sayede bu zaman sürecinde Marmara Denizi'nin gerek global denizler ile ve gerekse de Karadeniz ile su geçişlerinin zamanlarını ve Marmara Denizi'ndeki eski su seviyesi değişimleri de ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Marmara Denizi'nin global denizler ile olan su geçişlerinin hangi zamanlarda sağlandığını ortaya koyabilmek için buzul ve ara sıcak (buzullararası) dönemleri temsil eden Denizel İzotop Dönemleri ile karşılaştırması yapılarak Marmara Denizi'nin bu iklimsel dönemlerden hangi oranda etkilendiği de ortaya konulabilinmiştir.

CS-27 karotuna ve MIS-6'nın çoğunu kapsayabilecek olan CS-18 karotunun sismik verilerine dayandırılarak CS-18 karotu daha fazla sedimenter kayıt içermektedir.MIS-6 dönemine karşılık gelen L5 birimi sadece CS-18 karotunda yer almaktadır. MIS-6 döneminde global deniz seviyelerinin günümüzden 130 m daha aşağıda olduğu zamanda Marmara Denizi'nin Çanakkale Boğazı ile su geçişlerinin kesildiği ve Marmara Denizi'nin gölsel bir ortam haline dönüştüğü CS-18 karotunda Birim L5'in gölsel olmasından anlaşılmaktadır. CS-18 karotundaki birim L5'in sedimentolojik özelliklerine ve fauna içeriğine dayandırılarak, nispeten yüksek K ve MS değerleri MIS-6 boyunca seyrek bitki örtüsü ve soğuk ve kuru iklim döneminden kaynaklanan yüksek erozyon oranlarını göstermektedir. Birim L5'deki nispeten düşük Mn içeriğinden dolayı Marmara gölünün bu dönemde anoksik olduğu sonucuna varılmaktadır. Böyle bir iklim organik üretkenliği yükseltemeyeceğinden, Marmara Gölü'ndeki düşük organik üretkenliğin varlığını birim L5 deki düşük Ca ve TOC değerleri göstermektedir.

5 TASARIM

5.1 NGRIP Yaş Modellemesi

Bu tez kapsamında CS-27 karotunda yapılan XRF analizleri ile elde edilen Ca elementine ait eğri ile NGRIP buzul karotundan alınan duraylı oksijen izotopu eğrisinin karşılaştırılması ile benzer değişimlerin yakalanması amaçlanmış ve karot boyunca emin olunan benzer değişimler karşılaştırılarak çökeller yaşlandırılmıştır. Bu karotta yapılan XRF analizlerine göre Ca elementinin yüksek değerleri, denizel ortamdaki ısı artışına bağlı olarak artan üretkenliği ifade etmektedir. Marmara Denizi'nde Çağatay vd. (2015)'nin yaptığı karot çalışmalarında XRF Ca elementi verisi ile NGRIP eğrisi oldukça uyumlu korelasyon imkanı vermiş ve son 70 bin yılı kapsayan karotlardaki çökeller yaşlandırılabilinmiştir. Benzer şekildeki metodu bu proje kapsamında uygulayarak CS-27 karotunun farklı seviyelerinin de yaşları ortaya çıkarılarak bir Yaş-Derinlik modeli oluşturulmuştur.

Bu çalışma kapsamında incelenen CS-27 karotuna ait Ca elementi verileri ile NGRIP buzul karotundan elde edilen oksijen duraylı izotop sonuçlarına ait eğriler karşılaştırıldığından oldukça uyumlu olduğu gözlenmektedir (Şekil 8.1.1). Özellikle NGRIP eğrisinde 1'den 25'e kadar son 125 bin yılda tespit edilen Interstadial (ısınma) dönemlerine ait yüksek oksijen izotopu değerlerinin oluşturduğu eğri ile CS-27 karotunda XRF analizi ile elde edilen Ca elementi verilerinde de benzer ısınma dönemlerine karşılık geldiği düşünülen yüksek Ca değerleri gözlenmektedir.

5.2 Karot-Sismik Verilerin Eşleştirilmesi

Karottaki hız verileri MSCL analizleri sayesinde elde edilen P-dalga hızları esas alınarak aynı hızların sismik görüntülerde deniz tabanı altındaki kayaçlarada uygulanarak sismik görüntülerde gerçek derinlikler hesaplanmıştır. Böylece karota ait derinlikler ile sismik yansıma görüntülerindeki derinlikler eşitlenmiş ve karotun deniz tabanından itibaren hangi sismik yansıma yüzeyini kestiği de belirlenmiştir. Tez kapsamında alınan piston karotların üzerinde yer alan ve aynı deniz seferinde alınan yüksek çözünürlüklü sığ-sismik yansıma verileri ile stratigrafik karşılaştırılmaları yapılmıştır. CS-27 karotunda ayırtlanan litostratigrafik birimlerin (Birim L4, L3, L2 ve L1) sınırları karot derinliği ile sığ-sismik yansıma verilerinin sismik profillerde yer alan genlik değerlerini göz önünde tutarak çok düşük adım aralıklarıyla karşılaştırılması sonucunda alınan karotun deniz tabanından itibaren kesebildiği sedimanter yüzeyleri ve bu yüzeylerin karotta temsil edildiği kronostratigrafik birimlerin eşleştirilmesi yapılmıştır. Tez kapsamında incelenen CS-18 karotunun üzerinde yer aldığı sığ-sismik yansıma verisi ile karotun eşleştirilmesi yine benzer şekilde karotta ayırtlanan kronostratigrafik birimlerin sınırları ile sismik yansıma verilerinde belirgin olan yansıma yüzeylerinin karot ve sismik derinliklerinin eşleştirmesi esasına dayanmaktadır. Buna göre, karotta belirlenen Birim L5, Birim L4 ve Birim L1'in sınırlarını oluşturan yüzeylerin sismik yansıma verilerinde ayırtedilmiş yansıma yüzeyleri ile birebir eşleştirilmesi yapılabilinmiştir.

KAYNAKLAR

Çağatay MN,Wulf S, Sancar Ü, Özmaral A, Vidal L, Henry P, Gasperini L., 2015. The tephra record from the Sea of Marmara for the last ca. 70 ka and its palaeoceanographic implications. Mar Geol 361:96– 110

Eriş KK, RyanW, ÇağatayMN, SancarU, Lericolais G, Menot G, Bard E., 2007. The timing and evolution of the post-glacial transgression across the Sea ofMarmara shelf south of Istanbul. Mar Geol 243(1): 57–76

Major, C.O., Goldstein, S.L., Ryan,W.B.F., Lericolais, G., Piotrowski, A.M., Hajdas, I., 2006. The co-evolution of Black Sealevel and composition through the last deglaciation and its paleoclimatic significance. Quat. Sci. Rev. 25, 2031–2047.

Vidal L, Ménot G, Joly C, Bruneton H, Rostek F, Çağatay MN, Bard E., 2010. Hydrology in the Sea of Marmara during the last 23 ka: implications for timing of Black Sea connections and sapropel deposition. Paleoceanography 25(1), PA1205. doi:10.1029/2009PA001735

Evciler - Yenice Köyleri (Istranca Masifi) ve Çevresinin Jeolojisi ve Petrografisi

Geology and Petrography of Evciler – Yenice (Strandja Massif) Village Area

E. Taşdelen, B. A. Natalin

ÖZET

Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Istranca Masifi, Bulgaristan'daki Rodop Masifi'nin Türkiye'deki uzantısıdır. Istranca Masifi geçmişte Variskan ve Kimmerid Orojenezleri ve Pontidlerle deneştirilmiştir. Masifin içerisinde yer alan Neoproterozoyik ve Jura metamorfik kayaları Kretase sedimanterleriyle örtülmüştür. Natalin ve diğ. (2016) masifin içerisinde 5 tektonik birim tanımlamıştır. Bunlar, Vize Birimi, Kırklareli Birimi, Mahya Akresyonal Kompleksi, Yavuzdere Magmatik Yayı ve Jura Napı ya da Kapaklı Birimi'dir. Bu çalışmada, masifdeki uzun süre devam etmiş olan yitimlenmeye dikkat çeken yeni çalışmalara dayanarak Strandja Masifi'nin jeolojik evriminin açıklamasına yardımcı olmak amaçlanmıştır. Masif, Kambriyen'den Triyas'a kadar uzanan uzun süredir devam eden bir magmatik yayın bir parçası olarak tanımlanmaktadır. Jeolojik evrimi anlamak için, inceleme alanının jeolojik haritası hazırlanmış ve birimlerin stratigrafik ve tektonik ilişkileri analiz edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: magmatik yay, Istranca Masifi, KB Türkiye

ABSTRACT

The Strandja Massif, northwestern Turkey, is the Turkish part of the Rhodope Massif in Bulgaria. Traditionally the Strandja Massif is correlated with Variscan and Cimmeride orogenies and the Pontides. The massif consists of the Neoproterozoic and Jurassic metamorphic rocks that are overlain by the Cretaceous to recent sedimentary cover. Natal'in et al. (2016) defined 5 tectonic units of the massif as the Vize Unit, the Kırklareli Unit, the Mahya Accretionary Complex, the Yavuzdere Magmatic Arc, the Jurassic Nappe or the Kapaklı Unit. The study aims to explain the geologic history of the strandja massif on the new studies indicating the long-lived subduction in the massif. The massif is a part of a longlived magmatic arc evolving from Cambrian to Triassic. In order to understand the geological evolution of the area, the geological map is prepared and the stratigraphic and tectonic relations of the units are tried to be analyzed.

Keywords: magmatic arc, Strandja Massif, NW Turkey

1 INTRODUCTION

1.1 Description of the Area, Aim and Method of the Study

This study aims to explain the geology of the Evciler Village and its surroundings according to stratigraphic, petrographic, structural and geomorphologic features of all rock units in the studied region. The geological map of the study area is prepared and the contact relationships between different rock units are determined by studying the outcrops around Evciler, Yenice and Kurudere villages.

The field study is done during the August, September and November 2016 and April 2017. During the field trips, the geological equipment that are a hammer, a loop, a GPS, a Silva type compass. 1/25.000 scaled topographic maps and Google Earth images are also used and a 1/25.000 scale geologic map is produced. For the petrographic studies, 35 thin sections from specific locations for different lithologies are prepared in thin section laboratory of I.T.U Eurasia Institute of Earth Science and I.T.U Geological Engineering department. The prepared thin sections are interpreted and the mineralogical and textural features are obtained. In addition, ArcGIS 10.2.2, Envi 5.1, Global Mapper 16, CorelDrawX8, AutoCad and Google Earth are used to prepare maps, cross-sections from map and stratigraphic column of the region.

1.2 The Scope of the Study

Natalin et al. (2016) described the subdivision of Strandja Massif into five fault- bounded tectonic units using new 18 ages of magmatic and detrital zircons. The long duration of subduction-related magmatism is incompatible with ideas about the passive continental margin setting, which are generally accepted now.

The study aims to help explanation of the geologic history of the Strandja Massif based on the new studies indicating the longlived subduction in the massif. The massif is a described as a part of a long-lived magmatic arc evolving from Cambrian to Triassic (Natalin et al., 2016). In order to under the geological evolution of the studied area, the geological map is prepared and the stratigraphic and tectonic relationships of the units are tried to be analyzed. The study area contains 3 tectonic units of the Strandja Massif (Fig. 2.1.) and they are listed as the following from older to younger; the Vize Unit including the pCkg – Precambrian Kızılağaç metagranite and Pec - Paleozoic Evciler metaconglomerate, the Kırklareli Unit consisting of Ckg - Permo-Carboniferous Kırklareli metagranites and the Mahya Complex composing of the Carboniferous Cms - metasedimentary schist and Cmg – metagranitic rocks.

2 STRATIGRAPHY AND PETROGRAPHY

The new studies on the Strandja Massif have shown that the massif has a longer evolution than it was considered before. Natalin et al., (2005, 2012a and 2016) have interpreted the Strandja massif as a part of Silk Road magmatic arc which is a long-lived arc evolving from Cambrian to Triassic. This chapter aims to investigate the stratigraphy and petrography of the study area by using the reconstruction of the massif according to these recent studies.

2.1 Stratigraphy

The Strandja Massif is primarily described as a heterogeneous basement and a metasedimentary cover. The massif comprises of five tectonic units, which are the Kırklareli tectonic unit, the Vize tectonic unit, the Mahya Complex, the Yavuzdere Complex and the Jurassic nappe (Kapaklı unit).

The Vize Unit, the Kırklareli Unit and the Mahya Complex are exposed in the studied area (Fig. 2.1.).

The Vize Unit is exposed in the study area with Neoproterozoic to early Cambrian Kfeldspar granite gneisses which is defined as the Kızılağaç metagranites and Evciler metaconglomerates. According to Natalin et al. (2016), these metagranites cut the basement of the Vize Unit and the Evciler

metaconglomerates contain the pebbles of the Kızılağaç metagranites. The Permo-Carboniferous granite gneisses of the Kırklareli Unit is exposed in the studied area. These granite gneisses correspond to the Üsküp Pluton of the Kırklareli metagranites. The composition of the granite gneiss is similar to the Kızılağaç metagranites. Therefore, it was not possible to make a certain distinction between these rocks during the field study and also in the thin sections.

In the study area, the Mahya Complex is composed by muscovite schists and chlorite schists which are intruded by a metagranite. The age of the Mahya Complex is determined as Carboniferous according to UPb zircon dating. (Natalin et al., 2012).

According to Natalin et al. (2016), the juxtaposition of these metasedimentary and metagranitic rocks remarks the tectonic setting of an accretionary prism.

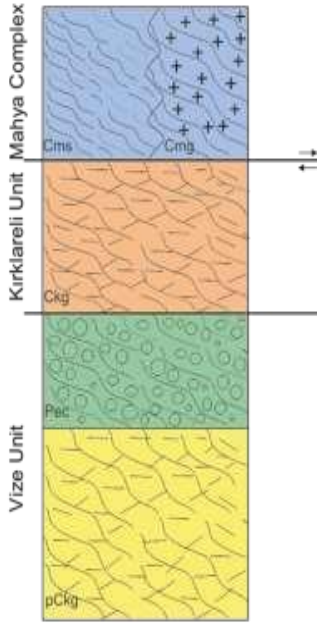


Figure 2.1 General stratigraphic column of the studied region which includes the Vize Unit (pCkg – Precambrian Kızılağaç metagranite, Pec – Cambrian Evciler metaconglomerate), the Kırklareli Unit (Ckg - Permo-Carboniferous Kırklareli metagranites) and the Mahya Complex (Cm – Carboniferous undivided Mahya Complex: Cms - metasedimentary schist, Cmg – metagranitic rocks.)

2.2 Petrography

The petrography of the three units which are explained in the previous chapter are studied within the scope of the graduatin thesis. The Neoproterozoic – early Cambrian Kızılağaç metagranites have a calc-alkaline affinity which indicates that they are subduction related granites formed during the long- lived magmatic activity in the Strandja Massif The metagranites can be divided into two types in terms of their texture, crystal size and the presence of Fe alteration. These are K-feldspar porphyritic granite gneisses, metagranites which do not include porphyry of K-feldspars and leuco- microgranites which are seen near the contacts. The Fe alteration is highly observed in the metagranites and leuco-microgranites while the alteration is poor in the K-feldspar porphyritic granite gneisses. The main minerals which are observed in the field are K-feldspar, quartz, chlorite and muscovite. The Fe alteration is also observed in some outcrops and in most of the thin sections. The metaconglomerates at the NW of the center of the Evciler and the metaconglomerates in the Çavla Mountain are clast supported. The metaconglomerates consist of metagranite, quartzite and clasts of other sedimentary rock pebbles.The Neoproterozoic Kızılağaç metagranite pebbles have their own foliation which exhibits an older metamorphism and deformation. The matrix has a foliation that is different from metagranitic pebbles and indicates a younger deformation. The Fe alteration is not abundant although it is observed prevalently in all other units of the study area.

The Mahya Complex consists of metasedimentary rocks which are observed as muscovite schist and chlorite schist. Meta-intrusive rocks are more massive and homogeneous in composition. According to field observations, the dominated minerals that are clearly seen at the outcrops are chlorite, muscovite, quartz, K-feldspar and Fe alteration minerals that are hematite and limonite. The Fe alteration is very prevalent in the Mahya Complex as well as in the granite gneisses in the study area.

3 STRUCTURAL GEOLOGY AND TECTONICS

3.1 Tectonics of the Strandja Massif

The Strandja Massif includes five tectonic units. The Vize Unit and the Kırklareli units have many similarities in terms of their lithology and geologic evolution. The metasedimentary basement is cut by metagranitic plutons in both units. Although these metagranites are interpreted as a part of a single magmatic belt in former studies, it is possible to say that they belong to two different tectonic units based on their ages.

The Mahya Complex and Yavuzdere complexes represent accretionary prisms and Jurassic Nappe, which is the last unit, consists of carbonate rocks that cover metamorphic rocks of the other tectonic units.

3.2 Structural Geology

The region is mainly exposed 3 deformational stages.

The earliest deformation D1 is related to a Cambrian orogeny and created the S1 foliations. However, the The S1 foliations are not well preserved, the metagranitic pebbles of the Evciler Metaconglomerate contain foliated metagranites during the D1 deformation. The Late Jurassic early Cretaceous D2 deformation is the main metamorphism and deformation that affected the whole units in the region. The effects of the greenschist low amphibolite metamorphism are examined in the Petrography section. The Neoproterozoic early Cambrian Kızılağaç Metagranite, the matrix of the Evciler Metaconglomerate, the Permo-Carboniferous Kırklareli metagranite and the Carboniferous Mahya Complex have S2 foliation and L2 lineations which are produced by D2 deformation. The Kızılağaç and Kırklareli Metagranites have very similar composition and they are bounded by normal Çavla fault. Therefore, it is very difficult to separate them without their age data. The Mahya accretionary complex is an allochthonous body which is transported by right-lateral strike-slip Sergen fault. The latest deformational stage D3 is observed in the study area as crenulation cleavages which are heterogeneously spread. The Fe alteration is very high in the study area especially along the fault zones. The folds and fractures of the studied region are examined.

4 CONCLUSION

The stratigraphic and structural relationships are used to understand the tectonic evolution with the help of petrographic examinations of the thin sections. The geomorphology of the Çavla Mountain is investigated with various geomorphological parameters and a lineament is observed and interpreted as a normal fault. The studied region contains the following rock units from older to younger: the Vize Unit (the Kızılağaç Metagranite and the Evciler Metaconglomerates), the Kırklareli Unit (Üsküp Pluton, the Kırklareli Metagranite) and the Mahya Complex (metasedimentary and metagranitic rocks).

ACKNOWLEDGEMENT

Firstly, I would like to send my grateful thanks to my supervisor Prof. Dr. Boris A. Natalin for his invaluable guidance, continuous support, critisim and patience during the preparation of this thesis. Also, I would like to thank research assistants Alp Ünal, Işıl Nur Güraslan, Müge Yazıcı. I would like to thank my teammates Canberk Aksu and Ece Taşdelen. Also, I would like to thank my friends Ali Akın and Tunahan Arık for their important help during the field study. Also, I would like to thank my parents Bağdat Sağlam and Salih Sağlam and my best friend Elifsu Nemli for being with me at all times.

REFERENCES

Natalin, B. A., Sunal, G., Satır, M. and Toraman, E., 2012. Tectonics of the Strandja Massif, NW Turkey: History of a Long-Lived Arc at the Northern Margin of Palaeo-Tethys, Turkish Journal of Earth Sciences, v. 21, p. 755-798.

Natalin, B. A., Sunal, G., Gün, E., Wang, B., Zhiqing Y., 2016. Precambrian to Early Cretaceous rocks of the Strandja Massif (northwestern Turkey): evolution of a long lasting magmatic arc, Canadian Journal of Earth Sciences, 53(11), 1312-1335.

Büyük Melen Barajı Aks Yeri (Sağ Sahili) Temel Kayasının Su Tutma Özelliklerinin Araştırılması ve İyileştirilmesi

Investigation and Improvement of Water Retention of Great Melen Dam (Right Coast) and Foundation Rock

E. B. Koçer

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Bitirme Tasarım Projesi olarak hazırlanmıştır. Büyük Melen Barajı Silidirle Sıkıştırılmış Beton Baraj (SSB) tipinde tasarlanmıştır.

Araştırma kuyularında yapılan Basınçlı Su Testi (BST) sonuçları değerlendirilmiş ve Lugeon (LU) değeri hesaplanmıştır. Sonuçlar 3 LU'dan daha yüksek bulunmuştur. Bu sebeple temel kayadan olası su kaçaklarını önlemek amacıyla eksen boyunca ortalama derinliği 60 m olan bir enjeksiyon perdesinin oluşturulmasına karar verilmiştir.

Alınan enjeksiyon önlemlerinin başarısı kontrol kuyuları açılmış ve Lugeon değerleri belirlenmiştir. LU değerleri genelde enjeksiyon perdesinin ilk 15 m'sinde geçirimsizlik sınır değerin üzerinde (LU>3) bulunmuştur. Sızdırmaz bir enjeksiyon perdesi için, sağ sahilde ikinci bir sıra E-Serisi enjeksiyon kuyuları önerilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Büyük Melen Barajı, Mühendislik Leolojisi, Enjeksiyon

ABSTRACT This study was prepared as the Graduation Design Project at the Geological Engineering Department of Istanbul Technical University. The Great Melen Dam is designed as a cylinder-squeezed body dam (CSB).

Pressurized water test (BST) was carried out in research wells and Lugeon (LU) values were calculated. The LU values at the axis location of the dam were found to be higher than 3 LU. From these results it has been decided to create an injection pore with an average depth of 60 m along the axis to prevent possible water leaks from the foundation rock.

Control wells were opened and Lugeon values were set to check the success of the intake injection. LU values are generally above the impermeability limit value (LU> 3) at the first 15m of the injection site. For an impermeable injection stroke, a second order E-Series injection wells were proposed.
Keywords: The Great Melen Dam, Engineering Geology, Injection

1 GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Yöntemleri

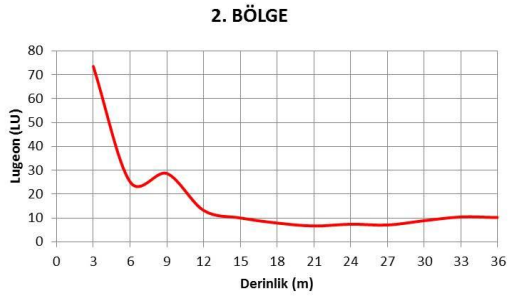
Bu çalışmada Büyük Melen Barajı aks yeri ve civarı temel kayasının su tutma özelliklerinin incelenmesi ve yapılan iyileştirme çalışmalarının başarısının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. DSİ tarafından sağlanan veriler kullanılarak enjeksiyon kuyularındaki derinliğe bağlı katı madde alış miktarları seri başı kuylarında yapılan Basınçlı Su Testi (BST) sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

2 MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

1.2 Baraj Yerinin Geçirimliliği

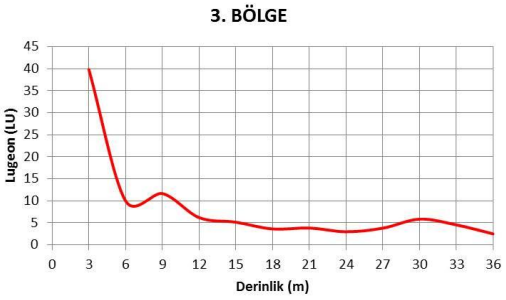
Baraj Eksen yeri sağ sahili temel kayaların litolojik ve yapısal özelliklerine göre kendi içerisinde homojen yapısal bölgelere ayrılmıştır. I. bölgedeki A serisi kuyularında BST yapılmadığı için değerlendirme

yapılamamıştır. II. bölgedeki A- serisi kuyularında her deney kademesi için ortalama LU değeri hesaplanmıştır. Bölgede derinliğe bağlı olarak LU değerlerinde bir azalma olduğu görülmüştür (Şekil 1).



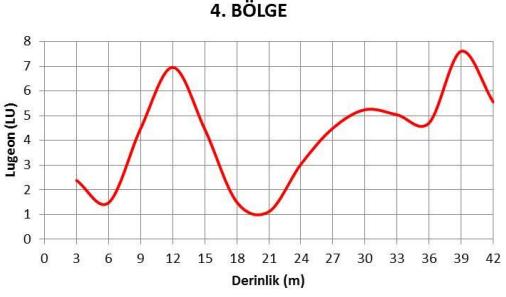
Şekil 1: II. bölgede derinliğe bağlı Lugeon (LU) değişimi grafiği

III. bölgede, II. bölgede olduğu gibi LU değerlerinde derinliğe bağlı bir aalma görülmektedir. Ortalama LU değeri 5 LU'nun altında olup ortam az geçirimlidir (Şekil 2).



Şekil 2: III. bölgede derinliğe bağlı Lugeon (LU) değişimi grafiği

IV. bölgede BST yapılan kuyularda 8 LU'nun üzerinde değerler ölçülmemiş ancak derinliğe bağlı bir azalma da gözlemlenmemiştir. Bu su kayıpları bölgenin tektonik kuvvetlerin etkisinde gelişen kıvrımlı ve kırıklı yapısıyla açıklanmaktadır(Şekil3).



Şekil 3: IV. bölgede derinliğe bağlı Lugeon (LU) değişimigrafiği

1.3 Enjeksiyon Yöntemi

Enjeksiyon yapılacak hat 24 m uzunluğundaki anolara bölünür. Bu anoların başlangıç ve bitiş noktalarına ano başı kuyuları (A kuyuları) açılırak enjeksiyon işlemi yapılır. Sonra A kuyularının ortalarına gelecek şekilde B kuyuları açılarak enjeksiyon işlemi yapılır. Daha sonra bu A ve B kuyularının ortalarına C kuyuları açılır. En son A-C, C-B, B-C ve C-A kuyuları arasına D kuyuları açılarak enjeksiyon işlemi yapılır.

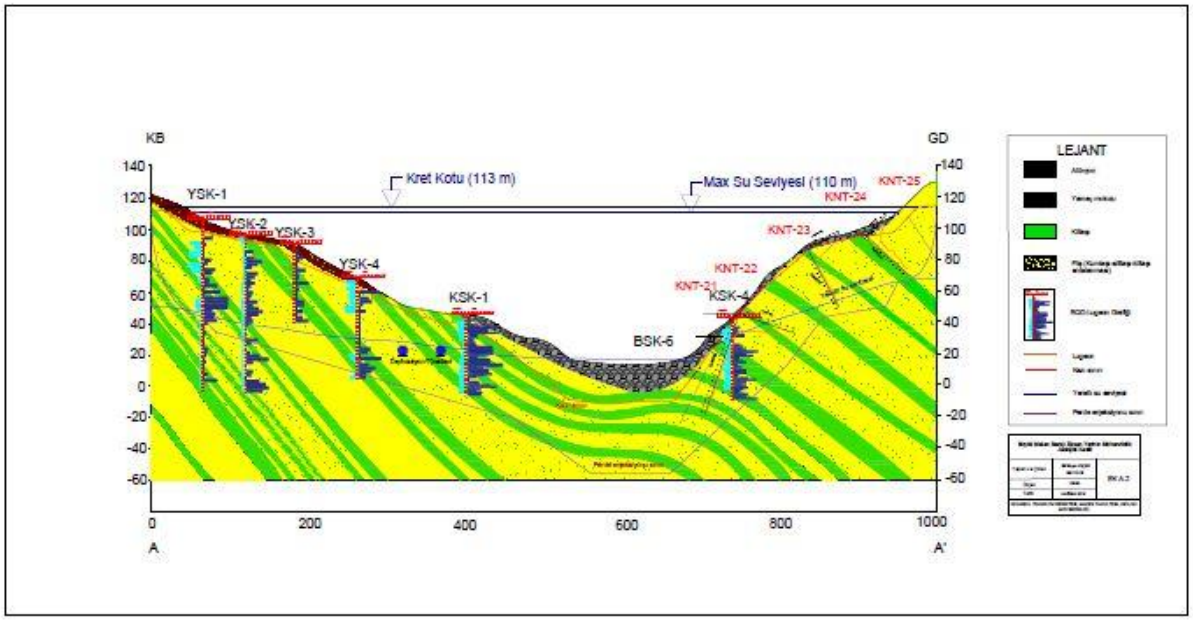
Enjeksiyon çalışmaları Aşağıdan yukarı yöntemi ile yapılmıştır. Enjeksiyonda; çimento, sülfata karşı dayanıklı çimento ve bentonit kullanılmıştır. Su kaçaklarının fazla fakat alışların az olduğu bölgelerde özgül yüzeyi daha fazlaolan çimentolar kullanılmıştır.

1.4 Enjeksiyon Önlemlerinin Değerlendirilmesi

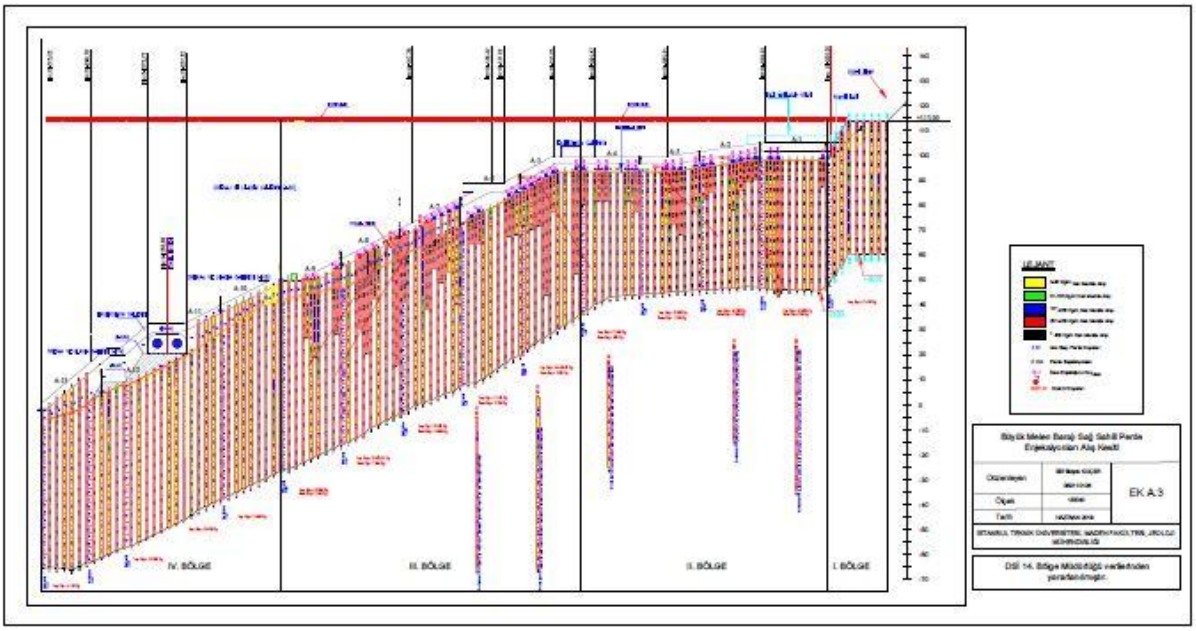
Her yapısal bölge için serilerde derinliğe bağlı katı madde alış miktarları incelenmiştir. I. bölgede aynı seri kuyuları karşılaştırıldığında katı madde alışlarında derinliğe bağlı bir azalma görülmemektedir. Ayrıca A-serisinden D-serisine de katı madde alışlarında bir azalma yoktur. Bu durum enjeksiyon kuyularının etki alanlarının enjeksiyon perdesi doğrultusunda çok yüksek olmadığını göstermektedir.

II. ve III. Bölgelerde katı madde alış miktarlarında derinliğe bağlı bir azalma görülmektedir ancak aynı enjeksiyon kademeleri karşılaştırıldığında D- serisi kuyularındaki katı madde alış miktarının B- ve C- serisi kuyularından fazla olduğu görülmektedir. Bu durumda E- serisi kuyularının açılması önerilmiştir.

IV. bölge kuyuları incelendiğinde katı madde alışlarında derinliğe bağlı düzenli bir azalma olmadığı görülmektedir. Kuyu aralıklarının A- serilerinden D-serilerine gidildikçe azalması sebebiyle D- serisi kuyularında olması beklenen azalma görülmemektedir. Bu durum bu bölgede enjeksiyon kuyularının etki alanlarının enjeksiyon perdesi doğrultusunda olmadığını göstermektedir.



Şekil 4: Büyük Melen Barajı eksen yeri mühendislik jeolojisi kesiti



Şekil 5: Büyük Melen Barajı sağ sahili enjeksiyon alış kesiti

SONUÇLAR

- II. ve III. Bölgelerde LU değerleri derinliğe bağlı azalırken, IV. Bölgede böyle bir ilişki görülmemiştir. Ancak, genel olarak LU değerlerinin sınır değer olan LU>3 olduğu görülmüştür. Buna göre sağ sahilde enjeksiyon perdesi derinliği ortalama 60 m olarak tasarlanmıştır.
- I. bölgede yalnız 8 adet kret başı kuyusu bulunmakta olup, en fazla katı madde alışının D- serisi kuyularında olduğu görülmektedir. Buradan, bu bölgede yapılan enjeksiyonun yetersiz ve ilave enjeksiyon kuyularına ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- IV. bölgedeki enjeksiyon alışları incelendiğinde en fazla alışın A- serisi

kuyularında olduğu, ancak bazı derinlik kademelerinde diğer kuyulardaki alış miktarının A- serisi kuyularından fazla olduğu görülmektedir. Bu durum bölgedeki kıvrım ve kırıklı yapıyla açıklanabilir (Şekil 4).

- Yapılan enjeksiyonların başarısını kontrol etmek amacıyla 5 adet kontrol kuyusu açılmıştır. Bu kuyularda yapılan BST testlerinde LU değerleri belirlenmiştir. Lugeon değerleri derinliğe bağlı olarak azalsa da ilk 15 m'de geçirimsizlik sınır değerin üzerinde (LU>3) olduğu görülmüştür.
- Sağ sahilde hala sınır değerlerin üzerinde LU değeri bulunan kesimlerde ilave enjeksiyon önlemleri önerilmektedir.
-

TEŞEKKÜR

Bu Bitirme Tasarım Projesinde engin bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Prof.Dr.Remzi KARAGÜZEL'e, teknik bilgi ve deneyimlerini sabırla aktaran Arş. Gör Gökhan ŞANS'a teşekkürlerimi sunarım. Maddi ve manevi desteklerini her an hissettiğim, güç ve moral bulmamı sağlayan aileme teşşekür ederim.

KAYNAKLAR

DSİ, 2008. Büyük İstanbul İçmesuyu II. Merhale Projesi Melen Sistemi Büyük Melen Barajı Planlama Aşaması Revize Mühendislik Jeolojisi Raporu, İstanbul.

İTÜ, 2009.Büyük Melen Barajı, HES ve Malzeme Ocakları ÇED Raporu,İstanbul.

Karakaya, S., 2017. Büyük Melen Barajı Aks Yeri Temel Kaya Sızdırmazlık Yöntemlerinin İncelenmesi. İstanbu l Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Lisans Bitirme Tezi

Yazman, M. ve Çokuğraş, R., 1983. Adapazarı, Kandıra, Düzce ve Akçakoca yerleşme merkezleri ile sınırlı alanın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. TPAO Rapor No: 1747 (yayımlanmamış).

Topuk Plütonu Batısının Jeolojik, Petrografik Özellikleri Ve Radyoaktivite Açısından Kullanılabilirliği Kb Anadolu, Bursa

Geology And Petrography Of The Western Part Of Topuk Pluton And Usability Of It In Terms Of Radioactivity NW Anatolia, Bursa

Y. Gerzeli, S. Mercan, D. O. Sarıyar
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Topuk plütonu ve yöre kayaçların jeolojik ve petrografik özellikleri incelenmiş ve plütonun radyoaktivite açısından kullanılabilirliği irdelenmiştir. Topuk plütonu, Orta Eosen'de temel kayalarının içine intrüzif bir şekilde yerleşmiş sığ bir sokulumdur. Topuk plütonunun radyoaktivite özelliklerini belirlemek amacıyla plütona ait örneklerde kanserojen etkiye sahip olan radon elementinin ürünleri olan ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K aktivite değerleri kullanılmıştır. Radyoaktivite indislerini belirleyebilmek için ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K aktivite parametreleri kullanılarak çeşitli matematiksel hesaplamalar ile incelenen numunelerin harici gama indeksi, alfa radyasyon maruziyeti, emilen gama doz oranı ve gama radyasyonuna bağlı efektif doz oranındaki artış miktarı belirlenmiştir. Konu ile ilgili diğer araştırmacıların da kullanabilmesi amacı ile Phyton programlama dili kullanılarak incelenen örneklerin harici gama indeksi, alfa radyasyon maruziyeti, emilen gama doz oranı ve gama radyasyonuna bağlı efektif doz oranındaki artış miktarı değerlerinin kolaylıkla hesaplanabileceği bir kod yazılmış ve çalıştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler: plüton; gama aktivitesi; intrüzyon; alfa radyasyonu

ABSTRACT The geologic and petrographic properties of Topuk Pluton and the country rocks were examined and the usability of the pluton in terms of natural radioactivity levels was studied. Topuk pluton is a shallow level intrusion that emplaced into the basement rocks in In order to investigate the natural radioactivity characteristics of Topuk pluton, the ^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K activity values are used on the samples taken from the pluton, which are products of radon element that has carcinogenic effects. Gamma and alpha rays created by these isotope elements cause radon exposure, which creates a hazard on human health. In order to find out the radioactivity indexes, ^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K activity parameters were used in calculations; and external gamma index, alpha radiation exposure, absorbed dosage of gamma and increase in the effective dose ratio in relation to gamma radiation were all identified. A code is written in Phyton programming language, to make the calculations of external gamma index, alpha radiation exposure, absorbed gamma dosage ratio and effective dosage ratio increase in relation with gamma radiation more convenient and easy for different researchers and individuals.
Keywords: pluton; gama activity; intrusion; alpha radiation

1 GİRİŞ

Yapılan çalışmada Orhaneli (Bursa) kuzeyindeki Topuk Köyü ve çevresinde bulunan Topuk plütonu batı kısmının saha, petrografik, yapısal ve radyoaktif özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı Topuk plütonu ve çevresinin saha, petrografik ve yapısal özelliklerinden faydalanarak jeolojik evrimini ortaya koymak, aynı zamanda granitik kayaçların radyoaktif bozunum türü olan radon soygazı oranının aşırılığının jeokimya yöntemleri ile incelenmesi ve radyoaktiviteyle ilişkilendirilerek değerlendirilmesidir.

Topuk Köyü ve çevresinde yaklaşık 110 km^2'lik bir inceleme alanı içinde Topuk Plütonu (batı kısımı), hipabisal kayaçlar ve temel kayaları mostra vermektedir. "Temel Kayaları", başlıca üç birimden oluşmaktadır. Bunlar "Kocasu Formasyonu", "İnönü Mermeri" ve "Orhaneli Ofiyoliti" dir. Mavişist metamorfiklerinin bir üyesi olan Kocasu formasyonu inceleme alanındaki temel kayalarının görünür tabanını oluşturmaktadır. Çalışma alanında, Kocasu formasyonunun üzerine gelen mermer serisi İnönü mermeri olarak adlanmıştır (Servais, 1982). İnönü mermeri Orhaneli ofiyoliti ile tektonik olarak (bindirme) üzerlenmektedir. Topuk köyü kuzeyi, güneyi ve doğusunda mostra veren Orhaneli Ofiyoliti peridotit, piroksenit ve serpantinitlerden oluşur. Çalışma alanında, Orhaneli ofiyoliti içinde en geniş alanı kaplayan peridotitlerdir. Peridotitler ayrıca genellikle krom bantları içermektedir.

Topuk plütonu, Topuk granodiyoriti,aplit daykları ve mafik mikrogranüler anklavlardan oluşmaktadır. Topuk plütonu Orhaneli Ofiyoliti ile İnönü mermerinin içine intrüsif olarak yerleşmiştir. Plütonun zirkon SHRIMP yaşı 48.71±0.44 olarak belirlenmiştir (Altunkaynak vd. 2012a). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre Topuk plütonu Orta Eosen yaşlıdır.

2 PETROGRAFİ

Topuk Köyü civarından alınan örneklerden İTÜ Maden Fakültesi ince kesit atölyesinde ince kesitler hazırlanmıştır. Yapılan kesitler üzerinden yapılan optik mikroskop çalışmaları İTÜ Maden Fakültesi Mehmet Kemal Dedeman Optik Mineraloji laboratuvarında Leica marka DM 750P model polarizan mikroskop kullanılarak yapılmıştır. İnceleme alanında 3 ana kaya grubu vardır. Bunlar temel kayaları, magmatik kayalar ve alüvyondur. Petrografi çalışmaları temel kayaları ve magmatik kayaçlar üzerinde yapılmıştır. Temel kayalarını oluşturan birimler Kocasu Formasyonu, İnönü Mermeri ve Orhaneli Ofiyoliti'dir. Yapılan petrografik çalışmalar mavişist fasiyesinde metamorfizmanın ürünü olan Kocasu Formasyonu'na ait örneklerin; Klorit+Albit+Epidot+Glokofan mineral parajenezi sergilediğini göstermektedir. İnönü mermeri ise Kalsit+Dolomit mineral parajenezindedir. Orhaneli Ofiyoliti'nde peridotit ve serpantinit kayaları bulunmaktadır. Peridotitler, modal analiz sonuçlarına göre ortalama %50-55 olivin, %20-25 ortopiroksen, %10-15 klinopiroksen, %5-10 krom minerali içermektedir. Orhaneli Ofiyoliti'nin bir üyesi olan serpantinit kayacı incelenen örneklerde modal olarak %65-70 serpantin, %20-25 krom, %3-10 olivin ve %2-5 piroksenden oluşur, yer yer manyezit damarları ve kromlu seviyeler içerir. Topuk plütonu petrografik olarak 3 alt gruba ayrılarak incelenmiştir. Bunlar Topuk granodiyoriti (ana kaya), mafik mikrogranüler anklavlar ve aplit dayklarıdır. Topuk granodiyoritinin ana gövdesi holokristalen dokuya sahip olup %40-50 plajiyoklas, %28-33 kuvars, %13-20 alkali feldispat, %5-10 biyotit ve %4-9 hornblend bileşimindedir. İncelenen örnekler genellikle porfirik yer yer granüler dokuya sahiptir. Nadiren içinde grafik doku görülebilmektedir. Topuk plütonu mafik anklavlar içermektedir.

Modal analize göre anklavlar diyorit ve kuvars diyorit bileşimindedir. Diyoritler %60-65 plajiyoklas, %22-26 hornblend, %14-20 biyotit içerir. Kuvars diyoritler %55-60 plajiyoklas, % 18-24 hornblend, %12-16 biyotit ve %8-10 kuvars içermektedir. Holokristalen mikrogranüler ve yer yer porfirik doku sergiler. Porfirik dokuyu plajiyoklas ve hornblend kristalleri oluşturmaktadır.

Aplit daykları yaklaşık eşit miktarda kuvars, alkali feldspat, plajiyoklas içermektedir. Mikrogranüler doku sergiler.

Hipabisal kayaçlar granodiyorit bileşimindedir. Mikrokristalen porfirik dokudur. Bu nedenle granodiyorit porfir olarak adlandırılmışlardır. Bu kayaçların mineral bileşimi %40-45 plajiyoklas, %30-35 kuvars, %15-22 alkali feldispat, %3-8 biyotit ve %2-7 hornblend bileşimindedir.

3 TASARIM

3.1 Doğal Radyoaktif Özelliklerin İncelenmesi

Plütonik, volkanik ve metamorfik kayaçlar gibi birçok doğal malzeme, yapay malzemelerde olduğu gibi farklı konsantrasyonlarda Ra, Th, ve K (Radyum, Toryum, Potasyum) içermektedir. Çalışma alanında bulunan Topuk plütonu da belirli oranlarda Ra, Th ve K değerlerine sahip çeşitli mineraller bulunmaktadır (Tablo 3.1). Radyoaktivite özellikleri belirlemek amacıyla plütona ait örneklerde kanserojen etkiye sahip olan radon elementinin çürüme ürünleri olan 226Ra, 232Th ve 40K aktivite değerleri kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Örneklerin mineral bileşimleri

Örnekler	Mineral içerikleri
1	Plajiyoklas, Kuvars, K-feldspat, Hornblend, Biyotit, Zirkon, Apatit, Klorit, Epidot, Opak mineraller
2	Plajiyoklas, Kuvars, K-feldspat, Hornblend, Biyotit, Zirkon, Apatit, Klorit, Epidot, Opak mineraller

3.2 Gama Işını Spektroskopisi

Doğal radyoaktivite seviyeleri için ölçümlerin belirlendiği bir yöntem biçimidir. Bu yöntemde, bakır kaplı kurşun koruyucu detektöre ve HPGe koaksiyel n-tipi germanyum dedektörüne sahip entegre dijital gama spektrometresi kullanılmıştır. Örnekler standart dedektörün üstünde sayılmış ve sayma süreleri 15 ile 24 saat arasında ayarlanmıştır.

Kaynaktaki radyonüklid enerjileri için, tam enerjili zirve verimliliğinin tespiti aşağıdaki formül ile saptanmaktadır.

$$\varepsilon = N_p / t_m.A.\gamma \qquad (3.1)$$

ε : tam enerjili zirve verimliliği,
N_p : net fotopak sayısı,
T_m : ölçüm zamanı,
γ : gama emisyon olasılığı,
A : gama emisyon oranını ifade eder.

Topuk plütonu örneklerinin ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K sonuçları aşağıdaki tabloda verilmektedir (Tablo 3.2). Laboratuvardan alınan bu değerler, harici gama indeksi, alfa radyasyon maruziyeti, emilen gama doz oranı ve gama radyasyonuna bağlı efektif doz oranındaki artış miktarının belirlenmesi için kullanılmıştır.

Tablo 3.2 Örneklerin ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K aktivite değerleri

	^{226}Ra	^{226}Ra	^{232}Th	^{232}Th	^{40}K	^{40}K
	Aktivite (Bq/kg)	Belirsizl (%)	Aktivite (Bq/kg)	Belirsizl (%)	Aktivite (Bq/kg	Belirsi (%)
1	59.67	3.40	74.60	2.07	909.90	0.92
2	20.86	11.11	69.19	1.94	995.98	0.99

3.3 Harici Gama İndeksinin Belirlenmesi

Harici gama indeksi Radyum,Toryum ve Potasyum aktiviteleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

1 numaralı örnek için harici gama indeksi 0,87 ; 2 numaralı örnek için 0,74 olarak hesaplanmıştır.

3.4 Gama Radyasyonuna Bağlı Efektif Doz Oranındaki Artış Miktarı

Bulunan artış miktarı, “Avrupa Komisyonu” standartları ile kıyaslandığında, Topuk plütonu örneklerinin kullanılması

durumundaki maruziyetin ortaya çıkmasında yardımcı olur.

1 numaralı örnek için,

$$H_{ext}\,(mSv.y^{-1}) = 10^{-6}.(0,7.40,09.7000)$$

$$H_{ext}\,(mSv.y^{-1}) = 0,19$$

olarak hesaplanmıştır.

2 numaralı örnek için,

$$H_{ext}\,(mSv.y^{-1}) = 10^{-6}.(0,7.33,54.7000)$$

$$H_{ext}\,(mSv.y^{-1}) = 0,16$$

olarak hesaplanmıştır.

İşlemler sonucunda Topuk plütonuna ait örneklerin Radyoaktivite indisleri belirlenmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Örneklerin radyoaktivite indisleri

Örnekler	I_γ	I_α	H_{ext}
1	0,87	0,29	0,19
2	0,74	0,10	0,16

Radyoaktivite indisleri belirlenen Topuk Plütonu örnekleri, Avrupa Komisyonu "radon maruziyeti" kısıtlarına göre incelenmiştir.

Avrupa Komisyonu standartlarına göre ;

$I_\gamma > 6$ olan örneklerin kullanımı kısıtlanmalıdır.

$I_\alpha \leq 1$ ve $H_{ext} < 1.6\ mSv$ olan örnekler radon maruziyeti açısından bir tehlike teşkil etmemektedir.

Sonuç olarak uluslararası standartlar ve yönetmelikler göz önüne alındığında, 1 ve 2 no'lu örneklerin radyoaktivite açısından sağlık riski taşımadığı ve yapı malzemesi olarak kullanıldığı taktirde insan sağlığı açısından zararlı olmadığı ortaya konmuştur.

4 . SONUÇLAR

Magmatik kayaların granodiyorit, aplogranit, mafik mikrogranüler anklav ve aplit dayklarından oluştuğu tespit edilmiştir. Jeoloji haritası ve yapısal veriler kullanılarak, bölgenin yapısal evrimi belirlenmiştir. Bu veriler, Orta Eosen'den sonra bölgede KKD-GGB yönlü bir genişleme olduğunu düşündürmektedir. Topuk plütonu örnekleri, radon soygazı aşırılığını tespit etmek amacıyla radyoaktif açıdan incelenmiştir. İnsan sağlığı açısından risklerini belirlemek için bu örneklerin radyoaktivite indeksleri kullanılarak harici gama indeksi, alfa radyasyon maruziyeti, emilen gama doz oranı, gama radyasyonuna bağlı efektif doz oranındaki artış hesaplanmıştır. Uluslararası standartlar göz önüne alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, Topuk plütonunun radyoaktivite açısından sağlık riski taşımadığı ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yapılan tez çalışmasında tezin her aşamasında sabırla, anlayışla, tüm tecrübe ve bilgileriyle bize yol gösteren danışmanımız **Prof. Dr. Şafak ALTUNKAYNAK**'a en içten saygı ve teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Altunkaynak, Ş., 2007, *Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia,* Turkey. Journal of Geology vol: 115, no:1, 63-82

Okay, A.i. and Satır, M., 2006**,** *Geochronology of Eocene plutonism and metamorphism in northwest Turkey,* evidence for a possible magmatic arc Geodinamica Acta, 19, 251-266

Örgün, Y., Aykol, A., 1998**.** *Topuk-Göynükbelen sokulumunun mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, Bursa-Orhaneli, KB Anadolu,* Yerbilimleri (Geosound), No. 30, s. 665-679

Çınarcık-Esenköy Bölgesinin Jeolojisi ve Bölgenin Depremselliği
Geology of Çınarcık-Esenköy Region and Region's Seismicity

T. Duzman, A. Okay
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Bitirme Tasarım Projesi kapsamında Çınarcık ilçesinin jeolojisi ve bölgenin depremselliği araştırılmıştır. Arazi çalışmaları Ağustos 2016 yılında tamamlanmıştır. Arazi çalışmalarının sonucunda, 1/25000 ölçekli harita hazırlanmıştır. Arazi çalışmalarından sonra, laboratuvar ve ofis çalışmaları yapılmıştır. Arazi gözlemlerine dayanarak, bölgenin stratigrafisi, yapısal jeolojisi ve jeolojik evrimi yorumlanmıştır. Araştırmalar bölgede yedi farklı jeolojik birimin mostra verdiğini göstermektedir. Bunlar; Pamukova metamorfik kayacı, İznik metamorfik kayacı, Esenköy graniti, Kızderbent volkanik kayacı, Kocadere karasal konglomerası, İncebel flişi ve alüvyonlardır. Araziden alınan örneklerden ince kesitler hazırlanmış ve mikroskop altında incelenmiştir. Bölgenin depremselliği üç ana başlık altında mühendislik jeolojisi kapsamında çalışılmıştır. Bunlar; çalışma alanının neotektonik özellikleri, geçmiş depremler ve sismik tehlikeler ve risk analizidir.
Anahtar kelimeler: Çınarcık, jeoloji, stratigrafi, mühendislik.

ABSTRACT Within the graduation design project of Istanbul Technical University, Mining Faculty, Geological Engineering Department, geology of Çınarcık district and seismicity of the region was investigated. Field studies were completed in August 2016. As a result of the studies, 1/25000 scaled geological map was prepared. After the field studies, laboratory and office studies were made. Stratigraphy, structural geology and geological evolution of the region were interpreted based on field observations. Investigations revealed that there are seven different geological unit crop out in the study area. These are; Pamukova metamorphic rock, İznik metamorphic rock, Esenköy granitoid, Kızderbent volcanic rock, Kocadere continental conglomerate, İncebel flysch and alluvium. Thin sections were prepared with samples taken in the field and were examined under a microscope. Seismicity of the region was studied within the scope of engineering geology under the three main topic. These are; neotectonic features of the study field, previous earthquakes and seismic hazards and risk assessment.
Keywords: Çınarcık, geology, stratigraphy, engineering.

1 INTRODUCTION

This thesis study is designed for undergraduate degree of Geological Engineering Department in the Istanbul Technical University. The thesis study is completed under supervision of Prof. Dr. Aral Okay. The study field is located at

Çınarcık district and surroundings on Armutlu Peninsula in the Marmara region of Turkey. The thesis is mainly concerned about petrography, stratigraphy, structural geology, geological evolution and seismicity of the study field. The study area covers approximately 70 km^2; it is covered by heavy vegetation and is rugged. Sedimentary, magmatic and metamorphic rocks were observed in the field. The aim of the study is construct the geological map, define the contact between different lithology and prepare geological evolution of the area based on field observations. A 1/25000 scaled geological map is constructed as a result of 30 day field study with 150 different observation points. Seismicity of the region was studied within the scope of engineering geology under the three main topic. These are; neotectonic features of the study field, previous earthquakes and seismic hazards and risk assessments.

Field works were done by using G22d1, G21c2, G21c3 and G21c3 topographic maps, Silva geological compass, geological hammer, GPS, loupe, field notebook and a camera were used in the field. Field notebook is rewritten to an excel worksheet day by day during the field work to prevent any data loss. Thin sections which were created by using the rock samples taken during field works were analyzed using polarized microscope in laboratory works.

This thesis study consists of six main sections;

1 – Introduction (Aim of the Study, Methodology and Previous Studies)
2 – Stratigraphy and Petrography
3 – Structural Geology and Tectonic
4 – Engineering Geology
5 – Geological Evolution
6 – Conclusion

2 STRATIGRAPHY AND PETROGRAPHY

There are seven different unit in the study area (Figure 2.2). These are Pamukova metamorphic rock, İznik metamorphic rock, Esenköy granitoid, Kızderbent volcanic rock, Kocadere continental conglomerate, İncebel flysch and alluvium. Lithological features, contact relationships and age of all units that crop out in the study area will be explained in detail under this topic.

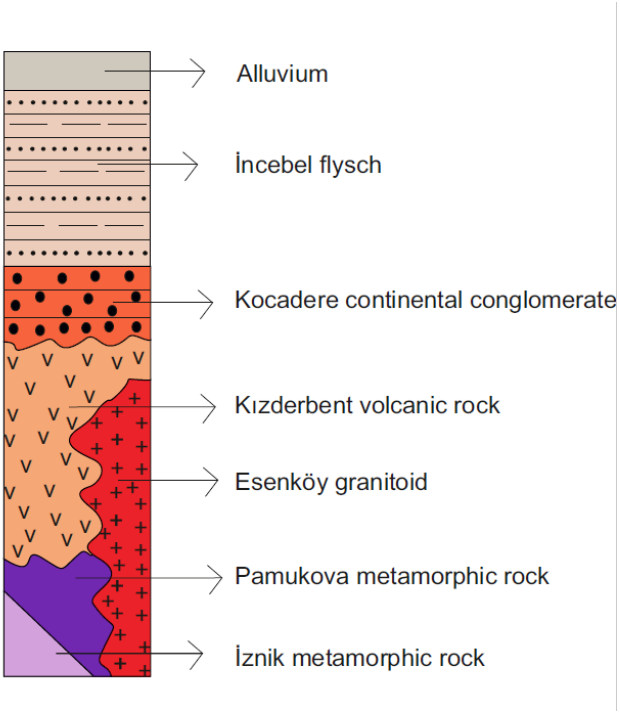


Figure 2.2. Stratigraphic section of the study area.

2.1 Pamukova Metamorphic Rock

According to literature, high grade metamorphic rock in the study area named as Pamukova metamorphic rock (Göncüoğlu et al, 1992). These high grade rocks consist of banded amphibolites cut by often quartz veins. Amphibolite is composed of dark green hornblende and plagioclase. This metamorphic mineral assemblage belongs to low amphibolite facies which indicates that they have been metamorphosed under relatively high temperature (~ 600 °C) and high pressure (~ 8 k bar) conditions.

2.2 İznik Metamorphic Rock

The low grade metamorphic rocks, which can be seen in the western sections of the study field named as İznik metamorphic rock (Göncüoğlu et al., 1992). They are composed of metabasite, phyllite, marble and quartzite. These rocks are metamorphosed in green schist facies (Akartuna, 1968). Marble

and quartzite crop out over a very limited area in the study region.

2.3 Kızderbent Volcanic Association

Volcanic units covering a large area in the Armutlu Peninsula is named as Kızderbent volcanic association (Genç and Yılmaz, 1997). In the study area, these rocks lie in roughly E-W trend and can be observed around the Kocadere, Teşvikiye, Şenköy and Esenköy villages. Kızderbent volcanic association are composed of basalts, andesite, dacite, agglomerate and very fine grained volcanic rock.

2.4 Esenköy Granitoid

In literature, this granite named as Fıstıklı Granite (Göncüoğlu et al., 1992). Fıstıklı Granite shows outcrops in two sections in the Peninsula, one is near Fıstıklı Village, other one is near Esenköy Village. The one around the Esenköy village is called here as an Esenköy granitoid. Esenköy granitoid lies at the southern Esenköy Region, showing NE-SW trend. It is very easy to recognize the granite in field because of its light pinkish color, large crystals and durability. It consists large biotite crystals.

2.5 Kocadere Continental Conglomerate

This unit covers up the smallest area in the field and can be seen in northwest of Kocadere village. It lies NE-SW direction and can be identified easily in the field by its reddish colour (Figure 2.18). It show lensoid bedding and cross-bedding characteristic for fluviatile deposition. Continental conglomerate is composed of well-rounded and poorly sorted grains and these grains contain carbonate called caliche. Rounded shape of grains reflect long distance transportation.

2.6 İncebel Flysch

This unit starts to crop out in the vicinity of Kocadere village and it ends around Esenköy village which is located along the coast approximately 10 km as a lateral continuity. This unit named as İncebel flysch (Göncüoğlu et al., 1992). Incebel flysch formed in deep sea environment. Incebel flysch in the area studied consist of an intercalation of sandstone, mudstone and shale. Bedding planes observed clearly in flysch sequence and thickness of this bedding planes vary between 10 cm and 1 m based on field observations.

2.7 Alluvium

Current alluvial deposits are observed in the Çınarcık county town. It is formed as alluvial fan in shoreline of the west side of the Esenköy village. Grain size of the alluvium varying from fine sand to cobble. Alluviums is distinguished easily from their loose, unconsolidated structure and lack of bedding.

3 STRUCTURAL GEOLOGY

There are many bedding and fold structure mostly in sedimentary units, resulting in sedimentation, deformations and tectonic activities in the study area. There are a lot of measurements of dip direction and dip angle from Incebel flysch. Stereographic projection was prepared to understand the trend of dip direction of Incebel flysch. As a result of the stereographic projection study, the general dip direction was determined as not only north but also south direction (Figure 3.1). Most of the shoreline dip direction measurements are south-trending but measurements of inner part of the flysch outcrop are north-trending. These findings revealed that İncebel flysch was formed large scale anticline in the study area.

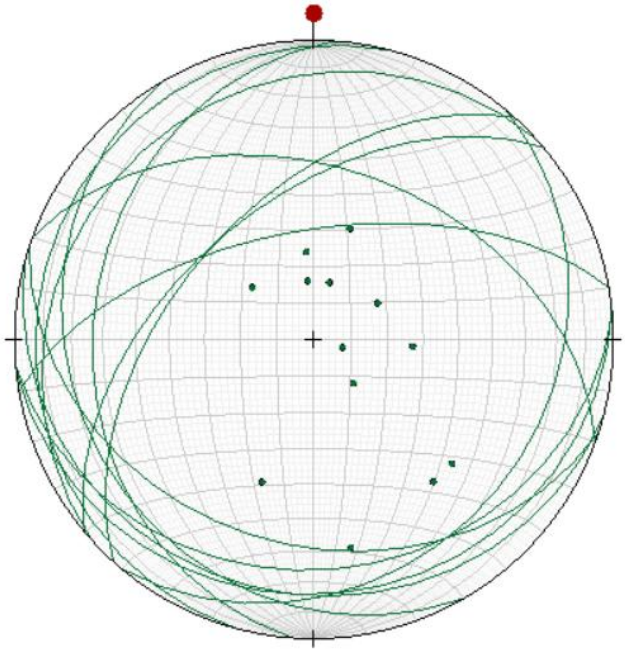


Figure 3.1. Graphic show that stereographic projection of dip direction and dip angle of Incebel Flysch succession.

4 ENGINEERING GEOLOGY

Under this topic seismicity of the study area and surrounding will be explained in detail. The Armutlu region has a very complicated tectonic structure. Due to the active tectonic features of this region, a lot of earthquakes have been recorded by the network. Seismicity of the Armutlu Peninsula will be examined under three main topic. These are;

1-) Neotectonic Feature of the Study Area
2-) Previous Earthquakes
3-) Seismic Hazard and Risk Assessment

5 CONCLUSION

Main purposes of this graduation thesis is understand the petrography, stratigraphy geological evolution, structural geology and seismicity of the study area based on field observations and thin section analysis. As a result of 30 days field trip, 1/25000 scaled geological map was prepared. Hand samples were taken from all different geological units in the study area and thin sections were prepared from these hand samples. Petrographical features and textures were explained in detail based on thin section analysis. Geological evolution of the study area was explained. In the light of all these studies, 7 different unit have been determined in the study area. These are from oldest to youngest; Pamukova metamorphic rock, İznik metamorphic rock, Incebel flysch, Kızderbent volcanic association, Esenköy granitoid, Kocadere continental conglomerate and alluvium. Stratigraphic section of the study area was prepared but all contact relationships could not observed in the study area. Thus, stratigraphic section was prepared using literature information. As an engineering study, seismicity of Armutlu Peninsula were explained in detail under three main topic. These are; neotectonic features of the study area, previous earthquakes and seismic hazards and risk assessment.

REFERENCES

Akartuna, M., 1968. Armutlu yarımadasının jeolojisi. İ.Ü.F.F. Monografi, 20, 120 p.

Genç, Ş. C., & Yılmaz, Y., 1997. An Example of the Post-collisional Magmatism in Northwestern Anatolia: the Kızderbent Volcanics (Armutlu Peninsula, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences, 6*(1997), 33-42.

Göncüoğlu, M. C., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ., & Ürgün, B. M., 1992. Introduction to the geology of Armutlu Peninsula. ISGB-92, Guide Book, pp.26-36. Ankara-Turkey.

Gelibolu-Bolayır ve Çevresinin Genel Jeolojisi ve Bolayır Mevkisinden Geçebilecek Kanal Fikir Projesinin Mühendislik İncelemesi

General Geology of the Gelibolu-Bolayır around and Engineering Survey on an Idea Project about a Canal Which Can Be Settled on Bolayır around

A. Akın, M. Ayar, T. Arık, C. Yaltırak
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, İstanbul

ÖZET
Türkiye'nin jeopolitik konumunu güçlendiren en önemli özelliklerden biri sahip olduğu boğazlardır. Bu boğazlarda mevcut konumlarından ve şekillerinden dolayı akıntı enerjisinin güçlü olduğu bilinmektedir. Akıntı gücünün daha yüksek olduğu Çanakkale Boğazı dikkate alınarak bu alanda hidrolik enerji üretiminin gerçekleşmesi fikri ortaya atılmıştır. Çanakkale Boğazı'nın belirtilen enerji potansiyelinden yararlanmak için deniz yolu trafiğinin bir başka yoldan sağlanarak boğazın bypass edilmesi gerekir. Bu sebeple alternatif bir kanal fikir projesi doğmuştur. Bu amaçla Bolayır ve çevresinde saha çalışmaları ile bölgenin litolojisi incelenip genel jeoloji haritası yapılmıştır. Genel jeoloji ve topografya haritası göz önüne alınarak alternatif bir kanalın olası geçebileceği bir yer belirlenmiş ve bu hattın jeolojik açıdan özellikleri belirtilmiştir. Bu kanal fikir projesi ile hem boğaz trafiğini kaldırmaya hem de boğazdaki akıntı enerjisinin kullanılabilirliğine ışık tutulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Çanakkale Boğazı, Bolayır'ın genel jeolojisi, alternatif kanal, akıntı enerjisi

ABSTRACT
One of the most valuable features of the Turkey is their straits which play an important role in geopolitical position of Turkey. In the straits; Bosphorus and Dardanelles, it is well known fact that their flow energy is very strong. Dardanelles Strait which has more flow energy can be used as a hydraulic energy central. In order to take advantage of the flow energy of the strait, the maritime traffic on the strait has to be bypass with an alternative canal. For this purpose, the general geological map of the Bolayır around has done with field studies. Based on general geologic and topographic map of the area, the possible canal route is determined. The canal is an idea project that aims both removing the maritime traffic on the strait and making the strait available as a hydraulic energy central.
Keywords: Dardanelles Strait, general geology of Bolayır, a alternative canal, flow energy

1 GİRİŞ

1.1 Amaç

Yapılan çalışma, Bolayır ve çevresindeki 125 km2'lik bölgenin (Şekil 1.2) jeoloji haritasının yapılması, bunun kapsamında stratigrafik, petrografik, yapısal ve tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılması ve bölgenin evrimine ulaşılması için gerçekleşmiştir. Bu bilgiler ışığında mühendislik tasarım projesi olarak düşünülen Kanal'ın ön fizibilite çalışmasının hazırlanması hedeflenmiştir.

1.2 Çalışmalarda kullanılan yöntem ve araçlar

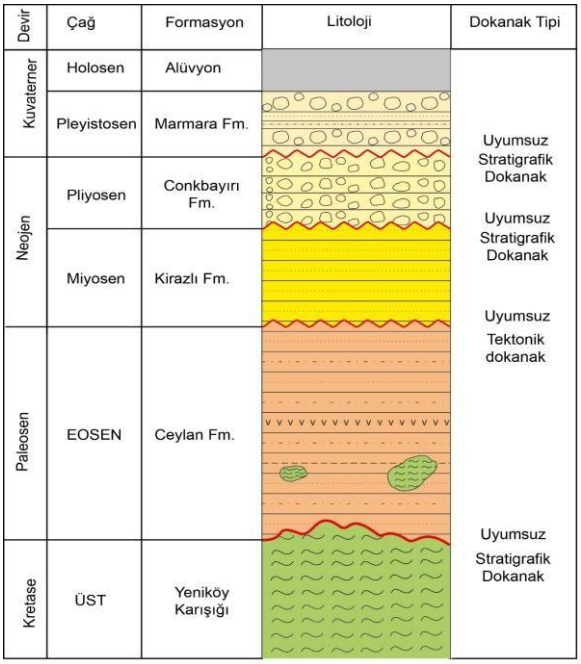
Genel jeoloji haritasının yapılması için 2017 Eylül ayında saha çalışması gerçekleştirildi. Saha çalışması boyunca jeolojik ekipman olarak çekiç, lup, GPS uygulamaları, Silva tipi pusula, HCL asit, GeoCompass adlı akıllı telefon uygulaması ve tablet üzerinden elektronik haritalar, saha defteri kullanıldı. İncelenen mostralar deftere ve elektronik ortama not edildi. Araziden farklı lokasyonlardan ve farklı kayaçlardan alınan numunelerden İ.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümüne ait ince kesit laboratuvarında 29 adet ince kesit hazırlandı. Hazırlanan ince kesitler optik mikroskop altında incelenerek mineralojik ve doku özellikleri incelenip hangi ortamlarda oluşmuş olabilecekleri yorumlandı. Saha ve petrografik çalışmalar ışığında ArcGIS 10.3, CorelDrawX8, Google Earth Pro 2018, Global Mapper 16, Envi 5.1 programları kullanılarak bölgenin genel jeoloji haritası ve stratigrafisi oluşturuldu.

Çalışmanın mühendislik kısmında, Çanakkale boğazına alternatif bir kanalın geçebileceği olası bir hat belirlenmiş ve Çanakkale'den geçen gemilerin boyutları dikkate alınarak kanalın genişliği ve derinliği belirlenmiştir. Kanal hattı boyunca kazılacak farklı birimlerin (kayaçların) hacimleri ve maliyetleri hesaplanmıştır. Kazılacak birimlere ait fiziksel özellikler deneyi İ.T.Ü Jeoloji Mühendisliği, Kaya Mekaniği Laboratuvarında TS 699 standartlarına uygun bir şekilde yapılmıştır. Kanal hattı, kanalın boyutları, verilecek şev eğimleri, kazılacak birimler ve hacimleri Global Mapper 16, AutoCad Civil 3D 2016, SketchUp Pro 2018, Microsoft Office 2016, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator programları kullanılarak çizilmiştir. Ayrıca, kanalın yapılması durumunda karayolu bağlantısı için köprü önerilmiş ve geçeceği yer topoğrafik özellikler göz önünde bulundurularak Global Mapper 16'da çizilmiştir.

2 GENEL JEOLOJİ

2.1 Stratigrafi

Çalışma alanında, Rodop-Pontid İç Okyanusu'nun kuzeye dalması sebebiyle oluşan Kretase yaşlı ofiyolitik melanj ve Trakya Havzası'nın Paleosen'den Kuvaterner'e ait sedimanter istifleri yüzeylenmektedir (Şekil 2.1).



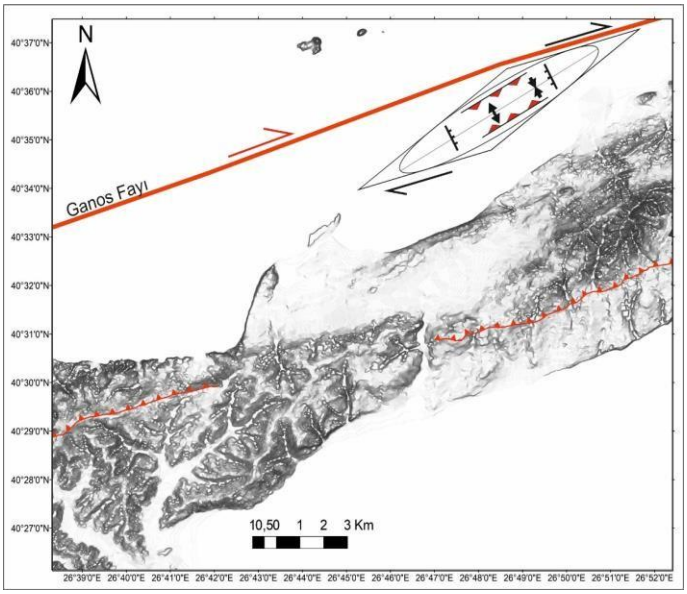
Şekil 2.1 Çalışılan alanın basitleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti

Bölgedeki en yaşlı birim, aynı zamanda temeli oluşturan, mavişist fasiyesi kayaları içeren, serpantinit, kırmızı ve gri kireçtaşları, dolerit gibi farklı kayalar içeren Kretase yaşlı Yeniköy Karışığı'dır (Saner, 1985; Okay ve diğ., 1990). Bu birimi, farklı bölgelerde Üst Lütesiyen yaşlı Soğucak Formasyonu üzerine uyumlu çökelen Ceylan Formasyonu üzerlemektedir (Yaltırak, 1995c). Aralarındaki ilişki tektoniktir. Oligosen sonunda yaşanan yükselme ve aşınma evresinden sonra Miyosen birimleri

çökelmiştir ve bu çökeller Eosen birimleri ile yer yer paralel yer yer açısal uyumsuzdur (Siyako ve diğ., 1989). Gazhanedere Formasyonu menderesli ortamı, Kirazlı Formasyonu ise kumul ve plaj ortamını temsil etmektedir (Yaltırak, 1995c). Pliyosen yaşlı, bindirme fayı kontrolünde oluşan Conkbayırı Formasyonu ise diğer birimlerin üzerindedir ve uyumsuzlukla örtmektedir (Yaltırak, 1995a). Üst Pleyistosen yaşlı, bol fosilli çakıltaşı görünümünde teras morfolojisine sahip Marmara Formasyonu diğer birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Sakınç ve Yaltırak, 1997).

2.2 Yapısal jeoloji

Çalışılan bölge, Kuzey Anadolu Fayı Sistemi'nin batıdaki uzantısı olan Ganos Fayı'nın güneyinde kalmaktadır. Ganos Fayı, Arap Levhası'nın Avrasya Levhası'na Geç Miyosen'de çarpmaya başlamasıyla oluşan Kuzey Anadolu Fayı'nın batıya doğru ilerlemesiyle Pliyosen'de çalışmaya başlamıştır. Fay, sağ yanal atımlı bir harekete sahiptir. Bu hareket bölgenin bazı yerlerinde sıkışmaya bazı yerlerinde ise açılmaya neden olmaktadır. Örneğin fayın hareketiyle Ganos Dağı yükselirken, Saros Çukuru alçalmaktadır. Ganos Fayı'nın bölgede oluşturduğu deformasyonlar sonucu çıkartılan yamulma elipsoidi modeline göre (Şekil 2.2), KKB-GGD doğrultusunda bindirme fayları, KKB-GGD doğrultusunda ise normal faylar oluşmuştur (Yaltırak, 1996).



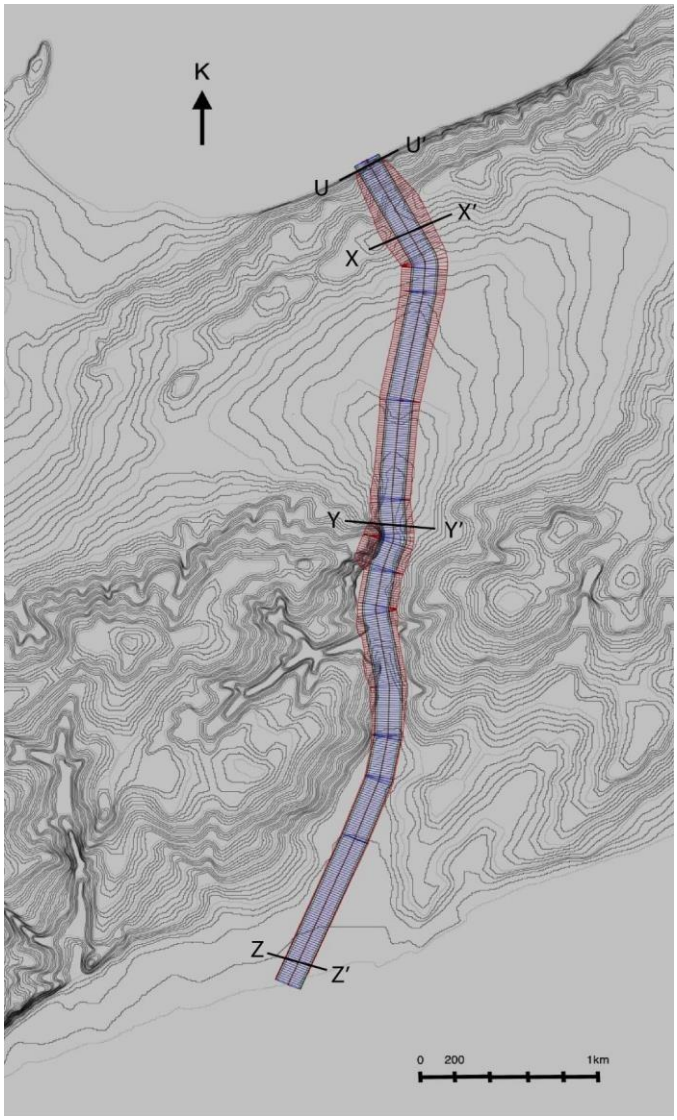
Şekil 2.2 Ganos Fayının oluşturduğu deformasyonun, yamulma elipsoidi modeli ile ilişkilendirilmesi (Yaltırak, 1996'dan değiştirilerek alınmıştır)

3 MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ: ALTERNATİF BİR KANAL FİKİR PROJESİ

Çanakkale Boğazı'nın akıntı enerji potansiyelinden yararlanmak için deniz yolu trafiğinin bir başka yoldan sağlanarak boğazın bypass edilmesi gerekir. Ege Denizi ile Marmara Denizi'ni birbirine bağlayacak, Gelibolu Yarımadası üzerinden geçmesi düşünülen Bolayır Kanalı fikir projesinin gerçekleştirilmesi halinde; Çanakkale Boğazının büyük gemi trafiği Bolayır Kanalı'na aktarılacak ve boğaz boyunca akıntının hızlı, verimliliğin yüksek olduğu bölgelerde (örneğin Çanakkale Boğazı'nın en dar yeri olan Nara Pasajı), su seviyesine yakın yerleştirilebilecek türbinler yardımıyla, yüksek miktarda yenilenebilir enerji üretmek mümkün hale gelecektir.

Kanal güzergâhının belirlenmesinde önemli rol oynayan faktörlerin başında kazılabilirlik ve toplam kazı hacmi gelmektedir. Kazılabilirliğin belirlenmesinde kazılacak jeolojik birimlerin fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekir. Toplam kazı hacmi ise kanal uzunluğu, derinliği, en

kesit alanı ve kanal doğrultusu boyunca arazi topoğrafik yükseltilerinin bileşeni olacak biçimde hesaplanır. Kanal kotunun -25 metre derinlikte olacağı düşünülürse kıyı bölgelerinde kazı çalışmalarının denizin içinde devam etmesi gerekir. Denizin içinde kazılması gereken malzeme hacminin hesaplanmasında batimetrik verilerden yararlanılır. Bu veriler göz önünde bulundurularak şev eğimi 30^{o}C alınarak tasarlanmış kanalın 2 boyutlu hali aşağıda gösterilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 AutoDesk Civil 3D programında hazırlanmış kanalın topoğrafik yüzey üzerindeki modeli

SONUÇLAR

Yapılması planlanan kanalın güzergâhı; topoğrafya verilerinden hesaplanan kazı hacmi, birimlerin mühendislik özelliklerine bağlı kazılabilirlik ve yerleşim alanları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Kanalın boyutları ise Türk Boğazları Deniz Trafiği Düzeni Tüzüğü, modern gemi boyutları ve dünya üzerinde açılmış mevcut kanallar baz alınarak, 200 metre genişlik ve 25 metre derinlik olarak 67 hesaplanmıştır. Kanal güzergâhı boyunca zeminler, kazılabilirlik özelliklerine göre; toprak, küskülük, yumuşak kaya ve sert kaya olarak **4** gruba ayrılmıştır. Bu sınıflandırma sonucunda farklı kanal kesitleri ve şev duraylılığı kontrolleri yapılmıştır. Modellemelere göre yapılan hesaplamalarda kazı hacmi 74,187,192.06 m3 olarak bulunmuştur. Birim kazı maliyetleri dikkate alındığında toplam maliyet 937,126,547 Türk Lirası'dır. Çıkarılan kazı malzemeleri liman dolgusunda, yol dolgularında ve beton agrega üretiminde kullanılabilir. Kanalın iki tarafını birbirine bağlayacak karayolu bağlantısı için; tünelin maliyeti ve stabilite problemleri dolayısıyla köprü yapımı önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Her şeyden önce, aklın ve bilimin önemini bize her fırsatta hatırlatan, akılcı yöntemleriyle bize yol gösteren Mustafa Kemal Atatürk'e sevgi ve saygılarımızı sunarız. Projenin fikir aşamasında bizlere rehberlik eden, arazi çalışmalarında ve tez yazım sürecinde eleştiri ve destekleriyle katkıda bulunan danışmanımız Prof. Dr. Cenk Yaltırak'a sonsuz teşekkürlerimizi sunarız. Tüm sorularımıza sabırla cevap veren, özellikle yazılım konusunda bizleri eğiten ve ilerlememizde büyük yardımları dokunan Arş. Gör. Murat Şahin'e teşekkürü borç biliriz. Petrografi konusunda bizleri aydınlatan ve sorularımızı geri çevirmeyen Dr. Gönenç Göçmengil'e teşekkür ederiz. Ayrıca, Prof. Dr. Aral I. Okay, Prof. Dr. Gültekin Topuz, Prof. Dr. Mehmet Sakınç, Doç. Dr. Gürsel Sunal ve Arş. Gör. Ali

Osman Yücel ve Ezgi Sağlam'a yardımları için minnettarız. İnce kesitlerin yapımında gösterdiği tolerans için Mehmet Ali Oral'a, laboratuvar deneylerindeki destekleri için teknisyen Yüksel Ilgar'a ayrıca teşekkür ederiz. Bolayır'daki arazi çalışmalarında kolaylıklar sağladığı için Bolayır Muhtarı Adem Can Bey'in katkısını anmak isteriz. Son olarak, bütün eğitim hayatımız boyunca bizlerin arkasında duran ve desteklerini her ne olursa olsun esirgemeyen sevgili Akın, Arık ve Ayar Ailelerine sonsuz teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR

Okay, A.I., Siyako, M. ve Bürkan, K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2 (1), 83-121.

Sakınç, M. ve Yaltırak, C., 2005. Messinian Crisis: What happened around the Northeastern Aegean?, *Marine Geology*, 221, 423-436.

Saner, S., 1985. Saros Körfezi dolayının çökelme istifleri ve tektonik yerleşimi, Kuzeydoğu Ege Denizi, Türkiye, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 1-10.

Siyako, M., Bürkan, K. ve Okay, A. I., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadaları'nın Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 1 (3), 183-200.

Yaltırak, C., 1995a. Gelibolu Yarımadası'nda Pliyo-Kuvaterner sedimantasyonunu denetleyen tektonik mekanizma, *Jeofizik*, 9/10, 103-106.

Yaltırak, C., 1995c. Gaziköy-Mürefte (Tekirdağ) arasının sedimanter ve tektonik özellikleri, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 6 (1), 93-112.

Yaltırak, C., 1996. Ganos Fay Sistemi'nin tektonik tarihi, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 8(1), 137-156.

Düzce Belediyesi Katı Atık Düzensiz Depolama Sahasının Su Kaynaklarına Etkisinin İncelenmesi ve İyileştirilmesine Yönelik Öneriler

Investigation and Improvement of the Solid Waste Irregular Disposal Sites in Düzce Province

H. Alan, E. İzmirli, N. Onaral
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde "Bitirme Tasarım Projesi" olarak yapılan bu çalışmada, Düzce İli'nde yer alan alan katı atık düzensiz depolama sahasının çevresel etkisinin belirlenmesi ve çevreye verdiği olumsuz etkilerin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bölgenin akifer özelliklerini değerlendirebilmek amacı ile hidrojeoloji haritası hazırlanmış, bölgedeki yer altı suyunun akış yönü ve akış hızı belirlenmiştir. İnceleme alanında yeraltısuyu kalitesini belirlemek için alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesiyle yeraltısularının içilebilirlik ve kullanılabilirlik özelliklerini belirlenmiş, Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD Tuzluluk Diyagramları hazırlanmıştır. Bu verilerin değerlendirilmesi sonucu katı atık depolama sahasının yüzey ve yeraltısularının ve çevreyi olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir.

İnceleme alanındaki olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması için vahşi depolama alanının jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve jeomekanik özelliklerini dikkate alan iyileştirme tasarımı (fikir projesi) önerilmiştir.

ABSTRACT This study has been prepared as senior project thesis to clarify environmental impacts of irregular solid waste disposal sites in Düzce in Istanbul Technical University. The temperature, evaporation and precipitation data of the last ten years are taken from Düzce Meteorological Station; the amount of rainfall in the basin, evaporation and water leaking into the ground were calculated using the Penman method. Considering the lithological and structural characteristics of the study area, it has been divided into environments with different hydrogeological properties according to the ground penetration and velocity of the flow of the units. In order to determine the groundwater quality in the study area chemical analysis results determined for potability and various usability purposes (Piper, Schoeller, Wilcox and US Salinity diagrams). The assessment of these data has determined that the resulting solid waste storage site affects surface and ground water and the environment in a negative way.

To remove these adverse effects in the study area, a remediation design (idea project) has been proposed that takes into account the geological, hydrological, hydrogeological and geomechanical properties of the wild storage area.

Keywords: Solid waste , Hydrogeology, Field rehabilitation

1 GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Yöntemleri

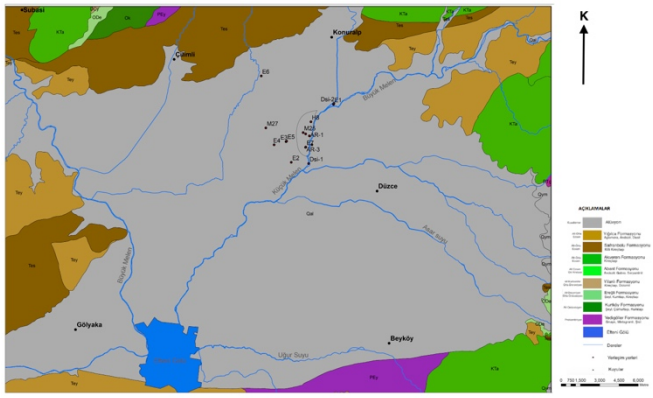
Yapılan çalışmada, İstanbul'a içme suyu temin edilmesi planlanan Melen Baraj Gölü Havzası'nda bulunan katı atık düzensiz depolama alanının hidrolojik ve hidrojeolojik incelemesi yapılması, kirleticinin yüzey ve yeraltısuyuna olan olumsuz etkilerinin belirlenmesi ve iyileştirilmesi için potansiyel çözümlerin bulunması amaçlanmıştır. Havzada yer alan yüzey ve yeraltısularının seviyeleri, T ℃ (sıcaklık), EC (elektrik iletkenliği, µs/cm), pH (hidrojen konsantrasyonu) parametreleri Mayıs-2017 ve Ekim-2017 aylarında yapılan saha çalışmaları esnasında ölçülmüştür. Laboratuvar aşamasında, Düzce ovasındaki yeraltısularının kimyasal içerikleri havzada yer alan kuyu ve araştırma çukurlarından alınan su örneklerinin kimyasal analizleri yapılmıştır.

1.2 Atık Miktarı

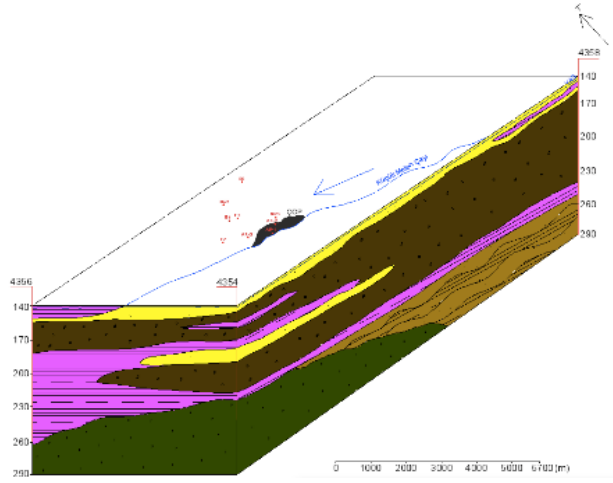
Düzce İli 2016 yılı çevre durum raporunda, bölgede kişi başına üretilen ortalama katı atık miktarının 1,05 kg/gün olduğu belirlenmiştir. İncelenen alanda nüfus etkisi de göz önüne alındığında günlük toplanan ortalama atık miktarının 172,5 ton olarak belirtilmiştir (ÇED, 2016).

2 GENEL JEOLOJİ

Bölgenin jeolojisini Batı Pontid Zonu ve Armutlu Almacık Arkotdağ Zonu olmak üzere iki temel zon oluşturmaktadır. Batı Pontid Zonu; sırasıyla Yedigöller, Kocatöngel, Kurtköy, Ereğli, Yılanlı, Çakraz, Yemişliçay, Akveren, Yığılca, Çaycuma ve Karapürçek formasyonudur. Bunlarında üzerinde ise Kuvartarner yaşlı genç çökeller yer almaktadır. Armutlu-Almacık Arkotdağ Zonu ise Abant formasyonu ve Safranbolu formasyonu'ndan oluşmaktadır (ÖZMEN 2000). Düzce havzasını dolduran ve çalışma alanının tamamını oluşturan genç çökellerin çakıl-kum-silt ve killerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (İTÜ, 2017)



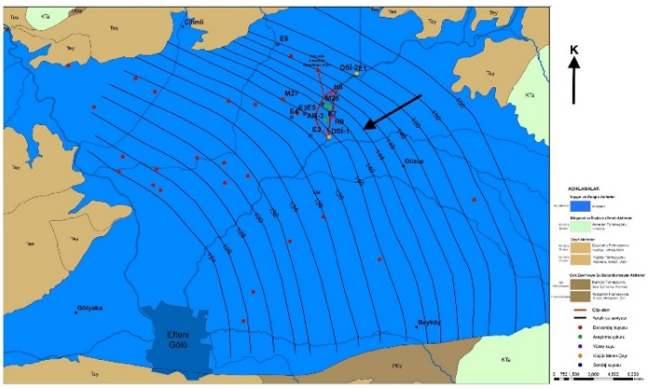
Şekil 2.2 Çalışma alanındaki sondaj verileri kullanılarak yapılmış üç boyutlu jeolojik kesit

3 HİDROLOJİ

Bölgenin su potansiyelini tespit etmek amacıyla bölgenin hidrolojik özellikleri hesaplanmıştır. Bu hidrolojik parametreleri hesaplama amacıyla Düzce-Meteoroloji istasyonundan alınan veriler kullanılmıştır. Bölgenin temel olarak yağış, sıcaklık, buharlaşma son on yılın verileri revize edilerek ayıklanmıştır. Böylece havzaya düşen ortalama yağış 746 mm, buharlaşma miktarı 534 mm ve akışa geçen su miktarı 212 mm olarak hesaplanmıştır

4 HİDROJEOLOJİ

Çalışma alanında bulunan tüm birimler jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerine göre Pekişmemiş Formasyonlar (Yaygın-Zengin akiferler) ve Pekişmiş Formasyonlar (Zayıf akiferler, Çok Zayıf akiferler) olmak üzere gruplara ayrılıp, değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Hidrojeoloji haritasından faydalanarak bölgedeki yeraltı suyu akış yönünün doğudan batıya olduğu görülmüştür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Çalışma alanı hidrojeoloji haritası (Mayıs, 2017)

5 HİDROJEOKİMYA

İnceleme alanında yeraltısularının kalitesini ve özellikle katı atık vahşi depolama alanından etkilenme derecesini belirlemek amacıyle alınan su örneklerinin hidrojeokimyasal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarından yeraltısularının Schoeller, Piper, Wilcox ve ABD Tuzluluk Diyagramları kullanılarak su sınıflaması yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçları göz önünde bulundurulduğunda ağır metaller açısından AR-1, E3, AR-3, M26, M27, M32 ve H6 nolu örneklerin içilemez özelliktedir. Sızıntı suyu olan ait H6 nolu örnek ABD Tuzluluk ve Wilcox Diyagramlarına göre kullanılamaz özelliktedir.

6 MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

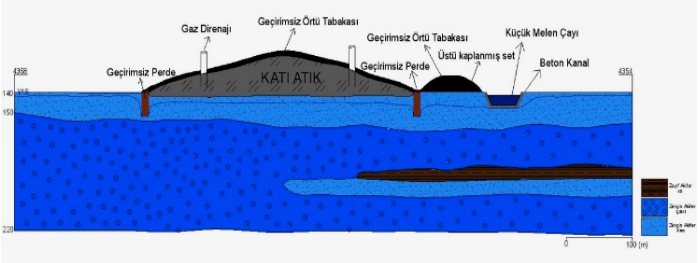
Mühendislik jeolojisi çalışmaları kapsamında katı atık düzensiz depolama alanının iyileştirme çalışmalarına yönelik incelemeler yapılmıştır. Bu kapsamda; katı atık vahşi döküm sahasının geometrik boyutları belirlenmiş, yüzey ve yeraltı jeolojisine açıklık getirmek amacıyla, ovadaki mevcut sondajlara ilave olarak arazideki kazı ve araştırma çukurlarında incelemelerde bulunulmuştur. Bu kapsamda üç adet araştırma çukuru açtırılarak zemin profilleri hazırlanmış, örselenmiş örnekler alınmış ve dane boyu dağılım (elek) analizleri yapılarak zeminler sınıflandırılmıştır. Çöplerin tabanında iyi derecelenmiş (GW) çakıllar bulunduğu ve yeraltısu seviyesinin 130 cm ölçülmüştür. Geçirimsiz kil tabakasının ise ulaşılabilir bir derinlikte olmadığı görülmüştür.

Şekil 6.1 Araştırma çukurlarının açılma aşaması

6.1 İyileştirme Yöntemleri

Vahşi yöntemle depolanan katı atıkların olumsuz etkisini ortadan kaldırabilmek için kesin çözüm olarak bölgeden düzenli bir depolama tesisine taşınması en güvenli bir çözüm olarak görülmektedir. Alternatif bir çözüm olarak ise yerinde iyileştirme yöntemi önerilmektedir. İyileştirme çalışmaları kapsamında öncelikle depolama sahasındaki katı atıkların olabildiğince dar bir alanda toplanması önerilmektedir. Bu dar alanda çöp yığının stabilite analizi yapılarak olabildiğince fazla atık

biriktirilmesi yoluna gidilmelidir. Vahşi depolama alanının tabanında geçirimsiz birimin çok derinde olması nedeniyle yeraltısuyu akımına karşı tamammen sızdırmaz bir perdenin oluşturulması mümkün görülmemektedir. Yeraltısuyu akımına karşı askıda (10m) bir sızdırmazlık perdesinin sızıntısuyu yayılımının engellenmesine katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Önemli bir iyileştirme olarak sızıntısuyunun azaltılmasına yönelik geçirimsiz örtü sistemi uygun bulunmuştur. Üzeri kapatılan çöp yığının gaz drenajı da yapılmalıdır. Ayrıca, Küçük Melen Çayı'nın beton bir kanal içerisine alınması ve taşkınlara karşı bir sedde inşaa edilerek depolama alanı ile ilişkisinin kesilmesi önerilmektedir (Şekil 6.2). Yapılan iyileştirme çalışmaları sonucunda çevresel etkinin incelenebilmesi amacıyla üç adet gözlem kuyusu planlanmıştır.



Şekil 6.2 Katı atık düzensiz lama alanının iyileştirme çalışmaları

7 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düzce ili katı atıklarının Küçük Melen Çayı kenarında ve geçirimli özellikteki alüvyal ortamda sızdırmazlık önlemi alınmaksızın (vahşi) depolandığı anlaşılmıştır. Düzensiz depolama sahasının bölgedeki temiz suların kullanım özelliklerine ve çevreye olumsuz etkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için iyileştirme amaçlı çözümler üretilmiştir. Bu kapsamda çöplerin üzerinin kapatılması gaz direnajının sağlanması, depolama alanı ile Küçük Melen Çayı arasına sedde inşa edilmesi önerilmişttir. Önerilen iyileştirme yöntemleri projelendirilmeli teknik ve ekonomik açıdan güvenli olan uygulanmalıdır.

TEŞEKKÜR

Lisans tezimizin hazırlık süresi boyunca bize sağladığı destek ile bugünlere gelmemizi sağlayan değerli hocamız Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL başta olmak üzere, Dr. Muhterem DEMİROĞLU, Arş. Gör. Meral ERDOĞAN, TÜBİTAK MAM ekibi ve DSİ Düzce Şube Müdürülüğü çalışanlarına teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR

Aydın M., Serdar H.S., Şahintürk Ö., Çokuğraş R., Demir O., Özçelik Y., 1987*, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni,* C, 30, 144.

Düzce İl Çevre Durum Raporu, Düzce, 2016.

Magoto E., *Quantifiying The Effectiveness of a Grout Curtain Using a Laboratory-Scale Physical Model* ,2014.

Nemati K.M., 2005 *"Advanced Topics in Civil Engineering",* Second Semester, Tokyo.

Özmen B., 2000, *"Düzce-Bolu Bölgesi'nin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri,* s. 1-14, 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Raporu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.

Interpretation of Relationship Between Field and Monitored Data in Madenköy (Siirt) Open-Pit Copper Mining

Siirt Madenköy Açık Ocak Bakır Madenindeki Tarama Verileri İle Arazi Verileri Arasındaki İlişkinin Yorumlanması

Erdoğan Culfa, Elif Genç, Esra Yıldırım, Enver Vural Yavuz, Emin Çiftçi, Mehmet Korkut

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ABSTRACT

In the study, interpretation of the relationship between field and monitored data in Madenköy (Siirt) open pit copper mining is aimed. The geological, hydrological, meteorological data and monitored data obtained through IBIS-FM were analyzed to interpret the evaluations in the region. In addition, a meteorological long years annual values were re-plotted in the graph and interpreted. The hydrological characteristics of the study area were examined by the topographic map. Water sources, springs and leakage - seepage spots trigger the landslide in the regional drainage network were re-organized by ArcGIS (2014) 10.3.1 afterwards. Monitored data measured by IBIS-FM were examined and plotted in the AutoCAD (2017), Microsoft Excel (2016) and Grapher (2017) to be analyzed. Plotted data were interpreted by using the field data. The comparison is made with regard to meteorological data and displacement values obtained by IBIS-FM.

Keywords: Madenköy (Siirt) Open Pit Copper Mining, Monitoring Data, IBIS-FM

ÖZET

Çalışma kapsamında, Siirt Madenköy açık ocak bakır madeninde yapılan arazi çalışmaları ve elde edilen verilerin yorumlanması amaçlanmıştır. Bölgedeki jeolojik, hidrolojik, meteorolojik veriler ve IBIS-FM aracılığıyla elde edilen verilerin yorumlanması amacıyla analizler gerçekleştirilmiştir. Bölgesel drenaj alanları içerisinde kalan güncel ve nihai açık işletme alanları tanıtılarak, bölgenin coğrafik ve morfolojik durumu açıklanmıştır. Ayrıca, uzun yıllar periyodik yağış değerleri yeniden grafik şeklinde belirtilip yorumlanmıştır. Açık ocak işletme alanının hidrolojik özellikleri topoğrafik harita baz alınarak incelenmiştir. Sonrasında oluşturulan bölgesel drenaj ağları içindeki su kaynakları, membalar ve meydana gelen heyelanları tetikleyen akıntı – sızıntı noktaları ArcGIS (2014) 10.3.1 programı ile yeniden düzenlenmiştir. IBIS-FM aracılığla taranmış veriler incelenmiş ve sonuçlar analizlerinin yapılması amacıyla AutoCAD (2017), Microsoft Excel (2016) ve Grapher (2017) yardımı ile grafiğe dönüştürülerek yorumlanmıştır. IBIS-FM ölçümlerinden elde edilen deplasman verileri ve meteorolojik değerler göz önünde bulundurularark hareket sebeplerinin yağışla olan ilişkisi saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Siirt Madenköy Açık Ocak Bakır Madeni, Taranmış Veriler, IBIS-FM

1 INTRODUCTION

1.1 Purpose and Content of the Study

The study is prepared in order to interpret the relationship between the field and monitored data in Madenköy open pit copper mining. It is aimed to compare the meteorological, field and monitored data with each other to figure out the relationship between the rainfall and displacement. The geological and hydrological parameters were used and compared during this study.

1.2 Meteorological Features of the Study Area

The DMİs used for the meteorological study are Şirvan, Hizan and Pervari DMİs having similar morphological conditions to the study area. Nevertheless, Siirt DMİ was selected owing to the long-term meteorological records, and Hizan DMİ was selected due to short term records (Değirmenci, 1981).

2 GEOLOGICAL SETTING

A deduction method has been followed to define the geological characteristics, units and hydrological qualities of the study area to be surveyed more clearly.

2.1 Regional Geology

Regional geology of Siirt - Madenköy region is examined in two different parts as tectonics and chronostratigraphy. Numerous data were provided due to the critical geographical position of the study area in terms of tectonism.

2.1.1 Regional chronostratigraphy

The 1/25.000 scaled regional geological map of the study area includes three watersheds as Otluk Watershed, Madenköy Watershed, and Sümbül Dere Watershed with an order from north to south (Figure 1). The area was shaped by geological units becoming younger from north to south, as seen on the 1/500.000 scale geological map and on the simplified regional geological map in NW-SE directions.

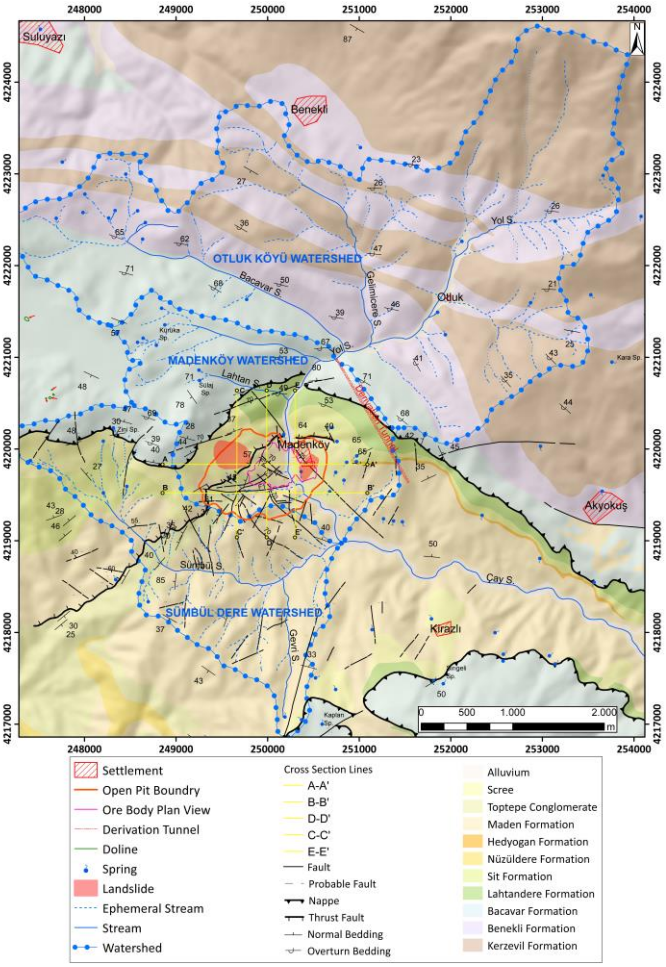


Figure 1. Regional geology map of the region.

3 HYDROLOGY

Informations about the drainage network and watershed constitute the main hydrological features of the study area, the sources of the groundwater and surface water in the form of seepage and leakage are given in this section.

3.1 Drainage Network and Watersheds

The Yol Stream and the Sümbül Stream merge at the center of the Madenköy - Kirazlı Villages, and take the name of Çay Stream flowing in the east direction. There are three sub-watersheds as Otluk Köyü Watershed, Madenköy Watershed and Sümbül Dere Watershed in the regional study area (Figure 2).

3.1.1 Water outflows in the open pit mining area and surrounding (seepage-leakage)

All the subsurface - groundwater spots are determined and water outflows as "leakage and seepage" were mapped in the open pit mining.

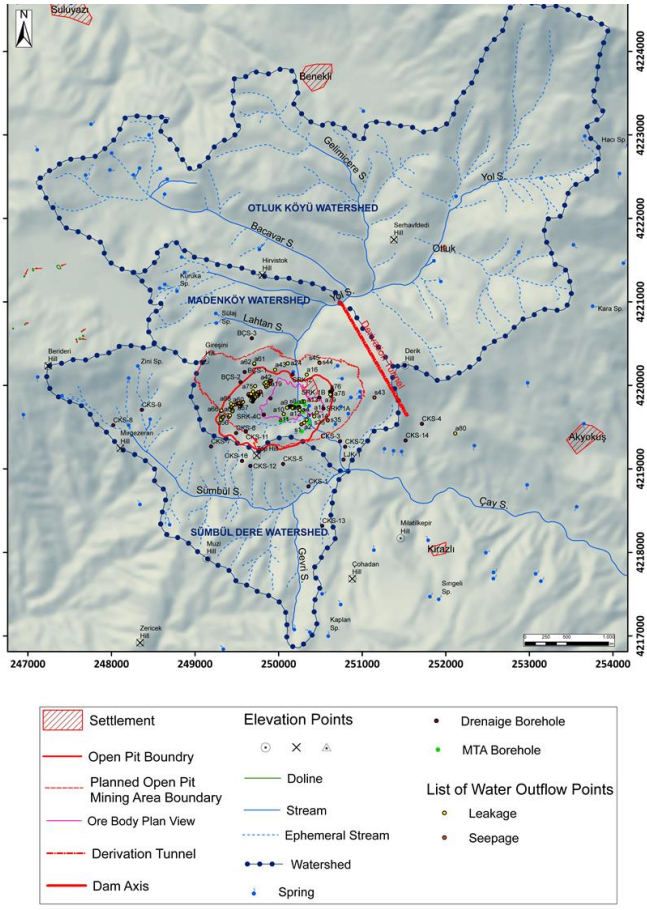


Figure 2. "1/5.000 scaled hydrology map" of the open-pit mining area with the surrounding (Öztaş et al., 2016).

4 DATA ANALYSIS

A deduction method has been followed for the methodology of the study. Data are visualized and digitized in the form of maps, sections and figures and they were evaluated and interpreted in the direction of the study purpose.

ArcGIS (2014) 10.3.1 was used to redraw the geological and hydrological maps, and AutoCAD (2017) student version was used to redraw the geological sections. Moreover, Microsoft Excel (2016) and Grapher (2017) programmes were used in the calculation and graphization of the monitored and meteorological datas.

In order to interpret the displacement size and displacement velocity of the region IBIS-FM data were used.

4.1 Monitoring System

Monitoring systems are developed for using in geological processes in recent years. In this part, monitoring system and the purpose of it are introduced.

4.2 IBIS-FM

The IBIS-FM is a synthetic aperture radar system gives an information instantly about displacement size and displacement velocity by scanning the movement of critical regions, tending to landslide, in the slope of the open pit mines. (IDS, GeoRadar).

5 RESULTS

Firstly, according to data of total monthly precipitation measurements of first 95 days (Figure 4) obtained from the NW scree of the open pit mining area, tending to swelling until 15 mm (Figure 3) was observed (PARK Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş. Ciner Group, 2015-2016).

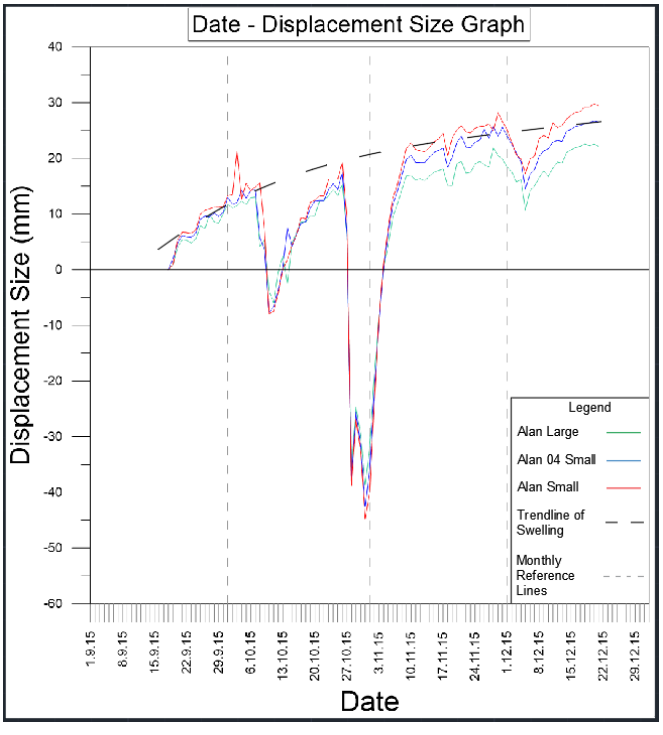


Figure 3. Date-displacement graph of the areas “Alan large, Alan 04 small and Alan small”.

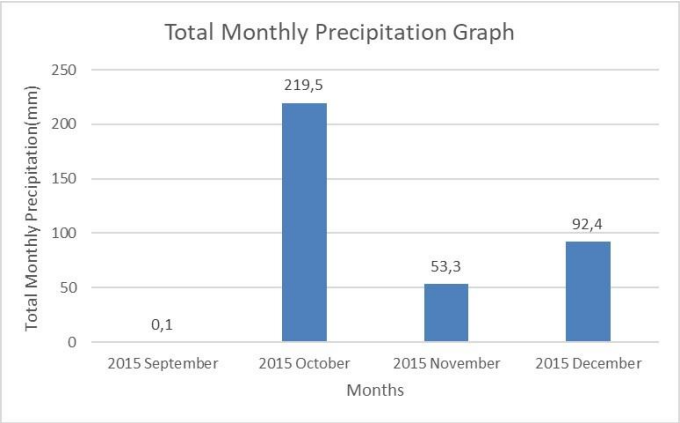


Figure 4. Date-total monthly precipitation graph of first 95 days measurements.

Secondly, measurements made in the south of the open pit mining area and total monthly precipitation rate data were interpreted. Measurements were done in "Alan 01, Alan 02, Alan 03" to find the discontinuity lines in spilites. The tendency of negative displacement indicating the peak value from the end of the December to 18 January, 2016 was observed.

Finally, “Area 1, Area 2, Area 3” on the NW slope of the open pit mining area were measured. “Area 3” in the spilites gained tendency of negative displacement while “Area 1” tended to swell. “Area 2” was seen to continue in a stabile way after the tendency of smooth negative displacement.

The region shows transition between the wet and dry periods in every 20 years. In addition, according to the hydrological observations, most of the water outflow points had been observed in the NW scree of the open pit mining area.

6 CONCLUSION

According to “Results” part, positive displacement or swelling tendency were observed in the measurements of the first 95 days in the NW slopes of the scree. In addition, negative displacement (tendency of sliding) trends was in the lower elevations of the south slopes in the open pit mining area where the spilites are located.

It was determined that the material exhibits swelling properties according to the first 95-days measurements in 20-days periods when measurements interpreted together. The scree swells by absorbing the water due to content of the clay. Nevertheless, it was seen that it did not occur in the south of the area having spilites. The area having maximum precipitation rate in January, 2016 was exposed to large size negative displacement.

When the long years annual precipitation graph data is examined, it is seen that the wet and dry periods follow each other in every 20 years. It is examined that the precipitation tended to increase in the graph after 1999 – 2016 years period. It could be predicted passing to wet period , and more precautions could be taken against the danger of sliding.

In the light of hydrological results, it is observed that the water outflow points are located intensively on the scree around the NW slope of the open pit mining area. This situation triggered the landslide.

Besides, the study area is located on the collision zone of Arabian and Anatolian plates, and this fractured feature of the collison zone triggers the water outflow.

REFERENCES

Değirmenci, M., 1981, Siirt Madenköy ve Çevresinin Hidrojeolojisi, MTA Gn. Md. Genel Arşiv No. 7095, Ankara.

IDS GeoRadar, (n.d.) Retrieved from https://idsgeoradar.com/products/interferometric-radar

Öztaş et al., 2016, Siirt İli Şirvan İlçesi Madenköy’deki PARK ELEKTRİK Üretim Madencilik San. ve Tic. A.Ş. Bakır Madeni Açık İşletme Alanının 3B Hidrojeolojik Modeli ve Nihai Susuzlaştırma Projesi, Cilt No:1 (Unpublished).

PARK Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş., Ciner Group, Siirt Madenköy IBIS-M Uygulaması Raporları (2015, 2016).

Eskişehir-Seyitgazi Bölgesindeki Nadir Toprak Elementlerinin Potansiyelinin Belirlenmesi

Determination of Rare Earth Element Potential in Eskişehir-Seyitgazi

C. Hazar, İ. Kutsal, M.A. Çakar, M. Kumral
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Yapılan çalışmada, Eskişehir ilinin Seyitgazi ilçesinde bulunan Örencik-Aşağısöğüt-Yukarısöğüt-Yeşiltepe mahallerinde bulunan kayaçların jeolojik, mineralojik ve petrografik incelemeleri yapılmış olup, yapılan incelemeler laboratuvar deneyleri ile desteklenerek elde edilen verilere göre kayaçlardaki Nadir Toprak Elementler'inin (NTE) potansiyellerinin belirlemeleri yapılmıştır. Çalışma alanında yer alan birimler yaşlıdan gence doğru, Seydiler İgnimbiritleri, Beşsaray Formasyonu, Hanköy Formasyonu, Cevizli Formasyonu ve Kesenler Volkanitleri'dir. Araziden alınan örneklerin ince kesitleri ve kimyasal analizleri yapılarak hem petrografik özellikleri hem de NTE potansiyeli araştırılmıştır.

ABSTRACT In the study, geological, mineralogical and petrographic examinations were performed on the rocks that are located in Örencik-Aşağısöğüt-Yukarısöğüt-Yeşiltepe neighborhoods of Seyitgazi district of Eskişehir, those examinations were supported by laboratory experiments and according to the results the Rare Earth Element (REE) potentials of the rocks are identified. The units that are located in the study area has been listed from old to young as Seydiler Ignimbrites, Beşsaray Formation, Hanköy Formation, Cevizli Formation and Kesenler Volcanites.

Keywords: Rare Earth Elements, Ignimbrites, Ultrabasic Rocks

1 GİRİŞ VE AMAÇ

Arazi bölgesindeki ayrışmış piroklastik oluşumlarının ve sedimanter kayaçların mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve jeolojik özelliklerinin üzerinde çalışılarak NTE içeriklerinin ve ekonomik potansiyelini ortaya koymak çalışmanın temel amacıdır. Bu hedef doğrultusunda arazide yapılan çalışmalar laboratuvarda yapılan incelemelerle desteklenerek örnek bir çalışma modeli oluşturulmuştur.

2 GENEL JEOLOJİ

2.1 Formasyon Adları ve Özellikleri

2.1.1 Seydiler ignimbiritleri

İnceleme alanının küçük bir kısmını kapsayan bu formasyonun farklı yerlerinden alınan örneklere dayaranak Seydiler İgnimbiritleri formasyonu oluşturmuştur. Bu birim genelde ignimbitirlerden ve tüflerden oluşmaktadır. Seydiler ignimbiritinin pekişmemiş kesimleri beyaz ve gri renklerde izlenirken, pekişmiş bölümler ise sarı ve kırmızımsı tonlarda görülmektedir Seydiler İgnimbiritleri literatür araştırmalarına göre bölgenin en yaşlı birimidir ve masif yapılı birimlerdir. Aynı zamanda birim Beşsaray formasyonu ile yanal ve düşey geçişli bir dokanağa sahiptir.

2.1.2 Beşsaray formasyonu

Bahsedilen formasyonda metafilişler ağırlıklı olup, çakıltaşı ve kumtaşı litolojik birimleri de görülmektedir. Saha çalışması süresince elde edilen el örneklerine dayanarak Beşsaray Formasyonu metafilişlerden meydana gelmiştir. Renk olarak gri tonları ve koyu yeşil renkleri gözlemlenmiştir.

2.1.3 Hanköy formasyonu

Arazinin bu gölgesinde gözlemlenen birimler çoğunlukla kırıntılılar ve karbonatlar bulunmaktadır. Bu birimler mostra boyunca beyaz, açık gri ve beyaz tonlarında görülmektedir. Bu formasyonun çoğu geçirimsiz birimlerden oluşmaktadır.

2.1.4 Cevizli formasyonu

Arazinin en büyük bölümünü oluşturan Cevizli Formasyonunda incelenen birimler genellikle gölsel kireçtaşı, marn ve şeyldir. Bu kireçtaşları üzerinde kumtaşı-şeyl-kireçtaşı ardalanması yer almaktadır. Kireçtaşları kırmızı ve sarı tonları ile dikkat çekmektedir.

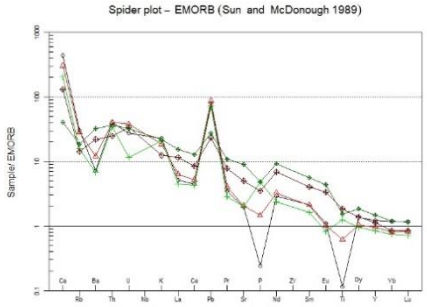
2.1.5 Kesenler volkanitleri

Kesenler Köyü çevresini kapsayan bu formasyon üyeleri tamamen bazaltlardan oluşmaktadır. İnceleme alanında fark edilen birimlerden trakit ve bazalt birimlerine denk gelinmiştir. Alınan örnekler mostra boyunca ferromagnezyen mineraller bol miktarda olduğu için koyu gri, siyah tonları ve bordo renkleri görülmektedir. Trakit ve bazaltlar hemikristalen porfirik dokuya sahiptirler. Aynı zamanda trakitlerde seyrek olarak demiroksitler de görülmektedir.

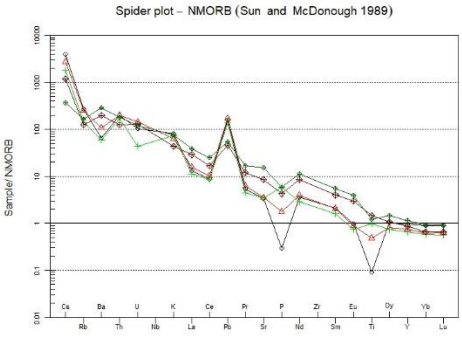
3 İZ ELEMENTLERİN JEOKİMYASI

EMORB, NMORB, Kondrit ve ilksel manto'ya göre normalize edilmiş spider diyagramlarının incelenmesi

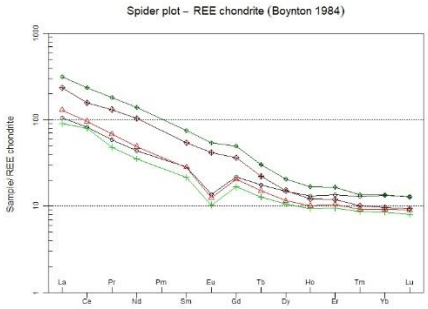
sonucunda kayaç örneklerinin, ağır nadir toprak elementlerinden ziyade hafif nadir toprak elementlerini bulundurduğu saptanmıştır.



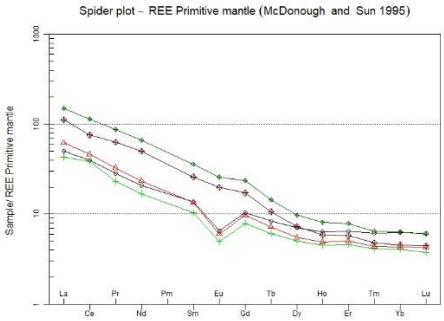
Şekil 1. Volkanik kayaç örneklerine ait EMORB' a göre normalize edilmiş Spider Diyagramı



Şekil 2. Volkanik kayaç örneklerine ait NMORB' a göre normalize edilmiş Spider Diyagramı



Şekil 3. Volkanik kayaç örneklerine ait kondirite göre normalize edilmiş Spider Diyagramı.



Şekil 4. Volkanik kayaç örneklerine ait ilksel mantoya göre normalize edilmiş Spider Diyagramı

İncelenen alanda kalınlık 40 metre alınmış olup, youğunluğu ise 2.7 (ton/m^3) olarak belirlenmiştir. Numunelerin, Neodimyum ortalaması 72.8 ppm ve rezervi yaklaşık 5552 ton olarak belirlenmiştir. Rezervi hesaplanan alanın kalınlığı 40 metre olup, yoğunluğu 2.7 (ton/$m^{3)}$) olarak alınmıştır. Numunelerin Seryum ortalaması 72.8315 ppm ve rezervi yaklaşık 12240 ton olarak belirlenmiştir. Hesaplarda kalınlık 40

metre alınmış olup, yoğunluk ise 2.7 (ton/m^3) olarak belirlenmiştir. Lityum ortalaması 171.04 ve rezervi yaklaşık 54699 ton olarak belirlenmiştir.

4 SONUÇLAR

Bitirme tasarım projesi kapsamında yapılan çalışmalar ve elde edilen verilere dayanarak çalışma alanının Seyitgazi civarının NTE potansiyeli hesaplanmıştır. Seçilen örnekler incelenerek Lityum(Li), Seryum(Ce), Neodimyum(Nd) elementlerinin rezerv hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar ve elde edilen verilere dayanarak çalışılan bölgede ekonomik bir öneme sahip, gelecekte nadir toprak elementleri işletmesi olarak faaliyet gösterebilecek bir anomalinin varlığı söz konusudur.

5 TEŞEKKÜR

İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yaptığımız Lisans Bitirme Tasarım Projesi'nde konu seçiminde ve hazırlanmasında bize yardımcı olan danışmanımız Asst. Prof. Dr. Mustafa KUMRAL' a teşekkür ederiz.

6 KAYNAKÇA

Şahin, Ş., Ünlügenç,U.C., (2014). *Boyat-Bolvadin(Afyokarahisar) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 29(1), 173-191, Haziran 2014*

Yurtsever,T.Ş., Gürcay,B., Demirel İ.H., (2000). *Aladağ Birliği'nin Üst Devoniyen-Alt Triyas İstifinin Çökelme Ortamları ve Hidrokarbon Kaynak Kaya Değerlendirmesi:Orta Toroslar, Türkiye. Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt. 43, No.l, 33-57, Ocak 2000*

Irvine, T.N., and Baragar W.R.A., (1971), *A Guide To The Chemical Classification Of The Common Volcanic Rocks: Canadian Journal of Earth Science, 8, 523-548*

Kaplan, H. (n.d.) *Eskişehir - Sivrihisar - Kızılcaören Köyü Yakın Güneyi «Nadir Toprak Elementleri ve Toryum Kompleks Cevher Yatağı*

Evciler - Yenice Köyleri (Istranca Masifi) ve Çevresinin Jeolojisi ve Petrografisi

Geology and Petrography of Evciler – Yenice (Strandja Massif) Village Area

E. Sağlam, B. A. Natalin

ÖZET

Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Istranca Masifi, Bulgaristan'daki Rodop Masifi'nin Türkiye'deki uzantısıdır. Istranca Masifi geçmişte Variskan ve Kimmerid Orojenezleri ve Pontidlerle deneştirilmiştir. Masifin içerisinde yer alan Neoproterozoyik ve Jura metamorfik kayaları Kretase sedimanterleriyle örtülmüştür. Natalin ve diğ. (2016) masifin içerisinde 5 tektonik birim tanımlamıştır. Bunlar, Vize Birimi, Kırklareli Birimi, Mahya Akresyonal Kompleksi, Yavuzdere Magmatik Yayı ve Jura Napı ya da Kapaklı Birimi'dir. Bu çalışmada, masifdeki uzun süre devam etmiş olan yitimlenmeye dikkat çeken yeni çalışmalara dayanarak Strandja Masifi'nin jeolojik evriminin açıklamasına yardımcı olmak amaçlanmıştır. Masif, Kambriyen'den Triyas'a kadar uzanan uzun süredir devam eden bir magmatik yayın bir parçası olarak tanımlanmaktadır. Jeolojik evrimi anlamak için, inceleme alanının jeolojik haritası hazırlanmış ve birimlerin stratigrafik ve tektonik ilişkileri analiz edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: magmatik yay, Istranca Masifi, KB Türkiye

ABSTRACT

The Strandja Massif, northwestern Turkey, is the Turkish part of the Rhodope Massif in Bulgaria. Traditionally the Strandja Massif is correlated with Variscan and Cimmeride orogenies and the Pontides. The massif consists of the Neoproterozoic and Jurassic metamorphic rocks that are overlain by the Cretaceous to recent sedimentary cover. Natal'in et al. (2016) defined 5 tectonic units of the massif as the Vize Unit, the Kırklareli Unit, the Mahya Accretionary Complex, the Yavuzdere Magmatic Arc, the Jurassic Nappe or the Kapaklı Unit. The study aims to explain the geologic history of the strandja massif on the new studies indicating the long-lived subduction in the massif. The massif is a part of a longlived magmatic arc evolving from Cambrian to Triassic. In order to understand the geological evolution of the area, the geological map is prepared and the stratigraphic and tectonic relations of the units are tried to be analyzed.

Keywords: magmatic arc, Strandja Massif, NW Turkey

1 INTRODUCTION

1.1 Description of the Area, Aim and Method of the Study

This study aims to explain the geology of the Evciler Village and its surroundings according to stratigraphic, petrographic, structural and geomorphologic features of all rock units in the studied region. The geological map of the study area is prepared and the contact relationships between different rock units are determined by studying the outcrops around Evciler, Yenice and Kurudere villages.

The field study is done during the August, September and November 2016 and April 2017. During the field trips, the geological equipment that are a hammer, a loop, a GPS, a Silva type compass. 1/25.000 scaled topographic maps and Google Earth images are also used and a 1/25.000 scale geologic map is produced. For the petrographic studies, 35 thin sections from specific locations for different lithologies are prepared in thin section laboratory of I.T.U Eurasia Institute of Earth Science and I.T.U Geological Engineering department. The prepared thin sections are interpreted and the mineralogical and textural features are obtained. In addition, ArcGIS 10.2.2, Envi 5.1, Global Mapper 16, CorelDrawX8, AutoCad and Google Earth are used to prepare maps, cross-sections from map and stratigraphic column of the region.

1.2 The Scope of the Study

Natalin et al. (2016) described the subdivision of Strandja Massif into five fault-bounded tectonic units using new 18 ages of magmatic and detrital zircons. The long duration of subduction-related magmatism is incompatible with ideas about the passive continental margin setting, which are generally accepted now.

The study aims to help explanation of the geologic history of the Strandja Massif based on the new studies indicating the longlived subduction in the massif. The massif is a described as a part of a long-lived magmatic arc evolving from Cambrian to Triassic (Natalin et al., 2016). In order to under the geological evolution of the studied area, the geological map is prepared and the stratigraphic and tectonic relationships of the units are tried to be analyzed. The study area contains 3 tectonic units of the Strandja Massif (Fig. 2.1.) and they are listed as the following from older to younger; the Vize Unit including the pCkg – Precambrian Kızılağaç metagranite and Pec - Paleozoic Evciler metaconglomerate, the Kırklareli Unit consisting of Ckg - Permo-Carboniferous Kırklareli metagranites and the Mahya Complex composing of the Carboniferous Cms - metasedimentary schist and Cmg – metagranitic rocks.

2 STRATIGRAPHY AND PETROGRAPHY

The new studies on the Strandja Massif have shown that the massif has a longer evolution than it was considered before. Natalin et al., (2005, 2012a and 2016) have interpreted the Strandja massif as a part of Silk Road magmatic arc which is a long-lived arc evolving from Cambrian to Triassic. This chapter aims to investigate the stratigraphy and petrography of the study area by using the reconstruction of the massif according to these recent studies.

2.1 Stratigraphy

The Strandja Massif is primarily described as a heterogeneous basement and a metasedimentary cover. The massif comprises of five tectonic units, which are the Kırklareli tectonic unit, the Vize tectonic unit, the Mahya Complex, the Yavuzdere Complex and the Jurassic nappe (Kapaklı unit).

The Vize Unit, the Kırklareli Unit and the Mahya Complex are exposed in the studied area (Fig. 2.1.).

The Vize Unit is exposed in the study area with Neoproterozoic to early Cambrian Kfeldspar granite gneisses which is defined as the Kızılağaç metagranites and Evciler metaconglomerates. According to Natalin et al. (2016), these metagranites cut the basement of the Vize Unit and the Evciler

metaconglomerates contain the pebbles of the Kızılağaç metagranites. The Permo-Carboniferous granite gneisses of the Kırklareli Unit is exposed in the studied area. These granite gneisses correspond to the Üsküp Pluton of the Kırklareli metagranites. The composition of the granite gneiss is similar to the Kızılağaç metagranites. Therefore, it was not possible to make a certain distinction between these rocks during the field study and also in the thin sections.

In the study area, the Mahya Complex is composed by muscovite schists and chlorite schists which are intruded by a metagranite. The age of the Mahya Complex is determined as Carboniferous according to UPb zircon dating. (Natalin et al., 2012). According to Natalin et al. (2016), the juxtaposition of these metasedimentary and metagranitic rocks remarks the tectonic setting of an accretionary prism.

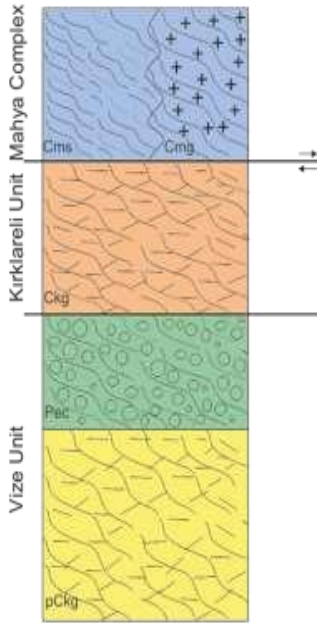


Figure 2.1 General stratigraphic column of the studied region which includes the Vize Unit (pCkg – Precambrian Kızılağaç metagranite, Pec – Cambrian Evciler metaconglomerate), the Kırklareli Unit (Ckg - Permo-Carboniferous Kırklareli metagranites) and the Mahya Complex (Cm – Carboniferous undivided Mahya Complex: Cms - metasedimentary schist, Cmg – metagranitic rocks.)

2.2 Petrography

The petrography of the three units which are explained in the previous chapter are studied within the scope of the graduatin thesis. The Neoproterozoic – early Cambrian Kızılağaç metagranites have a calc-alkaline affinity which indicates that they are subduction related granites formed during the long-lived magmatic activity in the Strandja Massif The metagranites can be divided into two types in terms of their texture, crystal size and the presence of Fe alteration. These are K-feldspar porphyritic granite gneisses, metagranites which do not include porphyry of K-feldspars and leuco-microgranites which are seen near the contacts. The Fe alteration is highly observed in the metagranites and leuco-microgranites while the alteration is poor in the K-feldspar porphyritic granite gneisses. The main minerals which are observed in the field are K-feldspar, quartz, chlorite and muscovite. The Fe alteration is also observed in some outcrops and in most of the thin sections. The metaconglomerates at the NW of the center of the Evciler and the metaconglomerates in the Çavla Mountain are clast supported. The metaconglomerates consist of metagranite, quartzite and clasts of other sedimentary rock pebbles.The Neoproterozoic Kızılağaç metagranite pebbles have their own foliation which exhibits an older metamorphism and deformation. The matrix has a foliation that is different from metagranitic pebbles and indicates a younger deformation. The Fe alteration is not abundant although it is observed prevalently in all other units of the study area.

The Mahya Complex consists of metasedimentary rocks which are observed as muscovite schist and chlorite schist. Meta-intrusive rocks are more massive and homogeneous in composition. According to field observations, the dominated minerals that are clearly seen at the outcrops are chlorite, muscovite, quartz, K-feldspar and Fe alteration minerals that are hematite and limonite. The Fe alteration is very prevalent in the Mahya Complex as well as in the granite gneisses in the study area.

3 STRUCTURAL GEOLOGY AND TECTONICS

3.1 Tectonics of the Strandja Massif

The Strandja Massif includes five tectonic units. The Vize Unit and the Kırklareli units have many similarities in terms of their lithology and geologic evolution. The metasedimentary basement is cut by metagranitic plutons in both units. Although these metagranites are interpreted as a part of a single magmatic belt in former studies, it is possible to say that they belong to two different tectonic units based on their ages.
The Mahya Complex and Yavuzdere complexes represent accretionary prisms and Jurassic Nappe, which is the last unit, consists of carbonate rocks that cover metamorphic rocks of the other tectonic units.

3.2 Structural Geology

The region is mainly exposed 3 deformational stages.
The earliest deformation D1 is related to a Cambrian orogeny and created the S1 foliations. However, the The S1 foliations are not well preserved, the metagranitic pebbles of the Evciler Metaconglomerate contain foliated metagranites during the D1 deformation. The Late Jurassic-early Cretaceous D2 deformation is the main metamorphism and deformation that affected the whole units in the region. The effects of the greenschist - low amphibolite metamorphism are examined in the Petrography section. The Neoproterozoic-early Cambrian Kızılağaç Metagranite, the matrix of the Evciler Metaconglomerate, the Permo-Carboniferous Kırklareli Metagranite and the Carboniferous Mahya Complex have S2 foliation and L2 lineations which are produced by D2 deformation. The Kızılağaç and Kırklareli Metagranites have very similar composition and they are bounded by normal Çavla fault. Therefore, it is very difficult to separate them without their age data. The Mahya accretionary complex is an allochthonous body which is transported by right-lateral strike-slip Sergen fault. The latest deformational stage D3 is observed in the study area as crenulation cleavages which are heterogeneously spread. The Fe alteration is very high in the study area especially along the fault zones. The folds and fractures of the studied region are examined.

4 CONCLUSION

The stratigraphic and structural relationships are used to understand the tectonic evolution with the help of petrographic examinations of the thin sections. The geomorphology of the Çavla Mountain is investigated with various geomorphological parameters and a lineament is observed and interpreted as a normal fault. The studied region contains the following rock units from older to younger: the Vize Unit (the Kızılağaç Metagranite and the Evciler Metaconglomerates), the Kırklareli Unit (Üsküp Pluton, the Kırklareli Metagranite) and the Mahya Complex (metasedimentary and metagranitic rocks).

ACKNOWLEDGEMENT

Firstly, I would like to send my grateful thanks to my supervisor Prof. Dr. Boris A. Natalin for his invaluable guidance, continuous support, critisim and patience during the preparation of this thesis. Also, I would like to thank research assistants Alp Ünal, Işıl Nur Güraslan, Müge Yazıcı. I would like to thank my teammates Canberk Aksu and Ece Taşdelen. Also, I would like to thank my friends Ali Akın and Tunahan Arık for their important help during the field study. Also, I would like to thank my parents Bağdat Sağlam and Salih Sağlam and my best friend Elifsu Nemli for being with me at all times.

REFERENCES

Natalin, B. A., Sunal, G., Satır, M. and Toraman, E., 2012. Tectonics of the Strandja Massif, NW Turkey: History of a Long-Lived Arc at the Northern Margin of Palaeo-Tethys, Turkish Journal of Earth Sciences, v. 21, p. 755-798.

Natalin, B. A., Sunal, G., Gün, E., Wang, B., Zhiqing Y., 2016. Precambrian to Early Cretaceous rocks of the Strandja Massif (northwestern Turkey): evolution of a long lasting magmatic arc, Canadian Journal of Earth Sciences, 53(11), 1312-1335.

Sazlıbosna Civarının Jeolojisi ve Kırklareli Kireçtaşı' nın Yapıtaşı ve Isı Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Geology of Sazlibosna Region and Investigation of The Usability of The Kırklareli Limestone as a Building Stone and Thermal Insulation Material

Ege Kaan SOYSAL, Doç. Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul,

ÖZET – Bu çalışmada, İstanbul İli Sazlıbosna Barajı sol sahilinde geniş bir alanda sürdürülen çalışma ile bölgede yer alan jeolojik birimler ayırtlanmış ve haritalanmıştır. Birimleri belirlenmiştir. İnceleme alanında en geniş alan kaplayan ve önemli bir yapı taşı potansiyeli oluşturan resifal karakterli Kırklareli Kireçtaşı'nın (Sazlıbosna Taşı) mühendislik özellikleri yoğun laboratuvar çalışmaları ile ortaya konmuştur. Ayrıca ısı iletim özelliği belirlenerek izolasyon malzemesi olarak kullanılabilirliği irdelenmiştir. Son yıllarda İstanbul'daki tarihi ve kültürel yapıların restorasyonu ve yenilenmesinde alternatif taş olarak piyasa edinen, Ünye Kırmızısı ve Ünye Beyazı olarak anılan taşların da özellikleri belirlenmiş ve kıyaslanmıştır. Araştırmaya konu taşların ısı iletim katsayıları detaylı olarak ortaya konmuş, izolasyon malzemesi olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiş, ısı iletimi ve fiziksel özellikleri ilişkilendirilmiş, ülkede ve dünyada benzer amaçlarla kullanılan taşlarla kıyaslanarak ilgili standartlar açısından yeterlilikleri tartışılmıştır Sonuç olarak incelemeye konu taşların yüksek poroziteye sahip olmaları nedeniyle ısı iletim katsayılarının, diğer yapı taşlarına oranla, düşük olduğu belirlenmiştir. İncelemeye konu yapı taşlarının atmosfer sıcaklığındaki dalgalanmadan ve yağıştan olumsuz etkilenebileceği görülmüştür. Bu nedenle tüm özellikleri dikkate alındığında, yatayda ve belirtilen etkilere açık uygulamalarda kullanımlarının sınırlandırılması, iç mekanda düşey dekoratif eleman olarak tercih edilmeleri önerilmiştir.

ABSTRACT – This study was carried out a large area on the left bank of the Sazlıbosna Dam in the northern west of the Istanbul. 1/5000 scaled geological and cross-section map was prepared in an area covering 6 km^2. The engineering properties of Kırklareli Limestone (Sazlıbosna Stone) with reef character, which covers the widest area have an important building stone potential. To find out the potential usage of this unit, mineralogical and chemical analysis and physic-mechanical and thermal properties determined by heavy laboratory program. To discuss the usability of this natural source as isolation purposes, thermal conductivity of this unit were measured in a special laboratory environment. As a result, it was concluded that most of the engineering properties of these stones are similar. Detailed work in laboratory were carried according to various specification related to building stones. It has been observed that the building stones subject to thermal fluctuation can effect adversely the durability of all stones investigated in this graduation design project. As a main conclusion of this study, it is suggested that these building stones should be preferred both as vertical decorative elements in the interior and isolation material.

1. GİRİŞ

Ülkemiz, enerjisinin %73'ünü dış ülkelerden almaktadır ve bu enerjinin de %22.3'lük kısmı meskenlerde kullanılmaktadır. Yapıların mimari özellikleri ısı kaybında etkili parametrelerden biridir. Ancak genel olarak binalarda ısı kaybı %40 dış duvar, %30 pencereler, %7 çatı, %6 bodrum döşemesinden kaynaklandığı kabul edilmektedir (Atmaca, 2016). Bu nedenle, duvar ve kaplama elemanı olarak kullanılacak malzemelerin ısıl iletim katsayılarının belirlenmesi önemlidir. Son yıllarda dünyada ve ülkemizde yapı elemanı olarak doğaltaş tüketimi giderek artmıştır. Günümüzde, ülkemizin toplam maden dış satımının yarısını doğal taşlar oluşturur. TS 825 (2013) ' e göre Isı iletimi taş kimliğinin tanımlanması için belirlenmesi istenen önemli özelliklerinden biridir. Isıl iletim katsayıları, yapıtaşının bina ısı yalıtımı için uygunluğuna karar verilmesine yardımcı olmaktadır. Isı yalıtımında kullanılan yapıtaşının ısı iletim katsayısı, yapıtaşının mineralojik-petrografik ve fiziko-mekanik özellikleri ile ilişkilidir. Bitirme tasarım projesinde, son 20 yıldan beri İstanbul'un batısında, Sazlıbosna Barajına yakın bir noktada doğal yapı taşı üretimi yapılan alanın jeolojisi, yapı taşı potansiyeli açısından değerlendirilmiş, üretilen yapı taşının kalitesini gösteren tüm özellikler belirlenmiş ve ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği tartışılmıştır. Ayrıca, araştırmaya konu Sazlıbosna yapı taşının alternatifi olarak piyasada Pazar bulan Ünye Taşı' nın özellikleri de belirlenerek karşılaştırma yapılmıştır.

1.1 Çalışma Yöntemi

Bitirme tasarım projesi dört ana başlıkta yürütülmüştür. Bunlar; literatür araştırması, arazi çalışması, laboratuvar çalışması ve büro çalışmasından oluşmaktadır. Literatür araştırması kapsamında; önceki çalışmalar araştırılmış, bölge ile ilgili olan kısımları derlenmiştir. Arazi çalışması; İstanbul ili Sazlıbosna civarında bulunan kireçtaşı ocağı ve çevresinde yapılmış; bölgenin morfolojisi, litolojisi ve stratigrafisi tanımlanmıştır. Bölgede; jeolojik ve yapısal unsurlar ortaya çıkarılarak bölgenin 1/5000 ölçekli genel jeoloji haritası yapılmıştır**.** Bu aşamada jeolog çekici, jeolog pusulası, 10x-30x lup ve %10 seyreltilmiş HCL asidi kullanılmıştır. Laboratuvar çalışmaları, kireçtaşı ocağından ve Ordu ili Ünye beldesinden alınan sistematik kayaç örnekleri üzerinde yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Laboratuarlarında, TS 699 (2000)' da tarif edilen doğal yapı taşı deneyleri yapılmıştır. Taşların petrografik, fiziksel, mekanik özellikleri ölçülmüştür. Ayrıca yapıtaşı olarak kullanılan taşların ısı iletim katsayıları İ.T.Ü Makine Fakültesi, Termodinamik ve ısı geçişi labaratuarında ASTM 1225 (2013) standartlarına göre belirlenmiştir.

1.2 İnceleme Alanının Konumu

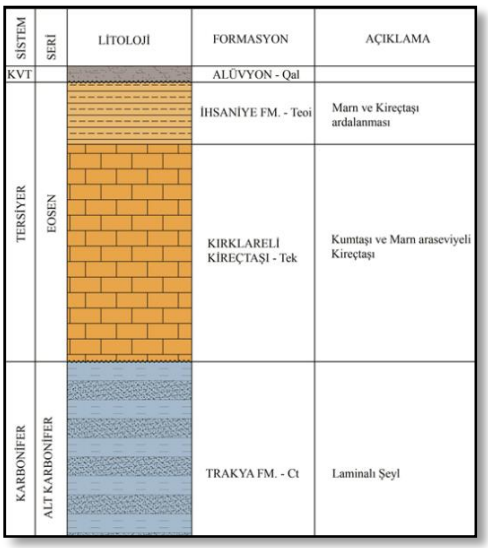
Çalışma alanı, İstanbul'un Avrupa yakasında Arnavutköy ilçesinde bulunmaktadır. Çalışma bölgesinin kuzey batısında Sazlıbosna köyü, kuzey doğusunda Hacımaşlı ve güney doğusunda Şamlar yerleşim yeri bulunmaktadır.

İnceleme alanı yaklaşık 6 km2' lik alana sahiptir. İstanbul il merkezine 60 km, Arnavutköy' e kuş uçuşu 7 km mesafededir.

2. JEOLOJİ

2.3. Stratigrafi

Bitirme çalışmasının sürdürüldüğü alanda, temelde Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu yer almaktadır. Bu temel üzerine Eosen yaşlı Kırklareli Kireçtaşı ve İhsaniye Formasyonu uyumsuz olarak yerleşmektedir. Eosen birimleri vadi tabanlarında Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla örtülüdür (Şekil 1).



Şekil 1: İnceleme alanı ve yakın çevresinin stratigrafik dikme kesiti

3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

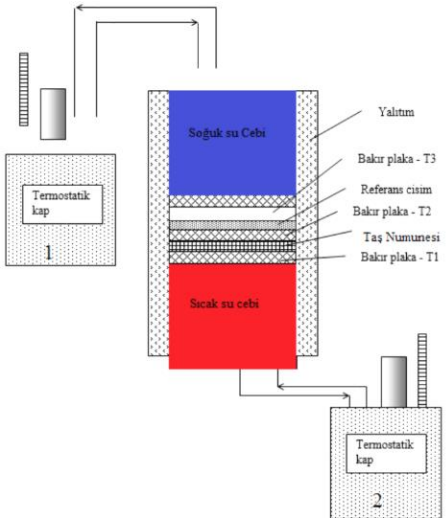
Laboratuvar çalışmaları, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Laboratuvarlarında, TS 699 (2000)' da tarif edilen doğal yapı taşı standardına uygun yapılmıştır. Isı iletim katsayısı ise İ.T.Ü Makine Fakültesi, Termodinamik ve Isı Geçişi Laboratuvarında ASTM 1225 (2013) standartlarına göre belirlenmiştir. Elde edilen veriler TS 825 (2013) Isı Yalıtımı Standartında belirtilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

3.1 Fiziksel Özellikler

İncelemeye konu yapıtaşlarının, fiziksel özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler TS 699 (2000) standartına göre yapılmıştır. Deney sonucunda belirlenen kuru ağırlık (W_k), doygun ağırlık (W_d) ve Arşimet hacimlerinden (V_t) hareketle numunelerin kuru birim hacim ağırlığı (γ_k) , doygun birim hacim ağırlığı (γ_d), efektif porozitesi (n), ağırlıkça su emmesi (Wa), ve boşluk oranı (e) değerleri ilgili eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

3.2 Isı iletim Özelliklerinin Belirlenmesi

İnceleme alanından alınan Sazlıbosna taşı ve Ünye taşlarının ısı yalıtımı dğerlerinin hesaplanması için ısı iletimi deneyine tabi tutulmuştur.Bu deney İ.T.Ü Makine Fakültesi Termodinamik ve Isı Geçişi Laboratuarında ASTM 1225 (2013) standardına uygun olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2: Isıl iletim katsayısı belirlemesi deney düzeneği

Şekil 3: Isı geçisi ölçüm aleti

Tablo 1 : Deney örneklerinin ısı iletim katsayıları

Numune Adı	Ağırlık (gr)		Ortalama Kalınlık (mm)	Sıcaklık			Hesaplanan Isı İletim Katsayısı (W/mK)
	deney öncesi	deney sonrası		T1	T2	T3	
Ünye beyaz kireçtaşı	496,12	494,01	23,271	33,65	25,97	17,98	2,675
Ünye karmızı kireçtaşı	461,78	460,14	21,103	33,43	25,47	17,53	2,325
Sazlıbosna kireçtaşı	293,75	292,18	13,275	33,33	28,91	22,41	2,158

Hesaplanan Isı iletim katsayısı değeri Fourier denklemleri yardımıyla hesaplanmaktadır.

Fourier Denklemleri;

Referans cisimden olan ısı geçiş miktarı:

$$Q_r = \frac{k_r}{l_r} A(T_2 - T_3)$$

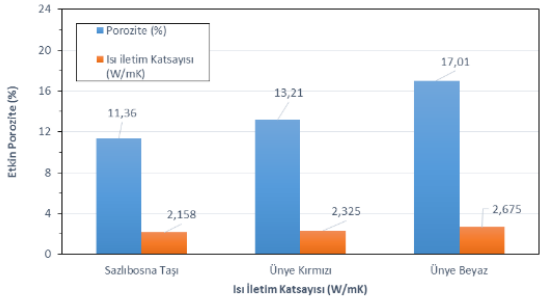
Numune cisimden olan ısı geçiş miktarı:

$$Q_n = \frac{k_n}{l_n} A(T_1 - T_2)$$

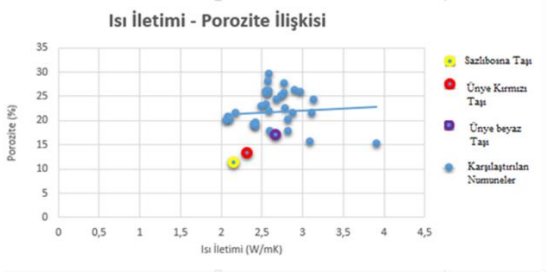
$Q_r = Q_n$ olduğuna göre,

$$\frac{k_r}{l_r} A(T_2 - T_3) = \frac{k_n}{l_n} A(T_1 - T_2)$$

eşitliğinden ısı iletim katsayısı (k_n) değeri belirlenmektedir.



Şekil 4: Deney örneklerinin etkin porozite ile ısı iletimi katsayısı ilişkisi.

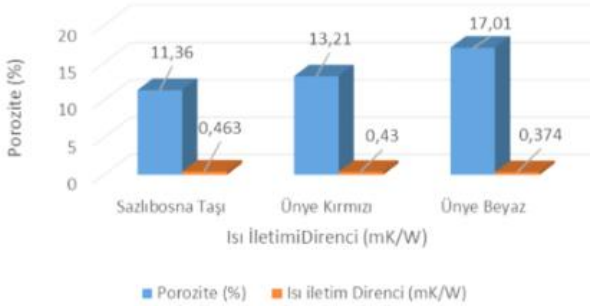


Şekil 5: Mckanne ve Sharp (1996)'dan alınan değerler ile bitirme projesi deney örneklerinin karşılaştırılması.

Şekil 5' te verilen grafikteki çizgisinin altında kalan yani porozite değeri 20% altında ve ısı iletim katsayısı 2,5 W/mK değerinin altında olan doğal taşların ısı yalıtımı için kullanılması TS 825 (2013) standartına göre uygundur. Taş içinde bulunan gözenekler, taşın ısı iletim katsayısına önemli düzeyde etki etmektedir. Ayrıca, üç farklı yapı taşı için hesaplanan ısı iletim katsayılarının tersi alınarak ısı iletim dirençleri hesaplanmış ve Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2: Deney örneklerinin ısı iletim dirençleri

Yapı Taşının Adı	Isı İletim Direnci (mK/W)
Sazlıbosna Kireçtaşı	0,463
Ünye Beyaz Kireçtaşı	0,374
Ünye Kırmızı Kireçtaşı	0,43

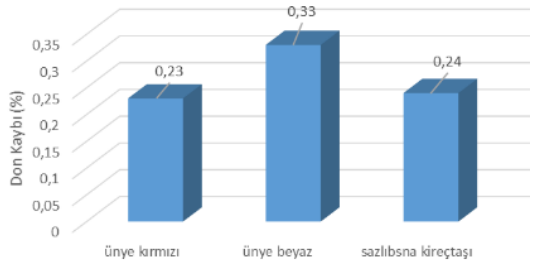


Şekil 6: Deney örneklerinin etkin porozitesi ile ısı iletimi dirençlerinin karşılaştırılması

Bu sonuçlar neticesinde porozite ile ısı iletimi direnci arasında ters orantı tespit edilmiştir.

3.3 Isıl Salınıma Dayanıklılık

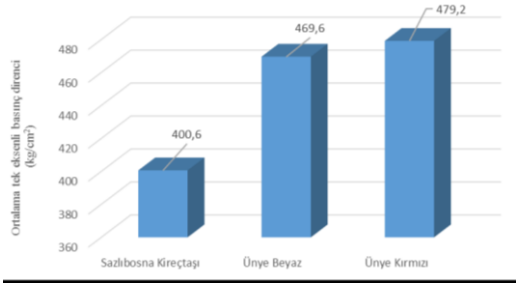
Deney sonucunda, TS 11137 (1993) standardını ön gördüğü oranın üzerinde bir ağırlık kaybının olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum Sazlıbosna kireçtaşının Ünye Beyaz Kireçtaşının ve Ünye Kırmızı Kireçtaşının donma-çözülmeye hassas olabileceğini gösterir.



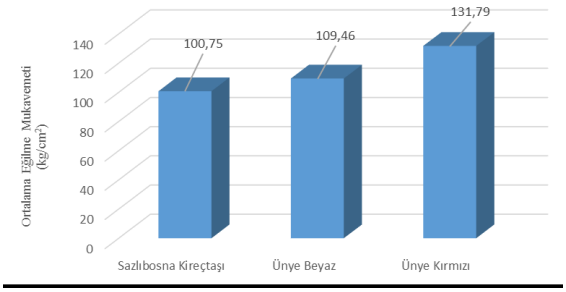
Şekil 7: Deney numunelerinin don kaybı değerlerinin karşılaştırılması

3.4. Mekanik Deneyler

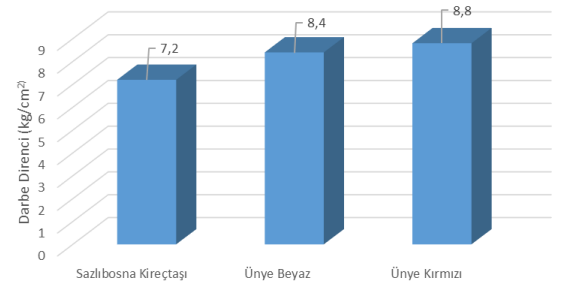
Servokontrollü yükleme aygıtı yardımıyla belirlenen mekanik özellikler Şekil 8, 9 ve 10'da sırayla karşılaştırılmıştır.



Şekil 8: Deney örneklerinin ortalama tek eksenli basınç dirençleri.



Şekil 9: Deneyde kullanılan yapı taşı plakalarının eğilme mukavemetleri.

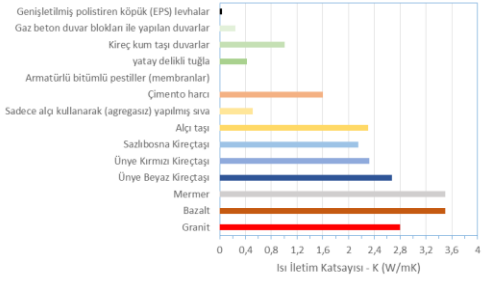


Şekil 10: Araştırmaya konu yapı taşlarının ortalama darbe dirençleri.

TSE 11137 (1993)' ye göre araştırmaya konu yapı taşlarının darbe direnci açısından kaplamada kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Araştırmaya konu taşların ısı iletim katsayıları detaylı olarak ortaya konmuş, izolasyon malzemesi olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiş, ısı iletimi ve fiziksel özellikleri ilişkilendirilmiş, ülkede ve dünyada benzer amaçlarla kullanılan taşlarla kıyaslanarak ilgili standartlar açısından yeterlilikleri tartışılmıştır. Sonuç olarak incelemeye konu taşların yüksek poroziteye sahip olmaları nedeniyle ısı iletim katsayılarının, diğer yapı taşlarına oranla, düşük olduğu belirlenmiştir
2. İncelemeye konu yapı taşlarının atmosfer sıcaklığındaki dalgalanmadan ve yağıştan olumsuz etkilenebileceği görülmüştür. Bu nedenle tüm özellikleri dikkate alındığında, yatayda ve belirtilen etkilere açık uygulamalarda kullanımlarının sınırlandırılması, iç mekanda düşey dekoratif eleman olarak tercih edilmeleri önerilmektedir.
3. Şekil 11 'e göre incelenen numuneler doğal yapıtaşı kapsamında granit,bazalt ve mermere göre daha düşük ısı iletim katsayısına sahip olduğundan yapılarda iç mekanda yalıtım malzemesi olarak kullanıma daha elverişli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca alçı taşının yerine ikame yapıtaşı olarak kullanımı uygundur.



Şekil 11: Çalışmaya konu yapı taşları ile bazı doğal taş türleri ve yapay yapı malzemelerinin karşılaştırılması.

5. Jeotermal gradyan ve yer ısısından faydalanarak hayata geçirilen ısıtma-soğutma sistemlerinin geliştirilmesi için ısıl iletim katsayısıları ölçülen kireçtaşlarının doğal ortamlarında "thermal response test" makinası ile termal iletkenlik ve ısı tutabilme kapasitelerinin ölçülmesi ısıtma-soğutma sisteminin verimliliği hakkında çok değerli bir veri oluşturabiliceği bilinmektedir. Yer ısısı kaynaklı ısıtma-soğutma sistemlerinde litostratigrafik birimlerin özelliklerinin araştırılması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

Altay,* F. *Çalapkulu & İ.H. Tavman, 2001, Bazı Türk Doğal Taşlarının Isı İletim Katsayıları, 4.Endüitriyel Hammaddeler Sempozyumu 118-19 Ekim 2001, ss.308, 309, 311, Izmir.

Altay, S., 1999, Bazı Mermerlerin Isı İletim Katsayıları ve Isı Tutabilme Özellikleri , Bitirme Projesi, D.E.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl., (Yayınlanmamış).

ASTM C-236, 1992, Korumalı Sıcak Kutu Yöntemi İle Isı İletkenlik Değerinin Tespiti.

ASTM E-1225, 2013, "Standard Test Method for Thermal Conductivity of Solids Using the Guarded-Comparative-Longitudinal Heat Flow Technique"

Atmaca, U., 2016, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler, *Tesisat Mühendisliği,* Sayı 154, Temmuz – Ağustos 2016, ss. 22,23.

Brigaud, F. & Vasseur, G., 1989, Mineralogy, Porosity and Fluid Control on Thermal Conductivity of sedimantery rocks, Geophsical Journal, ss.525-542

Demirdağ S.. Gündüz L., 2003, Pomza Kayacı Karakteristik özellikleri İle Isı Yalıtımı ilişkisinin Analizi, I8,h International Mining Congress and Exhibition of Turkey - lmcet 2003, 10-13 Haziran, Antalya.

Erguvanlı, K., 1995, Mühendislik Jeolojisi, *''Kayaçların Mühendislik Özellikleri''* Seç Yayın Dağıtım. İstanbul, ss.14-54.

Griffiths, C. M., Brereton, N. R., Beausillon, R. & Castillo, D., 1992, Thermal Conductivity Prediction from Petrophysical data: a case study, In: Hurts, A., Grıffiths, C. M., & Worthington, P. F. (eds) Geological Applications of Wireline Logs *II* . Geological Society, London, Special Publication, 65, ss.299-315

Gündüz L., Uğur L Demirdağ S., 2001, Mermer Türlerinin Özgül Isı Kapasite Değerleri Üzerine Teknik Bir İnceleme, Türkiye III. Mermer Sempozyumu, 3-5 Mayıs 2001. Afyon.

TS 11137; Kasım 1993 " Kirçtaşı (Kalker) – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan ", *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS 825, Aralık, 2013, "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları".

TS EN 12371; Ocak 2003, ''Doğal Taşlar-Deney Metotları-Dona Dayanım Tayini'', *Türk Standartları Enstitüsü.*

TS.699., 2000, Tabi Yapı Taşları Muayene ve Deney Metodları. *Türk Standartları Enstitüsü.,* Mart, Ankara.

Afyon Sandikli Bölgesinin Güney Doğusundaki Volkanik Kayaçlarin Petrografisi ve NTE Potansiyelinin Belirlenmesi

Investigation Of Petrograhy And Determination of REE Potential In South East Of Afyon Sandikli District

Ö. Taşdelen, T. Hüseyinli, T. Ayvacı, S. Kırıkoğlu, Ş. Altunkaynak, A.T. Ünlüer, A. Ünal

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada, Afyonkarahisar iline bağlı Sandıklı ilçesinin güney doğusunda yüzeylenen kayaçların jeolojik ve petrografik incelemesi yapılmış, elde edilen verilere göre volkanik kayaçlardaki Nadir Toprak Elementler'inin (NTE) potansiyeli belirlenmiştir.

Saha çalışmalarında 1/25.000 ölçekli paftalar kullanılarak çalışma alanının jeolojik haritası revize edilmiştir. Saha çalışmaları boyunca alınan örneklerin ince kesitleri yapılarak ve kimyasal analizleri yapılarak hem petrografik özellikleri hem de NTE potansiyeli araştırılmıştır. İnce kesitler İstanbul Teknik Üniversitesi'nin optik mineraloji laboratuvarında incelenerek, birimlerle alakalı daha kesin yorumlar yapılmıştır. Örneklerin diğer bir kısmı İstanbul Teknik Üniversitesi Jeokimyasal Araştırma Laboratuvar'ına (JAL) gönderilerek aynı zamanda örneklerin içerik bileşimleri detaylı araştırılmıştır. Çalışma alanındaki Kumalar Formasyonunun volkanik birimleri fonolitik tefrit, tefiritk fonolit, trakit ve bazalt olarak tespit edilmiştir.İnceleme alanında volkanik birimlerin de NTE içerikleri araştırılarak farklı diyagramlar üzerinde potansiyeli belirlenmiştir. Kimyasal analizler sonucunda elde edilen verilere dayanarak hafif nadir toprak elementleri, ağır nadir toprak elementlerine nazaran daha fazla potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir

Anahtar kelimeler: NTE, Sandıklı, Volkanik Kayaçlar

ABSTRACT

In this study, geological and petrographic investigations of the rocks exposed to the south-east of the Sandıklı district of Afyonkarahisar province were made and the potential of Rare Earth Elements (NTE) in the volcanic rocks was determined.

The geological map of the study area has been revised using field scales of 1 / 25.000 scale. Samples taken during field work were investigated by making thin sections and performing chemical analyzes with both petrographic properties and NTE potential. Thin sections were examined in the optical mineralogy laboratory of Istanbul Technical University and more accurate interpretations related to the units were made. Another part of the samples was sent to Istanbul Technical University Geochemical Research Laboratory (JAL) and at the same time the composition of the samples was investigated in detail. The volcanic units of the Kumara Formation in the study area were identified as phonolitic tephrites, tephritic phonolites, trachytes and basalts. The NTE contents of the volcanic units in the study area were investigated and potentially identified on different diagrams. Based on the results obtained from chemical analyzes, it was determined that light rare earths have a higher potential than heavy rare earths.

Keywords: REE, Sandıklı, Volcanic Rocks

1 GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Bu çalışma kapsamında Afyon iline bağlı sandıklı ilçesinin güney doğusunda yüzeylenen magmatik kayaçların jeolojik ve petrografik incelemeleri yapılmıştır.İnceleme alanı kuzeyde Testikıran Tepesi, güneyde Bağırtlak Tepesi, batıda Çiçektepe doğu da ise Vadiyeri Tepesi ile sınırlı 25 km2 'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu alanda farklı yaş ve türdeki magmatik kayaçlar ve sedimanter kayaçlar yaygın mostra verir. 2016 yılının Ekim ayında yapılan ve 1 hafta süren saha çalışması ile inceleme alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası üretilmiş ve farklı birimlerden temsilci örnekler toplanmıştır.

1.1.1 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

Çalışma Saha ve laboratuvar çalışmaları ve literatür araştırmaları sonucundan elde edilen verilere dayanarak çalışma alanının stratigrafisi incelenmiştir. Çalışma alanının tabanında; Kretase dönemine ait neritik kireçtaşlarından oluşan Gökhacıdağ formasyonu yer almaktadır. Bu birimi Paleosen yaşlı Göçen formasyonuna ait volkanik ara katkılı kumtaşları ve ayrılmamış bazik ve ultrabazik birimler takip etmektedir.. Göçen formasyonu ve Gökhacıdağ formasyonu arasında tektonik dokanak vardır. Bu oluşumları takip eden birimler ise Dereköy formasyonuna ait olan Orta Eosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlardan oluşan çökellerdir. Bölgenin en genç birimi Üst Miyosen –Pliyosen dönemine ait Kumalar formasyonun Volkanik üyeleridir. Kumalar formasyonu Dereköy formasyonun üzerine uyumsuz bir şekilde gelişmiştir. Tüm bu birimleri Kuvaterner yaşlı Alüvyonlar uyumsuz olarak örtmektedir.

2 PETROGRAFİ

Gerçeklerştirilen petrografik analizler sonucunda çalışma alanınındaki Kumalar formasyonun (Foto 1) fonolitik tefrit, tefritik fonolit, trakit ve bazalt olduğunu sonucuna varılmıştır. Çalışma alanındaki Trakitler yüksek miktarda sanidin fenokristalleri içermektedir.

Foto 1. Kumalar Formasyonuna ait volkanikler

Bazaltlar ve Trakitler aynı zamanda porfiri doku içermeleri ile ayrıdedilebilir. Kumalar Formasyonunun diğer ürünnleri olan fonolitler ve tefritler ise yüksek miktarda Lösit (Foto 2) minerallerinin yanısıra K-feldispat ve plajiyoklaslar mineralleri içermektedir. Az miktarda opak minerallere de rastlanmaktadır.

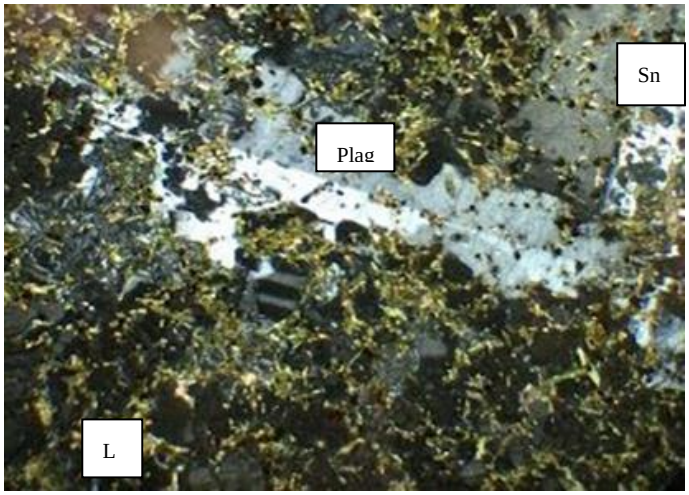


Foto 2. Fonalitler içierisindeki lösit (L) vs plajiyoklas (plag) ve sanidin (Sn) fenokristallerinin Polarizan mikroskop görüntüsü (XPL)

3. JEOKİMYASAL ANALİZLER

İtü/Jal laboratuvarlarında yapılan ana, iz ve Nte analizleri sonucunda kayaçların yüksek K_2O ya karşılık düşük SiO_2 içeren ultrapotasik karakter sunan kayaçlar oldukları anlaşılmıştır. Bu volkanik kayaçların SiO2 değerleri ortalaması %49,

Al2O3 %10, Fe2O3 %6, MgO %11, CaO %6, Na2O %1, K2O %4 şeklindedir. Ana element analizlerinden faydalanılarak çizilen TAS (Le Bas) diyagramları incelendiğinde kayaçların alkali sınırının oldukça üzerinde olduğu görülecektir (Diagram -1).

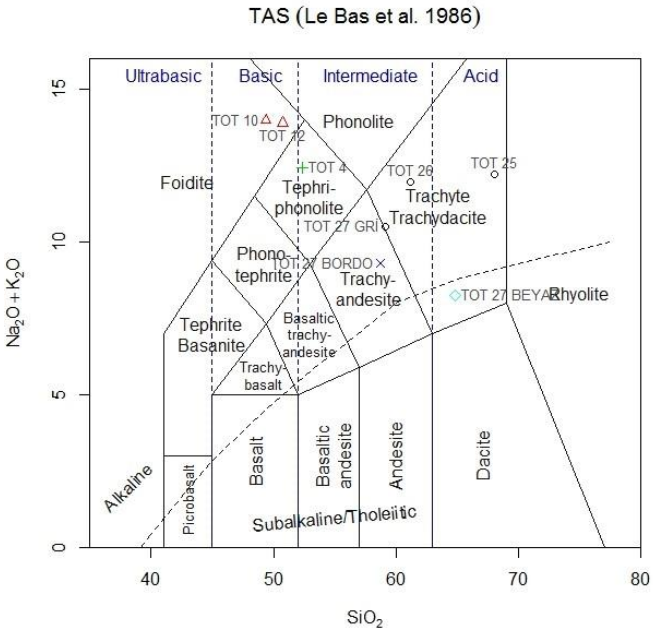
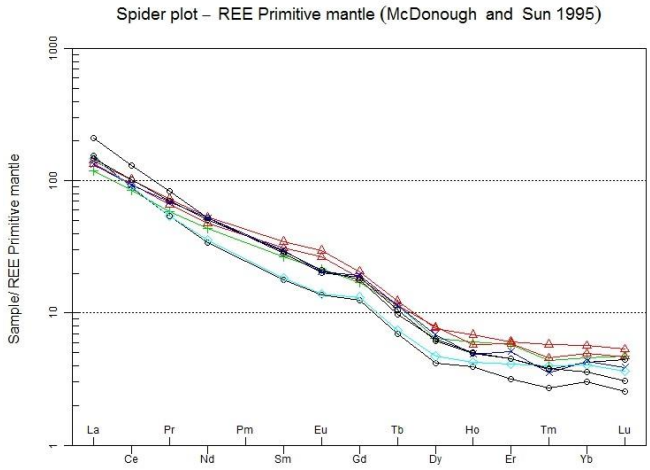


Diagram 1. Potasik volkaniklerini oluşturan kayaç örneklerinin toplam alkali-silis diyagramı.

İz elementlerden Nadir toprak elementleri verileri kullanılarak çizilen spider diagramında kayaçların ilksel mantoya göre oldukça zenginleştiği gözlemlenmektedir((diagram 2). Bu zenginleşme yüksek olasılıkla Hafif Nadir Toprak Elementleri içeren bir veya birkaç mineralin varlığını akla getirmektedir (florapatit vb).



Diyagram 2. Volkaniklerin ilksel mantoya göre normalize edilmiş spider diyagramı

Özellikle HNTE açısından zenginleşmiş kayaçların toplam NTE içerikleri 700 ppm gibi değerelere ulaşabilmektedir.

4 SONUÇLAR

Jeokimyasal analiz sonuçları incelendiğinde bölgedeki örneklerin, potasik ve az Silisyum içeren bir yapıda olduğu ve bu yüzden bünyesinde daha çok hafif nadir toprak elementleri içerdiği tespit edilmiştir. Spider diyagramları incelendiğinde ise kayaçları oluşturan magmanın üst miyosenden önce kıtasal kabuk tarafından kirlendiği doğrulanmıştır. Lantanyum ve Seryum elementleri gibi Hafif Nadir Toprak Elementlerindeki zeginleşmelerin yanısıra Toryum elementi açısından da zenginleşmeler tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalara ek olarak NTE ve Th elementlerinin varlığının hangi minerallere bağlı olduğu ve potansiyel plaser tipi yataklanmaların varlığı araştırılmalıdır.

TEŞEKKÜR

İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yaptığımız Lisans Bitirme Tasarım Projesi'nde konu seçiminde ve hazırlanmasında bize yardımcı olan danışmanlarımıza Prof. Dr. Sezai KIRIKOĞLU'na ve Prof. Dr. Şafak ALTUNKAYNAK'a, ince kesitlerin hazırlanmasında emeği geçen Teknisyen Mehmet Ali ORAL'a sonsuz teşekkürlerimizi sunuyoruz. Bitirme çalışması boyunca yardımlarını esirgemeyen, bizleri daim denetim altında tutan Ar. Gör. Alp ÜNAL'a , Ar. Gör. Ali Tuğcan ÜNLÜER'e ve Ar. Gör. Zeynep DÖNER'e teşekkür ederiz. Lisans tezimizin hazırlanmasında bizlere yardımcı olmaktan hiç çekinmeyen değerli arkadaşlarımız Halil Can AYDIN'a, Berkay DİRLİK'e, Umur AKIN'a teşekkür ederiz. Öğrenim hayatımız boyunca maddi ve manevi yardımlarını hiç eksik hissettirmeyen değerli ailelerimize de çok teşekkür ederiz

KAYNAKLAR

Francalanci, L., Civetta, L., Innocenti, F., Manetti, P., (2000). Neogene alkaline volcanism of the

Afyon-Isparta area, Turkey: petrogenesis and geodynamic implications Mineralogy and Petrology, 70, 285-312

Dilek, Y., Altunkaynak, Ş . "Geochemistry of Neogene– Quaternary alkaline volcanism in western Anatolia, Turkey, and implications for the Aegean mantle." *International Geology Review* 52.4-6 (2010): 631-655.

Sarıkaya (Milas-Muğla yöresi) Kuvarsit ve Feldspat Oluşumlarının Petrografik İncelenmesi ve Metamorfik Kayalarla İlişkilerinin Araştırılması

Petrographic Investigation of Quartzite and Feldspar Units and Their Relation with Metamorphic Rocks in Sarıkaya (in vicinity of Milas-Muğla)

G. Uygur, Ş.C. Genç
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışma kapsamında, Sarıkaya (Milas-Muğla) yöresinde Menderes masifi gnays, kuvarsit ve albit birimlerinin petrografik incelenmesi, mineral parajenezlerine göre metamorfizma derecelerinin belirlenmesi ve bu amaçla bölgenin jeolojik evrimi hakkında yaklaşımlar üretilmesi ile sahada var olan kuvarsitlerin nicelik, nitelik ve ekonomik durumu konuları ele alınmıştır. Çalışma süresince jeolojik haritalama teknikleri, jeokimyasal analizler ve petrografik çalışma teknikleri kullanılmıştır. Sonuç olarak bölgedeki paragnayslar, kuvarsit ve albitler petrografik olarak incelenmiş, bunların Menderes masifi içindeki yerleri ortaya konulmuştur. Bölgede görülen kayaç birimleri kronolojik sıra ile Pan-Afrikan kökenli temel kayaları, Geç Neoproterozoik yaşlı paragnayslar ve bunları üzerleyen şistlerden oluşmaktadır. Bölgede incelenen tüm birimlerin orta-basınç metamorfizmasından etkilenmiş olduğu görülmüştür. Sonuç olarak bölgede gözlenen dört kayaç birimi, petrografik gözlemler ve jeokimyasal analizlerle incelenmiş ve bölgenin genel evrimi ortaya konulmuştur. Ayrıca 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanarak metamorfik kayalara ait tüm yapılar bu harita üzerine işlenmiştir. Ekonomik jeoloji üzerine yapılan çalışmada bölgedeki kuvarsitler incelenmiş, bu malzemelerin kaliteleri jeokimyasal yöntemlerle belirlenmiş, rezerv ve kazanç hesapları yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Menderes masifi, Metamorfizma, Pan-Afrikan, Kuvarsit, Albit

ABSTRACT This study has been carried out as an undergraduate thesis at Istanbul Technical University, Geological Engineering Department under the supervise by Prof. Dr. Ş. Can Genç. Aim of the study is investigate the petrographic features of the gneisses, quartzite and albitic units of the Menderes massif around Sarıkaya (Milas, Muğla region) thus, implications on geological evolution and determination of quality, quantity and economical condition of quartzite. During the study, petrographic study techniques, geochemical analyses and geological mapping techniques have been used. Therefore, paragneisses, quartzites and albites are examined and their relations with Menderes massif has been identified. Moreover, general stratigraphy of the region has been introduced and metamorphic evolution explained. Finally, all four units on the region has been examined by petrographic, geochemical methods and geological evolution has been explained. Additionally, 1/10.000 scale geological map has been created and all structural aspects of the rocks have been marked. On economical geology, Quartzites have been focused, their quality has been established by geochemical methods.
Keywords: Menderes massif, Metamorphism, Pan-African, Quartzite, Albite

1 GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı ve Amacı

Çalışma alanı Muğla'nın Milas ilçesine ait Sarıkaya köyü ve civarını kapsamaktadır. Çalışılan bölge 37° 24' 24.25" Kuzey ve 27° 47' 0.34" Doğu koordinatlarında bulunmaktadır. Çalışma alanı kuzeyde Konak, batıda Danişment beldeleri ile sınırlanmaktadır. Güneyde Milas ilçe merkezi doğuda Yatağan ilçesi ile sınırlanmıştır. Çalışma alanında topoğrafik kotlar 100 m ile 500 m arasında değişmektedir. Bu çalışmanın amacı, Sarıkaya (Milas-Muğla) yöresi gnaysların kuvarsit ve albit oluşumlarının petrografik incelenmesi ve mineral parajenezlerine göre metamorfizma derecelerinin tespit edilmesi üzerinedir. Bölgenin genel stratigrafisi ve metamorfizma dereceleri elde edilen kayaç türleri üzerinden yapılmaktadır. Tüm Menderes masifinin çekirdek ve kısmen örtü şistlerini kapsayan çalışma alanında Pan-Afrikan temelin geçirdiği metamorfizma koşulları incelenmiştir. Bu bitirme çalışmasının tasarım bölümü ise bölgede yer alan albit ve kuvarsitler üzerinde yapılan kalite rezerv ve tasarım çalışmasıdır.

2 METOTLAR VE EKİPMANLAR

Çalışma öncelikle ofis çalışması (literatür araştırması) ile başlamıştır. Literatür çalışmasını takiben çalışma alanında jeolojik haritalama ve örnekleme yapılmıştır. Bu çalışmalar esnasında Silva marka jeolog pusulası, Garmin GPS cihazı ve saha ekipmanları kullanılmıştır. Pusula yardımı ile metamorfik birimler üzerinde foliasyon ve lineasyon ölçümleri yapılmıştır. Çalışma süresince lineer yapılar, faylar, kıvrım eksenleri ölçülmüştür. Jeolojik çalışmalar sırasında yüzleklerden örnekler alınmış ve mostra başında gözlemler yapılmıştır. Yapılan tüm gözlemler ve ölçümler saha defterine ve 1/10.000 ölçekli jeoloji haritasına işlenmiştir. Her çalışma günü sonunda yapılan gözlemler gözden geçirilip tekrar yorumlanarak arazi çalışmasının devamının planlanması sağlanmıştır.

3 BULGULAR

3.1 Paragnayslar

Çalışma alanında, temel kaya metakırıntılılardan oluşan birim, Candan ve diğ., 2011a, Candan ve diğ., 2011b, Koralay ve diğ., 2011) paragnayslarla temsil edilmektedir. Çalışma alanında Paragnays birimi Sarıkaya yerleşiminin güney ve güney batısında Çalışma alanında incelenen paragnaysların stratigrafik kalınlığı ~300-500 m'yi bulmaktadır. Bu birim bölgedeki albit şist/gnays; albitit ve kuvarsit litolojileri ile düşey ve yanal geçişler sunar.

3.2 Albit Gnays/ Albitit ve Kuvarsitler

Çalışma alanındaki temel kayaları metakırıntılılardan oluşan paragnayslardır ve bu birim kökeni sedimanter olan (Candan ve diğ., 2011a, Candan ve diğ., 2011b, Koralay ve diğ., 2011) bir istif ile örtülmüştür. Bu birim stratigrafik olarak altında bulunan paragnayslar ile düşey ve yatay geçişli dokanağa sahip yüzlekler. Bu biriminin arazide ölçülen yaklaşık stratigrafik kalınlığı ~100-150 m civarındadır. Çalışma alanında paragnays birimi içerisinde ve onun üzerinde yer aldığı tespit edilen kuvarsit ve albit gnays / albitit yüzleklerine Tepekovanlık sırtının yüksek kotlarında rastlanılmaktadır. Bölgede bulunan şist birimi için önceki çalışmalarda aynı birimin Çine asmasifindeki eşdeğerleri için 592-3239 My yaşlı olduğunu göstermiştir (Candan ve diğ., 2011a). Bu yaş bulgularından 592 My olan paragnaysların yaşı ile de uygundur. Çalışma alanında, temel kaya metakırıntılılardan oluşan birim, Candan ve diğ., 2011a, Candan ve diğ., 2011b, Koralay ve diğ., 2011) paragnayslarla temsil edilmektedir.

.

4 SONUÇLAR

Çalışma bölgesinin 1/10.000 lik jeoloji haritası oluşturulmuş, harita üzerinde 3 ana birim işlenmiştir. Bölgenin temel kayacı ve Pan-Afrikan temelli paragnayslar, el örneklerinde kuvars, plajioklas, biyotit ve muskovit içeren, yaklaşık 300-500 m stratigrafik kalınlığa sahip ve kuvarsit-albitit birimler ile düşey ve yanal geçişli dokanak gösteren bir yapıya sahiptir. Paragnaysların genel mineral parajenezi "kuvars + plajikoklas + biyotit ± muskovit ± zirkon ± albit" olarak belirlenmiş ve porfiroblastik ve granoblastik doku petrografik çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir.

Çalışma alanında paragnayslarla geçişli dokanağa ve yaklaşık 100-150 m stratigrafik kalınlığa sahip olan kuvarsit ve albitit birimler bulunur. Kuvarsitler çok ince taneli, sık aralı foliasyonlu ve yer yer laminalı bir yapı göstermekte ve muskovit-serisit türü beyaz mikalar içerir. Albitit (albit-gnays) olarak tanımlanan kayaç, başlıca iki tür kayaçtan oluşmaktadır. Birincisi albitli paragnaylardaki albit oranın artması ile albitçe egemen bir gnays haline dönüşmesidir. İkinci tür ise, genellikle ortognayslar içerisinde gözlenen migmamtitleşme sonucu gelişmiş damar ve zonlar halinde gözlemlenmiştir. Yapılan petrografik çalışmalarda kuvarsit-albitit biriminin genel mineral parajenezinde "kuvars + plajiyoklas (albit) + biyotit ± muskovit ± ilmenit ± zirkon ± rutil" bulunmakta ve yer yer mozaik doku gözlemlenmiştir. Kayaç içerisinde belirgin bir foliasyon ve kataklastik deformasyon izlerine de rastlanılmıştır.

Bölgenin metamorfik fasiyeslerin tayini, yapılan petrografik ve jeokimyasal analizlerle ortaya konulmuştur. Genel olarak dokusal ve mineral parajenezlerine göre bölgede Barrow türü orta basınç metamorfizmasının yaşandığı söylenebilmektedir. Amfibolit fasiyesine denk gelen metamorfizma yeşilşist fasiyesine ait metamorfik mineralleri de içermektedir. Gözlü granitik gnaysın bol biyotit içeriği sebebiyle amfibolit fasiyesinin orta koşullarında bir bölgesel metamorfizma olduğu saptanmış, ancak stavrolit ve silimanit gibi indeks minerallerin gözlenmemesi amfibolit fasiyesinin hangi alt fasiyesinde olduğunu söylemeye mümkün kılmamaktadır.

Tez çalışmasının tasarım projesi kapsamında bölgede yüzlek veren kuvarsit birimlerinin rezerv hesabı yapılmış olup kullanılması durumunda yaklaşık kazanç miktarları belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu lisans tez çalışması Prof. Dr. Ş. Can Genç danışmanlığında tamamlanmıştır. Hocamın gerek jeolojide farklı konulardaki üstün bilgisi gerekse tez süresi boyunca yaptığı profesyonelce yönlendirmeler sayesinde bu tez tamamlanabilmiştir. Kendisinin faydalı tavsiyeleri, yardımları ve kritik incelemeleri için minnettarım. Jeoloji Mühendisliği bölümünde görev alan akademisyenlerden, Prof. Dr. Fahri Esenli, Yrd. Doç. Dr. Cengiz Zabcı, Dr. Orhan Yavuz, Araş. Gör. Ali Tuğcan Ünlüer, Araş. Gör. Nurettin Yakupoğlu, Araş. Gör. Alp Ünal, Araş. Gör. Bala Ekinci Şans'a her türlü yardımlarından ve teze olan katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmada Kalemaden şirketinin (Jeo. Müh. İsmailcan Sever, Mad. Müh. Ve Kalemaden şirket müdürü Ali Altıntaş, Mad. Müh. Ahmet Atınç Pilevne) imkanlarından faydanılmıştır.

.

KAYNAKLAR

Bozkurt, E., 1996. Metamorphism of Palaeozoic schists in the southern Menderes Massif: field, petrographic, textural and microstructural evidence. Turkish Journal of Earth Sciences, 5(2), 105-121.

Bozkurt, E., & Park, R. G., 1999. The structure of the Palaeozoic schists in the southern Menderes Massif, western Turkey: a new approach to the origin of the main Menderes metamorphism and its relation to the Lycian Nappes. Geodinamica Acta, 12(1), 25-42.

Bozkurt, E., 2007. Extensional v. contractional origin for the southern Menderes shear zone, SW Turkey: tectonic and metamorphic implications. Geological Magazine, 144(1), 191-210.

Candan, O., Oberhänslı, R., Dora, O. Ö., Koralay, M. Ç. E., Rımmelé, G., Fukun, C. H. E. N., & Cüneyt, A. K. A. L., 2011. Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan Temel Ve Paleozoyik–Erken Tersiyer Örtü Serilerinin Polimetamorfik Evrimi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 142(142).

Iredale, L. J., Teyssier, C., & Whitney, D. L., 2013. Cenozoic pure-shear collapse of the southern Menderes Massif, Turkey. Geological Society, London, Special Publications, 372(1), 323-342.

Öztürk, A., & Koçyiğit, A., 1982. Selimiye-Beşparmak yöresindeki (Muğla) Menderes Masifi kayalarının stratigrafisi: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni. Cilt, 26, 67-72.

Uygun, A., & Gümüşçü, A. 2000. Çine Asmasifi (GB-Anadolu) Albit Yataklarının Jeolojisi ve Kökeni. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 122(122).

Yardley, B. W. Y., 1989. An introduction to metamorphic petrology (No. 552.3/. 4 YAR).

PETROL MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Gibiluru-B Petrol Sahasında İki Karbonat Rezervuarın En Uygun Üretim Gengüdümü İçin GU-1 Kuyusunda Delikleme ve Uyarlı Tamamlama Tasarımı

Perforation and Fitted Completion Design in GU-1 Well for the Optimum Production Strategy for Two Carbonate Reservoirs in Gibiluru-B Oil Field

Ü. Kartal, G. Sürgüt, S. Gurbanzade, G. H. Yıldırım, and İ.M. Mıhçakan
Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET Derdere formasyonunda üstte kireçtaşı ve altta bir dolomitik şeyl ile ayrılan dolomit iki rezervuara sahip Gibiluru-B petrol sahası, en uygun üretim gengüdümü ile geliştirilmek istenmektedir. Farklı basınçtaki iki rezervuarın gözeneklilik ve geçirgenlikleri üst kesimlerde daha yüksektir. İki rezervuarın hem alt hem de üst kesimlerinde zar etkisini gidererek birden büyük üretkenlik oranı ve indeksi elde etmek üzere bu dört kesim için ayrı delikleme tasarımı yapılmıştır. RUBIS rezervuar simülatörü ile rezervuarların 3-B yapısı oluşturulmuş, toplam petrol rezervi yanında her bir kesimin GU-1 kuyusundan en yüksek yığınsal üretimi verecek üretim debileri kestirilmiştir. İki rezervuarın yaklaşık 7 yıl süreyle kuyuda çift tamamlama ile toplam en az 1.1 MM stb petrol üretilebileceği ve ilk 39 M stb petrol üretiminin GU-1 kuyusu delinme ve tamamlanma masrafları da dahil tüm harcamaları karşılayacağı bulunmuştur. Bu süre sonunda kuyubaşı basınçları ~10 psia düzeyine düşeceğinden, GU-1 kuyusunun tek dizili tamamlamaya dönüştürülerek üretimin pompalama ile sürdürüleceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Derdere, petrol, iki rezervuar, perforasyon, RUBIS yazılımı, tamamlama.

ABSTRACT Gibiluru-B oilfield, which has two reservoirs in the upper limestone and the dolomitic shale separated lower dolomite in Derdere formation, is desired to be developed by the optimum production strategy. Porosity and permeability of both reservoirs with different pressures are much higher in the upper sections. Separate perforation design is performed to obtain productivity ratio and index greater than unity in each of those four sections, so that the skin effect in the upper and lower sections of both reservoirs is eliminated. Using RUBIS reservoir simulator a 3-D structure of the reservoir pair is generated, besides the estimation of total oil reserves the optimum oil production rates of each section that will deliver the highest cumulative oil production from GU-1 well are determined. It s found that both reservoirs will produce at least 1.1 MMstb of oil in 7 years from GU-1 well, and the first 39 Mstb production will meet the total expenditures, including the drilling and completion costs of GU-1 well. At the end of this time frame, since the well head pressures will drop down to ~10 psia level, it is understood that the GU-1 well should be converted into single string completion and the oil production will be continued by pumping.

Keywords: Derdere, oil, two reservoirs, perforation, RUBIS simulator, completion.

1 INTRODUCTION

The development of an oil field requires the optimization of the total expenditures and likely income from oil production. The costs for drilling and completion of wells and that for the workover and production operations make up the total expenditures. After a well is drilled, if necessary, it is installed by a set of concentric casing strings to be cemented.

Then, the inner most casing string, i.e., the production casing, is perforated across the reservoir pay, i.e., the productive, section. Perforation operation is consisted of opening desired number of small diameter tunnels in desired angles to penetrate through casing, cement, and the damaged zone in reservoir rock. Perforations must be designed so that the reservoir fluids flow into the wellbore as freely as if the pay section was left bare, or uncased. Accordingly, productivity ratio for perforations is defined as the flow rate from perforations in a cased hole to that from the same rock left bare. Perforations should be designed in a way that the production rate at the well head should be independent of the effect of the properties of perforations, but that of production tubing and wellhead.

In perforation design a number of trials should be performed with various production rates to obtain the most effective design that will yield the highest productivity ratio and the most appropriate well head production rate for natural (artesian) flow.

If a well penetrates multiple reservoirs at different depths and datum pressures, then, each pay zone should be produced through the double completion, i.e., separate tubing strings are installed for each pay zone in the wellbore. If the datum pressure in each pay zone is the same, then, both reservoirs can be exploited by commingled production into a single tubing string installed in the wellbore.

2 GIBILURU-B OILFIELD

Gibiluru-B oilfield occupies the middle part of Greater Gibiluru field and is discovered to have the potential of oil production from two reservoirs in Derdere carbonates. The field is desired to be developed by the simultaneous oil production from both reservoirs, in order to maximize the income, as soon as possible.

2.1 Geology

The map of top of Derdere structure under Gibiluru-B oilfield is seen in **Figure 1**. Note that the depth contours are below the mean sea level. The location of GU-1 well and the other wells to be drilled are marked on the map. The structure of Gibiluru-B is isolated from the flanks of the anticline structure by two strike-slip faults. Derdere carbonates are shallow-marine sediments deposited in Mesozoic era. Stratigraphic cross-section of Derdere unit, as penetrated by GU-1 well, is seen in **Figure 2**. An impermeable dolomitic shale layer separates the upper limestone (L) and the lower dolomite (D) layers.

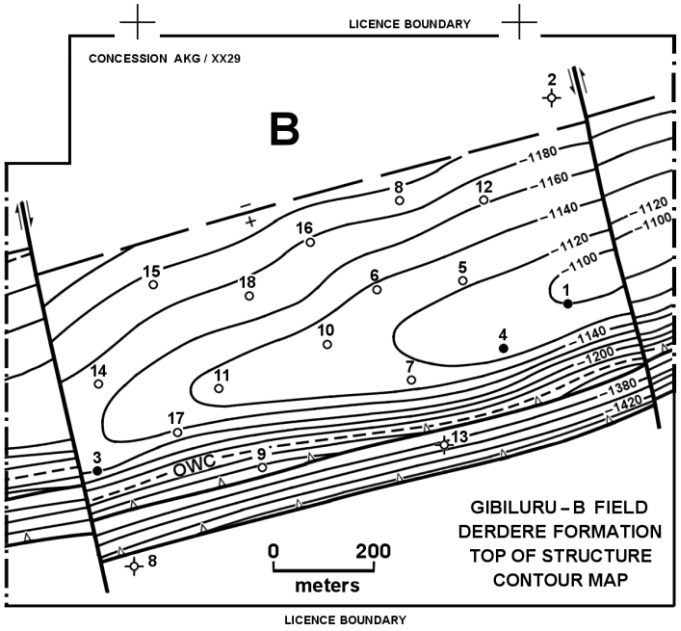


Figure 1. Derdere unit structure-top contour map (modified after Akbaş, 2005.)

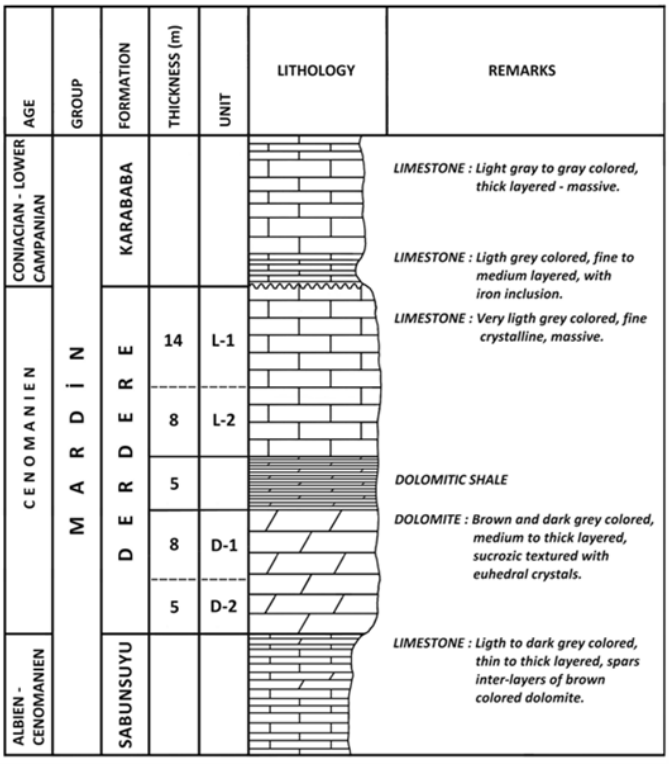


Figure 2. Derdere stratigraphic cross-section, as encountered in GU-4 well (modified from Yılmaz and Duran, 1997, and Akbaş, 2005.)

Porosity and permeability are much higher in the upper sections (L1 and D1) of both layers, compared to their lower sections (L2 and D2.) Average porosity in L1, L2, D1, and D2 pay sections is 20.6, 3.6, 24.7, and 17.9 percent, respectively. In the same pay sections the average permeability is 7.0, 2.9, 171.9, and 8.1 md, respectively.

2.2 Oil Reservoirs

All pay sections (L1, L2, D1, and D2) are discovered to be saturated with the economic accumulations of 32°API gravity oil with the viscosity of 4.7 cP, the bubble point pressure of 30 psia, initial oil FVF of 1.028 bbls/stb, and rather low initial solution GOR of 7 scf per stb. Other rock and fluid properties of each pay section may be found in elsewhere (Kartal, et. al., 2018.)

3 PERFORATION SYSTEM DESIGN

SPAN 7.0 software of Schlumberger (2003) is used to design the perforation system (tool configuration) to be employed in GU-1 well for perforating the four pay sections. The input data for SPAN 7.0 in this study may be found elsewhere (Kartal, et. al., 2018.) The UCS rock compressive strength in each pay section is estimated using the correlations of Chang, et al. (2006.)

In GU-1 well the last section of hole along two reservoirs has a diameter of 7.875" and is cased with N80 grade liner of 6.625" OD and 24 ppf weight. In the perforation system design these properties of hole and cemented liner are employed for all pay sections.

The gun and shaped charge types with the chosen explosive in the perforation systems that are designed to be used in GU-1 well and found the most effective for perforating the reservoir pay sections of both limestone and dolomite layers are given in Table 1. The shot density, phase angle of the shaped-charges as loaded into the gun, and the resultant entrance hole diameters, the length of penetration of perforation tunnels, and the productivity ratios are compared in Table 2.

In perforation design for L1 Section, the shot densities greater than 12 and up to 18 spf provided only insignificant improvement in productivity index, but with higher cost. The same result is obtained in perforation design for L2 Section.

Table 1. The type of gun, shaped charge, and explosive used in GU-1 well for perforating each pay section of Derdere limestone and dolomite layers.

Pay	Gun and Size	Charge	Explosive
L1	4.5" OD PEX	UJ-II 34J	RDX
L2	4.5" OD HSD	HJ-II 34B	RDX
D1	4.5" OD HSD	PJ 4505	HMX
D2	4.72" OD HSD	PJ 4505	HMX

HSD High Shot Density
PEX Perfo-Express
HJ Hyper Jet
PJ Power Jet
UJ Ultra Jet

Table 2. Comparison of shot density, phase angle, entrance hole size, length of formation penetration, and the resulting productivity index of perforations for each pay section.

Pay	S.D.	P.A.	E.H.D.	F.P.L.	P.R.
L1	12	45	0.32	15.05	1.11
L2	12	135/45	0.71	6.81	1.05
D1	18	135/45	1.02	39.8	1.045
D2	18	135/45	0.81	24.2	1.135

S.D. shot density, shots per inch
P.A. shaped-charge phase angle, degree
E.H.D. entrance hole diameter, inch
F.P.L. formation penetration length, inch
P.R. productivity ratio, fraction

Here in **Figure 3**, only one of the resultant outputs of SPAN 7.0 is given as an example for the perforation of D1 pay section. In this figure the input data and the top-view cross-section of the perforated interval is shown. In the top view cross-section, the dark lines radiating out from the center of the well are the perforation tunnels penetrated into the reservoir rock. The outer thick gray circle in the middle represents the damaged skin zone around the well in reservoir rock.

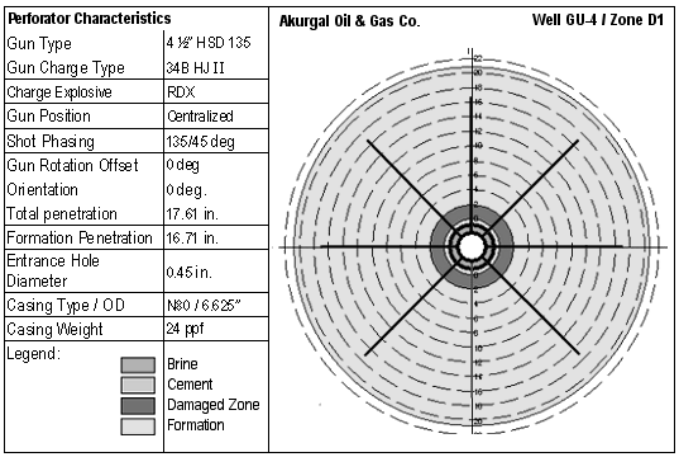


Figure 3. Input data and the top-view cross-section of the perforation result for D1 zone.

4 RESERVOIR MODELING ON RUBIS

The contour map of Derdere top of structure in **Figure 1** is digitized and the gridded 3-D model of reservoir is generated, as shown in **Figure 4**, using RUBIS numerical modeling tool of Kappa Software Company (2017.)

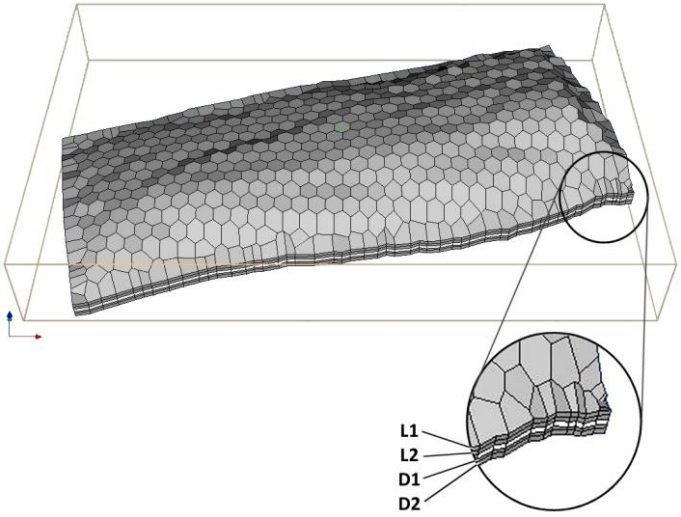


Figure 4. The reservoir 3-D gridded model, as created on the RUBIS software and the blown up part of the model showing the pay sections.

The overall pore volume and the original oil in place (OOIP) of limestone and dolomite reservoirs are estimated to be about 25.8 MM stb and 15.95 MM stb using the RUBIS software.

The RUBIS software is also employed to estimate the optimum production rate for each section that would yield the highest oil production by natural flow, i.e., until the well head pressure approaches to zero, for each section. **Figure 5** illustrates the timing for the well head pressure for each section to drop down to 10 psia by natural (artesian) flow and the pertinent oil production rate from each section during that time. As seen in **Figure 5**, except for L2 pay section the well head pressures will approach to 10 psia with the production rates of 100 stb/d from L1 section, 270 stb/d from D1 section, and 50 stb/d from D2 section, at the end of 7 years or 84 months. The well head pressure for L2 section will drop down to 10 psia much earlier at about 29 months or 2.4 years with the oil production rate of 25 stb/d.

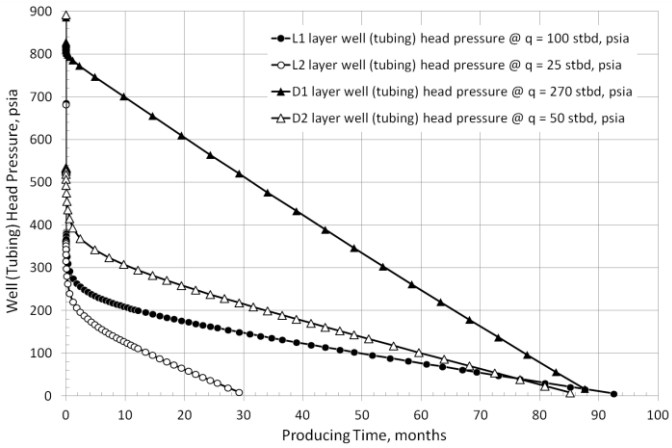


Figure 5. The time for well head pressures drop down to 10 psia by natural (artesian) flow and the cumulative oil produced for each pay section.

5 WELL COMPLETIONS DESIGN

Since oil production by natural flow from the three most productive sections (L1, D1, and D2) will cease after 7 years, the well is decided to be completed with a single-string double-completion design, as seen on the left in **Figure 6**. In such completion design, a cross-over sub above the upper retrievable packer will divert oil produced from L1 and L2 sections into the $2^{7/8}$"-OD production tubing, while the production from D1 and D2 sections will be through the annulus of the upper tubing-string and the last casing.

As the well head pressures drop down to 10 psia or lower after 7 years, production by

natural flow will not be possible anymore. In this case, all pay sections can produce by commingled production through a single tubing string of $2^{7/8}$" OD that is connected to a pumping system. The last well completion design is illustrated on the right in **Figure 6**. Therefore, both reservoirs will be produced by pumping for the rest of their lives.

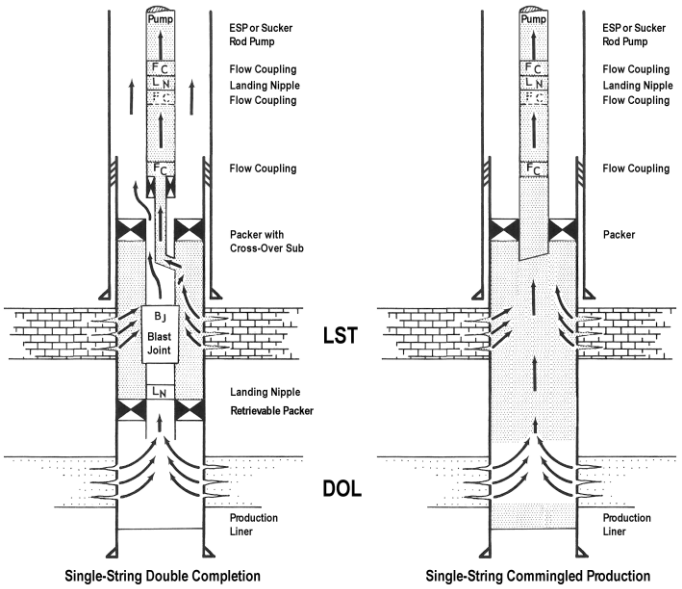


Figure 6. The double completion (left) and commingled production completion (right) design using single string in GU-1 well.

6 COST ANALYSIS FOR GU-1 WELL

The overall cost of GU-1 well is estimated to be about 1.6 million USD after receiving 30 percent discount on all expenses. This cost includes all the expenses including rig rent, rock bits, drilling muds, logging operations, all tubular goods, cementing, completion fluids and equipment, perforations, and other unforeseen costs. If the produced 32°API gravity oil is sold for 70 USD per stb and 40 percent of this price is spent for all taxes plus other expenditures, then about 39,000 stb of oil should be produced to pay out the cost of GU-1 well. Such cumulative oil production will be obtained about 3 months after the first production starts. It means that after three months of production there will be enough capital for drilling, completing, and start producing the next well in Gibiluru oilfield.

7 CONCLUSIONS

GU-1 well completion is designed and found to be performed in two stages with distinct configuration. In the first stage the well will be completed with a single-string double-completion design and both limestone and dolomite reservoirs will produce by natural (artesian) flow for about 7 years until the well head pressure for each pay section will drop down to about 10 psia. During this time frame the limestone reservoir will be produced through a production tubing, while the dolomite reservoir will be produced through the production tubing and casing annulus. After 7 years, the well will be re-completed with a single tubing that will be attached to a pump and the both reservoirs will be depleted by commingled production.

In order to design the well completion the production behavior of each pay section is numerically modeled by utilizing the results of perforation design.

For 70-USD/stb oil price, the overall cost of GU-1 well will be paid out after about 3 months of cumulative oil production.

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our gratitude to İTÜ Petroleum and Natural Gas Engineering Department for making the SPAN 7 and RUBIS software available for the realization of this study.

KAYNAKLAR

Akbaş, C.Y., (2005) "*Determination of Flow Units for Carbonate Reservoirs by Petrophysical Based Methods*," M.Sc. Thesis, Pet. and Nat. Gas Eng. Dept., Middle East Technical University, Ankara,

Chang, C., Zoback, M.D., and Khaksar, A., (2006) "Empirical relations between rock strength and physical properties in sedimentary rocks," *Jou. of Petroleum Science and Engineering*, 51, p 231.

Kartal, U., Sürgüt, G., and Gurbanzade, S. (2018). "*Perforation and Fitted Completion Design in GU-1 Well for the Optimum Production Strategy for Two Carbonate Reservoirs in Gibiluru-B Oil Field*," Graduat. Design Project, Petroleum and Natural Gas Engineering Dept., Istanbul Tech. Univ., Maslak, Sarıyer, Istanbul.

Schlumberger, (2003) "*SPAN 7.0 User Guide*," Schlumberger, Sugar Land, Texas, USA.

Gibiluru-B Petrol Sahasında İki Bağımsız Katmandan Üretim için GU-4 Kuyusunda Delikleme ve Çiftli Tamamlama Tasarımı

Perforation and Double Completion Design for Producing GU-4 Well from Two Separate Layers in Gibiluru-B Oilfield

Y., Demircan, E, Şahin, D., Nilüfer, G. H. Yıldırım, and İ.M., Mıhçakan
Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET Gibiluru-B petrol sahası, Derdere formasyonunun üst kireçtaşı katmanı ile, bundan bir dolomitik şeyl ile ayrılan alt dolomit katmanında bulunan iki rezervuardan petrol üretmek için geliştirilmektedir. Kayaç özelikleri ve basınçları farklı iki rezervuarın da üst bölümleri alt bölümlerine göre daha gözenekli ve geçirgen olup, her bir bölüm için HSD silâh ve RDX patlayıcı yüklü HJ-II yönlendirilmiş yük kullanılarak, 12 spf yoğunluk ve 60°, 72°,ve de 135° faz açıları ile yapılacak ayrı delikleme (perforasyon) işlemi tasarlanmıştır. İki rezervuardan aynı anda ayrı üretim yapması için üst kireçtaşı rezervuar 50 stb/gün ve alt dolomit rezevuar 100 stb/gün debi ile üretime alındıklarında, kireçtaşı rezervuarın birkaç saat içinde doğal akışını koruyamadığı ve pompa ile üretmesi gerektiği, dolomit rezervuarın ise en az 4 yıl doğal akışla üretim yapabileceği görülmüştür. Bu durumda GU-4 kuyusunun önce tek dizili çiftli tamamlama ile üreteceği ve dolomit rezervuar doğal akış ile üretim yapamaz hale gelince kuyunun tek dizili tamamlama ve pompa ile üretime konulacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Derdere, petrol, bağımsız rezervuarlar, perforasyon, çiftli tamamlama.

ABSTRACT Gibiluru-B oilfield is being developed to produce oil from two reservoirs in the upper limestone and in the lower dolomite layer separated from the upper layer by an impermeable dolomitic shale layer in Derdere formation. In both reservoirs, with different rock properties and pressures, upper zones are more porous and permeable than the lower zones, so that the separate perforation operations are designed using HSD gun and RDX explosive loaded HJ-II shaped charge with 12 spf shot density and 60°, 72°, and 135° phase angles. For separate and simultaneous production from the two reservoirs, with the flow rate of 50 stb/d from the upper limestone reservoir and of 100 stb/d from the lower dolomite reservoir, it is found that the limestone reservoir will not be able to maintain natural flow and will be put on pump, while the dolomite reservoir will produce by natural flow for at least 4 years. Under these conditions, it is conceived that the GU-4 well will produce with single-string double-completion initially, and when the dolomite reservoir cannot produce by natural flow, the well will be put on pump for commingled production from single-string completion.

Keywords: Derdere, oil reservoirs, perforation, double completion, simulation.

1 INTRODUCTION

A borehole, drilled for oil or gas production is completed into a wellbore that allows total control of production rate at the wellhead. A borehole is completed either as open or cased hole along the producing interval of reservoir. Cased-hole completion starts with the landing of designed production casing or liner string into borehole and continues by cementing the hole-casing annulus. In cased holes required number of perforation tunnels that penetrate through the casing, cement, and the damaged zone in reservoir rock must be opened to allow the reservoir fluids flow into the well as freely as if the well were completed open hole. Thus, a perforating

system is designed so that the production rate at surface will be independent of the effect of the properties of perforations, but that of production tubing and wellhead.

When a well penetrates separate reservoirs at different depths, the datum pressure of each reservoir may be the same or different. If the datum pressure in each pay zone is the same, both reservoirs can be exploited by commingled production into a single tubing string in wellbore. If the datum pressure in each is different, then, each pay zone should be produced through the double completion, i.e., separate tubing strings in wellbore.

A number of trials for the most effective perforation design should be performed to obtain the highest productivity index for the chosen production rates for natural (artesian) flow. In selecting the production rates the flowing pressure losses along the production tubing must be taken into account. Duration of natural flow with the forecast production rates should also be estimated.

2 ESSENTIALS OF PERFORATING

A perforation system configuration consists of a carrier gun, shaped charges, a detonator cord, and a detonator. In the design of a perforation tool the required data include the dimensions and properties of casing, density of cement, properties of fluids in wellbore and annulus, properties of reservoir fluid to be produced, reservoir pressure, overburden stress, temperature and depth of perforation interval, and compressive stress of the rock to be perforated,. Since the production rate is significantly influenced by the damage in rock around wellbore and perforation tunnels the optimization of the diameter, formation penetration, phase angle, and the number of perforation tunnels is the main design aspect.

3 GIBILURU-B OILFIELD

Gibiluru-B oilfield, of which the map of top of structure top below the sea level is seen in **Figure 1**, is being developed to exploit two separate oil reservoirs in Derdere carbonate rocks. The location of GU-4 well, subject to this study, is also shown on the same map.

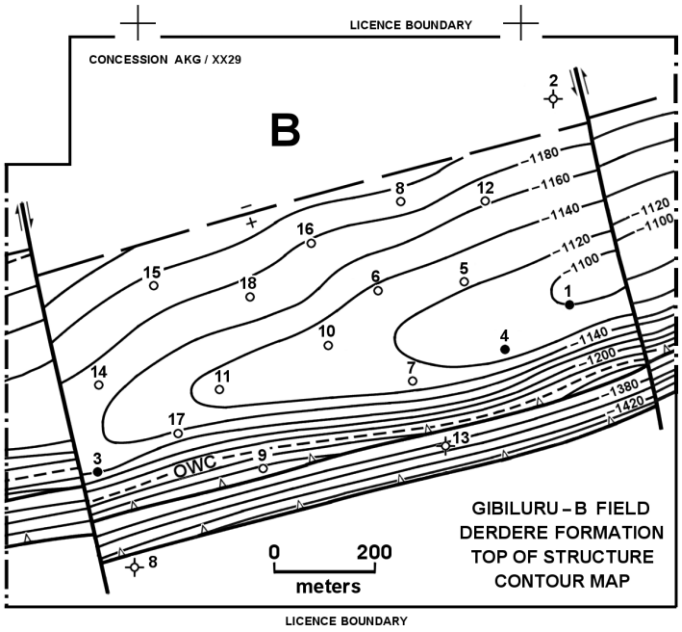


Figure 1. Derdere unit structure-top contour map (modified after Akbaş, 2005.)

3.1 Geology

Derdere unit of Mardin group carbonates are thick shallow-marine sediments deposited in Mesozoic era. Stratigraphic cross-section of Derdere unit, as penetrated by GU-4 well, is illustrated in **Figure 2**.

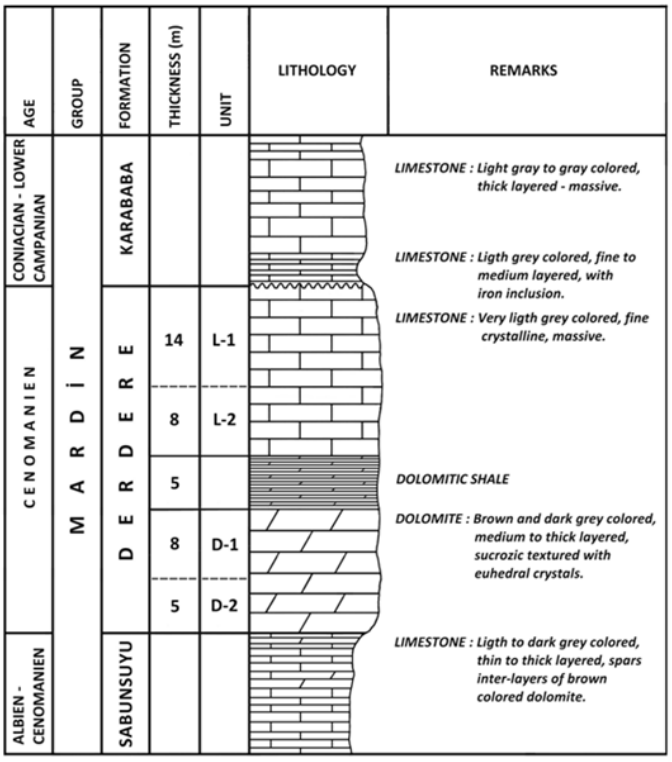


Figure 2. Derdere stratigraphic cross-section, as encountered in GU-4 well (modified from Yılmaz and Duran, 1997, and Akbaş, 2005.)

Both the limestone and the dolomite layers, are separated by an impermeable dolomitic shale layer, as shown with their thickness in **Figure 2**. Porosity and permeability are much higher in the upper sections of L1 and D1 of both layers, compared to their lower sections of L2 and D2, as given in **Table 1**.

Table 1. Average and range of porosity, in percent, and permeability, in md, of Derdere limestone and dolomite pay sections.

Pay	ϕ_{avg}	k_{avg}	ϕ Range	k Range
L1	20.6	7	4 - 22	0 - 8.6
L2	3.6	0.15	0 - 6	0 - 6
D1	24.7	171.9	8 - 28	130 - 176
D2	17.9	8.1	11 - 21	0 - 11

3.2 Oil Reservoirs

All sections (L1, L2, D1, and D2) contain economic accumulations of 32°API gravity oil with the viscosity of 4.7 cP, the bubble point pressure of 30 psia, initial oil FVF of 1.028 bbls/stb, and initial solution GOR of 7 scf/stb. Other rock and fluid properties of each pay section in these two reservoirs are given in elsewhere (Demircan, et. al., 2017.)

4 PERFORATION SYSTEM DESIGN

The software, SPAN 7.0, is used to design the perforation system (tool configuration) to be employed in GU-4 well for perforating the two Derdere reservoirs (Schlumberger, 2003.) The input data for SPAN 7.0 in this study may be found elsewhere (Demircan, et. al., 2017.) The UCS compressive strength of the rock in each pay section is estimated by the correlations of Chang, et al. (2006.)

The use of HyperJet (HJ)-II type shaped charge with the RDX explosive in HSD gun with the O.D. of 4 ½" is found to yield the most efficient perforations in all sections in GU-4 well. Performance of the perforation system configurations, used in each of four pay sections, is tabulated for comparison in **Table 2**. The longest formation penetration, highest productivity index, and the lowest total skin are obtained in D1 dolomite pay section; while the highest productivity ratio is obtained in D2 dolomite pay section. This result is attributed to the favorable porosity and permeability in dolomite layer.

Table 2. Comparison of the performances of perforation systems used in each pay section.

Pay	F.P.	P.I.	P.R.	T.S.
L1	14.13	0.1286	1.3006	– 1.33
L2	6.42	0.0019	1.0098	– 0.06
D1	**16.71**	**1.8421**	1.3512	**– 1.49**
D2	14.13	0.0481	**1.1894**	– 0.91

F.P.: formation penetration, inches;
P.I.: productivity index, stb/psi;
P.R.: productivity ratio, fraction;
T.S.: total skin, dimensionless.

Here only the resultant outputs of SPAN 7 for perforating the D1 pay section are given as example. Input data and the top-view cross-section of the perforation result for D1 zone is shown in **Figure 3**. As seen in this cross-section, with 135°/45° phase angle the shaped charges in a gun centralized in 6.625 inch O.D. liner could open 16.71 inch-long perforation tunnels in the reservoir rock of D1 pay section.

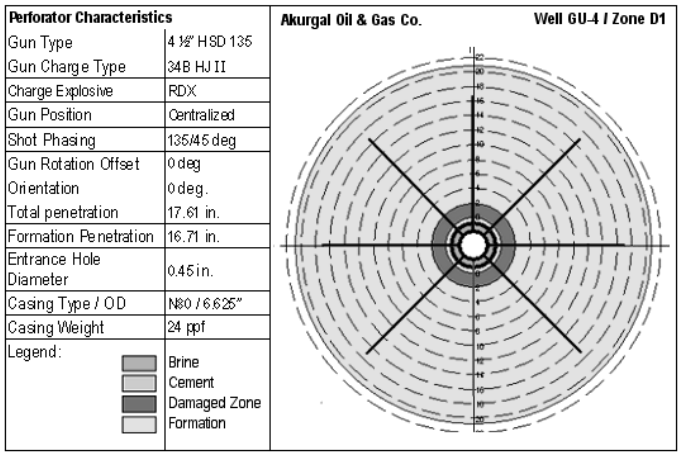


Figure 3. Input data and the top-view cross-section of the perforation result for D1 zone.

The variation of productivity ratio and the productivity index versus shot density for perforating the D1 section are shown by the plots in **Figures 4** and **5**, respectively. As seen in these figures, both PR and PI would

not vary significantly for the shot densities greater than 12.

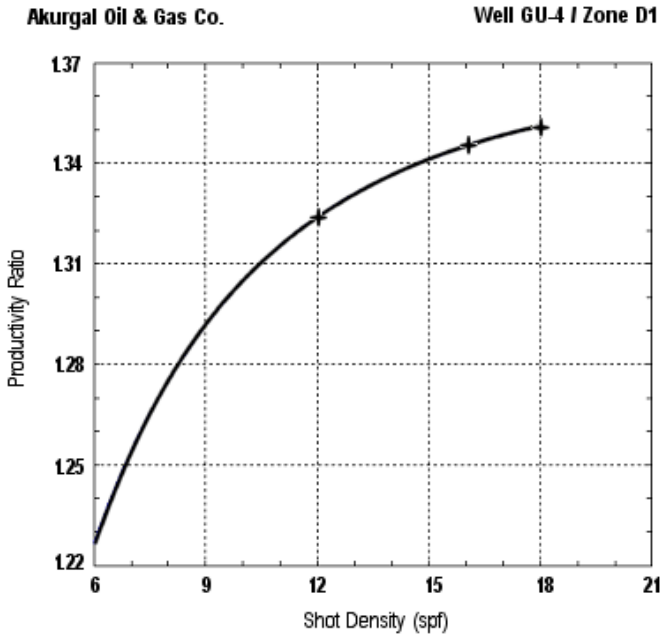


Figure 4. Productivity ratio vs shot density for perforating D1 section.

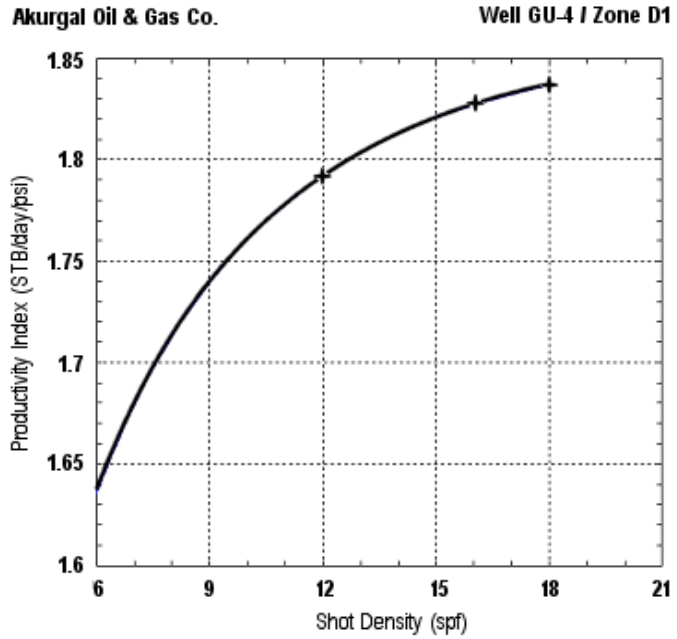


Figure 5. Productivity index vs shot density for perforating D1 section.

5 WELL COMPLETIONS DESIGN

In this study conducting a simulation study was not possible and, hence, the productivity of nearby GU-1 well, which produces from the same layers with similar properties, was utilized to approximate the productivity of GU-4 well. As shown in **Figure 6**, the GU-1 well production initially starts at high rates up to 2500 stb/d (397.5 m^3/d), then, drops down to 500 stb/d (79.5 m^3/d) in 3 months, and gradually decreases and flattens out at a level of about 100 stb/d, in four years.

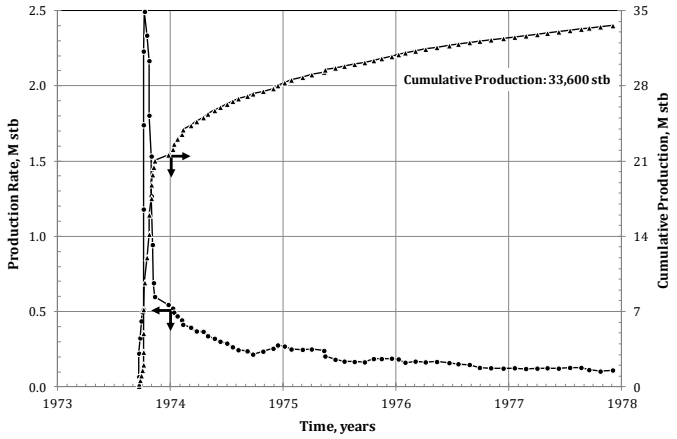


Figure 6. Daily and cumulative production of oil, as a function of time, for GU-1 well.

Considering the productivity of GU-1 well and the permeability of both layers in GU-4 well, the respective average production rates of 50 and 100 stb/d from the limestone and dolomite layers in GU-4 well were assumed to be appropriate. If these two layers are put on separate production through a $2^{7/8}$"-OD tubing string, the flowing pressure gradient will be about 0.383 psi/ft (1.342 kPa/m.) In this case, flowing well-head pressure would be about 257 psia (1,772 kPa) for 50 stb/d production rate from the limestone layer and that of about 454 psia (3,130 kPa) for 100 stb/d flow rate from the dolomite layer.

Under such flow conditions the limestone layer could produce only on pump, while the dolomite layer will be producing by natural flow, only for about 4 to 5 years. Therefore, commingled production from both reservoirs will not be possible through a single tubing string and $6^{5/8}$"-OD production liner might not permit double completion in the well for the simultaneous production of both layers.

Thus, the single-string double-completion design on the left in **Figure 7** is decided to be realized initially in well GU-4 for at least 4 years. According to this design, a cross-over sub above the upper retrievable packer will divert the oil produced from limestone reservoir into the $2^{7/8}$"-OD production tubing connected to a pump and from the dolomite

layer into the annulus of the upper tubing string and the last intermediate casing.

When dolomite layer cannot produce by natural (artesian) flow anymore the second completion design on the right in **Figure 7** will be used for the commingled production through a single tubing string of $2^{7/8}$" OD. In this case both reservoirs will be produced by pump for the rest of their lives.

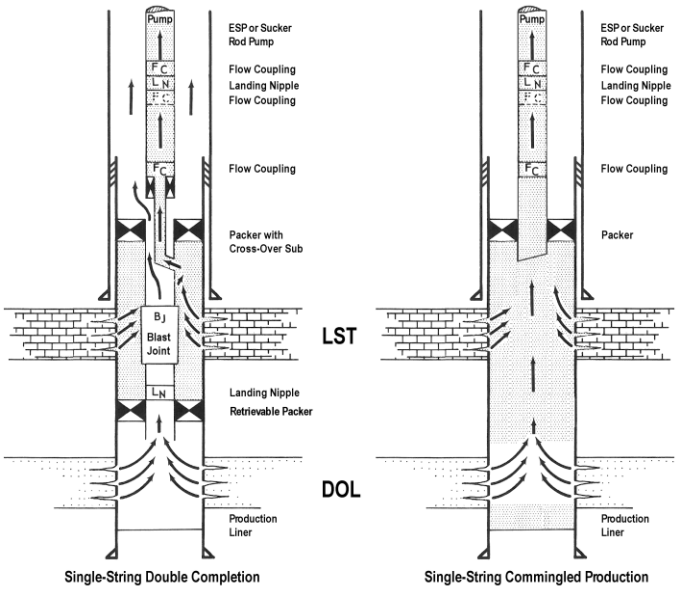


Figure 7. The double completion (left) and commingled production completion (right) design using single string in GU-4 well.

6 COST ANALYSIS FOR GU-4 WELL

The overall cost of GU-4 well is estimated to be 1,611,000 USD after receiving 15 percent discount on all expenses. This cost includes all the expenses including rig rent, rock bits, drilling muds, all tubular goods, well logs, cementing, completion fluids and equipment, perforations, and other unforeseen costs. If the produced 32°API gravity oil is sold for 50 USD per stb and 40 percent of this price is spent for all taxes plus other expenditures, then 48,330 stb of oil should be produced to pay out the cost of GU-4 well. Hence, the dolomite reservoir should produce by natural flow at an average rate of 100 stb/d and the limestone layer should produce on pump at an average rate of 50 stb/d for about eleven months to achieve 48,330 stb oil production.

7 CONCLUSIONS

GU-4 well completion is designed and found to be performed in two stages with distinct configuration. In the first stage the dolomite reservoir will produce at an average rate of 100 stb/d by natural flow through the casing-tubing annulus, and the limestone reservoir will produce at an average rate of 50 stb/d by pumping through the production tubing. In the second stage, both reservoirs will be put on commingled production through a single tubing string and by pumping.

In order to design the well completion the production behavior of nearby GU-1 well is projected onto GU-4 well and a perforation design study is conducted using SPAN 7.0 software. The use of HyperJet (HJ)-II type shaped charge with the RDX explosive in HSD gun with the O.D. of 4 ½" is found to yield the most efficient perforations in all sections in GU-4 well.

For 50-USD/stb oil price, the overall cost of GU-4 well will be paid out after 48,330 stb of cumulative oil production, after all the taxes plus other expenditures are paid.

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our gratitude to İTÜ Petroleum and Natural Gas Engineering Department for making the SPAN 7 software available for the perforation design part of our work.

KAYNAKLAR

Akbaş, C.Y., (2005) "*Determination of Flow Units for Carbonate Reservoirs by Petrophysical Based Methods*," M.Sc. Thesis, Pet. and Nat. Gas Eng. Dept., Middle East Technical University, Ankara,

Chang, C., Zoback, M.D., and Khaksar, A., (2006) "Empirical relations between rock strength and physical properties in sedimentary rocks," *Jou. of Petroleum Science and Engineering*, 51, p 231.

Demircan, Y., Şahin, E., and Nilüfer, D. (2017). "*Perforation and Double Completion Design for Producing GU-4 Well from Two Separate Layers in Gibiluru-B Oilfield*," Graduat. Design Project, Petroleum and Natural Gas Engineering Dept., Istanbul Tech. Univ., Maslak, Sarıyer, Istanbul.

Schlumberger, (2003) "*SPAN 7.0 User Guide*," Schlumberger, Sugar Land, Texas, USA.

Farkli Senaryolara Sahip Gerçek Bir Kuyu İçin Alişilmamiş Kuyu Kontrol Operasyonlari Tasarimi

Designing Unconventional Well Control Operations For A Real Well With Different Scenarios

A. Otlu, E.Yılmaz, S. U. Sürer, M. E. Onay, M. H. Özyurtkan
İstanbul Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Petrol ve doğal gaz aramalarında, sondaj uygulamaları sırasında kuyu kontrolü son derece önemli bir işlemdir. Başta saha personellerinin emniyeti olmak üzere, sondaj kuyusu ve donanımlarının emniyetini sağlamak kuyu kontrolü uygulamalarının önemini geçtiğimiz yıllara göre daha belirgin bir hale gelmiştir. Ayrıca kuyu canlanması ve her ne kadar istenmese de takiben oluşabilecek olan blowout sorunu ile daha birçok kuyu problemi, kuyu kontrol uygulamalarının bir başka önemini gözler önüne sermiştir. Hâlihazırda yüksek olan sondaj maliyetleri gerekli kuyu kontrolü uygulanmaları yapılmadığı takdirde katbekat artacağından kuyu kontrolü konusu yeraltı sondajı endüstrisi için gözden kaçırılmaması gereken bir etken olmuştur.

Bu çalışmada TP' den (Türkiye Petrolleri) alınan gerçek bir kuyu programı dâhilinde farklı derinlikteki koruma borusu ayaklarında kuyu canlanması sırasında veya kuyuya geliş olduğunda, bu gelişi kontrol altına almak veya gelişin olumsuz etkilerini azaltmak için "Düşük Choke Basıncı Uygulaması", "Ağır Çamur Uygulanması" ve "Barit Tapası Uygulaması" gibi özel metotları uygulanarak formasyona zarar vermeyecek basınç değerlerine ulaşılmıştır. Geliş yoğunlukları belli değerler arasında seçilip (0.15 – 0.80 psi/ft) bu üç yöntemin prosedürleri benzer hesaplamalarla formasyona uygulanmıştır.

Anahtar kelime: Kuyu kontrolü, Koruma borusu, Sondaj maliyeti

ABSTRACT

Well control during the drilling applications in the oil and gas exploration is an extremely important process. In order to supply safety for the drilling personnel as first and equipment, further increases the importance of the well control applications compared to the past. In addition, the well movements and the blowout problem that can occur after, and many more well problems reveal another important aspect of the well control applications. If the necessary well control applications are not applied on, the drilling costs that are already high will become even higher. Consequently, well control subject became a crucial problem that must be considered for the drilling industry.

In this study, a real well program which is taken from the TP (Turkish Petroleum) is used with in the different depth casing shoes for different kick scenarios. As an intention of getting the control of the well or reducing the damaging effects of the kick "Low Choke Pressure", "Spotting Heavy Mud ", and "Barite Plug methods have been applied, and the main concern is maintaining the pressure values that will not damage the formation. These three methods are applied with a certain kick gradient interval (0.15-0.80 psi/ft) to the formation by similar approaches, and applications.

Keywords: Well control, Casing, Drilling cost

1 INTRODUCTION

After the industrial revolution begun, a high energy demand emerged all over the Europe. At the beginning, this demand was supplied by coal or steam powered engines. However, the energy which is extracted from coal or steam became insufficient in order to work the necessary equipment. This lack of energy leads to seek for alternative energy resources, and this demand is fulfilled by petroleum, and natural gas. Today, increasing world population and the demand to energy become very huge. Thus, this demand leads requirement for petroleum and natural gas to the maximum. In order to extract the petroleum or natural gas some processes must be done. This stages can be listed as; exploration, drilling, and production. When the drilling operation has begun, there is a crucial parameter that must be considered as a lethal trouble, which is kick. In addition to, the blowout is the most terrifying phenomena which can be defined as the uncontrolled kick. The blowout gives rise to not only huge environmental disasters but also great economic damages for the drilling company. The discipline of well control has been founded to prevent such incidents.

Well control methods divided into two main categories; Conventional and Special (Unconventional) Well Control Methods. Conventional methods are the Driller's Method and Wait & Weight Method (Engineer's Method). Although, there are numerous Special Well Control Methods, three of them are the main topics of this thesis; Low Choke Pressure Method, Spotting Heavy Mud Method, and Barite Plug Method. Definition of kick, definition of well control, and applications of these methods will be described in this graduation project. The listed methods will be applied on three different casing shoes, which can be defined as the weakest points of the well. Besides, these methods will be done in some various kick intervals, which is between 0.15 – 0.80 psi/ft. At the end of the thesis, the applicability of methods will be examined one by one. Finally, while some of the methods can supply the necessary pressure, some of them cannot.

2 DEFINITION OF KICK

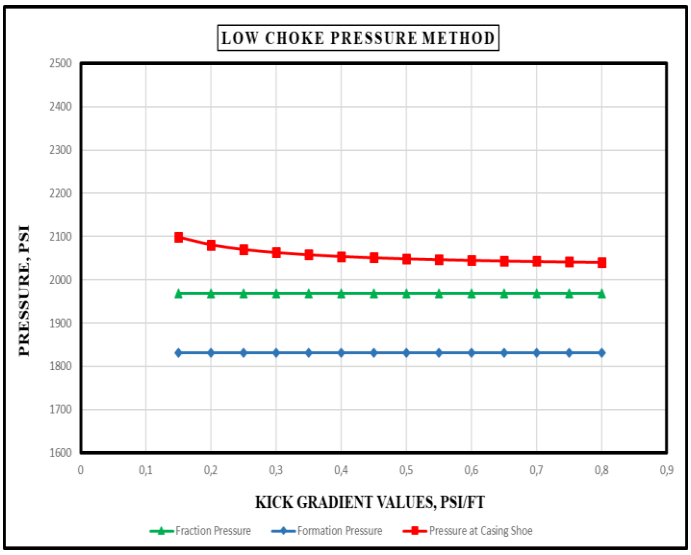
A kick can be defined as an unexpected entry of formation fluids into the wellbore, causing a rise of mud-level in the mud pit. Therefore, controlling the well is an important issue in any drilling activity (Hossein M. E., Al-Majed A. A., 2015)." Kick occurs when the pressure found within the drilled rocks is greater than the mud hydrostatic pressure acting on the face of the rock. When this pressure difference takes place, the greater formation pressure has a tendency to push the formation fluids into the wellbore. If that undesired flow is successfully controlled, the kick has been killed. The blowout is the result of the uncontrolled kick. The seriousness of a kick depends on different parameters. The most important one is the ability of the rock to allow the fluid flow, which is permeability. Permeability of a rock can be defined as "The ability, or measurement of a rock's ability to transmit fluids". Another parameter that affects the severity of the kick is porosity. Porosity measures the amount of the pore spaces inside a rock. Thus, a rock with a high permeability and porosity has a great potential to cause severe kicks than a rock with low permeability and porosity. For instance, sandstones have more pore spaces and permeability compared to shalestones; so, it can be told that sandstones considered having greater kick potential than shalestones. Another parameter that controls severity of the kick is the amount of the pressure difference between the formation fluid and the hydrostatic pressure of the mud column. As it is known, according to the Fluid Mechanics; the fluids have a tendency to move from the high pressurized point to the low one. Thus, if the formation fluid pressure exceeds the mud hydrostatic pressure, a severe kick can occur. A kick can be labelled in several ways. One label depends upon the type of the formation fluid that enters the borehole. Kick fluids can be gas, oil, saltwater, magnesium chloride water,

hydrogen sulphide (sour) gas, and carbon dioxide. If gas enters the borehole, the kick is considered as a gas kick. "…if the calculated kick gradient is less than 0.3 psi/ft, it is likely that the kick is due to gas. A gradient in the range of 0.3 to 0.4 indicates a kick due to oil and gas mixture. A gradient larger than 0.4 psi/ft indicates a water kick." (Mian, M. A., 1992). Additionally, if a volume of 40 barrels of gas enters the borehole, the kick is considered as 40 barrel of gas kick. Besides, further information can be given as; "Another way of labelling kicks is by identifying the required mud weight increase necessary to control the well and kill a potential blowout. For example, if a kick required a 0.7-lbm/gal mud weight increase to control the well, the kick could be termed a 0.7-lbm/gal kick". (PetroWiki, n.d.) An additional important consideration in the discipline of well control is the amount of pressure that the formation rock can withstand without any fractions. A measure of this type of rock strength is usually called the fracture gradient, and it is usually expressed in the terms of lbm/gal equivalent mud weight. The equivalent mud weight term is the summation of the all pressure that are applied on the borehole wall; such as mud hydrostatic pressure, surge & swap pressures, friction pressure losses etc. As an example, if the fracture gradient of a formation is determined to be 16.0 ppg, the well can withstand any combination of the pressures that are mentioned above that would yield the same pressure as a column of 16.0 ppg mud to the desired depth. (Adams, N., 1980)

3 WELL CONTROL APPLICATIONS FOR A REAL WELL

The special well control methods, which are explained in the previous section, are going to be applied on a real well in this chapter of the thesis. The illustration and the specifications for the well are given on **Figure 1.**

In this thesis, there are three different casing shoes on separate depths. Moreover, it is assumed as like occurring kick during the drilling operation on each casing shoe. Because; typically, the formation right below



a casing shoe is the weakest point in the annulus. (Orszulik, S., 2016). The methods are applied on three casing shoes one by one.

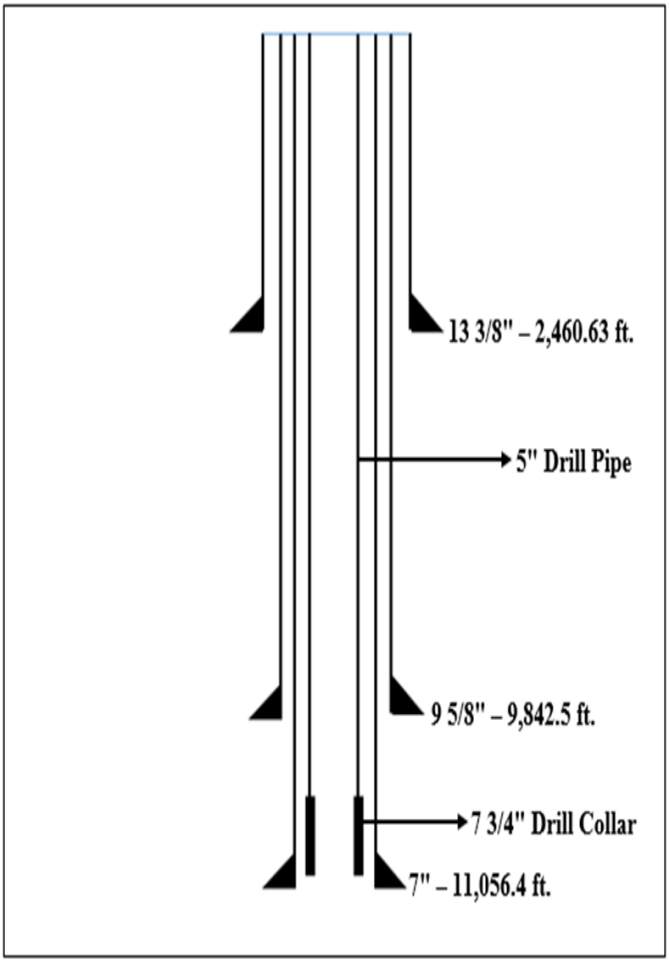


Figure 1. Schematic Sketch of the Driller's Method Procedure

4 FIRST CASING SHOE (2461 ft)

In this section, the calculation of the first casing shoe (2461 ft, 700m) is made. In this part z factor values are assumed constant for

each depth. Capacity factors for drill collar, drill pipe, annulus and nominal diameters of each component are calculated.

4.1 Low Choke Pressure Method

This method can be applied in the case of **SICP> = MACP.** Relations P_{shoe} with P_p and P_{fr} are given in **Figure 2**.

Figure 2 – Graphical Relation of P_{shoe}, P_{fr}, And P_f

CONCLUSION

As a conclusion, this graduation project covers three special well control methods and applications on a real well. Although there are numerous methods to overcome a kick, and maintain the well control, three of them have been chosen; Low Choke Pressure Method, Spotting Heavy Mud Method, and Barite Plug Method. Application of these methods covers three different casing shoe points on the 11,056 ft. depth well. The casing shoe depths are 2460 ft, 9842 ft, and 11056 ft respectively. Furthermore, applicability of these three methods has been examined on the summary section. However, all can be summarized as; for the first, second, and third casing shoe depth Low Choke Pressure Method is valid for all different kick gradients. Feasibility of Spotting Heavy Mud Method can be explained in short; as it is mentioned before different pill lengths must be chosen at different casing shoe depths for balancing

the formation pressure. Respectively, 1450 ft, 2600 ft, and 4500 ft pill length is enough to overcome the formation pressure for the first, second, and third casing shoes. For the barite plug method, different plug lengths must be selected for different casing shoe depths. As follows, 550 ft. barite plug must be selected for the first casing shoe depth, 1100 ft barite plug length must be selected for the second casing shoe, and for the last casing shoe 2000 ft plug will be enough for supplying the necessary pressure.

REFERENCES

Adams, N., (1980). *Well Control Problems and Solutions*, Petroleum Publishing Company, Oklahoma, USA, p. 254

Hossein, M. E., & Al-Majed, A. A., (2015). *Fundamentals of Sustainable Drilling Engineering*, Scrivener Publishing, Massachusetts, USA, p. 64.

Mian, M. A., (1992). *Petroleum Engineering Handbook for Practicing the Engineer* (Vol. II), PenWell Publishing Company, Oklahoma, USA, p. 442.

Orszulik, S., (2008). *Environmental Technology in the Oil Industry*, Second Edition, Springer International Publishing, Wantage, UK, p. 81.

PetroWiki, (n.d.). Retrieved at May 19, 2018, from *Kicks:* 'http://petrowiki.org/Kicks'

Sabit Isı Üretimi Altında Kooperatif Jeotermal Sahalar İçin Uygun Stratejinin Tasarımı ve Modellenmesi

Designing And Modeling A Proper Strategy For Cooperative Geothermal Field Development Under Constant Heat Production

Ö.F. Arslan, S. Karakaya, M.Ağın, E. D. Korkmaz Başel, Ö. İ. Türeyen, A. Satman
İstanbul Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu bitirme projesinde aynı rezervuardan üretim yapan iki farklı lisans sahibinin sabit güç üretimi (her bir lisans sahibinin 100'er MWt) yapabilmesi durumu araştırılmıştır. Lisans sahiplerinin en uygun işbirlikçi (paydaşçı) stratejiyle sahayı geliştirebilmesi için çeşitli modelleme çalışmaları tasarlanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. En uygun stratejinin belirlenmesinde rezervuarın proje ömrü sonundaki basıncı, sıcaklığı ve rezervuarda yapılan toplam kütlesel su üretimi belirleyici parametreler olarak kullanılmıştır. İşbirlikçi stratejiyi geliştirmek için bu çalışmada incelenen durumlar çalışma bölümünde açıklanmıştır.
Tasarımlarda bir lisans sahibinin (işletmeci) yeri beslenme kaynağına yakın, diğeri beslenme kaynağından uzak olarak modellenmiştir. Beslenme kaynağından uzak olan işletmenin sıcaklığı diğer işletmeninkinden daha düşük olup, başlangıç basınçlarının birbirlerine eşit olduğu varsayılmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda, beslenme kaynağına yakın olan sahada üretim ve uzak sahada enjeksiyon yapılması durumu en uygun strateji olarak belirlenmiştir.

Kooperatif strateji için çeşitli durumlar incelenmiştir. Bu durumlar üretim ve enjeksiyon kuyularının yerlerine göre farklılık göstermektedir. Bir durumda üretim beslenme kaynağına yakın sahadan yapılıp enjeksiyon beslenme kaynağına uzak taraftan yapılmaktadır. Diğer durumdaysa bu durumun tamamen tersi incelenmiştir. Son durumda her iki sahadan da hem üretim hem de enjeksiyon yapılmıştır. Yapılan incelemelerde beslenme kaynağına yakın olan sahadan üretim yapıp beslenme kaynağına uzak olan sahadan enjeksiyon yapmak en uygun durum olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Birimleştirme, Kooperatif, Sabit ısı üretimi

ABSTRACT In this design project, a theoretical field is assumed with the purpose of investigating proper cooperative development methodology. Parameters considered for obtaining a proper strategy include temperatures, pressures and cumulative mass produced obtained from the final stage of the project.
Various cases for the cooperative strategy are considered. These cases vary based on the location of the production and reinjection locations. In one case all production operations are carried out away from the recharge source and the reinjection is performed closer to the recharge source. In the other case, an exactly opposite procedure is used where all production is obtained from locations closer to the recharge source and reinjection is performed further away from the recharge source. In a third case, production and reinjection are performed in separate leases. It is determined that the case where production is obtained from regions closer to the recharge source provide a more sustainable development.

Keywords: Unitization, Cooperative, Constant heat production

1 INTRODUCTION

Geothermal energy is the heat energy contained in Earth's crust as a result of radioactive decay of minerals existing in the crust and heat conduction from the interior of Earth into the crust.

2 GEOTHERMAL UNITIZATION

Word of geothermal unitization can be briefly described as the multiple licence holders in the same field acting as a unit. The general rule in understanding the geothermal resource is that a geothermal lease is indivisible by its nature, and production from any part of a unit perpetuates all leases within the unit.

In geothermal reservoirs where there are multiple licence holders, various problems arise such as drilling of offset wells or excess production and unsustainable management of reservoirs could happen. In order to solve these problems, unitization is a good way to develop the reservoir cooperatively.

3 LUMPED PARAMETER MODELS

The lumped parameter method simulates how pressure and temperature of the geothermal reservoir change with time by using previous production data. There are advantages of the lumped parameter model which is that it is simple and it does not need large computer capacity. Components of lumped parameter modeling consist of the production and reinjection rate, the aquifer, and the recharge source. Lumped parameter model can be shown as various schematic illustration but most common schematic illustrations are shown Figures 3.1 and 3.2. Lumped parameter models use mass and energy balance equations for modeling pressure and temperature behavior of the reservoir. In lumped parameter modeling the mass balance and the energy balance equations are solved on reservoirs (or control volumes) that represent various components of a geothermal system such as the aquifer, the reservoir, and etc.

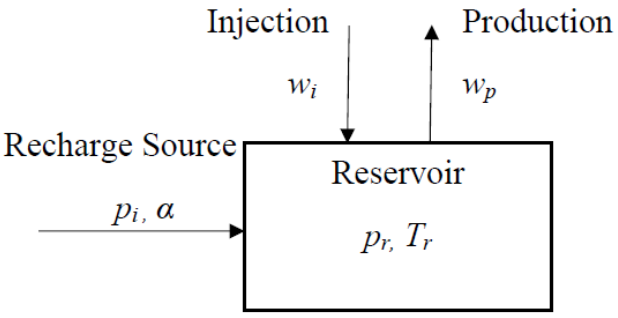


Figure 3.1 - The schematic of the one-reservoir model.

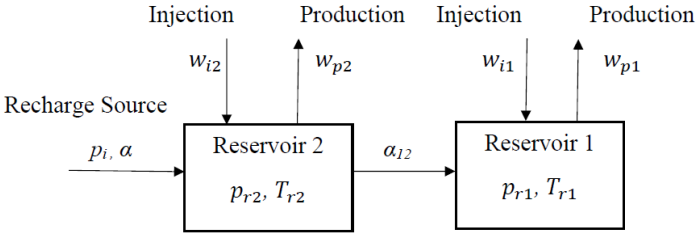


Figure 3.2 - The schematic of the two-reservoir model.

Lumped parameter models use mass and energy balance equations for modeling pressure and temperature behavior of the reservoir. In lumped parameter modeling the mass balance and the energy balance equations are solved on reservoirs (or control volumes) that represent various components of a geothermal system such as the aquifer, the reservoir, and etc.

4 MODELING STUDY

In this study various cooperative approaches toward producing constant heat from a geothermal field are considered. Two leases are assumed to be present and producing from the same reservoir. Each lease targets a constant heat production of 100 MW_t power. Here the assumption is that each lease owner has designed a project where 100 MW_t of power is necessary. In order to investigate the cooperative approach (unitization), various scenarios are studied.

The parameters considered for the design of cumulative heat production, cumulative mass production, the final pressure and temperature values at the end of the project life. At the end of the project life, it is only natural that each lease owner would want to

obtain the desired total amount of heat while keeping the cumulative mass produced at a minimum and keeping the pressure and temperature at a maximum. The lease owners would wish to have such final operating conditions to their favor.

- Case A: For modeling Case A, the one-reservoir model is utilized. The production and injection wells are distributed evenly throughout the entire field covering both leases.

- Case B: Each lease operates at their respective license area. In other words, both leases produce and inject at their respective leases. The production and injection rates are determined such that each lease produces 100 MW_t power.

- Case C: All production necessary to compensate 200 MW_t of power takes place from the lease that is closer to recharge source. The reinjection, in this case, is performed in the other lease that is further away further away from the recharge source.

- Case D: Finally, the opposite of the previous case is modeled (injection into lease closer to recharge source and production into the other lease).

The aim of the study is to determine proper case under constant heat production based on final outcomes of the reservoir.

4.1 Results of Modeling: Case A

In Case A, the reservoir is modeled using a single reservoir. Figure 4.1 illustrates the reservoir used along with the various parameters of the model. The production and reinjection rates will be adjusted so that the total heat production rate remains constant at a value of 200 MW_t.

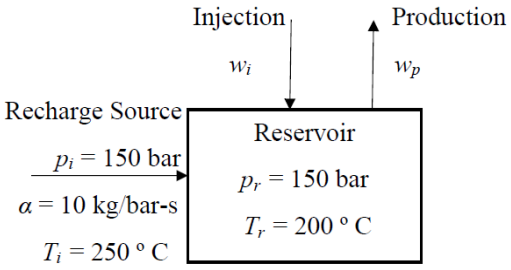


Figure 4.1 - The schematic of the one-reservoir model (Case A).

4.2 Results of Modeling : Case B

A schematic view of Case B is illustrated in Figure 4.2. Heat production rate is 100 MW_t for each reservoir. Recharge source is connected to Lease 2 with α=10 kg/s and Lease 2 is connected to Lease 1 with α_{12}=10 kg/s.

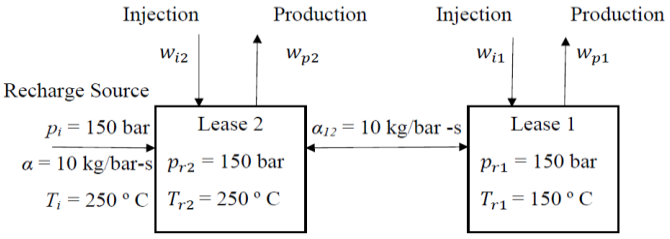


Figure 4.2 - The schematic of the two-reservoir model (Case B).

4.3 Results of Modeling : Case C

In Case C which is illustrated in Figure 4.3, fluid is produced from Lease 2 which has a higher temperature and injected from Lease 1. Recharge source is connected to Lease 2 with α=10 kg/s and Lease 2 is connected to Lease 1 with α_{12}=10 kg/s. Heat production is 200 MW_t from Lease 2.

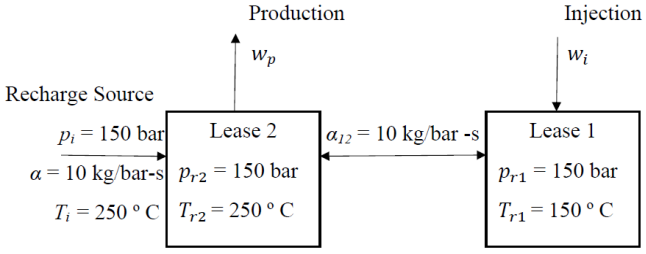


Figure 4.3 - The schematic of the two-reservoir model (Case C).

4.4 Results of Modeling : Case D

In Case D, fluid is produced from Lease 1 which has higher temperature and injected from Lease 2. Recharge source is connected to Lease 2 with α=10 kg/s and Lease 2 is connected to Lease 1 with α_{12}=10 kg/s. Heat production is 200 MW_t from Lease 1. It is illustrated in Figure 4.17.

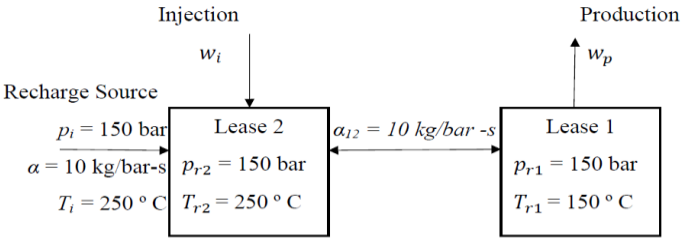


Figure 4.4 - The schematic of the two-reservoir model (Case D).

5 CONCLUSIONS

In this graduation design project, a theoretical field is assumed with the purpose of investigating proper cooperative development methodology for a reservoir that will be produced with a constant heat production rate. Parameters considered for obtaining a proper strategy include temperatures, pressures and cumulative mass produced obtained from the final stage of the project, since the production strategy is constant heat production rate, the total heat produced from the entire reservoir will be constant.

Case C is the more preferable case from a perspective of reservoir's average pressure and temperature in comparison with other cases. In Case C reservoir average pressure and temperature at the end of the project life remain the highest with less overall mass produced when compared with the other cases. In Case C, energy was produced from Lease 2, which is hotter than Lease 1, and water is reinjected in Lease 1 which is colder than Lease 2.

REFERENCES

Tureyen, O.I., Satman, A., 2013. Multiple Licence Holders In The Same Area: An Expected Risk to Geothermal Development in Turkey, *Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford University, Stanford, California.

Tureyen, O.I., Satman, A., 2015. Jeotermal Sahalarda Birimleştirmenin Rezervuar Performansına Olan Etkileri, XII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Izmir.

Sarak, H., Onur, M., and Satman, A., 2005. Lumped Parameter Models for Low Temperature Geothermal Fields and Their Applications, *Geothermics*, Vol.34, 728755.

Interval Pressure Transıent Testıng (IPTT) In Multı-Layered Reservoır

Çok Katmanlı Rezervuarda Aralık Basıncı Geçiş Testinin Uygulanması

A. Gökgöz, D. Şaşmaz, T. Sivrihisar, A. Atadeğer, İ. M. Gök
Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET Bu çalışmada, çok katmanlı heterojen rezervuarda yatay ve düşey yöndeki geçirgenlik dağılımı formasyon testleri kullanılarak bulunmaya çalışılmıştır. Sentetik olarak gerçekleştirilen kuyu testi dizaynı yapılırken bir gözlem probu ve bir paker kullanılmıştır. Bu sentetik testler, 5 saat boyunca üretim yapacak şekilde dizayn edilmiştir. Üretim periyodundan sonraki 5 saat boyunca akış durdurularak testlere devam edilmiştir. Tüm testlerdeki basınç verilerinin türevleri, KAPPA-Ecrin programı kullanılarak elde edilmiştir ve tüm testlerin akış rejimleri tespit edildikten sonra basit eğri çakıştırma üzerine kurulu analizleri yapılıp; KAPPA-Ecrin programından alınan sonuçlarla karşılaştırılır. Bu işlemlerin yanında, tüm testlerin analizi akışın kapalı olduğu periyodda yürütülmüştür. Çok katmanlı bir sistem olduğu için basit eğri çakıştırma üzerine kurulu analiz kullanılarak tek bir geçirimlilik değerine ulaşılamamıştır. Bu problemi çözmek için lineer olmayan parametre tahminlerine odaklanılmasına rağmen bu yöntem çok katmanlı rezervuarın herbir katmanının geçirgenliliğinin elde edilmesinde yetersiz kalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok katmanlı rezervuar, kuyu testleri, IPTT, basit eğri çakıştırma, lineer olmayan parametre tahmini

ABSTRACT This study aims to access the permeability distribution in multi-layered heterogeneous reservoir. One observation probe and one packer are used in well test design which is made as synthetic. The synthetic tests are in drawdown period during five hours. After drawdown period, the production is shut in during five hours. The derivative of synthetic pressure response and the straight line analyses for each of all tests is extracted by KAPPA- Ecrin Software. Besides, the all test analyses are carried out in build-up period. The only permeability value cannot be reached using straight line analyses because of multilayered system. Therefore, the parameter estimation is focused in the solution of this problem; but, this parameter estimation becomes insufficient in the attaining of permeability for each of multilayered reservoir.

Keywords: Multi-layered reservoir, well tests, IPTT, straight line analysis, non-linear parameter estimation

1 INTRODUCTION

Most hydrocarbon reservoirs are stratified with different layer properties due to the deposition and diagenesis processes. It has long been recognized that spatial heterogeneity in rock properties such as horizontal and vertical permeability has a strong influence on the production performance of reservoirs and the success of water or gas flooding projects. Therefore, characterization of these rock properties of each flow unit is essential to make reliable predictions. In the recent years, a new generation multi-probe and dual packer-probe wireline formation tester was introduced and it is an important alternative

to the conventional pressure transient test due to many advantageous. In fact, IPTT provides dynamic permeability and anisotropy information with increased vertical resolution along the wellbore. These tests provide controlled local production and interference tests along the wellbore, and usually their flowing and buildup durations are in the order of hours. Thus, their scale of investigation is less than that of conventional well tests, but much larger than that of cores. Interpretation of packer-probe interval pressure transient test in multilayer systems rely on parameter estimation of permeability values at each layer by regression packer and probe pressures. It is also important that integrating open hole and core data to analysis is key element for successful interpretation. In fact, interval pressure transient test (IPTT) is very well established technique to provide horizontal permeability and permeability anisotropy using wireline formation tester. The interpretation of IPTT is quite simple for single layer system. If the zone of interest is consisted of several flow units, interpretation of IPTT is not straight forward like single layer system. There are certain challenges in order to interpret IPTT test in multi-layer system. Non-linear parameter estimation is made reference to solve this problem. Shortly, straight-line analysis methods are often the starting point for IPTT parameter estimation in multi-layer systems.

2 INTERVAL PRESSURE TRANSIENT TESTING (IPTT)

Wireline formation tests (WFT) are applied to obtain pressure transient data using packer-probe along the wellbore for both single layer and multi-layered systems. These types of tests can be referred as interval pressure transient tests (IPTT). During the application of IPTT, the wireline formation testers are used with the aim of accessing reservoir characters in terms of heterogeneity.

2.1 Flow Regime Identification

Firstly, IPTT test interpretation starts with flow regime identification. Flow regime information are obviously obtained when the pressure derivative is plotted versus time on logarithmic plot. As seen in **Figure 1**, there are several different flow regime according to tests time period by Kuchuk. However, it is generally observed either radial flow or spherical flow regime or both of them at the same time. Generally, reservoir boundary type things are not observed from this type of tests due to short duration of test time.

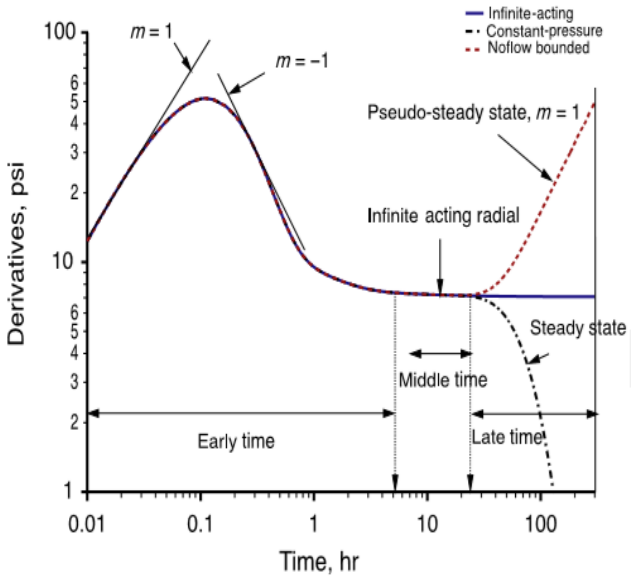


Figure 1. Flow regime identification at early time, at middle time and at late time (Kuchuk, F.J. 2010).

2.2 Reservoir Heterogeneity

What is defined as reservoir heterogeneity is that the quality of variation in rock properties in a reservoir or formation can better assist in modeling the reservoir and thus better understand the behavior of the reservoir. The degree of heterogeneity is defined as a number between 0 and 1. Zero heterogeneity means a homogeneous reservoir, and when the degree of heterogeneity is 1, it is defined as a completely heterogeneous reservoir. In this article, the vertical heterogeneity of an oil field is calculated using the Dykstra-Parsons coefficient (V).

3 CASE STUDY

The model consists of 10 layers and they have different thickness. In order to get accurate results in these cases, the model has 700 grid blocks with thickness of 0.1 feet on z direction; moreover, 100 grid blocks on r direction. Besides, the external radius is 5000 ft. Total thickness of reservoir model is 70 ft. For 5 tests, probe and packer are placed in different locations; however, the probe always is placed over the packer and the distance between probe and packer is assigned as 6.4 ft (approximately 2 meters). It is important to highlight that, production interval of packer is 3 ft and the resolution of quartz sensor is 0.01 psi.

3.1 Interpretation Of Conducted Tests

All simulated tests are displayed, then derivative plots are examined, and finally spherical and radial flow analyses are performed. It is noted that the spherical and radial flow analyses are made in only build-up period; because, there are clearer data in build-up period than drawdown period. Besides, at the end of this part, the conducted tests are compared between each other. In Test 5, drawdown period, the flow rate is accepted as 10.28 RB/Day within the first 5 hours. From the starting of end of first 5 hours, the period which is interrupted the flow is named as build-up period and its configuration is seen in **Figure 2**.

During the buildup period pressure drop in packer is observed as approximately 1.12 psi; whereas the pressure drop in probe is nearly 0.3 psi. According to **Figure 3** the spherical flow regime is not seen for both of packer and probe. In this figure, the radial flow regime is shown both of packer and probe in the time interval from 0.4 to 4.95 hours.

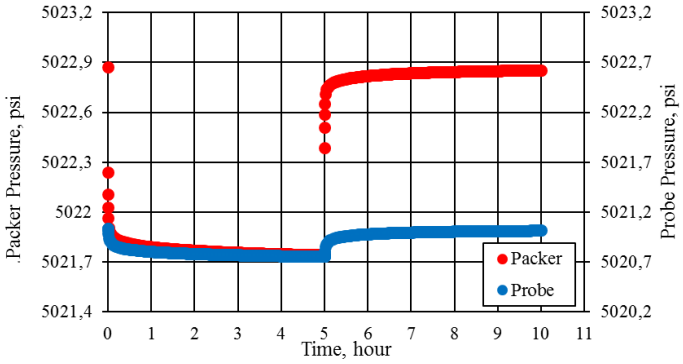


Figure 2. Simulated packer and probe pressure histories for the fifth test.

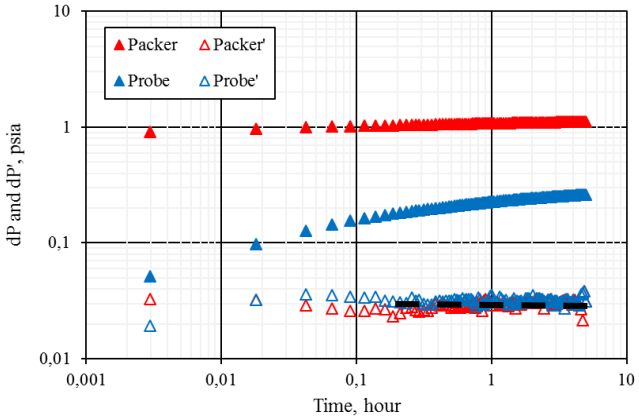


Figure 3. Test 5 of packer and probe in build-up period.

4 NON-LINEAR PARAMETER ESTIMATION

To determine each layer's individual horizontal and vertical permeability values, the non-linear parameter estimation can be applied. The crucial point in non-linear parameter estimation is that parameter estimation code analyzes as analytically. The run of all tests are done in build-up portion of packer and probe data. In this study, there are several un-knowns parameters which are 10 horizontal and 10 vertical permeabilities. However, the porosity, total compressibility, and thickness of 10 layers are assumed as known values. Non-linear parameter estimations for all tests are performed as using different initial guess values randomly.

Initial guess, true values, and estimated permeability values for horizontal and vertical permeability in Test 5 and painted cells refer to permeability values which are not put on regression are displayed in **Table 1.** Estimated horizontal and vertical

permeability values are seen that close to true values because, the probe and packer are placed in layer 8 and layer 10. Also, the estimated horizontal permeability of layer 8 and layer 10 are close to almost 23% and 0.7% off from true values, respectively. the estimated vertical permeability of layer 10 can be accepted as a true vertical permeability with 5% confidence range. Except of the estimated horizontal permeability values layer 2, which is so far from test 5 location, and layer 9, which is too thin layer, all parameters are estimated closely to true values. Furthermore, all vertical permeability is estimated closely to true values except of layer 3 and layer 8.

Table 1. Permeability estimation after regression packer and probe data.

TEST 5	TRUE		Initial		Estimated	
Layer No	kh, md	kv, md	kh, md	kv, md	kh, md	kv, md
1	98	65	98	51	98	51
2	0.1	0.021	5	0.019	16	0.019
3	650	450	772	250	772	1.3
4	68	35	59	48	59	48
5	26	16	26	10	26	7
6	67	48	71	26	71	40
7	53	39	44	20	44	27
8	32	28	150	50	767	30
9	0.9	1.5	100	50	0.098	14
10	1350	725	1234	500	1281	959

Comparison of model and measured packer and probe responses of build-up data is shown in **Figure 4**. Derivative matches for both packer and probe are excellent as seen in **Figure 4**. After having these matches, two things might be concluded; one of the first thing is that acceptable match is obtained but, if the different initial guesses are used, different values can be obtained. Second conclusion is more crucial that find the permeability in the layer 10 and neighbors of layer 10. As it is seen in consequences of all tests, the five tests might be sufficient to determine true horizontal and vertical permeability values.

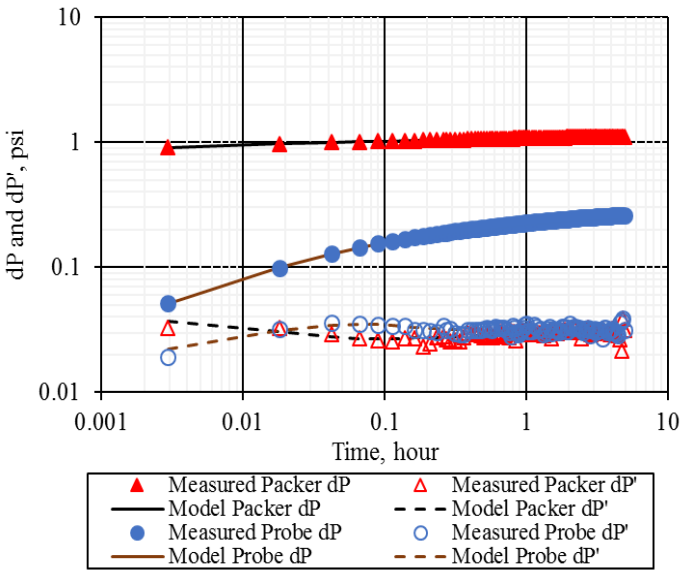


Figure 4. Comparison of model and measured packer responses of build-up data.

5 CONCLUSION

Interval pressure transient tests are used commonly in the industry in order to resolve heterogeneity and anisotropy in permeability. The main purpose of this project is firstly to understand technical background of IPTT. Then interpretation scheme was introduced. Since there was no real IPTT data set for analysis that can be used in the project, IPTT data set in commingled multi-layer reservoir was generated as a first step by using in house simulator. Pressure derivative was examined in in house well test software. Straight line analysis was performed to determine the initial guess values. Then finally interpretation of all IPTTs using layer cake model is performed to resolve the permeability distribution. Following conclusion are withdrawn after analysis of synthetic data set: (i) To interpret sequential IPTT packer and probe data set, a systematic approach was followed. (ii) Permeability values obtained from analysis can be used as an initial guess in regression analysis. (iii) Initial guess value plays critical role to get acceptable packer and probe pressure match in regression analysis.

REFERENCES

Ahmed, T., 2010. *Reservoir Engineering Handbook*, 4nd ed., by Elsevier Science, pp. 255-278

CMG-STARS v2015.10.5715.22942, Advanced Process and Thermal Reservoir Simulator, 2015. Alberta, Canada: Computer Modelling Group Ltd.

Houze, O., 2017. Dynamic Data Analysis KAPPA Book.

Kuchuk, F.J., Onur, M., and Hollaender F., 2010. *Pressure Transient Formation and Well Testing*, *Vol. 57.*, 1st ed., by Elsevier Science, Amsterdam, London.

Onur, M. and Tang, CC., 2014. Analysis of Wireline Interval Pressure Transient Test Data From Multi-Layered Reservoir Systems. *IPTC 17772 presented in International Petroleum Technology Conference*, December.

Schlumberger, 2006. *Fundamentals of Formation Testing*, Schlumberger Marketing Communications, Sugar Land, Texas, pp. 41-54.

Irak-Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı Tasarımı
Natural Gas Pipeline From Iraq To Greece

M. Ergin, T. Onat, S. Ereren, M.E. Onay, M.H. Ozyurtkan
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği, İstanbul

ÖZET Dünyanın enerji ihtiyacı günden güne artarken doğal gaz diğer yenilenemez enerji kaynaklarına nazaran daha temiz olması sebebiyle tüm dünyada ve özellikle enerji kaynakları bakımından yoksun olan Avrupa'da populerliğini sürdürecektir. Hem ısınmada hem de elektrik üretiminde kullanılabilen doğal gaz düşük karbondioksit salınımıyla da dünya üzerinde ki başlıca enerji kaynaklarından biri olmaya devam edecektir. Avrupa doğalgaz ihtiyacını Rusya, Libya ve Norveç gibi çeşitli ülkelerden karşılarken, artan enerji ihtiyacı Avrupayı farklı enerji rotalarına yönlendirmektedir. Bu noktada Türkiye coğrafi konumu ile bu rezervlerin sahibi üretici ülkelerle, önemli tüketici ülkeler arasında doğal bir koridor özelliği taşımasıyla doğal gaz taşımacılığında yeni bir rota niteliği taşımaktadır. Bu projeyle Irak doğal gazı oluşturalan doğal gaz boru hattıyla Türkiye üzerinden Avrupaya ulaştırılmaya çalışılmıştır. Proje aynı zamanda doğu ile batı arasındaki enerji koridorunu güçlendirilmesi ve Türkiyenin sosyoekonomik anlamda kalkınması açışından önem arz etmektedir

Anahtar Kelimeler: doğal gaz, boru hattı, enerji.

ABSTRACT As the world's energy needs increase day by day, natural gas will remain popular throughout the world, especially in Europe, which lacks energy resources, because it is cleaner than other non-renewable energy sources. Natural gas, which can be used both for heating and electricity generation, will continue to be one of the major energy sources in the world with the release of low carbon dioxide. While Europe is meeting its natural gas needs from various countries such as Russia, Libya and Norway, the increasing need for energy drives Europe to different energy routes.At this point, the geographical location of Turkey will provide a natural energy corridor between natural gas producer countries and importing countries and makes Turkey as a new route for natural gas transportation. In this project natural gas of Iraq has been tried to reach Europe via Turkey with new manufactured natural gas pipeline transportation system. The project also plays an important role to strengthen the energy corridor between east and west and the development of Turkey's socio-economic relations.

Keywords: natural gas, pipeline, energy.

1 INTRODUCTION

The global demand for the energy sources will be increasing because of the growth in world population, rapid urbanization and technological developments. According to Energy Information Administration, energy consumption will enormously increase and natural gas will be playing a vital role to meet the world energy need in the near future because among the other carbon based energy sources it is the cleanest one (International Energy Outlook, 2017). Increasing energy demand of the world will lead to countries make investments on the get the energy easiest and safest way with the pipeline transportation systems especially energy dependent regions just like Europe will be great market for natural gas pipelines.

2 EUROPE GAS DEMAND

The EU's increasing dependence on gas imports is one of the major energy challenges in the today's world. Existing pipeline projects will not be able to meet demand in the near future this is why new energy corridors and LNG terminals are constructed all around the world. expected growth of the energy consumption which is mentioned before will push the Europe to look for alternative energy routes in the near future just like turkey which will be the new energy corridor between the producers and consumers of the reserves.

3 PIPELINE HYDRAULICS

First of all, identifying of flow regime is extremely important for pipeline design; because, there are different types of flow regimes. Moreover, flow regime can be identified such as laminar, turbulent, and critical flow by using non dimensionless term named Reynolds number. Reynolds number can be calculated by using gas properties, and pipe diameter; besides, regimes of the flow is defined after deciding the range of Reynolds number (Menon, 2005). In this project the flow regime is assumed as fully turbulent flow, also whole equations and calculations are based on fully turbulent equations. Fully turbulent equations are classified into Weymouth, Panhandle B, AGA (American Gas Association) fully turbulent, and Colebrook-White. These equations are based on the pressure drop calculation in the pipeline.

3.1 Panhandle B Equation

Panhandle B equation is applicable for transmission line which is high pressure, high flow rate, and large diameter (i.e. >24 NPS). The certainty of this equation is based on absolute measured pipeline efficiency (Mohitpour et all.,2000).

Table 1. Assumed gas flow parameters and data for using calculations.

T_b	520 °R	L_e	6.215 mile
P_b	14.7 psia	Z	0.9
P_1	1200 psia	D_{NPS16}	15.54 inches
E	17403.82	D_{NPS20}	19.56 inches
K_e	0.0007	D_{NPS24}	23.49 inches
G	0.6	Q	$250*10^6$ SCF/D
T_f	525.33		

Equation is shown below;

$$Q_b = 737.02\left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1.02}.\left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - E}{G^{0.961}.L.T_{ave}.P_{ave}}\right]^{0.51}.D^{2.53}$$

P_2 for NPS24

Data is given **Table 1**. use in this formula Panhandle B equation 3.1. for determining P_2 and after calculations, first 10 km pressure drop is determined.

P_2 =1186.05 psia

When the elevation and pressure change for NPS 24 is graphed below in the Figure 1, number of compressor stations that should be built is determined as "2".

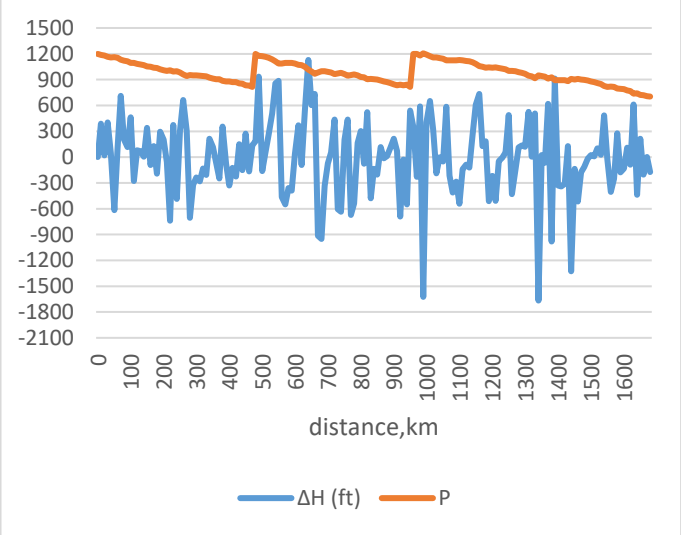


Figure 1. Pressure and Elevation change for NPS 24 using Panhandle B equation.

According to Panhandle B equation based on NPS 24, the number of pump station is 2 that is Araban/ Gaziantep, and Keskin/ Kırıkkale. Exact locations of the pump stations are shown in the figure 2 below.

Figure 2. Compressor stations.

4 CALCULATION OF HORSE POWER REQUIREMENT

In this project, regular compressors are chosen by using compressor power requirement. The horsepower calculations are based on average temperature values of compressors stations' locations. The flow rate, and compressibility factor are assumed constant, also the gas compression type is assumed adiabatic.
Equation is shown below:

$$H_p = \frac{3.03}{10^6}.Q.\frac{P_b.T.Z}{T_b.\eta}\left(\frac{k}{k-1}\right).\left(C^{\frac{k-1}{k}}-1\right)$$

Data is given table 3.1. and some compressor data use in the equation for determining of the compressor horsepower requirement in Araban/ Gaziantep and Keskin/ Kırıkkale are shown below **Table 2**.

Table 2. Compressor horsepower requirement.

COMPRESSOR STATION LOCATION	COMPRESSOR HORSEPOWER (HP)
ARABAN (GAZIANTEP)	5062.35
KESKIN (KIRIKKALE)	5023.32

5 EVALUATION

The number of pump stations can vary from diameter to diameter. It is obvious that when the diameter increase number of pump station decrease. The pump stations number compared for NPS 24 respectively Weymouth, AGA, Colebrook White, and Panhandle B such as 4, 3, 4, and 2. Moreover, it is clear that Panhandle B for NPS 24 gives less number of pump stations, so that the project route can be selected according to NPS 24 based on Panhandle B.

6 CONCLUSION

The route selection and number of pump station are very crucial points for pipeline construction. First of all, during the project the route selection is based on considering the geological, and geophysical properties of Turkey. Along the pipeline route, the temperature is assumed average temperature per 80 kilometers. Besides, pressure changes are calculated per 10 kilometers along route, and elevation of the Dardanelle Throat is assumed zero. This pressure changes are calculated fully turbulent equations, and different diameter sizes such as NPS 16, NPS 20, and NPS 24 which means that the pressure drop increase with decrease of the pipeline diameters. It means that the count of pump stations is affected by this pressure changes calculations. According to Panhandle B equation based on NPS 24, the number of pump station is 2 that is Araban/ Gaziantep, and Keskin/ Kırıkkale, also the others due to the different equations, and various pipe diameters are given below the **Table 3**. As identifying the pump station, the geological

properties and economic prospects are considered. It is clear fact that less pump station is more economical ways to install a pipeline construction, this is why amount of energy must be determined according to horsepower calculation based on Panhandle B pressure drops, the energy requirements of pump stations are approximately 5062 HP for Araban, and 5023 HP for Keskin district respectively 480th, and 960th kilometers of the beginning point Silopi/Diyarbakır border. Compressor horsepower requirement is shown in **Table 3**. The temperature is assumed average temperature of these districts.

Table 3. The number of compressor stations.

	NUMBER OF PUMP STATIONS		
EQUATIONS	NPS 16	NPS 20	NPS 24
WEYMOUTH	37	11	4
AGA FULLY TURBULENT	31	10	3
COLEBROOK WHITE	32	10	4
PANHANDLE B	23	7	2

ACKNOWLEDGEMENT

We wish to express our sincere gratitude to our advisor, Mustafa Hakan Özyutkan for him precious directions, support and encouragements and also for his patience during our graduation design project.

We are also grateful to authors of papers and book referenced in our graduation design project for their informative sharing and Istanbul Techinal University Mustafa Inan Library of Department of Petroleum and Natural Gas Engineering for providing us valuable sources related to our graduation design project.

REFERENCES

Menon, E.S. (2005). Gas Pipeline Hydraulics. Boca Rotan, FL: CRC Press

Mohitpuor, M., Golshan, H. & Murray, A. (Eds.). (2000). Pipeline Design & Construction: A Practical Approach. New York, ASMA Press.

Quarterly Report on European Gas Market. (2018). European Commission.

Değişken Sıcaklıklarda Dinamik Çatlatma Basınç Gradyeni Dizaynı

Dynamic Fracture Gradient Design Through Temperature Variations

E. E. Koçak, E. B. Göçmen, M. E. Onay, G. Altun
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği, İstanbul

ABSTRACT: In this project, prediction of formation fracture pressure respect to variable temperature profile has been made by using analytical methods. This objective inspects in the view of thermal mechanisms and thermal stress impact on formation. Thermal mechanisms take into account the prediction of borehole temperature profile with respect to geothermal gradient and the inlet temperature of inlet fluid. Thermal stress analysis focuses on analytical solution of vertical, tangential and radial matrix stress as considering thermal property parameters.

Keywords: Fracture pressure gradient, thermal stress, temperature, steady state

ÖZET: Bu projede, değişken sıcaklık profiline göre oluşan formasyon çatlatma basıncının tahmini analitik yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Bu amaç, termal mekanizmalar ve formasyon üzerindeki termal stres etkisi açısından incelenmektedir. Termal mekanizmalar, jeotermal gradyen ve sondaj akışkanın giriş sıcaklığı bakımından sondaj kuyusu sıcaklığı profilinin tahminini dikkate almaktadır. Termal stres analizi, termal özellik parametrelerini dikkate alarak dikey, teğetsel ve radyal matriks stresinin analitik çözümüne dayanmaktadır..

Anahtar Kelimeler: Çatlatma basınç gradyeni, termal stres, sıcaklık, kararlı durum.

1 INTRODUCTION

The wellbore stability is one of the biggest problems in drilling. Tangential and radial thermal stresses effects wellbore stability. The project focused on easy accessible and applicable temperature prediction model. So there is no better option than review of Holmes & Swift (1970) model for this purpose. For the project 59 % shale, 41 % sandstone bearing formation was investigated. Before handling the stresses, drilling mud was heated to different temperatures and behavior of temperature profile according depth was investigated. After that, vertical thermal stress is investigated. After the hole drilled, the heat transferred between the formation and the mud in the annulus. So, the temperature change observed near the borehole. After 44 hours of mud circulation time, heat exchange transforms to steady state conditions and the formation near the borehole and mud in annulus have the same temperature. Radius of investigation while investigating the stresses, was twice as the well radius. If formation is cooled down, it exposes to tensile stresses and if formation is heated up, it exposes to compressive stresses. Due to those stresses mud window will expand or shrink.In this work previous studies have inspected, both steady state temperature calculation of circulating fluid and transient thermal stress calculation seem easy to apply in field cases. These thesis reviews calculations in terms of previous work review, description of model mechanism and result analysis.

2 LITERATURE REVIEW

This thesis inspired by many method of thermal circulation of mud calculation. First Edwardson et al. (1961) used numerical method to estimate mud temperature profile. Later, Raymond (1969) used finite difference method and finally Kabir et al. (1996) used

dimensionless time for transient analytic solution. These all works related with time but we seek simple steady state method and Holmes & Swift (1970) is a good source for steady state mud temperature calculation by changing depth. There are many methods to estimate thermal stress in literature. However, each method has its own assumptions and conditions. Aadnoy & Looyeh (2010), *Petroleum Rock Mechanics*, this book helps to cover the fundamentals of solid mechanics and provides a systematic approach for oil and gas related drilling problems. Bourgoyne Jr. et al. (1986), *Applied Drilling Engineering*, this is one of the core book to understand the basics of drilling operations and helps to cover of formation pore pressure and fracture resistance. Kutasov (1999), *Applied Geothermics for Petroleum Engineers*, this book helps to cover the basics of wellbore and formation temperature during drilling and thermal stresses in formations and around the borehole. Timoshenko & Goodier (1951), described the thermal stress effect around the borehole wall. In that project, they showed heating the inner wall will result in an increase in the compressive stresses around the hole. Perkins and Gonzales (1981-1985), two articles, showed that injecting cold water to warmer reservoir temperature, can tremendously reduce the formation fracture pressures in the formation. Tang and Luo (1998) stated that temperature differences in between the mud in the annulus and formation results with occurrence of wellbore thermal stresses. Chen & Ewy (2005), showed that if formation temperature decreases than formation fracture pressure decreases while higher temperatures tend to increase formation fracture pressure.

3 MODELS AND APPLICATION

The models and definitions will be identified in this section. This section includes; steady state circulation temperature calculation, parameters related with temperature profile of wellbore, thermal stress in formations, some definitions about stress/strain, their mechanism, mathematical approach and the assumptions made for simplification.

3.1 Steady State Temperature Calculation

Temperature calculations include, parameters related with wellbore temperature profile, some assumptions to perform analytical solution, mathematical model used for calculations and evaluation. Parameters taken into consideration provided in **Table 1** provided at the end of models and definitions section. Most important assumption made for temperature profile calculations was steady state condition for heat exchange, thus annulus fluid and formation temperature equalization also vertical heat conduction in fluid taken as negligible. Formation assumed to be radially infinite and homogenous. After those assumptions and input parameters were decided for temperature calculations for the annulus produces the heat balance for the element across the annulus fluid;

$$mc_p \frac{dt}{dx} + 2\pi r_p U_p (T_p - T_a) = 2\pi r U_a (T_a - T_s - Gx) \quad (1)$$

For the fluid in the drill stem given by the following heat balance:

$$mc_p \frac{dT_a}{dx} = 2\pi r_p U_p (T_p - T_a) \quad (2)$$

These are the equations of the linear heat transfer model.

Where,

C_p = mud heat capacity, Btu/(lb.^{o}F)
G = geothermal gradient, ^{o}F/ft
U_p = over-all heat transfer coefficient across drill pipe, Btu/(sq ft.^{o}F.hour)
m = mass flow rate, lb/hour
r = radius of well, ft
r_p = radius of drill pipe, ft
T_a = mud temperature in annulus, ^{o}F
T_p = mud temperature in drill pipe, ^{o}F
T_s = temperature of earth's surface, ^{o}F
U_a = over-all heat transfer coefficient across borehole face, Btu/(sq ft.^{o}F.hour)
x = depth, ft

Representation of elements used to derive and create the model provided in **Figure 1**.

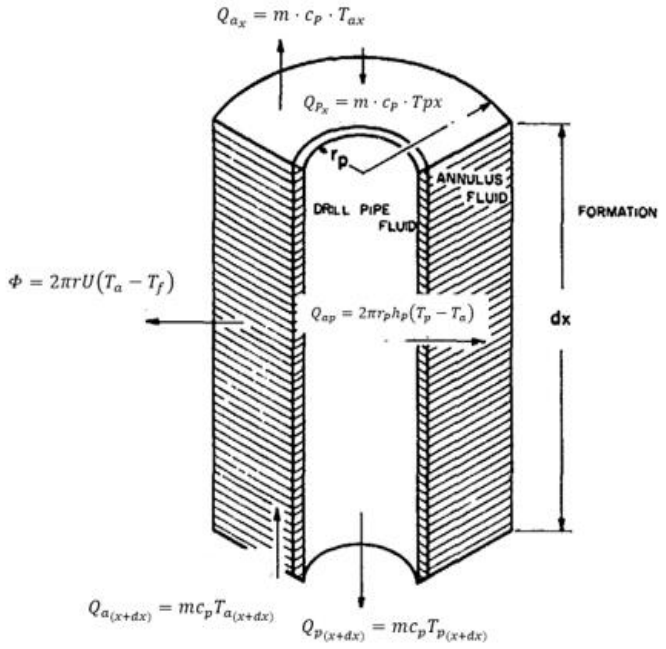


Figure 1. Well representation for differential element used to derive the model (Holmes & Swift, 1970).

3.2 Thermal Stresses in Formations

Knowledge of the stresses around the borehole is needed for the analysis of borehole stability. In addition to the weight of overburden and the drilling fluid, the differential differences in temperature at the formations adds to the stresses around the borehole, such as thermal stresses. The thermal stresses occur around the borehole because the temperature around the borehole is changed by the drilling fluid in the well. So, the borehole stability is affected which is out of topic for this project. Because, tangential stress and radial stress change is crucial for calculation of collapse index. In order to, perform thermal stress analysis some parameters like; theory of elasticity, Poisson's ratio, dimensional distance, dimensionless radius of thermal influence, dimensionless time, modulus of elasticity and Hooke's law should be better known. In **Table 1** input parameters were provided. Analytical thermal stress solution around the wellbore during drilling can be better determined from the following equations:

$$\sigma_{r,th} = \frac{aE}{1-\upsilon}(T_m - T_f)\left[\frac{\ln r_D}{2\ln R_{in}} - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{r_D^2}\right)\left(1 + \frac{1}{2\ln R_{in}}\right)\right] \quad (3)$$

$$\sigma_{\theta,th} = \frac{-aE}{1-\upsilon}(T_m - T_f)\left[1 - \frac{\ln r_D}{2\ln R_{in}} - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{r_D^2}\right)\left(1 + \frac{1}{2\ln R_{in}}\right)\right] \quad (4)$$

$$\sigma_{z,th} = \frac{-aE}{1-\upsilon}(T_m - T_f)\left[1 - \frac{\ln r_D}{\ln R_{in}}\right] \quad (5)$$

Where,

$\sigma_{r,th}$ = radial thermal matrix stress, psi
$\sigma_{\theta,th}$ = tangential thermal matrix stress, psi
$\sigma_{z,th}$ = vertical thermal matrix stress, psi
T_m = annulus temperature, ^{0}C
T_f = formation temperature, ^{0}C
a = thermal expansion, 1/ ^{0}C
E = young's modulus, Mpa
υ = poisson's ratio, fraction
r_D = dimensional distance
R_{in} = dimensionless radius of thermal influence.

3.3 Formation Pore Pressure and Fracture Resistance

The hydrostatic pressure of the fluid (contained in the pore spaces of the sediments) depends on the fluid density and it determines formation pore pressure. According to Bourgoyne Jr. et al. (1986), overburden stress is calculated experimentally and the expression for overburden stress is as follows:

$$\sigma_{ob} = \sigma_z + p_f \quad (6)$$

Where,

σ_{ob} = overburden pressure, psi
σ_z = vertical matrix stress, psi
p_f = formation pore pressure, psi.

One of the simplest and common subsurface stress occurs in young sediments laid down in a deltaic depositional environment and designation of principal matrix stresses bring the terms of $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$. In a relaxed geologic region, the horizontal matrix stresses can be defined as σ_x, σ_y and they tend to be equal and much smaller than vertical matrix stress σ_z. The horizontal matrix stress varies from 22% to 37% of the vertical stress. But the horizontal matrix stress is higher, if the assumption of elastic rock behavior is not valid. Formation fracture pressure can be defined as the pressure above which injection fluids will cause the rock formation to fracture. While performing calculations, formation pore pressure assumed not

changing with temperature and the rock is elastic and obeys Hooke's law. Hubbert and Willis equation will be used for calculation of formation fracture pressure. These are;

$$p_{ff} = \sigma_{min} + p_f = \frac{\sigma_z}{3} + p_f \quad (7)$$

$$p_{ff} = \frac{(\sigma_{ob}+2p_f)}{3} \quad (8)$$

Where,

p_{ff} = formation fracture pressure, psi
σ_{min} = minimum stress, psi

Table 1. Input parameters for analytical solution (Holmes & Swift, 1970 and Kutasov, 1999).

Well Depth, ft	15,000
Drill stem OD, in	6 5/8
Drill-bit size, in	8 3/8
Circulation rate, bbl/hour	300
Inlet mud temperature, ^oF	75
Mud viscosity, Ib/(ft.hour)	110
Mud thermal conductivity, Btu/(ft. ^oF.hour)	1.0
Mud specific heat, Btu/(lb. ^oF)	0.4
Mud density, lb/gal	10.0
Formation thermal conductivity, Btu/(ft. ^oF.hour)	1.3
Formation specific heat, Btu/(lb. ^oF)	0.2
Formation density, lb/cu ft	165
Surface earth temperature, ^oF	59.5
Geothermal gradient, ^oF/ft	0.0127
Over - all heat transfer coefficient of pipe, Btu/(sq ft. ^oF.hour)	30
Over-all heat transfer coefficient for annulus, Btu/(sq ft. ^oF.hour)	1
Grain density, g/cm^3	2.441
Thermal Expansion, 1/C^o	$7.522x10^{-6}$
Young's Modulus, MPa	21302
Thermal Diffusivity , m^2/hr	0.0033935
Dimensional Distance	2

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

Created model and analtyical calculations have provided some significant results for how different inlet mud temperatures deviates the annulus temperature from original geothermal gradient, with respect to depth. It

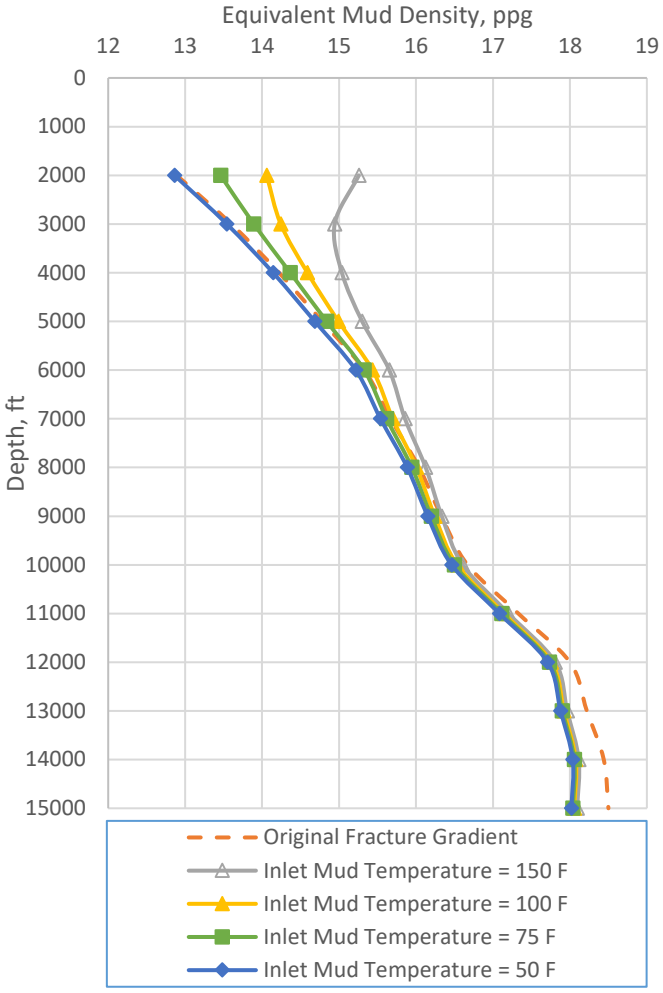


Figure 2. The behavior of annulus temperature with varying inlet mud temperature.

provides information on shallow and deeper zone differences also. After those observations have been made, equations through 3 to 8 were used to calculate the change in thermal vertical matrix stress and from there this change implamented on the fracture gradient behavior. Obtained plots for deviation of annulus temperature is provided in **Figure 2** and fracture gradient change is provided in **Figure 3.**

Where;

T_s = Surface temperature, ^0F
T_{in} = Inlet mud temperature, ^0F

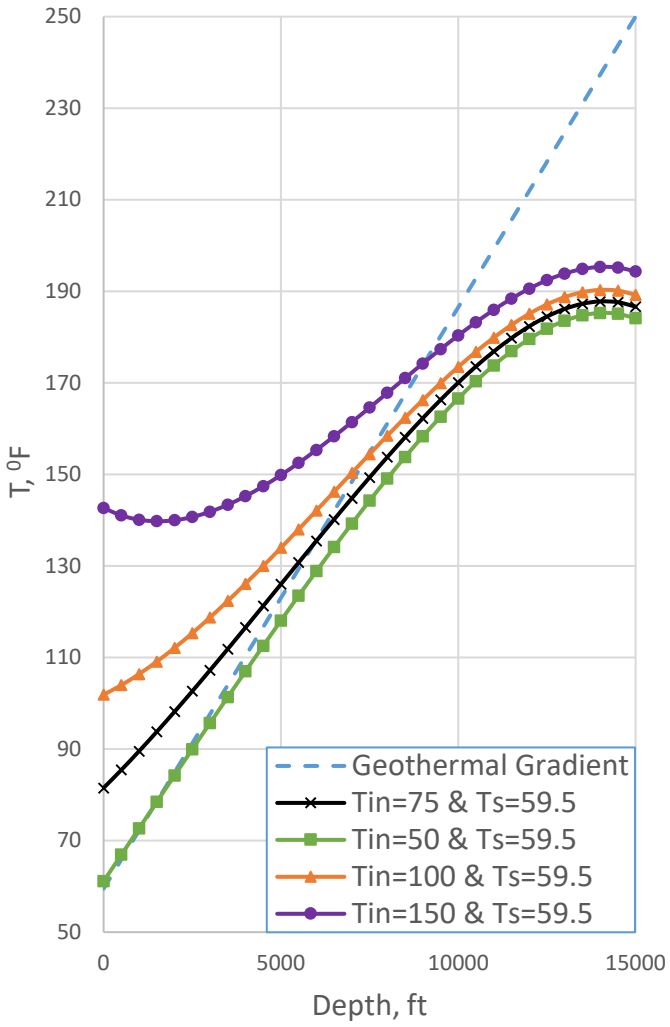


Figure 3. The behavior of annulus temperature with varying inlet mud temperature.

5 CONCLUSION

In this project, models for circulating mud temperature and thermal stresses has explained in details. Analysis has been made for different aspects and results are interpreted. For the mud temperature model showed us changing parameters like annular and pipe size and circulation rate directly related with fluid flow speed that means temperature profile change. Also, thermal properties of well affect directly heat flux. Circulating fluid thermal model presents easy and simple method for field application. On the other hand, calculation of circulating mud temperatures and its effect on vertical, tangential and radial matrix stresses are investigated. Fracture gradient mainly depends on the vertical matrix stress change, tangential and radial stresses are crucial for finding collapse index. Under some assumptions (constant thermal expansion, constant thermal diffusivity, constant Young's Modulus, constant grain density, formation types, forty-four hours mud circulation for reaching steady state condition, formation pore pressure does not change with time) increasing inlet mud temperature provides shifting fracture gradient curve to the right, in other words it is relatively expanding the mud window. The equations and approaches, which is implemented for calculations, are not reliable for shallow depths. The expansion or shrinkage of the mud window with varying inlet mud temperature may influence tripping speed and surge pressure. So, it is significant for hydraulic calculations. Moreover, the casing program will be changed after taking into account the temperature changes during mud circulation. Additionally, field engineers may prevent possible fractures, loss circulations, with increasing temperature of drilling mud.

REFERENCES

Aadnoy, B. S., & Belayneh, M. (2008). A New Fracture Model that Includes Load History, Temperature and Poissons Effects. *IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition* (pp. 1-8). Jakarta: SPE.

Aadnoy, B. S., & Looyeh, R. (2010). *Petroleum Rock Mechanics Drilling Operations and Well Design*. Oxford UK: Elsevier.

Arnold, F. C. (1990). Temperature Variation in a Circulating Wellbore Fluid. *Journal of Energy Resources Technology*, 79-93.

Bourgoyne Jr., A. T., Chenevert, M. E., Millhelm, K. K., & Young Jr., F. S. (1991). *Applied Drilling Engineering*. Richardson, TX USA: Society of Petroleum Engineers.

Chen, G., & Ewy, R. T. (2005). Thermoporoeleastic Effect on Wellbore Stability. *SPE Journal*, 121-129.

Edwardson, M. J., Girner, H. M., Parkison, H. R., Williams, C. D., & Matthews, C. S.

(1961). Calculation of Formation Temperature Disturbances Caused by Mud Circulation. *Journal of Petroleum Technology*, 416-426.

Holmes, C. S., & Swift, S. C. (1970). Calculation of Circulating Mud Temperatures. *Journal of Petroleum Technology*, 670-674.

Kabir, C. S., Hasan, A. R., Kouba, G. E., & Ameen, M. M. (1996). Determining Circulating Fluid Temperature in Drilling, Workover, and Well-Control Operations. *SPE Annual Technical Conference & Exhibition* (pp. 74-79). Washington: SPE.

Kutasov, I. M. (1999). *Applied Geothermics for Petroleum Engineers.* Santa Monica, CA USA: Elsevier.

Perkins, T. K., & Gonzalez, J. A. (1984). Changes in Earth Stresses Around a Wellbore Caused by Radially Symmetrical Pressure and Temperature Gradients. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition* (pp. 129-140). San Antonio: SPE.

Perkins, T. K., & Gonzalez, J. A. (1985). The Effect of Thermoelastic Stress on Injection Well Fracturing. *Society of Petroleum Engineers Journal*, 78-88.

Raymond, L. R. (1969). Temperature Distribution in a Circulating Drilling Fluid. *Journal of Petroleum Technology*, 333-341.

Tang, L., & Luo, P. (1998). The Effect of the Thermal Stress on Wellbore Stability. *SPE India Oil and Gas Conference and Exhibition* (pp. 85-94). New Delhi: SPE.

Timoshenko, S., & Goodier, J. N. (1951). *Theory of Elasticity.* New York USA: McGraw-Hill Inc.

Uzak Erişimli Yatay Kuyu Tasarımı
Extended Reach Horizontal Well Design

İ.H. Sarıçam, M.C. İkiz, M. E. Onay, G. Altun
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği, İstanbul

ÖZET Bu bitirme projesinde üretim koruma borusu çapı 6 5/8 inç olan uzak erişimli sondaj kuyusu için koruma borusu, sondaj dizisi ve hidrolik tasarımı yapılmıştır. Koruma borusu tasarımı için patlatma, çökme ve gerilme yükleri için tasarım yapılmış, uygun koruma boruları seçilmiştir. Dizi tasarımı için, kuyu sondajı esnasında karşılaşılması muhtemel dört temel kuvvet olan eksensel gerilim, hidrostatik basınç, burkulma ve bükülme, aşamalı bir şekilde dikkate alınarak, Huber Von Mises Yasası kullanılmış ve sondaj borusu uzunlukları hesaplanmıştır. Tasarımda sadece S-135 sondaj borusu kullanılmıştır. Ayrıca bu tijlerin ayrı ayrı askı sıkışması (slip crushing) testleri hesaplanarak, öngörülen tasarımda dayanım gösterip gösteremeyeceği sorgulanmıştır. Tasarım örneğinde kuyu derinliği 15,000 ft, matkap çapı 8.75 inç olup gerekli diğer bilgiler API standartlarında verilen tablolardan edinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Koruma borusu tasarımı, Sondaj dizi tasarımı, Huber von Mises Yasası, Burkulma ve bükme yükleri, Kuyu profili, Hidrolik tasarım, Herschel Bulkley model.

ABSTRACT In this graduation design project; casing, drill string and hydraulic designs are done for the extended reach drilling well having 6 5/8 in. production casing. The burst, collapse and tension calculations are done for casing design. The lengths of the drill pipes were calculated taking into account the four principal forces encountered during well drilling; axial tension, hydrostatic pressure, buckling and bending by employing Huber von Mises Equation. The S-135 drill pipe is used in this design. In addition, it was questioned whether these drill pipes could show their strength in the predicted design by calculating slip crushing tests separately. For the current design example, the well depth is 15 000 ft and the bit radius is 8.75 in. Other necessary information is obtained from the tables available by API standards.

Keywords: Casing design, Drill string design, Huber von Mises Law, Buckling and bending loads, Borehole trajectory, Hydraulic design, Herschel Bulkley model.

1 INTRODUCTION

One of the most vital process in the world wide oil industry is undoubtedly exploration. The processes to be applied during drilling must be carefully selected. Otherwise, it is possible to go through a serious economic damage. For this reason, a good drilling engineer should give great importance to the trajectory, casing, drill string and hydraulic design. Thanks to the developments in the drilling techniques, the obtaining access to larger area of the reservoir is possible. The extended reach drilling (ERD) can provide the access of deep and large reservoirs with a cost effective way. However, the ERD wells which could have up to 40,000 ft. measured depths creates lots of technical problems. The importance of well planning and monitoring in drilling process is also crucial for ERD wells. The volume of mud and the frictional pressure losses are very high in ERD wells (Norman, Tveit, Kalvanes, Humblen, 1996). The collapse, burst and tension parameters become more important when the subject is ERD. When the true vertical depth of the wells is high, the burst and collapse designs must be done rigorously. Also, if the well has

one or more build sections, the bending, buckling and torsion analysis must be done properly for having a safe well design.

1.1 Design process:

All in all, the ERD well design is done by considering the worst conditions in the well by means of the burst, collapse and tension loads. The initial restrictions include the target of the well at 15000 ft. vertical depth and 15000 ft. lateral extension. Besides, the well has 4000 ft. vertical section and the last 4000 ft. is horizontal section. The surface casing of the well must be located at 4000 ft. The conditions are provided with the well having 4000 ft. vertical section, a build-up section with build rate of 2°/100 ft., a slant section, another build section starting at TVD of 13440 ft. with build rate of 1.2°/100 ft., and 4000 ft. horizontal section.

2 WELL TRAJECTORY DESIGN

The well trajectory is determined by using the equation below.

$$\theta = arc\tan\left(\frac{D3-D1)}{r1-X3}\right) - arc\cos[\left(\frac{r1}{D3-D1}\right) * \sin\left(arc\tan\left(\frac{D3-D1}{r1-X3}\right)\right)] \quad (1)$$

3 CASING DESIGN

Casing design part includes four section and these are surface, 1st intermediate, 2nd intermediate and production casings. For each casing design, the burst and collapse pressures are calculated by following the steps in the textbook of Applied Drilling Engineering (Bourgoyne et al., 1986). In the whole design, the safety factor is taken as 1.1 except production casing (1.05 safety factor used in production casing).

3.1 Surface Casing

The surface casing has the outer diameter of 18 5/8 in. and the casing seat of 4000 ft. Since there is no casing in API tables to resist the collapse and burst loads, the non API casings must be used.

3.2 1st Intermediate Casing

The 1st intermediate casing has the outer diameter of 13 3/8 in. and the casing seat of 11400 ft. Since there is no casing in the API tables, non API casings must be used.

3.3 2nd Intermediate Casing

The 2nd intermediate casing has the outer diameter of 10 3/4 in. and the casing seat of 15000 ft. The calculated burst design loads overcome the collapse loads, so the burst loads used for selecting of casings and these are listed below.

Table 1. 2nd Intermediate casings.

ÖN	G	W	D
1	L80	55.5	0-1900
2	C 90	55.5	1900-3500
3	C 90	60.7	3500-5150
4	C 90	65.7	5150-6400
5	P 110	65.7	6400-15000

ÖN: Örnek no, G: Grade, W: Weight(lb./ft.), D: Depth(ft),

3.4 Production Casing

The production casing has the outer diameter of 6 5/8 in. and the casing seat of 15000 ft. The selected casings by considering both burst and collapse loads and the complete design can be seen in table below. The safety factor is taken as 1.05 to use API casings.

Table 2. Production casings.

ÖN	G	W	D
1	C 95	32	0-4000
2	C 90	32	4000-10337
3	P 110	32	10337-13295
4	Q 125	32	13295-15000

ÖN: Örnek no, G: Grade, W: Weight(lb./ft.), D: Depth(ft),

4 DRILL STRING DESIGN

Generalized Huber von Mises Equation is used in calculation of drill string design.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\begin{matrix}(\sigma_a - \sigma_r)^2 + (\sigma_t - \sigma_r)^2 \\ +(\sigma_a - \sigma_t)^2 + 6\tau^2\end{matrix}\right]^{0.5} \quad (2)$$

Where;
σ_e =Yield stress, psi
σ_r = Radial stress, psi
σ_t = Tangential stress, psi
σ_a = Axial stress, psi
τ = Buckling stress, psi

4.1 Design process considering axial load

The Huber von Mises law only applies to the case where the axial tension is present:

$$\sigma_e = \sigma_a \quad (3)$$

4.2 Design process considering axial load and hydrostatic pressure

The Huber - Von Mises law, when taking into account the axial stresses as well as the pressure - related stresses, is investigated as follows:

$$\sigma_e = \sigma_a + P_h \quad (3)$$

$$P_h = 0.052 * \rho * L_{dc} \quad (5)$$

Where;
P_h = Hydrostatic pressure, psi
L_{dc} = Drill collar length, ft
ρ = Mud weight, ppg

4.3 Design process considering axial load, hydrostatic pressure and buckling effect

As a result of taking into account the buckling, the Huber - Von Mises law should be used with the general appearance below.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} [2(\sigma_a + P_h)^2 + 6\tau^2]^{0.5} \quad (6)$$

4.4 Design process considering axial load, hydrostatic pressure, buckling and bending effect

As a result of the adding of the bending stress, the Huber - Von Mises law must be used with the following general appearance.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} [2(\sigma_a + \sigma_b + P_h)^2 + 6\tau^2]^{0.5} \quad (7)$$

4.5 BHA Design

The total length of the required heavy weight drill pipes can be calculated by the following relation.

$$L_{hwdp} = \frac{SF*WOB}{W_{hwdp}*BF*cos\alpha} \quad (8)$$

Where,
L_{hwdp} = Length of heavy weight drill pipe, ft
WOB = Weight on bit, Ib
W_{hwdp} = Weight of unit length of drill pipe, Ib/ft
α = Well inclination
BF = Bouyancy factor
SF = Safety factor

5 HYDRAULIC DESIGN

Finally, in the hydraulic design, the parasitic pressure losses in the well and surface, pressure losses at the bit and nozzle size determination are done. The whole design is done for the last casing seat and the 17.6 ppg water based mud is used in designing. Synthetic muds are generally used in ERD wells; however, since the data of synthetic mud cannot be found, the water based mud data are used. The parasitic pressure losses are calculated for two models which are Power Law and Herschel Bulkley. The whole hydraulic design is done by taking the minimum annular velocity of 120 ft./min.

5.1 Parasitic Pressure Losses for Power Law Model

Friction pressure losses for the Power Law model are found by the formulas summarized in Appendix A. Flow behavior index (n) and consistency index (K) and other mud parameters are taken from SPE 29259 (Merlo, Maglione, Piatti, 1995). The equations proven by Bourgoyne et al., 1991 are used to calculate parasitic pressure losses for Power Law model. The total parasitic pressure loss is calculated as 1800 psi.

5.2 Parasitic Pressure Losses for Herschel Bulkley Model

Friction pressure losses for the Herschel Bulkley model are found by the formulas summarized in Appendix B. Flow behavior index (n) and consistency index (K), equations to calculate pressure losses and other mud parameters are taken from SPE

29259 (Merlo, Maglione, Piatti, 1995). The total parasitic pressure loss is calculated as 1760 psi

5.3 Selecting Bit Nozzle Sizes

Bit nozzle sizes are selected by using the formula below.

$$\Delta P_d = \frac{8.311*10^{-5}*\rho*q^2}{Cd^2 {A_t}^2} \quad (9)$$

Where,
C_d:discharge coefficient,
A_t:area of nozzle in2
ρ: mud density ppg,
q: flow rate, gal/min

The nozzle sizes are selected as three 12/32 in. nozzles.

5.4 Cutting Transport Ratio

Transporting cuttings from subsurface to surface is important to make the well stability greater. This transportation is affected mainly from two parameters and these are mean annular velocity and transport velocity. The ratio of transport ratio over mean annular velocity is called as transport ratio.

$$F_t = \frac{V_t}{V_a} = 1 - \frac{V_{sl}}{V_a} \quad (10)$$

6 CONCLUSION

All in all, the ERD well design is done by considering the worst conditions in the well by means of the burst, collapse and tension loads. The initial restrictions include the target of the well at 15000 ft. vertical depth and 15000 ft. lateral extension. Besides, the well has 4000 ft. vertical section and the last 4000 ft. is horizontal section. The surface casing of the well must be located at 4000 ft. The conditions are provided with the well having 4000 ft. vertical section, a build-up section with build rate of 2°/100 ft., a slant section, another build section starting at TVD of 13440 ft. with build rate of 1.2°/100 ft., and 4000 ft. horizontal section.
Casing design part includes four section and these are surface, 1st intermediate, 2nd intermediate and production casings. In the whole design, the safety factor is taken as 1.1 except production casing. For the surface casing design, the burst and collapse pressures are calculated by following the equations proven by Bourgoyne et al., 1991. Since there is not any casing in the API Bulletin 5C2 table, the non API casing must be used in the surface section which has the casing seat at 4000 ft. The same steps at the textbook are followed and the burst, collapse and tension values are calculated for the 13 3/8 intermediate casing. However, there is not any casing at the API tables for this part, so the non API casings must be used, and the casing is set at 11400 ft. In the 10 3/4 intermediate casing, the selected casings by considering the burst design load overcomes the collapse pressures; thus, the selected casings can be seen in above. The 10 3/4 intermediate casing has the casing seat of 15000 ft. Finally, the complete design of the production casing is designed by comparing the both burst and collapse loads, and taking the safety factor of 1.05. The bottom part of the casing designed by the collapse loads and the upper part of the casing designed by the burst loads. The length of the casings by considering the collapse loads are determined by the iteration process because of the exerted axial tension on casing which reduces its collapse resistance. The complete design of production casing can be seen above.
The drill string is designed to drill last 2000 ft. of horizontal section with one bit. The weight on bit is adjusted as 30000 lb. and it is supplied with the heavy weight drill pipes. The S-135 drill pipe having outer diameter of 5.5 in. is used above the heavy weight drill pipes through the surface. The resistance of the drill pipes to the axial, tangential, radial, bending tensions are investigated and the feasibility of the drill pipe is checked. The total length of the heavy weight drill pipe is 5500 ft., and they are located between end point of 2nd build and 145 ft. above the 2nd KOP. The horizontal part includes, 1910 ft. S-135 drill pipe and 90 ft. non-magnetic drill collar (it is used to represent the mud motor etc.). The tensions mentioned above are calculated and the validity of the drill string design checked by the Huber von Mises

equation.

Finally, in the hydraulic design, the parasitic pressure losses in the well and surface, pressure losses at the bit and nozzle size determination are done. The whole design is done for the last casing seat and the 17.6 ppg water based mud is used in designing. Synthetic muds are generally used in ERD wells; however, since the data of synthetic mud cannot be found, the water based mud is used. The parasitic pressure losses are calculated for two models which are Power Law and Herschel Bulkley. The nozzle sizes are determined by using the maximum pressure of pump taken from the pump catalog. The parasitic pressure losses calculated from the Power Law model is 1800.7 psi., and the parasitic pressure losses calculated from the Herschel Bulkley model is 1760.3 psi. The pressure losses at the bits are 1577.26 psi and 1617 psi for Power Low and Herschel Bulkley models, respectively. The nozzle areas are calculated as 0.3124 in^2 and 0.3135 in^2 for Power Law and Herschel Bulkley models, respectively. The cutting transport ratio of the well is calculated as 93.4 from the Moore Correlation.

REFERENCES

Altun, G. (2012). Sondaj Mühendisliği Ders Notları. İstanbul.

Bourgoyne, T., Millhem, K., Martin, E. & Young, F. 1991. "*Applied Drilling Engineering*", 2nd edition, Society of Petroleum Engineers, TX.

Bull, API. 5C2. (1999). Bulletin for Performance Properties of Casing, Tubing, and Drillpipe.

Merlo, A., Maglione, R., & Piatti, C. (1995). An innovative model for drilling hydraulics. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference. SPE.

Norman, M., Tveit, L., Kalvenes, O., & Humblen, J. O. (1996). The Challanges of Drilling Wells Approaching to 40,000 ft. IADC/SPE 35104 (pp. 515-522). International Association of Drilling Contractors.

Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits, 1998. API Recommended Practice, 16nd edition, Addendum 1.

Bir Yeraltı Gaz Depolama Rezervuarında En Uygun Gözlem Kuyusu Yerinin Belirlenmesine Yönelik Çalışma

A Study On Determining The Proper Location For An Observation Well For An Underground Gas Storage Reservoir

C. Bonifacio, M.A. Kıztanır, M.A. Kocacık, E. D. Korkmaz Başel, Ö. İ. Türeyen, A. Satman

Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET Bu çalışmanın amacı, bir yeraltı gaz depolama rezervuarı için en uygun bir gözlem kuyusu yeri belirlemektir. Bu amaç için rezervuar alanının kare, 1x2-dikdörtgen ve 1x3-dikdörtgen olması durumları modellenmiştir. Senaryolarda iki durum göz önünde bulundurulmuştur: ilk durumda üretim ve enjeksiyon yüzey debisi sabit tutulurken, ikinci durumda enjeksiyon sırasında kuyu dibi akış basıncı ve üretim sırasında kuyu başı akış basıncı sabit tutulmuştur. Her senaryoda gözlem kuyuları aktif kuyudan belli bir mesafeye yerleştirilmiş ve bir yıl sonraki kuyu dibi basınç profilleri elde edilmiştir. Aktif ve gözlem kuyularına ait *p/z* grafikleri ortalama rezervuar basıncı *p/z* eğrisinden olan sapmasını görmek için çizilmiştir. En uygun gözlem kuyusu yeri, ortalama rezervuar basıncı *p/z* davranışına en yakın davranış sergileyen gözlem kuyusuna ait yer olarak tanımlanır. Rezervuar alanının kare ve 1x2-dikdörtgen şekilli olması durumunda en uygun gözlem kuyusu yeri bir çember yörüngesindedir. Ancak, rezervuar alanının 1x3-dikdörtgen şekilli olması durumunda en uygun gözlem kuyusu yeri eliptik bir yörünge üzerine düşmektedir.

ABSTRACT: The aim of this study is to determine the proper location for an observation well for an underground gas storage reservoir. To do this a hypothetically depleted gas field is modeled as an underground storage facility. In this study the reservoir area has been modelled in three different scenarios such as square shaped, 1x2-rectangular shaped and 1x3-rectangular shaped. For each scenario two cases were considered: in the first case, the flow rate was held constant; in the second case, the parameters held constant were the bottomhole flowing pressure during injection and the wellhead flowing pressure during production. After the annual cycles were run, bottomhole pressures were obtained. A corresponding *p/z* for the active well and for each observation well was then plotted to see the deviation from the *p/z* of the average reservoir pressure. The location of the observation well that showed the closer *p/z* behavior to the average reservoir pressure *p/z* was identified as the proper location for an observation well. The distance from the active well to the observation well that showed the closest resemblance to the average reservoir *p/z* was recorded. The proper observation well location for each scenario (square shaped reservoir, 1x2-rectangular shaped reservoir and 1x3-rectangular shaped reservoir) was obtained. For both the square shaped and 1x2-rectangular shaped reservoir the proper location for an observation well lies on a circle. However, for the 1x3 rectangular shaped reservoir scenario this circle becomes elliptical.

1 MODELING STUDY

In this study the reservoir area is modelled in three different scenarios such as square shaped, 1x2-rectangular shaped and 1x3-rectangular shaped. In all scenarios the reservoir area is kept constant, as 3.34 km^2. For each scenario two cases are considered:

Case 1: The flow rate is held constant at 1 million sm^3/D during both injection and withdrawal periods.

Case 2: The bottomhole flowing pressure (143 bara) during injection and the wellhead flowing pressure (20 bara) during withdrawal are held constant.

In each scenario observation wells are chosen such that some observation wells are meant to be close to the active well and some close to the outer boundary of the reservoir.

The scaling of the locations of the observation wells is chosen such that the distance between the active well and the outer boundary of the reservoir is split into three segments. The observation wells are placed at the boundaries of the segments.

After the annual cycles were run, their bottomhole pressures are obtained. The annual cycles are run as follows:

- 5 months (152 days) injection period
- 1 month (30 day) shut-in period
- 5 months (152 days) withdrawal period
- 1 month shut-in (31 days) period

A corresponding *p/z* for the active well and for each observation well is then plotted to see the deviation from the *p/z* of the average reservoir pressure. The location of the observation well that shows the closer *p/z* behavior to the average reservoir pressure *p/z* is identified as the proper location for an observation well. The distance from the active well to the observation well that shows the closest resemblance to the average reservoir *p/z* is recorded. More observation wells are then added at this same distance from the active well to verify if the pressure at these locations matched the average reservoir pressure.

1.1 Storage in A Square Shaped Reservoir

1.1.1 Constant flow rate case

In this case the flow rate is held constant at 1 million sm^3/D during both injection and withdrawal. Figure 1 is a schematic view of the square shaped reservoir, while Figure 2 is a top view of the square shaped reservoir with observation Wells #1, #2, #3 and #4.

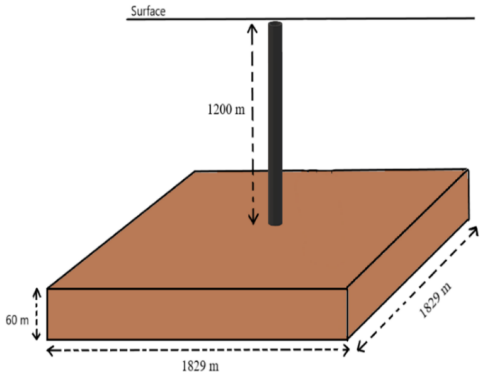


Figure 1. Schematic view of the square shaped reservoir.

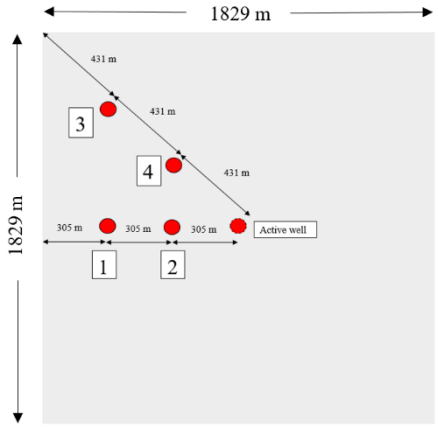


Figure 2. Top view of the square shaped reservoir.

After obtaining pressure values from the observation wells, *p/z* curves are plotted along with the *p/z* of the average reservoir pressure. The *p/z* of Observation

Well #1 (610 m from the active well) shows the closest resemblance to the *p/z* of the average reservoir pressure. Next we investigate if this distance will provide the average reservoir pressure in all directions. Hence three more wells are used for this purpose; observation Wells #5, #6 and #7. The distances from the active well to the observation wells are all 610 m. The pressure behavior with time for all wells are identical throughout the annual cycle. This suggests that a circle 610 m away from the active well is probably the best location for an observation (monitoring) well that represents the volumetric average reservoir pressure. This circle is given in Figure 3. The constant pressure case confirms this result.

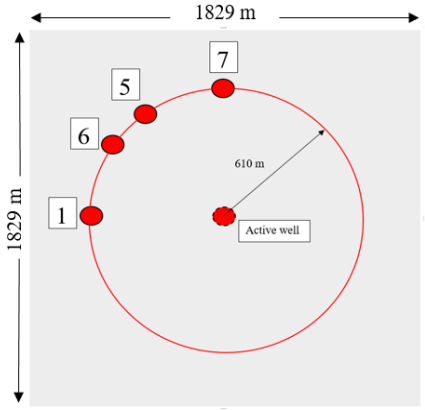


Figure 3. The circle that represents the best location for an observation (monitoring) well to be located in a square shaped reservoir.

1.2 Storage in a 1x2-Rectangular Shaped Reservoir

1.2.1 Constant Flow Rate Case

In this case the flow rate is held constant at 1 million sm^3/D during both injection and withdrawal. Figure 4 is a schematic view of the square shaped reservoir, while Figure 5 is a top view of the 1x2-rectanguar shaped reservoir with observation Wells #1- #6.

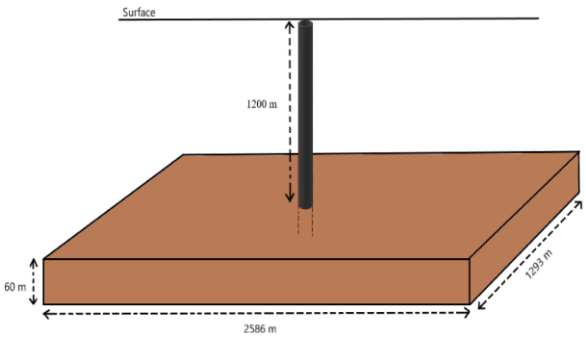


Figure 4. Schematic view of the 1x2-rectangular shaped reservoir.

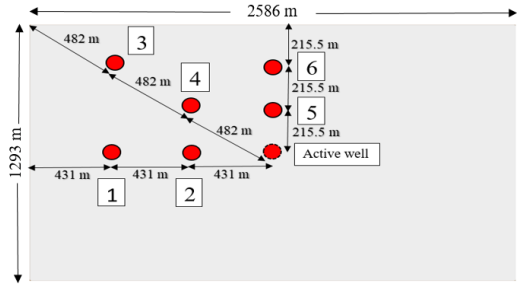


Figure 5. Top view of the 1x2-rectangular shaped reservoir.

For this scenario the closest response is obtained from Observation Well #4, 482 m away from the active well. After a trial and error approach, where observation wells are added at an increasing distance from the active well starting from 482 m, and their annual pressure changes are plotted along with the annual pressure changes of the average reservoir pressure, a close response is found for Observation Well #7, an observation well placed 730 m away from the active well. Observation wells #8 and #9 were then also placed 730 m away from the active well. The pressure behavior with time for all wells is identical throughout the annual cycle. This suggests that a circle 730 m away from the active well is probably the best location for an observation (monitoring) well that represents the volumetric average reservoir pressure. This circle is given in Figure 6. The constant pressure case confirmed this result.

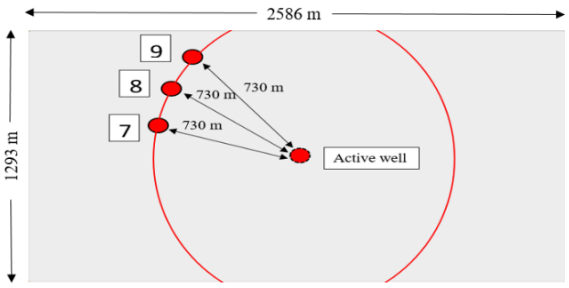


Figure 6. The circle that represents the best location for an observation (monitoring) well to be located in a 1x2-rectangular shaped reservoir.

1.3 Storage in A 1x3-Rectangular Shaped Reservoir

1.3.1 Constant Flow Rate Case

In this case the flow rate is held constant at 1 million sm^3/D during both injection and withdrawal. Figure 7 is a schematic view of the square shaped reservoir, while Figure 8 is a top view of the 1x3-rectanguar shaped reservoir with observation Wells #1- #6.

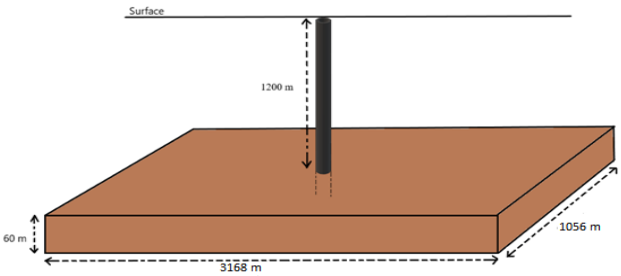


Figure 7. Schematic view of the 1x3-rectangular shaped reservoir.

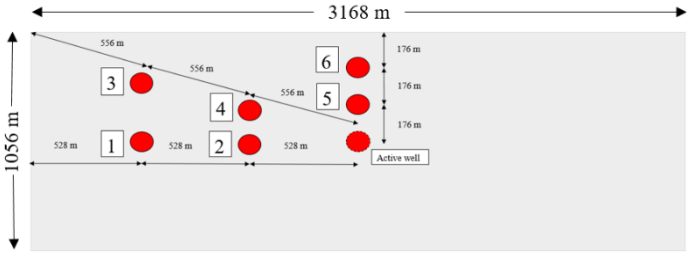


Figure 8. Top view of the 1x3 rectangular shaped reservoir

For this scenario the closest response is obtained from Observation Well #4, 556 m away from the active well. After a trial and error approach, where observation wells are added at an increasing distance from the active well starting from 556 m, and their annual pressure changes are plotted along with the annual pressure changes of the average reservoir pressure, a close response is found for Observation Well #7, an observation well placed 650 m away from the active well on the x axis cutting through the center of the reservoir. Further close responses are obtained from observation Wells #9 and #10, 692 m away from the active well in the regions below above Observation Well #7. This result can be visualized in Figure 9.

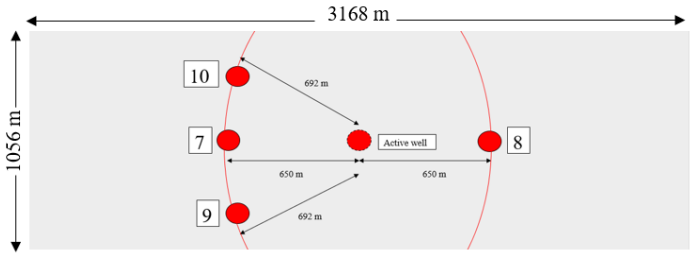


Figure 9. The curves that represent the proper location for an observation (monitoring) well to be located in a 1x3-rectangular shaped reservoir.

CONCLUSIONS

From the modeling study carried out the conclusions made are:

1) For the square shaped reservoir the proper location for an observation well is found to be 610 m away from the active well.

2) For the 1x2-rectangular shaped reservoir the proper location is found to be 730 m away from the active well.
3) For the 1x3-rectangular shaped reservoir the proper location for an observation well is found to be in two different locations. The first location is 650 m away from the active well on the x axis cutting through the middle of the reservoir. The second location is 692 m away from the active well in the regions above and below the first location.

From these conclusions, it is possible to say that for both the square shaped and the 1x2-rectangular shaped reservoir the proper location for an observation well lies on a circle. However, for the 1x3-rectangular shaped reservoir scenario this circle becomes elliptical.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to present our thanks to our advisors Prof. Dr. Abdurrahman Satman, Assoc. Prof. Dr. Ö. İnanç Türeyen and Ass. Prof. Dr. Emine Didem Korkmaz Başel for their guideline, support and patiance during our study. Most importantly, thanks to our families and friends for their support to this day. Finally our thanks go to İTÜ Petroleum and Natural Gas Engineering Department for providing Kapa-Rubis software for the simulation part of our work

REFERENCES

Kappa, Ecrin, 2017. Rubis Natural Gas Simulator v4.30.09. Sophia Antipolis, France.

Yatay Kuyularda Uzak Erişimli Sondaj Kuyusu Tasarımı
Extended Reach Horizontal Well Design

S. Gayde, L.O. Burulan, K.B. Kaya, M. K. Özel, G. Altun
Istanbul Technical University, Dept. of Petroleum and Natural Gas Engineering, Istanbul

ABSTRACT In this graduation design project; casing, drill string and hydraulic designs are done for the extended reach drilling well having 5 in. production casing. The burst, collapse and tension calculations are done for casing design. The lengths of the drill pipes were calculated taking into account the four principal forces encountered during well drilling; axial tension, hydrostatic pressure, buckling and bending by employing Huber Von Mises Equation. The S-135 drill pipe is used in this design. In addition, it was questioned whether these drill pipes could show their strength in the predicted design by calculating slip crushing tests separately. For the current design example, the well depth is 15000 ft and the bit radius is 6 in. Other necessary information is obtained from the tables available by API standards.

Keywords: Casing design, Drill string design, Huber von Mises Law, Buckling and bending loads, Herschel Bulkley model.

ÖZET Bu bitirme projesinde üretim koruma borusu çapı 5 inç olan uzak erişimli sondaj kuyusu için koruma borusu, sondaj dizisi ve hidrolik tasarımı yapılmıştır. Koruma borusu tasarımı için patlatma, çökme ve gerilme yükleri için tasarım yapılmış, uygun koruma boruları seçilmiştir. Dizi tasarımı için, kuyu sondajı esnasında karşılaşılması muhtemel dört temel kuvvet olan eksensel gerilim, hidrostatik basınç, burkulma ve bükülme, aşamalı bir şekilde dikkate alınarak, Huber Von Mises Yasası kullanılmış ve sondaj borusu uzunlukları hesaplanmıştır. Tasarımda sadece S-135 sondaj borusu kullanılmıştır. Ayrıca bu tijlerin ayrı ayrı askı sıkışması (slip crushing) testleri hesaplanarak, öngörülen tasarımda dayanım gösterip gösteremeyeceği sorgulanmıştır. Tasarım örneğinde kuyu derinliği 15,000 ft, matkap çapı 6 inç olup gerekli diğer bilgiler API standartlarında verilen tablolardan edinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Koruma borusu tasarımı, Sondaj dizi tasarımı, Huber von Mises Yasası, Burkulma ve bükme yükleri, Herschel Bulkley model.

1 INTRODUCTION

One of the most vital process in the world wide oil industry is undoubtedly exploration. The processes to be applied during drilling must be carefully selected. Otherwise, it is possible to go through a serious economic damage. For this reason, a good drilling engineer should give great importance to the trajectory, casing, drill string and hydraulic design. Thanks to the developments in the drilling techniques, the obtaining access to larger area of the reservoir is possible. The extended reach drilling (ERD) can provide the access of deep and large reservoirs with a cost effective way. However, the ERD wells which could have up to 40,000 ft. measured depths creates lots of technical problems. The importance of well planning and monitoring in drilling process is also crucial for ERD wells. The volume of mud and the frictional pressure losses are very high in ERD wells (Norman, Tveit, Kalvanes, Humblen, 1996). The collapse, burst and tension parameters become more important when the subject is ERD. When the true vertical depth of the wells is high, the burst and collapse designs

must be done rigorously. Also, if the well has one or more build sections, the bending, buckling and torsion analysis must be done properly for having a safe well design.

Design process:

All in all, the ERD well design is done by considering the worst conditions in the well by means of the burst, collapse and tension loads. The initial restrictions include the target of the well at 15000 ft. vertical depth and 15000 ft. lateral extension. Besides, the well has 4000 ft. vertical section and the last 4000 ft. is horizontal section. The surface casing of the well must be located at 4000 ft. The conditions are provided with the well having 4000 ft. vertical section, a build-up section with build rate of 3°/100 ft., a slant section, another build section starting at TVD of 13440 ft. with build rate of 1.4°/100 ft., and 4000 ft. horizontal section.

2 WELL TRAJECTORY DESIGN

The well trajectory is determined by using the equation below.

$$\theta = arc\tan\left(\frac{D3-D1)}{r1-X3}\right) - arc\cos[\left(\frac{r1}{D3-D1}\right) * \sin\left(arc\tan\left(\frac{D3-D1}{r1-X3}\right)\right)] \quad (1)$$

3 CASING DESIGN

Casing design part includes four section and these are surface, 1st intermediate, 2nd intermediate and production casings. For each casing design, the burst and collapse pressures are calculated by following the steps in the textbook of Applied Drilling Engineering (Bourgoyne et al., 1986). In the whole design, the safety factor is taken as 1.1 except production casing (1.05 safety factor used in production casing).

3.1 Surface Casing

The surface casing has the outer diameter of 16 in. and the casing seat of 4000 ft. Different casing grades were selected by considering burst and collapse forces. Selected casing grades are listed below in Table 1.

Table 1. Surface casings

Selected Casing	Lenght (ft)
J-55 (109 lb/ft)	1044
J-56 (75 lb/ft)	540
J-57 (84 lb/ft)	720
J-58 (109 lb/ft)	1764

3.2 1st Intermediate Casing

The 1st intermediate casing has the outer diameter of 10 3/4 in. and the casing seat of 11400 ft. Different casing grades were selected by considering burst and collapse forces. Selected casing grades are listed below in Table 2.

Table 2. 1st Intermediate casings

Selected Casing	Length (ft)
C-90 (55.5 lb/ft)	3528
C-90 (73.2 lb/ft)	5292
C-90 (79.2 lb/ft)	2628

3.3 2nd Intermediate Casing

The 2nd intermediate casing has the outer diameter of 7 5/8 in. and the casing seat of 15000 ft. The calculated burst design loads overcome the collapse loads, so the burst loads used for selecting of casings and these are listed below.

Table 3. 2nd Intermediate casings

Selected Casing	Length (ft)
M-65 (33.7 lb/ft)	2808
L-80 (33.7 lb/ft)	1224
L-80 (39 lb/ft)	3456
L-80 (45 lb/ft)	7596

3.4 Production Casing

The production casing has the outer diameter of 5 in. and the casing seat of 15000 ft. The selected casings by considering both burst

and collapse loads and the complete design can be seen in table below. The safety factor is taken as 1.05 to use API casings.

Table 4. Production casings

Selected Casing	Length (ft)
Q-125 (21.4 lb/ft)	15000

4 DRILL STRING DESIGN

Generalized Huber von Mises Equation is used in calculation of drill string design.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\begin{matrix}(\sigma_a - \sigma_r)^2 + (\sigma_t - \sigma_r)^2 \\ +(\sigma_a - \sigma_t)^2 + 6\tau^2\end{matrix}\right]^{0.5} \quad (2)$$

Where;
σ_e =Yield stress, psi
σ_r = Radial stress, psi
σ_t = Tangential stress, psi
σ_a = Axial stress, psi
τ = Buckling stress, psi

4.1 Design Process Considering Axial Load

The Huber von Mises law only applies to the case where the axial tension is present:

$$\sigma_e = \sigma_a \quad (3)$$

4.2 Design Process Considering Axial Load and Hydrostatic Pressure

The Huber - Von Mises law, when taking into account the axial stresses as well as the pressure - related stresses, is investigated as follows:

$$\sigma_e = \sigma_a + P_h \quad (3)$$

$$P_h = 0.052 * \rho * L_{dc} \quad (5)$$

Where;
P_h = Hydrostatic pressure, psi
L_{dc} = Drill collar length, ft
ρ = Mud weight, ppg

4.3 Design Process Considering Axial Load, Hydrostatic Pressure and Buckling Effect

As a result of taking into account the buckling, the Huber - Von Mises law should be used with the general appearance below.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\,[2(\sigma_a + P_h)^2 + 6\tau^2]^{0.5} \quad (6)$$

4.4 Design process considering axial load, hydrostatic pressure, buckling and bending effect

As a result of the adding of the bending stress, the Huber - Von Mises law must be used with the following general appearance.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\,[2(\sigma_a + \sigma_b + P_h)^2 + 6\tau^2]^{0.5} \quad (7)$$

4.5 BHA Design

The total length of the required heavy weight drill pipes can be calculated by the following relation.

$$L_{hwdp} = \frac{SF*WOB}{W_{hwdp}*BF*cos\alpha} \quad (8)$$

Where,
L_{hwdp} = Length of heavy weight drill pipe, ft
WOB = Weight on bit, Ib
W_{hwdp} = Weight of unit length of drill pipe, Ib/ft
α = Well inclination
BF = Bouyancy factor
SF = Safety factor

5 HYDRAULIC DESIGN

Finally, in the hydraulic design, the parasitic pressure losses in the well and surface, pressure losses at the bit and nozzle size determination are done. The whole design is done for the last casing seat and the 17.6 ppg water based mud is used in designing. Synthetic muds are generally used in ERD wells; however, since the data of synthetic mud cannot be found, the water based mud is used. The parasitic pressure losses are calculated for two models which are Power Low and Herschel Bulkley. The whole hydraulic design is done by taking the minimum annular velocity of 120 ft./min.

5.1 Parasitic Pressure Losses for Bingham Plastic Model

Friction pressure losses for the Bingham Plastic Model are found by the formulas summarized in Appendix A. Flow behavior

index (n) and consistency index (K) and other mud parameters are taken from SPE 29259 (Merlo, Maglione, Piatti, 1995). The equations in the Applied Drilling Engineering textbook (pg. 155) are used to calculate parasitic pressure losses for Powe Low model.The total parasitic pressure loss is calculated as 2272 psi.

5.2 Parasitic Pressure Losses for Herschel Bulkley Model

Friction pressure losses for the Herschel Bulkley model are found by the formulas summarized in Appendix B. Flow behavior index (n) and consistency index (K), equations to calculate pressure losses and other mud parameters are taken from SPE 29259 (Merlo, Maglione, Piatti, 1995). The total parasitic pressure loss is calculated as 1662 psi.

5.3 Pressure Losses at Surface Lines

The pressure losses at the surface lines are calculated by following the steps at Applied Drilling Engineering textbook (pg. 160) and calculated as 3.76 psi.

5.4 Selecting Bit Nozzle Sizes

Bit nozzle sizes are selected by using the formula below.

$$\Delta P_d = \frac{8.311*10^{-5}*\rho*q^2}{Cd^2{A_t}^2} \quad (9)$$

Where,
C_d:discharge coefficient,
A_t:area of nozzle in2
ρ: mud density ppg,
q: flow rate, gal/min
The nozzle sizes are selected as 17/32

5.5 Cutting Transport Ratio

Transporting cuttings from subsurface to surface is important to make the well stability greater. This transportation is affected mainly from two parameters and these are mean annular velocity and transport velocity. The ratio of transport ratio over mean annular velocity is called as transport ratio.

$$F_t = \frac{V_t}{V_a} = 1 - \frac{V_{sl}}{V_a} \quad (10)$$

CONCLUSION

All in all, the ERD well design is done by considering the worst conditions in the well by means of the burst, collapse and tension loads. The initial restrictions include the target of the well at 15000 ft. vertical depth and 15000 ft. lateral extension. Besides, the well has 4000 ft. vertical section and the last 4000 ft. is horizontal section. The surface casing of the well must be located at 4000 ft. The conditions are provided with the well having 4000 ft. vertical section, a build-up section with build rate of 3º/100 ft., a slant section, another build section starting at TVD of 13440 ft. with build rate of 1.4º/100 ft., and 4000 ft. horizontal section.

Casing design part includes four section and these are surface, 1st intermediate, 2nd intermediate and production casings. In the whole design, the safety factor is taken as 1.1 except production casing. For the surface casing design, the burst and collapse pressures are calculated by following the steps in the textbook of Applied Drilling Engineering (Bourgoyne et al., 1986). Since there is not any casing in the API Bulletin 5C2 table, the non API casing must be used in the surface section which has the casing seat at 4000 ft. The same steps at the textbook are followed and the burst, collapse and tension values are calculated for the 1st intermediate casing and convenient grades were selected to create complete 1st intermediate casing design by using API tables. 1st intermediate casing have casing seat of 13660 ft which is at the end of tangential section. In addition at the 2nd intermediate casing, the selected casings by considering the burst and collapse designs convenient grades were chosen. The 2nd intermediate casing has the casing seat of 15000 ft. Finally, the complete design of the production casing is designed by comparing the both burst and collapse loads, and taking the safety factor of 1.05. The bottom part of the casing designed by the collapse loads and the upper part of the casing designed by the burst loads. The length of the casings by

considering the collapse loads are determined by the iteration process because of the exerted axial tension on casing which reduces its collapse resistance. The complete design of production casing can be seen above.

The drill string is designed to drill last 2000 ft. of horizontal section with one bit. The weight on bit is adjusted as 20000 lb. and it is supplied with the heavy weight drill pipes. The S-135 drill pipe having outer diameter of 4.5 in. is used above the heavy weight drill pipes through the surface. The resistance of the drill pipes to the axial, tangential, radial, bending tensions are investigated and the feasibility of the drill pipe is checked. The total length of the heavy weight drill pipe is 5160 ft., and they are located between end point of 2nd build and 1776 ft. above the 2nd KOP. The horizontal part includes, 1910 ft. S-135 drill pipe and 90 ft. non-magnetic drill collar (it is used to represent the mud motor etc.). The tensions mentioned above are calculated and the validity of the drill string design checked by the Huber Von Mises equation.

Finally, in the hydraulic design, the parasitic pressure losses in the well and surface, pressure losses at the bit and nozzle size determination are done. The whole design is done for the last casing seat and the 17.6 ppg water based mud is used in designing. Synthetic muds are generally used in ERD wells; however, since the data of synthetic mud cannot be found, the water based mud is used. The parasitic pressure losses are calculated for two models which are Bingham Plastic and Herschel Bulkley. The nozzle sizes are determined by using the maximum pressure of pump taken from the pump catalog. The parasitic pressure losses calculated from the Bingham Plastic model is 2272 psi., and the parasitic pressure losses calculated from the Herschel Bulkley model is 1662 psi. The pressure losses at the bits are 1150.9 psi and 1760 psi for Bingham Plastic and Herschel Bulkley models, respectively. The nozzle areas are calculated as 0.6897 in2 for Herschel Bulkley models. The cutting transport ratio of the well is calculated as 83.83 % from the Moore Correlation.

REFERENCES

Altun, G. (2012). Sondaj Mühendisliği Ders Notları. İstanbul.

Bourgoyne, T., Millhem, K., Martin, E. & Young, F. 1991. "*Applied Drilling Engineering*", 2nd edition, Society of Petroleum Engineers, TX.

Bull, API. 5C2. (1999). Bulletin for Performance Properties of Casing, Tubing, and Drillpipe.

Merlo, A., Maglione, R., & Piatti, C. (1995). An innovative model for drilling hydraulics. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference. SPE.

Norman, M., Tveit, L., Kalvenes, O., & Humblen, J. O. (1996). The Challanges of Drilling Wells Approaching to 40,000 ft. IADC/SPE 35104 (pp. 515-522). International Association of Drilling Contractors.

Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits, 1998. API Recommended Practice, 16nd edition, Addendum 1.

Paradigm Sysdrill Kılavuzunu Keşfetmek ve Lisans Eğitim Amaçlı Kullanıcı Dostu Hale Getirmek

Exploring Paradigm Sysdrill Manual and Making It User Friendly for Undergraduate Educational Purposes

M.A.M. Laouali, M. S. Arslan, G. Altun
Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET 2009 yılında piyasaya sürüldüğü zamandan beri, sondaj uygulamalarının neredeyse tüm bölümlerinin entegrasyonu olan Sysdrill Paradigm yazılımı sürekli güncellenmektedir. Genç mühendisler için bu geleceğin teknolojisini öğrenmek için parlak geleceği gören bölümümüz, onu müfredatın bir parçası haline getirdi.

Bazı mühendislik problemleri, özel bir simülatör aracılığıyla kolayca çözülebilir; bununla birlikte, bu simülatör, eldeki problemin doğası gereği güvenli bir şekilde mühendislik uygulaması için uygun olmayabilir. Bu gibi durumlarda, simülatörün kullanım kılavuzları, sorunu ele almak için uygun olmayabilir; ve bu nedenle, kılavuz, kılavuz tarafından sağlanmayan kısımların saklanması dahil olmak üzere, maksimum bilginin geri çekileceği şekilde detaylarda geliştirilmelidir.

Bu proje sadece kendi yeni güncellenmiş kılavuzumuzu yaratmayı değil, aynı zamanda önceki versiyonlarla karşılaştırmayı da amaçlamaktadır. Ortalama bir öğrencinin üç haftada başsardığı öğrenme süresini sadece sekiz saate azaltmak amaçlanmıştır. Bu zorluk sadece gizli adımların ortaya çıkması, görsel yöntemler kullanarak, diyagramlar kullanarak, vb. yeni özellikler kılavuz oluşturulmasıyle mümkün olabilir Bunula birlikte, geliştiriciler tarafından kullanılan formülleri irdelemek bu çalışmanın kapsamında girmemektedir.

Anahtar Kelimeler: sondaj, sysdrill, simülatör.

ABSTRACT Since the time when it was launched in 2009, Sysdrill Paradigm software which is the integration of almost all parts of drilling applications, is constantly updated. Since the time when it was launched in 2009, Sysdrill Paradigm software which is the integration of almost all parts of drilling applications, is constantly updated. Our department which has seen the bright future for young fresh engineers to learn this up front technology, has made it part of the curriculum.

Some engineering problems can be solved easily through a special simulator; however, this simulator may not be suitable for engineering application confidently due to the nature of the problem at hand. In such cases, manuals of simulator may not be appropriate to handle the issue; and hence, the manual should be enhanced in details such that the maximum information is to be withdrawn including hiding parts that are not provided by the manual.

This project aims to create not only a new updated Paradigm Sydrill 10.5 manual but also a more practical one compare to the previous versions. It aimed to reduce a considerable amount of time, which an average student spends three weeks, to only eight hours. This challenge can be possible only by introducing new features like surfacing hidden steps, using visual methods, using diagrams…etc. It has to be noticed that it not within the scope of this study to investigate the formulas used by the developers.

Keywords: drilling, Sysdrill, simulator.

1 INTRODUCTION

Sysdrill is one of the three most powerful software for drilling engineer after Landmark and Drilling Office. It increasingly updates not only the software but also the provided manual by the company. Through the years, students continue to use updated software with obsolete version of Sysdrill in our department. The time consuming to finish several hundred pages can take weeks, since the two versions are not compatible. To ease this problem, it is convenient to create a new version of manual that matches the current software. It is possible to create better version of document which will break down a comprehension path. The purpose of this study is first to provide not only the latest version of Sysdrill manual but also reduce the time to practice to merely eight hours. This will seem impossible in the current state of how the old version of the manual was designed. So it is imperative to create new features.

Creating new features is only possible when interaction with software is deeply understood. Most of the time is spent by reading from the book and applying it to software. The software is new environment for students which has integrated advance technology, so make it straightforward the new study will translate literature (verbal command) to visual statement (by showing the spot(s) on the screenshot figured in the book).

The second new variant added are hidden steps. It is really difficult and frustrated when the command stated is not compatible to the software current position. It is up the student to figure out the hidden steps which make the time longer than expected. Those hidden steps are erupted and integrated to the new manual. The last important part is the one which is discarded, upgrading the software is adding removing process, those parts identified and explained accordingly.

The manual for Paradigm Sysdrill 10.5 is not available at the PNGE (Petroleum and Natural Gas Engineering) department for the time being. Therefore, this graduation design project is carried out to adopt the previous version’s manual to the latest one (10.5).

2 DRILLING DESIGN

Well planning is perhaps the most demanding aspect of drilling engineering. It requires the integration of engineering principles, corporate or personal philosophies, and experience factors. Although well planning methods and practices may vary within the drilling industry, the end result should be a safely drilled, minimum-cost hole that satisfies the reservoir engineer's requirements for oil and gas production (Neal, 1985).

Well planning is an orderly process. It requires that some aspects of the plan be developed before designing other items. For example, the mud density plan must be developed before the casing program since mud weights have an impact on pipe requirements. **Figure 1** illustrates a commonly used flow path for a well plan.

Bit programming can be done at any time in the plan after the historical data have been analyzed. The bit program is usually based on the drilling pa-rameters from offset wells. However, bit selection can be affected by the mud plan, i.e., the performance of PCD bits in oil muds. In addition, bit sizing may be controlled by casing drift diameter requirements.

Casing and tubing should be considered as an integral design. This fact is particularly valid for production casing. A design criterion for tubing is the drift diameter of the production casing, whereas the production casing can be af-fected adversely by the packer-to-tubing forces created by the tubing's tenden-cies for movement. Unfortunately, these calculations are complex and often neglected.

The completion plan must be visualized reasonably early in the process. Its primary effect is on the size of casing and tubing to be used if oversized tubing or packers are

required. In addition, the plan can require the use of high strength tubing or unusually long seal assemblies in certain situations.

Since it must consider too many submodules that communicates to each other. This complexity of well design requires to use simulators like Paradigm Sysdrill.

Figure 1 defines an orderly process for well planning. This process must be altered for various cases.

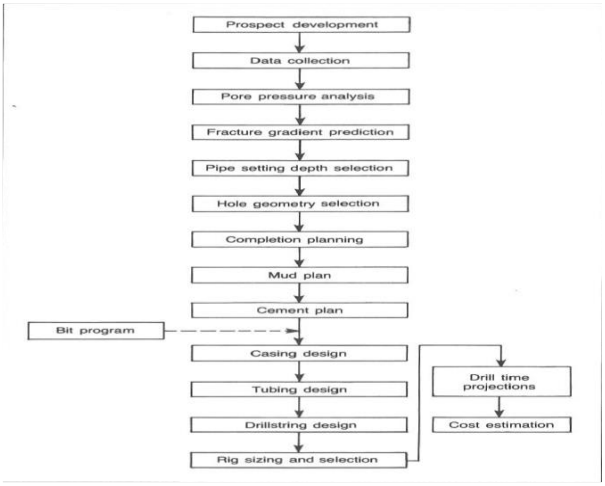


Figure 1. Flow path for well planning (Neal, 1985).

Sysdrill 10.5 was developed by the company Paradigm, and it is one of the industry most advanced software for directional drilling, well planning and survey management system. It is used both by operating and drilling service companies, to plan, drill and monitor directional wells (Silvio Japundţić, 2015).

Sysdrill provides:

1. A single, unified well planning and drilling engineering software application that offers improved workflows for quick and accurate engineering planning.
2. Robust, scalable database from wellsite to corporate data store, with optional user access control.
3. Design changes that are immediately available to all parts of the application, with no need to exchange or save data.
4. Quick and accurate drilling decisions through real-time data loading and projecting ahead of the bit.
5. 3D viewer files that can be e-mailed and viewed interactively in a Web browser.
6. Technology that is independent of the drilling service companies – your own team plans the wells you want to drill (URL-2).

3 MINIMIZING SYSDRILL LEARNING TIME

Although it takes several weeks to finish the old version of Sysdrill manual, here sophisticated methods will be developed to reduce the practice time to eight hours. Visual method which is the first to be developed focus on relationship between commands from the manual to its execution (software: here Paradigm Sysdrill 10.5). Although reading parts from the manual can more or less constant, applying those commands take a lot of time. By reducing executional time, it is certain to drop the learning curve considerably. Here, the command statement should be shown in the manual by circling the icons that is commanded.

3.1 Visual Method

Learning Sysdrill for the first time can be really difficult, although the software and its manual are in front of us. It takes three weeks for students to finish the manual. Visual method can be the solution because it shows the target by using color on it. This will reduce a considerable amount of time by showing a specific area on the software window that the manual commanded.

1) Ensure that the calculation is set to calculate Pump Pressure, select the 14-P-200 pump from the drop down list and finally select the 6" liner. Here, there are two commands, selection of pump pressure and liner. To execute those commands, it mostly common to try search the parts to be evaluated on the software. However, with dozens of icons to explore, it will take a lot of time to figure out the exact spot. But when circling the pump pressure and liner on the screenshot of the manual which represents the same user interface on the software, the

work can be quicker. **Figures 2** illustrates this ultimate method.

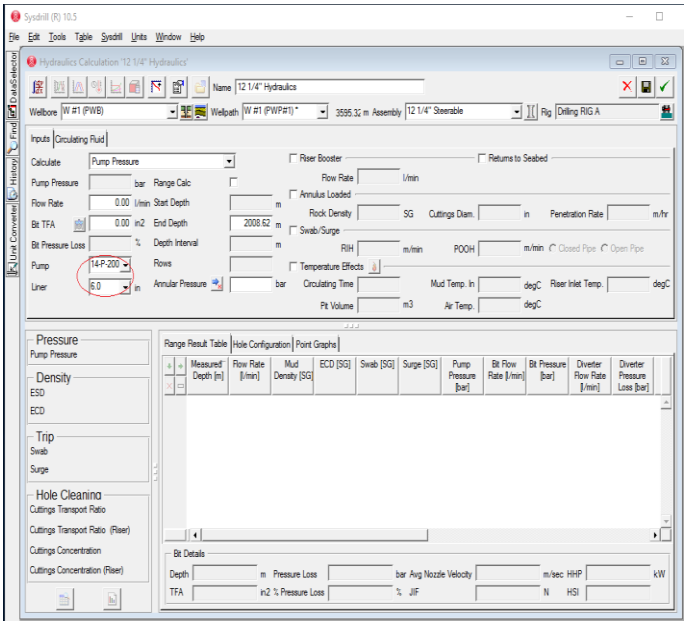


Figure 2. Hydraulics Calculation for pump pressure.

4 NONFUNCTIONAL FEATURES OF SYSDRILL

Upgrading software means improving for better working conditions, for this reason some features may not be functional. Here are some parts of Sysdrill 10.5 which encounter these problems.

4.1 Swab and Surge Calculation

Sysdrill 10.5 (new version) failed to run Swab and Surge Calculation correctly. "fails to compute safe swab & surge run speeds for some depth" is what the software showed to indicate this section is nonfunctional. This can be seen from the second figure.

1) In the Hydraulics Calculation editor, click the Swab Surge Calculation button and run the calculation . **Figure 3** shows an opened Swab and Surge Calculation.

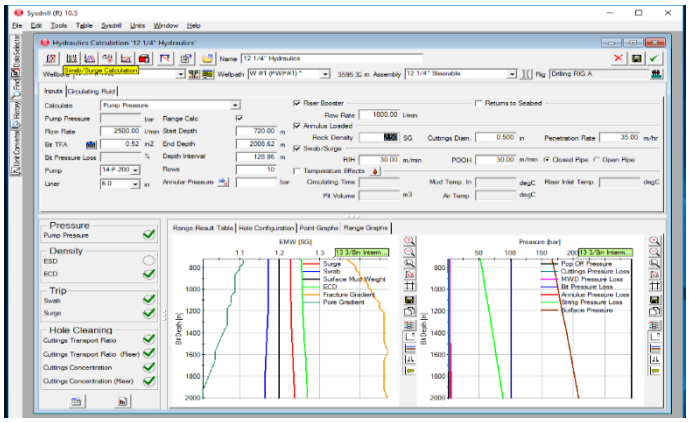


Figure 3. Open Swab Surge Calculation.

2) The results should match those below. **Figure 4** displays results of Swab Surge Calculation.

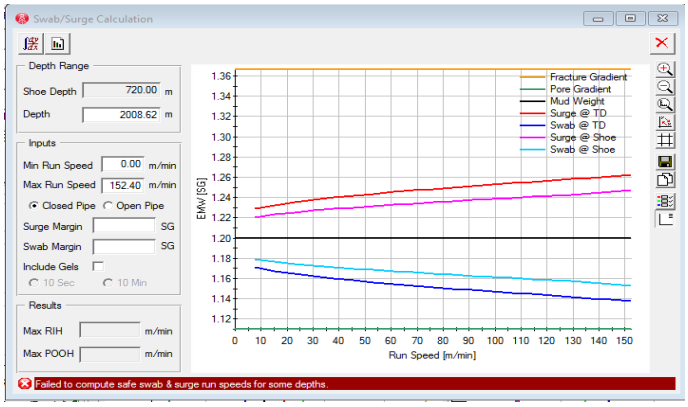


Figure 4. Results of Swab Surge Calculation.

5 CONCLUSION

As conclusion, the three technics created through the manual has combine effect to create powerful new Sysdrill 10.5 manual (new manual) to Sydrill 10 (old version). The visualization technique used, significantly helped for interacting students and software in a friendly manner. One of the unthinkable is to be able to finish the manual in a day. It will allow the students to master the software and guide them to explore more features that has not been explain in the manual. With the feeling of being victorious for mastering one of the most advance drilling tool, students can be ready for big challenge by searching the formulas that made up Sysdrill, in other word the "black box".

Sysdrill is great for both experienced and fresh engineer. This kind of project should be given for the future graduate not only for

creating new manual that will be compatible to the later versions of Paradigm Sysdrill but also to prepare them to their future career.

Although it is good to have such tool (Sysdrill) for our study and career purposes, it is costly for domestic users. We recommend our department to draw the attention of students by creating environment that allow us design our own “ITUDRILL” a modal to Turkey and worldwide.

REFERENCES

Paradigm. 2014. *Advanced Well Planning and Drilling Engineering Training Manuel.*

Sılvıo, J.2015. *Directional Well Design Using Paradigm Sysdrill Simulator*.

Neal J.1985. *Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach.*

URL-1 <http://www.pvisoftware.com/blog/drilling-software-your-hot-model/ >

URL-2 <http://www.pdgm.com/solutions/well-planning-drilling-engineering-and-geosteering/drilling-engineering/ >

South Chalip Sahasının Tarihsel Çakıştırması ve Gelecek Üretim Performansının Tahmini

Hıstory Matchıng and Future Performance Predıctıon of South Chalıp Model

M. Keskin, S.V. Atmaca, M. Demir, M.S. Ergül, M. Çınar

Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET Bir rezervuarda petrol ve doğal gaz üretim tahminlerin belirsizliğini değerlendirmek için rezarvuar simülasyon programları kullanılır. Bu projemizde, Güney Chalip sahasının gelecekteki performansını tahmin etmek için bir rezervuar simülasyon çalışması yapılmıştır. Rezervuar son altı yıldır üretime geçmiştir ve kuyudibi basıncı ölçümleriyle aylık gaz, sıvı ve su üretim değerleri mevcuttur. Rezervuar 10 dönüm örüntüyle üretilmiş ve altı yılda toplam 65 adet üretim kuyusu açılmıştır. Rezervuar simülasyonları CMG IMEX (CMG, 2017.10) ticari simülatörü ile gerçekleştirilmiştir. Dinamik model, üretim verilerinin tarihsel çakıştırması temelinde oluşturulmuştur. Petrol üretimi girdi olarak verilmiş olup kuyu dibi basınçları ile birlikte su ve gaz üretimi eşleştirilmiştir. Böylece gözeneklilik ve geçirgenlik alanları elde edilmiştir. Tarihsel çakıştırma sırasında yukarı ölçeklendirmenin gerekli olduğu anlaşılmış ve göreli geçirgenlik eğrilerini modifiye edilerek yukarı ölçeklendirme gerçekleştirilmiştir. Dinamik model elde edildikten sonra rezervuar performansı takip eden yedi yıl boyunca incelenmiştir. Sonuçları göstermektedirki ortalama rezervuar basıncı 1991 yılında düşmektedir. Bunula birlikte yine 1991 yılında su üretimi artmaktadır. Bu koşularda üretimdeki düşüş başlamadan yeni bir üretim planlaması yapılması yapılması önerilmektedir. Yüksek su kesrine sahip kuyular kapatılmalı ve yeni kuyular için lokasyonlar belirlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Reservuar Modelleme, Tarihsel çakıştırma(History Matching), Upscaling

ABSTRACT Reservoir simulations are conducted to assess the uncertainty of oil and gas production estimations in a reservoir. In this study, a reservoir simulation study is conducted to estimate the future performance of South Chalip field. The reservoir has been under production for the last six years and monthly gas, liquid, and water production values are available with bottom-hole pressure measurements. The reservoir is produced with 10 acre spacing and total 65 producing wells were drilled in six years. Reservoir simulations are conducted with CMG IMEX (CMG, 2017.10) commercial reservoir simulator. The dynamic model is built based on the history matching of production data. The oil production is given as input and water and gas production along with bottom-hole pressures are matched. Thus, porosity and permeability fields are obtained. During history matching upscaling was necessary to match the reservoir output. This is obtained by adjusting relative permeability curves. Once the dynamic model is obtained, reservoir performance is investigated for the following seven years. The results indicate that the average reservoir pressure starts to decline in 1991. Also water production of the entire field is increasing around 1991. In these circumstances, it is advised that a new field development plan needs to be studied before that date. The wells with high water cut need to be shut in and new locations for new wells should be considered.

Keywords: Creating Reservoir Model, History Matching, Upscaling

1. INTRODUCTION

Primary objective of a reservoir simulation study is to predict future performance of a reservoir. Reservoir simulation studies provide a more detailed approach by dividing the reservoir into grid blocks and applying fundamental equations for flow in porous media at each grid block.

In this study the focus is the history matching and future performance predictions. In the first step of the study a static reservoir model is built by digitizing available top of structure and thickness maps. The reservoir do not involve any fractures or faults. In I direction 30, in j direction 60 and in k direction 5 grid blocks are used to model the reservoir. The reservoir do not involve any fractures or faults. In I direction 30, in j direction 60 and in k direction 5 grid blocks are used to model the reservoir. The grid block size is kept at minimum without losing any features to minimize the computation time since history matching requires large number of reservoir simulation runs.

CMG IMEX (CMG, 2017.10) reservoir simulator is used for the runs. Next, by integrating production data, history matching is performed. Unknown porosity and permeability fields are obtained by matching gas and water production and bottom-hole pressure data of each well. Also upgrading of the model is performed by adjusting relative permeability curves. Once the dynamic model is built, the future performance of the reservoir is predicted by several forward simulation runs.

2. CMG RESERVOIR SIMULATION

2.1 CMG Simulator

CMG contain three simulators, IMEX, GEM, and STARS. IMEX is a black oil simulator that models primary and secondary oil recovery processes in conventional and unconventional reservoirs. GEM is reservoir simulator for compositional, chemical and unconventional reservoir modelling. STARS is the nonisothermal module of CMG simulator suite. STARS can model the flow of three-phase, multi-component fluids using cartesian, cylindrical or mixed coordinates (Stokes and Panda, 2008).

2.2 South Chalip CMG-IMEX Model

The reservoir system is undersaturated and comprises conventional oil with common gas-oil ratio. The properties of the system indicate a black oil reservoir thus IMEX black oil reservoir simulator is chosen for the study. Reservoir grid is determined by specifying dimensions or directly importing the grid dimensions from the data. For the South Chalip Model, firstly, the geological map is imported to CMG. Then, the map is examined and the grid block numbers are determined. Finally, the model has been generated using orthogonal corner point system by choosing a grid having 30 blocks in the ‘I’ direction, 60 blocks in ‘J’ direction and 5 blocks in ‘K’ direction making a total of 9000 grid blocks. The dimension of each grid block is 230 ft in I direction and 290 ft in J direction. Thickness of each grid block is automatically assigned by the simulator based on the thickness map. Top of structure map and thickness of reservoir is shown in Figure 1 and Figure 2 below.

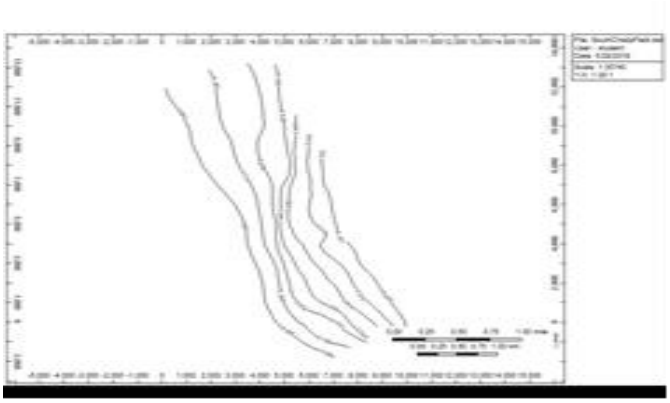


Figure 1. Top of structure map – South Chalip Reservoir Model.

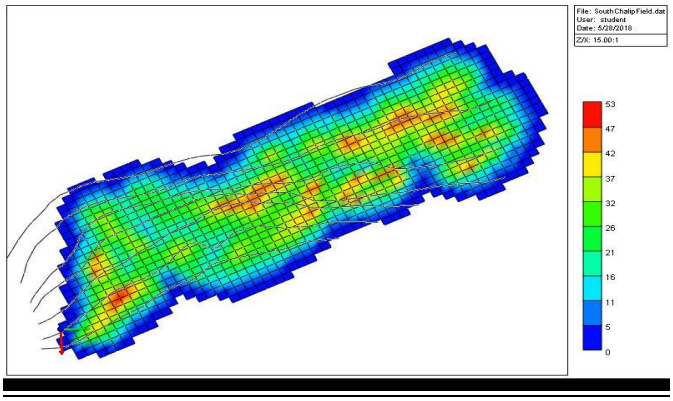


Figure 2. Thickness of reservoir – South Chalip Reservoir Model.

To simulate a reservoir, porosity distribution is required. Porosity values are available only for each well from core measurements but the porosity values of other grid blocks need to be found via history matching.

Likewise porosity values, permeability values are only available for each well from core measurements. Core porosity and permeability measurements indicate a correlation given by Eq. 1 This is given by Equation 1 that is a porosity-permeability correlation. On the other hand, reservoir permeability at K direction is equal to permeability(I) x 0.5. This equation is specified on CMG IMEX (CMG, 2017.10). For instance, South Chalip Fluid porosity is taken as 0.21. Thus, using equation, permeability(I) and permeability(J) equal to 217 md and permeability(K) equal to 174.

$$Perm(md) = 50 + 680299 \times por^{5.3277} \qquad \text{Eq(1)}$$

Next step before simulation of South Chalip is to integrate component properties and initial conditions. Reservoir temperature is 130 °F. Oil density and gas gravity are 43 °API and 0.65, respectively. Also, rock compressibility is 3.00E-06 1/psia. In addition, for initial conditions, initial pressure that is reference pressure is 2925 psia at 6100 ft. Water-oil contact is 6130ft deep.

Water-oil and liquid- gas relative permeability of South Chalip Field is already known. Thus, relative permeability curves are directly imported to CMG-IMEX.

The production history data is available from February 1980 to February 1986. The production history data includes monthly oil, gas and water production rate for each well. In addition, flowing bottom hole pressure data is available.

The well files indicate the location, type and dimensions of all sixty-five wells in the region. All wells were drilled vertically and completed along the reservoir thickness. The location of each well is shown in Figure 3. In addition, all wells were perforated based on individual well files. Some perforated wells are shown in Figure 4.

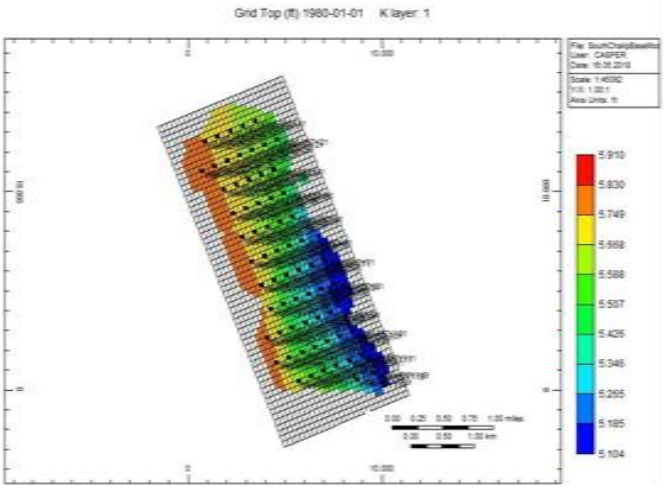


Figure 3. Well locations - South Chalip field.

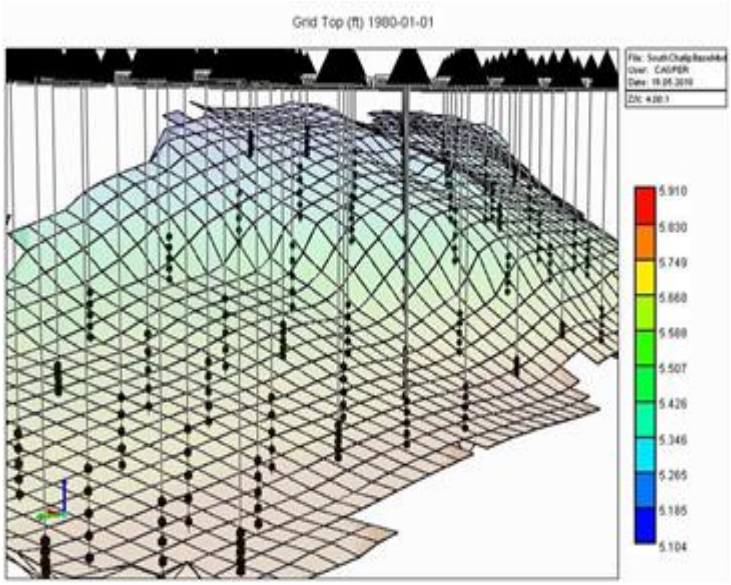


Figure 4. South Chalip Well perforations.

Once the wells are integrated with their production history, the simulator is ready for history matching.

2.3. History Matching of South Chalip Field

The history matching of South Chalip field is performed with CMOST software, history matching module of CMG simulator suite. The aim of the history matching is to estimate the unknown permeability and porosity values of each grid block. This target is achieved by matching the known reservoir output, gas rate, water rate, and bottom-hole pressures for each well, by inputting the known oil rates of each well.

There is a significant difference in the output of the simulator when fine and coarse gridblocks are used. The Figure 5 shows the difference of the water production of a well when 96000 and 9000 gridblocks are used. The runs are conducted by assigning the same single porosity (0.21) and permeability (100 md) value for each model. The oil rate of each well is imposed in the simulations. The difference is due to the difference in scales. Upscaling is needed to bridge the gap between these two scales.

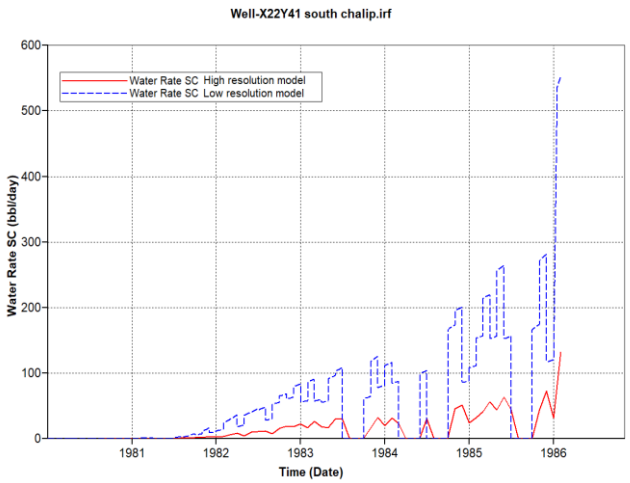


Figure 5. Water production comparison of high resolution and low resolution models.

In the upscaling process by matching the output (gas rate, water rate and bottom hole pressures of each well) of each well of high resolution model and low resolution model relative permeability curves are updated. The updated water-oil relative permeability curve and original curves are compared in Figure 6.

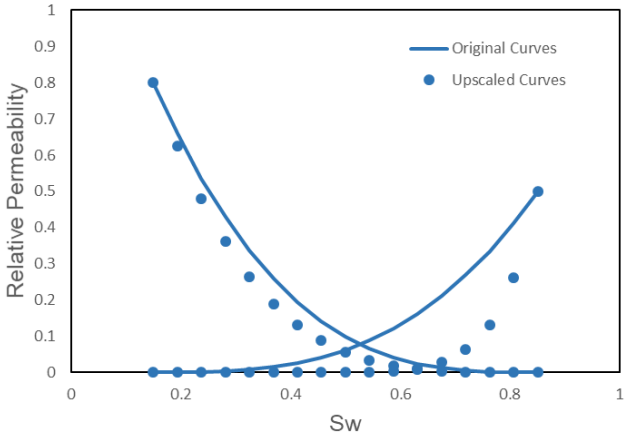


Figure 6. Upscaled water-oil relative permeability curves.

After updating relative permeability, the water rate comparison for a well is given on

Figure 7. The history matching is performed with upscaled curves.

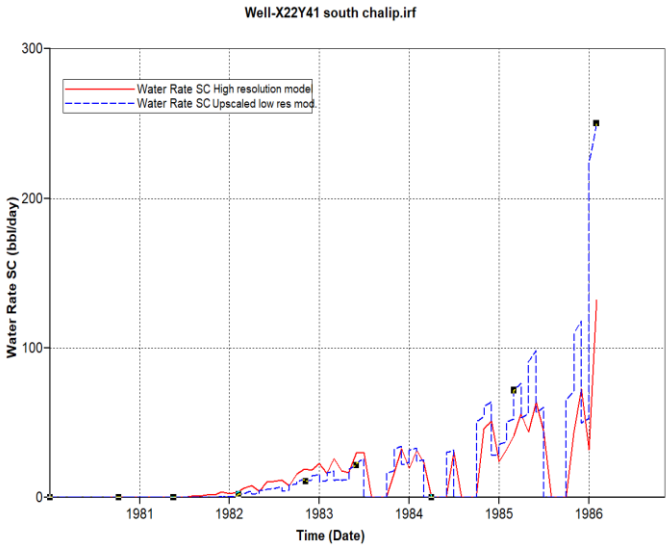


Figure 7. Water rate comparison of high and low resolution models after upscaling.

In the next step a correlation between permeability and porosity is established from the measured values. For each well porosity and permeability values are available. The following correlation given by Eq. 1 is obtained. For history matching the correlation is used to estimate permeability values and only porosity is considered for history matching to reduce the number of parameters to be found. In addition, the grid blocks adjacent to the well block for each layer assumed to have the same porosity value. The rest of the reservoir assumed to have the same porosity value and a single value is searched. In addition, one of the parameters of the the porosity-permeability correlation is also included in the parameter list. Total of 327 parameters are listed.

Once the history matching is completed, future performance predictions are performed with the history matched model. It is assumed that all the wells will be produced with the current rate for the next 7 years and cumulative production values are considered. The results of cumulative oil production and average reservoir pressure are given by the following Figures 8-9.

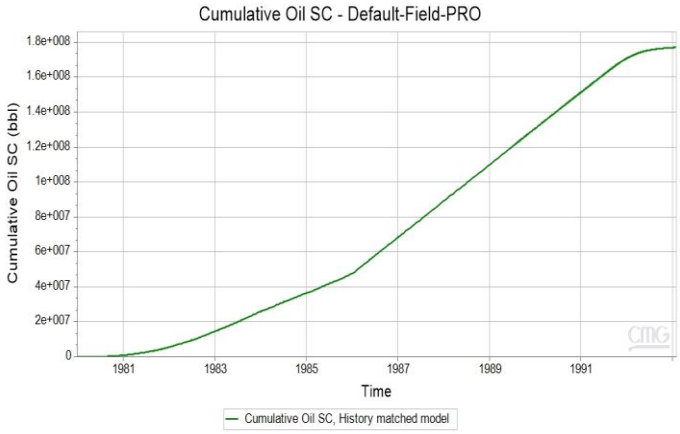


Figure 8. Cumulative Oil Production of the Field.

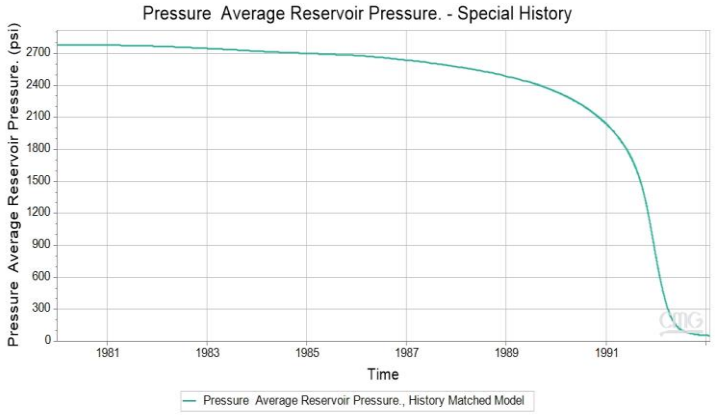


Figure 9. Average reservoir pressure of the Field.

The results indicate that the average pressure of the system starts to decline in 1991. Also water production of the entire field is increasing around 1991. By 1991 total oil production is 150 million barrels. In these circumstances, it is advised that a new field development plan needs to be studied before that date. The wells with high water cut need to be shut in and new locations for new wells should be considered.

3. CONCLUSIONS

In this study history matching of South Chalip Field is conducted and future performance prediction is obtained for the next 7 years of the reservoir. From the available six years of production data history matching is performed by matching gas rate, bottomhole pressures, and water production data by imposing oil rates as input.

CMG IMEX (CMG, 2017.10) simulation program used for numerical simulations. In progress of creating the reservoir model the data for the given field is used.

For history matching CMG CMOST (CMG, 2017.10) module is used. Based on the updated porosity permeability relation permeability values of each gridblock is estimated. It was necessary to upscale the model. Upscaling is performed by creating a high-resolution model with a homogenous known porosity and permeability field. High resolution and low-resolution model outputs are matched by updating relative permeability curves.

Finally, future performance predictions are acquired for a period of seven years. The cumulative gas production, water and oil productions are obtained with the average reservoir pressure. The results indicate that the average pressure of the system starts to decline in 1991. In addition, water cut of the entire field is increasing around 1991. By 1991 total oil production is 150 million barrels. In these circumstances, it is advised that a new field development plan needs to be studied before that date. The wells with high water cut need to be shut in and new locations for new wells should be considered

REFERENCES

CMG, Simulator Suite, Calgary Modelling Gorup, version 2017.10.

Ertekin et al. (2001) Ertekin, T., *Basic Applied Reservoir Simulation* Abou-Kassem, J. H. and King, G. R. Richardson, Texas,2001

Stokes, P.J., and Panda, Manmath, 2018, United States Department of Energy National Energy Technology Laboratory, Alaska

Taylor, J.R., *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainities in Physical Measurements*. University Science Books. pp. 128–129

Açık Deniz Gaz Sahasının Üretim ve Rezervuar Planı
Reservoir and Production Plan for an Offshore Gas Field

N. M. Al-Hetari, B. Alçın, I. M. Gök, G. H. Yıldırım

Istanbul Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering, Istanbul

ÖZET Bu bitirme tasarım projesinin amacı, Baby Dragon adlı gaz sahası üzerinden çeşitli üretim senaryoları ile fizibıl üretimi sağlamaktır. Proje kuyu logları, kuyu testleri, rezarvuar hacim hesaplamaları, ve projenin ekonomik analizi ile sonuçlanacaktır. Projenin hedefi bu sahadan günlük elli milyon metreküplük doğalgaz ile beş yıl üretim sağlamayı elde etmektir. Bu hedefi gerçekleştirirken kuyu sayıları ve kuyu lokasyonları belirlenecektir. Proje gerçekleşirken MS Office, KAPPA- Workstation Rubis ve KAPPA-Workstation Saphir NL yazılımları ile sahayı sanallaştırarak simülasyon yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kuyu logları, Kuyu testleri, Ekonomik analiz

ABSTRACT This graduation design project is to provide feasible study for an offshore Baby Dragon gas field. Well logging data, formation testing data, mapping and laboratory core analyses are interpreted to present a comprehensive study of this prospect. Simulation and software modeling of the reservoir is made by using KAPPA-Workstation Rubis Multi-Purpose Full Field Numerical Model, KAPPA-Workstation Saphir NL and MS Office. A detailed reservoir volume estimations, economic analysis and production scenarios are presented in this study. The aim of the project is to obtain a daily production capacity of fifty million cubic meters (50 MMscf/Day) of natural gas for five years production period. Number of wells and well locations are determined to provide a feasible production scenario that can provide the desired rate of natural gas production.

Keywords: Well logs, Well tests, Numerical Modeling, Economic analysis.

1 INTRODUCTION

In this study a comprehensive analysis of all available data of Baby Dragon gas field was performed. The primary objective is to develop a reserve estimation, determine deliverability, and number of wells required to reach plateau production.

2 AIM OF THE STUDY

Only one well is drilled in this field so far. Test results indicate a discovery of gas. The aim of this project is to provide a precise answers to the questions of Ministry of Oil & Minerals. In fact, there is two critical questions.

(1) Is it possible to produce a quantity of 50 MM SCF/Day for a period of five years?
(2) How many wells should be drilled to obtain this quantity?

3 EVALUATION OF WELL LOG DATA AND FORMATION TESTING

In this section of the project, a detailed evaluation of well logging data is performed. The purpose of interpretation of well logs is to obtain an approximate values of the following factors at the zone where gas reservoir is located:

1. Porosity
2. Water saturation

The raw data are obtained from Baby Dragon exploration field. After the development of necessary log graphs and interpretations, this

will help to identify many factors at the zone of interest such as lithology, water resistivity, water saturation and porosity.

These are the available logs and will be evaluated for porosity and water saturation calculations:

- Gamma Ray Logs
- Resistivity Logs
- Neutron-Density Logs
- Magnetic Resonance Logs

Resistivity is a critical measurement technique for hydrocarbon and water saturation determination. Apparent and true water resistivity values need to be known in order to make an estimation of water saturation. Apparent or effective resistivity value is usually derived from the induced current and measured potential at surface station (Bassiouni, 1994). **Figure 1** shows induction resistivity log from Well-1.

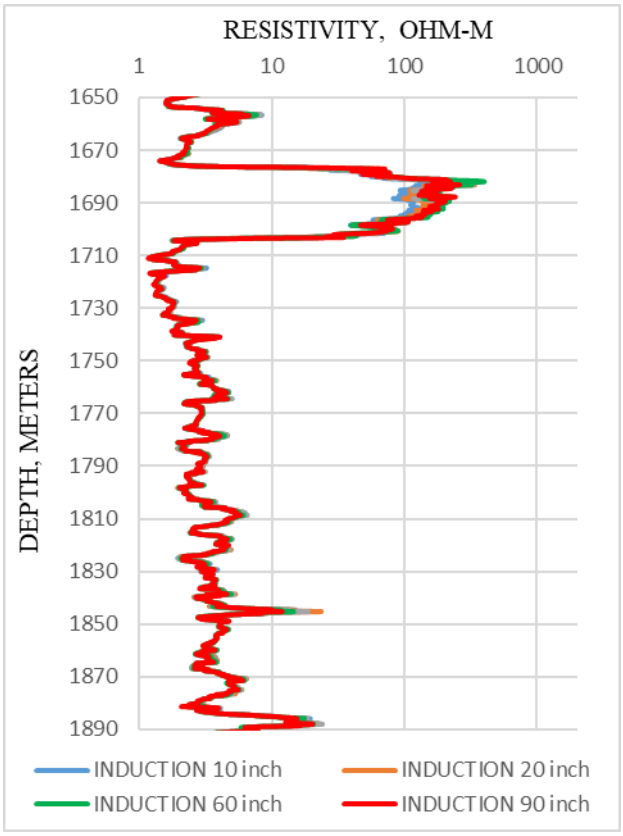


Figure 1. Resistivity Induction Log.

Porosity analysis from logs is done by interpretation of both neutron and density logs. These logs are displayed on the same graph paper so the combination of both of them Figure 2 used to detect the gas bearing zones (separation zones).

Separation zone is found to be between the depths of (1678-1701) meters.

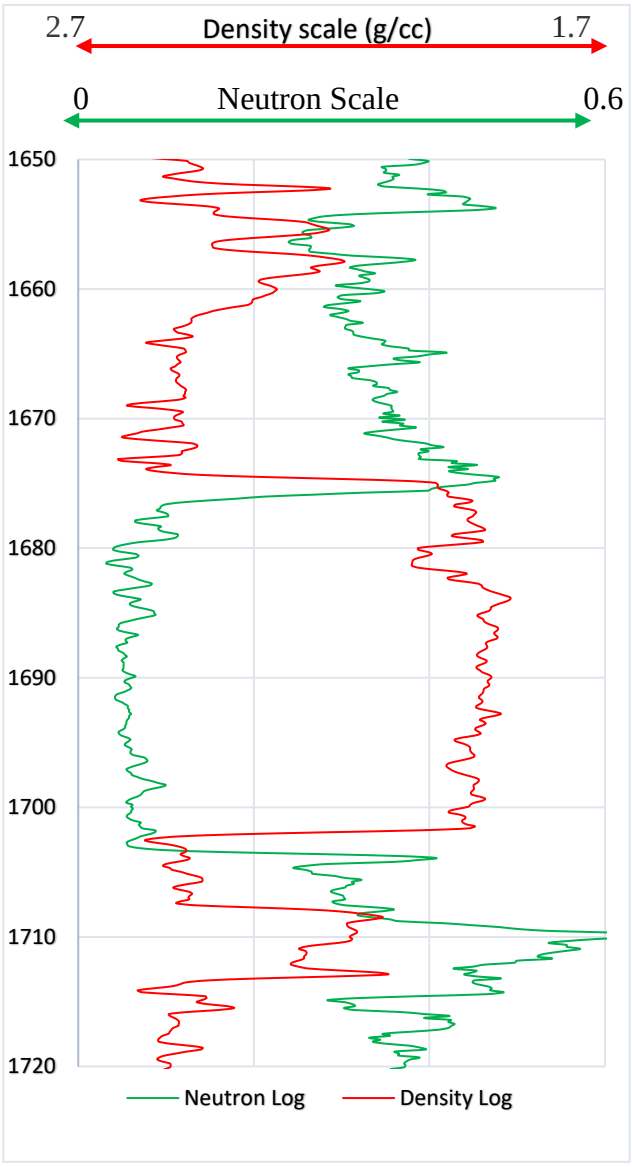


Figure 2. Neutron Density Log.

4 FORMATION TESTING EVALUATION

Wire-line formation testing is used to gather many information from the reservoir such as static reservoir pressures and fluids samples that until then were largely unavailable, especially in layered systems producing into a commingled wellbore (Kamal, 2009).

Formation testing data are analyzed, pretest volumes are interpreted and then pressure gradient profile is plotted in **Figure 3**.

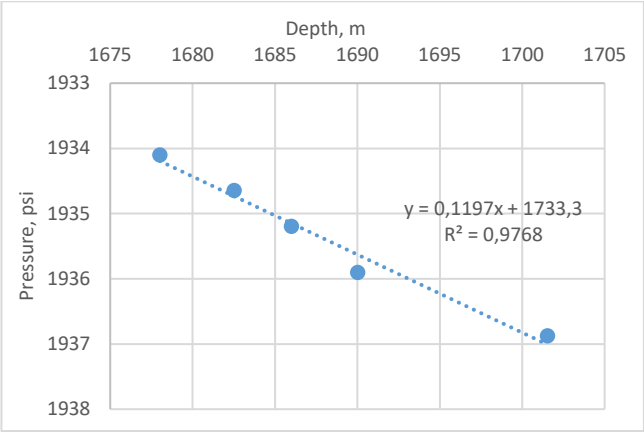


Figure 3. Formation fluid pressure gradient.

Gas composition is interpreted according to sample analysis. Two different samples were obtained from the reservoir, one from the top section and other from the bottom.

Calculated mobility values at different five depths are displayed in **Table 1** with indication of pressure for each mobility value.

Table 1. Formation Test Results at Different Depths of Pay Zone.

Depth	Formation Pressure (Pisa)	Mobility value (md/cp)
1678.01	1934.1024	4914.449972
1682.51	1934.6436	1195.6959
1686	1935.1969	261.071
1701.53	1936.8729	3460.225435

5 EVALUATION OF WELL TEST DATA

This part refers to the well tests conducted to sustain a daily production of 50MMScf. To do so, a modified isochronal test (MIT) is required. The modified isochronal test consists of flowing and shut-in periods of equal duration (Beggs, 2003). After the MIT tests are run, tubing diameters are chosen selected.

The next step is to run a pressure buildup test (PBU) in the buildup period of the test. PUB test is the most frequently used pressure transient test. Information about the reservoir will be obtained from the PUB tests.

Value of 'n' was calculated from this data. **Figure 4** shows that IPR curves. Absolute open flow value can be calculated IPR curve method. The point at which the curve cuts the x axis gives value of AOF.

6 MODELING CREATION

The purpose of creating a model in Ecrin software is to match three data plots with simulated data from Rubis. These plots are pressure history, semi-log, and log-log graphs. There are two ways to create model which are analytical and numerical solutions.

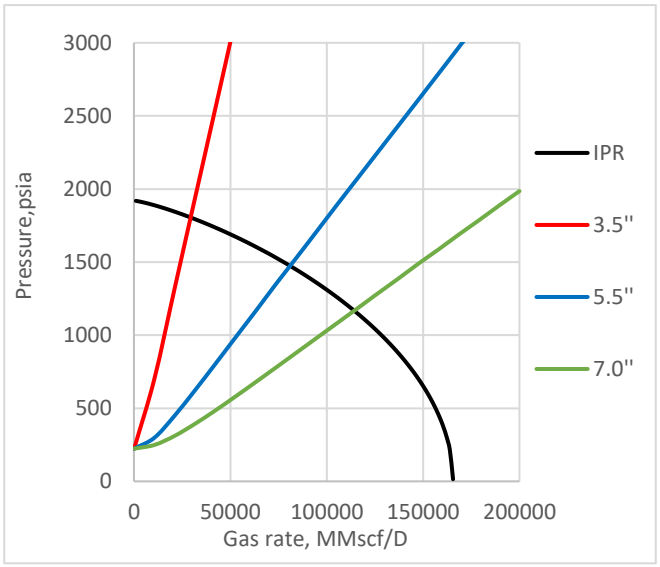


Figure 4. AOF value obtained from IPR curve.

At early time, +1 slope line was appear and it was a sign of wellbore storage dominated flow. From cuttings and well log data, it is known that this reservoir is sandstone reservoir with high porosity. In fact, NMR data indicates some kind of layering. Roughly formation can be discussed into three sub-layer from permeability curve of NMR.

Layering affect clearly observed from derivative data. However, data can be interpreted using single layer system since permeability values were close each other. After 10 hours, nearby fault behavior is observed since derivative is kicking and stabilize again. Unfortunately, due to the duration of test, a full boundary effect can't be obtained. Model is shown in **Figure 5**.

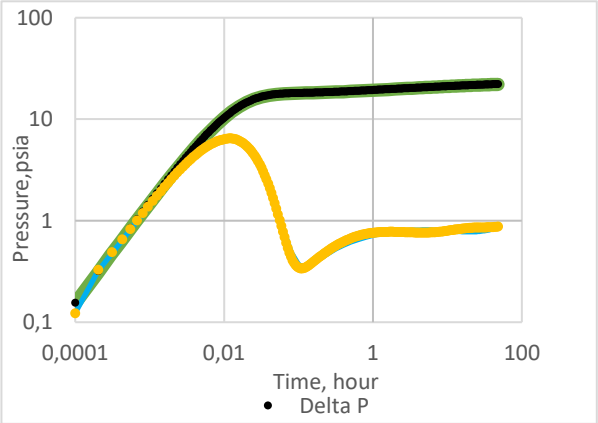


Figure 5. Numerical solution and matching between measured data and model response.

7 RESERVE ESTIMATION

For evaluation of gas prospects, the first step is always the estimation of gas reserves. The underlying reserves are determined, then the economic worth of the prospect can adequately be described.

Volumetric reserve estimation is made by using Equation 1 to calculate initial gas in place.

$$G_{pi} = (43560 \times Ah\emptyset\,(1 - S_w))/B_g \qquad (1)$$

$$G_{pi} = \frac{1244 \times 43560 \times 65 \times 0.33 \times (1 - 0.11)}{0.00836}$$

$$= 122.352\ Bscf$$

Then, recovery factor is calculated from equation 2 bellow.

$$R_F = (B_{ga} - B_{gi})/B_{ga} \qquad (2)$$

$$R_F = \frac{0.0901 - 0.00836}{0.0901} = 0.90$$

Multiplying initial gas in place with recovery factor produces the gas reserves to be 110.99 Bscf.

8 PRODUCTION PLAN

To produce a 50 MMscf/D quantity of gas, number of wells and their rate must be specified. The aim of this project is to provide a precise answers to the questions of Ministry of Oil & Minerals.

Choosing the right locations to perform a new drilling operation were of high importance. The reason behind this is to build a volume drainage system that can provide the goal quantity. Abandonment pressure in this field for all producing wells is 200 psia.

For this reason, a simulation study is required to answer these questions. Understanding number of wells and their locations to reach an ultimate recovery factor is definitely required a detailed study.

Production scenario from each well is planned to be 25 MMscf/D of gas for the first two years. Production is divided into two stages, first two years only Well-1 and Well-2 will produce. The remaining three years production will be from Well-2 and Well-3. **Figure 6** shows reservoir drainage volume of reservoir and well locations.

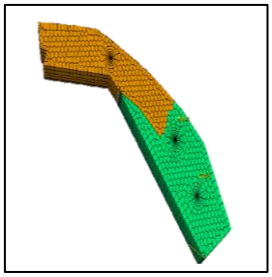


Figure 6. Drainage volume of reservoir**.**

Figure 7 displays Bottomhole pressure in Well-1 for a period of five years.

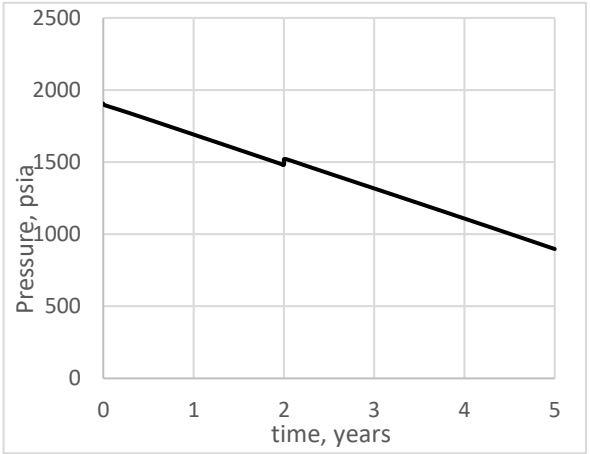


Figure 7. Bottomhole pressure versus time in Well-1.

This production plan is tested in Rubis software and proven to provide the desired gas rate of 50 Mscf/Day.

In addition, within 5 years of production the cumulative gas produced is 91 Bscf. Recovery ratio in this field is approximately 82% after five years of production.

9 UNCERTINITY AND ECONOMIC ANALYSIS

Average gas selling price in Turkey for the last 6 months is $6.85(USD/1 Mmbtu). In fact, when look at gas field production, it's 50,000 Mscf/Day so that this value is approximately equal 51,250 MMBtu/Day. With this total daily production, based on the gas price index for the last six months, daily $351,000 income is obtained.

However only a part of the income earned as a result of state regulations remains in the company. As a result of these regulations, the company earns only thirty percent of its net profit. According to the earned profit, the project finance return period is 1.3 years. This estimations shown in **Table 2**.

Table 2. Estimation of Expected Income.

Converting factor = 0.9756		
1 MMbtu	=	0.9756 Mscf
≅51,250 MMbtu/Day	=	50,000 Mscf/Day
1 MMbtu	=	$6.85
≅51,250 MMbtu/Day	=	≅ $351,000
5 year	=	1825 day
$351,000*1825	=	≅ $640,000,000
Net total cost	=	≅ $82,900,000
Net present value	=	≅ $557,000,000
Percentage of net income		
Government	=	70.00 %
Company	=	30.00 %
Government	=	≅ $390,000,000
Company	=	≅ $167,000,000
Return money time		
($167,000,000) /$351,000	=	≅ 1.3 year

10 CONCLUSION

This project is a comprehensive study of an offshore gas field. An investment possibility is planned thus the prospect is evaluated for a production period of five years with 50 MMscf/day gas rate.

Well logging data are used to prepare different kinds of logs such as resistivity logs, NMR logs, porosity logs and gamma ray logs. Porosity and water saturation are calculated for this reservoir. Wire-line formation testing is used to gather many information from the reservoir. Core samplings are obtained from top and bottom of the zone. From core analysis the gas composition is found and thus the physical properties of gas such as compressibility, z-factor and formation volume factor are calculated.

The stabilized pressure at reservoir is obtained from running buildup and drawdown tests and then mobility of the gas is calculated at such pressures.

Well testing simulation is made to the reservoir to obtain the IPR, TPR, AOP and other parameters. Modified isochronal test is made to develop the IPR graph and absolute open flow. Then a numerical and analytical modeling is made. The modeling is very important since it gives many information about the reservoir and predicts possible future scenarios.

Reserves are calculated in this reservoir and found to clearly show that Baby Dragon is an optimistic source. The recoverable amount of gas is 110.11 Bscf. Recovery factor at abandonment pressure is 82% in this field which.

Baby Dragon gas field is a profitable and can provide 50 MMscf/D for 5 years. The total profit from investing in this prospect is USD 167,000,000 with payback period of 1.3 years.

REFERENCES

Bassiouni, Z., 1994, *Theory Measurement and Interpretation of Well Logs*, Society of Petroleum Engineers, Richardson, Texas

Beggs, H. D., 2003, *Production Optimization Using Nodal TM Analysis*, OGCI and Petroskills Publications, Tusla, Oklahama.

Kamal, M. M., 2009, *Transient Well Testing*, *Society of Petroleum Engineering*, Richardson, Texas.

Houze, O., Viturat, D., Fjaere, O. S., 2017, *Dynamic Data Analysis*, KAPPA Engineering.

Doğalgaz Akışından H_2S ve Su Çıkarma

Removal of H_2S and water from Natural Gas Steam

S. Aşam, İ.F. Saruhan, M.S. Ergül, Ş. Yamanlar
Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET Bitirme tasarım projesinde, Mısır'daki bir gazın sahasından üretilen gazın yoğuşma noktası ayarlaması, hidrojen sülfürün ve su buharının evsel kullanım standartları göz önüne alınarak işlenmesi konuları ele alınmıştır. Doğal gazın taşınması sırasında oluşabilecek sıcaklık düşümleri, gazın içerisinde bulunan ağır kısımların yoğuşması sebep olabilir. Gazın içerisindeki ağır kısımların uzaklaştırılması,, gazın yoğuşma noktasını düşüreceği için boru hattı içerisinde oluşturacağı sıvı fazı engelleyecektir. Çalışmanın ilk bölümünde bir durum denklemi kullanılarak faz torbaları farklı C_6 miktarları kullanılarak çizilmiş ve cricondentherm değerleri belirlenmiştir. İkinci bölümde ise gaz içerisindeki hidrojen sülfür miktarı standartlara verilen ve evsel kullanım için uygun olan 4 PPM seviyesine düşürebilmek için iron sponge yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem için gerekli olan optimum donanım tasarımı yapılmıştır. Son olarak da gaz içerisindeki su buharının uzaklaştırılması için katı-yatak ayrıştırma yöntemi ve glycol ile ayrıştırma yöntemleri ele alınarak gerekli donanım tasarımı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: yoğuşma noktası ayarlama, gaz ayrıştırma, H_2S'den arındırma, Durum denklemleri

ABSTRACT In this graduation design project, the process of adjusting the dew point, sweeting and dehydration of a gas produced from a gas field in Egypt are studied. Temperature decrease that may occur during the transportation of natural gas can cause condensation of heavy hydrocarbons in the gas. The removal of heavy components in the gas will prevent the liquid phase formation in the pipeline, as it would reduce the dew point of the gas. In the first part of the study, using a situation equation, phase envelops are calculated using different C_6 quantities in the gas and cricondentherm values are determined for each case. In the second part, the iron sponge method is used to reduce the amount of hydrogen sulfide in the gas 4 PPM level, which is suitable for domestic use. The optimum equipment design procedures are studied in this section. Finally, the design of the necessary equipment to remove the water vapor in the gas by using the method of solid-bed dehydration and method of glycol dehydration is studied.

Keywords: Adjusting the dew point, Dehydration of gas, Sweeting of gas, EOS

1. INTRODUCTION

Natural gas is defined as gas obtained from a natural underground reservoir it normally consists of a huge amount of methane alongside heavier hydrocarbons consisting of ethane, propane, isobutene, normal butane. Also, in the raw nation it often incorporates vast quantity of non-hydrocarbons, such as nitrogen, hydrogen sulphide and carbon dioxide. There are some traces of such compounds as helium, carbonyl supplied and varies n-recaptans. It is also generally saturated with water.

2. NATURAL GAS PROCESSING

Gas transmission businesses require that impurities be eliminated from gas they buy. They understand the want for elimination for the efficient operation of their pipelines and their clients' gas burning system. Consequently, contracts for the sale of gasoline to transmission corporations always incorporate provisions regarding the first-class of the gas that is introduced to them, and periodic exams are made to examine that necessities are being fulfilled with the aid of the seller.

2.1 Acid Gases

Acid gases, normally hydrogen sulphide (H_2S) and carbon dioxide (CO_2) are impurities that are frequently determined in natural gas and can need to be removed. Each may be very corrosive, with CO_2 forming carbonic acid in the presence of water and H_2S probably inflicting hydrogen embrittlement of metal. Further, H_2S is extraordinarily toxic at very low concentrations. while the gas is sold, the customer specifies the maximum allowable concentration of CO_2 and H_2S. H_2S can be lethal in small quantities. At 0.13 ppm by volume, H_2S can be noticed. At 4.6 ppm the odor is suitable discernible. As the fixation increments past 200 ppm, the feeling of notice uniform, and gas can never again be identified by smell. in this manner H_2S can't generally be distinguished by smell. at 500 ppm, H_2S can never again be smelled, but breathing issues and after that demise can be normal inside minutes. Usually, a grouping of H_2S 100 ppm or more in a procedure stream is cause for concern and the taking of appropriate working safeguards. Natural gas with H_2S called sour gas. Also other sulfur component can be present with H_2S in sour gas. When natural gas have only CO_2 is called sweet gas. It can lead to physiological effect according to its' concentration in air.

Thus, we have to change gas contains rate for turn into useful gas in the life and we calling that gas sweetening. Membrane, iron sponge and ethanol amine are type of sweeting natural gas and natural liquid. This article discussed one of most used process which is iron sponge processing. Iron sponge uses the chemical reaction of ferric oxide with HS to sweeten gas. The iron sponge process is the oldest H_2S removal process and still the most used process for gas hydrocarbon sweetening. Iron sponge process limited to from 25 to 1200 psig. It is sufficient for higher pressure. Figure 1, shows process description of iron sponge unit.

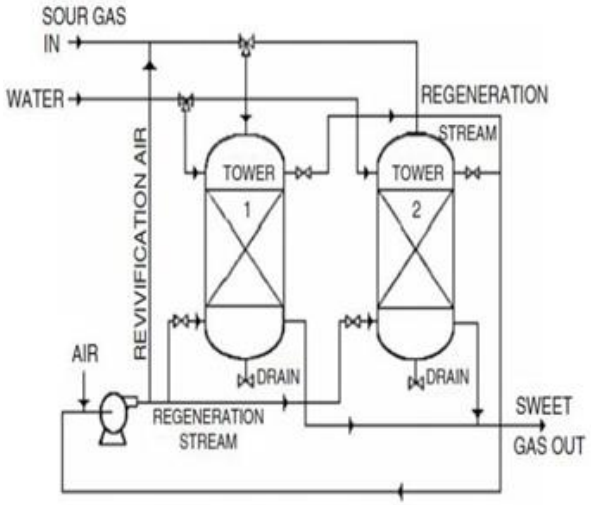


Figure 1.Iron Sponge Unit

2.2 Water content

Water vapor in the gas component may lead

to some unwanted problems at the gas industries. Such as it causes the corrosion in the pipeline and low btu value. Corrosion problem is undesirable problem when transport the gas by pipeline because of the it damages the pipes structure and causing economic problem. Most of gas sales contracts include highest value for the amount of water vapor allowable in the gas. Some typical examples values are 7 lb/MMscf in Southern U.S., 4 lb/MMscf in the Northern U.S. and 2 to 4 lb/MMscf in Canada. These values correspond to the dew points of approximately 32 °F for 7 lb/MMscf, 20 °F for 4 lb/MMscf and 00 F for 2 lb/MMscf in a 1000 psia gas line (Arnold, Stewart,1999).

2.2.1 Water Content characterization

First of all, the water content of gas should be description for designing gas dehydration system. Gas composition, those are temperature and pressure, affect the gas water vapor content. Natural sweet gases includes more than 70% methane. When we consider the sample, it contain 80% methane and small heavy components, those are H_2S, CO_2, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6. Feed gas of the gas water content calculated as 12863.56 mg/m3 (67 Ib/MMscfd) using Khaled's Formula. Also refer to GPSA Engineering Data book, water content of the gas calculated as 66 lb/MMscfd. Khaled's formula:

$$W_{H2O} = 16.02\left[\frac{\sum_{i=1}^{5} a_i (T+273.15)^{i-1}}{p} + \sum_{i=1}^{5} b_i (T+273.15)^{i-1}\right]$$

3. CONCLUSION

1. Vapor-liquid equilibria is modeled with a Peng- Robinson EOS based PVT program.
2. Cricondenbar of the untreated gas is about 1206 psia (83.77 bar). cricondentherm is about 19.6 °F (-7.67 °C).
3. In order to lower the dew point temperature, C_6 is gradually removed from the gas mixture. When half of the C_6 is removed from the stream, cricondentherm is lowered to 10.4 °F (-12 °C). If C_6 is completely removed from the gas stream, the cricondentherm becomes -1.2 °F (-18 °C).
4. Heating value of streams before and after C_6 removal are computed. Dry gross heating value of the original stream is 1060 BTU/scf. After removing 50% of the C_6 in the feed gas, heating value becomes 1057 BTU/scf. In the case when all the C_6 is removed, the heating value becomes 1055 BTU/scf. It is obvious that, net heating value does not change significantly when the C_6 component is processed away for dew point control.
5. 4 vessel iron sponge process unit is selected. The diameter of each vessel is projected as 90 in with a height of 25 ft. Cycle time for this configuration is calculated as 72 days. Those vessels should be filled with 891 bushels (125.6 m3) of iron sponges.
6. Diameter, number of tray, glycol circulation rate, heat duties of regeneration units are calculated according to design consideration of glycol dehydration process. Optimum number of trays is 10. The diameter of each tray is calculated as 115 in (9.58 ft) and reboiler duty is calculated as 1629 MBtu/hr.
7.In solid bed dehydration case, 2-vessel configuration is selected and flow rate changed to 120 MMscfd . The vessel diameter is 75.5 in. (6.2 ft) and height 182 in. (15.2) ft. Cycle time is 8 hour and pressure drop is calculated 7.4 psia.

4.REFERENCES

Arnold K., Stewart M., 1999., *Surface Production Operations*, 2nd, Gulf Publishing Company, Houston ,Texas, USA, chapter eight.

Gas Processors SuppliersAssociation, *GPSA Engineering Data Book*, Section 20, Dehydration, 10th ed., Tulsa, Oklahoma 1987.

Doğal Gazın Yeraltında Depolanması
Underground Storage of Natural Gas

A. Altıntaş, Ş. Zad Ghaffari Vahdat, E. D. Korkmaz Başel, Ö. İ. Türeyen, A. Satman
İstanbul Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada tükenmiş varsayılan doğalgaz reservuarında AY yeraltı gaz depolama tesisi modellenmiştir. Bu yearaltı gaz depolanmasında, gaz üretimi ve enjeksiyonu doğrudan olarak koruma borusundan yapılmıştır. Modelleme çalışması Ecrin yazılımının bir alt programı olan Rubis simülatörü kullanılarak yapılmıştır.

AY sahasında, bir kuyu, iki kuyu, dört kuyu, sekiz kuyu ve onaltı kuyulu durumlar göz önüne alınarak modeller oluşturulmuştur ve performans tahminleri yapılmıştır. Depolama süresi bir yıllık periyod boyunca, ilk 5 ay enjeksiyon yapılıp sonraki 1 ay akışa kapatılması ve daha sonrasında ise 5 ay üretim yapılıp 1 ay akışa kapatılması incelenmiştir.

Ortalama reservuar basıncı, yüzey akış debisi, kuyu dibi basıncı, kuyu başı basıncı ve işletilen gaz hacmi değişimi incelenmiştir. Enjeksiyon sırasında kuyu dibi basıncı, üretim sırasında kuyu başı basıncı sabit alınmıştır. Kuyu sayıları göze alınarak depolama yapılmıştır. Her kuyu hem üretim hem de enjeksiyon sırasında kullanılmıştır. Bu tasarım sırasında, kuyu sayınısının yeraltı gaz depolama performansına olan etkileri araştırılmaktadır.

Anathar Kelimeler: Üretim, Enjeksiyon, Basınç, Debi.

ABSTRACT In this study, a depleted reservoir AY natural gas fıeld is modeled as an underground gas storage facility. In this underground natural gas storage facility, gas production and injection are made directly from casing. The modeling work was done using the Rubis simulator, a subprogram of Kappa software.

Cases for one well, two wells, four wells, eight wells and sixteen wells are considered to be used in AY field and the performance predictions are made. The storage cycle for each year starts with injection period for 5 months of injection which is followed by shut-in period of 1 month, and then 5 months production and a final shut-in for 1 month.

The average reservoir pressure, surface flow rate, bottomhole pressure, well head pressure and changes in working gas capacity are investigated. During the injection, the bottomhole pressure is taken as constant, and during the production, wellhead pressure is constant. The storage behaviors of the various cases are constructed based on the number of wells. Each well is used during both production and injection operations. In this project, the effects of the number of wells on the underground gas storage performance are being investigated.

Keywords: Production, Injection, Pressure, Flow Rate.

1 INTRODUCTION

Natural gas is mainly methane (CH_4), and consists some ethane (C_2H_6) and propane (C_3H_8), also pollutants such as CO_2, N_2, and H_2S. Natural gas is colorless, odorless, tasteless and shapeless gas that contains hydrocarbons and inorganic elements. Natural gas is used in many areas such as power generation, industrial usage, residential and agricultural consumption.

2 UNDERGROUND STORAGE OF NATURAL GAS

Underground gas storage may be defined as the storage in reservoirs of porous rock at various depths beneath the surface of the

earth of large quantities of natural gas. Gas storage facilities help distribution and transportation of natural gas effectively and without interruptions. Space heating in winter is the primary use area of natural gas storage facilities (Katz and Lee,1990).

Underground gas storage (UGS) systems can be constructed in depleted reservoirs, salt caverns or aquifers. The main purpose of UGS is to meet the disparity between supply and demand in hourly, daily, and annual periods.

3 PROPERTIES OF AY GAS FIELD

The field is called "AY gas field" that is a synthetic field with a dry gas reservoir. The reservoir area is about 6.25 km^2. The water saturation is considered to be zero. For calculating the gas deviation factor the, Dranchuk-Abou-Kassem correletion is used. For simplicity, the reservoir is assumed to be single phase gas. Hence the water saturation is assumed be zero. For modeling the flow of gas in the well the Cullender and Smith method is used in the Rubis software. The reservoir is both homogeneous and isotropic. The geometry of AY natural gas field is presented in Figure 1. Gas composition of the AY reservoir is given in **Table 1**.

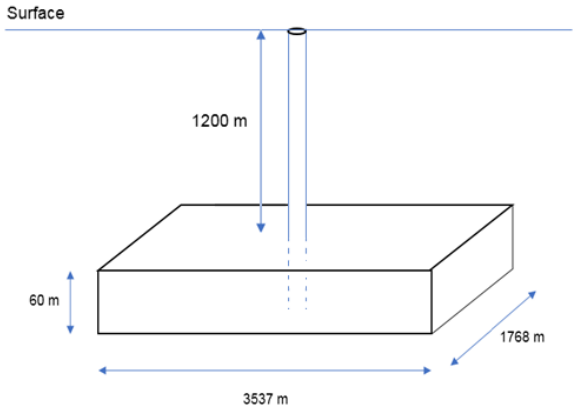


Figure 1. The schematic of the reservoir.

Table 1. Gas composition of AY gas field.

Composition	Mole fraction, %
C_1	98.643
C_2	0.379
C_3	0.109
i-C_4	0.020
n-C_4	0.021
i-C_5	0.004
n-C_5	0.003
C_6	0.002
C_7	0.011
CO_2	0.028
N_2	0.780
Total	100

Rock and fluid properties of AY gas field is provided in **Table 2**.

Table 2. Rock and fluid data of AY natural gas reservoir.

Properties	Values
Fluid type	Dry gas
Reservoir temperature	68 °C
Initial reservoir pressure	143 bara
Specific gravity of gas	0.561
Permeability	100 md
Porosity, %	15
Reservoir thickness	60 m
Reservoir depth	1200 m
Reference depth	1230 m
Formation compressibility	43.5×10^{-6} 1/bar
Wellbore radius	0.24 m
Casing ID	0.39 m
Casing OD	0.405 m

4 MODELLING STUDY

This section describes the details of the modeling of the AY gas field. The reservoir is simulated with the help of Rubis software (Kappa- Ecrin v4.30.09, 2017). The annual production/injection scheme is as follows:

• During the first 5 month injection is performed at a constant wellbore flowing pressure of 143 bara.

• This is followed by 1 month shut-in period.

• Production is maintained for a period at 5 month at a constant wellhead pressure of 20 bara.

• Final shut-in is for one month.

The aim of this study is to analyze the performance of the field as an underground gas storage reservoir. The performance behaviour is considered to be studied various parameters such as the flowing wellbore pressure, wellhead pressure, flow rate, average reservoir pressure and the working gas capacity is used for describing the performance.

4.1 Effects of Number of Wells on Reservoir Performance

In this section five different cases will be discussed. Each case contains information about wellhead flowing pressure, average reservoir pressure, wellbore flowing pressure and flow rate per well values. Reservoir performance for one well, two well, four well, eight well and 16 wells are discussed.

4.2 Discussion of Results for Cases with Various Number of Wells

This part of the study compares working gas capacity, top and base average reservoir pressure for various number of wells. **Table 3** shows the working gas capacity, top and base average reservoir pressures at the end of year 5 for various number of wells.

Table 3 – Working gas capacity, top and base average reservoir pressure for various number of wells.

Number of Wells	Working Gas Capacity, million sm^3	Top $\bar{p}_{res}$, bara	Base $\bar{p}_{res}$, bara
1	1782	117	85
2	3199	128	70
4	4830	139	51
8	5966	143	33
16	6413	143	24

5 CONCLUSIONS

Number of wells has a significant effect on gas deliverability and the working gas capacity of natural gas storage. One well case, two wells case, four wells case, eight wells case have significant difference in the amount of gas injected. On the other hand, difference between sixteen wells case and eight wells case is minimal. Thus, making the eight wells case the best option.

Analytical approaches were used to check the consistency of pressures; as a result of this, both numerical simulator, Rubis and analytical methods were in good agreement.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to present our thanks to our advisors Prof. Dr. Abdurrahman Satman, Assoc. Prof. Dr. Ö. İnanç Türeyen and Ass. Prof. Dr. Emine Didem Korkmaz Başel for their guideline, support and patiance during our study. Most importantly, thanks to our families and friends for their support to this day. Finally our thanks go to İTÜ Petroleum and Natural Gas Engineering Department for providing Kapa-Rubis software for the simulation part of our work

REFERENCES

Katz, D. L., and Lee, R.L., 1990. Natural Gas Engineering, Production and Storage, McGraw-Hill Publishing Company, New York, USA.

Kappa, Ecrin, 2017. Rubis Natural Gas Simulator v4.30.09. Sophia Antipolis, France.

Üretim Loglarının Dizaynı ve Analizi
Design and Analysis of Production Logging

M. T. Gezgin, M. B. Çetinkaya, A. Atadeğer, İ. M. Gök
Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET Bu çalışmada, iki tane gerçek saha verisi ile iki tane simülasyon verisi yorumlanıp modellenmiştir. İlk olarak, üretim loglarında kullanılan sensörlerin hangi amaçla, nasıl çalıştığı kullanıldığı anlatılmış ve tanıtımı yapılmıştır. Modelleme çalışması Kappa yazılımının bir alt programı olan Emeraude simülatörü kullanılarak yapılmıştır. Gerçek saha verilerinden yola çıkarak, kuyuların durumları göz önüne alınmış ve bu doğrultuda uygun analizler yapılmıştır. Bu yapılan analizler ile birlikte kuyunun perforasyonlarında ne kadar giriş ve ne kadar çıkış olduğu belirlenmiş hangi akışkan olduğu tespit edilebilmiştir. Ayrıca, simülasyon verileri ile oluşturulan kuyuda, yapılacak üretim logu çalışması için gerekli sensör seçimleri yapılır. Kuyunun sıcaklığı, basıncı, akış debisi, derinliği, çapı; akışkanların öz ağırlıkları, fraksiyonları incelenmiştir. Üretim logu çalışması kuyu kapalıyken ve akış varken bobin boyutuna göre yapılmıştır. Her kuyu üretim sırasında kullanılmış veya düşünülmüştür. Üretim kuyularındaki perforasyonların üretim performansı araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: sensör, akış ölçer, üretim logu, iki fazlı akış.

ABSTRACT In this study, two simulation data are interpreted and modeled with two real field data. Firstly, it is explained and explained how the sensors used in production logs are used for what purpose, how it works. The modeling work was done using the Emeraude simulator, a subprogram of Kappa software. From the actual field data, the conditions of the wells were taken into account and appropriate analyzes were made in this direction. With this analysis, it is possible to determine which input and how much fluid is determined in the perforations of the well. Furthermore, in the well-established with the simulation data, sensor selection is made for the production log to be performed. The temperature of the well, the pressure, the flow, the depth, the diameter; the fractional weights and fractions of the fluids have been investigated. The production log work was done according to the size of the bob when the well was closed and flow was present. Each well was used or considered during production. Production performance of perforations in production wells was investigated.

Keywords: sensor, flowmeter, production logging, two phase flow.

1 INTRODUCTION

Production Logging Tool is any device that is used in the preparation of production logs. The engineers run production logging tool in complete and ready wells to oil, water, and gas production profile, locate where fluid enters or exits and determine amount across perforation intervals, and point significant oil, water, and gas producing layers.

In addition, there can be stated thief zones, high perm channels, plotting injected fluid breakthrough, detecting crossflow and fluid migration with a desired PLT operations and proper interpretation. Using production log data can be estimated productive index and reservoir pressure for each of the producing layers.

2 REQUIRED SENSORS IN PRODUCTION LOGGING

Production logs provide essential information throughout life of the well. Logging tool consist of several sensors and multiple sensors can be run in one string. There has to be some sensor selection based on reservoir and well condition as well as objective of logging. Sensor evaluation procedure should be performed for sensors selection to decide the tool string in order to achieve logging objectives. In this chapter, all available sensors are introduced with their limitations. Common the sensors used are summarized below; temperature and pressure sonde, flowmeters (spinners), caliper, in situ density measurement tools, capacitance, probe holdup measurement tools, gamma ray sensor, casing collar locater.

3 PRODUCTION LOGGING INTERPRETATION

There are a number of methods for production logging interpretation and they generally classified as:

1. Data quality check (QC)
2. Single-phase flow
3. Two-phase flow
4. Nonlinear regression

3.1 Data Qualıty Check (Qc)

The first task after the job is run is to load and review the log data for quality assurance and quality check (Houze, 2008-2017). Without QC, quantitative interpretation will not produce any accurate data there are several checkpoints to perform QC. Nevertheless, experience is key to pick representative data before quantitative interpretation. We will only highlight main items.

(1) Data should be on depth. Mainly Gamma Ray and CCL should be compared with all available log.

(2) Repeatability of readings from one pass to another is indication of well stability. Some sensor readings are affected by cable speed when fluid mixture changes drastically and this should be noted as it will orient the choice of reference channels for the calculations.

(3) Consistency should be performed between sensors. For example, spinner data should be compared with temperature data or density data should be crosschecked with water holdup meter.

(4) Corrections on the measurement should not be performed twice. A typical example of this is that sometimes density readings is corrected twice for deviation.

(5) Lastly, all of the data have been cleaned, most of the questions are answered qualitatively in this section.

3.2 Sıngle Phase Flow

Monophasic flow is normally found in gas or water injector wells. Although it is not common to run PLT in single phase producer wells, rarely dry gas and water-free oil wells are encountered.

To calculate the flow rate of a single phase flowing inside the pipe, the pipe area and the average velocity are needed. Normally, a flowmeter measurement in revolutions per second (rps) is used and then converted into a tool velocity and subsequently a mixture velocity.

3.3 Two-Phase Flow

Before giving the equations of two-phase flow equation, it is important highlight some basic definitions. The first is holdup that is defined as volume fraction of individual phase. Fig. 1 shows heavy and light phases and corresponding holdups.

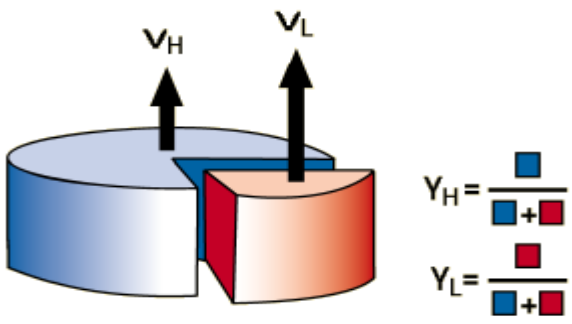


Figure 1. Definition of holdup (Houze, 2008-2017).

To calculate the flow rate of a two-phase mixture inside a pipe, one holdup measurement and two velocities are needed. However, the spinner provides only one mixture velocity. Therefore, the missing measurement has to be supplied by a slip correlation.

3.4 Nonlınear Regressıon

Nonlinear regression is based on to find the rates that minimize an objective function defined by the error between the target measurements and simulated equivalent. Genetic algorithm is used in Emeraude to obtain local minima. In fact, several forward runs are performed to guess the flow rate before regression analysis that helps to guess corresponding error near to global minimum. Methodology is summarized in Fig. 2. In general situation, the steps are as follows (Houze, 2008-2017):

(1) From the rates, the fluid and the local geometry, get the slip velocities.

(2) From the slip velocities and rates get the holdups.

(3) From the holdups calculate the fluid mixture properties.

(4) Calculate the simulated tool response using the relevant model.

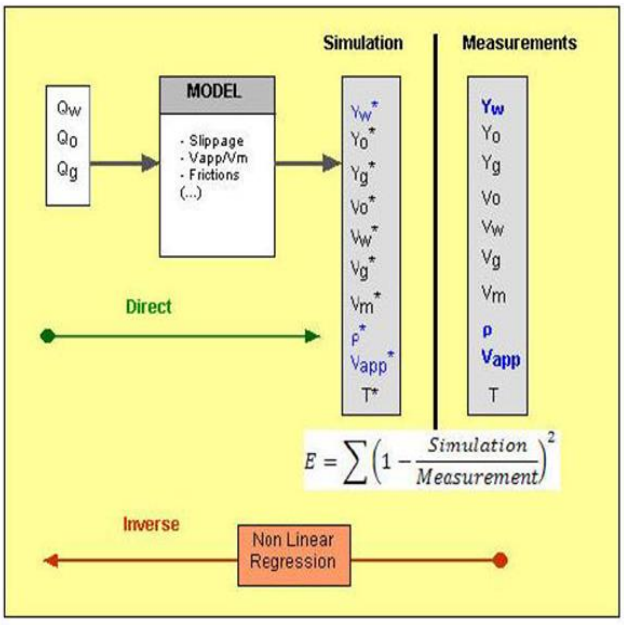


Figure 2. Methodology in non-linear regression (Houze, 2008-2017).

For the interpreter to correctly weight and match the modeled and measured curves the analyst must have and understanding of tool physics and errors, the derivation and accuracy of slip correlations, multiphase flow interpretation models.

3.5 Case Studıes

In this section, two case studies will be discussed in detail.

3.5.1 Case Study-1: Oil-Water Flow in Vertical Well

The first PLT was acquired in near vertical well and well was producing some water with oil (Gok et al 2016). There are eight perforated interval and objective of log is mainly identifying water and oil entry zones. Standard production logging tool was used. Tool is consisting of fullbore spinner, caliper, density measurement tool, water holdup meter, inline spinner, pressure, and temperature sonde, and gamma ray and casing collar locater. Fig. 3 shows the snapshot of some basic sensors that is acquired in this job. In this figure, the first track (leftmost) shows perforated zones that is shown with red color. Note that green color shows flow units. Second track shows gamma ray measurements (GAPI). Tensions are shown at third track for both up passes and down passes. In this log 3 up and 3 down passes were acquired with cable speeds are 35, 70 and 100 ft/min as seen in track-4. It is note that up passes are shown with negative velocity and therefore they are located on the left part of the track. In the fifth track, spinner responses were displayed. Wellbore fluid density is located in the in sixth track (WFDE). 7th and 8th track shows pressure and temperature data respectively. Track-9 shows water holdup meter data and finally last track (track-10) shows caliper log. All spinners are repeats each other and mainly Zone-E and Zone-F were contributors when you look at spinner response. It is also important that significant density change is observed across the same zones.

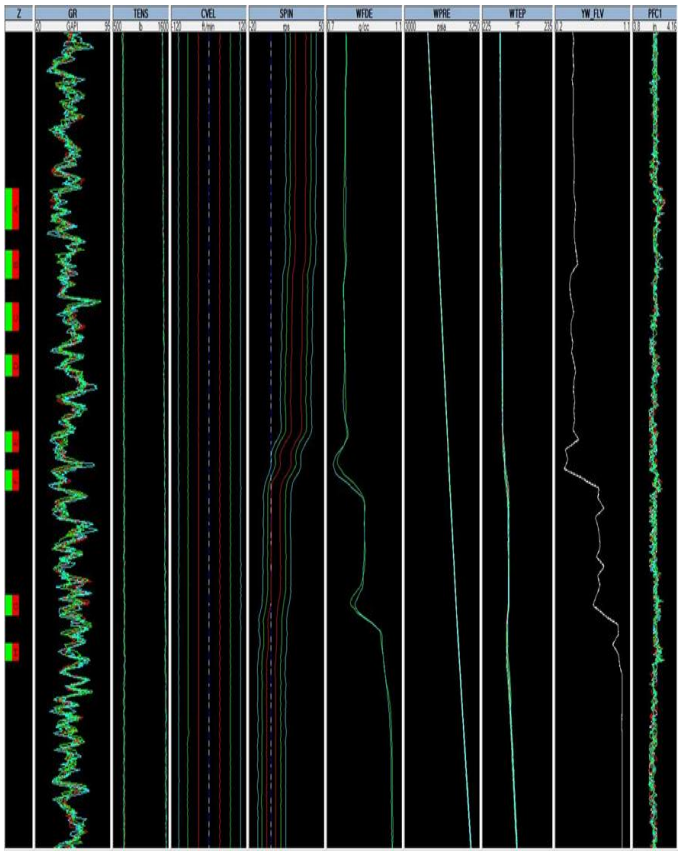


Figure 3. Production log data view.

3.5.2 Case Study-2: Gas Flow in Vertical Well

The second PLT was also acquired in near vertical well (it is around 15 degree deviated) and well was producing purely gas (Gok, Lee, Kim, & Sun, 2016). There are only four perforated interval and objective of log is to obtain flow profile at downhole. Standard production logging tool was used. Tool is consisting of fullbore spinner, caliper, density measurement tool (gradiomanometer), gas and water holdup meter, inline spinner, pressure and temperature sonde, and gamma ray and casing collar locater. PLT was acquired at different choke sizes. Fig. 4 shows the snapshot of some basic PLT sensors acquired in the 96" choke size which was highest choke size in this job.

These are the observations we can made when we look at the raw data shown in Fig. 4; There is significant reduction in caliper across the C and D perforations from top that might be indication of some scale in the well. There is standing water below the bottom most perforation since well fluid density reading is almost water density. In fact, spinner data indicates crossflow from bottom perforations to the top of A perforation. Crossflow generally observed in shut-in condition. However, it is clearly observed that there is significant crossflow. The reason of this crossflow mainly that wellbore pressure is much higher than the pressure at the top of top perforation. Finally, little amount of gas moves to surface.

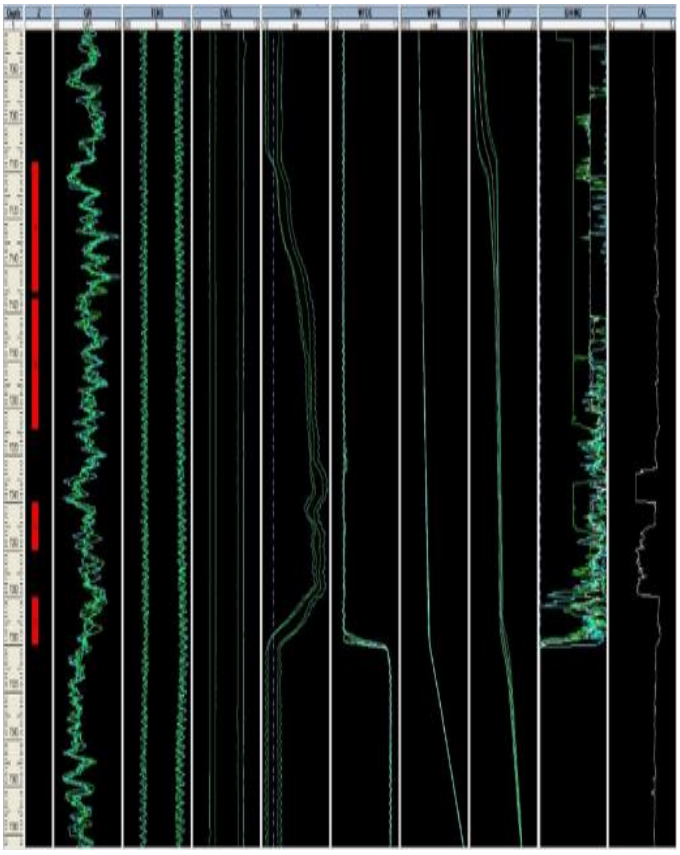


Figure 4. PLT data acquired at choke size 96".

4 DESIGN IN PRODUCTION LOGGING

Modelling the downhole environment is the primary stage of in PLT planning. To convert downhole flow rates, the surface flow rates are taken as the basis. As in any case, it is very important to know and understand the reason before doing a job. As a result, it is significant to know why the production log is being run. It would be a mistake for the planners to presume that they know the main purpose of the logging operation. Thus, considerable that the important goals are provided. The "The objective is to record a production log" view accepted by general opinion will not be enough to provide this. At this point, it is

necessary that the production interpretation report should be delivered and used. The production logging objectives should be set very clearly like as; identify water entry points for setting a water isolation plug, compute layer pressures from a multi-rate production log, identify zones of bypassed oil for re-perforation.

5 CONCLUSION

Production Logging is an in-well logging operation designed to describe the nature and the behavior of fluids in or around the borehole, during either production or injection. The aim of these operations to understand, phase by phase and zone by zone, how much fluid released or entered the formation. Production Logging can be used at all stages of well life, during the natural production of the well, at the time of secondary or tertiary recovery, or when using injection wells. With appropriate interpretation, the operator has confidential information about the well. As a result, the engineer the engineer can easily conclude with this information. To get significant information about the well, the operator should select the required tool string by taking into consideration well conditions like temperature, pressure, depth, flow rate, and flow regime. In this project, used two real fields data and two simulation data were examined. Flow rates calculated by using real field data and necessary equations. Also, the type and fraction of fluids are observed with the sensors. Proper sensor choosing was done in the well that generated with the simulation data.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to present our thanks to our advisors Asst. Prof. Dr. İhsan Murat Gök, and Research Assistant Aykut Atadeğer for their guideline, support and patience during our study. We also want to thank our other teacher for their education and for their contributions to us. Most importantly, thanks to our families and friends for their support to this day.

REFERENCES

Gok, I. M., Lee, J., Kim, Y. S., & Sun, D. (2016). Accurate Production Logging in Deviated Gas-Liquid Producer Wells. Offshore Technology Conference. Kuala Lumpur: KNOC.

Hill, A. (1998). Production Logging. Theoretical and Interpretive Elements (s. 20).

Houze, O. (2008-2017). Dynamic Data Analysis.

Whittaker, C. (2013). Fundamentals of Production Logging (p.10-272). Texas, Houston: Schlumberger.

KAPPA ENGINEERING. (2018). Emeraude Software V.5.12.

Rezervuar Simülatörü Kullanarak Karbondioksit Enjeksiyonu Dizaynı

Carbondioxide Injection Design Using a Reservoir Simulator

B. Aktepe, E. Ekdi, S. Soysal, M. Ş. Arslan, M. Çınar.
Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

ÖZET Petrol üretimi birincil, ikincil ve üçüncül üretim olmak üzere üç kısma ayrılır ve üçüncül kısım üretim artırma teknikleri olarak da bilinir. Gaz enjeksiyonu geleneksel üretim tekniklerinden sonra üretimi artırmak için kullanılan üçüncül üretim yöntemlerinin en önemlilerinden birisidir. Bu projede, verilen bir petrol sahası için su basma ve karbondioksit enjeksiyonu operasyonları bir bilgisayar simülatörü olan CMG GEM sayısal rezervuar simülasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Toplam petrol üretiminin düşmeye başladığı noktalarda sırası ile su basma ve karbondioksit enjeksiyonu operasyonları denenmiştir. Bunlara ek olarak karbondioksit yerine nitrojen gazının üretimi nasıl etkilediğini gözlemlemek için nitrojen enjeksiyonu yapılmıştır. Böylece özdeşleşen ve özdeşleşmeyen gaz enjeksiyonu karşılaştırılmıştır. CMG GEM simülasyon programı karbondioksit basma yöntemini farklı modeller üzerinde denemek için kullanılmıştır. Simülasyonları takiben rezervuar basınç ve sıcaklık dağılımları, petrol ve su debileri değerlendirilmiştir. Ayrıca petrol üretiminin yıllara göre değişimi ve 50 yıllık proje süresi için toplam petrol üretimi simülasyonlardan elde edilen grafik sonuçlarıyla gözlemlenmiştir. Olası üretim senaryolarından sonra petrol sahası için bir maliyet analizi yapılmıştır. Sonuç olarak rezervuarın üst kısmından karbondioksit enjeksiyonunun bu rezervuar için diğer senaryolar karşılaştırıldığında en ekonomik model olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: karbondioksit enjeksiyonu, rezervuar, simülasyon.

ABSTRACT Oil production can be divided into three historical sections: primary, secondary, and tertiary which is known as Enhanced Oil Recovery (EOR). After the traditional techniques to increase recovery, one of the most important tertiary methods is gas injection. In this project, water flooding and miscible CO2 flooding design is performed for a given oil field using CMG GEM (Compositional & Unconventional Reservoir Simulator). When the production declined, the water injection and CO2 injection was initiated respectively. In addition, nitrogen was injected to observe how nitrogen injection affected production to compare with miscible CO2 flooding. CMG GEM simulation program was used to test the CO2 flooding on different well configurations. Following simulations, the pressure and temperature distributions in the reservoir, oil and water rates were considered. In addition, the change in the cumulative oil production for a 50-year project duration were observed with graphical results from the simulations. After possible production scenarios were developed, the cost analysis was implemented for the oilfield. As a result, miscible carbon dioxide flooding where the gas is injected from the wells at the top of the structure is found to be the feasible scenario applied for this reservoir when compare to others scenarios considered

Keywords: carbondioxide injection, reservoir, simulation.

1 INTRODUCTION

Enhanced oil recovery methods are divided into three main categories. These are thermal recovery, gas injection, and chemical injection. The most appropriate EOR method for a given reservoir is first determined by looking at the screening criteria linked to reservoir rock and fluid properties Gas injection can be a very effective way to improve oil production, especially in situations where miscibility develops during the displacement process.

Generally, all EOR processes require substantially investments because of required facilities and additional costs. The economic analysis of EOR methods change with various parameters and have diverse factor. In this study, economic analysis of different scenarios was conducted after of simulations.

1.1 Miscible CO_2 Flooding Pilot

Purpose of the project is to design a miscible CO_2 flooding process for the given oil field. Design parameters include location of injection wells and injection rates The design is based on numerical reservoir simulations performed using CMG GEM (CMG, 2015.10). Top of structure and thickness maps were provided for the given oil field and maps.

While development of field continued, production wells were drilled with spacing of 200 ft for I and J directions. Two production wells well drilled per month after one year of drilling production wells completed with 23th well. Production wells opened to flow and the oil production stopped at end of second year, recovery factor from this case was found as 1.15 %. This value was extremely low and secondary or tertiary production processes were required to improve production. First scenario was water flooding application to this reservoir. Geological structure of the reservoir is like a ridge, thus the gravity effects considered and two different cases were performed for water flooding. First case was injection wells on top of the field and second was injection wells at the bottom of the field. To be able to inject water, 11 production wells altered to injection wells for both injection wells on the top and injection wells on the bottom, respectively. Second scenario that was injected water in the bottom and produce in the top gives good results because of gravity effects. Second basic scenario was miscible carbon dioxide flooding and applied two different case injection wells on the top and injection wells at the bottom of field. It was seen that injecting the gas from the top gave better results because the gas was too mobile and the gravity effect.

2 SIMULATION PROCESS

The simulations are conducted with CMG GEM three phase compositional reservoir simulator. GEM is the Equation-of-State (EoS) reservoir simulator for compositional, chemical and unconventional reservoir modelling. First of all, based on the geological information a reservoir model is built in the simulator: Top of structure map and thickness map are integrated. For a compositional simulator a detailed PVT model is needed. Peng Robinson EOS model is given for the reservoir oil and this is integrated in the GEM reservoir model. The reservoir is divided into 7200 grid blocks with orthogonal corner geometry. There are total of 60, 24, and 5 grid blocks in I, J, and K directions respectively. The oil water contact is located at 6000 ft. Initial oil saturation is shown in Figure 8.1. The initial pressure distribution is achieved based on normal pressure gradient. The pressure distribution is shown in Figure 8.2. Three phase relative permeability curves are generated from water-oil and gas-liquid relative permeability curves. The other reservoir and fluid properties are integrated in the simulator. There are total of 23 wells. The wells are drilled over time such that each month two wells are completed. At the primary stage all wells are open to production, however, during the injection some wells are converted into injection wells. There are no wells drilled for injection as the size of the reservoir is relatively small.

The major characteristic of the field is the high dip angle. Thus, the gravity drainage has an important effect on the performance of injection. Accordingly, couple of different scenarios are considered based on the location of the injection and production wells. There are two different scenarios regarding the location of the well; bottom line drive where the production wells at the bottom of the structure are converted to injection wells and top line drive where the production wells at the top of the structure are converted into injections wells. These two cases are considered for both CO2 injection and water flooding. There are total number of for 6 scenarios considered. In addition, for the case with the highest production the simulations are carried out with different rates as well.

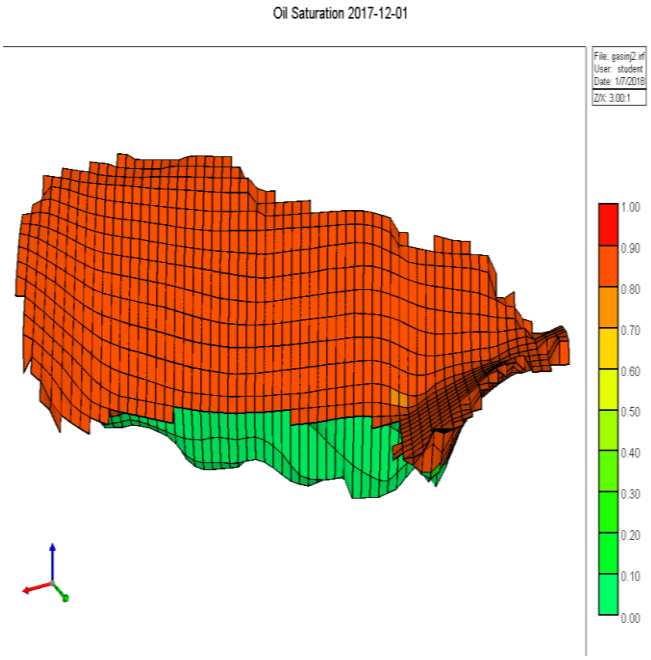


Figure.1. Initial oil saturation 3D view

3 CONCLUSION

In this project, applying miscible carbon dioxide flooding in the light oil reservoir. While conducting this application several cases in the CMG GEM (CMG,2015) simulation program used. Reservoir map digitalizing and geological properties and reservoir properties used as data for modeling.Applied several case in the simulator such as miscible carbon dioxide flooding two different injection patterns, water flooding similarly carbon dioxide injection method and miscible nitrogen and methane gases injection process. Simulation ran for 50 years of time interval. Five cases compared then choose best case for highest cumulative oil production and economical ones. In results the highest cumulative oil production obtained by the miscible carbon dioxide injection on the top cases. Economic analysis performed Miscible Carbon Dioxide injection on the top for a period of 50 years a profit of 7.5 billion dollars for the low case at the end of 2067. In addition, the case in which the second most profits are obtained is Nitrogen Flooding for a period of 50 years a profit 7.2 billion dollars at the end of 2067. If company does not invest more money, then Water Flooding technique can be chosen as 4.08 billion dollars' profits.

REFERENCES

Advanced Resources International, Inc., United Nations Industrial Development Organization. (2011). The costs for CO2-EOR. Retrieved from http://hub.globalccsinstitute.com/publications/global-technology-roadmap-ccs-industry-sectoral-assessment-co2-enhanced-oil-recovery-10

Al-Jarba, M. and Al-Anazi, B. D., 2010. *Enhanced oil recovery techniques and CO2 flooding, Enhanced Oıl Recovery Techniques,* Vol.61 (9) 391-395.

Average Crude Oil Spot Price Forecast. (2004). Retrieved from https://knoema.com/yxptpab/crude-oil-price-forecast-2017-2018-and-long-term-to-2030.

Ezekwe, N., 2011. *Petroleum reservoir engineering practice, Upper Saddle River*, N.J: Prentice Hall.

Ifeanvichukwu, P.C., Akpabio, J.U., Isehunwa, S.O., 2014. *Improved Oil Recovery by Carbon Dioxide Flooding, International Journal of Engineering and Technology* Volume 4 No. 5, May 229-235.

Jütnerr, I., 1995. *Oil Displacement in Miscible Conditions*, Vol.9, Faculty of Mining, Geology, and Petroleum Engineering, University of Zagreb.

Lie, S.H., 2013. *Diffusion as an Oil Recovery Mechanism During CO2 Injection in Fractured Reservoirs, Master Thesis in Reservoir Physics, University of Bergen, Department of Physics and Technology, Bergen.*

Mathiassen M. CO2 as *Injection Gas for Enhanced Oil Recovery and Estimation of the Potential on the Norwegian Continental Shelf. Norwegian University of Science and Technology* website:http://large.stanford.edu/courses/2013/ph240/salehi2/docs/mathiassen.pdf

Mathiassen, O.M., 2003. CO2 as *Injection Gas for Enhanced Oil Recovery and Estimation of the Potential on the Norwegian Continental Shelf, Norwegian University of Science and Technology Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics.*

Yanjie, L., Yanyu, Z., Shichao, W., Huijuan, C., Xiaoying, S., Xuzheng, B., 2015. *A New Screening Evaluation Method for Carbon Dioxide Miscible Flooding Candidate Reservoirs, Journal of Petroleum Science and Technology,* 5(2), 12-28.

Yin, M.,2015. *CO2 miscible flooding application and screening criteria, Masters Theses, Missouri University of Science and Technology, Scholars' Mine, Missouri,* USA.

Verma, M., 2015. *Fundamentals of Carbon Dioxide-Enhanced Oil Recovery* (CO2-EOR)—*A Supporting Document of the Assessment Methodology for Hydrocarbon Recovery Using CO2-EOR Associated with Carbon Sequestration, US Geological Survey*.

Wuensche R. (1978). *Gas Injection Methods. Paper presented at the Annual Technical Meeting*, June 13 - 16, Calgary, Alberta. Retrieved from https://www.onepetro.org/conference-paper/PETSOC-78-29-44.

MS Excel Programlama ile Sondaj Dizi Tasarımı
Drill String Design through MS Excel Programming

C. Ülker, M. Yıldız ve G. Altun
Istanbul Technical University, Dept. of Petroleum and Natural Gas Engineering, Istanbul

ÖZET Bu bitirme projesinde yatay, yönlü ve dikey bir kuyu için oluşturulabilecek farklı sondaj dizi tasarımları Microsoft Excel programı kullanılarak yapılmıştır. Kuyu sondajı esnasında karşılaşılması muhtemel dört temel kuvvet olan eksensel gerilim, hidrostatik basınç, burkulma ve bükülme, aşamalı bir şekilde dikkate alınarak, Huber Von Mises Yasası kullanılmış ve sondaj borusu uzunlukları hesaplanmıştır. Tasarım için dört farklı kalite E-75, X-95, G-105 ve S-135 sondaj boruları kullanılmıştır. Ayrıca bu tijlerin ayrı ayrı askı sıkışması (slip crushing) testleri hesaplanarak, öngörülen tasarımda dayanım gösterip gösteremeyecekleri sorgulanmıştır. Sondaj faaliyeti esnasında genelde tercih edilen üç farklı sınıf sondaj borusu olan Yeni, Premium ve Sınıf-2 için üç ayrı Excel dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan Excel dosyası örnek bir kuyu geometrisi için test edilmiştir. Tasarım örneğinde kuyu derinliği 12,000 ft, matkap yarıçapı 7.875 in olup gerekli diğer bilgiler API standartlarında verilen tablolardan edinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sondaj dizi tasarımı, Huber Von Mises Yasası, Burkulma ve bükme yükleri, Kuyu profili

ABSTRACT In this graduation design project, different drilling sequence designs that can be created for a horizontal, directional and vertical well were made using Microsoft Excel program. The lengths of the drill pipes were calculated taking into account the four principal forces encountered during well drilling; axial tension, hydrostatic pressure, buckling and bending by employing Huber Von Mises Equation. E-75, X-95, G-105 and S-135 drill pipes grades are used for the design. In addition, it was questioned whether these drill pipes could show their strength in the predicted design by calculating slip crushing tests separately. During the drilling operation, three different Excel files were created for the new, premium and class-2, which are three preferred classes in general. For the current design example, the well depth is 12 000 ft and the bit radius is 7,875 in. Other necessary information is obtained from the tables available by API standards.

Keywords: Drill string design, Huber von Mises Law, Buckling and bending loads, Borehole trajectory

1 INTRODUCTION

One of the most vital process in the world wide oil industry is undoubtedly exploration. The processes to be applied during drilling must be carefully selected. Otherwise, it is possible to go through a serious economic damage. For this reason, a good drilling engineer should give great importance to the Bottom hole assembly and drill string design.

Cunha (2002) mention that, design of drill string for drilled, horizontal and vertical wells is very important. A possible mistake in drilling sequence design leads to the fishing operation. And this is a known fact that fishing operation can lead to millions of dollars in damages for the industry. Jeffrey and Stephen (2014) stated that, the redesign of the BHA has seen an additional performance increase of approximately 36% in a drilling application.

There are too many parameters to consider when designing BHA and array. One of the main parameters to be used for a series of designs is the drill pipe class. The most preferred drill pipes are the New, Premium and Class 2. In the case of neglecting any of

these parameters, the example of drill string and bottom hole assembly design that might be obtained can result in failure in real life. There are software programs developed for engineering calculations to prevent it. These programs are both more practical and vital for avoiding any miscalculation in analytical engineering calculations.

2 DESIGN PROCESS

The sequence design process consists of two steps. One is the drill string design used by Huber von Mises. At this stage, the drill pipe lengths to be used are calculated with the help of the equation. The second stage is the BHA design. In these engineering calculations, it is questioned heavy drill pipe should be used in design or not and calculated weight on bit.

2.1 Drill String Design

Generalized Huber von Mises Equation is used in calculation of drill string design.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\begin{matrix}(\sigma_a - \sigma_r)^2 + (\sigma_t - \sigma_r)^2 \\ +(\sigma_a - \sigma_t)^2 + 6\tau^2\end{matrix}\right]^{0.5} \quad (1)$$

Where;
σ_e =Yield stress, psi
σ_r = Radial stress, psi
σ_t = Tangential stress, psi
σ_a = Axial stress, psi
τ = Buckling stress, psi

2.1.1 Design process considering axial load

The Huber von Mises law only applies to the case where the axial tension is present:

$$\sigma_e = \sigma_a \quad (2)$$

2.1.2 Design process considering axial load and hydrostatic pressure

The Huber - Von Mises law, when taking into account the axial stresses as well as the pressure - related stresses, is investigated as follows:

$$\sigma_e = \sigma_a + P_h \quad (3)$$

$$P_h = 0.052 * \rho * L_{dc} \quad (4)$$

Where;
P_h = Hydrostatic pressure, psi
L_{dc} = Drill collar length, ft
ρ = Mud weight, ppg

2.1.3 Design process considering axial load, hydrostatic pressure and buckling effect

As a result of taking into account the buckling, the Huber - Von Mises law should be used with the general appearance below.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\,[2(\sigma_a + P_h)^2 + 6\tau^2]^{0.5} \quad (5)$$

2.1.4 Design process considering axial load, hydrostatic pressure, buckling and bending effect

As a result of the adding of the bending stress, the Huber - Von Mises law must be used with the following general appearance.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\,[2(\sigma_a + \sigma_b + P_h)^2 + 6\tau^2]^{0.5} \quad (6)$$

2.2 BHA Design

The total length of the required heavy weight drill pipes can be calculated by the following relation.

$$L_{dc} = \frac{SF*WOB}{W_{dc}*BF*cos\alpha} \quad (7)$$

Where,
L_{dc} = Length of heavy weight drill collar, ft
WOB = Weight on bit, Ib
W_{dc} = Weight of unit length of drill collar, Ib/ft
α = Well inclination
BF = Bouyancy factor
SF = Safety factor

3 APPLICATION AND DISCUSSION

This drill string design program was created with the help of Excel. The effect of the parameters on the array design has been observed with the help of this program which engineering calculations for three class pipes which is New, Premium and Class 2.4

3.1 Drill String Design for New Pipe

The necessary API standard tables are used and it has been shown that the use of heavy

weight drill collar is not necessary for the design that this pipe class will use. It seems that the design does not need to use the S-135 which is costlier than other drill pipes.

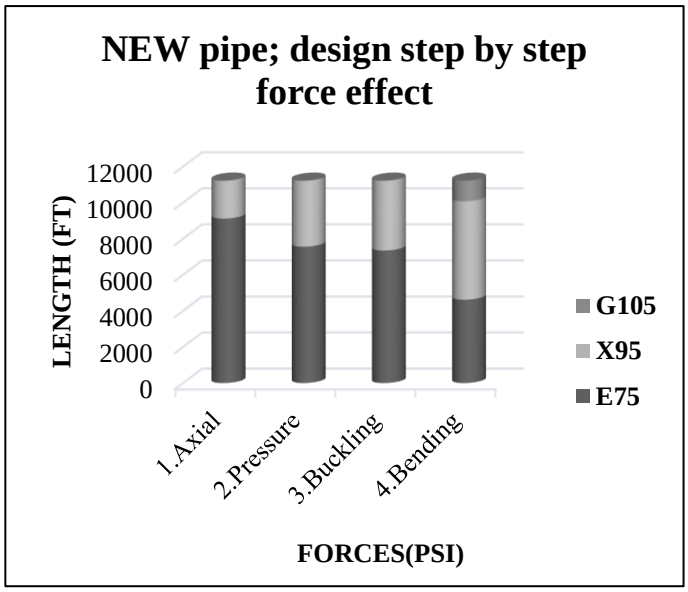


Figure1. Drill string design for New pipe under four force step by step.

3.2 Drill String Design for Premium Pipe

For this design, taking into consideration the premium class drill pipe properties, heavy weight drill pipe use is required. It has not been necessary to use S-135 pipes in this design.

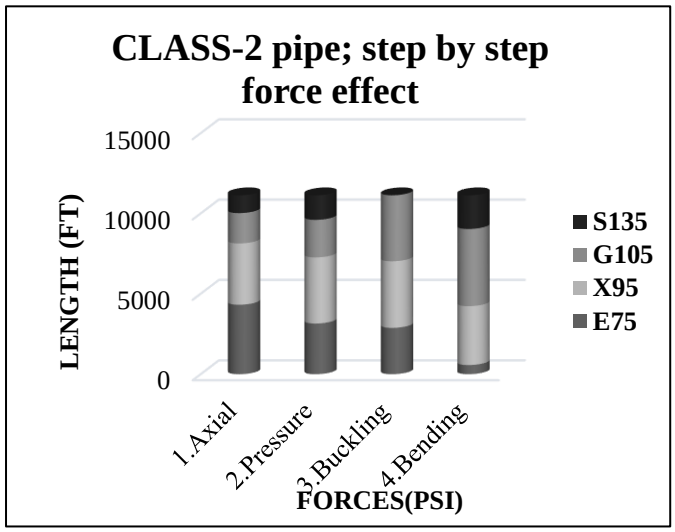


Figure 1. Drill string design for Premium pipe under four force effects step by step.

3.3 Drill String Design for Class-2 Pipe

In the case of sequence design using Class 2, heavy weight drill collar is needed for BHA design. In addition, the S-135 drill pipe, which is more durable than the G-105, was used in this design example.

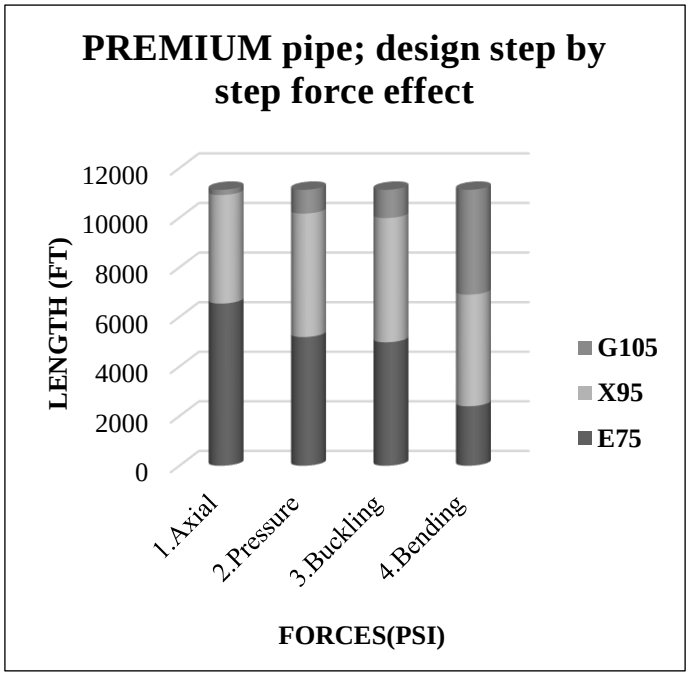


Figure 3. Drill string design for Class-2 pipe under four forces step by step.

4 RESULT AND DISCUSSION

The drill string and BHA design program created with the help of Microsoft Excel showed how the design changed when different class drill pipes were used. The design has changed for three class drill pipes.

It is not necessary to use heavy weight drill collar in the design of drill string and BHA design created by using the new pipe. E-75 and X-95 pipes cannot be used alone for the design to be made with new class pipes. G-105 and S-135 can be used alone. For the design with different type pipes, it was seen that E-75 should be used at 4,620 ft, X-95 at 5,460 ft, and G-105 at 1,140 ft. The use of S-135 was not needed. The slip crushing test did not give a negative answer in the calculations made for new class pipes.

It has been determined that heavy weight drill collar must be used for the calculations made for premium class pipe. It is seen that only S-135 is suitable for stand-alone use in

the design made with single pipe. In the case of the different type of pipe design, it was seen that 2,400 ft for the E-75, 4,500 ft for the X-95 and 4,230 ft for the G-105. These lengths are the values of the influence of the four forces. The slip crushing test did not give a negative result in the calculations made for these pipes.

It has been observed that heavy weight drill collar must be used in design calculations made with class 2 pipes. It has been decided that only S-135 can be used for the design using a single pipe. It is estimated that the design using different grade drill pipes should use 570 ft for the E-75, 3660 ft for the X-95, 4,800 ft for the G-105, and 2,100 ft for the S-135.

As a result of the engineering calculations made for the three class drill pipes, it can conclude that the design examples show that the bending has more effect than buckling.

5 CONCLUSION

The slip crushing test for design has responded favorably in almost all cases. Drill string and BHA design were calculated taking into account the effects of axial, pressure, bending and buckling forces, respectively. The calculations required for the collapse pressure resistance were processed in the Excel files and a problem due to pressure was not encountered theoretically.

The calculations made for this design have shown that the resultant data are transferred to the tables and graphs and that the buckling has less influence on the drill string and BHA design.

ACKNOWLEDGMENT

Through my graduation design project which means that I have completed my professional training, I am thankful to the family of the valuable ITU Petroleum and Natural Gas Engineering Department who support me at all times. Especially I would like to thank Assoc. Prof. Gürşat Altun, a valuable consultant who has answered all the questions I have always asked and he helped me to complete the project with more qualified resources with the resources he provides.

REFERENCES

Bailey, J., & Remmert, S. (2010). Managing Drilling Vibrations through BHA Design Optimization. *Society of Petroleum Engineers,* 25(4). doi: https://doi.org/10.2118/139426-PA

Bourgoyne, T., Millhem, K., Martin, E. & Young, F. 1991. "*Applied Drilling Engineering*", 2nd edition, Society of Petroleum Engineers, TX.

Cunha, J. (2002). Drill-String and Casing Design for Horizontal and Extended Reach Wells - Part I. *Society of Petroleum Engineers. SPE International Thermal Operations and Heavy Oil Symposium and International Horizontal Well Technology Conference, 4-7 November, Calgary, Alberta, Canada.* doi: https://doi.org/10.2118/79001-MS

Ozbayoglu, E. and Altun, G. 2010. *"Drill string Assembly (Sondaj Dizisi Tasarımı)"*, Lecture notes part 1, 2, 3. Turkish Petroleum Company, Ankara, April 6-9, 2010.

Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits, 1998. API Recommended Practice, 16nd edition, Addendum 1.

Tom Ho Hill. 1998. "*Drill Steam Design and Inspection*", 2nd edition, Standart DS-1, T H Hill Associates.

Veeningen, D. and Givens, K.2009." *Method and apparatus and program storage device adapted for automatic drill string design based on wellbore geometry and trajectory requirements.*

Kompresör Seçimi
Compressor Selection

R. Önen, M. E. Onay, M. H. Özyurtkan
İstanbul Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Doğalgaz günümüzde birçok alanda enerji kaynağı olarak kullanılmakta ve bu durum doğalgazın önemini her geçen arttırmaktadır. Diğer fosil enerji kaynaklarına oranla doğaya saldığı karbondioksit oranının daha az olması da doğalgazın yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Türkiye jeolojik konumu itibarıyla gelişmiş sanayi ve ekonomiye sahip doğalgaz talebinin yüksek olduğu Avrupa kıtası ile doğalgaz rezervleri bakımından zengin yataklara sahip ülkeler arasında bağlantı noktasıdır. Bundan dolayı Türkiye, doğalgazın arzını sağlayan komşu ülkelerden talebin fazla olduğu Avrupa ülkelerine olan doğalgaz boru hatları için ideal bir transit ülke konumundadır. Bu çalışmada doğalgazın borular aracılığıyla taşınması sırsında oluşan basınç kaybını en aza indirip en verimli şekilde göndermek amacı ile kompresör seçimini doğru şekilde yapmaktır.

Anahtar Kelimeler: Gaz Boru Hattı, Gaz Akışı, Kompresör.

ABSTRACT Nowadays, Natural gas is used many different fields, and this situation make it more and more important. Compared to other fossils fuels, Natural gas emits lower amounts of carbon dioxide, and this makes it more popular. Due to its geopolitical location, Turkey is at a junction point between the highly industrialized, and economically advanced Europe and countries that are both Natural gas rich, and has many proven reserves. Therefore; Turkey is an ideal transit point for laying Natural gas pipelines between the gas importing countries and highly gas demanding countries both of which are Turkey's neighbors. This graduation project is about transporting Natural gas by the pipelines while minimizing the pressure losses, and choosing the ideal type of compressor for maximum transportation efficiency.

Keywords: Gas Pipeline, Gas Flow, East Mediterranean.

1 INTRODUCTION

Natural gas is a naturally occurring hydrocarbon consisting primarily of methane, but it may also contain small amounts of ethane, propane, butane and pentanes. **Table 1** gives the ranges of compositions of the typical natural gas. Natural gas is a colorless, odorless mixture of gases and It is also a versatile, clean-burning, and efficient fuel that is used in a wide variety of applications. As we see in Table 1, natural gas contains some kind of nonhydrocarbons compounds such as nitrogen (N2), carbon dioxide (CO2) and helium.

Natural gas is a fossil fuel. This means it originates from the remains of plants and animals that lived many millions of years ago. These organisms were buried and exposed to heat as a result of being highly compressed underneath thousands of meters of soil and rock. Pressure and heat changed some of this organic material into coal, some into oil, and some into natural gas.

Table 1. Range of Composition of Natural Gas (Speight, 2007).

Gas	Composition	Range
Methane	CH_4	70-90 %
Ethane	C_2H_6	0-20 %
Propane	C_3H_8	
Butane	C_4H_{10}	
Pentane and higher hydrocarbons	C_5H_{12}	0-10 %
Carbon dioxide	CO_2	0-8 %
Oxygen	O_2	0-0.2 %
Nitrogen	N_2	0-5 %
Hydrogen sulfide	H_2S	0-5 %
Rare gases: Argon, Helium, Neon, Xenon	A, He, Ne, Xe	Trace

2 COMPRESSOR SELECTION

Compressor is a device used to increase the pressure of compressible fluid, either gas or vapor, by reducing the fluid specific volume during passage of the fluid through compressor. They are widely used in industries to transport fluids. One of basic aim of compressor usage is to compress the fluid, then deliver it to a higher pressure than its original pressure.

Many factors have to be taken into account when selecting a compressor for a particular duty. Different industrial processes present dissimilar requirements and demand specific behaviors from the machine so the engineer in charge of the selection must assess the advantages and disadvantages of each in order to make the appropriate choice. There are many types of compressors based on operating principles and they are shown in **Figure 1.**

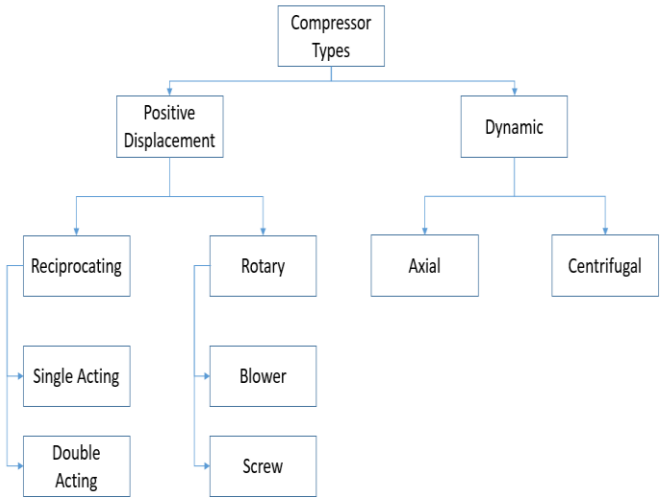


Figure 1. Types of compressors based on operating principles.

3 DESIGN PROCEDURE

One route has been selected as main route from alternatives that had been selected by Yıldırım and Altan (2017). For this route, the operation ranges of 700-1200 psi have been considering and the pressure values for 10 kilometer sections have been calculated. The number and places of the pumps for 19.56 inches have been determined separately for only Colebrook-White equations. Since there had been no production history in the issued gas field, all constant parameters have been assumed considering average natural gas properties. The assumed parameters are given in **Table 2.**

Table 2- Gas flow parameters.

Q_b	250x10^6 scf/D
P_1	1200 psi
P_2	700 psi
Z	0.9
G	0.6
μ	0.000008 lb/ft.s
K_e	0.0007

Colebrook-White equation is expressed by**;**

$$Q_b = 38.774 \frac{T_b}{P_b} \cdot \left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - E}{G^{0.8539} \cdot L \cdot T_{ave} \cdot Z_{ave}}\right]^{0.5} \cdot \left[-4\log\left(\frac{K_e}{3.7D} + \frac{1.4126\sqrt{\frac{1}{f}}}{\mathrm{Re}}\right)\right] \cdot D^{2.5}$$

4 HORSE POWER CALCULATION

In this case study, there are 6 different locations to select suitable compressors according to horse power calculation. These locations are Anamur, Manavgat, Aglasun, Esme, Savastepe and Bayramici. There are minimum, maximum and average temperature values for every location and suction pressure and discharge pressure of compressors for every location are known.
Horse power equation to make a decision to which compressor should be used or not is given by this equation**.**

$$\boldsymbol{H_P} = \frac{3.03}{10\text{^}6} \times Q \times \frac{P_{SC} \times T \times Z}{T_{SC} \times E} \times \left(\frac{k}{k-1}\right) \times \left(C^{\frac{k-1}{k}} - 1\right)$$

Constant independent values in Equation 4:
$\boldsymbol{P_{SC}}$**:** Pressure at standard condition, psia. $P_{SC} = 14.7\ psia$
$\boldsymbol{T_{SC}}$**:** Temperature at standard condition, ^{o}R. $T_{SC} = 520\ ^o\mathrm{R}$
$\boldsymbol{E}$**:** Compressor efficiency, dimensionless. $E = 0.85$
$\boldsymbol{k}$**:** Ratio of specific heats, dimensionless. $k = 1.26$
Depended values in Equation 4:
Q: Flow rate, SCF/day.
$\boldsymbol{P_1}$**:** Inlet pressure, psia
$\boldsymbol{P_2}$**:** Discharge pressure, psia
$\boldsymbol{C}$**:** Compressor ratio, dimensionless

$$C = \frac{P_2}{P_1}$$

$\boldsymbol{S_g}$ **:** Specific gravity, dimensionless
$\boldsymbol{T}$**:** Inlet temperature, ^{o}R
$\boldsymbol{Z}$**:** Gas compressibility factor, dimensionless

4.1 Properties of Locations

There are 6 different locations with different temperatures and inlet pressures (P_1). For these locations, discharge pressure(P_2) is taken as 1200 psia and temperature is taken into account for different minimum, maximum and average values. Specific gravity (S_g) is taken as 0.5.Tables of location properties for S_g=0.5 and S_g=0.6

Table 3. Location properties for S_g=0.5.

	P_1, psia	T_{min}, ^{o}R	T_{max}, ^{o}R	T_{avg}, ^{o}R	Z	C
Anamur	753,5412	505,3	552,3	526,74	0,9409	1,592481
Manavgat	806,2923	504,4	551,4	525,66	0,9333	1,488294
Aglasun	814,1925	487,5	546	513,24	0,9321	1,473853
Esme	730,4099	490,9	545,5	515,04	0,9443	1,642913
Savaştepe	794,4203	493,1	548,3	517,74	0,935	1,510535
Bayramici	983,1001	493,3	544,6	516,3	0,9078	1,220628

Table 3. Location properties for S_g=0.6.

	P_1, psia	T_{min}, ^{o}R	T_{max}, ^{o}R	T_{avg}, ^{o}R	Z	C
Anamur	753,5412	505,3	552,3	526,74	0,8829	1,592481
Manavgat	806,2923	504,4	551,4	525,66	0,8738	1,488294
Aglasun	814,1925	487,5	546	513,24	0,8724	1,473853
Esme	730,4099	490,9	545,5	515,04	0,8868	1,642913
Savaştepe	794,4203	493,1	548,3	517,74	0,8758	1,510535
Bayramici	983,1001	493,3	544,6	516,3	0,8435	1,220628

If Hp equation is respectively used for 0.5 and 0.6 Sg values with Q= 50x10^6 for Anamur at Tmin, Tmax and Tavg, **Table 4** are abtained.

Table 4. Hp results for Anamur with Q=50x10^6.

	Q=50x10^6		
Sg	Hp,@Tmin	Hp,@Tavg	Hp,@Tmax
0,5	1172,27	1222,01	1281,31
0,6	1100,01	1146,68	1202,33

Graph of Hp for different temperatures and specific gravities at Q=50x10^6 given by **Figure 2.**

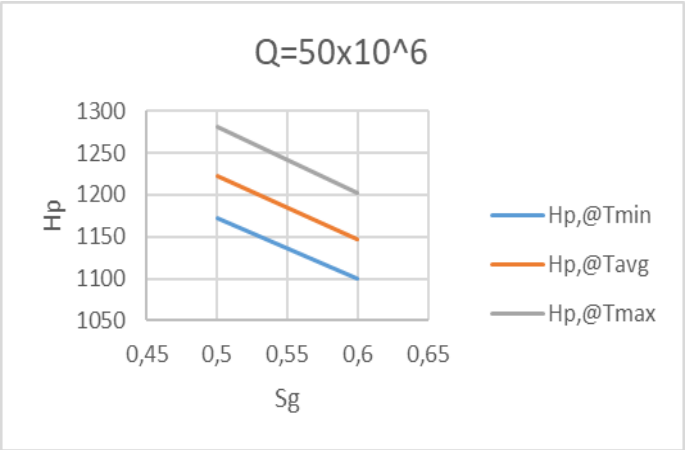


Figure 2. Change of Hp for Anamur with Sg with Q=50x10^6.

If Hp equation is applied at Q=100x10^6 for Anamur, **Table 14** and **Figure 3** are obtained.

Table 5. Hp results for Anamur with Q=100x10^6.

	100x10^6		
Sg	Hp,@Tmin	Hp,@Tavg	Hp,@Tmax
0,5	2344,54	2444,02	2562,62
0,6	2200,02	2293,37	2404,65

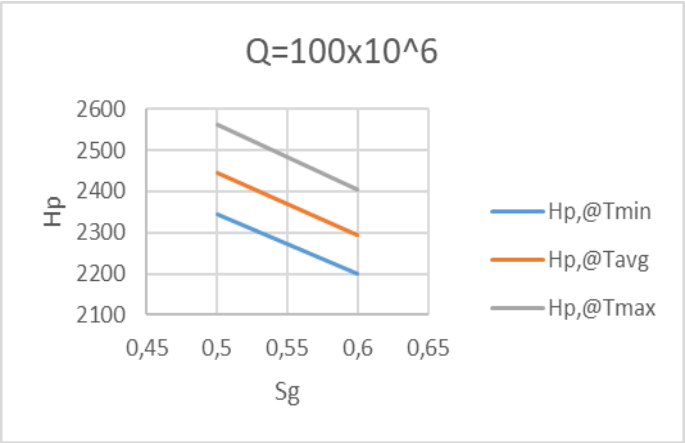


Figure 3. Change of Hp for Anamur with Sg with Q=50x10^6.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank to Petroleum and Natural Gas Engineering Department at Istanbul Technical University for their support. Moreover; I would like to thank the dearest friends Ali YİLMAZ, Selin SEVİNÇ and Ferhat GÜNEŞ for their continues support and motivations.

REFERENCES

Speight, J. G., 2007. *Natural gas: A basic handbook*. Houston, Tex: Gulf Pub. Co.

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Kampüs Alanında Planlanan Öğrenci Yurt İnşaatı İçin Çamlık Ve Lojman Alanlarında Zemin Ve Anakayanın Elastik Ve Geoteknik Parametrelerinin Belirlenmesi

Determination Of Some Elastic and Geotechnical Parameters Of Bedrock & Soil In Campus Area To Be Exploited For Residence Hall Construction

T.Ö. Kütahya, E. Şatır, B. Karadöller, C. İmren

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada, bitirme projesi kapsamında, öğrenci yurdunun yapılacağı bölgelerin zemin dinamik elastik parametrelerinin tespitini yapabilmek için P ve S dalgalarının hız tespiti ve tabaka kalınlığını belirlemek amacı ile jeofizik yöntemlerden biri olan Sismik Kırılma Yöntemi çalışmaları (ASTM 2011 International standartlarına göre) yapılmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü Çamlık ve Lojman mevkiinde sismik kırılma verileri toplanmıştır. Veri toplama aşamasında İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne ait 24 kanallı Oyo-McSeis170f kayıtçı cihazı, alıcı olarak 24 adet P ve 12 adet S jeofonu ve kaynak için 9 kg balyoz kullanılarak sismik kırılma verisi toplanmıştır. Veri işlemi bilgisayar ortamında işlenerek alanın zemin dinamik elastik parametreleri tespit edilmiştir. Elde edilen zemin parametreleri bölge jeolojisiyle birlikte değerlendirilerek yapılan çalışmanın doğruluğu teyit edilerek çalışma başarıyla sonlandırılmıştır.
Anahtar Kelimeler: jeofizik, sismik kırılma, zemin, elastik ve geoteknik parametreler

ABSTRACT In this study, seismic refraction method studies (according to ASTM 2011 International standards), which is one of the geophysical methods aiming to determine the velocity of P and S waves, were performed in order to determine the ground dynamic elastic parameters for the residence hall construction. Seismic refraction data were collected at Istanbul Technical University Ayazaga Campus Çamlık and Lojman sites. During the data collection phase, seismic refraction data were collected using 24 channel Oyo-McSeis170f recorder device of ITU Geophysical Engineering Department, 24 P and 12 S geophones and as receiver 9 kg sledge for welding. Data processing of the collected data is processed in computer environment and ground dynamic elastic parameters of the area where the student dormitory is constructed are determined. The obtained ground parameters were evaluated together with the geology of the region. Study was terminated successfully.
Keywords: geophysics, seismic refraction, soil, elastic and geotechnical parameters

1. GİRİŞ

Sismik kırılma yönteminin temel mantığı; balyoz, dinamit gibi yapay kaynaklar yardımıyla yeraltına gönderilen sismik sinyalin, dalga yayınım hızının derinlikle arttığı tabakalı ortamlarda ilerleyerek tekrar yeryüzünde bulunan jeofon adı verilen yerin içinden gelen mekanik hareketi elektrik impulslarına çeviren alıcı cihazlar tarafından kaydedilmesidir. Öncelikle kaydedilen veriden sismik cisim dalgaları olan P ve S dalgalarının ilk varış zamanlarının okunması ve sonrasında veriye uygulanan analiz ve hesaplamalara dayanan bir jeofizik yöntemdir (Telford ve diğerleri, 1976).

Bitirme projesi kapsamında kaynak olarak 9 kg balyoz, alıcı olarak P ve S jeofonları ve OYO McSeis 170f 24 kanallı sismik kayıt cihazı kullanılarak iki profilde toplanan veriler, SeisImager paket programının Pickwin, Plotrefa programları ile veri işlemi yapılarak zemin elastik parametreleri saptanmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsü içerisinde İstinye Park karşısında bulunan Çamlık mevkiinde, zemin elastik parametrelerinin saptanması amacıyla jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen zemin elastik parametreleri gelecekte yapılması planlanan bin kişi kapasiteli öğrenci yurtlarının inşaatında kullanılacaktır.

Şekil 1. Çalışma sahalarından Çamlık mevkii uydu görüntüsü

2. ÇALIŞMA SAHASININ JEOLOJİSİ

Çalışma sahaları Trakya Formasyonunun bir parçası olduğu için bu formasyonun özelliklerini taşımaktadır. Kampüs içerisinde yapılan jeoloji çalışması da bunu ispatlamaktadır. Arazide kumtaşı, kireç taşı, grovak ardalanmasıyla oluşmuş kayaçlar gözlemlenmiştir. Trakya formasyonunun ana yapısı kahverengi kumtaşı ve yeşil şeyl ardalanmasından oluşur, yaşı Alt Karbonifer olarak kabul edilmiştir, formasyon hakim olarak fliş fasiyesindedir ve birimin kalınlığı 1500 m'ye ulaşmaktadır. (Bozkurtoğlu ve diğerleri, 2016; Kaya, 1971)

3. YÖNTEM

Sismik dalgalar elastik dalgalardır ve yayıldıkları materyalde deformasyona neden olurlar. Sismik dalgalar genel olarak ikiye ayrılır. Bunlar cisim dalgaları ve yüzey dalgalarıdır. Cisim dalgaları da kendi içerisinde birincil boyuna dalgalar yani P dalgaları ve ikincil enine dalgalar S dalgaları olarak ikiye ayrılır. Yöntem basitçe; kaynak ile yaratılan sinyalin yer içerisinde düşük hızlı katmandan yüksek hızlı katmana geçerken kırılmaya uğraması ve bu esnada arayüzeyden kırılıp tekrar yeryüzüne doğru bir yol izleyerek alıcılar tarafından kayıt edilmesinden ibarettir.

Kırılma yöntemi, sismik hızın derinlikle arttığı zemin yapılarında doğru sonuç verir. Bir ara yüzeye gelen sismik dalga yansıyan ve kırılan (iletilen) dalgalar üretir. Sismik kırılma yönteminde, tabaka hızlarının derinlikle arttığı prensibi kabul edilir. Bunun nedeni Snell yasasıyla açıklanabilir. Sismik kırılma yöntemi zemin yapılarının incelenmesinde, deprem tehlikesi altında olan yerlerde sismik tehlike araştırmasında, tabaka kalınlıklarının ve dinamik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır.

4. ARAZİ ÇALIŞMALARI

4.1. Çalışmanın Yeri

Çalışmalar İTÜ Ayazağa Kampüsü Çamlık ve Lojman mevkiinde yapılmıştır.

4.2. Kullanılan Ekipmanlar:

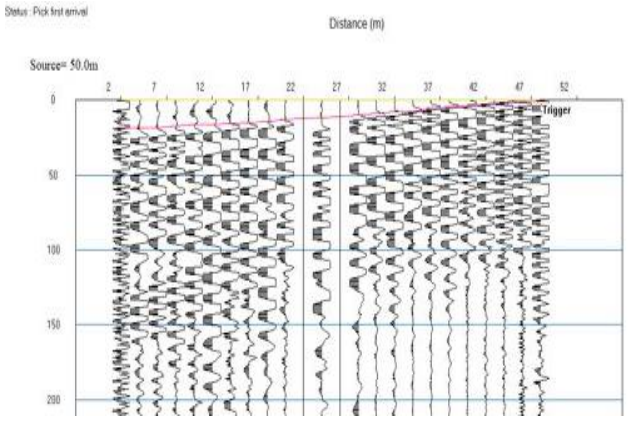
- P jeofonu 24 adet, S jeofonu 12 adet
- OyoMcSeis 170f kayıt cihazı
- Tetikleme (trigger) jeofonu
- Kaynak (9 kg-balyoz)
- 12 kanallı sismik kablo (2 adet)
- Akümülator
- Alet Çantası
- Plaka ve keser

Çalışma sahasında zemin dinamik elastik parametrelerinin tespitine yönelik çalışmalar yapılmıştır. İnceleme alanlarında jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi uygulanmıştır. Sismik kırılma yöntemi kapsamında iki bölgede 2 profil üzerinde ölçümler alınmıştır. Çalışmalarda 24 adet P ve 12 adet S jeofonu kullanılarak yeraltının P ve S dalga hızı tespit edilerek ilk tabakanın kalınlığı belirlenmiştir. Her bir serimde jeofon aralıkları 2 m seçilmiş ve kaynak ile ilk jeofon arası uzaklık da jeofon aralığı kadar yani 2 m seçilmiştir. Düz, orta ve ters atışlar yapılmıştır.

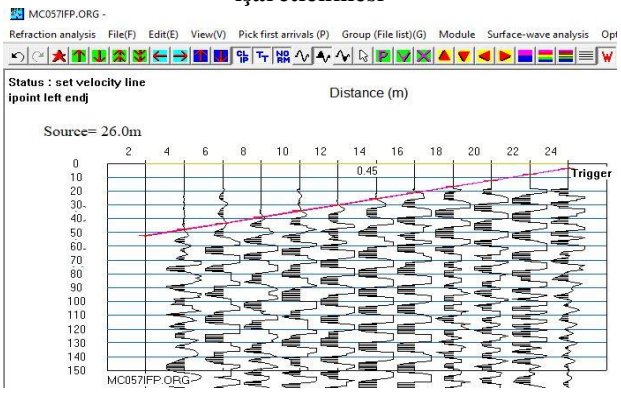
Şekil 2. Veri toplama esnasında alınmış atış görüntüsü

5. VERİ İŞLEM

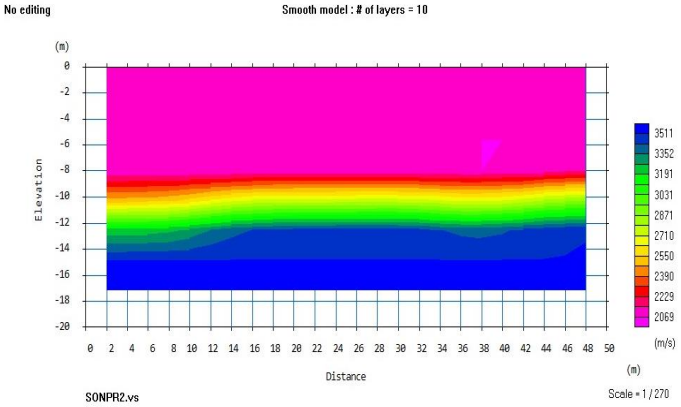
Sismik kırılma yöntemiyle toplanan veriler Seisimager programı altında, kayıtların ilk varışlarının ve hızlarının işaretlendiği Pickwin ve Plotrefa programları kullanılarak işlenmiş ve zemin dinamik elastik parametrelerinin elde edilmesi için gerekli olan P ve S dalgası hızları ve tabaka kalığı belirlenmiştir.



Şekil 3. Lojman mevkii P dalgası ters atış kaydının işaretlenmesi



Şekil 4. Çamlık mevkii S dalgası atış kaydı işaretlenmesi ve hız analizi



Şekil 5. Lojman mevkii Plotrefa ile tabaka kalınlığı hesabı

6. SONUÇLAR

Ölçümlerin yapıldığı çalışma alanlarından elde edilen P ve S dalgası hızlarının analizi ve tabaka kalınlığı sonuçları değerlendirildiğinde (Bowles 1984 ve Keçeli, 2009'dan faydalanılmıştır) Çamlık mevkii için zemin grubu B, Lojman mevkii için A grubu zemin olduğu tespiti yapılmıştır. Yapı için gerekli zemin elastik parametrelerinin tablolar halinde sunumu yapılmıştır.

Zemin Parametreleri	Simge	Birim	1. Tabaka
Boyuna Hız	Vp	m/sn	755
Enine Hız	Vs	m/sn	450
Kalınlık	h	m	6.7
Sismik Hız Oranı	Vp/Vs	-	1.68
Tabaka Yoğunluğu	d	gr/cm³	1.62
Kayma Modülü	G	kg/cm²	3290.59
Elastisite Modülü	E	kg/cm²	8058.71
Poisson Oranı	μ	-	0.22
Bulk Modülü	K	kg/cm²	4875.35
Zemin Taşıma	qu	kg/cm²	7.31
Zemin Grubu	B		

Tablo 1: Çamlık Mevkii zemin elastik parametreleri

Zemin Parametreleri	Simge	Birim	1. Tabaka
Boyuna Hız	Vp	m/sn	2070
Enine Hız	Vs	m/sn	1075
Kalınlık	h	m	9
Sismik Hız Oranı	Vp/Vs	-	1.93
Tabaka Yoğunluğu	d	gr/cm³	2.09
Kayma Modülü	G	kg/cm²	24164.13
Elastisite Modülü	E	kg/cm²	63568.71
Poisson Oranı	μ	-	0.32
Bulk Modülü	K	kg/cm²	57378.47
Zemin Taşıma	qu	kg/cm²	22.48
Zemin Grubu	A		

Tablo 2: Lojman Mevkii zemin elastik parametreleri

KAYNAKLAR

Bowles, J.E., 1984. Physical and Geotechnical Properties of Soils. McGraw-Hill.

Bozkurtoğlu, E., Yazıcı, M., İş, M., 2016. Trakya Formasyonu Silt Taşlarının Zemin Özellikleri, (Ayazağa-İstanbul), *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 9 (1), 42-55.

Kaya, O., 1971. İstanbul'un Karbonifer stratigrafisi, Türkiye Jeol. Kur. Bült., XIV-2, 143-199.

Keçeli, A., 2009. Uygulamalı Jeofizik Zemin Etüdleri, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları, No:9, s.28, Ankara.

Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., & Keys, D. A., 1976. Applied Geophysics, 860.

ASTM International, 2011. Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation, Designation: D5777-00, *World Trade Organization*, doi:10.1520/d5777-00r11e01.

Afyon İhsaniye Civarındaki Bozhüyük Sahasının Yer Elektrik Yapısının Araştırılması

Investigation of Earth Electrical Structure around in Ihsaniye – Bozhüyük Area in Afyon.

B. Yakın, H. İ. Çağlar,

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ayazağa Kampüsü, Maslak, 34469 İstanbul.

ÖZET Bu çalışma Afyon ili İhsaniye ilçesi Bozhüyük beldesi ve çevresinin yer elektrik yapısının araştırılması amacıyla 1987 yılında DSİ tarafından yapılmıştır. Bu araştırma sırasında bölgeden 31 noktadan, 300 metre derinliğe kadar elektrik özdirenç verileri elde edilmiş ve incelenmiştir.

Bölgenin jeolojik ve topoğrafik yapısı ışığında veriler değerlendirilip haritalar, grafikler ve kesitler oluşturulup yorumlandığında bölgenin elektrik yapısının Bozhüyük tarafında daha yüksek özdirençli bir yapıda, genel olarak ise daha düşük özdirençli bir karakter gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca Çamlı Tepesi çevresindeki kısmen yüksek özdirençli bölgenin 100. Metreden sonra yerini düşük özdirence bıraktığı da gözlemlenmiştir. Bölgenin genelindeki alüvyonal yapının bu kısımlarda yerini daha dirençli yapılara bıraktığı sonucuna varılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Özdirenç, Elektrik Yapı, Bozhüyük.

ABSTRACT This research was carried out by DSİ in 1987 in order to investigate the ground electrical structure of Bozhüyük town and its surroundings in the district of İhsaniye, Afyon. Electrical apparent resistivity data from 31 points to 300 meters depth were obtained and investigated during this research.

In the light of geological and topographical structure of the region, data were evaluated and maps, graphs and cross sections were created and interpreted, it was concluded that the region's electrical structure showed a higher apparent resistivity structure on the Bozhüyük side and generally has a lower resistivity character. It has also been observed that the partially high apparent resistivity region around the Çamlı Tepesi leaves its place after the 100th meters to a low apparent resistivity. It is deduced that the overall alluvial structure of the region has left its place in this area to more resistant structures.
Keywords: Resistivity, Electrical Structure, Bozhüyük.

1 GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada Bozhüyük sahasında yer elektrik yapısının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla elektrik özdirenç yönteminin Düşey Elektrik Sondaj (DES) tekniği ile bölgedeki düşük ve yüksek özdirenç gösteren alanların varlığı araştırılarak toplanan veriler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Çalışma sahasında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından toplam 31 adet Düşey Elektrik Sondaj (DES) ölçümü yapılmıştır. Yapılan Çalışmada her Düşey Elektrik sondaj (DES) noktasında AB/2=300 metre derinliğine ulaşılacak şekilde ölçüm

yapılmış olup Schlumberger elektrot dizilimi kullanılmıştır.

1.2 Kayaçlarda elektriksel iletkenlik

Atom yörüngelerinin en dışındaki serbest elektronların hareketleri sonucu meydana gelir. Ohmik iletkenlik olarak da adlandırılır. Bu iletkenlik elektrik alanın etkisi altında gerçekleşir. Bu tür iletkenlik metalik iletkenlerde (metallerde) ve az derecede yarı iletkenlerde (kuru mineraller gibi) gerçekleşir. Doğal metaller ve metalik sülfid mineralleri yüksek iletkenliğe sahiptirler. Genelde kaya içeren kuru mineraller çok yüksek özdirence sahiptirler. (Telford W.D., 1990).

Dielektrik iletkenlik ise dışarıdan değişken bir elektrik alanın etkisi altında kalan atom yörüngesindeki elektronların gerçek konumlarından belli bir oranda sapmaları sonucu oluşur. Değişken elektrik alan frekanslı bir akım ile oluşturulabilir.

1.3 Düşey Elektrik Sondaj Tekniği

Düşey elektrik sondaj yöntemi yere çakılan, paslanmaz çelikten yapılmış elektrotlara akım verilerek potansiyel farkın ölçülmesi esasına dayanılarak uygulanır. Uygulanan akımın birimi miliamper ölçülen potansiyel farkın birimi de milivolttur. Bu değerler her elektrot dizilimine bağlı olarak değişen bir geometrik faktör (K) vardır. Geometrik faktör yardımıyla da görünür özdirenç (ρa) değeri hesaplanır. Görünür özdirencin birimi ise ohm.m'dir. Verilen akım (I) ve ölçülen potansiyel fark (ΔV) olacak şekilde ifade edilir.

2 ÇALIŞMA ALANI

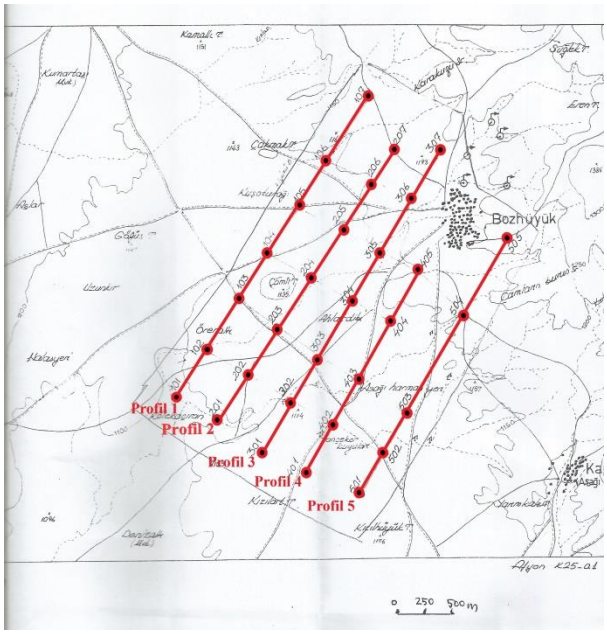
Bozhüyük beldesi Afyonkarahisar'ın İhsaniye ilçesinin güney kısmını kaplayan bir beldedir. Çalışma alanı Bozhüyük beldesinin güneybatı kısmında yer almaktadır. Çalışma alanı çok büyük yükselti farklarına sahip değildir. Güneybatı – Kuzeydoğu doğrultusunda bir rakım artışı gözlemlenmektedir. Bölgenin en düşük rakıma sahip alanı 1090 metre, en yüksek rakımlı bölgesi kuzeybatıda yer alan Bozhüyük beldesidir, rakımı 1160 metredir.

2.1 Jeoloji

Afyon ili jeolojisini iki ana kaya topluluğu oluşturmaktadır. Bunlar Toros kuşağını oluşturan Sultandağları ile İç Toros kuşağını oluşturan Paleozoyik yaşlı Afyonkarahisar metamorfitleri ile Mesayozik yaşlı Emirdağ grubudur. Alt Triyas yaşlı Olucak Kırıntıları formasyonu ve uyumsuz olarak Gebeciler formasyonu bu birimlerin üstünde yer alır. Çalışma alanında varlık gösteren İhsaniye formasyonu başlıca kuvarsşist, mikaşist ve metakumtaşlarından oluşur. Şistler içerdikleri kuvars miktarına bağlı olarak dayanım gösterir.

2.2 Uygulanan jeofizik yöntem ve ölçü noktaları

Bu çalışmada Afyonkarahisar ili İhsaniye ilçesinin Bozhüyük sahasının elektrik yöntem ile yerin elektrik yapısı ve yer elektrik haritasının çıkarılması amaçlanmıştır. Elektrik yöntem başlığı altındaki Düşey Elektrik Sondaj (DES) metodu uygulanmış, bölgedeki yüksek ve düşük özdirenç değerlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu veriler elde edilmiş ve değerlendirilmiş sonrasında da yorumlanmıştır. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılan bu çalışmada 31 adet Düşey Elektrik Sondaj noktasından Schlumberger Dizilimi kullanılarak AB/2=300 metreye kadar veriler elde edilmiştir. Şekil 1. Çalışma alanı ve noktaların konumunu, alınan profillerin doğrultularını göstermektedir.

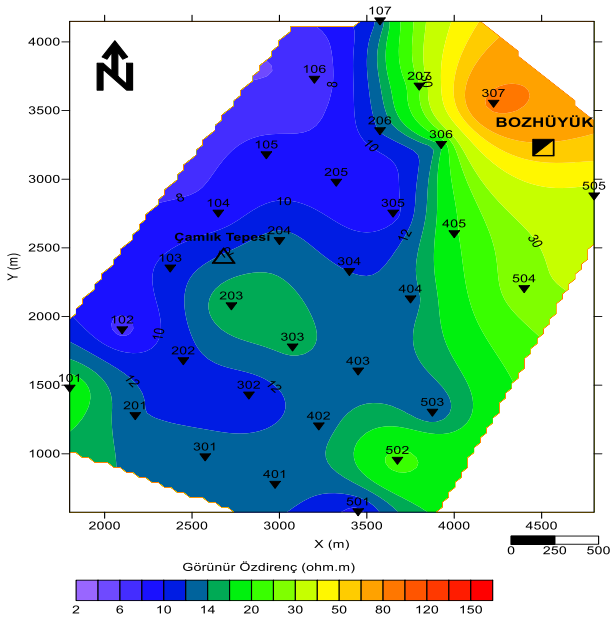


Şekil 1. Çalışma sahasındaki DES ölçü noktaları dağılımı.

3 ELEKTRİK HARİTA VE KESİTLERİ

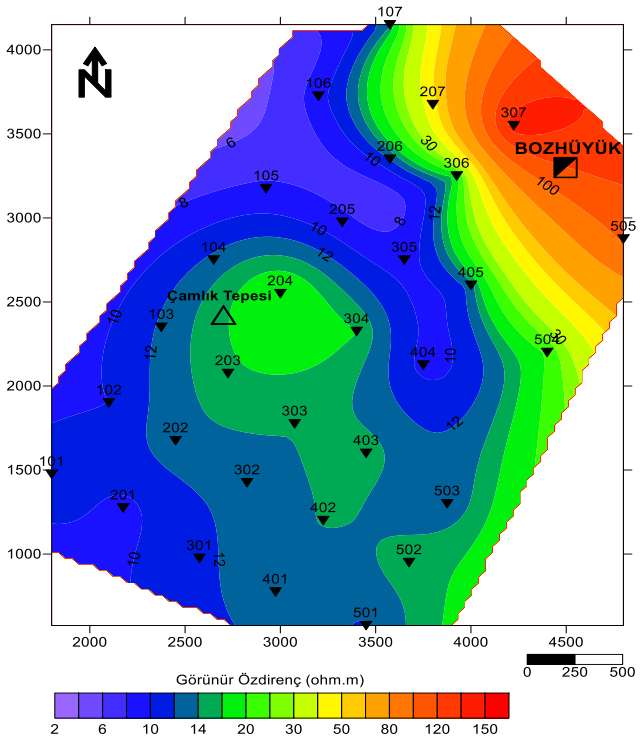
3.1 Elektrik Haritalar

Şekil 2. AB/2=15 metreye ait kat haritası görülmektedir. 203. Ölçü noktasındaki yüksek özdirençli yapı görünürlüğünü nispeten kaybetmiştir. 307. Ölçü noktası yani Bozhüyük'ün kuzey kısmında yer alan yapı stabil kalmış, özdirenç verileri büyük değişkenlik göstermemiştir. Haritanın genel yapısına bakıldığında 30 ohm.metrelerden 15 ohm.metre baremine düşüş gözlemlenmiştir.



Şekil 2. AB/2=15 m. Elektrik haritası

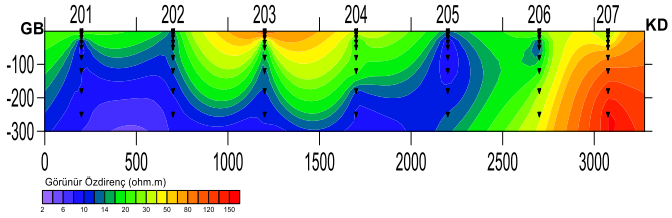
Şekil 3'te AB/2=40 metreye ait harita şekildeki gibidir. Bozhüyük civarı özdirenç artışına devam etmekte, stabil bir yapı görünümü vermektedir. Çamlık Tepesi civarında ise ufak bir artıştan söz edilebilir fakat genel yapıya bakıldığında düşük özdirençli bölgelerin varlığı bölgedeki yapıların arasında veya gözeneklerinde su bulunma ihtmalini arttırmaktadır.



Şekil 3. AB/2=40 m. Elektrik haritası

3.2 Elektrik Kesitler

Şekil 4.'te 2 numaralı profile ait elektrik kesit gösterilmiştir. Bozhüyük tarafındaki yüksek özdirençli bölge derinlikle varlığını devam ettirme eğiliminde, düşük özdirençli bölgeler ise elektrik temelin üzerinde yer alan alüvyonal, su muhtevası yüksek bölgeleri işaret etmektedir.

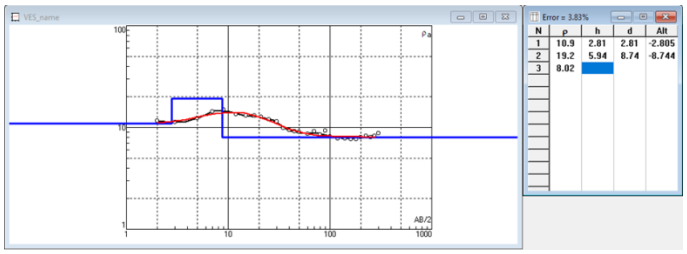


Şekil 4. Profil 2'ye ait elektrik kesit

3.3 DES Eğrileri

Belirlenen 31 ölçü noktasından elde edilen eğrilere örnek olarak aşağıda iki DES eğrisi yorumlanmış ve değerlendirilmiştir.

Şekil 5.'te 404 numaralı ölçü noktasına ait veriler bölgedeki düşük özdirençli yapının varlığını gösterdiği yerlerden bir tanesidir. Kat haritalarında da görülebileceği üzere bu bölge su muhtevası bakımından önem arz edebilir. Eğri incelendiğinde düşük özdirençli yapının devamında daha da düşük özdirençli bir yapıya yer verdiği görülebilmektedir.



Şekil 5. 404. Noktaya ait DES eğrisi

Yapılan değerlendirmelerde DES eğrilerinin ortaya koydukları elektriksel katmanlar kalınlıkları ile birlikte görüntülenmiştir.

KAYNAKLAR

Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990. Applied Geophysics. Cambridge University Press. New York, USA. 751 pp.

SURFER, 2017.
http://www.goldensoftware.com/products/surfer

Soil Properties Based on Spectral Analysis of Microtremor Data Collected in the Residence Area of ITU Maslak

İTÜ Maslak Yerleşkesinin Toplanan Mikrotremör Verilerine Dayalı Zemin Özellikleri

B. Özkan, T. Eken, K. Fırtana Elcömert
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geophysical Engineering, Istanbul

ÖZET Bu çalışmada gerek barınma ihtiyacının gerekse üniversite çalışanları için yeni çalışma yerleri ihtiyacının karşılanması amacıyla günümüzde artan yapılaşma faaliyetleri içerisinde olan İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Maslak yerleşkesi içerisinde seçilen bazı bölgelerin zemin özelliklerine odaklanılmıştır. Bunu gerçekleştirmek için, H/V spektral oran tekniği kullanılarak İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak yerleşkesinin çeşitli noktalarında, hâkim frekans ve zemin büyütmesi değerleri hesaplandı. Sonuç olarak elde edilen spektral H/V oranlarında, 1.3 ile 12 Hz arasında hâkim frekans değişimi ve 1.85 ile 10.0 arasında zemin büyütmesi değişimi, literatürde daha önce yapılan çalışmalarla oldukça benzer ve tutarlıdır. Bu çalışmanın sonuçları tek istasyon HVSR yönteminin uygulama alanımızda başarıyla çalıştığını gösterir. Hâkim frekans değerleri ve zemin büyütmesi değerlerinin bölge içerisinde uzaysal dağılımı, KKD-GGB yönelimli, nispeten yüksek hâkim frekanslı ve düşük zemin büyütmeli bölgeyle, nispeten daha az hâkim frekans değerine sahip ve yüksek zemin büyütmeli bölgeyi açıkça birbirinden ayıran bir sınırın varlığına işaret etmektedir.

ABSTRACT This thesis study focuses on the near surface properties at some selected sites in the Maslak-Campus area of the Istanbul Technical University where a recent increase in the construction activities to satisfy the need for the accommodation and new working place of habitants of the university is inevitable. To achieve this, we estimated fundamental frequency and amplification factor of the ground at various selected locations of the Istanbul Technical University (ITU) Maslak Campus located at the city of Istanbul using HVSR technique. Our resultant spectral H/V ratios indicated a variation of fundamental frequencies between 1.3 to 12 Hz and amplification factor between 1.85 to 10.0 that are quite consistent with those found in the literature. This implies that single station HVSR method has successfully worked in the study area. Spatial variation of final fundamental frequency and site amplification factor values exhibits NNE-SSW oriented clear boundary separating the sites relatively higher fundamental frequencies and lower amplification factors from ones with relatively lower fundamental frequencies and higher amplification factors.

Keywords: HVSR, microtremor, soil properties, fundamental frequency, amplification factor

1 INTRODUCTION

Near surface geology is clearly one of the most important factors that must be considered during the increasing construction efforts in heavily populated areas. Thus, the people in construction industry such as civil engineers need to have an accurate knowledge of subsurface properties of the sites, (e.g. the geometry

including the basement depth) where the buildings will seat during its planning phase. As being equally important the engineers must also know the behavior of the soil in response to potential earthquakes in a seismically active region. The ground has a specific resonant frequency, which is higher at hard bedrock and lower at sediments. Buildings have a natural period of their vibration during an earthquake. If the period of ground motion matches the natural resonance of a building, this will generate large oscillations resulting in large amount of damages if the structure is not designed properly. Moreover, a significant part of the damage observed during a destructive earthquake is associated with seismic wave amplification due to local site effects (e.g. Tezcan et al. 2002). Characteristics of the waves radiating after an earthquake vary with the medium properties where they propagate. For instance, the sites of sedimentary infill tend to amplify seismic shear waves at a specific frequency depending on the its type while damping for other frequencies. This is known as the amplification factor of the site that has to be well constrained and can be estimated using geophysical observations, for instance, microtremors that can be recorded at three-component seismometers. Geophysical measurements and further modelling techniques are usually cost-effective fast approaches with their applicability in large areas (e.g. Parolai, 2002) and thus play a vital role in understanding the sub-surface soil classification in general since they do not require expensive drilling activity where we can direct sample of the medium. One of these geophysical techniques often utilized in microzonation studies is the H/V spectral ratio technique developed by Nakamura (1989) that enables the estimation of fundamental period and amplification factor at a given site. The H/V peak frequency is characteristic and represents the fundamental resonance frequency for the measurement sites in microzonation studies.

In this thesis work, our main target is to identify fundamental period and amplification factor of the ground at various selected locations of the Istanbul Technical University (ITU) Maslak Campus located at the city of Istanbul using HVSR. We have chosen this area on purpose because the area inside the campus has been becoming more urbanized in response to the need for accommodation and working place of the gradually increasing amount of student and academic staff population. Since the megacity Istanbul with its about 15 million of habitants is located in a very close proximity (e.g. 20-30 km) to the northern segment of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) inside the Sea of Marmara. Thus, the city is under a potential seismic hazard and for the mitigation of vulnerability after a large earthquake, a knowledge of the geotechnical properties of the campus area is required since it can provide important proxy for the future civil engineering projects.

2 METHOD

Microtremor techniques can be classified whether they are dependent of measurements taken within an array of sensors or by using a single station deployment for characterization of the subsurface properties. The methods based on an array of seismic sensors such as in the Spatial Auto-correlation (SPAC) or Frequency-Wavenumber (F-K) method depend on simultaneous recording of the ambient vibrations and these methods are used to obtain velocity structure.

In this study, we used the horizontal-to-vertical spectral ratio (HVSR) method as an experimental technique to estimate some characteristics of soft-sedimentary (soil) deposits. The main reason for the usage of this technique in this study is that we do not

pose multi-station measurement equipment which can be considered as the economical constraint that influences on our preferences in method selection. HVSR only requires a single station and is low-cost technique both for the survey and analysis making this technique frequently adopted in seismic microzonation studies. The HVSR method deals with estimating the ratio between the Fourier amplitude spectra of the horizontal (H) and vertical (V) components of recorded ambient noise vibrations at given single station. It is proven that the H/V ratio can be used to identify the fundamental frequency of soft soils since frequency spectrum observations for Rayleigh waves on vertical component indicates the particle motion of these waves appear to vanish in the outskirts of the fundamental S wave resonant frequency (Atakan et al., 2004).

3 DATA AND DATA PROCESS

3.1 Data

3-component seismometer data are acquired at fourteen different sites to collect the data for further analyses.

3.2 Site Locations

Since we are already dealing with microzonation problem in an urbanized area, it is hard to perform a regular gridding of the area. Some factors, for instance, presence of building, the wind caused by the trees, or infrastructural influences such as the ventilation running nearby the sites may have a strong influence on the HVSR results, in particular, by introducing some undesired signal with low/high frequency content into the spectral curves. We rigorously chosen the site selection by knowing the possibility of these effects and tried to be located as far as possible. (Fig. 3.2.1)

Figure 3.2.1 Distribution of the sites in the Maslak Campus. Station locations and names are shown.

3.3 Equipment Configuration

We achieved the continuous recordings of the ground vibrations using SERCEL type three-component seismometer and the data is digitized by Reftek-130 recorder. For each site, we have left the equipment to obtain half-hour of recordings. Our recording system allows a digitized data trace with ground velocity observation at each 0.01 s. In other words, the sampling rate of our data in time domain is 100 Hz meaning that the Nyquist frequency, which describes the highest frequency range we can reach on the frequency spectrum is 50 Hz. Required power supply is provided by a 12V battery. A palm with software that is embedded to the original set-up of the recording system enables us to have an in-situ control of the data quality.

3.4 Data Processing

We used the software called GEOPSY; an open source data-handling tool developed for microtremor analyses (please visit http://www.geopsy.org) for the raw data processing following the fieldwork. It is software, which is commonly used for the analysis of the active, and passive sourced surface waves.

The Fourier amplitude spectrum is computed for each time windows. Afterwards, two spectra of horizontal components in northing

and easting directions are averaged using quadratic mean. Then, the H/V ratios can be computed for a given station. An example of this process for the site L01 is presented in Figure 3.4.1

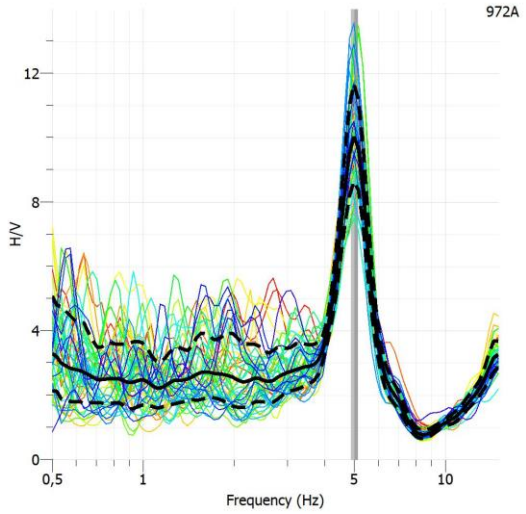


Figure 3.4.1 Graph of the H/V ratios estimated as a function of frequency in site L01. Colored oscillations represent spectrum at time windows.

4 RESULTS

We estimated two important parameters that represent site properties after a careful evaluation process performed over the H/V spectra. These are fundamental frequency and site amplification factor. To achieve a proper evaluation, we benefited from the standards for the microtremor data analyses described within a user manual "*Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations measurements, Processing and Interpretation*" that is devised within the framework of a EU project SESAME.

Table 1: The table of estimated values.

Station	Length of the Time Windows (I_w)	Number of Windows (N_w)	f_0	A_0
F01	50	15	12.86060	4.19941
G01	50	15	3.38062	1.52887
H01	50	21	6.41818	7.03185
H02	30	17	11.35630	4.64529
H03	30	21	7.77711	4.49174
H04	30	20	11.56730	2.5062
K01	30	30	1.34515	1.85491
L01	30	49	5.01556	10.0016
L02	30	24	6.40415	3.89526
L03	30	17	4.31261	1.89605
M01	30	35	12.05940	5.12463
T01	30	23	10.80080	2.88031
T02	30	36	7.77418	3.31116
T03	15	16	6.57614	2.90931

5 INTERPRETATION OF THE RESULT AND CONCLUSION

To be able see whether a spatial trend in the area covering all of the measurement sites exists we mapped final fundamental frequency and site amplification factor values (Fig. 5.1-5.2).

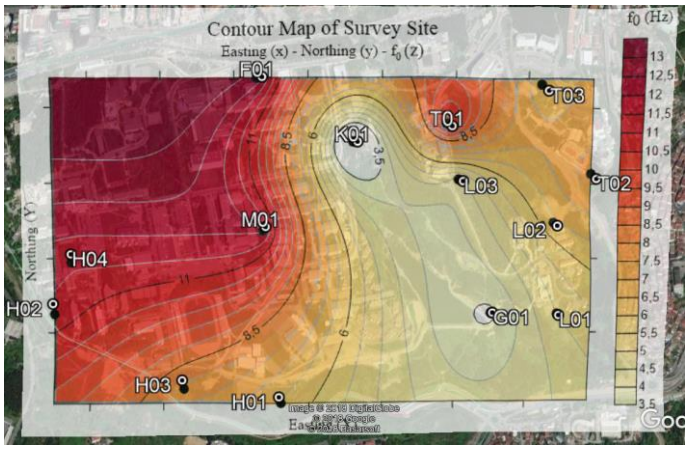


Figure 5.1 The contour map of the distrubiton of the fundemantal frequency values in the ITU campus. Low frequencies are shown with lighter colors and high frequencies are shown with darker colors from 3.5 Hz to 13 Hz.

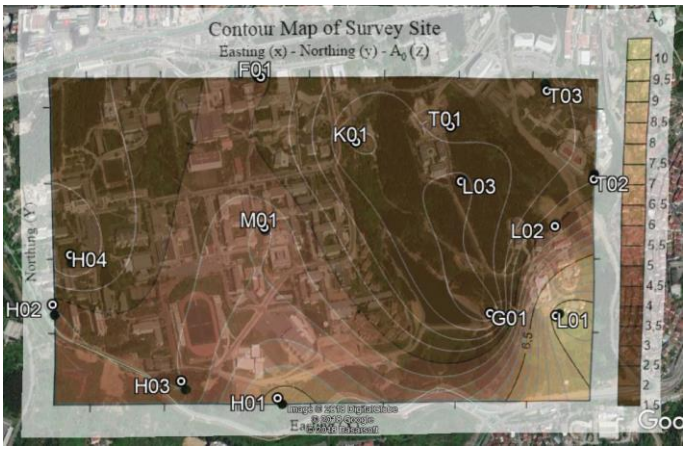


Figure 5.1 The contour map of the distrubiton of the amplification factor in the ITU campus. Low amplitudes are shown with darker colors and high amplitudes are shown with lighter colors from 1.5 to 10.

From Figs. 5.1-5.2 it is evident that there is a NNE-SSW oriented boundary separating the sites relatively higher fundamental frequencies and lower amplification factors (e.g. sites F01, M01, H01, H02, H03, H04) from ones (G01 and K01) with relatively lower fundamental frequencies and higher amplification factors. The sites G01 and K01 are located inside a modest valley and host an artificial pond. The areas of measurement sites F01, M01, H01, H02, H03, bound this area H04 to the west and sites L01, L02, L03, T01, T02 to the east. Our results in this study do not recommend any construction activity in the area where G01 and K01 are located. At the eastern part of the measurement area, sites L01, L02, L03, T02 seats at stiff soil conditions. In this part of the measurement area, site T01 located at the northeast edge and which accommodates recently building staff housing is having relatively better soil conditions as comparable with those located at the western side of the campus.

ACKNOWLEDGEMENTS

I am grateful to my thesis supervisor Assist. Prof. Dr. Tuna Eken for his endless support from the beginning of this study.

REFERENCES

Atakan, K., Duval, A., Theodulidis, N., Guillier, B., Chatelain, J. and Bard, P. (2004). The H/V Spectral Ratıo Technıque: Experımental Condıtıons, Data Processıng And Empırıcal Relıabılıty Assessment. In: 13th World Conference on Earthquake Engineering. p.3.

Nakamura Y (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface.

Parolai, S. (2002). New Relationships between Vs, Thickness of Sediments, and Resonance Frequency Calculated by the H/V Ratio of Seismic Noise for the Cologne Area (Germany). Bulletin of the Seismological Society of America, 92(6), 2521-2527.

SESAME (2004) Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation.

Tezcan S, Kaya E, Bal IE, Ozdemir Z (2002) Seismic amplification at Avcilar, Istanbul. Eng Struct

Investigation of Coastal Section of Balıkesir Province, Bandırma District,Edincik Town With Single Channel Seismic Reflection Method

Balıkesir İli, Bandırma İlçesi, Edincik Beldesi Kıyılarının Tek Kanallı Sismik Yansıma Çalışmasıyla Araştırılması

C. Arıcan, E. Demirbağ
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geophysical Engineering, Istanbul

ABSTRACT To interpret seismic profile of the first 7 lines that are vertical to shore from the seismic data accumulated by conducting offshore seismic reflection studies which is located on the coastal line in the city of Balıkesir, Bandırma province, Edincik municipality in 2008. Purpose of these interpretations is determining the condition of fault, landslide, and stratification which could present a risk towards industrial formation on the field. This study is carried out to represent whether there is a continuation of the continental faults in the sea, and if there is, to represent its location, geometry, and activity features by using geological and seismic reflection methods on the land and the sea. In this perspective, firstly, geological structure of the studied field and its vicinity are examined carefully. Then, sea floor depth, thickness of sediment, bedrock depth, fault debris and similar others are identified by viewing the seismic data sections. After these processes, it is detected that the common characteristic of seismic data sections is that there is a flat shallow which gradually deepens with -5 m to shore, an undersea slope northward which deepens from approximately -5 m to -25 m, a sea floor image which gradually deepens from -25 m towards -40 m, a recent sediment under the sea floor which evolved from the last ice age, an erosion surface which recent sediment is situated on, and units that are folded from place to place which is restricted by this erosion surface.
Keywords: Edincik, Single Channel Seismic Reflection Method, Offshore

ÖZET Balıkesir İli, Bandırma İlçesi, Edincik Beldesinde kıyı kesiminde bulunan arazide endüstriyel yapılaşmaya risk arz eden deniz altı fay ve heyelanlarının ve tabakalaşma durumunun belirlenmesi için, 2008 yılında kıyı-ötesi (offshore) sismik yansıma çalışması yapılarak kıyıya dik ve paralel hatlar üzerinde toplanan sismik yansıma verilerinden kıyıya dik olan ilk 7 hatta ait sismik kesit yorumlanmıştır. Bu çalışma kara ve denizde jeolojik ve sismik yansıma yöntemleri kullanılarak karada izlenen fayların denizde devamının olup olmadığı, fay var ise yerinin, geometrisinin ve aktiflik özelliklerinin ortaya konulması amacıyla yapılmıştır. Bu doğrultuda öncelikle çalışmanın yapıldığı bölge ve etrafının jeolojik yapısı incelenmiştir. Ardından sismik veri kesitleri incelenerek, deniz tabanının derinliği, çökel kalınlıkları, ana kaya derinliği, fay önü molozları gibi yapılar belirlenmiştir. Yapılan işlemler sonucunda sismik kesitlerin ortak özelliği kıyı ile -5 m arasında giderek derinleşen düz bir sığlık, yaklaşık -5 m'den -25 m'ye derinleşen kuzeye eğimli bir denizaltı yamacı ve -25 m'den itibaren -40 m'ye doğru gittikçe derinleşen bir deniz tabanı görüntüsü, deniz tabanı altında son buzul çağından bu yana gelişmiş genç denizel çökel örtü, denizel çökel örtünün üzerine yerleştiği bir aşınım yüzeyi ve bu aşınım yüzeyinin sınırladığı yer yer kıvrımlanmış birimlerin görüntüsü saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Edincik Beldesi, tek kanallı sismik yansıma, kıyı-ötesi

1 INTRODUCTION

In this study, it has been determined whether the faults observed on land, in the Balıkesir Province, Bandırma District, Edincik Town coastal area, continue at the sea by using geological and geophysical methods and if there is a continuing fault at the sea, define its geometry and activity characteristics. Single channel seismic reflection method used for data acquisition and records were taken along the shoreline (3 km length 4 lines and 13 lines in 1 km length) and parallel lines to shore (1.5 km length in 5 lines). In this paper it has been focused on first 7 ones of the lines which along the shoreline and 1 km length (Figure 1).

Figure 1 This map shows the lines which are interpreted in this paper on the map over the satellite image. (Google Earth)

2 GEOLOGY OF STUDY AREA

The North Anatolian Fault Zone (KAF), starting from Karlıova in Eastern Anatolia and extending to Bolu in western Anatolia, is divided into two branches after Bolu. When the Northern Branch was in the direction of Bolu-Adapazarı-Izmit-Istanbul and Tekirdağ, the Southern Branch passes through the Bolu-Pamukova-İznik-Gemlik gulf and enters the Marmara Sea (Figure 2). The part of this branch which is located in the sea starts to be watched again at the south of Kapıdağ Peninsula and it is widely accepted that this strand is the continuation of the main fault in the South (Şengör, A. M. . *et al.*, 2005).

There are 3 mapped segments of the fault. One of them is near Edincik. The second fault passes through the north of Hıdırköy. Despite being apparent in the north, young sediments enter at the southwest, and these units become invisible due to its easy-to-wear structure and intensive agricultural activities above. The third fault is followed along the coast of Marmara Sea. It forms limestone fault slopes in the NE. Dense water outflows and travertine formations at the surrounding of Felek Mill are results of this faults' effects. The proximity of the historical destructions to the east of Sazlıdere Farm indicates that the fault may be effective in their formation. Most likely the fault follows the coastline towards to the SW. The landslides in the study area were also interpreted as a southern defeat of the fault in the southern block of the fault (Kurt, S. and Ekinci, D. ,2013).

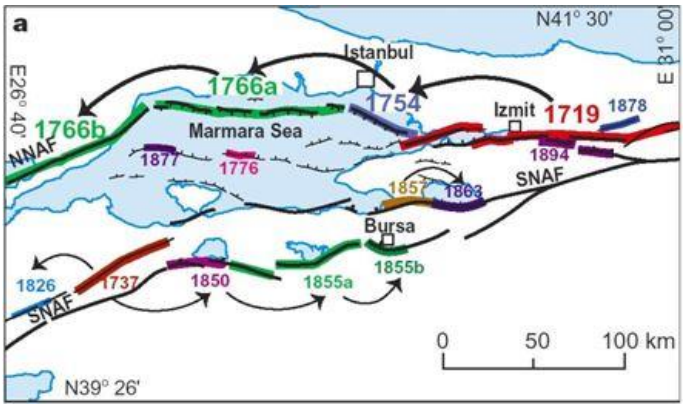


Figure 2 The geometry of the Marmara Sea around the North Anatolian Fault and its relation to the historical earthquakes of the last 1700-1900 period (Hubert-Ferrari et al., 2000).

3 THE METHOD USED IN THE STUDY

3.1 Seismic Reflection Method

Seismic waves propagate through the Earth and when the wave comes across with a subsurface interface, it reflects with some of its energy. The base of the seismic reflection method is to measure the travel

time of the wave. The source of the waves can be an earthquake but in seismic reflection method, active sources are used, and it is recorded by geophones or hydrophones. The reflection is related with the acoustic impedance that is evaluated with velocity and the density of the layers. Acoustic impedance is used to calculate the reflection coefficient to obtain information about the amplitude of the reflected wave (Stewart, R. R. and Lawton, D. C. ,1996).

In marine seismic a sound source emits a sound pulse directed downwards towards the seafloor, and a receiver records the return of the pulse once it has been reflected off the seafloor. Parts of the sound pulse will penetrate the seafloor and be reflected from the different sub-bottom layers. The data that is obtained using this system provides information on these sub-floor sediment layers (Figure 3).

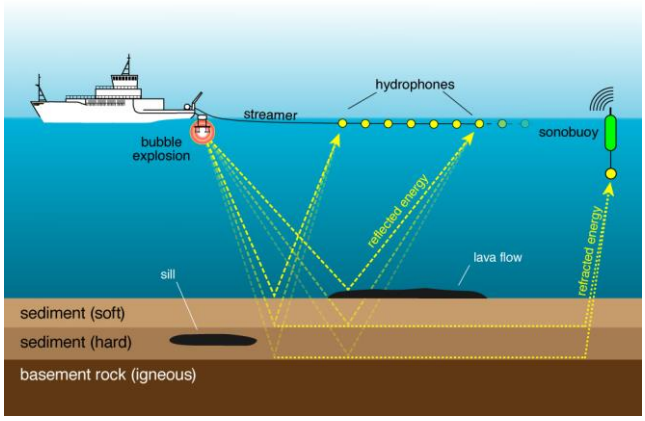


Figure 3 Drawing of Marine Seismic

4 DATA ACQUISITION

4.1 Data Acquisition in Single Channel Marine Seismic

In single channel systems; data is collected using a short receiver cable and recorder system with a single channel. The seismic source and receiver cable are kept very close together. After the detonation, the receiver cable sends a single seismic track data to the recorder and these seismic tracks are plotted side by side to form a one-channel seismic reflection section (zero offset section). Single channel seismic data can be collected analogously or numerically. In analogue systems, recording is done continuously and in real time on paper, and only analogue filters can be applied to these tracks. If the data is digital, the collected data can be recorded on discs or magnetic tapes and various digital data processing steps can be applied to them.

4.2 Instrumental Equipment Used in this Study

Seismic reflection data collection work was carried out with Innomar GmbH-built SES2000 Compact Sub bottom profiling system. The most important feature of the system is to scan the ground with a high frequency and a very narrow beam angle and to achieve high vertical and lateral resolution in this area.

The seismic system was installed in a boat which assigned from Belirti A.Ş. A hanger frame was used to mount the transducer during the system's installation. Proper installation of this chassis in the boat is important in terms of the quality of the signal to be obtained in operation. For this reason, maximum attention has been paid to ensure that the hanger frame is fitted optimally and that the transducer unit is properly mounted on this frame. It has been noted that the active part of the transducer is about 40 cm below the sea surface so that the signal generated by the seismic system is completely transferred into the water.

5 INTERPRETATION OF SEISMIC SECTIONS

A common feature of all seismic sections taken perpendicular to the shore is a flat shallow deepening gradually from -5 m to shore, a submarine slope sloping to the north from about -5 m to about -25 m and a deeply seafloor deepening from -25 m to -40 m, the young marine sedimentary cover developed since the last glacial era under the sea floor, consists of an erosion surface on the marine sedimentary cover and an image of the

folded units bounded by the surface of this erosion. The thickness of the young sedimentary cover is becoming thicker towards the openings.

In this section, depth of seafloor is -25m to -30 m. Thickness of the sediment is 5m to 10 m and it has an increasing value to the NW. The depth of the bedrock goes from -30 m to -43m. The slope which located at the right side of bathymetry is a clue of the existence of a fault (Figure 4).

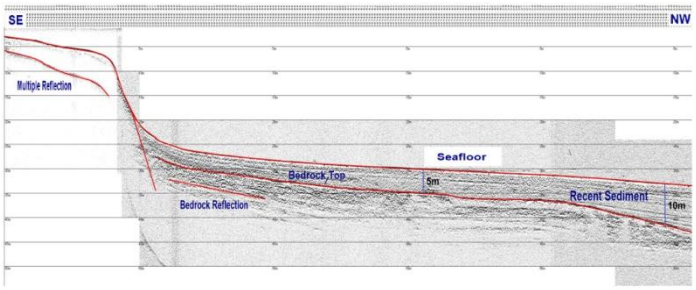


Figure 4 Seismic Section of 1st Seismic Line

The depth of the seafloor goes from -30 m to -35 m and the sediment thickness is 10-15 m. It is observed a fault debris at -30m depth, below the seafloor. Depth of bedrock is -40 m to -50m. The slope that observed in the bathymetry most probably related with a normal fault (Figure 5).

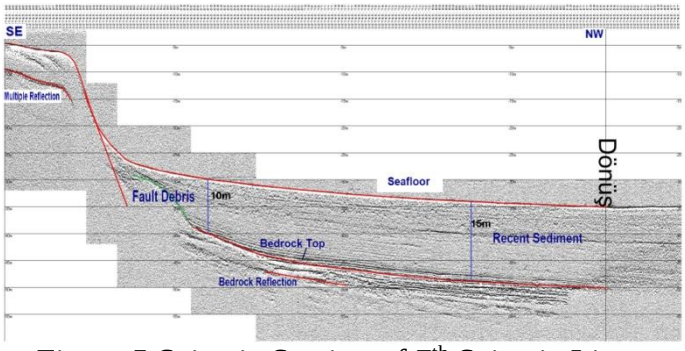


Figure 5 Seismic Section of 7th Seismic Line

6 CONCLUSION

In the seismic sections perpendicular to the shore taken in front of the landslide area, which is located in the coastal part of the area, there is probably a unit that has not been stratified by the internal reflection configuration of the marine sediments just before the submarine slippery.

The current marine sediments increasing in thickness towards the openings starting from the slope observed under the sea at approximately 200 m offshore are formed by the southern shelf of the Marmara Sea, possibly flooded after the last glacial era.

Below the current marine cover, there are stratified units with curved, low angle and inclined to the north. The upper surface of these units is probably an erosion surface, with a somewhat undulating shape and cuts the underlying layered units. After the seafloor, the highest amplitude reflections are taken from this erosion surface, which separates the current marine cover and underlying folded bridges. The depth of this surface increases gradually towards the openings and ranges from -45 to -50 m in the working area.

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all, I would like to thank my thesis advisor Prof. Dr. Emin DEMIRBAG, who shared his knowledge and experience in the most sincere and generous way during this study. I am pleased for his guidance, patience and support. I would like to special thanks to my family for their endless patience, whole life time of support, having faith in me and I am grateful to my friend who supports me all the time. I would like to thank all the teachers who have guided me throughout my study life, for their contributions on this long path.

REFERENCES

Kurt, S. and Ekinci, D. (2013) 'The Geomorphotourism Features of the North Coast of Gulf of Erdek / Erdek Körfezi Kuzey Kıyılarının Jeomorfoturizm Özellikleri', pp. 450–460.

Stewart, R. R. and Lawton, D. C. (1996) 'P-S seismic exploration : A mid-term overview', 8.

Şengör, A. M. . *et al.* (2005) 'the North Anatolian Fault: a New Look', *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33(1), pp. 37–112. doi: 10.1146/annurev.earth.32.101802.120415.

Hubert-Ferrari. *et al.* (2000)

Bağarası (BAG), Kınalar (KNL) ve Karataş (KRTS) Deprem İstasyonları Sürekli Veri Kayıtlarının Gürültü Analizi

Seismic Noise Analysis of Continuous Data from Bağarası (BAG), Kınalar (KNL) and Karataş (KRTS) Stations

Ç. Özer, N. Bulut, A. Kaşlılar
İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu çalışmada Doğu Akdeniz, Ege ve Güney Marmara olmak üzere üç farklı kıyıya kurulmuş istasyonlardaki sismik gürültü seviyeleri 0.1 – 1 s (kültürel gürültü), 1 – 4 s (kısa periyot ikincil yüksek frekans), 4 – 8 s (uzun periyot ikincil yüksek frekans) ve 10 – 16 s (birincil yüksek frekans) olmak üzere dört farklı periyot bandında incelenmiş, coğrafi farklılığın gürültü seviyeleri üzerindeki etkilerini gözlemlenmiştir. Çalışmada üç farklı konumda yer alan istasyonların gürültü karakteristikleri, 2011 ve 2012 yılları boyunca kaydedilmiş düşey bileşen sürekli veri kayıtları kullanılarak, bölgelerin jeolojik yapısı, coğrafi özellikleri ve kültürel aktiviteleri de dikkate alınarak incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Veriler PQLX programı kullanılarak değerlendirilmiştir.
Anahtar kelimeler: Sismik gürültü, güç spektrumu, olasılık yoğunluk fonksiyonu

ABSTRACT In this study, seismic noise levels in the stations located on three different shores; Eastern Mediterranean, Aegean and Southern Marmara are examined for 0.1 – 1 s (cultural seismic noise), 1 – 4 s (short period secondary high frequency), 4 – 8 s (long period secondary high frequency) and 10 – 16 s (primary high frequency) period bands, and cultural and geographical effect on seismic noise levels are discussed. To that end, vertical components of continuous seismic records spanning years 2011 and 2012 are used for all three stations. Data is processed using PQLX program.

Keywords: Seismic noise, power spectrum, probability density function

1 GİRİŞ

Yerin sürekli dinlenmesi ile elde edilen kayıtlar sürekli veri kaydı olarak isimlendirilir. Bu kayıtlar sinyallerin kaynaklarına ve içinden geçtikleri bölgelere dair izler taşır. Doğada kayıt edilen her sinyal gibi bu sinyaller içerisinde de gürültü bulunur. Burada gürültüler kaydın amacına hizmet etmeyen ve araştırma konusuna ait olmayan veya cihaz kaynaklı olan tüm verilerdir. Gürültülerin veri üzerindeki etkisinin kaldırılması yapılan araştırmaların başarısı için büyük önem taşır. Bu işlemin yapılabilmesi için ise gürültünün doğasının ve matematiksel özelliklerinin iyi anlaşılması gerekir. Cihaz kaynaklı olmayan ve çevresel olarak nitelendirilen gürültü ise kendi başına bir veri olarak ele alınabilir. Bir bölgenin sürekli sismik veri kayıtları incelenerek bölgenin coğrafyasına ve gürültü karakteristiklerine ait bilgiler edinilebilir.

Bu çalışmada Doğu Akdeniz, Ege ve Güney Marmara'da bulunan üç farklı istasyondan elde edilmiş gürültü verileri dört farklı periyot aralığında değerlendirilerek coğrafi farklılığın gürültü seviyeleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2 SİSMİK GÜRÜLTÜ TANIMLAMASI

2.1 Sismik Gürültü

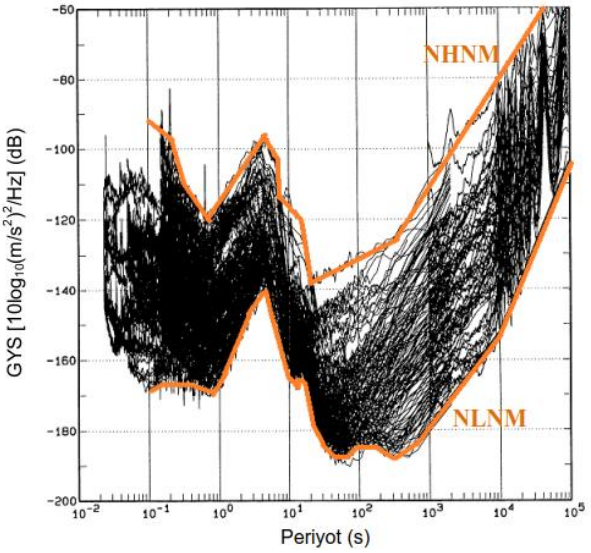
Doğal veya doğal olmayan olayların yerküre ile etkileşime girmesiyle meydana gelen sinyallere artalan sismik gürültü (ASG) denir,

mikro-salınım ve mikro-titreşim olmak üzere iki kategoride incelenebilirler.
Mikro-salınımlar düşük frekansta gözlemlenirler (<0.2 Hz). Büyük ölçüde meteorolojik olaylar ve okyanus dalgaları gibi doğal kaynaklar ile meydana gelirler. Birincil yüksek frekans (BYF) 10 – 16 s, uzun periyot ikincil yüksek frekans (UP-İYF) 4 – 8 s ve kısa periyot ikincil yüksek frekans (KP-IYF), 1 – 4 s periyotlarında gözlemlenir.

Mikro-titreşimler daha çok insan kaynaklı kültürel aktivitelerden meydana gelirler ve yüksek modlu cisim ve yüzey dalgalarından oluşurlar (McNamara ve Buland, 2004).

2.2 Güç Yoğunluğu Spektrumu

Fourier analizine göre, her sinyal kendisini oluşturan sinüslerin toplamı olarak ifade edilebilir. Zaman serilerinin güç spektrumu, sinyalin gücünün bu frekans bileşenlerine dağılımı olarak tanımlanır. Sismik veri rastgele sinyaller kategorisindedir ve durağan özelliktedir. Güç yoğunluğu spektrumu "Cooley-Tukey (1965) Yöntemi" veya "Fourier dönüşümü" ile hesaplanır. Hesaplanan güç yoğunluğu spektrumu Peterson (1993)'a ait yeni düşük ve yeni yüksek gürültü modeli (NLNM – NHNM) eğrileri ile karşılaştırılır (Şekil 1).



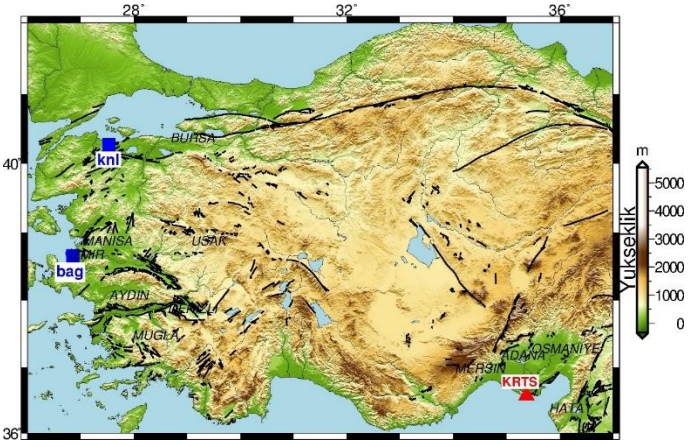
Şekil 1. Yeni düşük ve yeni yüksek gürültü modeli eğrileri (NLNM, NHNM) (Peterson (1993)'dan değiştirilmiştir)

NLNM – NHNM eğrileri dünya çapında 75 sayısal deprem istasyonundan toplanmış gürültü verileri ile elde edilmiştir. Dünya üzerinde ki genel minimum ve maksimum gürültü seviyelerini belirtirler ve toplanan gürültü verilerinin değerlendirilmesi için bir çerçeve sunarlar. Minimum eğrisi (NLNM), kaydedilebilecek en düşük gürültü değerini, maksimum eğrisi (NHNM) ise kaydedilebilecek en yüksek gürültü değerini temsil eder. Değerlendirilen verilerin genellikle bu iki eğri arasına düştüğü gözlemlenmiştir.

3 SİSMİK GÜRÜLTÜ ANALİZ YÖNTEMİ

Sismik gürültü analiz yöntemi McNamara ve Buland (2004)'ın istatistiksel yaklaşımla geliştirdikleri güç yoğunluğu spektrumu ve olasılık yoğunluk fonksiyonu hesaplarına dayanır. Yazarlara göre sismik veri kalitesinin artırılmasının ilk adımlarından biri gürültünün veri üzerindeki etkisinin azaltılmasıdır. Çalışmalarındaki iki ana hedeften ilki Peterson (1993)'a ait gürültü modellerini kullanarak sismik artalan gürültü miktarını hesaplayan standart bir yöntem geliştirmektir. İkincisi artalan sismik gürültü seviyesinin değişimini coğrafya, mevsim ve gün bazında Birleşik Devletler boyunca ortaya koymaktır. Yazarlar bu çalışmalarında kullandıkları PQLX adlı açık kaynak kodlu programdan bu çalışmada da kullanılmıştır.

4 SİSMİK VERİ KAYITLARININ İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 2. BAG, KNL ve KRTS istasyonlarının yerlerini gösteren topografya haritası

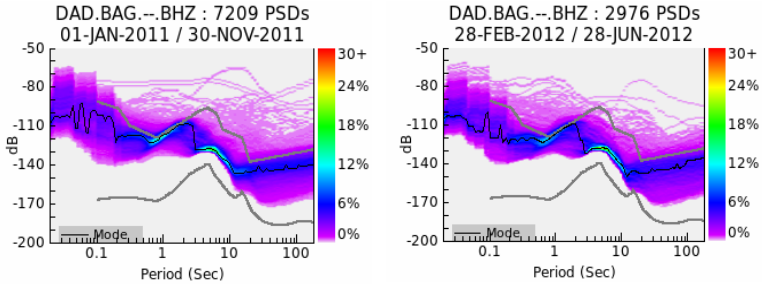
Çalışma çerçevesinde Marmara, Ege ve Akdeniz olmak üzere üç farklı denizin kıyısına yakın yerleştirilmiş üç istasyon seçilerek bu istasyonlardan toplanan artalan sismik gürültü verileri üzerinde inceleme yapılmıştır (Şekil 2). Toplanan verilerin güç yoğunluğu spektrumları ve olasılık yoğunluğu fonksiyonları PQLX programının yardımı ile hesaplanmış ve grafikleri

oluşturulmuştur. Bu grafikler üzerinden istasyonların jeolojik, topografik ve kültürel özellikleri de göz önünde bulundurularak yorumlamalar yapılmıştır.

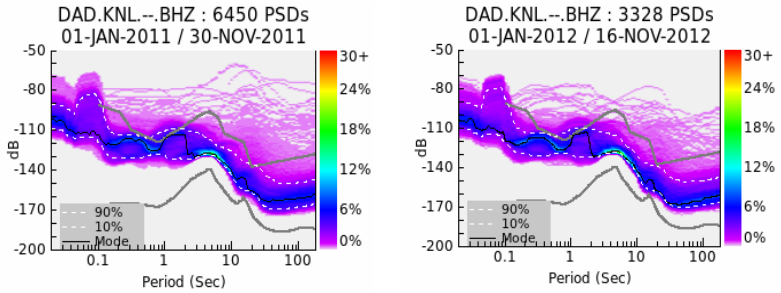
Bu çalışmada AFAD ve KRDAE'ye ait geniş bantlı hız kayıtçıları ile toplanan verilerin düşey bileşenleri değerlendirilmiştir. İnceleme için seçilen istasyonlar BAG, KNL ve KRTS kodlarına sahiplerdir ve sırasıyla İzmir, Balıkesir ve Adana illerinde yer almaktadırlar (Şekil 2). Gürültü verilerinin birbirini takip eden senelerde içerdiği farklılıkların incelenebilmesi için her bir istasyonun 2011 ve 2012 yılı olmak üzere iki yıllık gürültü verisi incelenmiştir.

BAG, KNL ve KRTS istasyonlarının gürültü verilerinden PQLX programı kullanılarak Şekil 3-4-5'de görülen güç yoğunluğu spektrumları elde edilmiştir. Ardından bu güç yoğunluğu spektrumlarına ait mod değerleri 0.1 – 1 s (kültürel etkiler), 1 – 4 s (KP-İYF), 4 – 8 s (UP-İYF) ve 10 – 16 s (BYF) periyot aralıklarında incelenmiştir.

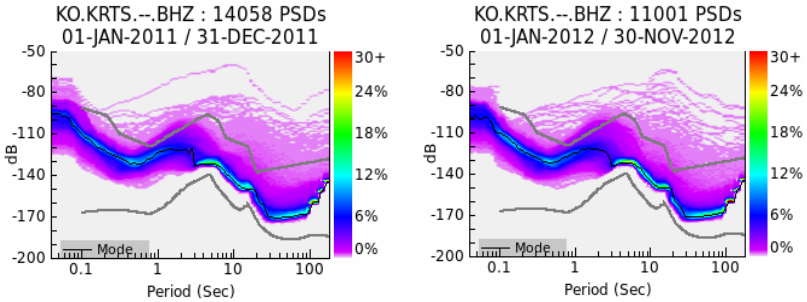
İstasyonların 2012 yılına ait mod grafiği Şekil 6'da görülebilir. Marmara, Ege ve Akdeniz'e ek olarak okyanus etkisi altındaki İrlanda adasına ait en düşük ve en yüksek mod değerleri de karşılaştırma amacı ile çizdirilmiştir (Möllhoff ve diğ, 2016). Ek olarak çalışmada her bir istasyonun yıl boyu gündüz ve gece verileri de ısı ve kültürel aktivitenin gürültüye etkisinin incelenmesi amacı çizdirilip, değerlendirilmiştir.



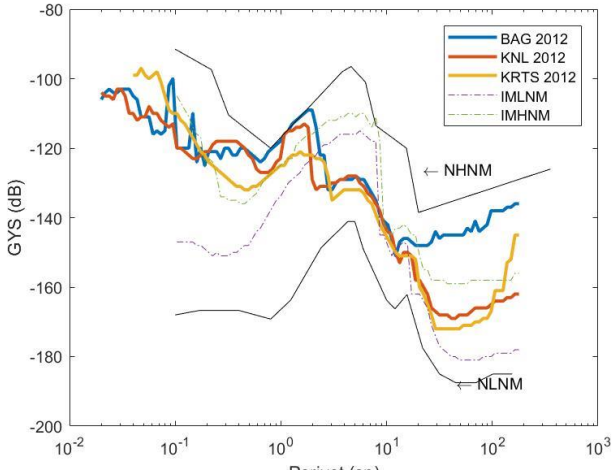
Şekil 3. BAG istasyonu 2011 (a) ve 2012 (b) yıllarına ait düşey bileşen (Z) sürekli verilerinden elde edilen OYF grafikleri. Siyah renkli çizgi mod değerlerini temsil etmektedir. Gri renkli çizgiler ise düşük ve yüksek gürültü modelini temsil etmektedir.



Şekil 4. KNL istasyonu 2011 (a) ve 2012 (b) yıllarına ait düşey bileşen (Z) sürekli verilerinden elde edilen OYF grafikleri. Siyah renkli çizgi mod değerlerini temsil etmektedir. Gri renkli çizgiler ise düşük ve yüksek gürültü modelini temsil etmektedir.



Şekil 5. KRTS istasyonu 2011 (a) ve 2012 (b) yıllarına ait düşey bileşen (Z) sürekli verilerinden elde edilen OYF grafikleri. Siyah renkli çizgi mod değerlerini temsil etmektedir. Gri renkli çizgiler ise düşük ve yüksek gürültü modelini temsil etmektedir.



Şekil 6: 2012 yılına ait BAG, KNL ve KRTS istasyonlarının mod değerlerinin İrlanda'da kaydedilen en düşük ve en yüksek mod değerleri (IMHNM, IMLNM) ile karşılaştırması (Möllhoff ve diğ, 2016).

5 SONUÇLAR

Bu çalışmanın amacı farklı denizlerin ve coğrafi farklılığın gürültü verisi üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Bu bağlamda BAG, KNL ve KRTS istasyonlarının 2011 ve 2012 yılları için düşey bileşenli gürültü verileri incelenmiş ve birbirleri ile karşılaştırılarak yorumlamalar yapılmaya çalışılmıştır. İstasyonların mod grafikleri kültürel (0.1 – 1 s), KP-İYF (1 – 4 s), UY-İYF (4 – 8 s) ve BYF (10 – 16 s) periyotlarında incelenmiştir. Beklendiği gibi değerler NLNM ve NHNM değerlerinin arasında kalmıştır.

BAG, KNL ve KRTS istasyonlarına ait veriler kendi içlerinde incelendiğinde gürültü verilerinin birbirini takip eden yıllar için büyük farklılıklar içermedikleri gözlenmektedir. Gürültü kaynakları göz önüne alındığında bu sonuç tutarlıdır. Bu kaynaklar yıl ölçeğinde sabit olarak kabul edilebilirler. Aynı şekilde mod grafikleri istasyonların bulundukları bölgelere ait gürültü haritaları ile karşılaştırıldıklarında da bulgular tutarlıdır.

BAG, KNL ve KRTS istasyonuna ait grafikler İrlanda'da kaydedilen en yüksek ve en düşük mod gürültü modelleri ile karşılaştırıldığında iç ve dış denizler için KP-IYF bandında hâkim periyotlar kendilerini göstermektedir. 4 tarafı denizlerle çevrili bir ada olan İrlanda'da 4 – 8 s periyot bandında yüksek değerler okunurken, iç denize kıyısı olan BAG, KNL ve KRTS istasyonlarında 1 – 4 s periyot bandında yüksek değerler okunmuştur.

TEŞEKKÜR

Sağladıkları verilerden dolayı AFAD ve KRDAE'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

McNamara, D. E. ve Buland, R. P. 2004. Ambient Noise Levels in the Continental United States. *Bulletin of the Seismological Society of America, 94*(4), 1517-1527. http://dx.doi.org/10.1785/012003001

Möllhoff, M. ve Bean, C. J. 2016. Seismic Noise Characterization in Proximity to Strong Microsiems Sources in the Northeast Atlantic, *Bulletin of the Seismological of America, 106(*2). http://doi.org/10.1785/0120150204

Peterson, J. 1993. Observations and modeling of seismic background noise. *USGS Open File Report.* http://doi.org/10.1785/gssrl.79.2.194

Sismik Kırılma Yöntemi ile Gölet Dolgu Alanında Hız Tayini

Assess the velocity in Pond Filling Field by Using Seismic Refraction Method

E. Mankırcı, E. Demirbağ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Kampüsü içerisinde bulunan Gölet sahasında sismik kırılma yöntemi kullanılarak dolgu alanındaki hızlar tespit edilmiş ve malzemenin niteliğine karar verilmiştir. Doğu-Batı doğrultulu 2 profil alınmıştır. Her bir profilde düz, ters ve orta olmak üzere toplam 6 atış yapılmıştır. Arazi çalışması tamamlandıktan sonra uygun programlar kullanılarak P dalga hızları hesaplanmıştır. Profil-1'de dolgu kalınlığından dolayı herhangi bir kırılma görülmemiştir ve hızlar yaklaşık olarak Vp1=1400 m/sn olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan ise, Profil-2'de kırılma gözlemlenmiştir. İkinci profile ait birinci tabakanın hızı yaklaşık olarak Vp1=600 m/sn okunurken, ikinci tabakanın hızı Vp2=1400 m/sn olarak okunmuştur. Bu da birinci profildeki hızlarla ikinci profilin ikinci tabakasının hızlarının uyumlu olduğunu gösterir. Dolgu için aynı malzeme kullanılırken farklı sonuçlar çıkması şu şekilde açıklanabilir; ikinci profilin göle yakın olmasından kaynaklı (su girişi vs.) veya sıkışmadan dolayı dolgu malzemesinin niteliğinin değiştiği düşünülebilir. Buna dayanarak bu dolgu alanında kullanılan malzemenin niteliği hakkında yorumda bulunulabilir.

Anahtar Kelimeler: Sismik Kırılma, P Dalgası Hızı, Gölet

ABSTRACT In this study, the velocity of the filling field was determined by using seismic refraction method in the pond in the Ayazağa Campus of Istanbul Technical University and the quality of the material was determined. For this purpose, two profiles in east-west direction were taken. Normal shot, mid-point shot and reverse shot were taken in each profile and totally at 6 points measurements were completed. After the field work is completed, P wave velocities are calculated using appropriate programs herewith can be interpreted. In the first profile, no seismic refraction was observed due to the filling thickness and the velocities were calculated as approximately Vp1=1400 m/sec. On the other hand, the refraction was observed on the second profile. While the velocity of the first layer belonging to the second profile was read as Vp1 = 600 m /sec, the velocity of the second layer was read as Vp2= 1400 m /sec. This indicates that the velocities of the second layer of the second profile are compatible with the velocities of the first profile. Different results can be explained when the same material is used for filling; it can be considered that the quality of the filler material changes due to the fact that the second profile is close to the lake and is welded (water inlet etc.) or the quality of the filling material changes due to the compaction. Based on this, it can said that on the nature of the material used in this filling field.

Keywords: Seismic Refraction, P Wave Velocity

1. GİRİŞ

Bu tez kapsamında jeofiziğin alt dalı olan sismik yöntemlerden kırılma sismiği uygulanmıştır. Ölçümlerin, İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü içerisinde bulunan Gölet sahasında alınmasına karar verilmiştir. Ulaşılmak istenilen sonuç Gölet'te bulunan dolgu niteliğinin tespit edilmesidir.

2. ÇALIŞMA SAHASININ JEOLOJİSİ

Çalışma, İ.T.Ü içerisinde bulunan Gölet sahasında gerçekleştirilmiştir. Genel olarak kampüsün hakim olduğu jeolojiye bakılacak olursa; bölgenin Trakya Formasyonunun özelliklerini taşıdığı söylenebilir. İstanbul'un Avrupa yakasında yaygın olarak, kireçtaşı mercekli, andezit ve diyabaz daykları ile kesilmiş kumtaşı, silttaşı ve kiltaşından oluşan Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu bulunmaktadır. Trakya formasyonu yanal ve düşey yönlerde değişim gösteren kalın şeyl ve grovak ve litik konglomera ardışıklı istiften yapılı olup hakim olarak fliş fasiyesindedir. Trakya formasyonu yoğun tektonizma olaylarından etkilenmiş, birkaç metrede bir değişik doğrultulu fay, kıvrım, kırık ve eklem sistemlerine sahiptir. Trakya formasyonun ilk 15- 20 metresi ayrışmış, orta ayrışmış kaya özelliğindedir. Daha alt kesimlerde ise gri-mavi renkli ayrışmamış kaya özelliğindedir ve bölgesel verilere Trakya formasyonun kalınlığı 1000 metreden fazladır. Bu formasyon üzerine, yaklaşık kalınlığı 150 m olan açısal diskordansla, Eosen yaşlı, orta, yer yer kalın tabakalı, mikritik, karstik boşluklu, bol fosilli, kireçtaşı, marn ve karbonatlı kiltaşından oluşan Kırklareli formasyonu gelmektedir. Genel olarak bölgede bu şekilde bir jeoloji hakim olsada, bu tez kapsamında alınan ölçümler dolgu barajın üzerinde olduğu için bizi genel jeolojiden ziyade dolgu malzemesinin niteliği ilgilendirmektedir. .

Şekil 2.1. *İstanbul genel jeolojisi*

2.1 Dolgu Barajları

Dolgu malzemelerinde aranan genel kriterler şöyle olmalıdır: suda çözülebilir, inorganik ve likit limiti 80'in üzerinde olan geçirimsiz malzeme dolguda kullanılmamalıdır. Genel olarak geçirimsiz kil çekirdek daha geçirimli kabuk dolgular ile desteklenirler. Kil çekirdeğin genişliği sızma, borulanma ve sismik parametreler dikkate alınarak tespit edilmelidir.

Şekil 2.2*. Ölçüm yapılan saha*

3. SAHA ÇALIŞMALARI

Bu çalışma kapsamında Doğu-Batı [DB] doğrultulu toplam 2 profil boyunca ölçüm alınmıştır. Ölçüm esnasında kullanılan ekipmanlar: 24 Kanallı OYO-McSeis 170f model cihaz, P jeofonu (24 Adet), Trigger jeofonu ve bağlantı kablosu, plaka, akü (2 adet), 12 kanallı sismik bağlantı kablosu (2 adet), balyoz, alet çantası, metre ve GPS'tir.

Çalışmada toplam 2 profil ölçüm alınmıştır ve her bir profil uzunluğu 50 metre olarak belirlenmiştir. 24 adet alıcı P jeofonu kullanılmıştır ve offset-alıcı aralıkları 2 metre olarak belirlenmiştir. Uygun çevre koşulları göz önünde bulundurularak profillerin başlangıç ve bitiş noktaları belirlenmiştir. Şerit metre ile 50 metre açılım yapılarak ve ve her 2 metrede bir jeofonlar yerleştirilir. Jeofon ve kablo bağlantıları kontrol edilir. Sismik kayıt cihazı profilin orta noktasına getirilir ve kayıt cihazına jeofonlara ait kablolar ve aküye ait bağlantı kabloları bağlanır. Kaynak olarak balyoz kullanılmıştır. Ölçüme başlamadan önce sismik kayıt cihazı (OYO-McSeis 170f) üzerinde filteler ve genlik düzeltmeleri yapılmıştır. Atışlar düz (12-1 jeofon), orta nokta (1-13 jeofon) ve ters (13-24 jeofon) olmak üzere 3 farklı noktadan yapılmıştır. Alınan kayıtlar SEG2 formatında, atış numaralarına göre isimlendirilerek kaydedilmiştir.

4. SONUÇLAR

Veriler SeisImager program paketindeki Pickwin programı kullanarak yorumlamaya uygun hale getirilmiştir. Tabakalara ait sismik hızlar aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

	Düz atışa ait P hızı (m/sn)	**Orta atışa ait P hızı (m/sn)**	**Ters atışa ait P hızı (m/sn)**
Profil-1	V_1 =1430	V_1 =950 V_1 =920	V_1 =1430
Profil-2	V_1 =580 V_2 =1400	V_1 =800 V_2 =1270 V_1 =680 V_2 =1210	V_1 =530 V_2 =1410

Tablo 4.1. *Pickwin programı kullanılarak elde edilen sismik hızlar*

Sonuçlar incelendiğinde, İ.T.Ü Gölet sahasında [DB] doğrultulu alınan 2 profil ölçüm sonucunda; Profil-1'e ait sismik kırılma verilerinde ikinci tabaka görülmemiştir. Burdan yola çıkarak 1. Profil boyunca kalın bir dolgu tabakası olduğu söylenebilir. Kırılma görülmemesinin nedeni Şekil 6.3'de görüldüğü gibi Profil-1'in eğim aşağı bir yol üzerinde olmasından kaynaklıdır.

Şekil 2.2 *Çalışma sahasının eğimi*

Profil-2'de Profil-1'den farklı olarak kırılma görülmüş ve tabakalara ait hızlar Tablo 4.1 'de gösterildiği gibidir. 1.Profile ait hızlar ile 2.Profilin ikinci tabakasındaki hızların birbiriyle uyumlu olduğu söylenebilir.

Profil-2'de kırılma olması ise şu şekilde açıklayabiliriz; ölçüm aldığımız noktanın Gölet'e yakın konumlanması ve içerisine su giriş-çıkışlarının olması nedeniyle suya doygunluktan dolayı malzeme zayıflamış olabilir. Malzemenin gevşemesi nedeniyle de 2. Profilde iki tabakalı bir ortam yakalamış olunabilir. Sismik hızlar ile ilişkilendirilmek gerekirse; Tablo 4.2'de görüldüğü üzere baraj yapımında kullanılan malzemenin kil ile uyumlu olduğunu söyleyebiliriz.

Kil, sarımtırak, kırmızımtırak, esmer gibi değişik renklerde bulunur. Bu özelliği ona bileşiminde bulunan yanıcı maddeler verir. Kil su çeker, bu özelliğinden dolayı dile dokundurulduğunda yapışır. Bu yüzden kil daima nemlidir.

Tamamen doymuş kil su emmeyeceğinden dolayı geçirimsizdir. Bu özelliğinden dolayı toprak dolgu barajlarda çekirdek, kil dolgu ile inşa edilir.

Malzeme	**Vp (m/sn)**	**Malzeme**	**Vp (m/sn)**
Hava	330	Kumtaşı	1400-4500
Su	1450-1500	Kireçtaşı	3500-6000
Petrol	1300-1400	Dolomit	3500-6500
Buz	350-3000	Kil	1000-2500
		Kum (gevşek)	200-2000
Granit	4500-6000	Kum (suya doygun)	1500-2000
Bazalt	5000-6000	Kum ve çakıl	400-2300
Serpantin	5500-6500	Çamur-kil	300-1800
Gnays	3500-6000	Alüvyon	1800-2200

Tablo 4.2. *Formasyon türlerine ait P dalga hızları*

KAYNAKLAR

Bozkurtoğlu, E., (2010). Trakya Formasyonu Silt Taşlarının Zemin Özellikleri, Ayazağa-İstanbul.

http://rallen.berkeley.edu/teaching/F04_GEO302_PhysChemEarth/Lectures/L10_Seismic Refraction.

Ketin, İ., (1983). Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İTÜ Vakfı, Yayın No: 32, 595s., İstanbul.

Şenkaya, M., & Karslı, H. (2012). Sismik kırılma verilerinde ilk varış zamanlarının çapraz ilişki yöntemi kullanılarak belirlenmesi. doi: 11.b04/jeofizik-0911-19

Uyanık, O.,& Çatlıoğlu, B. (2014). Elektrik özdirenç ve sismik kırılma yöntemleri.

Manisa, Gediz Grabeni'nde Bir Geri Enjeksiyon Kuyusunun Jeotermal Rezervuara Etkisinin Belirlenmesi

Determination of The Effect of A Re-Injection Well On The Geothermal Reservoir In The Gediz Graben, Manisa

C. C. Bafralı, E. Şen, D. Doğan, S. Üner
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi karmaşık jeolojik yapısı, aktif tektonizması ve kırıklı yapıya sahip olmasından dolayı yüksek jeotermal potansiyele sahiptir. Gediz Grabeni de Batı Anadolu'daki bu genişleme bölgesinde, yoğun jeotermal faaliyetleri ile ön plana çıkar. Bu bitirme projesinde, Gediz Grabeni'nde bir jeotermal rezervuara geri enjekte edilen akışkanın zamana bağlı olarak rezervuara etkisi, akışkan dolaşımı ve sıcaklık modellemesi ile araştırılmıştır. Bu modellemelerde bölgenin jeolojik yapısına uygun olarak üç katmanlı yer modeli oluşturulmuştur. Modeller çeşitli zaman dilimleri için ANSYS-Fluent programı kullanılarak elde edilmiştir. Bütün bu araştırmalar neticesinde, rezervuara geri enjekte edilen akışkanın, rezervuarı yaklaşık elli yıl sonra soğutacağı belirlenmiş ve akışkanın yerdeğiştirmesi izlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Jeotermal rezervuar, sıcaklık modellemesi, ANSYS-Fluent.

ABSTRACT In Western Anatolia part of Turkey has a complex geological structure, active tectonism and fractured geology; consequently it has high geothermal potential. Gediz Graben is a well-known region with its quite a lot geothermal activities in this extensional zone. In this graduation project, time-dependent effects of the re-injected fluid in geothermal reservoir have been studied by fluid flowing and heat modelling in Gediz Graben. Three layered ground models are created suitable to geological structure of the region in these modellings. Models are obtained by ANSYS-Fluent software in several periods. In light of all these studies, it has been determined that the fluid will cool down and monitored change in the location of the hot fluid after about fifty years.
Keywords: Geothermal reservoir, temperature modelling, ANSYS-Fluent

1 INTRODUCTION

Turkey is located within the Alpine-Himalayan seismic belt. It also carries the characteristic tectonic features of this zone. Transformations have emerged as a result of the continental collision between the Arab-African and Eurasian plates. The Anatolian plate is escaping to the west along the mentioned transformations (McKenzie, 1972, 1978a, Şengör, 1980, Jakson and McKenzie, 1984, Şengör et al., 1985). Along with this tectonic activity, fractures and faults developed in the Anatolian plate (Yücesoy, 2006). Therefore, most commonly in the Western Turkey, horsts and grabens have been formed. In addition, Gediz Graben is one of the most important grabens in the Aegean Region, where many geothermal fields are located and explored.

In Gediz Graben there is a geothermal reservoir which is planned to be operated. The reservoir is approximately 500 meters deep and 210°C. A reinjection well is opened next to the production well and the 50°C fluid is injected back from here. Depending on the time, it is being investigated whether the reservoir temperature will be affected by reinjection or not. In order to predict the life of this reservoir, a modeling work is the main theme of this graduation project.

1 GEOTHERMAL SYSTEMS

For a potential geothermal energy in a region, there is a need for a reservoir rock, a cap rock, a magmatic intrusion that is cooling down. A reservoir rock is a place where water is drained from under ground cracks and fractures into the ground and serves as a reservoir. The reservoir rock prevents the warming of the water in the pore of the reservoir under the rock, the gases coming out by hot, to rise again to the earth by the pressure effect of the pressure. Thus, the reservoir rock allows the water to remain in the rock. The magmatic intrusion that is cooling down is a heat source and the reservoir warms the water in the rock (Erişen, 1986; Bilgiç, 2015). In the light of these knowledges, it can be said that the geothermal fields have many features that are sensitive to the physical parameters of geophysical methods in monitoring and exploiting. Both thermal and electrical methods are the most effective to determine temperature anomalies and mechanical drilling location. Nevertheless, better results can be obtained if gravity, magnetic, seismic and well logs are used together with other geophysical exploration methods (Kamacı, 1997). In terms of monitoring, it is difficult to predict changes that may occur because of the relationship between nutrition and discharge in a geothermal system. At this stage, the modeling approach is of great importance for making predictions about the future of the system (Akan, 2013). In this graduation project, according to the solution of problem, fluid and temperature modelling is studied.

2 FLUID AND TEMPERATURE MODELLING

2.1 What is Model?

Modeling is a tool that provides an approximate representation of the situation of the real field. Mathematical models; the groundwater flow is shaped by equations expressing boundary conditions by defining pressure lines or flows along the boundary of the model indirectly with a conservation equation which is intended to represent the physical processes that take place in the system. For time dependent problems, equations involving initial conditions that describe the initial distribution of the system are also quite important.

2.2 Why Model?

Most of the groundwater modeling studies are intended to predict the results of a proposed action. Models can be used to collect control parameters or field data in a field-specific environment and to formulate ideas about system dynamics. Models can also be used to study general processes in geological environments.

3 ANSYS – FLUENT

Fluent provides fluid flow and heat transfer in complicated geometries for fluid flow analysis of incompressible and compressible. It has to be indicated the computational models, materials, boundary conditions, and solution parameters in the fluent.

It should be used a fluent component system to model incompressible and compressible fluid flow and heat transfer in complicated geometries for the project that is interested in. Inside Fluent, a computational mesh is connected to a geometry, proper scientific models are connected (for instance, low-speed, high-speed, laminar, turbulent, and so on). Materials are picked, limit conditions are characterized, and arrangement controls are indicated that best speak to the issue to be explained. Fluent tackles the numerical conditions, and after effects of the simulation can be shown in Fluent for assist investigation (for instance contours, vectors, and so on).

4 GEOLOGY OF THE GEDİZ GRABEN

African, Arabian and Eurasian plates collide each other and they have complicated interaction. This interactivity develops Alpine-Himalayan Belt. Aegean Extensional Province (AEP) is a member of Alpine-Himalayan Belt so AEP exposes extensional deformations with dense seismic activity. In addition, Western Turkey is a segment of this AEP. As a result of this complex geological activity, graben and horst systems are developed in Western Anatolia (Çiftçi, and Bozkurt, 2010) (Fig. 1).

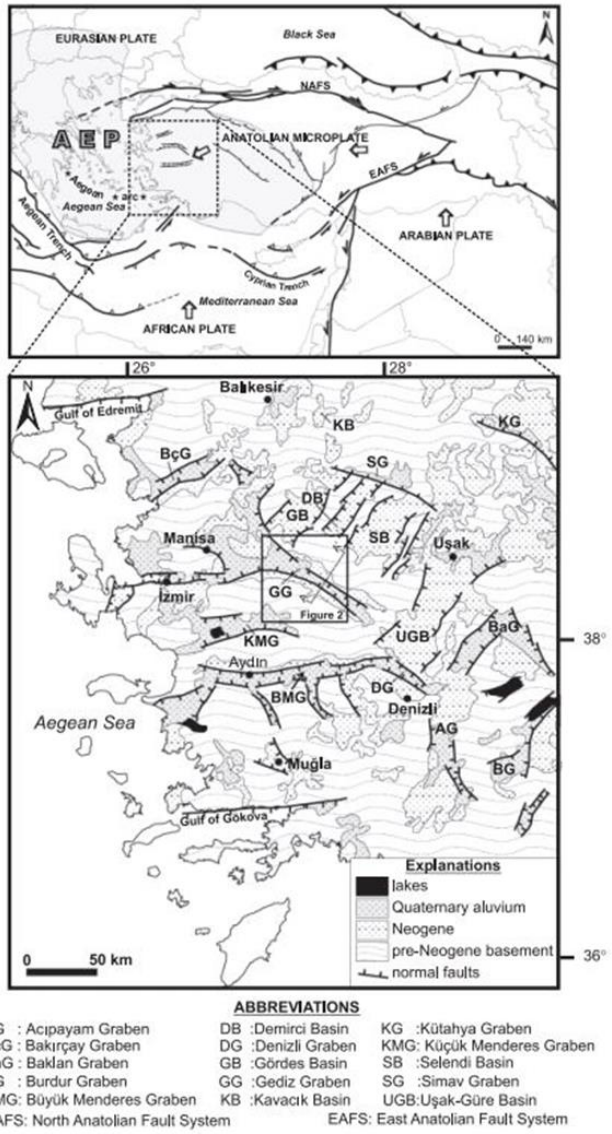


Figure 1. Simplified geological map of the Western Turkey showing locations of the Gediz and other major grabens of the region. Inset map shows the location of Eagen Essentials Province (AEP) in the regional tectonic framework (Çiftçi and Bozkurt, 2010).

At the same time, the Salihli and Alaşehir sub-basins comprising 3000 m sedimentary thickness are separated by an intervening basement high, that is covered by a thin veneer of post-Miocene sediments. Therefore, numerical models are created according to this geological structure.

6 MODELS OD THE AREA

The mesh of the synthetic models is created by taking 4000 m horizontally and the 1500 m vertically. And also the first layer thickness is 360 m, second layer thickness is 120 m and the third layer thickness is 1020 m. Besides, the re-injection well is located at the 200 m horizontally and 450 m depth, and the radius of the well 0.30 m. At the same time, the fault is placed horizontally 1950 m with length 100 m. Additionaly, the synthetic models were produced by patching the geothermal reservoir has 500 m horizontally and 500 m vertically.

Hot water which has 50˚C is injected in re-injection well with mass flow rate 1 kg/s. And also, these models are created for 1 year and 5, 10, 20 and 50 years. For the numerical models of the area permeability is taken as 10^{-13} m^2 for the fault, $2x10^{-15}$ m^2 for the first homogeneous medium, $1x10^{-15}m^2$ for the second and the third homogeneous medium. Finally, it has been investigated how long the geothermal reservoir will cool down and whether it will be able to produce no more.

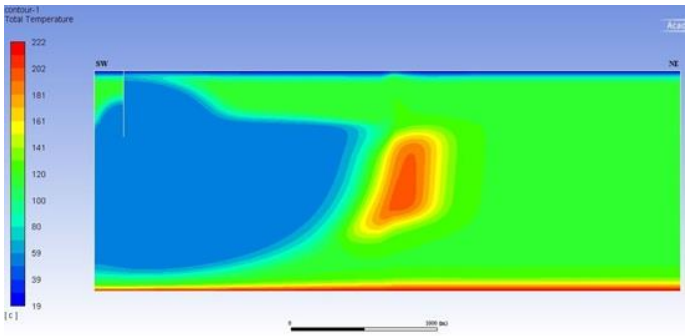


Figure 1. The Effect after 50 years of re-injected hot water.

Consequently, it can be said that the hot fluid is reinjected from the well causes to cool the geothermal reservoir over time according to the produced synthetic models (Fig 2). And, the motion of the fluid can be seen more clearly with the streamlines (Fig 3). It can be noticed that the fluid proceeds by preferring the high permeability medium that it can easily pass through. This situation is also noticed after 50 years, the fluid prefers to pass fault with high permeability. Furthermore, it can be said that the geothermal reservoir cools with temperature between 20 - 50 years.

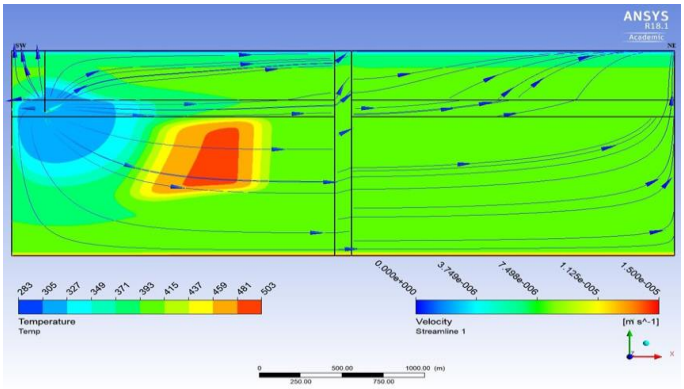


Figure 3. The effects of the hot water dispersion depending on the time by using streamlines after 20 years.

7 DISCUSSION AND CONCLUSION

Anatolian plate escapes to the west because of the collision of Arab-African and Eurosian plates. This motion causes high tectonic activity and so, geothermal fields have been formed in Western Turkey. Therefore, Turkey has a quite rich in geothermal potential which is approximately 31.500 MWt. In this case, Turkey is located at the seventh among the top ten countries in the world and the first in Europe in terms of geothermal potential (Demirtaş, 2010; Köse and et al., 2015).

Gediz Graben is one of the high geothermal potential area in this region. As it is mentioned before, the purpose of this graduation project is the 2 dimensional modelling of a re-injection well close to the geothermal reservoir in Gediz Graben. For this aim, the three layers with homogeneous and isotropic and different permeability values, it is investigated whether the reservoir temperature is affected by injection depending on the time (Fig. 3,4). It is assumed that hot fluid converted to energy by a closed-loop geothermal system which is available for when injection and re-injection have been done in same heat pump system

Finally, it is observed that the fluid prefers to flow within the high permeability layer, which is the fault for this project. Furthermore, simulation results suggest that reservoir temperature decreases by the time. In addition to this, Riahi, A. (2017) mentioned that the life of a geothermal reservoir varies with flow rate and injection temperature. For closed-loop geothermal fields, the average production run is about 30 years. In this project, the cooling rate is appropriate for this average duration because after 50 years it is expected that the reservoir will cool.

REFERENCES

Akan, B. 2013. Jeotermal Sistemlerde Modelleme Yaklaşımı, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 15, (p. 149).

Bilgiç, M., 2015. Salavatlı (Aydın) Jeotermal Alanının Hidrojeokimyasal ve Jeotermal Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Master's thesis,* Dokuz Eylül University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, (p. 14,15).

Çiftçi, N. B., Bozkurt, E. 2010, Structural Evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: Temporal and Spatial Variation of the Graben Basin, *Basin Research*, 22, (pp. 846–848), doi: 10.1111/j.1365-2117.2009.00438.x

Demirtaş, S. 2010. web.ogm.gov.tr/birimler/merkez/egitim/.../AB.../ sibeldemirtas. pdf, (s.17).

Erişen, B. 1986. Jeotermal Enerji Kullanımı ve Türkiye'deki Durumu, *Jeomorfoloji Dergisi*, 15, (pp 73-83).

Kamacı, Z. 1997. Jeotermal Alanlarin Jeofizik Yöntemlerle Araştirilmasi ve Uygulama Örnekleri, *Journal of Engineering Science*, 3 (1), (p. 277).

Köse, İ.İ., Genç,İ., Demiralp, B. 2015. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin İncelenmesi, *Academia Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2015 Vol. 1, Issue 1, 12.

McKenzie, D. 1972. Active Tectonics of the Mediterranean Region, *Geophys. J. R. Astron. Soc*., 30, (pp. 109-185).

McKenzie, D. 1978a. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions, *Geophys. J. R. Astron. Soc*., 55, (pp. 217-254).

Riahi, A. 2017. Innovative Closed-Loop Geothermal Well Designs Using Water and Super Critical Carbon Dioxide as Working Fluids. *42nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering,* Stanford University, California, SGP-TR-212.

Şengör, A.M.C. 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. Türk. Jeol. Kur. Konferanslar Serisi, 2, (pp 1-40).

Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. 1985. Strike-slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study, in Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. *Special Publication*, 37, (pp. 227-264), Eds. Biddle, K.T. and Christie - Blick, N., Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.

Yücesoy, E. 2006. İzmir Körfezi Çok Kanallı Sismik Yansıma Verilerinin Değerlendirilmesi, Master's Thesis, ITU, Graduate School of Science Engineering and Technology, İstanbul.

İstanbul Teknik Üniversitesi ile Milli Savunma Üniversitesi Arasında Kalan Kanlıkavak Dere Yatağı Boyunca Yapılmış Dolgu Alanı Kalınlığının Ve Geometrisinin Belirlenmesi

The Determination of the Thickness and Geometry of the Sealant Field Made Through Kanlıkavak Stream Bed Remaining Between Istanbul Technical University and NationalDefenseUniversity

E. Şatıroğlu, G. Anlamam, E. Demirbağ, C. İmren, B. Karadöller

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZETBu çalışmada, Milli Savunma Üniversitesi ile İstanbul Teknik Üniversitesi arasında kalan dere yatağı boyunca yapılmış dolgu alanının kalınlığını ve yapısını belirlemek amacı ile sismik kırılma çalışması gerçekleştirilmiştir. 2018 yılı Nisan ayında İTÜ kampüsünde yapılan çalışmada, sismik kırılma verileri 8 profil olarak toplanmıştır. Sismik profilde 2m'lik aralıklarla on iki atış yapılmıştır. Veri toplama aşamasında 24 P dalgalı alıcı Oyo-McSeis170f ile sismik kırılma verisi toplanmıştır. Proje kapsamında toplanan veriler, SeisImager™ /2D Refraction Data Analysis programında işlenmiştir. Dolgu kalınlığı 6.24 m ve sismik P hızı 568 m/s bulunmuştur. Dolgu alanının hızı beklenen sonuçlarla uyumlu çıkmıştır. Temel kayaya ait P hızı bilgisi ise 1958 m/s olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar bölge jeolojisi ile uyumludur. Dolgu alanından malzeme çıkarımı ve taşınmasına ilişkin yapılacak olan çalışmaya ait maliyet hesapları yapılmıştır. Sadece taşıma için maliyet hesapları sonucunda hafriyat kamyonu başına maliyeti 33 km uzaklıktaki bir döküm alanı için 960.500 TL olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sismik Kırılma, P Dalgası Hızı, Dolgu Kalınlığı, Hafriyat

ABSTRACTIn this study, a seismic refraction study was carried out for determining the thickness and structure of the sealant area along the creek bed between National Defense University and Istanbul Technical University. Seismic refraction data were collected in 8 profiles on the campus of ITU in April 2018. Twelve shots were done on the seismic method with 2 m interval. Oyo-McSeis 170f Seismic recorder systems with 24 P-wave receivers were used for data collection. The data were processed in the SeisImager ™ / 2D Refraction Data Analysis software. The sealant thickness was found to be 6.24 m and the seismic P velocity to be 568 m/s. The P velocity data of the basement rock was found to be 1958 m/s. Cost calculations were made regarding the transport from the sealant area. As a result of cost calculations for transport only, the total cost of transportation was found to be 960.500 TL.

Keywords: Seismic Refraction, P Wave Velocity, Sealant Thickness, Excavation

1.GİRİŞ

Bu bitirme çalışmasında, Milli Savunma Üniversitesi ile İstanbul Teknik Üniversitesi arasında kalan dere yatağı boyunca yapılmış dolgu alanının geometrisinin belirlenmesine yönelik bir jeofizik çalışma yapılmıştır. Jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi uygulanarak dolgu alanına ait kalınlık ve geometri bilgisi elde edilmiştir. İçerikte detaylı olarak çalışılan bölgenin jeolojik özelliklerinden, saha çalışmalarında kullanılan aletlerde, ölçüm düzeneğinden, veri işlem aşamalarından ve dolgu alanın hafriyat işleminden bahsedilmektedir.

2. ÇALIŞMA SAHASININ JEOLOJİSİ

Çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi'nin Ayazağa Kampüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Çıkılan jeoloji arazisi incelemesinde, çalışma sahasına en yakın incelen mostra sonucunda bölgenin silttaşı ve kiltaşı ardalanmalarından oluştuğu ve yapının hemen hemen homojen olarak dağıldığı tespit edilmiştir. Bölgede çatlak oluşumunun ve faylanmanın bol olduğu görülmektedir. Aynı zamanda kıvrımlanmanın son aşamasında bölgede büyük ihtimalle ters fay yapılanmasının olduğu tespit edilmiştir. İnceleme sonucunda çalışma sahasının, Trakya Formasyonunun genel özelliklerine uyumlu olarak devam ettiği görülmüştür. Trakya Formasyonu İstanbul Paleozoiği'nin üst birimini oluşturur ve çoğunlukla İstanbul Boğazı'nın batı yakasında yüzeylenir.Trakya formasyonu alt Karbonifer yaşlı ve grovak, şeyl ardışımından oluşan bir birimdir. Birim fosfat yumruları içeren çört tabakalarıyla başlar ve üzerine ardalanmalı olarak şeyl, kiltaşı, kumtaşı, grovak, türbiditik kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı gibi klastik bir istif gelir ve Cebeciköy kireçtaşı birimine yanal yönde dereceli olarak geçer.

Şekil2.1. *Çalışma Sahasına ait tabakanlama*

3. ARAZİ VE SAHA ÇALIŞMALARI

Çalışma sahasında bulunan dolgu alanının kalınlığının hesaplanmasına yönelik, yer altı yapısını aydınlatmak amacı ile jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi uygulanmıştır. Sismik kırılma çalışmasında P dalga hızı ölçümleri yapılmıştır. Sismik kırılma yönteminde 8 profil açılmış ve ölçümler yapılmıştır. Kaynak olarak 7kg balyoz kullanılmıştır. Çalışmada 24 adet alıcı P jeofonu kullanılmıştır. 8 profile ait offset ve alıcı aralıkları 2 metre olarak belirlenmiştir. Profiller bir önceki profilin başlangıç ve bitim noktaları baz alınarak konumlandırılmıştır. Bu seçim dolgu alanında bulunan duvarın düşey uzunluğu ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümde duvar kalınlığı 4.5 metre olarak saptanmış ve bu derinliğe inebilmek için gerekli olan profilboyunun en az 5 katı olacak şekilde seçilmesi gerektiği hesaplanmıştır. Ardından dolgu kalınlığı ile birlikte alt katmana ait bilgilerin ayırt edilebilmesi için, profil boyunun ikişer metre baştan ve sonran offset mesafesi bırakılarak 50 metre seçilmesine karar verilmiştir. Bu sebeple alıcı aralığı 2 metre olarak belirlenmiştir.

Her bir profil boyunca düz, orta ve ters olmak üzere üç atış gerçekleştirilmiştir.

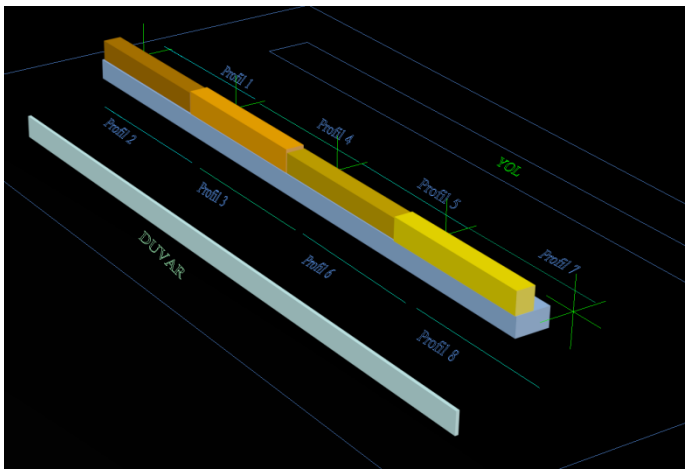
4. SONUÇLAR

Veriler SeisImager program paketindeki Pickwin programı kullanarak yorumlamaya uygun hale getirilmiştir. Tabakalara ait sismik hızlar aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

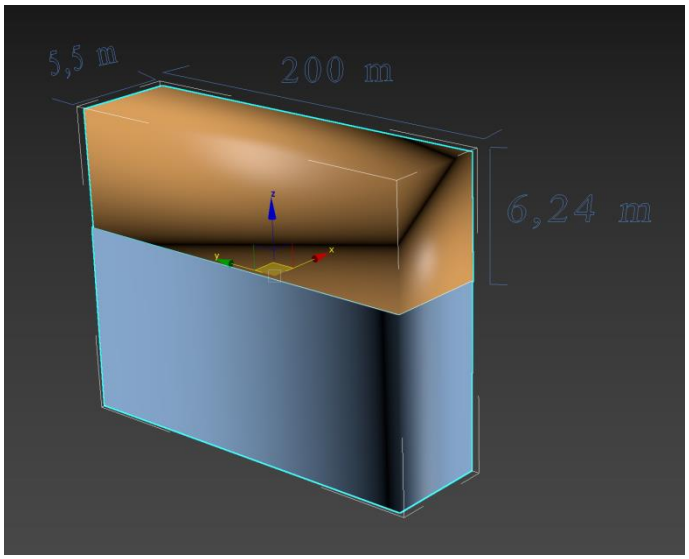
Atışlar	V_1(m/s)	V_2(m/s)	h(m)	X(m)
1. profil düz	816	1821	6.5	20
1. profil orta	565	1055	6.6	24
1. profil ters	603	2630	6.3	16
2. profil düz	531	719	5	26
2. profil orta	834	1298	5.6	24
2. profil ters	431	633	5.7	26
3. profil düz	675	1534	7.5	24
3. profil orta	618	1389	7.4	24
3. profil ters	464	797	5.6	26
4. profil düz	498	1120	6.8	26
4. profil orta	692	1349	6.8	24
4. profil ters	993	1785	5.9	26
5. profil düz	420	2860	6.7	12
5. profil orta	470	1650	5.8	24
5. profil ters	550	2940	5.5	12
6. profil düz	430	3190	6	12
6. profil orta	565	2060	5.6	24
6. profil ters	440	2770	5.4	8
7. profil düz	430	3010	5.8	12
7. profil ters	420	3030	5.7	10
8. profil düz	480	2879	7.8	14
8. profil ters	570	2553	7.2	12
Ortalama	568	1958	6.2	

Tablo 4.1.*Pickwin programı kullanılarak elde edilen sismik hızlar*

Modüllerden elde edilen sonuçlara göre ilk tabaka hızları ortalama 568 m/s iken ikinci tabaka hızları ortalama hızı 1958 m/s'dir. Her bir atışa ait hız verileri sonucunda dolgu alanına ait ortalama kalınlık değeri 6,24 m olarak bulunmuştur. Elde edilen veri işlem sonuçları ve bölgedeki numuneler göz önüne alındığında bölgenin jeolojik yapısının grovak olduğu anlaşılmıştır. Grovak yüksek hızlı bir kayaç olmasına rağmen düşük hızlı ayrılma zonunda (weatheringzone) bulunduğundan hız daha düşük elde edilmiştir. Pickwin modülü kullanılarak elde edilen derinlik (h) bilgileri ışığında, alana ait 3 boyutlu bir modelleme çalışma yapılmıştır. Serimi yapılan profiller ve çalışma alanında bulunan yapılar göz önünde bulundurulmuş ve çalışma sahasına ait 3 boyutlu modeller elde edilmiştir.



Şekil 4.1.*Çalışma sahasına ait 3 boyutlu modelleme çalışması.*



Şekil 4.2.*Dolgu alanına ait 3 boyutlu modelleme çalışması.*

Planlamaya göre çıkan dolgu malzemesinin hafriyat kamyonu kullanılarak taşınması ve en yakın bölgedeki moloz dökme alanına götürülmesine dair hesaplamalar yapılmıştır. Dolgu malzemesinin geometrisi kullanılarak, çalışma sahasından çıkarılması planlanan malzeme yaklaşık 44100 ton olarak hesaplanmıştır. Hesaplama işlemi yapılırken dolgu katmanına ait uzunluk 200 m, genişlik 15 m ve derinlik ise 7 m olarak

hesaplanmıştır. Çıkarılacak olan moloz'a ait yoğunluk değeri 2,1 ton/m^3 olarak bulunmuştur. Genişlik mesafesi hacim hesabına katılırken duvar ile yol arasında kalan toplam uzunluk kullanılmıştır. Derinlik değeri ise kazma miktarının artabileceği göz önünde bulundurularak 7 m'ye yuvarlatılmıştır. Bu bilgiler neticesinde alandan en az 2100 m^3 malzeme çıkarılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Eğer alanda yapılacak olan hafriyat çalışması sonucunda 5 akslı bir kamyon kullanılacak olursa, alandan çıkan malzeme 1807 seferde taşınabilecektir. 5 akslı kamyonların taşıyabileceği en fazla yük kapasitesi 24,4 ton olarak belirlenmiştir. 1 kamyonun 8 saat çalışması planlanırsa, döküm alanı ile olan mesafe göz önünde bulundurulduğunda 1 adet kamyonun 8 tur gidebileceği düşünülmektedir. 15 adet kamyon kullanılacak olursa 1807 sefer 15 günde tamamlanabilecektir. Döküm alanına ait son verilere göre, döküm alanı 20 milyon 799 bin 658 m^3 kapasiteye sahiptir ve doluluk oranı yüzde 31'dir (İstaç, t.y.). İstanbul Teknik Üniversitesinden Eyüp/Çift alan mevkii arası yaklaşık 33 km'dir. Sonuç olarak, Çevre Koruma Müdürlüğü 2018 birim fiyatı kullanılarak yapılacak olan malzeme taşıma maliyeti hesabı sonucunda, malzemenin yüklenmesi ve hafriyat döküm alanına ulaşması yaklaşık olarak 960.500 TL'ye mal olacaktır. Ancak maliyet planlaması belirtilen birim fiyat üzerinden gerçekleşmiştir. Piyasada yapılan araştırma sonucunda maliyetin belirtilen fiyatın 1/3 oranda azaltılabileceği belirtilmiştir.

Tablo 4.2. *Çevre Koruma Müdürlüğü 2018 yılına ait hafriyat toprağı ve inşaat atıklarının taşınması ücret tarifesi*

Hafriyat Toprağı Ve İnşaat/Yıkıntı Atıklarının Taşınması Ücret Tarifesi		
	Birim	**2018 yılı uygulanacak birim fiyat**
1 Ton Hafriyat Toprağı Ve İnşaat/Yıkıntı Atığının 1 Kilometre Taşınması	Tl/Ton-Km	0.66 TL

KAYNAKÇA

Bozkurtoğlu, E., Yazıcı, M., İş, M. (2016). Trakya Formasyonu Silt Taşlarının Zemin Özellikleri, (Ayazağa-İstanbul). *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 9 (1), 42-55. http://dergipark.gov.tradresinden alınmıştır.

Çevre Koruma Müdürlüğü. (2018). 2018 yılında uygulanacak ücret tarifeleri. https://cevrekoruma.ibb.gov.tr sitesinden alınmıştır.

İstaç. (t.y.). Hafriyat ve inşaat atıkları. http://www.istac.istanbul/tr'den alınmıştır.

.

İzmir, Balçova'daki Jeotermal Üretim Kuyusunun Su Kuyularına Etkisinin Simülasyonu

Simulation of the Effect of a Geothermal Production Well on Water Wells in Balçova, İzmir

P. Aksu, İ.C. Önder, D. Düşünür Doğan, S. Üner
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Batı Anadolu bölgesi jeotermal kaynaklar açısından oldukça zengindir. Bölgenin genişleme tektoniğinin bir sonucu olarak incelen kabuğun oluşturduğu yüksek sıcaklık gradyanı, horst-graben sistemleri ve bunlarla bağlantılı faylar, jeotermal alanların oluşumuna büyük katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada Batı Anadolu bölgesinde bulunan Balçova'da açılması planlanan jeotermal enjeksiyon kuyusunun yakınlarında bulunan bir köyün sahip olduğu iki tane su kuyusunun kaç yıl içerisinde kirleneceği bir modelleme çalışması ile araştırılmıştır. Modelleme çalışması yapılırken ANSYS Fluent programı kullanılmıştır. Üç katmanlı yer modeli oluşturulmuştur. Bu yer modelinde fay bulunmaktadır. Her bir katmanın geçirimlilik değerleri bölgenin jeolojisine uygun olarak seçilmiştir. Yapılan modelleme çalışması sonucunda enjeksiyon kuyusuna yakın olan su kuyusunun 10 yıl içerisinde kullanılmaz hale geleceği, 20 yıl içerisinde ise ikinci kuyunun kullanılamaz hale geleceği açıkça ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: jeotermal, fay, geçirimlilik, Fluent ile modelleme.

ABSTRACT The western Anatolian region is very rich in terms of geothermal resources. High-temperature gradients, horst-graben systems and associated faults, which are formed as a result of the expansion tectonic of the region, make a great contribution to the formation of geothermal fields. In this study, a village near the geothermal injection well planned to open in Balçova in the Western Anatolian region was investigated with a modeling study in which the two water wells will be polluted within a few years. ANSYS Fluent program was used when modeling work was done. A three-layered ground model was created. There is a fault in this model. The permeability values of each layer were selected in accordance with the geology of the region. As a result of the modeling work, it is clearly revealed that the water well near the injection well will become unusable within 10 years and the second well will become unusable within 20 years.

Keywords: geothermal, fault, permeability, modeling with Fluent.

1 INTRODUCTION

Geothermal areas are related with the places where hot water or vapor obtained via geothermal gradient in natural reservoirs or man-made systems such as hot dry rocks. The energy obtained from such sources is called "Geothermal Energy".

Depending on the geological structure, the temperature is constantly above the regional atmospheric annual mean temperature due to the effects of the earth's shallow heat.

Anatolian plateau of central Turkey is thicker than the north Aegean Sea and Greece (Makris and Stobbe 1984, Taymaz et al. 1991). An extension regime dominates this region because the western Anatolia is moving towards the south-west direction relative to the Anatolian plate (Taymaz et al. 1991). This extension is not due to the buoyancy forces east of the Anatolian regime, but rather to the return of the plate that has subduct below the southern Aegean (McKenzie 1978; Le Pichon 1982, Taymaz et al. 1991).

Turkey has a great potential for geothermal energy sources. Based on studies Turkey has economically useful geothermal area more than 186 which is temperature varying between from 20 degree to 240 degree (Figure 1) (Mertoglu et al., 2010).

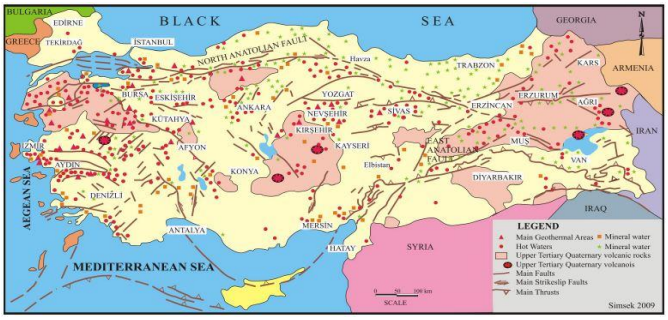


Figure 1. Tectonic lines and hot springs in Turkey (Şimşek 2009, Mertoğlu et al., 2010)

The problem studied in this thesis is how the geothermal water well in the Balçova region affected the water wells of the village near this area as a result of the water being re-pumped into the geothermal well. One injection well is located on the geothermal area and there are two water wells in the village. The re-pumped water from our injection well passes through a fractured permeable system with different porosity values and reaches the water wells of the village. The study area is 500 m wide and 200 m deep. A three-layered underground model is considered. The first layer permeability value is 10^{-12} m^2, the second layer permeability value is $10^{-13}m^2$, and the third layer permeability value is 10^{-14} m^2. In addition, there is a fractured media in the middle part of the examined ground model and the fault permeability value is taken as 10^{-11} m^2. All those permeability values are obtained from the previous studies of the studied area. In this study, ANSYS Fluent computational fluid dynamic program was used. We perform 2D-transient numerical modeling to simulate the effect of reinjected water on water wells. Simulations results demonstrate temperature and fluid flow distribution with respect to the time.

1 MODELING

Five numerical methodologies are used as a piece of groundwater modeling finite difference, finite element, integrated finite differences, the boundary integral equation method, and analytic elements.

2 FLUENT ANSYS

Fluent provides fluid flow and heat transfer in complicated geometries for fluid flow analysis of incompressible and compressible flow. It has to be indicated the computational models, materials, boundary conditions, and solution parameters in the Fluent. Inside Fluent, a computational mesh is connected to a geometry, proper scientific models are connected (for instance, low-speed, high-speed, laminar, turbulent, and so on).Materials are selected, boundary and initial conditions are characterized, and arrangement controls are indicated that best represents to the issue to be explained. Fluent clarifies the numerical conditions, and aftereffects of the simulation can be shown in Fluent for assist investigation (for instance contours, vectors, and so on).

3 GEOLOGY OF THE REGION

Turkey has a great potential in terms of geothermal systems. Particularly Western Anatolia hosts many high temperature geothermal fields. One of the most important geothermal system is in Balçova. Balçova is located on the İzmir fault. Hochstein et al. (1990) report that free convection may occur

in a fracture zone even with crustal heat flow as low as 70–80 mW/m^2, so that the Balçova geothermal system can easily be driven with higher heat flow. The geothermal system in the Balçova region is different from the low temperature fracture district, this region has a high heat generating capacity (Hochstein 1990, Serpen 2004). According to estimates made with geothermometers, the dominant temperature in the economic depths in the fracture zones is 140 degrees and above (Hochstein 1990, Serpen 2004).The Balçova geothermal system is located in the İzmir flysch zone at the age of the upper cretaceous. Izmır flysch zone consist of sandstone, clayey schist, phyllite, limestone, limestone olistoliths, granodiorite, serpentine and diabase (Serpen, 2004).

4 SYNTHETIC MODELS

We have produce synthetic models to observe the changes, our 3 layer synthetic model vertical axis is 500 m and horizontal axis is 2000 m. The diameters of the two wells are 0.3 meters. The first well, the re-injection well is 200 meters from the starting point. (2000 meters horizontally if the starting point is assumed to be zero, it will continue up to 2000 meters.) The second well is 1800 meters from the starting point. The fault is located 950 meters from the starting point. The thickness of the fault is 100 meters. The depth below the fault is 500 meters and keeps along this section. The depth of the first layer is 120 meters, the depth of the second layer is 40 meters and the depth of the third layer is 340 meters. Homogenous and isotropic model were used and numerical fluid flow and temperature pattern were calculated. The influence of the injected water to a village is taken into account in proportion to the time. As time went on, the probability of reaching the hot water to the village was increased. The models were created with the program called FLUENT and the change according to time was examined through this program. In our first model, the heat flow values were taken as 0 in the right and left walls, temperature values are 333 K in the lower wall and 283 K in the upper wall, and the permeability value was taken as 10^{-15} m^2 for all layers shown in the figure. The permeability values of the first layer 10^{-15} m^2, second layer 10^{-14} m^2 and the third layer 10^{-12} m^2 then model was created. The Effect after 20 years of recycled hot water with different permeability (Fig. 2a). Permeability value is 10^{-12} m^2 (Fig. 2b) permeability value is 10^{-14} m^2 and (Fig. 2c) permeability value is 10^{-15} m^2.

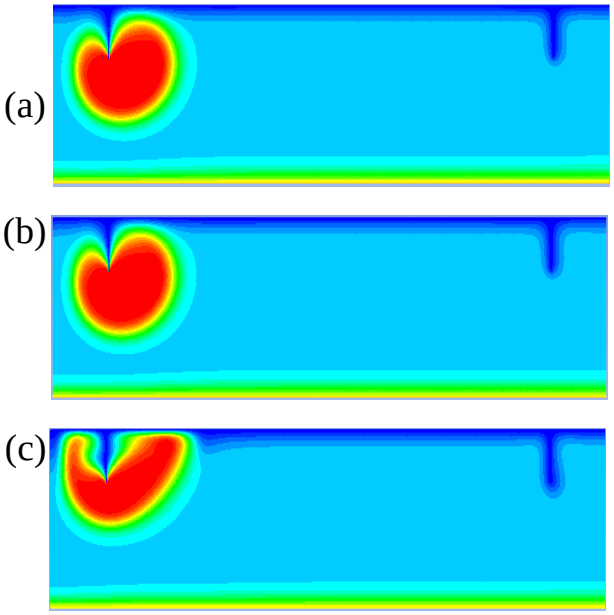


Figure 2. Synthetic models with different permeability in 20 years. (a) 10^{-12} m2 (b) 10^{-14} m2(c) 10^{-15} m2

5 BALÇOVA MODEL

In Balçova models, there are 3 layers like the other synthetic models. The permeability of the top layer is 10^{-14} m^2. The permeability value 10^{-13} m^2 of the second layer and the permeability value 10^{-12} m^2 of the lowest layer are taken. The permeability values we used when constructing the model were determined from the results obtained from previous studies and the geology of the region and the closest values were chosen. In the center of this model, there is a fault. The permeability of the fault is 10^{-11} m^2. There are 3 wells in this model. The first well is the injection well where the geothermal field is found and used. The water is pumped back to the well as mentioned before. In the Balçova model, the diameter of the well is 0.3 meters. The first well, the re-injection well is 50 meters from the starting point. (500 meters

horizontally if the starting point is assumed to be zero, it will continue up to 500 meters.) The second well is 275 meters from the starting point and the third well is 450 meters from the starting point. The fault is located 237.5 meters from the starting point. The thickness of the fault is 25 meters. The depth below the fault is 500 meters and keeps along this section. The depth of the first layer is 48 meters, the depth of the second layer is 16 meters and the depth of the third layer is 136 meters.

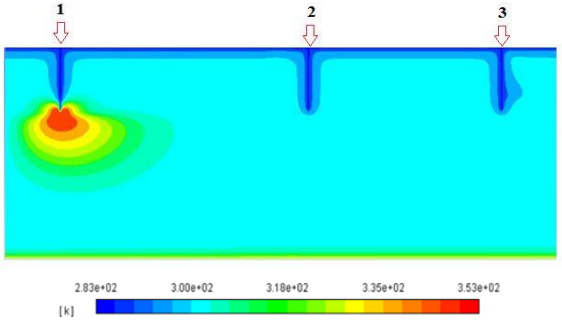


Figure 3. One year later image of the recycled hot water.

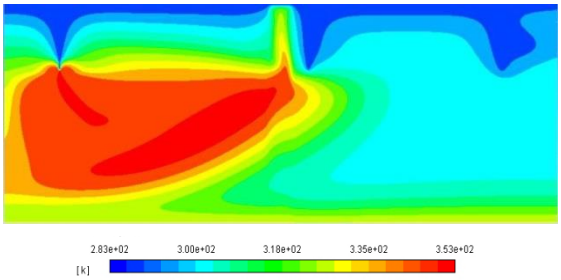


Figure 4. Ten years later image of the recycled hot water.

Figure 4 shows the distribution after 10 years. This distribution has now crossed the second well and started to move towards the third well. Approximately 130 meters left to reach the third well.

6 DISCUSSION AND CONCLUSION

Considering the three-layered model, some calculations were made using the Fluent ANSYS program, considering that the area is 500 meters in horizontal and 200 meters in depth. Each of these three layers has different permeability values due to the geological structure. The permeability value was determined by looking at the lithology of the region and processed in necessary parts of the program. A geothermal well and 2 water wells (one nearer) were inserted in the model. In addition, the effect of the fault near the water well, which is closer to the geothermal field, was also examined. The effect of the fault can be clearly seen on the figures and this effect creates an intrusion. At the end of 10 years it was determined that there was a clear visible effect in the water well near the geothermal field. Furthermore, some engineering work should be done to prevent this recycled water from reaching the wells and this must be prevented. If possible, the re-injection well should be opened to another area. As an alternative, it can be said that the public should be informed that the water wells will be polluted within 10 years and that the necessary considerations should be taken.

REFERENCES

Ansys Fluent Tutorial Guide, Release 14.0, 2011

Hochstein, M.P. 1990. Classification and assessment of geothermal resources. In: Dickson, M.H., Fanelli, M., (eds.), Small Geothermal Resources. A Guide to Development and Utilization, pp. 31-59.

Le Pichon, X. 1982. Land-locked oceanic basins and continental collision: the eastern Mediterranean as a case example, in *Mountain Building Processes*, (pp. 201-211), ed. Hsu, K., Academic Press, New York.

Makris, J. and Stobbe, C. 1984. Physical properties and state of the crust and upper mantle of the Eastern Mediterranean sea deduced from geophysical data, *Mar. Geol., 55*, (p. 347-363).

McKenzie, D., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions, *Geophys.* J. *R. astr. Soc., 55, (*p.217-254).

Mertoglu, O., Simsek, S., Dagistan, H., Bakir, N. and Dogdu, N. 2010. Geothermal country update report of Turkey (2005–2010). In *Proceedings world geothermal congress*.

Serpen, U. 2004. Hydrogeological investigations on Balçova geothermal system in Turkey. Geothermics, 33, (p 309–35).

Taymaz, T., Jackson, J., and McKenzie, D. 1991. Active tectonics of the north and central Aegean Sea. Geophysical Journal International, 106(2), (p.433-490).

Sismik Kırılma Yöntemi ile İTÜ Ayazağa Kampüsü'nde Kayaçların Sökülebilirlik Açısından İncelenmesi

Investigation of Rocks in İTÜ Ayazağa Campus by Using Seismic Refraction Method in terms of Rippability

S. Yalçın, E. Demirbağ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu tez kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Kampüsü içerisinde, yol yapılması planlanan bir bölgede çalışma yapılmıştır. Bu amaçla arazi çalışmalarına katılarak kampüs içerisinde sismik kırılma yöntemi kullanılarak ölçüm alınmıştır. Çalışma kapsamında Etiler Kapısından, İTÜ Geliştirme Vakfı Okullarına doğru olan alan civarında yapılacak olan yeni bir yol için K-G ve D-B doğrultulu 2 profil boyunca; düz atış, orta nokta atışı ve ters atış yapılarak toplam 6 noktada ölçüm alınmıştır. Toplanan veriler bilgisayarda uygun programla işlenerek yorumlamaya uygun hale getirilmiştir. Bilgisayarda yapılmış olan veri işlem adımları detaylı olarak Veri İşlem bölümünde anlatılmıştır. Sismik kırılma çalışmalarında inceleme alanında iki tabaka belirlenmiş olup, üstteki örtü tabakasının P dalga hızı ortalama olarak V_{P1}: 1800 m/s olarak bulunmuştur. Örtü tabakasının altında ise P hızı ortalama V_{P2}: 2900 m/s olan katman tespit edilmiştir. Belirlenen Vp hızları değerlendirilerek zeminin sökülebilirlik sınıflamasını ortaya konulmuştur. Değerlendirmeler sonucunda elde edilen birinci tabakanın P dalgası hızları sökülebilirlik açısından değerlendirilmiş ve uygun sökü/kazı makine türü önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sismik Kırılma, P Dalgası Hızı, Sökülebilirlik

ABSTRACT Within the scope of this thesis, a study was carried out in a region that planned to be constructed within the Ayazağa Campus of Istanbul Technical University. For this purpose, the survey was carried out by using the seismic refraction method in the campus. In this study for a new road to be planned to construct around the area from Etiler Gate to the ITU Foundation Schools; along the 2 profiles with N-S and E-W directions, normal shot, mid-point shot and reverse shot were taken and totally at 6 points measurements were completed. The collected data is processed on the computer with the appropriate program so that it can be interpreted. The data processing steps performed on the computer are described in detail in the Data Processing section.With proccessed seismic refraction data it is determined that there are two layers in the study area and the P wave velocity of the upper cover layer was found to be Vp_1=1800 m/s on average. Under the cover layer, the P velocity average Vp_2 is 2900 m/s.The determined Vp velocities were evaluated and the classification of the rippability of the ground was determined and then by using the P wave velocities of the first layer obtained as a result of the evaluations, suitable type of excavation machine was proposed.

Keywords: Seismic Refraction, P Wave Velocity, Rippability

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Kampüsü içerisinde, yol yapılması planlanan bir bölgede sismik kırılma yöntemini kullanarak, tabakalara ait birincil sismik hızları belirlemek ve bu hızlara göre zeminin sökülebilirlik sınıflamasını ortaya koyarak uygun sökü/kazı makine türü önermektir. İçerikte detaylı olarak çalışılan bölgenin jeolojik özelliklerinden, saha çalışmalarında kullanılan aletlerde, ölçüm düzeneğinden, veri işlem aşamalarından bahsedilmektedir.

2. ÇALIŞMA SAHASININ JEOLOJİSİ

Çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi'nin Ayazağa Kampüsü'nde gerçekleştirilmiştir. İstanbul Bölgesi'nde Erken Paleozoik-Günümüz aralığında oluşmuş pek çok türden kaya birimini bulundurması, karmaşık yapısal izler taşıması ve güncel tektonik hareketlerin etkin olduğu Marmara Bölgesi'nde bulunması nedeniyle pek çok farklı jeolojik araştırmaya konu olmuştur. İstanbul'da jeolojik olarak yapı oldukça karmaşıktır. Bunun başlıca sebebi stratigrafik istifte birbirine çok benzeyen birimlerin tekrarlanması, kılavuz düzeylerinin seyrek ve kolay tanınır olmaması, üstlenen orojenik hareketler, interferans kıvrımları, çok sayıda faylar ile andezit veya diyabaz dayklarının sokulması olarak sıralanabilir. (İstanbul Büyükşehir Belediyesi resmi sitesinden alınmıştır).

Ölçümlerin yapıldığı bölgede ise yapılan arazi çalışmalarıyla ile beraber grovak ve çört olduğu belirlenmiştir. Grovak, bir kumun doğal çimentolaşmasından doğan ve kuvars taneleri oranı yüksek olan tortul kayaçtır. Depreme dayanıklı zemin olarak da bilinir. Başlıca kuvarsit, feldspat veya kaya parçalarının çok köşeli kırıntılarından oluşma sert, koyu renkli bir kayadır. Kil ve silisten oluşan bir hamura sahiptir. Çört ise bir grup olarak, silisli kayaçlar için kullanılan genel bir terimdir. Bu kayaçların yapısı oldukça serttir.

Şekil 2.1. *Çalışma Sahasına ait bir görüntü*

3. SAHA ÇALIŞMALARI

Çalışma kapsamında sökülmesi planlanan bölge etrafında 2 profil boyunca sismik kırılma yöntemi kullanılarak ölçüm alınmıştır. 1. Profil Kuzey-Güney doğrultulu, 2. Profil ise Doğu-Batı doğrultulu alınmıştır. Ölçüm esnasında kullanılan ekipmanlar: 24 Kanallı OYO-McSeis 170f model cihaz, P jeofonu (24 Adet), Trigger jeofonu ve bağlantı kablosu, plaka, akü (2 adet), 12 kanallı sismik bağlantı kablosu (2 adet), balyoz, alet çantası, metre ve GPS'tir. Ölçüme hazırlık aşamasında öncelikle şeritmetre belirlenen profil boyunca yere serilmişir. Ardından 2 metre aralıklarla jeofonlara yere gömülmüştür. Jeofon, en genel tabiri ile yerin mekanik hareketini, elektrik sinyaline dönüştüren alıcılardır. Bu çalışmada toplam 24 adet P jeofonu kullanılmıştır. Daha sonra sismik bağlantı kablosunun serimi yapılmış ve jeofonlara ile bağlantısı sağlanmıştır. Kayıt esnasında kullanılan cihaz OYO McSeis-170f modeli sismik kayıt cihazıdır. Bu cihazlar jeofonlardan gelen yer hareketlerini depolarlar. Kaynak olarak balyoz kullanılmıştır. Kaynak çok güçlü olmadığından stack yapılarak aynı noktada vurulan 3 atış üst üste kaydedilmiştir. Ölçümler esnasında düz, ters ve orta nokta atışı yapılmıştır. Toplamda 48 metrelik bir

serim yapılmıştır. Profillerdeki düz atış 0 metreden, orta nokta atışı 25 metreden, ters atış ise 50 metreden yapılmıştır. Normalde orta nokta atışının 12. ve 13. jeofon arasında yapılması gerekirken, bu atış 1. ve 13. jeofon arasında yapılmıştır. Bu farklılık sismik kesitte de yorumlama açısından zorluk oluşturacağı için kullanılan yazılımda kaynağın bulunduğu mesafe ve jeofonların bulunması gereken metre tek tek girilmiştir. Alınan kayıtlar SEG2 formatında, atış numaralarına göre isimlendirilerek kaydedilmiştir.

4. SONUÇLAR

Veriler SeisImager program paketindeki Pickwin programı kullanarak yorumlamaya uygun hale getirilmiştir. Tabakalara ait sismik hızlar aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

	1. PROFİL	2. PROFİL
Düz Atış	Vp_1=2278 m/s Vp_2=4315 m/s	Vp_1=700 m/s Vp_2=1900 m/s
Orta Nokta Atışı	Vp_1=2511 m/s - 3908 m/s Vp_2=2537 m/s - 3483 m/s	Vp_1=581 m/s - 1302 m/s Vp_2=875 m/s - 1990 m/s
Ters Atış	Vp_1=1858 m/s Vp_2=2926 m/s	Vp_1=1646 m/s Vp_2=2998 m/s

Tablo 4.1. *Pickwin programı kullanılarak elde edilen sismik hızlar*

Sonuçlar incelendiğinde, 1. Profilin düz atış verisinde gürültü oranının yüksek olmasına bağlı olarak verinin okumasında sorun yaşanmıştır ve hızlar oldukça yüksek çıkmıştır. Sinyal/Gürültü oranının düşmesinin sebebi, bu profilin yakınından geçen arabaların olması ile açıklanabilir. Aynı şekilde her iki profile ait orta nokta atışlarında da verinin kaliteli olmadığı gözlemlenmiş, bu nedenle yorumlama kısmında bu atışlar esas alınmamıştır. Kayaçların fiziksel ve yapısal özellikleri sökülebilirliklerini etkiler. Gevşek yapılı kayaçlar, sağlam yapılı kayaçlara göre daha kolay sökülebilir. Örneğin killi-kumlu yapıları sökmek, daha sıkı, bozunmaya uğramamış olan magmatik bir kayacı sökmekten daha kolaydır (Müftüoğlu, tarih belli değil). Gevşek yapılı kayaçlar daha düşük sismik değerlerine sahipken, sağlam kayaçlar yüksek sismik hızlara sahiptir. Profillerin ters atışları aşağıdaki görselden de görülebileceği gibi neredeyse aynı noktadadır. Atışların düzenlenmesinden elden edilen sismik hızlar incelendiğinde, her iki profilin de ters atışlarındaki tabaka hızlarının benzer olması beklenmektedir ve sonuç bu şekildedir. Profil 2 şekilde görülebileceği gibi eğim aşağı inen bir yol üzerindedir. Profil 2'nin düz atışına ait hızlar ise genel hızlara oranla daha düşüktür. Bunun sebebi sökülmesi planlanan tepeden aşağı, atış yapılan noktaya gelen malzeme ile orada bir dolgu zemin oluşmasıdır. Bu nedenle o atışa ait verideki birinci tabakanın hızı dolgu zemine aitken, ikinci tabakanın hızı aslında diğer atışların birinci tabakasına eşittir.

Şekil 4.1. *3 Boyutlu haritada profillerin eğimlerinin gösterilmesi*

Kaya sökülebilirliğini belirlemek ve sökücü makina seçimini yapmak için yapılan sismik kırılma ölçümleri sonrasında, arazide aynı jeolojik formasyon içinde farklı sismik hız değerleri ile karşılaşılmıştır. Bu nedenle, makina seçimi sadece jeolojik formasyona göre değil, formasyonun başlıca jeofizik değerlerine göre yapılmalıdır. Hızlar incelendiğinde birinci katman için ortalama

hız Vp=1800 m/s civarınadır. Aşağıda Barış Demircioğlu tarafından, Nuh Bilgin'in 1989 yılında hazırladığı sismik hızlara bağlı kazı makine seçimi sınıflandırması ve Y.V. Müftüoğlu, M.J. Scoble'nun Kömür Açık İşletmeciliğinde Kazılabilirliği Belirleme Yöntemleri makalesindeki sonuçların birleştirilmesi ile hazırlanmış tablo verilmiştir.

P Dalga Hızı	**Sökülebilir-lik**	**Kazı Türü**	**Kazı Aracı Patlayıcı Madde Kullanmaksızın**
300 – 600 m/s	Çok kolay	Riperleme	Riper-Skraper Caterpillar D 8 Riperi
		Çekmekepçe ile Kazı	Çekmekepçe >5 m 3(*) Lima 2400
		Kepçeli Yerkazar ile Kazı	Halatlı Kollu Yerkazar > 3 m 3 (Rope Shovel) Ruston Bucyrus 71RB
600 – 900 m/s	Kolay	Riperleme	Riper-Skraper Caterpillar D9 Riperi
		Çekmekepçe ile Kazı	Çekmekepçe >8 m 3 Marion 195
		Kepçeli Yerkazar ile Kazı	Halatlı Kollu Yerkazar > 5 m 3 Ruston Bucyrus 150 RB
900 – 1500 m/s	Orta	Riperleme	Riper-Kep. Yrkz/Ek. Kol. Kep. Yük. Caterpillar D9 Riperi
		Kepçeli Yerkazar ile Kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. > 3 m 3 Caterpillar 245
1500 – 2100 m/s	Zor	Riperleme	Riper-Kep. Yrkz. /Ek. Kol. Kep. Yük. Caterpillar D10 Riperi
		Kepçeli Yerkazar ile Kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. > 3 m 3 Cat. 245 veya O &K RH40
2100 – 2400 m/s	Çok zor	Kepçeli Yerkazar ile Kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. >3 m 3
2400 – 2700 m/s	Son derece zor	Kepçeli Yerkazar ile Kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. >7 m 3DemagH111 PoclainlOOOCK P&H 1200 O &K RH75

Tablo 3.2. *Kayaçların sökülebilirliği ve makine seçimi*

Bu tablo incelendiğinde ortalama 1800 m/s hıza sahip olan birinci tabaka için Riperleme veya Kepçeli Yerkazar ile Kazı ve makine olarak ise aşağıda fotoğrafta görülen Caterpillar D10 Riperi önerilebilir.

KAYNAKÇA

Bilgin, N., (1989). İnşaat ve Maden Mühendisleri için Uygulamalı Kazı Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Bozkurtoğlu, E., (2010). Trakya Formasyonu Silt Taşlarının Zemin Özellikleri, Ayazağa-İstanbul.

Demircioğlu, B., (2018). Bitirme Çalışması, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul.

İmer, R.R., (1984). İTÜ Ayazağa Kampüsü Mühendislik Jeolojisi. YL Tezi. 64s., İstanbul.

Müftüoğlu, Y.V., Scoble M.J., (Yıl Mevcut Değil). Kömür Açık İşletmeciliğinde Kazılabilirliği Belirleme Yöntemleri

Özgül, N., (2011). İstanbul İl Alanının Jeolojisi. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin Müdürlüğü Kent Jeolojisi Projesi.

Alaşehir Grabenin Sismik Modellemesi

Seismic Modelling of Alaşehir Graben

Y.F. Akbaş, E. Demirbağ
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geophysical Engineering,Istanbul

ÖZET Bu çalışmada, Batı Anadolu'da yer alan ve önemli graben sistemlerinden birisi olan Alaşehir Grabeni'nin modellemesi, yapay sismogram kullanılarak oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu süreçte kullanılan veriler TPAO'nun Manisa/Alaşehir'de kazdığı Alaşehir-1 Kuyusundan elde edilmiştir. Yapay sismogram oluşturulurken Gardner denkleminden yoğunluklara geçilmiş, akabinde akustik empedans ve refleksiyon logları hesaplanmıştır. Daha sonrasında 8-56 Hz frekans bant aralığında kosinüs fonksiyonu kullanılarak, refleksiyon logları ile konvulüsyonu sonucu yapay sismograma elde edilmiştir. Yapay sismogram elde edildikten sonra bir sismik iz olarak düşünülerek daha önce bölgede yapılan sismik çalışmalar sonucunda elde edilmiş sismik kesitler ile beraber karşılaştırılarak formasyon sınırları görülmeye çalışılmış, bölgenin jeolojisi sismik verilerden hareketle yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sismik modelleme, yapay sismogram , kuyu bağlama

ABSTRACT In this study, the model of Alaşehir Graben, which is one of the important graben systems in Western Anatolia, was tried to be constructed using synthetic seismogram. The data used in this process have been obtained from Alaşehir-1 Well which TPAO dug in Manisa / Alaşehir. While the artificial seismogram was generated, the densities were calculated from the Gardner Equation, and then the acoustic impedance and reflection logs were calculated. Later, using the cosine function in the frequency band of 8-56 Hz, reflection logs and cosine function was convulated to obtain synthetic seismogram. After obtaining the synthetic seismogram, it was considered as a seismic trace and compared with the seismic sections obtained in the previous seismic studies, the formations boundaries were tried to be seen, and the geology of the region was interpreted from the seismic data.

Keywords: Seismic model, synthetic seismogram, well tie

1 INTRODUCTION

Alaşehir is the one of the most important place for geothermal investor and scientist. Because of its geothermal capacity, Alaşehir Graben becames more important for both scientifically and economically.

To understand the geology of this region, lots of studies have been completed with companies or universities. Also in this study, the main goal is creating a seismic model for Alaşehir graben.There are several different methods of creating a seismic model, however fort his work 1-D seismic model have been created. This model can be used for recognizing the different layers and different lithologies.

2 GENERAL GEOLOGY OF THE REGION

The Gediz Graben is one of the best-developed grabens in western Turkey (Fig.1). Almost the entire section of the graben fill is exposed along its southern margin, revealing many aspects of the

depositional system and the extensional deformation.Consequently, the graben- fill has been the subject of numerous studies during the last three decades. However,many issues related to the geology and evolution of the graben remain unresolved or controversial.

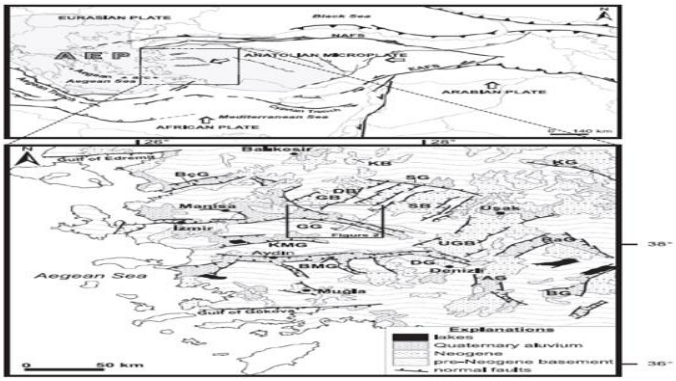


Figure 1. Graben Systems in Aegean Area of Turkey (Çiftçi, 2007)

2.1 Tectonic Settings

Western Turkey is part of a larger extensional domain known as Aegean Extensional Province (AEP). The AEP is part of the Alpine-Himalayan belt, and is subject to ongoing extensional deformation and intense seismic activity.

Although critical points in the timing and evolution of extension remain controversial, GPS-based studies resolved that the AEP is currently extending in a N-S direction at a rate of 30-40mm/year, with respect to Eurasia (Le Pichon et al., 1995).

2.1.1 STRUCTURAL AND STRATIGRAPHIC FRAMEWORK

The Gediz Graben is bounded by two major normal fault systems at its southern and northern margins, and extends more than 100 km along the Gediz River flood plain.

The southern margin of the graben is clearly defined with a broad, convex-northward outline and separates an almost flat graben floor from the rugged topography of the Bozdağ Mountains. Relatively narrow in the east (10km), the graben gradually widens (up to 25 km) westward eventually splitting into two branches towards Manisa.

3 METHODS AND MATERIAL

To make a seismic model, several steps needs to be done one by one. From velocity values, which coming from check shot , using Gardner's equation densities have been calculated. After that, acustic impedances are also calculated and reflection coefficient log have been created. Reflection coefficients logs and cosinus funtion are convoluted. After this step a synthetic seismogram can be obtained.

3.1 Seismic Modeling

Generation of a synthetic seismogram from a well log and comparing the synthetic, or modeled trace, with seismic data is a common direct modeling procedure.

3.2 Check Shot

Check Shot Survey is type of borehole seismic data designed to measure the seismic traveltime from the surface to a known depth. P-wave velocity of the formations encountered in a wellbore can be measured directly by lowering a geophone to each formation of interest, sending out a source of energy from the surface of the Earth, and recording the resultant signal.

3.3 Gardner's Equation

Gardner's equation, or Gardner's relation, named after G. H. F. Gardner and L. W. Gardner, is an empirically derived equation that relates seismic P-wave velocity to the bulk density of the lithology in which the wave travels (Sheriff, 1991).

3.4 Acustic Empedances

The concept of acoustic (or seismic) impedance is critical to understanding seismic reflectivity. Seismic impedance controls the seismic reflection process in the sense that seismic energy is reflected only at rock interfaces in which there are changes in impedance across the interface. Seismic impedance is defined as;

$$I = \rho V, \quad (1)$$

3.5 Reflection Coefficients

Seismic reflectivity is best explained with a simple two-layer Earth model in which Layer 1 is above Layer 2 (Fig. 4). The seismic reflection coefficient, R, for a downgoing particle-velocity wave mode that arrives perpendicular to the interface between the two layers is;

$$R = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} = \frac{\rho_1 V_1 - \rho_2 V_2}{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2} \quad (2)$$

where; ρ = the bulk density of the rock, and V = the velocity of seismic wave propagation through the rock.

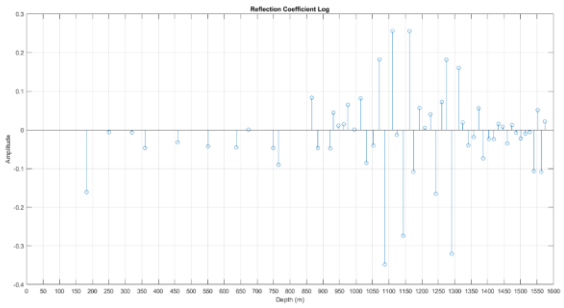


Figure 2. Reflection Coefficient Log with MATLAB

3.6 Convolution

Convolution (Kanasewich, 1981) is a mathematical operation defining the change of shape of a waveform resulting from its passage through a filter. Thus, for example, a seismic pulse generated by an explosion is altered in shape by filtering effects, both in the ground and in the recording system, so that the seismogram (the filtered output) differs significantly from the initial seismic pulse (the input).

3.7 1-D Synthtetic Seismogram

A reflected or transmitted wavelet through an acoustic impedance discontinuity has the same wave shape as the incident wavelet. A seismic trace records such wavelets and acoustic impedance discontinuities. The concept, that a seismic trace is simply the superposition of each reflections, is basic to convolution model. Then, from this operation which is considered as common type of forward modeling, the synthetic seismogram is formed (Sheriff and Geldart, 1982).

After all this steps, with using MATLAB software the synthetic seismogram is ready for further steps as in Fig.3.

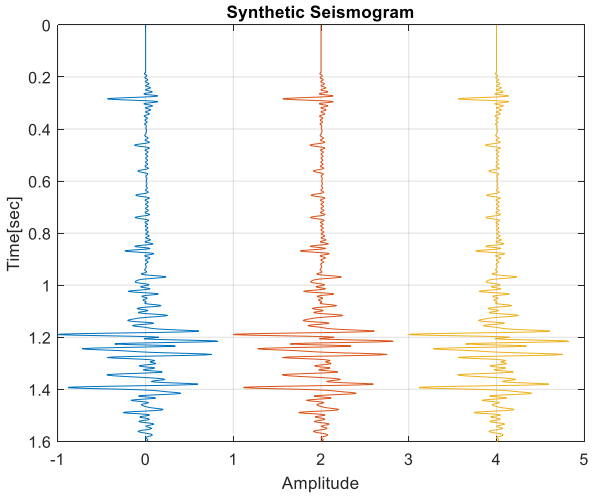


Fig. 3 1-D Synthetic Seismogram

4 RESULTS

When Fig. 4 examined its obvious that synthetic seismogram is succesfull to recognize Different formations. Where the transtion of formations , this synthetic seismogram gives peaks negative and positive peaks which represents transition of formations. In the Fig.3.6 transitions peaks of Kalatepe/Bintepeler , Gediz, Çaltılık, Alaşehir formations can be seen.

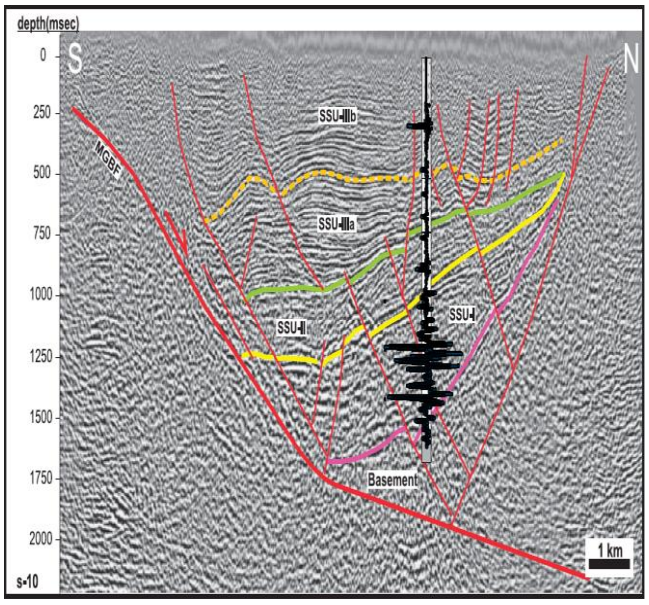


Fig.4 Synthetic Seismogram Embedded Into Interpreted Seismic Section

ACKNOWLEDGEMENTS

I sincerely thank my thesis advisor, Prof. Dr. Emin Demirbağ for his patiently guidance and contributions to me during this work and in my education life and also, I appreciate all professors and research assistants in the department for their contributions and helps to me during whole time.

REFERENCES

Çiftçi, N. B. 2007. Geological evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: temporal and spatial variation of the graben, Master Thesis, ODTÜ, Ankara.

Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E. 2009b. Evolution of the Miocene sedimentary fill of the Gediz Graben. *Sedimentary Geology, 216*, (pp. 49-79).

Le Pichon, X. and Angelier, J. 1981. The Aegean Sea: Philos. *Trans. R. Soc*. London Ser., A. 300, (p. 357-372).

Sheriff, R. E. 1991. *Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics.* Society of Exploration Geophysicists.

İTÜ-Ayazağa Yerleşkesi Yeraltı Isı Galerisi Dağılımının Yüksek Çözünürlüklü Jeofizik Yöntemler ile Belirlenmesi

Determination of the Subsurface Heat Gallery Extension of ITU-Ayazaga Campus by High Resolution Geophysical Methods

F. Gül, N. G. Okut Toksoy, H. Kurt
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

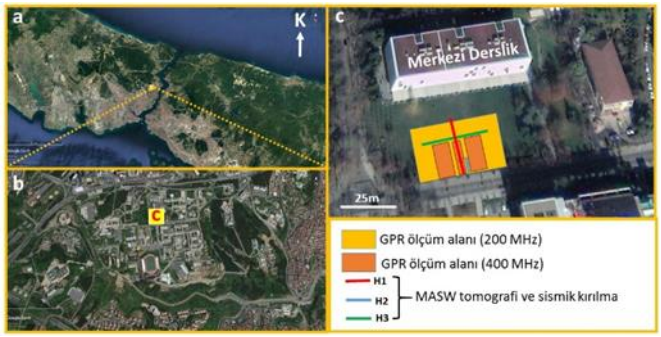
ÖZET İTÜ-Ayazağa yerleşkesi, Merkezi Derslik Binası önündeki çim alanda yeraltı ısınma borularının geçişi amacıyla açılmış ısı galerisinin dağılımı yüksek çözünürlüklü jeofizik yöntemlerle araştırılmıştır. Yaklaşık olarak D-B doğrultulu uzandığı önceden bilinen galeriyi dik doğrultuda kesen hatlar üzerinde yer-radarı (Ground Penetrating Radar, GPR), çok-kanallı yüzey dalgası (Multi-channel Analysis of Surface Waves, MASW) ve sismik kırılma verileri toplanmıştır. Verilerin işlenmesinde yer-radarı için ReflexW, sismik kırılma ve MASW yöntemleri için ise Seisimager yazılım programları kullanılmıştır. Yer-radarı ve MASW sonuçlarına göre galeri, çim alanı güneyden sınırlayan yolun yaklaşık 5 m içerisinden yola paralel bir doğrultuda ortalama 3.7 m derinlikte ve 4.5 m genişlikte uzanmaktadır. Sismik kırılma atış kayıtlarında boşluğun olduğu alanlarla ilişkili sismik izler gözlenmekle beraber kırılma yöntemi galeri sınırlarının belirlenmesinde temel yöntem olarak kullanılmamıştır.
Anahtar Kelimeler: Yer-radarı, MASW, Sismik kırılma, Yeraltı boşluklarının belirlenmesi

ABSTRACT Investigating part of the subsurface heat gallery distribution in the front of the Central Hall Building of ITU in Ayazaga Campus, using high resolution geophysical methods was performed. Ground Penetrating Radar (GPR), Multi-channel Analysis of Surface Waves (MASW) and seismic refraction data were collected on the gallery that previously known as approximately E-W direction. ReflexW and Seisimager softwares are used for the data processing of the GPR and MASW/seismic refraction data respectively. According to the interpretation of the processed GPR and MASW data, the gallery has 3.7 m depth and 4.5 m width in the subsurface that goes in E-W direction. Moreover, the gallery is extended nearly parallel to the road bordered the study area from the south within range of 5 m from road. Although seismic traces related to the gallery are detected from the seismic refraction shot gathers, seismic refraction is not used as fundamental method in this study.
Keywords: GPR, MASW, Seismic Refraction, Determination of subsurface spaces

1 GİRİŞ

Sığ derinlikli yer altı boşluklarının bulunması ve yer içindeki dağılımının belirlenmesinde yüksek çözünürlükte çözüm veren jeofizik yöntemler başarılı sonuçlar sunar. Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Yerleşkesi, Merkezi Derslik Binası önündeki çim alanının (Şekil 1) altındaki ısı galerisinin yer içindeki dağılımının araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Jeolojik olarak alüvyonal dolgunun altındaki karbonifer yaşlı Trakya Formasyonuna ait birimlerden oluşan yerleşke alanında yüksek çözünürlükte çözüm veren yer-radarı (GPR, Ground Penetrating Radar), çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW, Multi-Channel Surface Wave Analysis) ve sismik kırılma verilerinin toplandığı alanlar Şekil 1'de verilmiştir. Veriler ReflexW ve

SeisImager programları kullanılarak işlenmiş ve ısı galerisinin yer içindeki dağılımının yanı sıra yer içi tabaka yapısı da belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası ve toplanan verilere ait hat ve alanların bilgisi.

2 ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

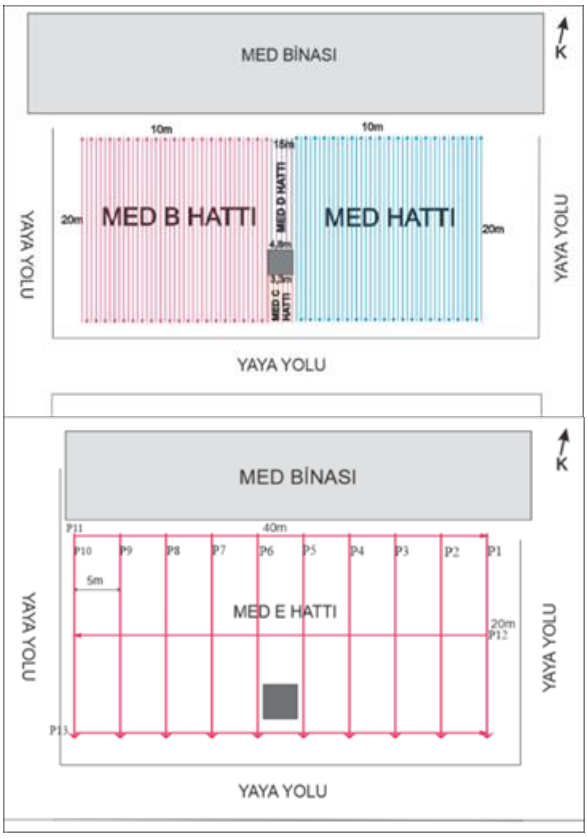
Çalışma alanında yer altı ısı galerinin derinliğini ve uzanım doğrultusunu belirlemek amacıyla kullanılan yer radarı, sismik kırılma ve MASW yöntemlerine ait kısa tanıtıcı bilgiler ve bu çalışmaya ait arazi çalışmaları ilerleyen bölümlerde verilmektedir.

2.1 Yer Radarı (GPR) Uygulaması

Sığ yeraltı yapısının belirlenmesinde kullanılan yer-radarı yönteminde verici anten ile yer içine gönderilen çok yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar ara-yüzeylerden yansıyarak alıcı anten ile kaydedilerek ölçü alınır. Bu çalışmada yer-radarı verileri 200 MHz ve 400 MHz frekansta antenler kullanılarak beş alana bölünerek alınmıştır (Tablo 1, Şekil 2). Verilerin toplandığı hatlar arası uzaklık 0.25 ve 0.50 m gibi çok küçük değerler olduğundan yer-radarı verilerinin lokasyonları hat isimleriyle değil alanlarla tarif edilmiştir.

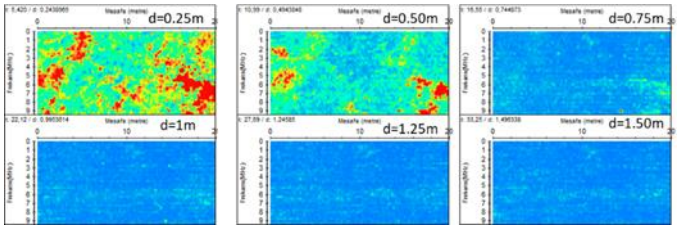
Çizelge 1. Yer-radarı verilerinin toplandığı alanlara ait veri toplama özellikleri

ALANLAR	ALAN ADI	TARANAN ALAN (m2)	PROFİL SAYISI	PROFİL ARALIKLARI (m)	PROFİL UZUNLUKLARI	VERİ UZUNLUĞU (m)	ANTEN FREKANSI (MHz)
1	MED	20x10	41	0,25	20	820	400
2	MEDB	20x10	40	0,25	20	800	400
3	MEDC	3,3x1,5	6	0,25	3,3	19,8	400
4	MEDD	15x1,25	5	0,25	15	75	400
5	MEDE/ Boyuna	20x40	10	5	20	200	200
5	MEDE/ Enine	40x20	3	20	40	120	200

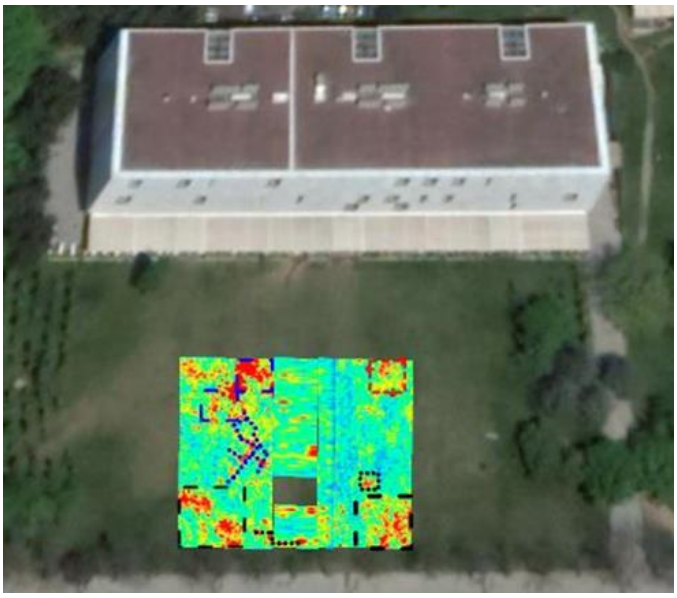


Şekil 2. Yer-radarı ölçüm hatlarının görünümü

Arazide ölçümler alındıktan sonra toplanan veriler ReflexW programı ile işlenmiştir. Program üzerinde Dewow, statik düzeltme, enerji geri kazanımı, arkaplan gürültüsünün uzaklaştırılması, bant geçişli filtre, F-K filtreleri uygulanmış ve çalışma alanına ait 3 boyutlu kat haritaları oluşturulmuştur. Şekil 3'de MED Hattına ait 0.25 m'den 1.5 m'ye kadar olan yer-radarı kat haritalarını göstermektedir. Dikkat edilecek olursa 0.75 m'den daha derine indikçe elektromanyetik dalganın sönümlenmesinden dolayı bilgi alınamamaktadır. Şekil 4'de ise 0.25m derinliğe ait kat haritasının yorumlanmış hali verilmiştir.



Şekil 3. Şekil 2'de verilen MED hattına ait yer-radarı kat haritaları

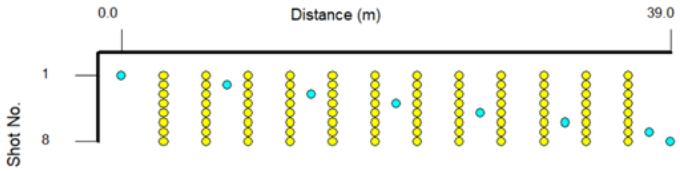


Şekil 4. Derinliğin 0.25 m olduğu kat haritasının yorumlanmış hali. Siyah kesikli çizgiler galeri boşluğunu, mavi kesikli çizgiler sulama hattını göstermektedir. Kırmızı kesikli çizgilerle verilen alandaki anomalinin kaynağı anlaşılamamıştır.

2.2 MASW Uygulaması

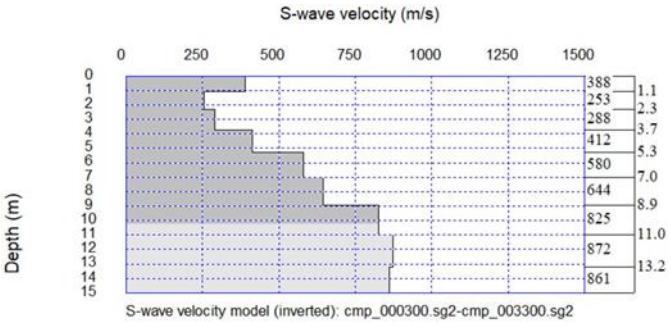
Çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW, Multi-channel Analysis Surface Waves) yöntemi genel olarak şehir gürültüsünün olduğu alanlarda sismik kırılma yönteminin yanında kullanılır ve sığ yer içi S-dalgası değişimini araştırır. Yöntemde yüzey dalgalarının (ground roll) frekansa bağlı faz hızı (dispersiyon) eğrileri analiz edilir (Nazarian vd., 1983). Sığ derinliklerin araştırılmasında sismik kırılma için hız terslemesi olarak bilinen yüksek hızlı katmanın altında düşük hızlı katmanı saptamak amacı ile tercih edilmektedir.

Bu araştırmada yüzeye yakın sığ katmanın altında düşük hızlı galeri boşluğunun olması nedeniyle tercih edilen MASW verilerinin toplandığı hatlar H1, H2 ve H3 hatlarıdır (Şekil 1). H1 ve H3'de, 3 m jeofon aralığı olmak üzere hat uzunluğu 39 m olarak belirlenmiştir ve her 6.5 metrede jeofon aralarında vuruşlar yapılarak MASW tomografi çalışması yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. K-G doğrultulu H1 hattı için, jeofon noktaları ve atış yapılan noktalar (Sarı daireler jeofonları, maviler ise atış yapılan noktaları göstermektedir).

MASW uygulaması sonucunda 1.1 ve 3.7 m derinlikleri arasında yer altı hız yapısının düştüğü görülmüştür (Şekil 6). Galeri boşluğundan dolayı bu alanda düşük hız anomalisi görüldüğü düşünülmektedir. MASW veri işlemi sonucunda galeri derinliği yaklaşık olarak 3.7 m olarak bulunmuştur.

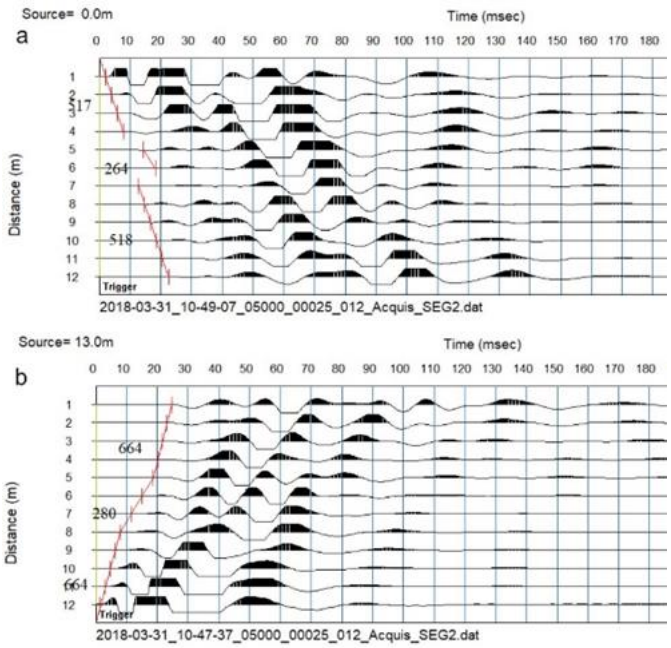


Şekil 6. Dispersiyon eğrisi sonrasında ters çözüm yapılmış S dalgası hız modeli

2.3 Sismik Kırılma Uygulaması

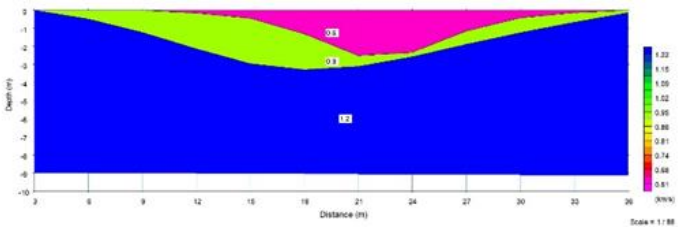
Tabaka ara-yüzeylerinden kırılarak alıcılara gelen sismik dalgaların ilk varış zamanlarını kullanarak yer içi sismik hız dağılımını ortaya koyan sismik kırılma verilerinin toplandığı hatlar H1 ve H2' dir. (Şekil 1). K-G doğrultulu H1, 39m uzunlukta, 3m ofset ve jeofon aralığına sahiptir. Sismik atış kaydı üzerinde 6. jeofonda yer altı boşluğu ile ilişkili olabilecek sismik iz tespit edilmiştir. Yer altı boşluğunu daha fazla jeofonda gözlemlemek amacıyla aynı hat üzerinde (H2) ofset ve jeofon aralığı 1m seçilerek 12 m uzunlukta toplanmıştır. Şekil 7'de H2 hattında toplanmış düz ve ters atış kayıtları verilmiştir. Dikkat edilecek olursa

ters atış kaydı üzerinde 5, 6, 7 ve 8. sismik izler, düz atış kaydı üzerinde de 5 ve 6. izler galeri ile ilişkili olarak farklılaşma göstermektedir.



Şekil 7. H2 hattının a) düz ve b) ters atış kaydı

Sismik kırılma verilerinden H1 hattının Seisimager programı ile oluşturulan yeraltı hız derinlik modeli Şekil 8'de verilmektedir. D-B uzanımlı boşluğu dik olarak K-G doğrultuda kesen H1 hattına ait hız derinlik modelinde en üstte gözlenen çanak şekilli tabakanın boşlukla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Daha alttaki tabakanın boşluğun tabanını oluşturan beton yüzeye ait olması muhtemeldir. galerinin altında hızın arttığı gözlenmektedir.



Şekil 8. H1 hattına ait düz ve ters atış kayıtlarının değerlendirilmesi sonucu oluşturulan yeraltı derinlik-hız modeli

3 SONUÇLAR

İTÜ-Ayazağa Yerleşkesi, Merkezi Derslik Binası önündeki alanda yer altında ısı borularının geçişi için yapılmış olan galerinin yer içindeki dağılımının araştırıldığı bu çalışmada yer-radarı verilerine ait kat haritalarına göre boşluğun sınırlarının harita düzleminde D-B doğrultusunda yaklaşık 4.5 metre genişlik verdiği gözlenmektedir. Boşluk sahayı güneyden sınırlayan yaya yolundan kuzeye doğru yaklaşık olarak 5 m içeri devam etmektedir. Yer-radarı verilerinde galeri boşluğuna ait alanlar gözlenmekle beraber D-B doğrultusundaki devamlılığı kayıtlarda aynı süreklilikte gözlenememiştir. Galeri sınırlarında bulunan betonun içerisinde elektromanyetik sinyallerin sönümlenmiş olması ve/veya verilerin toplandığı günün 3 gün öncesindeki kuvvetli yağmurla toprağın suya doymuş olması bu duruma sebep olmaktadır. Galerinin tabanı yer-radarı verilerinden gözlenemediğinden boşluğun derinliği ile ilişkili bilgi alınamamıştır. MASW sonuçları kullanılarak galeri derinliğinin yaklaşık 3.7 m olduğu belirlenmiştir. Sismik kırılma verilerinde galerinin geçtiği alan sismik sinyallerin jeofonlara geç varışlarıyla ilişkilendirilmiş ve yer-radarı sonuçları ile kıyaslanarak galerinin geçtiği alanın yeri hakkındaki görüşü desteklenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yer-radarı verilerinin toplanması ve işlenmesinde SER Mühendislik firmasından Y.Müh. Fırat Yiğit'e ve MASW ve sismik kırılma verilerinin toplanması ve işlenmesindeki yardımlarından dolayı da Y.Müh. Burak Çatlıoğlu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Nazarian, S., Stokoe, K.H., and Hudson, W.R. 1983. Use of spectral analysis of surface waves method for determination of moduli and thicknesses of pavement systems. *Transportation Research Record*, 930, 38-45.

Güney Marmara Kiyilarinda (Edincik, Balikesir) Yansima Sismiği Yöntemiyle Fay Araştirmasi

In the southern shores of Marmara (Edincik, Balikesir) Reflection Seismic Method to the Research Fay

H. Kaplan, E. Demirbağ

İSTANBUL Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ABSTRACT In this study, it was aimed to determine offshore fault, underwater fault, landslide and stratification situation which have a risk to industrial construction by performing offshore seismic activity study in the coastal part of Balıkesir Province, Bandırma District and Edincik Municipality. For this purpose, in 2008, the data collection work of the seaside maritime seismic data was carried out and the seismic reflection data were collected on the lines in the vertical and parallel directions to the shore. In this study, instrumental equipment, seismic data collection works, data evaluation studies and results will be presented respectively.

Keywords: Seismic reflection, fault, landslide

1. GİRİŞ

Bu çalişma balikesir ili, bandirma ilçesi, edincik beldesinde kiyi kesimiyle sinirli, alanda kara ve denizde jeolojik ve sismik yansima yöntemleri kullanilarak karada izlenen faylarin denizde devaminin olup olmadiği, fay var ise yerinin, geometrisinin ve aktiflik özelliklerinin ortaya konulmasi amaciyla yapilmiştir.

2. JEOLOJİK YAPI VE DEPREMSELLİK

Doğu Anadolu'da Karlıova'dan başlayarak batı Anadolu'da Bolu'ya kadar uzanan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF), Bolu'dan sonra iki kola ayrılır. Kuzey Kol, Bolu-Adapazarı-İzmit-İstanbul ve Tekirdağ doğrultusunda; Güney Kol ise BoluPamukova-İznik- Gemlik körfezi içerisinden geçerek Marmara Denizine girer. Bu kolun deniz içerisindeki uzanımı tartışmalı olmakla birlikte Kapıdağ Yarımadasının güneyinde yeniden izlenmeye başlanır ve bu kolun güneydeki ana fayın devamı olduğu büyük ölçüde kabul görmektedir.

Türkiye dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunmaktadır. Yukarıda tanımlanan tektonik konumu nedeniyle Türkiye'nin hemen hemen tamamı deprem riski altında bulunmaktadır. Marmara Bölgesi önemli ölçüde I. ve II. derecede tehlikeli alanlar içerdiği 1997 yılında Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasın'da belirtilmiştir. Marmara Denizi ve çevresinin tarih boyunca deprem üretme potansiyelinin yüksek olduğu bilim dünyasında tartışmasız olarak kabul edilmektedir (Reilinger ve diğer., 2000; Parsons ve diğer., 2000; Hubert-Ferrari ve diğer., 2000; Le Pichon ve diğer., 2001a, 2003; Armijo ve diğer., 2002).

3. SİSMİK YANSIMA YÖNTEMİ

Yansıma sismiği, kaynaktan küresel olarak yerin içine doğru yayılan dalgaların, farklı litolojik ve elastik özelliklere sahip ortamların ara yüzeylerinden olan yansımalarının kaydedilmesini ve bu yansıma sinyallerinin analizi ile taşıdığı bilgileri ortaya çıkarılmasını temel alır.

4. ALETSEL DONANIM

Sismik yansıma veri toplama çalışmaları Innomar GmbH yapımı SES2000 Compact Subbottom profiler sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Sistemin en önemli özelliği yüksek frekanslı ve çok dar bir ışın açısı ile yeraltını taraması ve bu sayede yüksek düşey ve yanal rezolüsyon sağlamasıdır.

SAHADA VERİ TOPLAMA

Sismik sistem Belirti A.Ş. tarafından tahsis edilen bota kurulmuştur. Sistemin bota kurulumu aşamasında transducer montajı için bir askı kasası kullanılmıştır. Bu kasanın bota uygun bir şekilde takılması çalışmada elde edilecek sinyalin kalitesi açısından önemlidir. Bu nedenle askı kasasının bota en uygun bir şekilde takılmasına ve bu kasa üzerine de transducer biriminin uygun bir şekilde monte edilmesine azami dikkat edilmiştir. Transducer aktif kısmının deniz yüzeyinden yaklaşık 40 cm aşağıda olmasına ve böylece sismik sistemin üreteceği sinyalin tamamen su içine nakil edilmesine dikkat edilmiştir.

VERİ İŞLEM ÇALIŞMALARI

Sismik verilerin toplanması esnasında eş zamanlı olarak kayıt sisteminin ikinci kanalı kullanılarak 100 kHz. transducer frekansı ile batimetrik ölçümlerde alınmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen batimetri haritası ve sismik hatlar birlikte Ek'te (EK CD) 1/5000 ölçeğinde sunulmuştur. Batimetrik ve sismik ölçümlerde zaman ekseninden derinlik eksenine dönüşüm amacıyla P-dalgası yayınım hızı 1500 m/s alınmıştır. Her bir sismik kesit ayrı ayrı incelenmiş, kesitlerde görülen anomaliler komşu sismik kesitler üzerinde de aranmış ve belirlenen anomaliler ve doğrultuları Ek'te sunulan 1/5000 ölçeğinde sismik hat haritası üzerinde işaretlenmiştir.

SİSMİK KESİTLERİN YORUMLARI

Sismik verilerin yorumlanmasında ham veri üzerinden DrawPad Graphic Design programından yararlanılarak kesitler üzerinde çizimler yapılarak yorumlama yapılmıştır. Yorumlanmış veri üzerinde deniz tabanı, taban kayası üst yüzeyi, taban kayası alt yüzeyi, taban yansıması, tekrarlı yansıma, fay düzlemi, gaza doygun taban kayası, fay molozu ve deniz tabanı derinliği belirtilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kıyıya dik alınan tüm sismik kesitlerde, kıyı ile -5 metreler arasında yavaşça derinleşen bir sığlık kesim, yaklaşık -5 metrelerden -25 metrelere doğru derinleşen kuzeye eğimli bir denizaltı yamacı ve -25 metrelerden itibaren -40 metrelere doğru yine yavaşça derinleşen bir deniz tabanı görüntüsü izlenmektedir. Deniz tabanı altında son buzul çağından bu yana gelişmiş genç denizel çökel örtü, denizel çökel örtününde altında bir aşınım yüzeyi ve bu aşınım yüzeyinin üstten sınırladığı deforme olmuş birimler gözlenmektedir. Genç çökel örtünün kalınlığı açıklara doğru giderek artmaktadır.

KAYNAKLAR

Adatepe, F., Demirel, S. ve Alpar, B. (2002). Tectonic setting of the southern Marmara Sea region: based on seismic reflection data and gravity modelling. *Marine Geology, 190,* 383–395.

Aki, K. (1984). Asperities, barriers, characteristic earthquakes and strong motion prediction. *Journal of Geophysical Research, 89,* 0148-0227.

Demirbağ, E., Rangin, C., Le Pichon, X. ve Şengör, A. M. C. (2003). Investigation of the tectonics of the Main Marmara Fault by means of deep-towed seismic data. *Tectonophysics, 361,* 1-19.

İmren, C., Le Pichon, X., Rangin, C., Demirbağ, E., Ecevitoğlu, B. ve Görür, N. (2001). The North Anatolian Fault within the Sea of marmara: a new interpretation

Görür, N. (2003). *Marmara Denizi'nin deprem potansiyeli*. Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

Reilinger, R. E., McClusky, S., Bürgmann, R., Ergintav, S., Barka, A., Meteris,

H., ve diğer. (2000). Coseismic and postseismic fault slip for the 17 August 1999, M = 7.5, İzmit, Turkey earthquake. *Science, 289,* 1519-1524.

Vardar, D. (2013). *Güney Marmara (Karabiga-Gemlik arası) Yakın kıyı alanları pliyo-kuvaterner yapılarının sismik yansıma verileriyle incelenmesi.* Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Yaltırak, C. (2009). The Marmara Fault patterns based on historical earthquakes. *International Symposium on Historical Earthquakes and Conservation of Monuments and Sites in the East*, 181-185.

Afşin Kömür Yataklarının Kalınlık ve Boşluklarının Sismik Modelleme Yöntemiyle Belirlenmesi

Determination of Thicknesses and Cavities of the Coal Beds in Afşin Coal Mine by Seismic Modelling

M. Yıldırım, N. Ocakoğlu, Z. Altan
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada kömür içeren farklı yeraltı yapılarının 2B sismik modelleme ile sentetik sismogramları üretilmiştir. Modeller Afşin-Elbistan kömür sahası jeolojik özellikleri dikkate alınarak oluşturulmuş ve sismik modelleme DISCO/FOCUS 5.0 sismik veri işlem yazılımında gerçekleştirilmiştir. Öncelikle iki farklı yeraltı modeli için ortak bir atış-alıcı düzeni doğrusal bir hat olarak sisteme tanımlanmış ve örnekleme aralığı, yeraltı dinleme süresi ve ofset değeri tayin edilmiştir. Daha sonra her bir yatay tabakalı yeraltı modeli için ortamların sismik P dalgası hızları ve ara yüzeylerin derinlikleri programa girilmiştir ve normal geliş açısı ışın izleme yöntemi ve filtreleme ile oluşturulan derinlik-hız modellerine ait sentetik sismik yığma kesitleri üretilmiştir. Yeraltında sürekli olarak yatay konumlanmış tek bir kömür damarını içeren birinci modelde kömür çevresindeki kayaçlara göre daha düşük P dalga hızı içerdiği için negatif polariteli ve kuvvetli düz bir yansıtıcı yüzey ile yığma kesitte takip edilmiştir. Kömürün yer yer çıkarılmış olduğu bir yeraltı maden sahasını içeren ikinci modelde ise boşluklardaki düşük hız zonları, boşlukların üst ve alt sınırlarını, hız çekmesi ve hız itmesi olayları sebebiyle hatalı konumlandırmış ve devamındaki kömür seviyeleri ile ilişkilendirilmesini yığma kesitte zorlaştırmıştır. Kömürün devamlı olduğu seviye ise kuvvetli ve pozitif polariteli düz yansıma ile temsil edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kömür damarları, boşluk, sismik yansıma, sentetik sismogram.

ABSTRACT In this study, the synthetic seismograms of coal consisting two subsurface models were produced by 2D forward seismic modeling. Models were constructed considering the geological characteristics of Afşin-Elbistan coal field and seismic modeling was performed in DISCO/FOCUS 5.0 seismic data processing software. A common shot and receiver scheme, sampling interval, recording time and offset parameters are defined for two different subsurface models. Then, P-wave velocities of the layers and depths of each interface are defined. By using normal angle ray tracing method and filtering, synthetic seismic stack sections were produced. In the first model which consisted of a continuous coal seam positioned horizontally, a negative polarity with a strong reflection character was observed due to the low velocity of coal seam compare to surrounding rocks. In the second model which contains partly cavities, low velocity of the cavities can produce velocity pull up/down at the upper and lower boundaries of the layers. On the other hand, the continuous part of coal was represented by a strong reflective surface with positive polarity.

Keywords: Coal seam, cavities, seismic reflection, synthetic seismogram.

1 INTRODUCTION

Coal is one of the important hydrocarbon type for the world energy need. Turkey has significant coal reserves in worldwide. Approximately 3,2% of the total world reserves of lignite/sub- bituminous coal are in our country. Turkey is considered as being at medium levels in terms of the reserves and production amounts of lignite. In addition as the grade of a large portion of our lignite is low, its use in thermal. Approximately 46% of the lignite reserves in our country are located in the Afsin–Elbistan basin production, yet (Figure 1). In terms of lignite potential, which is defined as a domestic energy source by Turkey, policies in favor of highcarbon economy are prioritized through mining more coal in Afşin–Elbistan site and through electricity production (Algedik, 2015). Thus, the coal mines in our country are need more seismic exploration and modelling to understand in detail. To determine the extension of coal beds, to define the washout areas and the faults are possible with the application of seismic reflection. In addition, to detect the cavities in shallow abondoned call mines have special important in terms of city settlement.

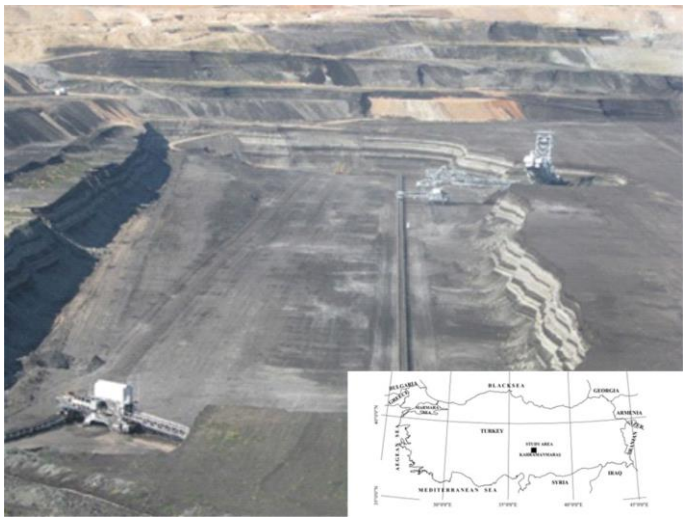


Figure 1: Afşin-Elbistan coal sites map (Sütçü and Karayiğit, 2015)

In this study, the synthetic seismic responses of coal-bearing subsurface models were established. Two different earth models were designed by considering Afşin-Elbistan coal mine and forward seismic modeling was applied for each model by using Disco-Focus 5.0 seismic software of Paradigm Company. The velocity contrasts between coal seams and surrounding sediments generally produce particular strong seismic reflectors from boundaries of coal seams. Another important factor is the thickness of the coal seam and the vertical resolution of the applied seismic method. Very fine coal seams may not be seen in seismic sections in this sense. In this study, we aimed to produce the stack synthetic seismic sections of two different subsurface models to investigate the seismic response of coal seams in detail.

2 SEISMIC MODELLING

Seismic modelling includes the process of forming synthetic seismic records by evaluating information such as depth and acoustic impedance of strata. In this case, the acoustic impedance is very important which is calculated by seismic velocity and density of the subsurface layer. The seismic modeling depends on the wave propagation and the analysis of the wave equation. A designed source wavelet is convolved with reflectivity series of earth model which are calculated by acoustic impedances of layers. In this study the forward seismic modelling was applied by giving steps below and synthetic seismic sections were produced in time domain.

2.1 The Definition of Source-Receiver Geometry and Data Acquisition Parameters

2D inline geometry of seismic source and receivers were defined with total of 100 shots, 96 seismic channels, 20 m. offset, 10 m. receiver interval and 20 m. shot interval. The recording time was set as 200 msec. This geometry has produced approx. 600 cdp points.

2.2 The Definition of Each Subsurface Model (Depth-Velocity Information)

Parallel layered earth models were designed. The models contain continous coal seams and partly cavities. The P wave velocities are taken constant in each layer. The coal seems are represented by relatively lower seismic velocities due to the their surrounding rocks. The density values are assigned as "1" by the program.

2.3 Ray Tracing and Filtering

The modelling was performed by using Disco-Focus 5.0 seismic data processing software. The sampling rate was chosen as 300 msec. Normal incident ray tracing method was applied. In this case, 2-way travel times are calculated along ray paths normal to the reflecting interface. When the wavelet generation process is performed, antializing type wavelet is added on each trace generated in the program. As a last step, a low pass filtering was applied to give signal form of each seismic response of layers.

3 RESULTS

3.1 Afşin Model with Single Coal Seam

A four layered velocity-depth model was defined. First layer refers to the conglomerate with a velocity of 1600 m/s as shown in the first 30 meters, second layer with 30 m thickness refers to the marn with a velocity of 2300 m/s, third layer with 40 m thickness refers to the coal seam with a velocity of 1900 m/s and last layer refers to mudstone with a velocity of 2300 m/s (Figure 2).

By using these parameters reflection and transmission coefficients are calculated with 0.5 msec sampling rate, 300 msec length. Then, low pass filter with 80-130 Hz frequencies and HAMMING operator was applied to form the wavelets (Figure 3).

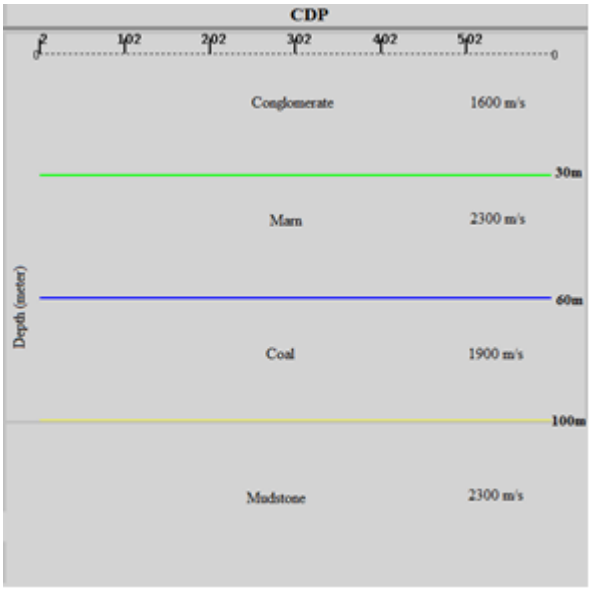


Figure 2: Velocity-depth model for Afşin coal site with a single coal seam (Model-1).

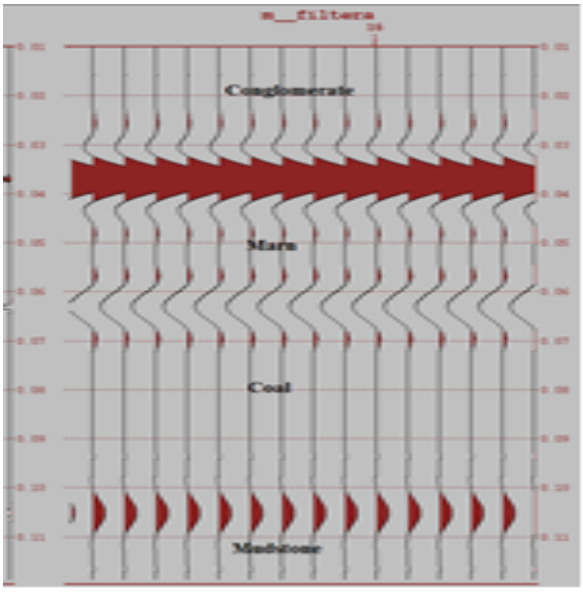


Figure 3: Synthetic seismogram of Model-1 given in Figure 2.

3.2 Afşin Model with Single Coal Seam and Partly Cavities

Second model with a single coal seam which also involves partly cavities was defined. First layer with 30 m thickness refers to the conglomerate with a velocity of 1600 m/s, second layer with 20 m thickness refers to coal and cavities with velocities of 2000 m/s and 380 m/s, respectively, third layer with 20 m thickness refers to marn with a velocity of 2300 m/s, forth layer with 30 m thickness refers to limestone with a velocity of 3000 m/s (Figure 4).

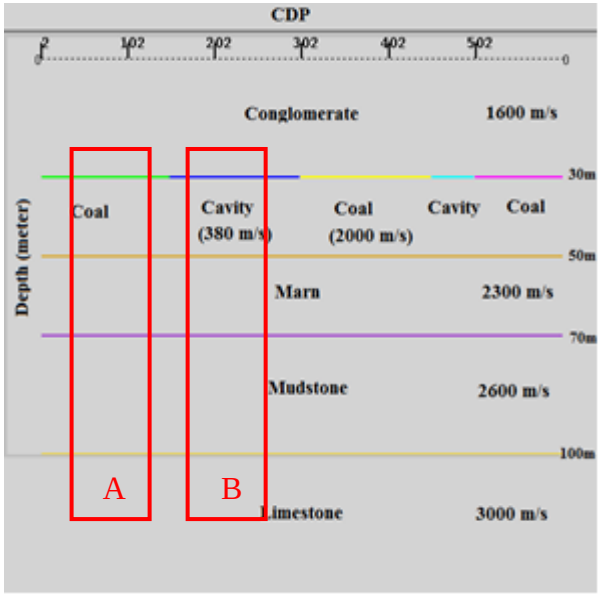


Figure 4: Velocity-depth model for Afşin coal site with single coal seam and partly cavities.

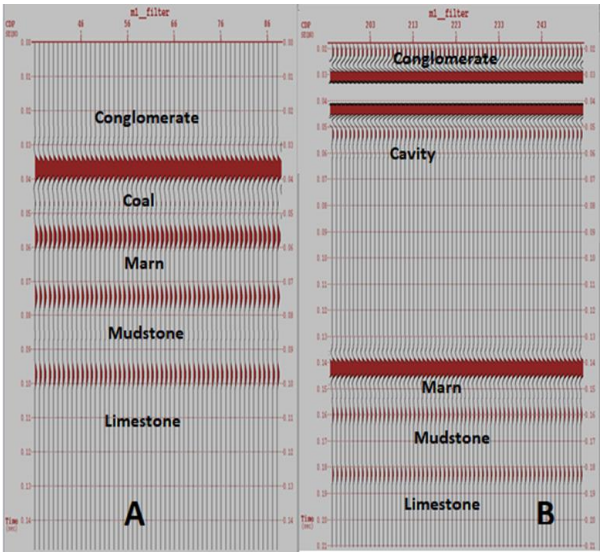


Figure 5: The zoomed synthetic seismograms A and B of Model-2 given in Figure 4.

4 CONCLUSIONS

In this study, synthetic seismograms of coal-containing subsurface models were produced considering the geology of Afşin-Elbistan coal mine. The forward seismic modelling was applied to two subsurface models. In the first model, a strong reflection with negative polarity was observed on the top of coal horizon due to the low P wave velocity of coal seam. In the second model, cavities along the coal seam caused velocity pull-up and pull-down effect from top and bottom of the cavity respectively. On the other hand, the top horizon of continuous part of coal was represented by a strong flat reflector with positive polarity. Modelling indicates that the boundaries of horizontal bedded coal mines are well defined in the time domain. The strong flat reflectors with positive and negative polarities were observed from top and bottom of coal seams. On the other hand, some cavities under coal mine may cause difficulties to follow coal seams properly in seismic sections.

TEŞEKKÜR

I would like to express my gratitude to Assoc. Prof. Dr. Neslihan Ocakoğlu. I'm thankful to Res. Asst. Zehra Altan who helped me during the process of this thesis. I would like to thank my professors and teaching assistants because of their helps during my education life. I am grateful to my family who supports me all the time with wisdom and continue to have love inside of them no matter what happens. And finally, my sincere gratitude is to Paradigm Company because this graduation thesis is based on the programs that are supplied to our university by them.

KAYNAKLAR

Algedik, Ö, 2015. Afşin-Elbistan Coal Power Plants, Changing climate rather than producing electricity.
http://www.onderalgedik.com/afsin-elbistan-coal-power-plants-report/

Sütçü, E, Karayiğit, S, E, 2015. Mineral Matter, Major and Trace Element Content of the Afşin-Elbistan Coals, Kahramanmaraş, Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 144-145, p.111-129.

Marmara Denizi Tekirdağ Çukurluğu'nda Toplanan Çok Kanallı Sismik Yansıma Verisinin İşlenmesi ve Yorumlanması

Processing and Interpretation of the Multichannel Seismic Reflection Data Collected in the Tekirdağ Trough, Sea of Marmara

Y. Arslan, C. İmren, B. Karadöller
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

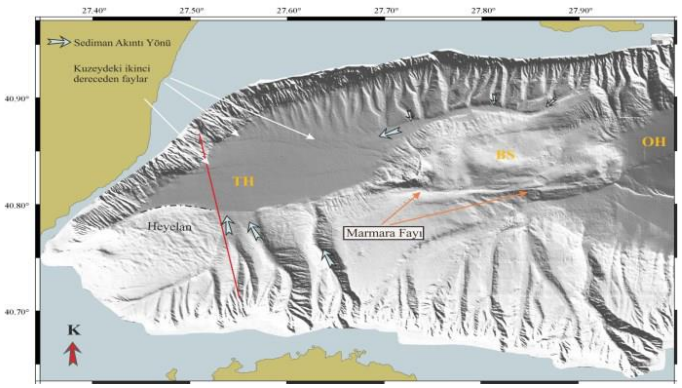
ÖZET Bu çalışma Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) Marmara Denizi içerisindeki uzantısı niteliğinde olan (Ketin, 1968; Şengör, 1979) Marmara Fayı'nın (İmren, 2003) varlığının denetimi, yapısının ortaya konulması ve fayın sismik yansıma seviyelerinde yakalanabilmesi amacıyla yürütülmektedir. Bunun için Marmara Denizi Tekirdağ Çukurluğu'nda toplanan çok kanallı bir sismik yansıma verisinden faydalanılmıştır. Bu yansıma verisinin işlenmesi İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü Nezihi Canıtez Veri İşlem Laboratuvarı'nda Echos 15.5®, final göç kesitlerinin yorumlanması ise Kingdom Suite 8.8® yazılımları ile gerçekleştirilmiştir. Veri işlem süresince standart sismik yansıma veri işlem adımları uygulanmıştır ve yığma kesiti oluşturulmuştur. Yığma kesiti üzerine zaman ortamında, Açık Sonlu Farklar ve Kirchhoff olmak üzere iki farklı sismik göç tekniği uygulanmıştır. Kirchhoff Göç Tekniği'nin daha iyi sonuç vermesi nedeniyle, bu teknik ile oluşturulan kesit yorumlanmıştır. Yorumlama sırasında deniz tabanı ile onun birinci tekrarlı yansıması işaretlenmiştir. Ardından, ana fay ile ikincil faylar yorumlanmıştır. Ayrıca, sediman paketlerinin ara yüzeyleri de farklı yansıma biçimlerine göre belirlenmiştir. Ana fayın ve ikincil fayların sedimanları keserek deniz tabanına kadar ulaştıkları görülmektedir. Bu durum bu fayların halâ aktif olduklarını göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Marmara Denizi, Çok Kanallı Sismik Yansıma, Veri-işlem, Marmara Fayı.

ABSTRACT This study is carried out in order to examine the existence of Main Marmara Fault (İmren, 2003), which can be assumed as an extension of North Anatolian Fault in the Marmara Sea (Ketin, 1968; Şengör, 1979), to present its major aspects, and to define the fault in seismic reflection levels. Multi-channel seismic reflection data which are collected from the Tekirdağ Trough located in the Marmara Sea are used to perform this study. These reflection data are processed by software program Echos 15.5® at the Nezihi Canıtez Data Processing Laboratory in the Department of Geophysical Engineering of Istanbul Technical University, and the final migration sections are interpreted by the software program Kingdom Suite 8.8®. Throughout the work, standard seismic reflection data processing steps are performed and stack section of the line is formed. Two different migration techniques, Kirchhoff and Explicit Finite Difference, are applied into stack section. During interpretation, sea bottom and its first multiple are marked. Thereafter, major fault and secondary faults are interpreted. In addition, interfaces of sediment packages are determined by their different reflection patterns. It is observed that main fault and secondary faults have reached even the sea bottom by cutting the sediments. This fact, therefore, proves that this faults are still active.
Keywords: Sea of Marmara, Multi-channel Seismic Reflection, Data processing, Marmara Fault.

1 GİRİŞ

1.1 Çalışmanın amacı

Bu çalışma Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) Marmara Denizi'nden geçişi ile ilgilidir. KAF, Karlıova'dan başlar, Marmara Denizi ve Saroz Körfezi içerisinden Ege Denizi'ne uzanır. Çalışma, KAF'ın devamı niteliğinde olan (Ketin, 1968; Şengör, 1979) Marmara Fayı'nın (İmren, 2003) varlığının denetlenmesi, yapısının genel hatlarıyla ortaya konulması ve fayın sismik yansıma seviyelerinde yakalanabilmesi amacıyla yürütülmektedir. Tekirdağ Çukurluğu'nda toplanan çok kanallı bir sismik yansıma verisinden faydalanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Sismik yansıma profili (kırmızı; batimetri bilgisi İmren, 2003'ten alınmıştır.)

1.2 Veri ve profilin takdimi

2008 yılında Koca Piri Reis Araştırma Gemisi ile yapılan çalışmada kaynak olarak, GI tipi hava tabancası (airgun), alıcı olaraksa "streamer" olarak adlandırılan kablo düzeneği içerisine 6,25 m aralıklarla yerleştirilen hidrofonlar kullanılmıştır. Atış ve örnekleme aralıkları 18,75m ve 1 ms, kanal sayısı 72'dir.

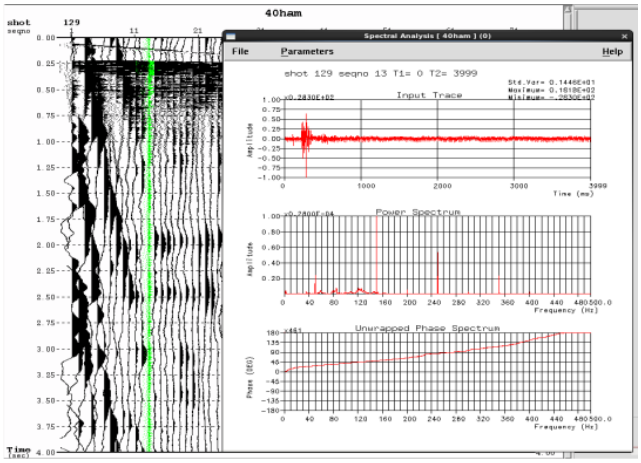
2 SİSMİK VERİ İŞLEM

Sismik yansıma verisi İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü Nezihi Canıtez Veri İşlem Laboratuvarı'nda Echos 15.5® veri işlem yazılımı ile işlenmiştir. Final göç kesitlerinin yorumlanması Kingdom® yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

2.1 Kalite Kontrol (QC)

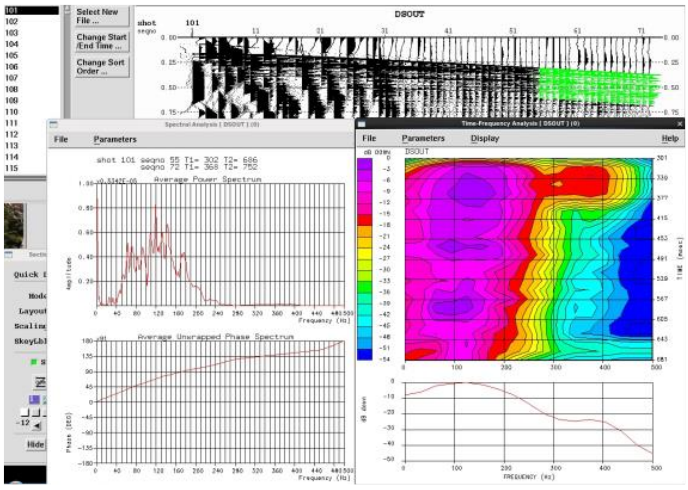
1121 adet atış tek tek incelenmiş ve 13. kanala ait izin tüm atışlarda bozuk olduğu kanaatine varılmıştır.

Spektral analiz grafiğinde tüm frekans bandı içerisinde gürültülerin baskın etkisi görülebilir (Şekil 2). İz sayısında ve numaralarında bir değişiklik olmaması için 13. kanalın tamamen kaldırılması yerine, EDIT modülü ile genliğinin sıfırlanması işlemi (KILL komutu) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. 13 numaralı ize ait spektral analiz

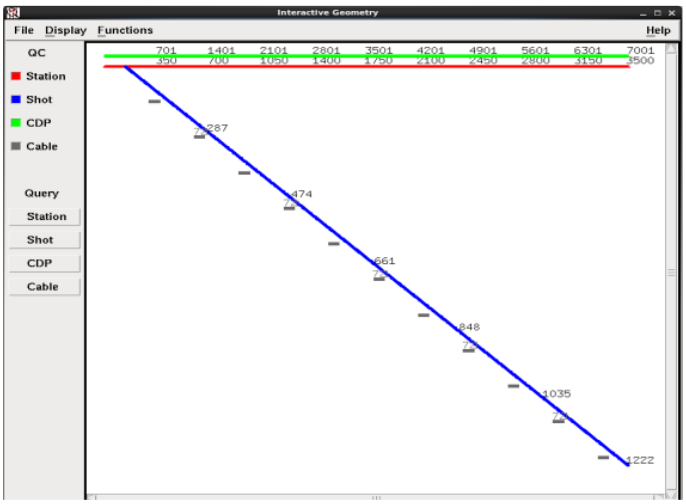
Atış verisi üzerinden seçilen alanın spektral analiz grafiğinde, düşük frekanslarda kuvvetli gürültülerin varlığı süzgeç tasarımı için önemlidir. (Şekil 3).



Şekil 3. 101. ham atışın spektral analizi

2.2 Geometri tanımlaması (Geometry Definition)

Sinyallerin doğru konumlara atanmaları için, MARINE ve GEOMLD modülleri kullanılarak geometri tanımlama işlemi yapılmıştır (Şekil 4).



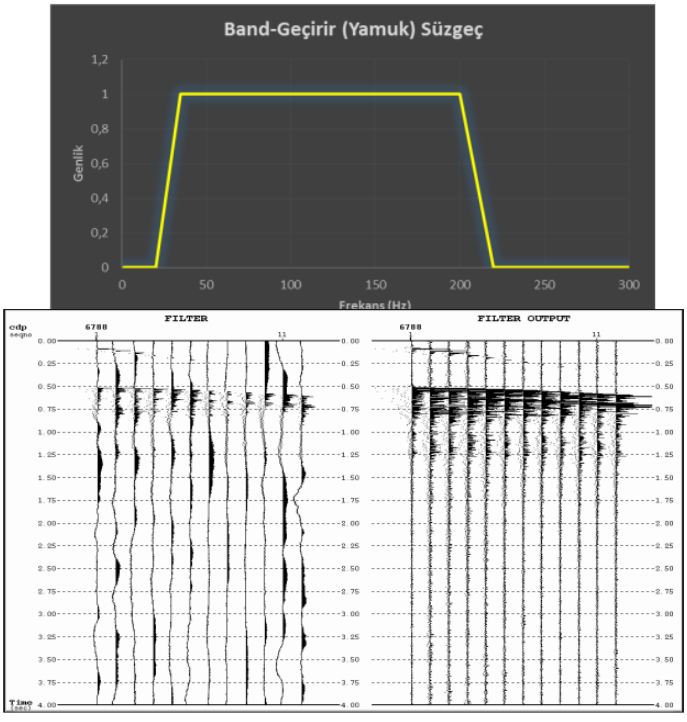
Şekil 4. Atış-alıcı geometrisi

2.3 Atış Düzeninden ortak yansıma düzenine geçiş (Sorting)

Atış düzeninden ortak yansıma düzenine geçme (CDP sıralama, Sorting) işlemi, verideki Sinyal/Gürültü (S/G) oranının hem artırılması hem de zaman kesitinde kullanılacak hız değişiminin tespiti için yapılmaktadır. Katlama sayısı 12'dir.

2.4 Süzgeç Uygulama (Filtering)

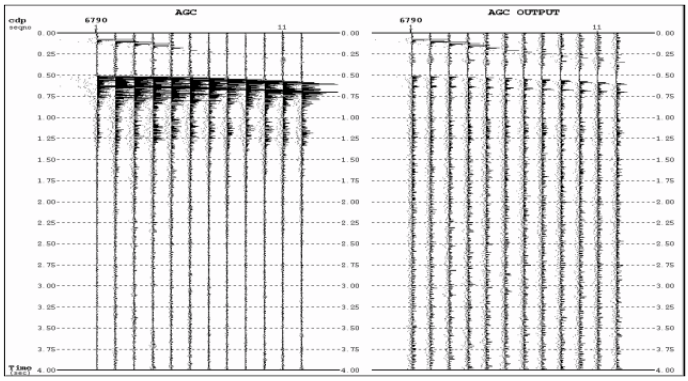
Veriye 20, 35, 200 ve 220 Hz kesme değerlerinde bant geçirir süzgeç uygulanmıştır (Şekil 5). Süzgeç bandı göç işlemi sonrası 40, 45 180 ve 200 Hz olarak tekrarlanmıştır.



Şekil 5. Süzgeç ve etkisi

2.5 Genlik kazanç düzeltmesi (AGC)

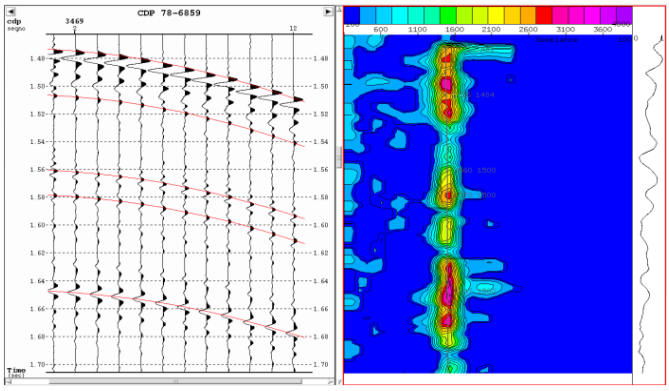
Sismik dalga, kaynaktan uzaklaştıkça genlik kaybına uğradığından veriye, derinlerdeki genlikleri artırmak için AGC uygulanmıştır (Şekil 6).



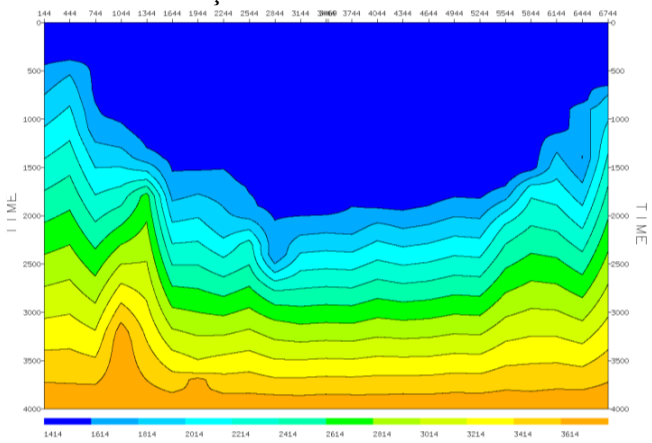
Şekil 6. Genlik kazancı ve CDP verisi

2.6 Hız Analizi (Velocity Analysis)

CDP gruplarındaki yansıma hiperbolleri, en uygun hız hiperbolleri ile eşleştirilerek hız modeli oluşturulmuştur (Şekil 7 ve 8).



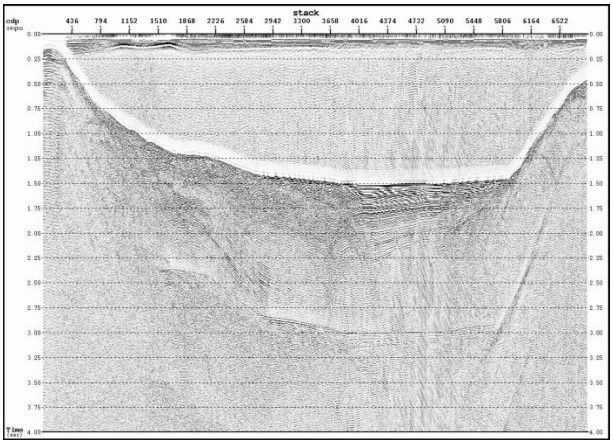
Şekil 7. Hız analizi



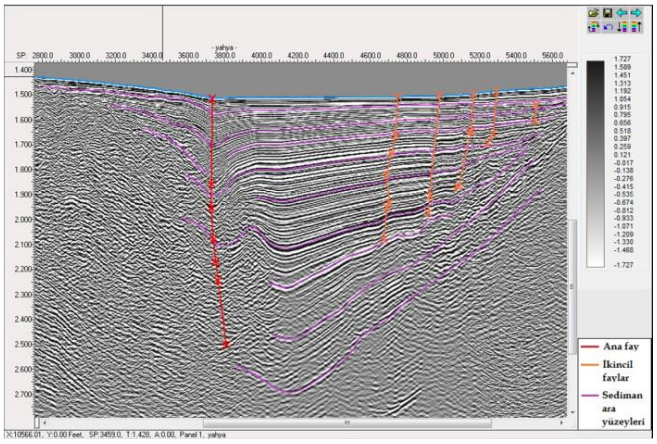
Şekil 8. Hız modeli (Yığma hızı)

2.7 Yığma (Stack)

Hız modeli kullanılarak yığma kesiti oluşturulmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Yığma kesiti.

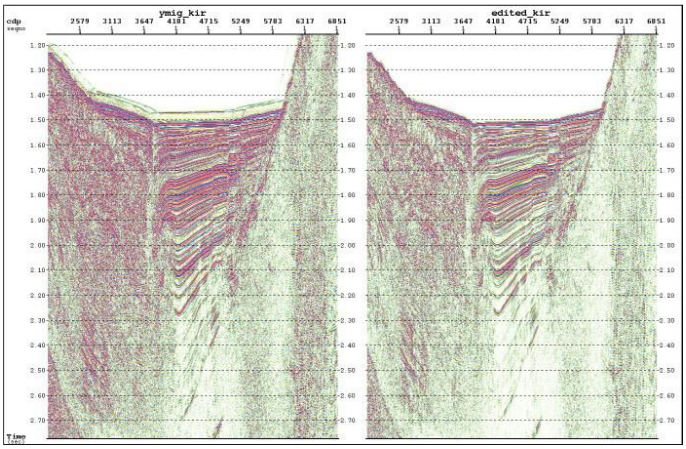


Şekil 11. Yorumlanmış final kesit.

2.8 Sismik Göç

Yığma sonrası Kirchhoff ve Sonlu Farklar (Finite Difference) göç yöntemleri uygulanmış ve bu veride Kirchhoff'un saçılma hiperbollerini seçilen hız modeli ve tespit edilen eğim değerine göre tepe (apex) noktasına daha iyi topladığı sonucuna varılmıştır (Şekil 10a).

Ayrıca migrasyon ile deniz tabanı üzerinde gelişen gürültüler IEDIT modülü ile interaktif olarak temizlenmiştir (Şekil 10b).



Şekil 10. Iedit öncesi ve sonrası göç kesiti

3 SONUÇLAR VE YORUMLAR

Migrasyon sonrası temizlenen kesit, Kingdom Suite yazılımı ile yorumlama işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 11).

İlk olarak deniz tabanı ve onun birinci tekrarlı yansıması belirlenmiştir. Daha sonra, aynı şekillerde ana fay ve ikincil faylar yorumlanmıştır. Ana fay, Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi içerisindeki devamıdır ve ana fayın kuzeyinde gözlenen ikincil faylar ise ana fayı oluşturan makaslama alanının tipik izleridir.

Ayrıca, sediman paketlerinin ara yüzeyleri de yansıma biçimlerinin farkına göre eflatun renk ile çizilmiştir (Şekil 11).

Sediman seviyelerinin kuzeyden güneye doğru düşük bir eğimle devam ettikleri görülmektedir. Sediman ara yüzeyleri kuzeyden güneye doğru hafif bir eğimle derinleşmektedir. Ana fayın ve ikincil fayların sedimanları keserek deniz tabanına kadar ulaştıkları görülmektedir. Bu durum bu fayların halâ aktif olduklarını göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan Echos 15.5 sismik veri işlem ve Kingdom Suite 8.8 yorumlama paketlerini kullanımımıza açan Paradigm ve IHS Markit şirketlerine eğitime verdikleri desteklerden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Dondurur, D., 2009. *Deniz Sismiğinde Veri İşlem*, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları, Cilt. 11, Ankara

Echos 15.5, 2015. Applications and Modules, Reference Manual and User's Guide, Paradigm Geophysical

İmren, C., 2003. Marmara Denizi Faal Tektonizmasının Sismik Yansıma ve Derinlik Verileri ile İncelenmesi", Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s.xxx+201.

Ketin, İ., 1968. Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler, *MTA Enstitüsü Dergisi*, 71, 129-134.

Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform fault: its age, offset and tectonic significance, *Journal of the Geological Society of London*, 136, 269-282.

Gökova Körfezi'nde 5-No'lu Hattın Çok Kanallı Sismik Yansıma Verisinin İşlenmesi ve Yorumlanması

Multi-Channel Seismic Reflection Data Processing and Interpretation of Line-5 from Gulf Of Gökova

A. Kopan, H. Kurt, N.G. Okut-Toksoy
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu tez çalışmasında Gökova Körfezi'ndeki çok kanallı sismik yansıma verileri (Hat-5) işlenmiş ve yorumlanmıştır. Sismik veriler 1996 yılında MTA ve İTÜ işbirliği ile MTA-Sismik-1 araştırma gemisi kullanılarak toplanmıştır. Verilerin kanal sayısı 96'dır. Alıcı grup aralığı, atış aralığı ve yakın ofset sırasıyla sırasıyla 12.5 m, 50 m ve 237.5 m'dir. Bu parametreler 12 katlamalı bir Ortak Derinlik Noktası (ODN) kaydı oluşturmuştur. Verilerin örnekleme aralığı ve kayıt uzunluğu 2 ms ve 5120 ms'dir. Sismik veriler, Echos (v.15.5) veri işleme yazılım programı kullanılarak işlenmiştir. Veriler geleneksel yollarla işlenmiştir. Veri işlem aşamaları sırasıyla veri aktarımı, geometri tanımlanması, iz ayıklama, CDP sıralama, genlik kazancı uygulaması, hız analizi, normal kayma zamanı düzeltmesi, bozuk izlerin atılması, yığma ve yığma sonrası zaman migrasyonudur. Hat-5'in zaman ortamındaki migrasyon kesitinde deniz tabanını da etkileyen bazı normal faylar gözlenmektedir. Bu faylar, Ege bölgesinde N-S gerilme rejimi altında gelişmiş olmalıdır. Ayrıca, temel kaya üst yansıması kesitte takip edilebilmiştir. Kuzeye doğru temel kaya üst yansımasının kubbe görünümlü olduğu gözlenir.
Anahtar Kelimeler: Sismik Veri İşlem, Hız Analizi, Faylar.

ABSTRACT Multi-channel seismic reflection data (Line-5) from Gulf of Gökova are processed and interpreted in this thesis study. Seismic data were collected in 1996 by the cooperation of MTA and ITU using R/V MTA-Seismic-1. The number of channels is 96 for the data. Receiver group interval, shot interval and near offset are 12.5m, 50m and 237.5m, respectively. These parameters provided twelve-fold common-depth-point (CDP). Sampling interval and record length were selected as 2 ms and 5120 ms. The data are processed by using Echos (v. 15.5) data processing software program. A conventional data processing stream was applied to the data as follows: Data transcription, in-line geometry definition, editing, CDP sorting, gain correction, band-pass filtering, velocity analysis, normal-move-out correction, muting, stacking, and poststack finite-difference time migration. Time migrated seismic section of line-5 shows some normal faults effected on the sea bottom. These faults are developed by n-s extension regime in the aegean region. Moreover, top of basement is traced in the section. To the north, a dome style structure related to the top of basement is seen on the seismic section.
Keywords: Seismic Data Processing, Velocity Analysis, Faults.

1 INTRODUCTION

The Gulf of Gökova is located in southeast Aegean Sea along the coast of southwest Anatolia which is including rifts and grabens and surrounded by Bodrum Peninsula to the north, Datça Peninsula to the south and the island of Kos to the west (Figure 2.1). It has about 25 km maximum N-S width and 100 km E-W length. Multichannel seismic reflection studies of

the Gulf of Gökova region was processed and interpreted by Kurt et al. (1999). In this thesis study, one of the seismic lines (Line - 5) from Kurt et al. (1999) was chosen to use the multichannel seismic reflection processing. The multichannel seismic reflection data belongs to Line-5 processed and interpreted in this study.

Main purpose of seismic data processing is to increase the signal/noise ratio. For this reason, all unwanted element of the signal will be removed from the data. After processing, geologic structure should be more visible in the seismic sections. In this study seismic data processing was done by using Echos (Version 15.5) in Nezihi Canitez Data Processing Laboratory of Department of Geophysics, ITU. All processing steps are given below in Figure 1 Line 5 from the Gökova gulf survey was processed in this study.

This study was done between September 2017 and January 2018.

2 METHOD

Seismic methods are generally used to determine the bedrock depth, thickness of geologic structure layers, structural and abnormal conditions, velocities of body waves in soils and rocks and to map the location of interfaces that reflect or refract body waves. The data of the seismic survey are the amplitudes and the arrival times of the seismi waves. There are two seismic methods as reflection acnd refraction which are categorized depending on the ray paths. In this survey seismic reflection method was used.

3 SEISMIC REFLECTION DATA IN GULF OF GÖKOVA

Multichannel seismic reflection data were collected by the Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey (MTA) in the Gulf of Gökova in August 1996.

3.1 Seismic Data Processing

All processing steps are given below in Figure 1 Line 5 from the Gökova gulf survey was processed in this study.

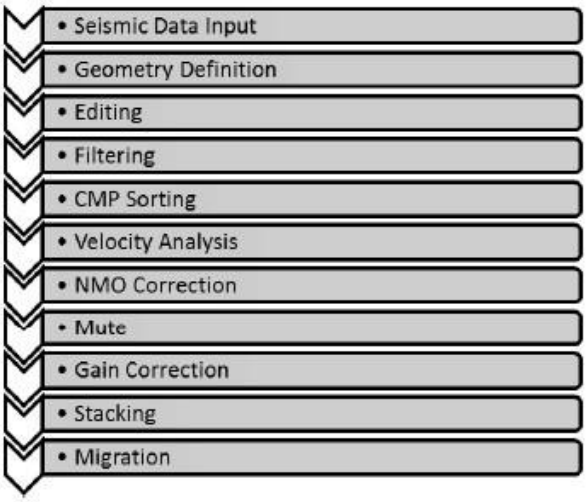


Figure 1. Seismic data processing step.

3.1.1 Seismic Data Input

Seismic data loading basically is the step where raw seismic data load to the process program. Since the loaded data are available from previous study Kurt et al. (1999), in this thesis, the data loading step is passed.

3.1.2 Geometry Definition

In this step, shot receiver geometry information is introduced. In geometry definition; number of shots, number of channels, channel number closest to shot, near trace offset, group (receiver) interval, shot interval and starting shot sequence number were assigned by using the MARINE Module in Echos. Figure 2 shot example from Line-5.

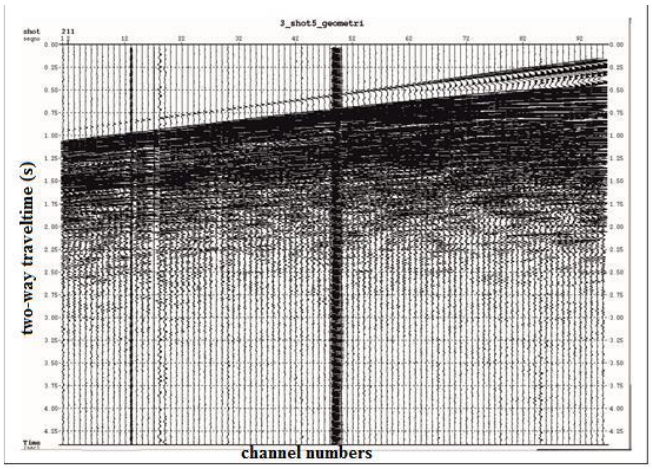


Figure 2. Shot record example from Line-5.

3.1.3 Editing

Editing is an important step for cleaning the bad traces that would affect the quality of data.

3.1.4 Frequency Filtering

The purpose of frequency filtering is to absorb high or low frequencies that are not in the source wavelets frequency content. Filtering increases the signal/noise ratio. In this study, trapezoidal band-pass filter was used (Figure 3).

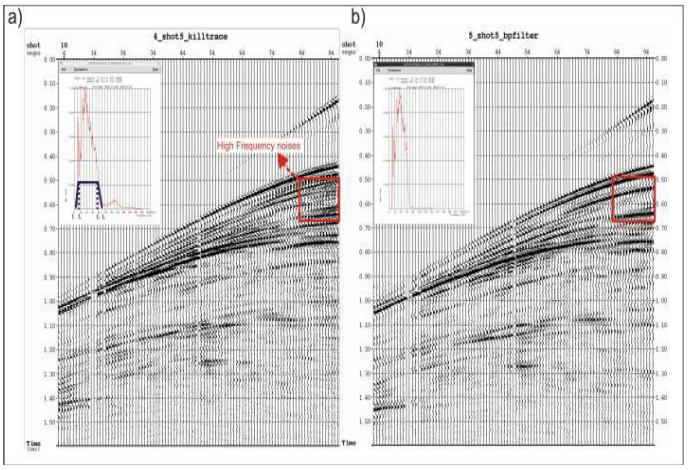


Figure 3. a) The shot gather with high frequency noises b) The same shot gather after filtering high frequency noises.

In designing a band-pass filter, the goal is to pass a certain bandwidth with little or no modification and to largely suppress the remaining part of the spectrum as much as practical (Yılmaz, 1987). Four frequency values were determined by looking at average amplitude spectrum graph in Echos. These values were determined as 10-15-50-70 Hz.

3.1.5 CMP Sorting

The main purpose of Common Midpoint (CMP) sorting is to get more information from a single reflection point.

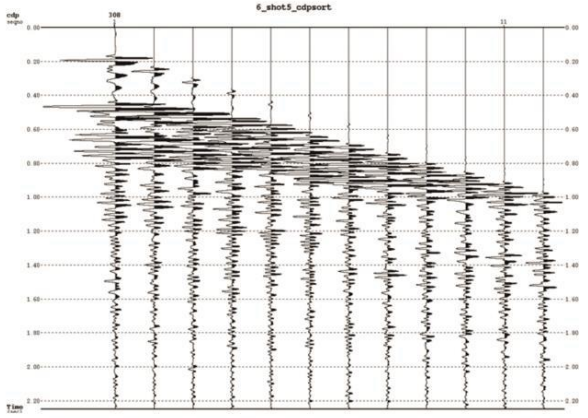


Figure 4. An example of the CMP record of this study with having 12 fold.

3.1.6 Velocity Analysis

Defining real velocities of the subsurface layers are important to obtain a high quality seismic section and make correct calculation about time or depth. To providing an improved S/N ratio, multifold coverage with nonzero-offset recording yields velocity information about subsurface. Velocity analysis is performed on selected CMP gather or groups of gathers. The output from velocity analysis is a table of numbers as a function of velocity versus two way zero-offset times (velocity spectrum). These numbers represent some measure of signal coherency along the hyperbolic trajectories governed by velocity, offset, and travel time (Yılmaz, 1987).

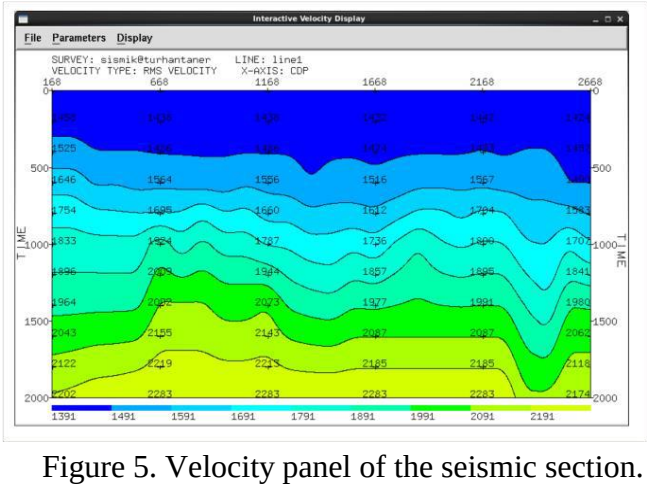


Figure 5. Velocity panel of the seismic section.

3.1.7 NMO Correction

The offset between the source and other receivers induces a delay in the travel time of a reflection from a horizontal surface at depth. A plot of arrival times versus offset has a hyperbolic shape. After NMO

correction geometric, shape of reflection hyperbolas aligns as straight lines.

3.1.8 Mute

There are two reasons for using mute, one is to clear direct arrival and other one is to remove the effects of the NMO correction.

3.1.9 Gain Correction

Gain correction step; in processing, recovers lost amplitudes at deeper parts. With gain correction method some low reflection amplitudes get higher and some high reflection amplitudes get lower thus, seismic section would be displayed better.

3.1.10 Stacking

The seismic traces in the NMO corrected CMP data are summed to produce "zero-offset" section. Thus, signal/noise ratio will be increased for CMP points. Lateral continuity gets more visible and multiple reflections get less visible.

3.1.11 Migration

Migration moves dipping reflectors into their true subsurface positions and collapses diffractions, thereby delineating detailed subsurface feature such as fault planes (Yılmaz, 2001). Migration step increases the spatial resolution of stack section and get rid of from these unwanted effects. In Figure 6 is migration applied seismic section for this study.

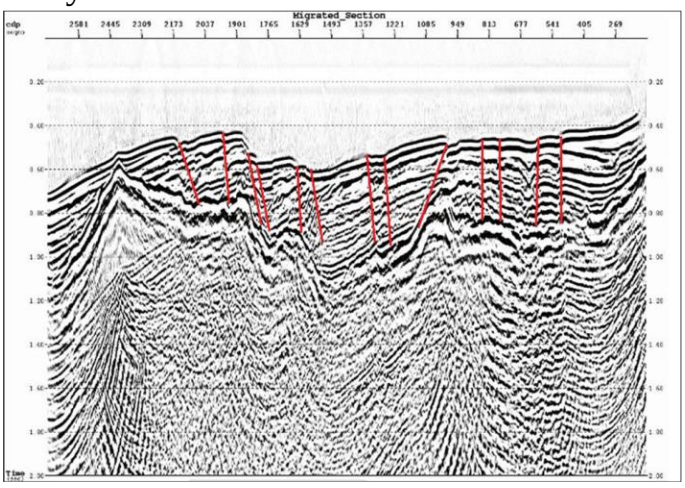


Figure 6. Migration applied stack section.

4 CONCLUSION

Multi-channel seismic reflection processing and interpretation of the Line-5 from Gulf of Gökova has been performed in this thesis study. A conventional data processing stream was applied to the data from shot gathers to the time migrated seismic section. Interpretations are made on time migrated seismic section of Line-5. Normal faults are observed on the seismic section. These faults are elongated from sea bottom to the approximately 2 s in the section. They should be active because sea bottom are affected by these normal faults. N-S extension regime in the Aegean region should be origin of these active faults. Moreover, top of basement is traced in the section. To the north, a dome style structure related to the top of basement is seen on the seismic section.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the Echos (v.15.5) program used in Geophysical Engineering, Nezihi Canıtez Data Processing Laboratory.

REFERENCES

Yilmaz, O, 1987. Adının ilk harfi, (ed.), yıl. *Seismic data processing*, SEG, Tulsa, 2065 s.

Kurt, H., Demirbağ, E., & Kuşçu, İ., 1999. Investigation of the submarine active tectonism in the Gulf of Gökova southwest Anatolia-southeast Aegean Sea by multi-channel seismic reflection data, *Tectonophysics,* v. 305, pp. 447-496.

Sismik Yansıma Modellemesi İle Normal Fayların Listrik Veya Düzlemselliklerinin Araştırılması

Investigation of Normal Fault as Planar or Listric By Seismic Reflection Modelling Method

A. Güneş, H. Kurt, N. G. Okut Toksoy
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Düzlemsel normal fayların sismik yansıma kesitlerindeki cevapları her zaman düzlemsel olmayabilir. Bunun sebebi sismik hızın yer içinde derinlikle artmasına bağlı olarak çift-yol alış zamanlarındaki azalmadan ileri gelen hız çekmesidir. Bu çalışmada farklı derinlik ve sismik hız modelleri kullanılarak düzlemsel fayların sismik yansıma kesitlerindeki görünümlerinde oluşan kavislenmeleri araştırılmıştır. Bu amaçla Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işleme programı kullanılarak ışın izleme yaklaşımı ile sismik modelleme yöntemi kullanılmıştır. Seçilen yeraltı modellerinde sismik hız, fay eğimi ve derinlik gibi parametreleri değiştirilerek bu parametrelerin sentetik sismik kesitlerdeki etkileri araştırılmıştır. Derinlik kesitinde düzlemsel normal fay düzlemi üzerine yaslanan çökel birimlerin hızlarının derine doğru artması durumunda fayın sismik kesitteki görünümü listrik bir yapıda olmaktadır. Bu durum sabit hıza sahip tek tabakalı çökel olma durumunda oluşmamakta yani düzlemsel fay sismik kesitte de yine düzlemsel gözlenmektedir.
Anahtar Kelimeler: Sismik yansıma – derinlik ve ara hız, Fay Modeli, Düz çözüm

ABSTRACT The responses of planar normal faults in the seismic reflection sections may not always be seen as planar. The reason for this is the velocity pull-up seen in seismic sections by decreasing two-way travel times because of increasing seismic velocity with the depth. In this study, different depth and seismic velocity models were used to investigate the curvatures of the planar faults in the seismic reflection sections. For this purpose, seismic modeling method is used with Disco / Focus (v.5.0) seismic data processing program and ray tracing approach. For selected subsurface models, parameters such as seismic velocity, fault slope and depth values were changed and the effects of these parameters on synthetic seismic sections were investigated. As the velocity of the sedimentary units leaning on the planar normal fault plane in the depth section increases with the depth, the appearance of this fault in seismic section has a listric structure. This situation does not occur in the case of single-bedded sediment with a constant velocity, that is, the planar fault in depth model is also planar in the seismic section
Keywords: Seismic Reflection, depth and intermediate velocity information, Fault Modeling, Forward Modelling

1 GİRİŞ

Sismik yansıma modellemesinde belirli bir hız-derinlik modeline ait yeraltı yapısına ait sentetik sismik kesit oluşturulur. Sismik modellemede düz ve ters çözüm yaklaşımları yapılabilir. Bu çalışmada düz çözüm ile iki boyutlu ışın izleme yöntemi kullanılarak, yapay sismik kesitlerin sunulması amaçlanmıştır. Hız/derinlik modelleri tanımlanmış ve sentetik sismik kesitler seçilmiş eğimlere göre oluşturulmuştur.

Tez kapsamında üretilen sismik modeller İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde lisanslı olarak bulunan "Disco / Focus (v.5.0)" sismik veri işlem programı kullanılarak oluşturulmuştur.

2 SİSMİK YANSIMA MODELLEMESİ

Bu tez çalışması kapsamında oluşturulan hız/derinlik modeli kullanılarak iki boyutlu ışın izleme yöntemiyle sismik yansıma modellemesi yapılması amaçlanmıştır. Buradan seçilen ışın tiplerine göre ışın yolları üretilerek yansıma katsayıları ile birlikte gidiş-geliş seyahat zamanları hesaplanmaktadır.

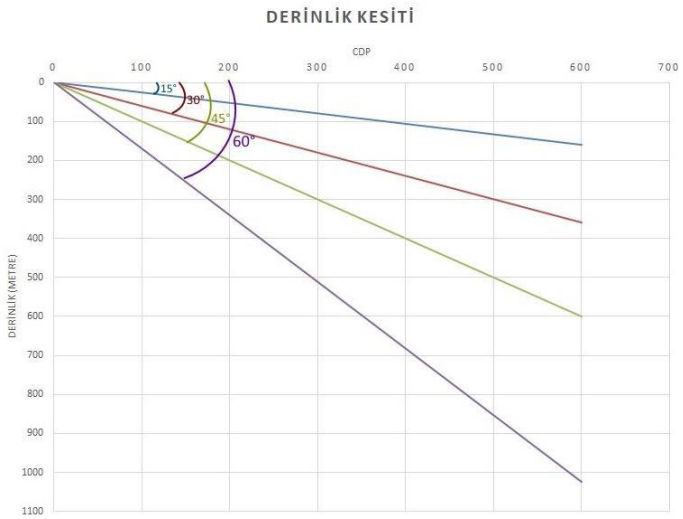
Bu tez çalışması kapsamında Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işlem paketinde bulunan modellemeyi gerçekleştiren program modülleri kullanılmıştır. Bu modüllerden biri olan "MODRAY" programında ışın izi tiplerinin belirtilmesinde çeşitli yollar kullanılmaktadır: Bunlar NORMAL (Normal geliş açısı), DIFFRACT (Difraksiyon) ve IMAGE (Yeraltı Görüntüsü) olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. "NORMAL" seçeneği normal geliş açısı için ışın izleme yöntemine, "DIFFRACT" seçeneği dalga teorisi (difraksiyon) ışın izlemeye ve "IMAGE" seçeneği de göç veri işlemi uygulanmış bir veri için ışın izlemeye karşılık gelmektedir. Normal geliş açısı ışın izlemede, ara yüzeye (normal) dik gelen ışınlar üretilmektedir. "DIFFRACT" seçeneği kısaca saçıcı modellemesi yapar. Eğer "DIFFRACT" parametresi seçilirse, MODRAY komutu sıfır ofset ışın izleme dalga teorisi çözümünü üretir. Yeraltı modelinde ani hız değişimleri mevcutsa, aniden tabaka kalınlığının sona erdiği yapısal süreksizliklerde ve özellikle fay türündeki jeolojik yapılarda köşe noktalarda difraksiyonlar meydana gelmektedir. Model içerisinde faylanmaların yer alması veya ani hız değişimlerinin olması nedeniyle bu çalışmada difraksiyon sonuçları üretilmesi tercih edilmiştir

2.1 Hız Derinlik Modelleri ve Yapay Sismik Kesitlerin Oluşturulması

Bu çalışmada ilk olarak derinlik ve ara hız bilgileri kullanılarak düzlemsel yapıda normal bir fay modeline ait iki boyutlu yapay sismik yansıma kesitleri oluşturulmuştur. Aslında ilk adımda oluşturulan bu fay modeli aynı zamanda eğimli bir tabaka ara-yüzeyini de temsil etmektedir. Bu ara yüzeyin altında temel kayanın üzerinde de çökel kayaların olduğu varsayımı ile alttaki sismik hız 4000 m/s, üstteki çökelin hızı ise 2000 m/s seçilmiştir. Seçilen sismik ara yüzey 15°, 30°, 45°ve 60° olmak üzere 15°'lik eşit aralıklarla artış gösteren dört farklı eğime sahip olmak üzere çeşitlendirilmiştir (Şekil.1). Derinlik modeli yüzeye belirli aralıklarla dizilen CDP'lerin (Common Depth Point) altına girilen derinlik ve sismik ara hız bilgileri ile oluşturulur. Kullanılan veri işlem programında ışın izleme yöntemiyle düz çözüm modellemesini yapan MODRAY modülü sismik veri tabanında tanımlanmış hız modelini kullanarak işlem yapar.

Programın veri tabanına kaydedilen ara hız/derinlik modeli çağrılarak ışın izleme yöntemiyle düz çözüm modellemesine geçiş yapılmaktadır. Programda hız/derinlik modeli belirlenmesinin ardından "FILTER" modülü kullanılarak bir önceki aşamada oluşturulan yansıma katsayıları serisindeki sismik izlere süzgeçleme tekniği ile dalgacık biçimi kazandırılmıştır. Süzgeçlemede bant geçişli süzgeç tipi tercih edilmiş ve minimum fazlı kaynak dalgacığı seçilmiştir. Dalgacık biçiminin kazandırılmasının ardından veri tabanına derinlik modeline ait yığma kesiti kaydedilmektedir.

İki boyutlu (2D) eğimleri 15°, 30°, 45°, 60° olan derinlik modelleri tanıtılmış olan yer altı normal fay modellerinin yapay sismik kesitleri elde edilmiştir. Şekil.1'de verilen ara yüzey modellerine ait sentetik sismik yansıma kesitleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Modellemede kullanılan derinlik modelleri. CDP'ler arası mesafe 6.25 m'dir.

Eğim açısı farklı olan bu dört ara-yüzeye ait eğim değerlerine karşı sismik kesitlerden eğim değerleri okunmuştur. Sismik kesitlerden okunan eğim değerlerinin birimi ms/CDP'dir. Bu değerler Şekil.3'de verilen şekilde grafiklenerek gösterilmiştir.

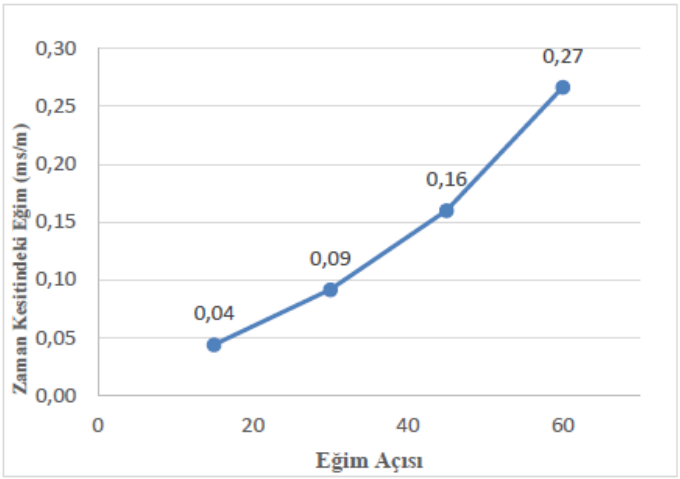
CDP'ler arası 6.25 metre olup hem derinlik kesitinde hem de sismik yansıma kesitinde hesaplanan eğimler birbiriyle örtüşmektedir. Elde edilen sonuçlarla 15, 30, 45, 60 derecede sırasıyla hesaplanan eğimlerle sismik kesitlerden okunan ilişkili eğim değerleri arasında lineer bir artış olduğu görülmektedir.

Tezin ikinci aşamasında düzlemsel bir fay ara-yüzeyi yine seçilmiş ancak bu kez fay düzlemi üzerinde birden fazla çökel tabaka serileri fayın düzlemine yaslanmaktadır. Bu çökellerin hızları en sığdan en derine doğru 2000 m/s'den 3000 m/s'ye kadar 250 m/s'lik artışlarla seçilmiştir (Şekil 4). Fayın eğiminin 60° seçildiği bu modele ait sentetik yansıma kesiti Şekil.5'de verilmektedir. Kesite bakıldığında, fay düzlemine ait yansımanın düzlemsel değil kavisli olduğu gözlenir. Bunun sebebi derine inildikçe artan hız nedeniyle çift-yol alış zamanlarının daha azalmasındandır. Hâlbuki bir önceki tek çökel tabaka modelinde böyle bir hız artması olmamakta, hızın derine doğru sabit olması nedeniyle düzlemsel yapı sismik kesitte de yine düzlemsel olarak gözlenmektedir.

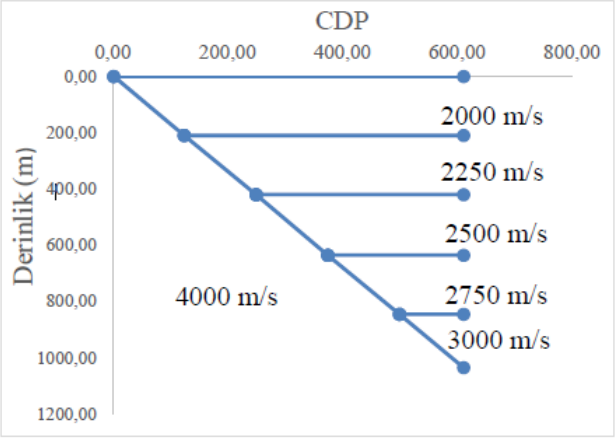
Şekil 2. Derinlik modelinde ara yüzeyin eğiminin 15°, 30°, 45°, 60° olması durumunda oluşturulan sentetik sismik yansıma kesitleri (Yatay eksen CDP, düşey eksen ise çift-yol alış zamanını göstermektedir. CDP'ler arası mesafe 6.25 m'dir).

Diğer 15, 30, 45°'lik eğime sahip tabakalı modellere ait oluşturulan sismik yansıma kesitleri de Şekil.6'da gösterilmiştir. Bu kesitlerde de gerçekte düzlemsel olan fay modelinin kavisli bir görünüm aldığı gözlenmektedir.

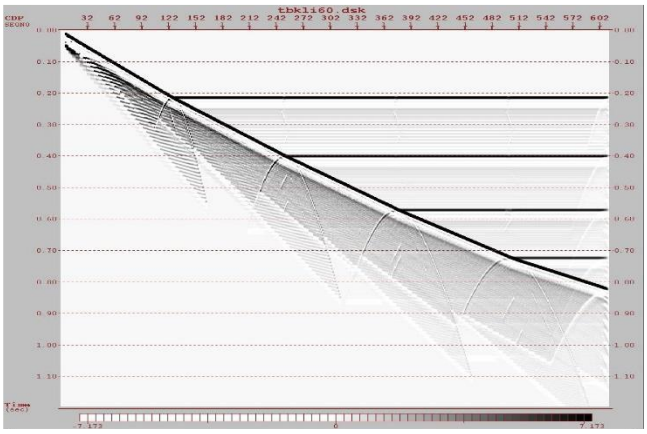
Zaman ortamındaki sismik kesitlerde, üst katmanın hızındaki değişiklikler nedeniyle daha alttaki tabaka ara-yüzeylerinde bozucu değişikliklere yol açabilmektedir. Daha yüksek hız verilen yapıların altında yer alan ara yüzeylerde sismik kesitte hız çekmesine neden olurken, daha düşük hız değeri verilen yapılar sismik kesitte hız itmesine neden olmaktadır.



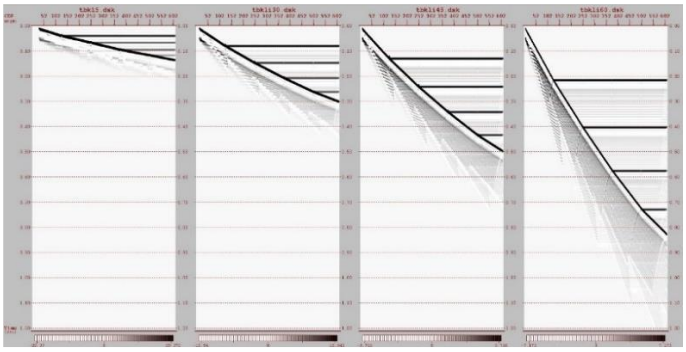
Şekil 3. 15°, 30°, 45° ve 60°'lik eğimlere sahip ara yüzeylere ait sentetik sismik kesitteki eğimlerle karşılaştırılması.



Şekil 4. Fay üzerine (eğim açısı 60°) yaslanan birden fazla çökel tabakaların olduğu yer altı modeline ait derinlik kesiti.



Şekil 5. Şekil 4'de verilen derinlik modeline ait sentetik sismik yansıma kesiti.



Şekil 6. Derinlik modelinde ara yüzeyin eğiminin 15°, 30°, 45°, 60° olması ve birden fazla çökel tabakasının olması durumunda oluşturulan sentetik sismik yansıma kesitleri (Yatay eksen CDP, düşey eksen ise çift-yol alış zamanını göstermektedir. CDP'ler arası mesafe 6.25 m'dir).

3 SONUÇLAR

Bu çalışmada sismik düz çözüm yaklaşımı ile oluşturulan yer altı fay modellerine ait tabakalı modellerin yapısı ve sismik hızının zaman ortamı yansıma kesitleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sismik modelleme yapılarak sismik yansıma kesitleri elde edilmiştir. Hız/derinlik modelleri tanımlanmış ve sentetik sismik kesitler oluşturulmuştur. Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işlem paketindeki ilgili modüller kullanılarak yapay sismik yansıma kesitleri elde edilmiştir.

Tez kapsamında ilk olarak hem tabaka yüzeyi hem de fay yüzeyi olabilecek bir ara yüzeyin 15, 30,45 ve 60 derecelerdeki sismik kesitleri oluşturulmuştur. Derinlik modelinde düzlemsel olan bu fay modelinin sismik kesitte yine düzlemsel gözlendiği ve açısının artması ile yine sismik kesitte açının arttığı görülmüştür. Ayrıca derinlik ortamındaki eğim artış oranı ile zaman ortamındaki eğimin artış oranlarının yaklaşık olarak eşit olduğu gözlenmiştir.

İkinci olarak ise fay yüzeyinin üzerine birden fazla çökel serisi koyarak ilk adımda yaptığımız gibi tek hız kullanmak yerine, hızları 2000 m/s'den 3000 m/s'ye arttırılarak bir model belirlenmiştir. Bu modele ait sismik kesitte faya ait ara yüzeyin derinlikle kavisli hal aldığı gözlenmiştir. Yani, gerçekte düzlemsel olan bir fayın zaman kesitinde listrik fay gibi göründüğü sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Jeofizik Mühendisliği, Nezihi Canıtez Veri İşlem Laboratuvarı'nda kullanılan Disco/Focus (v.5.0) Programının ücretsiz güncellemesini yaparak lisans yenilediği için Paradigm Geophysical'a teşekkür ederiz

KAYNAKLAR

Fagin, W. S. , 1992. *Seismic Modelling of Geologic Structures, Society of Exploration Geophysicists.*

Canıtez, N. , 1997. *Jeofizikte Modelleme*, Literatür Yayıncılık, Istanbul.

Batı Anadolu'da Isı Akısı ve Jeotermal Alanlar
Heat Flow in Western Anatolia and Geothermal Fields

A. Avşar, D. Düşünür Doğan
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Dünya içindeki ısı dağılımı, her zaman Dünya'nın evrimini ve davranışını anlamamıza yardımcı olan temel araştırma konularından biri olmuştur. Yer içi yapısının anlaşılabilmesi için, yerin ısıl özelliklerinin incelenmesi gereklidir. Bu termal süreç, levha tektoniği ve depremler gibi jeodinamik olayların ana kaynaklarını inceleyebilmek, magmatik kayaç sokulumunu ve volkanizmayı anlayabilmek, kabuk yapısındaki değişimleri belirlemek gibi pek çok konunun yanısıra jeotermal alanların varlığının kanıtlanmasında da etkilidir. Bu çalışmada, Batı Anadolu'da daha önce yapılan çalışmalardan derlenen değerlerle ısı akısı, termal gradyan ve termal iletkenlik değerleri hesaplanmış ve haritalandırılmıştır. Elde edilen haritalar Ege Bölgesi'nde bilinen jeotermal alanlarla karşılaştırılmış, aralarındaki ilişki irdelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: termal gradyan, termal iletkenlik, ısı akısı, jeotermal.

ABSTRACT Heat distribution within the Earth has always been one of the main research topics that helped to understand the Earth's evolution and behavior. In order to understand the inner structure of the Earth, the thermal properties of the Earth must be examined. This thermal process is influential in issues such as studying the main sources of geodynamic phenomena such as plate tectonics and earthquakes, understanding igneous rocks and volcanism, and determining changes in crustal structure as well as proving the existence of geothermal fields. In this study, heat flow, thermal gradient and thermal conductivity values were calculated and mapped with the values obtained from previous studies in Western Anatolia. The obtained maps were compared with known geothermal fields in the Aegean region and the relation between them was examined.
Keywords: thermal gradient, thermal conductivity, heat flow, geothermal.

1 TERMAL ÖZELLİKLER

1.1 Termal İletkenlik

Her maddenin ısı iletim yeteneği farklı boyutlardadır. Bir maddenin ısıyı iletme yeteneği o maddeye özgü parametreler ile belirlenir. Isı iletimi termal iletim ya da termal ışıma yoluyla olabilir. (Anadolu, 2011) Bir kayacın oluşum aşamasında, sahip olduğu termal iletkenlik katsayısını etkileyen faktörler sıcaklık, basınç, porozite, yoğunluk, tane boyutu, çimentolaşma derecesi ve mineral ve sıvı içeriğidir. (Akın ve diğ., 2014).

1.1.1 Fourier Kanunu

Fourier kanunu, iletimle ısı geçişini deneysel gözlem yolu ile açıklamaktadır. Fourier kanununa göre x yönünde geçen ısı miktarı, x yönündeki sıcaklık gradyanı (sıcaklık değişim miktarı) dT/dx ve ısı geçiş yönüne dik alan A ile orantılıdır.

1.2 Temel Gradyan

Jeotermal gradyan; derinlikle birlikte artan yeraltı sıcaklığının 1°C artması için gerekli olan derinlik olarak tanımlanmaktadır. (Altınlı, 1986) Gradyan artışının dünyanın her yerinde aynı olmadığı bilinmektedir ve ortalama gradyan artışı dünya genelinde

kilometre başına 25 C°dir. (Tissot ve Welte, 1984) Termal gradyanı hesaplayabilmek için en az iki farklı bölgede ölçülen iki sıcaklık değeri gereklidir. (İlkışık ve diğ., 1996)

1.3 Isı Akısı

Bir santimetrekare alandan bir saniyede geçen ısı miktarının kalori cinsinden değerine ısı akısı denir. (Gevrek, 1991) Isı akısı datası yerbilimciler tarafından yerküre içindeki sıcaklık varyasyonlarının bir göstergesi olarak sık sık kullanılır. (Beardsmore ve Cull, 2001) Isı akısı doğrudan ya da dolaylı yollardan hesaplanabilir. Birimi (W/m²)'dir ve vektörel bir büyüklüktür.

2 ÇALIŞMA ALANI

Ülkemizde aktif faylara ve volkanizmaya bağlı olarak başta Ege Bölgesi olmak üzere, Kuzeybatı, Orta Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde 600'ün üzerinde jeotermal kaynak bulunmaktadır. Batı Anadolu'da görülen jeotermal sistemlerin sıcaklığı genelde çok yüksektir ve açılma tektoniği görülen graben sistemlerinde yer alırlar. Doğu-Batı ve Kuzeybatı-Güneydoğu yönlü genç graben sistemlerinde yer alan en önemli jeotermal alanlar ise Menderes ve Gediz grabeni içinde görülmektedir. (Arslan ve diğ., 2001)

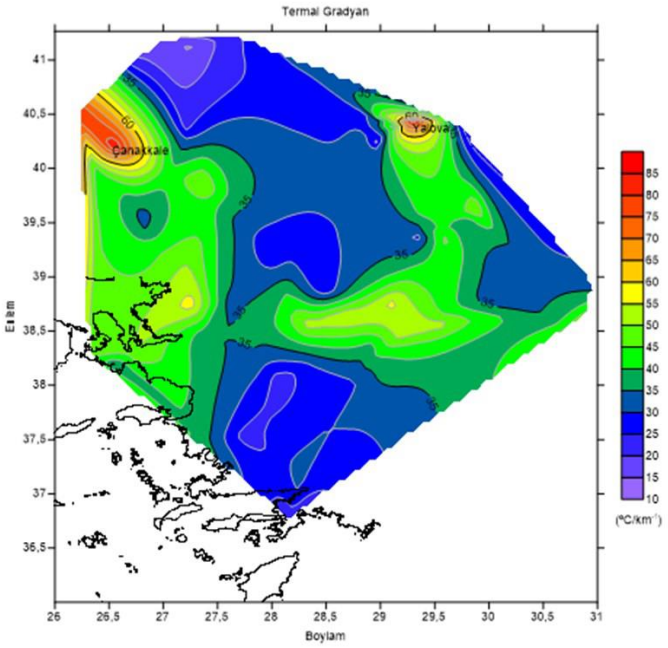
3 DATA

Öncelikle, Batı Anadolu ve Marmara bölgesinin bir kısmını içeren ölçüm noktalarının koordinatları ile birlikte makalelerden derlenen termal gradyan değerleri, sıcaklık değerleri ve termal iletkenlik değerleri Excel programına geçirilerek düzenlenmiştir ve yine Excel programı kullanılarak bölgedeki ısı akısı değerleri termal gradyan ve termal iletkenlik değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Haritaların çiziminde toplamda 64 noktadan elde edilen sıcaklık, termal iletkenlik ve termal gradyan değerleri kullanılmıştır.

Termal iletkenlik katsayısının bulunmadığı noktalarda, coğrafi olarak en yakın olan noktanın termal iletkenlik değeri esas alınmıştır. Marmara ve Ege denizleri içinde bulunan 4 nokta için ise denizlerde ortalama bir değer olan 2,5 (W/m*K^-1) alınmıştır.

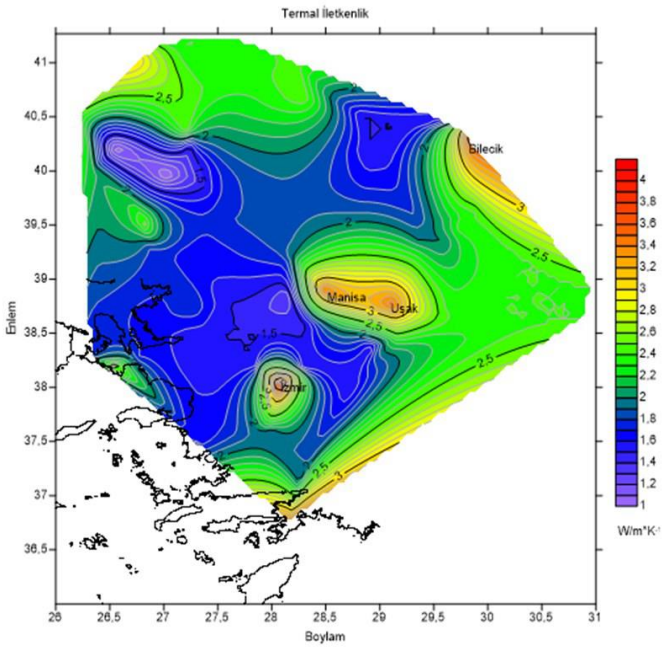
4 HARİTALAMA VE YORUMLAMA

4.1 Termal Gradyan Haritası



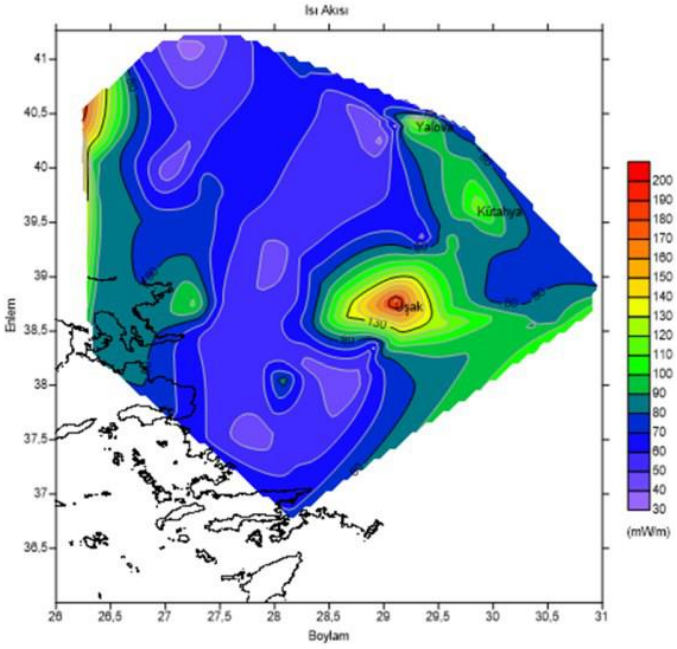
Çalışma alanının termal gradyan haritasında bölgenin $15^0/[km]^{-1}$ ve $60^0/[km]^{-1}$ arasında değişen termal gradyan değerinden yüksek değerli olduğu göze çarpan iki anomali görülmektedir. İki anomalinin de termal gradyan değerlerinin $60^0/[km]^{-1}$'den yüksek olduğu, merkezlerinde yaklaşık $85^0/[km]^{-1}$ 'ye ulaştığı görülmüştür. Bu anomalilerin merkezlerinin koordinatları Surfer programından alınmış ve Google Earth programına girilmiştir. Bunun sonucunda haritanın sağ üst tarafındaki anomalinin Çanakkale çevresine ve sol üst taraftakinin Yalova çevresine denk geldiği anlaşılmıştır. Literatürde de bu bölgelerde jeotermal alanlar olduğu bilinmektedir. Çanakkale jeotermal enerji açısından önemli bir potansiyele sahiptir, bölgede pek çok jeotermal alan bulunmaktadır. Yalova'da da Termal ve Armutlu bölgelerinde konumlanmış iki önemli sıcak su kaynağı vardır.

4.2 Temel İletkenlik Haritası



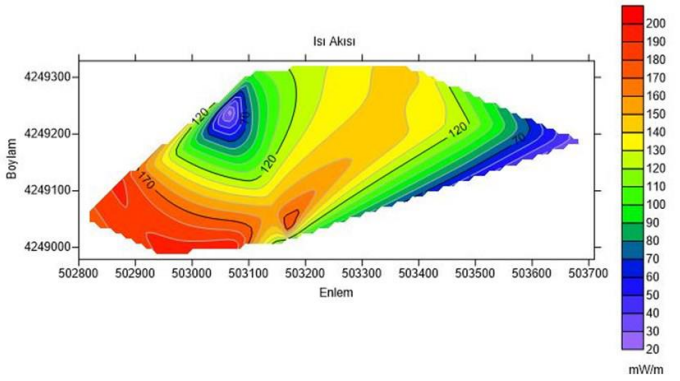
Çalışma alanının termal iletkenlik haritasında göze çarpan dört anomali bulunmaktadır. Bu anomalilerde bölgenin 1-2,6 W/m^2 K^(-1) arasında değişen termal iletkenlik değerlerinin aksine yer yer 4 W/m^2 K^(-1)'ye ulaşan değerler gözlenmiştir.

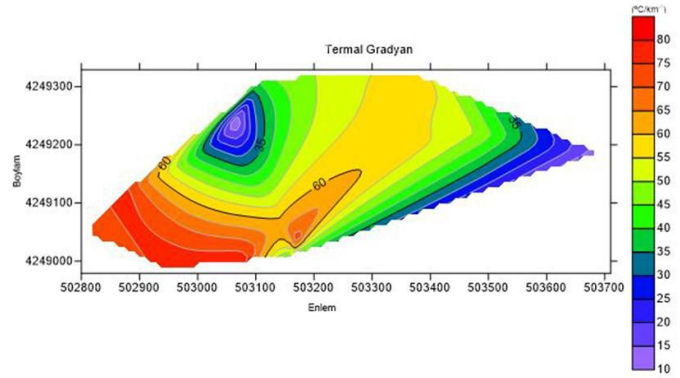
4.3 Isı Akısı Haritası



Bölgenin hesaplanan değerlerle oluşturulan ısı akısı haritasında genel olarak 30-80 mW/m arasında değerler gözlenmektedir. Haritada göze çarpan en büyük anomali 130-200 mW/m arasında değişen bir değer gösteren Uşak ili çevresidir. Uşak İl sınırları içerisinde Merkez, Banaz ve Ulubey ilçelerinde kaplıca olarak kullanılan önemli jeotermal alanlar bulunmaktadır. Termal gradyan haritasında da anomali vermiş olan Yalova ili çevresinde ise ısı akısının yaklaşık 130 mW/m olduğu görülmektedir. Isı akısı haritasında 130 mW/m civarında bir değer gösteren diğer bir anomalinin koordinatları Kütahya ili çevresine denk düşmektedir. Bu ilde jeotermal alanında sıcaklıkları 25ºC ile 96ºC arasında değişen 55 adet sıcak su kaynağı vardır.

4.4 Balçova Jeotermal Alanı





Çalışma alanının kapsadığı bölgeye Türkiye'nin önemli jeotermal alanlarından olan İzmir-Balçova Jeotermal Alanı da girmektedir. Ancak bu bölgenin ısı akısı değerleri diğer alanlardan çok daha yüksek olduğu için, anomalilerin bastırılmaması adına Balçova için ayrı haritalar oluşturulmuştur. Derlenen veriler kullanılarak termal gradyan ve ısı akısı değerleri hesaplanmış ve haritalandırılmıştır. Bölgenin hesaplanan değerlerle oluşturulan ısı akısı haritasında baskın olarak 100-200 mW/m arasında değişen yüksek değerler gözlenmektedir. Termal gradyan haritasında ise çalışma alanının 40^0/[km]^(-1) ve

80^0/⟦km⟧^(-1) arasında değişen yüksek termal gradyan değerlerine sahip bir bölge olduğu görülmektedir.

5 SONUÇLAR

Bu çalışmada, Batı Anadolu'nun jeotermal alanlarını ısı akısı ile göstermek amaçlanmaktadır. Veriler, bölgede daha önce yapılmış ve yayımlanmış olan çalışmalardan elde edilmiştir. Veriler düzenlendikten sonra ısı akısı değerleri hesaplanmış, bu değerler ve derlenen veriler kullanılarak ısı akısı, termal iletkenlik ve termal gradyan haritaları oluşturulmuştur.

Termal gradyan haritasında, harita üzerinde daha yüksek termal gradyan değerine sahip bölgeler Yalova ve Çanakkale olarak belirlenmiştir. Derlenen verilere bakıldığında çalışma alanındaki en yüksek değerin yaklaşık 85^0/⟦km⟧^(-1) ile Yapıldak, Çanakkale'de elde edildiği görülmüştür.

Termal iletkenlik doğrudan jeolojik birimlere bağlı olduğundan, termal iletkenlik değerlerindeki anomaliler doğrudan jeotermal alanlarla ilişkilendirilmemiş, ancak bu değerlerin araştırma alanının jeolojik haritasıyla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Isı akısı haritasına bakıldığında, harita üzerinde daha yüksek ısı akısı değerlerine sahip anomalilerin Uşak, Kütahya ve Yalova illerine yakın olduğu görülmektedir; bu da bu yerlerin potansiyel jeotermal alanlar olduğunu göstermektedir. Elde edilen harita, MTA envanteri ile karşılaştırıldığında, halihazırda kurulmuş ve kullanımda olan jeotermal kaynakların yerlerinin elde edilen haritaya benzediği açıkça anlaşılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Doğa DÜŞÜNÜR DOĞAN'a benimle paylaştığı bilgiler, bana ayırdığı zaman, gösterdiği anlayış ve sabır için teşekkür ederim. Lisans hayatım boyunca, bana kattıkları bilgi birikimleri için tüm hocalarıma teşekkür ederim. Her zaman arkamda olan, hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, bana gösterdikleri sonsuz sevgi, saygı ve sabır için sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Üniversite hayatım boyunca her zaman yanımda olan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Akın, U., Ulugergerli, E. U., Kutlu, S., 2014. The assessment of geothermal potential of Turkey by means of heat flow estimation, *MTA Dergisi* 149: 205-214.

Altınlı, I. 1986. *Yerbilimleri Sözlüğü*, MTA Genel Müdürlüğü yayınları No: 195, Ankara.

Anadolu, İ., 2011. *Çandarlı Körfezinde Jeotermal Amaçlı Isı Akısı ve Sıcaklık Ölçümleri, Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üni. Fen Bilimleri Enst., Nisan 2011.

Arslan, S., Darıcı. M., Karahan, Ç., 2001. in Toksoy, M. (Editör), *Jeotermal enerji doğrudan ısıtma sistemleri: Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı*, p. 21-28.

Cull, J. P. & Beardsmore, G. R., 2001. *Crustal Heat Flow, A Guide to Measurement and Modelling, in Crustal Heat Flow, A Guide to Measurement and Modelling.*

Gevrek, A. İ., 1991. *Gradyan sondajlari ve yeralti sicaklik ölçümlerinin jeotermal enerji araştirmalarinda yeri ve önemi, Jeoloji Mühendisliği*, s. 39, 51-54

İlkışık, O.M., Yalçın, M.N., Sarı, C., Okay, N., Bayrak, M., Öztürk, S., Şener, Ç., Yenigün, H.M., Yemen, H., Sözen, İ. ve Kahramanderesi, İ. H., 1996. *Ege bölgesinde ısı akısı araştırmaları*. Tübitak Proje No: YDABÇAĞ-233/G, İstanbul.

Tissot, B. P., ve Welte, D. H., 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*, Springer-Verlag, Berlin.

Fayların ve Sill'lerin Hidrotermal Akış ve Isı Dağılımı Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi: Gjallar Sırtı Örneği

Modelling the Effects of Faults and Sill on Hydrothermal Flow and Thermal Distribution: Gjallar Ridge Example

A. Yıldırım, D. Düşünür Doğan
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,

ÖZET Sedimanter havzalar içinde fay ve sill kaynaklı hidrotermal sıcaklık dağılımının nedenleri ve sonuçları sayısal modelleme yapılarak araştırılmıştır. Norveç Gjallar Sırtı'nda yapılmış olan üç boyutlu çok kanallı sismik yansıma kesitinde çok sayıda fay ve sill yapısı açıkça gözükmektedir. Bunların Gjallar Sıtı'ndaki termal etkisini anlamak için Ansys Fluent Programı ile iki boyutlu modeller hazırlanmıştır. Bu modeller sismik kesit üzerindeki küçük bir kısım temel alınarak hazırlanmaya çalışılmıştır ve modeller sıcaklık dağılımı, ısı akışı ve silin soğumasını göstermektedir. Fayın açısının ve kalınlığının sıcaklık dağılımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır ve sonuçlar; fayların ısının aşağıdan yukarı taşınmasında önemli etkisi olduğunu göstermiştir. Ayrıca sıvı akış yönünün yukardan aşağı doğru olduğu ve sillerin hızlı soğuduğu gözlemlenmiştir.
Anahtar kelimeler: sıcaklık dağılımı, ısı akışı, termal alanlar, faylar, siller.

ABSTRACT The causes and consequences of hydrothermal convection triggered by faults and intruded sills into sedimentary basins are explored using numerical modeling techniques. The study area Gjallar Ridge in Norwegian shelf has several faults and sills as clearly shown in 3D multichannel seismic reflection transection. To understand their thermal effect on the Gjallar Ridge, Ansys Fluent Software were used for preparing 2D models. These models have thermal distribution, fluid flow and sill cooling; based on modelling small part on the seismic section. The effect of thickness and dip angle of the fault on the temperature distribution in the thermal fields was investigated. The results show that faults and fractures have significant effect on the transporting heat from below to the upper part, and on the fluid flow pattern way from up to down. The rapid cooling of sill was observed.
Key words: thermal distribution, heat flow, thermal areas, faults, sills.

1 INTRODUCTION

The aim of the study is to demonstrate the effects of faults and sills on the thermal distribution and hydrothermal flow. Therefore, numerical models were investigated with using Ansys Fluent Software. These models were prepared by considering the geothermal exists in Gjallar Ridge area in Norwegian shelf. This area has complex continental structures and geological history (Figure 1).

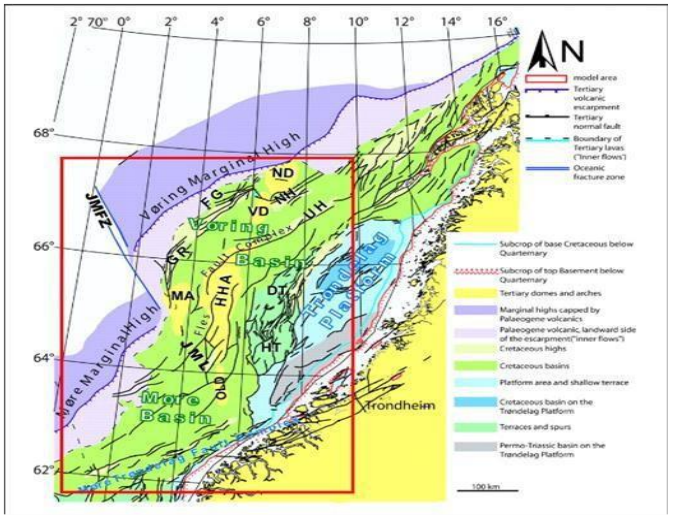


Figure 1. Structural elements of the Norwegian continental shelf. (Scheck- Wenderoth et al.,2007).

From Devonian to the earliest Cretaceous times extensional tectonism was caused to continental rifting. In the times between late Jurassic- early Cretaceous enlargement of the mid-Norwegian margin was caused to break up the Voring Basin into many subbasins and that was caused structural highs and grabens. The area has extensive amount faults because of having this type of geologic story.

The models were carried out with faults which are having different angle and thickness by thinking this type of area. 45º,60º and 90º- angle faults with 50 m and 100m thickness and small sill model were prepared for analyzing the effects of faults and sill on thermal distribution and hydrothermal flow.

2 METHODOLOGY

2.1 Model Setup

A model was designed for numerical modelling with rectangular in shape by assuming 2000m depth and 4500m lateral length. The angle of fault α and the thickness of fault β is shown on the model were changed. Left and right walls were accepted impermeable and seafloor thought 1000 m depth. Temperature, pressure and heat flux were applied constant for all model approaches.

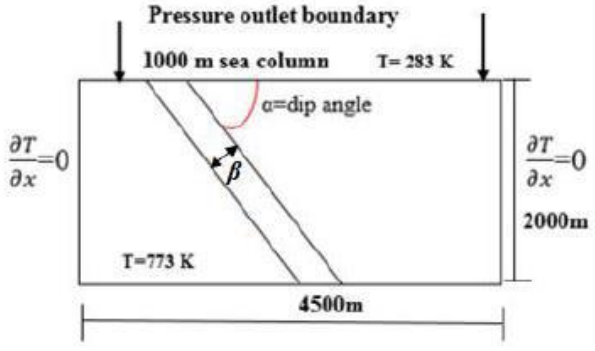


Figure 2. Model set up for numerical models.

For all models was generated with Ansys Fluent Software and parameters which are porosity, permeability, density etc. Were taken fixed.

3 RESULTS

In this study, thermal distribution, fluid flow and time dependent cooling of sill were prepared with the Software. The models show that thermal distribution behaves smooth change in fault structure and isotherms are leaning against to fault. The fluid flow pattern is from top to the down and the amount increase with the expansion. Sill shows rapid cooling behavior its life lower than 10000 years.

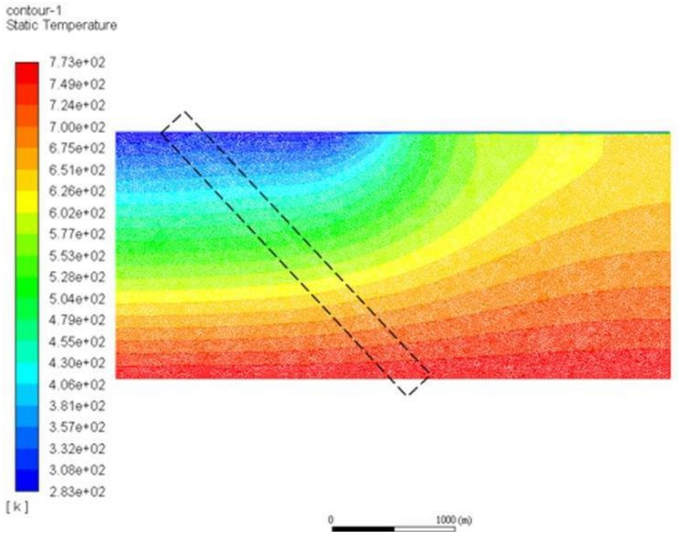


Figure 3. 45- degree angle, 50 m width fault's thermal distribution model. The fault structure locates in the black dashed rectangle in that area. This model shows thermal distribution from 283 Kº to 773 Kº. Temperature is increasing from blue to red and the color shows this.

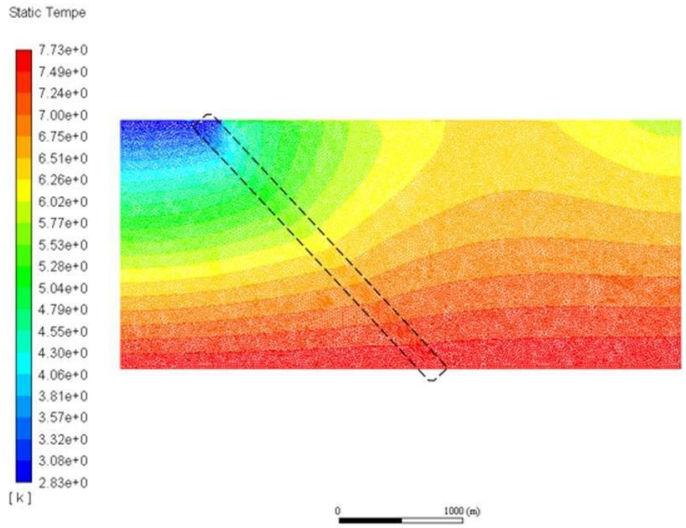


Figure 4. 45-degree angle, 100 m width fault's thermal distribution model. The fault structure locates in the black dashed rectangle in that area. This model shows thermal distribution from 283

Kº to 773 Kº. Temperature is increasing from blue to red and the color scale shows this.

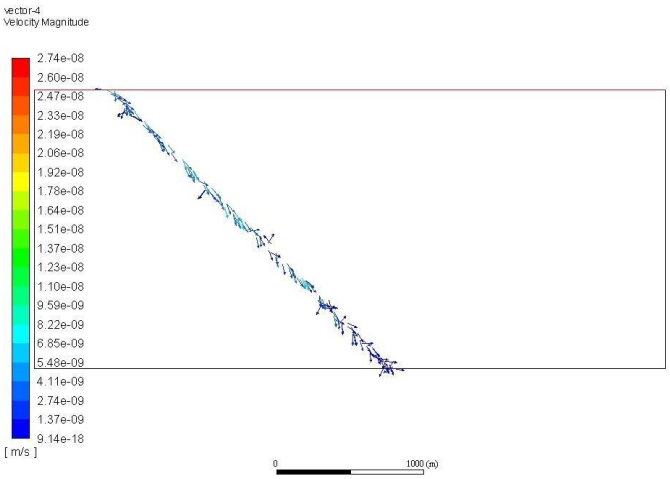


Figure 5. 45-degree angle, 50 m width fault's fluid flow pattern. Darcy's vectors show velocity of fluid. These vectors are fixed length so that their color is proportional to velocity. The color bar scale unit is m/s and velocity increasing from blue color to red color. In this model the velocity is starting 1.7 e-17 and reaching 7.9 e-09.

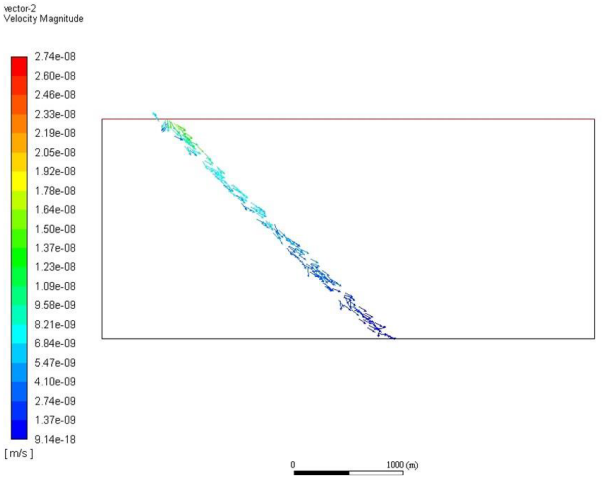


Figure 6. 45-degree angle, 100 m fault's fluid flow pattern model. Darcy's vectors show velocity of fluid. These vectors are fixed length so that their color is proportional to velocity. The color bar scale unit is m/s and velocity increasing from blue color to red color. In this model the velocity is starting 9.1 e-14 and reaching 1.7 e-08.

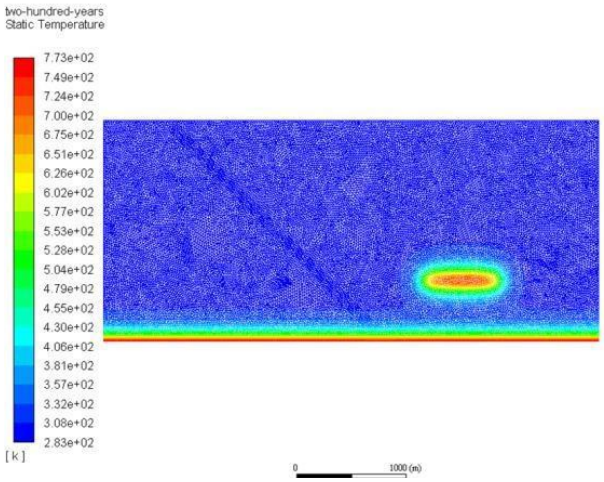


Figure 7. This model is indicating the cooling of sill dependent on the time. 200- years sill structure locating right hand side of the fault. The color bar scale shows temperature in Kº and it is starting from 283 Kº to ending 773 Kº.

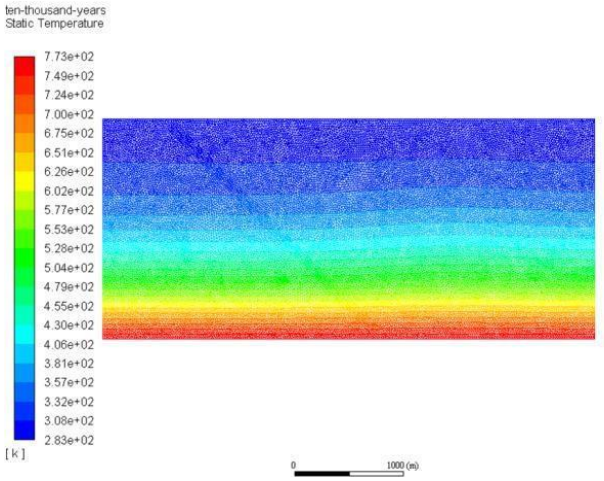


Figure 8. This model is indicating the cooling of sill dependent on the time. 10 000-years sill structure locating right hand side of the fault. The color bar scale shows temperature in Kº and it is starting from 283 Kº to ending 773 Kº.

It is clear that faults are transmitting the thermal energy from down to the top (see Figure 3 -4). When the effecting area increase, the amount of the thermal flow increase. The angle of fault for thermal distribution is affecting only the area resulting from its geometry. For all fault models the isotherms are leaning against to the fault structure.

In fluid flow pattern model (see Figure 5-6) the amount of material and velocity increase with the area. If the width of the fault structure is increased, the amount of

permeable zone also increases. So that; the materials can flow easily inside of it.

In sill model, the fault effect is not clearly seen. It can be related with the distance between sill and fault structure. Its cooling causes heating rock around of it and by the time the rocks became mature and also helping the faults become recharge zone. The sill structure behaves like a stove inside the sedimentary rocks. But, this is appearing the sill has short-living life. Because of its effect will be decreased by the time. Sill structures may be cap rock for hydrocarbons in future because of being impermeable and the coming materials inside the faults may help of it.

These type of study can be investigated in Aegean site in Turkey. Because the area also has major amount horst- graben systems and geothermal vents.

ACKNOWLEDGMENTS

The study was done in the Ansys Fluent 18.2 Software.

REFERENCES

Bani-Hassan, N., Iyer, K., Rüpke, L. H., & Borgia, A. (2012). Controls of bathymetric relief on hydrothermal fluid flow at mid-ocean ridges. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 13(5).

Scheck-Wenderoth, M., Raum, T., Faleide, J. I., Mjelde, R., & Horsfield, B. (2007). The transition from the continent to the ocean: a deeper view on the Norwegian margin. *Journal of the Geological Society*, *164*(4)

Üner, S., & Dusunur-Dogan, D. (2017, November). Fault Dip Angle Controlled Temperature And Fluid Flow Modelling. In *9th Congress of the Balkan Geophysical Society*.

P Dalgası Polarizasyonu Sapmalarından Hareketle Üst Mantoda Anizotropik Yön Kestirimi

Anisotrpic Direction Estimations of the Upper Mantle from Pwave Polarization Deviations

B. Silimhan, T.Eken
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET P_n hızlarının azimutal anizotropisi ile bağlantılı olarak, üst mantonun sismik yönden anizotropik olduğu bilinmektedir. Homojen izotropik bir ortamda, P dalgaları yayılma doğrultusuna paralel olarak polarize olurlar. Eğer ortam homojen ve izotropik değilse, bu durumda yayılma doğrultusuna paralel olan polarizasyonda, sapma davranışı görülür. Deprem geliş yönüne göre değişim gösteren bu sapma değerleri üzerine yapılacak olan harmonik analiz istasyon altında kalan yapı ve de aletsel özellikler hakkında bize ipuçları verir. Harmonik analiz bize, a) sensör konumundaki coğrafi hata, b) kabuk veya mantoda dalım gösteren yapılar, c) sismik anizotropi (yatay veya eğimli simetrisi eksenli) d) İstasyonun hemen altında kalan yapıya ait çok daha küçük ölçekli hız değişimleri. Bu çalışmada, Mudanya bölgesinde bulunan MDNY kodlu istasyondan alınan veriler analiz edilmiş ve gözlenen P dalgası polarizasyonu sapmalarından hareketle üst mantoda anizotropik yön kestirimi amaçlanmıştır.
Anahtar Kelimeler: P dalgası polarizasyonu, Sismik Anizotropi, Harmonik Analiz

ABSTRACT It is first evidenced by Hess that the upper mantle is seismically anisotropic due to the azimuthal variation of P_n wave speed. In a homogeneous isotropic environment, P waves become polarized parallel to the direction of propagation. If the medium is not homogeneous and isotropic, in this case a deviation with respect to ray direction-parallel polarization is observed. The harmonic analysis is applied to these P wave deviation values, which depend on the back azimuth of earthquake. Using harmonic analysis gives us clues about the structure and the instrumental features under the station such as sensor misorientation, crustal or mantle dipping structures, seismic anisotropy (horizontal or inclined symmetry axis) and small-scale velocity changes of the structure right below the station. In this study, the data obtained from the MDNY station in the Mudanya region were analyzed and the anisotropic direction of the upper mantle was estimated by using P wave polarization deviations.
Keywords: P-wave polarization deviation, Seismic anisotropy, Harmonic Analysis

1 GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı P polarizasyonuna bağlı üst mantoda anizotropik yer kestirimi yapmak olduğundan SKS ayrışması ile ilgilenmek yerine daha derinler hakkında bilgi sağlayabilen P dalgaları kullanılmıştır. Bu sebeple, üst mantodaki anizotropik sapmaların tespiti P dalgalarının polarizasyonunun analizi ile gerçekleşmiştir (Savage, 1999). Çalışmaya başlanırken, MDNY (Mudanya) istasyonundan toplanan verilerin deprem geliş yönlerine ve bu depremlerin ne kadar uzaktan geldiğine dair veriler incelendi. Gelen depremlerin zaman rezidüellerinin depremlerin geliş yönüne göre farklılaştığı görülmüştür. Toplanan veri setinde yer alan telesismik depremlerin geliş yönü dağılımlarının çeşitli olması P-dalgası harmonik analizleri için önemli bir avantajdır. Azimutal çeşitliğe bağlı olarak veri analizi, izotropik heterojen dalımlı veya

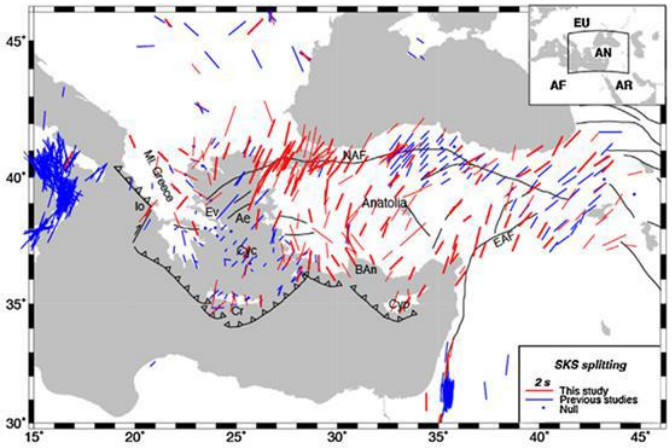
anizotropik yapıların ya da yatay tabakalı anizotropik yapılardan hangisinin etkili olduğu incelenmeye karar verilmiştir (Niazi, 1966). Alınan bilgiler ve veriler sonucu yapılan ilk analizler bu çalışmanın motivasyonunu oluşturmuştur.

2 SİSMİK ANİZOTROPİ

Anizotropi minerallerin fiziksel özelliklerinin içinde doğası gereği bulunmaktadır. Sismik anizotropi, hız değişimi olarak sismik dalgaların yayılım ve kutuplaşma yönünün bir fonksiyonu olarak çıkar. Anizotropi, P dalgasının sismik hızında azimutal yön değişime sebep olabilir. P dalgalarında yayılım doğrultusu, sismik anizotropi nedeniyle, açısal sapmalara neden olabilmektir. Anizotropi S dalgalarında S S ayrımlaşmasına sebep olur. Bu ayrımlaşma farklı hızlarda yayılan ancak birbirine dik yönde olan iki S dalgasının ayrışma durumudur.

2.1 Çalışma Bölgesinde Daha Önceden Elde Edilen Sismik Anizotropi Gözlemleri

Önceki yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda Anadolu'da KD-GB yönünde bir yönelim olduğu anlaşılmıştır. (Şekil 1) Ancak Anadolu'da sismik hızlanmanın Afrika Levhasında ki yırtılmanın sonucu olarak KKB-GGD yönünde değiştiği çalışmalarda belirtilmiştir (Paul ve diğ. 2014).



Şekil 1. Anadolu' da yapılmış SKS ayrımlaşma çalışmalarında gözlenen hızlanma yönleri (Paul ve diğ. 2014'ten alınmıştır).

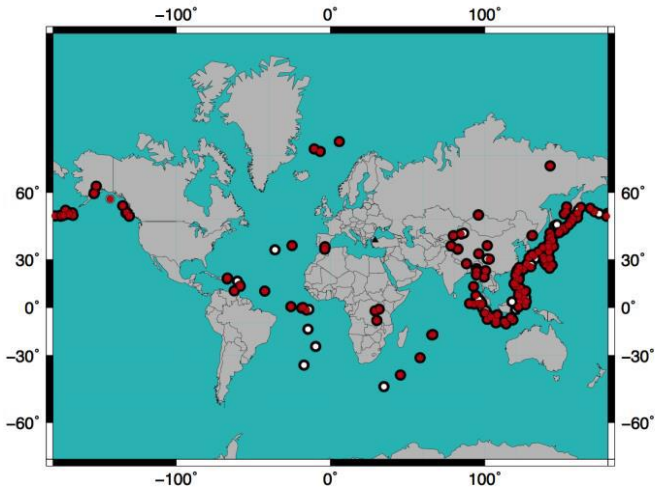
Paul ve diğ (2014) Bunun sebebini, astenosferik malzemenin yırtılan levhanın içinden geçerek konveksiyon akım yönünü değiştirmesi ile açıklamıştır. Anadolu' da gözlenen sismik Anizotropinin esas kaynaklarından birinin bu konveksiyon akımları olabileceği düşünülmektedir. (Confal ve diğ. 2016).

3 P DALGASI POLARİZASYONU

Homojen izotropik bir ortamda, P dalgaları doğrusal olarak polarize olurlar. Depremin geliş açısı, kuzeyden merkeze doğru yönün yatay izdüşümüne doğru saat yönünde ölçülür. Anizotropik veya heterojen ortamlarda, P dalgası polarizasyonu daha karmaşıktır ve yayılım yönünden sapma gösterir ve genel olarak heterojen ortamda eliptiktir. (Cristiano ve diğ. 2016). P dalgalarının polarizasyonu olası karmaşık yapıları göz ardı ederek, yatay uzanımlı anizotropi yapılarının araştırmasında kullanılabilir.

3.1 Veri

P dalgası polarizasyonu ölçümü yapılırken MDNY (Mudanya) istasyonunda kaydedilen deprem verileri kullanılmıştır. Deprem veri setinden yararlanılırken, yapılan araştırmanın doğru sonuç verebilmesi ve iyi kalitede P-dalgası sinyali edinebilmek için Mw 5.8'den büyük 516 adet telesismik deprem aktivitesi seçilmiştir. Bundan sonra öncelikli olarak, bu 516 depremin 3-bileşenli sayısal dalga formu kayıtlarını gözle tek tek inceleyerek iyi kalitede ve az gürültülü olanları bir sonraki analiz kısmı için seçilmiştir. Bu tip bir değerlendirme, veri sayısını 270 'e düşürdü. Kullanılan kayıtlar 2010 ile 2017 seneleri arasını kapsamakta olup kayıtlarda elde edilen veriler radyal, enine ve boyuna olmak üzere 3 farklı bileşene sahiptir. Bu analiz ve ayıklamalar sonucunda kullanılması kararlaştırılan deprem verilerinin coğrafi olarak harita üzerindeki gösterimleri ve dağılımları Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. MDNY (Mudanya) istasyonuna gelen depremlerin dünya haritası üzerinde dağılımı (Bordo işaretlenen depremleri, beyaz daireler kullanılmayan depremleri, siyah üçgen istasyonu belirtmektedir).

3.2 Veri

Deprem geliş yönü ve ölçülen Sapma değerlerininim arasında bir tespit yapabilmek ve ilişki kurabilmek için Fontaine ve diğ. (2009) tarafından tanımlanan harmonik fonksiyon kullaılmıştır.

$$\delta\alpha = A_1 + A_2 \sin\alpha + A_3 \cos\alpha + A_4 \sin 2\alpha + A_5 \cos 2\alpha \qquad (1)$$

Bu formülde, depremin gelişini belirten α açısıdır. A_1, istasyonun coğrafi konumundaki hatayı, A_2 ve A_3 yapının dalımlı olup olmadığını veya yatay heterojenliği, A_4 ve A_5 ise anizotropik yapıyı temsil etmektedir. Bu katsayıların birbirlerine göre değerleri ise baskınlığı belirler. $\delta_{dipmax} \geq \delta\alpha_{max}$ durumunda, istasyon altında bulunan dalımlı yapı anizotropi etkisinden dominanttır. $\delta dipmax \leq \delta\alpha_{max}$ ise, bu defa dominant olan anizotropi etkisinden kaynaklanan sapmadır.

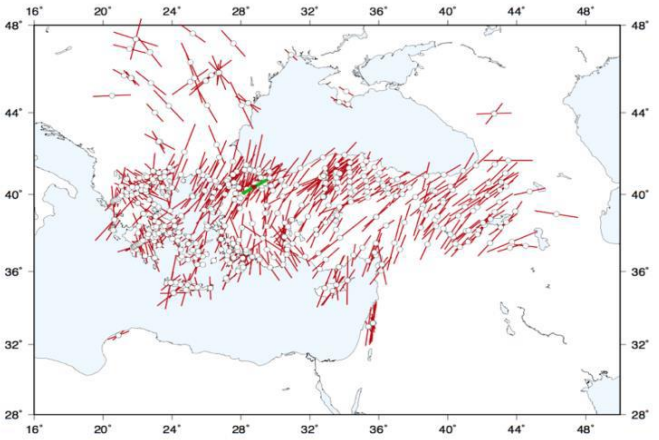
4 BULGULAR

Harmonik analiz, doğrusal polarizasyon katsayısı 0.9 ve sinyal-gürültü oranı 2.0'dan büyük olan tüm örneklerin teşkil ettiği yön bağımlı sapma değerlerine uygulandı. Böylelikle toplamda 223 tane gözlem için sapma açısı değerleri elde edildi. Fontaine ve diğ. (2009) çalışmasında belirtildiği gibi δdip_{max}, heterojenlik ve dalım genliği hakkında bilgi vermektedir. $\delta\alpha_{max}$, anizotropi genliğinin bulunmasını sağlamaktadır. Anizotropinin olması durumunda hızlı eksenin yönü ise α_{fast} bağıntısı kullanılarak tespit edilmiştir (Tablo1).

Tablo 1. Uygulanan harmonik analizden sonra MDNY için hesaplanan A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 katsayıları.

İstasyon	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	α_{fast}(açı)	δdip_{max}	$\delta\alpha_{max}$
MDNY	-7.0280	-3.1004	-4.1418	0.5589	1.2491	57.0529	5.1736	1.3684

5 TARTIŞMA VE SONUÇLAR



Şekil 3. P dalgası polarizasyonu ölçümlerinden elde edilen anizotropi uzanımı (yeşil çizgiler) ve SKS dağılımı çalışmasından elde edilen anizotropi uzanımı sonuçları (kırmızı çizgiler). (Paul ve diğ. 2014'ten alınmıştır).

Ölçülen değerlere harmonik analiz uygulanarak Fontaine ve diğ. (2009) tarafından tanımlanan çeşitli fonksiyonlarla hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar ve analizler sonucu $\delta\theta_{max} < \delta dip_{max}$ olması dalımlı bir yapının etkisinin baskın olduğunu göstermektedir. Dalan bir simetri eksenine sahip anizotropik yapı veya dalım yapan heterojen bir yapı bu dalım etkisinin sebebi olarak açıklanabilir. MDNY istasyonu için hesaplanan anizotropik yön 57.0529 KD-GB yönündedir. Bu değer daha önce yapılan SKS ayrımlaşma çalışmasında çıkan sonuçlar (Paul ve diğ. 2014) ile de uyumludur (Şekil 3).

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasıda kullanılan verileri erişime açtığı için Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsüne (KRDAE) teşekkür ederiz teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Babuška, V., Plomerova, J., & Šílený, J. (1984). Spatial variations of P residuals and deep structure of the European lithosphere. *Geophysical Journal International*, *79*(1), 363-383.

Barruol G., Fontaine F. R. (2012). Mantle flow beneath La Réunion hotspot track from S S splitting. *Earth and Planetary Science Letters, Elsevier.*

Biryol, C.B., Zandt, G., Beck, S.L., Ozacar, A.A., Adiyaman, H.E., Gans, C.R., (2010). Shear wave splitting along a nascent plate boundary: the North Anatolian Fault Zone. *Geophys. J. Int*. 181 (3), 1201– 1213.

Confal, J. M., Eken, T., Tilmann, F., Yolsal-Çevikbilen, S., Çubuk-Sabuncu, Y., Saygin, E., & Taymaz, T. (2016). Investigation of mantle kinematics beneath the Hellenic-subduction zone with teleseismic direct shear waves. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 261, 141-151.

Cristiano, L., Meier, T., Krüger, F., Keers, H., & Weidle, C. (2016). Teleseismic P- wave polarization analysis at the Gräfenberg array. *Geophysical Journal International*, 207(3), 1456-1471. doi:10.1093/gji/ggw339

Fontaine, F. R., Barruol, G., Kennett, B. L., Bokelmann, G. H., & Reymond, D. (2009). Upper mantle anisotropy beneath Australia and Tahiti from P wave polarization: Implications for real-time earthquake location. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 114(B3).

Goldstein, P., D. Dodge, M. Firpo, Lee Minner (2003). SAC2000: Signal processing and analysis tools for seismologists and engineers, Invited contribution to "The IASPEI International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology", Edited by WHK Lee, H. Kanamori, P.C. Jennings, and C. Kisslinger, Academic Press, London.

Hess, H. H. (1964). Seismic anisotropy of the uppermost mantle under oceans. *Nature*, 203(4945), 629-631.

Niazi, M. (1966). Corrections to apparent azimuths and travel-time gradients for a dipping Mohorovicic discontinuity. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 56(2), 491-509.

Okay, A. I. (2008). Geology of Turkey: a synopsis. *Anschnitt*, 21, 19-42.

Okay, A.I., 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. In: Tectonic Evolution of the Tethyan Region (ed. A.M.C. Şengör), *NATO Advanced ASI Series, Kluwer Academic Publications*, Dordrecht, 109- 116.

Ozburan, M., Sangu, E., & Gurer, O. (2008). Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Güney Marmara Bölgesindeki Geometrik ve Yapısal Özellikleri. *Dayk 2008*, 108-115.

Paul, A., Karabulut, H., Mutlu, A.K., SalaÃijn, G., (2014). A comprehensive and densely sampled map of shear-wave azimuthal anisotropy in the Aegean-Anatolia region. *Earth Planet. Sci. Lett.* 389, 14–22.

Savage, M., (1999). Seismic anisotropy and mantle deformation: what have we learned from shear wave splitting? *Rev. Geophys.* 37 (1), 65–106.

Sengör, A.M.C. and Y. Yilmaz 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, v.75, p. 181-241

Schulte-Pelkum, V., and D. K. Blackman (2003). A synthesis of seismic P and S anisotropy, *Geophys. J. Int.*, 154, 166– 178, doi:10.1046/j.1365-246X.2003.01951.x.

Schulte-Pelkum, V., Masters, G., & Shearer, P. M. (2001). Upper mantle anisotropy from long-period P polarization. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 106(B10), 21917-21934.

Silver, P. G. (1996). Seismic anisotropy beneath the continents: Probing the depths of geology. *Annual review of earth and planetary sciences*, 24(1), 385- 432.

Stein, S., & Wysession, M. (2003). *An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure*. John Wiley.

Beypazarı Trona Sahasında Sismik Yöntemler İle Yeraltı Boşluğu Modellemesi

Underground Void Modelling with Seismic Methods in Beypazari Trona Field

B. C. Köse, E. Demirbağ
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışma kapsamında Beypazarı Trona Sahasında karşılaşılan yeraltı boşluğunun görüntülenememesi problemini gidermek amacıyla sismik yöntemler kullanılarak yeraltı boşluğu modellemesi yapılmıştır. Sahada daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş ve incelenen çalışmalar ışığında modelleme ilkeleri araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucu DISCO/FOCUS programında yeraltı boşluğu modellemeleri sismik kesitler hazırlanarak oluşturulmuştur. Çalışmanın amacı sondaj sonrası oluşan boşlukların tespitine yardımcı olabilecek modellemelerin yapılmasıdır.
Anahtar Kelimeler: Sismik Yöntem, Modelleme, Yeraltı Boşluğu

ABSTRACT In this study, underground void modeling was carried out using seismic methods in Beypazarı Trona Field. Previous studies on the field have been examined and modeling principles have been investigated in the previous studies. The results of these surveys were created by preparing seismic sections of underground voids in DISCO / FOCUS program. The purpose of the work is to make models that can help identify the voids that occur after the drilling.
Keywords: Seismic Method, Modelling, Underground Void

1 GİRİŞ

1.1 Trona Cevheri

Trona madeni, doğada bulunan soda minerallerinden en yaygın olanıdır. Cevherin içerdiği minerallere bağlı olarak rengi kahverengiden koyu sarıya kadar çeşitlilik gösterir. Saf trona numunesinde ise renk beyazdan şeffafa kadar değişmektedir. Tronanın sertliği Mohs ölçeğine göre 2.5 - 3.0, yoğunluğu 2.17 g/cm3'tür. Bir ton soda külü üretmek için 1.8 ton trona gerekmektedir. Dünyada trona mineralinin en geniş yatakları ABD'de olup dünya rezervinin yaklaşık %95'ine karşılık gelmektedir.

Türkiye'de ise Ankara'ya 115 km uzaklıkta bulunan Beypazarı Trona Yatağında %87 tenörlü 196 milyon ton rezerv mevcuttur. Bu rezerv sayesinde Türkiye, trona rezervi konusunda dünyada ABD'den sonra ikinci sıradadır. Türkiye gündeminde olan bor madeni ile karşılaştırılırsa miktar olarak bor madenine göre çok fazla olması, Avrupa'da trona madeninin olmayışı nedeniyle ekonomik açıdan bor ile yarışacak kadar değerli bir madendir. Boya sanayisinden cam sanayisine deterjan sanayisinden tekstile kadar birçok alanda kullanımı söz konusudur.

1.2 Çözelti Madenciliği

Çözelti madenciliğinin yapılma nedenleri, klasik madencilik yöntemleriyle değerlendirilemeyen düşük tenörlü ve düşük tonajlı rezervlerin değerlendirilmesi, yüksek tenörlü olup da bulunduğu yer nedeniyle ulaşılması zor cevherlerin işletilmesi, konvansiyonel madenciliğe göre daha az maliyete sahip olması ve klasik madenciliğin uygulandığı yerlerde daha sonra çözelti madenciliğinin yapılabilmesi olarak sıralanabilir.

1.3 Çözelti Madenciliği

Çözelti madenciliği uygulanan sahada son durumda, çıkarılan cevherin yerine sıvı enjekte edilir ve damarın belli bölümlerinde sıvıyla dolu boşluklar oluşur.

2 SİSİMİK MODELLEME

Sismik modelleme çalışmaları sismik kesitlerin değerlendirilmesine ve özellikle stratigrafi ve yapısal öğelerin belirlenmesine önemli katkı sağlamaktadır. Jeofizik modelleme düz ve ters modelleme olarak iki kısma ayrılmıştır. Jeofizik anomali, düz modelleme için jeolojik modele dayalı olarak türetilmiş, jeolojik model ters modelleme için jeofizik verilere dayanarak türetilmiştir. Ters modellemede, verileri kullanarak jeolojik yapı veya kaynak modellenmiştir. Bu tez çalışmasında, yeraltı yapılarından bilinen hız / derinlik bilgisi kullanılarak sismik kesitlerin üretilmesi için ileri sismik modelleme yapılmıştır.

2.1 Modelleme İlkeleri

Sismik modelleme çalışmaları sismik kesitlerin değerlendirilmesine belirlenmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Sismik yansımalar belirli bir derinlik modelinden tahmin edilir, bu yansımalar gerçek verilerle karşılaştırılır. Daha sonra derinlik modeli verilen verilere uygun olup olmadığına karar verilir. Sismik modelleme, karmaşık yeraltı yapılarının sismik yansıma verilerini yorumlamak için kolaylık sağlar.

3 BEYPAZARI TRONA SAHASI

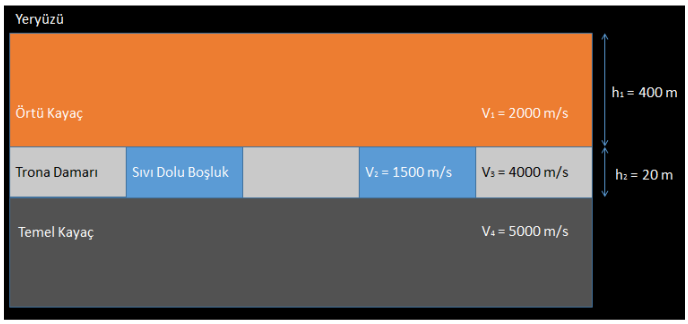
Şekil 1. Beypazarı Trona Sahasının uydudan görüntüsü.

3.1 Sahanın Jeolojisi

Yeryüzünden başlayarak derinlere doğru oluşmuş jeolojik istife göre en üstte alüvyonal birimler, onun altında marn – tüf – kireçtaşı - kiltaşı birimleri ve daha derinlere doğru ise yer yer killi ve marnlı malzemelerin de içinde yer aldığı kayaç topluluklarının varlığı bilinir (Onargan ve diğ. 2004). Tronanın bulunduğu ve az bir eğimle yaklaşık yatay uzanan iki katman ise 230 ile 300 metreler arasında oluşmuştur. Çeşitli faylar bu Tronalı katmanı yer yer az miktarda etkileyip onda küçük eğimler oluşturmuştur (Onargan ve diğ., 2004). Tüm arazide uzanım gösteren yukarıdaki jeolojik birimlerden kil, marn ve şeyl kayaç malzemeleri yaklaşık yatay tabakalaşma biçiminde arazide yer tutmaktadır.

4 UYGULAMALAR

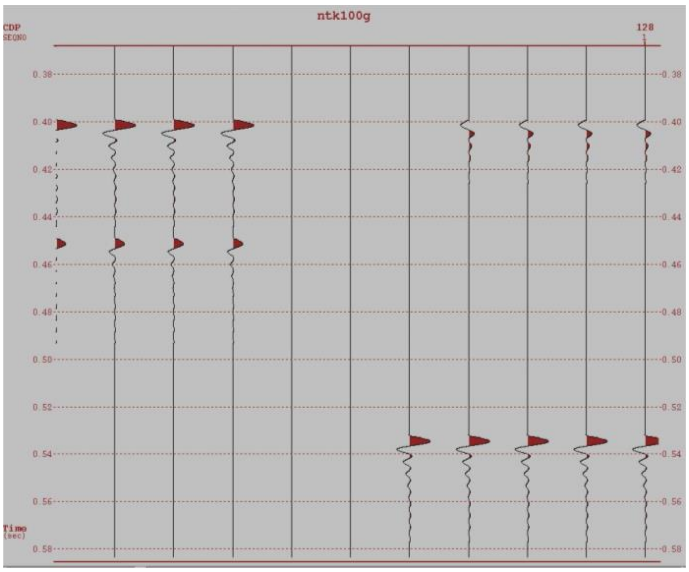
Uygulamalar yapılırken tabaka kalınlıkları sırasıyla 10, 20, 50 ve 100 m olarak kararlaştırılmıştır. Frekans bantları ise dar (10, 15, 30, 35) ve geniş (10, 15, 195, 200) bantlar olarak kararlaştırılıp bu parametrelerle incelemeler ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Daha önceki çalışmaların incelenmesi sonucu Beypazarı Trona Sahasındaki cevherin tabaka kalınlığının yaklaşık 20 m civarı olduğu bilinmektedir.



Şekil 2. Trona Boşluğu Modeli.

Yüzeyle damar arasındaki tabakanın hızı yaklaşık 2000 m / s, trona damarının hızı yaklaşık 4000 m / s, boşluk hızı yaklaşık 1500 m/s ve alt tabakanın hızıysa yaklaşık

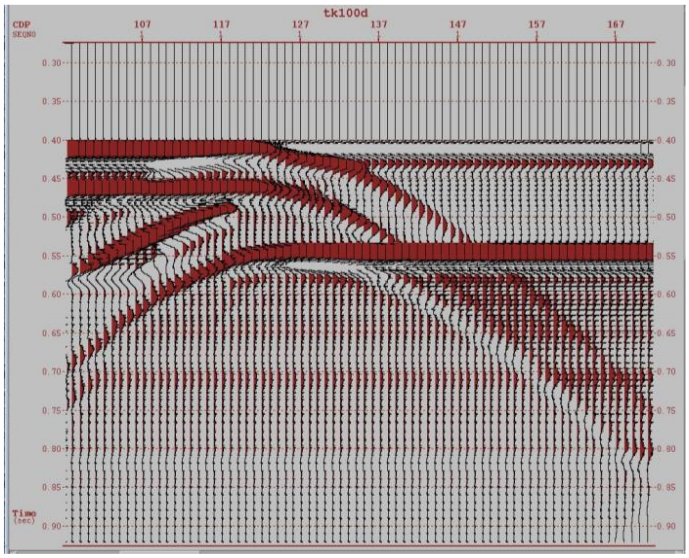
5000 m / s'dir. Derinliği ise yaklaşık 400 m olup modellemeler bu bilgiler ışığında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Tabaka kalınlığı 100 m olan geniş frekans bantlı boşluk kesiti.

Şekil.3'de 0.40 saniyede yansıma veren ara yüzeyde polarite değişimi gözlemlenmektedir. Bunun sebebi yanal yönde hızın değişmesidir.

Düşük hızdan yüksek hıza geçen sinyalde ters polarite gözlemlenirken, sonrasında sinyal yüksek hızdan düşük hıza geçerek normal polarite oluşturmuştur. 0.45 saniyede beliren yansıma seviyesinde ise sinyalin yanal yönde genliği yüksek hızdan düşük hıza geçilmesi sebebiyle artmaktadır. Ayrıca damar içinde bulunan boşluk nedeniyle yüksek hızdan düşük hıza geçilmesine bağlı olarak düşey yönde hız çekmesi oluşmuş olup sinyal olması gereken seviyenin altında 0.53 saniyede gözlemlenmektedir.



Şekil 4. Tabaka kalınlığı 100 m olan dar frekans bantlı saçılmalı boşluk kesitinin büyütülmüş hali.

Şekil.4'teki yansıma kesitinde 0.40 saniyede yatay ara yüzeydeki yanal hız değişimine bağlı olarak polaritenin nasıl değiştiği gözlemlenmektedir. Yanal yönde 127. Cdp'ye kadar ters polarite veren ara yüzey 127. Cdp'den sonra normal polarite verir. Sismik kesitteki saçılmalar ise köşe noktaların kaynak gibi davranması ve hızın yanal yönde ani değişimi sonucu hiperbolik olarak gözlemlenmektedir.

5 SONUÇLAR

Bütün bu uygulamalarda toplam 14 adet model sismik kesit oluşturulmuş olup tabaka kalınlıkları ve frekans bantları farklı utularak incelemeler yapılmıştır. Bu karşılaştırmaların ardından tabaka kalınlığı büyük tutulduğunda modellemede incelenen ışınların yansımaları, polariteleri ve dalga boyları daha sağlıklı gözlemlenebilmektedir.

Şekil 3'de 0.40 saniyede yansıma veren ara yüzeyde polarite değişimi gözlemlenmektedir. Bunun sebebi yanal yönde hızın değişmesidir. Düşük hızdan yüksek hıza geçen sinyalde ters polarite gözlemlenirken, sonrasında sinyal yüksek hızdan düşük hıza geçerek normal polarite oluşturmuştur. 0.45 saniyede beliren yansıma seviyesinde ise sinyalin yanal yönde genliği yüksek hızdan düşük hıza geçilmesi sebebiyle artmaktadır. Ayrıca damar içinde bulunan boşluk nedeniyle yüksek hızdan düşük hıza geçilmesine bağlı olarak düşey

yönde hız çekmesi oluşmuş olup sinyal olması gereken seviyenin altında 0.53 saniyede gözlemlenmektedir.

Şekil 4'teki yansıma kesitinde ise 0.40 saniyede yatay ara yüzeydeki yanal hız değişimine bağlı olarak polaritenin nasıl değiştiği gözlemlenmektedir. Yanal yönde 127. Cdp'ye kadar ters polarite veren ara yüzey 127. Cdp'den sonra normal polarite verir. Sismik kesitteki saçılmalar ise köşe noktaların kaynak gibi davranması ve hızın yanal yönde ani değişimi sonucu hiperbolik olarak gözlemlenmektedir.

Dar ve geniş frekans bantlı, 100 m tabaka kalınlığındaki modellemede saçılmalı ve normal kesitlerin incelenmesi sonucu yer altındaki gerçek kalınlığı en fazla 20 m olan cevherden ve cevherde oluşan sıvıyla dolu boşluklardan gelen sismik yansıma sinyallerinin ne tür değişimler gösterebileceği anlaşılmış olup çalışma sonlandırılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı hazırlayan, başta bitirme projesi dersi danışmanı Prof. Dr. Emin Demirbağ olmak üzere lisans eğitimi sürecinde ona emeği geçen bütün öğretim üye ve görevlilerine ve de arkadaşlarına teşekkür eder. Çalışmanın hazırlandığı süreçteki yardımları için Ar. Gör. Nigar Gözde Okut Toksoy, sıra arkadaşları Altuğ Güneş ve Esra Gönül'e teşekkür eder. Lisans süreci boyunca yanında olan arkadaşı Cansu Mansuroğlu'na yol arkadaşlığı için teşekkür eder. Tüm hayatı boyunca yanında olan ailesine varlıkları ve destekleri için teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Alpar, B., 1987. Beypazarı Trona (Soda) Aramaları, Yüksek Ayrımlı Sismik Yansıma Etüdü Raporu. MTA Raporu.

Çağlar İ., Demirbağ, E., 2004. Beypazarı-Trona Sahasındaki Madencilik Çalışmalarında Üç Boyutlu (3D) Sismik Yansıma Etüdünün Gerekliliğinin Araştırılması Raporu. İTÜ Raporu.

Gürer, A., Karagöz, Ş., 1991. Beypazarı Trona Sahası Sismik Etüdü Değerlendirme Raporu. MTA Raporu.

Gauss Filtresi ve Su Seviyesi Parametresinin Sentetik ve Gerçek Veri Alıcı Fonksiyon Ters Çözümüne Etkisi

Gaussian Filter Parameter and Water Level Parameter Effect on Synthetic and Real Receiver Function Inversion

B. Şen T. Eken
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geophysical Engineering, Istanbul

ÖZET Bu çalışmada, bir boyutlu (1-B) alıcı fonksiyonlar (Receiver Functions) modelleme yöntemi, sentetik olarak üretilen veriler üzerinde test edilmiştir. Düz ve de ters modelleme evrelerinde Gauss filtre parametresi ve su seviyesi parametresinin sentetik ve gerçek alıcı fonksiyon ters çözümü üzerine etkisi incelenmiştir. Modellemeler sırasında, başlangıç hız modeli oluşturma, düz çözüm ile alıcı fonksiyon oluşturma ve ters çözüm için Ammon (2006) tarafından detaylı olarak tanıtılan alıcı fonksiyon program döngüleri kullanılmıştır. Elde edilen yapay (sentetik) veriler sayesinde, farklı Gauss filtre parametresi ve farklı su seviyesi parametresi için alıcı fonksiyonlar oluşturulup, daha sonra bu fonksiyonlar verilen bir başlangıç hız modeli ile ters çözülmüştür. Gerçek modele yakınsama gösteren ters çözüm sonuçları dikkate alınmıştır. Bu tez çalışmasında Orta Karadeniz'de geçici süre ile çalışmış NAF sismik ağına bağlı olan DUMA istasyonundan alınan veriler, seçilen bir başlangıç hız modeli kullanılarak ters çözülmüştür. Bu çalışma sonucunda genel olarak, ters çözüm girdisi olan hız modeli ile alıcı fonksiyondan hesaplanan hız modellerin birbirine yakınsadığı görüldü. Yerin karmaşık yapısı, kullanılan programların içerdiği varsayımlar (izotropik yer yapısı vs.) ve verideki gürültü oranındaki değişimler sonuçlara yansımıştır. Daha güvenilir modelleme çalışmaları için çoklu verilerin yığma yöntemi ile sinyal kalitesinin güçlendirildiği ters çözüm modellemesinin gelecek çalışmalarda ele alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Alıcı fonksiyon, ters çözüm, telesismik.

ABSTRACT In this study, one-dimensional (1-D) Receiver Functions modeling method was tested on synthetically generated data. To achieve this, we also performed an investigation on the influence of water level and Gaussian filtering parameters on our forward and inverse modeling steps. Modeling steps include, the establishment of a velocity model that is the basis of our hypothetical model, calculating receiver functions via forward model responses, and inversion modeling as described in Ammon et al. (2006). Obtained synthetic data set is employed for generating receiver functions under different conditions of water level and Gaussian parameters and then, these receiver functions were inverted using an initial 1-D seismic velocity model. We consider those as final model that tend to converge our true model during the synthetic test. Beside this, example teleseismic recordings selected at station DUMA which was operated during the NAF seismic array in Central Black Sea Region. Overall we observed a typical convergence between the true model and inverted model during synthetic tests. As for the observed data inversion tested in this study, we conclude that the multiple teleseismic event recordings that can be stacked to enhance the signal quality must be subject to the further inversion efforts.
Keywords: Receiver function, inversion, teleseismic.

1 INTRODUCTION

Receiver Functions are used to find Moho depth and subduction zones and velocity models beneath the surface.

The earliest receiver function studies based on Phinney Gross characteristics of structure are estimated in frequency domain using the ratio of amplitude spectra (Phinney, R.A, 1964). Clayton and Wiggins (1976) further improved this spectral deconvolution technique, which is also known as water level deconvolution method (Clayton and Wiggins, 1976). Burdick and Langston (1977) and Vinnik (1977) gave the first examples of Receiver Functions analyses in order to image crust and mantle discontinuities. They noticed that energy in SV component of the receiver can be observed near P-wave arrival times. Receiver Function method is based on wave conversion caused by possible velocity discontinues beneath the station. The forward modeling approach, in general, consists of a process in which seismic waveform can be generated using a 1-D depth-varying velocity profile. Then inverse modelling simply searches for the maximum similarity or minimum difference between those seismic waveforms computed based on a given model and observed seismic waveform (Burdick, and Langston, 1977). In theory, inversion modeling gave a chance to estimate velocity model without knowing too much about the local velocity conditions of the given area. Besides this, one way of using converted waves is to find optimal Vp/Vs and Moho depth pairs which may result in the best fitting arrival times of for these waves (Zhu and Kanamori, 2000). In this study, we analyze the effect of Gaussian filter parameter and water level factor during various inversions. To achieve this, we set up a velocity model that mimics crustal structure of western Anatolia developed by Akyol et al. (2006). This velocity model set the basis for our hypothetical model. During the inversion first synthetic seismograms is generated by using an initial velocity model. The other synthetics at all iterations are then generated based on the models that are perturbed based on the misfit between observed and synthetic data. We obtained receiver functions in frequency domain using these computed synthetic seismograms. For this, we used spectral ratio method in which frequency domain radial component of seismogram is divided by its vertical component. When doing this, a water level parameter, c is used. High frequency noise is eliminated by Gaussian filter with “a” value. An example for depicting this process is given in The model that is similar to the initial model is generated and set as input for the inversion processed. To find the best fitting model, 100 iterations were performed during the inversion. The Root Mean Square (RMS) value at each iteration is calculated and the model with the minimum RMS value is chosen.

Finally repeated the inversion process on real earthquake data to model horizontal discontinuities beneath a selected station DUMA in the Central Black Sea region. For the test case we have selected two sample teleseismic earthquake with a with a good quality waveforms and then performed single data inversion for these two earthquakes.

2 RECEIVER FUNCTIONS

2.1 Mathematical Description of Receiver Function

A receiver function represents the response of seismic velocity structure beneath the station and can be computed from radial component and vertical components using time or frequency domain deconvolution methods.

2.2 Spectral Domain Deconvolution with Water Level

Radial and horizontal component of seismogram is transformed into frequency domain using Fourier Transform. Frequency domain division gives receiver function as a yield.

2.3 Water level parameter

In the spectral division operation, small values of the denominator that are close to

the zero may cause mathematical expression problem. To prevent from this problem of division, values of Fourier transforms replaced with certain value, which is called "Water Level Fraction (c value)".

2.4 Low Pass Gaussian Filter

High frequency noise is usually removed with low pass Gaussian filter. Gauss filter is controlled by a parameter, which defines Gaussian filter width.

3 SYNTHETIC DATA INVERSION

Forward modeling process is applied to get receiver function. In that case water level parameter and Gaussian parameters are determined due to synthetic Inversion results and different water level and Gaussian parameter is used for receiver function generation process to eliminate high frequency noise. Different Gaussian parameter is set as 0.7, 1.25, 1.5, 1.75, and 2.25. Different water level parameter is sat as 0.1 and 0.0001. Time shift is set as 5 second, smoothness trade-off parameter is set as 0.1, SVD truncation fractions set as 0.001, and ray parameter is as 0.06. This parameter is chosen for each water level and Gaussian parameter is used for Forward and Inverse modeling for representing effect on receiver function inverse analysis. Figure 1 and Figure 2 represent the best fit between inverted and true model.

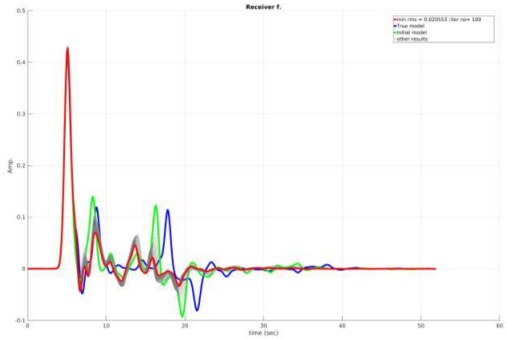


Figure 1. Receiver functions computed for the true model (blue) and inverted models at each iterations (gray). Receiver function in green represents the one calculated based on an initial model selected prior to inversion. Receiver function in red represents with the minimum RMS. Note that a=2.75 and c=0.0001 is set for this test case.

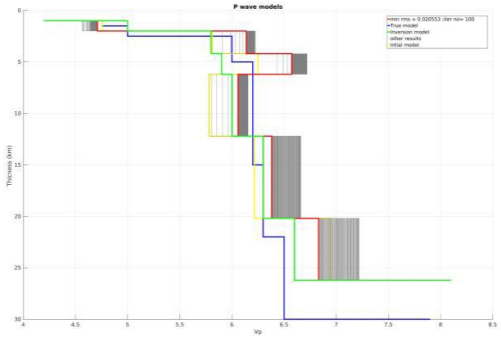


Figure 2. Vp models when a=2.75 and c=0.0001 values. Blue, yellow, and green ones represent true model, initial model, and the best looking fit after the inversion, respectively.

4 REAL DATA INVERSION

We used two single teleseismic events and their digital wave form recordings in three components seismic record (north-south; east-west; and vertical) obtained from a temporary broadband station DUMA located at central part of the BlackSea region (Figure 3). The waveform data used in this study is uploaded from the IRIS. Relatively noisy records are eliminated from the database to in order avoid the influence of possible data errors. Then remaining three component data is converted to radial, tangential, and vertical components. P wave arrival is detected on those three-components of given teleseismic observations. Waveforms of three components were cut 60 seconds before, 90 seconds after the P-wave onset. Ray parameter is calculated using "taup-time" software prior to the inversion process.

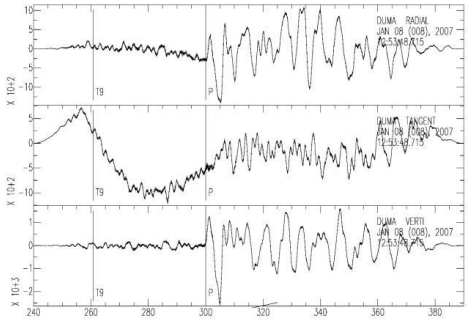


Figure 3. Example seismic record from vertical, radial, and tangential component for one teleseismic earthquake recorded at station DUMA (Origin time: 08 January 2007-12:53:48.715; epicentral distance (Δ) = 60.2°; focal depth (h) =11km; magnitude (Mw) = 6.1).

In Figure 4, the best fit between inverted and observed model is shown, and in Figure 5

the corresponding velocity model is also shown.

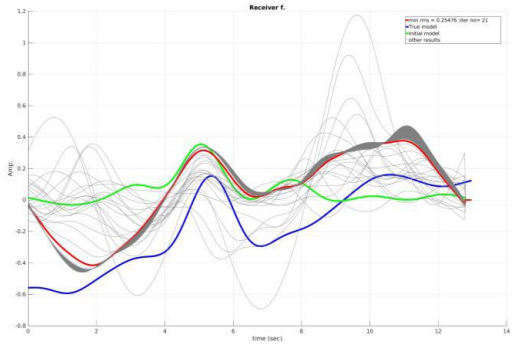


Figure 4. Receiver functions computed for the observed data belonging to the first event at station DUMA the event one (blue) and inverted models at each iterations (gray). Receiver function in green represents the one calculated based on an initial model selected prior to inversion. Receiver function in red represents with the minimum RMS. Note that a=1.25 and c=0.0001 is set for this test case.

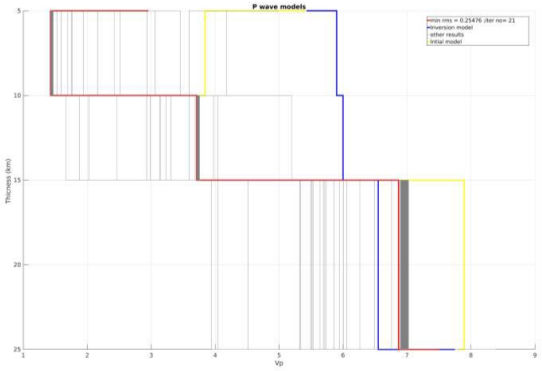


Figure 5. Vp models when a=1.25 and c=0.0001 values. Blue, yellow, and green ones represent true model, initial model, and the best looking fit after the real data (the first event at station DUMA) inversion, respectively.

5 RESULTS

In this thesis, the effects of water level parameter (a) and Gaussian filter parameter (c) on the forward and inversion analyses that uses frequency domain receiver functions. We observed the performances of "a" and "c" parameters may vary for synthetic and observed cases. Main reasons for the inconsistency could stem from different frequency content of synthetic and observed data. Other complexities within the real earth such as seismic anisotropy or strong complex heterogeneities, which we could not consider in this thesis work, can strongly affect the performance of the inversions. Both inversion tests where we used synthetic and observed data from single events showed that we were able to converge the true model.

Future work must be conducted on stacked and azimuthally binned receiver functions, which could be extracted from multiple recordings of teleseismic earthquakes.

ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank Prof. Dr. Tuncay Taymaz for his kind hospitality that he has shown during my stays at the Seismology Lab. I appreciate Res. Assist. Serkan Üner for his kind suggestions on MATLAB. I am indebted to Prof. Dr. Charles Ammon for sharing his Receiver Function routines. The waveform data were uploaded from IRIS data archive system.

REFERENCES

Akyol, N., Zhu, L., Mitchell, B. J., Sözbilir, H., & Kekovalı, K. 2006. Crustal structure and local seismicity in western Anatolia, *Geophysical Journal International*, 166(3), 1259-1269.

Ammon, C., 2006. No Title. Available at: http://eqseis.geosc.psu.edu/~cammon/HTML/RftnDocs/seq01.html.

Burdick, L. J. and Langston, C. a. ,1977. Modeling crustal structure through the use of converted phases in teleseismic body-wave forms, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 67(3), pp. 677–691. Available at: http://www.bssaonline.org/content/67/3/677.abstract.

Huang, X., 2013. Uncertainty Analysis of P-wave Receiver Functions. Texas Tech University.

Langston, C. A., 1979. Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves, *Journal of Geophysical Research*, 84(B9), p. 4749. doi: 10.1029/JB084iB09p04749.

Phinney, R. A., 1964. Structure of the Earth's crust from spectral behavior of long-period body waves, *Journal of Geophysical Research*, 69(14), pp. 2997–3017. doi: 10.1029/JZ069i014p02997..

Salah, M. K., Sahin, S. and Kaplan, M., 2007. Seismic Velocity Structure along the Western Segment of the North Anatolian Fault Zone Imaged by Seismic Tomography, *Bulletin of Earthquake Research Institute*, 82, pp. 209–223.

Shearer, P. M., 2010. Introduction to Seismology: The wave equation and body waves. University of California.

Marmara Denizi Tekirdağ Çukurluğu'nda Toplanan Çok Kanallı Sismik Yansıma Verisinden Yakın Ofset Verisinin Hazırlanması, İşlenmesi ve Yorumlanması

Data Processing And Interpreation Of Near Offset Seismic Reflection Data That Is Extracted From Multichannel Seismic Reflection Data On The Tekirdağ Basin Of The Sea Of Marmara

C. Beyke, C. İmren, B. Karadöller
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Marmara Denizi'nde 2008 yılında TAMAM (Turkish American Marmara Multichannel) isimli proje kapsamında yapılmış olan çok kanallı sismik yansıma verilerinden Tekirdağ Havzası için toplanan sismik yansıma verileri kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında çok kanallı sismik yansıma verilerinin yakın ofsetleri incelenerek en uygun sismik iz seçilmiştir. Çok kanallı yansıma verilerinden seçilen uygun sismik izden tek kanallı yansıma kesiti oluşturulmuştur. Tek kanallı yansıma verisine veri-işlem teknikleri olan geometri tanımlama, yığma, filtreleme, genlik kazancı, veri temizleme (editing) ve sismik göç aşamaları uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonucunda elde edilen sismik yansıma kesiti ile havzanın yapısal unsurları ortaya konulmuştur.

Echos sismik yazılım paketi ile uygulanan veri-işlem aşamaları sonucunda elde edilen tek kanallı sismik yansıma kesiti Kingdom Suite yazılım paketi ile yorumlandığında, deniz tabanı, ana fay ve ikincil faylar net bir biçimde gözlemlenmektedir. Fayların bu istifleri kesmesi ve deniz tabanına ulaşmasından fayın aktif olduğu sonucuna varılabilir.
Anahtar Kelimeler: Marmara Denizi, tek kanallı sismik yansıma, veri-işlem, yakın ofset,

ABSTRACT Multi-channel seismic reflection data, which is collected from the Tekirdağ Basin in the Marmara Sea, were used as part of the TAMAM (Turkish American Marmara Multichannel) project carried out in 2008.

In this study, the near offsets of multi-channel seismic reflection data were examined in terms of noise and frequency content and the most suitable seismic trace was selected as third channel of all shots. The single channel seismic section is obtained from multi-channel reflection data. The data processing techniques such as geometry definition, stacking, filtering, gain correction, trace editing and seismic migration are applied to single channel reflection data. Then, obtained migrated seismic section was interpreted in Kingdom Suite software packed.

As a result, It could be interpreted, as the faults are active; because, they intercept these sediments and reach the sea bottom.
Keywords: Sea of Marmara, single channel seismic reflection, data processing, near offset

1 GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

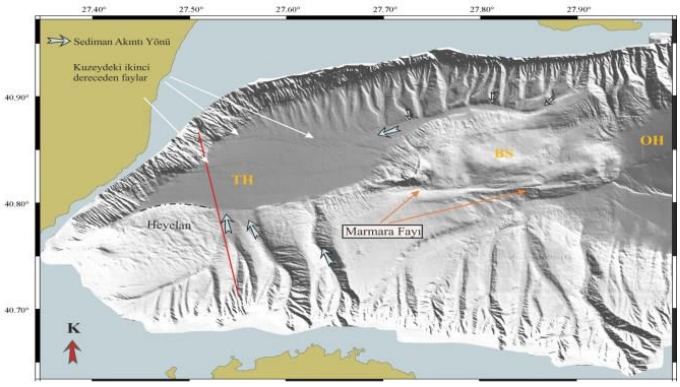
Bu çalışma kapsamında çok kanallı sismik yansıma verilerinin yakın offsetleri incelenerek en uygun sismik iz (her atışta aynı kanala karşılık gelen) seçilmiştir. Çok kanallı yansıma verilerinden seçilen uygun sismik izler birleştirilerek tek kanallı yansıma kesiti oluşturulmuştur. Bu sismik kesiti oluşturmanın amacı, çok kanallı sismik yansıma verilerinin veri-işlem aşamaları uygulanmadan tek kanallı sismik yansıma kesiti ile de yeterince iyi bir sonuç elde

edilip edilemeyeceğini ortaya koymaktır. Veri işlem çalışmaları İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Nezihi Canıtez Veri-işlem Laboratuvar'ında 2015 ECHOS bilgisayar programıyla tamamlanmıştır.

1.2 Sismik Yansıma Verisi Bilgileri

Sismik yansıma verisinin özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Gemi Özellikleri	Alıcı Özellikleri	Kaynak Özellikleri	Ölçüm Özellikleri
•Gemi hızı :5.7 not	•Sismik kanal sayısı : 72 •Streamer Uzunluğu : 450 m •Grup aralığı :6.25 m •Atış aralığı: 18.75 m	•Tipi :GI Tipi Hava Tabancası •Hacmi : 45+45 inch^3 •Derinliği : 3 m	•Kayıt Uzunluğu : 4000 ms •Örnekleme Aralığı : 1 ms •Offset :400 m •Atış sayısı: 1121



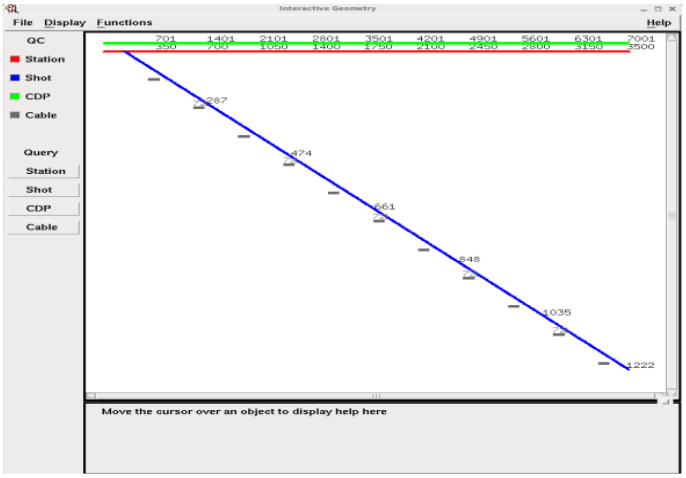
Şekil 1. Sismik yansıma profili (batimetri bilgisi İmren, 2003'ten alınmıştır.)

2 SİSMİK YANSIMA VERİ İŞLEMİ

2.1 Geometri Tanımı

Geometri tanımlama aşamasında atış, alıcı ve CDP noktalarının doğru yerleştirilmesi yer altındaki bilgiler ile doğrudan ilişkilidir.

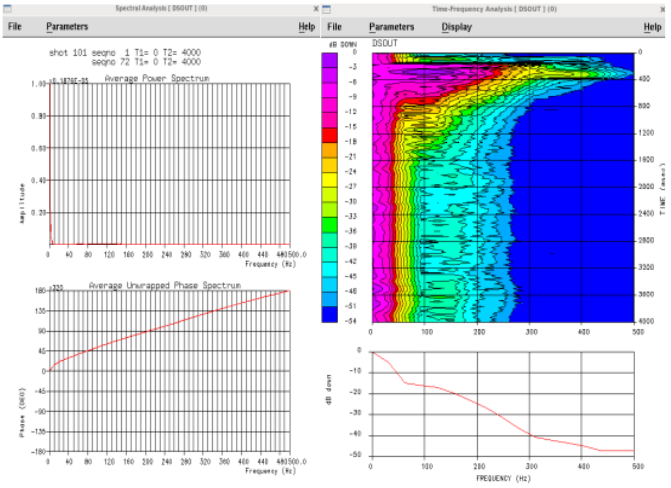
2015 ECHOS programında MARINE ve GEOMLD modülleri, sismik yansıma izlerinin coğrafik koordinatlara atanması için kullanılmıştır.



Şekil 2. Atış, alıcı, CDP geometrisi

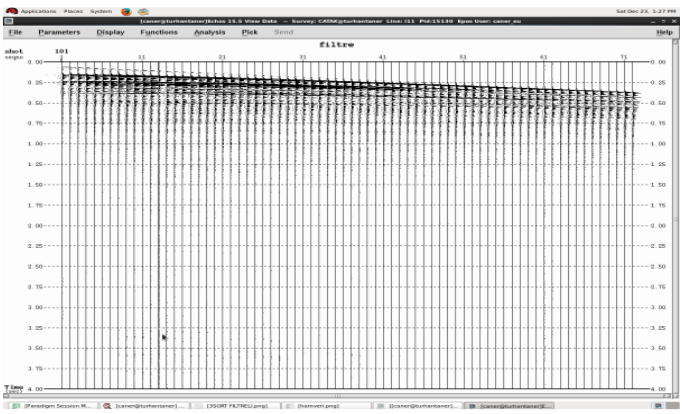
2.2 Yansıma Veri Kalitesinin İncelenmesi

Frekans filtrelemeleri yansıma verisinin çözünürlüğünün arttırılması için uygulanır. Aşağıdaki spektral analiz sonucuna göre, 20 Hz'e kadar düşük frekanslı, büyük dalga boylu gürültülerin varlığı tespit edilmiştir.



(a) (b)

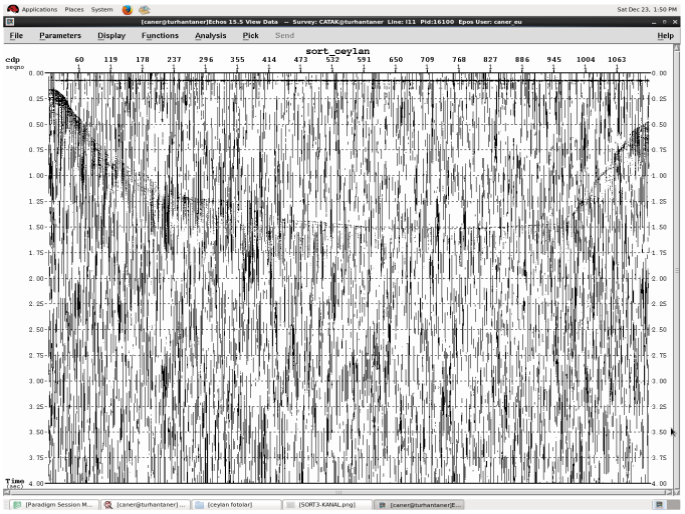
Şekil 3. (a) Filtreleme öncesi yapılan spektral analiz (b) Filtreleme öncesi yapılan zaman-frekans analizi.



Şekil 4. Bant geçiren süzgeç ile filtrelenmiş 72 kanallı atış verisi

2.3 Çok Kanallı Yansıma Verisinden Tek Kanallı Yansıma Verisine Geçiş (Sort)

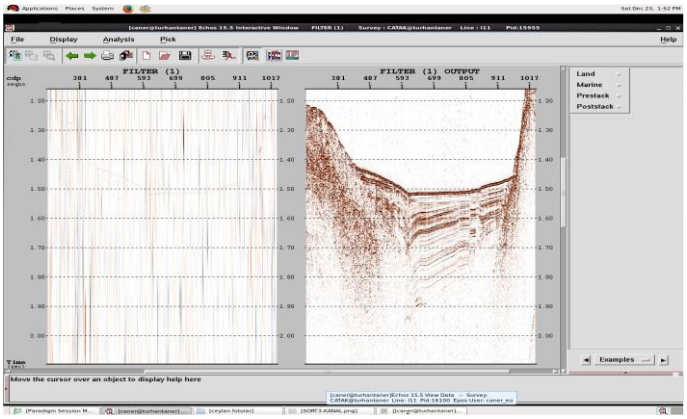
SORT modülü, sismik yansıma verisinin her atışındaki aynı kanala denk gelen izinden yapılan yığma kesitini oluşturmakta kullanılmıştır.



Şekil 5. Tek kanallı sismik yansıma kesiti

2.3.1 Frekans filtrelemesi

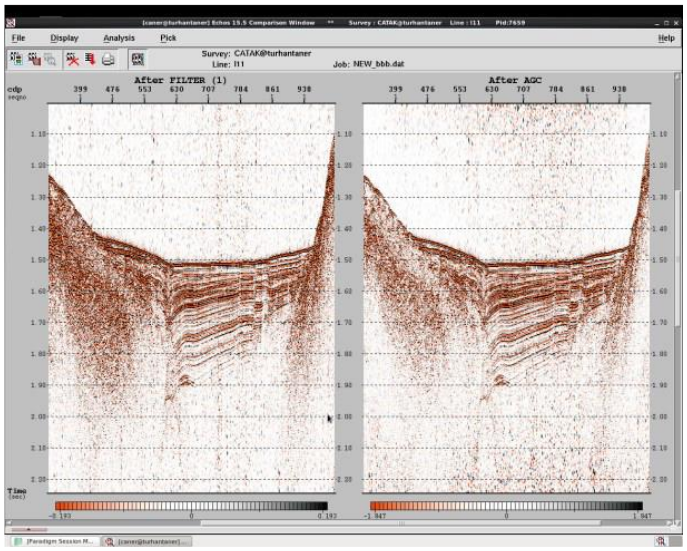
Bu çalışmada yansıma kesitine trapezoidal filtre uygulanmıştır. Frekans değerleri F1=10 Hz, F2=20 Hz, F3=200 Hz, F4=220 Hz olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. Tek kanallı sismik yansıma kesidinin filtreli görüntüsü (trapezodial filtre)

2.3.2 Genlik kazancı

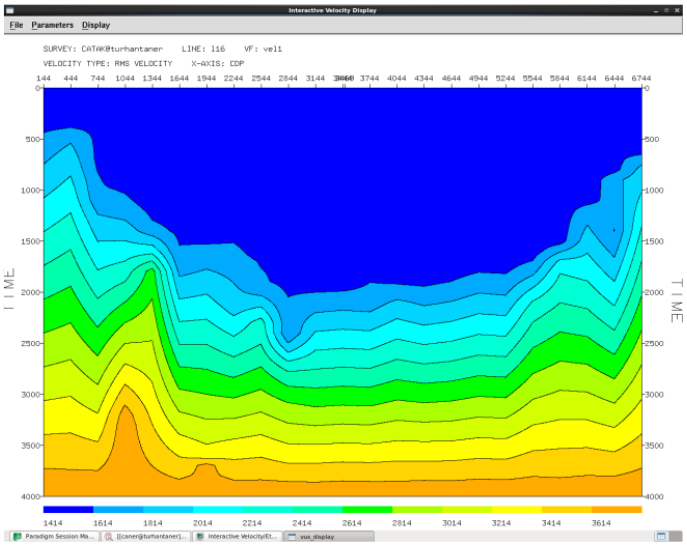
Kazanç işlemi yapılırken belirli zaman pencereleri tanımlanır ve bu pencereler içerisinde kalan sismik izin genlik değerleri kazanç fonksiyonu ile çarpılır. Tüm uygulamalar sonucunda Otomatik kazanç kontrolü (AGC) uygulanmasına karar verilmiştir.



Şekil 7. (a) Filtreli yansıma kesiti (b) AGC modülü kullanılmış yansıma kesiti

2.3.3 Hız analizi

Çalışmada hız analizi yapılmamıştır. Gerekli olan hız bilgileri CDP'den elde edilen hız modelinden faydalanılarak kullanılmıştır.



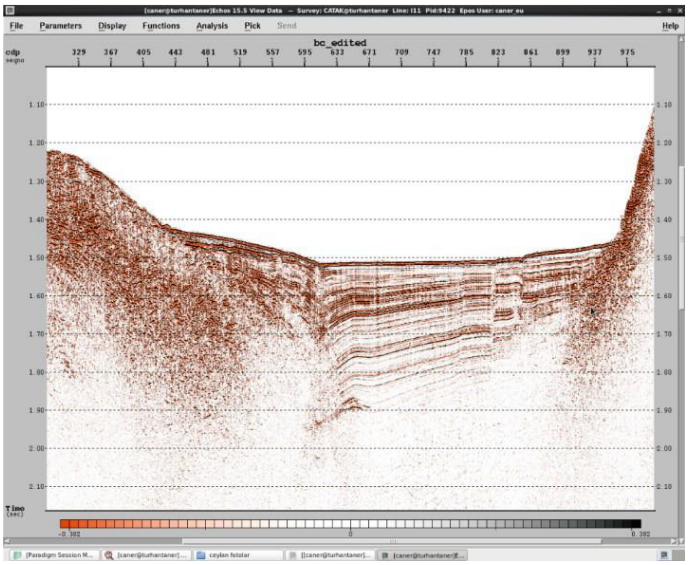
Şekil 8. Hız Analizi sonrasında seçilen tüm hızları gösteren hız modeli

2.3.4 Sismik göç

Yeraltı yapıları her zaman düzgün olarak dağılım göstermez, çoğu zaman eğimli ve ondülasyonlu tabakalardan oluşur. Bu yapılardan yansıyan sinyaller yığma kesitinde gerçek yerlerinde olmaz.

Migrasyon işlemi ile yansımalar gerçek yerlerine taşınır ve saçılan hiperboller ise giderilir. Bu çalışmada, Kirchhoff ve sonlu farklar migrasyonu veriye uygulanmış ve Kirchhoff migrasyonunda saçılan

hiperbollerinden biraz daha iyi apex noktasına toplandıkları, dolayısıyla giderildikleri görülmüştür.

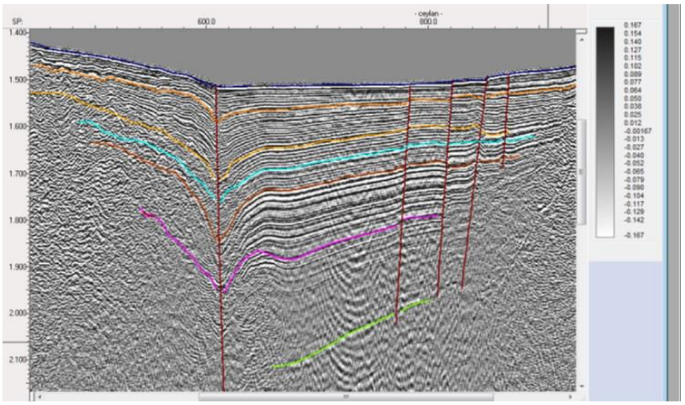


Şekil 9. Sismik göç ve IEDIT kullanılmış yansıma kesiti

3 SONUÇLAR

K-G doğrultusunda uzanan sismik kayıt incelendiğinde, KAF'ın Marmara Denizi ve Tekirdağ Çukurluğu içerisindeki devamı, sediman yapısının farklı yansıma dokusundan ve sedimanların istiflenme büküm noktalarından takip edilebilmektedir. Bu ana fayın varlığı bir makaslama alanına işaret ettiğinden, böyle bir alanın yapısal izleri olabilecek ikincil faylanmalarda kesit üzerinde ana fayın kuzeyinde mevcuttur. Ayrıca kesit üzerinde sediman paketlerinin yansıma biçimine bakarak farklı zaman seviyelerinde bu sediman ara yüzeylerinin takibi de yapılmıştır. Sediman ara yüzeylerinin kuzeyden güneye doğru derinleştiği söylenebilir.

Bu bitirme çalışmasının amacı doğrultusunda yapılan veri-işlem aşamaları ile elde edilen tek kanallı sismik yansıma kesitinin sonuçlarının, ulaşılan deniz tabanı, ana fay ve ikincil faylar bulguları ile çok kanallı sismik yansıma kesit sonuçlarını özellikle derin sularda ve yapıların eğimlerinin çok değişmediği seviyelerde aratmadığı gözlenmiştir.



Şekil 10. Kingdom Suite 8.8 programı ile ana fay, ikincil faylar, deniz tabanı ve sediman ara yüzey seviyelerin gösterilmesi.

TEŞEKKÜR

İ.T.Ü Maden Fakültesi'nde hazırlamış olduğum 'Marmara Denizi Tekirdağ Çukurluğu'nda toplanan çok kanallı sismik yansıma verisinden yakın offset verisinin hazırlanması, işlenmesi ve yorumlanması' adlı bitirme çalışmamda ve eğitim hayatım boyunca desteğini esirgemeyen saygı değer hocam ve tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. Caner İmren'e, tez çalışması boyunca yaşadığım teknik sorunlarda bana destek olan Araş. Gör. Beril Karadöller'e, Araş. Gör. Gözde N. Okut'a, Echos 2015 veri işlem yazılım paketini kullanmamızı sağlayan Paradigm şirketine ve Kingdom Suite 8.8 yazılım paketini sağlayan IHS Markit şirketine, sıkıntılı anlarımda her zaman yanımda olan arkadaşlarıma, aldığım her kararın arkasında duran beni maddi manevi her daim destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Dondurur D., 2009. *Deniz Sismiğinde Veri İşlem*, JFMO Eğitim Yayınları Ankara.

İmren, C., 2003. Marmara Denizi faal tektonizmasının sismik yansıma ve derinlik verileri ile incelenmesi, *Doktara Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Sismik Yansıma Verilerinde Hız Analizi Uygulamaları
Seismic Velocity Analysis for Seismic Reflection Data

E. Altay, N. Ocakoğlu
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu tez kapsamında çok kanallı sismik yansıma veri işlem aşamasında en önemli adımlarından biri olan hız analizi ve yığma işlemi Ege Denizi'nde alınan örnek bir sismik hat üzerinde uygulanmıştır. Veri İşlem aşamaları, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde yer alan Nezihi Canıtez Veri İşlem Laboratuarı'nda Paradigm ECHOS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CDP verilerine hız analizi öncesi gürültüleri gidermek için 10-15 Hz ile 85-105 Hz köşe frekansları ile bant geçişli trapezoidal filtre uygulanmıştır. Daha sonra hız analizi, NMO ve kesme işlemleri programda interaktif olarak gerçekleştirilmiştir. Kesme işlemi için en uygun gerilme limiti % 50 olarak verilmiştir. Son aşamada ise veriler yığılarak yeraltının sismik yansıma kesiti elde edilmiştir. Yığma hızları % 20 azaltılarak ve % 20 arttırılarak yığma işlemi tekrarlanmıştır. Düşük hızlarda sığ derinliklerdeki yansıma seviyeleri derinlere göre göreceli olarak daha kuvvetli bir hal alırken, yüksek hızlarda genel olarak yansıma seviyeleri takip edilememiştir.

ABSTRACT In this thesis, velocity analysis and stacking which is one of the most important processing step was applied on a sample seismic line taken in the Aegean Sea. The data processing steps were carried out at Istanbul Technical University, Mining Faculty, Geophysical Engineering Department's Nezihi Canıtez Laboratory, with Paradigm Echos software. A bandpass trapezoidal filter with 10-15 Hz and 85-105 Hz corner frequencies were applied to CDP gathers to avoid noises before velocity analysis. Then velocity analysis, NMO corrections and mute operations were performed interactively in the program. The optimum stretch limit for mute operation determined as 50%. At the last stage, the data were stacked and the seismic reflection image of the underground was obtained. The stacking was repeated with the velocities which are decreased by % 20 and increased by % 20 respectively. In low velocities, the reflectors in early times in the section seem relatively stronger than the deeper part of the section while in the higher velocities the reflectors in whole section are not well traceable.

1 GİRİŞ

Çok kanallı sismik yansıma verilerinde en önemli adımlardan biri hız analizidir. Bu adım bizi yeraltının sıfır ofsete en yakın ilk görüntüsü olan yığma kesite götürür. Bu kapsamda İzmir Körfezi'nden alınan bir sismik hatta ait 1695 adet CDP verisi için veri işlem yapılmıştır. CDP verilerine hız analizi öncesi filtreleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra verilere hız analizi, NMO ve kesme işlemleri uygulanmıştır. En uygun hız değerleri ile NMO etkisi giderilen veriler yığılarak yeraltının iki boyutlu yığma kesiti elde edilmiştir (Şekil 1). En uygun hız analizine ait hızlar ile bu hızların %20 arttırılmış ve %20 azaltılmış hızlarına ait yığma kesitleri oluşturularak sonuçlar tartışılmıştır.

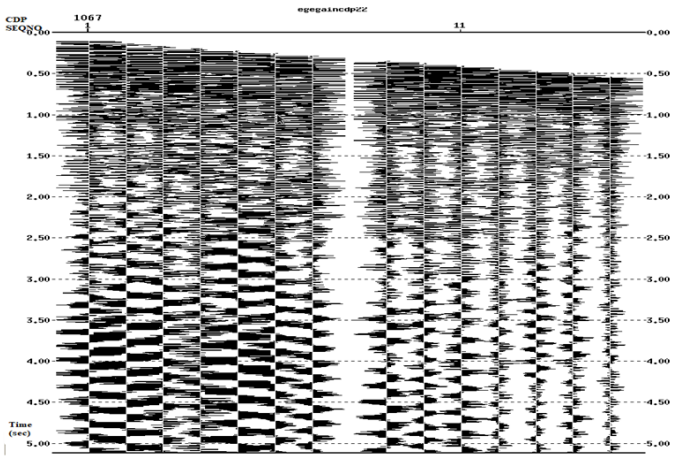
Şekil 1. Veri işlem akış şeması.

2 ANA BAŞLIK

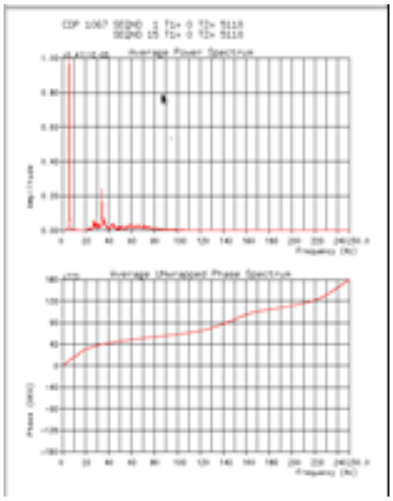
Örnek sismik hattı oluşturan CDP verilerinde özellikle geç varışlarda yüksek ve düşük frekanslı gürültüler gözlenmiştir (Şekil 2). Şekil 3'de verilen genlik spektrumunda bu gürültülerin 20 Hz'den küçük ve 90 Hz'den büyük olduğu görülmüştür. Veride 15-85 Hz arasında ki dalgaların sinyal verisi olduğu düşünülerek bu frekans aralığında ki verilerin aynen geçişi sağlanmıştır. Öte yandan gürültüler için denemeler sonucu en uygun trapezoidal band geçişli filtre ; F1=10 Hz, F2= 15 Hz F3=85, Hz F4=105 Hz kesme frekansları için uygulanmıştır. Filtrelerden kaynaklanabilecek keskinlikleri yumuşatmak için de pencere çeşidi olarak Hanning, Hamming, Cosine denenmiştir. Bu pencereler arasında pek fark görülmemiş olup veri işlemcinin yorumuna bağlı olarak Cosine penceresi seçilmiştir. Filtreleme sonrası düşük ve yüksek frekanslı gürültüler nispeten bastırılmıştır (Şekil 4 ve Şekil 5).

Yeraltı homojen bir yapıda olmadığından sabit bir tek hızla yeraltını tanımlamak mümkün değildir. Sismik yansıma yönteminin en temel parametresi olan hız bilgisini tanımlamaya olanak sağlayan aşamaya ise hız analizi denilmektedir.

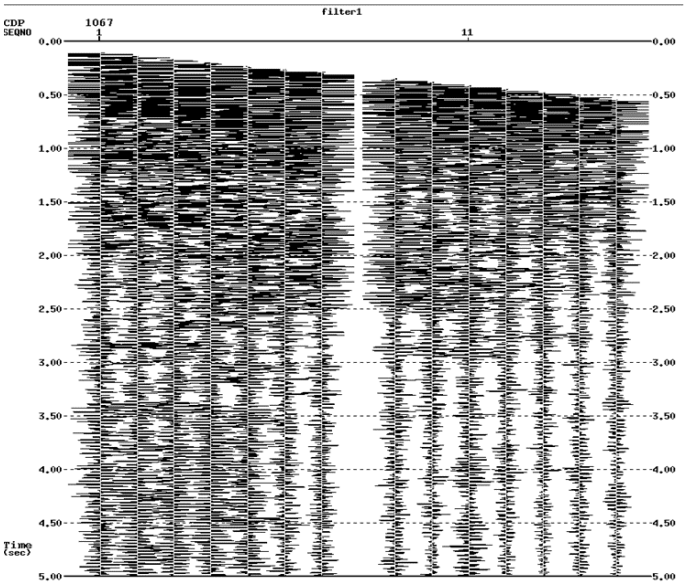
Bu analiz Paradigm Echos sismik veri işlem yazılımında VELDEF modülü kullanılarak yapılmıştır. Bu analiz için Semblans panelinden yararlanılmıştır. Semblans paneli belli bir hız ve zamandaki izlerin birbirleri ile benzerliklerinin hesaplandığı izlerdir. Semblans panelinde kapanımlar yaklaşık olarak CDP grubundaki hiperbollere denk gelmektedir. Bu hiperboller ise hız analizinde kullanılacak olan yansımalardır. (Şekil 6'da bu hiperboller görülmektedir.) Hızların bu hiperbolik görüntüyü oluşturmasının nedeni CDP düzeninde aynı noktaya ait sinyallerin alıcıya ulaşma sürelerinin artmasıdır. Seyahat zamanı ve atış alıcı arasında ki bu farka 'normal kayma zamanı (NMO)' denmektedir (Yılmaz, 1987).



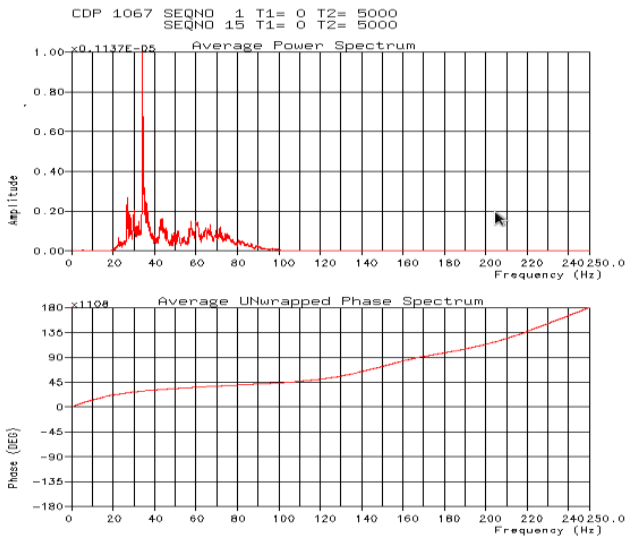
Şekil 2. 1067 numaralı örnek bir ham CDP verisi. Gürültüler elips içinde gösterilmiştir.



Şekil 3. 1067 numaralı CDP grubu için filtre öncesi genlik spektrumu. Filtre öncesi gürültüler elips içinde gösterilmiştir.

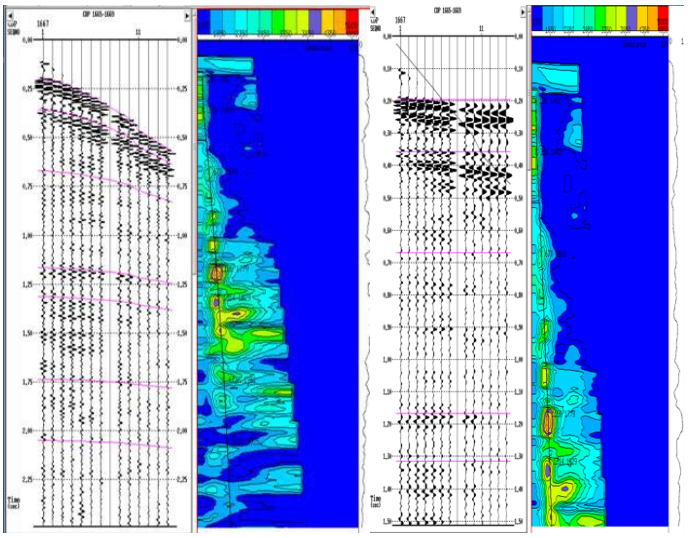


Şekil 4. Filtreleme sonucu gürültülerden temizleniş olan 1067 numaralı CDP grubu.

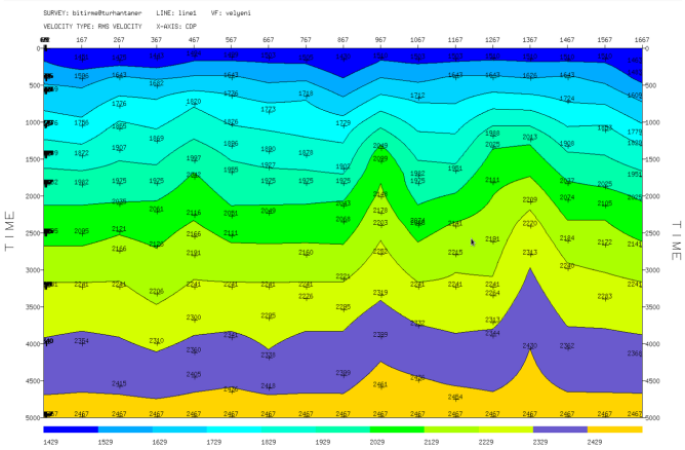


Şekil 5. 1067 numaralı CDP grubu için filtre sonrası genlik spektrumu.

NMO uygulaması sonrası yansıma hiperbolleri yatay hale getirilerek ofset etkisi giderilmiştir. Daha sonra veride, uzak ofsetlerde oluşan genlik gerilmelerini gidermek için kesme işlemi uygulanmıştır. % 50 gerilme limiti otomatik olarak tüm CDP' ler için uygulanmıştır. Hız analizinde genel olarak derinlikle artan bir hız fonksiyonu seçilerek düşük hız veren gürültü kapanımları seçilmemiştir (Şekil 6). En uygun hız modeli Şekil 7' de verilmiştir.



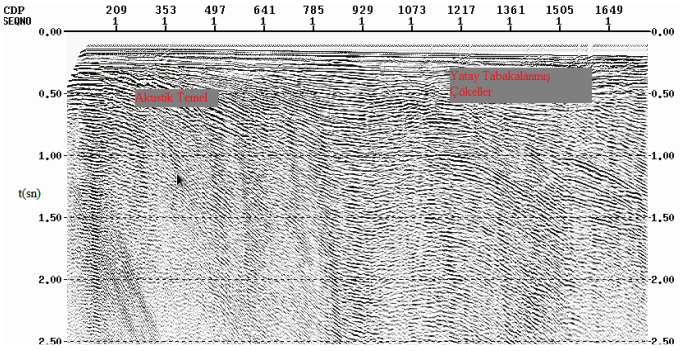
Şekil 6. 1065-1069 numaralı CDP grup aralığında yapılan hız analizi, sırayla NMO öncesi ve sonrası



Şekil 7. RMS Hız Kesiti. Yatay eksen hız (m/sn) düşey eksen zaman(sn).

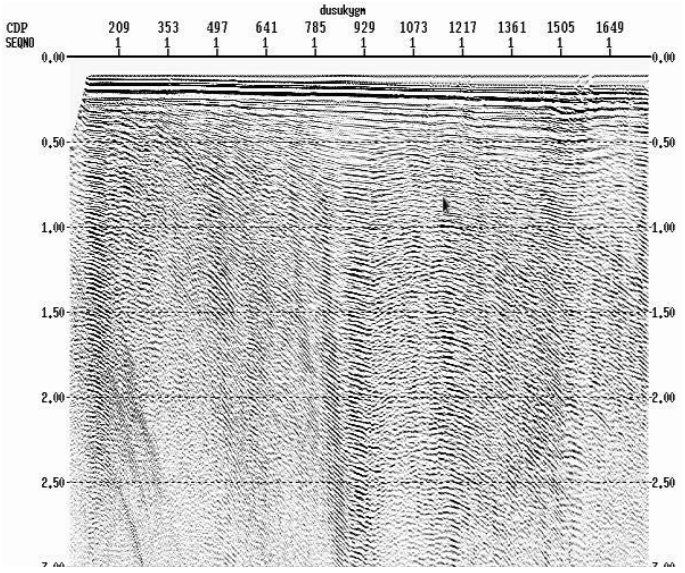
Bu aşamaya kadar olan bütün veri işlem aşamalarının hedefi yığma işlemi ve sonucunda elde edilen kesittir. Öncelikle aynı CDP grubundaki tüm izler basitçe bir araya toplanarak yığma izi adı verilen tek bir iz oluşturulur. Tüm CDP gruplarından oluşturulan bu izlerin yanyana getirilmesiyle yığma kesit elde edilir. Yığma kesitindeki iz sayısı sismik veride ki CDP sayısına eşit olmalıdır. Bu bitirme tezinde 65-1760 aralığında 1695 adet CDP için ; 1695 adet iz yığma kesitte gösterilmiştir.

Bu çalışmada Echos programında ki STACK modülü ile yığma kesiti oluşturulmuştur. Bu modül içindeki MXFOLD (maksimum fold) komutuna maksimum katlama sayısı olan 15 girilmiştir. Sonuç olarak yeraltının ilk görüntüsü olan yığma kesit elde edilmiştir (Şekil 8).

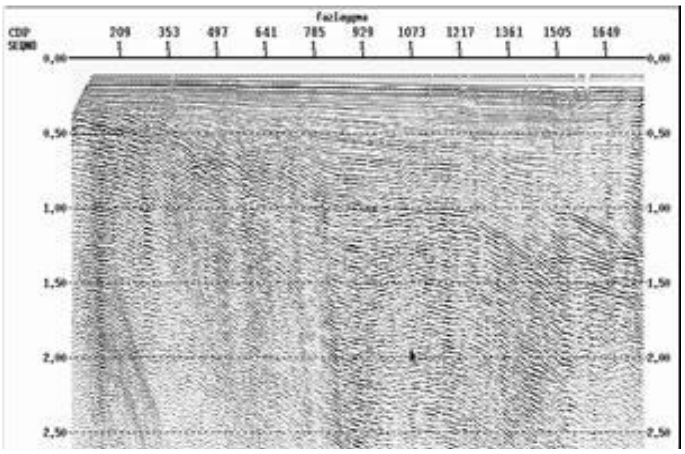


Şekil 8. Sismik final yığma kesiti.

İdeal yığma kesit için seçilen yığma hızları bir sonra ki aşamada sırasıyla % 20 oranında azaltılıp ve % 20 oranında arttırılarak yeni yığma kesitler oluşturulmuştur. Bu kesitlerde hız değişiminin etkileri incelenmiştir (Şekil 9 ve Şekil 10).



Şekil 9. % 20 oranında azaltılmış hızla hazırlanan yığma kesit. Düşey eksen zaman (sn)'dır.



Şekil 10. % 20 oranında arttırılmış hızlarla hazırlanan yığma kesit. Düşey eksen zaman (sn)'dır.

3 SONUÇLAR

Bu bitirme çalışması kapsamında veri işlem aşamalarından hız analizi üzerinde durulmuştur. Hız analizi öncesi veriyi gürültülerden temizlemek için trapezoidal band geçişli filtre uygun görülmüş olup veri istenmeyen düşük ve yüksek frekanslardan arındırılarak hız analizine sokulmuş, gerekli NMO düzeltmesi ve MUTE (silme) işlemlerinden sonra yığma kesiti oluşturulmuştur. Hızın % 20 daha az ve % 20 daha fazlasıyla hız kesiti ve yığma kesitleri de oluşturulmuştur. Bu bağlamda oluşturulan kesitler karşılaştırılmış; başlangıçta üretilen hızla oluşturulan yığma kesitte yansıma seviyeleri en iyi şekilde görüntülenmiştir. % 20 düşük hızla hesaplanan yığma kesitinde yaklaşık 0.20 sn' ye kadar olan sığ tabakalar daha kuvvetli yansıma seviyeleri ile gözükürken bu derinlikten sonra ki yansıma seviyeleri ise takip edilememektedir. % 20 oranında hızın arttırılmasıyla hesaplanan yığma kesitinde ise yansıma genliklerinin göreceli olarak daha da azaldığı ve seviyelerin takibinin mümkün olmadığı görülmüştür. Bunun sonucunda başlangıç kesitinde verilen hızların gerçeğe en yakın olduğu yorumuna varılmıştır (Şekil 7 ve Şekil 8). İdeal yığma kesitte (Şekil 8) iki sismik ünite ayırt edilmiştir: alttaki sismik ünite yarı parelel ve yer yer kaotik yansıma karakteriyle akustik temel olarak yorumlanırken; üstte yer alan ünite paralel yansıma karakteriyle yatay tabakalanmış çökeller olarak yorumlanmıştır.

KAYNAKLAR

Yılmaz, Ö, 1987. *Seismic Data Processing, Society of Exploration Geophysicists*, Tulsa, 526 s.

Kilikya Bölgesi'nde B-Değerinin Alansal Dağılımı
Spatial Distribution of the B-value in the Cilician Region

G. Kaplan, G. Örgülü
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Doğu Akdeniz'in karmaşık tektonik yapısı içerisinde farklı faylanma tiplerini bir arada barındıran Kilikya bölgesindeki mevcut sismisite üzerinde istatistiksel bir analiz yapılarak, gelecekte bu bölgede deprem olma olasılığı araştırılmıştır. Hesaplamalarda TURDEP kataloğundan deprem verileri seçilerek, Kilikya bölgesi için bir deprem kataloğu oluşturulmuştur. MATLAB tabanlı ZMAP yazılımı kullanılarak, bölgedeki b-değerinin alansal değişimi hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara ek olarak b-değerinin standart sapması, tamlık büyüklüğü ve gözlemsel verilerle istatistiksel verilerin uyumluluğunu gösteren goodness of fit yüzdeleri de hesaplanan alansal değişimler arasındadır. Yapılan çalışmanın sonucunda b-değerinin büyük çoğunlukla 0,8'den küçük çıktığı görülmüş, bölgedeki sismik aktivitenin fazla olduğu göz önüne alındığında bu bölgede ileride deprem olma olasılığının var olduğu yorumu yapılmış, düşük b-değerlerinin aynı zamanda bölgedeki volkanik aktivite ya da jeotermal alana işaret etmediği anlaşılmıştır.

ABSTRACT A statistical analysis has been performed on the seismicity in the Cilician region accommodating different fault styles in a complex tectonic structure of the East Mediterranean.. In this study b-values are calculated from the Gutenberg-Richter relation to estimate the probability of a next potential earthquake occurring in the study area. This statistical analysis is performed by a software (ZMAP) running on the MATLAB platform. Data are extracted from TURDEP project. This catalogue data is used to determine the spatial distribution of the b-value, its standart deviation, Mc value and goodness of fit.. We observe that b-values in the study area are mostly smaller than 0,8. This may suggest that there is a probability of a possible potential earthquake in the future. Also, It can also be said that low b-values may not indicate a volcanic activity or a geothermal area in this region.
Keywords B-value, Cilicia Region, Earthquake

1 GİRİŞ

Doğu Akdeniz'de yer alan Kilikya bölgesinin tektoniğinin temelinde Afrika, Avrasya ve Arabistan levhalarının birbirlerine göre bağıl hareketleri yatmaktadır, karmaşık bir tektonik yapıya sahip bu bölgede Gutenberg-Richter bağıntısında verilen, frekans-magnitüd dağılımı grafiğinin eğimini ifade eden B değeri dağılımı hesaplanmıştır. Bu çalışma için, TÜRDEP kataloğundan Kilikya bölgesi için kaydedilen deprem verileri kullanılmıştır. Kilikya bölgesinin tektoniği hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmada B değeri hesaplamak için sismologlara katalog verilerinin incelenmesinde yardımcı olmak amaçlı tasarlanmış MATLAB tabanlı bir yazılım olan ZMAP programı kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde yoğun sismik aktivitenin olduğu bu bölgede yüksek stres birikimi gözlemlendiğinden ileride bir deprem olma olasılığının var olduğu yorumu yapılmıştır.

2 BÖLGENİN TEKTONİĞİ

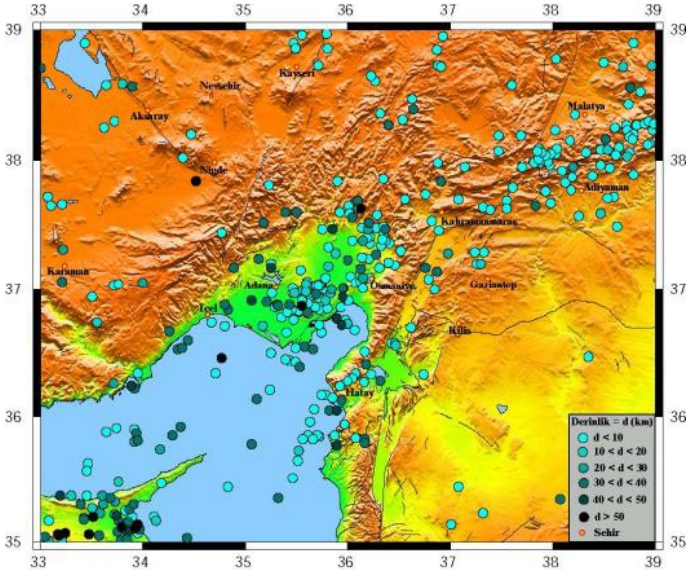
Doğu Akdeniz'de yer alan Kilikya Bölgesi'nin tektoniğinin temelinde Afrika, Avrasya ve Arabistan levhalarının birbirlerine göre bağıl hareketleri

yatmaktadır. Bu hareketlerin neticesinde, doğuda Avrasya ve Arabistan levhalarının çarpışması ve batıda ise Afrika ve Anadolu levhalarının yakınsaması söz konusudur (McKenzie, 1970, 1972; Dewey ve diğ., 1986). Neotetis okyanusunun güney kolunun Anadolu levhasının altına dalmasıyla oluşan Avrasya ve Arap levhalarının çarpışma süreci halen aktifliğini korumakla birlikte, Doğu Akdeniz bölgesinde önemli tektonik gelişmelere sebep olduğu bilinmektedir. Arap levhası Ölü Deniz fay zonu hareketiyle birlikte Bitlis-Zagros bindirme zonu boyunca Anadolu levhasını kuzeye doğru sıkıştırmaktadır. Batıda yer alan Helenik yayı ise Anadolu levhasını batıya doğru çekmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1987).

2.1 Sismik Aktivite ve Büyük Depremler

Bu bölgedeki sismisite, tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelen depremler olmak üzere iki grupta ele alınmıştır. Tarihsel ve aletsel dönemde yer alan bu depremler, Ökeler (2003) tarafından yapılan yüksek lisans tezi kapsamında verilmiştir. Tarihsel depremlerin dağılımları (Ökeler 2003)' te verilmektedir. Buna göre depremlerin özellikle ÖDF'nın en kuzey kesimlerinde yani Hatay dolaylarında yoğunlaştığı gözlenmektedir.

Kilikya Bölgesi ve civarının aletsel dönem depremselliği Şekil 2.1'de verilmiştir. Bu şekile göre depremler DAF'nın güneybatı kesimi ile Adana civarı ve Kıbrıs'ı birleştiren bir hat zerinde yoğunluk göstermektedir. Bu haritada açık renkle belirtilen depremler sığ iken renk koyulaştıkça depremlerin derinliği kuzeydoğudan güneybatıya gidildikçe artmaktadır. Buna göre, derin depremlerin büyük kısmı Kıbrıs'ın güneyinde toplanmaktadır. Buradan Adana civarına yaklaştıkça depremlerin derinliği azalmakta ve DAF' nın güneybatı ucunda, yani Maraş'ın kuzeydoğusunda, ise depremlerin büyük çoğunluğu 10 km' den daha sığ kesimlerde meydana gelmektedir. Ayrıca Hatay ve çevresinde de depremlerin varlığı gözlenmektedir.



Şekil 2.1 Kilikya Bölgesi ve yakın civarının aletsel dönem depremselliği (1972–2002 yılları arasındaki) (USGS Earthquake Data Base)

3 YÖNTEM VE HESAPLAMALAR

3.1 Yöntem

Bu çalışmada, deprem kataloglarının alansal ve zamansal dağılımlarını araştırılabilmesini ve haritalandırılabilmesini sağlayan ZMAP yazılımı kullanılmıştır. MATLAB tabanlı çalışan bu yazılım Stefan Wiemer tarafından geliştirilmiştir.

3.2 B Değerinin Elde Edilmesi

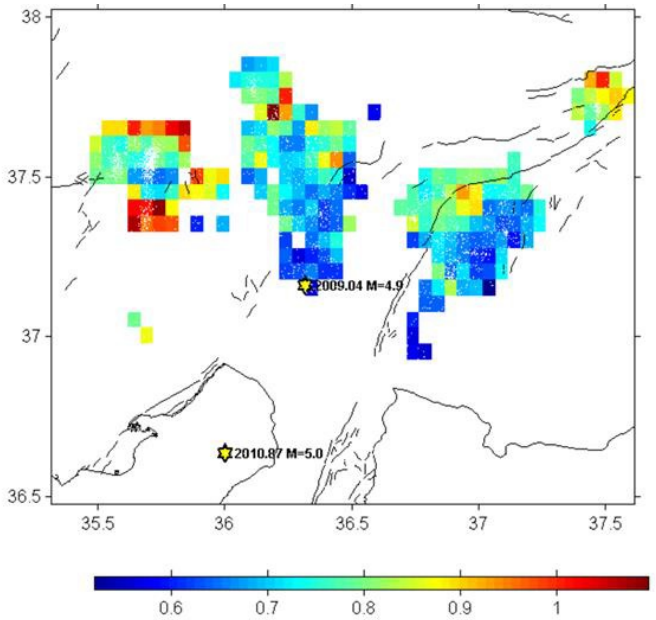
Depremlerin fiziksel özellikleri ve göreli boyut dağılımı (relative size distribution) arasında bağıntıyı kurmak için birçok araştırma yapılmıştır. Göreli boyut dağılımını da ilk defa 1944 yılında Gutenberg ve Richter tarafından verilen aşağıdaki bağıntıda bulanan b-değeriyle ile karakterize edilmiştir.

$$\log N = a - bN$$

- N: Kümülatif deprem sayısı
- M: Magnitüd
- a: Üretkenliği ifade eden katsayı
- b: Göreli boyut dağılımını ifade eden katsayı

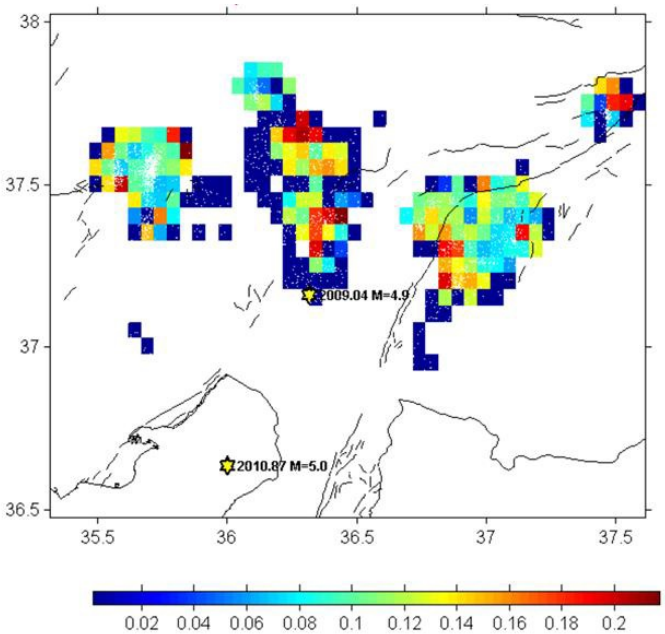
B-değeri küçükten büyüğe depremlerin bağıl sayısının ölçüsüdür. Frekans magnitüd dağılımı grafiğini temsil eden doğrunun eğiminden hesaplanır (Ishimoto & Lida, 1939).

Bu bağıntı kullanılarak, Kilikya bölgesi için b-değerinin alansal dağılımı elde edilmiştir (Şekil 3.1).

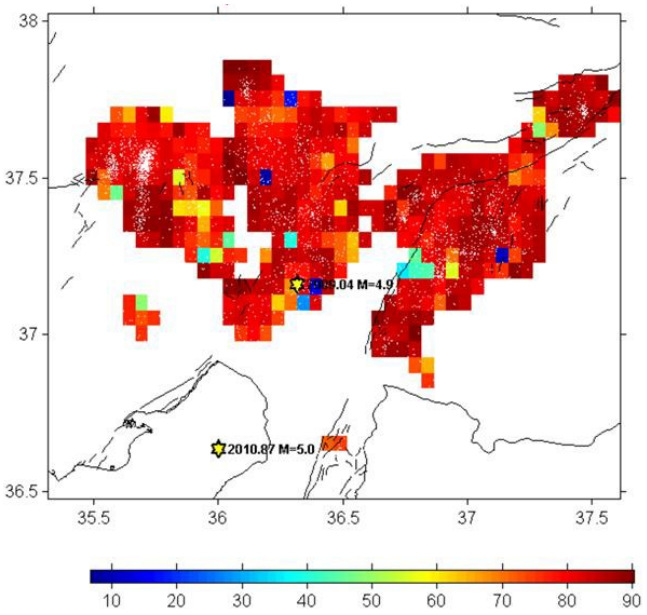


Şekil 3.1 Maximum likelihood metoduyla hesaplanan b değeri haritası.

B-değeri hesaplamalarının doğruluğunu kontrol etmek için gerekli olan diğer parametreler aşağıdaki haritalarda verilmiştir (Şekil 3.2-3.4).

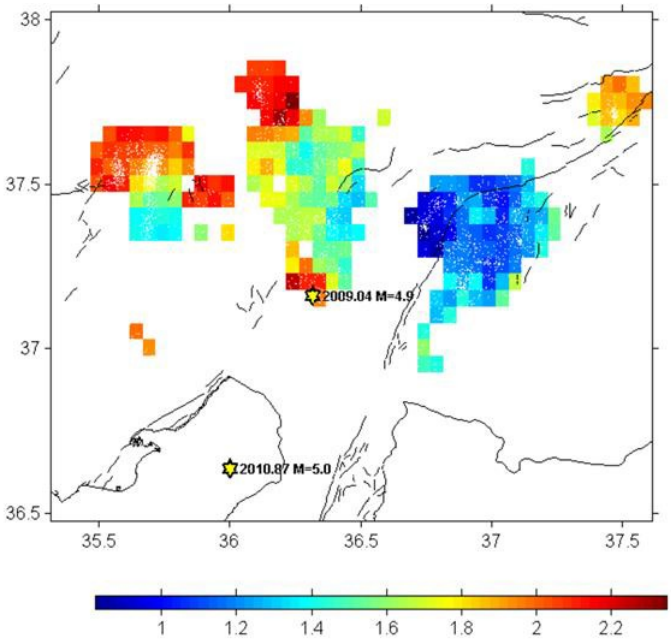


Şekil 3.2 b-değeri standart sapma haritası

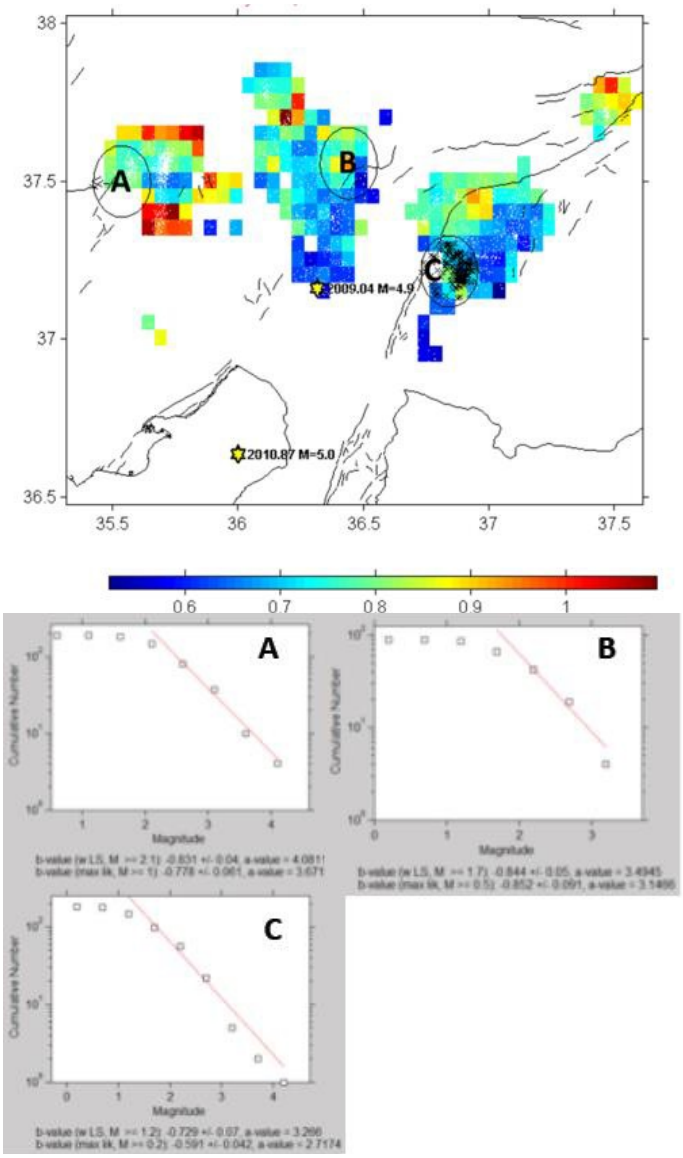


Şekil 3.3 Goodness of fit haritası

Elde edilen b-değeri tahminlerini kontrol etmek için diğer bir yöntem b-değeri haritası üzerinde düşük ve yüksek b-değeri veren bölgeler seçilerek frekans-magnitüd grafiklerini gözden geçirmektir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4 Mc değeri dağılım haritası



Şekil 3.5 B-değeri haritası ve bu harita üzerinde seçilen bölgeler için frekans-magnitüd dağılımı grafikleri.

4 SONUÇLAR

Aktif tektonik yapıya sahip Kilikya bölgesi için yapılan bu çalışmada genel olarak bakıldığında b-değerlerinin 1'den düşük olduğu gözlemlenmiştir. Düşük b-değerleri çalışılan alanda yüksek stresi işaret etmektedir. Yapılan çalışmalarda b-değeri ve stresin ters orantılı olduğu görülmüştür. Bundan dolayı, zaten çokça sismik aktivitenin olduğu bu bölgede yüksek stres birikimi gözlemlendiğinden ileride bir deprem olma olasılığının var olduğu yorumu yapılabilir.

TEŞEKKÜR

Bitirme çalışmamda benden desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Gonca Örgülü'ye ve lisans öğrenimim boyunca bana katkıda bulunan bütün değerli hocalarıma teşekkür ederim. Hayatımdaki her süreçte yanımda bulunan ailem ve sevgili arkadaşlarıma bu süreçte de beni yalnız bırakmadıkları için sonsuz teşekkürler.

KAYNAKLAR

Dewey, J., Hempton, M., Kidd, W., Şaroğlu, F., & Şengör, A. (1986). Shortening of crustal lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone, in Collision Tectonics. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 19, 3-36.

Gutenberg, B., & Richter, C. (1944). Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 34,185-188.

Gülen, L., Barka, A., & Toksöz, M. (1987). Continental collision and related complex deformation; Maraş triple junction and surrounding structures in SE Turkey. *Spec. Publ., Hacettepe Univ. Ankara*, 88-133.

Ishimoto, M., & lida, K. (1939). Observations of earthquakes regsistered with microseismograph constracted recently. *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, 17,443- 478.

Karnık, V. (1969,1970). *Seismicity of the European Area, Part 1-2.* Dordrecht, Holland: D. Reidel Publ. Co.

McKenzie, D. (1970). The plate tectonics of the Mediterranean region. *Nature*, 226,239-241.

McKenzie, D. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. Astr. Soc.*, 30 (2), 109-185.

Ökeler, A. (2003). Kilikya Bölgesi'nin Güncel Depremselliği ve Gerilme Analizi.

Marmara Denizi, Tekirdağ Çukurluğu'nda Toplanan Çok Kanallı Sismik Yansıma Verisinden Uzak Ofset Verisinin Hazırlanması, İşlenmesi ve Yorumlanması

Data Processing and Interpreation of Far Offset Seismic Reflection Data That Is Extracted From Multichannel Seismic Reflection Data on the Tekirdağ Basin of the Sea of Marmara

İ. N. Özdoğru, C. İmren, B. Karadöller
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği, İstanbul

ÖZET Bu bitirme tezinin temel amacı, 2008 yılında Koca Piri Reis gemisi ile TAMAM projesi kapsamında, Marmara Denizi'nde yürütülen çok kanallı sismik yansıma çalışması dahilinde, Tekirdağ Çukurluğu üzerinde K-G doğrultulu profilin veri-işlem ve yorumlama aşamalarını uzak offset tek kanal üzerinden gerçekleştirmek ve çok kanallı sismik veri-işlem öncesinde tek kanal kullanarak iyi bir sonuç elde etmektir. Veri işlem aşamaları, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü Nezihi Canıtez Veri-İşlem Laboratuvarında ECHOS 2015 yazılım paketi ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle çok kanallı sismik yansıma verisi içerisinden uzak ofset olarak değerlendirilebilecek kanalların kalite kontrolü yapılmış ve son kanal olan 72. kanal seçilmiştir. Tek kanallı sismik yansıma verisine very işlem aşamalarından sırasıyla; geometri, sıralama, filtre, genlik arttırma, migrasyon ve veri düzenlemesi sırasıyla uygulanmıştır. Daha sonra yorumlama aşaması için Kingdom Suite 8.8 yazılım paketi kullanılmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda oluşturulan uzak offset sismik yansıma kesitinde; Tekirdağ Çukurluğu üzerindeki ana fay, ona bağlı gelişen ikincil kırıklar ve havza sediman paketleri görülmektedir. Ana fay, havza içerisindeki sedimanları havza tabanından itibaren keserek deniz tabanına kadar ulaşmaktadır. Bu durum, fayın aktif olduğunu gösterir.
Anahtar Kelimeler: Marmara Denizi, sismik yansıma, Marmara Fayı, uzak ofset, veri işlem.

ABSTRACT The purpose of this graduation thesis is the processing and interpretation of the single channel seismic reflection data and obtain a single channel seismic section with observing seismic traces at far offset to reach good results with single channel approximation before the process of multichannel data that is collected for TAMAM project in the Tekirdağ Basin of the Sea of Marmara along the N-S direction profile by R/V Piri Reis in 2008. The data processing is carried out in Nezihi Canıtez Data Processing Laboratory, Department of Geophysical Engineering, Faculty of Mines, Istanbul Technical University with using ECHOS software package. Firstly, quality control is done on the channels that can be assumed as a far offset channel and the last channel with number 72 is selected. Then, geometry, sort, filter, gain correction, migration, and data editing were applied for data processing to the data. As a result of this process; sedimentation, main fault and secondary faults ensue from main fault on the Tekirdağ Basin are observed in the interpreted section. The main fault cuts the sediments from base of the basin and reaches to the sea bottom. This situation shows that the fault is active.
Keywords: Sea of Marmara, seismic reflection, Marmara Fault, far offset, data processing.

1 INTRODUCTION

The aim of the study is processing and interpretation of the far offset single channel data that is obtained from the multichannel seismic reflection survey collected with Koca Piri Reis on the Tekirdağ Basin in the Sea of Marmara as a part of TAMAM (Turkish American Marmara Multichannel) Project (Figure 1).

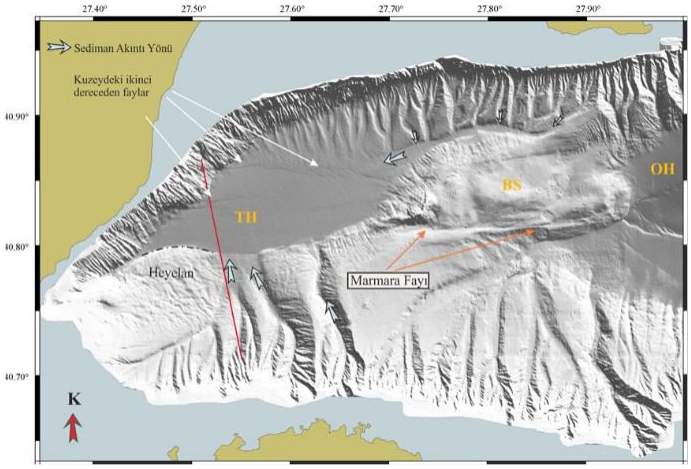


Figure 1. Seismic Reflection Profile (Bathymetry is taken from Imren, 2003).

Data processing is conducted in Nezihi Canıtez Data Process Laboratory, Department of Geophysical Engineering, Faculty of Mines, Istanbul Technical University with using Echos 2015 software packet. Among data processing steps; geometry, sort, filter, gain correction, migration, and data editing were applied to the data respectively. Interpretation of created migration section is performed on Kingdom Suite 8.8 software packet.

2 SEISMIC REFLECTION DATA PROCESSING STAGES

2.1 Quality Control

In the project, we interested in far offset channel; therefore, we controlled the records of Channel 70, 71, and 72 in terms of their noise and frequency contents (Figure 2). It is seen that, none of them is inactive or has too much noise. Consequently, we chose channel 72 for further stages of processing.

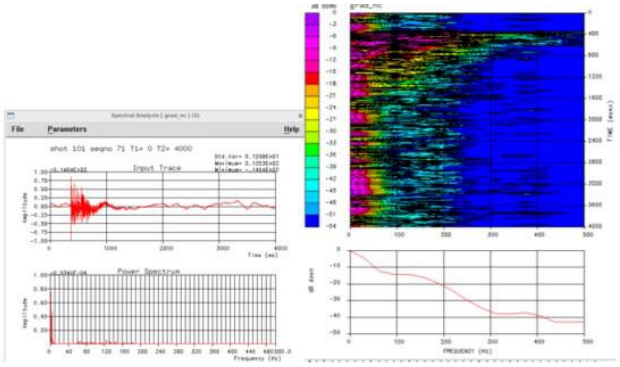


Figure 2. Spectral and time-frequency analysis of 71. trace.

2.2 Geometry Definition

For definition of geometry we used MARINE module. Number of the shots is 1121 between shot number of 101 and 1221. The number of channels per shot is 72, and number of the channel located closest to shot is 1. Near trace offset is 400 m, receiver interval is 6.25 m, shot interval is 18.75 m, record length is 4000 ms, and sampling interval is 1 ms (Figure 3).

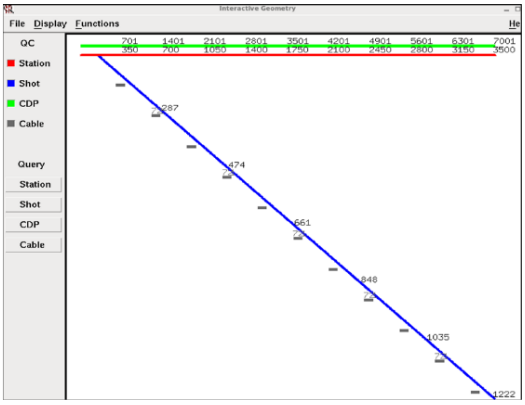


Figure 3. Defined Geometry on Echos.

2.3 Sort

72. channel of 1121 shots is sorted as a single channel seismic section (Figure 4).

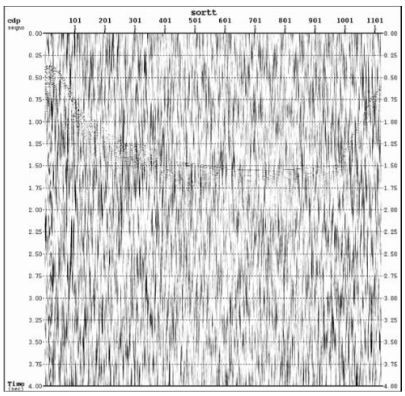


Figure 4. Sorted, unfiltered seismic section.

2.4 Filtering

A trapezoidal filter with the band-width of 15-30 Hz, 200-220 Hz is applied to single channel data (Figure 5).

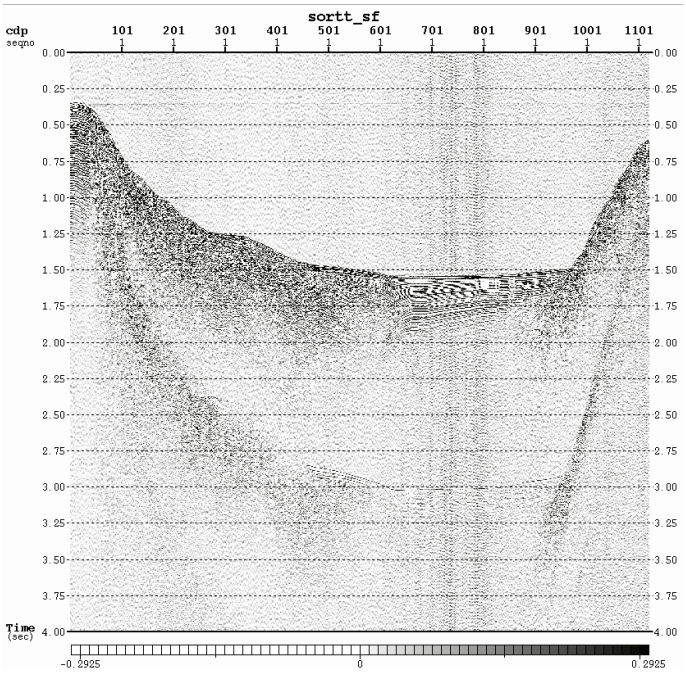


Figure 5. Filtered seismic section.

2.5 Gain Corrections

GAIN module with the gate option is used for exponential gain correction. For first gate starting time, end time and gate chance are 1500 ms, 2000 ms, and 6 dB; for second gate, these are 2000 ms, 2500 ms, and 4dB respectively. After that, we applied BALANCE module. The results of these applications are given in (Figure 6).

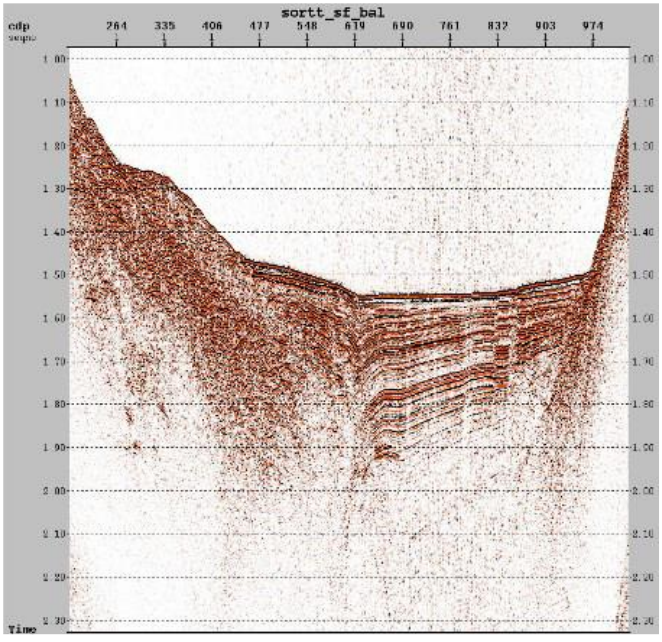


Figure 6. Seismic section after gain and balance applications.

2.6 Velocity Model

Velocity model is obtained from processed multichannel seismic reflection data as velocity function file (Figure 7).

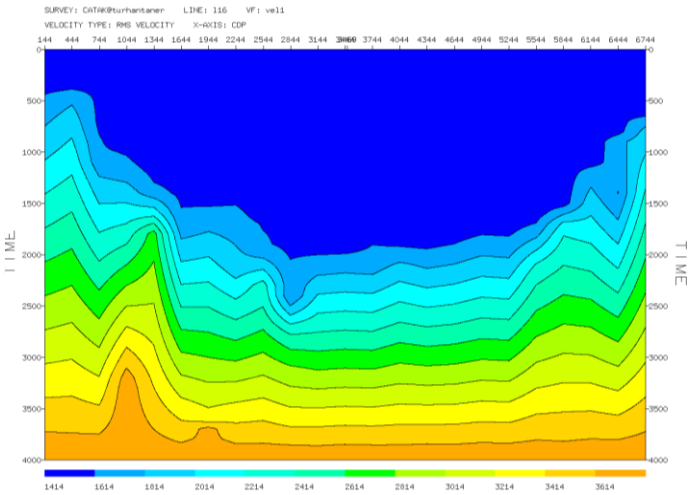


Figure 7. Velocity model

2.7 Migration

The finite difference approximation method and Kirchhoff method is tried to form the best migration. Among them, the greatest output is obtained by the Kirchhoff method that is applied with MIGTX module. Input parameters are selected for the number of CDP's to migrate as 1121, for subsurface distance between CDP's as 18.75 m and for maximum dip to migrate as 6°. The result is given in Figure 8.

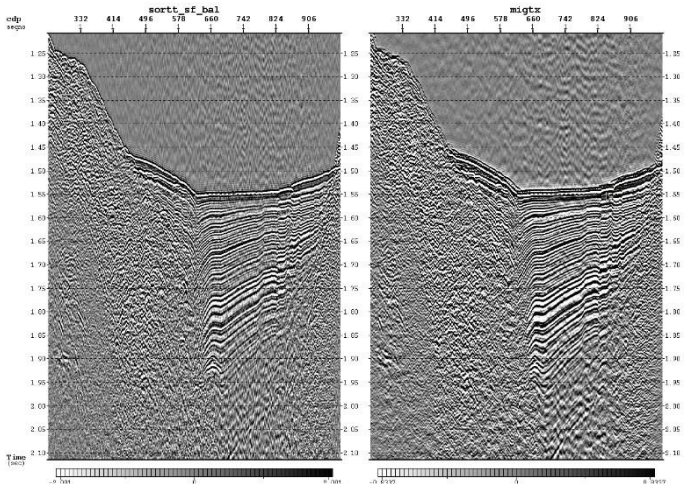


Figure 8. Seismic section before and after migration

3 INTERPRETATION AND RESULTS

Existence of North Anatolian Fault is clearly seen on the Tekirdağ Basin in the Sea of Marmara. Marmara Fault (Imren, 2003) that

is shown in the interpreted section corresponds to continuation of North Anatolian Fault in the sea. In addition, at the north of the fault, secondary faults ensue from main fault are observed in the sedimentary structure. All these structural patterns indicate existence of shear motion. The main fault cuts the sediments from base of the basin and reaches to the sea bottom. This situation shows that the fault is active.

Levels of sediment interfaces are inclined slightly from north through the south. The reflection patterns are shown in the section for different levels (Figure 9).

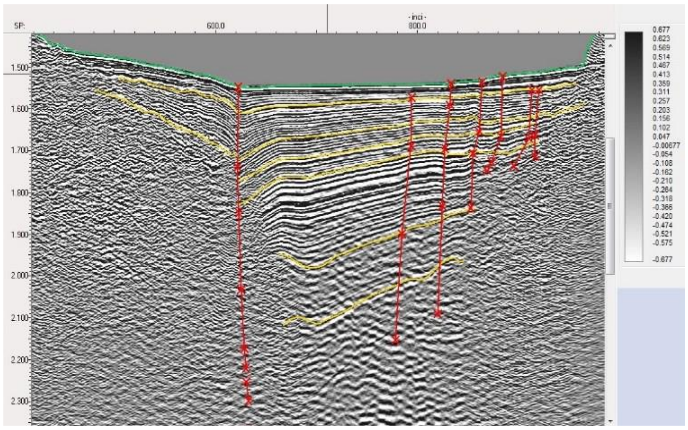


Figure 9. Interpreted seismic section

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my gratitude to Assistant Prof. Dr. Caner İMREN, who share his knowledge and experience in the most sincere, vivacious and generous way and also it has been a pleasure with working such an idealist person that has big dreams with work discipline.

I am thankful to Research Assistant Beril KARADÖLLER who helped me during the process of this thesis because of her generosity. I am really very lucky to have an opportunity of working with her and my mentor as a team. And also thanks for help and support to my friends Ceylan BEYKE and Yahya ARSLAN.

Also I am grateful to Prof. Dr. Övgün Ahmet ERCAN who reminds me the geophysics belongs to the nature and being part of this branch of science is only possible with being in love with the nature.

I would like to thank my professors and teaching assistants because of their helps during my education life.

I am grateful to my family who supports me all the time with wisdom and continue to have love inside of them no matter what happens.

And finally, my sincere gratitude is to Paradigm and IHS Markit companies because this graduation thesis is based on the programs that are supplied to our university by them.

KAYNAKLAR

Dondurur D., 2009. Deniz Sismiğinde Veri İşlem, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları, Cilt. 11, Ankara, (p. 188-196).

Echos 1.1, 2011. *Application and Modules, References Manual and User's Guide*, Paradigm Geophysical

Kearey P., Brooks M., Hill I., 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*, 3rd ed., Blackwell Science LTD., USA.

Reynolds J. M., 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*., 2nd ed., John Wiley&Sons LTD., Wex Susex, England, p. 217-219.

Telford W. M., Geldart L. P., Sheriff R. R., 1990. *Applied Geophysics*, 2nd ed., Cambridge University Press. USA and Australia.

İmren C., 2003. Marmara Denizi faal tektonizmasının sismik yansıma ve derinlik verileri ile incelenmesi, *Doktora Tezi*, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. p. xxx+201..

Silivri ve Aksaray-Sultanhanı Yeraltı Doğal Gaz Depo Alanları ve Civarının Depremselliği

Seismicity of Silivri and Aksaray Sultanhanı Underground Natural Gas Storage Areas and Surroundings

M.U. Algül ve E.A. Güney

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada Silivri ve Aksaray Sultanhanı yeraltı doğal gaz depo alanları ve civarında 2007- 2017 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü M□2 olan depremlerin (BU, KRDAE-BDTİM) frekans-büyüklük dağılımlarına ait b-değerleri hesaplanmıştır. Silivri merkez olmak üzere 80 km yarıçaplı dairesel alan içinde meydana gelen depremler için b-değeri 1,0658□0.02, Aksaray-Sultanhanı merkez olmak üzere 80 km yarıçaplı dairesel alan içinde meydana gelen depremler için b-değeri 1,122□0.04 olarak hesaplanmıştır. İncelenen bölgenin tektonizması ve depremselliğine bağlı olarak gerilme ile ters orantılı olarak değişen b-değerinin normal değeri yaklaşık 1'dir. Her iki bölge için hesaplanan b-değerleri normal b-değeri olan 1'e yakın olarak hesaplanmıştır.
Anahtar Kelimeler: b-değeri, Silivri, Aksaray-Sultanhanı.

ABSTRACT In this study, b values of the frequency-magnitude distribution of earthquakes with magnitudes M≥2 (BU, KRDAE, RETMC) occurred between 2007 and 2017 years were calculated for Silivri and Aksaray Sultanhanı underground natural gas storage areas and surroundings. The b-value for the earthquakes occurred within the circular area with the radius 80 km centered at Silivri is calculated as 1,0658□0.02. The b-value for the earthquakes occurred within the circular area with the radius 80 km centered at Aksaray Sultanhanı is calculated as 1,122□0.04. The normal value of the b-value, which varies inversely with the stress due to tectonics and seismicity the region studied, is about 1. The calculated b-values for both areas are close to 1, which is the normal b value..
Keywords: b-value, Silivri, Aksaray-Sultanhanı.

1 GİRİŞ

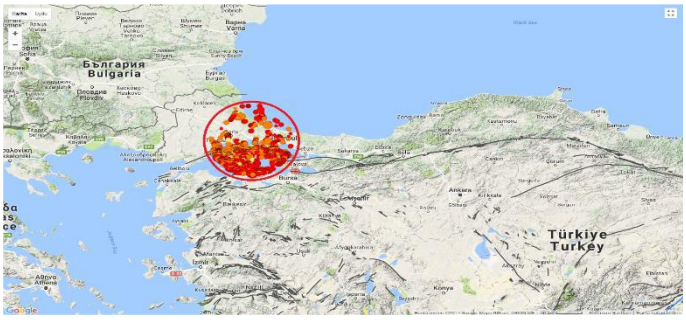
Türkiye coğrafi konumu ve stratejik yapısı nedeniyle enerji taşıma alanında önemli bir yere sahiptir. Bunun yanı sıra 80 milyonluk nüfusu ile önemli bir tüketicidir. Mevsimsel koşullar nedeniyle değişen tüketim miktarlarından, üretim yapan ülkelerin kendi tüketimlerinden ve olası teknik nedenlerle oluşacak sorunlardan kaynaklanan problemleri zamanında çözebilmek için doğal gazın tüketiminin düşük olduğu yaz aylarında depolanması gerekmektedir.

Yeraltında doğal gaz, petrol ve doğal gaz reservuarlarında, akiferlerde ve tuz mağaralarında depolanır. Türkiye'de halen kullanımda olan yeraltı doğal gaz depo alanları Kuzey Marmara petrol ve doğal gaz kuyuları ve Tuz Gölü civarındaki tuz mağaralarıdır. Bu alanlarda hasar yapıcı depremler sırasında oluşabilecek fay hareketleri yüksek basınçlı depoardaki metan gazının birden atmosphere salınması ile çevresel ve toplumsal felaketlere yol açabilir.

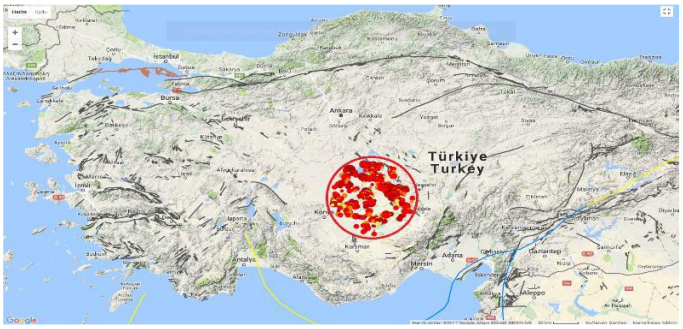
Bu çalışmada Türkiye'de kullanımda olan Silivri ve Aksaray-Sultanhanı yeraltı doğal gaz alanlarının civarındaki 80 km yarıçaplı dairesel alanda 2007-2017 yılları arasında meydena gelen depremlere ait depremsellik b-değerleri hesaplanarak incelenmiştir.

2 VERİ VE YÖNTEM

Türkiye'de yeraltı doğal gaz depo alanlarının bulunduğu Silivri (41.074˚K, 28.255˚D) ve Aksaray- Sultanhanı (38.25˚K, 33.55˚D) lokasyonları merkez olmak üzere 80 km yarıçaplı dairesel alanda 2007-2017 yıl aralığında meydena gelen magnitude M≥2 olan depremlere ait deprem katalogları Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Bölgesel Deprem ve Tsunami İzleme Merkezi'nden (BU, KRDAE, BDTİM) alınmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2). Her iki çalışma alanı için bdeğerleri hesabında deprem kataloglarında rapor edilen magnitüd tiplerinden en yüksek magnitüd değeri kullanılmıştır. Aksaray-Sultanhanı için kullanılan katalogda depremlerin MD ve ML tiplerinin homojen olarak listelenmediği gözlenmiştir.

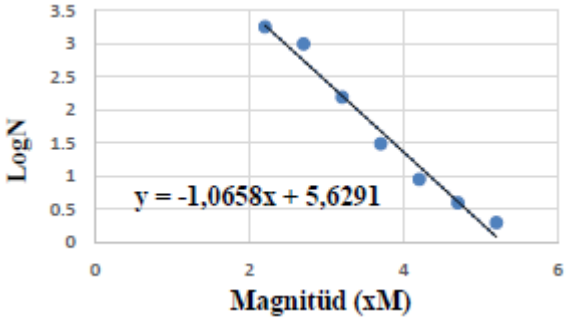


Şekil 1. Silivri yeraltı doğal gaz depo alanı merkez olmak üzere 80 km yarıçaplı dairesel alanda 2007-2017 yılları arasında meydana gelen magnitüdü M≥2 olan depremlerin episantr haritası (BU,KRDAE-BDTİM).

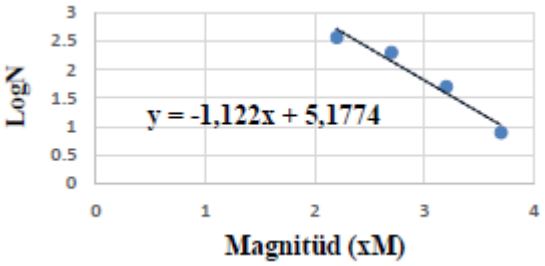


Şekil 2. Aksaray Sultanhanı yeraltı doğal gaz depo alanı merkez olmak üzere 80 km yarıçaplı dairesel alanda 2007-2017 yılları arasında meydana gelen magnitüdü M≥2 olan depremlerin episantr haritası (BU,KRDAE-BDTİM).

Gutenberg-Richter (1944) sıklık-magnitüd bağıntısında tanımlanan doğrunun eğiminden b-değerinin hesabı için En Küçük Kareler (EKK) yöntemi kullanılmıştır. Hesaplamalar Microsoft Excell programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).



Şekil 3. Silivri ve civarı için b-değeri (1,0658±0.02).



Şekil 4. Aksaray-Sultanhanı ve civarı için b-değeri (1,122±0.04).

Dünya üzerinde değişik bölgelerde yapılan çalışmaların sonuçları b-değerinin 0.6-1.4 aralığında değiştiğini ve ortalama olarak 1 civarında olduğunu gösterir (Udias, 1999). Volkanik yerlerde b değeri 3'e kadar ulaşır (McNutt, 2005). Yüksek b-değerleri (>1) rasgele olarak yönlenmiş çatlaklarla ilişkili malzeme heterojenliğini (Mogi, 1967), kabukta düşük stresin olduğu fay zonlarının akma bölgelerini (Wyss ve diğ, 2004), yüksek sıcaklık gradyanını (Warren ve Latham, 1970), mağma odacığı ya da jeotermal sistem gibi içinde sıcak akışkanların ve yüksek basıncın bulunduğu yerleri işaret eder. Düşük b değerleri (<1) ise malzeme homojenliğini ve uygulanan makaslama ya da efektif stres artışına işaret eder (Wyss, 1973).

Bu çalışmada Silivri ve Aksaray-Sultanhanı civarı için hesaplanan b-değerleri 1 civarında olup normal b değeri olan 1'e yakındır.

3 SONUÇLAR

Yeraltı doğal gaz depo alanları ve çevresinde oluşabilecek hasar yapıcı depremler sırasında fay hareketleri yüksek basınçlı depolardaki metan gazının ani bir şekilde

atmosfere salınmasına neden olabilir. Eğer fayın etki alanında birden fazla yeraltı doğal gaz deposu varsa sorun çok daha büyük olur. Bu çalışmada bir deprem ülkesi olan Türkiye'deki yeraltı doğal gaz depo alanlarının bulunduğu Silivri ve Aksaray Sultanhanı ve çevresinin depremselliği (2007- 2017 yıl aralığı) KRDAE-BDTİM deprem kataloglarından b-değerleri hesaplanarak incelendi.

Tamamlık büyüklüğü M≥2 olan depremler için Silivri ve civarı için b-değeri 1.0658±0.02 Aksaray-Sultanhanı ve civarı için 1.122±0.04 olarak hesaplandı. Her iki bölge için hesaplanan b-değerlerinin birbirine yakın ve normal b-değerleri (1) aralığında olduğu saptandı.

Deprem kataloglarında verilen magnitüdlerin homojen olarak listelenmesi ve deprem lokasyonlarının hata paylarının azaltılması, özellikle yeraltı doğal gaz depo alanlarının depremselliğinin sürekli izlenmesini ve b- değeri parametresinin daha etkin olarak kullanılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Gutenberg, R. and Richter C.F., 1944. Frequency of earthquakes in California. *B. Seismol. Soc. Am.* 34, 185–188.

McNutt, S. R., 2005. Volcanic seismology. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33(1), 461-491.

Mogi, K., 1967. Effect of the intermediate principal stress on rock failure, *J. Geophys. Res.*,72, 20, 5117–5131, doi:10.1029/JZ072i020p05117.

Udias, A., 1999. Principles of Seismology, Cambridge University Press, 475 pp.

Warren, N.M. and Latham, G.V., 1970. An experiment study of thermal induced micro fracturing and its relation to volcanic seismicity, *J Geophys Res.*, 75, 4455–4464.

Wyss, M., 1973. Toward a physical understanding of earthquake frequency distribution, *Geophys J. R.* astron Soc, 31, 341–359.

Wyss, M., Sammis, C. G., Naudeau, R. M.,Wiemer, S. 2004. Fractal dimension and b-value on creeping and locked patches of the San Andreas Fault near Parkfield California, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 94, 410-421, doi:10.1785/012030054.

6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 Depremi Artçı Şok Alanına ait Depremselliğin İncelenmesi

Investigation of the seismicity within the aftershock area of the 6 February 2017, Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 earthquake

M. M. Tozak, E. A. Güney
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

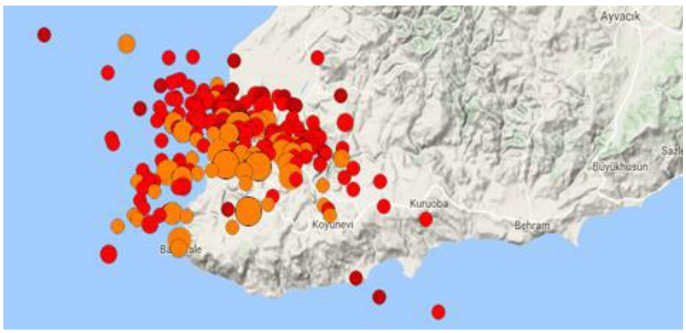
ÖZET Bu çalışmada 6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 depreminin artçı şok alanında meydana gelen büyüklüğü ML≥3 olan depremlere (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Bölgesel Deprem ve Tsunami İzleme Merkezi) ait büyüklük-sıklık dağılımı bağıntısında tanımlı b-değeri ve artçı depremlerin zamansal azalım bağıntısında tanımlı p-değeri hesaplanmıştır. Artçı şok alanında ana şok öncesi 10 yılda meydana gelen büyüklüğü ML≥3 depremlere ait b-değeri 1.2, depremin olduğu yılda meydana gelen büyüklüğü ML≥3 olan depremlere ait b-değeri 0.6743 olarak hesaplanmıştır. Artçı şok alanında ana şok sonrası 150 günde meydana gelen büyüklüğü ML≥3 olan artçı depremlere ait p-değeri 1.2 olarak hesaplanmıştır. 6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 depreminin artçı şok alanı için hesaplanan b- ve p- değerlerinin 24 Mayıs 2014 ML=6.5 Gökçeada açıkları-Ege Denizi depreminin artçı depremleri için daha önce hesaplanmış olan b-değeri (0.69) ve p- değeri (1.23) ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: b-değeri, p-değeri, artçı şok, Ayvacık depremi.

ABSTRACT In this study, the b-value of frequency-magnitude distribution and the p-value of temporal decay rate of the earthquakes with magnitude ML≥3 (Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Center, Regional Earthquake and Tsunami Monitoring Center) occurred in the aftershock area of 6th of February 2017, ML 5.4 Ayvacık-Çanakkale earthquake are estimated. The b-value for the earthquakes with magnitude ML≥3 occurred in the aftershock area during 10 years before the main shock is calculated as 1.2. The b-value for the earthquakes with the magnitude ML≥3 occurred in the aftershock area for year 2017 is calculated as 0.6743. The p-value for the aftershocks with the magnitude ML≥3 occurred in the aftershock area during 150 days following the main shock is calculated as 1.2. The calculated b- and p-values are similar to previously calculated b-value (0.69) and p-value (1.23) for the aftershocks of 24th of May 2014, ML=6.5 Gökçeada off shore-Aegean Sea earthquake.
Keywords: b-value, p-value, aftershock, Ayvacık earthquake.

1 GİRİŞ

6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 depremi yerel saat ile 6.51'de meydana gelmiştir. Depremin odak derinliği 6 km'dir. Deprem, aletsel şiddet bazında dış merkezinde orta (Io V), Çanakkale'de hafif (Io IV) olarak hissedilmiştir. Tarihsel dönemde bölgedeki en yakın hasar yapıcı çok şiddetli (Io IX) deprem 1867 Midilli Adası depremidir. Aletsel dönemde (1900-) bölgede olan en büyük depremler; 1981 Ege Denizi M 7.2 depremi, 1919 Ayvalık-Çanakkale M 7.0 depremi ve 1944 Edremit Körfezi M 6.8 depremidir. Aletsel dönemde bölgedeki en yakın hasar yapıcı deprem 1944 Edremit M 6.8 depremidir. Bu depremin odak mekanizması çözümü bölgede hakim olan rejimin açılma olduğunu göstermiştir (BU, KRDAE, BDTİM Deprem Etkinliği Raporu, 2017).

Bu çalışmada 6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 depreminin artçı şok alanında (Şekil 1) depremsellik parametrelerinden b-değeri ve p değerinin zamanla değişimi incelenmiştir.



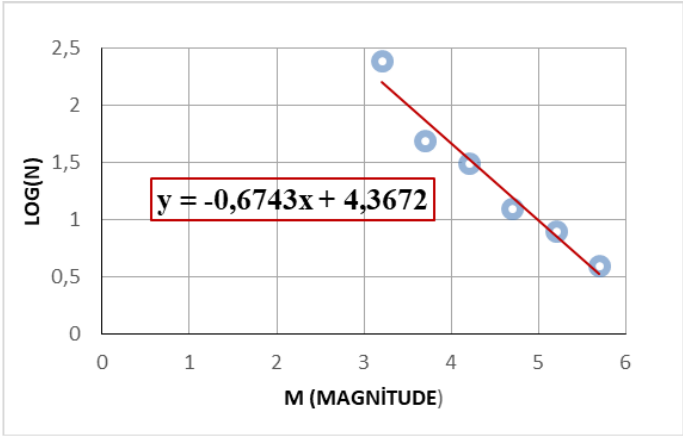
Şekil 1. 6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 depreminin artçı şok alanında ana şoku izleyen 150 günlük süre içinde meydana gelen ve büyüklüğü ML ≥ 3.0 olan artçı depremlere ait dış merkez haritası (KRDAE-BDTİM).

2 VERİ VE YÖNTEM

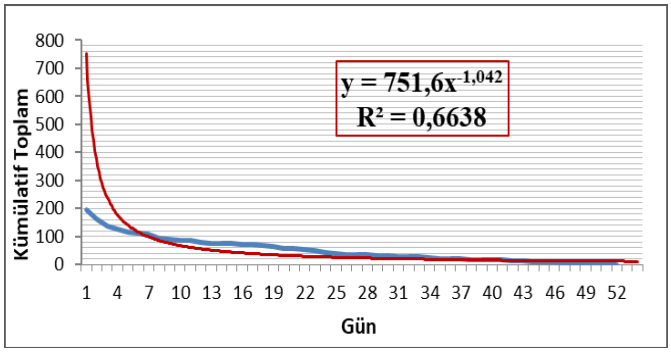
Çalışmada kullanılan veri BU-KRDAE-BDTİM'nin deprem kataloglarıdır. Depremlerin ML olarak listelenen lokal büyüklükleri kullanılmıştır. Dairsel artçı şok alanının hesaplanması için Utsu ve Seki (1954)'nin bağıntısı kullanılmıştır.

Belirli bir bölgede belirli bir zaman aralığında oluşan depremlerin sayıları ve büyüklükleri arasındaki doğrusal ilişkiyi veren Gutenberg–Richter (1954) bağıntısı b-değerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Ana şok sonrası meydana gelen artçı deprem etkinliğinin zamanın fonksiyonu olarak azalmasını veren Omori (1894) bağıntısı p-değerinin hesaplanmasında (Utsu, 1961) kullanılmıştır. Bölgenin tektonizması ve depremselliğine bağlı olarak gerilme ile ters orantılı olarak değişen b-değeri yeryüzünde genellikle 0.6-1.4 arasında olup ve normal değeri 1'dir (Guo ve Ogata, 1997). Yapılan araştırmalar p-değeri değişiminin ise kabuktaki heterojenlik, gerilme ve sıcaklıkla ilişkili olduğunu göstermiştir (Mogi, 1962). Kisslinger ve Jones (1991) artçı şok dizileri için hesaplanan p değerine ait normal değerin 1 olduğunu belirtmiştir. Davis ve Frohlich (1991) çok sayıda artçı şokun düşük p-değeri ve düşük ısı akısıyla ilişkili olduğunu ifade etmiştir.

6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 depreminin artçı şok alanında 01.01.2017-11.10.2017 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü ML ≥ 3.0 olan depremler (Şekil 1) için b değeri 0,6743 (Şekil 2) ve ana şoku izleyen 150 gün için büyüklüğü ML ≥ 3.0 olan depremler için p-değeri 1.042 (Şekil 3) olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ana şoka en yakın 24 Mayıs 2014, ML 6.5 Gökçeada açıkları depreminin 150 günlük artçı depremleri (tamamlık magnitüdü Mc ≥.1.8) için hesaplanan b-değeri (0.6 ± 0.02) ve p-değeri (1.23 ± 0.07) değerleri ile karşılaştırılmış ve birbirine yakın değerler olduğu gözlenmiştir (Özçelik, 2015).



Şekil 2. 6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 depreminin artçı şok alanında 01.01.2017-11.10.2017 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü ML≥3.0 olan depremler için (mavi daireler) hesaplanan (kırmızı çizgi) b-değeri (0,6743).



Şekil 3. 6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale ML 5.4 depreminin artçı şok alanında ana şoku izleyen 150 günlük sürede sürede meydana gelen büyüklüğü ML ≥3 olan (52-150 günleri arası artçı deprem yoktur) artçı depremlerin kümülatif toplamları (mavi çizgi) için hesaplanan (kırmızı çizgi) p-değeri (1.042).

31.12.2016 tarihleri arasında büyüklüğü M_L≥3.0 olan 102 adet deprem için b-değeri 1.2 olarak hesaplanmıştır. Depremin olduğu yılda 01.01.2017-11.10.2017 tarihleri

arasında meydana gelen büyüklüğü $M_L \geq 3.0$ olan 230 deprem için hesaplanan b-değeri 0,6743 olarak hesaplanmıştır. Bu değer ile depremden önceki 10 yıl için 6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale M_L 5.4 depreminin artçı şok alanına ait hesaplanan b değeri arasında %43.81'lik fark olduğu görülmüştür. Bu sonuç depremden önceki 10 yıl için b-değerinin 1'in üzerinde olduğunu göstermiştir.

Ana şok öncesi yıllarda gözlenen 1'den büyük b-değerleri, 1999 Kocaeli (M_w 7.4) ve Düzce depreminin (M_w 7.2) artçı şok alanında da gözlenmiştir. 1999 depreminin ana şokundan önceki 5 yılda meydana gelen büyüklüğü $M \geq 3$ olan depremlerin b-değeri ortalama 1.6, depremin olduğu 1999 yılında meydana gelen artçı depremler için 0.7 olarak hesaplanmıştır (Akar, 2016).

Hesaplanan her iki b-değeri arasındaki fark %56.25'dir. Bu gözlemler ana şokun olduğu yıl artçı şok alanında stress dağılımının önceki yıllara göre önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir.

3 SONUÇLAR

6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale M_L 5.4 depreminin artçı şok alanında 2017 yılında meydana gelen büyüklüğü $M_L \geq 3.0$ olan depremlerin b-değeri 0.6743 olarak hesaplanmıştır. Artçı şok alanında ana şokdan önceki 10 yıl içinde meydana gelen büyüklüğü $M_L \geq 3$ olan depremler için b-değeri 1.2 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değerleri arasındaki farkın yaklaşık %44 olduğu görülmüştür. Bu sonuç ana şokun olduğu yıl artçı şok alanında stress dağılımının önceki yıllara göre önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir.

6 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale M_L 5.4 depreminin artçı şok alanında ana şoku izleyen 150 gün içinde meydana gelen büyüklüğü $M_L \geq 3$ olan artçı depremler için p-değeri 1.042 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p-değerinin 1'den büyük olması ana şok ile birlikte faydaki yırtılmanın büyük ölçüde gerçekleştiğini göstermiştir.

Artçı şok alanında b- ve p-değerlerinin küçük magnitüdlü depremleri tam olarak içerecek şekilde hesaplanabilmesi için deprem kataloglarının küçük magnitüdlü depremler içinde tamlığının sağlanması gereklidir. Bu tür çalışmalarda kullanılan deprem kataloglarında depremlerin büyüklük tiplerininde homojen olarak verilmesi gereklidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan deprem kataloglarını internet ortamında araştırmacıların kullanımına sunan BU, KRDAE, BDTİM' ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Akar, S., 2016. 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinin artçı şok alanında zamana bağlı b-değeri değişintisinin incelenmesi, İTÜ Maden Faültesi, Jeofizik Mühendisliği Bitirme Çalışması, s65.

BU, KRDAE, BDTİM Deprem Etkinliği Raporu, (2017).

Davis, S.D. and Frohlich, C., 1991. Single-link cluster analysis of earthquake aftershocks: Decay laws and regional variations. *Journal of Geophysical Research* 96: doi: 10.1029/90JB02634. issn: 0148-0227

Gutenberg, R. and Richter, C. F., 1944. Frequency of earthquakes in California. *B. Seismol. Soc. Am.*, 34:185–188.

Guo, Z. ve Ogata, Y., 1997. Statistical Relations between the Parameters of Aftershocks in Time, Space, and Magnitude, *Journal of Geophysical Research*, 102 (2), 2857-2873.

Kisslinger, C. ve Jones, L.M., 1991. Properties of Aftershock Sequences in Southern California, *Journal of Geophysical Research*, 96, 11947-11958.

Mogi, K., 1962. Study of elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous materials and its relation to earthquake phenomena, *Bull Earthquake Res Inst Univ Tokyo*, 40, 125–173.

Omori, F., 1894. On after-shocks of earthquakes, *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 7, 111 – 200.

Özçelik, İ., 2015. Batı Anadolu kara ve kıyı ötesi ML≥5.0 depremlerine ait artçı şok dizilerinin (2005-2015) istatistik özellikleri, İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Yüksek Lisans Bitirme Çalışması, s:61

Utsu, T. and Seki, A., 1954. A relation between the area of aftershock region and the energy of mainshock. *J. Seism. Soc. Japan* 7:233-240

Utsu, T., 1961. A statistical study on the occurrence of aftershocks, *Geophys. Mag*., (30), 521 - 605.

20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos Depremi (M_w 6.6) Deprem Lokasyonu ve Odak Mekanizması Çözümü

Earthquake Location and Focal Mechanism solution of 20 July 2017 Bodrum-Kos Earthquake (M_w 6.6)

N. D. Yıldırım, S. Yolsal-Çevikbilen
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Batı Anadolu bölgesi aktif ve karmaşık bir tektonizma yapısına sahiptir. Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı, Anadolu levhasının depremselliğini ve buna bağlı olarak oluşan deformasyon yapılarını belirlemektedir. Levha hareketleri sonucunda oluşan depremler, yer içinde sismik dalgalar olarak yayılır ve bu dalgalar dünyanın birçok noktasındaki istasyonlar tarafında kaydedilir. Bu çalışmada 20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos Depremi (M_w 6.6) için Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsüne ait istasyonların kayıtlarından yararlanılıp deprem lokasyonu ve odak mekanizması çözümü belirlenmiştir. Daha sonra uzak alan ve yakın alan istasyonların deprem kayıtlarına ait P- dalgası ilk hareket okumaları yapılarak odak küresi üzerine yerleştirilmiş ve böylece bu çalışma ile elde edilen odak mekanizması parametreleri kontrol edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Deprem kaynak mekanizması parametreleri, deprem lokasyonu, Gökova Körfezi (Batı Anadolu), Bodrum-Kos bölgesi.

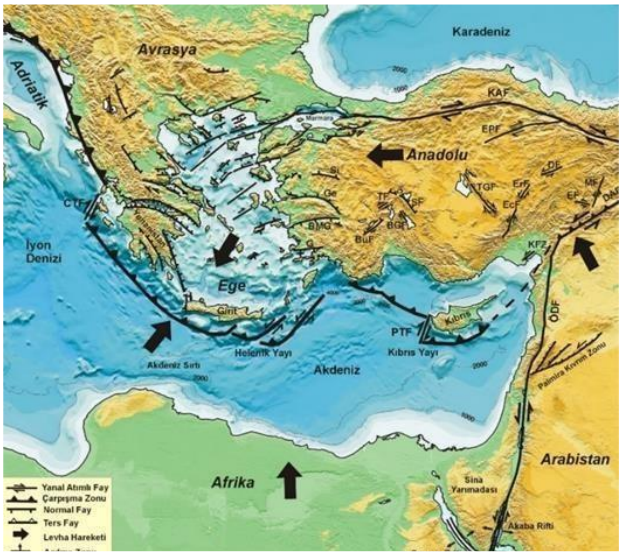
ABSTRACT The Western Anatolia has an active and complex tectonic structure. In general The North Anatolian and East Anatolian Faults play important roles in shaping the deformation styles, seismicity and active tectonics of Turkey. The earthquakes that occur as a result of plate movements spread as seismic waves in the Earth and they are recorded by seismic stations installed at different parts of the World. The seismograms are analyzed to find the source mechanism parameters of earthquakes. In this study, 20 July 2017 Bodrum-Kos Earthquake (M_w 6.6) is studied using the data recorded by Bogazici University Kandilli Observatory Earthquake Research Institute stations. As a result, the epicenter coordinates and focal mechanism solution of this earthquake are determined. Then, the P- wave first motion polarities recorded by teleseismic and near-field seismic stations have been read in order to check the focal mechanism solution obtained.
Keywords: Earthquake source mechanism parameters, earthquake location, Gulf of Gökova (Western Turkey), Bodrum-Kos region.

1 GİRİŞ

1.1 Batı Anadolu Bölgesi Aktif Tektoniği

20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos (M_w 6.6) depreminin meydana geldiği Gökova Körfezi (Batı Anadolu) bölgesi tektonik yapılar açısından oldukça karmaşıktır ve aktif tektonizmadan dolayı, Ege bölgesi kabuğu heterojen bir yapıya sahiptir. Dalma batma levhalarının geri çekilme hareketleri ile bölgedeki yay ardı açılmaları ve Anadolu levhasının batıya doğru yönelimi ve açılmalı ve genişlemeli fayları ile bölgenin mekanik yapısının oluşmasına sebep olmaktadır. Çalışma bölgesi, Afrika ve Arabistan levhalarının kuzeye doğru hareketleri nedeniyle Avrasya levhası ile çarpışmaları sonucunda gelişen aktif bir levha sınır bölgesidir. Güneyde, Afrika (Nubia) levhası, Helenik yayı boyunca Avrasya levhasının altına dalıp batar, Anadolu levhası ise saatin tersi yönünde dönme hareketi yaparak bir

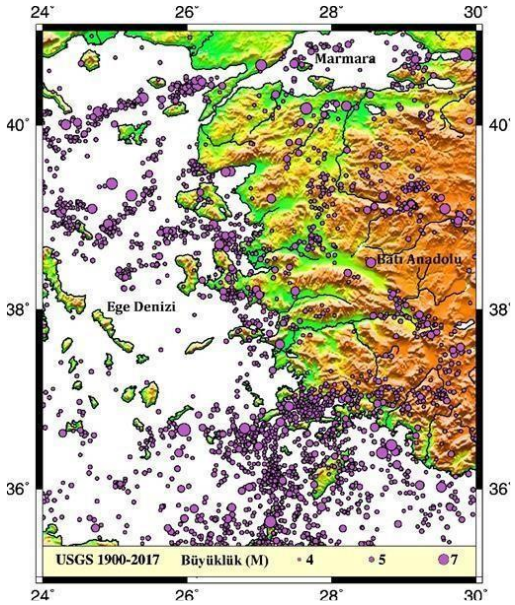
blok halinde sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve sol yanal atımlı Doğu Anadolu fayları (DAF) boyunca batıya doğru hareket eder (Şekil 1; McKenzie, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Le Pichon ve Angelier, 1981; Taymaz ve diğ., 1990, 1991; Reilinger ve diğ., 1997). Karmaşık olan aktif tektonik yapılarına bölgede meydana gelen yoğun deprem aktivitesi eşlik eder (Şekil 2).



Şekil 1. Doğu Akdeniz bölgesinin aktif tektoniği (Le Pichon ve diğ. 1984; Mercier ve diğ., 1989; Taymaz ve diğ. 1990, 1991; Taymaz ve Price, 1992; Şaroğlu ve diğ,. 1992; McClusky ve diğ. 2000). KAF: Kuzey Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı, ÖDF: Ölü Deniz Fayı, EPF: Ezinepazarı Fayı, PTF: Paphos Transform Fayı, CTF: Kefalonya Transform Fayı, G: Gökova, BMG: Büyük Menderes Grabeni, Ge: Gediz Grabeni, Si: Simav Grabeni, BuF: Burdur Fayı, BGF: Beyşehir Gölü Fayı, TF: Tatarlı Fayı, SF: Sultandağ Fayı, TGF: Tuz Gölü Fayı, EcF: Ecemiş Fayı, ErF: Erciyes Fayı, DF: Deliler Fayı, EF: Elbistan Fayı, MF: Malatya Fayı, KFZ: Karataş-Osmaniye Fay Zonu (Yolsal ve diğ., 2007).

1.2 Çalışma Alanı

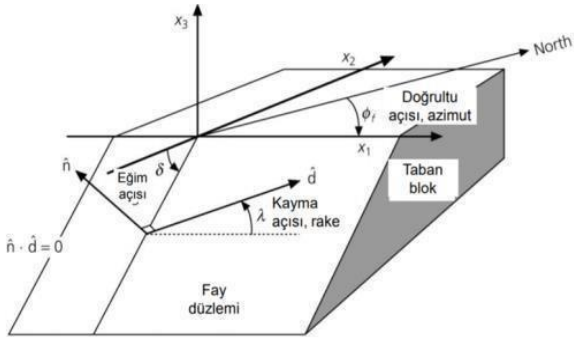
Gökova Körfezi, Batı Anadolu bölgesinin en büyük graben sistemlerinden biridir. Doğu batı yönünde 90 km uzunluğunda kuzey güney yönünde 25 km genişliğindedir. Karadaki ve deniz altındaki uzantısıyla birlikte yaklaşık 120 km uzunluğunda olan Gökova Fay Zonu, Gökova Körfezi'ni kuzeyden sınırlayan havza kenar fayı niteliğindedir (Görür ve diğ., 1995; Kurt ve diğ., 1999; Gürer ve Yılmaz, 2002; Kokkalas ve Aydın, 2013).



Şekil 2. Batı Anadolu Bölgesi depremselliği (USGS-NEIC, 1900-2017, Mw ≥ 4.0).

2 DEPREM KAYNAK MEKANİZMASI PARAMETRELERİ

Bir depremi tanımlayan parametreler genel olarak dış merkez, odak derinliği, depremin oluş zamanı ve depremin büyüklüğüdür. Depremin kaynağı olan faylanmanın geometrisini tanımlayan parametreler ise faylanma doğrultu açısı (strike), eğim açısı (dip) ve kayma açısı (rake angle)'dır (Şekil 3; Kanamari ve Cipar, 1974; Aki ve Richards, 1980).



Şekil 3. Depreme neden olan fayın geometrisini tanımlayan deprem kaynak mekanizması parametreleri (Kanamari ve Cipar, 1974; Aki ve Richards, 1980).

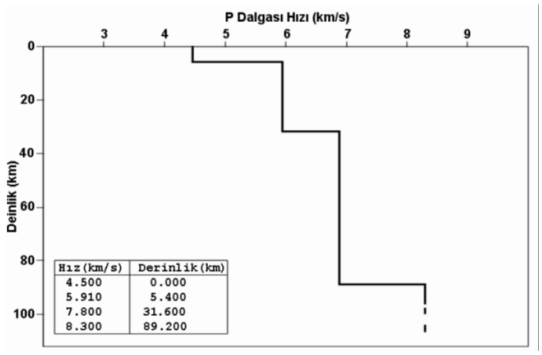
Depremlere ait kaynak mekanizması parametreleri, sismik istasyonlar tarafından kaydedilen P-dalgalarının ilk hareket yönlerinin odak küresi üzerindeki dağılımları kullanılarak belirlenebilmektedir. Ayrıca, çeşitli ters çözüm teknikleri ile deprem kayıtlarının modellenmesi de kaynak parametrelerinin belirlenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Odak küresi

üzerinde çekme ve sıkışma bölgeleri içerisinde kalan aşağı ve yukarı doğru olan P- dalgası ilk hareket yönleri fay düzleminin ve ona dik doğrultuda bulunan yardımcı düzlemin belirlenmesini sağlamaktadır.

3 YÖNTEM VE VERİ

3.1 ZSACwin Programı

Bu çalışmada, 20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos depreminin (M_w 6.6) episantır koordinatlarının belirlenmesi ve sonrasında odak mekanizması çözümünün saptanması ZSACwin programı kullanılarak yapılmıştır. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü(http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tr/) web sayfasından SAC formatında alınan deprem kayıtları kullanılarak öncelikle P ve S fazlarının geliş zamanları okumaları yapılmış ve depremin episantırının koordinatları, odak derinliği, depremin oluş zamanı bilgileri elde edilmiştir. Sismik dalga yayılımına ilişkin hesaplamaların yapılabilmesi için gerekli olan kabuk yapısı modeli olarak Kandilli Rasathanesi Sismoloji Laboratuvarında kullanılan kabuk modeli kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. ZSACwin programında KOERI-UDIM tarafından yer belirlemede kullanılan kabuk hız modeli (Yılmazer, 2003).

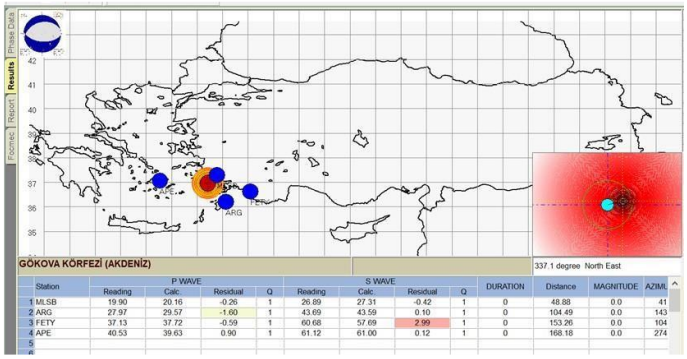
4 20 TEMMUZ 2017 BODRUM-KOS DEPREMİ (M_W 6.6)

20 Temmuz 2017 tarihinde t_o: 22:31:11 (UTC, USGS) oluş zamanında Bodrum (Gökova Körfezi) ve Kos adası açıklarında büyüklüğü (M_w) 6.6 olan ve odak derinliği yaklaşık olarak 6-10 km arasında olan bir deprem meydana gelmiştir (KOERI, 2017). Bölgede geçmişte oluşan büyük depremler de Gökova Körfezi'nin D-B doğrultulu normal fay mekanizmasına sahip fayların ürettiği çeşitli sayıda depremlerle sarsıldığını göstermektedir (Yolsal ve Taymaz, 2010; Yolsal-Çevikbilen ve diğ., 2014).

5 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1 Depremin Lokasyon Çözümü

Bu çalışmada değerlendirmeye alınan 24 adet yakın alan istasyonun 3 bileşenli kayıtlarından P ve S dalgalarının ilk hareketleri ve geliş zamanları okunmuştur. HYPO71 programı kullanılarak, depremin episantır koordinatları 36.96°K ve 27.41°D ve oluş zamanı (t_o) 22:30:10 olarak belirlenmiştir. **(**Şekil 5).

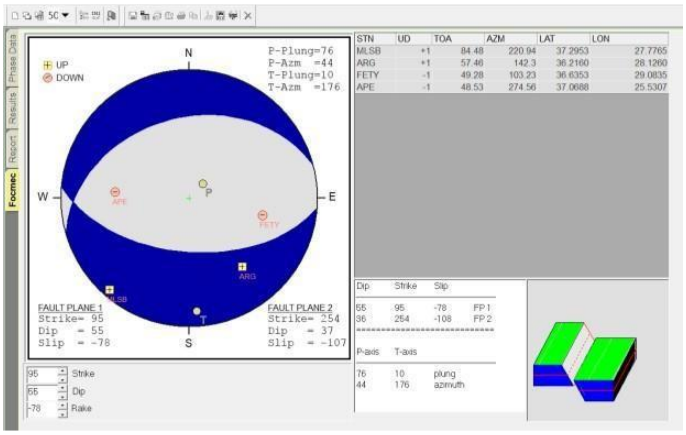


Şekil 5. Bu çalışma kapsamında ZSACwin ve FOCMEC programları kullanılarak belirlenen 20 Temmuz 2017 Bodrum – Kos depreminin lokasyonu ve odak mekanizması çözümü.

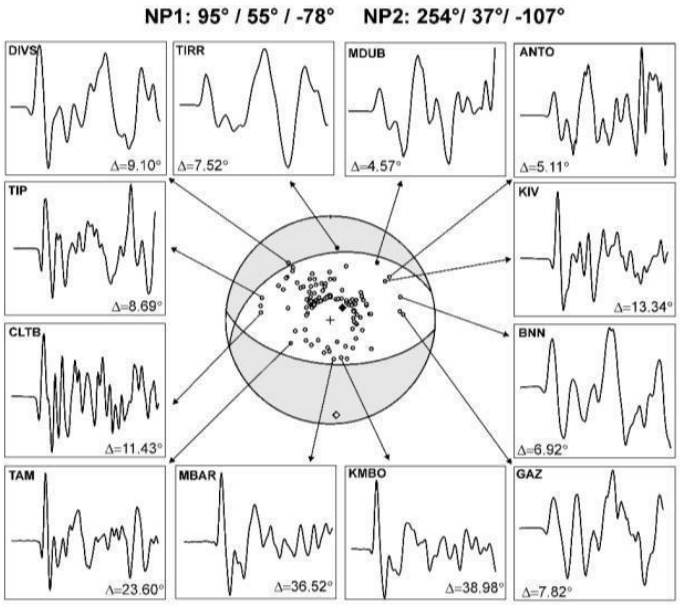
5.2 Depremin Odak Mekanizması Çözümü

Odak mekanizması çözümü P- dalgasının ilk hareket yönü bilgileri okunarak bulunabilmektedir. Bu çalışmada, zSacWin programı altında çalışan FOCMEC algoritması kullanılarak 20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos depreminin (M_w 6.6) odak mekanizması çözümü elde edilmiştir (Şekil 5). Elde edilen çözüm, depremin sığ odak derinliğinde normal faylanma mekanizması ile meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 5 ve 6). Ayrıca, telesismik uzaklıklarda ($30°\leq\Delta\leq90°$) ve yakın alanda ($\Delta<30°$) kaydedilen geniş bantlı düşey bileşen deprem kayıtları IRIS-Wilber III'den alınarak (http://ds.iris.edu/wilber3) P-dalgası ilk hareket yönleri okumaları yapılmış ve FOCMEC programı kullanılarak

belirlenen odak mekanizması çözümü ile karşılaştırılmıştır. P-dalgası ilk hareket yönlerinin dağılımı büyük ölçüde belirlenen odak mekanizması çözümü ile uyumludur (Şekil 7).



Şekil 6. 20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos (M_w 6.6) depreminin odak mekanizması çözümü.



Şekil 7. 20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos depreminin (M_w 6.6) telesismik ve bölgesel mesafelerde sismik istasyonlar tarafından kaydedilen P dalgası ilk hareket yönlerinin Δ: episantır uzaklığı (°) dağılımı.

Ulusal ve uluslararası enstitülerin (KOERI, Harvard-CMT, GFZ vb) moment tensor kataloglarında rapor edilen odak mekanziması çözümleri de bu depremin sığ odak derinlğinde normal faylanma mekanizması ile meydana geldiğini göstermektedir, ve çözümler bu çalışma sonucunda bulunan odak mekanizması parametreleri ile uyumludur (Şekil 8).

Tarih	Oluş Zamanı	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Odak Mekanizması Çözümü (Doğrultu/ Dalım / Kayma Açısı)	Ref.	Fay Düzlemi Çözümü
20.07.2017	22:31:16.4	36.79	27.56	FP1: 278 /36 /-82 FP2: 88 / 55 / -96 h=12.0 km	HRV-CMT	
20.07.2017	22:31:12.6	36.96	27.51	FP1: 270 /56 /-94 FP2: 98 /35 /-82 h=11.0 km	GFZ	
20.07.2017	22:31:11.6	39.92	27.41	FP1: 286 /53 /-72 FP2: 78/ 40 / -112 h=6.0 km	KOERI	
20.07.2017	22:31:10	36.96	27.41	FP1: 254 / 36 / -78 FP2: 95 / 55 / 107 h=5.0 km,	Bu çalışma	

Şekil 8. 20 Temmuz 2017 Bodrum Kos depreminin (M_w 6.6) bu çalışma ile elde edilen odak mekanizması çözümü ve çeşitli ulusal/uluslararası enstitüler tarafından rapor edilen odak mekanizması çözümleri.

TEŞEKKÜR

Bitirme çalışması kapsamında kullanılan deprem verileri ve zSacWin programı için Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Ulusal Deprem İzleme Merkezi'ne, Dr. Mehmet Yılmazer'e ve IRIS Wilber III'e teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Aki, K., Richards, P.G., 1980. *Quantitative Seismology: Theory and Methods.* , W.H. Freeman and Co., New York.

Kurt, H., Demirbağ, E., Kuşcu, İ., 1999. Investigation of submarine active tectonism in the gulf of Gökova, southwest Anatolia - SE Aegean Sea, by multi-channel seismic reflection data. *Tectonophysics* 305, 477– 496.

McClusky ve diğ., 2000. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics inthe Eastern Mediterranean and Caucasus. *J. Geophys. Res*. 105, 5695–5719.

McKenzie, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. R. Astr. Soc*. 30, 109–185.

Taymaz, T., Jackson, J., Westaway, R., 1990. Earthquake mechanisms in the Hellenic Trench near Crete. *Geophys. J. Int.*, 102, 695–731.

Yılmazer, M., 2013. Deprem Kaynak Parametrelerinin Online Belirlenmesi

Yolsal, S., & Taymaz, T., 2010. Gökova Körfezi depremlerinin kaynak parametreleri ve Rodos-Dalaman bölgesinde tsunami riski. *ITU Journal Series D: Engineering*, 9(3).

Yolsal-Çevikbilen, S., Taymaz, T., Helvacı, C., 2014. Earthquake mechanisms in the Gulfs of Gökova, Sığacık, Kuşadası, and the Simav Region (western Turkey): *Neotectonics, seismotectonics and geodynamic*, implications. Tectonophysics, 635, 100-124.

Burdur Gölü Doğu Sahasında Yer Elektrik Yapısının Araştırılması

Investigation of Earth Electrical Structure in the Eastern Area of Burdur Lake

N. Haydarov, İ. Çağlar, M. Karaş
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Burdur Gölü doğu yamacındaki saha boyunca yeryüzüne yakın kesimlerin elektrik yapısı bu çalışmada araştırılmıştır. Burdur Gölü doğu yamacındaki saha boyunca yeryüzüne yakın kesimlerin elektrik yapısı bu çalışmada araştırılmıştır. Burdur civarında yaklaşık 30 istasyonda ölçülmüş Düşey Elektrik Sondaj (DES) verisi kullanılmıştır. Elektrik sondaj verileri Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından elde edilmiştir. Farklı AB/2 değerleri için üretilmiş elektrik haritalar sahanın doğu kesimindeki monoton bir özdirenç dağılımını işaret eder. Özdirenç değerleri çalışma sahasının bu kesimi boyunca düşük – orta değerlerdedir. Besihane olarak adlandırılan lokasyonun kuzey kesimlerinde özdirenç büyük olasılıkla besicilik faaliyetlerinden kaynaklanmış olan yer altı suyundaki iyonik kirliliğin yarattığı daha düşük özdirenç değerlere sahiptir.
Anahtar Kelimeler: Özdirenç, Elektrik Yapı, Burdur Gölü.

ABSTRACT Near – Surface electrical structure around the area in eastern side of Burdur Lake investigated in this study. Vertical Electrical Sounding (VES) data collected about 30 stations in the Burdur area are used to image electrical structure. Electrical sounding data were collected by General Directorate of State Hydraulic Works (DSI). Electrical contour maps produced for various AB/2 values indicate monotonous resistivity distribution around the eastern part of area. Resistivity values are low to mid levels around this part of study area. Northern part of Besihane location resistivity values are decreased to lower levels indicate ionic pollution within underground water may be caused by livestock activies.
Keywords: Resistivity, Electrical Structure, Burdur Lake.

1 GİRİŞ

1.1 Amaç ve kapsam

Bu çalışmada Burdur ili Merkez ilçe sahasında yer elektrik yapısının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla elektrik özdirenç yönteminin Düşey Elektrik Sondaj (DES) tekniği ile bölgedeki düşük ve yüksek özdirenç gösteren alanların varlığı araştırılarak toplanan veriler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Çalışma sahasında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından toplam 30 adet Düşey Elektrik Sondaj (DES) ölçümü yapılmıştır. Yapılan Çalışmada her Düşey Elektrik sondaj (DES) noktasında AB/2=300 metre derinliğine ulaşılacak şekilde ölçüm yapılmış olup Schlumberger elektrot dizilimi kullanılmıştır.

1.2 Kayaçlarda elektriksel ietkenlik

Kayaçlarda elektriksel iletkenlik üç türlüdür. Elektronik iletkenlik Ohm Yasasına göre oluşur ve kayacın katı kısımlarındagelişir. Elektrolit ya da diğer adıyla iyonik iletkenlik malzemelerin içlerinde bulunan çözeltilerdeki iyonlar sayesinde kazandıkları iletkenliktir. Yeryüzündeki kayaçların çoğunda iletkenlik elektrolitiktir ve mineral taneleriyle değil gözenekleriyle ilişkilidir. (Telford vd., 1990). Elektrik akımı ileten iyonlar, tuzların suda erimesi sonucunda ortaya çıkar. Her bir iyon ancak belirli bir

miktarda yük taşıyabileceğinden bir eriyikte ne kadar çok iyon varsa ve bunlar ne kadar hızlı hareket edebilirlerse daha çok elektrik yük taşınmış olur. Bu nedenle içinde çok sayıda iyon bulunan bir eriyiğin iletkenliği yüksektir. Buna göre tuzluluk bir kayacın özdirencinin belirlenmesinde önemli bir faktördür.

Dielektrik iletkenlik ise dışarıdan değişken bir elektrik alanın etkisi altında kalan atom yörüngesindeki elektronların gerçek konumlarından belli bir oranda sapmaları sonucu oluşur. Değişken elektrik alan frekanslı bir akım ile oluşturulabilir.

1.3 Düşey Elektrik Sondaj Tekniği

Düşey Elektrik Sondaj (DES) ölçümleri elektrik özdirenç yönteminin arazi çalışmalarında uygulanan iki tekniğinden biridir. Düşey Elektrik Sondaj (DES) tekniğinin amacı yeraltındaki yatay tabakalaşmanın ortaya konulmasıdır. Bu tekniğin uygulanması ile yeraltı jeolojik katmanların elektrik özdirenç değerleri ρ_1 ρ_2 ,ρ_3 ,.....ρ_n , ve kalınlıkları h_1, h_2, …..h_{n-1} elde edilir. Schlumberger ve Wenner elektrod dizilimleri en yaygın kullanılan dizilimlerdir.

2 ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, Burdur ilinin kuzeyinde bulunan Burdur Merkez ilçesinin sınırları içerisinde yer almaktadır. Şekil 1'de Burdur Gölü doğu yamacı civarındaki sahanın lokasyon haritası görülmektedir. Çalışma alanı büyük olasılıkla göl ortamının eski dolgu sahası içerisindedir.

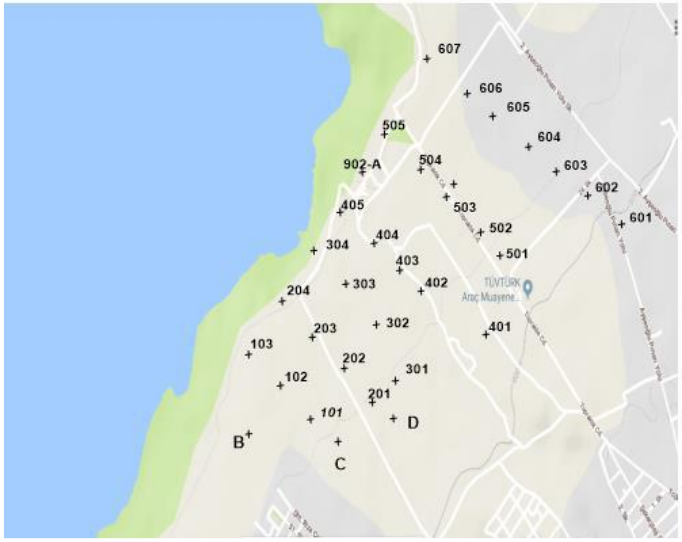
2.1 Jeoloji

Burdur ili ve çevresi kapsayan bölgede altta Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı allokton konumlu iç Toros Napı bulunmaktadır. Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonu da sahanın yaygın birimidir. Allokton konumda olan bu birim başlıca serpantinit, gabro, diyabaz, spilit, radyolarit ile değişik boyutlardaki kumtaşı ve kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Sahada masif kireçtaşları yaygın olarak yer alır. Burdur ili ve çevresinde gözlenen Burdur Formasyonu ofiyolitik kayaçlardan oluşur. Gevşek tutturulmuş kum, kil ve çakıldan oluşan alüvyonal birimler sahanın kayaçlarındandır. Bölgedeki önemli bir tektonik unsur ise Burdur Fayı'dır.

Şekil 1. Burdur Gölü doğu yamacı civarındaki çalışma sahası

2.2 Uygulanan jeofizik yöntem ve ölçü noktaları

Burdur gölü sahasında yapılan çalışmada elektrik özdirenç yönteminin Düşey Elektrik Sondaj (DES) tekniği uygulanmıştır. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından ölçümler 32 noktada gerçekleştirilmiştir. Schlumberger elektrod dizilimi kullanılarak yapılan ölçümler AB/2=300 metre derinliğine kadar inilecek şekilde tamamlanmıştır. Ölçü noktaları, tüm sahada bir karelaj oluşturacak biçimde yaklaşık eşit aralıklarla tespit edilmiştir. Sahanın uygunluğuna bağlı olarak elektrod açılım yönleri tercih edilmiştir. Çalışma alanında ölçüm yapılan noktaların (istasyonların) harita üzerindeki görünümü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma sahasındaki DES ölçü noktaları dağılımı

2.3 Elektrik görüntüleme

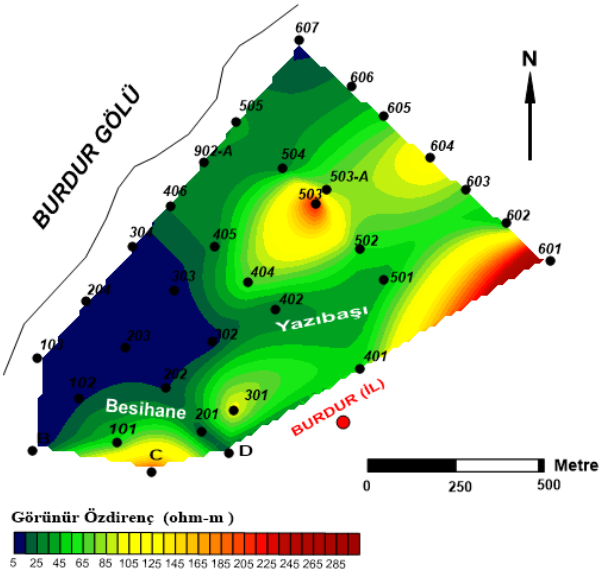
Ölçüm yapılan tüm noktalara ait veriler Surfer ve IPI2WIN programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çalışma sahasının farklı derinliklerine ait elektrik haritalar, belirli profillere ait andıran kesitler oluşturulmuş ve her bir ölçü noktası için özdirenç eğrileri değerlendirilmiştir. Yapılan arazi çalışmaları tamamlandıktan sonra Düşey Elektrik Sondaj (DES) ölçümlerinin elde edilen veriler ölçüm karnelerine aktarılmıştır. Karnelerde her bir Düşey Elektrik Sondaj noktası için AB/2 değerlerine karşılık gelen görünür özdirenç ρa değerleri bulunmaktadır.

Bu değerler Surfer programına girilerek AB/2 = 15 metre, 30 metre, 50 metre, 100 metre, 160 metre, 200 metre ve 300 metre için elektrik haritalar hazırlanmıştır. Haritalardaki düşey ve yatay eksenler metre cinsinden uzaklığı ifade etmektedir.

3 ELEKTRİK HARİTA VE KESİTLERİ

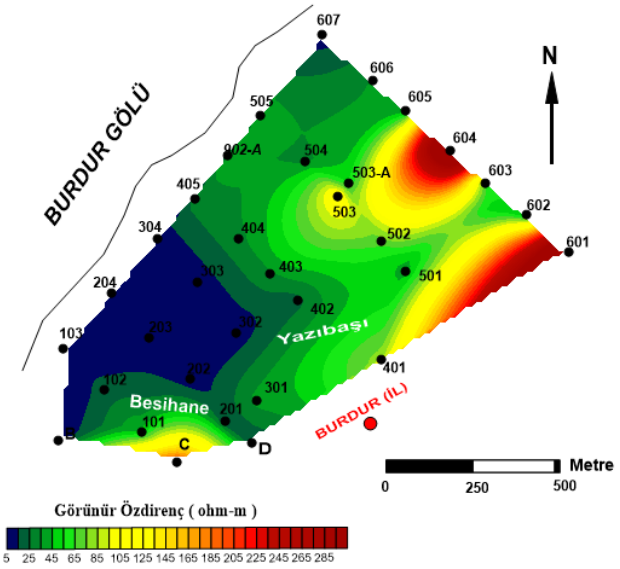
3.1 Elektrik haritalar

Şekil 3'te AB/2=15 metre için hazırlanan elektrik harita görüntülenmektedir. AB/2=15 metreye ait elektrik harita incelendiğinde özdirenç değerlerinin sahanın genelinde orta ve yüksek düzeylerde olduğu görülmektedir.



Şekil 3. AB/2=15 m. elektrik haritası

Diğer yandan sahanın güney ve doğu kesimlerine doğru gidildikçe elektrik özdirencin artması dikkat çekicidir. Şekil 4'te AB/2=30 metre için hazırlanan elektrik haritada ise Güney batıdaki Besihane olarak adlandırılan bölgede ise özdirenç çok düşük seviyelere ulaşmaktadır.

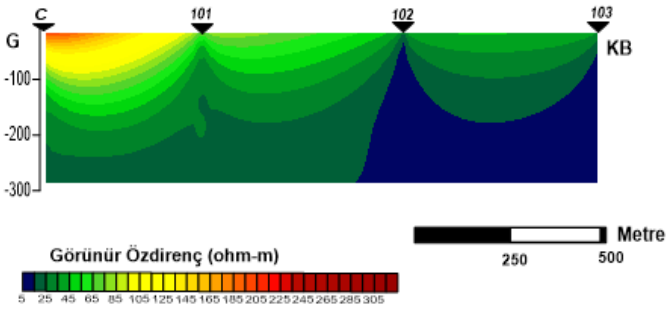


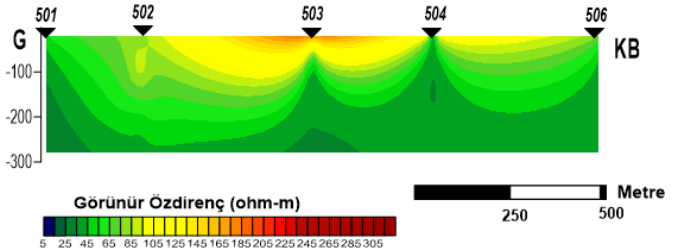
Şekil 4. AB/2=30 m. elektrik haritası

Şekil 5'te AB/2=100 metreye ait harita incelendiğinde haritanın genelinde özdirenç değerlerinin sahada orta ve düşük düzeylerde olduğu görülmektedir. Besihane kuzeyindeki çok düşük özdirençli kesimin varlığı yine sözkonusudur. Besihane bölgesi güneyden kuzeye doğru eğim aşağıdır. Hidrojeolojik olarak yer altı sularının güneyden kuzeye doğru akışı da atıksal kirliliğin Burdur gölü'ne doğru taşınmasına olanak vererek düşük özdirencin oluşumunu sonuçlayabilir diye düşünülmektedir.

3.2 Elektrik Kesitler

Şekil 6'daki elektrik kesitlerde önceki haritalarda oldukça yüksek özdirençli bir bölge olarak gözlenen kesim yine izlenirken Besihane kuzey kesim civarında özdirenç düşüktür.

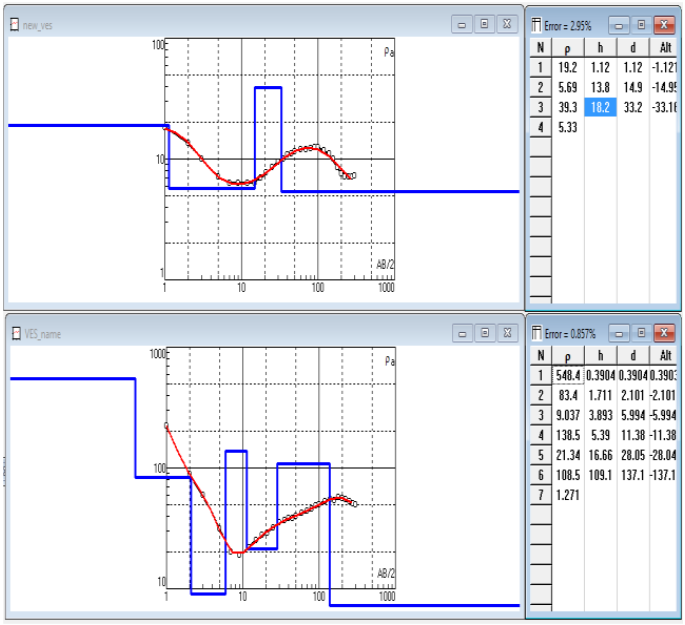




Şekil 6. Güney ve kuzey kesime ait elektrik kesitler.

3.3 DES Eğrileri

Yaklaşık 30 ölçü noktasından elde edilen eğrilere örnek olarak aşağıda iki DES eğrisi yorumlanmış ve değerlendirilmiş olarak Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. DES eğrileri

Yapılan değerlendirmelerde DES eğrilerinin ortaya koydukları elektriksel katmanlar kalınlıkları ile birlikte görüntülenmiştir.

Sonuçta gerek DES eğrileri, gerekse elektrik haritalar ve kesitler Burdur gölü doğu yamacındaki sahada çökel birimlerin kalın bir ortam içerisinde istiflendiğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. New York, USA. 751 pp.

Ansys Fluent Yazılımı Kullanılarak Lucky Strike Magma Odacığı İçin Soğuma Zamanı Tahminlerinin Yürütülmesi

Cooling Time Estimations for Lucky Strike Magma Chamber by Using Ansys Fluent Software

S. Türkdoğan, D. Düşünür-Doğan
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geophysical Engineering, Istanbul

ÖZET Yerkabuğu, magmatik yığılmalar ve kısa ömürlü magma odacıklarının da etkisi ile yavaş yayılan okyanus ortası sırtları boyunca magmatik ve tektonik hareketlerin karşılıklı etkileşimleri sonucu oluşmaktadır. Yavaş yayılan okyanus ortası sırtında olması, aktif magma odacığını bünyesinde barındırması sebepleriyle, Lucky Strike bölgesinin keşfi oldukça önem arz etmektedir. Magma odacıklarından çıkan magmanın soğuk deniz suyu ile etkileşiminden oluşan hidrotermal bacalar, hem yavaş yayılan hem de hızlı yayılan sırtların altında tespit edilebilmektedir. Atlantik-Ortası Sırtında bulunan Lucky Strike bölgesinin altındaki aktif magma odacığının bir ürünü olan hidrotermal bacanın ömrünü belirlemek bu projenin temel odağını oluşturmaktadır. ANSYS yazılımı kullanılarak, hidrotermal bacaya ısı kaynağı olan aktif magma odacığının simülasyonu yaratılıp hidrotermal bacanın ömrü belirlenmiştir. Belirli zaman aralıklarında simülasyon çalıştırılmış ve simülasyona atanan her sene için sistemin çözümü sağlanmıştır. Aktif magma odacığının soğuması zamanla gerçekleştirilmiştir. Magma odacığının tam anlamıyla soğuduğu yıl, yani soğuması için geçen süre hidrotermal bacanın ömrününü ortaya çıkarmıştır.
Anahtar Kelimeler: Soğuma Zamanı, Lucky Strike, Magma odacığı, Fluent.

ABSTRACT Crust along the slow-spreading ridges are created by the interplay of the processes of magmatism and tectonism within the magmatic accretion by involving terminantly active crustal magma chambers. Due to the very reasons of being a pilot region on a slow-spreading ridge, hosting a active magma chamber, Lucky Strike segment is quite important. Crustal magma chambers regardless of being beneath the fast-spreading ridges or slow-spreading ridges create the hydrothermal vent when the hot magma meets the cold sea water. Determining the lifetime of the hydrothermal vent produced by a crustal magma chamber which is exactly located beneath the Lucky Strike segment of the Mid-Atlantic Ridge is the main motivation of this project. Software environment of ANSYS is used in order to determine the lifetime of the hydrothermal vent which is vitalized by the heat generated from the active magma chamber. Simulation of the active magma chamber is executed at certain intervals. As the execution is completed for each appointed year, cooling down procedure of the active magma chamber is also completed. When the magma chamber is cooled down in a particular year, the exact age of the hydrothermal vent will be revealed as this particular year..
Keywords: Cooling time, Lucky Strike, Magma chamber, Fluent.

1 LUCKY STRIKE SEGMENT

1.1 Introduction

Segment of Lucky Strike which exhibits the feature of slow spreading is exactly located at ~37°20’N along the Mid-Atlantic Ridge where close to the Azores hotspot. Ever since the establishment of Lucky Strike hydrothermal field which is done by cruise of 1992 FAZAR (Langmuir, 1993; Fouquet et al., 1994), region has been explored further to comprehend the activities of both

volcanism and tectonism throughout the segment, the volcanic and hydrothermal activity, and macro and microbiological ecosystems energized by the diverse hydrothermal vents.

1.1.1 The Azores hotspots and segmentation along the Northern Mid-Atlantic Ridge

The Azores region is the section where three plates of North American, Eurasian and African which also forms a triple -junction. The Mid-Atlantic Ridge gets deeper and deeper away from the Azores region near 40˚N within an average axial depth of 1800 m (Detrick et al., 1995). The exact location of the ridge can be described as following : towards the N the ridge axis reaches ~ 3000 m depth at 44˚, while towards the S the deepening is more importantly reaches ~ 3850 m at 26˚N (Thibaud et al., 1998).

1.1.2 Segment Morphology

The morphology of the Lucky Strike segment can be demonstrated as follow: ~65 km long, indicates a well-developed , ~15-20 km-wide axial valley whose depth increases from ~1550 m at the centre of the segment to > 4000 m at the nodal basins where the segment ends. The rift valley is bounded by two major normal faults where they have vertical throws of > 500 m. In addition to those of two major faults, there exist numerous faults with smaller scarps (<10 to 100 m in vertical throw) along the rift valley floor, and where the most recent volcanic activity emerges to aggregate which is the rift valley center that represents a 1-4 km-wide inner rift zone.

2 HYDROTHERMAL VENTS

2.1 Nature of the hydrothermal vents systems

BBC's Nature state that black smokers, white smokers, and warm water vents which also named as hydrothermal vents are the regions where the sea floor water heated by volcanism under the seabed bursts out. According to National Ocean Service, their discovery was established in the late 1970's by a crew of scientists from different branches who were cruising to investigate the ocean floor in the Pacific. They detected strange alien landscape where it looks like chimneys emits black smokes in the vicinity of Galapagos Islands. Neighboring these chimneys, there was a one of a kind ecosystem which had never been explored before. In the light of this establishment, it is proved that the life on Earth gains its vitality, i.e. energy not just from the Sun. The reason for that is the creatures, communities of animals which detected in the vicinity of these chimneys use chemicals in the hot waters for creating the food chain in order to sustain their energy. Furthermore, owing to the meeting of those two water bodies, dissolved compounds became solidified which provides the energy rich solid surfaces to be exploited by these microorganisms (e.g., Holden et al., 2012). This is actually another accomplishment which proves that Planet Earth's itself vitalize life in the deep-sea submersibles. But still, communities of hydrothermal vent require oxygen which is produced by photosynthesis in the zones where the solar rays reach.

3 SOFTWARE ENVIRONMENT OF ANSYS

The main motivation of this project is to create a magma chamber in the environment of ANSYS in order to investigate it's cooling down procedure with respect to time.

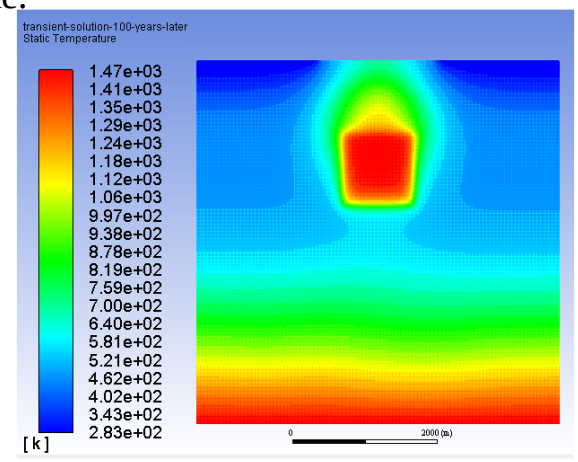


Figure 1. Contours of 100 years later.

This procedure will reveal the expected lifetime of the hydrothermal vent which is directly related to the activity of the magma chamber.

As it is obvious from Figure 1, active magma chamber has a temperature of 1473 Kelvin which means that it has reached its maximum temperature. This temperature is expected to be decreased, cooling down of the magma chamber is observed as it is solved transiently, i.e. with respect to time.

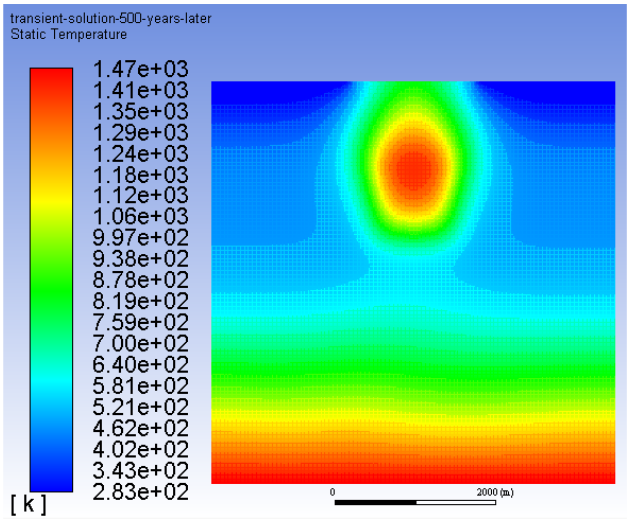


Figure 2. Contours of 500 years later.

Temperature of the active magma chamber cools down after 400 years, as expected. Its temperature decreases to a Kelvin between 1243 to 1353. Following this year, its temperature will continue to decrease by solving the system transiently (Figure 2).

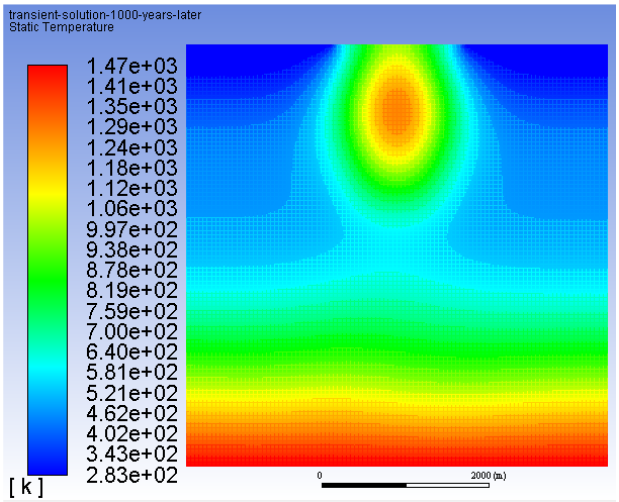


Figure 3. Contours of 1000 years later.

In Figure 3, the temperature of the active magma chamber is decreased to a temperature of in between 1243 to 1183 Kelvin.

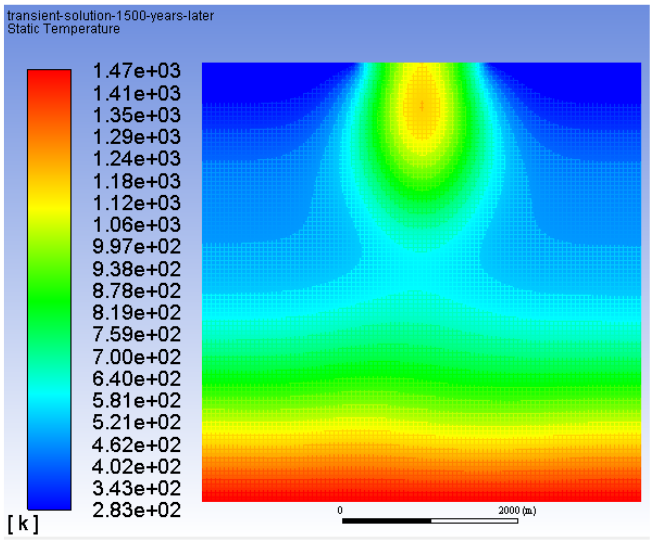


Figure 4. Contours of 1500 years later.

The temperature of the active magma chamber is decreased to a temperature of in between 1123 to 1063 Kelvin (Figure 4).

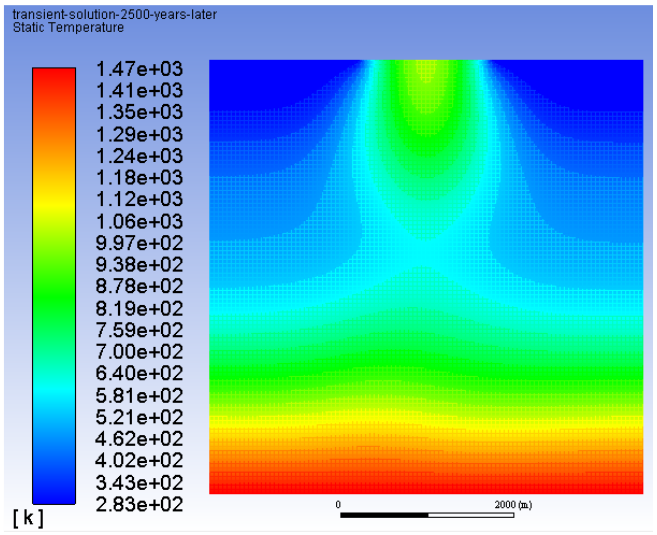


Figure 5. Contours of 2500 years later.

As it is observed from the contours of 2500, the active magma chamber cooled down to a expected temperature of 702 Kelvin. Since this cooling procedure is accomplished in 2500 years later, the lifetime of the hydrothermal vent, i.e. black smokers is 2500 years. It has to be also stated that this observed lifetime of the hydrothermal vent is the expected maximum age of it. As it is mentioned earlier, once other parameters of multiple magma chambers, faults and fractures bring into equation the cooling down of the active magma chamber could be accelerated, resulting in a younger age than 2500 years.

ACKNOWLEDGMENT

I dedicate this work to my beloved family who granted this joyful life to me, being always the most supportive people for all my acts. I have to pay my respects and declare a ‘great-thankyou’ to my one and only professor, Assoc. Prof. Dr. Doğa Düşünür Doğan, for flourishing my ideas, arising my curiosity, giving me a chance to discover full of adventure scientific golden road with her and always being elegant, kind and encouraging to indorse my future accomplishments. Graduating in her trust would always be the most efficient and effective experience for me to have.

REFERENCES

Fouquet, Y., Charlou, J.-L., Radford-Knoery, J., Donval, J.-P., Pelle, H., Ondreas, H., Lourenco, N., Segonzac, M., Tivey, M. K., 1994. Geological setting and comparison of the Menez-Gwen and Lucky Strike vent fields at 37°17'N and 37°50'N on the Mid-Atlantic Ridge (MAR, DIVA 1 diving cruise), Eos Trans. *AGU*, 75(44), Fall Meet. Suppl., Abstract.

Detrick, R.S., Needham, H.D., Renard, V., 1995. Gravity anomalies and crustal thickness variations along the Mid-Atlantic ridge between 33°N and 40°N, *J. Geophys. Res*., 100, 3767-3787.

Thibaud, R., Gente, P., Maia, M., 1998. A systematic analysis of the Mid-Atlantic Ridge morphology and gravity between 15°N and 40°N: Constraints of the thermal structure, *J. Geophys. Res.*, 103, 24223-24224.

Holden, J., Breier, J., Rogers, K., Schulte,M., and Toner, B. (2012). Biogeochemical processes at hydrothermal vents: microbes and minerals, bioenergetics, and carbon fluxes. *Oceanography* 25, 196–208. doi: 10.5670/oceanog.2012.18

Amend, J. P., and Shock, E. L. (1998). Energetics of amino acid synthesis in hydrothermal ecosystems. *Science* 281, 1659–1662. doi: 10.1126/science.281.5383.1659

Tarasov, V. G., Gebruk, A. V.,Mironov, A. N., and Moskalev, L. I. (2005). Deep-sea and shallow-water hydrothermal vent communities: two different phenomena? *Chem. Geol.* 224, 5–39. doi: 10.1016/j.chemgeo.2005.07.021

Kilikya Bölgesi İçin b-değerinin Derinlikle Olan Değişimi
Variation of the b-value by Depth in Cilicia Region

T. İregör, G. Örgülü
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Volkanik ve tektonik alanlarda b-değeri önemli değişimler göstermektedir. Bu değişimlerin ana nedenleri; (1) yer içinde heterojenliğin artması, (2) bölgede etkin volkanlar veya makaslama gerilmesindeki değişimler, (3) termal gradyanın yükselmesidir. Bu çalışmada, TÜRDEP projesi kapsamında derlenen Kilikya Bölgesi deprem katalog verileri kullanılarak, b-değerinin düşey kesitteki değişimleri incelendi. Bu doğrultuda, Stefan Wiemer tarafından geliştirilen ZMAP yazılımı kullanıldı. Düşey kesitteki b-değeri değişimlerini incelemek üzere, Kilikya bölgesi için derlenen TURDEP verisi üzerinde üç ayrı kesit seçildi. Burada birinci kesit olan Doğu Anadolu Fayı (DAF) üzerinde yer alan İslahiye-Pazarcık Bölgesi'ndeki deprem kümelerini içine alan ve Gaziantep yakınında bulunan güneybatı-kuzeydoğu doğrultulu olan kesit örnek kesit olarak ele alındı. B-değeri dağılım kesiti ile birlikte, b-değerinin standart sapma kesiti, tamlık magnitüdü kesiti ve uyumluluk kesiti, b-değerinin kestirimindeki güvenilir veya güvenilir olamayan bölgeleri tanımlamak için kullanılır. Bu parametrelerin değişimleri incelendiğinde b-değerindeki kestirimlerin güvenilir olduğunu söyleyebiliriz. Sonuç olarak, DAF kesiti üzerinde Pazarcık ilçesinin 5-10 km altında düşük (0.65) b-değerleri gözlemlenirken, kesitin diğer yerlerinde b-değerleri normal bir değişim göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: B-değeri, Kilikya, DAF.

ABSTRACT B-value shows significant variations in the areas where tectonic and volcanic activities occur. The reasons for these variations can be listed as (1) an increase in heterogeneity, (2) a variation in tension, and (3) again an increase in thermal gradient in the subsurface. In this study, depth variations of the b-value has been analyzed using the accumulated earthquake catalog, specifically for the Cilicia area, provided by the TURDEP Project. For the analysis of the TURDEP data, ZMAP software developed by Stefan Wiemer was used. In the graduation project, three cross-sections have been analyzed. Among these sections, the NE-SW section along the East Anatolian Fault (EAF) running from Islahiye to Pazarcık provinces is selected as a sample section. B-value, standard deviation of the b-value, magnitude of completeness, the goodness of fit are presented in order to show the robustness of the b-vales obtained. Along the EAF section, while rather low b-values are observed at a depth of 5-10 km below the Pazarcık province the b-values observed in the other parts of the section can be considered as normal. The b-values found in this cross-section can be considered reliable.
Keywords: B-value, Cilicia, EAF.

1 GİRİŞ

Kilikya Bölgesi'nde sismik aktivitenin yoğun olduğu ve jeotermal alanların bulunduğu üç ayrı alanda b-değerlerinin derinliğe bağlı kesitlerinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu çalışmada TÜRDEP katalog verileri kullanılmıştır.

Bu araştırmada, Stefan Wiemer tarafından 1994 yılında geliştirilen MATLAB tabanlı bireysel kullanıma açık ZMAP programı kullanılmıştır. B-değerleri farklı tektonik ve

volkanik alanlarda değişim gösterir. Bu değişimlerin ana nedenleri; (1) yer içinde heterojenliğin artması, (2) bölgede etkin volkanlar veya makaslama gerilmesindeki değişimler, (3) termal gradyanın yükselmesidir. Tektonik olarak aktif alanlarda b-değerinin 1 civarında olması beklenmektedir. Volkanik ve jeotermal alanlarda ise yüksek b-değerleri gözlenmektedir.

Kilikya bölgesi tektonik bakımdan oldukça aktif bir bölgedir. Afrika, Avrasya ve Arabistan levhalarının birbirlerine göre göreceli hareketleri Doğu Akdeniz'in güncel tektoniğinin temelini oluşturmaktadır.

Kilikya bölgesinde önemli tektonik etkiye sahip olan DAFZ, KAFZ'nun doğu ucundan başlayarak, güneyde Akdeniz'e kadar ulaşır. Ayrıca DAFZ, Anadolu bloğu ve Arabistan levhası arasında sınır teşkil eden sol yanal bir yapıdır (Arpat ve Şaroğlu, 1972; McKenzie, 1976).

2 YÖNTEM

2.1 Frekans ve büyüklük dağılımı

Frekans ve büyüklük bağıntısı ilk olarak 1944 yılında Gutenberg ve Richter tarafından verilmiştir.

$$Log\ N = a - bM \quad (1)$$

N:Kümülatif ya da kümülatif olmayan deprem sayısı
a ve b:Sabit sayılar

2.2 ZMAP

ZMAP yazılımı deprem kataloglarının uzamsal ve zamansal dağılımlarının araştırılması ve görselleştirilmesi için kullanılan etkileşimli bir programdır. Bu yazılım Stefan Wiemer tarafından geliştirilmiş, MATLAB tabanlı ve halka açıktır (Wyss, Wiemer ve Zuniga, 2001).

2.2.1 b- Değerinin hesabı ve belirsizlikleri

b-Değerinin hesaplanması için kullanılan önemli formüller aşağıdadır (Wiemer ve Wyss, 2007):

$$b = log\ (exp)\ /\ (Mmean - Mmin) \quad (2)$$

Mmin: Frekans büyüklük dağılımında tanımlanan minimum büyüklük
Mmean: Ortalama büyüklük

Ek olarak, b-değerinin δb ile ifadede edilen standart sapması aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Aki, 1965).

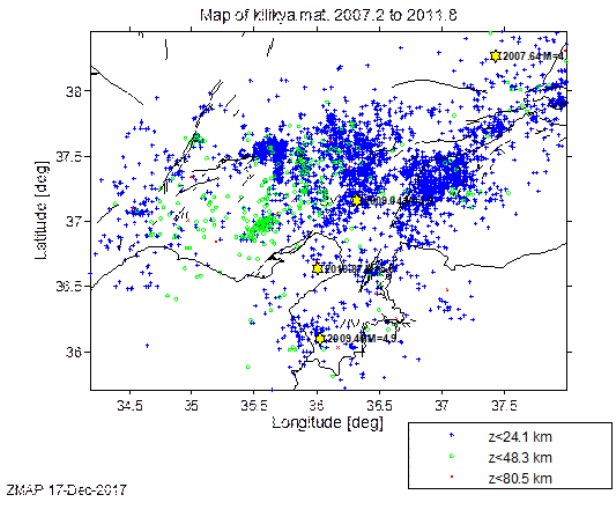
$$\delta b = 2.3 * b^2 * \frac{\sqrt{\sum_i (M_i - <M>)^2}}{n(n-1)} \quad (3)$$

Burada n örnekleme boyutudur.

3 SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında ilk olarak bölgedeki deprem dağılımlarına bakılmıştır. Depremlerin büyüklüklerinin dağıldığı aralık b değerlerini doğrudan etkileyeceği için deprem sayısı ve büyüklük dağılımı önemlidir (Şekil 1). Bölgedeki depremlere bakıldığında, sismojenik zonun 60 km derinliğe kadar indiği gözlemlenmiştir. Depremler 0 ile 20 km civarında yoğunlaşmıştır.

İskenderun körfezinin kuzey batısındaki kıyı çizgisine parallel Karataş-Yumurtalık Fay Zonu yer almaktadır. Bu fay zonunun kuzey batısında Yakapınar fayı boyunca uzanan derinlikleri 60 km ye kadar varan derin odaklı depremler.mevcuttur.

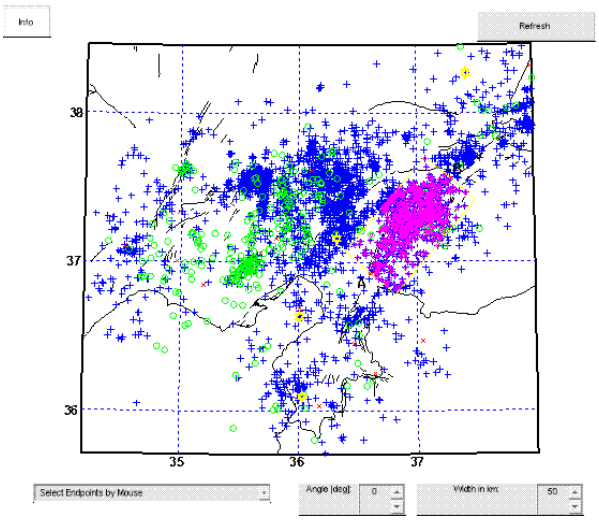


Şekil 1. Kilikya bölgesinin 2007-2011 yılları arası TURDEP kataloğu sismik aktivite dağılımı

İncelediğimiz bölge, Gaziantep yakınlarında yer alan İslahiye ve Pazarcık arasında Doğu Anadolu Fayı (DAF) üzerinde olan güneybatı-kuzeydoğu doğrultulu bir hattır.

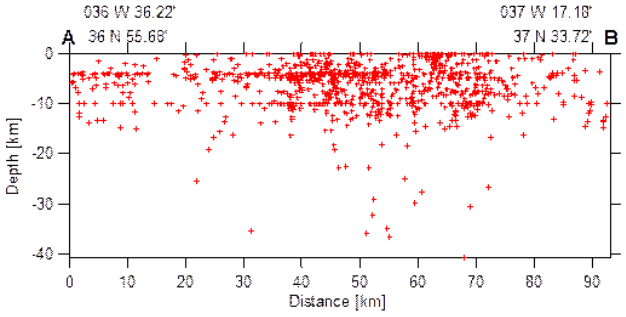
3.1 İslahiye-Pazarcık (DAF) bölgesi

Bu bölgede Gaziantep yakınlarındaki İslahiye'den Pazarcık'a kadar uzanan bir hat üzerinde 90 km'lik bir uzunluğa ve 50 km'lik bir genişliğe sahip bir zon içinde meydana gelen depremler kullanılmıştır (AB kesiti, Şekil 2).



Şekil 2. İslahiye-Pazarcık (DAF) kesiti

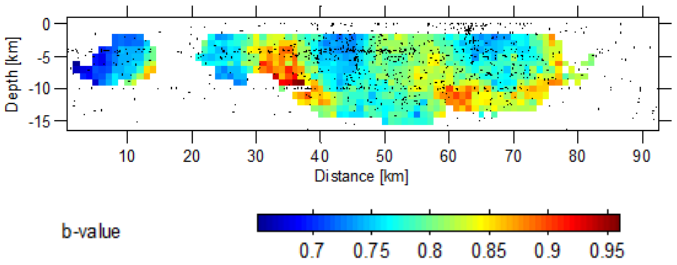
Görüldüğü üzere depremler orta bölgede kümelenmiştir. İslahiye-Pazarcık arasındaki depremlerin AB kesiti boyunca derinlik dağılımları aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 3). Derinlik dağılımı 15 km'nin altında daha seyrek olduğu için b-değeri hesaplamaları ilk 15 km'yi içeren sismojenik zon için hesaplanmıştır.



Şekil 3. İslahiye-Pazarcık (DAF) Bölgesi AB kesitindeki depremlerin derinliğe göre dağılımı

3.1.1 Kesitler

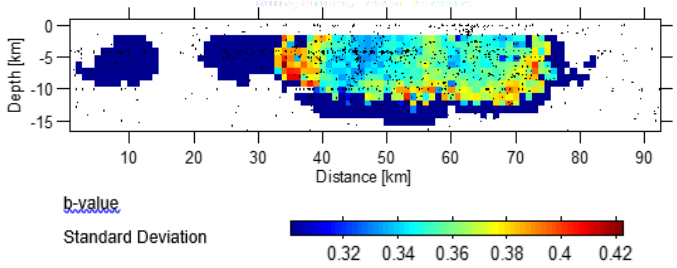
B-değeri haritasında, b-değerlerinin 0.65'lerden 0.95'lere kadar bir aralıkta değiştiğini görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. İslahiye-Pazarcık (DAF) Bölgesi b-değeri dağılım kesiti

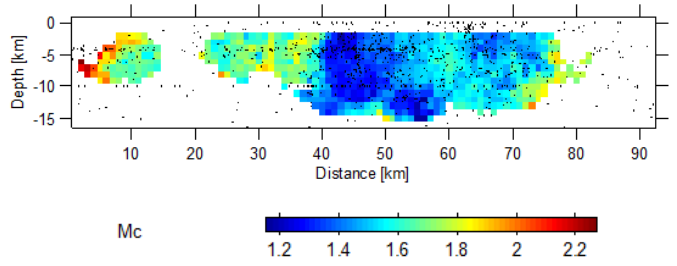
İslahiye-Pazarcık civarındaki deprem kümesinin altında 5-15 km derinliklerde bağıl olarak yüksek b-değerleri gözlemlenmektedir. Bölgenin 5 km derinliğe kadar olan sığ kesimlerinde ise b-değerleri 0.7 civarında seyretmektedir.

b-Değeri standart sapma haritasında değerlerin 0.3'lerden başlayıp 0.42'lere kadar dağıldığı görülmektedir (Şekil 5). Aynı şekilde bölgenin güney kesimlerinde standart sapma değerleri düşükken, Kuzeye doğru standart sapma değerleri artış göstermektedir.



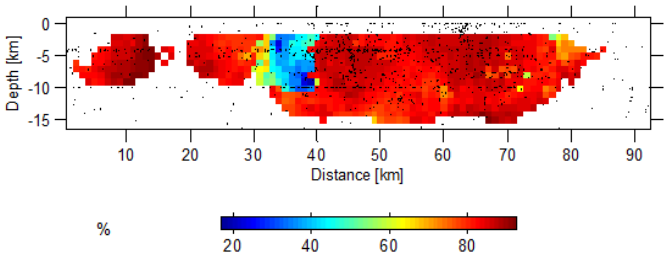
Şekil 5. İslahiye-Pazarcık (DAF) Bölgesi b-değerinin standart sapma kesiti

Tamlık manyitüdü kesitinde Mc değerleri 1.2 ile 2.2 arasında değişmektedir. Mc değerinin doğruluğu ve güvenilirliği b-değerini hesaplamak için önemli bir rol oynamaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. İslahiye-Pazarcık (DAF) Bölgesi için Mc kesiti

"Goodness of fit" verilerin gözlemlerle Gauss dağılımının uyumluluğunu ölçen istatistiki bir parametredir.



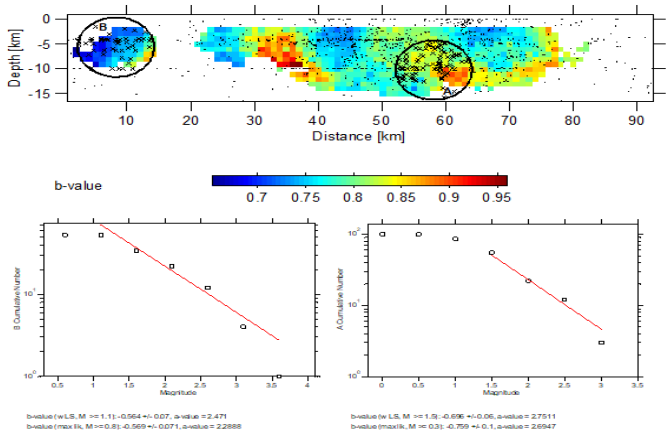
Şekil 7. İslahiye-Pazarcık (DAF) Bölgesi "Goodness of Fit"

Şekil 7'de görüldüğü üzere çoğu yerde veriler Gauss dağılımı ile uyumludur. Ancak 30 ile 40 km arası 10 km'ye kadar derin olan bölgelerde belirli seviyede uyumsuzluk söz konusudur.

4 YORUMLAR

İslahiye-Pazarcık bölgesinde AB kesiti boyunca, b-değerleri 0.65 ile 0.95 aralığında değişmektedir (Şekil 8). Kesitin ortalarında 10 km derinlikte bağıl olarak yüksek b-değerleri gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, yine aynı bölge için b-değeri standart sapma değerleri incelendiğinde, yüksek b-değeri veren bölge için standart sapmaların çok da düşük olmamakla birlikte normal değerlerde olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 5). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda yüksek b-değerleri güvenilirdir.

b-Değeri değişim haritası üzerinde seçilen iki ayrı bölge için (A ve B bölgeleri) frekans büyüklük dağılımı şeklin altında verilmiştir (Şekil 8). Frekans büyüklük dağılımlarının hem yüksek hem düşük b-değerleri için ideal dağılım gösterdiği, dolayısıyla elde edilen b-değerinin yeterince güvenilir olduğu söylenebilir.



Şekil 8. İslahiye-Pazarcık bölgesi derinliğe göre b-değeri değişimi haritası (üstte), seçilen A ve B bölgelerinde b-değerinin hesaplanması için oluşturulan frekans büyüklük dağılımları (altta).

TEŞEKKÜR

Öncelikle bitirme çalışmamda bana yardımcı olan sayın hocam Doç. Dr. Gonca Örgülü'ye çok teşekkür ederim. Ayrıca her daim yanımda olan ve bana hep destek olan eşim Gökçe İregör'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Buna ilaveten çalışmamda kullandığım deprem kataloğunu hazırlayan TÜRDEP projesi ekibine teşekkürlerimi bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

Aki, K., 1965. Maximum Likelihood Estimate of b in the Formula logN=a-bM and its Confidence Limits. *Bulletin of the Earthquake Research Inst.*, 43, 237-239.

Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. The East Anatolian fault system; thoughts on its development. *Bull. Min. Res. And Explor. Inst. Of Turkey* (M.T.A.), 78, 33-39.

Ergün, Kürşat, 2012. "Aydın ve Denizli bölgesi için b-değerinin derinlikle olan değişimi", Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hocaoğlu, Kübra, 2015. "Yüksek çözünürlüklü deprem lokasyonları ile Kilikya bölgesindeki aktif yapıların belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

McKenzie, D. P. 1976. The East Anatolian Fault; a major structure in eastern Turkey. Eart and Planetary Science Letters, 29, 189-193.

Wiemer, S. & Wyss, M., 2002. Mapping spatial variability of the frequency-magnitude distribution of the earthquakes. Inst. of Geophysics., ETH & Geophysics Inst.; University of Alaska Fairbanks; 8, 10-17, 21-24.

Wyss, M., Wiemer, S. & Zuñiga, R., 2001. A tool for analysis of seismicity patterns, 3pp.

CEVHER HAZIRLAMA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Su Bazlı Boyalarda TiO_2 Pigmentinin Dolgu Maddeleri ile İkamesi

The Substitution of TiO_2 with Filler Materials in Water-Borne Paints

U. Çuğu, F. Karakaş, M. S. Çelik
Istanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada, kritik pigment hacim konsantrasyonlarının altında, güvenli bölgede %40 pigment hacim konsantrasyonu (PVC) belirlenmiş ve standart boya reçeteleri oluşturulmuştur. %40 PVC'de oluşturulan boya reçeteleri üzerinden, boyada kullanılan çeşitli dolgu maddeleri Kalsit(GCC), Çöktürülmüş Kalsit (PCC) ve Kalsine Kaolen'in boyaya etkisi çalışılmış ve dolgu maddeleri farklı miktarlarda kullanılarak Titanyum Dioksit pigmenti ile ikame olanakları incelenmiştir. Oluşturulan farklı boya reçeteleri ile yapılan boya çalışmaları sonucunda, üretilen boyalara standart yaş ve kuru boya analizleri yapılmış ve özellikle dolgu maddelerinin örtücülük, parlaklık ve viskozite üzerine etkisi tespit edilmiştir. Bu analizlerin yanı sıra dolgu maddelerinin boyanın yaş ovma direncine etkisi araştırılmış ve yaşlandırma testleri yapılmıştır. Tüm çalışmanın sonucunda çeşitli dolgu maddelerinin boya üretiminde kullanılan ana pigment olan TiO_2 ile ikame edilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dolgu Maddeleri, Boya, Örtücülük, Viskozite

ABSTRACT In this thesis, the use of various minerals as a substitute of TiO_2 in waterborne paints has been investigated. Below the critical pigment volume concentrations in the safe zone, 40% pigment volume concentrations (PVC) were determined and standard paint recipes were formulated. 40% PVCs, the various fillers used in paint such as Calcite(GCC), Precipitated Calcium Carbonate(PCC) and Calcined Kaolin were used in different amounts and substitute of TiO2 with these fillers were tested. The standart wet and dry paint analyzes were performed for different paint formulations and effects of the fillers on hiding power(opacity), gloss and viscosity were discussed. In addition to these analyzes effect of the fillers on the wet scrub and UV resistance of the paints was also conducted. Consequently, it has been determined that the TiO_2 can be substituted by some fillers in paint production.

Keywords: Fillers, Paint, Hiding Power, Viscosity

1 GİRİŞ

1.1 Boya Tanımı

Boya en genel anlamıyla, uygulandığı yüzeyde bir film oluşturmak suretiyle yüzeyi çeşitli dış etkenlerden koruyan ve aynı zamanda yüzeye dekoratif ve estetik bir özellik veren kaplama malzemesidir. Boyanın bu özellikleri sağlayabilmesi için gerekli, çeşitli bileşenleri mevcuttur. Bu

bileşenler boyaların kalitesini doğrudan etkileyebilmektedirler.

Bu çalışmada boyanın önemli bir bileşeni olan ve boya hacmi içerisinde önemli derecede yer kaplayan dolgu maddeleri üzerinde durulmuştur. Boyanın en önemli girdisi olan TiO_2'nin dolgu maddeleri ile ikamesi üzerine olan bu çalışmada, boya üretiminin en pahalı girdilerinden bir tanesi olan TiO_2'nin kullanımını azaltmak ve boyaya diğer dolgu maddeleriyle kazandırılamayan bir takım özellikler kazandırmak amaçlanmıştır.

1.2 Boya Hammaddeleri

Boya formülleri genellikle bağlayıcı, pigmentler, dolgu maddeleri, çözücüler ve katkı maddeleri içerir (Talbert, 2008). Özellikle mineral esaslı olan dolgu hammaddeleri boya üretiminde çok önemli bir bileşendir ve standart su bazlı boya reçetelerinde %20 ile %50 oranında kullanılabilmektedir.

Mineral hammaddelerinin boya üretiminde kullanılabilmesi için çeşitli cevher hazırlama ve kimyasal zenginleştirme uygulamalarına tabii tutulması gerekmektedir (Karakaş, 2011).

Boya üretiminde genellikle kullanılan mineral hammaddelerinden pigment olarak Rutil, Çinko Oksit gibi mineraller kullanılmakta iken, dolgu hammaddesi olarak ise Talk, Kalsine Kaolen, Kalsit, PCC, Barit, Mika kullanılmaktadır. Pigmentler, esas olarak renk ve örtücülük vermek için kullanılırlar. Gerekli renk ve örtücülük sağlanınca kullanıldığı sistemde çözünmez olarak kalır ve sisteme dayanıklılık ve direnç verirler (Abel, 1999).

Dolgu maddeleri ise boya filmini doğrudan pigmentler kadar etkilemezler. Fakat sistemin dispersiyonu, hacimce genişliği, parlaklığı ve sertliği gibi hususlarda son derece öneme sahiptirler.

2 MALZEME VE YÖNTEM

Yapılan deneysel çalışmalarda dolgu maddesi olarak HisarCAL'dan alınan EX1 ticari isimli Kalsit(GCC), AdaCAL'dan alınan B1 ticari isimli PCC, Microns'dan alınan UR-C80/95 ticari isimli Kalsine Kaolen ve pigment olarak da Organik Kimya'dan temin edilen Tronox CR-828 ticari isimli TiO_2 kullanılmıştır. Boya üretimi için kullanılan bağlayıcı Organik Kimya'dan temin edilen ve ticari ismi Orgal PST50A olan stren akrilik kopolimerdir. Boya reçetesinde kullanılan diğer katkı maddeleri(köpük kesici, dispersan, kıvamlaştırıcı, pH regulator, ıslatıcı ajan vb.) "İshakol Boya" şirketinden temin edilmiştir. Yine boya üretiminde çözücü ortam olarak çeşme suyu kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda, boya üretimi için Sheen Dispermaster S2 isimli dispermat, örtücülük ölçümleri için X-Rite SP62 Spektrofotometre kullanılmıştır. Üretilen boyalar örtücülük ve renk analizlerinin yapılabilmesi için kullanılan Zehntner Test Chart ZTC 2200 örtücülük kartlarına, Sheen Automatic Film Applicator 1133N film uygulayıcısı ve havuz tipi aplikatörler yardımıyla film oluşturacak şekilde çekilmiştir. Parlaklık ölçümleri için Sheen Tri-Glossmaster, viskozite ölçümleri için Brookfield Stormer Viskozitemetresi, yoğunluk ölçümleri için sıvı piknometresi, dolgu malzemelerin boyut dağılım analizleri için Malvern Mastersizer2000 boyut dağılım cihazı, boya yaş film kalınlığı ölçmek için TQC WG I isimli yaş film kalınlığı ölçen aplikatör, kuru film kalınlığı ölçmek için PHYNIX Surfix easy FN isimli aplikatör kullanılmıştır. Çeşitli pH ölçümleri WTW marka pHmetre, yaş ovma direncini ölçmek için OTA2000 marka ovma dayanımı test aparatları, yaşlandırma testleri için QLAB marka QUV Accelerated Weathering Tester Model QUV/Spray cihazı kullanılmıştır.

Yapılan ölçümler neticesinde, deneylerde kullanılan Kalsit mineralinin tane boyutları d_{10}=1.267 µm, d_{50}=6.768 µm ve d_{90}=14.240 µm olarak bulunmuştur. PCC mineralinin tane boyutları d_{10}=0.957 µm, d_{50}=2.313 µm ve d_{90}=13.037 µm olarak ve K.Kaolen mineralinin tane boyutları d_{10}=0.837 µm, d_{50}=2.603 µm ve d_{90}=11.013 µm olarak bulunmuştur.

Boya üretimi tüm reçetelerde üç kademede gerçekleştirilmiştir. Birinci kademede reçetedeki malzemeler sırasıyla eklenerek dispermatta 10 dakika boyunca 1500 rpm koşulunda karıştırılmıştır. İkinci kademede pigment ve dolgu maddelerinin belirlenen miktarlarda eklenerek 15 dakika, 3000 rpm koşullarında dispermatta karıştırılması sağlanmıştır. Üçüncü kademede de reçetedeki malzemeler sırasıyla verilen miktarlarda eklenerek 10 dakika, 1500 rpm koşullarında karıştırılmıştır.

Dolgu maddesi olarak kullanılan Kalsit, PCC ve K.Kaolen minerallerinin TiO_2 pigmenti ile farklı miktarlarda ikamesi için, reçetelere göre hazırlanan her bir boyada pH ölçümü, yoğunluk ölçümü, viskozite ölçümü, örtücülük ve parlaklık testleri, kuru film kalınlığı ölçme testi, yaş ovma direnci testi ve yaşlandırma testi olmak üzere 8 farklı test uygulanmıştır. Üretilen boyaların testleri ve değerlendirilmesi TSE ve ASTM standartları esas alınarak yapılmıştır.

3 SONUÇLAR

TiO_2 miktarının sabit tutulduğu reçetede farklı dolgu maddeleri ile yapılan boyalarda viskozite değerleri; PCC ile yapılan boyalar (120 krebs) > K.Kaolen ile yapılan boyalar (106 krebs) > Kalsit ile yapılan boyalar (105 krebs) şeklindedir. Boyaların parlaklık değerleri, Kalsit > PCC > K.Kaolen şeklindedir. Örtücülük değerleri ise PCC > K.Kaolen > Kalsit şeklindedir.

TiO_2 miktarı %4 azaltılıp yerine dolgu maddelerinin ikame edilmesiyle yapılan boyalarda ise PCC kullanılan boyalar parlaklık ve örtücülük değerlerini korumuş, K.Kaolen ile yapılan boyalar bu değerleri kısmen korumuş, Kalsit ile yapılan boyalar ise koruyamamıştır. Viskozite sonuçları ise hemen hemen değişmemiştir.

Bu bağlamda, çeşitli minerallerin dolgu maddesi olarak boya üretiminde kullanıldığı bu çalışmada, PCC mineralinin TiO_2 ile %4 oranında ikame edilebildiği ve boya kalitesini düşürmediği belirlenmiştir. Kalsit ve K.Kaolen mineralleri ise PCC kadar performans gösterememişlerdir.

NOT: "Bu bildiri "Anhidrit (Susuz Kalsiyum Sülfat) Mineralinin Su Bazlı Boyalarda TiO_2 ve Mevcut Dolgu Maddeleri ile İkamesi" başlıklı bitirme tasarım projesinden üretilmiştir".

KAYNAKLAR

Lambourne, R., Strivens, T. A., (1999). Pigments for paints – A. G. Abel. *Paint and Surface Coating: Theory and Practice*, İngiltere, s. 125-139.

Talbert, R., (2008). *Paint Technology Handbook*, New York, s. 55-73, 171, 174.

Paksoy, S., (1999). "*Boya El Kitabı*", TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, s. 23-98.

Karakaş, F., (2011). Endüstriyel Hammaddelerin Su Ve Solvent Bazlı Boyalarda İşlev Mekanizması, *Doktora tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

McGonigle, F., Ciullo, P.A., (1996). Paints & Coatings, Chapter 4 in *Industrial Minerals and Their Uses, A Handbook & Formulary, Noyes Publication*, (edited by Ciullo P.A.), Westwood New Jersey, s. 99-131,

McKeen, L.W., (2016). Fluorinated Coatings and Finishes Handbook: The Definitive User's Guide, *Chapter 5 : Pigments, Fillers and Extenders*, s. 66,67

Trakya Uzunköprü Kömürlerinin Yıkama Özelliklerinin Belirlenmesi ve Lavvar İnce Boyut Devresinin Performans İncelemesi

Determination of Washing Characteristics of Trakya Uzunköprü Coals and Performans Investigation of Fine Size Circuit

C. Kenet, Ö. Gökçeoğlu, O. Güven, G. Ateşok, H. Ateşok
İTÜ Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu tez çalışması kapsamında; Trakya Uzunköprü Gazihalil bölgesinde bulunan Ento Madencilik'e ait kömür yıkama tesisinin ince devresinin performans incelemesini gerçekleştirmek amacıyla tesiste yerinde incelemeler yapılmış ve 4 gün boyunca numune alımı gerçekleştirilerek laboratuvarda deneysel çalışmalar yapılmıştır. Tuvenan numunenin yıkanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yüzdürme - batırma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ardından tesiste spiral gruplarından alınan lave ve şist numuneleri ile yüzdürme – batırma deneyleri yapılarak tromp eğrileri çizilmiştir. Tesisteki spiral devresi performansını incelemek amacıyla, spirale beslenen numune ile zenginleştirme deneyi yapılmıştır. Aynı zamanda ağır ortam tamburu ve ağır ortam siklonunun lave ve şisti ile tikiner alt akımından numune alınarak tesisteki manyetit kaçağının belirlenmesi amacıyla çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tikiner devresinin performansını belirlemek amacıyla askıda katı madde tayini ve alt akım pülpte katı oranları belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Kömür, kömür hazırlama, zenginleştirme.

ABSTRACT Within the scope of this thesis, in order to perform the performance analysis of the fine phase of the coal washing facility belonging to Ento Madencilik in Trakya Uzunköprü Gazihalil region, on-site inspections were carried out and experimental studies were carried out in the laboratory for 4 days. In order to determine the washability of the raw sample float-sink tests were carried out. After that, in order to draw the tromp curves, the samples that were taken from spiral circuit's clean coal and schist were put through float-sink tests. In order to examine the performance of the spiral circuit in the plant, a spiral enrichment experiment was carried out with the spiral fed sample. At the same time, studies were carried out to determine the leakage of magnetite from the facility by sampling the heavy media drum's, heavy media cyclone's clean coal and schist and from the under flow of the thickening tank. In addition, to determine the performance of thickening circuit, the determination of suspended solids and the solid ratios of the under flow were determined.
Keywords: Coal, coal preparation, mineral processing.

1 GİRİŞ

1.1 Malzeme Ve Yöntem

Ento Madencilik İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şirketine ait Edirne Uzunköprü Lavvarının ince boyutlu yıkama devresinin performansının incelenmesi amacıyla tesiste yerinde incelemeler yapılmış, Ento Madencilik lavvarında tuvenan silodaki tuvenan malzemeden, Reichert Spiralinin siklon altı beslemesi, lavesi ve şistinden, çöktürme tankı taşanı ve temiz su göletinden (tikiner altı malzemesi) 4 vardiya boyunca 1 saat aralıklarla numuneler alınmıştır. Alınan numuneler İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisine getirilmiş ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilmişitr. Ayrıca tikiner

performansı ve tesisin toplam manyetit manyetit kaybının belirlenmesi amacıyla da tesiste yerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir.Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneylerde kullanılan numuneler Ento Madencilik'e ait kömür yıkama tesisinde; silodaki tuvenan malzemeden, ağır ortam tamburu lave ve şisti ile ağır ortam siklonu lave ve şistinden, Reichert Spiralinin lave ve şisti ile Reichert Spiraline beslenen siklon altı malzemeden, tikiner taşanı ve alt akımından 4 gün boyunca belirli aralıklarla alınmıştır.

1.1.1 Malzemenin kimyasal özellikleri

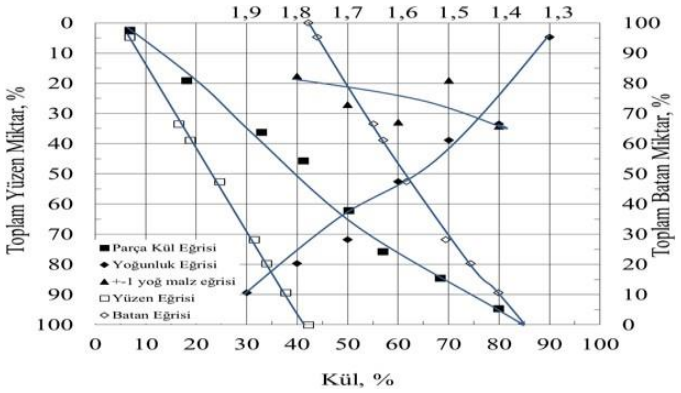
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Müh. Bölümü Laboratuvarlarında tuvenan numunenin kimyasal analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Tuvenan Numunenin Kimyasal Özellikleri

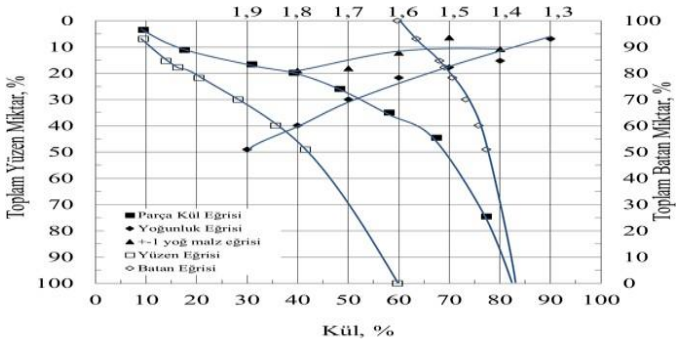
Analiz	Kuru Bazda Analiz
Kül, %	46.00
Sabit Karbon, %	28.04
Uçucu Madde, %	25.96
Toplam Kükürt, %	0.83
Isıl Değer (üst),kcal/kg	2570.00
Isıl Değer (alt), kcal/kg	2440.00

2 TUVENAN KÖMÜRÜN YIKANABİLİRLİK İNCELEMESİ

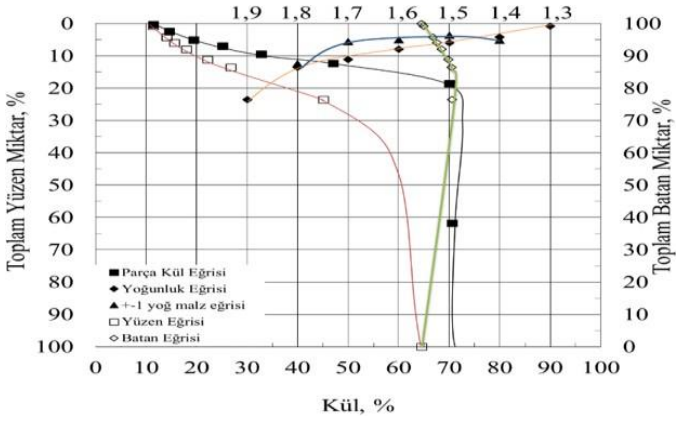
Ento Madencilik lavvarından alınan tuvenan numune ile Cevher Hazırlama Pilot Tesisi'nde numune alma esasına uygun olarak numune alınıp tesisteki uygulama boyut gruplarına ayrılmıştır. Bu numuneler ile 1.3 g/cm3 ve 1.9 g/cm3 yoğunlukları arasında 0.1 g/cm3 olarak artacak şekilde ZnCl2 (Çinko Klorür) tuzu kullanılıp hazırlanmış olan ağır ortamlarda yüzdürme batırma deneyi yapılmıştır. Elde edilen kömür numunelerin etüvde kurutulup tartımı alınmıştır. Kurutulan numune kül analizine uygun olması için halkalı değirmende boyut küçültme işleminden geçirilerek -100 mikronda kül analizi yapılmıştır. Yüzdürme-batırma deneyleri -150+18mm, -18+1mm ve -1+0.1mm boyut gruplarında ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Yönteme girse daha iyi olur Deney sonuçlarına göre herbir boyut için çizilen yıkama eğrileri şekil 2.1, şekil 2.2 ve şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.1 -150+18 mm Boyut Grubu Tuvenan Kömürün Yıkanabilirlik Eğrileri



Şekil 2.2 -18+1 mm Boyut Grubu Tuvenan Kömürün Yıkanabilirlik Eğrileri



Şekil 2.3 -1+0.1 mm Boyut Grubu Tuvenan Kömürün Yıkanabilirlik Eğrileri

Tuvenan kömürde ince boyuta gidildikçe yıkanabilirlik tane serbestleşmesinin artması ile artmaktadır.

3 SPİRAL DEVRESİ PERFORMANS ETÜDÜNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Yıkama tesisinde spiral bataryasında 5 spiral birbirinden bağımsız çalışmakta olup, süpürme ve temizleme devreleri mevcut değildir. 5 spiralden üretilen lave ve artıklar birleştirilmektedir. Spiral devresinden 4 gün

boyunca alınan numuneler ile spiral devresinin performansının belirlenmesi amacıyla yüzdürme-batırma deneyleri yapılıp tromp eğrileri çizilmiştir. Reichert Spiral devresinden 4 günlük alınan numuneler ile hata ve hassasiyet faktörleri hesaplanmıştır. Hesaplanan hata faktörü ve hassasiyet faktörlerinin toplu gösterimi çizelge 3.1'de verilmektedir.

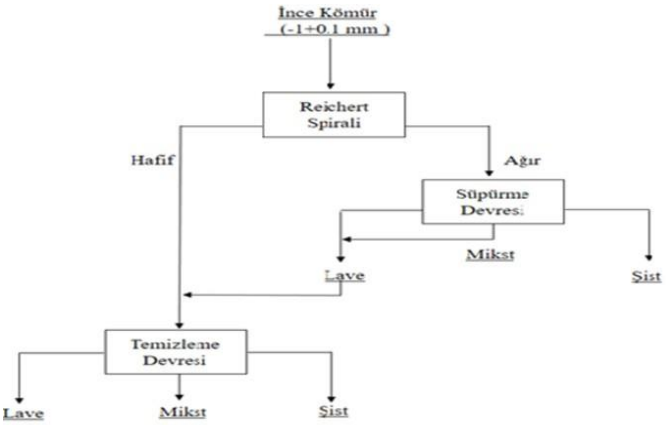
Çizelge 3.1 Spiral Devresi Hata ve Hassasiyet Faktörü 4 Günlük Ortalaması

		Hata ve Hassasiyet Faktörleri				4 Günlük
		17.10.2017	18.10.2017	19.10.2017	20.10.2017	Ortalama
Reichert Spiral Devresi	Hata Faktörü	0.2	0.1	0.07	0.08	0.112
	Hassasiyet Faktörü	0.4	0.14	0.12	0.13	0.197

Hata ve hassasiyet faktörü bu ayırmalar için uygun çıkmış, yapılan ayırmalar için iyi bir ayırma olduğu tespit edilmiştir.

4 SPİRAL DEVRESİ ZENGİNLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Zenginleştirme çalışmalarında, Ento Madencilik lavvarında spiral bataryasının üstünde bulunan siklon altından alınan (-1+0.1 mm) ve Reichert Spiraline beslenen numune ile İstanbul Teknik Üniversitesi Cevher Hazırlama Pilot Tesisi'nde Reichert Spirali'nde zenginleştirme deneyi yapılmıştır. Zenginleştirme çalışmasının proses akım şeması şekil 4.1'de verilmektedir.



Şekil 4.1 Zenginleştirme Deneyi Proses Akım Şeması

Çizelge 4.1 Zenginleştirme Deneyi Kül Analiz Sonuçları

Ürün	Miktar, %	Kül, %
Temizleme Devresi Lave	9.9	19.72
Temizleme Devresi Mikst	16.5	21.87
Temizleme Devresi Şist	10.2	39.28
Süpürme Devresi Şist	11.0	60.29
-0.1 mm	52.4	77.60
Toplam	100.0	56.86

5 MANYETİT KAYIPLARINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Tesiste yerinde olarak ağır ortam tamburu ve ağır ortam siklonundan belirli aralıklarla numune alınmıştır. Alınan tüm temiz kömür ve artık numunelerinin öncelikle kurutularak tartımı yapılmış ve sonra sulu bir ortamda yıkanarak, temiz kömür ve artık numuneleri ile beraber gelen manyetitler tane yüzeylerinden uzaklaştırılmışlardır. Daha sonra ince tanecikler ile beraber bulunan manyetitler bir el mıknatısı (1500 Gauss'luk) yardımıyla toplanarak kurutulmuş ve tartımı alınmıştır. Ayrıca tikiner altı malzemesinden de belirli aralıklar ile numune alınıp katısı çöktürülmüş ve elde edilen katıdan mıknatıs yardımı ile manyetit ayırılarak kaçan manyetit miktarı hesaplanmıştır. Kömür yıkama tesisinden ton kömür başına 2.5 kg manyetit kaybedildiği tespit edilmiştir. Türkiye genelindeki tesislerin ortalama manyetit kaybı 1-1.5 kg/ton 'ken bu tesis için manyetit kaybı yüksek çıkmıştır.

5.1 Çöktürme Tankı Taşanı Çalışmaları

100 ton/saat kapasiteli Kömür Yıkama Tesisi'nde mevcut tüm yıkama ünitelerinden elde edilen kirli sular 12 m çap ve 3 m yüksekliğinde çöktürme tankına verilmektedir. Tikinere ayrıca atık suyun içinde bulunan katıların çökmesini hızlandırmak için çöktürücü kimyasalı olarak 0.8 kg/saat anyonik polielektrolit ilave edilmektedir. Tikiner taşanından 4 gün boyunca belirli aralıklara 1 litrelik mezur ile numune alınmış cam süzme seti ile süzdürülerek askıda katı madde tayini

yapılmıştır. Tesite bulunan tikiner taşanı oldukça yüksek değerlerde çöktürülemeyen katı madde içerdiği ve ortalama değerinin 644 mg/litre olduğu tespit edilmiştir

5.2 Çöktürme Tankı Batanı Çalışmaları

Tikiner alt akım pompası ile doğrudan temiz su göletine giden tikiner çökeni malzemeden dört günlük belirli aralıklar ile günde iki

defa olmak suretiyle numune alınıp pülpte katı oranları (PKO) belirlenmiştir. 1 Litrelik mezur ile alınan numuneler tartımının alınmasının ardından etüvde kurutularak tekrar tartımı yapılmıştır. Bu tartımlar sonucunda koyulaştırıcı alt akımının pülpte katı oranının % 19.5 civarında olduğu tespit edilmiştir. Kömür yıkama lavvarı için %30-40 olması beklenen PKO değeri düşük çıkmıştır.

6 SONUÇLAR

Edirne Uzunköprü Lavvarının ince boyutlu yıkama devresinin performansının incelenmesi konulu bitirme çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetle verilmiştir.

1. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'ne getirilen tuvenan numune ile yaş elek analizi yapılmış olup, -150+18 mm boyut grubu miktarının % 76.2, -18+1 mm boyut grubu miktarının % 17.2 ve -1+0.1 mm boyut grubunun miktarı ise % 6.6 olduğu tesbit edilmiştir. Tuvenan numunenin kimyasal analizi yapılmış olup, kül içeriği % 46.00, sabit karbon miktarı % 28.04, uçucu madde miktarı % 25.96, toplam kükürt içeriği % 0.83, üst ısıl değeri 2570 kcal/kg ve alt ısıl değeri 2440 kcal/kg olarak tespit edilmiştir.
2. Tuvenan numunenin yıkanabilirliğinin saptanması amacıyla -150+18 mm, -18+1 mm ve -1+0.1 mm boyut gruplarında yüzdürme batırma deneyleri yapılmıştır. Yapılan yüzdürme batırma deneylerinin sonuçlarına göre -150+18 mm ve -18+1 mm boyut gruplarında yapılan ayırmanın, -1+0.1 mm boyut grubuna göre güç olduğu tesbit edilmiştir.
3. Üniversitede gerçekleştirilen spiral deneyinden elde edilen ürünlerin çok ince (şlam) malzeme taşıdığı gözlemlendiğinden, üretilen tüm ürünlerin şlamı alındığında, elemeye giren malzemenin %52.4 'ünün 0.1 mm altında olduğu tespit edilmiştir.

   Bu değer tesiste spiral bataryası öncesi bulunan siklonun iyi çalışmadığını, beslenen kömürdeki şlamı alamadığını göstermektedir.
4. Tikiner taşanı çalışmalarında 4 günlük askıda katı madde oranı 644.4 mg/L olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenen değerin (100mg/l) üzerinde çıktığı Tikiner çökeni malzemenin pülpte katı oranı ise % 40 PKO'da olması beklenen pülp yoğunluğu dört günlük ortalaması %19.45 olarak saptanmış ve bu sonuca göre tikiner devresinin sağlıklı çalışmadığı tespit edilmiştir.
5. Kömür yıkama tesisinde gerçekleştirilen manyetit kaybı tesbiti çalışmalarında; tesisin toplam manyetit kaybı 2.5 kg/ton olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Ateşok, G., 2009. "Kömür Hazırlama Ve Teknolojisi'', Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, İstanbul.

Ateşok, G., Önal, G., Perek, K.T., 2014. "Cevher Hazırlama El Kitab'', Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, İstanbul.

Hacıfazlıoğlu, H., 2017. Kömür Hazırlama Ders Notları, İstanbul Üniversitesi.

URL-1, <https://vakif.inonu.edu.tr/uploads/old/4/310/agir-ortam.pdf>,

Kömür Sektör Raporu, 2013. Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Ocakoğlu, F., 2015. Kömür Jeolojisi Ders Notları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

URL-2, <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf >

URL-3<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/Su%20Kirlili%C4%9Fi % 20ekle ri.htm >

Gökçeoğlu, R.Ö., 2018. "Trakya Uzunköprü Kömürlerinin Yıkama Özelliklerinin Belirlenmesi ve Lavvar İri ve İnce Boyut Devresi Performans İncelemesi'', Lisans Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi

100 Ton/Saat Kapasiteli Bakır Flotasyon Tesisi Tasarımı ve Ön Fizibilitesinin Hazırlanması

Design of a Copper Flotation Plant with The Capacity of 100 ton/hour and Preparation of Its Pre-feasibility

C. Çelik, A. Güney
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği

ÖZET Bu bitirme çalışması kapsamında, laboratuvar analizleri ve zenginleştirme deneyleri daha önceden yapılmış %0,84 bakır içerikli tüvenan cevherden, laboratuvar analizleri ve zenginleştirme deneyleri sonuçlarına dayanarak, %80,94 verimle; 2,6 ton/saat ve %26,15 içerikli bakır konsantresi elde edilebilecek bir cevher hazırlama tesisine ait tüm tasarımlar ve ön fizibilite hesaplamaları yapılmıştır.

Maksimum tane boyutu 300 mm olan ve yıllık 726 bin ton cevher işleyecek tesis için 2 vardiya çalışacak kırma tesisinde malzemenin 20 mm'nin altına kırılması sağlanmıştır. Kırılmış cevher, daha sonra öğütme biriminde bir adet çubuklu ve bir adet bilyalı değirmen kullanılarak nihai zenginleştirme boyut olan 0,1 mm'nin altına indirilmiştir. Zenginleştirme ünitesi; 0,1 mm altındaki cevher, flotasyon yöntemleri kullanılarak konsantre edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Tesis tasarımının ardından projenin uygulanabilirliğinin ve yatırım yapılabilirliğinin incelenmesi açısından ön fizibilite çalışmaları kapsamında mali tablolar oluşturulmuş, ekonomik analizler yapılmış ve sonuçlarından bahsedilmiştir.Ayrıca tez kapsamında kırma ve öğütme-zenginleştirme tesislerinin A0 kağıdına uygun ölçekte kesit ve plan görünüşlerine ekler bölümünde yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bakır,Tesis Tasarımı, Ön fizibilite, Maliyet ve Karlılık

ABSTRACT Within the scope of this graduation thesis, plant design and pre-feasibility studies of a flotation plant ,which produces copper concentrate having 26,15% Cu content and with a yield of 80,09% were carried out. Based on previously determined data, 2,6 t/h final concentrate will be able to obtained from copper-rich run-off mine ore having 0,84% Cu grade.

The material with a maximum particle size of 300 mm, was crushed below 20 mm in a crushing plant in 2 shifts representing the total plant capacity of 726 thousand tons of ore per year. After that, the broken ore was reduced to below final ore-dressing size of 0.1 mm in the grinding unit. The ore below 0.1 mm was designed to be able to concentrate by using flotation methodsAfter planning of the facility, within the scope of pre-feasibility studies;charts are drawn, economic analysis is made and results are mentioned to determine if the project is applicable and investable.Also within the scope of the thesis, proper-scaled section and plan drawings of crushing and grinding-enrichment facilitieson A0 papers are shown in the attachments section.

Keywords: Copper, Plant Design, Pre-feasibility, Cost and Profitability

1 GİRİŞ

Günümüzde kendine çok geniş bir kullanım alanı bulan bakırın üretimi devletlerin kalkınma seviyelerini gösteren unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Dünya çapında kullanım miktarları gittikçe artan bakır ihtiyacının artık sadece zenginleştirilmesi nispeten kolay ancak rezervleri azalan ve içerik bakımından fakirleşen sülfürlü bakır cevherlerinden karşılanabilmesi pek mümkün değildir. Bu durum sadece bakır cevherleri için değil dünyadaki tüm metal kaynakları için geçerlilik kazanan bir durum haline gelmiştir. Aynı zamanda günümüzde kritik bir öneme sahip flotasyon zenginleştirme işlemleri sayesinde fakir ve kompleks cevherlerin zenginleştirilebilimesi mümkün hale gelmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde bakır ve özellikleri, bakırın doğada bulunuşları mineralizasyonu, kullanım ve tüketim miktarları ve alanları, bakırın piyasa durumu, flotasyon işlemlerinin tanımı ve etkin bir biçimde uygulanmasındaki parametreler ile ön fizibilite çalışmalarının kapsamı ve tanımıyla ilgili literatür bilgilerine yer verilmiştir.

3. TESİŞ TASARIMI HAKKINDA GENEL BİLGİ

Bu tez kapsamında tasarlanan tesis %0,84 içerikli tüvenan cevher üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinin sonuçları esas alınarak tasarlanmıştır. Tez kapsamında 20 mm altına indirilmiş cevherin elek analiz sonuçları ve yapılan tüm flotasyon kademeleri zenginleştirme deneyi sonuçları verilmiştir. Tasarımı yapılan tesis hakkındaki genel bilgiler şu şekildedir;

- Yıllık Çalışma Süresi: 330 gün
- Günlük Çalışma Süresi: Kırma Tesisi; 150 ton/saat beslemeyle 15 saat 2 vardiya,
- Zenginleştirme tesisi; 100 ton/saat beslemeyle 22 saat, 3 vardiya
- Yıllık Konsantre Üretimi: 18776 ton/yıl
- Konsantre Tenörü: %26,15 Cu
- Yıllık Tüvenan Cevher Miktarı: 726.000 ton
- Maksimum Parça Boyutu: 300 mm

4.TESİS TASARIMI HESAPLAMALARI

Bu bölümde, tesis içerisinde yer alacak tüm birimlerinin hesaplamaları yapılmıştır.

4.1 Kırma Tesis Tasarımı ve Hesapları

İri Cevher Stok Sahası Tasarımı ve Boyutlandırması

Hesaplamaları yapılan stoğun nihai özellikleri şu şekildedir: Stok şev açısı: 30°, Stok yüksekliği: 4 metre, Stok uzunluğu: 40 metre, Stok üst taban uzunluğu: 7,5 metre, Stok yayılım uzunluğu: 21,4 metre olarak bulunur.

Primer Çift Dayanak Kollu Çeneli Kırıcı Güç Hesabı ve Seçimi

Tesisin primer kırma devresiyle ilgili bilgiler şu şekildedir :

- Kırıcıya beslenen Malzeme Miktarı : 100 ton/saat
- Çıkış Açıklığı: 75 mm
- Boyut Küçültme Oranı: 4
- Hesaplanan Kırıcı Gücü:43,56 HP

Sekonder Symons Tip Konili Kırıcı Güç Hesabı ve Seçimi

Tesisin primer kırma devresiyle ilgili bilgiler şu şekildedir :

- Kırıcıya beslenen Malzeme Miktarı : 105 ton/saat
- Çıkış Açıklığı: 20 mm
- Boyut Küçültme Oranı : 3,75
- Hesaplanan Kırıcı Gücü:85,44 HP

Elek Yüzey Alanlarının Hesaplanması

75mm'lik Grizli Elek Alanı Hesabı

Yapılan elek yüzeyi hesaplamalarına göre elek boyutlandırması; W;1,2 m L;3,0m ve efektif elek alanı 3,21 m^2 şeklinde olmuştur.

20 mm'lik Titreşimli Elek Alanı Hesabı

Yapılan elek yüzeyi hesaplamalarına göre elek boyutlandırması; W;1,2 m L;3,0m ve efektif elek alanı 3,21 m^2 şeklinde olmuştur.

4.2. Öğütme Tesis Tasarımı ve Hesaplar

İnce Cevher Stok Sahası

Hesaplamaları yapılan stoğun nihai özellikleri şu şekildedir:

- Stok şekli; eşkenar üçgen prizma
- Stok uzunluğu; 40 metre
- Stok yayılım uzunluğu;19 metre olarak bulunur.

Çubuklu Değirmen Hesabı

Tüm hesaplamaların sonucunda elde edilen değirmenin özellikleri şu şekilde sıralanır :

- Değirmen gücü: 573 HP
- Değirmen uzunluğu(boyu): 4,50 metre
- Değirmen Çapı: 3,05 metre

Bilyalı Değirmen Hesabı

Tüm hesaplamaların sonucunda elde edilen değirmenin özellikleri şu şekilde sıralanır :

- Değirmen gücü: 1100 HP
- Değirmen uzunluğu(boyu): 5,00 metre
- Değirmen Çapı: 3,35 metre

Hidrosiklon Hesaplamaları

Siklon çapı 66 cm olarak, siklon kapasitesi 55 lt/sn olarak bulunur. Toplamda 4 adet siklon kullanılmasına karar verilmiştir.

Yapılan hesaplara göre Tüfekçioğlu firma kataloğundan, Q350 kodlu hidrosiklon seçilmiştir.

4.3.Flotasyon Ünitesi Tasarımı ve Hesapları

Flotasyon ünitesinde zenginleştirilecek cevher % 0,84 bakır içemektedir. Zenginleştirme işlemleri sonucunda daha önceki yapılmış çalışmalar referans alınarak konsantredeki bakır tenörünün %26,15'e yükseleceği kabul edilmiştir.

Kaba flotasyon kıvam tankı;

$D = H = 4{,}7m$

Şeklinde boyutlandırılarak Tüfekçioğlu kondüsyoner tankı kataloğundan KON-3300X3600 kıvam tankından 2 adet seçilmiştir.

Kaba flotasyon hücresi: toplam hücre hacmi = $28{,}98 * 1{,}2 = 34{,}78$; olur.

Bu hesaba göre Tüfekçioğlu Flotasyon Makineleri kataloğundan 5,6 m^3 hacme sahip hücrelerden 6 adet seçilmiştir.

Süpürme-1 devresi hücresi toplam hücre hacmi; $65{,}8 * 1{,}2 = 79$; olur.

Bu hesaba göre Tüfekçioğlu flotasyon Makineleri kataloğundan 5,6 m^3 hacme sahip hücrelerden 14 adet seçilmiştir.

Süpürme-2 devresi hücreleri toplam hücre hacmi; $67 * 1{,}2 = 80$; olur.

Bu hesaba göre Tüfekçioğlu Flotasyon Makineleri kataloğundan 5,6 m^3 hacme sahip hücrelerden 14 adet seçilmiştir.

Temizleme devresi hücreleri Toplam hücre hacmi; ; $2{,}56 * 1{,}2 = 3$; olur.

Bu hesaba göre Tüfekçioğlu Flotasyon Makineleri kataloğundan 1,0 m^3'lük hücrelerden 4 adet seçilmiştir

4.4.Tikiner, Bant, Filtre Pompa, ve Konsantre Stok Sahası Seçimleri ve Hesapları

Belirtilen tüm birimlerin sırasıyla hesaplanan özellikleri şu şekilde verilmiştir

4.4.1 Artık Tikineri

- Tikiner Çapı : 24,0 m
- Tikiner Boyu(yüksekliği) : 2,55 m
- Tikiner Adedi : 1

4.4.2 Konsantre Tikineri

- Tikiner Çapı : 1,4 m
- Tikiner Boyu(yüksekliği) : 2,24 m
- Tikiner Adedi : 1

4.4.3. Bant Konveyör Hesabı

Tüm bantların toplam gücü yapılan hesaplamalarla 13 HP olarak belirlenmiştir.

4.4.4. Nakil Pompa Seçimleri

Süpürme 1 ve 2 flotasyon devreleri için yapılan tasarım hesaplarıyla pompa gücü;

$10\ kW * 1{,}14 = 11{,}4\ kW olarak bulunur.$

Serbest akışın sağlandığı diğer tüm birimler için ve hesabı yapılan süpürme devreleri için Tüfekçioğlu pompa kataloğundan KT 100x125 pompalarından 7 adet seçilmiştir.

4.4.5. Konsantre Ürün Filtresi

Yapılan hesaplamalara göre % 5-6 civarlarında neme sahip bir kek elde edilecektir. Metso firmasının VPA 10-12 kodlu filtresi seçilmiştir.

5. ÖN FİZİBİLİTE HESAPLAMALARI

5.1 Tahmini İlk Yatırım Tutarı Hesaplamaları

Bu başlık altında yer alan çizelgelerle piyasa araştırması yapılarak tesis kurulumunda yer alacak tüm kalemlerin fiyatlandırması yapılmıştır.

5.2. Tahmini Yıllık İşletme Giderleri

Bu başlık altında bir cevher hazırlama tesisinde bir yıl içerisinde oluşacak maliyet kalemlerinin tümü hesap edilerek tahmini yıllık işletme giderleri tablosu oluşturulmuştur.

5.3 Ekonomik ve Mali Analiz

Birim maliyet, karlılık oranı, net fayda yüzdesi, fayda/gider oranı, net bugünkü değer, başa baş noktası ve iç karlılık oranı gibi birçok kriter hesaplanmıştır.

6. SONUÇLAR

- Tesise beslenen tüvenan cevherin bakır içeriği %0,84 iken bu cevher %80,94 verimle kazanılıp konsantre haline getirildiğinde %26,15 bakır içeriğine ulaşmaktadır.
- Tesisin yıllık kar oranı %71 olacak ve yapılan yatırımı 1,5 yılda amorti edecektir.
- Tesisin hesaplanan net bugünkü değeri 65.000.000 $ olmakla birlikte; ülkemizin dış çevresinde yaşanan istikrarsızlık ve belirsizliklerinin nispeten azalması ve iç çevrede yaşanacak ekonomik gelişmeler yıllar içerisinde net bugunkü değerin artmasına neden olacaktır.
- Tesisin hesaplanan net bugünkü değeri 65.000.000 $ olmakla birlikte, devlet tahvilleri faiz oranı yatırımın yapılacağı 2018 yılı içerisinde % 14 dolaylarındayken tesisin İç Karlılık Oranı ise %104 olarak bulunmuştur. Bu durum tasarlanan ve ön fizibilitesi yapılan bu tesisin yatırım yapılabilir ve güvenilir bir proje olduğunun bir göstergesidir.

TEŞEKKÜR

Bu bitirme çalışmasının hazırlanması için her türlü yardım, ilgi ve sabrı esirgemeyen, sonuçlanmasında büyük paya sahip danışman hocam **Prof. Dr. Ali Güney** ‘e ve Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölüm Başkanı **Prof. Dr.Ayhan Ali Sirkeci** ile tüm **Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Öğretim Görevlilerine** teşekkürümü sunmayı bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

Kumbasar, I., Akyol, A. 1993. *Mineraloji*. Istanbul: ITU,

Güney, A., 2018. “*Cevher Hazırlama Tesis Tasarımı Ders Notları*”, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İTÜ Maden Fakültesi.

Saklara, S., Ersayın, S., Bayraktar, İ. (1998). Flotasyon Modelleri. *Bilimsel Madencilik Dergisi, 37*(2), 3-20.

Gaudin, A.M., 1939. *“Principles of Mineral Dressing”,*New York.

Vollastonit ve Kalsitin Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Surface Properties of Calcite and Wollastonite

G. Irgasheva, M. O. Kangal, O. Güven
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu araştırmada bir vollastonit cevherinin ana mineralleri olan vollastonit ve kalsit ile çalışılmıştır. Bu çalışmada saf mineral örneklerinin flotasyonda önemli olan yüzey özellikleri belirlenerek flotasyon parametreleri araştırılmıştır. Karakterizasyon ve mikroflotasyon öncesi mineral tanelerinin boyut dağılım analizleri gerçekleştirilmiş ve tane yüklerinin ölçülmesi ile her iki mineralin pH profilleri elde edilmiştir. Sonrasında aynı işlem tane yükünün farklı kollektör konsantrasyonlarında belirlenmesi için gerçekleştirilmiştir. Minerallerin ıslanabilirlik özellikleri temas açıları ölçülerek incelenmiştir. Son olarak, önceki deneylerden elde edilen veriler kullanılarak, flotasyon için en uygun koşulları belirlememize neden olan mikroflotasyon testleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vollastonit, kalsit, zeta potansiyel, potasyum oleat

ABSTRACT In this study the surface properties of pure mineral samples such as calcite and wollastonite were investigated. Surface properties are significant parameters in froth flotation. Primarily before characterization and microflotation test the particle size distribution analyze was accomplished. The pH profiles of both minerals were obtained by measuring the surface charge of particles following with measurement of zeta potential in different collector concentrations. The wettability of minerals was examined by measuring their contact angles. Finally using the data obtained from previous experiments microflotation tests were performed which lead us to determine the optimum conditions for flotation.

Keywords: Wollastonite, calcite, zeta potential, potassium oleate

1. INTRODUCTION

Industrial minerals are any type of rock, mineral or any other naturally occurring substance that have economic value and does not contain source of metal like ore or source of energy like fossil fuels. (Christidis, 2011). They are widely utilized in variety of industries due to their physical and chemical properties. Examples for these minerals can be wollastonite, diatomite, gypsum, kaolin, silica, sand, limestone and etc.

Among these minerals, calcite which has a wide range of use and wollastonite which has gained its popularity recently are the subject of this study.

Wollastonite and calcite minerals are significant raw materials having a plenty usage area due to their unique properties they owe.

Wollastonite is a meta-silicate mineral and a naturally occurring raw material whose main chemical formula of is $CaSiO_2$ and the pure form of it consist of 48.28% CaO and 51.72% SiO_2. (Virta, 2009).

Wollastonite is used in plastics, paint, ceramics, paper, resins, and in construction as a substitution for asbestos due to its chemical stability, thermal resistivity, needle like shape and brightness (Swarna, 2003).

Calcite is a common form of carbonaceous calcium minerals having a chemical formula of $CaCO_3$. Calcite mineral can be found in many shapes and colors in three main types of rocks such as igneous, sedimentary, and metamorphic.

Due to its properties calcite mineral is used in many areas such as a construction material, abrasive, agricultural soil treatment, construction aggregate, pigment, pharmaceutical and more (King, 2018).

The aim of this study is to determine optimum conditions for suitable beneficiation method for recently available low grade ores of calcite and wollastonite.

Effective parameters of flotation which are mostly associated with surface properties of minerals were determined via conducted experiments such as zeta potential, contact angle measurements and microflotation test.

2. MATERIALS AND METHOD

In experimental studies, calcite and wollastonite samples were obtained from ESAN Mining Company. X-Ray Fluorescence analysis asserted that wollastonite and calcite samples had a purity of 84,90% and 98,71% respectively. The results of particle size analyzes showed that while d_{90} of calcite was 58.6 μm, it is a bit finer for wollastonite sample as 50.5 μm.

2.1. Experimental Procedure

2.1.1. Zeta Potential

Zeta potential values of particles provide their surface characteristics in a definite medium and show their affinity. The pH profiles of both wollastonite and calcite were obtained by measuring the surface charges in different pH values and collector concentrations.

2.1.2. Contact Angle

A contact is a measure of intersection of solid liquid interfaces. Determining the contact of the mineral or any other substance helps us to reach the wettability properties of that substance. In order to measure the contact angle, the most widely used measurement technique sessile drop was used. In this method direct measurement of the tangent angle at the three-phase contact point on a sessile drop profile is done in order to measure the contact angle.

2.1.3. Micro-flotation Test

Following zeta potential measurements, floatability of minerals was determined the micro-flotation tests. Parameter and procedure of micro-flotation was as following: the pulp with a 1% solid ratio by weight was subjected to conditioning for 4 minutes and mixing for 5 minutes; the pH of the medium was arranged to 9 and floated for 1 minute. This process was performed for several times in different surfactants in order to obtain repeatable and reliable results.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Zeta potential measurement

As seen in Figure 1 that the surface charge of the wollastonite is getting negative with increasing pH value.

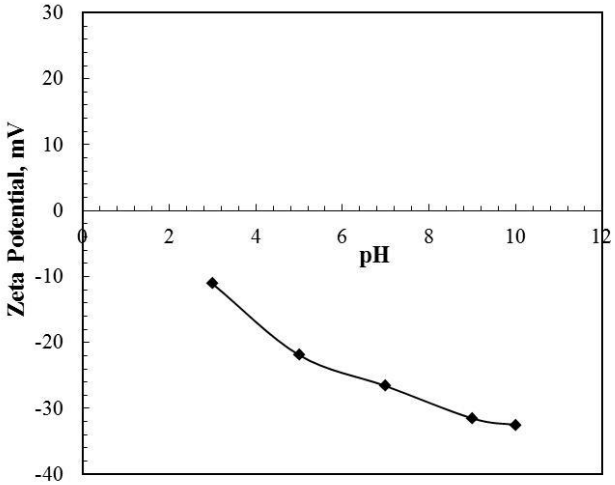


Figure 1. The zeta potential profile of wollastonite vs. pH values

This can well explain by the originally negative charged wollastonite surfaces became more negative upon increasing the OH^- concentration in medium.

On the other hand, the zeta potential-pH profile of calcite (Figure 2) also showed that in relatively acidic pH values while zeta potential values were measured in the range of -20 to -35 mV, it suddenly increased to +20 over neutral pH value.

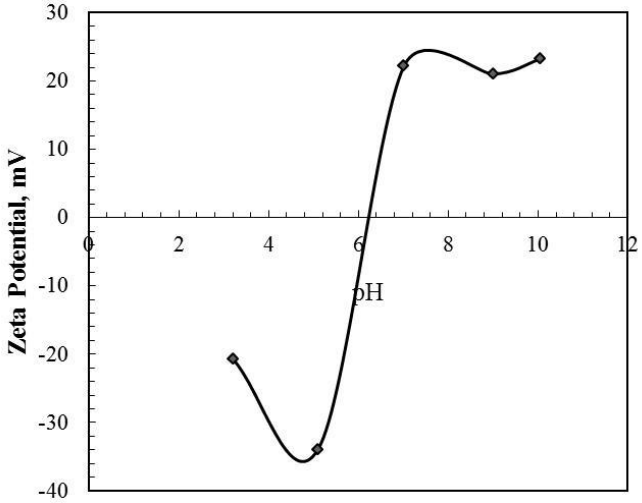


Figure 2. The zeta potential profile of calcite vs. pH values

The surface charge of wollastonite gets more negative by increasing collector concentration. Similar findings were also found for calcite.

3.2. Contact angle measurements

In order to examine the wettability of minerals contact angle measurements were conducted. The initial measurements were conducted for both apolar (hexane) and polar (water) on flattened slices of minerals (Table 1).

Table 1. Wollastonite contact angle measurement results.

Distilled Water	Surfactant Concentration	
0	10^{-4}	10^{-2}
14,7	43-47.5	17,3

As shown in Table 1, while contact angle was measured as 14.7 for distilled water, it increased to 45º in average for 10^{-4} M oleate concentration. This can be attributed to the micellization of collector. Wollastonite surfaces became more hydrophilic due to low degree of contact angle at 10^{-3} M and hydrophobic when medium with lower concentration of surfactant as 10^{-4} M.

Table 2. Calcite contact angle measurement results.

Distilled Water	Surfactant Concentration	
0	10^-4	10^-3
35.7-38.5	47.4-57.3	61.9-63.7

On the other hand, calcite presented a bit higher hydrophobic character that while the contact angle was measured as 37.1º in average for distilled water, it increased to 52.3º in average for 10^{-4} M oleate concentration and 62.7º in average for 10^{-3} M oleate concentration.

3.3. *Micro-* Flotation results

Following the zeta potential and contact angle measurement tests, the floatability response of both particles were investigated by micro-flotation tests as a function of collector concentrations studied in previous series of analysis.

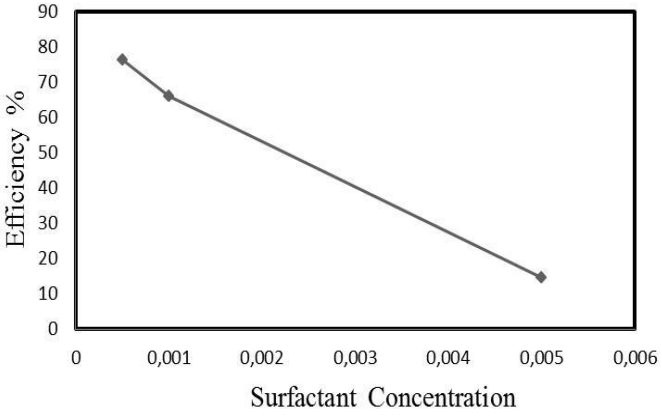


Figure 3. Recovery of wollastonite vs. oleate concentration

As shown in Figure 3 that, upon increasing the surfactant concentration in medium, a gradual increase was obtained for flotation recovery values. These findings were also in line with both zeta potential and contact angle values.

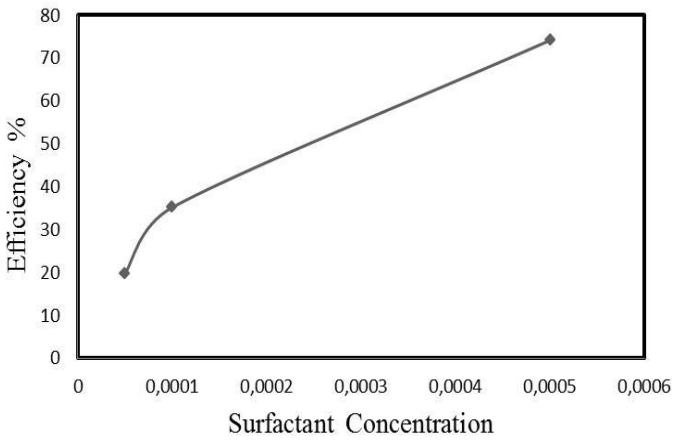


Figure 4. Recovery of calcite vs. oleate concentration

A similar scenario was also present for calcite flotation that, its recovery increased upon collector concentration and similar trend was also obtained for both zeta potential and contact angle values as obtained for wollastonite.

CONCLUSION

The results of zeta potential measurements showed that wollastonite shows a negative trend in all pH values and collector concentrations while calcite presented a positive trend at higher pH values and negative values upon increasing oleate concentration in system. These values lead to choose the optimum pH and collector concentration during flotation tests.

The contact angle values presented that the contact angle values for both wollastonite and calcite increased up to a certain concentration, which also denote their wettability characteristics.

The micro-flotation results indicated that calcite have higher floatability than wollastonite.

ACKNOWLEDGEMENTS

During the process of preparing this study, thanks to the Head of Mineral Processing Department **Prof. Dr. Ayhan Ali Sirkeci** and I want to express my gratitude and sincere appreciation to my thesis advisor **Assoc. Prof. Dr. Murat Olgaç KANGAL**, for his guidance, recommendations and critics. Also I am thankful for my advisor **Asst. Prof. Dr. Kudret Tahsin PEREK** for his support, suggestions and motivation. Special thanks for **Dr. Onur Güven** who helped a lot during a whole experimental studies.

REFERENCES

Christidis, G. E. (2011, January). *Industrial minerals: Significance and important characteristics.* p. 1.

King, H. M. (2018). *Calcite*. Retrieved 2005, from Geology.com:https://geology.com/minerals/calcite.shtml

Virta, R. L. (2009). Wollastonite. *U.S. Geologıcal Survey Mınerals Yearbook*, 82.1.

Artvin Yöresi Oksitli Cevherden Altının Flotasyon İle Zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması

Investigation of the Possibilities of Enrichment of Gold with Flotation from Artvin Region Oxidized Ore

M. Tunç, N. Acarkan, E. Tanısalı
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Bu çalışmada, doğrudan izabeye gidebilecek nitelikte altın ve gümüş içeren konsantre üretmek için flotasyon deneyleri yapılmıştır. Artvin yöresine ait oksitli altın cevheri ile yapılan flotasyon deneylerinde kollektör cinsi, tane boyutu, kollektör konsantrasyonu ve temizleme aşamasının altın flotasyonuna etkisi incelenmiştir. Kollektör cinsinin incelendiği flotasyon deneylerinde KAX, Maxgold 900, Aerophine 3418 A ve Aero 208 reaktifleri kullanılmıştır. En yüksek konsantre içeriği Maxgold 900 ile yapılan flotasyon deneyinde %56,1 verimle 14,1 g/t Au ve %27,5 verimle 465 g/t Ag saptanmıştır. Aerophine 3418 A ve Aero 208 reaktifleri ile yapılan flotasyon deneyinde ise %37,3 verimle 12,04 g/t Au ve %41,2 verimle 430,2 g/t Ag kazanılmıştır. Temizleme aşaması etkisini saptamak amacıyla yapılan flotasyon deneyinde ise Aerophine 3418 A ve Aero 208 reaktifleri kullanılarak konsantrede %9,7 verimle 143,4 g/t Au içeriğine ve %25,4 verimle 121819,4 g/t Ag içeriğine ulaşılmıştır.
Anahtar Kelimeler: altın, gümüş, flotasyon.

ABSTRACT In this study, flotation experiments were carried out to produce gold and silver containing concentrate which can be directly smelter. The effects of collector type, grain size, collector concentration and cleaning steps on gold flotation were investigated in flotation experiments with oxidized gold ore belonging to Artvin region. KAX, Maxgold 900, Aerophine 3418 A ve Aero 208 reagents were used in flotation experiments in which collector type was examined. In the flotation test with Maxgold 900, the highest concentrate content was determined as 46.1 g / t Ag with 56,1% yield and 14,1 g / t Au with 27,5% yield. In the flotation experiment Aerophine 3418 A ve Aero 208 reagents, 12.04 g / t Au was obtained with 37.3% yield and 430.2 g / t Ag with 41.2% yield. In the flotation experiment to determine the cleaning step effect, the content of 143.4 g / t Au was reached with 9.7% efficiency and 121819.4 g / t Ag with 25.4% efficiency with Aerophine 3418 A and Aero 208 reagents.
Keywords: gold, silver, flotation.

1 GİRİŞ

İnsanoğlunun kullandığı ilk metallerden birisi olan altın, diğer metallere göre doğada daha az bulunması, işlenebilirliğinin kolay olması, asitlere karşı dayanıklılığının ve doğal parlaklığının yüksek olması nedenleriyle değerli bir metal olarak sayılmıştır (Remy ve diğ., 1956).

İri taneli altının zenginleştirilmesinde gravite yöntemi kullanılırken nispeten daha ince ve serbest taneli altının zenginleştirilmesinde santrifüjlü gravite ayırıcıları da kullanılabilmektedir. İnce taneli altının zenginleştirilmesinde gravite

ayırıcılarının yanı sıra flotasyon yöntemi uygulanabilmektedir. Çok yaygın olarak ufak boyutlu altın tanelerinin kazanılmasında (0.1 mm altında) siyanürasyon uygulanmaktadır (Roshan, 1990). Genel olarak üretilen altının % 84'ü siyanür liçi, % 10'u gravite ve % 6'sı flotasyon yöntemleri ile elde edilmektedir (Aydın, 2015).

Bu çalışmada Artvin bölgesi oksitli cevherden altın ve gümüşü flotasyon ile zenginleştirilme olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır.

2 MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada Eti Bakır A.Ş'ye ait Artvin yöresinden temin edilen numune kullanılmıştır. Kimyasal analiz sonucunda tüvenan cevherin 5,60 g/t Au ve 178,9 g/t Ag içerdiği belirlenmiştir. Numunenin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Numunenin Kimyasal Analizi

ELEMAN	İÇERİK
Au, g/t	5,60
Ag, g/t	178,9
SiO_2,%	11,70
Fe, %	6,04
Na, %	0,02
Ca, %	0,12
S, %	7,63
K, %	0,08

Mineralojik analiz raporuna göre ise Artvin cevherinin %30-35 kuvars, %20-25 barit, %15-20 hematit ve götit, %5 flogopit, %10-15 kil mineralleri, arsenik mineralleri ve az miktarda sülfür mineralleri içerdiği saptanmıştır. Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi oksitli cevherin majör minerallerini kuvars ve barit oluşturmaktadır. Altın minerallerinin çoğu nabit halde, 20 μm'dan daha ufak boyutlarda dağıldığı görülmüştür (Eti Bakır A.Ş., 2015).

Bu araştırmada yapılan deneyler; kil uzaktırma deneyi ve flotasyon deneylerini kapsamaktadır. Numunenin kil içeriğinin belirlenmesi üzerine, kilin flotasyon koşullarını olumsuz etkilememesi için malzeme merdaneli kırıcıdan boyutu 3 mm'nin altında olacak şekilde beslenmiştir. Daha sonra 2.83 mm'lik elek kullanılarak numune elenmiştir ve böylece boyutu 2.83 mm'nin üzerinde kalan ezilmiş killi malzeme uzaklaştırılarak boyuta göre zenginleştirme yapılmıştır. Flotasyon deneyleri kili uzaklaştırılmış numune üzerinde yürütülmüştür.

Flotason deneylerinde ilk aşama olarak Au ve Ag'nin tamamını yüzdürmek hedeflenmiştir. Yapılan deneylerde kollektör cinsi, tane boyutu, kollektör konsantrasyonu, temizleme kademesi sayısının altın ve gümüş flotasyonuna etkisi incelenmiştir.

Flotasyon deneylerinde KAX (potasyum amil ksantat), Maxgold 900, Aerophine 3418 A ve Aero 208 reaktifleri kullanılmıştır. Tüm flotasyon deneylerinde bastıcı olarak Na_2SiO_3, köpürtücü olarak MIBC (metil izobutil karbinol), pH düzenleyici olarak ise kireç sütü kullanılmıştır. Deneyde kullanılan tüm kollektörler ve MIBC %1'lik derişimde, Na_2SiO_3 %10'luk derişimde hazırlanmıştır. KAX ve Maxgold 900 kullanılan deneylerde pülpün pH'sı 8.5 olarak çalışılmıştır. Aerophine 3418 A ve Aero 208 kullanılan deneylerde ise doğal pH olan 7.1'de çalışılmıştır. Yapılan tüm deneylerde 600 gram numune kullanılmıştır.

Kollektör türünün etkisinin incelendiği flotasyon deneylerinde;
- KAX,
- Maxgold 900,
- KAX + Maxgold 900
- Aerophine 3418 A,
- Aerophine 3418A + Aero 208

kullanılmıştır.

Temizlemenin etkisini incelemek için yapılan flotasyon deneylerinde Maxgold 900 ve A3418 + A208 kombinasyonu kullanılmıştır.

Tüm flotasyon deneyleri elde edilen ürünlerde Au, Ag analizleri yapılarak denetlenmiş ve değerlendirilmiştir. Au ve Ag analizleri Etibakır A.Ş.'nin laboratuvarlarında küpelasyon yöntemiyle yapılmıştır.

3 DENEYSEL BULGULAR

Maxgold 900 ile yapılan flotasyon deneyi Çizelge 2'de verilen sabit koşullarda gerçekleştirilmiş olup, deney sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Flotasyon Deneyleri Sabit Koşulları

Parametreler	Koşullar
Tane Boyutu, µm	20
Na_2SiO_3, g/t	500+0
MIBC, g/t	20+20
Kondüsyon süresi, dk	5+5

3.1 Maxgold 900 ile Yapılan Flotasyon Deneyi

Maxgold 900 ile yapılan flotasyon deneyi Çizelge 2'de verilen sabit koşullarda gerçekleştirilmiş olup, deney sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Flotasyon Deney Sonuçları

ÜRÜNLER	Miktar %	Au		Ag	
		İçerik g/t	Verim %	İçerik g/t	Verim%
Konsantre	11,6	14,10	28,9	465,0	29,4
Artık	88,4	4,54	71,1	146,0	70,6
Toplam	100,0	5,65	100,0	182,9	100,0

Kollektör türü etkisinin incelendiği deneylerde yapılan beş flotasyon deneyi sonucunda en yüksek Au ve Ag içeriği Maxgold 900 ile yapılan deneyde elde edilmiştir. Fakat Au ve Ag'nin ancak %30'u yüzdürülebilmiştir.

3.2 KAX ile Yapılan Flotasyon Deneyi

KAX ile tek başına ve Maxgold 900+ KAX kombinasyonları ile de Çizelge 2'de verilen sabit koşullarda ile flotasyon deneyleri yapılmıştır. Fakat araştırmada kullanılan reaktifler içinde en düşük zenginleştirme sonuçları bu reaktif ile yapılan flotasyonlarda elde edilmiştir. KAX toplayıcısıyla 9,46 g/t Au ve 628 g/t Ag içerikli konsantreye % 14,1 Au ve %28,9 Ag verimleriyle ulaşılmıştır.

3.3 Aerophine 3418 A ve Aero 208 ile Yapılan Flotasyon Deneyi

Aerophine 3418 A ve Aero 208 kombinasyonları ile yapılan flotasyon deneyi Çizelge 2'de verilen sabit koşullarda gerçekleştirilmiş olup, deney sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Flotasyon Deney Sonuçları

ÜRÜNLER	Miktar %	Au		Ag	
		İçerik g/t	Verim %	İçerik g/t	Verim%
Konsantre	17,5	12,04	37,3	430,2	41,2
Artık	82,5	4,29	62,7	130,4	58,8
Toplam	100,0	5,65	100,0	182,9	100,0

Aerophine 3418 A tek olarak kullanıldığı flotasyon deneyine kıyasla Aero 208 katıldığında tenörde artış elde edilmiştir. Bu deney kapsamında, 3418 A toplayıcısına Aero 208'in katılmasıyla Au ve Ag flotasyonunda bir sinerji yaratıldığı söylenebilir. Au ve Ag verimleri açısından en yüksek değerler bu deneyde sağlanmıştır.

3.4 Temizlemenin Aerophine 3418 A + Aero 208 ile Yapılan Flotasyona Etkisi

Temizleme aşaması içeren Aerophine 3418 A ve Aero 208 kombinasyonları ile yapılan flotasyon deneyinde, kaba flotasyon Çizelge 5'te verilen sabit koşullarda gerçekleştirilmiş olup, temizleme aşaması deney koşulları Çizelge 6'da verilmiştir. Deney sonuçları ise Çizelge 7'de gösterilmektedir.

Çizelge 5. Kaba Flotasyon Deney Koşulları

Parametreler	Koşullar
pH	7.1
Tane Boyutu, µm	20
Na_2SiO_3, g/t	500+0+0
A3418+A208, g/t	(50+50+50)+(50+50+50)
MIBC, g/t	20+0+20
Kondüsyon süresi, dk	5+5+5
Flotasyon süresi, dk	3+3+3

Çizelge 6. Temizleme Aşaması Deney Koşulları

Parametreler	Koşullar
A3418+A208, g/t	(50+50)
MIBC, g/t	10
Kondüsyon süresi, dk	5
Flotasyon süresi, dk	5,5

Çizelge 7. Flotasyon Deney Sonuçları

ÜRÜNLER	Miktar %	Au		Ag	
		İçerik g/t	Verim %	İçerik g/t	Verim %
Konsantre	0,4	143,4	9,7	12189,4	25,4
Araürün	10,0	11,40	20,0	381,2	20,6
Artık	89,6	4,43	70,3	110,0	54,0
Toplam	100	5,65	100	182,9	100

Temizleme konsantresinde Au ve Ag içerikleri yüksek olmasına rağmen artıkta büyük miktarda altın ve gümüş kalmıştır. Binoküler mikroskopta yapılan gözlemlerde konsantrenin büyük bir çoğunluğunun özellikle gümüşi renkte metalik özellikler yansıtan taneler olduğu görülmüştür.

4 SONUÇLAR

Maxgold 900 ile yapılan flotasyon deneyinde konsantrede en yüksek Au ve Ag içeriğine ulaşılmış olup, % 28,9 verim ile 14,10 g/t Au ve % 29,4 verim ile 465,0 g/t Ag içeren konsantre elde edilmiştir.

Aerophine 3418 A+ Aero 208 ile yapılan flotasyon deneyinde % 37,3 verim ile 12,04 g/t içerikli Au ve % 41,2 verim ile 430,2 g/t Ag tenörü elde edilmiştir. Aerophine 3418 A'nın tek olarak kullanıldığı flotasyon deneyine kıyasla Aero 208 reaktifi katılınca konsantrede Au ve Ag içeriklerinde artış elde edilmiştir.

Aerophine 3418 A+ Aero 208 kollektörleri kullanılarak yapılan ve temizleme aşaması içeren flotasyon deneyinde %9,7 verim ile 143,4 g/t Au ve %25,4 verim ile 12189,4 g/t Ag içeren en yüksek tenörlü konsantre elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmalar için numuneyi temin eden ve kimyasal analizlerin yapılmasına olanak sağlayan Eti Bakır A.Ş'ye ve desteğini esirgemeyen, her türlü imkanı sağlayan Prof. Dr. Mehmet CANBAZOĞLU'na, sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Remy, H, Anderson, J.S., Kleinberg, J., (1956). Treatise on Inorganic Chemistry, Vol.2., Elsevier, 800s. Amsterdam.

Roshan, B.B. (1990). Hydrometallurgical processing of precious metal ores. Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 6, 67-80.

Aydın, B. (2015). *Birincil ve İkincil Kaynaklardan Farklı Yöntemlerle Altın ve Gümüş Kazanımı,* doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Eti Bakır A.Ş.'ye ait Teknik Rapor (2015).

Geri Dönüşüm Suyunun Kalkopirit Flotasyonuna Etkisi
The Effect of Recycling Water in Chalcopyrite Flotation

M.K. Güner, G. Bulut, Ü. Yenial
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Mineral Processing Engineering, Istanbul

ABSTRACT In this study, recycled water is produced in laboratory condition; AMD is taken from Siirt-Madenköy and plant recycling water (PRW) from Damar Tailing Dam in Murgul-Çakmakkaya Flotation Plant, used as the water in the chalcopyrite flotation experiments. The sample was taken from Murgul-Çakmakkaya Flotation Plant and grounded to under 75μm, which is the same size in Murgul-Çakmakkaya Flotation Plant The results of this study show that experiment with different waters, tap water has the highest recovery.. It is understood that high amount of total organic carbon is efficient for flotation as important as amount of ion concentration.

Key Words: Recycling water, acid mine drainage, flotation, chalcopyrite

ÖZET Bu çalışmada laboratuvar koşullarında oluşturulmuş geri dönüşüm suyu Siirt-Madenköy'den temin edilmiş asit maden drenajı (AMD) ve Murgul-Çakmakkaya Flotasyon Tesisindeki Damart artık barajından alınmış tesis geri dönüüm suyu (PRW) kalkopirit flotasyon deneylerinden su olarak kullanılmıştır. Numune, Mugul-Çakmmakaya Flotasyon Tesis'indeki çalışma koşullarında olduğu gibi 75 mikron altına öğütülmüştür. . Bunlara ek olarak, toplam organik karbon miktarının, iyon konsantrasyonu kadar etkili bir parametre olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: geri dönüşüm suyu, asit maden drenajı, flotasyon, kalkopirit

1 INTRODUCTION

Water is a main ingredient in mineral processing plants. The requirement of water recycling and finding new water resources increase because of increasing water demand and lack of fresh water. Underground water, seawater and acid rock drainage water can be possible alternatives for new water sources but their chemical composition is different from fresh water and may also have side effects. Grinding, flotation, gravity concentration and hydrometallurgical processes use large amount of water. The quality of water might have important effect on the efficiency of mineral processing operations (Schumann, et al. 2009).

This study carried out with Murgul-Çakmakkaya copper ore to investigate the effects of recycling water on flotation of these type minerals. This thesis includes three main parts, which are general information, experimental studies and conclusions.

1.1 Importance of Water Quality on Flotation

Causing of water quality variation in mineral processing plant is gathered two basic factor, which are internal and external factors. (Liu, et al., 2003). "Internal factors include the ore being processed by the concentrator, reagents added into the concentrator and water internal reuse where water is recovered from the concentrator with help of different kind of concentrate/tailing thickeners, local storage tanks etc., and used again by concentrator." (Liu, et al., 2003). The sources of processed water in mineral processing plant are tailing dams, thickener overflows, dewatering and filtration unit. (Bulut & Yenial, 2016). Ore and reagents being processed, water source and plant

water cycle -system affect on flotation water (Liu, et al., 2003). External factors consist of "external to concentrator" combines raw water stream and other water sources stored within mineral processing site boundary. "External to site" water include raw water such as surface water rainfall, ground water, seawater and third party water (Liu, et al., 2003).

1.2 Murgul-Çakmakkaya Flotation Plant

Murgul Çakmakkaya Flotation Plant which is located southern Anatolia, belongs to ETİ Bakır, Cengiz Holding. Run-of-mine ore has been fed 3 million ton per year with 0.65% content and 90 000 tons of concentrate with 20% content was produced annually.

In the bulk flotation circuit chalcopyrite and pyrite have been floated together at natural pH of ore. In selective chalcopyrite flotation, pH has been adjusted between 11-11.5.

150-300 ton fresh water has been processed in the plant while nearly 2000 tons water is cycling. The fresh water-total water rate is between 5-10 %.

2 EXPERIMENTAL STUDIES

In this thesis, it is aimed to investigate the effects of recycled water on the chalcopyrite flotation Furthermore, an acid mine drainage water (AMD), which has high ion concentration, was used in the experiments to understand ion concentration effect of water.

2.1 Material and Method

Different type of waters were used in experiments such as tap water, recycling water produced in the laboratory, acid mine drainage (AMD) and plant process water from Damar tailing dam. Rougher (bulk circuit) and cleaner circuits were performed using anionic collectors (Aerophine 3418A), which are dithiophosphate, frother Methyl Isobutyl Carbinol (MIBC) and lime as a pH regulator in Denver flotation machine.

2.1.1. Chemical composition of sample

The sample was taken from Murgul-Çakmakkaya Flotation Plant. SiO_2 is dominated the ore with 79.35 %. According to chemical analysis, sample of the ore consists of 0.73% Cu, 6.4% Fe, 5.36% S. The sample mainly contains quartz (SiO_2), chalcopyrite ($CuFeS_2$), pyrite (FeS_2).

2.1.2. Size determination test for flotation

Grinding tests were performed in the different times (20, 30, 40 minutes) to determine the size for flotation experiments with a ball mill. The main purpose of size distribution test obtains size range as same as Murgul-Çakmakkaya Copper Flotation Plant. Plant has been worked under 75 micron. The grinding time in 20 minutes provided similar size range to Murgul-Çakmakkaya Copper Flotation Plant. Result of size distribution in 20 minutes.

2.1.3. Preparation of recycling waters

The cycling test had carried out to produce different composition of water in laboratory condition. The first experiment was conducted with tap water. These experiments just contain bulk flotation circuits. The flowsheet of production of recycling water is given in Figure 1.

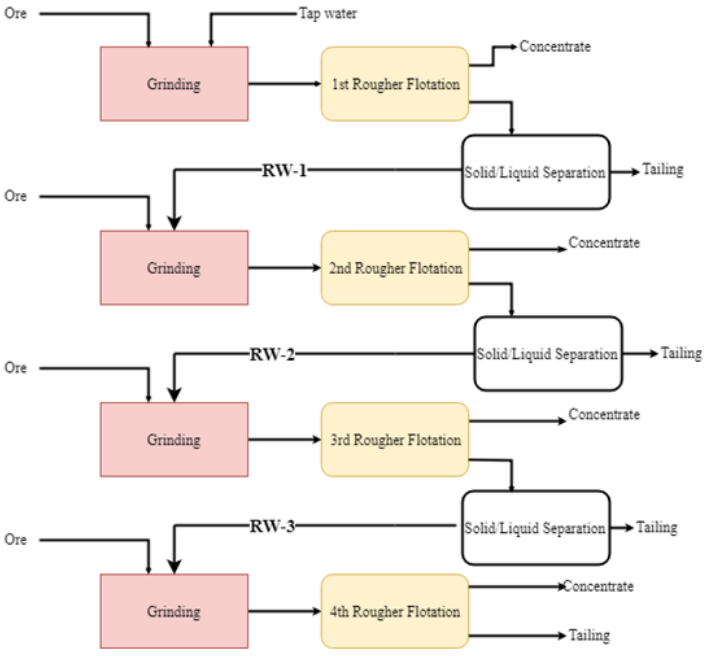


Figure 1. The flowsheet of production of recycling water

2.1.4. Chemical analysis of different waters using in tests

Chemical analysis of water samples which were used in flotation experiments given by Table 1. The analysis of tap water was taken from literature (Süphandağ, et al., 2007).

Table 1. Chemical analysis of waters.

Water Type	SO_4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	TOC ppm
Tap Water	59	59	7,1	1,97
RW-1	142,06	43,52	14,06	3,12
RW-2	505,6	61,23	22,41	5,61
RW-3	734,44	70,62	29,58	5,1
PRW	1315,22	447	70,8	0,16
AMD	6300,63	226,6	391,1	-

3 RESULTS AND DISCUSSION

The first group of experiments were conducted at natural pH of sample with tap water and the recycling water produced in the laboratory condition**.** The second group of experiments contains cleaning circuits with tap water, PRW and AMD which pH was regulated above 12 pH.

3.1 Result of Flotation Experiments with Tap Water and Recycling Waters

The first group of experiments were conducted at natural pH of sample with tap water and the recycling water produced in the laboratory condition. Table 2 and Figure 2 show the experimental results.

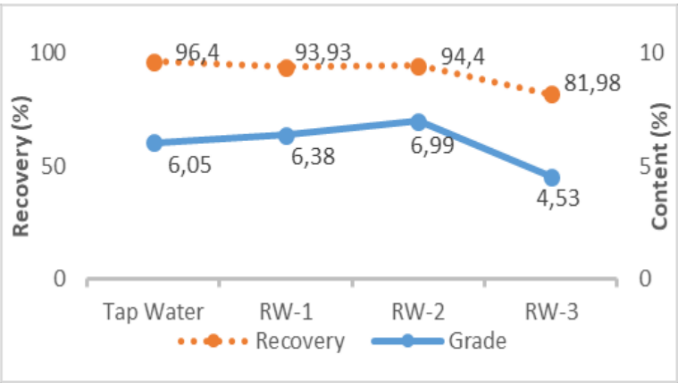


Figure 2. Result of flotation experiments.

Table 2. Result of flotation experiment with tap water and recycling water samples.

Water type	Products	Amount (%)	Cu %)	
			Content	Recovery
Tap Water	Concentrate	11.7	6.05	96.4
	Tailing	88.2	0.03	3.6
	Total	100.0	0.74	100.0
1st Recycling Water	Concentrate	10.8	6.38	93.9
	Tailing	89.2	0.05	6.1
	Total	100.0	0.73	100.0
2nd Recycling Water	Concentrate	10.75	6.99	94.4
	Tailing	89.25	0.05	5.6
	Total	100.00	0.80	100.0
3rd Recycling Water	Concentrate	13.1	4.53	81.9
	Tailing	86.9	0.15	18.1
	Total	100.00	0.72	100.0

The results show that flotation experiment with tap water has highest recovery with 96.4%, but flotation experiment with second recycling water has the highest content with 6.99%. There is a dramatic fall in the flotation experiment with third recycling water. Recovery is decreased from 94.4% to 81.2% and content is decreased from 6.99% to 4.53% in the experiment when water recycled third times.

3.2. Result of Flotation Experiments in Cleaning Circuit

Experiments in rougher and cleaner circuit were performed with acid mine drainage (AMD) is taken from Siirt-Madenköy, process recycling water (PRW) from Damar Tailing Dam and tap water as shown in Table 3 and Figure 3. The pH was increased from natural pH above 12 in the cleaner flotation circuits.

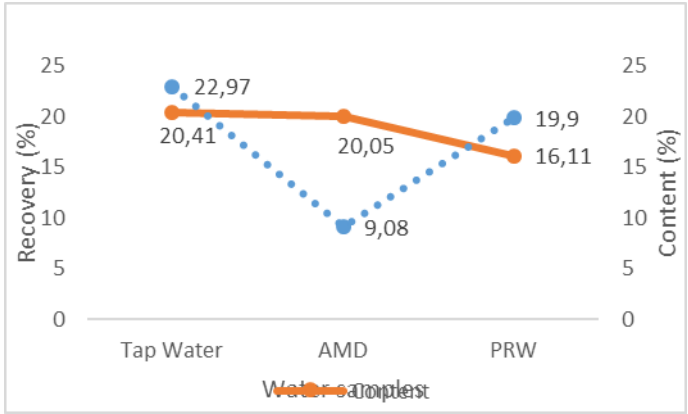


Figure 3. Recovery-Content of cleaning flotation experiments with tap water AMD and PRW.

Table 3. Results of cleaning flotation with tap water, AMD and PRW

Water type	Products	Amount (%)	Cu (%)	
			Content	Recovery
Cleaning Flotation with Tap Water	Concentrate	1.0	20.41	22.97
	Middling 2	3.6	11.92	49.91
	Middling 1	6.0	3.12	21.89
	Tailing	89.45	0.05	5.23
	Total	100.0	0.86	100.0
Cleaning Flotation with AMD	Concentrate	0.3	20.05	9,08
	Middling 2	5.5	8.45	60,89
	Middling 1	11.5	1.65	24,63
	Tailing	82.7	0.05	5,39
	Total	100.0	0.77	100,00
Cleaning Flotation with PRW	Concentrate	0.8	16.11	19.9
	Middling 2	1.7	7.74	20.8
	Middling 1	9.2	3.74	53.7
	Tailing	88.3	0.04	5.5
	Total	100.0	0.64	100,0

According to results, the final concentrate contents are approximetly 20 % Cu with AMD and tap water. The highest recovery was obtained with tap water in the cleaner circuit. The lowest recovery was obtained with 9,08 which is with AMD.

4 CONCULUSION

The highest recovery was obtained in flotation experiments with tap water compared to the results of the experiments with other waters such as acid mine drainage (AMD) water and recycling waters

In the experiment with second recycling water has lower recovery (94.4 %) but higher content (6.99%) than experiment with tap water, which has 96.4 % recovery and 6.05% content. This result promotes the issue that high ion concentration increase content but decrease recovery until critical amount.

In fact, it is understood that both the recovery and the content fall due to the increased ion concentration, as a result of experiments in which the water is circulated several times. Flotation with AMD high amount of concentrate was obtained but the concentrate has low content.

KAYNAKLAR

Acarkan, N., Bulut, G. Y., Burat, F., Özer, M., Baştürkçü, H., Aydın, B., & Yenial, Ü. G. (2015). Eti Bakır A.Ş.'ye ait Bakır ve Altın Madenlerinde Altın Dağılımının Belirlenmesi ve Altın ile Gümüşü Gravite Yöntemiyle Elde Etme Olanaklarının Araştırılması. Istanbul: *Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı.*

Bulut, G., & Yenial, Ü. (2016). Effects of major ions in recycled water on sulfide minerals flotation. *Minerals and Metallurgical Processing, 137*.

Liu, W., Moran, C., & Sue, W. (2003). A review of the effect of water quality on flotation. Minerals Engineering, 92.

Schumann, R., Levay, G., & Ametov, I. (2009). The impact of Recycling on Process. *Proceedings Water in Mining Conference (pp. 79-86).* Perth: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne.

Süphandağ, Ş. A., Uyguner, C. S., & Bekbölet, M. (2007). İstanbul'da tüketilen ticari ve şebeke bazlı içme sularının kimyasal ve spektroskopik profilleri. *İtü dergisi*, 23-25.

Pirit Flotasyonunda Köpürtücünün Etkisi
The Effects of Frothers on Pyrite Flotation

S. Bayram, Ü. Yenial, G. Bulut,
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Mineral Processing Engineering, Istanbul

ÖZET Pirit, ülkemizde ve dünyada yaygın olan bir sülfür mineralidir. Pirit, özellikle ticari ehemmiyeti olan kükürt ve kükürt dioksit üretiminde kullanılır. Flotasyon, pirit mineralinin diğer minerallerden ayrılmasına uygulanan en yaygın cevher hazırlama yöntemidir.

Bu çalışmada, köpürtücü miktar ve cinsinin, köpürtücü karışımlarının, köpürtücü cinsine bağlı olarak pirit flotasyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Köpürtücü olarak, Dowfroth 250, MIBC (Metil Iso Butil Carbinol), Çamyağı ve AF76A kullanılmıştır. Köpürtücü kullanılmadan ve kullanılarak, 4 farklı köpürtücü tek ve ikili kombinasyonları olarak deneyler yapılmıştır. Köpürtücülerin miktarlarının artışına bağlı olarak, flotasyon verimleri tekli ve ikili kombinasyonlarda artmaktadır. Köpürtücüler ikili karışımlar halinde kullanıldığında tekli kullanımlarına göre daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Dowfroth 250 tipi köpürtücünün diğer köpürtücülere göre hem tekli hem de ikili sistemlerde daha etkili olduğu belirlenmiştir. Sıralama MIBC, AF76A ve Çam yağı şeklinde devam etmiştir.
Anahtar Kelimeler: Flotasyon, pirit, köpürtücüler

ABSTRACT Pyrite is a sulphide mineral which is common in our country and in the world. Pyrite is especially used in the production of sulfur and sulfur dioxide, which is of commercial importance. Flotation is the most widely used mineral processing method for the separation of pyrite from the other minerals.

This thesis includes research for the effect of frother amount and type on pyrite flotation. As the frothers, Dowfroth 250, MIBC (Methyl Iso Butyl Carbinol), Pine Oil and AF76A were used. The frothers were used alone and in the form of binary compositions. Depending on the increase in the amounts of frothers, flotation yields are increased in single and double combinations. It has been observed that when used as a double mix of frothers, better results are obtained compared to single use. It has been determined that the Dowfroth 250 frother is more effective in both single and dual systems than other frothers. Among the other foamers are MIBC, AF76A and Pine Oil.
Keywords: Flotation, pyrite, frothers

1. GİRİŞ

Doğada birçok minerale eşlik eden ve genellikle kalkopirit, galen, sfalerit gibi kendisinden daha kıymetli metal-sülfür mineralleri ile bir arada bulunan pirit (FeS_2), çoğu cevher hazırlama tesisinde diğer sülfür minerallerinin yanında bir gang minerali gibi işlem görmektedir. Pek fazla kullanım alanı olmaması nedeniyle düşük ekonomik değere sahip pirit konsantreleri Türkiye'de ve dünyanın pek çok ülkesinde, genellikle sülfirik asit üretiminde kullanılmaktadır (Akdağ,1990). Piritin, (sfalerit, kalkopirit ve galen) diğer sülfürlü minerallerden ya da yantaşından ayrılmasında kullanılan en etkin yöntem, yüzey özellik farklılıklarına dayanan flotasyon yönetimidir. Bu çalışma kapsamında, köpürtücü cinsi, miktarı ve ikili kombinasyonlarının pirit flotasyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme

Deneysel çalışmalarda koleksiyoncudan alınmış doğal pirit numunesi kullanılmıştır. Pirit numunesi deneylere başlamadan elle ayıklanarak temizlenmiştir. Her bir flotasyon deneyi için numuneler hemen deney öncesi, bilezikli değirmen kullanılarak 200 mikron altına indirilmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre pirit numunesi %0.30 Cu, %46.55 Fe, %0.15 SiO_2 ve %53.45 kükürt içermektedir.

2.2. Method

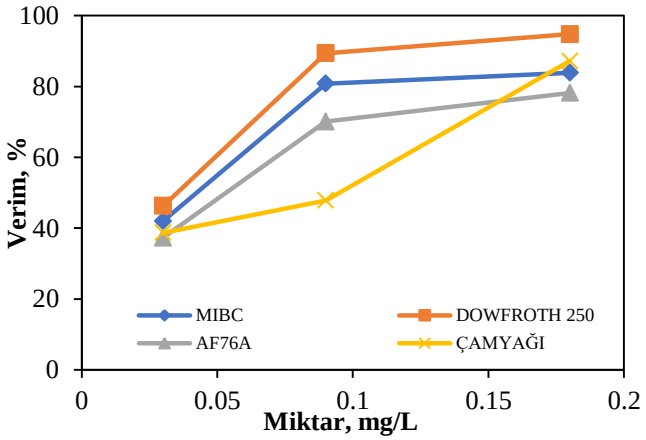
Deneyler, Denver marka laboratuvar tipi flotasyon makinasında yapılmıştır. 20 gr pirit kullanılarak yapılan deneyler 1 L'lik flotasyon hücrelerinde 1000 dev/dk karıştırma hızında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kollektör olarak 0.03 mg/L KAX kullanılmıştır. Deneyler, sülfürik asit ilavesi ile pH 4.5'da yapılmıştır. Flotasyon süresi 3 dk'dır. Köpürtücü olarak MIBC, Dowfroth 250, AF76A ve Çamyağı kullanılmıştır.

Deney sonuçları batan ve yüzen ürünler tartılarak verim hesabına göre değerlendirilmiştir.

3. DENEY SONUÇLARI

3.1. Köpürtücülerin Tekli Kullanımlarının Verime Etkisi

Her bir köpürtücünün miktarı değiştirilerek flotasyon deneyleri yapılmıştır. Şekil 1'de farklı türdeki köpürtücü miktarlarının verim değişimleri toplu halde verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi dört tip köpürtücünün arasından en iyi verimin Dowfroth 250 ile elde edildiği bulunmuştur. En düşük verim ise düşük konsantrasyonlarda Çamyağı ile elde edilmiştir.



Şekil 1. Farklı miktarlardaki köpürtücülerin flotasyona etkisi.

3.2. Köpürtücü Karışımlarının Etkisi

Bu bölümde köpürtücüler düşük (0.03 mg/L) ve yüksek (0.09 mg/L) konsantrasyonlarda olmak üzere karışımlar halinde iki deney grubunda incelenmiştir. Köpürtücü karışımlarının etkisinin incelendiği flotasyon deneylerinde dört tip köpürtücü eşit oranlarda hücre içine eklenerek deneyler yapılmıştır. Düşük konsantrasyonlu deneylerde ikiköpürtücü eşit miktarda (0.015 mg/L+0.015 mg/L) kullanılarak toplam miktar olarak 0.03 mg/L olacak şekilde eklenmiştir.

Düşük konsantrasyonlardaki (0.03 mg/L) yapılan deney sonuçları Çizelge 1'de, yüksek konsantrasyonlardaki (0.09 mg/L) yapılan deney sonuçları ise Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. Düşük Dozajda Köpürtücü Karışımlarının Flotasyona Etkisi

Köpürtücü Karışımları	Verim, %	Taşınan Su Miktarı, mL	Köpük Çapı, cm
MIBC-Çamyağı	82,5	165	0,67
MIBC-AF76A	44,9	239	0,46
MIBC-Dowfroth-250	93,7	285	0,28
Dowfroth-250-AF76A	48,5	262	0,35
Dowfroth-250-Çamyağı	51,8	305	0,22
AF76A-Çamyağı	78,8	311	0,83

Çizelge 2. Yüksek Dozajda Köpürtücü Karışımlarının Flotasyona Etkisi

Köpürtücü Karışımları	Verim, %	Taşınan Su Miktarı, mL	Köpük Çapı, cm
MIBC-Çamyağı	88,4	356	0,39
MIBC-AF76A	92,4	451	0,16
MIBC-Dowfroth-250	98,5	401	0,18
Dowfroth-250-AF76A	93,9	376	0,21
Dowfroth-250-Çamyağı	92,3	431	0,17
AF76A-Çamyağı	98,5	409	0,23

4. GENEL SONUÇLAR

Bu deneysel çalışmada pirit flotasyonu üzerindeki köpürtücülerin etkisi incelenmiştir. Pirit flotasyon deneyleri oldukça temizlenmiş bir numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Deneyler potasyum amil ksantat kollektörü ile, daha önceki bir çalışmada piritin en iyi yüzebildiği aralık olan pH 4,5'de yapılmıştır (Bulut, 1999).
- Deneyler sabit koşullarda, MIBC, Dowfroth 250, AF76A ve çamyağı köpürtücülerinin miktarı değiştirilerek, tekli ve ikili karışımlar halinde eklenerek yapılmıştır.
- Deneyler pirit verimleri, köpük çapları ve taşan su miktarlarına göre değerlendirilmiştir.
- Bütün deneylerde köpürtücü miktarının artmasına bağlı olarak verimlerin arttığı gözlenmiştir.
- Köpürtücülerin tek olarak eklendiği durumda en iyi verim sonuçlarına Dowfroth 250 köpürtücü ile ulaşılmıştır. Çamyağı özellikle düşük konsantrasyonlarda en kötü sonuçları vermektedir.
- Ikili kombinasyon deneylerinde düşük dozajlarda en yüksek verimler Dowfroth 250+ MIBC karışımı ile elde edilmiştir. Tekli kullanımlarında % 50'lerde olan verimler, ikili karışımlarda %90'lara ulaşmaktadır.
- Yine AF76A ve Çamyağı düşük doyajlarda tek başlarına kullanıldıklarında verimler %40'ın altında iken, ikili karışımlarda verim %80'e ulaşmaktadır.
- Köpürtücülerin yüksek dozajlarda karışımlarının incelendiği deneylerde, bütün kombinasyonlarda verimler %90'ların üzerindedir. Yine MIBC + Dowfroth 250 ve AF76A + Çamyağıkarışımları ile %98.5 verimler ile pirit yüzdürülebilmektedir. Ikili karışımlar ile verimler yüksek dozajlarda da tekli kullanımlara göre oldukça farklıdır.
- Köpürtücülerin miktarlarının artmasına bağlı olarak verimler artarken, köpük çapları küçülmektedir. Ikili kombinasyon deneylerinde yüksek dozajlarda en küçük kabarcık çapları ölçülmüştür. Örneğin MIBC + Dowfroth 250 kullanıldığı deneylerde köpük çapları 0,18 cm olarak ölçülmektedir. Tekli kullanıldıklarında aynı dozajda MIBC ile köpük çapı 0,3 cm iken, Dowfroth 250'de 0,27 cm'dir.

- Taşan su miktarı da verimlere bağlı olarak artmaktadır. İkili kombinasyonlar için yüksek dozajlarda en fazla taşan su miktarı elde edilmektedir.

Sonuç olarak, flotasyonda köpürtücülerin karışımlar halinde kullanımları özellikle bazı köpürtücüler arasında sinerji yaratmaktadır. Tekli bir mineral ile yapılan bu çalışmanın cevher numuneleri ile de denenmesinin faydalı sonuçlar üreteceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akdağ, M., 1990. Pirit küllerinin demir cevheri olarak kullanılabilirliğinin redükleyici ısıl işlem yolu ile araştırılması, 3. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, İzmir, 11-13 Eylül, s. 206-213.

Bulut, G., 1999. Piritlerin Flotasyon Davranışı ve Yüzey Özellikleri, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Seramik Killerinden Sülfitin Uzaklaştırılması
Removal of Sulphite from Ceramic Clays

T. Aydemir, A. A. Sirkeci
İ.T.Ü., Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Seramik üretimi için en önemli hammaddelerden birisi kaolendir. Kaolen grubu kil mineralleri doğada sulu alüminyum silikat olarak, $2H_2O.Al_2O_3.2SiO_2$ formunda bulunmaktadır. Seramik endüstrisi için kaolen kili, seramiğin pişmesi esnasında beyaz pişme rengi vermelidir. Pişme dayanımını etkileyen parametrelerden birisi de sülfit içeriğidir. Sülfit içeriğinin yüksek olması, kaolinit minerali için alunit minerali ile birlikte bulunmasını temsil etmektedir. Alunit minerali $K_2O.3Al_2O_3.4SO_3.6H_2O$ formunda bulunan sulu potasyum alüminyum silikattır.

Bu çalışma kapsamında, Balıkesir ili Düvertepe yöresine ait alunitli kaolenin zenginleştirilmesi amaçlanmaktadır. Alunitli kaolen numunesinin SO_3 oranı (%2,34), kabul edilebilir SO_3 miktarının (%0,5) üstündedir. Alunit içeren hammaddelerin yüksek sıcaklıklarda pişmesi sırasında gaz çıkışı ve alkali sülfat buharlaşması olması sebebiyle, sinterleşme tamamlanamamakta ve gaz çıkışı ile seramik yapısında çatlamalar meydana gelmektedir. Flotasyon yöntemi kullanılarak, SO_3 oranı %0,52'ye kadar düşürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: kaolen, alunit, kil, flotasyon.

ABSTRACT One of the most important raw materials for ceramic production is kaolin. The kaolin group clay minerals are hydrated aluminum silicate in nature, $2H_2O.Al_2O_3.2SiO_2$. For the ceramics industry, the kaolin clay should give a white firing color during the firing of the ceramics. One of the parameters affecting the firing resistance is the sulphite content. The high content of sulphite represents the coexistence of kaolin mineral with alunite mineral. Alunite is hydrated potassium aluminum silicate in the form of $K_2O.3Al_2O_3.4SO_3.6H_2O$.

Within the scope of this dissertation, it is aimed to enrich the alunite kaolin taken from Düvertepe(Balikesir) district. The SO_3 content (2,34%) of the alunite kaolin sample is above the acceptable SO_3 content (0,5%). Due to the gas evolution and alkaline sulphate evaporation during the baking of the raw materials containing alunite at high temperatures, sintering cannot be completed, cracks in the structure. By applying the flotation method, the SO_3 ratio was reduced to 0,52%.

Keywords: kaoline, alunite, clay, flotation.

1 GİRİŞ

Kaolen, ganit ve diğer magmatik/volkanik kayaçların yerlerinde bozunmaları sonucu oluşan ve ana minerali kaolinit olan bir kil grubudur. Kaolen kili ilk olarak Çin'in Jiangxi Bölgesinde bulunmuştur. En önemli kaolen grubu kil mineralleri kaolinit, halloysit ve dikittir. Kaolen grubu kil

minerallerinden en sık rastlanılanı ve seramik endüstirisinin en önemli hammaddelerinden birisi olan kaolinit mineralidir. Genel anlamda kaolen ana bileşimi bakımından alüminyum hidrosilikat formunda tanımlanmaktadır.

Kaolen yataklarını, diğer kil yataklarından ayıran en önemli fiziksel faktör cevherleşme ile orjinal kayacın aynı yerde olmasıdır. Başka bir deyişle kaolen cevherleşmeleri yerinde ayrışarak ve yerinde çökelerek oluşurken, diğer kil yatakları yerinde ayrışarak ve taşınarak depolanma sonucu oluşurlar. Kaolen cevherleşmesinin oluşumu, ana kayaç (feldspat içeren granitik kayaçların veya volkanik kayaçların feldspatlarının) altere olarak kaolinit mineraline dönüşümüne dayanmaktadır. Bu alterasyonun gelişmesinin temeli olarak, ana kayaç içerisindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözünür tuzlar şeklinde ortamdan uzaklaşması sonucu Al_2O_3 içerikli sulu, silikatça zenginleşen kayacın kaoliniti oluşturduğu söylenebilir. Bir kil yatağında ana mineral kaolinit ise o yatak kaolen yatağı olarak isimlendirilir.

Kağıt kaplama ve dolgu malzemesi, seramik malzemesi olarak genel kullanım alanı bulan kaolen grubu kil mineralleri genellikle felspatların bozuşması sonucu oluşmasıyla birlikte, değişen oranlarda mika, feldspat, kuvars, titan oksitler ve demir içerirler (Malayoğlu & Akar, 1995). Kaolen cevherleri için en önemli safsızlıklardan birisi de alunit mineralinin bünyeye girmesidir. Kaolen, %46,5 SiO_2, %39,5 Al_2O_3 ve %14 H_2O ideal bileşimi ile tanımlanırken (Hurlbut, 1944). Kaolen büyesindeki alüminyum oksit miktarının azalması durumunda bileşime az oranda da olsa demir, kükürt ve potasyum girer. Bünyeye giren bu safsızlıklar sonucunda cevher bünyesinde alunit varlığından söz edilir. Alunit varlığı, seramik üretiminde ısıl işlem prosesinde ateş kaybının artmasına sebep olmaktadır. Böylece seramik bünyesinde geri dönüşü mümkün olmayan bozunmalara sebebiyet vermektedir.

Kaolenin hidratlı hali olarak tanımlanan halloysit ile yapılan flotasyon çalışmaları kollektör olarak sodyum oleat ve köpürtücü olarak MIBC kullanımına dayanmaktadır. Alünitin ters flotasyon ile halloysit bünyesinden uzaklaştırılması amaçlanmış, $2,5x10^{-6}$ mol/l sodyum oleat kullanılarak %98 uzaklaştırma verimiyle alunit yüzdürülmüştür. Ancak bu çalışmada sadece %60 verimle halloysitin kazanıldığı ve pH 6,5'de deneyin yapıldığı belirtilmiştir (Yapa, Atak, & Sirkeci, 1994).

Kavurma+liç prosesinde 600˚C sıcaklıkta kavurma sırasında kükürdün $SO_{3(gaz)}$ formunda uzaklaştırılması ve kükürt trioksidin kireç sütü ile indirgenmesi amaçlanmaktadır. Kavurma sıcaklığı 600 ˚C'nin üstüne çıktığı durumda kaolenin yapısında bozunmalar meydana gelmekte ve metakaolene dönüşmektedir. Kavurma sonrasında Na_2CO_3 ile liç sonrasında bünyedeki kükürdün reaksiyon ile Na_2SO_3 formunda bağlanması ile sodyum sülfat tuzu elde edilecektir. Yapılan bu çalışmada kaolenin yapısı bozulmadan, hidrometalürjik ve pirometalürjik işlemler ile SO_3 oranının %0,5 altına inmek mümkün olmamıştır (Bayraktar, Ersayın, Gülsoy, Ekmekçi, & Can, 1999).

Devam eden süreçlerde yapılan liç çalışmalarında ise 100 dereceden düşük sıcaklıklarda liç prosesi denenmiş olup en fazla %1,5 alunit içeriğine kadar düşürülebilmiştir. Bu çalışmada ise en fazla 5 molar sodyum hidroksit veya potasyum hidroksit ile kavurma yapılmaksızın liç prosesi denenmiştir (Özgen & Özgen, 2015).

Literatürde sülfit içeren ve seramik bünyesinde yapısal bozunmalara sebep olan alunitli kaolenin zenginleştirilmesi ile ilgili yeterli araştırmanın olmadığı görülmüştür. Alünitli kaolen yataklarının geniş olması ve kaolenin seramik açısından ticari önemi de göz önüne alınarak, bu çalışmada alünitin kaolenden flotasyon yöntemi kullanılarak uzaklaştırılması amaçlanmaktadır.

2 DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1 Malzeme

Türkiye açısından bilinen en büyük hidrotermal kökenli kaolen yatakları, Balıkesir'in Düvertepe yöresinde yer almaktadır. Düvertepe bölgesindeki kaolen yatakları alunit içermektedir (Ekinci, 2009). Alunit içeren cevherlerde sülfit oranının artması alunitli kaolen yataklarının seramik endüstrisinde kullanımını mümkün kılmamaktadır. Bu çalışmada Düvertepe yöresine ait kaolenler çalışılacak olup, sülfit içeriğinin düşürülmesi ile seramik endüstrisi için hammadde kaynağı olması sağlanacaktır.

Deneysel çalışmalar öncesinde yapılan ve tüvenan cevherin kimyasal olarak bileşimini gösteren XRF analizi sonucu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Alunitli Kaolen Cevherinin XRF Analizi Sonuçları.

Kimyasal İçerik	Bileşim, %
SiO_2	67,34
Al_2O_3	18,44
TiO_2	0,33
Fe_2O_3	0,25
CaO	0,01
MgO	0,04
K_2O	0,75
SO_3	2,34
Na_2O	Eser
K.K.	10,02

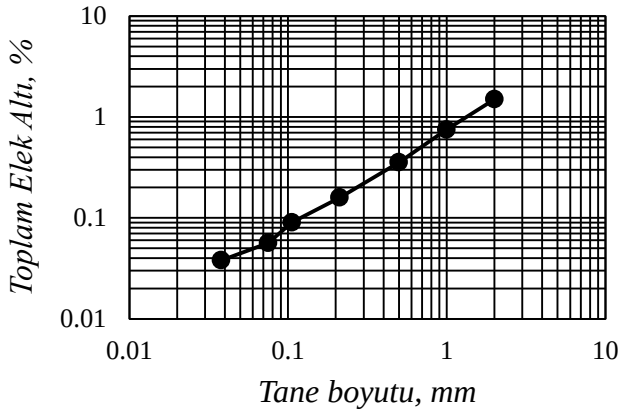
Cevher yapısında bulunan minerallerin tayini zenginleştirme yönteminin belirlenmesi ve cevherin tanınması açısından önem arz etmektedir. Mineralojik analiz yöntemi olan XRD yöntemine göre yapılan analiz çalışmalarında %55 kuvars, %37 kaolinit ve %7 alunit varlığı tespit edilmiştir.

2.2 YÖNTEM

Zenginleştirme çalışmalarının yapılması için öncelikle zenginleştirme öncesi hazırlık işlemleri kapsamında kırma ve boyuta göre sınıflandırma yapılmalıdır. Cevher 2 mm altına kırıldıktan sonra yapılan elek analizi sonuçları Tablo 2'de ve elek altı verileri göz önüne alınarak hazırlanan parça boyut dağılım eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 2. Boyutu 2 mm altına indirilen cevherin elek analizi değerleri.

Boyut Aralığı (mm)	MİKTAR		
	%	% ∑Elek Üstü	% ∑Elek Altı
+2	25,98	25,98	100
-2+1	29,68	55,66	74,02
-1+0.5	13,42	69,08	44,34
-0.5+0.212	9,47	78,55	30,92
-0.212+0.106	4,51	83,06	21,44
-0.106+0.075	1,29	84,35	16,94
-0.075+0.038	2,20	86,55	15,64
-0.038	13,45	100	13,45
Toplam	100,0		



Şekil 1. Parça Boyut Dağılım Eğrisi

Kırıcı çıkışlı 2 mm altına kırılmış ürün seramik değirmende %60 pülpte katı oranı ile öğütmeye tabi tutulmuştur. Sonuç olarak flotasyon deney grupları için 150 mikron altı ve 75 mikron altı öğütülmüş ürün elde edilmiştir.

Flotasyon, üretilecek cevherin hidrofobik veya hidrofilik özellikte olmasını temel alan hava ile kabarcık oluşturularak cevherin yüzmesini veya batmasını sağlayan fiziko-kimyasal cevher zenginleştirme yöntemidir (Atak & Tolun, 2014). Flotasyon çalışmalarında kollektör olarak %1'lik sodyum oleat (Na-Ol), depresant olarak sodyum silikat (Na_2SiO_3) ve köpürtücü

olarak MIBC kullanılmıştır. Deneyler alunitli kaolen için doğal pH olan 7,5'te yapılmıştır.

3 SONUÇLAR

150 mikron altı numune ile yapılan deneylerde, kollektör ve köpürtücü miktarının arttırılması ile uzaklaştırılan sülfit içerikleri incelenmiştir. Tablo 3'te verilen $\%SO_3$ içeriğini gösteren tabloya göre kollektör miktarının 150 mikron altı numune için çok etkili bir çözüm olmadığı görülmüştür.

Tablo 3. Kollektör miktarının arttırılmasına bağlı SO_3 içeriği.

Tane Boyutu	Na-Ol Miktarı (g/ton)	MIBC Miktarı (g/ton)	SO_3 (%)
-150 mikron	100	20	1,50
-150 mikron	500	50	1,10

Devam eden deneylerde ise depresant ve tane boyutunun etkisi incelenmiştir. Deneylerde kollektör miktarı 500 g/ton ve köpürtücü miktarı 50 g/ton olarak sabit tutulmuştur. 75 mikron altı numune ile yapılan çalışmada sülfit içeriği %1,04'e düşürülmüş, 150 mikron altı numune ile yapılan çalışmada ise %1,10 sülfit içeriğine düşürülmüştür. Yapılan tane boyutunun flotasyona etkisi ile ilgili deneylere bakıldığı zaman 75 mikron altı numunede daha iyi sonuç alındığı Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4. Tane boyutu ve depresant kullanımına bağlı SO_3 içeriği.

Tane Boyutu	Na-Ol Miktarı (g/ton)	MIBC Miktarı (g/ton)	Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	SO_3 (%)
-150 mikron	500	50	-	1,10
-75 mikron	500	50	-	1,04
-75 mikron	500	50	2500	1,62

Bu sonuca göre depresant ekleyerek yapılan çalışmada 75 mikron altı numune için etkisi incelenmiş olup sülfit oranı %1,62'ye düşürülmüştür. Bunun sonucunda depresant kullanımının sadece aluniti bastırmadığı aynı zamanda kaoleni de bastırdığı sonucu çıkarılmıştır.

Yapılan deneylerde 75 mikron altı numunenin flotasyon kabiliyetinin yüksek olduğu anlaşıldığından dolayı, kollektör miktarının arttırılması ile ilgili deneyler yapılmıştır. Yapılan çok kademeli flotasyon deneylerinde kollektör olarak kullanılan sodyum oleatın kendiliğinden köpürme yeteneği de dikkate alınarak kullanılan MIBC miktarı azaltılmıştır. Tablo 5'te kollektör ve köpürtücü miktarına bağlı olarak yapılan deneylerin sonucunda incelenen SO_3 miktarları verilmiştir.

Tablo 5. Kollektör miktarına bağlı olarak SO_3 içeriği.

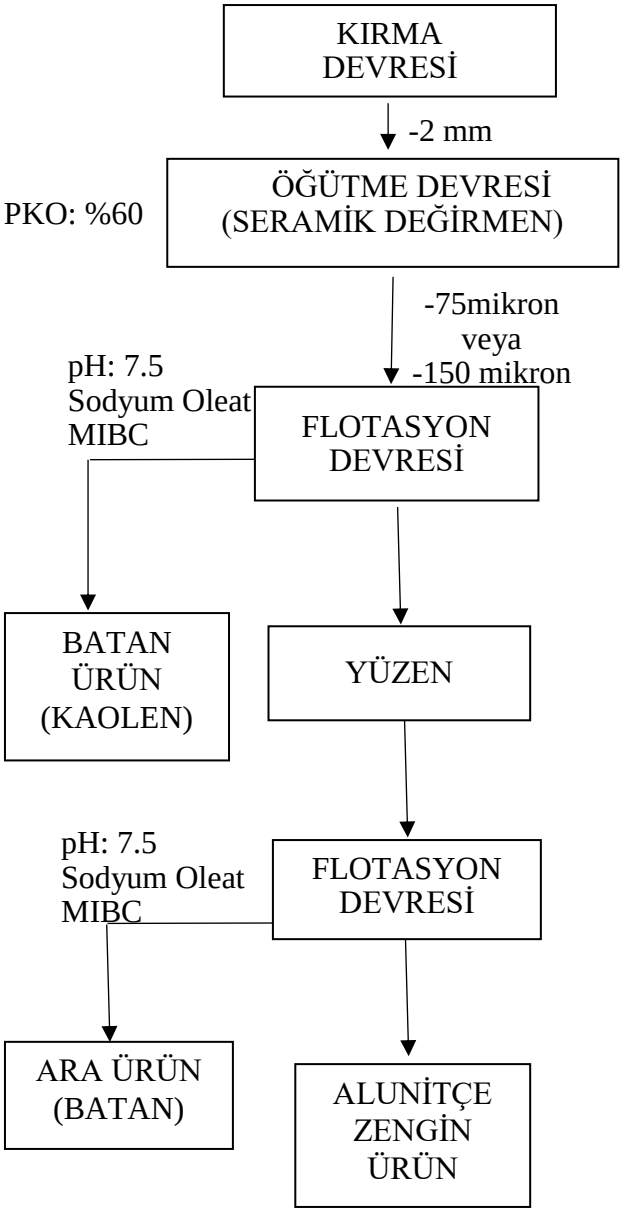
Tane Boyutu	Na-Ol Miktarı (g/ton)	MIBC Miktarı (g/ton)	SO_3 (%)
-75 mikron	1300	130	0,79
-75 mikron	1410	90	0,52
-75 mikron	1700	35	0,92

Tane boyutu ve kollektör miktarının incelenmesinin ardından pülpte katı oranının değiştirilmesi ile sonucun nasıl değişeceği merak konusu olmaktadır. Bunun sonucunda, %18 pülpte katı oranı ve %30 pülpte katı oranı ile deneyler yapılmıştır. Deneylerin sonucunda elde edilen $\%SO_3$ içerikleri Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Pülpte katı oranının ve tane boyutunun SO_3 içeriğine etkisi.

Tane Boyutu	Na-Ol Miktarı (g/ton)	MIBC Miktarı (g/ton)	Pülpte Katı Oranı (%)	SO_3 (%)
-75 mikron	1410	90	18	0,52
-75 mikron	1600	20	30	1,26
-150 mikron	1410	90	18	1,16

Sonuç olarak, 150 mikron ve 75 mikron altı numunede alunitin uzaklaştırılması için çalışmalar yapılmıştır. En iyi uzaklaştırmanın 1410 g/ton sodyum oleat ve 90 g/ton MIBC ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Tüvenan cevher bünyesindeki %2,34 SO_3 oranı flotasyon sonucunda %0,52 SO_3 oranına düşürülmüştür ve beslenen malzemenin %71'i oranında kaolen kazanılmıştır. Alunitin hafif bazik (pH 7,5) ortamda 75 mikron altı boyutlu cevher ile yapılan çalışmada uzaklaştırıldığı ve seramik üretiminde kullanılabileceği açıklanmıştır. Yapılan çalışmanın akım şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Deneysel çalışmada uygulanan akım şeması.

TEŞEKKÜR

Çalışma boyunca sorularımı yanıtlayan, karşılaştığım sorunları aşmamda bana yardımcı olan danışmanım ve bu çalışma süresince bölümün olanaklarından ve laboratuvarlarından yararlanmamı sağlayan Cevher Hazırlama Mühendisliği bölüm başkanı **Prof. Dr. Ayhan Ali SİRKECİ**'ye**,** şirket olanaklarını, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Kale Seramik AR-GE Direktörü **Kağan KAYACI**'ya teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Atak, S., & Tolun, R. (2014). Flotasyon. G. Önal, G. Ateşok, & K. T. Perek içinde, *Cevher Hazırlama El Kitabı* (s. 185). İstanbul: Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı.

Bayraktar, I., Ersayın, S., Gülsoy, Ö. Y., Ekmekçi, Z., & Can, M. (1999). Temel seramik ve cam hammaddelerimizdeki (feldispat, kuvars ve kaolin) kalite sorunları ve çözüm önerileri. *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu* , (s. 29-30). İzmir.

Ekinci, B. (2009). *Düvertepe-Şapçı (Sındırgı,Balıkesir) Bölgeleri Kaolen (+/-Alunit) Oluşumlarının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi.* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hurlbut, C. S. (1944). *DANA'S Manual of Mineralogy* (Beşinci Baskı b.). New York: John Wiley & Sons, Inc.

Malayoğlu, U., & Akar, A. (1995). Killerin Sınıflandırılmasında ve Kullanım Alanlarının Saptanmasında Aranan Kriterlerin İrdelenmesi. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, (p. 125). İzmir.

Özgen, A., & Özgen, S. (2015).

Yapa, N., Atak, S., & Sirkeci, A. A. (1994). Separation of Alunite and Halloysite by Flotation. *RAMM'94*, (s. 510-517).

Baritin Tane Şekil Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Particle Shape Properties of Barite

T. Türk, K.T. Perek
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, Türkiye
turktulaay@gmail.com

ÖZET Barit minerali baryum elementinin en yaygın mineralidir. Ticari önemi fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanan barit minerali birçok alanda kullanılmaktadır. Morfoloji ise tanelerin fiziksel özelliklerini belirten bilim dalıdır. Cevher hazırlama işlemleri sırasında uygulanan işlemler sırasında farklı mekanizmaların etkisinde tanelerde farklı fiziksel özellikler meydana gelmektedir. Bu çalışmada barit mineralinin yuvarlaklık ve pürüzlülük gibi morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk aşamada çeneli kırıcı, konili kırıcı ve merdaneli kırıcı kullanılarak kırma işlemi gerçekleştirildikten sonra bilyalı değirmen kullanılarak öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen numunelerin morfolojik özellikleri ile cevher hazırlama işlemleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Morfoloji, barit, yuvarlaklık, pürüzlülük

ABSTRACT Barite is the most common mineral of the barium element. Barite which has commercial importance due to its physical and chemical properties is used in many different areas. Morphology is the science that describes the physical properties of particles. Different physical properties occur on the particles under the influence of different mechanisms during the processes applied in mineral processing. The objective of this study is to determine the morphological properties such as roundness and roughness of barite mineral. For this purpose, crushing process was performed using jaw crusher, cone crusher and roller crusher in the first stage followed by grinding process using ball mill. The relationship between the processes carried out after the measurement of the morphological characteristics with the samples obtained during the experiments was investigated.

Keywords: Morphology, barite, roundness, roughness

1. GİRİŞ

Barit minerali baryum elementinin en yaygın mineralidir ve kimyasal formülü $BaSO_4$ olan barit mineralinin özgül ağırlığı çok yüksektir (MTA, t.y.). Barit yüksek özgül ağırlığından($4.5 g/cm^3$) dolayı sondaj sıvısında, oksitleyici ve renk giderici olarak cam yapımında, dolgu maddesi olarak boyada, ince öğütülmüş barit kauçukta ve diğer birçok alanda kullanılmaktadır (Ciullo, 1996). Barit mineralinin ticari önemi fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Barit gang mineralleri olarak kuvars, karbonat mineralleri, sülfit mineralleri ve kil içerebilir (Demirci, ve Özel, 2015).

Türkiye'de Alanya-Gazipaşa bölgesi, Konya-Isparta bölgesi, Muş bölgesi ve Kahramanmaraş bölgesi başta olmak üzere çok sayıda barit yatağı bulunmaktadır (MTA, t.y.). Türkiye'nin yanı sıra dünyada Çin, Hindistan, ABD, Fas ve Meksika barit üretiminde başta gelen ülkelerdendir (Cengiz ve Kuşçu, 2000).

Son zamanlarda araştırma konusu haline gelen morfoloji tanelerin yüzey şekillerinin

incelendiği alandır. Morfoloji temelde şekil faktörü ve pürüzlülük olmak üzere iki gruba ayrılır (Güven, Karakaş, Kodrazi ve Çelik, 2016).

Şekil faktörünün karakterize edilebilmesi için ilk zamanlarda optik mikroskopu kullanılarak mikron boyutundaki tanelerin şekil faktörü tayin edilebilmekteydi. Daha sonra, mikron ve nano boyutundaki tanelerin şekil faktörünün tayininde taramalı elektron mikroskopu (SEM) kullanılmaya başlanmıştır. Taramalı elektron mikroskopu ile minerallerin kantitatif değerlendirmesi (QEMSCAN®) uygulaması ile tanelerin karakterizasyonu yapılabilmektedir. Bu yöntemlerin yanı sıra bir başka şekil analizi yöntemi de Malvern Morpholgi® G3 cihazı kullanılarak tanenin şekil analizinin yapılmasıdır. Bahsedilen bu yöntemlerin hepsi iki boyutlu karakterizasyon için uygundur fakat iki boyutlu şekil karakterizasyonu araştırmalar için gerekli bilgiyi sağlayamamaktadır (Xia, 2017).

Katı yüzeyindeki dalgalanmalardan dolayı meydana gelen pürüzlülük kullanılan yöntemlerde önemli parametrelerden biridir (Rezai ve diğerleri, 2010). İki veya üç boyutlu formda tanenin pürüzlülük parametreleri belirlenebilir. Pürüzlülük parametrelerinden en önemlisi genliktir. Mineral yüzeyindeki sapmaları dikey olarak ölçmek için genlik parametreleri kullanılır (Gadelmawla, 2002). Pürüzlülüğün bir diğer hesaplanma yöntemi ise yüzey alanı ölçüm cihazı (BET) sonuçlarıyla elde edilebilir.

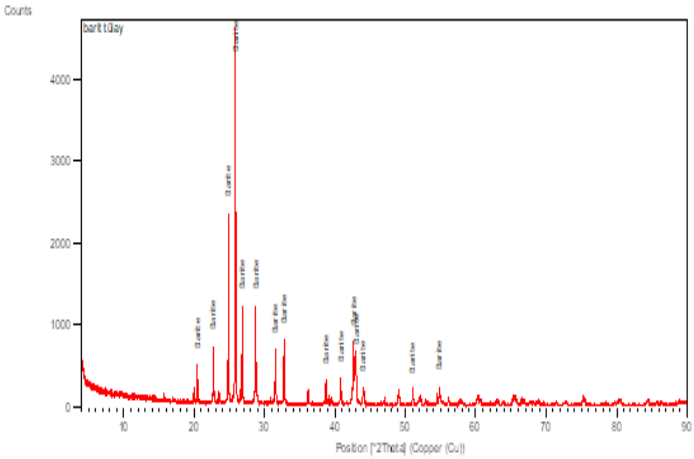
Cevher hazırlamada kullanılan kırma ve öğütme sistemleri kullanılan cihaz tipine göre farklı kırma ve öğütme mekanizmalarına sahiptir. Farklı tipteki öğütücülerde etki eden temel kuvvetler sıkıştırma, kesme, aşındırma, darbe ve iç kuvvetler olarak sınıflandırılabilir. Buna ek olarak genel anlamda tanımlanan kırılma şekilleri aşındırma, doğrama (chipping) ve darbe ile kırılma olarak tanımlanmıştır (Ulusoy, Yekeler ve Hiçyılmaz, 2003). Değirmenlerdeki farklı öğütme mekanizmaları sonucunda minerallerde farklı fiziksel, kimyasal ve yüzeysel özellikler meydana gelir (Rezai ve diğerleri, 2010).

Bu çalışmada baritin morfolojik özellikleri incelenmiştir. İlk aşamada farklı kırıcılardan elde edilen numunelerle kırıcı sistemleri arasındaki farklılık belirlenirken daha sonra farklı sürelerde yapılan öğütme deneyleri sonucunda elde edilen numunelerin morfolojik özellikleri belirlenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada Barit Madencilik tarafından temin edilen yaklaşık +25 mm boyutlu malzeme kullanılmıştır. Numunenin hazırlık aşamalarında kırma işlemi sonrasında Bilyalı değirmen kullanılarak öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Farklı sürelerde öğütme işlemi gerçekleştirilerek tanelerin boyutunu inceltmek ve morfolojik özelliklerinde farklılıklar meydana getirmek amaçlanmıştır.

XRD sonuçlarından numunenin tamamına yakınının saf $BaSO_4$'dan oluştuğu, anlaşılmaktadır. Morfolojik özellikleri belirleme çalışmaları için numunenin bu denli saf olması yeterlidir. Barit numunesine ait XRD kırınım deseni Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. XRD kırınım deseni

İri boyutlu barit numunesinin boyutunu küçültmek amacıyla numune sırasıyla çeneli kırıcı, konili kırıcı ve merdaneli kırıcıdan geçirilmiştir. Kırıcı açıklıkları çeneli kırıcıda 20 mm, konili kırıcıda 6 mm ve merdaneli kırıcıda 2 mm olarak ayarlanmıştır. Her kırıcı sonrası malzeme belirli boyut gruplarına ayrılmıştır. Çeneli kırıcı sonrası 30, 19, 13, 9, 6, 3,36, 2, 1, 0,5 ve 0,3 mm'lik elekler, konili kırıcı sonrası 8, 6, 3,36, 2, 1,

0,5, 0,3 ve 0,212 mm'lik elekler ve merdaneli kırıcı sonrası 3,36, 2, 1, 0,5, 0,3 ve 0,212 mm'lik elekler kullanılmıştır. Kırıcıların çıkışındaki malzeme eleme ile boyut gruplarına ayrıldıktan sonra kırıcıların şekil faktörü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla her bir boyut grubuna şekil analiz yöntemi uygulanmıştır.

Çizelge 1'de verilen parametreler sabit tutularak farklı sürelerde öğütülen numunelerin şekil faktörü, görüntü analizi yöntemiyle ImajeJ programı kullanılarak belirlenmiştir (Bayırlı, 2013).

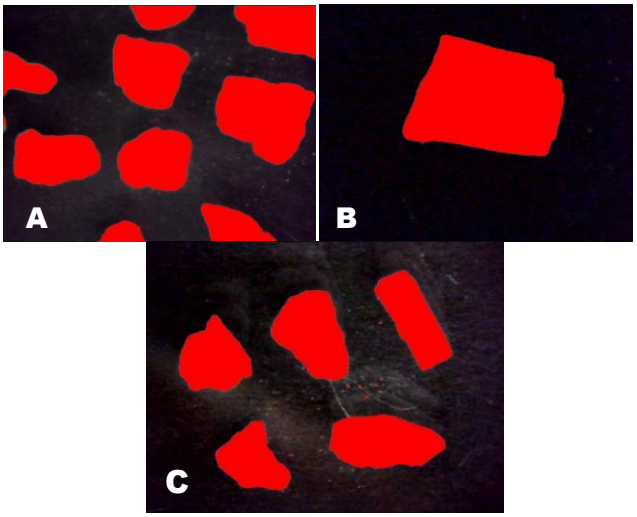
Çizelge 1. Merdaneli kırıcı çıkışı -2+1 mm boyut grubu için belirlenen öğütme parametreleri

Değirmen Hacmi (ml)	5200
Bilya Sayısı	65
Bilyaların toplam ağırlığı (gr)	2315
Malzeme miktarı (gr)	449
U değeri	0,5
Bilya yükleme oranı (J)	0,2
Besleme boyutu (mm)	-2+1
Bilya çapı (cm)	2,7
Görünür bilya yoğunluğu (gr/cm^3)	3,17
Malzemenin yığın yoğunluğu (gr/cm^3)	2,16
Ortalama bilya ağırlığı (gr)	35,61
Mineral yükleme oranı (Fc)	0,04

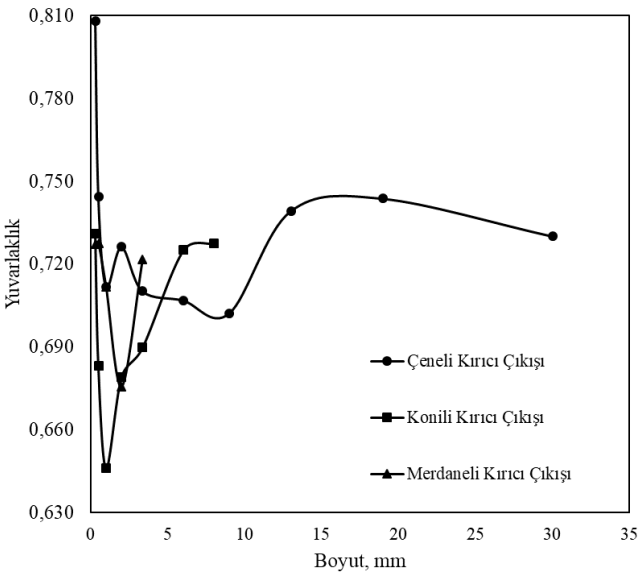
Öğütme süresine bağlı elde edilen numunelerin pürüzlülük ölçümleri Mitutoyo marka profilometre cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. DENEYSEL BULGULAR

Malzeme hazırlık aşamalarında kullanılan çeneli, konili ve merdaneli kırıcıların çıkışlarından elde edilen numuneler elenerek belirli boyut gruplarına ayrıldıktan sonra şekil faktörü analizine tabi tutulmuştur. Görüntü analizi sonucunda elde edilen veriler Şekil 2 ve 3'de verilmiştir.



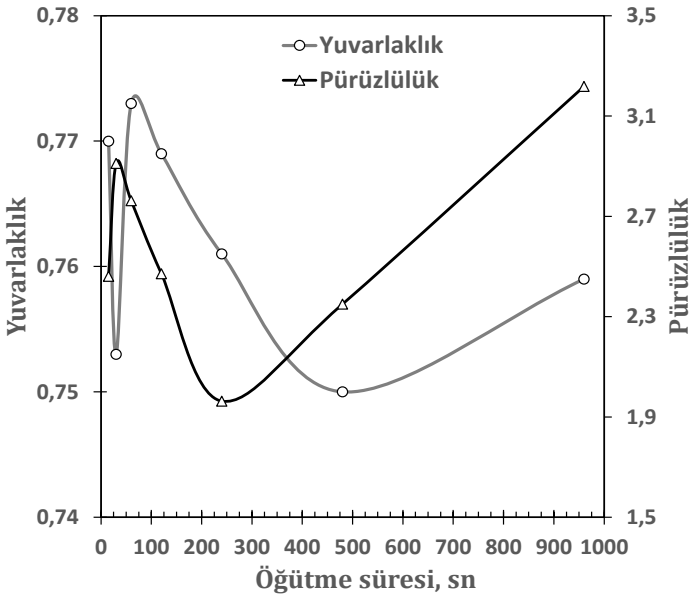
Şekil 2. Her bir kırıcı çıkışı -2+1 mm boyut grubundaki taneler (***A:*** *Çeneli kırıcı,* ***B:*** *Konili kırıcı,* ***C:*** *Merdaneli kırıcı)*



Şekil 3. Kırıcı tipine bağlı yuvarlaklık eğrileri

Şekil 3'deki veriler incelendiğinde çeneli kırıcı çıkışı numunelerde konili ve merdaneli kırıcı çıkışına nazaran daha geniş yuvarlaklık aralığı elde edilmiştir. Çeneli, konili ve merdaneli kırıcı çıkışlarında en köşeli tane konili kırıcı çıkışında -1+0,5 mm boyut aralığında ve en yuvarlak tane çeneli kırıcı çıkışında -0,3 mm boyutunda elde edilmiştir. Merdaneli kırıcı çıkışında elde edilen malzemeden yuvarlaklığı en düşük olan (0,726) -2+1 mm boyut grubu seçilerek 15, 30, 60, 120, 240, 480 ve 960 sn sürelerde bilyalı değirmende öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her bir öğütme süresinde elde edilen ürün elenerek

-74+38 µm boyutlu malzeme ayrılmış ve bu fraksiyonun görüntü analizi ile şekil faktörü belirlenmiş ve profilometre ile de pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Görüntü analizi ile elde edilen ve pürüzlülük ölçümleri ile elde edilen sonuçlar Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Öğütme süresine bağlı yuvarlaklık ve pürüzlülük sonuçları

Şekil 4 incelendiğinde en yüksek yuvarlaklık 60 sn öğütme sonrası ve en düşük yuvarlaklık 480 sn öğütme sonrası elde edildiği görülmektedir. Aynı şekilde Pürüzlülük eğrisi incelendiğinde ise, en pürüzlü barit numunesi 960 sn öğütme sonrası elde edilirken en az pürüzlülüğe sahip barit numunesi 240 sn öğütme sonrası elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Yapılan deneyler sonucunda kırıcı tipleri arasındaki farklılıklar belirtilirken öğütme işleminde süreye bağlı yapılan deneyler sonucundaki farklılıklar ortaya konulmuştur.

Daha ileri aşamalarda yuvarlaklık ve pürüzlülük gibi morfolojik özelliklerden elde edilen verilerin zenginleştirme işlemlerine olan etkileri araştırılacaktır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışması sırasında eleştiri ve önerileriyle katkıda bulunan Prof. Dr. Mehmet Çelik'e ve deneylerde yardımcı olan Dr. Onur Güven'e içtenlikle teşekkür ederim.

Bu bildiri "Tane Morfolojisinin Barit Flotasyonuna Etkisi" isimli bitirme tasarım projesinden üretilmiştir

5. KAYNAKLAR

BARİT (t.y.). http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/barit adresinden 15 Mayıs 2018 tarihinde alındı.

Bayırlı, M., (2013). ImageJ yazılımı kullanılarak morfolojik görüntülerin tanımlanması, *Akademik Bilişim 2013- XV. Akademik Bilisim Konferansı Bildirileri Kitapçığı,* 23-25 Ocak 2013 – Akdeniz Üniversitesi, Antalya 133-136,

Ciullo, P. A. (1996). *Industrial minerals and their uses: a handbook and formulary*. William Andrew. 21-23.

Demirci, S., & Özel, E. (2015). Türkiye'de Üretilen Barit Cevherinin Baryum İçeren Pigmentlerin Üretiminde Değerlendirilmesi. *Anadolu Unıversıty Journal Of Scıence And Technology–A Applied Sciences and Engineering*, *16*(3), 327-338.

Cengiz, O., Kuşcu, M., 2000, Barit: *Mavi Gezegen Popüler Yerbilimleri Dergisi* . Sayı 3, Sayfa 46-49. Ankara

Guven, O., Karakas, F., Kodrazi, N., & Çelik, M. S. (2016). Dependence of morphology on anionic flotation of alumina. *International Journal of Mineral Processing*, *156*, 69-74.

Xia, W. (2017). Role of particle shape in the floatability of mineral particle: An overview of recent advances. *Powder Technology*, *317*, 104-116.

Rezai, B., Rahimi, M., Aslani, M. R., Eslamian, A., & Dehghani, F. (2010). Relationship between surface roughness of minerals and their flotation kinetics. In *Proceedings of the XI International Mineral Processing and Technology Congress* (pp. 232-238).

Ulusoy, U., Yekeler, M., & Hicyilmaz, C. (2003). Characterization of surface roughness of calcite by BET and surtronic 3+ techniques. *Proceedings of the 18th International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET, G. Özbayoğlu (ed.), Antalya, Turkey*.

Gadelmawla, E. S., Koura, M. M., Maksoud, T. M. A., Elewa, I. M., & Soliman, H. H. (2002). Roughness parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, *123*(1), 133-145.

Bir Kömür Hazırlama Tesisinin LIMN "The Flowsheet Processor" Uygulaması ile Simülasyon

Simulation of A Coal Preparation Plant by Limn "The Flowsheet Processor" Application

Ş. B. Narin, K. T. Perek, F. Boylu
Istanbul Technical University, Mining Faculty, Mineral Processing Engineering, Istanbul

ÖZET Bilişim teknolojilerindeki gelişmelerin, üretim sürecine katkısı göz ardı edilemez. Bu gelişmelerin geliştirme sürecine yansıması kalitenin devamlılığının sağlanmasında son derece önemlidir. Bu tez çalışmasında hedeflenen amaca hizmet edebilmek için LIMN bilgisayar uygulamasının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Adı geçen program, LIMN "The Flowsheet Processor", David Wiseman tarafından yalnızca araştırma amaçlı kullanılmak üzere sağlanmış ve bu çalışma herhangi bir ticari amaçla kullanılmamıştır. Bu araştırma için çalışmakta olan bir tesisin birebir simülasyonun oluşturulmasına karar verilmiştir. Değerlendirme için oluşturulmuş simülasyonun ürettiği ve gerçek tesiste üretilen ürünlerin kül içerikleri arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Elde edilen farkın göz ardı edilebilecek düzeyde olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışma sonraki çalışmalar için kılavuz niteliği taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: *kömür, kömür hazırlama, simülasyon, uygulama, kül içeriği*

ABSTRACT It is obvious that, the development in informatics technologies have a significant effect on production processes. Adaptation of these developments to research stages is important for persistence of production quality. In this thesis, effectivity of LIMN was studied whether fulfill the aim or not. The mentioned application, LIMN "The Flowsheet Processor", provided by David Wiseman for only research purposes and this work cannot be used for commercial purposes. Exactly same simulation of a real plant is created to compare differences between the product contents. The difference was found that were on ignorable level. This study can be used as a guide for future works.
Keywords: *coal, coal preparation, simulation, application, ash content*

1 INTRODUCTION

The method of coal preparation varies according to usage area of coal and physical, magnetic and surface characteristics of coal. Several preparation methods for the removal of impurities from coal have been commercialized during the past decades. All of these methods are based on the differences in physical characteristics such as specific gravity between desired and undesired components in the coal.

Aim of this thesis is to obtain the applicability of a simulation program which is used to determine the performance of the plant even before actual implementation. The used method is comparing performance test results from simulation that is created by LIMN "The Flowsheet Processor", that was provided for David Wiseman for only research purposes, with results from the plant. The simulation was created in compliance with UYSAL Madencilik Malkara Kömür Preparation Plant and the samples, which were used to gather data about the coal in process, were collected from this plant.

2 MODELLING AND SIMULATION

Quantitative modelling techniques and methods are central to the study and development of process engineering, and mineral processing is no exception. Models in mineral processing have been difficult to develop because of the complexity of unit operations that are used in virtually all mineral recovery systems (King, 2001).

Chief among these difficulties is the fact that the feed material is invariably a particulate

solid. Many of the conventional mathematical modeling techniques that are commonly used for process equipment have limited application to particulate systems and models for most unit operations in mineral processing have unique features. Because of the complexity of mineral processing units, there are various programs to model several systems that have various application areas.

As explained in the website of the right owner, the basic LIMN helps to draw a flowsheet, to connect each process units with streams, to describe the streams, to mathematically describe each process unit and its impact on the streams to produce output streams and to iteratively solve the flowsheet (Wiseman, 2017).

The LIMN "The Flowsheet Processor" software has been developed by David Wiseman as a Microsoft Excel based extension (Figure 2.1). All inputs and outputs of LIMN are from M.S. Excel spreadsheets. LIMN is a "Flowsheet Processor", designed to bring the same ease of use to flowsheet drawing and solution that word processors bring to the preparation of text-based documents.

Figure 2.1. LIMN "The Flowsheet Processor"

3 APPLICATION OF LIMN

The studies are explained in order to structure of this work. A flowsheet of studies can be found in Figure 3.1.

The simulation was created in compliance with UYSAL Madencilik Malkara Kömür Preparation Plant. LIMN "The Flowsheet Processor", that was provided by David Wiseman for research purposes only, was used to create the simulation. The flowsheet was prepared according to that plant and also specifications of equipment. The samples, which were used to gather data about the coal in process, were also collected from that plant. UYSAL Madencilik Malkara Kömür Preparation Plant Number 3 has a capacity of 150 tons/hour, and daily clean coal amount is 900 tons.

The complete flowsheet of Plant 3, which was drawn with LIMN is given in Figure 3.2, in details.

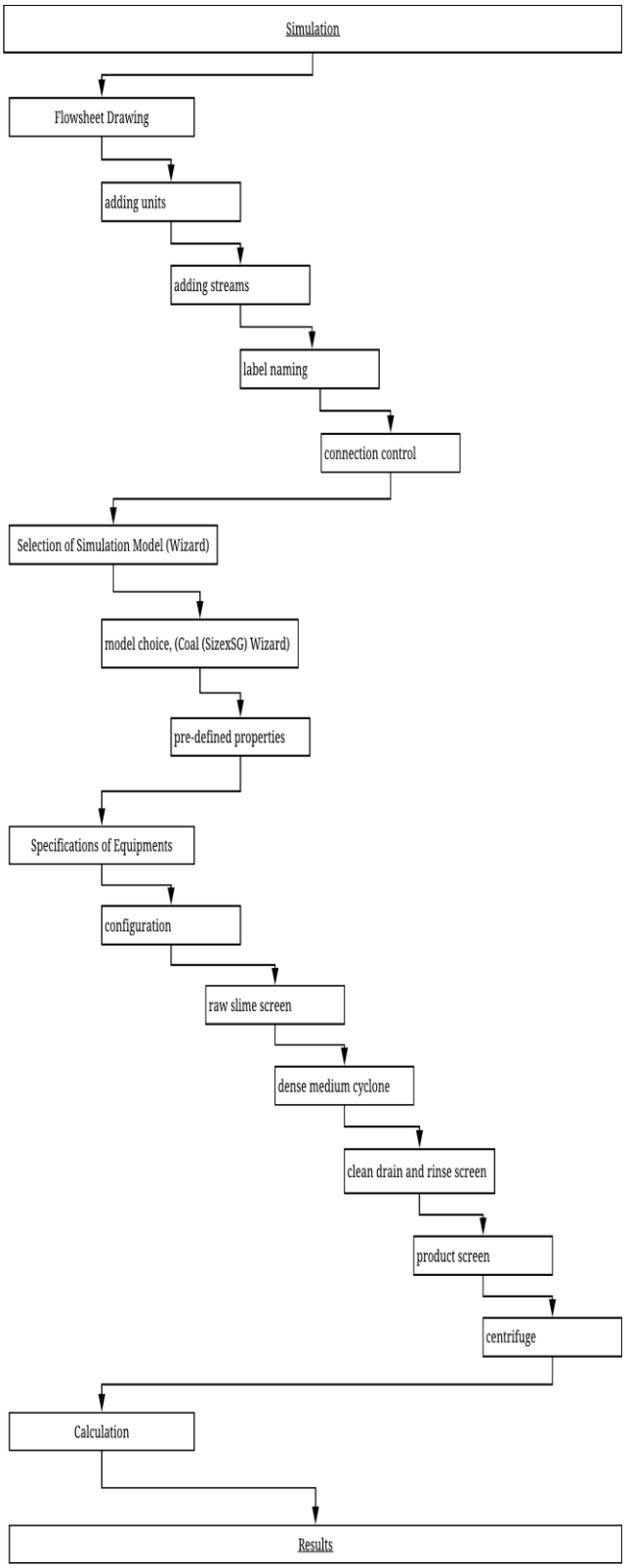


Figure 3.1. Study Flowsheet

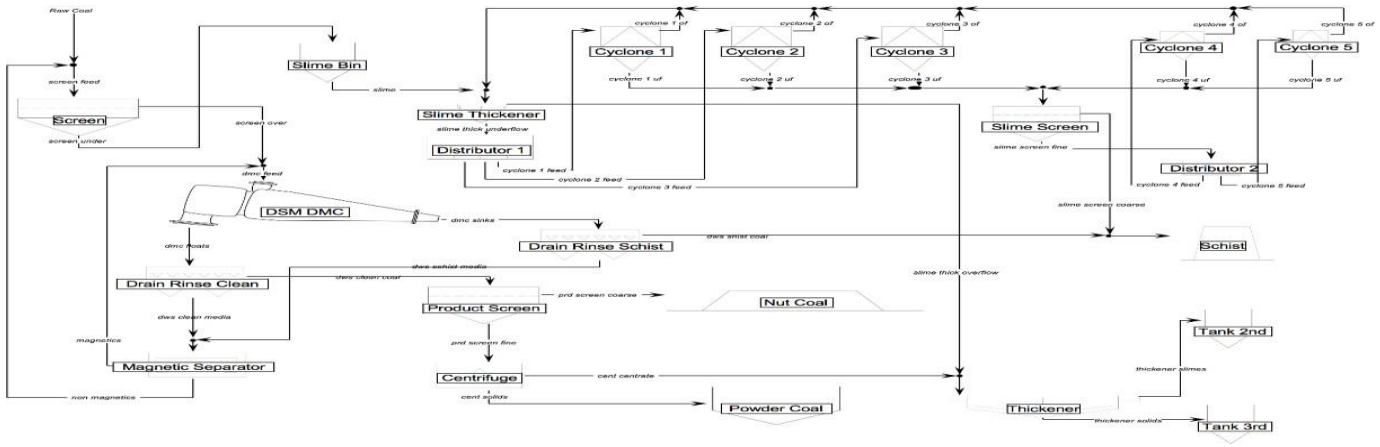


Figure 3.2. Complete Flowsheet of Simulated Plant

3.1 Preparation Process

This process, begins with Raw Coal (- 20 mm), the size and density distributions are given in the Table 3.1, ash content of raw coal can be found in Table 3.2, produces two types of products, and schist at the end of the preparation. One of the products is Nut Coal (-20 +10 mm), and the other product is Powder Coal (-10 + 0,5 mm).

Table 3.1. Raw Coal Size and Density Distributions (Tarhan, 2017)

Raw Coal Size and Density Distributions								
Size, mm	Specific Gravity, g/cm^3							Size Distribution, %
	-1,30	1,30-1,40	1,40-1,50	1,50-1,60	1,60-1,70	1,70-1,80	+1,80	
+13,00	19,60	20,40	9,60	11,50	6,70	7,00	25,20	20,19
+9,00-13,00	16,60	19,80	8,50	9,60	8,50	10,20	26,80	11,92
+6,00-9,00	16,20	6,10	16,40	11,40	6,60	8,00	35,30	18,23
+3,36-6,00	11,80	14,30	4,20	13,20	8,80	7,40	40,30	19,44
+2,36-3,36	6,70	0,30	10,00	14,40	13,80	10,70	44,10	12,43
+1,70-2,36	10,24	0,19	5,09	10,17	15,20	10,11	49,00	10,68
+0,841-1,70	0,00	0,70	3,60	8,70	11,20	17,80	58,10	3,94
-0.841	0,00	0,90	4,50	10,80	13,90	22,10	48,00	3,17
SG Distribution, %	13,11	10,48	8,82	11,67	9,50	9,34	37,08	100,00

Table 3.2. Ash Content of Raw Coal (Tarhan, 2017)

Ash Content							
Size, mm	Specific Gravity, g/cm^3						
	-1,30	1,30-1,40	1,40-1,50	1,50-1,60	1,60-1,70	1,70-1,80	+1,80
+13,00	8,17	16,74	32,79	46,44	58,12	68,64	76,69
+9,00-13,00	8,55	17,58	29,55	42,83	54,47	64,13	78,35
+6,00-9,00	9,71	13,60	20,59	32,46	45,90	58,37	78,93
+3,36-6,00	11,50	15,22	22,53	27,69	38,28	51,99	79,72
+2,36-3,36	10,63	11,55	13,83	19,23	7,17	38,47	47,14
+1,70-2,36	10,57	11,89	13,51	17,73	24,97	35,59	77,55
+0,841-1,70	10,00	11,33	14,49	20,56	25,99	35,65	77,61
-0.841	10,00	11,33	14,49	20,56	25,99	35,65	77,61

3.2 Specifications

This project was completed in compliance with Ali Umut Tarhan's thesis (2017). It is essential to emphasize that, all the material and equipment characteristics, and the numerical values were taken from that work. Main focus point of this work is the calculated performance of the Dense Medium Cyclone with the simulation (Figure 3.3).

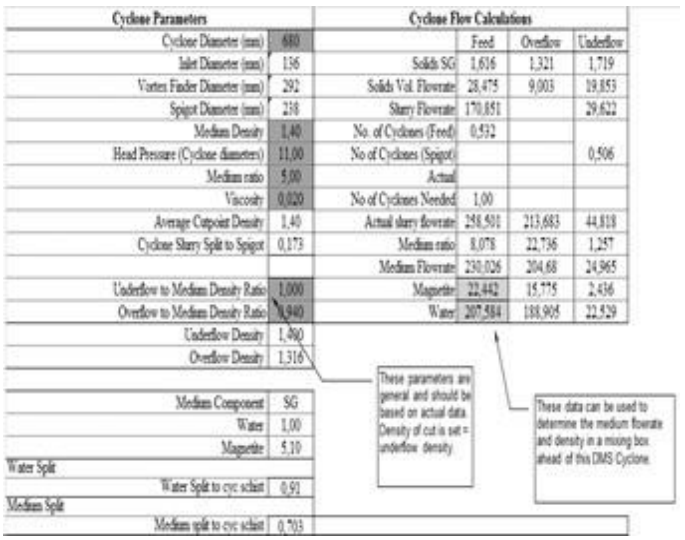


Figure 3.3. Dense Medium Cyclone

3.3 Simulation Results

After completion of configurations data of all the worksheets that were created by Coal (SGxSize) Wizard, LIMN:SOLVE was started by clicking the SOLVE button (Figure 2.1). Calculation time shows alterations according to the features of the computer.

The results are shown in the Stream_Data Worksheet one by one for each stream in terms of Solids t/h, Water t/h, Solids %, Magnetite t/h, and Ash content. Mass and percentage distributions can be found as separately. Complete result page (Stream_Data) can be found in Figure.3.4.

Since the main purpose of coal preparation is decreasing the ash content of material, the

required data to calculate the performance is the ash content.The ash content of Raw Coal was 44,3% from Figure 3.4. The calculated ash contents of Nut Coal and Powder Coal are 17,4% and 16,8% respectively. The actual ash contents of Raw Coal, Nut Coal, and Powder Coal were taken as 45,52%, 14,86% and 15,88% respectively from the mentioned thesis of A.U. Tarhan (Table 4.5.1, Table 4.5.2). The relative performance results are shown in Table 3.3.

Stream	Solids t/h	Water t/h	% Solids	Magnetite t/h	Ash
Raw Coal	45,00	135,00	25,00	225,00	44,31
Clean Coal	27,454	8,621	76,103	31,607	17,242
Schist	27,454	8,621	76,103	31,607	60,549
Nut Coal	9,974	0,552	94,758	0,108	17,433
Powder Coal	5,639	0,605	90,311	1,215	16,826
PS undersize	5,989	1,025	85,389	2,058	16,845
preCoal	15,963	1,577	91,011	2,166	17,213
RSS oversize	44,417	67,50	39,687	112,50	44,202
RSS undersize slimes	0,583	67,50	0,857	112,50	52,538
Centrate	0,35	0,42	45,467	0,843	17,153
Water	1,00	57,303	1,715	78,727	26,233

Figure 3.4. Complete Results

Table 3.3. Performance Results

	Ash Contents, %		**Performance**		
	from plant	from simulation	from plant	from simulation	**Differ. %**
Raw Coal	45,5	**45,3**			
Powder Coal	14,9	**17,4**	67,4	**61,6**	**8,56**
Nut Coal	15,9	**16,8**	65,1	**62,9**	**3,38**
Clean Coal	15,5	**17,2**	66,0	**62,1**	**6,00**

According to theseinformation, simulation gave a performance result with difference of approximate 6% in total manner which is acceptable since under the 10%.

4 CONCLUSIONS

In this work, exactly same simulation of a real facility is created to study effectiveness of LIMN. For both real and simulated plants, performance analysis is conducted and the differences between these two analyses were compared. To create a real- based simulation, cooperation with a performance determination work conducted with UYSAL Madencilik Malkara Kömür Preparation Plant was made. The samples from the facility were used for performance analysis and shared with the simulation for this project. Details of experimental studies and also data can be found in mentioned thesis (Tarhan, 2017).During this study, it is seen that LIMN can provide two main advantages:

1. Results of planned changes can be seen without pausing production.
2. Users can have an access to control of every single steps in plant.

The possible main disadvantage of this application was observed as extended calculation time. However, this problem can be solved by upgrading used computer or software version.

As a result of the comparison, a minor difference is seen between LIMN simulation results and the actual plant results that is acceptable to use this application. There might be several reasons of this difference such as, error margin of gathering actual plant results experiments, the amount of decimal considered in calculations, possible failures during production, and the amount of iterations in simulation.

In conclusion, it is observed that the actual plant product contents can be gained by LIMN "The Flowsheet Processor". It is supposed that; this simulation application can help with plant design projects or performance increasing projects on future works.

ACKNOWLEDGEMENT

It is important to thank David Wiseman to provide LIMN "The Flowsheet Processor" with full of rights for this study.

REFERENCES

King, R. P. (2001). Modeling and simulation of mineral processing systems.Boston: Butterworth-Heinemann.

Tarhan, A. U. (2017). Ağır Ortam Siklonu Ayırma Performansının Belirlenmesi. Bachelor Thesis, Istanbul Technical University, Faculty of Mines, İstanbul.

Wiseman, D. (2017, March). LIMN "The Flowsheet Processor". Retrieved from David Wiseman Pty Ltd Technical Software and Process Control Applications: http://www.davidwiseman.com.au

Determination of Silo Design and Properties of Bulk Materials

Yığın Malzemelerin Silo Tasarımı ve Özelliklerinin Belirlenmesi

A. Sever, K.T. Perek
Istanbul Technical University, Faculty of Mines Mineral Processing Engineering, İstanbul

ABSTRACT Many industries work with solid materials in bulk. The use of silos is beneficial so there will be no problems in production and it will be of great benefit with smooth flow silos. In this context, it is possible to see the importance of a correct and smooth silo design. The flowability of the material is an important parameter. In contrast to materials that flow easily, moist and fine particles do not flow and lead to blockages. Problems such as an arching, channeling or sticking of materials to the walls in the silo. In this study, firstly, the flow properties of the material (cohesion and yield locus) were determined using a Jenike shear tester. For this purpose, three different pre-shear normal stress values (consolidation level) were determined for material in the tests. With the flow function of the material is designed to be suitable for mass flow. The hopper half angle of the silo calculated for mass flow and the required minimum outlet size to prevent arching. This calculation used by the Jenike design method for conical silos and plane – flow hopper.
Keywords: Silo design, Bulk material, Mass flow, Bulk material handling

ÖZET Birçok endüstri dalı yığın halindeki katı malzemelerle çalışmaktadır. Doğru ve sorunsuz bir silo tasarımının önemini görmek mümkündür. Malzemenin akışkanlığı önemli bir parametredir. Kolay şekilde akan malzemelerin tersine nemli ve ince taneler akış sağlamayıp tıkanmalara yol açmaktadır. Silo içerisinde yaşanacak bir kemerlenme, kanallanma veya malzemenin duvarlara yapışması gibi problemler silo kapasitesini ve bunun sonucu olarak üretimi aksatıp düşüren etkenlerdir. Yapılan bu çalışmada ilk olarak, kullanılan malzemenin akış özellikleri (kohezyon ve akma sınırı hattının eğimi) Jenike kesme test cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, testlerde her malzeme için 3 farklı ön-kesme normal gerilme değerindeki (konsolidasyon seviyesindeki) akma sınırı hatları belirlenmiştir. Akış fonksiyonu ile akabilirlik özelliği belirlenen malzeme kütle akışa uygun olacak şekilde tasarımı yapılmıştır. Kütle akış için gerekli silo duvar açısı ve kemer oluşumunu engellemek için gerekli minimum çıkış boyutu ölçülen değerlerle konik ve düzlem – akış silolar için Jenike tasarım yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Silo tasarımı, Yığın malzemeleri, Kütle akışı, Yığın malzeme yönetimi

1 INTRODUCTION

Most silos in use today are built with the goal of minimum cost. However, it has to be designed to ensure proper flow conditions. In silos where the business is not properly done, the costs of facilities that may cause product loss, such as of the obstructed product, deterioration, etc. will always be higher. It is possible to save the most with the right and proper design. Appropriate design of the equipment used in the storage and management of solid masses requires knowledge of some properties of the solid material under static and dynamic conditions.

There are two important parameters for the mass flow model, which is the flow model that ensures continuous flow for a silo; one of them is the angle of internal friction, and the other is the outlet size of the silo.

In this study, it is aimed to understand the flow theory of solid masses and to design storage silos to provide unobstructed flow. For this purpose, firstly the flow

characteristics of a solid material were tried to be determined by means of shear tests and the results obtained therefrom were used in design applications. In the tests, the frictional properties of this material on a sample silo wall material were determined as well as the internal friction properties of the material. Obtained parameters were used in the Jenike design method to calculate the angle values of the mass flow silos and the minimum silo outlet size required to avoid obstruction for conical and plane flow silos.

2 METHODOLOGY

2.1 SHEAR TEST

When the combined shear and normal stresses on a material mass exceed the material limit of the material, the material breaks. Since this fracture occurs in a shear form along a fracture plane in the solid mass, it is important to determine this break fracture of the joints. This can be experimentally determined under different loads, and this experimental method is called shear tests. According to the results obtained from these tests, some flow properties of solid materials are passed.

Jenike's method is the most common method to measure powder flow properties after steady state flowing. The methods apply the history to the powder by consolidation after which the resulting strength is measured. In this way the situation in a silo or hopper is simulated, in which the powder undergoes a certain history of shear and consolidation in the top giving it strength when it reaches the bottom of the silo or hopper. The Jenike shear cell can analyze internal friction and wall friction on various wall surfaces.

2.2 TESTING PROCEDURE

The genetic shear tester is made up of parts which are normal and subjected to shear loads by a shear cell with a circular cross section at the front of the device in general. Normal load is applied to the cell by a vertical loading system (load suspension). Shear process is also provided by a system that works electro-mechanically. This system is moving at a constant speed of 2.5 mm / min, which allows horizontal movement. The shear force is measured by a strain gauge load cell. The output ends of this load cell is suitable for connection to a stripe or flat surface tension printer. The output voltage is calibrated to correspond to 100 Newton to 1 Volt.

The shear cell the tongue consists of the shear ring on the base and the shear lid. The genetic shear from those belonging to the cell. An elbow and a shaft are connected to the shear lid. The vertical load is applied by hanging the standard weights with the aid of a weight hanger on the cover. The shear force acts on the shaear plane (the plane between the base and the shear ring). This end is connected to a force measuring element which measures the shear force in the system providing movement. During shear, the shear ring moves from the first offset position to the final offset position. In this case, the sum of the maximum movement distance is thicknesses of the shear ring and the base.

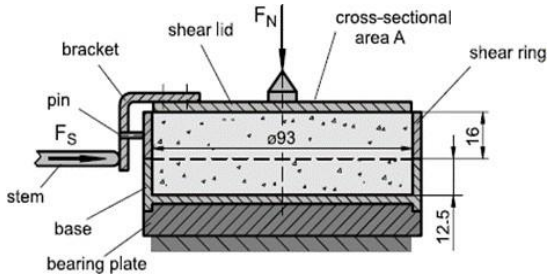


Figure1. A shear cell

The inner diameter of the shear cell is 95 mm (corresponds to a cross-sectional area of about 1/140 m^2), and the other dimensions are the same as the dimensions of the standard shear cell. The height of the base is 13mm, the height of the shear ring is 16mm and the height of the mold ring is 10mm. The material used to make these parts is either stainless steel or aluminum. Operating modes of the device; forward, fast forward, stop, backward, fast backward. The unit is operational when connected to a 240 V (AC) power supply at 50-60 Hz.

2.3 MESAUREMENT OF YIELD LOCI

The base of the shear cell is fixed to a fixed bearing plate. Base and shear ring contain the bulk solid specimen, which is covered with the shear lid. The shear lid and thus the bulk solid specimen are loaded centrically by a normal force, FN, by means of a weight hanger (the weight hanger is a device for carrying weights, which is set on the central tip of the shear lid) and weights.

2.3.1 Filling the Cell

After the placing the shear ring on the base in the offset position, a mould ring is then placed on the shear ring and the rings are the offset position. In this case, maximum distance of the offset position is equal to the sum of the wall thicknesses of the shear ring. When filling is done in such a way that there is no space. The position of the ring on the base must be never moved.

2.3.2 Preconsolidation

The consolidation lid with weights be hanged from the hanger.

2.3.3 Twisting

For twisting stage, firstly the twisting lid is placed on the bulk solid and weights with the hanger is loaded, FN, which has been selected for preshear. After then, the hanger, a device that used for twisting, the hanger is connected to vertical bolts on the top of the twisting lid. Then the twisting lid is twisted by means of the twisting device. Each twist consists of a 90° rotation of the twisting lid which is then reversed. The hanger twist 20 times at the beginning, for first test.

The situation is called steady – state flow. In this case, shear stress ,τ, bulk density , ρb, does not increase with increasing shear force. The material can be said to be critical in this case, and the part of the test where the shear force is fixed. If the compression of material has excess shear force initially increases, it passes a maximum and then decreases. It can be said that this material is in compression over the criterion of the material and it is assumed that the bulk density has decreased after the maximum.

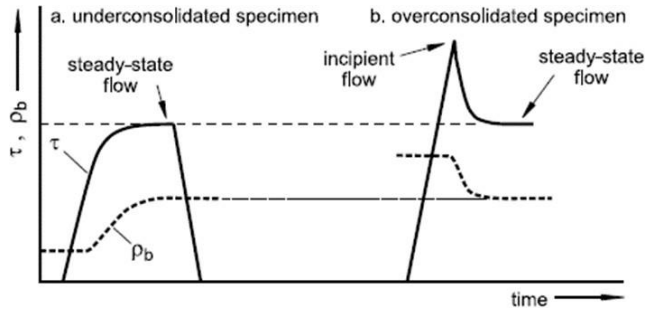


Figure 2. Course of shear stress, τ, when shearing differently preconsolidated samples at identical normal stress, σ; a. underconsolidated specimen, b. overconsolidated specimen

2.3.4 Optimization

If the sample is consolidated under the criterion, the sample is further prepared by gradually increasing the number of twist up to a maximum value of 50. If at a found normal stress value, the sample undergoes consolidation above the critical value, a correction is made to provide a critical consolined sample of consolidation normal strain and turn count values.

2.3.5 Preshear

The shear test consists of two stages. The first one is the "pre-shear" stage where the steady-state flow in the shear cell is provided by the optimized and critically conditioned sample. At the second level (shear), the value of shear stress (stress required for material flow) is determined for a selected normal stress value (MWs <MWp).

2.3.6 Shear

The pin touches the bracket, the shear force increases gradually from a maximum (σs), then decreases. The shear operation is carried out by shear the cell to form a pronounced shear plane can be maintained throughout the entire distance. The σs value, selected pre-shear normal for a certain normal shear strain at break, is the shear stress (shear point on the yield locus). While reducing the normal tension before shear, the suspension weights are required it is advisable to remove it until the weight remains. If the test low normal stress the weights can be directly applied to the lid. In all cases, the weights are gently removed. They should be placed.

After each shear test, the bulk density of the sample can be determined by weighing the sample together with the base, shear ring and base. Since the weights of the base, the ring and the cover are known, the total bulk density (ρb) computable. The value of the bulk density determined after the shear test, is an indication of the reproducibility of the preparation.

After shear tests, the yield limit of a consolidated bulk solid is measured. And it is called a yield locus. For only one normal stress at preshear, σpre, and one well-defined state of consolidation (and one bulk density), which has been attained by preshear until steady-state flow prevailed.

2.3.7 Further Flow Properties

On the further side of just specifying applications such as silo design, flowability, other flow parameters are determined from yield locus: slope angle, φlin; effective angle of internal friction, φe (slope of the effective yield locus); angle of internal friction at steady-state flow, φsf; bulk density, ρb.

2.3.8 Wall Friction

A friction between a bulk solid and a solid surface, e.g. the wall of a silo or a bin. For silo design, flow and strength is important.

3 EXPERIMENTAL RESULTS

The physical properties of the material used, the flow parameters, and finally the silo parameters (dimensions) obtained as a result of applying these parameters to the design. Material that used in the tests - 300+100 micron size Quartz with 2.5-3% humidity range.

As a result of the tests made, a density value was calculated according to the results obtained at the highest consolidation level of the materials. This density value (ρc) is a value between the bulk density (ρb) and the particle density values of the materials and indicates the compressibility of the materials.

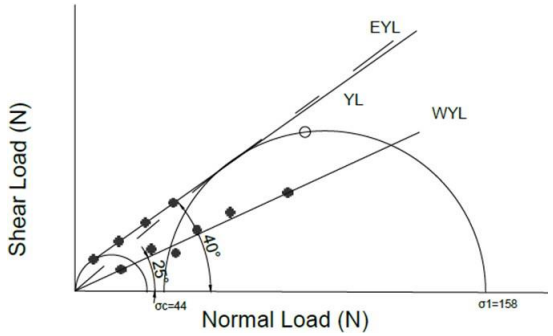


Figure 3. Pre-shear Normal Load: 58,86 N

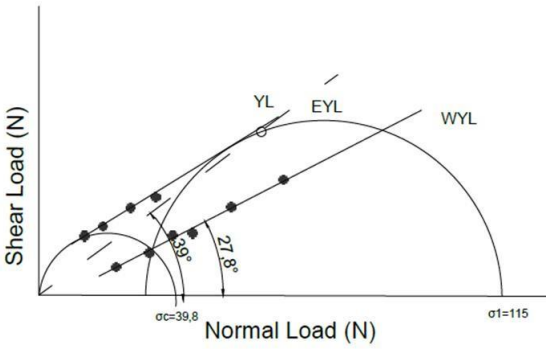


Figure 4. Pre-shear Normal Load: 78,48 N

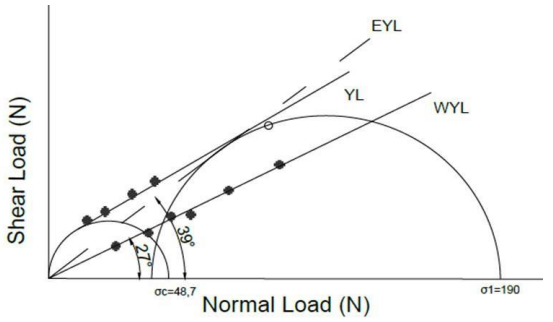


Figure 5. Pre-shear Normal Load: 98,1 N

3.1 Material Flow Parameters

3.1.1 Determination of Yield Loci

The purpose of this study is to determine the behaviors of 3 different consolidation stresses (shear normal strength) selected for the material.

The bulk density of the material is around 1320 kg / m^3. The selected first pre - shear normal strength is 98.1 N. According to this; the other pre-shear normal stress values selected are 78.48 N and 58.86 N.

Once the resulting shear points are combined with a straight line, if this line, above the pre-shear point then it can be said that the test results are valid.

3.1.2 Parameters in Silo Design

From the flow limit locus in Figure 3, Figure 4 and Figure 5 σ_1, σ_c, δ and ϕ' are determined for all consolidation stress by drawing the appropriate Mohr circles.

Table 1. The Selected pre-shear normal load and other flow parameters from yield locus line.

σ1	σc	δ(˚)	ρb	FF	WFA
115	39,8	40	1,40	2,89	27,8
158	44,0	40	1,44	3,59	25,0
190	48,7	39	1,53	3,90	27,0

WFA: Wall Friction Angle, ϕ'(˚)

As Table 1 shows, there exists a value of σ_c corresponding to every σ_1 value and increases with σ_1, and increases with σ_c. On the other hand, effective internal friction angle values decrease with increasing σ_1 values. Before as noted, the rising tension of the solid particles of the sharp corners of thereby reducing the bonding of the particles to one another and as a result, is the easy realization of the flow. The reason for the increase in bulk density is the decrease in the voids between the solid particles with the effect of the overload and the more the particles come together.

4.1.1 Flow Function

The relation between σ_1 and σ_c according to the results will give the flow function of that material. The flow functions obtained for all materials used are given in Figure 6.

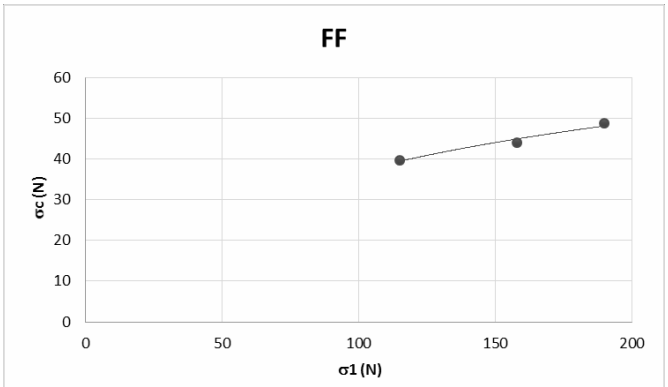


Figure 6. Flow functions of the material used

4.1.2 Silo Parameters for Mass Flow

According to flow factor graphs, outlet size is found for conical silos. The minimum silo outlet size is calculated using the equation of B. B is found 50,4 cm.

To design a silo in plane: After the same operations are repeated, the outlet size for the plane flow silo for (ϕ value of 26.6º) : 31,8 cm found.

4 CONCLUSION

Finally, the flow parameters of the material obtained have been designed and the silo hopper angle (α) which provides the mass flow for the conical silos and the minimum outlet size (Bmin) that can be unobstructed by the formation of the silo arches. In these calculations, Jenike's proposed design method was implemented using the corresponding design (flow factor) graphs. As a result, the using of stainless steel has advantage of low wall friction angle value.

REFERENCES

Schulze, D, "Powder and Bulk Solids", Springer, 2007.

Standart Shear Testing Technique for Particulate Solids Using the Jenike Shear Cell, 1989. The Institution of Chemical Engineers (European Federation of Chemical Engineering), Rugby UK, England.

D6128-06, 2001. Standart Test Method for Measuring the Shear Stresses of Powders Using the Peschl Rotational Split Level Shear Tester, ASTM İnternational, West Conshohocken, USA.

S. Çağlı, Determining the Flow Properties of Bulk Solids and Silo Design, MS Thesis, İstanbul Technical University, The Institute of Science and Technology, İstanbul, 2005.

I.A.S.Z. Peschl, Mechanical Properties of Powders, Bulk Solids Handling, 8 (1998), no. 5 615-624.

J.J. Fitzpatrick, S.A. Barringer, T. Iqbal, Flow property measurement of food powders and sensitivity of Jenike's hopper design methodology to the measured values, Journal of Food Engineering, 61 (2004) 399–405.

Flotation of Fluorite Ore
Florit Cevherinin Flotasyonu

B.B. Arar, A. Gül
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mineral Processing Department, Istanbul

ABSTRACT Today, fluorite is a mineral with many uses in the industry. Fluorite is found together with minerals such as galenite, chinkoblend, chalcopyrite. Gang minerals are quartz, calcite, barite. The enrichment process is carried out after these minerals are reduced to the economic liberalization size. Nowadays, since the sizes of the ores are generally less than 100 microns, the concentration is enriched by the flotation method. Flotation is selectively floatating desired minerals or minerals using hydrophilic and hydrophobic properties of the ore. In this thesis, the ore of the Kamar Mehdi Fluorite Mine located in Tabas Province of Khorassan province of Iran. The sample content is 65,63% CaF_2, 8.14% SiO_2, and 1.21% Fe_2O_3. The purpose of the experiments is to enrich fluorite ore effectively. First, the incoming sample was passed through the crusher and reduced to the economic liberation size and grinding was carried out in order to apply flotation method. All experiments the grinding was single stage and solids ratio is 60%. The flotation experiments were carried out in pH 9. Flotation; 5 stages of rougher flotation, 3 stages of cleaning flotation, yielding products with 80,5% CaF_2, 2,1% SiO_2 and 4,5% Fe_2O_3 contents 88,5% CaF_2, 0,39% SiO_2 and 0,17% Fe_2O_3 it was.

Keywords: Fluorite, flotation, quality of fluorite

ÖZET Günümüzde, fluorit endüstride birçok kullanım alanı olan bir mineraldir. Fluorit galenit, çinkoblend, kalkopirit gibi minerallerle birlikte bulunur. Gang mineralleri ise kuvars, kalsit, barittir. Bu mineraller ekonomik serbestleşme boyutuna indirildikten sonra zenginleştirme işlemi yapılmaktadır. Günümüzde bu tür cevherlerin serbestleşme boyutlarının genelde 100 mikron altında olmasından dolayı flotasyon yöntemi ile zenginleştirilir. Flotasyon, üretilecek cevherin hidrofilik ve hidrofobik özellikleri kullanılarak istenen mineral veya minerallerin seçimli olarak yüzdürülmesidir. Bu tez kapsamında 65,63% CaF_2, 8.14% SiO_2 ve 1.21% Fe_2O_3 içeren İran'nın Khorassan eyaletinin Tabas İli'nde bulunan Kamar Mehdi Flüorit Madeni'ne ait cevher kullanılmıştır. Deneylerin amacı fluorit cevherini endüstride kullanılacak saflıkta etkili bir şekilde zenginleştirmektir. Öncelikle numune merdaneli kırıcıdan geçirilerek 2 mm altına kırılmıştır. Daha sonra tane boyutunun etkisini belirlemek amacıyla yaş olarak farklı boyutlarda öğütme yapılmıştır. Öğütme; deneylerin tamamında pülpte katı oranı %60 ve tek kademede yapılmıştır. Fluorit numunesi için pH 9'da flotasyon yapılmıştır. Flotasyon; 5 kademe kaba flotasyon, 3 kademe temizleme flotasyonu şeklinde yapılmıştır ve 80,5% CaF_2, 2,1% SiO_2 ve 4,5% Fe_2O_3 verimleriyle 88,5% CaF_2, 0,39% SiO_2 ve 0,17% Fe_2O_3 içerikli ürün elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Florit, flotasyon, florit kalitesi

1 INTRODUCTION

The increase in consumption products with increasing world population forces industrial raw materials to the latest phase of production. As a consequence of this, the industrial raw materials resources which can be used directly have come to an end. Because there are no visible sources, more complex methods have been developed to meet the demand for raw materials. Thanks to these methods are able to achieve higher ore grades with finer dimensions.

Flotation is a method of enriching minerals which very fine dimensions. In general, it is a method applied in enriching minerals that different surface properties. Oxides, silicates and salt-type minerals with similar chemical and physical properties can be enriched with suitable control reagents and concentrators (Atak & Tolun, 2014).

Usually, fatty acids and soaps are used in flotation of salt minerals. Sodium carbonate is used for pH control. Lime is not preferred because it precipitates the collector and recreates the silicates. Collector adsorption is usually a chemical reaction in these systems. The most important problem encountered in flotation of salt-type minerals is that the gangue minerals are of similar structure and that the selective separation is difficult. Selective separation can only be achieved by the use of appropriate control reagents and the gradual addition of a small amount of collector reagent (Atak & Tolun, 2014).

In this thesis, the possibility of flotation of fluorite ore was investigated. The mineralogy analyses were performed in detail, in order to determine the structure of the ore sample. Then, aim for these thesis is gain of high-grade CaF_2 content.

2 FLUORITE MINERALS AND QUALITY

Fluorite occurs in many mineral deposits either as ore mineral or gangue mineral. Fluorite is found mostly as a vein mineral associated with lead and silver ore; It is also seen in pegmatite voids, sedimentary rocks and mineral spring. There are many regions around the world, but more importantly; Canada, USA, South Africa, Mexico, China, England, Spain and Germany (Bonewitz, 2012).

Fluorite is mainly marketed in three qualities (Kale, 1979).

A) Acid Quality Fluorite: Normally the concentrate should contain at least 95% CaF_2.

B) Ceramic Quality Fluorite: It should be fine size and contain minimum 85-95% CaF_2.

C) Metallurgical Quality Fluorite: The tenor condition must be a minimum of 60-85% CaF_2.

3 EXPERIMENTAL STUDIES

In this thesis study, experimental studies have been conducted on the sample, which was taken from Kamar Mehdi Fluorite Mine located in Tabas Province of Khorassan province of Iran in order to increase CaF_2 content. Physical and chemical properties of the ore sample were determined. As for beneficiation method; flotation methods were used.

3.1 Material and Method

In the results of chemical analysis, it is obviously seen that 65.63% of total CaF_2 in the fluorite ore compound. The chemical analysis of the ore sample used in this thesis is given in Table 3.1. according to the analyses, 65,63% CaF_2, 8,14% SiO_2, 1,21% Fe_2O_3, 0,16% K_2O, 0,01% P_2O_5, 1,56% SO_3, and 0,02% Na_2O were determined.

Table 3.1. Chemical Analysis of the Sample

Contents	Amount, %
CaF_2	65.63
SiO_2	8.14
Fe_2O_3	1.21
K_2O	0.16
P_2O_5	0.01
SO_3	1.56
Na_2O	0.02

3.2 Flotation Experiment

The purpose of fluorite flotation is to obtain a high content product.

Achieving high content varies for the usage area of the industry. In order to obtain high efficiency in the experiments, different amounts of collector were tried. When the amount of collector used was determined while the coarse circuit was flotated, the amount of collector of cleaning circuit was determined. To increase the CaF_2 content purity, the number of cleaning cycles must be high. The amount of reagent used in the experiments is given in table 3.2.

Flotation Circuit	
pH	9
Na_2SiO_3, g/t	1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000
Starch, g/t	150 + 100 + 100 + 100 + 100
SodiumOleat, g/t	300 + 300 + 400 + 500 + 500
Cleaning Circuit	
Sodium Oleat, g/t	80 + 120 + 200 + 200

Table 3.2. Flotation Conditions

According to this experiment, the test results are shown in Table 3.3.

According to the results given in Table 3.3, 80,5% CaF_2, 2,1% SiO_2,

and 4,5% Fe_2O_3 recoveries could be obtained with 88,5% CaF_2, 0,39%

SiO_2, and 0,17% Fe_2O_3 contents, respectively.

		CaF_2		SiO_2		Fe_2O_3	
Product	Amount %	Content %	Recovery %	Content %	Recovery %	Content %	Recovery %
Concentrate	54.2	88.50	80.5	0.39	2	0.7	4.5
Middling - 1	19.4	29.44	9.5	6.09	3.8	4.05	37.9
Middling - 2	2.1	28.25	0.9	3.08	2.8	4.65	4.7
Middling - 3	1.4	23.99	0.6	9.47	4	3.67	2.7
Tailing	22.9	21.74	8.5	26.45	6.9	4.52	50.2
Total	100.0	59.57	100.0	9.80	100.0	0.7	100.0

According to test results, the more the cleaning cycle in the fluorite flotation, the more pure the product is obtained.

4.CONCLUSIONS

In the scope of this thesis, the results that were obtained were as follows;

According to the chemical analyses of the ore sample 65,63% CaF_2, 8,14% SiO_2, 1,21% Fe_2O_3, 0,16% K_2O, 0,01% P_2O_5, 1,56% SO_3, and 0,02% Na_2O were determined.

2000 g / t collector is sufficient in the rough circuit. For an effective float, the number of stages of cleaning circuits must be greater than three.

As a product 80,5% CaF_2, 2,1% SiO_2, and 4,5% Fe_2O_3 recoveries could be obtained with 88,5% CaF_2, 0,39% SiO_2, and 0,17% Fe_2O_3 contens, respectively.

REFERENCES

Atak, S., Tolun, R., 1994. Flotation, Mineral Processing Handbook,

Editors: **Önal G. and Ateşok, G.,** I.T.U. Foundation, Istanbul.

B. (2012). *Rocks and Minerals*. London: Dorling Kindersley Ltd.

Kale, H. 1979. *Envanteri* 76.

Examination of saleable quartz production possibilities from Murgul Copper Plant tailings

Murgul Bakır Tesisi atıklarından satılabilir kuvars üretim imkanlarının incelenmesi

B. Fırtına, M. Ozer, A. Ekrem Yüce

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mineral Processing Department, Istanbul

ÖZET Etibakır A.Ş. Murgul İşletmeleri kuruluş yeri, cevherleşmenin olduğu Artvin ili, Murgul ilçesi, Damar beldesi civarındadır. İşletme bakır ve pirit konsantreleri üretmektedir. Hakim cevher minerali kalkopirit ve pirittir. Gang minerali ise kuvarstır. Murgul bakır flotasyon tesisi atıklarından alınan numunelerin önemli miktarda kuvars içerdiği ve tane boyutunun -150 micron olduğu görülmüştür. Bu tez kapsamındaki araştırmanın öncelikli hedefi yüksek saflıkta bir kuvars konsantresi üretimi olmuştur. Bu kapsamda tesis atığına ksantat tipi kollektör ile doğrudan flotasyon, öğütme + flotasyon, siklon + öğütme + flotasyon ve flotasyon + öğütme + flotasyon deneyleri uygulanmış ve son olarak daha temiz bir kuvars konsantresi eldesi için nitrik asit (HNO_3) ve peroksit (H_2O_2) ile liç deneyi gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında satılabilir bir ürün elde edebilmenin teknik olabilirliği incelenmiş olup ekonomisine ilişkin değerlendirmeler bu tez kapsamında dikkate alınmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık, kuvars minerali, flotasyon, hidrosiklon, yeniden öğütme

ABSTRACT Etibakır Murgul Copper Establishment is located in the vicinity of Murgul, Artvin, where the mine and plant is located. The major minerals in the run-off mine ore are chalcopyrite and pyrite and the gangue mineral is the quartz. Representative samples taken from Murgul copper plant tailings dam area contains considerable amount of quartz with a grain size -150 micron, as well as some amount of pyrite. In this study, the primary objective was to produce a high quality quartz product. Therefore, a direct flotation, grinding + flotation, cyclone + grinding + flotation, flotation + grinding + flotation was applied and finally a leaching experiment with nitric acid (HNO3) and peroxide (H2O2) for a cleaner quartz concentrate were performed. The technical feasibility of obtaining a sellable product within the scope of the thesis study has been examined and the evaluations about the economy have been left to the second plan.

Keywords: Tailings, quartz mineral, flotation, hydrocyclone, re-grinding

1 INTRODUCTION

Quartz is the second most common mineral on the earth's crust. Because of its abundance quartz is existing nearly all mining operations. Eti Bakır Murgul Copper Plant produces copper ore and pyrite concentrate. The main mineralogy of the run of mine ore is chalcopyrite and pyrite with a huge amount of quartz as gang mineral. This study aims to produce high quality quartz product from Murgul flotation tailings.

In this; first chapter is introduction, while the second chapter includes general information about quartz, in the third

chapter, there are experimental studies about the beneficiation of Murgul Copper plant tailings. In the fourth chapter conclusions were written.

2 QUARTZ MINERAL AND USAGE IN INDUSTRY

Industrial sands strength, silicon dioxide contribution and non-reactive features compose it an essential ingredient in the production of thousands of everyday products.

Depending on its variable mineral composition quartz sand have different degrees of purity. This impurities originated from clay, feldspar, carbonated compounds, iron and titanium oxide. However, iron minerals constitute the most intolerable contaminants (Suba & Styriakova, 2015).

3 EXPERIMENTAL STUDIES

In this thesis study, 4 processes such as (direct flotation), (grinding + flotation), (cyclone + grinding + flotation) and (flotation + re-grinding + flotation) were carried out.

3.1 Material and Method

In order to determine the characterization of tailing, firstly the chemical analyses of the sample were performed. Results show that the sample contains, 83.4% SiO_2, 1.7 % Fe_2O_3 because of the predominantly existing of quartz and pyrite minerals. This material also together with significant amounts of alumina (6.1% Al_2O_3) with potassium (1.7% K_2O) and sodium (1.5% Na_2O). In order to identify the source of alumina, potassium and sodium, mineralogical analysis was done using XRD and clay (illite, kaolinite) and mica minerals were detected.

Sieve analysis was performed and d_{80} and d_{50} values of the sample were found as 110 micron and 40 micron. Table 1 shows that SiO_2 content is highest in coarser size particles (+75 micron), while Fe_2O_3 content is highest in finer size fraction (-38 micron).

Particle size analysis performed with Malvern particle sizer. Flotation experiments was performed by using laboratory type flotation machine and chemical dissolution experiments were carried out in the mechanically stirred beaker to remove impurities from silicate product.

Table 1. Fractional chemical analysis of the sample

Screen Opening,μm	Weight,%	SiO_2		Fe_2O_3	
		Content, %	Distribution, %	Content, %	Distribution, %
+74	28.9	90.1	31.3	1.1	16.3
-74+38	21.4	89.4	23.0	1.5	16.3
-38	49.7	76.4	45.7	2.6	67.5
Total	100.0	83.1	100.0	1.9	100.0

3.2 Direct flotation experiment

The sulfur flotation experiment was conducted on tailings directly without any size reduction to separate pyrite particles from silicates. In the experiments, while pyrite minerals with small amount were floated using xanthate, quartz was obtained as sunken product. In the experiment, total amount of reagents used were: 1000 g/t Na_2SiO_3 as depressant, 300 g/t KAX as collector, 120 g/t MIBC as frother. pH was

regulated to 4.5-5 with H_2SO_4 (Na_2SiO_3 amount and pH value were constant for all other flotation experiment).

As the analysis results shows; Silicate concentrate 91% in weight was obtained with 86.9% SiO_2 content. Iron content in the concentrate was decreased to 0.9%. As a results of this group experiment, the desired quality product couldn't be achieved.

3.3 Flotation after grinding experiment

The sample was ground under 53 micron with ceramic pebble mill (10+15 min). Two stages grinding with 40% ball charge and 60% solid in pulp ratio were applied. After size reduction operation, sulfur flotation experiment was performed in 4 stages. In the experiment, total amount of reagents used were: 200 gr/t KAX, 100 gr/t MIBC. Analysis shows that the sunken product (tailings) from flotation contains 86.4% SiO_2 and 0.96% Fe_2O_3. Results were not sufficient for the quality quartz product.

3.4 Cyclone + flotation experiment

As Table 1 shows, pyrite as a main impurity in the tailings is mostly in fine size. For this reason, a cyclone experiment was carried out to remove fine and high amounts of iron-containing particles.

According to the chemical analysis results, cyclone underflow was included 89% SiO_2 and 1.83% Fe_2O_3 content while overflow has 74.06% SiO_2 and 2.74% Fe_2O_3.

Cyclone underflow was ground under 53 microns at the same conditions with previous operations.

A flotation experiment was carried out to cyclone underflow. In the experiment, total amount of reagents used were: 200 gr/t KAX, 100 gr/t MIBC.

According to results from Table 2, a silicate concentrates 96.2% in weight was obtained with 91.06% SiO_2 content and the Fe_2O_3 impurity was reduced to 0.98%. As its iron content decreased concentrate obtained from this experiment can be used as it is without considering its clay and/or feldspar impurities in the ceramic industry.

Table 2. Results of flotation experiment of cyclone underflow

Products	Weight (%)	SiO_2		Fe_2O_3	
		Content (%)	Distribution (%)	Content (%)	Distribution (%)
Concentrate 1	0,9	47,72	2,01	14,96	37,26
Concentrate 2	0,6				
Concentrate 3	0,9				
Concentrate4	1,3				
Tailing	96,2	91,06	97,99	0,98	62,74
Total	100,0	89,43	100,00	1,51	100,00

3.5 Flotation +grinding + flotation experiment

In this group experiment, rougher concentrate obtained from direct flotation of the sample was re-grinded at the same conditions with the previous grinding operations and then cleaning flotation was applied. In the experiment, total amount of reagents used were: 150 gr/t KAX as collector, 150 gr/t MIBC as frother

As a result of flotation + grinding + flotation processes sunken material including 88.03% SiO_2 and 0.79% Fe_2O_3 was obtained. The desired high quality SiO_2 product was not achieved with this experiment.

3.6 Leaching experiment

The desired high quality SiO_2 product was not achieved in the previous experiments. The leaching experiment was then applied to obtain a high-quality product even though it is an expensive method. After flotation + grinding + flotation processes 88.03% SiO_2 contained end product was leached with each one of 1 mol HNO_3 and H_2O_2. Leaching conditions were specified as 10% solid pulp ratio, 2 hour leaching time, 75 ^oC temperature and 4.5 pH value. Experimental results shows that final product obtained from leaching experiment include 88.86% SiO_2 and 0.4% Fe_2O_3. The lowest iron content was reached with this experiment. However, despite the use of very strong solvents, the desired high-quality SiO_2 content was not achieved.

4 CONCLUSIONS

Murgul flotation plant's tailings dam has a significant importance as it contains a huge amount of ground quartz materials that would be thought as potential raw material for some industrial purposes. Taking into the consideration of this approaches, this study was conducted and obtained results are given below;

- As a result of pyrite flotation of tailings without any grinding, a silicate concentrates 91% in weight was obtained with 86.9% SiO_2 content. In addition, 51.4% of the iron was removed by flotation and the iron content in the concentrate was decreased to 0.9%.
- According to the results obtained from grinding + flotation experiments, 86.6% SiO_2 and 0.96% Fe_2O_3 containing concentrate was obtained with 92.4% of weight. In this group experiment, unfortunately higher SiO_2 and lower Fe_2O_3 content was not obtained.
- In the cyclone experiment, very fine material was removed as iron oxide compounds having 2.74% Fe_2O_3 from the overflow. Cyclone underflow was including 89% SiO_2 and 1.83% Fe_2O_3 content while overflow has 74.06% SiO_2 and 2.74% Fe_2O_3. Desired high quality silicate product could not be achieved.
- According to results from Table 2; in the flotation experiment with cyclone underflow product ground to -53 micron, a silicate concentrates 96.2% in weight was obtained with 91.06% SiO_2 content and the Fe_2O_3 impurity was reduced to 0.98%.
- As a result of sequential flotation + grinding + flotation processes, silicate concentrates in sunken part of flotation including 88.03% SiO_2 and 0.79% Fe_2O_3 was obtained. The desired high quality SiO_2 product was also not achieved with this experiment. Therefore, leaching experiment was applied to obtain a high-quality product even though it is an expensive method.
- Experiment results shows that final product obtained from leaching experiment includes 88.86% SiO_2 and 0.4% Fe_2O_3. The lowest iron content was obtained in this experiment. However,

despite the use of very strong acids, the desired high-quality SiO_2 content was not achieved.

- Although several beneficiation alternatives were applied to obtain high quality quartz concentrate, unfortunately satisfy results were not achieved. However, material containing minimum 88% SiO_2 and less than 0.5% Fe_2O_3 can be used as it is without considering its clay and/or feldspar impurities in the ceramic industry. Also it can be used as low quality paint raw material. In that point, it is thought that sale prices and transportation to the available market is the first order, in terms of the economic feasibility of beneficiation process.

REFERENCES

Huang, H., Li, J., Li, X., & Zhang, Z. (2013). Iron removal from extremely fine quartz and its kinetics. *Separation and Purification Technology*, 45-50.

Önal, G., Özpeker, I., Yüce, A.E., & Güney, A. (1999). *Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri.* İstanbul.

Suba, J., & Styriakova, D. (2015). Iron minerals removal from different quartz sands. *Procedia Earth and Planetary Science* , 849-854.

Lujan, Jr., Ary, T. (1992). *Crystalline silica primer*. United States: Bureau of Mines.

Laboratuvar Tipi Bilyalı Değirmende Yaş Öğütme Parametrelerinin İncelenmesi

Investigation of Parameters in Laboratory-Type Ball Mill Wet Grinding

D. Taşdelen, A. E. Yüce

ÖZET Bu bitirme çalışması kapsamında; laboratuvar tipi bilyalı değirmen kullanılarak yaş öğütmede etkili olduğu bilinen çeşitli parametreler incelenmiştir. Bu çalışmaya ilave olarak deneyde kullanılan numuneye ait İş İndeksi (Wi) değerinin belirlenmesinde, standart Bond Yöntemi ile bir doktora tezi kapsamında önerilen "kısaltılmış yöntem" olarak belirtilen yönteme göre deneyler gerçekleştirilerek hesaplanan iş indeksi değ erleri arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Öğütme deneyleri kapsamında, laboratuvar tipi bilyalı değirmende ya ş olarak; değişen pülpte katı oranlarında (%40 - %50 ve %60), değişen sürelerde (5-7.5-10 ve 15 dk) ve değişen bilya çaplarında (tamamı 35 mm bilyalardan oluşan kompozisyon ve 20-35-50 mm bilyalardan oluşan kompozisyon) deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar ürün tane boyutları (+180 ve -53 μm) dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bond iş indeksi deneyleri sonucunda deney malzemesi olan kuvarsit numunesine ait - kısaltılmış ve standart Bond testleri yapılmış – Bond iş indeksi (Wi) değerleri sırasıyla 4,84 kwh/t ve 4,75 kwh/t olarak hesaplanmıştır. Öğütme deneyleri sonucunda; pülpte katı oranı değişiminin incelendiği deneylerde boyut dağılımı açısından önemli farklılık gözlenmemiştir. Öğütme süresi değişiminin incelendiği deneylerde sürenin uzatılması ile ince malzeme miktarında artış gözlenmiştir. Bilya çapı değişiminin incelendiği deneylerde beklentinin aksine önemli farklılık gözlenmemiş; benzer çapta bilya kullanımı ile farklı çaplarda bilya kullanımının yapıldığı öğütme deneylerinde benzer sonuçlar vermiştir.
Anahtar Kelimeler: Bilyalı değirmen, yaş öğütme, öğütme parametreleri.

ABSTRACT In this study, parameters known to be effective in grinding have been investigated using laboratory-type ball mill. In addition, quartz ore which is experimental material is determined the Work Index (Wi) using a standart Bond mill by standart Bond method and by "abbreviated method" suggested in a doctoral dissertation and their results are compared. In the present work, the effects of some key grinding parameters such as ball sizes (composition consist of all 35 mm diameters and composition of 20- 35-50 mm diameters) , grinding time (5 – 7,5 – 10 and 15 min), solids content (40% - 50% and 60%) were investigated. Experimental results were evaluated based upon the product particle sizes (+180 and - 53 μm). Bond work index (Wi) values of quartz ore which is experimental material, using "abbreviated method" and standard Bond method was found as 4.84 kWh/t and 4.75 kWh/t respectively. Experiments about different solid contents do not shows significant difference on size distribution. Experiments about different grinding time shows fine material increases as grinding time increases. Contrary to expectations investigating different ball size effect on grinding shows no significant difference. Similar and different ball sizes on grinding experiment show similar results.
Keywords: Ball mill, wet grinding, grinding parameters.

1 GİRİŞ

Günümüzde cevher hazırlama tesislerinde yaygın olarak kullanılan bilyalı değirmenler, ince öğütme devrelerinde kullanılır. Bilyalı değirmenlerde öğütme, bilyaların cevher taneleri ile noktasal teması sonucunda gerçekleşir ve yeterli süre verilmesi durumunda istenilen incelikte ürün alınabilmektedir. Bilyalı değirmenlerde 50 mikronun altına öğütme yapmak mümkündür. Değirmen içindeki öğütücü ortam çelik bilyalardan oluşur ve bu öğütücü ortam değirmen hacminin %40–45'i kadardır. Bilyalı değirmenlerde yaş öğütmede pülpte katı oranı, öğütme verimliliğini etkileyen önemli bir parametredir. Tesis ortamında değirmenlerde pülpte katı oranı genellikle %60-80 civarındadır. Öğütme ortamının yüzey alanı, öğütme verimini etkileyen önemli parametrelerden bir diğeridir. Verimin yüksek olması için öğütme ortamında kullanılacak bilya çapının mümkün olduğunca küçük olması ve besleme içindeki en iri ve en sert malzemeyi kıracak ağırlıkta olması önemlidir.

Öğütülebilirlik, cevherin öğütülmesi sırasındaki ufalanma kolaylığını ifade eder (Wills, 2006) İş indeksi, cevherin öğütülebilirliğine bağlı olarak değirmenlerin boyutlandırılmasında, enerji tüketimi hesaplamalarında ve öğütme devrelerinin performansının belirlenmesinde kullanılan bir parametredir (Yıldız, 2010). Cevherin öğütülebilirlik değerini ölçmek için kullanılan yöntemlerden en yaygını Bond yöntemidir.

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bitirme çalışması kapsamında; laboratuvar tipi bilyalı değirmen kullanılarak yaş öğütmede etkili olduğu bilinen çeşitli parametreler incelenmiştir. İncelenen öğütme parametreleri; pülpte katı oranı, öğütme süresi ve bilya çapıdır. Bu çalışmaya ilave olarak deneyde kullanılan numuneye ait İş İndeksi (Wi) değerinin belirlenmesinde, standart Bond Yöntemi ile Fırat Karakaş'ın 2006 yılında hazırladığı "Çimento hammaddelerinin Öğütülmesinde Enerji Optimizasyonu" isimli doktora tezi kapsamında önerilen "kısaltılmış yöntem" olarak belirtilen yönteme göre deneyler gerçekleştirilerek hesaplanan iş indeksi değerleri arasında bir karşılaştırma yapılmıştır.

2.1 Malzeme ve Yöntem

Deneylerde kullanılan kuvars cevheri, çeneli ve merdaneli kırıcılardan geçirilerek 3.36 mm boyutu altına indirilmiştir.

Deneylerde çapı 30.5 cm ve boyu 30.5 cm olan standart Bond değirmeni, çapı 19,5 cm ve boyu 17,5 cm olan laboratuvar tipi bilyalı değirmen ve çeşitli boyutlarda standart deney elekleri kullanılmıştır.

Her bir deney için bilya doluluk oranı %45, besleme boyutu -3.36 mm, değirmen hızı 75 dev/dk olarak sabit tutulmuştur. Deneysel sonuçlar, öğütme sonrası elek analizleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir

2.2 Öğütme Deneyleri

2.2.1 Bond İş İndeksi Deneyleri

Bond deneyinde kullanılan kuvars numunesi, standartlara uygun olarak 3.36 mm altına kırılmıştır. Beslenen malzemenin %80'inin geçtiği boyutu (F_{80}, μm) belirlemek amacıyla -3.36 mm'ye kırılan malzemeden numune azaltma yöntemi ile temsili numune alınarak boyut analizine tabi tutulmuş; F_{80} değeri 2.6 mm olarak bulunmuştur.

Kırılmış cevherden numune azaltma yöntemi yardımıyla alınan test numunesi, 1000 cc'lik dereceli silindire doldurulup titreşimli bir sistem vasıtası ile 700 cc'lik hacme sıkıştırılmış, bu test numunesinin tartım ile kütlesi belirlenmiştir.

Öğütmede kullanılan Bond değirmeni, 30.5 cm x 30.5 cm boyutlarındadır. Öğütme ortamında standartlara uygun olarak 20,125 kg ağırlığında 285 çelik bilya kullanılmıştır.

Bilya dağılımı, Tablo 1'de verilmiştir (Gupta ve Yan, 2016).

Tablo 1: Standart Bond Değirmeninde Kullanılan Bilya Miktarı ve Boyutu

Bilya Çapı (cm)	Bilya Sayısı
3,7	43
3,0	67
2,5	10
1,9	71
1,55	94

Bu deneyde Standard Bond Deneyi yerine, aynı sonuca daha hızlı bir şekilde varmaya yarayan ve başlangıç devir sayısını bir yaklaşım ile bulmamızı sağlayan kısaltılmış bir yöntem izlenmiştir (Karakaş,2006). Test elek açıklığı 150 µm olarak seçilmiş; başlangıç devir sayısı ise aşağıdaki ampirik formül (3.1) yardımı ile hesaplanmıştır.

$$R_1 = (C - P_B) / NWP \qquad (3.1)$$

R_1 :Baslangıç devir sayısı
C :İstenilen Ürünün Ağırlığı (%250 devreden yükle başlangıçta belirlenmiş test eleğinden değirmen içindeki malzemenin öğütme sonunda %28.6'sının geçmesi düşünülerek saptanmıştır)
P_B: Beslenen malzemedeki 150 µm altı malzeme miktarı
NWP (Net Weight of Product) :150 µm altına geçen malzeme miktarı / 10

Deney, hesaplanan başlangıç devir sayısında, Bond değirmeninde, standartları belirli öğütücü ortam ile başlatılmıştır. Her öğütme sonrası numune, test eleği olarak seçilen 150 µm'lik elekten elenmiş ve elek altı miktarı ayrılmıştır. Ayrılan elek altı miktarı kadar başlangıçtaki –3.36 mm malzemeden değirmene besleme yapılmıştır. Her öğütme sonrası hesaplanan "Öğütülebilirlik-Grindability" (G) değeri sabit bir değere ulaşana dek öğütme işlemleri tekrarlanmıştır ve son üç deneyin öğütülebilirlik değerlerinin aritmetik ortalaması, deneyin öğütülebilirlik değeri olarak kabul edilmiştir. Her (bir)öğütme işlemi sonundaki öğütülebilirlik değeri ile hesaplanmaktadır.

$$G = \frac{(P_B - F_B)}{R} \ , gram/devir \qquad (3.2)$$

G : Öğütülebilirlik
P_B : Beslenen malzemedeki 150 mikron altı malzeme miktarı, gram
F_B : Beslenen malzemedeki 150 µm malzeme miktarı, gram
R : Devir sayısı

Denge durumuna ulaşılmadan önceki öğütme devrelerinde devir sayısı, besleme içindeki P_1 test elek açıklığından ince malzeme miktarı ile öğütülmesi gerekli malzeme miktarı (kütlece beslemenin %28.6'sı) farkının, bir önceki öğütme devresinde elde edilen öğütülebilirlik değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

Deney sonucunda kuvars cevherinin öğünebilirlik değeri 5,94 gram/devir olarak hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin Bond İş indeksi formülü (3.3)'e uygulanması ile kuvarsa ait Bond iş indeksi değeri 4,84 kwh/ton olarak hesaplanmıştır.

$$W_i = 1.1\ x \frac{44.5}{(P_1)^{0,23}\ x\ (G_{bp})^{0,82}\ x \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}}\right)} \qquad (3.3)$$

W_i : iş indeksi (kwh/t)
P_1 : test elek açıklığı (µm)
G_{bp} : öğünebilirlik değeri (gr/dev)
P_{80} : ö ğütme sonu elde edilen ürünün d_{80} boyutu (µm)
F_{80} : Besleme malzemesinin %80'inin geçtiği boyut (um)

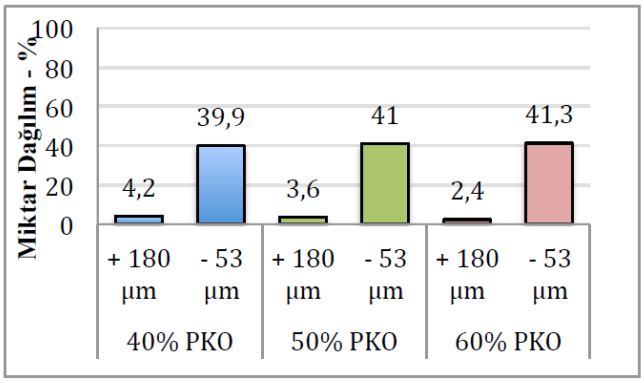
Deney malzemesi olan Kuvars cevherinin Bond İş İndeksi değerinin literatürde belirtilen değerlerden farklı çıkması üzerine Bond Deneyi tekrarlanmıştır. Bu kez başlangıç devir sayısı, standart prosedürde belirtilen 100 devir olarak alınmıştır. Tekrarlanan Standart Bond Deneyinde kuvars numunesine ait öğünebilirlik değeri 6,0 gram/devir olarak hesaplanmıştır. İş indeksi formülü kullanılarak yapılan hesaplama ile kuvarsa ait Bond iş indeksi değeri 4,75 kWh/ton olarak hesaplanmıştır.

2.2.2 Pülpte Katı Oranının Etkisi

Bu grup deneylerde pülpte katı oranı değişiminin öğütme prosesine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla bilya çapı, bilya yükü ve öğütme süreleri sabit tutulmuş; pülpte katı oranı %40, %50, %60 olarak değ işken alınmış tır. Deney sonuçları +180 µm ve –53 µm boyut oranları dikkate alınarak değerlendirilmiştir (Şekil 1).

Bilya yükü, değirmen hacminin %45'i oranında; bilya çapı, 3 farklı boyutta (50, 35, 20 mm), öğütme süresi 10 dk seçilmiştir.

%60 pülpte katı oranında yapılan deneyde d_{80} boyutu 110 µm, %50 pülpte katı oranında yapılan deneyde 104 µm, %60 pülpte katı oranında yapılan deneyde 100 µm olarak bulunmuştur.

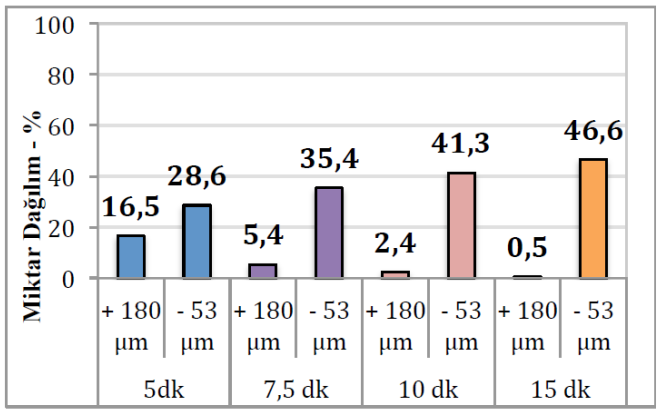


Şekil 1 : +180 ve -53 µm Boyutları Baz Alınarak Öğütmede Pülpte Katı Oranı

2.2.3 Farklı Sürelerde Öğütmenin Etkisi

Bu grup deneylerde öğütme süresi değişiminin öğütme prosesine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla bilya çapı, bilya yükü ve pülpte katı oranları sabit tutulmuş; öğütme süreleri 5-7.5-10-15 dakika olarak değ işken alınmış tır. Deney sonuçları +180 µm ve –53 µm boyut oranları dikkate alınarak değerlendirilmiştir (Şekil 2). Bilya yükü, değ irmen hacminin %45'i oranında bilya çapı, 3 farklı boyutta (50, 35, 20 mm); pülpte katı oranı %60 seçilmiştir.

5 dakikalık deneyde d_{80} boyutu 170 µm, 7.5 dakikalık deneyde 120 µm, 10 dakikalık deneyde 100 µm, 15 dakikalık deneyde 90 µm olarak bulunmuştur.



Şekil 2: +180 ve -53 um Boyutları Baz Alınarak Öğütme Süresi Değişiminin İncelenmesi

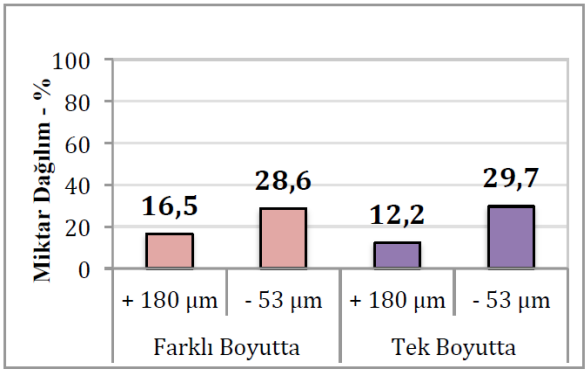
2.2.4 Bilya Çapı Değişiminin Etkisi

Bu grup deneylerde bilya çapı değişiminin öğütme prosesine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla pülpte katı oranı, bilya yükü ve öğütme süreleri sabit tutulmuş; bilya çapı değişken olarak seçilmiştir. Deney sonuçları +180 µm ve –53 µm boyut oranları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Bilya çapı :

Tamamı 35 mm çaplı, 3'te biri 50 mm, 3'te biri 35 mm, 3'te biri 20 çaplı bilyalar deneylerde kullanılmıştır. Bilya yükü, değirmen hacminin %45'i oranında; pülpte katı oranı %60; öğütme süresi 5 dk seçilmiştir.

Farklı çaplarda bilya kullanılan deneyde d_{80} boyutu 170 µm, tek boyutta bilya çapı kullanılan deneyde 145 µm olarak bulunmuştur.



Şekil 3: +180 ve -53 µm Boyutları Baz Alınarak Bilya Çapı Değişiminin İncelenmesi

3. SONUÇLAR

1) Deneylerde kullanılan kuvarsit numunesine ait - kısaltılmış ve standart Bond testleri yapılmış – Bond iş indeksi (W_i) değerleri sırasıyla 4,84 kwh/t ve 4,75 kwh/t olarak sunulmuştur.
   Elde edilen bu sonuçlar, literatürde verilen (10 – 14 kwh/t) değerlere kıyasla son derece düşük olup kuvarsit yapısında farklı kayaç yapılanması sonucunu düşündürmüştür. Bu amaçla asit testi yapılmış ancak olası bir karbonatlı kayaç yapısı gözlemlenmemiştir.
2) Diğer parametrelerin sabit tutulduğu koşullarda, üç farklı pülpte katı oranında (%40, %50, %60) öğütme deneyleri yapılmış, sonuçlar iki farklı boyut oranları mukayese edilerek yapılmıştır. Bu sonuçlara göre pülpte katı oranının artmasına bağlı olarak iri boyutta (+180 µm) önemli bir azalma var gibi görünse de (%4,2 ; %2,4) ince boyutta (-53 µm) değişim (%39,9 ; %41,3) önemli oranda olmamıştır.
   Bu koşullarda öğütme sonrası boyut dağılımlarında önemli farklılıklar olmamış; ancak değirmen kapasite kullanımı açısından %60 pülpte katı oranının daha uygun olduğu değerlendirmesi yapılmıştır.
3) Farklı öğütme sürelerinde gerçekleştirilen öğütme deneyleri sonuçlarına göre, süre arttıkça iri boyut (+180 µm) oranındaki azalış ve ince boyut (-53 µm) oranındaki artışlar dikkate değer oranlarda olmuştur. Değirmenin uygun dolulukta (%60 katı) olması halinde öğütme süresinin etkin bir parametre olduğu değerlendirmesi yapılmıştır.
4) Farklı bilya kompozisyonunun öğütmeye etkisinin incelendiği deneylerde farklı boyutlu (50 – 35 – 20 mm) ve tek boyutlu (35 mm), aynı bilya ağırlıklarında öğütme sonuçları incelenmiştir. Farklı boyutlu bilya kompozisyonunda öğütme etkinliğinin daha iyi olacağı literatür bilgisine karşın, deney sonuçlarına göre bu önermeyi karşılayacak veriler elde edilememiştir. Bu deneylerde öğütme süresi 5 dakika olarak seçilmiştir. Ancak öğütme süresinin arttırılması durumunda, literatüre uygun verilerin alınabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tezi hazırlama sürecinde bölümün imkanlarından yararlanmamı sağlayan Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölüm Baş kanı Prof. Dr. Ali Ayhan SİRKECİ'ye teşekkür ederim. Bu çalışmada, Danışmanlığımı üstlenerek bilgi ve tecrübelerinden yararlanmama imkan sağlayan sayın Prof. Dr. A. Ekrem YÜCE'ye; deneysel çalışmaların yapılmasında desteğini esirgemeyen sayın Dr. Mustafa ÖZER'e ve Arş. Gör. Yusuf Enes PURAL'a teşekkür ederim.

REFERENCES

Bond F.C., 1961. Crushing and grinding calculation part I and II. British Chemical Engineering 6 (6 and 8), 378-382.

Demirel H., 2014. Öğütme. *Cevher Hazırlama El Kitabı*, 65-94. İstanbul: Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Yayınları.

Ersayın S., Kırşan H.İ., 1995. "Bond İş İndeksinin Hızlı Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması", *Türkiye 14. Madencilik Kongresi*, 357 – 364.

Gupta A., Yan D., 2016. Mineral Processing and Operations: An Introduction, 2nd Ed, Elsevier Science & Technology Books, 89-90.

Karakaş, F., 2006. *Çimento Hammaddelerinin Öğütülmesinde Enerji Optimizasyonu*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Öner M., Can M. ve Çamdalı Ö., 1983. "Öğütme Enerjisi Kuramları ve Bazı Deneysel Bulguların Bu Kuramlara Uygunluğu", *Madencilik*, Cilt. XXII, Sayı 2, 5-18.

Wills B.A., Napier-Munn T.J., 2006. Wills' Mineral Processing Technology: An

Introduction To The Practical Aspects Of Ore Tratment And Mineral Recovery, Elsevier Science & Technology Books, s 111.

Yıldız N., 2010. Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme. Ankara : ERTEM Basım Yayın Dağıtım Sanayi ve Ticaret Limited Şti. ISBN : 9789759677923

Atık Cep Telefonlarından Hidrometalurjik Prosesler ile Metallerin Geri Kazanılması

Recovery of Metals from Waste Mobile Phones by Hydrometallurgical Processes

İ.E. Çuhadar, F. Arslan
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Teknolojik aletler hayatımızın her alanında kullandığımız ve sürekli değişen ve gelişen aletlerdir. Bu aletlerden en çok kullanılanı ve değişim göstereni ise cep telefonlarıdır. Teknolojik gelişmeler ve çeşitli bozulma nedenlerinden dolayı kullanılan cep telefonlarının yerine yenileri alınmaktadır. Bu nedenle her sene çok büyük miktarlarda atık cep telefonları ortaya çıkmaktadır. Cep telefonları üretilirken birçok metal (Au, Ag, Pt, Pd, Cu, Ni, Co, Pb, Al, Zn vb.) kullanılmaktadır. Bu metaller göz önüne alındığında, doğadaki bulunabilirlikleri ve değerleri dolayısıyla, atık olan cep telefonlarındaki bu metallerin geri kazanılması bir hayli önemlidir. Bu çalışmada, hidrometalurjik prosesler kullanılarak, atık cep telefonlarından metallerin olarak geri kazanımı çalışılmıştır. Deneysel çalışma, parçalarına ayırma, boyut küçültme (kesme ve öğütme), eleme, çözünme ve liç testlerini içermektedir. H_2SO_4 ile çözündürme deneylerinde asit konsantrasyonu, H_2O_2 ilavesi veliç süresinin etkileri araştırılmıştır. Asit konsantrasyonu ve H_2O_2 ilavesinin artışı, metal çözünme verimleri üzerinde önemli bir etkiye sahip değilken, liç süresinin uzatılması metal çözünme verimlerinde artışa neden olmuştur. 5 saatlik liç sonunda, % 98.44 Fe, % 40.59 Ni, % 92.09 Co ve % 41.90 Al çözünme verimleri elde edilmiştir. Cu, Pd ve Zn çözünme verimlerinin oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, HCl ve HNO_3 gibi farklı asitlerin kullanımı ile metal çözünme verimlerinde artış gözlenebileceği ve metalleri seçimli olarak çözebilmek için ise farklı asitler kullanılarak iki kademli liç uygulanabileceği önerilmektedir.

ABSTRACT Technological devices are the tools that we use in all areas of our lives and are constantly changing and developing. Mobile phones are the most used of these devices and show the change. Due to technological developments and various reasons of deterioration, used-defective mobile phones are replaced by new ones. For this reason, waste mobile phones are emerging every year in huge quantities. When manufacturing mobile phones, a lot of metals (Au, Ag, Pt, Pd, Cu, Ni, Co, Pb, Al, Zn etc.) is used. When these metals are considered, it is important to recycle the waste mobile phones due to their validity. In this study, recovery of metals from waste mobile phones was studied by using hydrometallurgical processes. Experimental study includes dismantling, size reduction (shreding & grinding), screening, dissolution and leaching tests. In the H_2SO_4 leaching tests, effects of acid concentration, H_2O_2 addition, and leaching time were investigated. Increasing acid concentration and H_2O_2 addition did not have significant effect on metal leaching efficiencies whereas increasing leaching time resulted in higher metal leaching efficiencies. At the end of 5-hour leaching, 98.44 % Fe, 40.59% Ni, 92.09%Co and 41.90% Al leaching efficiencies are reached. Cu, Pd and Zn leaching efficiencies are found very low. As a result of this study, the use of different acids such as HCl and HNO_3 may increase the metal leaching efficiencies and two stage leaching is also proposed to dissolve metals selectively by using different acids in both stages.

1 INTRODUCTION

Today, people use technological tools to communicate, such as laptops, desktop computers, cameras, televisions, and mobile phones. Mobile phones are one of the most used technological devices for communication because of their portable and convenient possibilities. The main parts of mobile phones are the display, the battery, the case and the circuit boards (Figure 1.) (Tan et al., 2017).

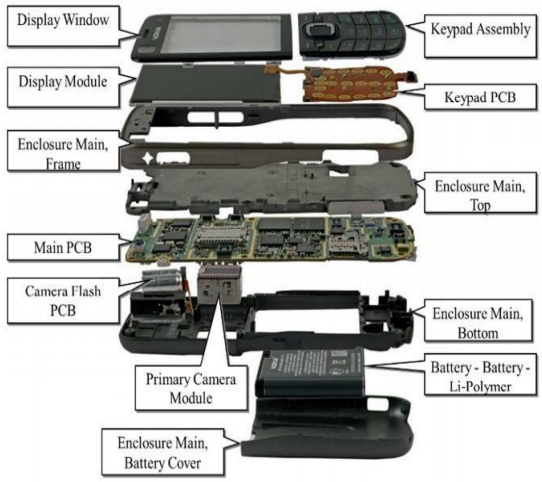


Figure 1. Parts of a Mobile Phone. (Tan et al., 2017)

In more detail, there are keypads, camera modules, and PCBs with different processing capabilities. When considering these mobile phone wastes, the circuit boards in the technological devices constitute the most important and valuable part. The reason for this is the precious metals used in the construction of circuit boards. PCBs include solder (4%), iron (3%), nickel (2%), silver (0.05%), gold (1%), plastic, epoxy resin (0.03%), palladium (0.01%), bismuth, antimony, tantalum, platinum (<0.01%), lead, cadmium, chromium and mercury (Kumar, Lee, Jeong, Jha, & Kim, 2015). Mobile phone PCBs containing a small amount of precious metal Au and Ag contain many metal elements such as Cu, Sn, Pb, Fe, Al, Zn and Ni (Table 1.).

Table 1. Metal contents (wt %) of PCBs in different studies (Das & Chaudhuri, 2016).

Wt %	Sum et al[4](2005)	Guo et al[5](2009)	Yang et al[6] (2009)	Park and Fray[7] (2009)	Yamane et al[8] (2011)	Tuncuk et al[9] (2012)
Gold	0.1	0.008	_	0.025	0	0.035
Silver	0.2	0.33	_	0.1	0.21	0.138
Copper	20	26.8	25.06	16	34.49	13
Nickel	2	0.47	0.0024	1	2,63	0.1
Tin	4	1	_	3	3.39	0.5

2 EXPERIMENTAL STUDIES

2.1 Material and Method

Old mobile phones that are subjected to this experimental study, are collected from friends and families and supplied by *Exitcom Recycling Ltd.* Company. They were dismantled with a screwdriver and their PCBs were removed one by one (Figure 2.). PCBs were then cut into pieces with a shredder machine below 4 mm in size. Representative sample was taken from shredded

PCBs and ground by ring mill for chemical analysis. Finally, dissolution tests and hydrometallurgical processes were conducted.

Figure 2. End-of-Life mobile phones used in the experimental study and pieces of old mobile phone after dismantling.

Table 2. Metal contents (%) according to size ranges.

2.2 Experimental Results

2.2.1 Size Reduction Experiments

After dismantling of old mobile phones, PCBs were subjected to the size reduction process by shredder and 1000 g of cut samples were taken for sieve analysis. d80 of the sample is found 7.46 mm (Figure 3.). Chemical Analysis of tha sample according to the size ranges is given in Table 2.

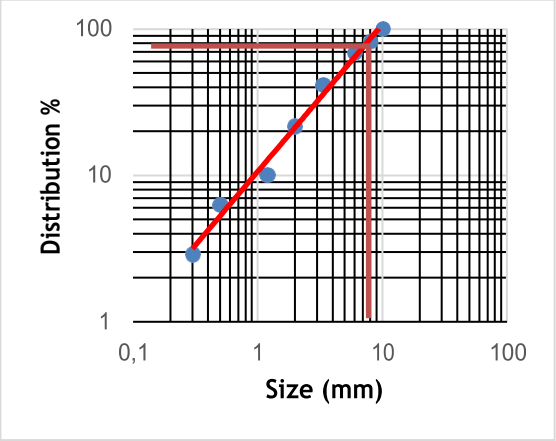


Figure 3. Size distribution curve of shredded PCBs.

2.2.2 Dissolution Experiments

Before leaching experiments, dissolution tests were carried out in order to find the metal content of sample. For this purpose, samples were dissolved in aqua region.

Particle Size (mm)	Weight Dist., %	Ag,%	Cu,%	Co,%	Ni,%	Zn,%	Fe,%	Al,%	Pb,%
+8	17.72	0.05	43.27	0.01	2.56	3.00	3.73	1.84	0.31
-8+6	13.65	0.04	29.95	0.04	2.52	0.49	17.93	1.46	0.20
-6+3.36	26.91	0.18	33.94	0.02	1.76	1.19	5.00	1.76	0.23
-3.36+2.36	19.81	0.14	25.20	0.06	3.44	1.67	21.91	1.50	0.38
-2.36+1.19	11.86	0.31	35.76	0.03	4.37	3.68	5.90	1.31	0.38
-1.19+0.5	3.83	0.28	27.48	0.03	4.95	1.69	6.29	1.27	1.43
-0.5+0.3	3.38	0.17	22.91	0.02	2.62	0.60	2.95	1.51	2.17
-0.3	2.84	0.27	14.63	0.02	1.39	0.52	4.03	2.64	1.71
Total	100.00	0.14	33.20	0.02	2.77	1.86	9.42	1.63	0.40

An average weight loss of 53.11 % was accepted as the metal content.

2.2.3 Leaching Experiments

Three group of leaching tests were performed. In the first group experiments, effect of sulfuric acid concentration on metal leaching efficiencies was studied. Experimental conditions were: solid/liquid ratio of 10%, temperature of 60°C, stirring speed of 600 rpm and duration of 1 hour at varying acid concentrations of 1-8 mole/L. In the second group experiments, effect of H_2O_2 addition was studied. Experimental conditions were: H_2O_2 addition of 10%, solid/liquid ratio of 10%, temperature of 60°C, stirring speed of 600 rpm, duration of 1 hour at varying acid concentrations of 1-8 mole/L. In the third group leaching experiments, the effect of leaching time on metal dissolution efficiencies was investigated. In the leaching experiments, experimental conditions kept constant are: 8 mole/L of H_2SO_4 concentration, temperature of 60°C, 600 rpm of stirring speed, 10% of solid/liquid ratio, 20% of H_2O_2 addition. Leaching time changed from 1 to 1 hours. As a result, the general experimental results are given in Figure 5.

3.CONCLUSIONS

In three group of leaching tests, effects of acid concentration, H_2O_2 addition and time on metal leaching efficiencies were studied.

Higher H_2O_2 additions resulted in increasing effect on Co and Ni leaching efficiencies while other metal leaching efficiencies did not change. Increasing leaching time had and increasing effect on metal leaching efficiencies. At the end of 5-hour leaching, 98,44 % Fe, 40,59% Ni, 92,09%Co and 41,90% Al
leaching efficiencies are reached. Cu, Pd and Zn leaching efficiencies are very low. As a result this study, the use of different acids such as HCl and HNO_3 may increase the metal leaching efficiencies and two stage leaching is also proposed to dissolve metals selectively by using different acids in both stages.

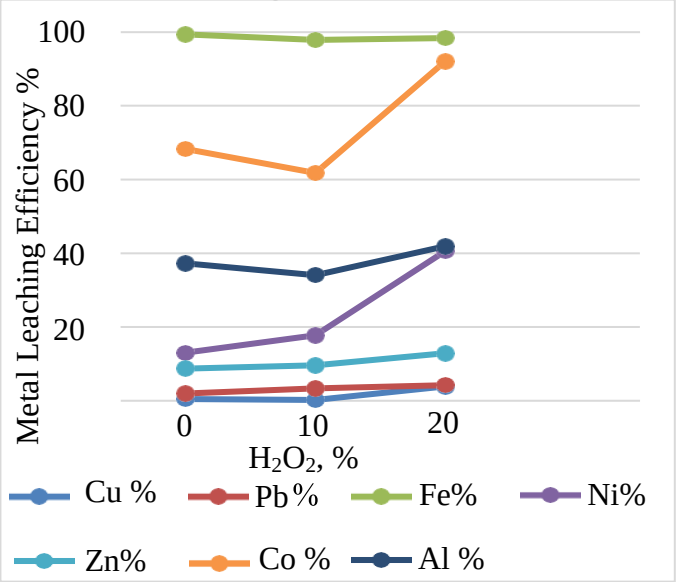


Figure 5. Effect of H_2O_2 addition on the leaching efficiencies of metals.

REFERENCES

Das, D., & Chaudhuri, M. G. (2016). Leaching kinetics of powdered PCB of Mobile phones in HNO_3medium, International Journal of Research in Engineering and Technology, 302-306.

Tan, Q., et al. (2017). Potential recycling availability and capacity assessment on typical metals in waste mobile phones: A current research study in China. J. of Cleaner Production, 509-517.

Overview of the Potential of High Technology Raw Materials in Turkey

Yüksek Teknoloji Hammaddelerinde Kullanılan Yeni Nesil Minerallere Bakış

E. Üstünışık, B. Benli

ÖZET Bu tez, yüksek teknolojinin cevher hazırlama açısından gelecekteki önemini ve Türkiye'nin yeraltı rezervlerinin bu hususta potansiyel katkısını incelemektedir. Ayrıca, "yüksek saflık", "daha güçlü", "daha dayanıklı", "yüksek performans" gibi ürünlerdeki verimliliğin ve ürün kalitesinin belirgin bir şekilde geliştirilmesiyle konvansiyonel teknolojiden farklı yüksek teknoloji endüstrisinin faydalarının özellikleri ele alınmıştır. Yüksek teknolojide kullanılan mineraller ve metaller, kullanım alanları ile karşılaştırılmıştır. Bakır, barit, nikel, antimon, manganez, krom vb. gibi yaygın olarak kullanılan mineral ve metallerin saf metal, alaşım ve kompozit imalatı için başlangıç malzemeleri listelenmiştir. Yüksek teknoloji uygulamalarında enerji ile ilgili son gelişmeler, özellikle de perovskit güneş pilleri, enerji depolama, yakıt hücreleri ve termoelektrik malzemeler de sürekli gelişmekte ve bu yenilikler yeni malzeme kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle, Perovskit, Ilmenit / Rutil ve Skutteruditler gibi mineraller ve nanoyapılarla ilgili geniş kapsamlı inceleme yapılmıştır. Öte yandan, açıkça görülüyor ki, ileri teknoloji hammadde rezervlerinde çok fazla jeolojik araştırma yapılmamıştır. Bu tez, ayrıca, perovskit güneş pilinde kullanılan TiO_2 gibi ileri teknoloji ile ilişkili mineral rezervleri üzerindeki jeolojik araştırmaların bilgi eksikliğinin olduğu ve bu tez ile jeolojik verilerin yetersiz kaldığı ortaya koyulmaktadır. Ülkemizin gelişimini önleme açısından ciddi sonuçlar doğurmasına takiben Türkiye'yi birinci dünya ülkeleri arasında kendine yer bulmasını ertelemektedir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek teknoloji, endüstriyel hammaddeler, perovskit

ABSTRACT This thesis shows the importance of high technology in the future with the aspect of mineral processing and the potential contribution of Turkey’s underground reserves. Also, the benefits of high tech industry which differs from conventional technology by the distinct improvement of efficiency and the product quality such as "high purity", "stronger", "more durable", "high performance", etc. in product characteristics were given. The minerals and metals that are used in high technology application were compared with their usage areas. The starter materials for the production of pure metals, alloys and composites export/import data of such commonly used minerals and metals as copper, barite, nickel, antimony, manganese, chrome etc. were also listed. Energy related latest advances in high technology applications, especially perovskite solar cells, energy storage, fuel cells and thermoelectric materials are also constantly developing and these innovations make new material usage come to the fore. Therefore, concerning such minerals and nanostructures such as Perovskite, Ilmenite/Rutile and Skutterudites were selected and extensively examined. This thesis also revealed that the lack of knowledge of the geological surveys on the high tech related mineral reserves such as TiO_2, which is used in perovskite solar cell. The inadequacy of this situation delivers severe consequences as preventing our country’s development and delays Turkey to find place among the 1st world countries.

Keywords: High technology, industrial raw materials, perovskite

1.INTRODUCTION

High technology industry is very important for countries to show what they are capable of. It indicates a certain level of worldwide influence and the countries technological standards. Aside of these plus values to the prestige of a country, high technology makes the production very cost-efficient and feasible that enables the industries to fulfill their objectives in a short span of time. Taking place in high technology market is crucial for developing countries to take their place among the first world countries.

In Turkey' strategic action plans, sustainability of minerals has been explained based on the targets of local technology, development, innovation development and use of natural resources. Effective and efficient use of natural resources is of great importance in these studies in terms of domestic natural resources, effective and efficient raw material usage as well as raw material supply stand out. Continuity and high quality reserve supply are one of the main subjects of mineral processing engineering. Minerals and clay structures required by high technology are introduced in the thesis study which is completed with this point of view. Application examples and contents are explained based on the energy sector in terms of application specimens of these minerals having strategic importance among development plans of our country. The distribution of industrial minerals in the world and in our country is explained as well as the potentials of concerning minerals.

2.RESEARCH STUDIES

Technological advancement is not the only key to be a part of high technology industry. Providing demanding materials can also be helpful to the country's economic potential. By researching the latest innovations and the materials that are required, underground assets can be re-evaluated and exported suitably. Instead of their direct use as industrial minerals, they have become the starter material for the production of pure metals and alloys (e.g. Be, Ce, Mg, Si, [BeCu], [FeSi], [ThMg], [BNdFe]), oxides (e.g. Al2O3, CaO, Fe2O3, MgO, REO, TiO2, ThO2) or other pure compounds and mineral s (e.g. K2CO3, LiCO3, Na2CO3, SiC, cordierite, cryolite, hectorite, periclase; wollastonite), sorne even in modified species (e.g. garnet, hydrotacites, perovskite, spinel). In this thesis, some of these structures such as TiO_2, perovskite and skutterudite were selected to discuss

3.PEROVSKITE

Perovskite is a calcium titanium oxide mineral composed of calcium titanate (CaTiO3). Named by Gustav Rose in 1839 out of appreciation for Count Lev Alekseevich Perovski (1792-1856), at that point in the Ministry of Regions, of St. Petersburg, Russia. Perovskii rose to VP of the Appanage Department in 1852-1856. Amid his residency in the Appanage Department, Perovski "added to the advancement of mining industry in Russia, assessed supplies and working of lapidary work; numerous new stores began to be mined by his drive". Perovskite was likewise a persuasive mineral gatherer.

3.1.Physical and Chemical Properties

Calcium titanium oxide belongs to a compound class having ($A^{2+VI}B^{4+}X^{2-}{}_3$) crystal structure known to be "**perovskite structure**". Perovskite is found in the Earth's mantle and restricted with ultramafic rocks and foidolites because of its unstable nature with feldspar. Bravis lattice of perovskites that are used in solar power technology is represented in Figure 3.1 which can be shown in multiple ways like many other crystal structure. Perovskites can

be thought as a large atomic or molecular cation of type a in the middle of a cube. B atoms occupy, which are positively charged as well.

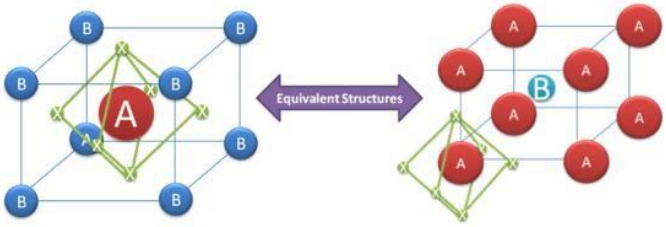


Figure 3.1. Crystal structure of Perovskites

3.2. Application Areas of Perovskite Phase- Metal-Oxides

Perovskite-phase metal oxides display an assortment of intriguing physical properties which include ferroelectric, dielectric, pyroelectric, and piezoelectric behavior. Generally, these different properties emerge from the crystal symmetry received by these materials. Distinctive physical properties of perovskite-phase materials are identified with their phase transactions, which are delicate to factors, for example, chemical composition, purity, number of surface and bulk defects, particle size, and sintering conditions. The need to control these parameters is basic for viable quality control of the gadgets delivered from these materials

The properties and uses of various essential perovskite phase mixed-metal oxides are listed in Table 3.1. The utilizations for these materials depend on their inherent dielectric, ferroelectric, piezoelectric, and pyroelectric properties in corresponding electronics applications, for example, electromechanical devices, transducers, capacitors, actuators, high-k dielectrics, dynamic random access memory, field effect transistors, and logic circuitry.

Table 3.1 Perovskite-phase Metal Oxides: Properties and Applications

Materials	Properties	Applications
$BaTiO_3$	Dielectric	Capacitor, sensor
$(Ba,Sr)TiO_3$	Pyroelectric	Pyrodetector
$PbTiO_3$	Pyroelectric, piezoelectric	Pyrodetector, acoustic transducer
$Pb(Zr,Ti)O_3$	Dielectric, pyroelectric, piezoelectric, electro-optic	Nonvolatile memory, pyrodetector surface acoustic wave device, substrate waveguide device
$(Pb,La)(Zr,Ti)O_3$	Pyroelectric electro-optic	Pyrodetector waveguide device, optical memory display
$LiNbO_3$	Piezoelectric	Pyrodetector, surface acoustic wave device
$(LiNbO_3/Ti)$	Electro-optic	Waveguide device, second harmonic generation, optical modülatör
$K(Ta,Nb)O_3$	Pyroelectric electro-optic	Pyrodetector waveguide device, frequency doubler
$Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$	Dielectric	Memory, capacitor

3.3. Perovskite Solar Cells

Perovskites are used in the fastest improving solar technology called perovskite solar cell. Sam Stranks, a physicist from Massachusetts Institute of Technology, refer to hybrid perovskites as revolutionary materials that can generate and store energy due to its unique properties which leads to increased efficiency in solar cells. While doing studies on these perovskites with lasers, it has been observed how well they harvest light to energize and transport electrons as electrical current. Breakthroughs have been made by looking at these processes happening on timescales of nanoseconds.

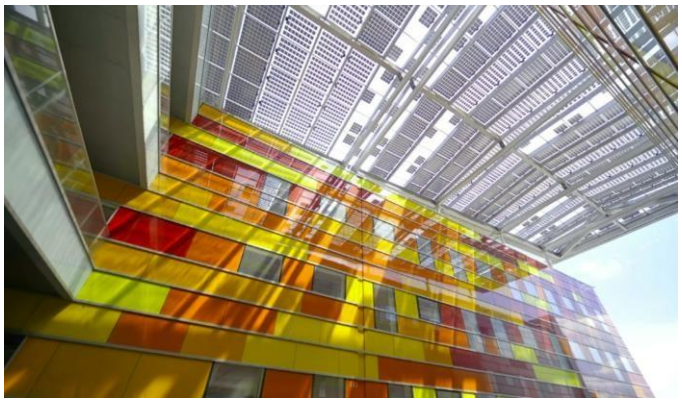


Figure 3.2. Perovskite solar cells on building

As shown in Figure 3.2, perovskite cells can be produced in many shapes and color so that they can be applied on building as an integral part of design rather than hiding them because of aesthetics problem. Perovskite tinted windows that shade the interior from hot sunlight by converting it to electricity, reducing the cooling bill while also providing electricity power.

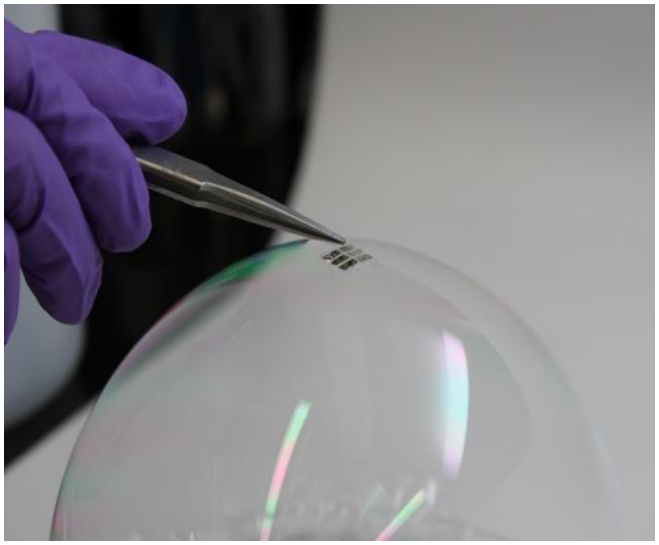


Figure 3.3. Perovskite cell on soap bubble

This is a flexible solar cell in Figure 3.3, made at MIT that is so light in weight that it can be suspended on a soap bubble. Being so light, they could be easily deployed into remote communities. This could go on longway to providing power to the 1,3 billion people in the developping world who lack access to electricity.

3.4.Local Reserves of TiO_2

As it comes to titanium reserves in Turkey, it is known that rutile, ilmenite and heavy minerals as such, enriched through mechanical ways, are located in coast placers covering 8% acreage of Turkey. Whereas, an extensive survey has not been conducted for titanium reserves in Turkey. The only information about heavy minerals by this time is as follows:

From sand surveys, 500 tons of zircon, ilmenite and rutile has been found in Istanbul-Sile coast. It is also stated that titanium minerals such as zircon, monazite and other heavy and rare-earth elements are not in significant amounts. However, the sands in Canakkale-Geyikli coast has shown promising amounts specifically for titanium minerals and zircon. Also Manisa-Salihli district shows promising levels of gold, rutile, ilmenite, zircon, magnetite and appatite as well. From the surveys made in Manisa-Demirci, it is concluded that zircon samples of 100-700 ppm are available.
M.T.A. has done surveys over Black Sea sediments and concluded that 40-100 ppm zircon and rutile is found in samples which are taken from 53 different locations and it is stated that from west Ünye to Yeşilırmak, 50 km long Çarşamba meadow bears over 160 million tons of heavy mineral reserved sand. As for Ormanlı-Terkos district, over 5 km length, 400 km width and 24 m width consist of heavy minerals but the mineral grade is not worth for economic extraction. Menderes and Gediz basins also bears ilmenite and rutile as with Hakkari and Yozgat district but exact reserves are not certain for those regions. Deposits are represented on the map in Figure 3.4.

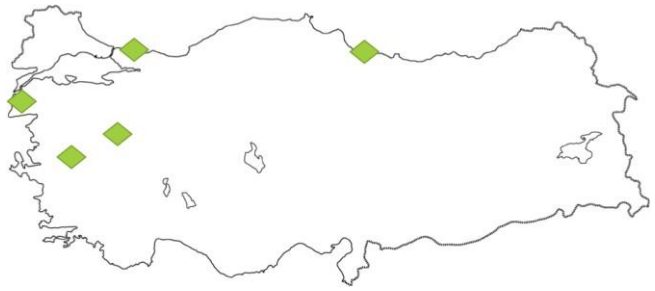


Figure 3.4. Significant TiO_2 Reserves in Turkey

4.CONCLUSIONS

In this thesis, latest high technology applications are researched and the minerals that are used in high technology industries were examined with their worldwide & local reserves. Basically high tech is sustainable and the applications and the applications of minerals and rocks are based on scientific background. The advance of science and innovation is driven by a multidisciplinary approach growing the comprehensive learning on the materials. Numerous natural industrial minerals don't meet the new quality prerequisites nor are accessible in adequate sums. In this manner, mineral advancements, together with chemical technology, purify the material as well as synthesize a material of wanted quality and amount. Clearly, all related beneficiation methods influences the cost of industrial minerals. In that matter the examples of perovskite, skutterudite, TiO_2 are selected to be examined in detail and many others are mentioned briefly. Observations on perovskites and skutterudites has shown that those minerals are not used as their naturally occurred composition but as a mineral structure. As well as TiO_2 is explained after the research on how it is being used in perovskite solar cells as a crucial layer due to its photocatalytic properties. Due to the lack of sufficient resources of TiO_2 reserves, which we believe that we could have utmost information about; the use of natural resources as advanced technology material and our country's position is growing difficult in sustainability of natural resources. Primarily, the topic of survey and R&D studies should be conducted simultaneously and give approaches for Turkish mining society.

ACKNOWLEDGEMENT

During the process of preparing this thesis, my profound thanks to the head of Mineral Processing Engineering Department **Prof. Dr. AYHAN ALİ SİRKECİ** and to my advisor **Assoc. Dr. Birgül Benli** for providing me all materials that are useful to my research**.** Also I am thankful to my friend **Tolga Özdoğan** for helping me with the high tech industrial economic aspect of my thesis.
Bu bildiri "New Generation Minerals as High Technology Raw Materials and Overview of Our Country's Potential" isimli bitirme tasarım projesinden üretilmiştir.

REFERENCES

Bedinger G. M., 2017. Tıtanium mineral concentrates, US. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*, p. 178-179.

Chandler David L., 2016. Solar cells as light as a soap bubble, MIT News Office, Cambridge.

https://www.ossila.com/pages/perovskites-and-perovskite-solar-cells-an-introduction

Kühnel, R. A. Industrial minerals and rocks for high technology products.

Mao, Y., Zhou, H., & Wong, S. S. (2010). Synthesis, properties, and applications of perovskite-phase metal oxide nanostructures. *Material Matters*, *50*(5.2), 1-8.

Ministry of Development of the Republic of Turkey, 2007, Ninth Development Plan of Mining, *Specialization Comission Report*, Ankara.

Solarcet Energies, 2016. Placas Solares de Perovskita.

Stranks, S. D., Nayak, P. K., Zhang, W., Stergiopoulos, T., & Snaith, H. J. (2015). Formation of thin films of organic–ınorganic perovskites for high efficiency solar cells. *Angewandte Chemie International Edition*, *54*(11), 3240-3248.

The Engineer, 2016. Consortium developing photovolatic windows, *Centaur Communications Ltd*, London.

Elazığ ETİ Krom Tesisi Atıklarının Geri Kazanımı

Recovery of Elazığ ETİ Krom Plant Waste

G. Dolu, M. Özer, A.E. Yüce

ABSTRACT The scope of this thesis is the recovery of fine-sized chromium wastes from the Elazığ ETİ Krom Studies consist of gravity and magnetic separation methods which are multi gravity separator, shaking table and magnetic separators. In order to bring the resource to the national economy by obtaining convenient chromite grades.

Chemical analysis of the original sample carried out by Elazığ ETI Krom laboratory and 14 % Cr_2O_3 content was defined. In this way, related experiments were carried out by fine-sized waste relatively.

Consequently, the highest Cr_2O_3 content gained from the shaking table experiment which is 39.75 % Cr_2O_3 content with 20.8 % metal recovery.

ÖZET Bu tezin kapsamı, Elazığ Eti A.Ş.'den gelen ince boyutlu krom atıklarının yeniden değerlendirilmesi ve yüksek krom içerikli konsantreler elde ederek söz konusu kaynağı ulusal ekonomiye kazandırılmasıdır.

Orijinal numunenin kimyasal analizleri Elazığ ETI Krom laboratuvarı tarafından yapılmıştır ve %14 Cr_2O_3 içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.İlgili deneyler ince boyutlu bu atıklarla gerçekleştirilmiştir. Bu tez kapsamında yapılan deneyler sonucunda, ince boyutlu numune için sarsıntılı masa ile zenginleştirme yöntemi daha iyi sonuç vermiştir. Sarsıntılı masadan % 39.75 Cr_2O_3 içerikli konsantre % 20.8 metal verimi ile elde edilmiştir.

1 INTRODUCTION

1.1 Beneficiation of Chromite

Throughout the mining and mineral processing operations enormous quantities of fined-sized ores which are the major concern from handling, storage and environmental point of view are generated and this situation results in high losses economically.

Today, it is technologically possible to obtain concentrates with high chromium content that have economic value from the low grade chrome wastes. Beneficiation methods depend on the mineral characteristics of the ore deposits, gangue mineral assemblage and the degree of dissemination of constituent minerals.

1.2 Beneficiation With Gravity Separation

Gravity separation is the most widely used and preferred methods of chromite beneficiation and gravity separators are extremely sensitive to the presence of slimes, which increase the viscosity of the slurry and hence reduce the sharpness of separation, and obscure visual cut-points. It is common practice in most gravity concentrators to remove particles less than about 10 micron from the feed,.

1.2.1 Shaking Table

Shaking table is another gravity separation device that has been used for many years in mineral processing. On a shaking table, mineral separation can be changed and controlled by a number of different operating

variables such as wash water, feed pulp density, deck slope, amplitude, and feed rate. Minerals are subjected to two forces, due to the table motion and flowing film of water

1.2.2 Multi Gravity Separator(MGS)

MGS can be determined as the rolled type shaking table that have a maximum particle size of about 100 micron but, it has lots of differences by comparison with the other gravity separators such as, additional vibration to increase grain motion, skrayper design, drum motion, and adjustable drum slope. MGS consist of three unit; movement mechanism, drum and skraypers.

2 EXPERIMENTAL STUDIES

The experiments were carried out on fine-sized chromium wastes supplied by ETİ Krom A.Ş. In the plant, the fined-sized chromium wastes are obtained from the hydrosizer overflow and the materials run from the shaking table.

In this study, firstly physical and chemical properties of the ore were determined. Then the experiments were carried out on the representative sample by using the gravity and magnetic separation techniques.

2.1 Physical Properties of The Sample

Representative sample prepared and sieve analysis was performed by using 0,38 mm, 0.053 mm, 0.074 mm and 0,106 mm sieve range. As a result of size distribution curve, d_{80} was found 65 micron size.

2.2 Chemical Properties of The Sample

Representative sample was taken for chemical analysi and completely dried in oven and sent to the ETI Krom laboratory for analysis. Chemical analysis results are shown in the table 1.

Table 1:Chemical contents of the sample

Mineral	Content, %
Cr_2O_3	14.00
Fe_2O_3	14.26
SiO_2	26.86
Al_2O_3	4.73
MgO	36.98
CaO	4.47

2.3. Multi Gravity Separator Experiment

Fine-sized chromium wastes was dispersed for a day, then fed into the multi gravity separator. The experiment was performed in three steps at 60, 55 and 45 G forces. Three clean tailings, a middling and a concentrate were obtained from this experiment. The obtained products were sent to the ETİ Krom laboratory for chemical analaysis. Flow sheet of this experiment is shown in the figure 1 and the chemical analysis results are given in the table 2.

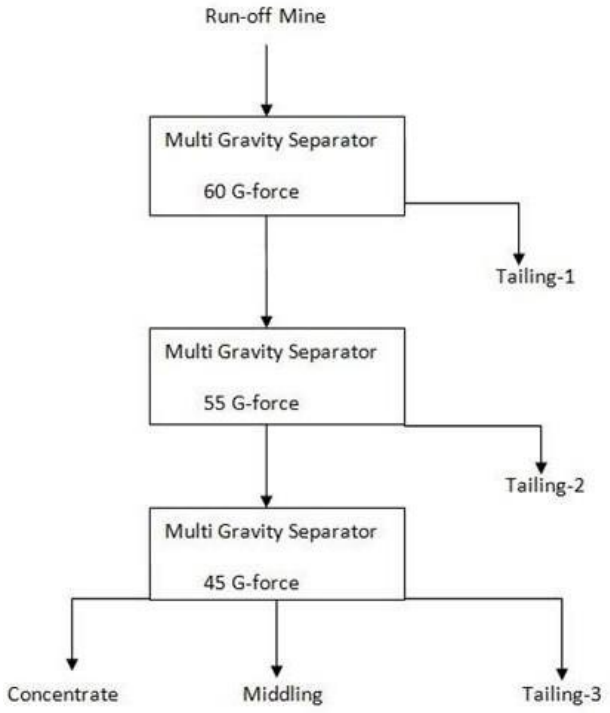


Figure 1:MGS experiment flow sheet.

Table 2:Chemical analysis results of MGS experiment

Products	Quantity (%)	Cr_2O_3 (%)	Cr_2O_3 Recovery (%)	SiO_2 (%)	SiO_2 Recovery (%)	Fe_2O_3 (%)	Fe_2O_3 Recovery (%)
Concentrate	78,5	15,07	90,6	26,3	78,6	9,50	84,5
Middling	0,6	11,03	0,5	26,65	0,6	7,75	0,6
Tailing 3	8,5	5,08	3,3	25,78	8,3	7,12	6,8
Tailing 2	4,7	4,19	1,5	31,82	5,7	6,17	3,3
Tailing 1	7,7	6,95	4,1	23,2	6,8	5,51	4,8
Total	100,0	13,06	100,0	24,8	100,0	8,82	100,0

As a result of multi gravity separation, it seems that the chromium content of the tailing was considerably reduced but the concentrate has reached only 15% Cr_2O_3 content which is not adequate for this study and also industrial applications.

2.4. Shaking Table Experimet

For the preparation of shaking table feeding material, the original sample dispersed 4 hours. Then the representative sample subjected to the experiment. Six products which obtained from the experiment, were sent to the chemical analysis. Flow sheet of the shaking table experiment is shown in the figure 2 and chemical analysis results are given in table 3.

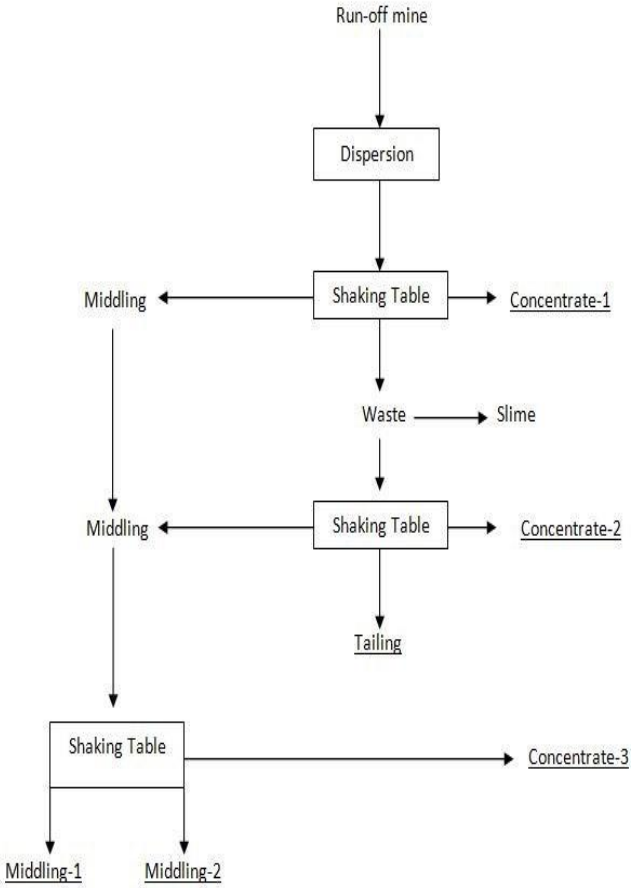


Figure 2:Shaking table experiment flow sheet

Table 3:Chemical analysis results of shaking table experiment

Products	Quantity (%)	Cr_2O_3 (%)	Cr_2O_3 Recovery (%)	SiO_2 (%)	SiO_2 Recovery (%)	Fe_2O_3 (%)	Fe_2O_3 Recovery (%)
Concentrate 1	7,3	39,74	20,8	7,05	1,9	15,27	12,3
Concentrate 2	2,8	34,95	7,1	10,96	1,2	14,29	4,5
Concentrate 3	1,5	24,93	2,7	17,5	1,0	11,8	1,9
Middling 1	20,2	10,52	15,2	31,04	23,5	8,61	19,1
Middling 2	6,3	11,91	5,4	29,82	7,1	8,94	6,2
Tailing	61,8	11,06	48,8	28,31	65,4	8,25	56,0
Total	100,0	13,99	100,0	26,50	100,0	2,27	100,0

As a conclusion of shaking table experiment, chromite contents of three concentrates recieved to 39.4 % Cr_2O_3, 34.95 % Cr_2O_3 and 24.93 % Cr_2O_3, respectively. 39.74 % Cr_2O_3 content which is obtained from the slime sized chromite wastes recovery by shaking table, is an economically admissible grade and also very close to the target value in this study.

3 RESULTS

As a result of all the experiments carried out within the scope of this thesis, the shaking table separation methods for this sample gave better results.

Consequently, the highest Cr_2O_3 content gained from the shaking table experiment which is 39.75 % Cr_2O_3 content with 20.8 % metal recorvery

ACKNOWLEDGMENTS

First of all, I would like present my thanks to Mineral Processing Engineering department which consists of many honorableness instructors and research assistants. Secondly, I present my endless thanks to Dr. Cemil Acar who led me to prepare this study by aiding me decide the thesis subject, Enginner in charge Ali Anagül supports me during the whole study progress, and Eti Krom A.Ş which undertook the sample and analysis support required for the study.

REFERENCES

Acarkan, N., & Kangal, M. O. (2011). *Cevher hazirlamada uygulamalar*. Istanbul: Yurt Madenciligi Gelistirme Vakfi.

Dickey, J. S. (1975). A hypothesis of origin for podiform chromite deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*,*39*(6-7), 1061-1062. doi:10.1016/0016-7037(75)90047-2

International Chromium Development Association (ICDA). (2015). *Discover chrome-geology*

and minerology. Retrieved from http://icdacr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=157:discover-chrome-geology-and-mineralogy&catid=66&lang=en

International Chromium Development Association (ICDA). (2015). *Chromium properties*. Retrieved from http://icdacr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=91&Itemid=342&lang=en

Karahan, S., Özkan, Y.Z., (2011) "Türkiye Krom Madenciliğinde Güncel Eğilimler ve Yeni Arayışlar", Türkiye 22. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 11-13 May2011, Ankara. Retrieved from http://delmepatlatma.org/turkiye-krom-madenciliginde-guncel-egilimler-ve-yeni-arayislar-dsyndr-20110819064116d.pdf

Krom yataklari. (n.d.). 69-166. Retrieved from http://80.251.40.59/eng.ankara.edu.tr/koc/pdf_dosyalari/ders_notlari/maden_yataklari_2.pdf

Madencilik Ozel Ihtisas Komisyonu Raporu Metal Madenler Alt Komisyonu Krom Calisma Grubu Raporu. (2011). Ankara.

Misra, K. C. (2000). *Understanding Mineral Deposits*. Retrieved from https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-3925-0#toc

Ozer, M. (1998). *Endustride atik konumundaki krom slamlarinin degerlendirilmesi*. Istanbul Technical University.

Pedrotti, M. (2001). *Chromite: from the mineral to the community*. (PhD Diss.). Universita delgi Studi di Milano.

Sample records for stratiform chromite deposits. (n.d.). Retrieved from https://www.science.gov/topicpages/s/stratiform chromite deposits.html

Tahtakiran, E. (2008). Krom cevher standartlari ve pazarlanmasi. *Madencilik Bulteni*,55-58. Retrieved from http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/7060dfad0287968_ek.pdf

Yüce, E. (1994). Multi gravite ayırıcı. *Madencilik Dergisi*,*33*.

İzmir Karaburun Bölgesi Kilinden Yer Karosu Üretimine Yönelik Konsantre Eldesinde Demirin Uzaklaştırılması

Removal Iron From Concentration From Izmir Karaburun Region's Clay Intended For Floor Tile Production

İ. Özorhan, H. Baştürkçü, M. Özer, H. Ateşok
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu tez çalışması kapsamında; İzmir Karaburun bölgesine ait kilden yer karosu üretiminde konsantre elde edilmesinde demirin uzaklaştırılmasına yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Tuvenan kil numunesine yapılan kimyasal analiz sonucunda Fe_2O_3 içeriğinin %5.52 olduğu tespit edilmiştir. Kil cevherleri dağılabilen ve bunun sonucunda, mikron boyutlarındaki orijinal boyutlara inebilen bir malzemedir. Bu sebeple kil numunesinin aktarma tamburu ile dağıtma deneyleri yapılmıştır. Aktarma tamburu deneyleri sonucunda kil numunesindeki demir içeriğinin çoğunluğu iri boyutlarda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Demir içeriğinin -0,038 mm boyutunda %3,01 oranında olduğu tespit edilmiştir. Ardından gravite yöntemiyle zenginleştirme yapan Multi Gravite Ayırıcısı(MGS) ile zenginleştirme deneyi yapılmıştır. MGS deneyi sonucunda kil konsantresi hafif ürün olarak elde edilmiş olup, demir içeriği %1,98 olarak tespit edilmiştir. MGS ile zenginleştirme deneyleri sonrasından demir içeriğini daha fazla düşürülmesi amacıyla Jones manyetik ayırıcısı ile yaş manyetik ayırma ile zenginleştirme deneyi yapılmıştır. Bu zenginleştirme deneyi sonucunda kil konsantresinin demir içeriği %1,82 iken alümina içeriği ise %29,65 olarak tespit edilmiştir. MGS sonrası yapılan ve demir içeriği bakımından daha temiz kil konsantresi elde edilmesine yönelik yapılan Flotasyon ile zenginleştirme deneyleri sonuç vermemiştir.

ABSTRACT Within the scope of this thesis; Experimental studies have been carried out to remove iron from the concentrate obtained from the production of floor tile for the clay of İzmir Karaburun region.

The chemical analysis of the tuvenan clay sample revealed that Fe_2O_3 content was 5.52%. Clay ores are dispersible and as a result, clay is a material that can go down to micron sizes. For this reason, the dispersion test of the clay sample with the transfer drum was performed. As a result of the transfer drum experiments, it was observed that the majority of the iron content in the clay sample was concentrated in large sizes. The content of iron was found to be 3.01% at -0,038 mm. Then beneficiation experiment was carried out with Multi Gravite Separator (MGS) beneficiaiting by gravite method. As a result of the MGS test, the clay concentrate was obtained as a light product, iron content was found to be 1.98%. After the beneficiation experiments with MGS, beneficiation experiment was carried out by wet magnetic separation with Jones magnetic separator in order to further reduce iron content. As a result of this beneficiation experiment, the content of iron in the clay concentrate was 1,82% and the content of alumina was determined as 29,65%. Flotation enrichment experiments conducted after MGS to achieve a clean clay concentration with respect to iron content did not yield results.

1 GENEL BİLGİLER

1.1 Kil Minerali

Tane boyutu 2 mikrondan küçük, ıslatıldığında plastik hale gelen, ısıtıldığında sertleşen hidrate alüminyum silikat minerallerinden oluşan kayaçlara kil adı verilmektedir.

Kil yatakları, kil mineralinin, killi şist, grovak ve feldspatça zengin kayaçların alterasyon örtüsünden aşınma ve taşınma sonucu tatlı su havzalarında çökelmesiyle oluşurlar. Kil minerallerinin çok büyük ve karmaşık bir mineral dizisine sahip olmaları, içeriklerindeki yabancı maddelerin varlığı, oluşum yeri ve özelliklerinin değişik oluşu gibi etmenlerden dolayı killer birçok şekilde sınıflandırılabilirler (Ateşok, 1990).

1.2 Killerin Fiziksel ve Teknolojik Özellikleri

Killerin fiziksel ve teknojik özellikleri şunlardır; plastisite özelliği, kuruma ve pişme küçülmesi, kuru bağlama mukavemeti, pişme rengi ve ateş kaybı, termik özellikleri, ateşe karşı dayanıklılık ve sinterleme özellikleri, imalat özellikleridir (Şen,1997).

1.3 Killerin Kimyasal Özellikleri

Teknolojide killerin kimyasal bileşimlerinin saptanması amacıyla Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO, K_2O, Na_2O ve kızdırma kaybı yüzdeleri belirlenmektedir.

1.4 Kil Minerallerinin Kullanım Alanları

Kil mineralinin kullanım alanı oldukça çeşitlidir. Dünyada üretilen kil minerallerinin %70-%75'i seramik endüstrisinde kullanılmaktadır. Seramik endüstrisinin dışında kil mineralleri, kağıt, petrol, tarım, döküm ve peletleme, lastik, çimento endüstrilerinde de kullanılmaktadır. Aynı zamanda kil minerali dolgu malzemelerinin bünyesinde de kullanım alanı bulmaktadır. Killer ayrıca; tuğla ve kiremit endüstrisinde, boya sanayiinde, emaye, ilaç ve kimya sanayiinin çeşitli kollarında, yol, kanal, drenajlarının tecrit işlerinde, yağ rafinasyonunda kullanım alanı bulmaktadır (Özer, 2002).

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışma kapsamında İzmir Karaburun Bölgesinden getirilen kil numunesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş, daha sonra demirin azaltılmasına yönelik zenginleştirme deneyleri yapılmıştır.

2.1 Deney Numunesinin Karakterizasyonu

Tüvenan Kil cevheri üzeri üzerinde yapılan mineralojik incelemeler sonucunda, kil cevherinin bünyesindeki minerallerin dağılımı % 40-50 kuvars, % 25-30 illit/mika % 20-25 kaolinit olarak görülmüştür. Kimyasal analizleri sonucunda ise Al_2O_3 içeriği %19,56, SiO_2 içeriği %59,27, demir içeriği %5,52 olduğu gözlemlenmiştir. Tuvenan cevhere yapılan elek analizi sonucunda d_{80} boyutu 60 mm, d_{50} boyutu ise 20 mm olarak tespit edilmiştir (Ateşok ve diğ., 2016)..

2.2 Dağıtma ve Boyuta Göre Sınıflandırma Zenginleştirme Deneyleri

Bilindiği üzere, kil cevherleri dağılabilen ve bunun sonucunda, mikron boyutlarındaki orijinal boyutlara inebilen bir malzemedir. Çoğu kil zenginleştirme tesislerinde, kil cevherleri farklı yöntemlerle (suda bekletme, dağıtma ve scrubbing) açılmakta ve sonrasında çok ince boyutlarda yapılan sınıflandırma ile kil konsantresi üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla, Karaburun kil numunesinin aktarma tamburu ile dağıtma deneyleri yapılmıştır. %60 pülpte katı oranında ve 30 dakika yapılan deney sonucunda kilin açılması sağlanmış sonrasında elde edilen ürünün elek analizleri yapılarak, her elek fraksiyonundaki kimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Deney sonucunda demir içeriğinin iri boyutlarda yoğunlaşmış olup, -0,038 mm boyutunda %3,01 oranında olduğu tespit edilmiştir.

2.3 Multi Gravite Ayırıcısı ile Zenginleştirme Deneyleri

Bu çok ince boyutlu malzemenin içerisinde bulunan -38 mikron boyutu altındaki demirli bileşiklerinin ayrıca bir gravite zenginleştirilmesi ile uzaklaştırılması mümkün olabilecektir. Bu amaçla çok küçük boyutlu cevherlerin zenginleştirilmesinde merkezkaç kuvvetinin etkisi ile çalışan Multi Gravite Ayırıcı ile deneyler gerçekleştirilmiştir. MGS ile özgül ağırlık farkına göre zenginleştirme yapmasından dolayı yakın yoğunluğa sahip minerallerin de boyuta göre sınıflandırılmasını sağlamaktadır. MGS ile zenginleştirme deneyi sonunda, cihazın hafif ürün boşalma ucundan elde edilen üründe Al_2O_3 içeriği açısından belirgin bir zenginleştirme olduğu (%28,94 Al_2O_3) ve kil minerallerinin arttığı görülmüştür. Bunun yanı sıra ağır ürün olarak elde edilen malzemenin ise yüksek demir ve silis içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen ağır üründe %7,05 Fe_2O_3 ve %73,4 SiO_2 vardır.

Tablo 1. Multi Gravite Ayırıcısı ile Yapılan Zenginşetirme Deneyi Sonuçları

	Fe_2O_3, %	Al_2O_3 %	SiO_2 %
Kil Konsantresi (Hafif Ürün)	1.98	28.94	51.2
Ara Ürün	2.95	17.64	67.0
Artık(Ağır Ürün)	7.05	11.04	73.4

2.4 Manyetik Ayırma Deneyi

MGS ile zenginleştirme deneyleri sonucunda elde edilen kilin demir içeriğinin daha fazla düşürülebilmesi amacıyla Jones manyetik ayırıcı cihazıyla yaş manyetik ayırma deneyi yapılmıştır. Yapılan zenginleştirme deneyi ile elde edilen kil konsantresinin içerikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 2. Jones Manyetik Ayırıcısı ile Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

	Fe_2O_3 %	Al_2O_3 %	SiO_2 %
Manyetik Olmayan Ürün	1,82	29,65	50,51
Ara Ürün	1,95	28,95	50,75
Manyetik Ürün	2,75	27,62	51,15

2.5 Flotasyon ile Zenginleştirme Deneyleri

Yapılan flotasyon deneylerinde demirin uzaklaştırılması amacıyla oksit flotasyonu yapılmış olup; pH, kıvam süresi, kondüsyon süresi ve köpük alma süresi parametreleri sabit tutulmuştur. Sülfanat tipi reaktif olan R801 ve R825 etkisi gözlenmek amacıyla deneylerde farklı miktarlarda eklenmiştir. Elde edilen sonuçlarda yüzen üründe çok fazla miktarda kil gözlemlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen ürünlere yapılan kimyasal analiz sonuçlarında demir miktarında azalma gözlemlenmemiş olup, deneyler sonuç vermemiştir.

3 SONUÇLAR

İzmir Karaburun Bölgesine ait kil numunesinin seramik sanayii yer karosu üretiminde kullanılmak üzere zenginleştirecek kilden demirin uzaklaştırılması kapsamında gerçekleştirilen tez kapsamındaki deneysel çalışmalarla elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Kil cevherlerinin aktarma tamburu ile 30 dakika dağıtılması mevcut kil minerallerinin açılmasını sağlamaktadır. Aktarma tamburundan sonra yapılan elek analizi ve boyuta göre kimyasal analizine bakıldığında demir içeriğinin iri boyutlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Analizler sonucunda, -38 mikron altı kil numunesinde %23,52 Al_2O_3 ve 3,01 Fe_2O_3 içerdiği tespit edilmiştir
2. MGS deneyi sonucunda %54.3 miktarında bir hafif ürün elde edilmiştir. Aktarma tamburu deneyinin sonucunda Fe oranı 3,01 iken multi gravite ayırıcısı ile yapılan zenginleştirme deneyi sonucunda bu

oranın %1,98' e düştüğü tespit edilmiştir.

3. Manyetik ayırma deneyi sonucunda elde edilen kil konsantresinin demir içeriğinde bir azalma gözlemlenmiştir. Demir içeriği %1,82 olup, alümina içeriği ise %29,65'dir.
4. Demir içeriği bakımından yapılan flotasyon ile zenginleştirme deneyleri sonuç vermemiştir.
5. Dağıtma ve boyuta sınıflandırma, multi gravite ayırıcı ile zenginleştirme ve yüksek alan şiddetli Jones tipi yaş manyetik ayırma ile zenginleştirme kademeleri sonucunda kil numunesi seramik sanayiinde yer karosu üretiminde kullanıma uygun demir ve alümina içeriğine sahip hale gelmiştir.

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu bitirme çalışmasının yapılmasına olanak sağlayan Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Ayhan Ali SİRKECİ'ye, danışmanlığımı üstlenerek bu çalışmayı yapmamı sağlayan ve destekleyen çok değerli hocam Prof. Dr. Hayrünnisa ATEŞOK'a, tezimin her aşamasında bana yardımcı ve destek olan çok değerli Dr. Müh. Mustafa ÖZER'e ve Arş. Gör. Dr. Hüseyin BAŞTÜRKÇÜ'ye ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. **Ateşok, H., 2017.** "CHZ 318-Endüstriyel Hammaddeler Ders Notları" İTÜ Maden Fakültesi, Bölüm.
2. **Ateşok, H., Ateşok, G., Sirkeci, A.A., Özer, M., Baştürkçü, H., Tarsus, Z., Tuzlupınar, E., Esenli, F., 2016.** "İzmir Karaburun yöresi killerinin kömür ve demir'den arındırılması ile ilgili teknolojik araştırma projesi", İ.T.Ü Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü.
3. **Özer, M., 2002.** "Ultrasonik titreşimin kil çöktürmesinde etkisinin incelenmesi ve klasik çöktürme yöntemleri ile karşılaştırılması", *Yüksek Lisans Tezi* , , İ.T.Ü. Maden Fakültesi s. 8–11.
4. **ŞEN, T., 1997.** "Seramik endüstrisinde kullanılan kaolenlerin demirden uzaklaştırılması", *Lisans Tezi,* , İ.T.Ü. Maden Fakültesi, s. 5-7.

Recovery of Gold and Silver from Floor Sweeping Wastes by Cyanide Leaching Method

Zemin Süpürme Atıklarından Altın ve Gümüşün Siyanür Liçi Metodu ile Geri Kazanımı

M.C. Şafak, F. Burat
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Kuyumculuk sektöründeki en önemli metaller hiç kuşkusuz altın ve gümüştür. Kuyumculuk sektöründe atölyelerde yapılan işçilik çalışmaları sonucunda ortaya minik metal ve değerli taş parçaları ve metalik tozlar saçılmaktadır. Altın ve gümüşün piyasadaki fiyatlarına bakıldığında bu atölyelerdeki çalışmalarda ortaya çıkan tozlar büyük önem teşkil etmektedir.

Bu tez çalışmasında kimyasal yöntem olan siyanürlü karıştırma liçi kullanılarak Au ve Ag'nin geri kazanımı incelenmiştir. Temsili numune ile siyanürlü karıştırma liçi deneylerinin bir sonucu olarak; tane boyutunun incelendiği deney grubunda, %20 pülpte katı oranı, 12 g/L ve 40ºC sıcaklık değerleri sabit tutularak 4, 8, 12, 24, 48 saatlik siyanür liçi süreleri test edilmiştir. Sarsıntılı masa atıklarıyla yapılan deneyde %68.2 Au çözünme verimi elde edilmiştir. Ayrıca, -150 mikron tane boyutuyla gerçekleştirilen deney sonucunda 48 saatlik liç süresi için % 62.3 Au çözünme verimi elde edilmiştir. En iyi Au çözünme verimi olan %70'e 48 saat çözündürme süresi, 12 g/L NaCN konsantrasyonu, -1 mm tane boyutu ve 40ºC pulp sıcaklığı koşullarında ulaşılmıştır.

ABSTRACT The most important metals in the jewelry sector are undoubtedly gold and silver. As a result of workmanship work done in the jewelry industry, the tiny metal and jewel fragments and metallic powders are scattered. Given the prices of gold and silver on the market, the dust that emanates from these workshops is of great importance.

In this thesis, the recovery of Au and Ag was investigated by agitation leaching with cyanide which is a chemical method. As a result of the cyanide mixing experiments with the representative sample, the cyanide leaching times of 4, 8, 12, 24, and 48 hours were tested with the temperature values of 12 g/L and 40ºC fixed at 20% of the solid/liquid ratio, and 68.2% Au dissolution was obtained in the experiment with shaking table wastes. In addition, 62.3% Au dissolution efficiency was obtained for a 48-h leaching time as a result of the experiment with a particle size of -150 micron. The best Au dissolution efficiency was found as 70% when the experiment was conducted at 48 hours, 12 g/L, -1 mm particle size and 40°C temperature conditions.

Keywords: Floor, Sweeping, Waste, Gold, Silver, Leaching.

1 INTRODUCTION

Recycling is the process of converting waste materials into new materials and objects. Recycling can prevent the waste of potentially useful materials and reduce the consumption of fresh raw materials.

Gold production in jewelry sector will be produced scrap material with traditional process in workshops or with mass production in factories (Corti, 2002). In United States, 140 tons of new and old scrap was recycled, slightly less than the reported consumption in 2015. Following the decline in price, the domestic and global supply of gold from recycling continued to decline from the high level in 2011. (George, 2016). In jewelry production, gold accounting for more than %80 of the total yearly market for the metal. The jewelry is measured, finished, cleaned and polished, the waste is collected, then transferred to founders for the final treatment in small jewelry companies. This procedure causes poor recovery, mainly because of the lack of chemical and morphological knowledge of the constituents of the waste (Delfini, Manni, & Massacci, 2000).

There are three type of wastes in the jewelry workshops which are handwashing waste, jewelry polishing waste and floor sweeping waste (Ferrini, Manni, & Massacci, 1998). These waste types may be beneficiated with physical, physicochemical and chemical methods like gravity, magnetic and electrostatic methods, flotation or leaching.

In this thesis, the optimum beneficiation of gold and silver from the floor sweeping waste by the chemical method was investigated using cyanide leaching method. In the experiments, the optimum temperature, optimum NaCN concentration, optimum time, and effect of particle size are determined.

2 EXPERIMENTAL STUDIES

Collected floor sweeping wastes from jewelry workshops were burned to remove the combustible part like paper, plastic and etc. After that it was aimed to recover precious metals such as gold (Au) and silver (Ag) in the jewelry waste by agitation leaching with cyanide.

2.1 Materials and Methods

The jewelery waste obtained from floor sweeping wastes. Firstly, the size distribution characteristics of the representative sample were determined and Au and Ag contents were found at various size ranges. Since this material to be used in the experiments is a waste character.

The +6 mm material was discarded hence, there are lots of ungrounded material like copper wires and their Au content 10.3 ppm.

-6+1 mm size fraction was crushed below 1 mm using roller crusher and combined with material below -1 mm. In order to prevent the generation of fine material the crushed part was screened and material above the screen was re-crushed. Finally, the sample was used in agitation leaching with cyanide at different conditions for solving valuable metals in concentrate. In order to investigate the leaching performance of floor sweeping at different particle size fractions, the crushed sample was dry ground below 150 microns by vibratory disc mill. Apart from that, a fine fraction from gravity separation was subjected to agitation cyanide leaching.

2.2 The Chemical and Physical Properties of Sample

XRD studies have been carried out on the representative sample. As seen from Figure 1 the material of the majority of the calcium compound (71.1% and 6.1% $CaSO_4$- $CaCO_3$-Calcite anhydride), also are the compounds of magnesium-oxide hydro magnesite and magnesium. These compounds cause the pH value of the material to be around 13, and to obtain a high basic structure. Since the content of precious metals such as gold and silver is below a certain level, it cannot be displayed in XRD analysis.

The results of microscopic examinations on the obtained concentrated product which included flake gold, are also shown in Figure 2. In addition, chemical analysis of the waste material was determined the chemical composition of the waste material and it was determined that the material contained 170 ppm Au (g/t) and 3326 ppm (g/t) Ag.

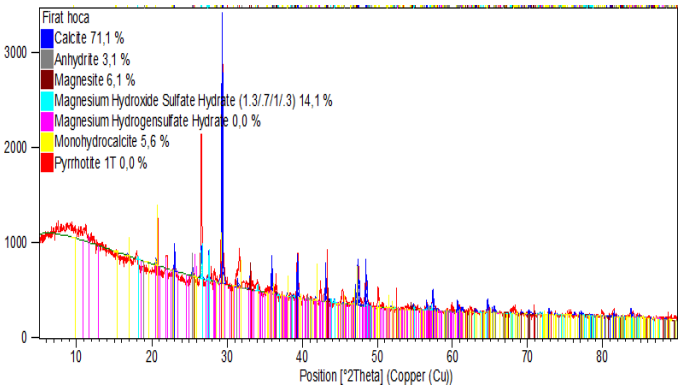


Figure 1. Result of XRD analysis of the sample

Figure 2. Gold Particle in the waste

After characterization of the material, its chemical and physical properties were determined.

The cyanide leaching experiments were carried out in order to obtain gold and silver with high content and recovery.

Sieve analysis was performed to determine the size distribution of the material under the size of approximately -1 mm obtained from the incineration and screening unit and the Au and Ag analyzes were performed the results are given in the particle size distribution curve is shown in Figure 3.

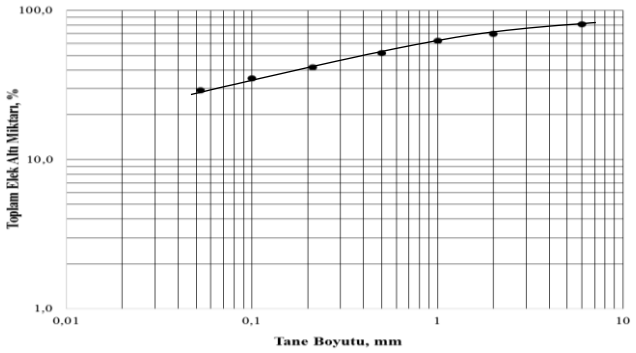


Figure 3. Cumulative Undersize Curve

According to the sieve analyses this sample's d_{80} was 500 micron and d_{50} was 210 micron.

As shown that sieve analysis of -1 mm material at Figure 4.

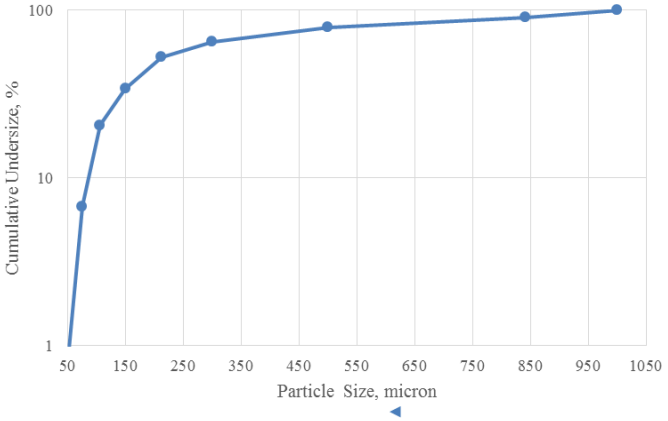


Figure 4. Sieve Analysis of Material

3 RESULTS AND DISCUSSION

In the experiments, the optimum temperature, optimum NaCN concentration, optimum time and effect of particle size are determined.

3.1 Effect of Temperature

In this experimental group; the effect of temperature on gold and silver dissolution efficiencies were investigated and -1 mm particle size, 20% of solid/liquid ratio, 4 hrs of leaching time and 2 g/L NaCN concentration were kept constant. During the experiments 20, 40 and 60°C temperatures were investigated in order to find the best conditions.

As a result of the experiments, the gold dissolution efficiency, which was determined as 32% at 20°C, increased to 35% when 40°C pulp temperature was applied. The optimum temperature was found as 40°C and kept constant for further tests.

3.2 Effect of NaCN Concentration

In this experimental group; under the constant conditions such as 20% solid/liquid ratio, 4 hrs leaching time and 40-degree temperature, the effect of NaCN concentration on the recovery of gold and silver was investigated. In this context, concentrations of 0.5, 2, 4, 8 and 12 g/L NaCN were examined.

The gold dissolution efficiency, determined as 10% at NaCN concentration of 0.5 g/L, increased to 56% in the experiment when NaCN concentration was rised to 12 g/L.

3.3 Effect of Time

In this experimental group; the effect of leaching time on gold dissolution efficiency was investigated at the optimum conditions of 20% solid/liquid ratio, 12 g/L NaCN concentration and 40°C pulp temperature. Experiments were carried out at 4, 8, 12, 24, 48 hours leaching and the results have showed that gold dissolution efficiency was increased when leaching time was increased. The gold dissolution rate, which was 34.8% in the 4 hrs leaching test, increased to 70.1% in the 48 hrs leaching test.

In experiments with 12 g/L NaCN concentration, the best results were obtained in a 48-hour experiment with a dissolution efficiency of up to about 70%. On the other hand, Au dissolution efficiency was found as 35% at the end of 4 hours leaching time.

3.4 Effect of Particle Size

Experiments carried out at 4, 8, 12, 24, 48 hours leaching. After the determination of optimum temperature 40ºC, NaCN concentration 12 g/L and 20% solid ratio the experiments were performed at different size fractions and time.

As a result of the experiment for -150 microns with 48-h leaching time, 62.3% Au dissolution efficiency was obtained.

On the other hand, containing 61 ppm gold and 899 ppm silver, which resulted from the shaking table experiment as a tailing.

In this experiment with shaking table tailings, the initial values were kept constant and tested for 4, 8, 12, 24, 48-hour cyanide leaching times. The dissolution efficiencies obtained. As a result of the experiment with a 48-h leaching time, 68.3% Au dissolution efficiency was obtained.

4 CONCLUSION

The representative sample floor sweeping wastes contain 170 ppm Au and 3326 ppm Ag, respectively. The goal in experiments is to obtain gold and silver at the highest efficiency by obtaining optimum conditions. In the leaching experiments, the following parameters were examined for the effect of gold and silver on the dissolution efficiency:

- Temperature
- NaCN concentration
- Time
- Particle Size

The results obtained from cyanide leaching experiments are as follows:

The gold dissolution efficiency, which was determined as 32% at 20°C, increased to 35% when 40°C was applied. After 60°C temperature, Au recovery started to decrease. The gold dissolution efficiency, determined as 10% at a NaCN concentration of 0.5 g/L, increased to 56% in the experiment with a NaCN concentration of 12 g/L.

The best results were obtained in a 48-hour experiment with a dissolution efficiency of up to about 70%. On the other hand, the yield of gold dissolution at the end of 4 hour was 35%.

In particle size experiments with -150 micron and shaking table tailings, the initial values were kept constant and tested for 4, 8, 12, 24, 48-hour cyanide leaching times.

As a result of the experiment with shaking table tailing for 48-h leaching time, 68.2% Au dissolution efficiency was obtained.

As a result of the experiment with -150 micron for 48-h leaching time, 62.3% Au dissolution efficiency was obtained.

REFERENCES

Corti, C. W. (2002, May). Wastes, Recovery and Refining of Gold Jewelry Scraps and Wastes. The Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology, (p. 1). London.

Delfini, M., Manni, A., & Massacci, P. (2000). Technical Note Gold Recovery From Jewelry Waste.

Ferrini, M., Manni, A., & Massacci, P. (1998). Characterization and sampling ofjewelry waste in Italy. Proc. Second Biennial International Conference on Chemical Measurement and Monitoring of the Environment, (pp. 529-534). Ottawa.

George, M. W. (2016). Gold. Virginia: U.S. Geological Survey.

Trakya Uzunköprü Kömürlerinin Yıkama Özelliklerinin Belirlenmesi ve Lavvar İri ve İnce Boyut Devresi Performans İncelemesi

Determination of Washing Properties of Trakya Uzunkopru Region's Coal and Performance Review of Coarse and Fine Size Circuit of the Launder

R. Ö. Gökçeoğlu, H. Ateşok
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu tez çalışması kapsamında; Trakya Uzunköprü bölgesinde bulunan Ento Madencilik'e ait kömür yıkama tesisinin iri ve ince devresinin performans incelemesini gerçekleştirmek amacıyla tesiste yerinde incelemeler ve dört gün boyunca numune alımı ile laboratuvarda deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Trakya Uzunköprü bölgesinde bulunan Ento Madencilik'e ait kömür yıkama tesisinden dört gün boyunca birer saat aralıklarla numuneler alınmış ve deneysel çalışmalar yapabilmek amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'ne getirilmiştir. Burada tuvenan numunenin kuru bazda kimyasal analizi gerçekleştirilmiş, kül içeriğinin %46.0, sabit karbon miktarının %28.04, uçucu madde içeriğinin %25.96, toplam kükürt miktarının %0.83, üst ısıl değerinin 2570kcal/kg ve alt ısıl değerinin ise 2440kcal/kg olduğu tespit edilmiştir. Ardından tuvenan numunenin yıkanabilirliğini tespit etmek amacıyla, usulüne uygun şekilde temsili numune alınarak -150+18 ve -18+1mm boyut gruplarında yüzdürme-batırma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ağır ortam tamburunun lave ve şisti ile ağır ortam siklonunun lave ve şistinden alınan numunelerin yüzdürme batırma deneyleri gerçekleştirilmiş, kül analizleri yapılmış ve tromp eğrileri çizilmiştir. Aynı zamanda 18mm'lik titreşimli kavisli tuvenan eleği ile 1mm'lik titreşimli tuvenan eleğinin performans değerlendirmesini yapmak amacıyla elek analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerin sonuçlarına göre tesisin iri ve ince devresinin performans değerlendirilmesi yapılmış, tesisin problemleri tespit edilmiş ve potansiyel çözümler üretilmiştir.

ABSTRACT Within the scope of this thesis; Required reviews of the plant, sample collecting for four days and experimental studies have been carried out to determine the washing properties of Trakya Uzunkopru Region's coal and to do the performance review of coarse and fine size circuit of the washing plant.

Samples were taken from the coal washing plant belonging to Ento Madencilik located in the Trakya Uzunköprü region for four days at intervals of one hour and brought to Istanbul Technical University Faculty of Mines Mineral Processing Engineering's Pilot Plant in order to do the required experimental studies. Here, the dry based chemical analysis of the raw material was performed and %46.0 of ash content, %28.04 of fixed carbon content, %25.96 of volatile matter content, %0.83 of total sülfür content, 2570kcal/kg of upper heat value and 2440kcal/kg of lower heat value were determined. Subsequently, in order to determine the washability of the raw sample, a representative sample was taken from the raw sample by the

rules of sampling and divided into size groups of -150+18 and -18+1 mm and float-immersion tests were carried out. After that, the samples that were taken from the heavy media drum's and heavy media cyclone's clean coal and schist were put through float-immersion tests and ash content analysis in order to draw the tromp curves. Also sieve analyzes were carried out in order to evaluate the performance of the 18mm vibrating curve screen and the 1mm vibrating screen. According to the results of these experiments, the performance evaluation of the coarse and fine circuit of the plant was made, the problems of the plant were determined and potential solutions were produced.

1 KÖMÜR HAKKINDA GENEL BİLGİ

1.1 Kömürün Tanımı ve Özellikleri

Doğal halde veya bazı değişimlerden sonra yakacak olarak kullanılabilen, yeterli miktarda yanıcı organik bileşikler içeren kayaçlara ''mineral yakıtlar'' adı verilmektedir. Mineral bir yakıt olan kömür, organik bir kaya olarak tanımlanır. Organik, inorganik maddelerle birlikte nemden oluşan kömür genellikle kuru olarak %50'den fazla yanabilen madde içerir. (Ateşok, 2014)

1.2 Kömürün Kimyasal Özellikleri

Kömür, kömürleşen kısımlara ve kömürleşme sürecine bağlı olarak, yapı ve bileşim bakımından homojen bir madde olmadığı için, yapısal bakımdan farklılıklar gösterir (Ateşok, 2014). Çeşitli kömür türlerinin kimyasal bileşimlerinden meydana gelen değişiklikler çizelge 1.1'de gösterilmiştir.

	Ham Durumda	Kuru ve Külsüz Baza Göre, %			
	Nem (%)	Karbon	Hidrojen	Oksijen	Uçucu Madde (900 ^{0}C
Odun	20	50	6.0	42-43	75
Turba	90	60	5.5	32-33	65
Kahverengi Kömür	60-40	60-70	5.0	25	50
Linyit	40-20	65-75	5.0	16-25	45-45
Alt Bitümlü	20-10	75-80	4.5-5.5	12-21	45
Bitümlü	10	75-90	4.5-5.5	5-20	18-40
Yarı Bitümlü	5	90-92	4.0-4.5	4-5	5-20
Antrasit	5	92-94	3.0-4.0	3-4	1-5

Şekil 1.1: Odun, Turba ve Çeşitli Kömür Türlerinin Kimyasal Bileşimleri (Ateşok, 2014)

1.3 Kömürün Fiziksel Özellikleri

Kömürlerin fiziksel özellikleri incelenirken rutubet, özgül ağırlık, sertlik, boyut dağılımı, mukavemet, ufalanabilirlik, öğünebilirlik, gözeneklilik, elektrik iletkenliği, ısıl iletkenlik ve manyetik duyarlığına bakılır. (Ateşok, 2014)

1.4 Kömür Zenginleştirme Yöntemleri

Uzun yıllar içinde ekonomik ve teknolojik nedenlerle uygulama alanı bulan veya bulamayan çok sayıda kömür zenginleştirme tekniği geliştirilmiştir. İri kömür zenginleştirme yöntemleri olarak olarak genellikle ağır ortam sistemi ya da jig tercih edilirken ince boyuttaki kömürlerin zenginleştirilmesinde genel olarak ağır ortam siklonları, ince kömür jigleri, sallantılı masalar, su siklonları, spiraller ve koniler kullanılır. (Ateşok, 2009)

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Trakya Uzunköprü bölgesinde bulunan Ento Madencilik'e ait kömür yıkama tesisinin iri ve ince devresinin performansı incelemesini yapmak amacıyla tesiste yerinde incelemeler ve dört gün boyunca numune alımı gerçekleştirilmiş, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'ne getirilen numuneler ile gerekli deneysel çalışmalar yapılmıştır.

2.1 Malzemenin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tuvenan numunenin elek analizi yapılmış, 18mm boyutundan iri malzeme miktarının %78,59 ve 1mm boyutundan büyük ve 18mm boyutundan küçük malzeme

miktarının %13,21 olduğu tespit edilmiştir. Ardından tuvenan numunenin komple kimyasal analizi yapılmış, kül oranı %46.00, sabit karbon miktarı %28.04, uçucu madde miktarı %25.96, toplam kükürt içeriği %0.83, üst ısıl değeri 2570 kcal/kg ve alt ısıl değeri 2440 kcal/kg olarak bulunmuştur.

2.2 Tuvenan Kömürün Yıkanabilirliği

Tuvenan numunenin yıkanabilirliğini saptamak amacıyla -150+18 mm ve -18+1 mm boyut gruplarında yüzdürme-batırma deneyleri yapılmıştır. Yüzdürme-batırma deneylerinin sonuçlarına göre ince devrede ayırmanın, iri devreye göre daha kolay olduğu tespit edilse de iki boyut grubunda da ayırma güçlüğünün ortadan güç olduğu bulunmuştur.

2.3 Eleklerin Performans Etüdü

Tesisden 4 gün boyunca alınan numunelerden 18mm'lik kavisli tuvenan eleğinin üstünden alınan ve 1mm'lik titreşimli tuvenan eleğinin üstünden alınan numunelerle, eleklerin performansını belirleyebilmek amacıyla elek analizleri yapılmıştır.

2.4 İri Devre İle Yapılan Çalışmalar

İri devre olarak kabul edilen ağır ortam tamburunun lave ve şistinden 4 gün boyunca alınan numunelerin yüzdürme-batırma deneyleri gerçekleştirilmiş, kül analizleri yapılmış ve tromp eğrileri çizilmiştir. Ardından hata ve hassasiyet faktörleri hesaplanmıştır. Hata faktörü değerinin 4 günlük ortalaması 0,090 ve hassasiyet faktörünün 4 günlük ortalaması 0,140 olarak hesaplanmıştır. Hata faktörü 0,020-0,125 arasında hesaplandığına göre iyi bir ayırım söz konusudur. Dolayısıyla hassasiyet faktörü değeri de uygun çıkmıştır.

2.5 İnce Devre İle Yapılan Çalışmalar

Ağır ortam siklonundan yani ince devreden 4 gün boyunca alınmış olan numunelerin yüzdürme-batırma deneyleri gerçekleştirilmiş, kül analizleri yapılmış ve tromp eğrileri çizilmiştir. Ardından hata ve hassasiyet faktörleri hesaplanmıştır.4 günün ortalama değerleri hesaplandığında hata faktörünün 0,055 ve hassasiyet faktörünün ise 0,076 olarak bulunduğu gözükmektedir. Hata faktörü 0.020-0.125 arasında olduğuna göre iyi bir ayıırım söz konusudur. Dolayısıyla hassasiyet faktörü değeri de uygundur.

3 SONUÇLAR

Bu tez kapsamında, Trakya Uzunköprü Bölgesi kömürlerinin yıkama özelliklerinin belirlenmesi ve Ento Madencilik'e ait kömür yıkama tesisinin iri ve ince boyut devresi performans incelemesi yapılması amacıyla tesiste yerinde incelemeler, numune alma işlemleri ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

1. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'ne getirilen tuvenan numunenin elek analizi yapılmış, 18mm boyutundan iri malzeme miktarının %78,59 ve 1mm boyutundanbüyükve18mmboyutundan küçük malzeme miktarının %13,21 olduğu tespit edilmiştir. Ardından tuvenan numunenin komple kimyasal analizi yapılmış, kül oranı %46.00, sabit karbon miktarı %28.04, uçucu madde miktarı %25.96, toplam kükürt içeriği %0.83, üst ısıl değeri 2570 kcal/kg ve alt ısıl değeri 2440 kcal/kg olarak bulunmuştur.

2. Ardından tuvenan numunenin yıkanabilirliğini saptamak amacıyla -150+18mm ve -18+1mm boyut gruplarında yüzdürme - batırma deneyleri yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarına göreince devrede

ayırmanın, iriye göre daha kolay olduğu tespit edilmiştir.

3. 18mm'lik kavisli tuvenan eleği ile 1mm'lik titreşimli tuvenan eleğinin performanslarını saptamak amacıyle elek analizleri yapılmıştır.

4. İri ve ince devrenin lave ve şistinin yüzdürme batırma deneyleri, kül analizleri yapılmış, tromp eğrileri çizilmiştir. Tromp eğrilerindeki verilerden hata ve hassasiyet faktörleri bulunmuş ve çıkan sonuçlara göre iyi bir ayırım yapıldığı bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu bitirme çalışmasının yapılmasına olanak sağlayan Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Ayhan Ali SİRKECİ'ye, danışmanlığımı üstlenerek bu çalışmayı yapmamı sağlayan ve destekleyen çok değerli hocam Prof. Dr. Hayrünnisa ATEŞOK'a, laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan çok değerli arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. **Ateşok, G, 2009.** ''Kömür Hazırlama Ve Teknolojisi'', *Yurt Madenciliği Geliştirme Vakfı,* İstanbul..
2. **Ateşok G., Önal, G., Perek, K.T, 2014.** ''Cevher Hazırlama El Kitabı'', *Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı,* İstanbul.
3. **Ateşok,G,1986.**''Kömür Hazırlama'', *Kurtiş Matbaası,* İstanbul.

Na-Feldispat ve Kuvars Ayırımında Yağ Asidi Aminlerinin Etkileri

Effects of Fatty Acid Amines on selective flotation of Na-Feldspar and Quartz

S. M. Beşiktaş. M. O. Kangal
Istanbul Technical University. Faculty of Mining. Department of Mineral Processing Engineering. Istanbul

ÖZETBu tezdeki amaç Na-feldispat ve kuvars minerallerini farklı yağ asidi aminleri kullanarak seçimli ayırımı yapmaktır. Ayırma işlemi flotasyon metodu kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Mika flotasyonu pH 9-10 aralığında katyonik ya da anyonik reaktifler kullanılarak feldispat ve kuvarsın bastırılmasıyla gerçekleşmektedir. Mika flotasyonundan sonra kuvars ve feldispatın ayrılması için Armeen T tekli yağ asidi amini ve Duomeen TDO çiftli yağ asidi amini bulunan flotasyon testleri ayrı ayrı yapılmıştır. Feldispat katyonik birer kolektör olan Duomeen TDO ve Armeen T ile pH 2-3 aralığında yüzdürülmüştür. Armeen T ve Duomeen TDO ile yapılan feldispat kuvars ayrımının ardından optimum değerler ile yüzdürme işlemi gerçekleştirilmiştir.

ABSTRACTWithin the scope of this thesis. is aimed seperation of Na-Feldspar and quartz was aimed. It is stated that mica flotation of feldspar concentrate can be achieved at pH between 9-10. and using anionic or cationic reagents depression of quartz from feldspar was obtained. After mica removal. for separation quartz and feldspar. further flotation test were performed using both the mono fatty acid amines Armeen T and dual fatty acid amines Duomeen TDO. Feldspar is floated with cationic collectors Duomeen TDO and Armeen T at pH between 2-3. Behind the selective flotation of Na-feldspar and quartz. optimum values were determined. These values were used the cleaning flotation.

1.INTRODUCTION

Feldspar minerals are known to be one of the major raw material for glass and ceramic industries. Feldspar minerals are sodium. potassium. and calcium aluminosilicates. Their ores are commonly associated with quartz and mica and may also contain iron minerals depending on the type of deposit. Apart from that. good quality feldspar depends on mineralogical and chemical structure. The different feldspar minerals can be used for different purposes. While potassium feldspar is used for manufacturing of high strength electrical porcelain. sodium feldspar is generally utilized for manufacturing of container glass and fiber glass. It is stated that. 90-95 % produced feldspar in the world is used for glass and ceramic industries (Demir et al. 2001). Turkey. Italy. the USA. Thailand. France. Spain and Germany have important feldspar reserves. Upgrading of feldspar ores can be applied some physical and physicochemical

separation techniques such as gravitational. magnetic. flotation because of produce most purification of feldspar. Among them. flotation is the most widely used beneficiation method. While iron and titanium can be separated with magnetic separation. mica and quartz can be separated with flotation. The aim of the this project is selective flotation of Na-feldspar and quartz with using two types of fatty acid amines.

2. FELDSPAR BENEFICIATION

The feldspar minerals concern with silica sands. micaceous minerals (muscovite and biotite). tourmaline. hornblend. garnets. ilmenite and other iron oxides (Cytec. 2002). Feldspar minerals have three district group depend on the chemical components as: Albite ($NaAlSi_3O_8$). Anorthite ($CaAl_2Si_2O_3$) and Orthoclase ($KAlSi_3O_8$). There is a mineral composition between Albite and Anorthite are called as plagioclase feldspar. and between Albite and Orthoclase are known as alkali feldspar.

In Turkey. there has large amount of Na-feldspar and small amount of K-feldspar reserves. These material contains quartz. Na-feldspar. K-feldspar. mica. Fe_2O_3. TiO_2 etc. Although the feldspar reserve can be sold directly. increase the quality of the feldspar using with beneficiation process as magnetic separation and flotation is preferable. Beginning the process. the ore crushs with primary crushers by jaw crusher and ground by ball mill until 1 mm. After the size reduction colorific impurities separate by magnetic separation and then. flotation method applies for Na-feldspar and quartz separation and also for remove colorific impurities.

3. EXPERIMENTAL STUDY

In this thesis. experimental studies have been conducted on the sample. which was taken from Muğla. Milas Region. in order to remove Na-feldspar from quartz. Physical and chemical properties of the ore sample were determined. As for beneficiation method; flotation methods were used.

3.1 Material and Methods

The screen analysis showed that d_{80} size of ore was 0.3 mm in size. Sieve analyses is shown in Table 3.1 and graph of the analyses is shown in Figure 3.1. Chemical analysis feldspar sample contains SiO_2 (73.26%). Na_2O (6.84%) and K_2O (5.78%). Flotation method can provide to remove the colorific impurities. First of all. mica was separated from the feldspar sample. Experiment was done in Denver laboratory flotation machine at 1500 rpm. Mica removal is achieved with anionic collector known as A4 at pH between 9-10 with using sodium hydoxide to depress quartz and feldspar. Collector was added 100 g/t in the three steps (40 g/t + 30 g/t + 30 g/t). Conditioning time was 10 minutes each concentration.

After the mica removing. experiment was done with two types of fatty acid amines. In this part of the test the feldspar-quartz separation flotation tests were carried out using N-tallow-1.3-propanediamine dioleate (Duomeen TDO) as indicated. The structual formula of Duomeen TDO indicates has both primary and secondary amine groups. Diamine formula is $RNHCH_2CH_2CH_2NH_2$ $2R'CO_2H$. Compare with the has only primary amines. Duomeen TDO has greater cationic activity because of existence of strong organic base. Cationic collector Duomeen TDO (diamin dioleat. Akzo Nobel) was prepared 1% solution and added 150. 200. 250 g/t individually. Flotation tests were carried out with 300 g samples. 25 % pulp solid ratio in Denver laboratory flotation machine. For each addition of the Duomeen TDO test were done with different pH values as 2 – 2.25 – 2.5 – 2.75 – 3. The pH was adjusted by H_2SO_4. Both conditioning and

floatation were performed at the same speed 1500 rpm. Conditioning time was 3 minutes each Duomeen TDO concentration. In the experiment. was decided to effective results are pH 2.25 for 150 g/t Duomeen TDO concentration. Flotation cleaning flowchart illustrated in Figure 3.2. Flotation cleaning for Duomeen TDO concentration is shown in Table 3.2.

Armeen T (tallowalklyamine. Akzo Nobel) is a cationic collector. It has mono fatty acid amines and low alkali properties. Amine formula is R-NH_2. Because of the chain lenght cationic properties are lower than the diamines. Flotation tests were carried out with 300 g samples that had %25 pulp solid ratio using Denver laboratory flotation machine. Armeen T was prepared 1% solution and added 150. 200. 250 g/t individually. For each addition of the Armeen T. test was done with different pH values as 2 – 2.25 – 2.5 – 2.75 – 3. H_2SO_4 was used for pH regulator. Both conditioning and floatation were performed at the same speed 1500 rpm. Conditioning time was 3 minutes each Armeen T concentration. In the experiment. was decided to effective results are pH 2.50 for 200 g/t Armeen T concentration. Flotation celaning for Armeen T concentration is shown in Table 3.3.

Table 3.1.Sieve Analyses of feldspar ore

Size (mm)	%	Oversize.%	Undersize.%
-0.3+0.2	19.0	19.0	100.0
-0.2+0.1	74.8	93.8	81.0
-0.1+0.074	4.3	98.1	6.2
-0.074	1.9	100.0	1.9
Total	100.0		

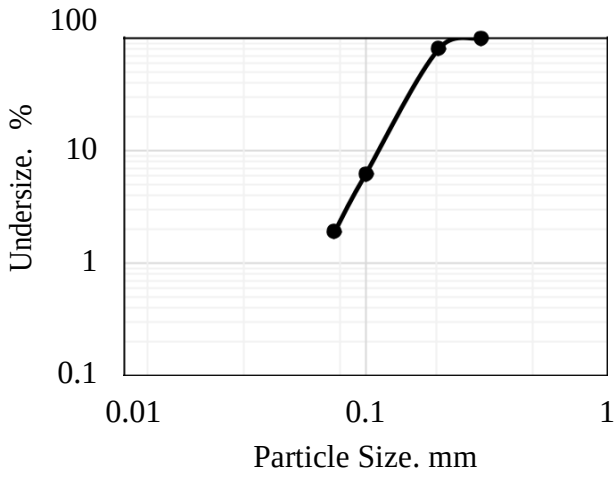


Figure 3.1. The particle size distribution of feldspar ore

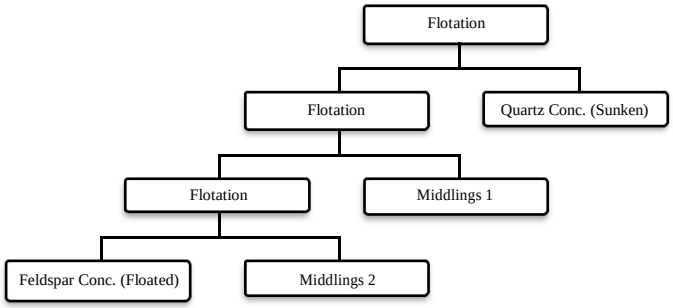


Figure 3.2. Aflowchart of the feldspar cleaning.

Table 3.2 Results of flotation cleaning with 150 g/t Duomeen TDO concentration.

Products	%	SiO_2	
		Content.%	Recovery.%
Quartz Conc.	90.0	77.44	91.0
Middlings 1	6.9	70.16	6.3
Middlings 2	1.7	65.14	1.5
Feldspar Conc.	1.4	64.27	1.2
Total	100.0	76.54	100.0
Products	%	Na_2O	
		Content.%	Recovery.%
Quartz Conc.	90.0	6.5	92.0
Middlings 1	6.9	3.08	3.3
Middlings 2	1.7	7.36	2.0
Feldspar Conc.	1.4	12.17	2.7
Total	100.0	6.36	100.0
Products	%	K_2O	
		Content.%	Recovery.%
Quartz Conc.	90.0	5.72	90.3
Middlings 1	6.9	5.66	6.8
Middlings 2	1.7	5.41	1.6
Feldspar Conc.	1.4	5.02	1.2
Total	100.0	5.70	100.0

Table 3.3 Results of flotation cleaning with 200 g/t Armeen T concentration.

Products	%	SiO_2	
		Products	Recovery.%
Quartz Conc.	68.0	77.42	68.6
Middlings 1	1.3	75.60	1.3
Middlings 2	1.3	74.45	1.2
Feldspar Conc.	29.5	75.35	28.9
Total	100.0	76.75	100.0
Products	%	Na_2O	
		Content.%	Recovery.%
Quartz Conc.	68.0	6.31	65.1
Middlings 1	1.3	6.19	1.2
Middlings 2	1.3	6.95	1.3
Feldspar Conc.	29.5	7.23	32.3
Total	100.0	6.59	100.0
Products	%	K_2O	
		Content.%	Recovery.%
Quartz Conc.	68.0	5.92	70.8
Middlings 1	1.3	5.74	1.3
Middlings 2	1.3	5.32	1.2
Feldspar Conc.	29.5	5.17	26.8
Total	100.0	5.69	100.0

4. CONCLUSIONS

- According to chemical analysis milled feldspar ore sample contains; SiO_2 (73.26%). Al_2O_3 (16.34%). Na_2O (6.84%) and K_2O (5.78%).
- The flotation testes were performed on the - 0.3 mm sample.
- Mica separation with flotation method was achieved with anionic collector at pH range between 9.00 - 10.00 using A4.
- According to chemical analysis using Duomeen TDO . Na-feldspar that was seperated quartz sample contains; SiO_2 (75.12%). Na_2O (6.74%) and K_2O (5.72%).
- The optimum value of the test using with Duomeen TDO is 150 g/t concentration at pH 2.25.
- Recovery of the Na_2O in float is 8.98% and recovery of the SiO_2 in sink is 75.47% with using Duomeen TDO.
- According to chemical analysis using Armeen T . Na-feldspar that was seperated quartz sample contains; SiO_2 (75.8%). Na_2O (6.78%) and K_2O (5.80%).
- The optimum value of the test using with Armeen T is 200 g/t concentration at pH 2.5.
- Recovery of the Na_2O in float is 8.70% and recovery of the SiO_2 in sink is 76.85% with using Armeen T.
- Collector which has dual fatty acid amines provides more efficient than mono fatty acid amines because of the alkali properties.
- In conclusion. using of dual fatty acid amines (Duomeen TDO) increases content and recovery of Na_2O in the float and SiO_2 content in the sink comparing the mono fatty acid amines Armeen T.

ACKNOWLEDGMENT

During the process of preparing this thesis. my profound thanks to the head of Mineral Processing Department Prof. Dr. Ayhan Ali SİRKECİ and my adviser Assoc. Prof. Dr. M. Olgaç KANGAL who provide all facilities available.

Bu bildiri " Effects of Fatty Acid Amines on Na-Feldspar and Quartz Selective Separation" adlı bitirme tasarım projesinden üretilmiştir.

REFERENCES

Bulatovic. S.M.. 2015. Handbook of Flotation Reagents : Chemistry. Theory and Practice. p.p.107 - 119 doi:10.1016/B978-0-444-53083-7.00007-5.

CYTEC industry. 2002. Mining Chemicals.

Demir.C.. Ersoy. B.. & Çelik. M.S.. 2001. Separation of Na- feldspar and K-feldspar within Fluoride Medium. pp. 112-117 doi:2001/

Kalyon. D.. Gulsoy. Ö.Y..2015. The comparision of non-hydrofluoric acid flotation methods used in feldspar quartz separation.

Kangal. M.O.; Bulut. G.; Yeşilyurt. Z.; Güven. O.; Burat. F..2007. An Alternative Source for Ceramics and Glass Raw Materials: Augen-Gneiss. Minerals. pp. 7- 70.

Geri Dönüşüm Sularının Kalkopirit Flotasyonuna Etkisi
Effect of Recycling Waters on Chalcopyrite Flotation

S. S. Serpicioğlu, Ü. Yenial, G. Bulut
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu tezin amacı geri dönüşüm sularının kalkopirit flotasyonuna etkisinin incelenmesidir. Deneyde Siirt-Madenköy Bakır cevheri kullanılmıştır. Bu cevher kalkopirit mineralinin yanı sıra pirit, sfalerit, galen, hematit, limonit, kalsit ve kuvars gibi mineraller içermektedir. Deneylerde musluk suyu ve geri dönüşüm suyu olmak üzere iki farklı su kullanılmıştır. Geri dönüşüm suları, laboratuvarda musluk suyu ile yapılan deneyler sonucunda elde edilmiştir. Sonuç olarak, geri dönüşüm suyunun kalkopirit flotasyonuna içerik ve verim açısından herhangi bir zararı olmadığı aksine flotasyon verimine pozitif bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

ABSTRACT The main goal of this thesis is the research of the effect of recyle waters on chalcopyrite flotation. The mineralogical investigation of ore sample shows that it contains mainly chalcopyrite, pyrite, sphalerite, galena, hematite, limonite, calcite and quartz which is obtain from Siirt-Madenköy Copper mine. In experiments, two types of water is used, which is; tap water and recycle water. The recycling water is produced in experiments carried out with tap water. In conclusion, the recycled water has no harm on chalcopyrite flotation, infact it has a positive effect on flotation recovery.

1 GİRİŞ

1.1 Bakır Flotasyonu

Sülfürlü minerallerin gerek yantaştan gerek birbirlerinden ayrılmasında en etkin yöntem flotasyondur. Mineraller flotasyon işlemlerindeki davranışlarına göre, polar olmayan mineraller (grafit, elmas, kükürt vb.), ağır metallerin sülfürleri (galen, sfalerit, pirit vb.), oksitler, silikatlar ve tuzlar olarak sınıflandırılmaktadırlar (Fuerstenau, 1962).

Genellikle bütün bakır cevherlerinde bakır minerallerinin serbestleşmesi için çok ince öğütme gerekmektedir. Küçük boyutlarda da teknolojik ve ekonomik olarak ancak flotasyon yöntemi kullanılabilmektedir (Gaudin, 1957; Atak, 2017).

Kalkopirit ($CuFeS_2$), en önemli ve en çok üretilen bakır mineralidir. Genelde pirit ve pirotin, sfalerit, galenle beraber bulunur. Uzun süre nötr veya hafif alkali ortamda kalmış kalkopirit yüzeyinde ince bir oksit tabakası bulunur. Bu tabaka pH 10'un üstünde bozunur (Atak, 2017).

1.2 Geri Dönüşüm Suyunun Flotasyona Etkisi

Su, hayatın her alanında olduğu gibi cevher hazırlamada da önemli bir unsurdur. Suyun tekrar kullanımı, sürdürülebilirlik araştırmaları ve maden şirketlerinin sorumlulukları çerçevesinde son yıllarda önem kazanmıştır. Tesislerde kullanılan suların geri döndürülmesi hem kullanılan suyun deşarj miktarını azaltarak çevre

kirliliğini engeller hem de taze su gereksinimini azaltır. Geri dönüşüm suyu genellikle atık barajından veya tikinerlerden elde edilmektedir. Geri dönüşüm suyu prosese uygun olması durumunda flotasyon işlemine büyük katkı sağlar. Shackleton (2012) proses suyunda bulunan anyonik ve katyonik iyonların farklı etkilere yol açtığını belirtmiştir.

1.3 Siirt-Madenköy Bakır Zenginleştirme Tesisi

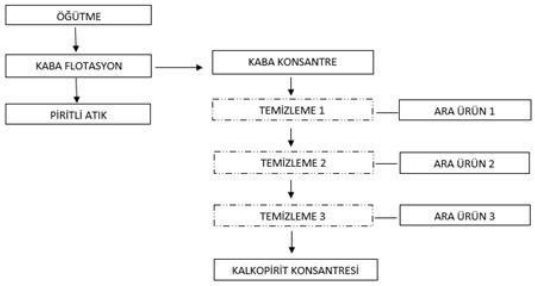
Dünyanın bilinen en eski maden ocağı olan bakır sahasında, 1970'li yıllarda Maden Tetkik Arama Enstitüsü tarafından yapılan incelemelerde söz konusu bakır cevheri imkansızlıklar nedeni ile çıkarılamamıştır. Daha sonra Eti Holding A.Ş. tarafından devralınmıştır. 2004 yılında yapılan ihale sonucu bakır madeninin ruhsat hakkı Ciner Holding tarafından alınmıştır. 2016 yılında, aşırı yağış sebebiyle oluşan heyelan sonucu meydana gelen kaza sebebiyle üretim durdurulmuştur. Son yapılan ihale ile birlikte maden sahasının işletimi Cengiz Holding A.Ş'ye devredilmiştir. Tesisin 2018'in Mart ayında tekrar faaliyete geçmesi bekleniyor (Ceylan, 2017).

2 MALZEME VE YÖNTEM

Siirt–Madenköy stok sahasından alınmış cevherin bir kısmı boyut analiz deneyleri ve kimyasal analiz için ayrılmıştır. Geri kalan numune deneylerde kullanılmak üzere 2 mm altına kırılmıştır. Bu cevher kalkopirit mineralinin yanı sıra pirit, sfalerit, galen, hematit, limonit, kalsit ve kuvars gibi mineraller içermektedir (Ceylan, 2009).

2 mm altına kırılmış numune flotasyon deneyleri için laboratuvar tipi bilyalı değirmende öğütülmüştür. 500 g'lık numuneler %60 pülpte katı oranında farklı sürelerde öğütülmüştür. Flotasyon deneyleri için numunelerin 45 dakika öğütülmesine karar verilmiştir. Numunenin yaklaşık %86'sı 0,075 mm altında kalmaktadır. Bu deneylerde tüm koşullar sabit tutularak sadece kullanılan suyun etkisi incelenmiştir.

İlk deneylerde elde edilen kaba konsantre temizleme işlemine tabi tutulmamıştır. Elde edilen konsantre ve atıklar kurutularak Cu içerikleri belirlenmiştir. Deneylerde yapılan temizlemeli ve temizlemesiz flotasyon deneylerinin genel akım şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Temizlemeli deneyler sadece musluk suyu ve 3. geri dönüşüm suyu ile yapılmıştır (Şekil 1'de çizgili olarak gösterilen).



Şekil 1. Flotasyon Deneylerinde İzlenen Akım Şeması

3 DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI

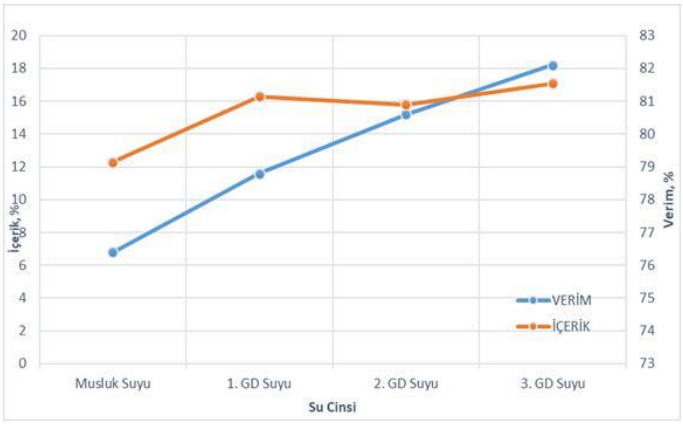
Laboratuvarda yapılan deneyler sonucu üretilen geri dönüşüm suları ile musluk suyu deneylerindeki flotasyon şartları sabit tutulmuştur. Geri dönüşüm suları ve musluk suyu deney sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Kulanılan Su	Ürün	Miktar,%	Cu	
			İçerik, %	Verim, %
Musluk Suyu	Kaba Konsantre	17,4	12,30	76,4
	Piritli Atık	82,6	0,80	23,6
	Toplam	100,0	2,80	100,0
1.Geri Dönüşüm Suyu	Kaba Konsantre	14,5	16,30	78,8
	Piritli Atık	75,5	0,84	21,2
	Toplam	100,0	3,0	100,0
2.Geri Dönüşüm Suyu	Kaba Konsantre	14,8	15,80	80,6
	Piritli Atık	75,2	0,74	19,4
	Toplam	100,0	2,90	100,0
3.Geri Dönüşüm Suyu	Kaba Konsantre	13,2	17,1	82,1
	Piritli Atık	86,8	0,57	17,9
	Toplam	100,0	2,75	100,0

Tablo 1. Musluk ve Geri Dönüşüm Suları ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deney sonuçlarında, geri dönüşüm suyu ile yapılan deneylerin musluk suyu ile yapılanlara kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir. Suyun geri dönüşüm sayısı arttıkça konsantre içerikleri ve verimleri de artmaktadır. Kaba konsantrenin içerik ve

verimlerinin su döngüsüne göre değişimi Şekil 2'de verilmektedir.



Geri dönüşüm suyunun temizleme devrelerindeki etkisini incelemek üzere musluk suyu ve 3.geri dönüşüm suyu kullanılarak elde edilen kaba bakır konsantresi üç kademe temizlenmiştir. Deneylerde elde edilen değerler Tablo 2'de verilmiştir. Temizleme devrelerinde herhangi bir reaktif ilavesi yapılmamış, sadece pH:12'yı sabit tutmak amacıyla kireç ilavesi yapılmıştır.

Kulanılan Su	Ürün	Miktar, %	Cu	
			İçerik, %	Verim, %
3. Geri Dönüşüm Suyu	Konsantre	4,4	30,86	49,5
	Ara Ürün 3	1,4	11,7	6,0
	Ara Ürün 2	1,4	11,49	5,8
	Ara Ürün 1	6,0	9,5	20,8
	Atık	86,8	0,57	17,9
	Toplam	100,0	2,75	100,0
Musluk Suyu	Konsantre	2,2	31,22	24,5
	Ara Ürün 3	1,2	26,01	11,2
	Ara Ürün 2	3,4	20,11	24,4
	Ara Ürün 1	10,6	4,30	16,3
	Atık	82,6	0,8	23,6
	Toplam	100,0	2,8	100,0

Tablo 2. Temizleme Devreli Flotasyon Deneyleri

4 GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

• Numunenin içeriğinde %2.95 Cu, 0.21% Zn, %0.03 Pb ve %40.29 Fe bulunmaktadır.

• Numune 2 mm altına kırıldıktan sonra laboratuvar tip bilyalı değirmende 45 dakika öğütülmüştür ve cevherin %86'sının 75 mikron altına geçtiği görülmüştür.

• Elde edilen geri dönüşüm sularının kimyasal analizleri sonucunda toplam organik karbon içeriğinin musluk suyuna göre fazla olduğu ve bu içeriğin su geri dönüştürüldükçe arttığı görülmüştür. Ayrıca kalsiyum, sülfat ve karbonat içerikleri de suların geri dönüşüm sayısına göre artmaktadır.

• Yapılan kaba flotasyon deneylerinde musluk suyuna kıyasla geri dönüşüm suyu ile yapılan deneylerde verim ve Cu içeriği yükselmiştir. Su geri dönüştürüldükçe kaba konsantre içeriklerinin ve verimlerinin arttığı gözlemlenmiştir.

• Musluk suyu ve 3.geri dönüşüm suyu ile temizleme deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar kıyaslandığında musluk suyu deneyinde konsantrenin Cu içeriği daha yüksektir fakat 3.geri dönüşüm suyu ile yapılan deneyin verimi daha yüksektir. Araürünlerde kalan bakır daha az olduğu için temizleme devreleri içinde geri dönüşüm suyunun olumlu etkisi söz konusudur.

• Siirt-Madenköy cevheri üzerinde yapılan bu çalışma sonucunda, geri dönüşüm sularının kalkopirit flotasyonuna zararı olmadığı, aksine flotasyon verimini arttırarak bu prosese pozitif bir etkisi olduğu görülmüştür.

• Bundan sonraki çalışmalarda Siirt-Madenköy tesisinden alınan gerçek bir geri dönüşüm suyuyla deneylerin yapılması ile konu bir adım daha ileri taşınabilecektir.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, Cevher Hazırlama Mühendisliği bölümü başkanı Prof. Dr. Ali Ayhan Sirkeci'ye, öğrenim hayatım boyunca ders aldığım tüm hocalarıma, tez çalışmaları sırasında hiçbir yardımı esirgemeyen Tez Danışmanım Prof. Dr. Gülay Bulut'a, tezimin her aşamasında bana yardımcı olan Yardımcı Danışmanım Araş. Gör. Ünzile Yenial'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Atak, S., (2017). Flotasyon Cevher Hazırlamada 100 yıl, İ.T.Ü. Vakfı Yayınları, İstanbul.

Atak, S., Tolun, R., (1994). Flotasyon, Cevher Hazırlama El Kitabı, Editörler: Önal, G. ve Ateşok, G., İTU Vakfı Yayını, İstanbul.

Ceylan, A., (2009). Siirt-Madenköy Bakır Cevherinin Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Ceylan, A., (2017). Kişisel Görüşme.

Cytec, (2010).Mining Chemical Handbook, Printed in USA.

Çağatay, A., (1981). Güneydoğu Anadolu Bakır Yatak ve Zuhurlarının Jeolojik Minerolojik Etüdü Sonunda Elde Edilen Jenetik Bulgular, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi.

Çirci, A., (2016). The Effect of Recycling Water on Chalcopyrite Flotation,Undergraduate Thesis, Mineral Processing Engineering Department, Istanbul Technical University.

Devlet Planlama Teşkilatı., (2001). Metal Madenler Alt Komisyonu Bakır-Pirit Çalışma Grubu Raporu, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Ankara, Türkiye.

Fuerstenau, D., W., (1962). Froth Flotation, 50th Anniversary Volume, Chapter 6 by Rogers, J., A.I.M.E., New York.

Gaudin, A.M., (1957), Flotation, Mcgraw-Hill Book Company, inc., New York, Toronto, London.

Gül, A., 2001., Küre Dissemine Bakır Cevherinin Ön Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, İ.T.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karahan, S., Bakır Hidrometalurjisi ve Flotasyonu ,TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Metalurji Mühendisleri Odası, Şafak matbası.

Liu, W., Moran C.J., Wink, Su., (2013). A Review of the effect of water quality on flotation, Minerals Engineering, 53, 91-100.

Mineral Commodity Summaries, (1996-2002).

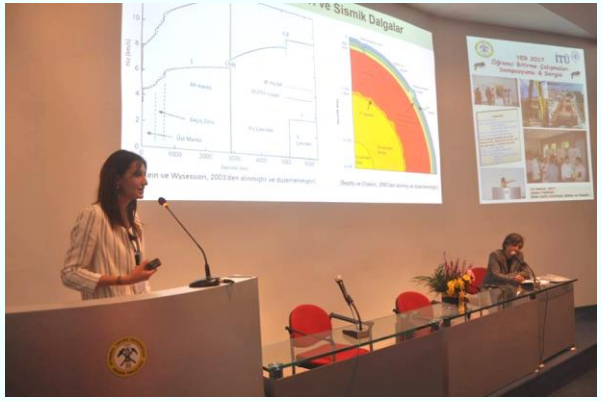
Silvestre, M.O., Pereira, C.A., Galery, R., Peres, A.E.C; (2009).'' Dispersion effect on lead-zinc sulphide ore flotation'', Mineral Engineering, Article on Press.

Sirkeci,A.A., (1998). Türkiye Bakır Envanteri ,Maden İhracatçılar Birliği ,İstanbul.

Shackleton N.J., Malysiak V., and De Vaux, D., (2012). Effect of Cations , Anions and Ionic Strength on the Flotation of Pentlandite- Pyroxene Mixture, Water in Mineral Processing, 205-207.

Süphandağ, Ş.A., Uyguner, C.S., Bekbölet, M. (2007). İstanbul'da tüketilen ticari ve şebeke bazlı içme sularının kimyasal ve spektroskopik profilleri, İTÜ dergisi/e Su Kirlenme Kontrolü, Cilt:17, Sayı:2, 23-35.

Url-1 < http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/images/b_h/bakir.jpg >, 27.12.2017.



PROGRAM

9:00 - 09:30 Bitirme Tasarım Projeleri Sergisi Açılışı

9:30 – 9:50 Açılış Konuşmaları

İTÜ Rektörü **Prof. Dr. Mehmet Karaca**

İTÜ Maden Fakültesi Dekanı **Prof. Dr. Cengiz Kuzu**

Genç Araştırmacılara Akademik Teşvik Başarı Plaketleri Takdimi

I. OTURUM (Davetli Konuşmacılar)

09:50–10:30 Timuçin Bülbül, (İş Geliştirme Müd., Eczacıbaşı ESAN), *"*ESAN Madencilik Faaliyetleri*"*

10:30–11:10 Dr. Ayhan Koçbay (Jeoteknik Hizm. ve Yeraltısuları Daire Başk.Yrd., DSİ), *"DSİ Barajlar ve Jeoteknik Etüd Çalışmaları"*

11:10–11:50 Turgay Nahya (Planlama Müd.), Murat Tiryaki (Yazılım ve İnovasyon Müd.), Yılmaden *"*Yılmaden Madencilik Faaliyetleri*"*

11:50–12:30 İbrahim Can (Operasyon Direktörü., Straton Madencilik), *"Çine (Aydın) - Milas (Muğla) Bölgesi Albitlerinin Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi"*

12:30–13:30 Öğle Arası

II. OTURUM (Bitirme Tasarım Projeleri)

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Zekiye Karacık

13:30 – 16:00 Öğrenci Sunumları

16:00 – 16:30 Öğrenci Katılım Belgelerinin Takdimi ve Kapanış

16:30–17:30 İkram

İTÜ MADEN FAKÜLTESİ

YER 2018

Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu ve Sergisi

11 Haziran 2018 Pazartesi

İhsan Ketin Konferans Salonu ve Fuaye Alanı

DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Cengiz Kuzu (Maden Fakültesi Dekanı)
Doç. Dr. Hakan Tunçdemir *(Dekan Yrd.)*
Doç. Dr. Neslihan Ocakoğlu Gökaşan *(Dekan Yrd.)*
Prof. Dr. Hanifi Çopur(Maden Müh. Böl. Bşk.)
Prof. Dr. Ziyadin Çakır (Jeoloji Müh. Böl. Bşk.)
Doç. Dr. Gürşat Altun (Petrol ve Doğal Gaz Müh. Böl. Bşk.)
Prof. Dr. Argun Kocaoğlu (Jeofizik Müh. Böl. Bşk.)
Prof. Dr. Ayhan Ali Sirkeci (Cevher Hazırlama Müh. Böl. Bşk)

YÜRÜTME KURULU

Doç. Dr. Hakan Tunçdemir *(Dekan Yrd.)*
Doç. Dr. Neslihan Ocakoğlu Gökaşan *(Dekan Yrd.)*
Nurcan Sarpen *(Maden Fak. Sekr.)*
Doç. Dr. Gonca Örgülü
Doç.Dr. Olgaç Kangal
Doç.Dr. K. Kadir Eriş
Doç. Dr. Cüneyt Atilla Öztürk
Dr. Öğr. Üyesi Demet Kıran Yıldırım
Dr. Öğr. Üyesi İhsan Murat Gök
Dr. Öğr. Üyesi Kayhan Develi
Y. Müh. Dr. Onur Güven
Araş.Gör. Kürşat Hasözdemir
Araş.Gör. Ufuk Cemali Çalışkan
Araş.Gör. Ali Tuğcan Ünlüer
Araş. Gör. Dilek Karapınar
Araş.Gör. Mehmet Emin Onay
Araş.Gör. Muhammed Sait Ergül
Araş.Gör. Nevra Bulut
Araş.Gör. Serkan Üner
Araş.Gör. Mete Tayhan Serdengeçti
Araş.Gör. Zeynep Üçerler

Bitirme Tasarım Projeleri Sözlü Sunumları

Maden Mühendisliği Bölümü

Şansal Ali Kantarcı "Yeraltı Açıklıklarının Tahkimatında Kullanılan Jeoteknik Ayna Raporlama Sisteminin Yazılımlaştırılması ve Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemleri ile Entegrasyonu"

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Turgut Duzman "Geology of Çınarcık Esenköy Region and Region's Seismicity"

Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü

Cirillo Alessondro Bonifacio, Mustafa Ali Kıztanır, Akif Kocacık "A Study on Determining Proper Location for Observation Well in Underground Gas Storage Field"

Jeofizik Mühendisliği Bölümü

Gizem Anlamam, Ezgi Şatıroğlu "İstanbul Teknik Üniversitesi ile Milli Savunma Üniversitesi Arasında Kalan Kanlıkavak Dere Yatağı Boyunca Yapılmış Dolgu Alanı Kalınlığının ve Geometrisinin Belirlenmesi"

Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü

Taylan Aydemir "Seramik Killerinden Sülfatın Uzaklaştırılması"

Bitirme Tasarım Projeleri Poster Sunumları

Maden Mühendisliği Bölümü

Doğancan Bayram "Crossover Performance Analysis for Gerede Tunnel"
Sertaç Yaramış "Performance Analysis of EPB TBM at Bakırköy-Kirazlı Metro Tunnel"
Başak Türker "Çimento Hammadde Öğütme Sistemlerinin İncelenmesi: Traçim Fabrikası'nda Performans Analizi"
Javaar Cheihk Ahmed Ebou El Maaly "Slope Stability Analysis for Guelb Moghrein Open Pit Mine"
Nurman Ramadhan "Investigation of the Sublevel Stopping Operation in Dundee Metals Chelopech Mine"

Bitirme Tasarım Projeleri Poster Sunumları

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yağmur Gerzeli, Selin Mercan, Dursun Onur Sarıyar "Topuk Plütonu Batısı'nın Jeolojik, Petrografik Özellikleri ve Radyoaktivite açısından kullanılabilirliği"
Ceren Naz Bozyiğit, Cansu Uzunoğlu, Damla Şahin "Marmara Denizi'nin geç Kuvaterner'deki su seviyesi değişimleri ve eski iklim kayıtlarının araştırılması; karot çökellerinden yeni bulgular"
Ezgi Sağlam, Canberk Aksu, Ece Taşdelen "The geology, petrography, geochemistry and geomorphology of Evciler-Yenice Village Area, Strandja Massif, NW Turkey."
Erdoğan Culfa, Elif Genç, Esra Yıldırım "Interpretation of relationship between field and monitored data in Madenköy (Siirt) open-pit copper mining"
Elif Büşra Koçer "Büyük Melen Barajı aks yeri sağ sahilinin su tutma özelliklerinin incelenmesi"
Ali Akın, Melih Ayar, Tunahan Arık, "Gelibolu-Bolayır ve çevresinin genel jeolojisi ve Bolayır Mevkiisinden geçebilecek kanal fikir projesinin Mühendislik İncelemesi"

Jeofizik Mühendisliği Bölümü

Pınar Aksu, İrem Ceren Önder "Simulation of the Effect of a Geothermal Production Well on Water Wells in Balçova, İzmir"
Elif Şen, Cumhur Can Bafralı "Determination Of The Effect Of A Re-Injection Well On The Geothermal Reservoir In The Gediz Graben, Manisa"
Furkan Gül "İTÜ - Ayazağa Yerleşkesi Yeraltı Isı Galerisi Dağılımının Yüksek Çözünürlüklü Jeofizik Yöntemler ile Belirlenmesi"
Tahir Özgür Kütahya, Emirhan Şatır "Kampüs alanında planlanan öğrenci yurdu inşaatı için Çamlık ve Lojman alanlarında toprak ve ana kayanın elastik ve geoteknik parametrelerinin belirlenmesi"
Berkan Özkan "Soil Properties Based on Spectral Analysis of Microtremor Data Collected In The Residence Area of ITU Maslak"

Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü

Ayça Gökgöz, Dürdane Şaşmaz, Tuğçe Sivrihisar "Analysis of Packer-Probe Interval Pressure Transient Test in Heterogeneous Multi-Layer Reservoir"
İsmail Hakkı Sarıçam, Mert Cihan İkiz "Extenden Rich Drilling (ERD) Design"
Muhammed Keskin, Mahir Demir, Samet Volkan Atmaca "History Matching of South Chalip Field"
Alpay Otlu, Emre Yılmaz, Sezer Utku Sürer "Application of Special Well Control Methods to a Vertical Well Experiencing Kick at Different Conditions"
Sabri Aşam, İbrahim Furkan Saruhan "Removal of H2S and Water From Natural Gas Stream"
Egemen Enis Koçak, Emre Barış Göçmen "Dynamic Pore Pressure Fracture Gradient Design Through Temperature Variations"

Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü

Cahide Kenet "Trakya Uzunköprü Kömürleri-Lavvar İnce Boyut Devresi Performans İncelemesi"
Ulaş Çuğu "Susuz Kalsiyum Sülfatın (Anhidritin) Su Bazlı Boyalarda Kullanımı"
Tülay Türk "Tane Morfolojisinin Barit Flotasyonuna Etkisi"
Mustafa Kadir Güner "The Effect of Recycling Water in Chalcopyrite Flotation"
Ganjinakhon Irgasheva "Vollastonit-Kalsit Ayrılmasında Yüzey Özelliklerinin Etkisi "

9 789755 614953

İTÜ Maden Fakültesi
Ayazağa Yerleşkesi
www.mines.itu.edu.tr