YER 2019

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 2019, Maslak, İstanbul, 11 Haziran 2019.

Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri ve Sergisi

YER 2019

Editörler

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

e-ISBN:

http://web.itu.edu.tr/~madendek/YER2019BildirilerKitabi.pdf

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

Temmuz 2019

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. Gülay Bulut (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. Birgül Benli
Doç. Dr. Cüneyt Atilla Öztürk
Dr. Öğr. Üyesi Emine Didem Korkmaz Başel
Dr. Öğr. Üyesi Kayhan Develi
Y. Müh. Dr. Onur Güven
Araş. Gör. Kürşat Hasözdemir
Araş. Gör. Ufuk Cemali Çalışkan
Araş. Gör. Arif Gümüş
Araş. Gör. Yusuf Türkmen
Araş. Gör. Işıl Nur Güraslan
Araş. Gör. Mustafa Kaya
Araş. Gör. Mehmet Şerif Arslan
Araş. Gör. İsmail Hakkı Sarıçam
Araş. Gör. Ömer Faruk Aslan
Araş. Gör. Serkan Üner
Araş. Gör. Esra Gönül
Araş. Gör. Yusuf Enes Pural
Araş. Gör. Esra Tanısalı
Araş. Gör. Tülay Türk
Araş. Gör. Berivan Tunç

Bilim Kurulu

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

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 ÇELİK 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
Doç. Dr. Şenel ÖZDAMAR
Öğr. Üyesi Dr. Erkan BOZKURTOĞLU
Öğr. Üyesi Dr. Kayhan DEVELİ
Öğr. Üyesi Dr. Demet KIRAN YILDIRIM
Öğr. Üyesi Dr. Cengiz ZABCI
Arş. Gör. Dr. Ufuk TARI
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
Arş. Gör. Dr. Yıldıray PALABIYIK

Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Prof. Dr. Argun KOCAOĞLU
Prof. Dr. Tuncay TAYMAZ
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
Doç. Dr. Fırat BURAT
Öğr. Üyesi Dr. K. Tahsin PEREK
Dr. Y. Müh. Mustafa ÖZER
Dr. Y. Müh. Onur GÜVEN

Önsöz

"**YER2019, Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu ve Sergisi**" İTÜ Rektörü 'nün de katılımı ile açılmış; Türkiye Madenciler Derneği ve Altın Madencileri Derneği 'nden konuşmacıların kendi alanlarıyla ilgili konularda yaptıkları ilginç sunumlarla zenginleşmiştir.

Bilindiği üzere **YER Sempozyumları,** Fakültemiz Bölümleri 'nden son bir yılda 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 29 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, **YER2019** 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 32, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü 28, Jeofizik Mühendisliği Bölümü 14 bildiriyle ve birden fazla öğrenci grubuyla oluşturulmuş takım çalışması mahiyetindeki çalışmalarıyla Jeoloji Mühendisliği Bölümü 18 ve Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü ise 5 bildiriyle sempozyuma katkı sağlamıştır.

Son sınıf öğrencilerinin mesleğe hazırlık yönünden ilk uygulamaları da olan bu bitirme çalışmaları istisnasız olarak, emek yoğun ve aynı zamanda bilimsel çalışmaları gerektirmekte ve bu çalışmalar kapsamında öğrenciler, araştırma görevlileri ve danışmanlar bir araya gelmektedir. Bu nedenle 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.

Sempozyum kitabında yer alan bildirilerin tümü de bilimsel kurul görevi yapan bölüm jürilerinin denetiminden geçmişlerdir. Bu sebeple üretilen bildirilerin diğer sempozyumlardan farklı olarak, akademisyenlerimizin çoklu onay ve değerlendirmelerinden geçmiş olması nedeniyle üst seviyeli çalışmalar olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu sene ilk olarak, bildiriler derecelendirilmiş ve en iyi bildiri sahibi öğrenci ve danışmanına birer dizüstü bilgisayar, ikinci ve üçüncü bildirilerin sahipleri ve danışmanlarına ise birer taşınabilir disk hediye edilerek başarılı çalışmalar ödüllendirilmiştir.

"**YER2019, Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu ve Sergisi**" hazırlıkları sırasında tüm fakültemizi derinden sarsan acı bir kayıp yaşanmıştır. Aynı zamanda "**Sempozyum Yürütme Kurulu Üyesi**" de olan çok değerli **Araş. Gör. Serkan ÜNER** vefat ederek aramızdan ayrılmıştır. **Araş. Gör. Serkan ÜNER**' in bu ani ve acı kaybı karşısında fakültem adına ailesi ve yerbilimleri camiasına başsağlığı dilerim. Ayrıca, "**YER2019, Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu ve Sergisi**" nde yoğun emek harcayan "**Bilim Kurulu**", "**Düzenleme Kurulu**" ve "**Yürütme Kurulu**" üyelerine teşekkür eder, üretilen bu çalışmaların genç mühendislerimize sağlayacağı katkılara olan inancımı bir kez daha vurgulamak isterim.

YER2020 'de buluşmak üzere !

Prof. Dr. Cengiz Kuzu, Maden Fakültesi Dekanı
Temmuz 2019

İÇİNDEKİLER

MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri 21

B. Bulak, C. A. Öztürk. Divriği Yeraltı Demir Madeninde Üretim Katları Arasındaki Mesafenin Ortamın Jeoteknik Karakterizasyonu ile Araştırılması 23

H.O. Dönmez, H. Tunçdemir. Gayrettepe – Yeni Havalimanı Metro Tüneli Tahkimat İşlerinin İncelenmesi 29

İ. Yıldız, H. Ergin. Türk YTONG Sanayi A.Ş. Saray Fabrikası Kırma – Eleme Tesisi Performans Analizi 33

A. A. Aslan, H. Tunçdemir. Agrega Numunelerinin Aşınma, Darbe Dirençleri ve Tek Eksenli Basınç Dayanımları 37

A. Göksal, H. Çopur. Gayrettepe-İstanbul Yeni Havalimanı Metro Tüneli'nde EPB-TBM'in Performans Analizi 40

C.Şahin, A.Fişne, A.Soylu. İmbat Madencilik Eynez Ocağı Havalandırma Sisteminin İncelenmesi 44

F. Özkan, Ö. Akyıldız, T. Hüdaverdi. TKİ Çan Linyitleri İşletmesi'nde Patlatma Tasarımının İncelenmesi 48

G. Metin, C. Balci, A. Shaterpour. Kama Tipi Keski ile Taşınabilir Doğrusal Kazı Seti Kullanılarak Kollu Galeri Açma Makinesi Performans Tahmini 52

H. G. Kardaş, Ö. Acaroğlu Ergün. Eti Maden İşletmeleri Kırka Bor İşletmesi'nde Kullanılan Delici Makinaların Verimlilik Analizi 56

İ. C. Alankuş, C. Erdoğan, H. Tunçdemir. Akdağlar Madencilik Ayazağa Agregalarının Fiziksel Özellikleri ve Aşınma Dirençlerinin Analizi 60

S. D. İğcioğlu, C. Erdoğan, H. Tunçdemir. Bazı Doğal Taşların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri 64

W. Mukhles, Ö. Akyıldız, T. Hüdaverdi. Evaluation of Quarry Blast Design by Jksimblast Software in Akdağlar Mining Inc. 68

Y.T. Özcan, T. Hüdaverdi, Eti Bakır Küre Yeraltı İşletmesinde Galeri ve Ara Kat Patlatmalarının İncelenmesi 73

A. Batyrkulov, C. Balcı. Performance Analysis of TBM Used in Ataköy-İkitelli Metro Route 78

C. Çetin, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız. Evaluation of Tunnel Blasting Operation in Northern Marmara Highway Project Sargın Construction Inc. Worksite 85

Ç. Yurtöz, E. Nasuf. Son Ekonomik Dalgalanmaların Türk Mermer Sektörüne Etkileri 89

D. Uygun, D. Tumaç. Yardımlı ve Yardımsız Kesme Koşullarında Minyatür Konik Keski Performans Analizi 95

D. E. Baştak, D. Tumaç. Denizli Faber Traverten Ocağındaki Elmas Tel Kesme Makinelerinin Performans İncelemesi 99

E. Birsen, H. Tunçdemir. Support System Analysis in Eti Küre Copper Mine Production Galleries 103

M. S. Toktaş, A. Fişne, A. Soylu. İmbat Madencilik Eynez Ocağı Havalandırma Sisteminin İncelenmesi 111

N. Kapıcıoğlu, A. Fişne. Eti Bakır A.Ş. Kastamonu Küre Yeraltı Bakır Madeninin Havalandırma Sisteminin İncelenmesi 116

O. Özen, D. Tumaç. Fantini Marka Zincir Kollu Kesicinin Performans Analizi ve Traverten Ocağında Kombine Sistem 120

T.O. Doğan, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız. Evaluation of Blasting Operations in Mardin Cement Inc. Quarry 124

Y. Şeki, C.A. Öztürk. Akdağlar Madencilik Şirketi Agrega Üretiminin Ekonomiklik Analizi 131

Y. Ağan, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız. Bigadiç Eti Bor İşletmesi'nde Patlatma Tasarımı ve Ateşleme Düzeninin İncelenmesi 138

A. Öztürk, E. Nasuf. Evaluation of Marble Factory System and Mountly Production 142

E. Sarı, C. Erdoğan, C. A. Öztürk. Slope Stabilitiy Analysis at TKİ GLİ Tunçbilek 145

E. Danışman, S.G. Erçelebi, K. Hasözdemir. T.K.İ Çan Linyitleri İşletmesinde Ekskavatör-Kamyon Verimliliğinin İncelenmesi 149

M. C. Balıkçı, H. Tunçdemir. An Investigation on the Mechanical Properties of Düzce Beige Marble 153

M. T. Genç. Demir Export Sivas Divriği Açık Ocağında Delme Patlatma Faaliyetlerinin İncelenmesi 158

S.C.Güner, T.Hüdaverdi. Evaluation of Bench Blasting Operations in TKI GLI Tunçbilek Colliery 162

Y. Ersöz, A. Fişne, K. Rend. Hasözdemir İmbat Madencilik A.Ş. Eynez Yeraltı Kömür Ocağında Gaz Yayılımının İncelenmesi 166

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri 170

N. Şireci, Z. Çakır. Sentinel-1 Uydu Verilerini Kullanılarak Konya Şehri'ndeki Çökmenin İncelenmesi 172

H. S. Esenyel, A. Okay. Esenköy, Çınarcık Bölgesinin Jeolojisi ve Sismik Riskleri 176

Ö. Poyrazoğlu, K. Ölmez, M. Kumral. Olgunlar Köyü (Hakkari Merkez) Kurşun - Çinko Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelenmesi 180

A. Gökçe, D.C. Özdemir, O.Yakışık, D. Kıran Yıldırım, A.T. Ünlüer, Z.Döner. Kestanbol (Ezine-Çanakkale) Granitoidi İz Element ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Araştırılması 183

A. N. Uslu, E. Çiftçi, D. Yıldırım, A. T. Ünlüer, Z. Döner. Akpınar,Ağaçlı ve Gümüşdere Kıyı Çökeltilerinin Mineralojik ve Jeokimyasal Olarak İncelenmesi 187

K. Özcan, F. Çelen, D. Yıldırım, A.T. Ünlüer, Z. Döner. Evciler (Bayramiç-Çanakkale) Plütonu ve Çevre Kayaçlarının İz Element ve Nadir Yer Element İçeriklerinin Araştırılması 192

M. Aydın, M. Kumral, M. Kaya. Hasanekevleri (Maden-Elazığ) Güneyindeki Bakır Cevherleşmesinin Jeolojik ve Jeokimyasal İncelemesi 196

Y. Kara, B.B. Ayrancı, M. Usanmaz , Ş. Altunkaynak. Kapıdağ Yarım Adasının Kuzeybatısının Jeolojisi, Petrografisi ve Granitik Kayaçların Radyoaktif Açıdan Kullanılabilirliği 202

E. P. İskenderun, Y.C. Sarıoğlu, M.S. Kırıkoğlu, E. Çiftçi, Z. Döner. Balıkesir Ametistlerinin Gemolojik Özellikleri ve Fiziksel İşlemlerin Genel Kalite Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi 206

S. Erbay, E. Özcan, A.O. Yücel. Seeb Formasyonu'nun (K. Umman) Lütesiyen-Bartoniyen Yaşlı Geçiş Sekansı İri Bentik Foraminiferleri 210

A. İ. Dabbağoğlu, G.D. Altunöz, M. Kumral. Bolu–Gerede' nin Güney'inde Bulunan Bazaltik, Andezitik Kayaçların Jeokimyasal, Petrografik, Fiziksel ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Araştırılması 214

Z.Çakır, C.M.Tanış, Y.H.Mulyadi. Adapazarı Ovasın'ndaki Çökmenin InSAR Tekniği ile Haritalandırılması 219

E. Erdogan, E. Bozkurtoglu. İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Trakya Formasyonuna ait Kayaçların Süreksizlik ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Araştırılması 223

B. Atalar, O. Akbal, Z. Çakır. Marmara Bölgesindeki Faylarda 1912 ve 1999 Depremleri Nedeniyle Oluşan Coulomb Statik Gerilme Değişimleri 228

B. Ulucay, E. Sahin, M. Bicer, N. Okay. İTÜ Ayazağa Kampüs'ünün Jeolojik Yapısı ve Bütünleşik Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi 232

I. S. Yazıcı, A. M. C. Şengör, N. Lom. Hercynian Orojenezi'nden Küçük Buz Devri'ne: Berliner Hütte (Avusturya) Güneyinin Jeolojisi 236

T. Açıkgöz, N. Sert. Kısırkaya Köyü (Sarıyer, İstanbul) ve Güneyinin Jeolojisi ve Bölgenin Olası İstanbul Depreminde Göstereceği Zemin Davranışının Belirlenmesi 240

PETROL VE DOĞAL GAZ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri 244

V. D. Dohmatob, H. A. Gezgin, M. Çınar. Carbon Dioxide Injection Modelling and Optimization Using a Compositional Simulator 246

İ. Hacıoğulları, H. Kıratlı, F. Türker, A. Satman, Ö. İ. Türeyen, E. D. Korkmaz Başel. Doğal Gaz Sahasının Geliştirilmesi Sırasında Kuyu Sayısının Üretim Performansına Etkisi 251

S. Aslancan, Y. B. Bilim, Y. Ayaydın, İ. M. Mıhçakan. Gibiluru-B Petrol Sahasının İki Rezervuarın Birlikte Üretimi ile Geliştirilmesi 256

A.B. Kacar, S. Kılıçkap, M. Çınar. Ticari Simulatör Kullanımı ile Su Enjeksiyonu Tasarımı 261

F.G. Erdoğan, M.U. Algül, Ö.İ. Türeyen, E.D. Korkmaz Başel. Ağır Petrol Sahalarında Lisans Alanlarının Birimleştirilmesi 266

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri 269

R. Bağcı, B. T. Demir, E. Demirbağ, C. İmren. İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü Lojman İnşaatı Alanlarında Zemin ve Anakayanın Geoteknik Parametrelerinin Belirlenmesi 271

C. Aydınlar, D. Tolungüç, R. B. Fincan, K. Fırtana Elcömert, B. Karadöller, A. Boztepe Güney, T. İşseven. İTÜ Maslak Yerleşkesinde Yamaç Duraysızlığı olan Alanların Yeriçi Sismik Hız Yapısının İncelenmesi 276

İ. H. Sarıçam, N. Ocakoğlu Gökaşan. Batı Anadolu, Foça Açıklarında Toplanan Çok Kanallı Bir Sismik Yansıma Verisinin İşlenmesi ve Yorumlanması 280

M. N. Akyüz, D. Düşünür Doğan. Atlantik Okyanus Ortası Sırtı'nda Isı Akısı Değerlerinin Hesaplatılması ve Değerlendirilmesi 284

G.Yılmaz, T.E. Celme, E. Demirbağ, C. İmren, B. Karadöller. İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü Teknokent İnşaatı Alanında Zemin Elastik Parametrelerinin Belirlenmesi 288

B. Akdoğan, T. Taymaz. Güneybatı Ege Bölgesinde Gerçekleşen Depremlerin (Mw ≥ 5.5) Coulomb Gerilim Değişimleri 292

H. Bilmez, B. Karadöller, M. E. Demirbağ. İTÜ Kampusü Dahilinde Bulunan Derenin Yatağı Boyunca Doldurulan Bölgenin Geometrik Olarak Derinliği ve Genişliğinin Sismik Kırılma Yöntemi ile Hesaplanması 297

D. Ü. Çetin, S. Yolsal Çevikbilen, E. Batıgün. 06 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin (Mw=5.3) Sismik İstasyon Sayısına ve Azimutal Dağılımına Bağlı Lokasyon Hatalarının Belirlenmesi 301

E. Çevak, M. E. Demirbağ. Çatal Burnu Sismik Kırılma Verisinin Yorumlanması 305

F. Elik, G. Örgülü, K. Fırtana. Adapazarı Katı Atık Tesisinde Zemin Parametrelerinin Saptanması 309

T. Gencer, T. Taymaz. Doğu Türkiye Bölgesinde Meydana Gelen Büyüklüğü (Mw 5.6) Olan Depremlerin 1966-2011 Yılları Arasındaki Coulomb Gerilim Değişimleri 312

A. Özfidan, M. Uygun, M.E. Demirbağ, C. İmren, B. Karadöller. İTÜ Kampüs Alanında Yakın Yüzey Elastik Parametrelerin Ölçülmesi ve Hesaplanması 316

S. Öztrak, T. Taymaz. 1950–2018 Yılları Arasında Güney Marmara Bölgesinde Gerçekleşen Depremlerin (Mw≥ 5.5) Coulomb Stres Değişimleri 320

Z. Tunçel, M. C. Doğan, E. E. Turan, E. Gönül, H. Kurt. İTÜ Merkezi Derslik Binası Önünde Sismik Kırılma Yöntemiyle Temel Kaya Derinliğinin ve Örtü Kayacın Hızının Hesaplanması 324

CEVHER HAZIRLAMA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri 328

J. Rejepov, K. T. Perek. Developing of a Computer Application for Crushing Circuits Design 330

B. Kırım, O. Güven, M.S. Çelik. Talk Morfolojisinin Flotasyona Etkisi 334

T. Ulucan, F. Burat. Kuyumcu Cüruflarındaki Değerli Metallerin Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri ile Geri Kazanımı 339

A. U. Tosun, E. Tanısalı, F. Burat. Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri ile Baskı Devre Kartlarından Ön Konstantre Eldesi 343

B. Ülkü, Ş. B. Aydın, A. Gül. Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş.'ye Ait Adıyaman-Gölbaşı Sülfürlü Bakır Cevherinin Flotasyon ile Zenginleştirilmesinde Çeşitli Parametrelerin Etkisi 347

B. Özkan., E. Tanısalı, F. Arslan. Sülfatlı Çözeltilerden Bakırın Solvent Ekstraksiyon Yöntemi ile Kazanımı 352

D. Bozkurt, A. A. Sirkeci. Seramik Hammaddelerindeki Safsızlıkların Uzaklaştırılması 357

E. Doğan, O. Güven, H. Ateşok. Bozüyük Kilinden Seramik Endüstrisine Uygun Hammadde Üretim Olanaklarının Araştırılması 361

F. A. Korkut, A. Güney50 Ton/Saat Kapasiteli Kromit Zenginleştirme Tesisi Tasarımı ve Ön Fizibilitenin Hazırlanması 365

H. Işıldar, Z. Yeşilyurt, H. Ateşok. Esan Halloysit Cevherlerinden Demir Uzaklaştırılması 368

O. Akdemir, F. C. Taze, K. Özçelik, M. T. Serdengeçti, Y. E. Pural, M. O. Kangal. Esan Yeniköy Feldspat Tesisi İyileştirme Çalışmaları 372

K. Y. Genç, Y. E. Pural, A. E. Yüce. Investigation of Quick Process Parameters of Bond Grindability Test Method 375

M. Filizer, Y. E. Pural, Z. Üçerler, E. Tanısalı, E. Yüce. Standart Bond İş İndeksi Testi Parametrelerinin İncelenmesi 379

R. Albayrak, B. Tunç, M. S. Çelik, O. Güven. Morfolojik Özelliklerin Hematit Mineralinin Flotasyonu ve Topaklanma Davranışı Üzerine Etkisi 384

S. Özkan, B. Aydın, G. Bulut. Organik Bastiricilarin Pirit Flotasyonuna Etkisi 388

G. Bulut, B. Benli, T. Uslu, Ü. Atalay. Refrakter Altın Cevheri Flotasyon Konsantresine Uygulanan Mikrodalga Enerjili Kavurmanın İncelenmesi 392

B. Başkurt, Z. Üçerler, A. Gül. Gümüştaş A.Ş.'ye Ait Sülfürlü Bakır Cevherinin Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi 395

C. Dal, Y. E. Pural, F. Boylu. Zonguldak Bölgesi'ne Ait Kömür Örneğinin Farklı Toplayıcılar Varlığında Flotasyon Performansları 399

O. Ulusoy, M. Özer, F. Burat. Kumsay Madencilik Feldispatik Silis Kumu Cevherinin Zenginleştirilmesi 404

O. M. Gürkan, M. T. Serdengeçti, A. Gül. Vollastonit ve Kalsit İçerikli Cevherden Vollastonit Kazanımı 408

S. Sevinç, O. Güven, F. Karakaş. Dodesilamin Hidroklorürün (DAH) Tane-Tane Arasındaki Adezyon Kuvvetine Etkisinin Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile Araştırılması 413

A. Babacan, M. S. Çelik. Kritik Koagülasyon Konsantrasyonunun Sfalerit Floatasyonuna Etkisi 417

B. N. Keskin, A. Gül. Fluorit Flotasyonunda Çeşitli Parametrelerin Etkisi 421

B. Ayıtkan, Z. Üçerler, A. E. Yüce. Güney Afrika Krom Cevherinin Manyetik Ayırma ile Zenginleştirilmesi 425

E. Barutçuoğlu, N. Acarkan. Konya - İnlice Altın Cevherinin Siyanürasyon Yöntemiyle Zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması 428

E. Ö. Karamaşa B. Benli. The Preperation of Iron Nanoparticule Modified Perlite for the Removal of Ethyl Xanthate 433

H. Y. Bozkurt, Z. Üçerler, M. Özer, G. Bulut. Güney Afrika Krom Cevherlerinin Gravite Yöntemi ile Zenginleştirilmesi 438

S. Özkan, M. T. Serdengeçti, Z. Üçerler. A. E. Yüce. Güney Afrika Kromunun Flotasyon ile Zenginleştirme Olanaklarının İncelenmesi 442

YER 2019 Program 447

MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Divriği Yeraltı Demir Madeninde Üretim Katları Arasındaki Mesafenin Ortamın Jeoteknik Karakterizasyonu İle Araştırılması

Investigation of the Distance Between the Sublevels of Divriği Underground Iron Mine by Geotechnical Characterization

B. Bulak, C. A. Öztürk

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Istanbul

ÖZET Bu çalışmada, Sivas'ın Divriği ilçesinde bulunan Çiftay İnşaat Taahhüt Ve Ticaret A.Ş.'nin Ekinbaşı Yeraltı İşletmesi'ndeki üretim katları arasındaki mesafenin ortamın jeoteknik verileri kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır. İlk olarak yeraltı maden işletmesi tanıtılmış ve üretim sırasında yapılan işlemlerden genel olarak bahsedilmiştir. Mesafelerin, üretim galerinde patlatmadan sonra elde edilebilecek cevher miktarına etkisi hesaplanmıştır. Katlar arasındaki mesafenin belirlenme aşamasında; RMR ve Q kaya sınıflandırmasından bahsedilip, modelleme yapılırken ana kayacın (manyetit) içerisinden ilerlendiği varsayılarak kayaçların RQD ve Tek Eksenli Basınç Dayanım (UCS) verilerinden yararlanılarak kaya sınıflandırmasındaki yeri tespit edilmiştir. Bu veriler Rocscience firmasının Phase2 programına girilerek modellenmiştir. Sonuçlar ve öneriler tez içerisinde belirtilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Arakatlı göçertme, üretim katları, mesafe, Phase^2 programı, kaya kütle sınıflaması.
ABSTRACT The aim of this study is to investigate the distance between the production levels of the Ekinbaşı Underground Opening of the Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş., located in Divriği district of Sivas, by using the geotechnical data of the environment. First of all, underground mine operation was introduced and the processes during the production were mentioned in general. The effect of the distance between the sublevels was calculated for the ore, which was broken after blasting. In determining the distance between sublevels; the rock classification of RMR and Q is mentioned and assuming that the main rock (magnetite) is used during modeling, the rock's RQD and Uniaxial Compressive Strength (UCS) data were used to determine the rock classification and these data were modeled by entering the Phase2 program of Rocscience. The results and recommendations are stated in the thesis.
Keywords: Sublevel caving, production stages, distance, Phase^2 software, rock mass classification.

1 GİRİŞ

Bu çalışma, Divriği Ekinbaşı Yeraltı İşletmesi'nde katlar arasındaki mesafenin ocağın jeoteknik özellikleri göz önüne alınarak incelenmesi amacıyla, Eylül-Aralık 2018 tarihleri arasında yapılmıştır.

Türkiye'nin en önemli demir yatağı Divriği'ndeki yeraltı işletme sahalarından %55-56 Fe tenörlü manyetit cevheri çıkarılmaktadır. Ekinbaşı Yeraltı İşletmesinde 5 yıllık içerisinde 5.391.000 ton demir cevheri (Manyetit) üretimi planlanmıştır. Yeraltında üretim yapılacak bölgenin ortalama Fe tenörü 54,22'dir ancak üretim esnasında seçilen, üretim metodu gereği cevher yan kayaçlarla bir miktar karışacağından tenör %2-3 arasında düşmektedir.

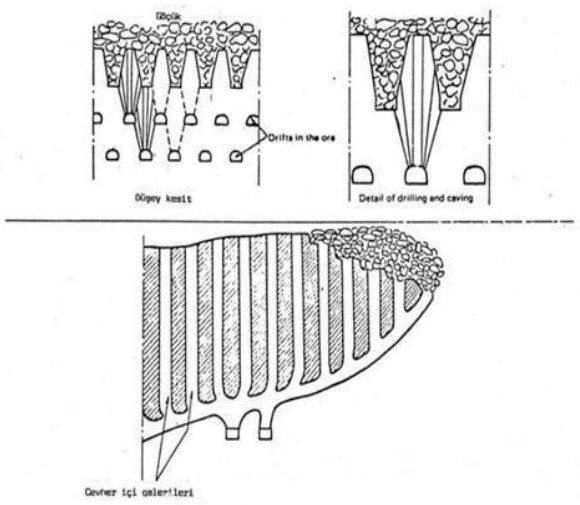
1.1 Yeraltında Yapılan İşler

Ekinbaşı Yeraltı İşletmesi, 10 Eylül 2011 tarihinde üretim çalışmalarına başlamıştır. 5 kat üzerinden üretim yapılması planlanan madende aylık 70.000-75.000 ton arasında demir cevheri üretimi yapılmaktadır. İşletmede üretim yöntemi olarak enine arakatlı göçertme yöntemi uygulanmaktadır.

2 ÜRETİM YÖNTEMİ

Arakatlı göçertme, çok farklı özelliklere sahip olan cevher kütlelerinde kullanılabilir ve mekanize etmek için kolay bir yöntemdir Şekil 1). Bu yöntem, normalde masif, dikine yataklanmış cevherlerde; genellikle de pasanın cevhere yüksek oranda karıştığı ve cevher geri kazanımlarının düşük olduğu yerlerde kullanılır.

Üretim, cevher bloğunun tepesinde başlar ve aşağı doğru gelişir. Arakatlar belirli aralıklarla, tüm yatağı kapsayacak şekilde açılan galeri sisteminden oluşur. Cevher, cevher kütlesi boyunca ara katlardan düzenli aralıklarla açılan boşluklarla çıkarılır. Her ara kattan bir dizi yelpaze deseni şeklinde cevher damarı delinir ve patlatılır. Her bir patlamadan sonra kırılan cevher çıkarılır.



Şekil 1. Arakatlı göçertme yönteminin kesit görüntüleri (Kvalid,1965).

2.1 Arakatlı Göçertme Dizaynı

Arakatlı göçertme dizaynında gerekli olan parametreler için çeşitli deneyler ve teorik uygulamalar yapılmıştır. Arakatlar göçertme yönteminde yapılacak bir farklılık, cevher kazanımında çok büyük farklar yaratabilmektedir. Bundan dolayı dizayn yaparken en verimli şekilde tasarlamak ve pasa karışmasını engellemek çok önemlidir.

2.1.1.1 Damar kalınlığı

Kalın cevher damarlarında doğrultuya dik üretim ile cevher kaybını en aza indirmek için enine göçertme yöntemi, 15 m'den daha ince damarlar da ise cevher kütlesine paralel bir şekilde uzunlamasına kazı yapılır. Enine kazıda cevher geri kazanımı yüksek iken uzunlamasına kazıda çok fazla pasa karışmasından dolayı geri kazanım düşük olur (G.Sheakhar ve diğ.,2016).

2.1.2 Üretim galerilerinin boyutları

Malzemenin belirli bir orandan akışı, patlatılmış olan malzemeye daha az pasa karışması ve bu sayede cevherin geri kazanımının daha yüksek olabilmesi için galeriler geniş olmalıdır. Kare veya dikdörtgen benzeri keskin kenarlara sahip galeriler, daha orantılı malzeme akışı ve cevher geri kazanımı için tercih edilmektedir ancak kenarlarda oluşacak gerilmeler madenin stabilizesinde sorunlara neden olmaktadır (Janelid ve Kvapil, 1966). Bu nedenle, yüksek stres bölgelerinde kemerli şekil tercih edilir(Bull ve Page, 2000).

2.1.3 Galeriler arası boşluk

Yerçekimi akış teorisine göre, galeriler arasındaki mesafenin azaltılması durumunda, yandaki malzemeden olarak daha fazla cevher toplanabilmektedir. Genel olarak bu boşluk 11 ile 25 m arasında değişmektedir bu aralık.

2.1.4 Arakat mesafesi

İki ardışık üretim galerisi arasındaki dikey mesafedir. Genel olarak, arakat aralığı, hem cevher geri kazanımı hem de geliştirme maliyetinin kabul edilebilir seviyelerini sağlamak için optimize edilmiş bir mesafedir (Bull ve Page, 2000). Sondaj ve patlatma teknolojilerinin gelişmesiyle, arakat mesafesi 12 ila 30 m arasında değişebilir (Baase ve diğerleri, 1982)

2.1.5 Çürütme delik dizaynı

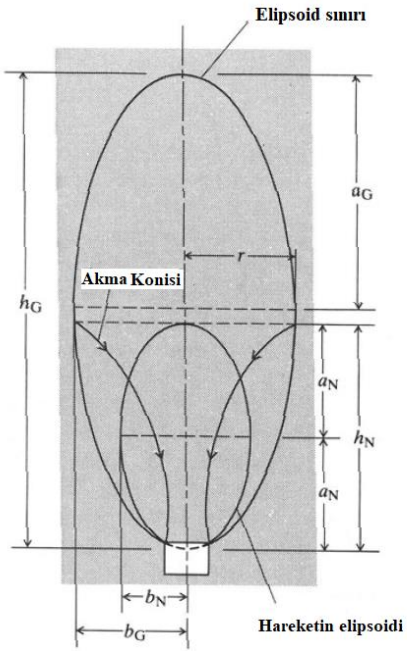
Üretim yelpazeleri patlatılmadan önce, serbest bir yüzey oluşturmak için göçertme delikleri oluşturulur.

1. Üretim galerinin sonunda tekli çürütme deliği;
2. Birbirine bağlı üretim galerinin sonunda devamlı çürütme delikleri deliği;
3. Kayma eksenine paralel çürütme delikleri deliği;
4. Kayma eksenine dik çürütme delikleri deliği(Popa ve diğ.,2012; Wimmer ve diğ., 2012).

2.2 Yerçekimi Akış Teorisi

Janelid ve Kvapil (1966) arakatlı göçertme yönteminde kırılan cevherin elipsoid akış

temeline dayandığı bir teori geliştirmiştir (Janelid ve Kvapil, 1966) (Şekil 2).



Şekil 2. Elipsoid Akış Şeması

Kırık malzeme ana kayacın içinde bulunur. Galeri açıldığında, malzeme yerçekiminin etkisiyle açıklığa doğru hareket eder. Bir süre sonra boşalan malzemeler, elipsoid bölgesi veya hareketin elipsoidi olarak adlandırılan yerde toplanır. Sınır elipsoidi ile elipsoid bölgesi arasındaki malzeme gevşektir ve yer değiştirmiştir ancak açıklık içine ulaşamamış olur. Buna rağmen elipsoidin dışındaki malzeme sabit kalacaktır. Ana kayacın içindeki kırılan malzeme ters koni şeklinde aşağıya doğru akar. Akış konisi, en büyük yer değiştirmelerin nasıl bir akış halinde gerçekleştiğini gösterir (Janelid ve Kvapil, 1966).

3 ARAKATLAR ARASINDAKİ MESAFENİN İNCELENMESİ

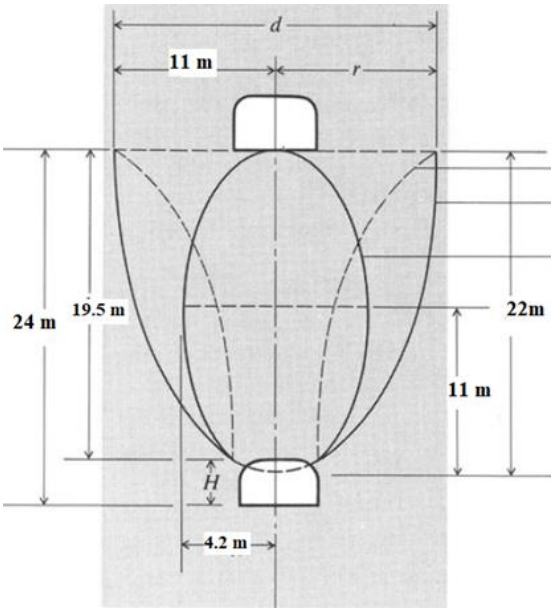
3.1 Analitik Yöntem ile Mesafe Tayini

Galeri açıklığı 4,5x4,5 m^2, arakatlar arasındaki 24 m, galeriler arası mesafe 10 m olan madenin tasarımında Janelid ve Kvapil'in yerçekimi akış teorisi göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda oluşacak arakatlar arasındaki mesafe 22 olarak varsayılmış ve bir sıra patlatma sonrasında oluşacak olan elipsoid bölgesinin madene etki alanı ve hacim hesabı Tablo 1'de verilmiştir(Şekil 3).

Çizelge 1. Katlararası 24 m olan madenin oluşturduğu elipsoid bölgelerin hacmi

Elipsoidal Alanlar	Yaklaşık Hacim Değeri
$\mathbf{V_N}$	284,4 ton
$\mathbf{V_G}$	3744,3 ton

(V_n: Elipsoid bölgesinin hacmi, V_G=Sınır elipsoidinin hacmi)



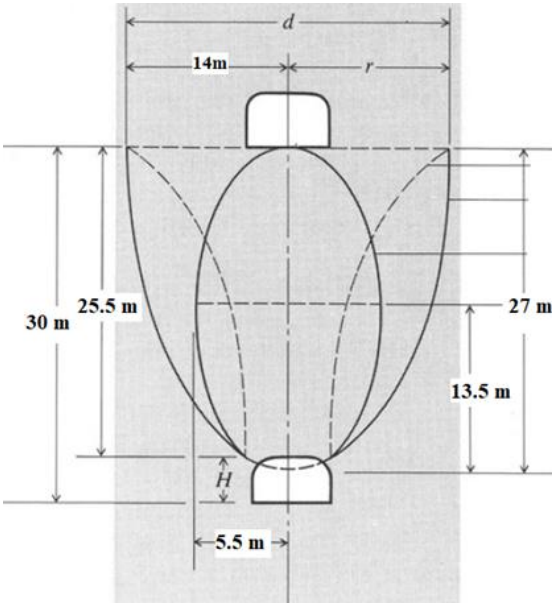
Şekil 3. Katlar arası 24m olan madenin modellemesi

Katlar arası 30 m olduğu durumda ise kırılmış elipsoid bölgesinin yüksekliği 27 m olarak kabul edilerek yukarıdaki işlemlerin aynısı bu maden modellemesine uygulanmıştır (Çizelge 2) (Şekil 4).

Çizelge 2. Katlararası 30 m olan madenin oluşturduğu elipsoid bölgelerin hacmi

Elipsoidal Alanlar	Yaklaşık Hacim Değeri
$\mathbf{V_N}$	595,3 ton
$\mathbf{V_G}$	7767,5 ton

(V_n: Elipsoid bölgesinin hacmi, V_G=Sınır elipsoidinin hacmi)



Şekil 4. Katlar arası 30 m olan madenin modellemesi

3.2 Nümerik Yöntem ile Mesafe Tayini

3.2.1 Nümerik Yöntem

Analitik, sayısal veya ampirik yöntemler kullanılarak, yeraltı açıklıklarını çevreleyen yer değiştirmelerin, deformasyonların ve bazı gerilmelerin belirlenmesini sağlar. Ampirik ve analitik yöntemlerin yeterli olmadığı durumlarda, sayısal yöntemler kullanılır. En yaygın kullanılan sayısal yöntemler; sonlu elemanlar yöntemi, sonlu farklar yöntemi, kesikli elemanlar yöntemi ve sınır elemanlar yöntemidir. Phase2, zemin ve kaya uygulamaları için sonlu eleman programıdır.

3.2.2 Kaya Kütle Sınıflaması

Kaya Kütlesi Sınıflandırması, bir kaya kütlesinin tanımlanmış ilişkiler üzerindeki gruplara veya sınıflara yerleştirilmesi (Bieniawski, 1989) ve buna benzer özellikler temelinde, kaya kütlesinin davranışı gibi benzersiz bir tanımlama veya sayı atamaktır. Kaya kütlesi veya yerinde kaya (in-situ rock), süreksizlik ağı ile kaya malzemesinin birlikte oluşturdukları kütle veya sistemdir. Kaya kütlelerinde süreksizliklerle sınırlanan kaya malzemesi blokları, taze kaya malzemesinden bozunmuş (ayrışmış) kayaya kadar değişik özellikler sergileyebilir. Kaya kütlelerinin belirli bir gerilme altındaki davranışı, genellikle kaya malzemesine ait bloklar ile süreksizlikler arasındaki etkileşim tarafından denetlenir. Kaya kütlesi sınıflandırma sistemleri, kullanıcının bir kılavuz izlemesini ve nesneyi uygun bir sınıfa yerleştirmesini sağlar.

3.2.3 İşletmeye Ait Jeoteknik Veriler

Divriği bölgesinde işletilmesi yapılan ve üzerinde çalışılan ana kayaç türleri genel olarak manyetit, serpantin ve siyenitlerden oluşmaktadır. Y. Gül ve A. Ceylanoğlu (2016) yaptıkları çalışmalarında bölgede bulunan kayaç özellikleri ile ilgili Çizelge 3'te yer alan veriler elde edilmiştir:

Çizelge 3. Divriği bölgesi kayaç türleri jeoteknik özellikleri

Kayaç Türü	**Manyetit**	**Serpantin**	**Siyenit**
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	77,1	52,1	112,5
RQD (%)	93	92	78
Süreksizlik Aralığı (m)	3	2	0,4
Süreksizlik Durumu	Biraz yıpranmış, Kademeli - pürüzsüz	Biraz yıpranmış, Kademeli - pürüzsüz	Düzlemsel - pürüzsüz
Su Durumu	Kuru	Kuru	Kuru
Eklem Sayısı	3	2	2
RMR	77	72	64

3.2.4 Nümerik Modelleme Sonuçları

Ekinbaşı Yeraltı İşletmesi'nin 1122, 1110 ve 1098 kotundaki üretim galerileri göz önüne alınarak modellemeler bu üç kota yapılmıştır. Taban kotu üzerinden yaklaşık 200 m yükseklikte yüzey olduğu coğrafi harita üzerinden hesaplanmıştır. Katlar arası mesafe değişiminin maden üzerinde yarattığı stresi incelemek için bu yükseklik yerçekimi alan stresi seçeneğiyle tanımlanmıştır. Sınırın dış modeli, açıklığın yüksekliğinden 10 m daha uzun bir mesafe seçilerek yapılmıştır. Her modelin tabanı dikey yönde, kenarları yatay yönde sabitlenmiştir. Önerilen ampirik destek birimlerini daha iyi değerlendirmek için genelleştirilmiş Hoek-Brown yenilme ölçütü kullanılmıştır.

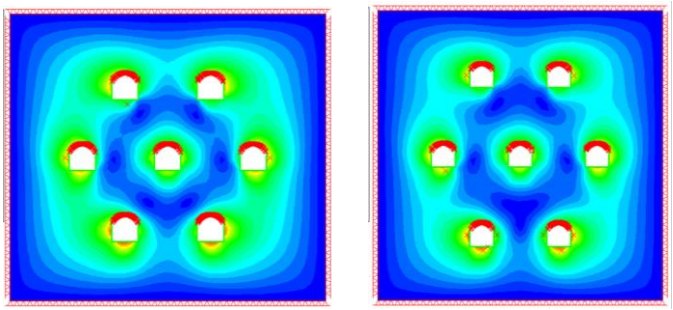
Modellemede yan kayaçlar hesaplamaya katılmamıştır ve üretim galerileri sadece manyetit cevheri içerisinden ilerletilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemini kullanan Phase2

programında 4,5 x 4,5 m^2 açıklığındaki galeriler Tablo 4 (Gül&Ceylanoğlu, 2016).)'teki kabuller yapılarak katlar arası mesafe tayini yapılmıştır.

Tablo 4. Modellemede kullanılan parametreler.

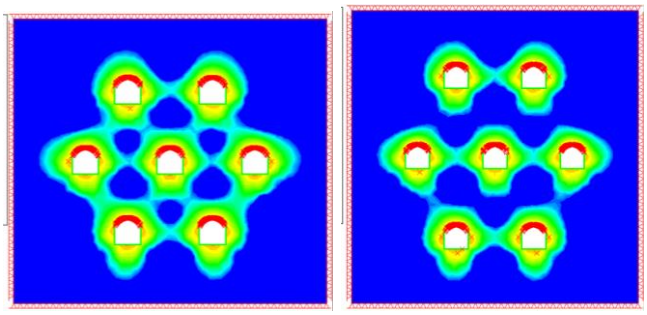
Kayaç Türü	Manyetit
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (UCS)	77 MPa
Kaya Kütle Sınıfı (RMR)	81
Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)	76
Yoğunluk	5 gr/cm^3
Elastik Modul (E)	53,4 GPa
GSI=RMR-5	

Ekinbaşı Yeraltı İşletmesi'nde uygulanmakta olan üretim yönteminde galeriler arası mesafe 10 m, katlar arası mesafe 24 m ve 30 m seçildiğinde oluşan toplam deformasyon, normal gerilme ve dayanım faktörü aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



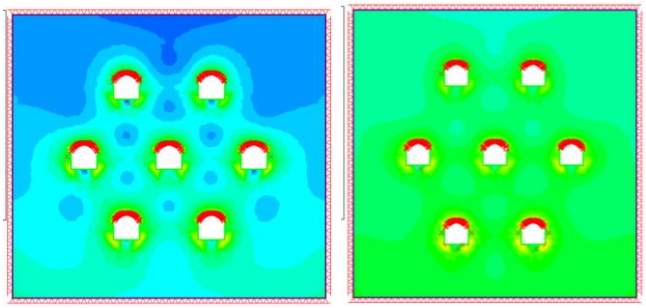
Şekil 5. Katlar arası 24 m (soldaki) ve 30 m (sağdaki) olan madenlerin toplam deformasyon modellemesi

Girilen değerler sonucunda katlar arasındaki mesafe iki modellemede de yaklaşık olarak 19 mm olarak sonuç vermiştir. Dayanım faktörleri (Şekil 6) açısından bakıldığında arakatlar arasındaki mesafenin artmasıyla birlikte madenin göçme verimi düşmektedir.



Şekil 6. Katlar arası 24 m (soldaki) ve 30 m (sağdaki) olan madenlerin dayanım faktörleri yönünden modellemesi

Mesafelerin normal gerilmeler üzerindeki etkisi Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Katlar arası 24 m (soldaki) ve 30 m (sağdaki) olan madenlerin normal gerilmeler yönünden modellemesi

4 SONUÇLAR

İşletmeye ait veri yetersizliğinden kaynaklı manyetit cevherine ait sadece RMR, Q ve Tek Eksenli Basınç Dayanımı (UCS) değerleri bulunmaktadır. Analitik çözümleme için gerekli veriler elde edilemediğinden hacimsel olarak yaklaşım yapılmıştır. Nümerik modelleme için Phase2 programında veriler girilerek 1098,1110 ve 1122 kotları arasında katlar arası ve galeriler arası mesafenin maden üzerinde yarattığı gerilmeler, toplam deformasyon ve dayanım faktörü incelenmiştir.

Mevcut durumda işletilen madende katlar arası mesafe 12 m, galeriler arası mesafe ise 10 m'dir. Bu durumdan farklı olarak madende 3 ayrı boyutlandırma yapılmış ancak cevherin çok sağlam oluşundan dolayı üretim katları arasında mesafeyi arttırmak veya azaltmak göçmeyi çok büyük oranda etkilememiştir. Göçertilmeye çalışılan kısımlarda bloklaşmalar meydana gelerek cevher ana kütleden asılı kalmakta veya kırılan cevher boyutları nakliyat için uygun halde değildir. Bu nedenle işletmede patlatma dizaynı üzerinde ekstra bir çalışma yapılmalıdır.

İşletmede üretimi daha verimli hale getirmek için jeoteknik parametrelerle alakalı etüt çalışmaları, sondajlar, yeraltında bulunan kayaçlardan alınan numuneler ile kaya mekaniği deneyleri yapılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bitirme çalışmamın ortaya çıkarılması sırasında ve fakültedeki araştırma çalışmalarına katılmam konusunda desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Doç.Dr. Cüneyt Atilla ÖZTÜRK'e ve lisans hayatım boyunca bilgi ve deneyimlerini paylaşan tüm bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Baase, R.A., Diment, W.D. and Petrina, A.J., 1982. Sublevel Caving at Craigmont Mines Ltd. *Underground Mining Methods Handbook (Ed: W.A. HUSTRULID)*, New York: Society of Mining Engineers of The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. New York, USA, Pp. 898-915.

Bieniawski, Z.T., 1989. "Engineering rock mass classifications" New York: Wiley

Bull, G. ve Page, C.H., 2000. Sublevel caving–today's dependable low-cost 'ore factory'. *In proceedings of 3rd International Conference and Exhibition on Mass Mining 2000,* The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Brisbane, Queensland, Australia, 29 october-2 November,2000, Pp. 537-556.

Gül, Y., & Ceylanoğlu, A. (2016, October). Evaluation of Ground Bearing Capacity Estimation Methods Based On Plate Loading Tests. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 44, No. 2, p. 022039). IOP Publishing.

Janelid, I. and Kvapil, R., 1966. Sublevel caving. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 3 No. 2, Pp. 129-132.

Kvapil, R., 1965. Gravity flow of granular materials in Silos and bins in mines—II. Coarse material. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 2 No. 3, Pp. 277-304.

Popa, I.L., Trout, P.L. and Jones, E.C., 2012. The Evolution And Optimization Of Sublevel Cave Drill And Blast Practices At Ridgeway Gold Mine - Slots And Rises. In *Proceedings of the 6th*

International Conference and Exhibition on Mass Mining 2012, Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Sudbury, Ontario, Canada, 10-14 June 2012.

Shekhar, G., Gustafson, A., & Schunnesson, H., 2016. Draw Control Strategy and Resource Efficiency in Sublevel Caving: State-Of-the-Art. Luleå tekniska universitet.

Wimmer, M., Nordqvist, A., Ouchterlony, F., Nyberg, U. ve Furtney, J., 2013. Burden movement in confined drift wall blasting tests studied at the LKAB Kiruna SLC mine. In *the proceedings of the 10th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting- Fragblast 11(Ed: P.K. Singh and A. Sinha)*, New Delhi, India, 26-29 November 2012, Pp. 373-383.

Gayrettepe – Yeni Havalimanı Metro Tüneli Tahkimat İşlerinin İncelenmesi

Investigation of Gayrettepe – New Airport Metro Tunnel Support System

H.O. Dönmez, H. Tunçdemir
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM), bir tüneli çevreleyen kaya ve zemin oluşumlarının, halka şekilli bir destekleme yapısı bütünlüğü içerisinde birleştirildiği bir yöntemdir. Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminde kazı birbirini izleyen döngüler halinde ilerler. Bu bitirme çalışması, Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminde her bir döngü için yapılan tahkimat işlerinin ortalama sürelerini tayin etmek için yapılmıştır. Bu bağlamda Gayrettepe – Yeni Havalimanı Metro Projesi Zincirlikuyu Yaklaşım Tüneli'nde 14.01.2019 – 01.02.2019 tarihleri arasında 18 adet döngü gözlemlenmiş ve döngüyü oluşturan her bir iş için geçen süreler kaydedilmiştir. Sonuç olarak bir kazı döngüsü için ortalama tahkimat süreleri belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: NATM, Tünel, Tahkimat, Metro, Yeni Havalimanı.

ABSTRACT The New Austrian Tunneling Method (NATM) is a method in which the rock and floor formations surrounding a tunnel are combined within a ring-shaped supporting structure. In the New Austrian Tunneling Method, the excavation proceeds in successive cycles. This graduation study was carried out to determine the average duration of the support works for each cycle in the New Austrian Tunneling Method. In this context, 18 cycles were observed between 14.01.2019 - 01.02.2019 in the Zincirlikuyu Approach Tunnel in the Gayrettepe - New Airport Metro Project, and the time for each cycle forming the cycle was recorded. Consequently, the average support time for an excavation cycle was determined.
Keywords: NATM, Tunnel, Support, Metro, New Airport.

1 GİRİŞ

Bu bitirme çalışmasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından, İstanbul'da yapılan yeni havalimanına ulaşımı sağlamak amacıyla ihalesi KKC MARMARAY İNŞAAT ADİ İŞ ORTAKLIĞI TİCARİ İŞLETMESİ'ne verilen, Gayrettepe – Yeni Havalimanı Metro Projesi'nde Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi ile kazısı yapılan Zincirlikuyu Yaklaşım Tüneli'nde tahkimat sistemleri incelenmiştir.

Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminde kazı birbirini izleyen döngüler ile ilerler. Bu döngü sırasıyla kazı, çelik hasır imalatı, kafes iksa imalatı, püskürtme beton uygulaması, bulon imalatı ve süren imalatından oluşmaktadır. Bu çalışma ile Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminde kullanılan tahkimat sistemi detaylı olarak incelenmiş ve her bir işlem için geçen süre kaydedilmiştir. Böylelikle her bir kazı döngüsü için ortalama tahkimat sürelerine ulaşılmıştır.

1.1 Çalışma Hakkında

Bitirme çalışmasına bölgenin jeolojisi anlatılarak başlanmış ve tünelcilik hakkında genel bilgiler verilerek devam edilmiştir. Bu kapsamda tünelciliğin tarihsel gelişimi, tünel açma yöntemleri ve tünel çeşitleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Gayrettepe – Yeni Havalimanı Metro Projesi Zincirlikuyu Yaklaşım Tüneli kazı destekleme sistemi ve Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin Zincirlikuyu Yaklaşım Tüneli'ne uygulanması anlatılmıştır. Yerinde yapılan çalışmalar çizelgeler ve grafikler yardımıyla açıklanmıştır. Bu bağlamda ulaşılan sonuçlar verilmiştir.

2 TÜNELCİLİK HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Tüneller ulaşımda zorlu coğrafik koşulların aşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Dağlık bölgelerde ulaşımı kolay, güvenli ve konforlu hale getirmek, trafik yükünü azaltmak böylelikle; yakıt kaybını ve çevreye verilen zararı en aza indirmek amacıyla inşa edilen tünellerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

2.1 Tünelciliğin Tarihsel Gelişimi

İlk insanlar dehliz ve mağaralarından faydalanmışlar, onları daha kullanışlı ve güvenli bir duruma getirmek için genişletip ilerlettikleri mağaraları, sağlamlaştırmışlardır.

M.Ö. ilk bin yıl içerisinde Mısır ve Roma maden ocakları çalıştırılmaya başlanılmış ve bunların derinlikleri yer yer 200 m ulaşmışlardır. Bu yıllarda yapılan tünellerde ilerleme hızı 9 m/yıl olarak tahmin edilmektedir.

Tünel açma yöntemlerindeki en önemli gelişmelerden biri, İngiltere'ye yerleşmiş olan Fransız mühendis Marc Brunel tarafından, 1825 ve 1841 yılları arasında yapılan, günümüzde de hala Londra Metrosu tarafından kullanılan ve Rotherhithe'de Thames nehrinin altından geçen ilk sualtı tünelidir. Brunel, bu tünelin yapımında özel bir tünel kazıcı araç geliştirdi. Bu araç, yatay olarak yerleştirilmiş kerestelerden oluşuyordu. Kirişler aracılığı ile toprağın kazılabilmesi sağlanmaktaydı. Her bir kiriş daha ileri yerleştirilerek kazıya devam edilmekteydi. Brunel'in tünel kazma aracı, bugünün TBM makinelerinin atası sayılmaktadır.

2.2 Tünel Açma Yöntemleri

Tünel açılacak güzergahın topoğrafyası, zemin koşulları ve açılacak tünelin geometrisi gibi parametreler değerlendirilerek tünel açma yöntemleri belirlenmektedir. Teknolojideki gelişmelere ve ihtiyaçlar paralel olarak tünel uygulama yöntemleri gelişmektedir.

2.2.1 Aç-Kapa Yöntemi

Bu yöntemde önce kazı boşluğunun yanları betonarme kazık veya beton duvar perdesi ile desteklendikten sonra, yüzeyden hendek şeklinde kazılarak açılmaktadır. Yeraltı suları yüzeye yakınsa yeraltı su seviyesi düşürülür veya su derin kuyulara drene edilir.

2.2.2 Parçalı Kazı Yöntemi

Parçalı kesit yöntemlerinde ilk önce nakliye amacıyla tavan ve taban galerileri sürülmekte, daha sonra diğer parçalar pano halinde alınmaktadır. Bu yöntemlerde önemsiz deformasyonlar dikkate alınmamaktadır.

2.2.1.1 Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi

Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM), bir tüneli çevreleyen kaya ve zemin oluşumlarının, halka şekilli bir destekleme yapısı bütünlüğü içerisinde birleştirildiği bir yöntemdir.

2.2.3 Tam Kesit Yöntemi

Bu tip yöntemlerde öngörülen tünel profili bir defada alınır. Metro tünelleri gibi deformasyonlara izin verilmeyen ortamlarda kullanılan yöntemlerin en önemlileri, Tam Mekanizma Yöntemi, Ön Sağlamlaştırma Yöntemi ve Kalkan Yöntemidir.

2.2.4 Delme ve Patlatma Yöntemi ile Tünel Açımı

Bu yöntemde öncelikle üst kesit kaldırılır, kalot oluşturulur. Daha sonra iksası yapıldıktan sonra stros oluşturulur. Bu durum gerek kazıyı gerekse iksa uygulanmasını kolaylaştırır. Kötü tünel zeminlerinde önce küçük pilot tüneller açılır.

Tipik olarak bir tünel 1-3 patlatma safhası ile açılır. Her safhadaki ilerleme uzunluğu kaya kitlesi ve çapına bağlı olarak sınırlıdır. Tünelde ilerleme ayna genişliğinin %50-%90'ı kadardır.

2.2.5 Makine ile Kazı

Tünel kazı makineleri ile yapılan tünel kazısı, patlamaya oranla daha az yıkıcı ve bozucu olduğundan daha duyarlı tüneller içindir.

Kayada ve yumuşak zeminde kullanılan makineler farklılık gösterir. Tam kesit ve yarım kesit tünel açma makineleri kullanılmaktadır.

2.3 Tünel Çeşitleri

Yolun cinsine göre tüneller; demiryolu, karayolu, metro, kanal ve yaya tünelleri olmak üzere 5 şekilde incelenmektedir.

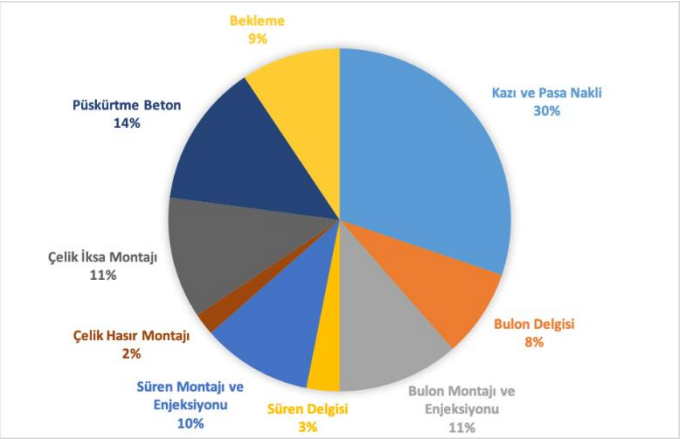
3 GAYRETTEPE – YENİ HAVALİMANI METRO PROJESİ ZİNCİRLİKUYU YAKLAŞIM TÜNELİ KAZI DESTEKLEME SİSTEMİ

Zincirlikuyu Yaklaşım Tüneli'nde kazı, çelik hasır imalatı, kafes iksa imalatı, püskürtme beton uygulaması, bulon imalatı ve süren imalatından oluşan bir döngü şeklindedir.

3.1 Yerinde Yapılan İşler

Zincirlikuyu Yaklaşım Tüneli'nde 14.01.2019 – 01.02.2019 tarihleri arasında tahkimat sistemleri incelenmiş ve her bir iş için geçen süre kaydedilmiştir. Bu kayıtlara ait bir çizelge örneği Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Yapılan işlemler analiz edilerek her bir iş için yüzde dağılım değerine ulaşılmıştır ve bu sonuçlara ait bir örnek Şekil 3.1'deki pasta grafiğinde her bir iş için yüzde dağılımı şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 3.1. 16 Ocak 2019 tarihinde yapılan işlerin yüzde dağılımı.

Çizelge 3.1. 16 Ocak 2019 iş zaman çizelgesi.

YAPILAN İŞ	ZAMAN (dk)	YÜZDE (%)
Kazı ve Pasa Nakli	435	30
Bulon Delgisi	120	8
Bulon Montajı ve Enjeksiyonu	165	11
Süren Delgisi	45	3
Süren Montajı ve Enjeksiyonu	150	10
Çelik Hasır Montajı	30	2
Çelik İksa Montajı	165	11
Püskürtme Beton	195	14
Bekleme	135	9
TOPLAM	1440	100

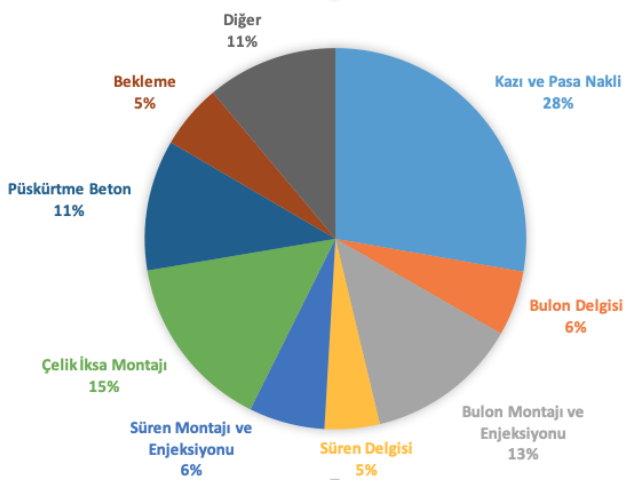
3.2 Genel Değerlendirme

Zincirlikuyu Yaklaşım Tüneli'nde 14.01.2019 – 01.02.2019 tarihleri arasında 18 farklı kazı döngüsü gözlenmiştir. Her bir döngü çelik hasır imalatı, kafes iksa imalatı, püskürtme beton uygulaması, bulon imalatı ve süren imalatından oluşmaktadır.

Genel bir değerlendirme yapabilmek için bu verilerin ortalaması alınarak bir kazı döngüsü için ortalama döngü süresi elde edilir. Çizelge 3.1'de verilen örnekteki gibi 18 güne ait verinin ortalaması alınarak elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2' de, bir döngü için yapılan işlerin ortalama yüzde dağılımı Şekil 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Bir kazı döngüsü için ortalama iş zaman çizelgesi.

YAPILAN İŞ	ZAMAN (dk)	YÜZDE (%)
Kazı ve Pasa Nakli	435,83	28
Bulon Delgisi	86,67	6
Bulon Montajı ve Enjeksiyonu	203,33	13
Süren Delgisi	73,33	5
Süren Montajı ve Enjeksiyonu	100,83	6
Çelik Hasır Montajı	57,50	4
Çelik İksa Montajı	235,00	15
Topoğrafik Çalışma	10,83	1
Püskürtme Beton	174,17	11
Makine ve Malzeme Nakli	9,17	1
Arıza	24,17	2
Mobilizasyon	6,67	0
Çevre Düzenleme	16,67	1
Bekleme	85,83	5
Enjeksiyon Delgisi	6,67	0
Enjeksiyon	41,67	3
Beton İşleri	3,33	0
TOPLAM	1571,67	100



Şekil 4.19. Bir kazı döngüsü için yapılan işlerin ortalama yüzde dağılımı.

4 SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında 14.01.2019 – 01.02.2019 tarihleri arasında Zincirlikuyu Yaklaşım Tüneli'nde tahkimat sistemleri incelenmiştir. İnceleme sonucu ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

1. Bir bir kazı döngüsünde en fazla zamanı kazı ve pasa nakli almıştır. Kazı ve pasa nakli için harcanan süre tüm sürenin %28'idir.
2. Kazı ve pasa naklinden sonra çelik iksa montajı (%15) ve sonrasında bulon montajı ve enjeksiyonu (%13) gelmektedir.
3. Bir kazı döngüsünde tahkimat işlerinin tümü için harcanan süre toplam sürenin yüzde 71'idir.
4. Tünelde formasyon kumtaşıdır. Benzer formasyonlarda, benzer makineler ile kazı yapılan tünellerde bu verilere göre kazı tahkimat döngüsü optimizasyonu yapmak mümkün olabilir.

TEŞEKKÜR

Bu bitirme çalışması sırasında ve tüm lisans eğitimim boyunca benden desteğini eksik etmeyen hocam Sn. Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Ayış, İ. H., 2010. "Tünel Açma Sistemlerinde Çelik Lifli Püskürtme Betonun Uygulanabilirliği", *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Köse, H., Gürgen, S., Onargan, T., Yenice, H., ve Aksoy, C. O., 2007. Tünel ve Kuyu Açma, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 256, İzmir.

Türk YTONG Sanayi A.Ş. Saray Fabrikası Kırma – Eleme Tesisi Performans Analizi

Turk YTONG Sanayi A.Ş. Saray Crushing – Screening Plant Performance Analysis

İ. Yıldız, H. Ergin

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul

ÖZET TÜRK YTONG Sanayi A.Ş.'nin Tekirdağ ili Saray ilçesinde bulunan fabrikasının bünyesinde yer alan kuvarsit kırma – eleme tesisinin performans analizini gerçekleştirmek amacıyla tesiste yerinde incelemeler yapılmış ve çeşitli numune alımı ve gözlemler yapılmıştır. Kuvarsit kırma – eleme tesisine beslenmekte olan ve aynı firmaya ait Saray ilçesi Ayvacık Köyü sınırları içerisinde bulunan kuvarsit ocağından gelen numunelerin kimyasal analizi yapıldı ve kuvarsitin teknolojik özellikleri belirlendi. D90 boyutu 5mm ve 4mm ürün üretimi için kırma – eleme tesisinin kapasitesi ve enerji tüketimi tespit edildi. Bu deneylerin ve gözlemlerin sonuçlarına göre kuvarsit kırma – eleme tesisinin performans analizi yapılmış ve izleyen proses olan bilyalı değirmen performansına etkileri perspektifinde optimizasyon için değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan işlemler sonucunda d90 boyutu 4mm'den 5mm'ye artırıldığında kırma-eleme tesisinin kapasitesinin %9,32 oranında artacağını ve enerji sarfiyatının %9 oranında düşeceği görülmüştür. Kırma – eleme işlemini takip eden proses olan bilyalı değirmende ise kapasite %2,12 artarken enerji sarfiyatı %7,04 azalacağı belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Kuvarsit, kırma, eleme

ABSTRACT In order to perform the performance analysis of quartzite crushing-screening plant within the body of TÜRK YTONG Sanayi A.Ş.'s Saray district in Tekirdağ province, on-site inspections were conducted and various sampling and observations were made. The samples were taken from quartzite crushing-screening plant of TURK YTONG Sanayi A.Ş. Samples from quartzite quarry located in Ayvacik village of Saray district of the same company were fed to Crushing-Screening Plant and the technological properties of quartzite were determined. The capacity and energy consumption of the crushing and screening plant for the production of D90 size 5mm and 4mm were determined. According to the results of these experiments and observations, the performance analysis of quartzite crushing-screening plant was carried out and evaluations were made for optimization in the perspective of the effects of the ball mill to the following process. As a result of the operations performed, it is seen that the capacity of the facility will increase by 9,32% and the energy consumption will decrease by 9% when the d90 size is 5mm instead of 4mm. In the ball mill, which is the process following the crushing-sieving process, the capacity increased by 2.12% and the energy consumption was determined to decrease by 7.04%.
Keywords: Quartzite, crushing, screening.

1. GİRİŞ

Çökelme ortamlarında genelde yatay düzlemler boyunca uzanan kristal taneleri genişler ve yayılırlar. Bunun yanında santimetreden metreler boyutuna kadar olan kalınlıklar gösterir. Bu yayılan tanelerin arası zamanla bu boşluklar doğal çimento olarak bilinen birleştirici maddelerle doldurulur. Aralara dolan doğal çimento maddesi silisyum dioksitse yani kuvars kristalleri kuvarsla birleşirse oluşan kayaca "Kuvarsit" veya "Orto-Kuvarsit" denir. Aralara dolan doğal çimento genelde amorftur. Amorf olmasının avantajı daha sonra metamorfizma geçirse de tamamen kristalleşmesidir. Bu olay sonucunda "Para-Kuvarsit" olarak adlandırılan ikinci tür kuvarsit meydana gelir. Kuvarsitin kimyasal bileşimi; kuvars, kumtaşı ve kuvars kumu gibi SiO_2 bazlı maddeler olup az miktarda feldspat, mika, manyetit, hematit gibi mineraller ile kil/kireçtaşı görülebilir.

Kuvarsit sert, sağlam ve aşındırıcı özelliklere sahiptir. Bu özellikler sayesinde öğütülmesi oldukça zordur. Bu nedenle kuvarsit üretimi aynı bileşenlere sahip kuvars kumu ve kumtaşından ve kuvarstan sonra tercih edilmektedir. Kuvarsitler cam, ferrokrom, demir-çelik, gazbeton, silika tuğla, seramik, kimya, boya, plastik gibi çeşitli sektörlerde kullanılır.

Farklı kullanım alanlarını belirleyen parametreler kimyasal içeriğidir. Bunlar; SiO2, Fe203, AI2O3, MgO, CaO, Co, Cr, As, P2O5 miktarlarıdır. Kuvars kumu yer kabuğunda oldukça fazla bulunmasına rağmen çok az bir kısmı ticari bir öneme sahiptir. Bunun nedeni ise tüketicilerin gereksinimi olan kuvarsın belirli fiziksel ve kimyasal özelliklerde olmasıdır.

Yıllar ilerledikçe teknolojinin gelişmesiyle hammadeden istenen özellikler değişebilmektedir. Hammaddelerin kaliteli kaynaklarının tüketilmesi, rezervlerinin azalması ve uygulanan hazırlama işlemlerinin artması nedeniyle maliyetler de artmıştır. Bu nedenle hammadde seçimi mevcut maliyetler sonucunda çok önemli bir konuma ulaşmıştır. (Kurşun & İpekoğlu, 1995)

2. BOYUT KÜÇÜLTME ve BOYUT KÜÇÜLTME EKİPMANLARI

2.1. Boyut Küçültme

Katı maddelere kuvvet uygulayarak daha küçük parçalara ayırma işlemine kırma denir. Yeraltı ve yerüstü madencilik yöntemleri ile ocaktan çıkarılan kayaçları, cevherleri ve mineralleri zenginleştirmek için uygulanan ilk ve en önemli adım olan boyut küçültme işlemidir. Kırma, uygulanmasında kütle, kinetik enerji ve gravite gibi fizik yasalarının etkisi olan, malzemeye yeterince kuvvet uygulayarak boyutunu küçülten mekanik operasyon olarak tanımlanabilir. Başka bir tanımlama olarak "iri parçaların bir proses dahilinde küçük parçalara ayrılması" kullanılmaktadır. Boyut küçültme işlemlerinin derecesi malzemenin hangi alanda hangi amaçla kullanılacağına göre değişiklik kazanır. Kırma işlemi malzemenin kullanılacağı amaç dahilinde istenilen malzeme boyutunu elde etmek için kırılan malzemenin tane iriliğine göre iri kırma (+100mm), orta derece kırma (-100+10mm) ve ince kırma (-10mm) olarak sınıflandırılır.

2.1.1. Kırma Kuvvetleri

Boyut küçültme işlemleri için kullanılacak olan kırıcılar, kırılacak malzemeye kuvveti dört farklı mekanizma şeklinde uygulamaktadır. Bunlar;

- Darbe,
- Aşındırma,
- Makaslama,
- Baskı 'dır.

2.1.2. Kırmanın Amacı

Tüvenan cevherin çeşitli amaçlar dahilinde boyutları küçültülmektedir. Cevher zenginleştirme uygulamalarının ilk ve kilit adımı olan kırma işleminin çeşitli amaçları bulunmaktadır. Mineralleri serbest konuma getirmek, minerallerin yüzey alanını büyütmek, istenilen tane iriliği ve şeklinde ürün üretmek ve taşıma-depolamada kolaylık sağlamak.

2.2. Kırıcılar

Ocaklardan çıkarılan malzemelere genel anlamda üç adet kırma sistemi uygulanır. Bu sistemler sırasıyla primer, sekonder ve tersiyer kırma olarak adlandırılır.

2.2.1. Primer Kırıcılar

Ocaktan çıkan malzemenin ilk kırma işlemi bu kırıcılarda yapılır. Çeneli kırıcılar ülkemizde genellikle primer kırıcı olarak kullanılır. (Halili, 2000)

2.2.2. Sekonder Kırıcılar

Primer kırıcılardan kırılan malzemeler daha ince boyuta indirgenmek istediğinde sekonder kırıcılara beslenir. Sekonder kırcılar; çeneli kırıcı, darbeli kırıcı, rotorlu kırıcı olarak çeşitlendirilir.

2.2.3. Tersiyer Kırıcılar

Tersiyer kırıcılar ise en ince boyutta ürün veren kırıcılardır. Kırma – eleme tesisinin son elemanlarıdırlar. Tersiyer kırıcılar; merdaneli, çekiçli, darbeli, konik ve dik milli kırıcılar olarak çeşitlendirilir. (Dündar, 2018)

3. ELEME

Farklı boyutlarda tane içeren karışımlardaki taneleri boyutlarına göre birbirlerinden ayırma işlemine "Boyuta Göre Ayırma" denir. Eleme, tanelerin belirli büyüklükteki açıklıklardan geçebilme özelliğine göre yapılan bir boyuta göre ayırma işlemidir. Eleme için kullanılan aletlere de "elek" adı verilir.

3.1. Elek Çeşitleri

Boyuta göre sınıflandırma araçlarının en temel ögesi olan elekler yüzeylerinin yapısına göre ve çalışma şekillerine göre iki ana başlıkta incelenebilirler.

Elek yüzeyinin yapısına göre elekler;

- Saç elekler
- Tel örgülü elekler
- Paralel çubuklu elekler

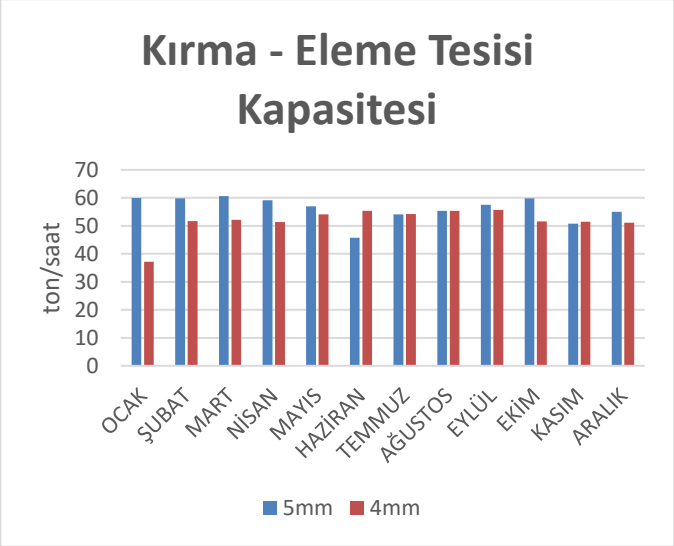
Çalışma şekillerine göre elekler;

- Sabit elekler
  - Sabit ızgara
  - Sabit kavisli elek
- Hareketli elekler
  - Hareketli ızgara
  - Döner elekler (Tromeller)
  - Sallantılı elekler
  - Titreşimli elekler

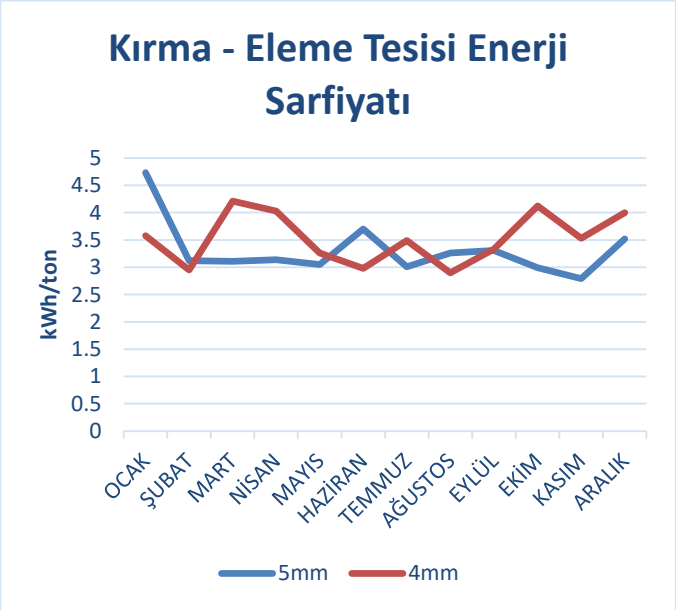
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Gazbeton için kullanılması gereken kuvarsitin SiO2 miktarı en az %90, Fe miktarı en çok %2 olmalıdır. Kuvarsitin sertliği Mohs skalasına göre 7, özgül ağırlığı 2,71 gr / cm3 ve ergime sıcaklığı 1785 °C'dir. Bond iş indeksi ise 11,58 kWh/ton'dur.

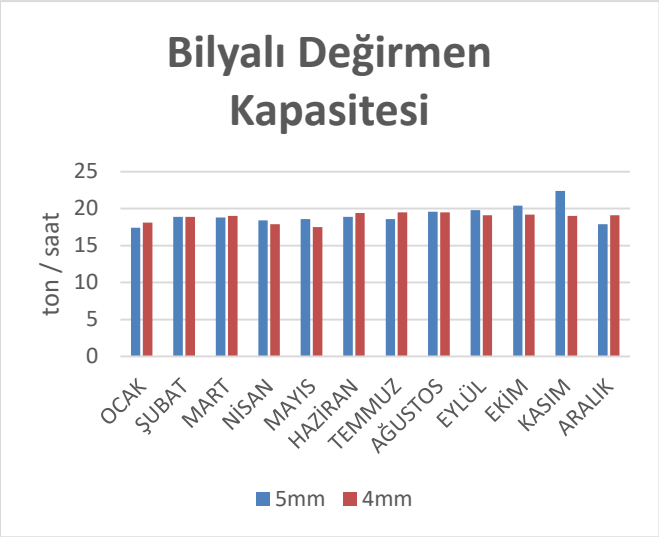
Çizelge 4.1. Kırma – Eleme tesisinden 5mm ve 4mm ürün alınma durumundaki kapasite kıyaslaması.



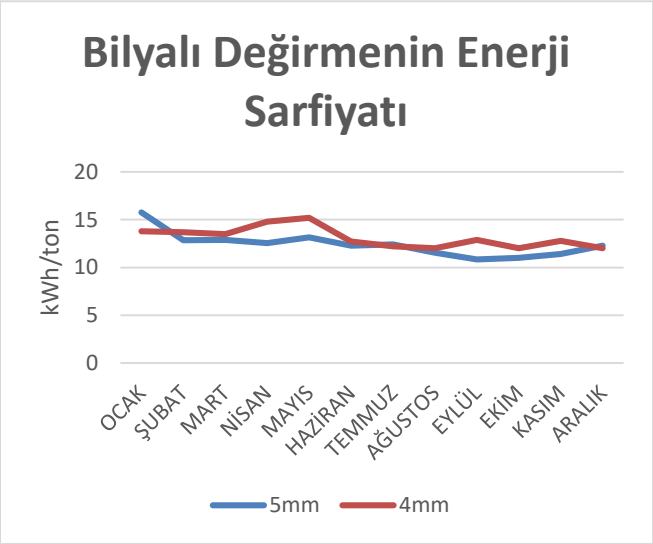
Çizelge 4.2. Kırma – Eleme tesisinden 5mm ve 4mm ürün alınma durumundaki enerji sarfiyatı.



Çizelge 4.3. Bilyalı Değirmene 5mm ve 4mm ürün besleme durumundaki kapasite kıyaslaması.



Çizelge 4.4. Bilyalı Değirmene 5mm ve 4mm ürün besleme durumundaki enerji sarfiyatı



Çizelge 4.5. Kırma-Eleme tesisi kapasitesi

Kırma - Eleme Tesisi	5mm	4mm
Yıllık Üretim (ton)	101.693,4	102.024,9
Kapasite (ton/saat)	56,3	51.5
Enerji gideri (kWh/ton)	3,22	3,54

Çizelge 4.6. Bilyalı Değirmenin kapasitesi

Bilyalı Değirmen	5mm	4mm
Yıllık Üretim (ton)	102.295,9	94.319,3
Kapasite (ton/saat)	19,2	18,8
Enerji gideri (kWh/ton)	12,27	13,2

4. SONUÇLAR

- Kırma – Eleme tesisinden -4mm boyutunda nihai ürün alındığında tesisin kapasitesi ortalama 51,5 ton/saat olurken, -5mm boyutunda nihai ürün alındığında 56,3 ton/saat'e inmektedir. Bilyalı değirmene -4mm boyutundaki kuvarsit beslendiğinde kapasitesi yıllık 18,8 ton/saat iken -5mm boyutundaki kuvarsit beslendiğinde 19,2ton/saat'e çıkmaktadır.

- Enerji sarfiyatı açısından ise -4mm boyutunda nihai ürün alınan kırma – eleme tesisinde ton başına 3,54kWh/ton enerji harcanırken, -5mm boyutunda nihai ürün alındığı takdirde bu enerji gideri ton başına 3,22kWh/ton ortalamasına düşmektedir. Bilyalı değirmene beslediğimiz kırma – eleme ürünü -4mm boyutundayken değirmenin harcadığı enerji 13,20kWh/ton iken -5mm boyutunu beslediğimizde 12,27kWh/ton ortalamasına çıkmaktadır.

- Sonuç olarak; Kırma - Eleme tesisinde boyut -4mm'den -5mm'ye çıkarılırsa tesis kapasitesi %9,32 artacak, enerji sarfiyatı ise %9 oranında azalacaktır. Bilyalı değirmende ise kapasite %2,12 artacak, enerji sarfiyatı %7,04 azalacaktır.

KAYNAKLAR

Dündar, H., (2018). Dik Milli Darbeli Kırıcılarda Rotor Hızı Boyut Küçültme İlişkisi. Bilimsel Madencilik Dergisi, 57(3), 189-196.

Ergin, H., & Kuzu, C. (2003). Çimento Hammaddeleri için Optimum Kırıcı Seçimi ve İşletilmesi.

Halili A., (2000). Hereke Formasyonu'nun (Gebze Kireçtaşı) Delme -Patlatma açısından incelenmesi, 4. Delme-Patlatma Sempozyumu, TMMOB, Maden Müh. Odası.

Kurşun, İ., & İpekoğlu, B., (1995). Türkiye Kuvars Kumu Potansiyeline Genel Bir Bakış. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, s. 169, İstanbul

Agrega Numunelerinin Aşınma, Darbe Dirençleri ve Tek Eksenli Basınç Dayanımları

Abrasion, Impact Resistance, and Uniaxial Compressive Strength of Aggregate Samples

A.A. Aslan, H. Tunçdemir,
İstanbul Teknik Üniversitesi MadenMühendisliği Bölümü İstanbul

ÖZET Genel olarak bu çalışmanın amacı agrega numunelerinin aşınma, darbe ve basınç dayanımını ölçmektir. Aşınma dayanımını ölçmek için Mikro-Deval deneyi, darbe dayanımını ölçmek için darbe deneyi, basınç dayanımını ölçmek için Nokta Yük deneyi numunelere yapılmış veriler alınmış buna göre sonuçlar yazılmıştır. Bu deneyler bize agrega'nın karakteristik özellikleri hakkında bilgi verir. Bu özelliklerden yola çıkarak, agrega 'nın nasıl kullanılacağı belirlenir. Bu bitirme çalışması İstanbul Teknik Üniversitesi Kaya Mekaniği Laboratuvarında 14.01.2019-01.02.2019 tarihleri arasında yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Nokta Yük, Agrega, Dayanım, Mikro-Deval.

ABSTRACT In general, the aim of this study is to measure abrasion, impact and compressive strength of aggregate samples. Micro-Deval test to measure abrasion resistance, impact test to measure impact resistance, point load test to measure compressive strength, data were taken and the results were written accordingly. These experiments give us information about the characteristics of the aggregate. Based on these characteristics, it is determined how the aggregate will be used. This graduation study was carried out in Istanbul Technical University Rock Mechanics Laboratory between 14.01.2019-01.02.2019.
Keywords: Aggregate, Resistance, Abrasion, İmpact

1 GİRİŞ

Genel olarak bu çalışmanın amacı agrega numunelerinin aşınma, darbe ve basınç dayanımını ölçmektir. Aşınma dayanımını ölçmek için Mikro-Deval deneyi, darbe dayanımını ölçmek için darbe deneyi, basınç dayanımını ölçmek için Nokta Yük deneyi yapılmış, veriler alınmış buna göre sonuçlar irdelenmiştir. Numuneler Marmara Bölgesinden alınmıştır.

1.1 Kullanılan Aletler ve Yapılan Testler

Darbe Dayanımı Test cihazı, Darbe Dayanımı testi için Mikro-Deval Test Cihazı, Mikro-Deval Testi için , Nokta Yük Testi Cihazı, Nokta Yük Testi için kullanılmıştır. Çalışmada BS-EN 13383 standartları kullanılmıştır ve bu standartlara göre teste tabi tutulan numunelerin yol kaplama çalışmalarına uyumu incelenmiştir.

BS-EN 13383 agregalar için İngiliz standartıdır. Çalışmada yapılan testler bu standart ışığında gerçekleştirilmiştir. Numunelerin hazırlanışından deneylerin yapılışına ve deney sonuçlarının değerlendirilmesine bu standarttan faydalanılmıştır.

2 ÇALIŞMANIN İÇERİĞİ

Mikro-Deval testi kuru ve yaş olmak üzere iki şekilde yapılır. Kayaçların aşınmaya karşı dirençlerini belirlemek için yapılır. Genel olarak Mikro-Deval deneyinde tamburlar içeren Mikro-Deval cihazından ve demir bilyalardan yararlanılır. Testin kuru veya yaş yapılmasına bağlı olarak uygulama adımları farklılık göstermektedir.

Nokta yük deneyi, kayaçların tek eksenli basınç dayanımını dolaylı olarak ölçmek amacıyla yapılır. Darbe Dayanımı Testi, kayaçların darbeye karşı dayanımını ölçmek amacıyla, darbe dayanımı test cihazı ile yapılır Uygulamalar için BS-EN 13388 ve elek analizleri için BS-EN 1097-1 standartlarından faydalanılmıştır.

2.1 Beton Yapımında Agrega

Günümüzde kentleşmenin getirdiği yapı sektörünün ihtiyaçlarına yönelik olarak büyük bir agrega talebi vardır. Agregayı ve agrega madenciliğini önemli kılan sebeplerden biri budur. Yapı statiğinde büyük önem taşıyan betonun %70 ini oluşturan agrega kaynakları ülkemizde çeşitlidir. Beton yapımında kullanılan agreganın özellikleri bilinmeli ve betona katkısını belirlemek gereklidir.

3 GENEL DEĞERLENDİRME

3.1 Test Değerlendirmeleri ve Sonuçları

Bazalt numuneleri olan örneklerin aşınma dayanımı, kireçtaşı örneği olan numunelerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun yanında tek eksenli basınç dayanımı bakımından bazalt numunelerinin dayanımı, kireçtaşı numunelerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Darbe Dayanımı açısından deney yapılan bütün numunelerin dayanımlarının oldukça yüksek olduğu görülmüştür ancak Bazalt numunelerinin Kireçtaşı numunelerine oranla daha yüksek dayanımlı olduğu görülmektedir.

3.1.1.1 Mikro-Deval Testi

On farklı numuneye Mikro-Deval Testi uygulanmıştır. Sonuçlar Tablo 3.1'deki gibidir.

Tablo 3.1 Mikro-Deval Testi Sonuçları

NUMUNE ADI	MD0	MD1	MDe	Standart Sapma	Aşınma Direnci
NORDEKA	500	362,6	27,5	0,6	Ortalama
AYDINLIK	500	367,3	26,5	0,4	Ortalama
BİGA MADEN	500	327,3	34,5	0,8	Zayıf
KURTYAPI	500	380,4	23,9	1,7	Ortalama
ÜSAT	500	362,2	27,6	0,4	Ortalama
SÜTUN ENERJİ	500	379,1	24,2	0,6	Ortalama
KURTYAPI 2	500	438,3	12,3	0,4	İyi
ELMACIK	500	355,6	28,9	1	Ortalama
SARAYCIK	500	434,7	13,1	0,2	İyi
BALTALİMANI	500	373,3	25,3	0,3	Ortalama

3.1.1.2 Nokta Yük Testi

On farklı numuneye Nokta Yük Testi uygulanmış ve Is(50) nokta yük indeks değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 3.2'deki gibidir.

Tablo 3.2 Nokta Yük Testi Sonuçları

Saha	IS(50)	Nokta Yük Dayanımı
Nordeka	2,72	Orta Dayanımlı
Aydınlık	1,59	Orta Dayanımlı
Biga Maden 1	1,44	Zayıf Dayanımlı
Biga Maden 2	2,86	Orta Dayanımlı
Biga Maden 3	1,78	Orta Dayanımlı
Kurt Yapı	7,31	Yüksek Dayanımlı
Sütun Enerji	2,44	Orta Dayanımlı
Üsat	2,06	Orta Dayanımlı
Elmacık	2,15	Orta Dayanımlı
Saraycık	7,28	Yüksek Dayanımlı

3.1.1.3 Darbe Dayanımı Testi

On farklı numuneye Darbe Dayanımı Testi uygulanmıştır. Sonuçlar Tablo 3.3'deki gibidir.

Tablo 3.3 Darbe Dayanımı Testi Sonuçları

Numune Adı	Darbe İndeksi(%)	Darbe Dayanımı
Biga	13,50712	Yüksek
Nordeka	11,3778	Yüksek
Aydınlık	11,96421	Yüksek
Üsat	8,931412	Çok Yüksek
Sütun	8,46395	Çok Yüksek
Kurtyapı	7,572035	Çok Yüksek
Elmacık	7,573085	Çok Yüksek
Saraycık	9,917898	Çok Yüksek
Baltalimanı	11,0401	Yüksek
Kurtyapı 2	7,994085	Çok Yüksek

4 SONUÇLAR

Numuneler Aşınma Dayanımı, Tek Eksenli Basınç Dayanımı ve Darbe Dayanımı açısından tahkimat taşı uygulamaları için uygun ve/veya uygun hale getirilebilir bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu tezin oluşturulması sürecinde gerek literatür gerek laboratuvar çalışmaları sırasında desteklerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Hakan Tunçdemir ve Araş. Gör. Cemalettin Erdoğan'a teşekkürlerimi sunarım. Aynı zamanda bu okulda öğrenim hayatıma başladığımdan beri değerli bilgilerini bana sunan tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum. İTU'de geçirdiğim zamanın değerini arttıran Can Şahin, Hüseyin Onur Dönmez, Yaşar Ağan'a teşekkür ediyorum.

KAYNAKLAR

British Columbia Stone Sand & Gravel Association, http://gravelbc.ca/articles/the-history-of-aggregate/ Erişim tarihi:13.04.2019

BS-EN 13383,2013.''Armourstone'', İngiliz Standartlar Enstitüsü

ÇAĞLAYAN M., HABERVEREN S., KURŞUN İ., İPEKOĞLU B.,1999,''Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri Ve Örnek Bir Kuruluş "İston"''

ÖZTÜRK.C,NASUF E., FİŞNE A., ERKAN M.,2003, ''The Aggregate Organizations and Their Functions in Turkey and the World''

YAŞAR.S,2014, ''Nokta Yük Dayanım Testi''

ULUSAY R, HUDSON JA, 2007 ''Complete ISRM suggested methods for rock characterisation, testing and monitoring: 1974–2006. ISRM and Turkish National Group of ISRM,''

ALİYAZIOĞLU Ş., 2014,''Agrega Darbe Dayanımı Deneyi''

Ulusay R, Göçeoğlu C, Binal A, 2001. ''Kaya mekaniği laboratuvar deneyleri, TMMOB jeoloji mühendisleri odası.''

GAYRETTEPE-İSTANBUL YENİ HAVALİMANI METRO TÜNELİ'NDE EPB-TBM'İN PERFORMANS ANALİZİ

Performance Analysis Of EPB-TBM In Gayrettepe-Istanbul New Airport Metro Tunnel

A. GÖKSAL, H. ÇOPUR

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu bitirme çalışmasında, Gayrettepe-İstanbul Yeni Havalimanı Metro Hattı inşaasında kullanılan farklı formasyonlarda kazı işlemini sürdüren ve Pasa Basınçlı Tünel Açma Makinesin performansı üzerinde analizlerde bulunulmuştur. Çalışmada, Projeye dair genel bilgiler, güzergahın jeolojisi, Tünel açma makinesinin (TBM) teknik özellikleri, tanıtıma sunulmuş ve 1500 metrelik kazıda TBM kayıtları (itme kuvveti, kesici kafa tork, penetrasyon köpük miktarı, günlük ilerleme, v.b) incelenmiş ardından gerekli grafikler oluşturulmuştur. Veriler analiz edilmiş, gerekeken karşılaştırmalar yapılmıştır. Son olarak sonuçlar sunulmuştur.

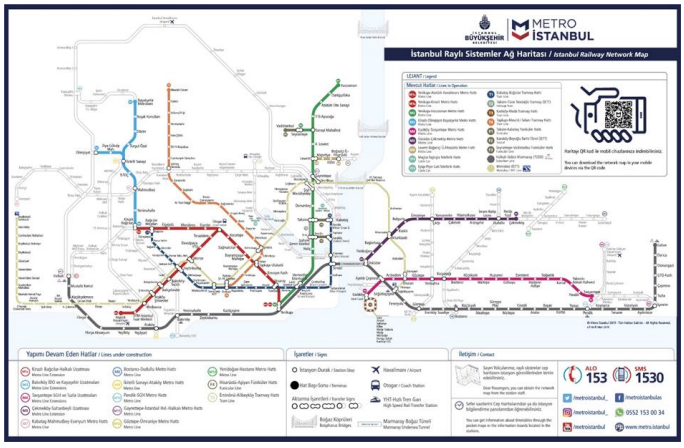
Kelimeler: TBM, Tork, Penetrasyon

ABSTRACT In this graduation Project, the performance of earth pressure balance Tunnel Boring Machine which carries out excavations in different formations used in Gayrettepe-Istanbul New Airport Metro Line construction, has been analyzed. In theproject, general information about the Project, geology of the route, technical features of the tunneling machine (TBM) were presented to the promotion and in the 1500 m excavation the TBM records (thrust force, cutting head torque, penetration foam amount, daily progress, etc.) were examined and the necessary graphics were formed. The data were analyzed and necessary comparisons were made. Finally, the results are presented.

Key Words: TBM, Torque, Penetration

1 GİRİŞ

İlk olarak 1800' lü yıllarda İstanbul'da kullanılmaya başlayan yeraltı raylı sistemler, günümüzde birçok şehirde kullanılmaya devam etmiştir. Günümüzde halen yapımına devam edilmektedir. Türkiye hızlı gelişim gösteren bir ülkedir. Özellikle ilk sırada İstanbul gelmek üzere nüfus yoğunluğu sürekli artmakta olan bölgelerde, buna mahsus olarak şehirlerdeki trafik yükünün azaltılmasında ve buna bağlı olarak trafikte tüketilen vaktin azaltılmasında da yeraltı raylı sistemlerden faydalanılmaktadır. Teknolojinin gün geçtikçe gelişmesi



Şekil 1: İstanbul raylı sistemler ağ haritası

nedeniyle madencilik ve inşaat sektörleri de bu gelişimden etkilenmiştir. Mekanizasyon alanındaki ilerlemeler mühendislerin yeraltı raylı sistemlerden daha fazla yararlanabilmelerini sağlamıştır. Bu yeraltı yapılarından faydalanabilmeyi sağlarken, mümkün olabildiğince çevreye ve insanlara en az zarar ve etki gösteren çalışmalara özen gösterilmektedir. Bunun içinde, teknolojiyle birlikte büyük bir ilerleme kat edilen mekanize kazı sistemleri tercih edilmektedir.

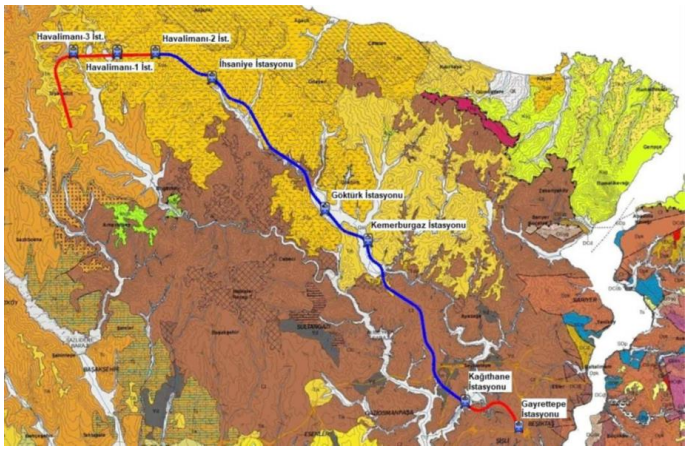
2.GAYRETTEPE –YENİ HAVALİMANI METRO PROJESİNİN TANITIMI

Ayna delme işlemleri pasa ve cevher olarak ikiye ayrılır. Pasa delme ve patlatması pasa katları oluşturmak için yapılır. 4,7 metre yükseklik ve 4,7 metre genişlik olacak şekilde delme paterni hazırlanmıştır. Paternde 59 tane patlama delikleri, 3 tane serbest düzey olurşturmak için çürütme delikleri açılır. Patlatma sonunda 5 metre yüksekliği ve 5 metre genişliği olan pasa galerisi oluşturulur. Cevher delme ve patlatması üretim galerisi açmak için oluşturulur. 6,7 metre genişlik ve 4,7 metre yükseklik olacak şekilde delme işletmi yapılır. 69 patlatma deliği ve serbest düzey oluşturmak için 3 çürütme deliği delinir. Toplamda 72 delik açılır. Sonuçta 7 metre genişlik ve 5 metre yükseklik olucak şekilde üretim galerisi oluşturulur.

Şekil 2:Gayrettepe – İstanbul Yeni Havalimanı metro hattına ait güzergâh ve istasyon yerleri

2.1. GENEL JEOLOJİ

İstanbul kenti ve yakın çevresi; çok faylı, kıvrımlı ve bindirmeli Paleozoyik, Mesozoyik kaya birimleri ile bunlar üzerinde yer alan düzensiz Tersiyer çökellerinden oluşur. Paleozoyik birimler Karbonifer ve Kretasede magmatik sokulumlar ile kesilmiştir. Söz konusu magmatizma olayları sırasında, kaya birimleri içine yaygın olarak andezit ve diyabaz daykları yerleşmiştir.



Şekil 3:Tünel güzergahı için bölgesel jeoloji haritası

2.2. HİDROJEOLOJİ

İnceleme alanının yer aldığı İstanbul ili, Akdeniz, Karadeniz ve karasal iklim tiplerinin birbirine geçişi şeklinde karakterize edilebilen Marmara iklim tipinin etkisindedir. Kışın Akdeniz'den gelen ılık lodosları, Balkanlar üzerinden gelen soğuk veya Karadeniz'den gelen yağışlı havalar takip eder. Yıllık ortalama sıcaklığı 13,5°C, yıllık yağış miktarı ise 720-788 mm'dir. Yazlar sıcak ve nispeten kurak, bahar ve kış ayları ise yağışlı geçer. Yağışların %38'i kış, %19'u ilkbahar, %13'ü yaz, %30'u sonbahar aylarında düşer. Yağışların hemen hemen tamamı yağmur şeklinde olup çok sınırlı şekilde kar yağışı söz konusudur. Kışlar genel olarak yarı ılımandır. İstanbul iline ait ortalama meteorolojik veriler aşağıda Tablo 1 halinde verilmiştir.

Tablo 1. İstanbul iline ait uzun yıllar (1927 – 2016) içinde gerçekleşen meteorolojik veriler

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Otalama Sıcaklık (C)	6	6.1	7.7	12.0	16,8	21.4	23.8	23.8	23.1	15.7	11.7	8.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (C)	9,3	9,9	12,0	17,0	22,2	27,0	29,4	29,3	25,6	20,4	15,5	11,4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (C)	4,0	4,0	5,3	9,1	13,5	18,0	20,4	20,5	17,5	13,6	9,5	6,2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,3	3,1	4,3	6,0	8,2	10,1	10,5	10,6	8,1	5,3	3,4	2,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	16,4	14,0	12,2	10,7	7,3	5,1	3,6	3,8	5,5	9,5	11,3	15,8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/cm^2)	104.4	78.2	71.5	46.1	34.2	35.9	35.2	40.1	60.6	87.8	101.2	122.7
En Yüksek Sıcaklık (C)	22,4	22,1	28,6	33,3	36,4	40,6	40,6	40,1	36,6	33,5	27,0	25,0
En Düşük Sıcaklık (C)	-6,8	-6,4	-5,6	0,2	4,8	9,8	13,6	14,3	7,7	3,3	-2,0	-4,2

3. KAZI MAKİNESİNİN PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

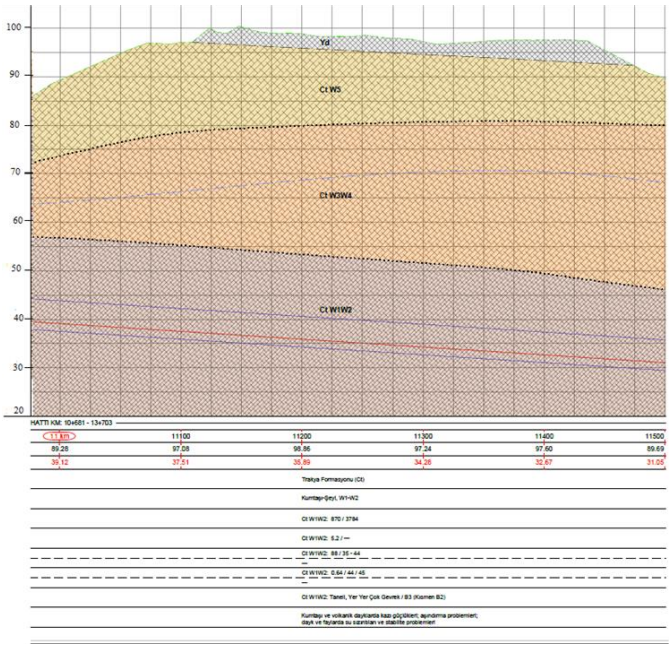
Kazı makinesinin performansını etkileyen pek çok etken vardır. Bu etkenler 4 ana başlıkta incelenmektedir. Bunlar ;

- Performans terminolojisi
- Jeolojik ve jeoteknik faktörler
- Teknik ve işletme faktörleri
- Makine ile ilgili faktörler

4. GAYRETTEPE-YENİ HAVALİMANI METRO TÜNELİ'NDE EPB-TBM'İN PERFORMANS ANALİZİ

4.1İncelenen Güzergahın Jeolojik-Jeoteknik Özellikleri

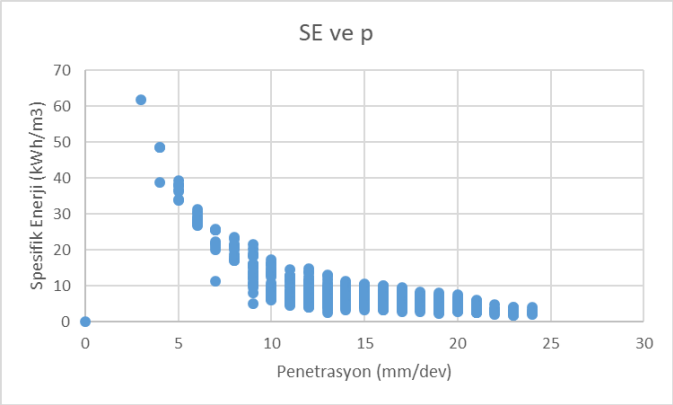
12500-11000 kmleri arasında yapılan analizlerin değerlendirilmesini yapabilmek için jeolojik formasyon bilgileri bilinmesi gerkemektedir. İncelenen güzergahta çakıllı killi kumtaşı (Tda4) ve az ayrışmış-ayrışmamış kumtaşı beklenmektedir. Km 11+900 – 12+500 tünel kazıları kısmen yalnızca tavanda, kısmen de tümü ile kum ve çakıllı kumlar içinde kalacaktır.



Şekil 4. İncelenen güzergahın jeolojik haritası (11500-11000 km)

4.2 Spesifik Enerji

EPB-TBM' in performans analizinde ilk olarak spesifik enerji (SE) değerleri hesaplanmıştır. Spesifik enerji, 1 metreküplük kazı için harcanan enerji miktarı hesaplanmasıyla bulunur. (Bilgin, N., Tumac, D., and Feridunoglu, C., 2006)



Şekil 5. Spesifik enerjinin penetrasyona bağlı değişimi

Şekil 5 de görüldüğü gibi spesifik enerji ile penetrasyon değeri arasında eksponansiyel bir ilişki bulunmaktadır. Penetrasyon değeri arttıkça spesifik enerji değeri azalmaktadır.

SONUÇLAR

• Analiz edilen bu çalışmada 1000 ringin verileri bulunmaktadır. Her ring için penetrasyon, tork, itme kuvveti, köpük kullanımı değerleri makine veri tabanından alınmıştır. Bu çalışmada da her bir ring için veriler analiz edilmiştir.

• 1000 ringlik veri analizinden çıkan sonuçlara göre, penetrasyon (mm/rev) değeri yaklaşık olarak 10 ila 20 (mm/rev) arasında değişim göstermiştir.

• Analizden çıkan sonuçlara göre, itme kuvveti (kN) değeri ortalama 10000 ile 20000 (kN) arasında değişim göstermektedir.

• Kazı sırasında tork (kNm) değeri genel olarak 1000 ile 2000 (kNm) arasında değişim göstermektedir.

• Analizden çıkan sonuçlara göre ring başına köpük kullanımının 20 ile 60 (m3) arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Kaynakça

Veri raporu, 2017, Kolin İnşaat, Kalyon İnşaat, Cengiz İnşaat konsoryimu

Bilgin, N., Tumac, D., and Feridunoglu, C., 2006, TBM cutting performance in Istanbul, Tunnels &Tunneling International, Feb 2006, pp 19

Bilgin, N., 1989. , İnşaat ve Maden mühendisleri için uygulamalı kazı mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

İmbat Madencilik Eynez Ocağı Havalandırma Sisteminin İncelenmesi

Investigation of Imbat Mining Eynez Center Ventilation System

Can ŞAHİN, Abdullah Fişne, Anıl Soylu *(İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi,Maden Mühendisliği, İstanbul)*

ÖZET

Havalandırma sisteminin incelebilmesi ocak havası bileşenleri olan gazlar açıklanmış ve değerlendirme indeksleri tanıtılmıştır. Havalandırma sisteminin de havanın kalitesi bakımdan yorumlanabilmesi için İmbat Madencilik bünyesinde kurulu yer altı sensör sistemlerinden aktarılan gaz verileri kullanılarak kömürün kendiliğinden yanmaya maruz kalıp kalmadığı, bakımından ocağın durumu incelenmiştir. Havalandırma sisteminin de ocağa gönderilecek hava miktarının incelenebilmesi için havalandırma sisteminde ocaklara gönderilecek hava miktarını saptamak amacıyla ilgili plana bağlı kalarak çalışanların solunumu, yayılan gaz hacmi, toz miktarı, dizel araçlardan yayılan gaz hacmi ve hava hızı limitlerine bağlı olarak ocağın hava ihtiyacı hesaplanmış ve ocağa gönderilen hava miktarının yeterlilik analizi yapılmıştır.

İmbat Madencilik Soma Eynez kömür ocağının nitelik bakımdan incelenebilmesi için merkezi gaz ölçüm biriminden 01.10.2018 ile 24.12.2018 tarihleri arasındaki gaz ölçüm değerler alınmış. Havalandırma sisteminin ocağa gönderilecek olan hava miktarının da incelenebilmesi için hava hızı ölçümü, kesit alanı ölçümü, basınç ve sıcaklık ölçümü 01.10.2018-21.01.2019 tarihleri arasında yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Havalandırma, Yeraltı, Gaz, İmbat

ABSTRACT

The ventilation systems can be examined and the gases which are the components of the minig air are explained and evaluation indices are introduced. In order to be able to interpret the air quality of the ventilation system, Imbat Mining has been examined to determine whether the coal is subjected to spontaneous combustion by using the gas data transferred from underground sensor systems. In order to determine the amount of air to be sent to the mining in the ventilation system, to determine the amount of air to be sent to the mining in the ventilation system; The qualification analysis of the amount was made.
Keywords: Ventilation, Underground, Gases,Imbat

1.GİRİŞ

Yeraltında bulunan doğal kaynakları yeryüzüne çıkarmanın ilk koşulu, yeraltındaki çalışma yerlerinde güvenli ve rahat çalışma koşullarının oluşturulmasıdır. Bu da ancak yeterli miktardaki temiz havayı yeraltına göndermekle sağlanmaktadır. Bu işleme "madenlerde havalandırma" adı verilmektedir. Yer altı kömür ocakları, zorlu çalışma koşulları ve tehlikeli ortamlarıyla bilinirler. Birçok kaza, karbon monoksit, sülfür oksit gibi zehirli ya da metan gibi yanıcı ve patlayıcı tehlikesi olan gazların ocak havasında ani yükselmeleriyle meydana gelir. Bu tür kazaların önlenebilmesi ve kaza olmadan önce gerekli müdahalelerin yapılabilmesi için havanın ocak içindeki panolara ve galerilere düzgün bir şekilde dağıtılması ve yeraltı açıklığında bulunan havanın özelliklerinin bilinmesi, kontrollerinin sürekli yapılması ve sonuçlarının mantıklı bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir.

2.İMBAT MADENCİLİK SOMA EYNEZ YERALTI OCAĞI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

İmbat Madencilik Enerji Turizm Sanayi ve Ticaret A.Ş. 07.02.2002 tarihinde kurulmuş olup Manisa ili, Soma ilçesi, Eynez havzasında bulunmaktadır.

İşletmede, 2009'dan beri devrede olan, Merkezi Gaz İzleme ve Erken Uyarı Sistemi (Senturion 500) ile ocak havası gün boyunca gözlenebilmektedir. Ocak havasında; oksijen %19'un altına indiğinde, karbonmonoksit %0,005'in (50 ppm) üzerine çıktığında, karbondioksit %0,125'in üzerine çıktığında ve metan %0,7'in üzerine çıktığında Merkezi Gaz İzleme Sistemi alarm vererek yer altını sesli olarak uyarmakta, kontrol odasındaki operatör bu alarmı hem görüntülü hem de sesli olarak almaktadır. Projenin çalışma sahasında birbiriyle irtibatı sağlanmış iki ocak bulunmaktadır. Birinci ocak, 2 desandre ile güney panolarının hava giriş ve çıkışının sağlandığı noktada, ikinci ocak ise 2 desandre ve bir hava çıkışının yapıldığı nefeslik ile doğu panolarının temiz hava girişinin sağlandığı noktada yeryüzüne bağlanmaktadır. (İmbat Madencilik,2018)

3.OCAK HAVASININ BİLEŞENLERİ

Dünya atmosferinin doğal havasının gaz içeriği genel olarak hacimce %78,08 azot (N_2) , %20,95 oksijen (O_2) , %0,93 argon (Ar) , %0,03 karbondioksit (CO_2) ve %0,01 diğer gazların karışımından oluşmaktadır. Ayrıca hava içinde daima değişen miktarlarda su buharı bulunur. Bu miktar hacimce %1 civarındadır.

Doğal atmosfer havasının bileşenlerine ilave olarak yer altı madencilik çalışmaları sırasında açığa çıkan ve/veya oluşan gazlar ile tozlar ve su buharının oluşturduğu karışım "ocak havası" olarak adlandırılır.

Ocağa kuyu ve galeriler yoluyla girerek üretim yerlerine ulaşan havaya "Giriş Havası", kuyu ve galeriler yoluyla ocağı terk eden havaya da "Çıkış Havası veya Dönüş Havası" denir,(Ökten ve Fişne,2010)

3.1 Ocak Havasının Değerlendirilmesi

Ocak havası değerlendirilmesinde verileri, ısınma, yangın ya da patlama ve patlamaya sebep olunabilecek olan olaylar yorumlanırken izlenen atmosferin patlayabilirliği hesaplanıp eğimi belirlenmeli ve grafiksel olarak gösterilmelidir

Gaz analiz sonuçlarının sistematik bir şekilde yorumlanması, yangın indeksleri olarak bilinen güçlü bir araç gerektirir. Yirminci yüzyılın başından bu yana, birçok oran ve çeşitli içerikteki gaz bileşimleri yangın gazlarının yorumlanmasında yardımcı olması önerilmiştir (Ray ve diğ., 2004). Bu oranlara örnek olarak bu çalışmada da sunulacak olan Graham İndeksi, Young İndeksi, CO_2/CO Oranı, $N_2/(CO+CO_2)$ Oranı, CO/CO_2 Oranı, CO Oluşumu ve CO Oranı, Jones-Trickett Oranı, C/H Oranı, Litton Oranı ve Hidrokarbon Oranı verilebilir. (Ray ve diğ., 2004).

3.2.Ocak İklimi

Ocak iklimininin iyileştirilmesinden söz edilmesinin nedeni, üretim faaliyetlerinden ayrı işçilerin sağlığı veya ‘‘konfor’’ dur. Sağlıklı bir ortam içinse kısaca ocak havasının ısısı olarak tariflenen ‘sıcaklık ve rutubetin’ belirli sınırlar içinde tutulması gerekir. Kontrol edilmesi gereken başka bir husus ise hava hızıdır. Arıtan ve *diğ.*,(2017)

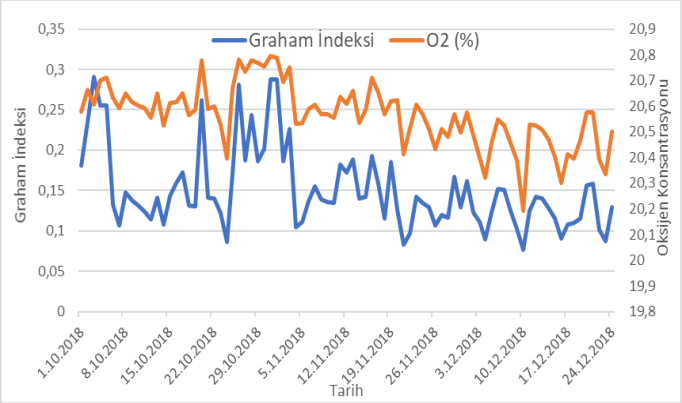
3.3.Ocağa Verilecek Hava Miktarının Belirlenmesi

Ocağa yeterli temiz hava gönderilmemesi karşılığında, ortam havasında mevcut oksijen miktarının azalması ve buna karşın zararlı gaz ve toz konsantrasyonunun artması ile sonuçlanır. Bu sonuç çalışan sağlığını ve çalışma verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Boğulma, yanma ve patlama gibi iş kazaları için uygun ortam oluşturmaktadır Yeterli hava verilmemesine benzer bir biçimde ocağa fazla hava verilmesi de olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Hava kaçaklarının artması, kömür ve pirit mineralinin oksidasyonunu hızlandırır, toz miktarında artmaya sebep olur soğuma etkisi çalışanları rahatsız eder ve havalandırma maliyetleri artar. Bu sebeplerden ötürü üretim ve hazırlık çalışmalarının bulunduğu ocak bölümlerine gönderilmesi gereken hava miktarının önceden planlanması çok önemlidir. Planlamanın bağlı olduğu bazı parametreler aşağıdaki gibidir. (Ayvazoğlu, 1986)

- Çalışanların solunumu
- Yayılan gaz hacmi
- Oluşan toz miktarı
- Yeraltı patlayıcı madde miktarı
- Yeraltı dizel araçlarından yayılan gaz hacmi
- Hava hızı limitleri

4.GENEL DEĞERLENDİRME

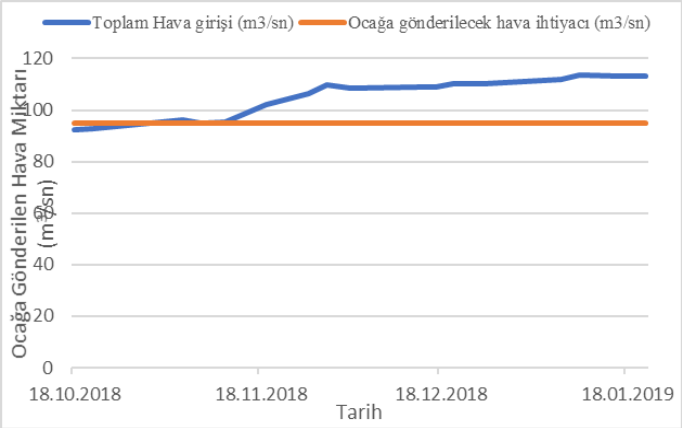
Şekil 4.1’de İmbat madencilik merkezi gaz izleme sistemi tarafından yapılan +388 hava çıkışında 01.10.2018-24.12.2018 tarihleri arasında yapılan ölçümlerin sonuçlarını değerlendirilmesi ile havanın gaz kalitesi bakımından incelenilmesi yapılmıştır.



Şekil 4.1: 01.10.2018-24.12.2018 tarihleri arasında +388 hava çıkışında Graham İndeksi ile O_2 ilişkisi

Çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığınca O_2 için belirlenmiş mevzuattaki sınır değer %19 ‘dur. İmbat madencilikteki sensör alarm değerinde %19 ‘dur. Şekil 4.1 verilen grafikte O_2 konsantrasyonu %19’un altına inmemiştir. Grafikte verilen ölçüm sonuçları Graham indeksi ile değerlendirildiğinde yangın oluşumunun beklenmeyeceği bir ortamın olduğunu göstermektedir.

İmbat Madencilik Soma Eynez Yeraltı Kömür Ocağı’nın hava ihtiyacının hesaplanmasında kullanılan parametreler; çalışanların solunumu, yayılan gaz hacmi, oluşan toz miktarı, dizel araçlardan yayılan gaz hacmi ve hava hızı limitleri olarak belirlenmiştir. Ocağın hava ihtiyacı, belirlenen değerler içerisinde en büyüğüne eşdeğerdir. Ocak için hava ihtiyacını hesaplayacak olursak; ocak için en büyük değerin hava hızı değerlerine göre hesaplanan hava miktarı olduğu bulunur. Şekil 4.2’de birinci ocak için hesaplanan hava miktarı ve ocağa verilen toplam hava miktarı gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Ocağa verilen hava miktarı ve ocak için gerekli hava miktarı

Şekil 4.2 de verilen grafikte 01.10.2018-21.01.2019 tarihleri arasında ocağa gönderilen hava miktarları 92,5 m^3/sn ile 113,37 m^3/sn olarak değişmektedir. Grafikten de görüldüğü üzere ocağa gönderilecek olan hava miktarı 12.11.2018 tarihinde ocağa gönderilecek olan hava ihtiyacı ocağa gönderilen hava miktarını geçmektedir bu tarihte ocaktaki oksijen konsantrasyon değerine bakıldığında mevzuattaki sınır değerininin altına inmediği ve ocaktaki yeterli oksijen miktarının karşılandığı sonucuna varırız. Grafikten de görülüğü üzere diğer tarihlerde ocağa gönderilen hava miktarı ocak için hesaplanan hava miktarını geçmektedir Bunun sonucu olarak ocağa yeterli miktarda hava gönderildiği sonucuna varılır.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İmbat Madencilik Eynez ocağı havalandırma sistemini nitelik olarak inceleyecek olursak İmbat Madencilik gaz izleme birimi tarafından 01.10.2018-24.12.2018 ocak hava çıkışında bulunan gaz sensör ölçüm sonuçlarını yorumlarız. Hesaplanan Graham indeksini incelediğimizde ortalamanın 0,154 olduğu bulunur. 01.10.2018-24.12.2018 tarihleri arasında verilen ölçüm sonuçlarında O_2 konsantrasyonu mevzuattaki sınır değerini olan %19'un altına hiç inmemiştir. CO konsantrasyonu mevzuattaki sınır değeri olan %0,0005 (50 ppm) 'in üstüne hiç çıkmamıştır. CH_4 ise mevzuattaki sınır değeri olan %1,5 'in üstüne hiç çıkmamıştır.

Ocağa gönderilen hava miktarı yeterlilik analizi İmbat madencilik tarafından yapılan ölçüm sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

Ocak için gerekli hava miktarı 96 m^3/sn olarak bulunmuş, ocağa gönderilen hava miktarının yeterlilik analizi yapılabilmesi için İmbat madencilik tarafından verilen ölçüm sonuçları ile hesaplanan gerekli hava miktarı karşılaştırılmıştır. Ocağa fazla hava verilmesi sonucunda hava kaçaklarının artması sonucu olarak kömür oksidasyonu oranında artış gerçekleşir, bu bakımdan belirlenen tarihler aralığındaki Graham indeksi değerleri kontrol edildiğinde ocakta ciddi bir oksidasyon oluşumu gözlenilmediği görülür. Bunun sonucu olarak ocağa yeterli miktarda hava gönderildiği sonucuna varılır.

TEŞEKKÜR

Bitirme çalışmasının ortaya çıkması konusunda emeklerini esirgemeyen tez danışmanım Doç.Dr. Abdullah FİŞNE 'ye ve lisans hayatım boyunca her zaman bilgi ve deneyimini konusunda her zaman beni destekleyen Prof. Dr. Hanifi ÇOPUR'a ve deneyimlerini paylaşan tüm bölüm hocalarıma teşekkürlerimi arz ederim.

KAYNAKLAR

Arıtan, A.E., Tümer, M., Şensöğüt. C., 2017. *"Yeraltı Linyit Kömür Madeninde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi"* Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi s.363-369

Ayvazoğlu, E., 1986. *"Madenlerde Havalandırma ve Emniyet",* İ.T.Ü. Maden Fakültesi ofset baskı atölyesi

İmbat Madencilik Enerji Turizm San. ve Tic. A.Ş. *"Tanıtım Kitapçığı Stajer Mühendisler"* Manisa 2018

Ökten, G. ve Fişne, A., 2010. *"Madenlerde Havalandırma",* Maden Mühendisliği Bölümü, İTÜ Maden Fakültesi, Bölüm 5, s. 28-63.

Ray, S.K., Singh, R.P., Sahay, N., Verma, N.K., 2004. *"Assessing the status of sealed fire in underground coal mines. J. Sci. Ind. Res"*. 63, 579–591.

TKİ Çan Linyitleri İşletmesi'nde Patlatma Tasarımının İncelenmesi

Investigation of Blast Design and Initiation System in TKİ Çan Linyitleri Mining Inc.

Özkan, F., Akyıldız, Ö., Hüdaverdi T.

İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu çalışmada TKİ Çan Kömür 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, Lusk ve Worsey'e, Ash'e göre incelenmiştir. Her atımın çevresel etkileri cihazlarla ölçülmüş, olgular incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Delme, patlatma, parçalanma, analiz

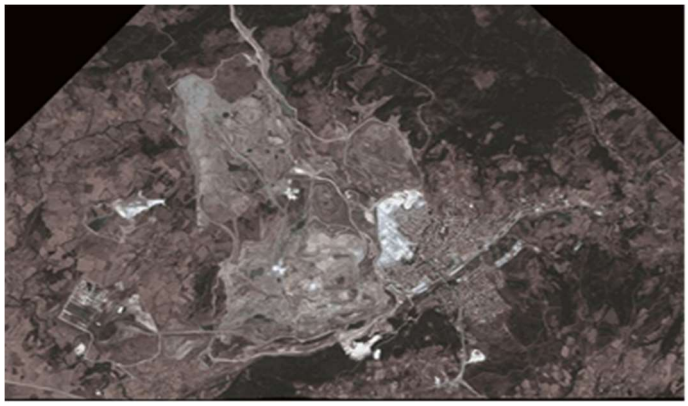
ABSTRACT In this study, TKİ Çan Inc. Drilling and blasting systems have been examined. Information about excavation works, drilling systems and drilling tools were given and cost calculations were made. Drilling period have been measured. Explosion processes in quarry were introduced, types and quantities 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, Lusk and Worsey and Ash. 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

Çanakkale – Çan havzasındaki kömür oluşumu, 1940 yılında tespit edilmiş ve 1979 yılında yürürlüğe giren 2172 sayılı yasa ile devletleştirilinceye kadar özel sektör tarafından işletilmiştir. İşletme 1979 yılından beri sanayinin enerji ve ısınma amaçlı teshin ihtiyacının karşılanması amacıyla faaliyet göstermektedir. Rezervin büyük kısmı yüksek kükürt içermektedir. Bu nedenle, kömür satışının büyük kısmı, 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı çerçevesinde 2000 yılı Haziran ayında kurulmasına başlanan ve 2003 yılında tamamlanan 2x160 MW gücündeki 18 Mart Çanakkale Termik Santrali'ne yapılmaktadır. İşletmenin faaliyetlerini yürüttüğü kömür havzası, Çanakkale ili Çan ilçesi sınırları içerisinde yer almakta ve Çan ilçesi batısından başlayarak, Tepeköy – Duraliköy – Kulfaköy – İlyasağa Çiftliği – Mallıdere (Dereköy) – Mallıköy köyleri arasında yaklaşık 19.000 dönümlük bir alanı kapsamaktadır. İşletme Çanakkale'ye 75 km uzaklıktadır.



Şekil 1.1. Ç.L.İ Çan İşletmesi Uydu Görünümü

2 DELME FAALİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Ç.L.İ. Çanakkale açık ocaklarında delme faaliyeti maden operasyonlarında çok büyük bir yer kaplamamktadır. Çünkü formasyon genel olarak yumuşaktır.

Çanakkale Linyitleri İşletmesi ocaklarında toplam 5 adet delici makine bulunmaktadır. 4 delicinin tamamımın tij çapı 9 inç (22,86 cm) olup,1 adet delicinin tij çapı 2.5-4 inç dir. 3 tanesi paletli İngersoll – Rand marka, diğer 2 ise Reedrill markadır.

İngersoll – Rand delici makinası; Bu delici makinelerinde üç konili (tricone) tipi delici uç kullanılmaktadır. Uç çapları 9 inç (228,6 mm) dir. Yaklaşık olarak her 5000 metre delik delinmesinin ardından delici uçlar değiştirilmektedir. Fakat bazen formasyonun sert olmasından dolayı 5000 metreden daha az değerlerde de uç değiştirilir. Değiştirilen delici ucun durumu her zaman hurdadır.

Reedrill delici makinası; Bu delici makineleri de üç konili (tricone) tipi delici uç kullanılmaktadır. Uç çapları yine 9 inç (228,6 mm) 'dir. Yaklaşık olarak her 5500 metre delik delinmesinin ardından delici uçlar değiştirilmektedir. Fakat bazen formasyonun sert olmasından dolayı 5500 metreden daha az değerlerde de uç değiştirilir. Değiştirilen delici ucun durumu her zaman hurdadır.

3 PATLATMA FAALİYETLERİNİN İNCELENMESİ

3.1 Kullanılan Patlayıcı Maddelerin Özellikleri

Patlayıcı maddeler belirli oranlarda kimyasal maddelerden oluşmuş ve geçirdiği reaksiyon sonucunda yüksek miktarda ısı ve gaz açığa çıkaran maddelerdir. Ayrıca detenasyon tipi şiddet reaksiyonu gösteren ve reaksiyonun ilerleme hızı ses hızından yüksek olan maddelere denir. (Alpaydın, 2012)

BLUE ANFO , Yüksek Porozite özellikli Porous Prill Amonyum Nitrat ve yakıt olarak Mazotun, fabrika ortamında homojen karıştırılmasıyla oluşur. Hammaddeler tamamen standartlara uygun seçilir. Bu nedenle BLUE ANFO % 100 ANFO dur. BLUE ANFO Kapsüle duyarlı değildir. Kapsüle duyarlı ürünlerle patlatılabilir. Suya dayanıksızdır. Sulu deliklerde tüm Anfo' ların hiçbir şekilde kullanılması önerilmez.

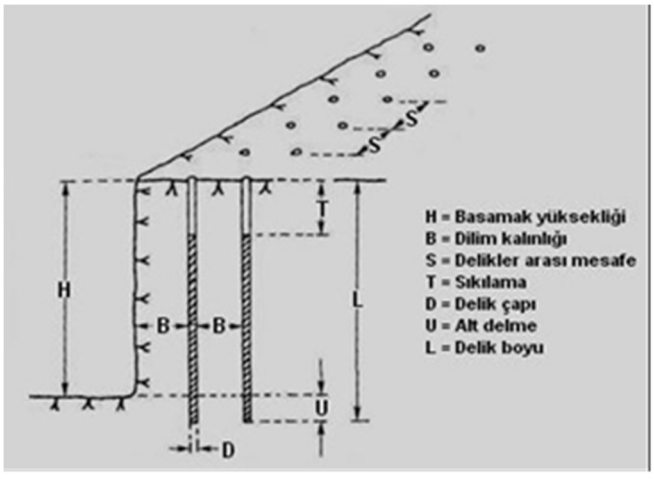
SOLARGEL-E, yemlemeye duyarlı emülsiyon patlayıcıdır. Kapsüle duyarlı değildir. ANFO ile Emülsiyon'un karışımından elde edilir. Genellikle, sulu deliklerde Anfo yerine kullanılmakla birlikte, her tür kayaç yapısında daha iyi parçalanma ve patlayıcı madde maliyetini düşürmek amacıyla kuru deliklerde de kullanılır.

SUPERPOWER 90, açık ocak ve tünel patlatmaları her türlü yer altı ve yer üstü patlatma operasyonları için tasarlanmış, üstün kaya kırma özelliğine sahip kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcı maddedir.

SUPREMEDET-STL yüzey gecikme kapsülüdür. Yeraltı ve yerüstü patlatma operasyonlarında delikler arasında gecikmeyi sağlar. Sonsuz sayıda deliğe gecikme verebilmekte bu sayede, bir defada daha fazla deliğin çevresel etki yaratmadan patlatılması sağlanmaktadır.

3.2 Delme Ve Patlatma DüzeNİ

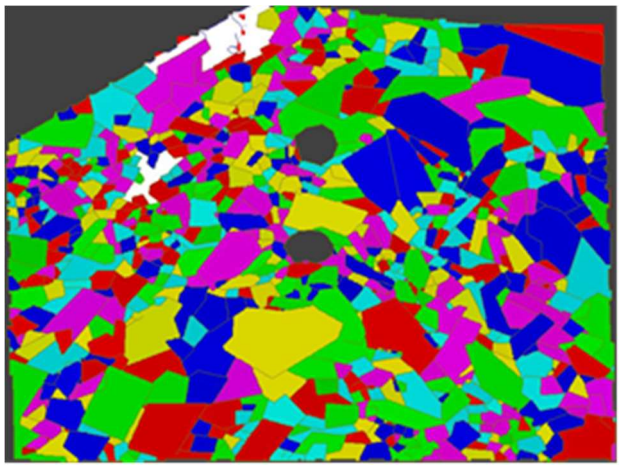
ÇAN açık ocağında dekapaj kazısı için patlatma ve kömür için patlatma faaliyeti uygulanmaktadır. Şekil 3.1'de Açık ocaklarda uygulanan patlatma tasarımı görülmektedir.



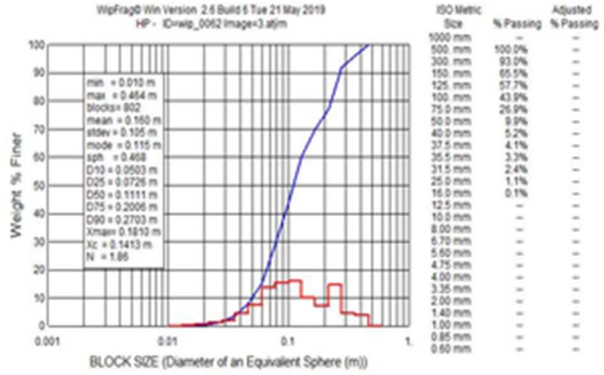
Şekil 3.1. Delme ve Patlatma Düzeni

3.3 Parçalanma Analizi

Şekil 3.2. Ölçeklendirilmiş Ayna Fotoğrafı



Şekil 3.3. WipFrag Parça Boyutlandırması



Şekil 3.4. WipFrag Analiz Sonuçları

Şekil 3.2'deki ölçekli fotoğrafın Şekil 3.3'de belirtilen Wipfrag programı ile 802 parçanın analizi yapılmıştır. Şekil 3.4'te gösterildiği üzere, ortalama parça büyüklüğü (D50) 11,11 cm'dir. Eğri eğimini veren üniformite indexi (n) 1,86'dir ve atım sonrası oluşan parçaların %90'ı 27,03 cm boyutundan küçüktür. Malzemenin %63,2'sinin geçtiği elek açıklığına anlamında kullanılan karakteristik boyut (Xc) ise 14,13 cm'dir.

4 DELME VE PATLATMA MALİYETLERİ

4.1 Toplam Delme Maliyeti

• Toplam delme maliyeti = ekipman maliyeti + yakıt maliyeti + yağ maliyet + işçilik maliyeti + amortisman maliyeti
• Toplam delme maliyeti = 0,92 TL / m + 21,23 TL / m + 4,5 TL / m + 0,62 TL / m + 17,5 TL / m = 44,77 TL / m

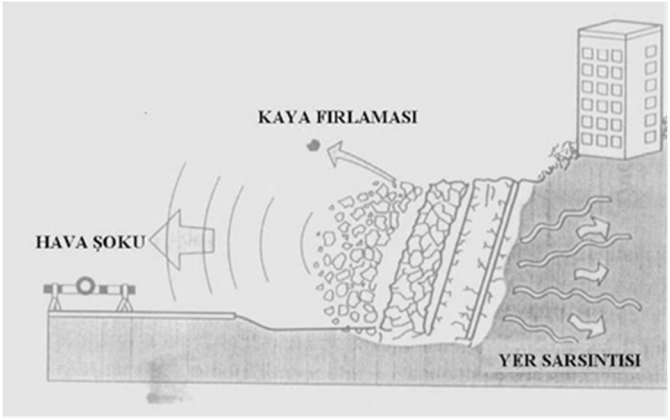
4.2 Patlayıcı Maliyeti

Kuru deliklerde;
• 250 kg ANFO kullanılmaktadır.
• ANFO maliyeti => 250 kg/delik x 2,11 TL/kg = 527,5 TL/delik
• Her delik için 2,9 kg jelatin dinamit => 8,12 TL/delik
• Her delik için 1 adet delik içi ve yüzey kapsülü birlikte => 14,10 TL/delik
• Her delik için 1 Delik içi kapsülü => 10,30 TL/delik
• Bir deliğin patlayıcı maliyeti => 527,5 TL/delik + 8,12 TL/delik + 14,10 TL/delik + 10,30 TL/adet = 560,02 TL/delik

Sulu Deliklerde;
• 40 kg emülsiyon kullanılmaktadır.
• Emülsiyon maliyeti 40 kg/delik x 2,80 TL/kg = 112 TL/delik
• Emülsiyon Kullanıldığında 200 kg ANFO kullanılmaktadır.
• ANFO maliyeti => 200 kg/delik x 2,11 TL/kg = 422 TL/delik
• Her delik için 1,5 kg Emülsiyon yemleme => 6,67 TL/delik
• Her delik için 1,45 kg jelatin dinamit => 4,06 TL/delik
• Her delik için 1 adet delik içi ve yüzey kapsülü birlikte => 14,10 TL/delik
• Her delik için 1 Delik içi kapsülü => 10,30 TL/delik
• Bir deliğin patlayıcı maliyeti => 112 TL/delik + 422 TL/delik + 6,67 TL/delik + 4,06 TL/delik + 14,10 TL/delik + 10,30 TL/adet = 569,13 TL/delik

5 DELME VE PATLATMANIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Patlatma kazılarının önem kazandığı sektörlerde, patlatmadan sorumlu personelin çevresel etkilerin en düşük seviyede olucak şekilde tasarımlar yapması ve kontrollü bir patlatmalar gerçekleştirmesi gerekmektedir. Patlatma, çok büyük faydaları olan, ancak yeterli tedbirler alınmadığı durumlarda ciddi hasarlar oluşturabilecek faaliyettir. 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. Bir patlatmanın en önemli çevresel etkileri yer sarsıntısı ve gürültüdür. Bu sonuçların minimum düzeyde olması patlatma tasarımının doğru yapılmasıyla orantılıdır (Öz, 2015). Şekil 5.1'de patlatmadan kaynaklanan çevresel etkiler şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Patlatmadan Kaynaklanan Çevresel Etkiler (Arpaz, 2000)

6 SONUÇLAR

Ç.L.İ Çan İşletmesi'nde açık ocak operasyonları gözlenmiştir ve bu operasyonlar hakkında elde edilen bilgiler bu raporda belirtilmiştir. Çan linyitleri işletmesi genellikle yumuşak bir formasyona sahiptir bu nedenle üretimde ağırlıklı olarak ekskavatör yeterli olmaktadır. Sert formasyonlarda delme ve patlatma işlemi yapılmaktadır.

Çıkarılan kömürün büyük bir kısmı 18 Mart Çanakkale Termik Santraline beslenmektedir. İşletmenin görünür rezervi 2017 yılında 16 adet 805 metre yapılan sondaj sonucu 63.822.744 Ton olarak hesaplanmıştır. Delme işlemi Ingersoll - Rand ve Reedrill Marka Delici makineleri ile yapılmakta, 9 inç çapında delikler delinmektedir. Delinen bu delikler emülsiyon patlayıcılar ile şarj edilmektedir. Bu patlayıcıları aktifleştirmek için dinamit ve dinamiti de aktifleştirmek için kapsül kullanılmaktadır. 10 m açılmış bir deliğe 80 kg patlayıcı şarjı yapılmıştır ve sıkılanmıştır.

Çan linyitleri işletmesinde patlatma düzenin şeş-beş olarak planlanmıştır. Literatürde sıkça kullanılan bir patlatma tasarım yaklaşımı kullanılarak, ocaklarda uygulanan patlatma tasarımı değerlendirilmiştir. Özellikle teorik modelle hesaplanan dilim kalınlığı değerleri, arazide uygulanan değerlere nispeten yakındır. Patlatma işlemi gerçekleştirildikten sonra işletme esnasında kullanılan parametreler Olofsson'a, Lusk ve Worsey'e ve Ash'a göre incelenmiştir.

Toplam delik delme maliyeti ile patlayıcı madde maliyeti hesaplanmış olup, toplam delik delme maliyeti 44,77 TL / m, toplam patlayıcı madde maliyeti kuru delikler için 560,02 TL/delik, sulu delikler için 569,13 TL/delik.

Patlatma işleminden sonra oluşan yığınlar fotoğraflanmış ve bu fotoğraflar Wipfrag programında analize sokulmuştur. Analiz işlemleri sonucunda elde edilen veriler tabloda yazılmıştır. Analiz sonuçlarına göre patlatma sonrası kayaç parçalanmalarının bazı bölgelerde çok başarılı, bazı bölgelerde ise bu başarı sağlanamamıştır. Son aşamada delme ve patlatma işlemlerinin çevresel etkileri hakkında bilgi verilmiştir.

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.

Ash, R. L., 1963. *The mechanics of the rock breakage (Part 1), Pit and Quarry*, Vol.56 (2), pp. 98–100.

Arpaz, E., 2000. *"Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi*", Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Kuzu, C., 2015. "*MAD 241-Patlayıcı Madde Tekniği ve Uygulaması*" Maden Mühendisliği Bölümü, İTÜ Maden Fakültesi,Bölüm 1, s. 2-3

Lusk B. and Worsey P. (2011). *Explosives and Blasting, in. SME Mining Engineering Handbook, Third Edition, Drling P. (Ed)*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

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

Özkan, F., 2019. *Çan Açık Ocağında Patlatma Tasarımının Ve Ateşleme Sisteminin İncelenmesi*. Istanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, Istanbul.

Kama Tipi Keski ile Taşınabilir Doğrusal Kazı Seti Kullanılarak Kollu Galeri Açma Makinesi Performans Tahmini

Roadheader Performance Prediction Using Portable Linear Cutting Machine with Chisel Picks

G. Metin, C. Balci, A. Shaterpour
Istanbul Technical University, Mining Engineering Department, Istanbul

ÖZET Bu bitirme çalışması mekanize kazı makinelerinin tasarımının ve performans analizinin iyileştirilmesini amaçlamıştır. TÜBİTAK 112M859 kodlu proje kapsamında geliştirilen taşınabilir doğrusal kazı seti (PLCM) kullanılarak kama tipi keskilerin performans analizlerinin yapılması için doğrusal kaya kesme deneyleri yapılmıştır.

İlk olarak kama tipi keski kullanılarak yardımsız koşulda 2,5 mm, 3,5 mm ve 5,0 mm kesme derinliği ile kaya kesme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde, Uşak-Karahallı bölgesinden getirilen beyaz ve gri mermer örnekleri kullanılmıştır. Keskiye etki eden kuvvetler ve spesifik enerji ölçülüp literatürde bulunan teorilerle karşılaştırılmıştır. Son olarak bir derivasyon tüneli projesinde kullanılmak üzere bir kollu galeri açma makinesi seçimi ve bu makine için performans tahminleri yapılmıştır.

Deney sonuçlarına göre, keskiye etkiyen kuvvetlerin artan kesme derinliği ile arttığı sonucuna varılabilir. Öte yandan, kesme derinliğindeki artış spesifik enerjiyi azaltır. Deneylerden elde edilen kesme kuvvetleri, Evans'ın Kesme Teorisinden hesaplanan kesme kuvvetleriyle karşılaştırıldığında makul bir korelasyon olduğu görülmektedir. Tünel projesi için seçilen 50 ton ağırlığında, 160 kW kesici kafa gücündeki enine tip kollu galeri açma makinesi için ortalama 33,06 m^3/s ilerleme hızı öngörülmüştür.
Anahtar Kelimeler: kazı mekaniği, kama tipi keski, taşınabilir doğrusal kazı seti, kollu galeri açma makinesi, performans tahmini.

ABSTRACT This graduation project aimed to improve the design and performance analysis of mechanized excavation machines. The portable linear cutting machine (PLCM), which is developed within the scope of TÜBİTAK 112M859 project, is used for performing linear cutting tests and analyzing performance of chisel picks.

Firstly, rock cutting experiments were performed with cutting depths of 2.5 mm, 3.5 mm and 5.0 mm using chisel pick. White and grey marble samples from Uşak-Karahallı region were used in tests. The forces acting on cutter and specific energy measured and compared with the theories in literature. Finally, selection of a roadheader and performance estimations for this machine have been made for diversion tunnel project.

According to the experiment results, the forces acting on the cutter increase with increasing depth of cut. On the other hand, increase in depth of cut decreases specific energy. The cutting forces obtained from the experiments appear to have a reasonable correlation when compared to the cutting forces calculated from Evans' Cutting Theory. Average of 33.06 m^3/h net cutting rate is predicted for the transverse type roadheader, having 50 tons of weight and 160 kW of cutterhead power, which is selected for tunnel project.
Keywords: excavation mechanics, chisel cutter, portable linear cutting machine, roadheader, performance prediction.

1 INTRODUCTION AND PURPOSE OF THE THESIS

This study aimed to improve the design and performance analysis of mechanized excavation machines. Experiments are performed in I.T.U Faculty of Mines laboratories.

Portable linear cutting machine is developed by a project sponsored by Scientific and Technological Research Council of Turkey. For the rock cutting tests chisel picks are used with different depth of cuts.

First of all, experiments performed on marble samples which are obtained from Uşak-Karahallı region. Afterwards, Evans' cutting theory for chisel picks is used for correlating theoretical models with experiment results. Finally, a performance prediction is made for a roadheader which is planning to be used in a derivation tunnel project. The formation which the roadheader going to be operated in is consist of rocks which have a uniaxial compressive strength range of 19 to 168 MPa.

2 PLCM TEST EQUIPMENT AND PROCEDURES

In the PLCM test set, the cutter is kept fixed and the cutting box, with the sample in it, is moved by hydraulic pistons and a linear cutting process is performed. A rock sample, which is arranged to having dimensions of 115 x 300 x 250 mm (height, width, length), is placed into cutting box. Then, the cutting box is fixed by a clamp system. Fixed cutting box is moved by hydraulic cylinder on the counter. In addition, the rock cutting set can be moved in the horizontal and vertical direction so that the spacing between the cutters and the depth of cut can be adjusted.

PLCM test set also consists a data acquisitions system, dynamometers and voltmeters.

The marble samples were prepared by cutting in appropriate dimensions for the cutting tests to be carried out in the PLCM. Samples prepared and cut are placed in the middle of the molds to be used in PLCM, with equal spaces from the edges. On the samples placed in the middle of the special patterns of the linear excavation set, the concrete prepared from the grout mixture was poured and filled so that there was no gap in the mold. Chisel cutters are used in unrelieved cuttings with 2.5 mm, 3.5 mm and 5.0 mm depth of cuts. Trimming application is performed after every time going into a new layer in marble sample in order to condition the rock sample to near-natural face state.

3 RESULTS

3.1 Orthogonal Forces Acting on Cutter

A data logger measures the orthogonal forces acting on pick while performing the experiment. These forces are normal (FN), cutting (FC), maximum normal (F'N), maximum cutting (F'C) and side (FS) forces. For different depth of cuts experiments performed on chisel cutter showed that cutter forces are increasing with increasing depth of cut. In the Figure 1 this relationship can be seen.

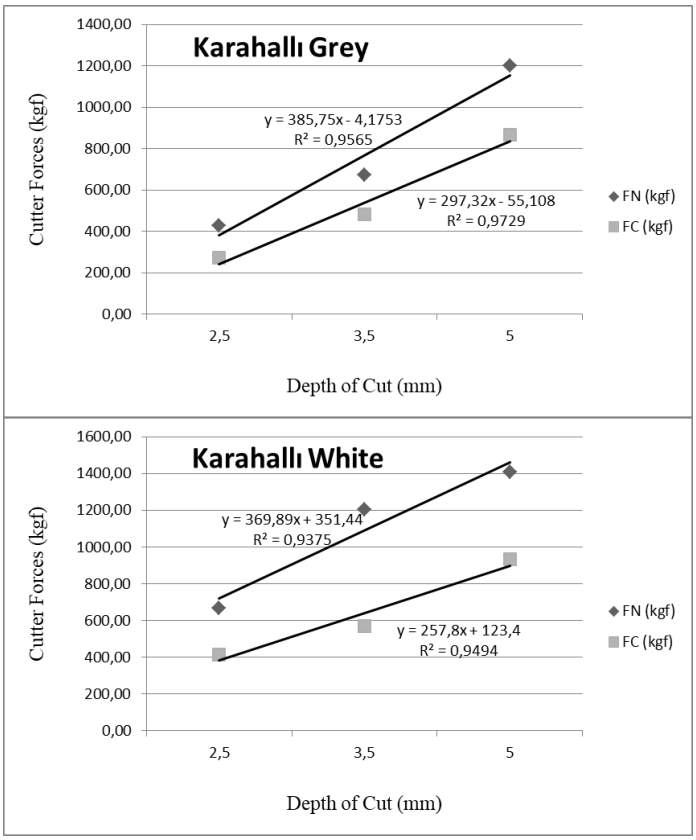


Figure 1. Relationship between depth of cut and cutter forces.

3.2 Specific Energy

After completing each cutting experiment, the muck is collected and weighed to calculating yield and then specific energy. For different depth of cuts experiments performed showed that specific energy is decreasing with increasing depth of cut. In the Figure 2 this relationship can be seen.

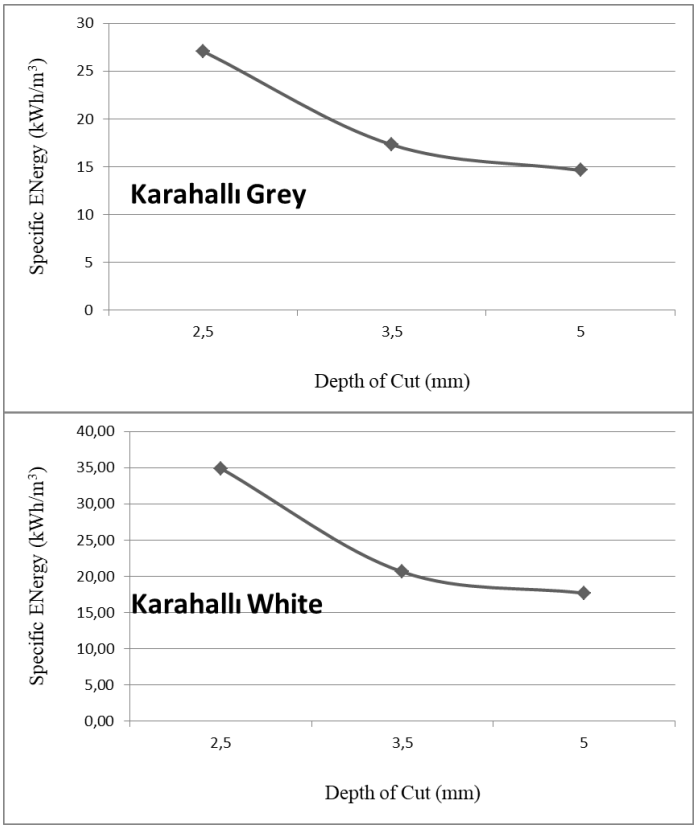


Figure 2. Relationship between Specific Energy and Depth of cut

Specific energy was calculated as following Equation 1.

SE = FC / Q (Copur,2010) (1)

Where: SE=Specific Energy (MJ/m^3), FC=Average Cutting Force (kN), Q=Yield (m^3/km).

3.3 Comparison of Theoretical and Experimental Forces

Experiment results are compared with Evans' chisel pick theory in terms of peak cutting force. Results show that there is a reasonable correlation with Evans' theory and experiment results. The theory can be seen in Equation 2. In Figure 3 relationship between Evans' theory and laboratory results can be found (Su, 2018).

$$F'C = \frac{2\,\sigma_t\, d\, w \sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}{1 - \sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)} \quad (2)$$

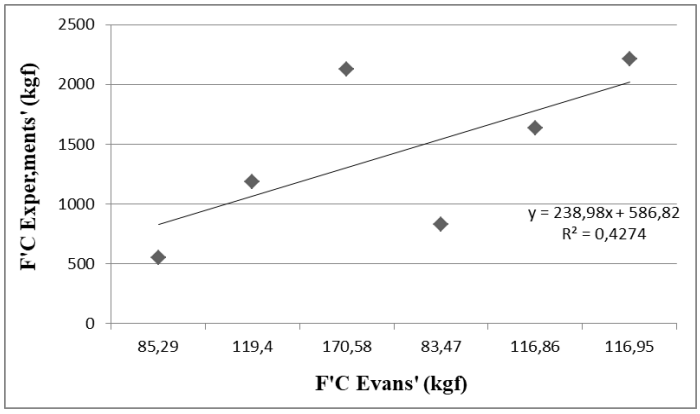


Figure 3. Relationship between Evans' theory and laboratory results.

3.4 Roadheader Performance Predictions

According to Gehring's study, an example of the formulation for calculating performance of a transverse type roadheader, which have 250 kW power, for average UCS is given below in Equation 3. For estimating performance of a 160 kW of power having roadheader linear interpolation is used.

$$ICR = \frac{719}{UCS^{0.78}} \quad \text{(Gehring, 1989)} \quad (3)$$

$$ICR = \frac{160}{250}\,\frac{719}{84.79^{0.78}} = 14.41\ \text{m}^3/\text{h}.$$

Where: ICR=Instantaneous (Net) Cutting Rate (tons/cutting hour), UCS=Uniaxial Compressive Strength (MPa).

Bilgin et al. used RMCI for prediction model and RMCI is related with RQD 100%. An example of the formulations and calculations by using average UCS is given in Equation 4 (Hartlieb & Bock, 2018).

$$RMCI = UCS\left(\frac{RQD}{100}\right)^{2/3}$$

$$RMCI = 84.79\left(\frac{20}{100}\right)^{2/3} = 29\ \text{MPa}, \quad (4)$$

$$ICR = 0.28\ P\ (0.974)^{RMCI}$$

$$ICR = 0.28\ 160\ (0.974)^{29} = 20.87\ \text{m}^3/\text{h}.$$

Where: RMCI= Rock Mass Cuttability Index, UCS=Uniaxial Compressive Strength (MPa), RQD=Rock Quality Designation, ICR=Instantaneous Cutting Rate (m^3/h), P=Cutterhead Power (kW).

Copur et al., stated a model that is special for different roadheader types and different geological conditions by using roadheader penetration index. Although this model is developed for evaporitic rock types, it can still be valid for this project since evaporitic rocks' UCS values are similar to the working area's UCS values. An example of the formulations and calculations for average UCS is given in Equation 5 (Copur et al., 1998).

$$RPI = P\,W/UCS$$

$$RPI = 160\ 50/84.79 = 94.35 \tag{5}$$

$$ICR = 27.511\ e^{0.0023\ RPI}$$

$$ICR = 27.511\ e^{0.0023\ 94.35} = 34.18\ m^3/h.$$

ICR=Instantaneous Cutting Rate (m^3/h), RPI=Roadheader Penetration Index, P=Cutterhead Power (kW), W=Roadheader Weight (metric ton), UCS=Uniaxial Compressive Strength (MPa).

In the next model, Balci et al., formulated two different equations for two different depth of cuts. According to this model ICR is calculated as in Equation 6 for average UCS (Balci et al., 2004).

$$\text{For d} = 5\text{ mm}, \quad ICR = 0.8\ \frac{P}{0.37\ UCS^{0.86}}$$

(P is in terms of HP here)

$$ICR = 0.8\ \frac{214.48}{0.37\ 84.79^{0.86}} = 10.18\ m^3/h \tag{6}$$

$$\text{For d} = 9\text{ mm}, \quad ICR = 0.8\ \frac{P}{0.41\ UCS^{0.67}}$$

$$ICR = 0.8\ \frac{214.48}{0.41\ 84.79^{0.67}} = 21.36\ m^3/h$$

Where: d=Depth of Cut (mm), ICR=Instantaneous Cutting Rate (solid bank m3/h), P=Installed Cutterhead Power (HP), UCS=Uniaxial Compressive Strength (MPa).

Ocak and Bilgin stated a model by relating UCS with ICR. They used a 74 tons of weight and 300 kW of power roadheader used. Linear interpolation is used for both 50 tons and 160 kW. An example of the calculations for average UCS is shown in Equation 7 (Ocak & Bilgin, 2007).

$$ICR = 510588\ UCS^{-2.1799} \tag{7}$$

$$ICR = \frac{50}{74}\ 510588\ 84.79^{-2.1799} = 21.58\ m^3/h$$

$$ICR = \frac{160}{300}\ 510588\ 84.79^{-2.1799} = 17.04\ m^3/h$$

4 CONCLUSIONS

According to the experiment results, the forces acting on the cutter increase with increasing depth of cut. On the other hand, increase in depth of cut decreases specific energy. The cutting forces obtained from the experiments appear to have a reasonable correlation when compared to the cutting forces calculated from Evans' Cutting Theory. Average of 33.06 m^3/h net cutting rate is predicted for the transverse type roadheader, having 50 tons of weight and 160 kW of cutterhead power, which is selected for tunnel project.

REFERENCES

Copur, H., 2010. *Linear stone cutting tests with chisel tools for identification of cutting principles and predicting performance of chain saw machines*. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. 47: 104-120.

Su, O., 2018. *Numerical Modeling of Cuttability and Shear Behavior of Chisel Picks*. Rock Mechanics and Rock Engineering. 603: 1-15.

Gehring, K. H., 1989. *A cutting comparison*. Tunnels and Tunnelling International. 21: 27-30.

Hartlieb, P. & Bock, S., 2018. *Theoretical Investigations on the Influence of Artificially Altered Rock Mass Properties on Mechanical Excavation*. Rock Mechanics and Rock Engineering. 51: 801-809.

Ocak, I. & Bilgin, N., 2010. *Comparative studies on the performance of a roadheader, impact hammer and drilling and blasting method in the excavation of metro station tunnels in Istanbul*. Tunnelling and Underground Space Technology, 25: 181-187.

Eti Maden İşletmeleri Kırka Bor İşletmesi'nde Kullanılan Delici Makinaların Verimlilik Analizi

Productivity Analysis of Drilling Machines used in ETİ Mining Corporates Kırka Boron Works

H. G. KARDAŞ, Ö. A. ERGÜN.
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Çalışma kapsamında ETİ Maden İşletmeleri Kırka Bor İşletmesi'nde halihazırda devam eden üretim faaliyetleri tarafımca incelenmiş, kullanılan delici makinalar ve bunların performansları hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. İşletmede aktif olarak kullanılan Ingersoll DM25 ve Atlas Copco DM30ii delici makineleri ile yapılan delme işlemlerinde birbirine yakın formasyonlar üzerinde uygulanan farklı baskı kuvvetlerinin delme hızına ve performansına olan etkileri gözlenmiş ve uygulamalar sonucunda alınan numuneler İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Kaya Mekaniği Laboratuvarına getirilerek burada bulunan araç ve gereçler ile numuneler üzerinde bir takım deneyler ve analizler yapılmıştır. Farklı baskı kuvvetleriyle (800 psi, 1000 psi, 1200 psi) yapılmış olan uygulamalar sonucunda alınan toz numuneleri önce laboratuvarda içerdiği nem sebebiyle fırınlanmış, kurutulmuş ve elek analizi için uygun hale getirilmiştir. Farklı elek açıklıklarından oluşan elek dizisi sırasıyla hazırlanmış ve titreşimli elek makinesine konulmuştur. Her toz numunesi için ayrı ayrı yapılan işlemler sonucunda, her elek için elek üstünde kalan numune gram olarak ölçülüp kaydedilmiş ve bu sonuçlara göre elek analizi eğrileri oluşturulmuştur. İşletmeden alınan kaya numuneleri 'nokta yük deneyi' için laboratuvarda gerekli geometrik formda kesilmiş ve bir gün süreyle bekletilmiştir. Nokta yük deneyi için uygun şartlara getirilen ve hazırlanan numunelerin boyutları sürmeli kumpas yardımıyla not edilerek deneye başlanmıştır. Yapılan deney sonucunda kaya numunelerinin nokta yük dayanımları kaydedilmiş ve formasyonun basınç dayanımına ait değerleri okunmuştur. Kaya numunelerinin nokta yük dayanımı ortalaması 3,26 MPa olarak ölçülmüş ve formasyonun oldukça zayıf olduğu görülmüştür. Yapılan tüm uygulamaların ardından işletmeye bir takım öneriler sonuç olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bor, Elek Analizi, Nokta Yük Deneyi, Baskı Kuvveti, Basınç Dayanımı, Psi, MPa.

ABSTRACT In the aim of the study, current production activities in ETI Mining Corporates Kırka Boron Mine Works are investigated and detailed information are given about the drilling machines which are in use. Different pull down pressure values are applied to same formation and the differences are observed in drilling speed with Ingersoll DM25 and Atlas Copco DM30ii drilling machines. Taken samples are brought to Istanbul Technical University Mining Faculty Rock Mechanics Laboratory and passed some tests with the tools. Firstly, powder samples obtained as a result of the applications with different pressure forces (800 psi, 1000 psi, 1200 psi) were baked, dried and made suitable for sieve analysis. The sieve array consisting of different sieve openings was prepared respectively and placed in the vibrating sieve machine. As a result of the processes carried out separately for each powder sample, the sample remaining on the sieve for each sieve was measured in grams and sieve analysis curves were created according to these results. The rock samples taken from the plant were cut to the required geometric form in the laboratory for 'point load test 'and kept for one day. The dimensions of the samples prepared for the point load test and prepared with the help of a caliper are tested. As a result of the experiment, point load strengths of the rock samples were recorded and the values of the compressive strength of the formation were observed. The point load strength of rock samples was measured as 3,26 MPa and the formation is thought to be very weak. After all the applications, a number of suggestions are presented to the company as a result.

Keywords: Boron, Sieve Analysis, Point Load Test, Pull Down Pressure, Compressive Strength, Psi, MPa.

1. GİRİŞ

Ülkelerin kalkınması ve gelişmesi yeraltı ve yerüstü hammadde kaynaklarının doğru bir şekilde değerlendirilmesi, bilimsel ve ekonomik yöntemlerle üretilmesine bağlıdır. Sondaj teknikleri ve uygulamaları özellikle, yeraltı hammadde ve yarı mamul ürünlerinin geliştirilmesinde ve üretilmesinde temel ve önemli rol oynamaktadır. Hızla gelişen teknoloji ve artan tüketim nedeniyle, doğal kaynakların bulunması geliştirilmesi ve işletilmesi alanında hızlı bir gelişim sürecine girilmiştir. Endüstrinin ve sanayinin temel hammaddeleri ve yarı mamul ürünlerinin(kömür, petrol, doğalgaz, fosfat, trona, tuz, metalik madenler, feldspat, bor mineralleri, kil ve seramik mineralleri, çimento hammaddeleri, mermer, nadir toprak elementleri vb.) doğada sınırlı miktarlarda bulunması, tüketimlerinin fazla olması bu alanlar üzerinde çalışmayı mecbur kılmıştır. Bilinen bu kaynakların daha iyi değerlendirilmesi, yeni kaynakların ve hammaddelerin ortaya çıkarılması, sondaj teknolojisinin ve uygulamaları, üzerinde önemle durulması gereken konulardır (Ersoy, 2008).

2. ETİ MADEN İŞLETMELERİ

ETİ Maden İşletmeleri 14.06.1935 tarihinde kurulmuş olan Etibank'ın, Şantiye Teşkilatı olarak 1970 yılında faaliyete başlamıştır. İlerleyen yıllarda, 1972 yılında 'Tesis Müdürlüğü', 1978 yılında Etibank'a bağlı 'Kırka Boraks İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü', 1998 yılında Eti Holding A.Ş 'ye bağlı 'Eti Bor A.Ş. Genel Müdürlüğü' Bünyesinde 'İşletme Müdürlüğü', 2004 yılında da 'Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı 'Kırka Bor İşletme Müdürlüğü' olarak yapılandırılmıştır.

Eskişehir ilinin 70 km güneyindeki Kırka bucağının 4.5km batısında yer alan, dünyanın en büyük rezervlerinden biri olan Kırka–Sarıkaya Boraks yatağı 1950-1960 yılları arasında vatandaşlarımızın arama ruhsatı alarak yaptıkların aramalar neticesinde bulunmuştur. 1962 yılında tüm ruhsatlar Türkiye'deki boraks yataklarına sahip olan, İngiliz Boraks Consolidated Ltd.Şti.'nin eline geçmiştir. Kırka Boraks yataklarını ele geçiren 'Türk Borax' adı altındaki İngiliz Şirketinin saha devir işlemlerinde kanuni noksanlıklarının bulunmasından dolayı ruhsatları iptal edilmiş, imtiyazları düşen Boraks yataklarından üç tanesinden işletme imtiyazı 1968'den itibaren çeşitli tarihlerde Etibank'a geçmiştir.

M.T.A. tarafından 1968 yılında yapılan arama sondajlarından, Kırka Sodyum Tuzu cevherinin Kaliforniya'da bulunan Tinkal – Razorit –Kernit cevherinin benzeri olduğu tespit edilmiştir. Bu zengin yatakları işletmek üzere, gerekli proje çalışmalarına 1969 yılında başlanmış ve 1970 yılında da tesislerin kurulmasına başlanmıştır.

Şantiye teşkilatı ile 1970 yılında hazırlıklarına başlayan kuruluş 1972 yılında konsantratörün temelinin atılması ile tesis statüsüne kavuşmuş, konsantratörün devreye alınması ile 1975 yılında işletme statüsünde faaliyet göstermeye başlamıştır.

Montajına 1978 yılında başlanılan 'Boraks Pentahidrat Üretim Tesisleri'nin 5.'si 2015 yılında devreye alınmıştır (Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2018).

3. SAHA VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

3.1. Saha Çalışmaları

ETİ Maden İşletmeleri Kırka Bor İşletmesinde yapılan stajda bitirme tezi için delici makineyle birtakım uygulamalar

yapılmış, yapılmış olan uygulamaların sonucunda numuneler alınmış ve bu numuneler üzerinde İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda deneyler uygulanmış olup, bu deneyler ışığında da birtakım sonuçlar elde edilmiştir.

İşletme, üretim tesislerinin ihtiyacına göre sıklıkla günde 1 veya 2 atım, bazen de 3 atım yapmaktadır. Bu atımlar ise genellikle 5-6 delikli atımlar olmakla beraber yine ihtiyaca ve atım yapılacak alanın büyüklüğüne göre daha fazla delikli olabilmektedir.

Delici makine ile yapılan uygulamalar sonucu her baskı kuvveti adına farklı deliklerden örnek toz numunesi TS usulüne göre, konileme-dörtleme yöntemiyle 1'er kilo olacak şekilde elek analizinde kullanılmak üzere işletmenin onayı dahilinde alınmıştır.

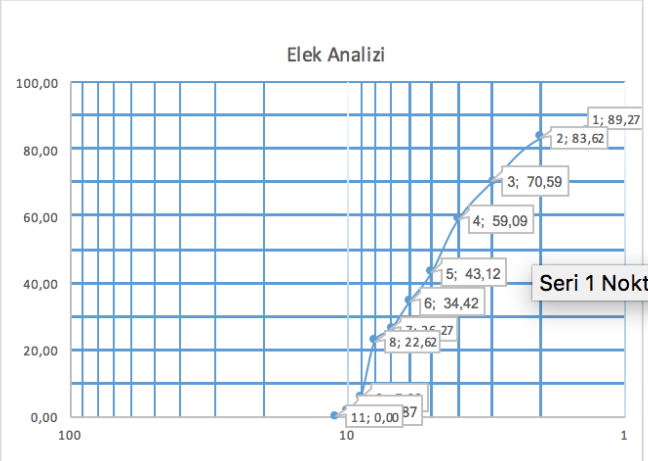
Farklı baskı kuvvetiyle açılan deliklerde yapılan patlatma sonucu kübik forma yakın şekildeki kaya numuneleri 5'er adet olacak şekilde nokta yük deneyinde kullanılmak üzere işletmenin onayı dahilinde atım bölgelerinden alınmıştır.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

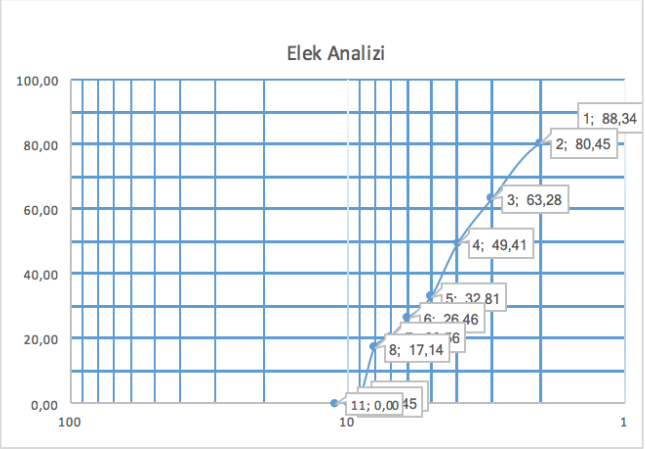
3.2.1 Elek Analizi

Yapılan saha çalışmaları sonucu elde edilen toz numuneleri İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Kaya Mekaniği Laboratuvarında bulunan araç ve gereçler ile analiz edilmiştir.

Öncelikle 3 farklı numune içerdikleri nem sebebiyle ayrı ayrı tepsilere konularak fırına verilmiş ve birkaç saatlik beklemenin ardından alınıp elek analizi deneyine hazır hale getirilmiştir. Ardından elek açıklıklarına göre elekler seçilerek üst üste konumlandırılmış ve titreşimli elek makinesine oturtulmuştur. İlk numune tartılmasının ardından el küreği yardımıyla en üstteki eleğe yavaş yavaş eklenmeye başlamıştır. Burada malzemeyi yavaş beslemekteki amaç daha iyi bir ayrışma sağlamak ve eleklerde oluşabilecek yırtılmaları önlemektir.



Şekil 3.4. 800 psi baskı kuvvetindeki pasaya ait kümülatif elek analizi eğrisi.



Şekil 3.5. 1000 psi baskı kuvvetindeki pasaya ait kümülatif elek analizi eğrisi.

3.2.2 Nokta Yük Deneyi

Yapılan saha çalışmaları sonucu elde edilen kaya numuneleri İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Kaya Mekaniği Laboratuvarı'na getirilerek burada uygun geometride kesilmiş ve 1 gün süreyle bekletilmiştir.

Nokta yük deneyi için uygun geometride kesilen numuneler bir gün bekletildikten sonra deneye hazır hale gelmiştir. Deney öncesinde sürmeli kumpas ile boyutları alınan numunelere numara da verildikten

sonra deneye başlanır. Deneyde kullanılan alet, nokta yük test aracıdır.

Nokta yük çalışması genel olarak formasyonun basınç dayanımına ait değer elde etmek için yapılmıştır. 1200 psi değeri denemelerinde alınan numuneler formasyonun görece daha zayıf ve killi olmasından dolayı, laboratuvarda numune hazırlama sırasında dağılmıştır. 800 ve 1000 psi değeri denemelerinde alınan numunelere uygulanan nokta yük deneyinden elde edilen sonuçlara göre formasyonun çok zayıf olduğu ve ortalama olarak 3,26 MPa değere sahip olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Açık ocak madenciliğinde delme işlemi yaygın kullanılan işlemlerden biri olup, delicilerin verimli kullanılması işletmelerin verimliliğinin artırılmasına yardımcı olmaktadır. Eti Maden Kırka Bor İşletmesi'nde delme işlemi 2 adet rotari delici ile yapılmakta olup, delicilerde kanatlı matkaplar kullanılmaktadır. Rotari delicilerde uygun devir sayısı ve baskı kuvveti uygulamak verimli delme işlemi için gereklidir.

Bu çalışmada Kırka Bor İşletmesi'nde bir deliciye uygulanan baskı kuvveti değerleri değiştirilerek delicinin performansındaki değişime bakılmıştır. Bu amaçla her bir baskı kuvveti değerinde; delme hızı değerleri ölçülmüş ve ardından pasa numunesi ve nokta yük numunesi alınmıştır. Baskı kuvveti değerleri olarak işletmede kullanılan değer 800 psi (55 bar) ile 1000 psi (69 bar) ve 1200 psi (83 bar) uygulanmıştır.

Yapılan çalışmanın sonucunda baskı kuvveti değeri artırıldıkça delme hızında artış olduğu belirlenmiştir. Sırasıyla 800 psi değerinde 1.08 m/dk, 1000 psi değerinde 1.54 m/dk. ve 1200 değerinde 1.73 m/dk. elde edilmiştir. Baskı kuvveti değeri arttıkça delme hızında artış olmuştur. Ancak 1200 psi değerinde nozulda tıkanma olup delme işlemi durmuş, sorun giderilmeye çalışılmıştır. 1000 psi değerinde böyle bir durum söz konusu olmamıştır. Harcanan yakıt miktarının da ölçülmesi ve buna göre optimum baskı kuvveti değerinin kullanılması için faydalı olacaktır.

Sahadan getirilen numunelere ait nokta yük deneyi değerlerine göre formasyonun çok zayıf olduğu yaklaşık 3,26 MPa dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Delme işlemi sonucunda her bir farklı baskı kuvveti değeri ile açılan deliklerden pasa numuneleri alınmış ve elek analizi yapılmıştır. Kümülatif elek üstü değerlerinden pasa irilik katsayıları hesaplanmış ve sırasıyla 800 psi baskı kuvveti değerinde 509, 1000 psi değerinde 533 ve 1200 psi değerinde 562 elde edilmiştir. Baskı kuvvetleri arttıkça tane boyut dağılımında irileşme ve daha verimli kazı olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda, Eti Maden Kırka Bor İşletmesi'nde delme işleminde formasyonun oldukça zayıf olmasından dolayı delicilerde baskı kuvveti değerinin artırılmasının delme hızına olumlu etkisi olduğu görülmüştür, ancak bu artışın tıkanmalara sebep olmayacak derecede olması önerilmektedir.

Akdağlar Madencilik Ayazağa Agregalarının Fiziksel Özellikleri ve Aşınma Dirençlerinin Analizi

Investigation of Physical Properties of Akdaglar Ayazaga Aggregates

İ. C. Alankuş, C. Erdoğan, H. Tunçdemir
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Tez çalışması kapsamında agrega madenciliği, agrega çeşitleri, agregaların özellikleri, agrega sınıflandırılması ve agreganın kullanım alanlarıyla ilgili detaylı bilgi sunulmuştur. Agregalar üzerinde uygulanan deneylerin prosedürlerinin hangi standartlarla belirlendiğine değinilmiştir. Agrega madenciliğinin önemi vurgulanmıştır. Agrega, beton ve asfalt üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırmataş gibi malzemelerin genel ismidir. Agrega betonda %60 ila %80 oranında bulunurken, asfaltta %95 oranında bulunur. Asfalt ve betonun kalitesini belirleyen unsur agregadır. Ayrıca, agrega en çok tüketilen doğal kaynaklardandır. Son dönemlerde inşaat çalışmalarının artmasıyla birlikte agrega madenciliği de oldukça önem kazanmıştır. Talebe uygun agrega teminini sağlamak için agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Özellikle deprem bölgesi olan ülkemizde, inşaat sektöründe kullanılacak agrega seçiminde dikkatli olunmalıdır.

Bu çalışma, Akdağlar Taşocağına ait agregaların fiziksel özelliklerinin analiz verilerini içermektedir. Çalışma kapsamında agrega numuneleri üzerinde Los Angeles Deneyi, Mikro-Deval Deneyi, Darbe Dayanım Testi ve Özgül Ağırlık ve Su Emme Testi uygulanmıştır. Akdağlar Ayazağa Agrega Üretim Tesisinden 2 farklı üretim bölgesinden sağlanan numuneler üzerinde İTÜ Kırmataş Laboratuvarında yukarıda belirtilen deneyler uygulanmıştır. Sonuçlar, tablo ve grafik şeklinde sunulmuştur. Bu grafikler yardımıyla Akdağlar Ayazağa agregalarının ortalama kalitesi hesaplanmıştır. Çalışmada sadece 2 üretim bölgesinden numune alındığından bulunan sonuçlar tüm ocağı temsil etmeyebilir. Ayrıca ocak fiziksel olarak değiştiğinden, her 6 ayda bir benzer testlerin tekrar edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: agrega, fiziksel özellikler, agrega aşınma deneyleri

ABSTRACT In this study, detailed information about aggregate mining, aggregate types, physical and mechanical properties of aggregates, aggregate classification and usage areas of aggregate is given. Test standards for the classification of aggregate have been introduced. The importance of aggregate mining is underlined. Aggregate is the general term of materials such as sand, gravel and crushed stone that is used in the production of concrete and asphalt. Aggregate is found in 60-80% of the concrete and 95% in asphalt. The determinant of the quality of asphalt and concrete is aggregate. Also aggregate is one of the most consumed natural source. Recently, with the increase of construction works, aggregate mining has gained importance. In order to provide aggregate that is suitable for demand, it is important to know physical and mechanical properties of aggregate. Especially in seismically active areas such as Turkey, it is vital to be careful while choosing aggregate that is going to used in construction works.

This study includes analysis of physical properties of aggregates belongs to Akdaglar Quarry. Los Angeles Test, Micro-Deval Test, Impact Value Determination Test and Density Test applied to the aggregate. The samples are taken from 2 different location in Akdaglar Ayagaza Aggregate Quarry, experiments were carried out in ITU Labs. The results are analyzed and tables and graphics are created. According to these graphics and tables, the average quality of Akdaglar Ayazaga aggregates was calculated. The results may not represent the entire quarry since samples were taken from 2 production site. Also, similiar tests should be repeated due to physical changes occuring at the quarry.

1 GİRİŞ

Agrega, beton ve asfalt üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırma taş gibi malzemelerin genel ismidir. Agrega, betonda %60-80 oranında bulunurken, asfaltta %95 oranında bulunur [1]. Asfalt ve betonun kalitesini belirleyen unsur agregadır. Agrega üretimi genellikle açık işletmecilikle sağlanmaktadır. İnşaat işlemlerinin hepsinde kullanılan agreganın talebe uygun şartları sağlaması oldukça önemlidir. Agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla agregalar üzerinde deneyler uygulanmaktadır. Çalışma kapsamında üzerinde durulacak deneyler, Los Angeles, Mikro-Deval, Darbe Dayanım ve Özgül Ağırlık Deneyleridir.

2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Agrega Sınıflandırılması

Agrega elde ediliş şekline göre doğal ya da yapay olarak sınıflandırılırken, tane boyutuna göre kabaca ince agrega, iri agrega ve taş unu olarak üçe ayrılmaktadır. Detaylı sınıflandırılması aşağıdaki gibidir:

- Doğal Agrega: Teras, buzul, akarsu yatağı ve deniz agregaları olarak dörde ayrılmaktadır.
- Yapay Agrega: Sanayi ürünü agrega olarak bilinir.
- İri Agrega: 4 mm açıklığa sahip eleğin üzerinde kalan agregadır.
- Çakıl: Mıcır olarak da adlandırılır. Kırılmış agregalardır.
- Kırma Taş: Kırılmış tanelerden meydana gelen iri agregadır.
- Kum: Kuvars, feldspat taneleri, kayaç artıkları, mika ve glokoni minerallerinin karışımından meydana gelir.
- Kırma Kum: Kırılmış tanelerden oluşan ince agregadır.
- Tüvenan Agrega: Ocaktan veya kırıcıdan direkt olarak elde edilen karışık agregadır.
- Karışık Agrega: İnce ve iri agregalardan oluşur.
- Hazır Karışık Agrega: Beton yapımı esnasında iri ve ince agreganın belli bir tane dağılımı oluşturacak şekilde birbirine karıştırılmasıyla oluşan agrega çeşididir.

2.2 İdeal Agrega Standartları

Agregalar, TS 706 Standartlarına uygun olmalıdır[2]. Bu standart kapsamında agregaların tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, granülometrik bileşimi, dona dayanıklılığı ve zararlı madde içeriklerinin olması gereken değerleri belirlenmiştir. Agregaların olabildiği kadar küresel ve kübik olması önemlidir. Ayrıca agregalar su etkisiyle yumuşamamalı ve dağılmamalıdır. Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'ten büyükse bu tarz tanelere şekilce kusurlu taneler denmektedir.

2.3 Agreganın Kullanım Alanları

Agrega, çimento ve su ile birlikte betonu oluşturan ana malzemelerdendir. Yaygın kullanım alanı bulan agrega, temel olarak beton yapımında kullanılmaktadır. Beton üretimi dışında kullanım alanları ise otoyol, tünel, köprü, metro, liman ve iskele yapımlarıdır. Ayrıca, altyapı hizmetlerinde ve tüm inşaat çalışmalarında da kullanılmaktadır.

3 CENDERE BÖLGESİ JEOLOJİSİ

Bu tez kapsamında yapılan deneylerde kullanılan agregalar Cendere Bölgesinde bulunan Akdağlar Madencilik' e ait taşocağından temin edilmiştir. İstanbul Paleozoyik arazisinin üst birimini oluşturan ve ağırlıkla İstanbul Boğazı'nın batı yakasında yer alan Trakya formasyonu genellikle kumtaşı, grovak, silttaşı, kiltaşı ve şeylllerden oluşmaktadır [3]. İstanbul Paleozoik istifinde çeşitli klastik kayaç topluluğundan oluşan kırılma ve kayma yüzleriyle parçalanmış, ezilmiş ve dilimlenmiş olduğu ortaya konmuştur. Trakya formasyonunda kumtaşlarında 50-100 cm'yi bulan tabaka kalınlığı çeşitli tortul kayaç tabaka kalınlıkları genellikle 5 cm ile 50 cm arasındadır. Ayrıca, bu tortul kayaç istifi içerisinde andezit ve diyabaz sokulumları mevcuttur.

Şekil 1: Akdağlar Madencilik' e ait taş ocağının uydu görüntüsü

4 LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Laboratuvar çalışmaları kapsamında Akdağlara Madencilik' e ait taşocağından elde edilen agregalar üzerinde Los Angeles Testi, Mikro-Deval Testi, Darbe Dayanım Testi ve Özgül Ağırlık ve Su Emme Deneyleri uygulanmış, fiziksel özellikleri ve aşınma dirençleri hesaplanmıştır.

4.1 Yapılan Deneylerin Tanıtılması

Bu bölümde agregaların fiziksel özelliklerinin tespiti amacıyla uygulanan deneyler anlatılmıştır. Bu deneyler açıklanırken Türk Standartları ve İngiliz Standartları kullanılmıştır.

4.1.1 Los Angeles Deneyi

BS EN 1097 -2 Standardına göre Los Angeles deneyi, iri agregaların parçalanma direncinin tespitinde kullanılmaktadır[4]. Deney özetle numunenin ve demir bilyelerin tambura ilave edilmesi ve bu tamburun dönme hareketi yapması sonucuyla agreganın aşınması prensibine dayanmaktadır. Aşındırıcı etki bilyeler tarafından sağlanmaktadır.

4.1.2 Mikro-Deval Deneyi

Deney standartları BS EN 1097-1 Standartlarında belirtilmiştir[5]. Mikro Deval Deneyi, 1800'lü yılların sonlarına doğru geliştirilmiştir. Los Angeles deneylerinin yeterli sonuç vermediğini tespit eden bazı araştırmacılar, Mikro Deval deneyinin saha ile daha iyi uyum gösterdiğini keşfettiler. Mikro Deval deneyinde amaç, yollarda kullanılacak agregaların belirlenmesidir. Deney kuru ya da yaş olarak uygulanabilmektedir. Los Angeles deneyinden farklı olarak üç adet tambur kullanılır, bilye boyutları daha küçüktür ve bilye sayısı daha fazladır. Fakat prensip olarak Los Angeles deneyiyle benzerlik göstermektedir, tamburun dönmesiyle bilyelerin sebep olduğu aşındırıcı etkiye direnç hesaplanmaktadır.

4.1.3 Darbe Dayanım Deneyi

BS 812-112 standardına göre darbe dayanımı deneyi, agreganın ani şok ya da darbe altında gösterdiği direncin hesabında kullanılmaktadır[6]. Agreganın kullanım alanının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konudur. Deney kabaca, agreganın darbeye karşı mukavemetinin tespiti amacıyla, metal bir haznenin içerisine yerleştirilen agreganın üzerine belirli bir ağırlığın belirli bir yükseklikten bırakılması işlemidir.

4.1.4 Özgül Ağırlık Deneyi

BS 812-2 standardına göre özgül ağırlık deneyi, agreganın birim hacimdeki ağırlığının tespiti için kullanılmaktadır[7]. Agreganın birim hacimdeki ağırlığının bilinmesi, betonun kullanım alanının tespitini sağladığından oldukça önemlidir. 10 mm'den büyük agregalar için kafes örgülü sepet yöntemi kullanılmaktadır.

4.2 Deney Verileri

Akdağlar Madencilik' e ait taşocağından sağlanan agregalar üzerinde, agregaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneyler uygulanmıştır. 2 farklı üretim bölgesinden alınan numuneler üzerinde toplamda 6 Los Angeles, 2 kuru ve 2 yaş olmak üzere 4 Mikro-Deval, 6 darbe dayanım ve 2 özgül ağırlık ve su emme deneyi uygulanmıştır.

Los Angeles deneyi kapsamında tespit edilen ortalama aşınma kaybı %14,35'tir. Bu değer, TS 706 EN 12620 standartlarına göre belirlenen limit %30'un altında olduğundan, agrega beton agregası ve asfalt olarak kullanıma uygundur.

Mikro-Deval deneyi kapsamında kuru ve yaş olmak üzere iki deney yapılmıştır. Kuru deney sonucu aşınma kaybı ortalama %3.08 bulunurken, yaş Mikro-Deval deneyinde aşınma kaybı ortalama %24,89 bulunmuştur.

Darbe dayanım testi kapsamında ortalama darbe dayanım indeksi %4,86 olarak hesaplanmıştır. Bu değer sınır değer olan 10'dan küçük olduğu için agreganın darbe dayanımı çok yüksektir. Bu tarz agregalar bazı özel durumlarda tercih edilir. Örnek olarak çivili lastiklerin kullanıldığı bölgeler verilebilir.

Özgül ağırlık ve su emme deneyi sonucu bulunan ortalama net özgül ağırlık 1,765 g/cm3, ortalama su emme oranı ise %0,93'tür.

Akdağlar taşocağı agregaları ile ilgili daha kesin sonuçlara ulaşmak için ocağın genelinden numune alınmalı ve daha fazla deney yapılmalıdır. Çalışmada sadece 2 üretim bölgesinden numune alındığından bulunan sonuçlar tüm ocağı temsil etmeyebilir. Ayrıca ocak fiziksel olarak değiştiğinden, her 6 ayda bir benzer testlerin tekrar edilmesi gerekmektedir.

5 SONUÇ

Numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu agreganın aşınma dirençleri ve fiziksel özellikleri hesaplanmıştır. Ancak ocaktaki agreganın kalitesiyle ilgili daha kapsamlı bilgiye ulaşabilmek adına, ocağın genelinden numuneler alınmalı ve bu numuneler üzerinde deneyler yapılmalıdır. Ayrıca, deneyler 6 ayda bir tekrarlanmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bitirme tezimin hazırlanması sürecinde bilgilerini ve deneyimlerini paylaşan sayın hocam Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR' e, öğrenim hayatım boyunca her türlü konuda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Araş. Gör. Özge AKYILDIZ' a, laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan Araş. Gör. Cemalettin ERDOĞAN' a; tez çalışmam boyunca sağladıkları yardımlardan dolayı başta Sn. Saner TAMBOVA olmak üzere tüm AKDAĞLAR MADENCİLİK çalışanlarına; ayrıca bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

[1] Kahraman, S., Günaydın, O. ve Fener, M., 2009. "Agrega (Beton, Asfalt), Çimento Hammaddeleri Madenciliği", 5. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.

[2] Ts 706 En 12620, 2003. "Beton Agregaları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[3] Ketin, İ., Güner, G., 1988. İstanbul Bölgesi'nde karbonifer yaşlı Trakya formasyonunun yapısal özelliği, Erguvanlı Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, İstanbul, 29-30 Eylül, Sf. 13-17.

[4] BS EN 1097-2, 2010. "Test for Mechanical and Physical Properties of Aggregates, Part 2: Methods for Determination of Resistance to Fragmentation", London.

[5] BS EN 1097-1, 2011. "Test for Mechanical and Physical Properties of Aggregates, Part 1: Determination of the Resistance to Wear", London.

[6] BS EN 812-112, 1990. "Methods for Determination of Aggregate Impact Value", London.

[7] BS EN 812-2, 1995. "Methods of Determination of Density", London.

Bazı Doğal Taşların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Investigation of Physical and Mechanical Properties of Some Natural Stones

S. D. İğcioğlu, C. Erdoğan, H. Tunçdemir
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Doğal taşlar yüzyıllardır yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanlarının çoğalması, doğal taş üretiminin artmasına ve teknolojisinin gelişmesine önayak olmuştur. Günümüzde, doğal taşlar kolayca ve ekonomik olarak istenilen şekilde işlenmektedir ve bu da yeni kullanım alanları yaratmaktadır. Doğal taşların herhangi bir alanda kullanılmadan önce özelliklerinin belirlenmesi gerekir.

Bu çalışma bazı doğal taşların fiziksel ve mekanik özelliklerinin test sonuçlarını içermektedir. Bu özellikleri belirlemek için 7 farklı doğal taşa "Su Emme, Sonik Hız, Yoğunluk Hesabı, Dolaylı Çekme Dayanımı, Nokta Yükü Dayanım Indeksi, Tek Eksenli Basma Dayanımı, Tek Eksenli Deformabilite, Shore Sertliği ve Schmidt Deneyleri" uygulanmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Bu deneylerde Aksaray Yaylak ve Ankara Füme Graniti ile Ekvator, Snow White, Dark Olive, Myra Beige ve Prince Beige Mermer numuneleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: doğal taşlar, fiziksel özellikler, mekanik özellikler

ABSTRACT Natural stones have been used as building materials for centuries. The augmentation of usage areas has led to an increase in natural stone production and the development of technology. Nowadays, natural stones are dimensioned easily and economically with respect to usage areas newly created. The properties of natural stones should be determined before being used in any area.

This study includes physical and mechanical properties of some natural stones. To determine the Water Absorbtion, Ultrasonic Velocity, Determining Density, Brazilian (İndirect) Tensile Strength, Point Load Compressive Strength, Uniaxial Compressive Strength, Determination of Static elastic Modulus, Shore hardness value and Schmidth rebound hardness tests applied to 7 different marble stones and necessary data were analyzed. In these experiments Ecuador Marble, Snow White marble, Aksaray Yaylak granite, Ankara Smoked granite, Dark Olive marble, Myra Beige marble and Prince Beige marble samples were used.

Keywords: natural stones, physical properties, mechanical properties

1 GİRİŞ

Doğal taşlar tarih boyunca güzelliği, rengi, dayanıklılığı ve deseni nedeniyle yapılarda ve sanatta kullanılmıştır. Birçok uygarlığa ev sahipliği yapan Anadolu'nun mermer kültür zenginliğinin en önemli yönlerinden biri de Batı Anadolu'dan başlayarak dünyaya yayılmasıdır. Yapılan antik kazılardan elde edilen verilere göre Anadolu'da 2000 yıldan fazla doğal taş işletmeciliğinin varlığı olduğu bilinmektedir.

Günümüzde ise inşaat sektöründe, heykelcilikte ve mezar taşı yapımında yoğun şekilde kullanılmaktadır. Doğal taşlara artan talebe paralel olarak sağladığı istihdam, oluşturduğu katma değer ve kazandırdığı milyar dolarlık ihracat geliriyle madencilik sektörünün öncüsü olmuştur.

Doğal taşların çeşitli alanlarda kullanılabilmesi için dayanım ve yıpranma özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bu çalışmada 7 ayrı doğal taşın bahsi geçen özellikleri Su Emme, Sonik Hız, Yoğunluk Hesabı, Dolaylı Çekme Dayanımı, Nokta Yükü Dayanım Indeksi, Tek Eksenli Basma Dayanımı, Tek Eksenli Deformabilite, Shore

Sertliği ve Schmidt Deneyleri kapsamında belirlenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir

2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Doğal Taşın Tanımı

Doğal taşları bilimsel ve endüstriyel olmak üzere iki şekilde tanımlanır. Bilimsel tanımı; kalsit ($CaCO_3$) veya dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) kristallerinden oluşan karbonatlı kayaçların belirli sıcaklık ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucunda oluşan metamorfik kayaçlardır. Endüstriyel tanımı; ekonomik olarak endüstriyel alanda blok olarak kesilip çıkarılabilen, istenilen boyutlarda kesilip, ihtiyaca göre (dekoratif vs.) cilalanıp parlatılabilen, ticari bir değere sahip her türlü kayaçtır.

2.2 Doğal taşların oluşum şekillerine göre sınıflandırılması

Kayaçlar; magmatik, metamorfik ve sedimanter olmak üzere üç grup altında incelenir.

2.2.1 Magmatik kayaçlar

Yerkabuğunun derinliklerinde bulunan ve sıcaklığı 600-1300 arasında değişen, uçucu bileşenler bakımından doygun bir silikat çözeltisi olan magmanın basınç ve sıcaklığının giderek azalması ile katılaşması (kristalleşmesi) sonucu magmatik kayaçlar oluşmaktadır [2] .

Bu çalışmada granit kayaçları kullanılmıştır. Granitler birleşimlerinde, kuvars, plajioklaz, ortoklaz ve mafik mineraller içeren plütonik kayaç gruplarıdır. Granitler, kimyasal birleşimlerine göre gri beyazdan başlayarak, gri, gri-yeşil, kahve-kırmızı tonlarına kadar farklı renklere sahiptir. Granitler ayrıca asitlere karşı da dayanıklıdırlar.

2.2.2 Metamorfik kayaçlar

Çeşitli kayaçların farklı basınç ve sıcaklık şartlarına sahip olan bir ortamda kararlı kalamayıp yeni ortam şartlarına uyum sağlamak üzere başkalaşım gösterirler. Kayaçları oluşturan mineraller yeni ortamda kararlı kalabilecek minerallere dönüşürler. Bu değişikliklere metamorfizma ve bu şekilde oluşan kayaçlara metamorfik kayaçlar denir [2].

Bu çalışmada mermer kayaçları kullanılmıştır. Mermerler, kalker ($CaCO_3$) ve dolomitik kalkerlerin ($CaMg(CO_3)_2$) ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucunda yeni bir yapı kazanmalarıyla oluşan taşlardır. Mermerler mikroskop altında incelendiğinde, birbirine iyice kenetlenmiş kalsit kristallerinden oluştuğu görülür. Geçirdiği metamorfizma şekline göre kristallerin tane çapları küçüldükçe dayanıklılığı artar.

2.2.3 Sedimanter Kayaçlar

Yerkabuğunu meydana getiren her türlü kayacın yüzeysel şartlar altında fiziksel veya kimyasal ayrışmaya uğraması ve ayrışma ürünlerinin çökelme ortamlarında birikmesi sonucu sedimanlar oluşur. Taneleri birbiri ile bağlantılı olmayan, gevşek durumdaki bu malzemenin değişik süreçlerle sıkılaşması, pekişmesi, çimentolanarak birbiri ile bağlantılı hale geçmesi ile sedimanter kayaçlar oluşur.

Bu çalışmada kireç taşları kullanılmıştır. Kireç taşları sağlamlık kullanımdaki uygunluk ve renk nedeni ile dünya ticaretinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kireç taşları çok saf olduklarından bileşimlerinde %56 CaO, %44 CO_2 bulunur. Yapılarında %10 'dan fazla $MgCO_3$ bulunan kireç taşlarına (kalkerlere) "dolomitik kalker", %40-50 civarında $MgCO_3$ olan kireç taşlarına ise "dolomit" adı verilmektedir [4].

3 DOĞAL TAŞLARIN UYGULAMA ALANLARINA GÖRE SEÇİMİ

Mimar ve mühendisler binalarda kullanacakları doğal taşın yapısını iyi bilmeleri, uygulama alanlarını bu özelliklere göre seçmeleri gerekmektedir. Bu sayede uygulama esnasında oluşacak hatalar ortadan kalkar, maliyet ve israf en aza indirilir. Aşağıda doğal taşların, uygulama alanlarına uygun olarak seçilmesinde etkili parametreler verilmiştir [1].

Kütlece ve hacimce su emme, doğal taşların sahip oldukları boşlukların suya maruz kaldıkları durumlarda ne derece su emdiklerinin belirlenmesinde kullanılan parametredir [6]. Isı değişiminin (donma-çözünme) çok olduğu bölgelerde su emme oranı düşük doğal taşlar seçilmelidir.

Porozite, doğal taşı oluşturan tanelerin meydana getirdikleri boşluklardır. Tanelerin boyutları iri ve birbirinden farklı olan doğal taşların poroziteleri fazladır. İnce ve aynı tane boyutlu doğal taşların poroziteleri azdır. Doğal taşın porozite büyüklüğü ekonomik olmasıyla ters orantılıdır çünkü dayanıklılığı porozitenin artmasıyla azalmaktadır. Nem oranı düşük ve sıcak bölgelerde sürekli güneşe maruz kalan cephelerde porozitesi yüksek doğal taşlar kullanılmalıdır. Islak zeminlerde (hamam, banyo vb.) bakteri oluşumuna engel olmak için düşük poroziteli doğal taşlar tercih edilir.

Sertlik, doğal taşların darbelere karşı gösterdikleri dirençtir. Sert mermerlerin üretilmesi ve işlenmesi zordur. Bu özelliğine rağmen kolay yıpranmadığı için çok tercih edilir. Binaların dış cephe kaplamasında yer döşemelerinde ve kapı eşiklerinde kullanılır [4].

4 LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada Türkiye'nin çeşitli yerlerinden elde edilmiş 7 doğal taş numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmak için su emme (SU), sonik hız (SH), birim hacim ağırlık (BHA), dolaylı çekme dayanımı (DÇD), tek eksenli bire bir basma dayanımı (TEBD), Tek eksenli ikiye bir deformabilite (TED), Shore sertliği (SS) ve Schmidt çekici sertliği (SÇ) deneyleri yapılmıştır. Ekvator (E), Snow White (SW), Aksaray (AK), Ankara (AN), Dark Olive (DO), Myra Beige (MB), Prince Beige (PB) numuneleri kullanılmıştır.

4.1 Deney Verileri

Bu bölümde deneylerden elde edilen verilerin analizleri verilmiştir. Sonik Hız deneyi sonucunda elde edilen P ve S hızları (Vp,Vs) Dinamik Elastisite Modülü (DEM), Dinamik Poisson Oranı (DPO) ve Makaslama Modülü (MM) verileri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1: Sonik hız deneyi verileri.

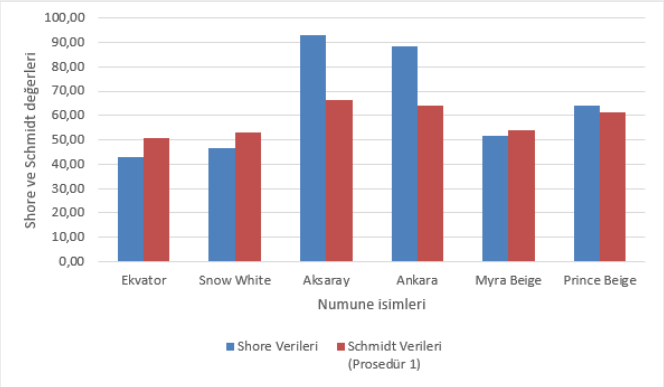
Numune Adı	Vp (m/s)	Vs (m/s)	DEM (GPa)	DPO	MM (GPa)
E	3851,84	2463,46	38,21	0,15	0,01662
SW	3261,48	2023,02	25,51	0,16	0,01100
AK	3447,52	1986,20	25,66	0,23	0,01060
AN	3554,49	2145,74	30,42	0,21	0,01260
DO	3075,87	1806,69	23,49	0,23	0,00965
MB	2447,97	1516,79	14,70	0,18	0,00618
PB	3700,31	2171,21	31,78	0,24	0,01293

Schmidt çekici deneyinde 3 farklı deney prosedürü vardır. Prosedür 1'de 20 farklı noktadan adet geri sıçrama değeri alınır. Bu değerlerin en büyük 10 tanesinin aritmetik ortalaması alınır. Prosedür 2'de 3 farklı noktadan 10 adet geri sıçrama değeri alınır. Bu 3 testin kendi içlerindeki en büyük 5 değerin ortalaması alınıp daha sonra bu 3 değerin ortalaması alınır. Prosedür 3'de 3 farklı noktadan 5 adet geri sıçrama değeri alınır. Bu 3 testin kendi içlerindeki en büyük değerlerin ortalaması alınır. Schmidt geri sıçrama değerleri (SGSD) prosedür 1 (P1), prosedür 2 (P2), prosedür 3 (P3) ve ortalamaları (Ort) Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2: Schmidt çekici geri sıçrama değerleri.

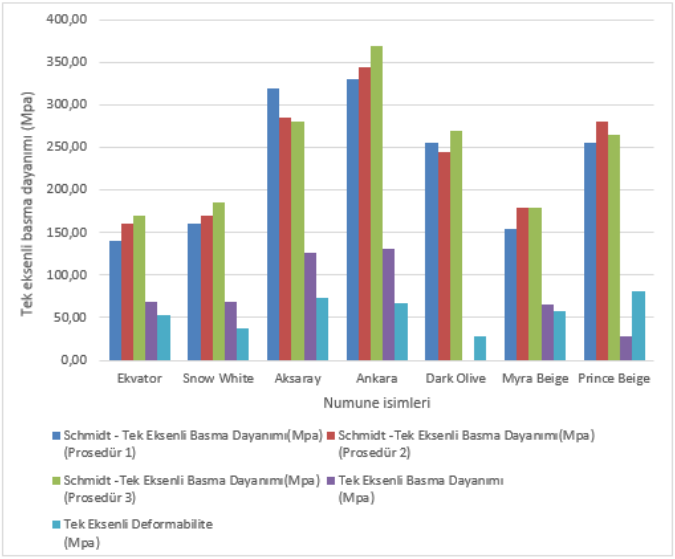
Numune Adı	SGSD P1	SGSD P2	SGSD P3	Ort
E	50,60	51,93	51,00	51,18
SW	52,90	53,87	55,33	54,03
AK	66,30	64,80	65,67	65,59
AN	64,00	66,07	68,00	66,02
DO	61,20	59,87	62,67	61,25
MB	54,00	56,93	55,67	55,53
PB	61,50	61,53	62,67	61,90

Schmidt geri sıçrama değerleriyle (SGSD), Shore sertliği (SS) değerlerinin karşılaştırılması Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Schmidt çekici deneyiyle Shore çekici deneyinin karşılaştırılması.

Tek eksenli bire bir basma dayanımı (TEBD), tek eksenli ikiye bir deformabilite (TED), Schmidt geri sıçrama Prosedür 1,2 ve 3 tek eksenli basma dayanımı verilerinin (S-TEBD) karşılaştırılması verilerinin karşılaştırılması Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Tek eksenli basma dayanımı, tek eksenli deformabilite ve Schmidt deneyi tek eksenli basma dayanımı verilerinin karşılaştırılması.

Yapılan bütün deneylerden elde edilen verilerin sonuçları Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 1: Deney sonuçlarında elde edilen veriler.

	Numune Adı						
Deneyler	E	SW	AK	AN	DO	MB	PB
SE (%)	0,24	0,21	0,06	0,12	0,36	0,43	0,20
SH (GPa)	38,21	25,21	25,66	30,42	23,49	14,70	31,78
BHA (g/cm^3)	2,66	2,64	2,62	2,72	2,64	2,63	2,65
DÇD (MPa)	4,21	3,85	6,49	6,73	5,14	4,77	7,56
TEBD (MPa)	67,93	68,09	125,52	130,38	-	65,71	28,19
TED (MPa)	52,49	37,41	73,30	67,67	28,58	57,39	81,66
SS	42,83	46,83	92,87	88,57	-	51,77	64,03
SÇ	51,18	54,03	65,59	66,02	61,25	55,53	61,9

5 SONUÇLAR

Yapılan deneyler sonucunda test edilen doğal taşların su emme değerleri % 0,06 ile 0,43, dinamik elastisite modülü değerleri 14,70 ile 38,21 GPa, birim hacim ağırlıkları 2,62 ile 2,72 g/cm^3, dolaylı çekme dayanımları 3,85 ile 7,56 MPa, tek eksenli basınç dayanımları 28,19 ile 130,38 MPa, tek eksenli deformabiliteleri 28,58 ile 81,66 MPa, Shore sertliği 42,83 ile 92,87, Schmidt çekici geri sıçrama değerleri 51,18 ile 66,02 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini ve bu doğal taşların nerelerde kullanabileceği TS 11137, TS 6234 ve TS 10834 standartlarına başvurularak bilgi sahibi olunmasını sağlar.

TEŞEKKÜR

İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği bünyesinde gerçekleştirmiş olduğum lisans tez çalışmam sırasında, tezin danışmanlığını yürüten Sn. Doç. Dr. Hakan Tunçdemir'e ve bilgi, tecrübe, destekleri ile tezimin sonuçlanmasında yardımları olan hocam Araş. Gör. Cemalettin Erdoğan'a teşekkürlerimi sunarım. Son olarak benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

[1] Bayram O., «Bazı Doğal Taşların Dokusal Özellikleri ile Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması,» İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

[2] Onargan T., Köse H., Deliormanlı H., Mermer, Ankara: T.M.M.O.B. Maden Mühendisleri Odası, 2009.

[3] Karpuz C., Hindistan M. A., Kaya Mekaniği İlkeleri ve Uygulamaları, Ankara: T.M.M.O.B. Maden Mühensileri Odası, 2008.

[4] S. Güneri, «Doğal Taşların Teknik Özelliklerine Göre Kullanım Alanlarının ve Uygulama Parametrelerinin Belirlenmesi,» Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2009.

[5] Ulusoy R., Gökçeoğlu C., Binal A., Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, Ankara: T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 2001.

Evaluation of quarry blast design by jksimblast software in Akdağlar Mining Inc.

Akdağlar Madencilik Bünyesinde Yapılan Delme ve Patlatma İşlerinin tasarımı

W. Mukhles, Ö. Akyıldız, T. Hüdaverdi

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul

ABSTRACT : In this study, drilling and blasting operations in Akdaglar Mining were determined and design parameters were depicted by jksimblast software. info regarding the machines and instrument utilized in the drilling method, the price calculations and three totally different work-time analyses associated with drilling operations had given . The equipment's and materials utilized in the blasting operation within the mine area unit introduced, and their usage patterns area unit explained by visual information. Schematic diagrams of those blasts were drawn, the quantity of explosive per hole and also the contents of the explosives per hole were calculated. The scaled pictures taken from the muck pile were analyzed within the WipFrag program. and in depth value calculation was created for every of the three determined blasts. Blast style parameters were calculated and compared to Olofsson's theoretical approach.At the end jksimblast software is used to design the above paramters.

Keywords:Drilling, blasting, fragmentation

ÖZET Bu çalışmada Akdağlar Madencilik bünyesinde yapılan delme ve patlatma işlemleri gözlemlenmiş ve tasarım parametrelere incelenmiştir . Kazı operasyonunun aşamaları, delme işleminde kullanılan makine ve ekipmanlar hakkında bilgi verilmiş ve maliyet hesabı yapılmıştır. Delme operasyonuna ait üç 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 3 farklı patlatmanın her biri için maliyet hesabı yapılmış, her biri için patlatma parametreleri hesaplanmış ve bunlar Olofsson'un teorik hesaplamaları ile karşılaştırılmıştı.Son kısmın da tasrım parameterlerini göz önünde bulundarak jksimblast üzerinde tasarım yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Delme, patlatma, parçalanma

1 INTRODUCTION

Drilling and blasting in mines is directly relevant to the effectiveness of production. In the case of finite resources, it is essential to choose and execute the most appropriate drilling and blasting parameters to determine these resources in a way that spans capital costs and fulfills production expectations. Therefore to fulfill the desire of inverters we use a banch of softwares to determine the parameters effectively and lower the intial costs.These processes affect the sustainability of the following stages in mine production economically. Open pit mine owned by Akdaglar Mining is located at Cendere street. At this location there is also a crushing facility handling production of the aggregate. It is later on will be used in concrete and asphalt facilities in order to provide the country's needs withe the 85 years of involvment . Coordinates of the quarry is , 41°07'54.5"N 28°58'01.5"E. Figure 1shows the location of the quarry by satellite image.

The Cendere region, which was discovered as part of the scope of the thesis is predominantly on the western side of the Bosporus of Istanbul .The Carboniferous Old Thrace Formation of t he upper part of the Paleozoic area of Istanbul generally consists of Cretaceous rock, graywac ke,siltstone, clay, and shale.

This formation of different clastic rock assemb lages has been shown to be fragmented, crushe d and sliced by multi directional fractures and slip surfaces (Ketin, İ. and Güner, G., 1988).

Figure 1: Location of the quarry by satellite image.

2 DRILLING OPERATIONS

Fukurawa HCR 1200-EDII is used in the quarry. The rod has 89 mm diameter and its length is 3.5 meter. At four different blasts, drilling efficiency and drilling performance were measured.The average total drilling time in 10.5 meters depth for 1st, 2nd and 3rd is 9.2 minutes. The average use of the drilling machine is 55.68 percent.The average rod drilling duration is 1.76 minutes for 1st, 2nd and 3rd drilling, while the a verage rod drilling duration is up to 5.27 minutes for number 4th drilling.

The 1st, 2nd and 3rd drilling stage percentage di stribution is 5% rod mounting, 18% rod removal , 20% switching, and 57% rod drilling. The aver age length of the drill is 68.48 meters per hour.

3 BLASTING OPERATIONS

3.1 Explosive Properties

Nobelex 6000 is an explosive material that is sensitive to caps, water-resistant packaged emulsion. It provides a high thrust over the rock structure after the explosion with high gas volume exposed. Powermite is an explosive emulsion primer that generate s the energy needed for blasting agent activati on. ANFONIT is explosive manufacturer NitroMak's brand name.

ANFONIT is vulnerable against water so it's used in dry holes. Spesifications of explosives used in the quarry are given in the Table 1 below.

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

Specifications	ANFONIT	NOBELEX 6000	POWER MITE
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

Figure 2 shows the design and initiation pattern of the measured Blast 1.

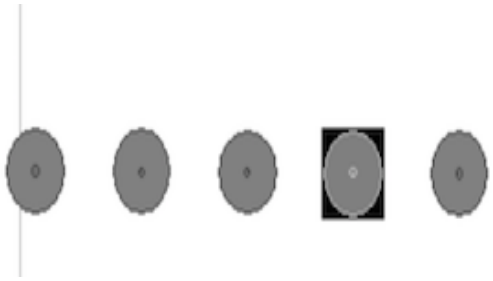


Figure 2: Initiation pattern of Blast 1.

The total detonation time for Blast 1 is 270 ms a nd 6 blastholes, the instant explosive charge is 2 decks.ANFO's total weight is 240 kg, and Power mite has total weight of 7.5 kg. All blast design parameters were investigated in the colliery. In Table 2, measured parameters of blast design compared to the blast design of Olofsson.

Table 2: Comparison of calculated and actual blast design parameters (Olofsson, S.O., 1988).

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

First step of fragmentation analysis is the determination of muck pile sampling locations.Two plates were placed on muckpile as scale. Then, images were analyzed by WipFrag software.

Figure 2: A Scaled image from Blast 1.

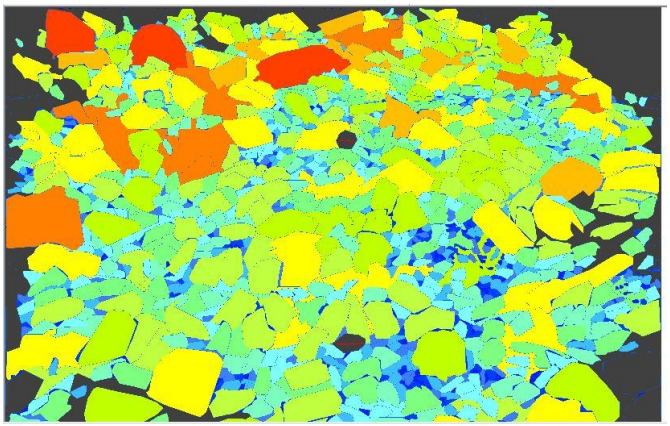


Figure 3: Measurement of particle size by WipFrag software.

There were 3184 particles counted by WipFrag software. The mean size of the particle (d50) i s 33,979 cm.

Index of uniformity (n), which gives curve slo pe, is 1.830. 70.45% Of the particles are below 45 cm. Typical size (Xc) is 41,800 cm (Figure4).

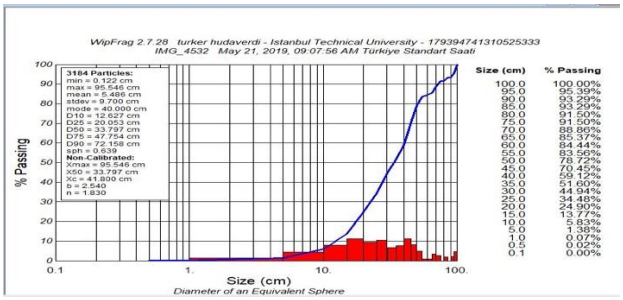


Figure 4: Size distribution curve for Blast 1.

4 JkSimBlast Software

KSimBlast covers the design, editing, simulation, analysis and management of blasting in mining and related operations. The main modules are 2DBench, 2DRing and 2DFace. These are graphical software programs for the design and editing of blasts: 2DBench applies to bench blasting in surface mines; 2DRing applies to underground ring blasting; and 2DFace applies to underground tunneling and development (Figure 5, 6, and 7).

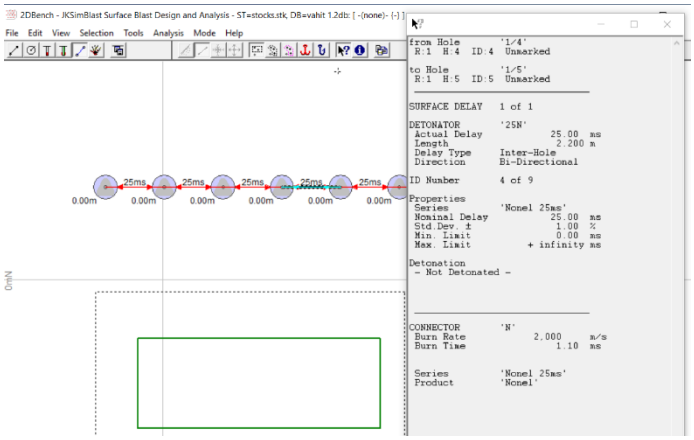


Figure 5: Blast hole design with detonators

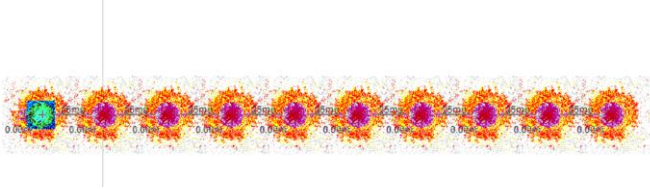


Figure 6: Blast hole design with delays and ignition of blasting

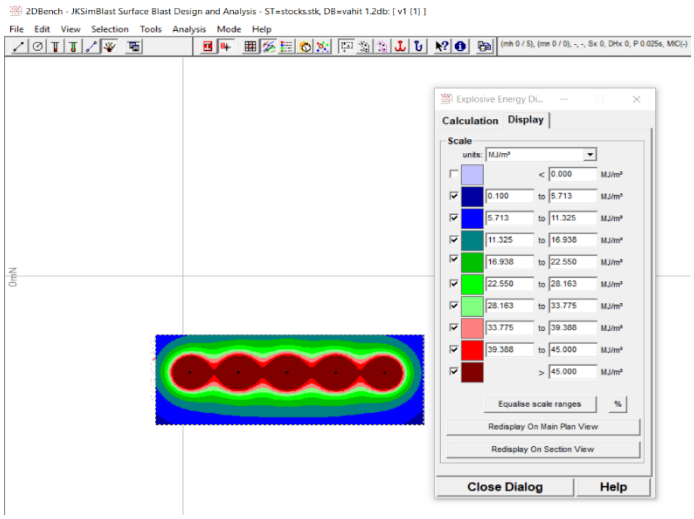


Figure 7: Energy disturbution of blast holes

5 CONCLUSION

This study examines the drilling and blasting activities in Akdaglar Mining. Drilling machine performance was observed for 4 blasts.The average drilling time for blastholes of 10.5 meters is 9.2 and the average drilling time for blastholes of 7 meters is 5.27 minutes.Total drilling cost per blasthole was found to be 25.4 TL.The unit cost of drilling per one cubic meter is 0.33 TL/m^3. The calculated total cost of Blast 1 per hole for drilling and blasting is 187.05 TL. The calculated total cost of Blast 2 per hole for drilling and blasting is 320.23 TL.

The calculated total cost of Blast 3 per hole for drilling and blasting is 317.88 TL. There is a delay of 30 milliseconds between rows. Blasting theoretical parameters were calculated using the blast design approach of the Olofsson.For Blast 1, the calculated and measured specific charge and specific drilling values differ almost 5.5 6 percent. For Blast 2, the calculated and measured specific load and specific drilling values differ almost 3.5 percent. For Blast 3, There are nearly 3.5% differences between the calculated and measured specific charge and specific drilling values. There were no adverse effects of blasting during the investigation. The calculations of ground vibration were below the limits, and no flyrock or airblast problems were observed. Instant explosive charge for the examined blasts was 2 decks.Appropriate initiation pattern can reduce it to one deck. Cendere Road is very close to the quarry. In order to eliminate excessive flyrock risk for the blasts performed near the road, the stemming length may be increased.

REFERENCES

Hüdaverdi, T. et al, 2009, *Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret AŞ'ye ait kayaç numunelerinin tek eksenli basınç dayanımlarının belirlenmesi, İTÜ Araştırma raporu*, İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü.

Jimeno, C.L., 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, P. 10-13

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

Olofsson, S. O., 1988, *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Applex, Sweden. Sf. 33-44, 23

Eti Bakır Küre Yeraltı İşletmesinde Galeri ve Ara Kat Patlatmalarının İncelenmesi

Investigation of Gallery and Sublevel Blasting Operations in Eti Bakır Küre Underground Mine

Y.T. Özcan, T. Hüdaverdi

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu bildirinin amacı Eti Bakır Küre yeraltı işletmesinde galeri ve ara kat patlatmalarının incelenmesidir. İlk olarak Küre bölgesi anlatılmış, bölge ve maden hakkında jeolojik araştırmalar sunulmuştur. Madenin üretim yöntemi anlatılmıştır. Delme paternleri incelenmiş ve buna göre açılan galeri, ara kat delmelerinin ve makinelerin manevra süreleri kronometraj yöntemiyle ölçülmüştür. Ayna ve ara kat dolumları anlatılmıştır. Madende kullanılan patlatıcılar ve ilişkileri anlatılmıştır. Son olarak patlatmanın çevresel etkileri incelenmiş ve patlatma sonucunda oluşan titreşim sonuçlarından örnekler verilmiştir.

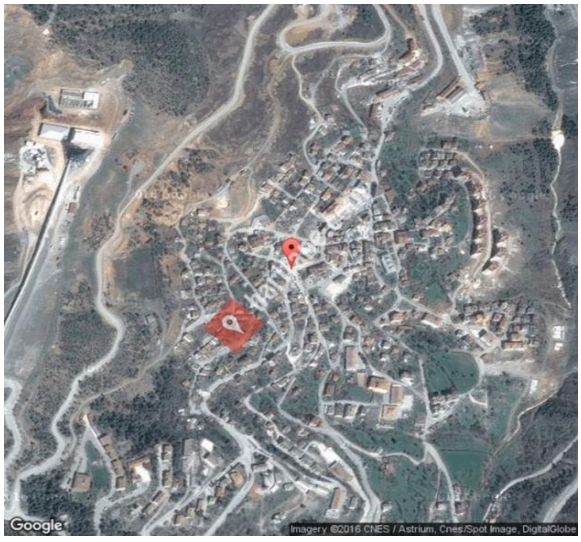
Anahtar Kelimeler: Delme, Patlatma, Patlayıcı

ABSTRACT The purpose of this paper is to investigate gallery and sublevel floor blasting in Eti Bakır Küre underground plant. Firstly, Küre region was described and geological researches about the region and mine were presented. The production method of the mine is described. Drilling patterns were examined and the drilling duration of gallery, intermediate pier drilling and machinery maneuvering times were measured by chronometry method. Face and intermediate floor fillings are described. Explosives used in the mine and their relationships are described. Finally, the environmental effects of blasting are examined and examples of vibration results as a result of blasting are given.

Keywords: Drilling, Blasting, Explosives

1 GİRİŞ

Küre Karadeniz bölgesinde yer almakta olup, Küre ilçesi Kastamonu iline bağlıdır. Küre yüzölçümü 406 km2 alan olup, alan olarak Türkiye'nin 653. en büyük ilçesidir.Küre haritası konumu ise 41° 48' 21.5172" Kuzey ve 33° 42' 36.9720" Doğu gps koordinatlarıdır. Küre ilçesi bağlı olduğu Kastamonu iline 48 kilometre mesafe uzaklıktadır.Küre rakımı 981 metredir (ortalama deniz seviyesine göre yüksekliği).[1]



Şekil 1: Kastamonu Küre Uydu Fotoğrafı

Küre bakır yatakları olarak bilinen ve başlıca pirit, kalkopiritten oluşan masif ve ağsal-saçınımlı sülfid yatakları, Küre ilçe merkezinin batısında yer alır ve kuzeyden güneye doğru; Toykondu, Aşıköy, Bakibaba, Mağaradoruk ve Kızılsu olarak sıralanırlar.

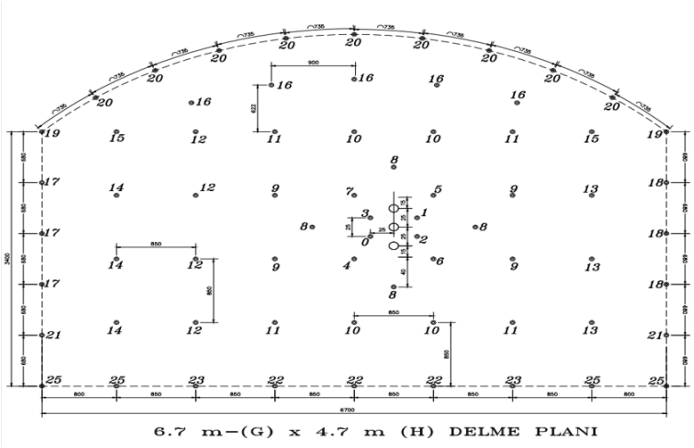
Küre bakır yatakları çok eski devirlerden beri maden işletmeciliğine konu olmuştur. Bölgedeki madencilik çalışmaları Yunan ve Romalılar dönemine kadar eskiye gitmekte, daha sonra Selçuklu, Ceneviz ve Osmanlı dönemlerinde de devam etmektedir. Osmanlıların Bakibaba yatağındaki madencilik çalışmaları 1845 yılında sona ermiştir. Bilimsel anlamda maden arama ve geliştirme çalışmaları 1935 yılında MTA'nın kurulmasıyla birlikte başlamış ve 1944 yılında Aşıköy yatağı bulunmuştur. Bakibaba yatağında 1963 yılında başlatılan arama çalışmaları ile kuzey ve güney olmak üzere iki ayrı cevher kütlesi ortaya çıkarılmıştır (Sarıcan, 1968).

Eski dönemlerde bilinen ve işletilen yatağın, Bakibaba bakır yatağının güney cevher kütlesi olduğu, eski belgelerden, işletme izlerinden, ve Bakibaba çevresindeki curuf yığınlarından anlaşılmaktadır. Buradaki kuzey cevher kütlesi, 1968 yılından başlayarak uzun yıllar Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) tarafından işletilmiş, galerilerdeki pirit yangını nedeniyle işletme 1990 yılında terk edilmiştir (Ildız ve Dağcı, 1990).

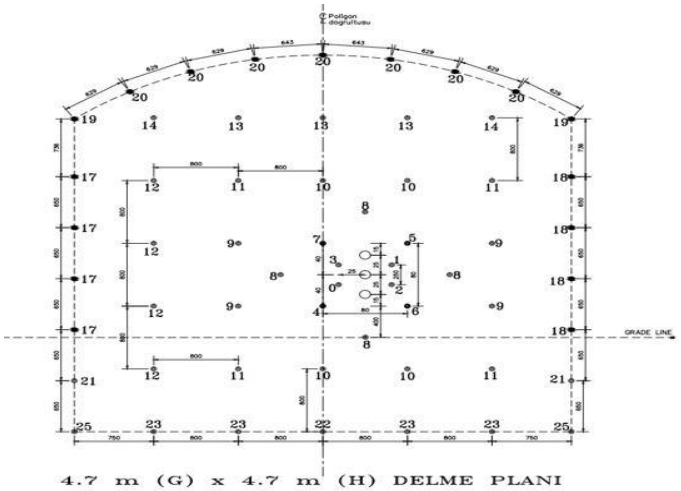
2004 yılında Etibank'tan devir alınarak Cengiz Holding bünyesine katılan, Toykondu, Kızılsu, Bakibaba ve Aşıköy yataklarının açık işletme yöntemiyle üretilen cevherin tamamı 2009 yılına kadar tüketilmiştir (Altun vd., 2009). Aşıköy yatağında 2005-2008 yılları arasında yapılan arama çalışmaları ile bulunan cevherin yeraltı işletme yöntemiyle üretimine devam edilmektedir.

2 DELME İŞLEMLERİ

Ayna delme işlemleri pasa ve cevher olarak ikiye ayrılır. Pasa delme ve patlatması pasa katları oluşturmak için yapılır. 4,7 metre yükseklik ve 4,7 metre genişlik olacak şekilde delme paterni hazırlanmıştır. Paternde 59 tane patlama delikleri, 3 tane serbest düzey olurşturmak için çürütme delikleri açılır. Patlatma sonunda 5 metre yüksekliği ve 5 metre genişliği olan pasa galerisi oluşturulur. Cevher delme ve patlatması üretim galerisi açmak için oluşturulur. 6,7 metre genişlik ve 4,7 metre yükseklik olacak şekilde delme işletmi yapılır. 69 patlatma deliği ve serbest düzey oluşturmak için 3 çürütme deliği delinir. Toplamda 72 delik açılır. Sonuçta 7 metre genişlik ve 5 metre yükseklik olucak şekilde üretim galerisi oluşturulur.

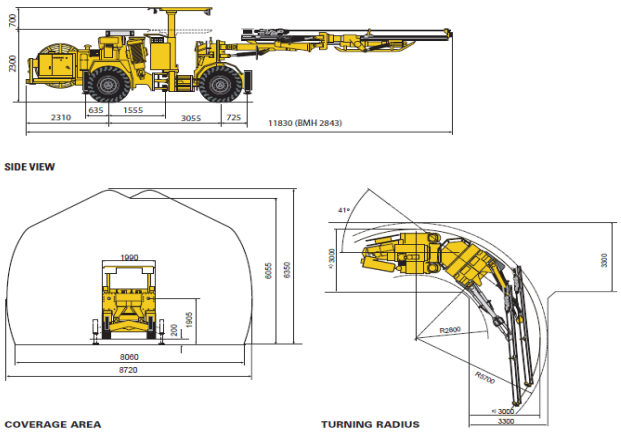


Şekil 2 Cevher Aynası Delme Paterni(2)



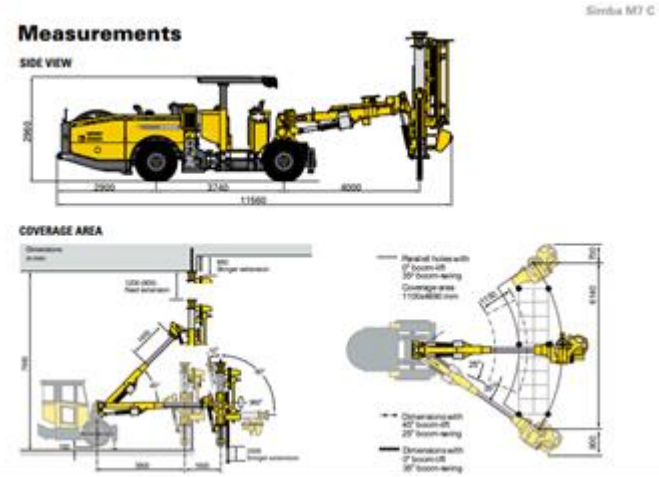
Şekil 3 Pasa Aynası Delme Paterni(2)

Ayna delme işlemlerinde Atlas Copco Jumbo delme makinesi kullanılmaktadır.



Şekil 4 Atlas Copco Boomer 282 (3)

Kat arası delme işlemlerinde Atlas Copco ME7 simba delici makinesi kullanılmaktadır.



Şekil 5 Atlas Copco M7C (3)

2.1 Kronometraj Ölçümleri Sonuçları

1.çizelgede pasa aynasındaki, 2.çizelgede cevher aynasındaki ve 3.çizelgede ara kattaki delme işleminin kronometraj yöntemiyle sürelerinin ölçümü gösterilmektedir.

Çizelge 1 Pasa Aynası Kronometraj Ölçüm Sonuçları

Delik numarası	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)	Delik numarası	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)
1	89	75	13	113	41
2	129	60	14	127	52
3	116	18	15	86	16
4	92	20	16	94	25
5	124	24	17	122	17
6	104	14	18	97	103
7	113	63	19	108	28
8	96	15	20	112	36
9	107	48	21	99	25
10	102	18	22	83	112
11	97	19	23	125	21
12	93	23	24	122	-

Ortalama delme süresi 106,25 saniye ve manevra süresi 37,96 saniye çıkmıştır. Sonuç olarak bir deliğin delme işlemi süresi 144,21 saniye sürmüştür.

Çizelge 2 Pasa Aynası Kronometraj Ölçüm Sonuçları

Delik numarası	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)	Delik numarası	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)
1	125	22	8	131	17
2	137	19	9	147	20
3	133	24	10	126	18
4	129	19	11	137	23
5	152	21	12	141	18
6	132	36	13	136	21
7	117	27			

Ortalama delme süresi 134,08 saniye ve manevra süresi 21,92 saniye çıkmıştır. Sonuç olarak bir deliğin delme işlemi 156 saniye sürmüştür.

Çizelge 3 Kat Arası Kronometraj Ölçüm Sonuçları

Delik numarası	Delme süresi (sn)	Manevra süresi (sn)
1	753	90
2	601	59
3	613	66
4	617	72
5	605	56
6	657	89
7	629	97
8	678	-

Ortalama delme süresi 644,13 saniye ve manevra süresi 75,57 saniye çıkmıştır. Sonuç olarak bir deliğin delme işlemi süresi 719.7 saniye sürmüştür.

3 PATLATMA İŞLEMLERİ

Kayayı, cevheri veya kömürü kırmak için kullanılan en etkili yöntemlerden biri patlatmadır. Bu yöntem kullanılarak yeraltında galeri, desandri, kuyu ve diğer yer altı açıklıkları oluşturulabilir ve cevher veya kömür üretimi yapılabilir. İşletmede 3 farklı patlatma işlemi gerçekleştirilmektedir.

3.1. Pasa Aynası Patlatma Operasyonu

Pasa aynasında 57 delik açılmaktadır, delik başına 3 kilogram ANFO kullanılmaktadır. 171 kg ANFO kullanılması gerekmektedir. 1 çuval ANFO 25 kilogram olduğundan pasa aynasılda 7 çuval yani 175 kg ANFO kullanılmaktadır. 60 kilogram dinamit, 10 kilogram trimeks, 40 metre infilaklı fitil, 57 adet kapsül kullanılır.

Bir pasa aynası patlatmasından yaklaşık 90 m^3 pasa oluşur. Buna göre özgül şarj miktarı 1,94 kg / m^3 ANFO olarak hesaplanır.

3.2. Cevher Aynası Patlatma Operasyonu

Cevher aynasında 72 delik açılmaktadır, delik başına yine 3 kg ANFO kullanılmaktadır. 216 kg ANFO kullanılması gerekmektedir. 1 çuval ANFO 25 kilogram olduğundan cevher aynasında 9 çuval yani 225 kg ANFO kullanılmaktadır. 70 kilogram dinamit, 12 kg trimeks, 40 metre infilaklı fitil, 72 adet kapsül kullanılır.

Bir cevher aynası patlamasından yaklaşık 130 m3 cevher oluşur. Buna göre özgül şarj miktarı 1,73 kg / m3 ANFO olarak hesaplanır.

3.3. Kat Arası Patlatma Operasyonu

Katlar arası patlatmada 16 adet slot açılır. Bir slota 50 kilogram ANFO doldurulur. Toplamda 800 kilogram yani 32 çuval Anfo kullanılır. 10 kilogram kapeks nova, 160 kilogram dinamit, 320 metre infilklı fitil ve 16 adet kapsül kullanılır.

Bir kat arası patlatmasından yaklaşık 196 m3 cevher oluşur. Buna göre özgül şarj miktarı 4,08 kg/m3 Anfo olarak hesaplanır.

4 PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL ETKİLER

Yeraltı patlatma işleminde en önemli faktor titreşim faktörüdür. İşletmede her patlatma işleminde patlatma kaynaklı titreşimler kayıt altına alınıyor.

Çizelge 4'te titreşimlerim sınır değerleri verilmiştir. (2)

Yapı Turu	PPV(mm 'sn)		
	0-10 Hz	10-30 H:	SO-100 H:
Eski bina ve tarihi eserler	3	3-8	8-10
Dayanıklı bina, yığma tuğla	5	5-15	15-20
Betonarme, çelik konstrüksiyon	20	20-40	40-50

4.1. Birinci Ölçüm Sonucu

19 kasım 2018 tarih ve saat 07:55 te yapılan atımın dalga analizine bakıldığında,

Boyuna PPV hızı (Peak Particle Velocity) = 0,36mm/sn

Düşey PPV hızı,12 mm/sn

Yanal PPV hızı 0,82 mm/sn dir. (2)

4.2. İkinci Ölçüm Sonucu

15 aralık 2018 tarih ve 07:57 de yapılan atımın dalga analizine bakıldığında,

Boyuna PPV hızı = l,14 mm/sn

Yanal PPV hızı = 2,05 mm/sn

Düşey PPV hızı = 0,90 mm/sn dir.

Buna göre maksimum parçacık hızı 2,05 mm/sn baz alınır. [(2)]

Bu iki sonuca göre titreşim sınır değerlerinin çok altında olduğu görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bildiride eti bakır küre yeraltı işletmesinin galeri ve ara kat patlatmalarının incelenmesi yapılmıştır. Birinci bölümde kürenin konumu gösterilip, madenin kısa bir tarihi anlatılmıştır.

İkinci bölümde delme faaliyetleri incelenmiştir. Kullanılan makineler ile ilgili teknik bilgiler yazılmıştır. Pasa, cevher aynası ve ara kat delme paternleri ve bu delmelere ait kronometraj ölçümleri paylaşılmıştır. Ortalama delme süresi 106,25 saniye ve manevra süresi 37,96 saniye çıkmıştır. Sonuç olarak bir deliğin delme işlemi süresi 144,21 saniye sürmüştür. Ortalama delme süresi 134,08 saniye ve manevra süresi 21,92 saniye çıkmıştır. Sonuç olarak bir deliğin delme işlemi 156 saniye sürmüştür. Ortalama delme süresi 644,13 saniye ve manevra süresi 75,57 saniye çıkmıştır. Sonuç olarak bir deliğin delme işlemi süresi 719.7 saniye sürmüştür.

Üçüncü bölümde patlatma konusu irdelenmiştir. Patlatma hakkında genel bilgiler verilmiştir. Cevher, pasa aynası ve ara kat patlatmaları hakkında bilgiler verilmiştir. Ve son olarak patlatmada kullanılan patlayıcı miktarları ve ilerleme gösterilmiştir.

Dördüncü bölümde ise patlatma kaynaklı çevresel etki anlatılmıştır. Titreşimler hakında genel bilgi verilmiştir. İşletmeye ait iki titreşim kaynaklı ölçüm aletinin ölçtüğü titreşim sonuçları verilmiştir. Alınan sonuçlar sınır değerlerinin çok altındadır.

KAYNAKÇA

(1) Haritatr. https://www.haritatr.com/kure-haritasi-i1fb

(2) ETİ BAKIR KÜRE İŞLETMESİ. ETİ BAKIR

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

Performance Analysis of TBM Used in Ataköy-İkitelli Metro Route

Ataköy-İkitelli Metro Tüneli Kazısında Kullanılan TBM'in Performans Analizi

A.Batyrkulov, C. Balcı *(Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul)*

ABSTRACT In the scope of the graduation project, performance of Tunnel Boring Machine, which was used in Ataköy-İkitelli metro route, was analyzed. At the first part of the graduation thesis, performance parameters' data were obtained from TBM and calculated by special formulas. The results were analyzed statistically and performance parameters such as advance rate, torque, power, specific energy, thrust and rolling forces were compared. Relation graphics of performance parameters were drawn.

At the second part of the graduation thesis, Point Load Strength and Shore Hardness tests were carried out in Mining Excavation Laboratory of Istanbul Technical University. Rock samples were taken from two rings in Çobançeşme construction site. Uniaxial Compressive Strength were calculated by dint of PL results and compared with other performance parameters of TBM.

Keywords: Tunnel Boring Machine, Point Load Strength, Shore Hardness

ÖZET Aşağıdaki bitirme çalışmada Ataköy-İkitelli metro güzergahında kullanılan TBM'in kazı ve performans parametleri incelenmiştir. Tez'in birinci aşamasında, TBM'den alınan veriler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel incellenmiştir. Alınan veriler tork, spesifik enerji, güç, ilerleme hızı, yuvarlanma ve itme kuvveti gibi performans parametleriyle karşılaştırılmıştır. Aralarındaki ilişkiler grafiklerde çizilmiş bulunmuştur.

Tez'in ikinci aşamasında, Nokta Yükleme ve Shore Sertliği gibi deneyler ITÜ Maden Mühendisliği Kazı laboratuvarında yapılmıştır. Kaya numuneleri Çobançeşme şantiyesinde alınmışlardır. Nokta Yükleme deneyinde tek eksenli basınç dayanımı verileri elde edilmiştir ve TBM'in performans verileri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tünel Kazma Makinesi, Nokta Yükleme, Shore Sertliği

1 INTRODUCTION

In a nowadays' dynamic world, life progress increases in geometric progression. According to rapid growth of population in the world, especially in big cities, the transportation issue induces more efforts to solve them in an applicable manner. One of the biggest solutions of this problem by humankind was to take the transportation partly to underground. It leads to several important advantages such as reduction of the traffic jams, that save people's time and decreases traffic fumes, which effect on environment, especially on ozone layer. That is how the subways were integrated to our lives later. Tunneling is the process that bores cylindrical or alike voids in underground by mechanical excavation or blasting performance supporting adjacent ground by special materials. Mechanical rotary excavator developed to its modern basic work principle at 1950's by the attempts of Jerome O. Ackerman, F.K. Mittry and James S. Robbins. It was called "Mittry Mole." and was firstly used at Oahe Dam on the Missourı river near Pierre, in United States. Talking about countries with high population, Turkey is also in current list. Istanbul, the metropolis of Turkey, replenishes its population every year slightly approaching to 20 million. City is suffering from big traffic jams that cause several problems such as air pollution and time, wasting on the road. That is why tunneling is widely applied in Istanbul and in Turkey for easy transportation managing. First underground tunnel metro, Karaköy-Beyoğlu route, was built in 1875. It is shown in Figure 1. This facility is provided by mechanical excavation that has different factors to make it work in appropriate manner. Geological investigations, mine planning and feasibility studies are one of the main factors in excavation process. Thorough study of these points gives efficient and pleasant results in practical part of theproject.

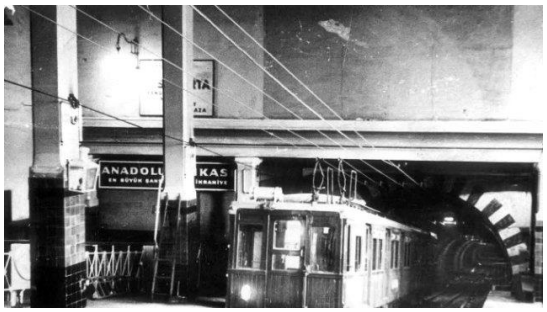


Figure 1. Karaköy-Beyoğlu tunnel

2 MECHANICAL EXCAVATION SYSTEMS AND INTRODUCTION OF TBMs

2.1 MECHANICAL EXCAVATION SYSTEM

Mechanical excavation does the job of drilling and blasting or manual excavation applications obviously faster and more competent. There are different methods of excavation that have their own excavation process design and equipment for operation. Geological studies must be provided by boring samples 9 and analyzing them in special laboratories to learn more about the matter (rock, ground) that is going to be faced in tunnel boring during whole excavation period. Ground condition is significant factor in choosing excavation method.

2.2 TBM GENERAL INFORMATION

Machine, excavating tunnels in a circular shape through soil and rocks is called TBM. Also known as a "mole", it can bore hard and soft rocks, soil, sand and almost all kind of matter underground. It consists of cutterhead, main bearing, thrust system and trailing support mechanisms also known as back-up system . In spite of high capital cost, the efficiency of TBM is enormous and it has various TBM selections in accordance with appropriate geological and geotechnical studies that increase performance of excavation.

2.3 TBM CLASSIFICATION

TBMs are classified into two main groups: for hard rocks and soft ground. Each classification has appropriate design of TBM that involves cutterhead design, power supply, mechanical settings and working principle design. According to site investigation results, appropriate equipment is selected for further workings.

3 PROJECT INFORMATION

3.1 INTRODUCTION OF PROJECT

M9 Ataköy-İkitelli metro route passes through five districts of eastern side of Istanbul starting from north and finishing in south side of the metropolis as it is shown in Figure 2. The whole length of the route is 13.4 km and it will be possible to cover the route in 19 minutes while it is covered nearly in 50 minutes by private vehicle. M9 route solves big traffic jams, noise, carbon emission and air pollution issues partly by serving for 2,660,000 people at all, 450,000 people daily and 45,000 people hourly. Each station's dimension is 90 m in length and 14 m in width. AGA Enerji Nak. Mad. İnş. San. ve Tic. AŞ is a private civil construction company in Turkey. It is responsible for Ataköy-İkitelli metro route construction under surveillance of Istanbul Büyükşehir Belediyesi Avrupa Yakası Raylı Sistemler Müdürlüğü.

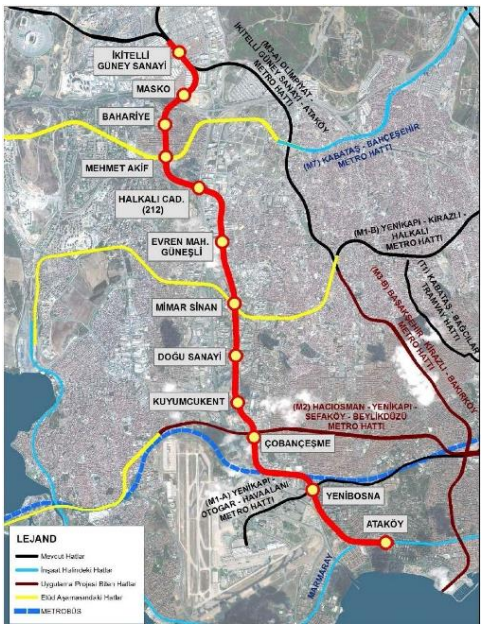


Figure 2. Ataköy-İkitelli metro route map

Table 1. Applied excavation methods in M9 Ataköy-İkitelli metro tunnel and approximate start – finish km data

Approximate start – finish in km		Range	Excavation Method
0+000	3+595	İkitelli Station - Halkalı Caddesi Station	NATM
3+395	12+895	Switch points between Halkalı Caddesi and Ataköy station	TBM
12+895	13+372	Switch points, tail tunnels and etc.	NATM

3.2 GEOLOGY

Ataköy-İkitelli metro route can be characterized as alluvial plains located between Tertiary and Quaternary ridges. Since it is protracted from north to south, route is located at +100 and +5 ground level in north and south respectively. Figure 3.3. shows the geologic map of the M9 metro route and its surroundings. The land slope average is approximately 0.07% along the route. Limestone
and marl are the local geology in İkitelli district area

where the route starts at the north point and it changes to clay mostly, advancing to south part of the route. There are also some parts take places as uneven clays, sand and alluvial plains toward to Yenibosna station. As it is stated above, İkitelli district, where the north point of the route starts with Soğucak limestone and during advancing to south fold go on with Gürpınar member belonging to Ceylan and Danişmen formations, Güngören-Çukurçeşme member belonging to Çekmece formation and Bakırköy limestone belonging to Çekmece formation on west side. Figure 3. shows local geology of metro route.

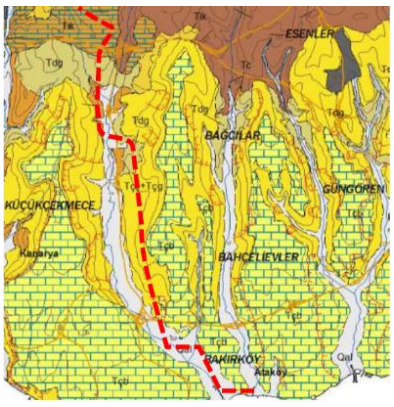


Figure 3. Geological map of M9 Ataköy-İkitelli metro route

3.3 MAIN AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF SELECTED EPB TBM

In the scope of the project, there were chosen four Herrenknecht EPB Shield TBMs to provide tunnel excavation works along the M9 Ataköy-İkitelli route.

The list of minimum required mechanical parts and accessories in Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machine are following:

- Cutting ends (Long-term corrosion resistant)
- Head (Rotary cutter speed is adjustable according to ground hardness)
- Shield (Pre-floor protection and protective metal cylinder)
- Conveyor (Muck hauling system)
- Mechanical vibrator (Propulsion system for counter-ground pressure formation)
- Segment equipment (Permanent concrete fortification during excavation)
- Electromechanical parts (Power and control systems)
- Tunnel guidance system (Laser-video system for precise axis determination in tunnel)
- Environmental monitoring system (Methane and oxygen detector)
- Hydraulic oil coolers
- Operator station
- Ventilation system

4 DATA ANALYSIS OF TUNNEL BORING MACHINE AT M9 ATAKÖY-İKİTELLİ METRO ROUTE

4.1 EPB SHIELD TBM'S ELECTRONIC DATA AND CALCULATIONS

This section is provided with analysis of data from Herrenknecht EPB TBM. All information such as excavated ring number, tunnel distance, revolution speed, torque, thrust force,

excavation speed, penetration and power are taken from recorded TBM data. All these data are recorded by operator who is responsible for excavating process and are sent to shift engineer's computer. Parameters that are stated above are taken for every ring and recorded in one excel-file. Data for 30 days were taken from EPB TBM in order to analyze them rigorously and to draw graphics which show the efficiency of TBM performance.

Table 2. TBM Data taken from 10 rings

Ring No.	[m]	[mm/min]	[rpm]	[MNm]	[kN]	[mm/rev]
1611	2416.5	76	2.25	1.898	8638	34
1612	2418	73.7	2.28	1.344	8585	32
1613	2419.5	76.3	2.27	1.467	8514	34
1614	2421	74.2	2.28	1.799	9714	33
1615	2422.5	72.2	2.38	1.782	9147	31
1616	2424	61.2	2.28	1.251	8334	27
1617	2425.5	66.6	2.26	1.550	7926	29
1618	2427	61	2.26	1.640	10181	27
1619	2428.5	66.4	2.27	1.391	8174	29
1620	2430	63.5	2.28	1.308	8291	28

Table 3. New data after calculation

Ring No.	[m]	F_T	F_R	[m^3/h]	[kW]	[kWh/m^3]
1611	2416.5	227.3	28.2	154.5	447.0	2.89
1612	2418	225.9	19.9	149.8	320.7	2.14
1613	2419.5	224.1	21.8	155.1	348.5	2.25
1614	2421	255.6	26.7	150.9	429.3	2.85
1615	2422.5	240.7	26.4	146.8	443.9	3.02
1616	2424	219.3	18.6	124.4	298.5	2.40
1617	2425.5	208.6	23.0	135.4	366.6	2.71
1618	2427	267.9	24.3	124.0	387.9	3.13
1619	2428.5	215.1	20.6	135.0	330.5	2.45
1620	2430	218.2	19.4	129.1	312.1	2.42

With obtained data from calculations that were done above, relation graphics are drawn. They illustrate the relation between performance parameters and penetration of cutterhead. There was taken values from each performance parameters of each ring. Graphic in Figure 4. shows the relation between production rate and penetration. Production rate rises as penetration rises too. Curve equation, y = 3.3489x + 35.551 is found by linear regression method in Excel.

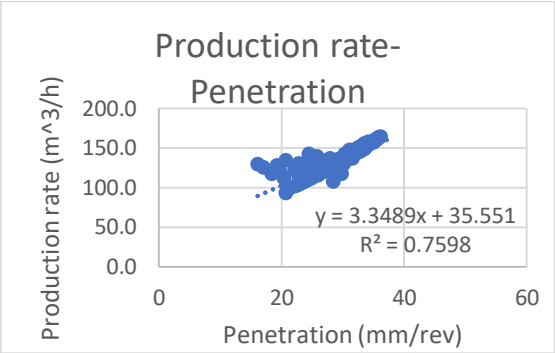


Figure 4. Production rate – Penetration relation graphic

5 EXPERIMENTAL STUDIES

Due to graduation project, there were taken samples from M9 Ataköy-İkitelli Metro Route, Çobançeşme construction site. Samples are need for Point Load Strength Test and Shore Scleroscope Test. Aim of the experiments is to evaluate the performance of the TBM by received technical parameter data that help to draw graphic relations between these data and ground, where TBM excavated.

5.1. POINT LOAD STRENGTH TEST

Point Load Strength Test affects compression of rock sample between conical steel platens until failure occurs. Block and Irregular Lump Test:

- Rock blocks or irregular lumps ranges between 30-85 mm
- D/W ratio should be between 1/3 and 1, better close to 1
- The distance L should be bigger than 0.5L
- Suitable samples can be obtained by saw-cutting
- Put the specimen into the device, close the platens to get contact with the smallest dimension of the lump or block, away from edges and corners 50

• Record distance D between platen contact points, the smallest width W perpendicular to the loading direction. For not parallel sides, Wave is determined
• Increase the load steadily until failure occurs and record failure load
• Test is rejected if the fracture surface passes through only one loading point
• Failure load determination process is made for every specimen

After sizing and providing of Point Load Strength Test procedure, the following results are obtained, and proper calculations were done and the results from Table 4. are obtained. According to results, it is stated that all failures are valid.

Table 4. Results of Point Load Strength test procedure

No.	ID	[kg/cm^2]	[kg]	[N]	[MPa]	F	[MPa]	σ_c [MPa]
2283	1	43.3	625.2	6131.0	1.79	1.07	1.92	44.20
	2	43.3	625.2	6131.0	1.95	1.05	2.06	47.30
	3	40.8	588.4	5770.4	1.95	1.04	2.03	46.67
	4	68.8	993.0	9737.5	2.83	1.07	3.04	69.90
	5	43.3	625.2	6131.0	2.39	1.01	2.40	55.24
2288	1	45.9	662.0	6491.7	2.17	1.04	2.26	52.05
	2	20.4	294.2	2885.2	1.37	0.96	1.32	30.29
	3	53.5	772.3	7573.6	2.89	1.01	2.92	67.14
	4	25.5	367.8	3606.5	1.26	1.03	1.30	29.88
	5	56.1	809.1	7934.3	2.49	1.06	2.63	60.55
	6	20.4	294.2	2885.2	1.28	0.98	1.25	28.75

5.2. SHORE SCLEROSCOPE HARDNESS TEST

Scleroscope measures the rebound height of a hammer that is released from a certain distance above the surface of specimen by rubber bulb that sucks hammer to top of tube pneumatically. Scleroscope measures the mechanical energy absorbed by strike that gives the value of resistance to penetration that defines the hardness. The following steps are described Shore Hardness test procedure:

• Grinded surface face of specimen is placed under the hammer
• Diamond intender (2.44 g) is released from the top of the apparatus
• Previous step is repeated for 20 times at points with 5 mm distance between them and 5 mm far from each edge
• Diamond intender jumps after collision and the maximum height of the jump is recorded. Value ranges between 0 and 140.
• At the end, the average of all recorded heights is known as Shore hardness

Shore Hardness test procedure was done, and results illustrated in Table 5.

Table 5. Shore Scleroscope measurements and hardness results

	Sample ID									
Ring No.	2283					2288				
Test No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6
1	30	44	32	31	35	33	33	38	33	41	34
2	29	31	34	30	31	36	37	36	39	42	34
3	39	42	45	30	33	37	35	34	36	38	39
4	50	35	35	32	30	31	33	38	39	40	35
5	34	31	33	34	30	34	35	32	34	39	32
6	35	46	37	35	36	32	32	35	35	35	39
7	55	50	36	40	34	36	31	33	34	35	34
8	40	42	36	30	36	33	37	31	34	33	35
9	61	38	35	34	35	39	37	33	37	32	42
10	45	40	38	33	30	41	32	39	32	37	42
11	46	55	32	31	32	40	36	35	38	39	40
12	51	40	33	33	37	36	33	36	34	36	46
13	25	55	30	42	32	30	33	35	35	35	43
14	25	31	34	33	35	44	37	38	30	38	37
15	55	36	36	33	34	34	39	39	42	40	42
16	50	37	32	36	32	36	34	37	33	35	35
17	29	39	30	39	32	36	37	41	36	36	40
18	35	37	33	30	34	33	39	38	35	40	37
19	42	41	33	38	35	37	40	31	35	36	39
20	41	31	36	32	32	35	38	36	33	35	41
Average:	40.85	40.05	34.5	33.8	33.25	35.65	35.4	35.75	35.2	37.1	38.3

6 CONCLUSION

In conclusion, all TBM data and samples, which were taken from the construction site, were properly tested, calculated and analyzed. Samples were tested by Point Load Strength and

Shore Scleroscope Hardness tests. Further, relative graphics were drawn in order to observe the behavior of two technical parameters relating each other. All these observed and obtained data can also be used in feasibility studies, not only in performance analysis.

REFERENCES

Artson Geoteknik, 2017. "Ataköy–İkitelli Metro Hattı Güzergahı Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Etüt Raprou", Geotechnic report.

ASTM D-5731, 2016. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock, American Society for Testing and Materials.

Bilgin N., Copur H., Balci C., 2014. "MAD 432E – Mechanization in Mining and Tunnel Excavations, Mining Engineering Department.

Aga Enerji ,2016. TBM ile tünel yapım metodolojisi

Kawasaki Heavy Industries, 2009. "Tunnel Boring Machines (Shield & TBM)", Tokyo.

Rusnak J., Mark C., n.d. Using the Point Load Test to determine the Uniaxial Compressive Strength of coal measure rock.

EVALUATION OF TUNNEL BLASTING OPERATION IN NORTHERN MARMARA HIGHWAY PROJECT SARGIN CONSTRUCTION INC. WORKSITE

KUZEY MARMARA KARAYOLU PROJESİ SARGIN İNŞAAT A.Ş. ŞANTİYESİNDE TÜNEL PATLATMA OPERASYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

C.Çetin, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız,

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Mining Engineering

ABSTRACT The project includes the transportation of the Marmara region, which includes the largest metropolises and industrial zones of our country. Yavuz Sultan Selim Bridge, which will be used to relax, and which is active economic, cultural, touristic and social dimension of high standards, safe, high quality and uninterrupted transportation investment. In this study, firstly general information about the project is given. Drilling works are explained, the drilling machines and technical specifications are given. Explosives, initiation systems, blast design are investigated in detail and properties of explosive material are explained. In addition, actual blast design were compared to theoretical blast design appearing in the literarure. The specific charge values were calculated for each design. Particle size distribution analysis were performed using a sample scaled image.

Keywords: Drilling, blasting, fragmentation.

ÖZET Proje, ülkemizin en büyük metropolleri ve sanayi bölgelerini barındıran Marmara bölgesinin ulaşımını rahatlatacak, ayrıca faaliyete geçen Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve bağlantı yolları ile entegre edilecek önemli bir ekonomik, kültürel, turistik ve sosyal boyutu olan yüksek standartlı, güvenli, kaliteli ve kesintisiz bir ulaşım yatırımıdır. Bu çalışmada 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. Ek olarak uygulanan tünel patlatma tasarımı literatürde yer alan teorik hesaplamalar ile karşılaştırılmıştır. Patlatma tasarımına ait özgül şarj değerleri hesaplanmıştır. Örnek bir ölçekli görüntü üzerinden yığının boyut dağılım analizi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Delme, patlatma, parçalanma.

1 INTRODUCTION

Underground blasting is quite difficult compared to open pit blasting. There are no free surfaces for blasting in the tunnels. Therefore, the parameters such as the blasting design, the firing pattern, the selection of the explosives are very important. On the other hand, environmental influences should be considered for tunnel bursts in the city. Ground shaking, noise-like effects should be minimized.

In order to design an efficient blasting process, the desired advance rate should be succeed with the lowest amount of explosives. Unbroken parts or over-break are undesired consequences of blasting.

In this study, firstly hole drilling operations and drilling machines are

explained. Two drilling machines are used for drilling in the project. Right and left face are drilled to seperately. Subsequently, the explosives and capsules are replaced into holes. As a method of tunnel blasting, V-Cut method was used. In this technique, inclined holes are drilled. The angles and positions of the holes must be carefully designed. In both faces, the amount of explosives used per cubic meter was calculated by the specific charge calculation.

In the Northern Marmara Highway project, the blasting systems for the Cebeci tunnel were investigated and the size distribution analysis were performed for the blast muckpile. By using this analyse, the blasting efficiency is investigated. This analyse has been performed by using the WipFrag computer software.

2 DRILLING PROCESS

In the Cebeci Tunnel project two drilling machines are used in the drilling of blast holes; Atlas Copco 282 and Atlas Copco L2d drilling machines. Holes are placed according to the blasting device. The left face is detonated by the medium pull blasting device. For this reason, 60 ° angle drilling is applied. The right face holes are drilled straight.

3 BLASTING PROCESS

Due to the large section of the Cebeci tunnel, the tunnel face is blasted in two stages. While tunnel blasting techniques were used for the upper half, it was found appropriate to excavate by using the blasting technique thanks to the free surface formed for the lower half. This study was conducted on the basis of the upper half tunnel blasting technique. First, the left face, then the right face is made a progress. In Figure 1., the left face V-Cut blasting design is shown.

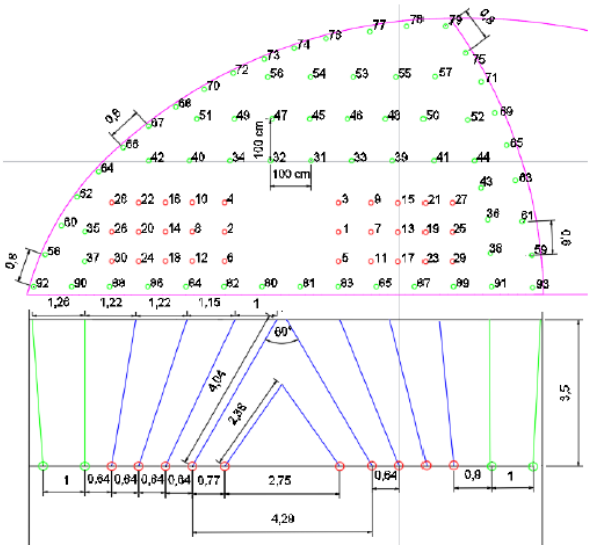


Figure 1. Left face blasting design

3.1. Explosives Used in Project

In the project, Orica Powergel Magnum 365 capsule sensitive explosive was used. Table 1. shows the technical properties of the explosives. The holes are detonated with intermittent surface capsules of 17 ms. Initiation of explosive charged holes are provided by Orica Exel non-electric detonators.

Table 1. Properties of Powergel Magnum 365 (“Orica Nitro”, n.d.)

Ideal Detonation Speed	6140 m/s
Ideal Detonation Pressure	112900 atm
Ideal Detonation Temperature	3106° K
Density	1.20 gr/cm^3
Ideal Detonation Heat	4370 kj/kg
Ideal Gas Volume	873 lt/kg
Effective Energy Compared to ANFO	129 %
Relative Bulk Strength in comparison to ANFO	193%

3.2. Specific Charge Calculation for the Project

The amount of explosive used per cubic meter is calculated with the specific charge calculation. This calculation is important for

the calculation of the cost of explosives for the consumer. The blasting process is tried to be performed using minimum explosive amount as much as possible. Specific drilling gives the amount of drilling per cubic meter.

For left face; face surface area is 55.64 m2. 93 Blast holes are drilled for left face. The length of the each hole is 3 m. 1.635 kg emulsion explosive was charged in each hole. For right face; face surface area is 45.61 m2. 60 Blast holes are drilled for left face. The length of the each hole is 3 m. 1.635 kg emulsion explosive was charged in each hole.

4 MUCKPILE SIZE DISTRIBUTION

The efficiency of blasting is evaluated. The suitable particle size shows that the explosive can be used efficiently. In terms of economic efficiency, the explosion energy is reduced. Large rock particles are undesired in tunnel blasting. These large rocks make it difficult to transport the material. In this case, the energy is increased. Figure 1. shows in the left face after the blast and the muckpile.

Figure 1. Rock Particles After the Left Face Blasting

In order to understand the dimensions, an object is replaced into the muckpile. The scaled images are captured (Figure 2)

Figure 2. Scaled Muckpile Image

Within the scope of this study, size distribution analysis was performed by using WipFrag software by digital image processing. This program works on digital files, photos, video images. The program automatically detects the fragments in the digital image with the algorithm they have, and takes advantage of the geometric possibilities to move from two-dimensional piece size distribution to three-dimensional distribution. WipFrag software analysed 377 particles. As Figure 3. shows that, mean particle size (D50) is 7.248 cm. Uniformity index (n) which gives slope of the curve is 2.000. Characteristic size (Xc) is 8.783 cm. Characteristic size is %63.2 passing size. This value is used by some blast fragmentation models.

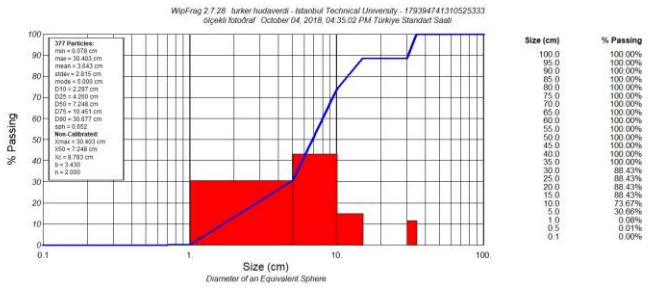


Figure 3. Size Distribution Curve

5 CONCLUSION

In the Northern Marmara Highway Project, the blasting systems for the Part-7 Cebeci

Tunnel were investigated and the size distribution analysis were performed for the blast muckpile. The blast design, explosives and initiation systems have been explained. For both faces, the capsule sensitive emulsion explosives are used.

The specific charge calculated for left and right faces are 0.91 and 0.717 kg/m^3 respectively. Actual burden changes between 0.8 to 1 m. Actual spacing changes between 0.6 to 1 m for both left and right faces. Actual blast design were compared to theoretical calculations of the Bhandari. Muckpile size distrubition was analysed using a scaled image. Calculated mean fragment size is 7.25 cm. Uniformity index is 2.0.

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum "Kuzey Marmara Karayolu Projesi Sargın İnşaat A.Ş. Şantiyesinde Tünel Patlatma Operasyonunun Değerlendirilmesi" 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.

REFERENCES

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.,

http://www.oricanitro.com.tr/pdf/powergel_magnum365.pdf

Son Ekonomik Dalgalanmaların Türk Mermer Sektörüne Etkileri

Periodic Specific Effects Of Recent Economical Fluctuations in Turkey's Marble Industry

Ç. Yurtöz, E. Nasuf
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Istanbul

ÖZET Türkiye'de 2018 Yılında yaşanan ekonomik dalgalanmaların Mermercilik sektörüne etkileri bitirme teziyle incelenmiştir. Tezde ilk olarak ekonomik dalgalanma ve iktisadi konjonktür hakkında bilgiler verilmiştir. Ardından 2018'de Türkiye'de yaşanan siyasal ve ekonomik gelişmeler ve bunların ekonomiye etkileri ortaya konmuştur. Türkiye'de mermer sektörüne genel bir bakışla ithalat ve ihracat verileri ışığında 2018'deki etkilerin sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır.
Anahtar Kelimeler: mermer, ekonomik dalgalanma , mermer yatakları, ithalat

ABSTRACT The effects of cyclical fluctuations in Turkish Marble Industry was examined with the thesis. Firstly, fluctuation was introduced in the thesis and general information was given about the Turkey's economical conditions and the emerging political occurances during 2018 in Turkey. The general information about Turkish marble deposits and some advantages and disadvantages were determined. The perspective of Turkey's Marble Industry was stated in terms of exportation and importation datas. By the way, aimed to reach and impressions of results fluctuation terms.
Keywords: marlbe, cyclical fluctation, marble deposits, exportation,

1 GİRİŞ

1.1 Ekonomik Dalgalanma Kavramı

Sermayeci üretimde konjonktürel olarak süregelen inişler ve çıkışlar, yavaşlamalar ve hızlanmalar olarak adlandırılan ekonomik dalgalanma kavramı sermayeci üretimin iç yapısından zorunlu olarak doğar. Mevsimlik ve yıllık dalgalanmalar kısa süreli, 3-10 yıl arasında olan dalgalanmalar orta süreli, otuz yılı aşan dalgalanmalar da uzun sürelidir.

Dalgalanmalar, ekonomide meydana gelen iniş ve çıkışlardır. En düşük noktasına dip, en yüksek noktasına zirve denir. Dipten zirveye çıktığı bölüm genişleme, zirveden dibe doğru indiği bölüm daralma olarak adlandırılır. Bunların her biri de duruma göre farklı görünümler alabilir. Örneğin, dip noktası eksiye geçmiş yani ekonomide küçülme yaşanmış ve o durumda en az iki çeyrek kalmışsa buna resesyon denir.

Eğer ekonomideki küçülme hali birkaç yıl devam eden bir duruma dönüşmüş ve bu diğer ekonomik büyüklükleri de benzer olumsuzlukta etkilemişse buna depresyon denir. Ekonomik konjonktürün çıkış aşaması çok güçlü olmuş ve uzunca bir süre devam etmişse buna genişleme denir. Düşüş aşaması sert bir düşüş olarak ortaya çıkmışsa buna da çöküş denir.

1.2 Konjonktürel Dalgalanma Kavramı

Konjonktürel dalgalanma kavramı ile ilgili bir tanım yapılması gerekirse; gayri safi milli hasıla(GSMH) miktarındaki artış ve azalışa bağlı olarak büyüme hızındaki meydana gelen iniş ve çıkışlar olarak ifade edilebilir.

Parasalcı konjonktür teorisi, konjonktür dalgalanmalarının nedenini para arzında ortaya çıkan değişmelere bağlamaktadır. Bu teoriye göre para arzı artışı veya azalışı konjonktür dalgalarını çıkış ya da iniş yolunda etkiler.

2 2018 YILINDA TÜRKİYE'DE YAŞANAN EKONOMİK DALGALANMA

2.2 Türkiye İçin 2017 yılı

2017 yılının başlarından itibaren KOBİ'ler ile genç ve kadın girişimcilere, Kredi Garanti Fonu kefaleti aracılığıyla 250 milyar TL destek sağlandı. Şubat ayında, mobilya ve konutlarda KDV oranı 30 Eylül 2017'ye kadar yüzde 8'e düşürüldü. Beyaz eşya ile kimi dayanıklı tüketim mallarında da ÖTV sıfırlandı. Bu sayede yılın son çeyreğinde ekonomik büyüme rekor kırdı ve yüzde 11.1 oldu. Yılın tümü için yüzde 7.4 oranına ulaşıldı. Talep yönlü harcamalar ile büyümeye ivme kazandırılma yolu, enflasyonu daha da arttıracak yönde bir kısırdöngü oluşturacaktı (Tomanbay, 2017).

2.3 2018 Yılında Yaşanan Ekonomik Dalgalanma

2018 yılının ilk yarısında büyüme oranı yüzde 6,3 olarak açıklanırken, bu dünya ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek bir orana denk geliyordu. Fakat bu kurlar ve enflasyonla ikinci yarıda bu büyümenin sürdürülmesinin mümkün olmadığını ve ekonominin sert bir iniş yaşayabileceği gerçeği bir kenarda duruyordu. Özellikle kur temelli etkiler kendini gösterecekti. Nitekim kur sepeti (½ ABD Doları + ½ Euro) ortalamasının TL karşısındaki değeri ilk yarıda 4,86 iken, ikinci yarıda (10 Eylül'e kadar) ortalama 5,82 oldu. Manşet enflasyon (TÜFE) ortalaması ilk yarıda yüzde 12,4 iken ikinci yarıda (10 Eylül'e kadar) yüzde 16,04 oldu.

2.4 Dolar Kurundaki Değişimler

2018 yılının ilk dört ayında 3,87 TL ortalamasına sahip olan dolar kuru Mayıs'ta hızlı bir şekilde yükselerek 4,49 TL seviyesine yükselmiştir.

2018 yılın ilk 8 ayında Türk Lirası'nın, önde gelen yabancı paralar karşısında yüzde 40'ı aşan gerilemesine bağlı olarak, gittikçe güçlenen bir borç ödeme, bankacılık sektörü krizi olasılığı karşısında kaygılar arttı ve tehlike sinyalleri çalmaya başladı.

Öte yandan dolar kuru Eylül'ün ikinci haftasında düşüş trendine girmiş ve bu trend Ekim'de önemli ölçüde hızlanmıştır. Kasım sonu itibarıyla 5,17 TL düzeyine kadar gerileyen kur Aralık'ta 5,30 TL düzeylerine gelmiştir. Böylece TL Mayıs'tan Eylül'ün ilk haftasına kadar yüzde 62 düzeyinde değer yitirirken Eylül'ün ikinci haftasından Aralık'ın ilk haftasına kadar olan süreçte yüzde 20 değer kazanmıştır.).

3 EKONOMİK DALGALANMANIN TÜRK FİRMALARINA ETKİLERİ

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın(TCMB) terimler sözlüğüne göre, açık pozisyon kavramı döviz, altın, menkul kıymet gibi bir finansal araç üzerinden sahip olunan varlıkların aynı cinsten yükümlülükleri karşılayamayan kısmıdır. Örneğin 10 milyon ABD doları yükümlülüğe karşı 5 milyon ABD doları varlık bulunduruluyorsa aradaki 5 milyon ABD doları, açık ABD doları pozisyonunu ifade eder.

3.1 Yeniden Yapılandırmalar

Yeniden yapılandırma, bir finansal piyasa altyapısı kuruluşun, katılımcı temerrüdü veya (iş, operasyonel veya diğer yapısal zayıflıklar gibi) diğer nedenlerle ortaya çıkan ve normal mekanizmaların kullanılmasına rağmen çözülememiş olan herhangi bir karşılanmamış kayıp, likidite sıkışıklığı veya sermaye yetersizliği probleminin çözülmesi amacıyla, bağlı olduğu ilgili mevzuat, kendi iç kural ve prosedürleri ve sözleşmeye bağlı yükümlülükleri ile uyumlu olarak, önceden oluşturulmuş ancak tükenmiş olan finansal kaynakların ikmal edilmesi ve çeşitli likidite düzenlemelerini de içeren tüm faaliyetleridir.

3.2 Konkordato İlanları

Konkordato, borçlarını ödemede zorlanan şirket ve kooperatiflerin, bir kısım borçlarından kurtularak borçlarını ödeyebilir duruma getirmeleri için uygulanan bir müessesedir. Bu uygulamada alacaklı ve borçluların konkordato müessesesi kapsamında borç ve alacakları yeniden yapılandırma işlemine tabi tutulmaktadır.

4. TÜRK MERMER SEKTÖRÜNÜN EKONOMİK GÖRÜNÜMÜ

İstihdam edilen kişi sayısı 300.000 civarındadır. Üretimin en fazla olduğu iller; Balıkesir, Afyon, Bilecik, Denizli ve Muğla'dır. Bu bölgelerdeki üretim, tüm üretimin % 65'ini oluşturmaktadır.

4.1 Mermer Hakkında Kısa Bilgiler

Endüstriyel anlamda "mermer"; kesilip parlatılabilen her cins taş mermer olarak kabul edilmektedir. Taşın cinsi ve içeriği ne olursa olsun büyük ebatta blok elde edilebilme, kesilme ve cilalanma gibi özellikler göstermesi, o taşın mermer olarak kabul edilmesine kafi gelmektedir. Bunlardan granit, diyabaz, lösitli siyenit, fanolit ve serpantinler gibi magmadan türeyen kayaçlar da bu suretle mermer tanımının içine girmektedir.

4.3 Mermer Sektöründen Bazı İstatistikler

Ticaret Bakanlığı'nın sektör raporuna göre dünya pazarlarında beğeni kazanabilecek nitelikte doğal taş çeşidine sahip olan ve rezeverlerin %40'ına sahip Türkiye'de, rezervler Anadolu ve Trakya boyunca geniş bir bölgeye yayılmıştır.

4.5.2 İhracatın Geliştirilmesi İçin Yapılması Gerekenler

İhracatı belirleyen temel iki faktör ihracat yapılan ülkenin milli geliri ve uluslar arası fiyatların ülke içi fiyatlara oranıdır. İhracat bu faktörler ile doğru orantılı bir şekilde artar. Ancak ihracatı sadece bu faktörler belirlemez. Bunlar dışında ülke içi faktörler olarak adlandırdığımız ülkenin ekonomi politikaları, ülkede yaşanan ekonomik krizler, dışsallıklar vb. faktörlerde ihracat üzerinde etkili olur. Bir de genel anlamda dünyada ki ekonomik koşullar çok önemlidir. Özellikle dünyadaki ekonomik durum ve gelecekteki beklentiler ihracat üzerinde önemli rol oynar.

4.6 2018 Yılı Aylık Bazda İhracat Değerleri

Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) verilerine dayanarak, 2018 yılının ilk 11 ayında gerçekleşen ham blok mermer/traverten ve işlenmiş traven ve mermer bilgileri ışığında bazı çıkarım ve yorumlar yer verilmiştir.

4.6.1 Aylık Bazda İşlenmiş Mermer Verileri

Ay	MİKTAR (1000 TON)	DEĞER (FOB $)	1 USD
Ocak	124	53	3,7783
Şubat	119	51	3,7871
Mart	139	59	3,8946
Nisan	142	60	4,0659
Mayıs	147	61	4,4422
Haziran	129	55	4,6397
Temmuz	129	64	4,772
Ağustos	129	49	5,8222
Eylül	144	57	6,3503
Ekim	161	64	5,8475
Kasım	161	60	5,3676

4.6.2 Aylık Bazda İşlenmiş Traverten Verileri

Ay	MİKTAR (1000 TON)	DEĞER (FOB $)	1 USD
Ocak	45	18	3,7783 ₺
Şubat	46	18	3,7871 ₺
Mart	49	20	3,8946 ₺
Nisan	49	19	4,0659 ₺
Mayıs	51	20	4,4422 ₺
Haziran	41	16	4,6397 ₺
Temmuz	50	20	4,7720 ₺
Ağustos	36	14	5,8222 ₺
Eylül	48	18	6,3503 ₺
Ekim	45	17	5,8475 ₺
Kasım	40	15	5,3676 ₺

4.6.3 Aylık Bazda Ham Blok Mermer Traverten Verileri

Ay	MİKTAR (1000 TON)	DEĞER (FOB $)	1 USD
Ocak	413	76	3,7783 ₺
Şubat	264	45	3,7871 ₺
Mart	297	54	3,8946 ₺
Nisan	460	88	4,0659 ₺
Mayıs	575	110	4,4422 ₺
Haziran	465	90	4,6397 ₺
Temmuz	467	88	4,7720 ₺
Ağustos	387	75	5,8222 ₺
Eylül	417	77	6,3503 ₺
Ekim	480	91	5,8475 ₺
Kasım	473	88	5,3676 ₺

4.7 Türkiye'nin Mermer İthalatı

Özellikle turizm ve konut alanında lüks projelere ev sahipliği yapan ülkemiz, bazı mermer ve doğaltaşları dışarıdan almaktadır. İthal edilen en önemli ürün ham granit ve işlenmiş granittir. Bir dönem Japonya ve Kore'den gelen düşük fiyatlı ürünler mermer ithalatına damga vurmuştur.

4.7.2 İthalat'ın Önündeki Zorluklar

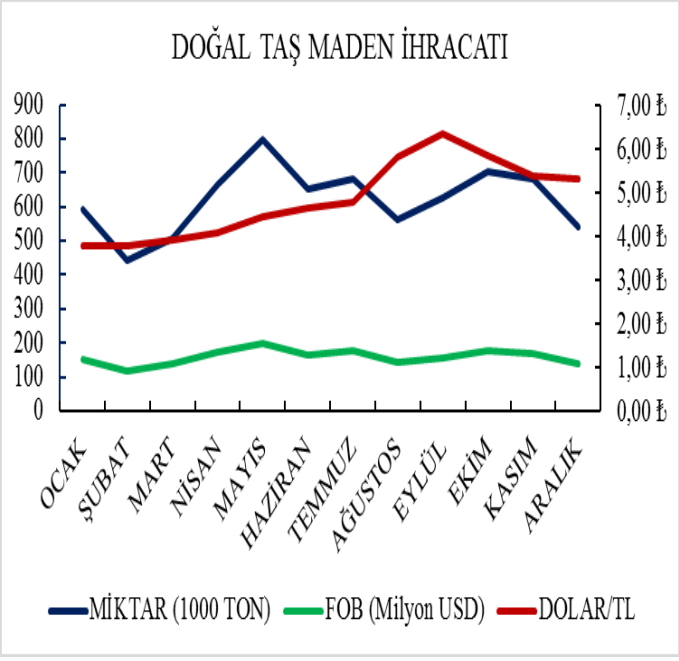
İthalatçı firmalar özelinde ve sektörün genelinde kur değişkenliklerine bağlı olarak yaşanacak en önemli zorluğun borç ödemelerinin zorlaşması olarak belirtebiliriz

6 SONUÇLAR

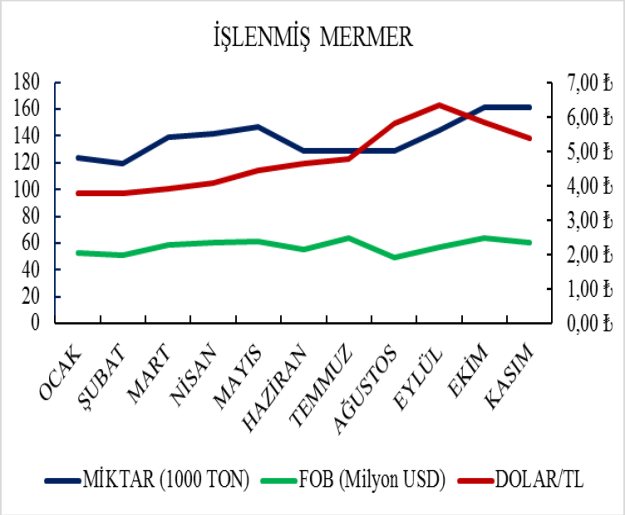
2017 yılında Türkiye'den yaklaşık 1 milyar 900 milyon dolarlık mermer ihracatı yapılmıştır(İMİB, 2018). Mermer ihracatının 2013 yılında 2 milyar 250 milyon dolara kadar çıkmıştır. Bu rakam sonraki yıllarda çeşitli nedenlerle düşüş göstererek 1 milyar 600 milyona kadar gerilemiştir. Fakat 2017'de 1 milyar 900 milyona çıkmıştır. Sektör bileşenlerinin 2018 yılı öngörüsü 2,5 milyar dolar olmasına rağmen son zamanlarda Çin ve Amerika ticaret savaşı, dünyadaki çeşitli olumsuz gelişmeler hafif de olsa sektörde duraklamaya neden olmuştur. Bunun geçici olduğu ve yakın zamanda tekrar yükselişe geçeceğini düşünülmektedir. En fazla yarı işlenmiş mermer ihracatının Çin Halk Cumhuriyeti'ne yapıldığını, az bir kısmının da Hindistan'a gittiği verilerle ortaya konulmuştur.

Blok ihracatın yerine işleyip satabilmek hem istihdamı arttırır hem de katma değer olarak yüksek girdi sağlayabilir. Bazı etkenler firmaları sektörde kolaya kaçmaya yönlendiriyor ve direkt olarak ham olarak satmaya götürüyor. Buna en iyi örnek İtalya'dır. Türk Mermercilik Sektörü, yüzde 40 rezerve sahip olmamıza rağmen İtalya kadar kar etmemektedir. Çünkü, İtalyanlar mermeri işleyerek pazarlamaktadır.
Küresel arenada tanıtım sorunumuz olduğu kadar, sektörümüzün kendi içindeki kabiliyetlerini de bir diğerine tanıtma ihtiyacı vardır. Türk mermeri dururken ithalattan şikâyet etmek yerine, kendi kabiliyetlerimizi daha etkin tanıtmalıyız. Yerlisi varken ithalata gerek yok ancak yerlimizi dahi bilmiyor olmak, gidermemiz gereken eksiğimizdir.

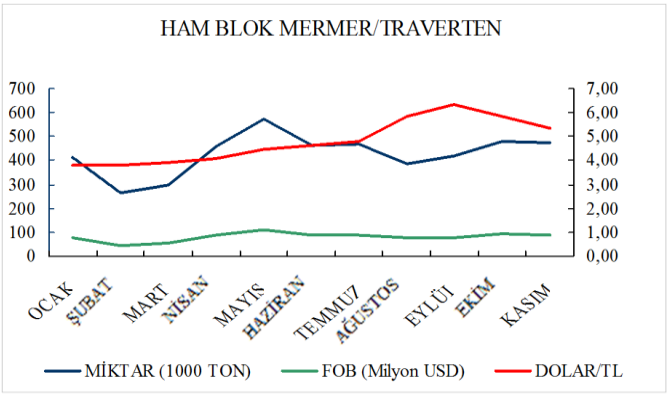
Türkiye ekonomisi, 2018 yılında ekonomik krizin kıyısından dönmüştür. 2019 yılı için ise hem iyimser hem de karamsar tahminler oluşturulmuştur. Bölgesindeki çatışmaları dengelemesi ve yapısal reformlara öncelik vermesi halinde 2019 yılı Türkiye için fazla karamsar görünmemektedir. Bunun yanı sıra toplumsal kutuplaşmanın düşürülmesi ve kamuda tasarruflara ağırlık verilmesi ekonominin elinin oldukça rahatlatacaktır. Dünya'nın en eski mermer ve doğaltaş üreticilerinden olan Türkiye'nin mermer sektöründe öncü durumda olması da bu sayılan sebeplerle paralel bir süreç olarak görünmektedir. Aslında kurun bir anda artışından ziyade değişkenliğinin süreklilik kazanması bir problem olmuştur. İthal girdi fiyatları ve maliyetler artmış. Bu da fiyatlara yansıyarak enflasyonu yükseltmiştir. Bu gelişme, kitlelerin satınalma gücünü düşürdüğü için talep daralmasına ve dolayısıyla üretimde düşüşe yol açmıştır. Peş peşe gelen bu etkilerle büyüme düşmüştür.



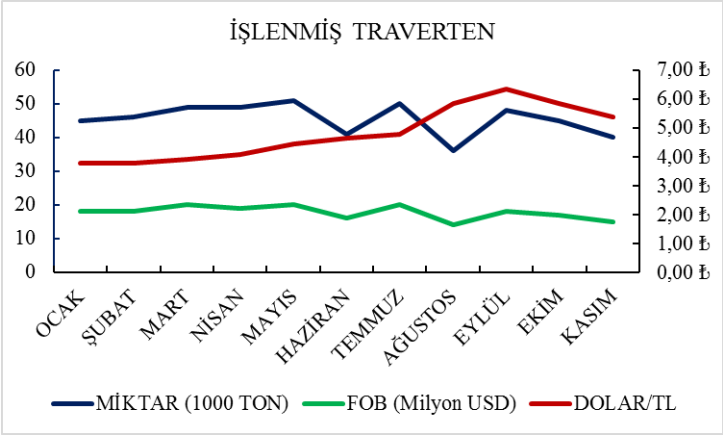
Aylara göre doğal taş grubu maden ihracatının dolar/tl paritesi ile değişimine bakılırsa, üretim miktarındaki değişimlere karşılık elde edilen gelirin önemli bir miktarda değişmediğini görüyoruz.



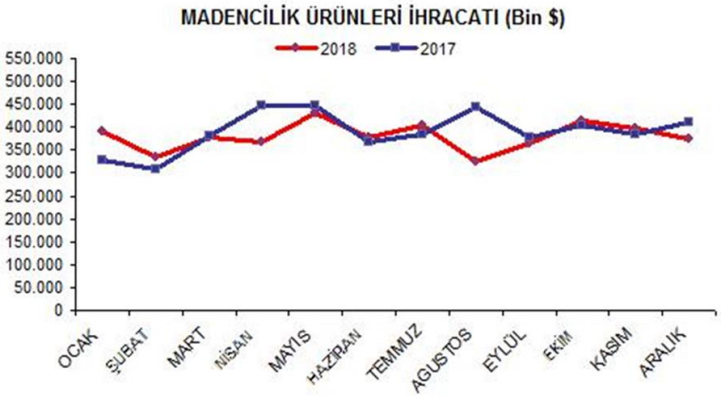
İşlenmiş Mermer üretimin özellikle ekonomik dalgalanmaların yaşandığı ve yaz mevsiminde bariz bir biçimde azaldığı, buna karşın döviz kurundaki toparlanmalarla beraber belirgin bir yükseliş göstererek yeniden ivme kazandığı yorumu yapılabilir.



Kabaca yontulmuş veya ham blok olarak üretilip satılan mermer-traverten verileri Ağustos ayındaki mevsimlik etkilerin yanı sıra, TL'de yaşanan değer kaybının sonuçlarını da göstermektedir. Nitekim, Haziran ve Ekim aylarında üretilen miktarlar farklı olmasına rağmen elde edilen gelir aynı olmuştur.



Artıyor olarak görülen işlenmiş traverten üretiminin seyrinde Ağustos ayındaki bariz düşüş kur etkisiyle açıklanmaktadır. Bu dönemde döviz kuruna bağlı olarak artan enerji ve ekipman maliyetleri üretimi kısa bir süreliğine durdursa da, mevsimlik bir etki olarak 9 günlük Kurban Bayramı tatili de dikkate alınmalıdır.



2017 ile 2018 yıllarının Madencilik ürünleri ihracatları birbirlerinden bazı aylarda farklı görünümler gösterse de son çeyrekte neredeyse birbirlerini yakalamışlardır.

2018 Kasım Türkiye ihracat ve ithalat genel verilerine göre, ihracat geçen yılın aynı dönemine göre yüzde 9,5 artışla 15,5 milyar

dolar oldu. Kasım ayında ithalat ise 16,1 milyar dolar olarak gerçekleşti. İhracatın ithalatı karşılama oranı yüzde 96,3 olarak açıklandı.

Sonuç olarak, Türk Lirası'nın Dolar karşısındaki değer kaybı, mermer ihracatımızda beklenen artışı 2018 özelinde yansıtamamıştır.

KAYNAKLAR

Apaydın Ş., 2015. Kısa Vadeli Sermaye Hareketlerinin İktisadi Dalgalanmalar Üzerindeki Etkileri: Kuramsal Bir Değerlendirme. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi.*, *5* (115-139)

Atasever G., 2017. Türkiye'de Seçimler Hükümet Değişiklikleri ve Makroekonomik Göstergeler,*SOBİDER*.http://www.sobider.com/Makaleler/1016182967_3600%20G%C3%BClbahar%20Atasever.pdf adresinden alındı.

Bütçe ve Mali Kontroller Genel Müdürlüğü, 2018. *"Yeni Ekonomi Programı"* https://www.bumko.gov.tr/Eklenti/11246,yeni-ekonomi programipdf.pdf?0&_tag1=03F8430E41D6C09174BC80D0975E9C5F93036164 adresinden alındı.

Dalğar H., Çelik İ., Tekşen Ö., Yılmaz T. 2017. Mermer Sektörü İşletmelerinin Muhasebe-Finansman Sorunları Ve Çözüm Önerileri Geliştirmeye Yönelik Bir Araştırma, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi,* Cilt 4, s. 178-188

Darıcan F.,(2013). Ekonomik Krizler Ve Türkiye. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi (İaüd),* http://dergipark.gov.tr/iaud/issue/30062/324554 adresinden alındı.

Gür N., Tatlıyer N., Dilek Ş., İstikbal D.,Yanartaş M., *"2018'de Ekonomi"* https://setav.org/assets/uploads/2018/12/Ekonomi_2018.pdf Erişim tarihi: Kasım 2018

Görmezöz G., 2007. "Türkiye Ekonomisinde Yaşanan Dalgalanmaların İstihdam Üzerindeki Etkisi Ve Olumsuz Etkilerin Azaltılmasına Yönelik Önlemler", *Uzmanlık Tezi,* İŞKUR, Ankara, s.14

Korkmaz E. 2016, Türkiye'de Doğal Taş Ve Mermer Madenciliği İle Dış Ticaret İlişkisi, *Paradigma* 1 (35-36)

İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, 2018. "*2017 Yılı Maden Sektörü Görünümü Raporu"* http://www.imib.org.tr/tr/ Erişim Tarihi: Kasım 2018

Sezgin Ş., 2017. Politik Bütçe Döngüleri Ve Türkiye'de Seçimler. *Journal of Life Economics, 4* (524-535)

Sönmez A., 2016. "Türkiye Maden Sektörü İhracatına Konjonktürel Faktörlerin Etkisi", *Yönetim ve Ekonomi,* Cilt 18. http://dergipark.gov.tr/download/article-file/222869 adresinden alındı. Erişim tarihi: Aralık 2018

Yardımlı ve Yardımsız Kesme Koşullarında Minyatür Konik Keski Performans Analizi

Miniature Conical Cutter Performance Analysis under Relieved and Unrelieved Cutting Conditions

D. Uygun, D. Tumaç
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışma kapsamında, Uşak Karahallı gri ve Uşak Karahallı beyaz mermer numuneleri üzerinde yardımsız 1,5, 2,5 ve 3,5 mm farklı kesme derinliklerinde ve yardımlı 2,5 mm sabit kesme derinliğinde 5, 10, 15 ve 20 mm keskiler arası mesafede keskiye etki eden kesme ve normal kuvvetler ile spesifik enerjinin belirlenmesi, karşılaştırılması ve konik keskilerin performans analizlerinin yapılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Edinilen veriler sayesinde 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, yardımlı kesme, yardımsız kesme, konik keski, kaya kesme

ABSTRACT In this study, experiments were carried out on Uşak Karahallı gray and Uşak Karahallı white marble samples to determine and compare specific energies with cutting and normal forces acting at different cutting depths of 1.5, 2.5 and 3.5 mm for relieved cutting conditions and constant 2.5 mm cutting depth for unrelieved cutting conditions with 5, 10, 15 and 20 mm cutting space. 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 taking into 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: mechanical excavation, relieved cutting, unrelieved cutting, conical cutter, rock cutting

1.GİRİŞ

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

Çalışma esnasında gerçekleştirilen deneyler PLCM'de uç açısı 85° olan minyatür konik keskiler kullanılarak yardımlı ve yardımsız 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) 11,0 ve 120,9 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. Ayrıca, bu bitirme çalışmasında, kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri kullanılarak ortaya konulan kesme kuvveti ve spesifik enerji yaklaşım formüllerine dair literatür taraması yapılmıştır.

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

Konik keskiler kaya ve kömür çıkartmak için tamburlu kesme makineleri, rodheaderlar bazen de tünel açma makinelerinde kullanılır. Genellikle sert ve yumuşak kayaçlar arasında kalan kayaç tiplerini kazmakta kullanılırlar. Genel olarak üç keski tipi mevcuttur. Bunlar forward attack, point attack ve radyal keskilerdir. Evans (1984), konik keskide maksimum kesme kuvvetini tahmin etmek için basınç ve çekme dayanımına bağlı bir model geliştirmiştir. Göktan (1997), Evans teorisini geliştirerek kaya ile kesici arasında sürtünme açısı değerini de denkleme ilave etti. Roxborough ve Liu (1995), Evans formülasyonunu point attack keskilerine göre geliştirmişlerdir. Bilgin ve diğ. (2006), konik keskilerin kesme performansını etkileyen baskın kayaç özellikleri üzerine bir araştırma yapmış, normal ve kesme kuvvetlerini tahmin etmek için bazı formülasyonlar bulmuştur.Üç boyutlu Parçacık Akış Analizi kodunu (PFC3D) kullanılmış ve Evans, Göktan, Roxborough'un teorisi ve laboratuar deneyleriyle ilgili bazı formülasyonları gözlemlemişlerdir.

Konik keskilerde kesme kuvvetine bazı parametler etki etmektedir. Bunlar uç çapı, skew ve attack açılarıdır. Uç çapının artması, uca etkiyen kuvvetin artmasına neden olmuştur.

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.

2.1Spesifik 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.

Optimum spesifik enerji

Keskiler arası mesafenin (s) kesme derinliğine (d) oranına (s/d) ait, en düşük spesifik enerjiyi veren optimum bir değer mevcuttur. 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

3.1Numuneler

Bu çalışmada Uşak Karahallı gri ve Uşak Karahallı beyaz mermer numuneleri kullanılmıştır. Kullanılan numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Numune özellikleri

Özellik	UKG	UKB
Yoğunluk (g/cm^3)	2,70	2,69
UCS (MPa)	70,2	63,8
BTS (MPa)	4,6	4,6
E_{sta} (GPa)	30,4	23,5
Statik Poisson Oranı	0,27	0,27
P Dalga Hızı (m/sn)	7013	6967
S Dalga Hızı (m/sn)	4484	3895
E_{dyn} (GPa)	124,3	102,9
Dinamik Poisson Oranı	0,15	0,26
Shore Sertliği	44,6	40,7
Schmidt Hammer Sertliği	58,5	56,4
CAI	1,32	1,56

UKG: Uşak Karahallı gri mermer, UKB: Uşak Karahallı beyaz mermer, UCS: Tek eksenli basınç dayanımı, BTS: Brazilian çekme dayanımı, E_{sta}: Statik elastisite modülü, E_{dyn}: Dinamik elastisite modülü CAI: Cerchar aşındırıcı indeksi

3.2Yöntem

Bu bitirme çalışması kapsamında kullanılan numuneler 112M859 numaralı TÜBİTAK projesi için geliştirilen taşınabilir doğrusal kazı setinde minyatür konik keski ile kesilmiştir.PLCM, Şekil 1'de görülmektedir. Bu deney yönteminin en önemli avantajı, tam boyutlu doğrusal kazı setine göre daha az numune ile çok daha kolay ve hızlı sonuç elde etmektir. Dezavantajı ise tam boyutlu kesme işleminde kullanılabilen ve kaya kütlesini temsil eden büyük blokların kullanılmasının mümkün olmamasıdır.

Kesme deneyleri için uç açısı 85° olan minyatür konik keski kullanılmıştır. Keski Şekil 2'de görülmektedir.

Şekil 1. Taşınabilir doğrusal kazı seti (PLCM)

Şekil 2. Minyatür konik keski

4. SONUÇLAR

Uşak Karahallı gri numunesi üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre, numune için minimum FN değeri yardımsız yapılan deneyde 1,5 mm kesme derinliğinde 95,9 kgf, maksimum kesme FN değeri ise 3,5 kesme derinliğinde 343,03 kgf, minimum FC değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 67,03 kgf, maksimum FC değeri 3,5 mm kesme derinliğinde 253,13 kgf, minimum F'N değeri 1,5 mm kesme derinliğinde 254,97 kgf, maksimum F'N değeri 3,5 mm kesme derinliğinde 864,1 kgf, minimum F'C değeri 1,5 mm kesme

derinliğinde 186,17 kgf, maksimum F'C değeri 3,5 mm kesme derinliğinde 694,53 kgf olduğu görülmüştür. Elde edilen verilerden görüldüğü üzere kesme derinliğinin artması ile FN, F'N, FC ve F'C değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Spesifik enerjinin ise kesme derinliği arttıkça düştüğü gözlemlenmiş ve maksimum değer 1,5 mm kesme derinliğinde 48,97 kWh/m^3 olduğu görülmüştür.

Uşak Karahallı gri numunesinde yapılan yardımlı kesme deneylerinde ise s/d oranı 2, 4, 6 ve 8 olacak şekilde yapılmış ve FN, FC, F'C VE F'N değerlerinin s/d oranı arttıkça arttığı görülmüştür. Maksimum değerler 20 mm kesme aralığında FN için 213 kgf, FC için 156,3 kgf, F'C için 362,5 kgf ve F'N için 510,2 kgf olduğu görülmektedir.Spesifik enerji ise s/d oranı 6'da en yüksek değerde olup 24,99 kWh/m^3'tür.

Uşak Karahallı beyaz numunesi üzerinde yapılan yardımsız deneylerde de kesiciye etki eden kuvvetlerin kesme aralığı ile doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Maksimum kuvvet değerlerin 3,5 mm kesme derinliğinde ve bu değerlerin sırasıysa FN, FC, F'N ve F'C olmak üzere 133,3, 99,87, 313,73 ve 246,53 kgf olduğu gözlemlenmiştir. Spesifik enerjide ise keskiye etki eden kuvvetler ile kesme derinliğinin arasında ters orantı olduğu görülmüş ve maksimum spesifik enerji değerinin 1,5 mm kesme derinliğinde 22,26 kWh/m^3 olduğu dikkati çekmiştir.

Uşak Karahallı beyaz numunesi üzerinde yapılan yardımlı deneylerde de s/d oranı ile kesme kuvvetleri arasında doğru orantı olduğu görülmüştür. Bu verilerden yola çıkarak keskiye etki eden FN, FC, F'N ve F'C kuvvetlerinin maksimum değerleri s/d oranı 8 iken sırasıyla 214,2, 159,83, 604,43 ve 462,87 kgf olduğu dikkati çekmiştir. Spesifik enerjinin ise s/d oranı 6 iken optimum olduğu ve 18,63 kWh/m^3 olduğu gözlenmiştir.

Yapılan deneylerin sonucu olarak her iki numune için de yardımlı ve yardımsız kesme koşullarında keskiye etki eden kuvvetler kesme derinliği arttıkça artmıştır. Spesifik enerjinin ise yardımsız deney koşullarında kesme derinliğiyle ters orantılı olarak arttığı, yardımlı deney koşullarında ise parabolik olarak hareket ettiği ve s/d oranın 6 iken optimum olduğu görülmüştür.

5. 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.

Evans I., 1984. A theory of the cutting force for point attack picks. *International Journal of Mining Engineering*, 2, s. 63–71.

Göktan RM., 1997. A suggested improvement on Evans cutting theory for conical bits. In: Gurgenci H, Hood M, editors. *Proceedings of the fourth international symposium on mine mechanization and automation, Brisbane, Queensland, vol. I*. p. A457–61.

Roxborough FF. ve Liu ZC., 1995. Theoretical considerations on pick shape in rock and coal cutting. In: Golosinski TS, editor. *Proceedings of the sixth underground operator's conference, Kalgoorlie, WA, Australia,* s. 189– 193.

Denizli Faber Traverten Ocağındaki Elmas Tel Kesme Makinelerinin Performans İncelemesi

Investigation of Performance of Diamond Wire Cutting Machines in Faber Travertine in Denizli

D. E. Baştak, D. Tumaç
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Doğal taş sektörün yüksek ihracat potansiyeli, teknolojik gelişmeleri ve iç piyasadaki kullanım oranındaki artışa bağlı olarak Türkiye ekonomisine önemli bir katkısı mevcuttur. Artan teknolojik gelişmeler ile birlikte sektör içerisinde rekabet ortamı üretim metotlarında hızlı ve güvenli üretimin tercih edilmesine ve buna bağlı olarak firmaların yıllık üretiminde artışa sebep olmuştur. Bu rekabet ortamıyla eski usül yöntemlerin yerini Elmas Boncuklu Tel Kesme ile üretim almıştır. Bu ve bunun gibi modern yöntemler ocaktaki üretimin artışına bağlı olarak firmaların gelirlerinde artış yaşanmasını sağlarken dolaylı olarak ülke ekonomisine de katkı sağlamaktaıdr. Bu metotların daha da geliştirilmesiyle çok daha güvenli, az kayıplı ve hızlı üretimin yapılmasına olanak sağlanacaktır. Elmas tel kesme sistemi yüksek kesme kapasitesi , ucuz maliyet, her çeşit doğal taşta uygulanabilme özelliği, kullanım kolaylığı gibi özellikleri ile diğer yöntemlerden daha avantajlı olabilen bir sistemdir. Bu çalışma kapsamında elmas boncuklu tel kesme makinelerinin performansları incelenecektir.
Anahtar Kelimeler: Doğal taş, elmas tel kesme, traverten.

ABSTRACT High export potential of the natural stone industry, technological developments and an important contribution to Turkey's economy due to the increase in the rate of use is available in the domestic market. Due to the increasing technological developments, competitive environment within the sector has led to rapid and safe production in the production methods and consequently increased the annual production of the firms. With this competitive environment, old-fashioned methods have been replaced with Diamond Bead Wire Cutting. These modern methods are increased the incomes of the firms due to the increase in the production of the furnace, while indirectly contributing to the national economy. With the further development of these methods, much safer, less lossy and faster production will be provided. Diamond wire cutting system is a system which can be more advantageous than other methods with its high cutting capacity, cheap cost, application in all kinds of marble, ease of use. In this study, the performances of diamond bead wire cutting machines will be examined in detail.
Keywords: Natural stone, diamond wire cutting, travertine.

1 GİRİŞ

Mermer yatakları dünyada en kaliteli ve zengin Alp kuşağında yer alan Akdeniz ülkelerinde bulunmaktadır. Ülkemizin coğrafi konumu gereğince bu kalitedeki yataklara sahiptir. Dünya rezervinin yaklaşık olarak %40'ı ülkemizde bulunmaktadır. Mermer yatakları 1985 yılında 3213 sayılı Maden Kanunun 2. Maddesinin b bendindeki II. Grup Madenlere eklendikten sonra üretim ve kullanımında artış olmuştur. Mermer ve doğal taşların mimari ve sanatsal alanda kullanımındaki artışa bağlı olarak üretim teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte elmas

boncuk tel kesme metodu hızla yaygınlaşmaya başlamıştır.

Mermer, işlem görmüş veya blok şekilde ihraç edilmektedir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yaptığı açıklamaya göre 2003-2016 yılları arasında doğal taş ihracatında % 333'lük bir artış meydana gelmiştir. Ayrıca ülkedeki rezerv potansiyelinin 4 milyar m^3 işlenebilir mermer, yaklaşık 3 milyar m^3 işlenebilir traverten ve 1 milyar m^3 granit olması da ihracatın gelişiminde önemli bir faktördür (ETKB,2017). İhracattaki artış, üretim için firmalar arası rekabete ve hızlı üretim metotlarının geliştirilmesine olanak sağlamıştır.

Ülkemizdeki mermer ocaklarına bakıldığında yaygın olarak daha hızlı üretim için elmas boncuk tel kesme makineleri ve/veya zincir kollu kesme makineleri kullanılmaktadır. Bu metotlar, üretimdeki kayıpların azalmasına ayrıca üretimin hızlanmasında önemli rol oynamaktadır. Üretim yapılacak olan ocağın özellikleri göz önüne alındığında elmas boncuk tel kesme makinelerinin kullanımı ve makinede kullanılacak olan elmas boncuk tellerin seçimi işletmelerin sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Elmas boncuk telin yanlış kullanımında; enerji ve su kaybı, zaman içinde istenmeyen aşınmalar, sarf malzemelerinde kayıplar yaşanmaktadır. Meydana gelen bu kayıplar, ocağın ve dolaylı yoldan ülke ekonomisinin olumsuz etkilenmesine neden olacak faktörlerdendir.

2 TÜRKİYE'NİN DOĞAL TAŞ POTANSİYELİ

Türkiye'de mermer sektörü 1980'li yıllardan sonra hızlı bir gelişme göstermiştir. Özellikle 1985 yılında Maden Kanunu kapsamına giren mermer ile birlikte yeni teknolojilerin gelişmesine de bir zemin hazırlanmıştır. Bu gelişmelerden sonra her geçen yıl bir önceki yıla kıyasla doğal taş sektörü biraz daha gelişmiştir.

Türkiye doğal taş sektörü; rezerv zenginliği, çeşitlilik, sektör deneyimi, ülkemizin coğrafi konumu ile deniz-kara ulaşımı sayesinde nakliye kolaylığı, dinamik sektör yapısı ve kullanılan yeni teknolojiler ile Dünya mermer piyasasında önemli bir yere sahiptir. T.C. Ticaret Bakanlığı'nın 2018 yılında yayınladığı Doğal Taşlar Sektör Raporuna göre, ülkemizin 5,1 milyar m^3 muhtemel mermer rezervi sahiptir. Bu rakamlara bakıldığında dünya rezervinin yaklaşık %35 – 40'ını ülkemiz oluşturmaktadır.

Ülkemizdeki doğal taş madenleri olarak; kristalin kalker yani mermer, kalker, traverten, breş, oniks, granit, serpantin ve diyorit gibi çeşitlilik mevcuttur. Türkiye'nin jeolojik yapısı itibariyle zengin bir doğal taş potansiyeline sahiptir. Başlıca doğal taş türlerine baktığımızda mermer, traverten ve graniti görmekteyiz.

Doğal Taşlar Sektör Raporuna göre, ülkemizin yıllık doğal taş üretimi yaklaşık olarak 12 milyon tondur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre, ülkemizdeki rezerv potansiyeline, teknolojik gelişmelere ve sektördeki talepler doğrultusunda firmaların yapmış oldukları üretim yıllar bazında artmaktadır. Ülkemizde doğal taş rezervi Trakya ve Anadolu boyunca yayılmıştır.

3 FABER TRAVERTEN OCAĞIN TANITIMI VE ARAZİ ÇALIŞMALARI

3.1 Ocakta Kullanılan Makineler

Denizli Faber Traverten ocağında blok üretimi için kullanılan birçok araç ve ekipman vardır. Bunlardan en önemlileri ise Elmas boncuklu tel kesme makineleri ve Zincirli kollu kesici makinelerdir.

3.1.1 Elmas Boncuk Tel Kesme Makinesi

Elmas tel kesme yöntemi ile blok üretiminin ana prensibi, traverten kütlesi içinde birbirine dik şekilde bağlantılı yatay ve dikey delikler delinip, elmas boncuk telin bu deliklerden geçirilerek, delikler arasında kalan traverten kütlesinde kesiminin yapılmasıdır. Bu işlemin ardından ana kütleden ayrılan üretilmek istenen traverten kütlesinin söküm aşamasına geçilmektedir. Delik delme işlemiyle açılan deliklerin hizasında makinenin kurulumunun ardından telin makine ile bağlantısı yapıldıktan sonra kesim işlemine başlanılır. Kasnak arkasındaki mesafenin kesim süresince tele yapılan eklemelerden dolayı sürekli değişmektedir. Elmas tel eklemeleri işleme başladıktan sonra makinenin her duruşunda yapılmakta ve kesme işlemi bu işlemin ardından tekrar başlamaktadır.

Faber traverten ocağında yapılan bir düşey kesim yaklaşık olarak iki vardiyada bitmektedir. Ocakta her zaman elmas

boncuklu tel kesme için 240 metre ekstradan elmas tel bulundurulmaktadır. Bunlar dörder adet 10 metre ve dörder adet 5 metre şeklinde muhafaza edilmektedir. Ayda 2000 m^3'lük üretim için 3 adet Dilmer köprülü elmas boncuklu tel kesme ve 4 adet Hidrobarsan raylı elmas boncuklu tel kesme makinesi çalışmaktadır.

3.1.2 Zincirli Kollu Kesici

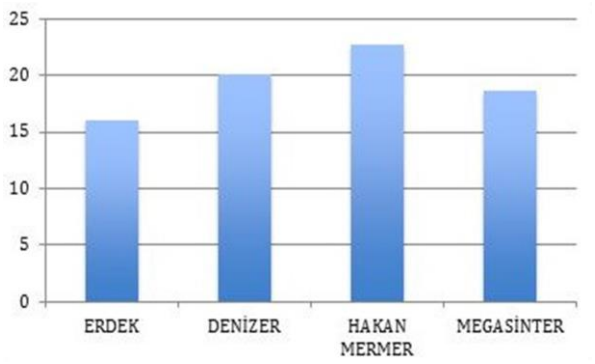
Ocakta 70 SUPER /H testere makinesi, Fantini marka zincir kollu kesici kullanılmaktadır. Fantini, 8 m derinliğe kadar düşey kesme kapasitesine sahiptir. Mermerlerde ve yüksek sertlik derecesine sahip taşlarda da yüksek performans elde edilir. Makine, elektrikli bir motor tarafından hareket ettirilen değişken debili ana pompaya sahip hidrolik bir tesisat tarafından çalıştırılmaktadır. Elektro-hidrolik kumandalar, farklı çalışma koşullarına uygun güç ve hız temin edilir. Fantini, soğutma suyuna ihtiyaç duymadan yatay ve düşey kesimler yapabilmektedir. Zincirli kollu kesicinin kesici kafası 8 metredir ancak kesim için ana kaya ile temas eden kısmı 7,20 metredir.

Makinelerde iki farklı pabuç ve elmas soket türü kullanılabilmektedir. Bunlar, geometrik şekillerine göre kare ve yıldız olarak birbirinden ayrılmaktadırlar. Faber mermer ocağında kullanılan fantini zincirli kollu kesicinin soketleri kare şeklindedir. Kare elmas soketler 8 köşeli olup bir köşe yıprandığı zaman çevrilerek maksimum 8 defa kullanılabilmektedir. Bu soketlerin bir köşesi yatay şekilde ortalama 20 m civarı kesim yapabilmektedir. Ancak aşırı yıpranmış soketlerin arka köşeleri kullanılamadığından kullanım sayısı yarıya düşebilmekte ya da tek kullanım sonunda yenisiyle değiştirilmektedir. Kesici kafada bulunan pabuçlar 1 numaradan başlayarak 10 numaraya kadar dizilmekte ve bu dizim periyodik olarak kendini tekrar etmektedir. 9 ve 10 numaralı kesiciler toz toplayıcı görevindedirler. Makinenin üzerinde birçok kontrol düğmesi ve göstergeler mevcuttur. Belirli aralıklarla makinenin daha iyi verim ile çalışması için devir ayarlamaları yapılması gerekmektedir.

4 SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Denizli Faber Traverten ocağında çalışılmış ve elmas boncuklu tel kesme makinelerinin farklı teller kullanılarak performans analizi yapılmıştır. Denizli Faber traverten ocağında üretim için iki çeşit makine kullanılmaktadır. Bu makineler; Dilmer Köprülü ve Hidrobarsan Raylı elmas boncuklu tel kesme makineleridir. Analizler yapılırken ocakta her bir makine için ayrı ayrı süreler tutulmuş olup iki makine içinde farklı zamanlarda belli teller kullanılarak makinelerin performansını sadece köprülü ve raylı olarak incelenmemiş aynı zamanda farklı tellerin aynı makinedeki performansı da belirlenmiştir.

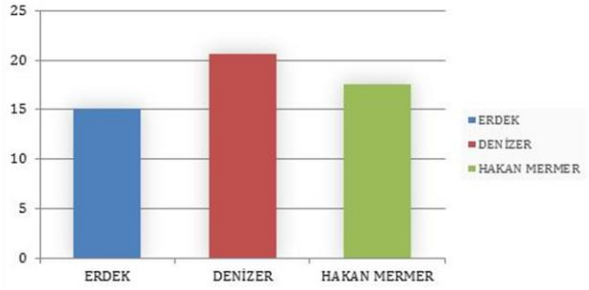
Yapılan analizlerin sonucunda, Dilmer Köprülü elmas boncuk tel kesme makinesinde dört ayrı tel kullanılarak yatay kesim yapılmıştır. Bu kesimlerde kullanılan Erdek marka tel ile yapılan kesimlerde ortalama 16,02 m^2/saat, Denizer marka telde 20,10 m^2/saat, Hakan mermer marka telde 22,70 m^2/saat ve Megasinter marka telde 18,69 m^2/saat şeklindedir (Şekil 1). Bu verilerden anlaşıldığı gibi Erdek marka telin kesim performansı diğer tellere oranla daha hızlı kesim yapabilmektedir.



Şekil 1: Yatay kesim tel performansı

Dilmer marka köprülü elmas boncuklu tel kesme makinesinin düşey kesim işlemlerinde kullanılan tellerin ortalama performanslar Şekil 2'de verilmiştir. Grafikten yola çıkarak, Erdek marka telin 15,12 m^2/sa, Denizer marka telin 20,64 m^2/sa ve son olarak Hakan Mermer marka telin düşey kesim tel performans ortalamasının 17,58 m^2/sa şeklindedir. Sonuç olarak, ocakta düşey kesim için kullanılan bu üç farklı telden, Erdek marka tel performans olarak daha hızlıdır. Fakat tellerin metalurjik

özellikleri bilinmediği için teller arasında bu tarz bir kıyaslama yapılamamaktadır.



Şekil 2: Düşey kesim tel performans ortalaması

Yapılan bu analizler sonucunda, tellerin metalurjik özellikleri bilinmediğinden sadece kesim hızlarına göre Erdek marka telin ocakta kesim için en iyi performansı sağladığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu tezin konusunu bana verip, ardından da engin bilgi ve deneyimlerini benimle cömertçe paylaşan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Deniz TUMAÇ'a ilgisi, desteği ve yardımları için candan teşekkür ediyorum. Bugünlere gelmemde en büyük rolün sahibi olan ve her şeyimi borçlu olduğum Sevgili Aileme, daima yanımda oldukları için minnet borçluyum. Ailemin her bir ferdine, burada isimlerini tek tek saymadan ayrı ayrı teşekkürlerimi sunuyorum, iyi ki varlar...

Ailemden birisi gibi olan ve küçüklüğümden beri gereksinim duyduğum her zaman desteğini gördüğüm, Fenerbahçe Spor Kulübü'nün efsane başkanı Sayın Aziz YILDIRIM'a da candan teşekkürü bir borç biliyorum.

KAYNAKLAR

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Doğal Taşlar. http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Taslar. Erişim Tarihi: 20.09.2018

T.C. Ticaret Bakanlığı, Doğal Taşlar Sektör Raporu.https://www.ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Dogal_Taslar.pdf. Erişim Tarihi: 22.09.2018

Altaş, Z., 2006, Üçtepeler Traverten Ocağının İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Sayfa 24, Yüksek Lisans Tezi, Adana..

Dilmer.com.tr., 2018, Dilmer Makina. http://dilmermakina.com.tr/ Erişim Tarihi: 10.10.2018

Support System Analysis in Eti Küre Copper Mine Production Galleries

Eti Küre Bakır Madeninin Üretim Galerilerindeki Tahkimat Sistemi Etüdü

E. Birsen, H. Tunçdemir.

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ABSTRACT Firstly the information was given about Eti Küre Copper Mine Operations specialized in Bakibaba mine section. Production galleries of it is also studied and analysed. At first, general geological and geographical features of the mining area are carried out. Apart from Bakibaba, general information about Aşıköy mine and its production methods and history is also given. Production method of the Bakibaba underground mine and the selection and application of the support systems applied in the production galleries are explained and monitored. The support systems used in production galleries for Bakibaba underground copper mine were examined in terms of work-time analyses. The work time analyses data is collected and given and the average application time of the support systems applied in a production gallery is specified. The results of work time analyses was monitored and listed. The factors affecting the support application time were determined discussed.

ÖZET Bu bildiride öncelikle Eti Küre Bakır İşletmeleri ve Bakibaba madeni hakkında bilgi verilmiş ve üretim galerilerindeki tahkimat sistemleri incelenmiştir. İşletme bölgesinin genel jeolojik ve coğrafik özelliklerinden bahsedilmiş, Bakibaba dışında Aşıköy madeni ve üretim yöntemleri ve tarihi hakkında da genel bilgi verilmiştir. Bunlarla birlikte, Bakibaba yeraltı bakır madeninin üretim yöntemi ve üretim galerilerinde uygulanan tahkimat sistemleri seçimi ve uygulaması ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Bakibaba yeraltı bakır madeni üretim galerilerinde kazı ve tahkimat döngüsü takip edilmiş, kullanılan tahkimat sistemleri iş zaman etüdü yaparak incelenmiştir. Bu iş zaman etüdü verileri yapılan tahkimat açısından sınıflandırılmış ve bir üretim galerisinde uygulanan tahkimat sistemlerinin ortalama uygulama süresi belirlenmiştir. Sonuçta, üretim galerilerindeki tahkimat işlerini ve süresini etkileyen faktörler belirlenerek listenlenmiş ve irdelenmiştir.

1 INTRODUCTION

Support system in galleries is fundamental for it provides a safe work are for people and equipments. 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.

Bakibaba Copper Mine is located 30 km from the town of Inebolu, 60 km from the center of Kastamonu, 400 km far away from Ankara (Figure 1).

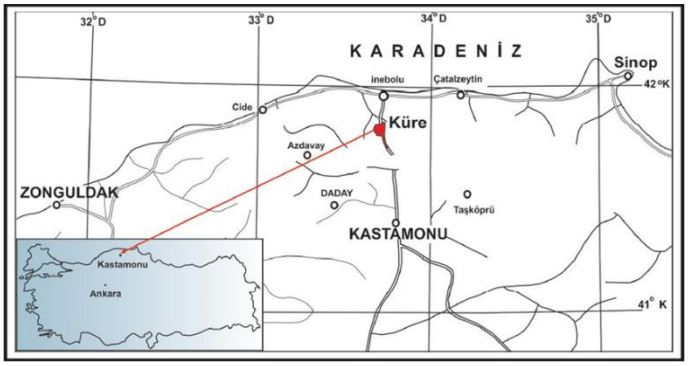


Figure 1. Location of the Eti Küre Copper Mine

Basalt black shale units are the main mineralization forms in in the Küre deposits. According to researches, the basalts located in Küre, identified as the mid-oceanic ridge formation basalts. Black shales as basalts, acts as footwall and mostly hanging wall to the massive sulfide bodies. Some ore bodies are discovered in the black shales, or on the basalts, and they are also found on the basalts which are covered by black shales from the top. The black shale contains massive ore bands of pyrite and chalcopyrite where the ore is thin and overlying the massive sulfide ore. Hydrothermal processes are the main reason of Küre massive sulphide deposits (Altun, 2015; *MTA*, 2015).

Bakibaba Underground Copper Mine production method of underground mining in Eti Küre Copper mine is combination of sublevel caving-cut and cut-fill 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. At Eti Copper Co., supports systems are carried out separately for development and production galleries. While in development galleries shotcrete and wire

mesh support systems are used, in production galleries shotcrete, wire mesh and rock bolts are used. Studies have been done to determine what support system will be used in Bakibaba Underground Mine. The support system used in the mine is decided according to the research and calculations of;

- Determination of drill holes taking into consideration
- Rock quality desgination (RQD)
- Rock structure rating (RSR)
- Rock mass rating (RMR)
- Q system

Table 1. Q-RMR comparison

Block Name	RQD	RMR	Q Index	Bieniawski	% Difference
Average	74,5	67	7,4	62,01	7,44
Block 1	65,8	58	4,84	58,19	-0,33
Block 2	67,9	63	6,044	60,19	4,45
Block 3	81,1	69	11,57	66,03	4,29
Block 4	79	69	8,77	63,55	7,89
Block 5	68,9	60	3,40	55,03	8,27

According to calculation, as can be seen on the Table 1, as a result of the two approaches, the difference is less than 10% and the calculations are considered successful. As a result of these calculations, the shotcrete application thickness, the use of steel mesh and the distances between rock bolts have been determined.

3 SUPPORT SYSTEMS in PRODUCTION GALLERIES

In production galleries, supporting systems are provided with shotcrete, wire mesh and split set.

3.1 Shotcrete

In each process of shotcere 4 meters of progress is done. First shotcrete application made in the gallery surface has a thickness 7 cm. After the shotcrete 2 hours is awaited fot it to dry. Then, second shotcrete is applied on the wire mesh.With the second layer of shotcrete and wire mesh thickness reaches up to 20-25 cm. Shotcrete operation is making with Meyco Cobra and Normet Ultimec The shotcrete sprayer machine is shown in Figure 2.

Figure 2. Meyco Cobra Shotcrete Machine

LF-mixer for production section. The mixer machine that fed the Meyco Cobra is shown in Figure 3.

Figure 3. Normet Mixer

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 Application

3.2 Wire Mesh

The wire meshes described are anchored flexible steel nets used for slope stabilisation. Mine mesh offers protection to the miners from loose scaling in the mines. Wire mesh is the second support system used in production galleries.

Figure 5. Wire Mesh Application

Wire meshes are applied after shotcrete application. It is applied between first and second shotcrete operation. Picture of operation wire mesh is shown in Figure 5.

3.3 Split Set

Split set is steel rod inserted in a hole drilled into the hangingwall or sidewalls of a rock formation to provide support to the roof or sides of the cavity in underground mining. Depending on the ground condition requirements the length and their spacing of the bolts can be varied. Drilling process of rock bolt will begin at least 2 hours after the application of shotcrete. Split set operations are making with Atlas Copco Bolthec MT. Machine for bolt application is shown in Figure 6. After the 1 set of split set, one arch

Figure 6. Boltec Machine-Atlas Copco Bolthec MT

is completed.

Picture of operation split set is shown in Figure 7.

Figure 7. Split Set Application

4 WORK-TIME ANALYSIS IN PRODUCTION GALLERIES

In production galleries, the support system application consist four different application; shotcrete, wire mesh, second layer of shotcrete, and then split sets. All of these steps take time and work, according to the application method and surrounding conditions. In this chapter, there are site investigation results of time analysis of studied production galleries.

The performance measurement of first layer of shotcrete with a thickness of 7 cm in the 510 level north 2 gallery is presented in Table 2.

Table 2. 510 Level North 2 Shotcrete Spraying Time of First Layer

Location	Shotcrete Application Time
510 Level North 2	25’18’’

Second support application is wire mesh. After the first shotcrete operation there is two hours of freezing time then wire mesh is applied. To cover one arch of support 3 wire mesh is applied. Wire mesh measurements are 5x2, 15 m. The performance measurement of wire mesh application in the 510 level north 2 gallery is presented in Table 3.

Table 3. 510 Level North 2 Wire Mesh times

	Number of Mesh	Stating Time (min)	Finishing Time (min)
Preparation		00’00’’	04’37’’
	1	07’08’’	16’55’’
	2	20’20’’	35’05’’
	3	53’49’’	79’34’’
	4	83’40’’	93’39’’
	5	96’24’’	106’09’’

The third support application is secondary shotcrete application. After the first layer, two hours of freezing time and wire mesh application, it is time for the next layer of shotcrete. Second layer of shotcrete time takes longer than the first layer because the planned shotcrete thickness is thicker according to company standards. The performance measurement of second layer shotcrete with a thickness of 12 cm

application in the 510 level north 2 gallery is presented in Table 4.

Table 4. 510 Level North 2 Second Layer Shotcrete

Location	Shotcrete Application Time
510 Level North 2	75’28’’

Fourth application of support is split set. 9 bolt sets are placed on the Atlas Copco Bolthec MT. One arch of split set application consists of 9 bolts with a distance of 1.2 meters between bolts. The performance measurement of split set application in the 510 level north 2 gallery is shown in Table 5.

Table 5. Split Set Application Time

	Number of Bolt	Stating Time (min)	Finishing Time (min)
Preparation		00’00’’	08’53’’
	1	00’00’’	02’47’’
	2	03’27’’	07’08’’
	3	08’03’’	12’14’’
	4	13’49’’	16’57’’
	5	17’43’’	20’49’’
	6	21’32’’	24’52’’
	7	25’45’’	28’09’’
	8	29’19’’	31’42’’
	9	32’39’’	35’59’’

Total support system application time of the gallery in 510 level north 2 is 4 hours 11 minutes and 47 seconds. Distribution of the four different support application times to the total time is shown in the Figure 8.

The study has been repeated and studied for galleries of 490 Level North 4 and 545 Level South 13. The data required are shown in the theses.

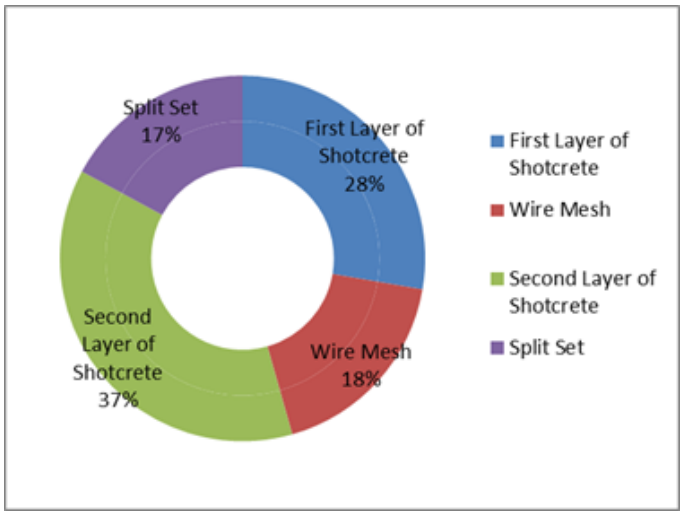


Figure 8. 510 level North 2 Time Chart

5 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.

Firstly shotcrete application for the first and second layer has been separately investigated. The first layer shotcrete

application times are; for 510 Level North 2 gallery, 1518 seconds, for 490 Level North 4 gallery, 1120 seconds and 545 Level South 13 gallery, 1365 seconds. The average time for the first layer of shotcrete is 1334 seconds.

The second layer of shotcrete application times are; for 510 Level North 2 gallery, 4528 seconds, for 490 Level North 4 gallery, 4773 seconds and 545 Level South 13 gallery, 4432 seconds. The average time for second layer of shotcrete is 4578 seconds.

Wire mesh application has been observed in three different production galleries. Application times are measured as; for 510 Level North 2 gallery, 6369 seconds, for 490 Level North 4 gallery, 3802 seconds and 545 Level South 13 gallery, 3685 seconds. The average time for each arch; for 510 Level North 2 gallery, 2815 seconds, for 490 Level North 4 gallery, 2399 seconds and 545 Level South 13 gallery, 1676 seconds. The average time for one arch of wire mesh application is 2297 seconds according to the site investigation.

Split set application times are measured three different production galleries. Split set operation times are; for 510 Level North 2 gallery, 2692 seconds, for 490 Level North 4 gallery, 2587 seconds and 545 Level South 13 gallery, 2555 seconds. The average of three measurements is 2611 seconds. According all of this data, the average time distribution of all the different support systems used in Eti Küre Copper Mine are shown in the Figure 7.

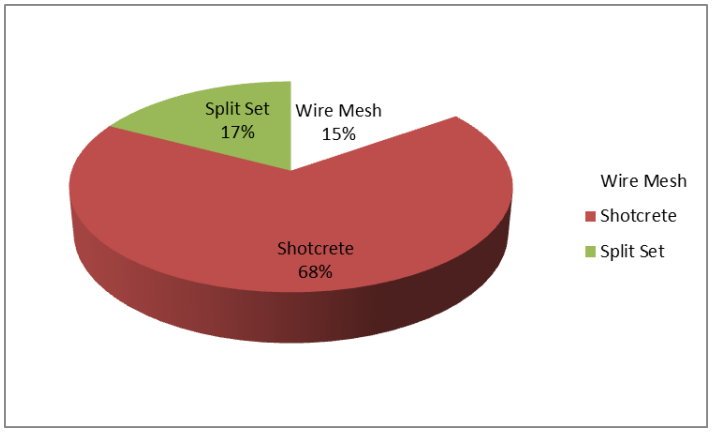


Figure 7. Chart display each support system's time.

Parameters that affect work time analyses in Eti Küre Copper Mine; number of worker, distance of operation areas, surface condition, operators ability of using the machine, operating in primary or secondary gallery because of the strenght of sidewalls effects the application.

THANKS

I would like to thank my advisor Assoc. Prof. Dr. Hakan TUNÇDEMİR, whom during the preparation process of my graduation project, shared his knowledge and experience, and always helped me. I would like to thank and all my teachers who have contributed to me. I offer my gratitude to my FAMILY, who were always on my side. I would also like to thank Mesude İrem ODABAŞI and Begüm

KORKMAZ, who have been with me during my years at the university, who have spent good times with me and have helped me throughout my university education. I would like to thank Eti Copper Co. Küre employees and especially to Ali EROL and Nuğman DERECİ for their help and their assistance.

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.

İmbat Madencilik Eynez Ocağı Havalandırma Sisteminin İncelenmesi

Investigation of Imbat Mining Eynez Center Ventilation System

Muhammet Serhat Toktaş, Abdullah Fişne, Anıl Soylu *(İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi,Maden Mühendisliği, İstanbul)*

ÖZET

Havalandırma sisteminin incelebilmesi ocak havası bileşenleri olan gazlar açıklanmış ve değerlendirme indeksleri tanıtılmıştır. Havalandırma sisteminin de havanın kalitesi bakımdan yorumlanabilmesi için İmbat Madencilik bünyesinde kurulu yer altı sensör sistemlerinden aktarılan gaz verileri kullanılarak kömürün kendiliğinden yanmaya maruz kalıp kalmadığı, bakımından ocağın durumu incelenmiştir. Havalandırma sisteminin de ocağa gönderilecek hava miktarının incelenebilmesi için havalandırma sisteminde ocaklara gönderilecek hava miktarını saptamak amacıyla ilgili plana bağlı kalarak çalışanların solunumu, yayılan gaz hacmi, toz miktarı, dizel araçlardan yayılan gaz hacmi ve hava hızı limitlerine bağlı olarak ocağın hava ihtiyacı hesaplanmış ve ocağa gönderilen hava miktarının yeterlilik analizi yapılmıştır.

İmbat Madencilik Soma Eynez kömür ocağının nitelik bakımdan incelenebilmesi için merkezi gaz ölçüm biriminden 01.06.2018-30.06.2018 tarihleri arasındaki gaz ölçüm değerler alınmış. Havalandırma sisteminin ocağa gönderilecek olan hava miktarının da incelenebilmesi için hava hızı ölçümü, kesit alanı ölçümü, basınç ve sıcaklık ölçümü 09.07.2018-27.07.2018 tarihleri arasında yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Havalandırma, Yeraltı, Gaz, İmbat

ABSTRACT

The ventilation systems can be examined and the gases which are the components of the minig air are explained and evaluation indices are introduced. In order to be able to interpret the air quality of the ventilation system, Imbat Mining has been examined to determine whether the coal is subjected to spontaneous combustion by using the gas data transferred from underground sensor systems. In order to determine the amount of air to be sent to the mining in the ventilation system, to determine the amount of air to be sent to the mining in the ventilation system; The qualification analysis of the amount was made.
Keywords: Ventilation, Underground, Gases,Imbat

1.GİRİŞ

Yeraltında bulunan doğal kaynakları yeryüzüne çıkarmanın ilk koşulu, yeraltındaki çalışma yerlerinde güvenli ve rahat çalışma koşullarının oluşturulmasıdır. Bu da ancak yeterli miktardaki temiz havayı yeraltına göndermekle sağlanmaktadır. Bu işleme "madenlerde havalandırma" adı verilmektedir. Yer altı kömür ocakları, zorlu çalışma koşulları ve tehlikeli ortamlarıyla bilinirler. Birçok kaza, karbon monoksit, sülfür oksit gibi zehirli ya da metan gibi yanıcı ve patlayıcı tehlikesi olan gazların ocak havasında ani yükselmeleriyle meydana gelir. Bu tür kazaların önlenebilmesi ve kaza olmadan önce gerekli müdahalelerin yapılabilmesi için havanın ocak içindeki panolara ve galerilere düzgün bir şekilde dağıtılması ve yeraltı açıklığında bulunan havanın özelliklerinin bilinmesi, kontrollerinin sürekli yapılması ve sonuçlarının mantıklı bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir.

2.İMBAT MADENCİLİK SOMA EYNEZ YERALTI OCAĞI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

İmbat Madencilik Enerji Turizm Sanayi ve Ticaret A.Ş. 07.02.2002 tarihinde kurulmuş olup Manisa ili, Soma ilçesi, Eynez havzasında bulunmaktadır.

İşletmede, 2009'dan beri devrede olan, Merkezi Gaz İzleme ve Erken Uyarı Sistemi (Senturion 500) ile ocak havası gün boyunca gözlenebilmektedir. Ocak havasında; oksijen %19'un altına indiğinde, karbonmonoksit %0,005'in (50 ppm) üzerine çıktığında,

karbondioksit %0,125'in üzerine çıktığında ve metan %0,7'in üzerine çıktığında Merkezi Gaz İzleme Sistemi alarm vererek yer altını sesli olarak uyarmakta, kontrol odasındaki operatör bu alarmı hem görüntülü hem de sesli olarak almaktadır.

Projenin çalışma sahasında birbiriyle irtibatı sağlanmış iki ocak bulunmaktadır. Birinci ocak, 2 desandre ile güney panolarının hava giriş ve çıkışının sağlandığı noktada, ikinci ocak ise 2 desandre ve bir hava çıkışının yapıldığı nefeslik ile doğu panolarının temiz hava girişinin sağlandığı noktada yeryüzüne bağlanmaktadır.(İmbat Madencilik,2018)

3.OCAK HAVASININ BİLEŞENLERİ

Dünya atmosferinin doğal havasının gaz içeriği genel olarak hacimce %78,08 azot (N_2) , %20,95 oksijen (O_2) , %0,93 argon (Ar) , %0,03 karbondioksit (CO_2) ve %0,01 diğer gazların karışımından oluşmaktadır. Ayrıca hava içinde daima değişen miktarlarda su buharı bulunur. Bu miktar hacimce %1 civarındadır.

Doğal atmosfer havasının bileşenlerine ilave olarak yer altı madencilik çalışmaları sırasında açığa çıkan ve/veya oluşan gazlar ile tozlar ve su buharının oluşturduğu karışım "ocak havası" olarak adlandırılır.

Ocağa kuyu ve galeriler yoluyla girerek üretim yerlerine ulaşan havaya "Giriş Havası", kuyu ve galeriler yoluyla ocağı terk eden havaya da "Çıkış Havası veya Dönüş Havası" denir,(Ökten ve Fişne,2010)

3.1 Ocak Havasının Değerlendirilmesi

Ocak havası değerlendirilmesinde verileri, ısınma, yangın ya da patlama ve patlamaya sebep olunabilecek olan olaylar yorumlanırken izlenen atmosferin patlayabilirliği hesaplanıp eğimi belirlenmeli ve grafiksel olarak gösterilmelidir

Gaz analiz sonuçlarının sistematik bir şekilde yorumlanması, yangın indeksleri olarak bilinen güçlü bir araç gerektirir. Yirminci yüzyılın başından bu yana, birçok oran ve çeşitli içerikteki gaz bileşimleri yangın gazlarının yorumlanmasında yardımcı olması önerilmiştir (Ray ve diğ., 2004). Bu oranlara örnek olarak bu çalışmada da sunulacak olan Graham İndeksi, Young İndeksi, CO_2/CO Oranı, $N_2/(CO+CO_2)$ Oranı, CO/CO_2 Oranı, CO Oluşumu ve CO Oranı, Jones-Trickett Oranı, C/H Oranı, Litton Oranı ve Hidrokarbon Oranı verilebilir. (Ray ve diğ., 2004).

3.2.Ocak İklimi

Ocak iklimininin iyileştirilmesinden söz edilmesinin nedeni, üretim faaliyetlerinden ayrı işçilerin sağlığı veya ‘‘konfor’’ dur. Sağlıklı bir ortam içinse kısaca ocak havasının ısısı olarak tariflenen ‘sıcaklık ve rutubetin’ belirli sınırlar içinde tutulması gerekir. Kontrol edilmesi gereken başka bir husus ise hava hızıdır. Arıtan ve *diğ.*,(2017)

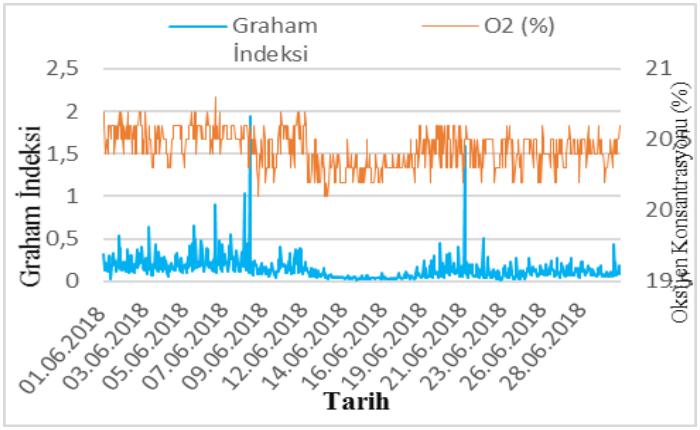
3.3.Ocağa Verilecek Hava Miktarının Belirlenmesi

Ocağa yeterli temiz hava gönderilmemesi karşılığında, ortam havasında mevcut oksijen miktarının azalması ve buna karşın zararlı gaz ve toz konsantrasyonunun artması ile sonuçlanır. Bu sonuç çalışan sağlığını ve çalışma verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Boğulma, yanma ve patlama gibi iş kazaları için uygun ortam oluşturmaktadır Yeterli hava verilmemesine benzer bir biçimde ocağa fazla hava verilmesi de olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Hava kaçaklarının artması, kömür ve pirit mineralinin oksidasyonunu hızlandırır, toz miktarında artmaya sebep olur soğuma etkisi çalışanları rahatsız eder ve havalandırma maliyetleri artar. Bu sebeplerden ötürü üretim ve hazırlık çalışmalarının bulunduğu ocak bölümlerine gönderilmesi gereken hava miktarının önceden planlanması çok önemlidir. Planlamanın bağlı olduğu bazı parametreler aşağıdaki gibidir. (Ayvazoğlu, 1986)

- Çalışanların solunumu
- Yayılan gaz hacmi
- Oluşan toz miktarı
- Yeraltı patlayıcı madde miktarı
- Yeraltı dizel araçlarından yayılan gaz hacmi
- Hava hızı limitleri

4.GENEL DEĞERLENDİRME

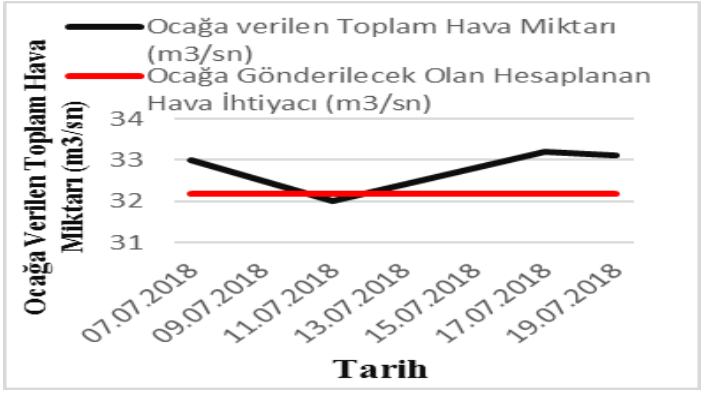
Şekil 4.1’de İmbat madencilik merkezi gaz izleme sistemi tarafından yapılan +400 kotunda 01.06.2018-30.06.2018 tarihleri arasında yapılan ölçümlerin sonuçlarını değerlendirilmesi ile havanın gaz kalitesi bakımından incelenilmesi yapılmıştır.



Şekil 4.1:01.06.2018-30.06.2018 tarihleri arasında +400 kotunda Graham İndeksi ile O_2 ilişkisi

Çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığınca O_2 için belirlenmiş mevzuattaki sınır değer %19 ‘dur. İmbat madencilikteki sensör alarm değerinde %19 ‘dur. Şekil 4.1 verilen grafikte O_2 konsantrasyonu %19’un altına inmemiştir. Grafikte verilen ölçüm sonuçları Graham indeksi ile değerlendirildiğinde yangın oluşumunun beklenmeyeceği bir ortamın olduğunu göstermektedir.

İmbat Madencilik Soma Eynez Yeraltı Kömür Ocağı’nın hava ihtiyacının hesaplanmasında kullanılan parametreler; çalışanların solunumu, yayılan gaz hacmi, oluşan toz miktarı, dizel araçlardan yayılan gaz hacmi ve hava hızı limitleri olarak belirlenmiştir. Ocağın hava ihtiyacı, belirlenen değerler içerisinde en büyüğüne eşdeğerdir. Birinci ocak için hava ihtiyacını hesaplayacak olursak; birinci ocak için en büyük değerin hava hızı değerlerine göre hesaplanan hava miktarı olduğu bulunur. Şekil 4.2’de birinci ocak için hesaplanan hava miktarı ve ocağa verilen toplam hava miktarı gösterilmiştir



Şekil 4.2:Birinci ocağa verilen hava miktarı ve ocak için gerekli hava miktarı

Şekil 4.2 de verilen grafikte 07.07.2018-19.07.2018 tarihleri arasında birinci ocağa gönderilen hava miktarları 32,1 m^3/sn ile 33,2 m^3/sn olarak değişmektedir. Grafikten de görüldüğü üzere ocağa gönderilecek olan hava miktarı 11.07.2018 tarihinde ocağa gönderilecek olan hava ihtiyacı ocağa gönderilen hava miktarını geçmektedir bu tarihte ocaktaki oksijen konsantrasyon değerine bakıldığında mevzuattaki sınır değerininin altına inmediği ve ocaktaki yeterli oksijen miktarının karşılandığı sonucuna varırız. Grafikten de görülüğü üzere diğer tarihlerde ocağa gönderilen hava miktarı ocak için hesaplanan hava miktarını geçmektedir Bunun sonucu olarak ocağa yeterli miktarda hava gönderildiği sonucuna varılır.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İmbat Madencilik Eynez ocağı havalandırma sistemini nitelik olarak inceleyecek olursak İmbat Madencilik gaz izleme birimi tarafından 01.06.2018-30.06.2018 ocak hava çıkışında bulunan gaz sensör ölçüm sonuçlarını yorumlarız. hesaplanan Graham indeksini incelediğimizde ortalamanın 0,51886 olduğu bulunur, bu değer oksidasyon varlığı ve gelişimi göstergesidir. 01.06.2018-30.06.2018 tarihleri arasında verilen ölçüm sonuçlarında O_2 konsantrasyonu mevzuattaki sınır değerini olan %19'un altına hiç inmemiştir. CO konsantrasyonu mevzuattaki sınır değeri olan %0,0005 (50 ppm) 'in üstüne iki ölçümde çıkmış.CH_4 ise mevzuattaki sınır değeri olan %1,5 'in üstüne hiç çıkmamıştır.

Ocağa gönderilen hava miktarı yeterlilik analizi İmbat madencilik tarafından yapılan ölçüm sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

Birinci ocak için gerekli hava miktarı 32,178 m^3/sn olarak bulunmuş, ocağa gönderilen hava miktarının yeterlilik analizi yapılabilmesi için İmbat madencilik tarafından verilen ölçüm sonuçları ile hesaplanan gerekli hava miktarı karşılaştırılmıştır. Ocağa fazla hava verilmesi sonucunda hava kaçaklarının artması sonucu olarak kömür oksidasyonu oranında artış gerçekleşir, bu bakımdan belirlenen tarihler aralığındaki Graham indeksi değerleri kontrol edildiğinde ocakta ciddi bir oksidasyon oluşumu gözlenilmediği görülür. Bunun sonucu olarak ocağa yeterli miktarda hava gönderildiği sonucuna varılır.

TEŞEKKÜR

13 Mayıs 2014 tarihinde gerçekleşen Soma faciasından sonra iş güvenliği hususundaki çalışmalarını yakinen takip ettiğim ve iş güvenliği konusunun önemini anlamamı sağlayan bitirme çalışmasının ortaya çıkması konusunda emeklerini esirgemeyen tez danışmanım Doç.te. Abdullah FİŞNE 'ye ve lisans hayatım boyunca her zaman bilgi ve deneyimini konusunda her zaman beni destekleyen Doç.Dr. Hakan TUNÇDEMİR'e ve deneyimlerini paylaşan tüm bölüm hocalarıma teşekkürlerimi arz ederim.

KAYNAKLAR

Arıtan, A.E., Tümer, M., Şensöğüt. C., 2017. *"Yeraltı Linyit Kömür Madeninde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi"* Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi s.363-369

Ayvazoğlu, E., 1986. *"Madenlerde Havalandırma ve Emniyet",* İ.T.Ü. Maden Fakültesi ofset baskı atölyesi

İmbat Madencilik Enerji Turizm San. ve Tic. A.Ş. *"Tanıtım Kitapçığı Stajer Mühendisler"* Manisa 2018

Ökten, G. ve Fişne, A., 2010. *"Madenlerde Havalandırma",* Maden Mühendisliği Bölümü, İTÜ Maden Fakültesi, Bölüm 5, s. 28-63.

Ray, S.K., Singh, R.P., Sahay, N., Verma, N.K., 2004. *"Assessing the status of sealed fire in underground coal mines. J. Sci. Ind. Res"*. 63, 579–591.

Eti Bakır A.Ş. Kastamonu Küre Yeraltı Bakır Madeninin Havalandırma Sisteminin İncelenmesi

Investigation of Ventilation System of Eti Bakır Inc. Kastamonu Küre Underground Copper Mining

N. Kapıcıoğlu, A. Fişne
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Istanbul

ÖZET Eti Bakır A.Ş. Küre Bakır madeninin havalandırma sistemi bitirme teziyle incelenmiştir. Tezde ilk olarak yeraltı maden işletmesi tanıtılmıştır ve ocak hakkında ve havalandırma sistemi hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Madenin hava ihtiyacının farklı gereksinimler açısından incelenmiştir ve işçi sayısı, üretim, dizel motorların gücü ve patlayıcı madde miktarlarına göre hava miktarının yeterli olup olmadığı belirlenmiştir. Ocakta kullanılan vantilatörler ve vantüplerin özellikleri incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: havalandırma, tali havalandırma, vantilatör, hava gereksinimi

ABSTRACT Eti Bakır Company Küre Copper mine's ventilation system was investigated in this study. Firstly, underground mining operation was introduced in the thesis and general information was given about the hearth and the ventilation system. The air requirement of the mine is calculated in terms of different approaches and it has been determined whether the amount of air is sufficient according to the number of workers, production, power of diesel engines and the amount of explosives. Ventilators and ventilators used in the stove were investigated.
Keywords: ventilation, secondary ventilation, fan, air requirement

1 GİRİŞ

1.1 Eti Bakır A.Ş. Küre Yeraltı İşletmesi Hakkında Genel Bilgiler

Bu çalışma, Eti Bakır A.Ş. Küre bakır madeninin havalandırma sisteminin incelenmesi amacıyla, Eylül – Aralık 2018 tarihleri arasında yapılmıştır.

Eti Bakır A.Ş. Küre işletmesinde yeraltı madenciliği ile yılda 1.350.000 ton Tüvenan Bakır Cevheri, 170.000 ton Bakır Konsantresi ve 400.000 ton Pirit Konsantresi üretimi yapılıyor. Küre'de üretilen bakır, ülke ihtiyacının % 8-9'unu karşılamaktadır. (Eti Bakır A.Ş. , tarih yok).

Küre, Kastamonu'ya bağlı bir ilçedir. İlçenin geçim kaynağı madenciliktir. İlçe mülki arazisi dağlık ve sarp bir yapıya sahiptir. Küre ilçesinin kurulması bakır madeni sayesindedir. İlçenin tarihi ilk çağın derinliklerine kadar uzanmaktadır. Bakibaba cevher birçok medeniyet tarafından önemli miktarda işletilmiştir(Güner, 1980). Son olarak 2004 yılında Cengiz Holding tarafından devir alınan Küre İşletmesi, bu tarihten itibaren faaliyetlerine Holding çatısı altında devam etmektedir.

1.2 Yeraltında Yapılan İşler

Kastamonu Küre İşletmesi'nde 3 açık ve 1 yeraltı madeni ile üretime başlamıştır. Günümüzde açık ocak üretimi tamamlanmış üretim sadece yeraltından yapılmaktadır. Yeraltı ocağı Bakibaba, Aşıköy-1 ve Aşıköy-2 olmak üzere üç sektörden oluşmaktadır. Ancak üretim sadece Bakibaba'dan yapılmaktadır(Demir, Yılmaz, & Şen, 2016). İşletmede üretim yöntemi olarak arakatlı göçertme yöntemi uygulanmaktadır.

1.2.1 Delme ve patlatma işleri

Eti Bakır A.Ş. de hazırlık ve üretim işlerinde ayna, serbest yüzey (slot) ve sıra delgisi olmak üzere 3 ayrı şekilde delgi

gerçekleştirilmektedir. Ayna delgilerindeki delikler 48 mm, 64 mm ve 102 mm çaplarında delinmektedir. Delik uzunlukları ise 4,30 m, 3,70 m, 2,80 m ve 1,80 m dir. Dış etkenler, üretim hedefleri ve kayaç yapısı da göz önüne alınarak 6,70 m x 4,70 m boyutlarında cevherde açılacak galeri için uygun patern planlanmıştır. Yapılan hesaplamalarda paralel orta kesme yönteminin çalışmaya en uygun yöntem olacağı görülmüştür. İşletmede delme çalışmaları için gösterilen Atlas Copco Rocket Boomer 282 ve gösterilmekte olan Atlas Copco ME7C kullanılmaktadır.

1.2.2 Tahkimat ve dolgu

Ocakta arakatlı göçertme yönteminden farklı olarak dolgu işlemi yapılmaktadır. CWF (Çimentolu pasa dolgu), Pastefill (macun dolgu) ve pasa dolgu olmak üzere 3 tane dolgu malzemesi kullanılmaktadır. Üretim galerilerinden cevher alındıktan sonra katlar arası göçertilir ve göçük alınarak barikat yapılır. Bu işlem birincil galerileride yapılmaktadır. Barikat yapıldıktan sonra pastefill ya da cwf dolgu uygulanır. Bakibaba yeraltı maden ocağında kullanılan tahkimat sistemleri; kaya bulonları, çelik hasır, püskürtme beton, çelik bağlardır.

2 YERALTI OCAĞININ ANA HAVALANDIRMA SİSTEMİ

Madenlerde havalandırma; yeraltına gönderilen havanın hareket yönünün, miktarının, kalitesinin, sıcaklık ve nem içeriğinin müsaade edilen sınır değerlerde olmasının kontrol edilmesini kapsar.

2.1 Mevcut Havalandırma Sistemi ve Yeraltı Maden Ocağının Yeryüzü Bağlantıları

Eti Bakır A.Ş. Küre yeraltı maden ocağına toplam 250 m3/s'lik temiz hava 2 şekilde girmektedir. Bunlar; 775 (Ana Giriş) ve kuyudur.

Temiz havanın büyük çoğunluğunun ocağa kuyudan girmektedir. Kuyudan giren havanın 5 bağlantısının yetişemediği yerlere RBM ile hava kuyuları açılmaktadır. 775 kotundan giren hava ise ocağın geriye kalan temiz hava ihtiyacını karşılamaktadır. Ocağa giren temiz hava üretim galerine desandrelerle ya da ana yol veya rampalar vasıtasıyla ulaştırılmaktadır.

Eti Bakır A.Ş. Küre yeraltı maden ocağından kirli havanın çıkışı için olan bağlantılar ise; 794 kotu (Ana Çıkış), 911 ve 920 kotlarıdır. Kirlenen hava maden ocağını çapı 2,6 ve 1,8 metre olan tahkimatsız egzoz kuyularından ve 794 kotundaki ocak girişinden terk eder.

Kirli havanın büyük çoğunluğu 794 girişinde paralel olarak bağlanan 2 tane 250 kW'lık Cogemacoustic marka emici fan ile ocaktan dışarı atılır. Bu fanlar ile 190 m3/s kirli hava egzoz kuyusundan ve rampadan emiş yapılmaktadır. Bir diğer kirli hava çıkış kotu olan 911 kotunda ise paralel bağlanan 3 tane 90 kW'lık Cogemacoustic marka ana fan emici iş yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Kapasitesi ise 78 m3/s'dir. Bu kottan gelen kirli hava toplanarak 1080 kotuna gönderilir ve buradaki havalandırma kuyusundan ocak dışına çıkmaktadır.

Mevcut havalandirma sisteminde havalandirma kuyulari, vantüple havalandirma, vantilatörler ve havalandirma kapilari mevcuttur(Eti Bakır A.Ş).

2.2 Ana Havalandırma Sisteminde Kullanılan Vantilatörler ve Özellikleri

Kuyu giriş ve çıkışlarında yer alan vantilatörler veya ana vantilatörler, havalandırma sistemlerinden geçen tüm havanın ocak içerisine girmesini sağlar. Ocak içinde kullanılacak vantilatör, ocak ömrü boyunca kullanılacak olduğundan hava-basınç miktarı gereksinimlerini en iyi şekilde karşılayacak olmalıdır(Yalçın, 2017).

2.2.1 Ana vantilatörler

Küre Bakır A.Ş. yer altı madeninde ana havalandırmayı sağlaması amacıyla 794 kotundaki girişte bulunan 2x250 kW'lık Cogemacoustic marka fanlar bulunmaktadır.

Şekil 2.1. Cogemacoustic Marka 250 KW'lık Fan.

Çizelge 2.1. 250 kW'lık Ana Fan Teknik Özellikleri.

Marka	Cogemacoustic
Güç	250 kW
Hava akışı	85 m^3/s
Toplam basınç	4000Pa
Voltaj	400 V
Akım	428 A
Devir sayısı	1490 devir/dk
Frekans	50 hz

Eti Bakır Küre işletmesinde kullanılan diğer ana fan Cogemacoustic markalı 3×90 kW'lık fanlardır. Bu fanlar, paralel olarak 920 kotundaki çıkışa yakın olan 911 kotunda bulunmaktadır.

Çizelge 2.2. 90 kW Ana Fan Teknik Özellikleri.

Marka	Cogemacoustic
Güç	90 kW
Hava akışı	25 m^3/s
Toplam basınç	2500Pa
Voltaj	400 V
Akım	157 A
Devir sayısı	2975 devir/dk
Frekans	50 hz

3 OCAĞIN HAVA İHTİYACININ FARKLI GEREKSİNİMLER AÇISINDAN İNCELENMESİ

3.1 Gerekli Hava Miktarının Hesaplanması

Çalışılan cevherin cinsi ve diğer faktörler, ocağın havalandırılması için gereken hava miktarını etkiler. Hava miktarının belirlenmesi; kullanılan araçların gaz emisyonları, ocaktaki maksimum işçi sayısı, yayılan gazların miktarı, üretim miktarı, patlayıcı madde tüketimi ve toz konsantrasyonu gibi ölçütlere dayanmaktadır.

Ocak havalandırması için gerekli hava miktarı hesap parametreleri; ocakta çalışanların sayısına, ocak gazlarına, toz oluşumuna, kullanılan patlayıcı madde miktarına, dizel araç gücüne, ocaktaki diğer tesisler, hava hızı sınır değerine ve yayılan ısı miktarına göre hesaplamadır(Güyagüler, 1991).

3.2 Mevcut Havalandırma Sisteminin İncelenmesi

Eti Bakır A.Ş. Küre yeraltı madeninde SIA 196 normlarına göre gereken temiz hava miktarı hesaplanmış ve bu hesaplamaya dayanarak yeraltına temiz hava ulaştırmak için proje hazırlanmıştır ve havalandırma ölçümleri ile de bu hesapların kontrolü sağlanmaktadır. Küre yeraltı işletmesini için üç kriter esas alınarak maden için gerekli temiz hava miktarı hesabı yapılmaktadır.

3.2.1 Dizel makineler için hesaplama

Yeraltında düzenli çalışmakta olan 46 makine hava gereksinimi; makinelerin toplam gücü 3.657 kW, makine verimlilik faktörü ve 1 kW için gerekli olan hava miktarının çarpılması ile bulunmaktadır. Ocaktaki makineler için toplam hava gereksinimi 162,17 m^3/s'dir. (Eti Bakır A.Ş).

3.2.2 Çalışanların hava ihtiyacı

Vardiyada çalışan kişi sayısı maksimum 100 olarak kabul edilmiştir. Çalışan sayısı ile 0,003 m3/s çapıldığında toplam hava ihtiyacı bulunmaktadır. Ocakta çalışanlar için gereken hava miktarı 0,3 m^3/s'dir. (Eti Bakır A.Ş).

3.2.3 Patlatma sonrası hava ihtiyacı

Aynada kullanılan patlayıcı miktarı, galeri hacmi ve 0,14 çarpılmaktadır ve sonuç havalandırma süresine bölünmektedir. Bu işlem sonrasında patlayıcılar için gereken hava miktarı 6,8 m^3/s'dir. (Eti Bakır A.Ş).

4 TALİ HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ

4.1 Tali Olarak Havalandırılan Yerler ve Özellikleri

Kapalı işletmede ana havalandırma şebekesi dışında kalan yani normal havalandırmanın ulaşamadığı galeri, kuyu, lağım vb. yerlerin ana havalandırma ile irtibatlı olarak temiz hava tarafına kurulan ek havalandırma düzenleri ile havalandırılmasıdır. İkincil havalandırma olarak da adlandırılır. Bu tür havalandırmada tali vantilatör (ikincil vantilatör) kullanılır(Olgun, Gültek, & Bulgurcu, 2015).

4.2 Tali Havalandırma Sisteminde Kullanılan Vantilatörler Ve Özellikleri

4.2.1 Tali vantilatörler

Yeraltı maden Ocağında 29 adet yardımcı vantilatör bulunmaktadır. Hali hazırda bekletilen yedek vantilatörlerde mevcuttur ama bunlar henüz kullanılmamaktadır. Yer altı ocağında en çok kullanılan tali vantilatörler 37 kW'lık vantilatörlerdir.

Şekil 3.1. Cogemacoustic Marka 37 kW'lık Tali Fan.

Çizelge 3.1. 37 kW Tali Fan Teknik Özellikleri.

Marka	Cogemacoustic
Güç	37 kW
Hava akışı	11 m^3/s
Toplam basınç	2400Pa
Voltaj	400 V
Akım	66.7 A
Devir sayısı	2950 devir/dk
Frekans	50 hz

5 SONUÇLAR

Eti Bakır A.Ş. Küre bakır madeninin ana havalandırma sistemi incelenmiştir. Bakibaba yer altı madeninde havalandırma için kullanılan vantilatörler emici sistemdir. 2 adet 250 kW gücünde paralel bağlı fanlar ve 3 adet de 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 14 tane 37 kW tali fanlar kullanılmaktadır.

Madene gereken temiz hava ihtiyacı belirlenirken dizel makineler, yeraltında çalışan kişi sayısı ve patlatma sonrasında oluşan gazın dağıtılması için gerekli hava miktarı dikkate alınır. Madende en çok hava ihtiyacı olan ise dizel araçlardır. Yapılan hesaplamalarla birlikte dizel araçların ihtiyaç duyduğu hava miktarı 162,17 m^3/s bulunmuştur. Fakat madenin derinleşmesiyle birlikte hava ihtiyacı da artmıştır. Sonuç olarak ocağa giren toplam temiz hava 249,97 m^3/s'dir.

KAYNAKLAR

Demir, G., Yılmaz, M., & Şen, M. (2016). Eti Bakır A.Ş. Küre Yeraltı İşletmesi'nde Gerçekleştirilen Patlatma Uygulamalarının İncelenmesi. *Madencilik*, 53-62.

Eti Bakır A.Ş. (tarih yok). Eti Bakır A.Ş. Küre İşletmesi Havalandırma Yönergesi . Eti Bakır A.Ş.

Eti Bakır A.Ş. (tarih yok). Eti Bakır A.Ş.: http://etibakir.com.tr/tesisler/kure-isletmesi/ adresinden alındı

Güner, M. (1980). Küre Civarının Masif Sülfit Yatakları ve Jeolojisi, Pontidler (Kuzey Türkiye). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 93(93,94). Dergi Park. adresinden alındı

Güyagüler, T. (1991). *Ocak Havalandırması.* Ankara: TMMOB Maden Mühendisleri Odası.

Olgun, B., Gültek, S., & Bulgurcu, H. (2015). Yeraltı Maden Ocaklarında Havalandırma Kriteri. *12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. İzmir: Makine Mühendisleri Odası.

Yalçın, E. (2017). *Yeraltı Havalandırması.* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.

Fantini Marka Zincir Kollu Kesicinin Performans Analizi Ve Traverten Ocağında Kombine Sistem

Performance Analysis Of Fantini Chainsaw Machine and Combined System In Travertine Quarry

Oğuzhan Özen, Deniz TUMAÇ
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Jeolojik yapısından dolayı ülkemiz doğal taş açısından zengin ve önemli derecede kaliteli rezervlere sahiptir. Ülkenin bu jeolojik konumundan dolayı, doğal taş üretim miktarının ve üretim hızının artarak ülke ekonomisini olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Bu araştırmada doğal taş blok üretiminde önemli bir yere sahip olan zincir kollu kesici ile kesme işleminin analizi yapılmış ve kesim süresinin kısaltılabilmesi için gerekli olan yöntemler incelenmiştir. Zincir kollu kesici ile kesme işleminde yatay ve dikey olarak iki şekilde kesme yapılabilmektedir. Dikey kesme işlemi ayrıntılı olarak farklı kademeler dikkate alınarak veriler toplanılmıştır ve buna ek olarak diğer makinelerden de veriler alınarak kombine sistem oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Zincir kollu kesici, yatay kesme, dikey kesme.

ABSTRACT Due to its geological structure, our country has rich and significant quality reserves in terms of natural stone. Due to this geological position of the country, the amount of natural stone production and the rate of production are expected to increase and positively affect the country's economy. In this study, the analysis of the cutting process with chainsaw machine, which has an important place in the production of natural stone blocks, was made and the methods necessary to shorten the cutting time were investigated. Cutting can be done horizontally and vertically in the process of cutting with chainsaw machines. The vertical cutting process has been taken into consideration in detail in different stages, and in addition, the combined system has been formed by taking the data from other machines.

Keywords: Chainsaw machine , vertically cut, horizantal cut.

1 GİRİŞ

Dünya ekonomisinde çok büyük bir yere sahip olan maden sektörü aynı zamanda ülkelerin kalkınması ve gelişmesinde de önemli bir rol üstlenmektedir. Dünyada birçok maden çıkartılmakta ve bu madenler işlenerek hayatımızın neredeyse her anında kullandığımız araç ve gereçlerin olmazsa olmazı durumuna gelmektedir. Bu kadar çeşitli madenlerin olması, aynı zamanda oluşma yerlerinin, zamanlarının ve şekillerinin farklılık göstermesi üretim alanında da farklılıklara neden olmaktadır. Örneğin; bir mermer işletmesinin kullandığı araç ve gereçler kömür işletmesinde yer alamayacak kadar farklıdır aynı zamanda ocağın açılması, yolları, şev açıları ve basamak boyları da çok fazla farklılık göstermektedir. Genel olarak mermer, granit ve traverten işletmelerinde kullanılan blok üretimde öne çıkan araçlar elmas tel kesiciler, delik delme makinaları ve zincirli kollu kesicilerdir. Özellikle zincirli kollu kesiciler mermer üretiminde ekonomiklik ve hız açısından önemli bir yere sahip olmaktadır. Bu çalışmada Fantini marka zincir kollu kesicinin dikey kesimi yapılırken ki verimi Denizli ilindeki Faber şirketinin Traverten ocağında incelenmiştir.

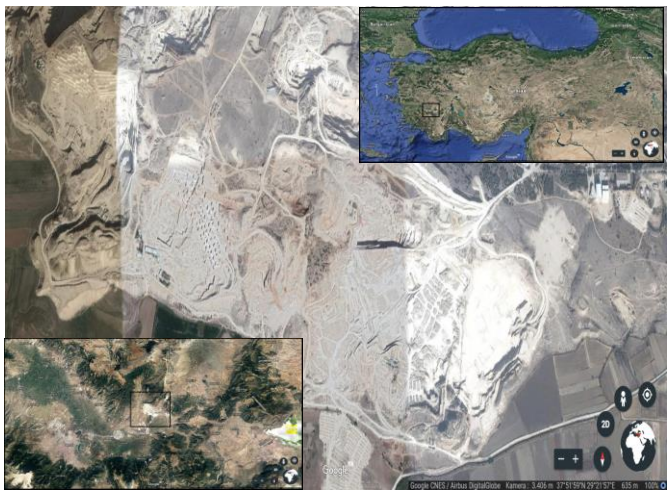
2 DOĞALTAŞ POTANSİYELİ

Yeryüzü, içerisinde kimyasal bileşikler ve inorganik elementlerin bulunduğu kaya kütlelerinden oluşmaktadır. Kayaçların tanımı, kaya kütlelerinin içerisinde bulunan minerallerin bir araya gelerek mineral toplulukları oluşturması olarak yapılabilmektedir. Dünya üzerinde 2000'den daha fazla mineralin var olduğu bilinmektedir ancak bu minerallerden sadece %1 ile %2'lik kısmı kayaç yapıcı özelliğe sahiptir. Kayaç yapıcı minerallere yani silikat minerallerine örnek verildiğinde kuvars, mika, piroksen ve feldispat ön plana çıkmaktadır. Silikat olmayan mineraller ise yerkabuğunun sadece %8'lik kısmını oluşturmaktadırlar. Bu mineraller genelde sedimanter kayaçların oluşumunda yer almaktadır. Silikat olmayan minerallere örnek verecek olursak kalsit, dolomit, hematit, magnetit ve halit önemli sayılabilecek minerallerdendir. Doğal taş olarak adlandırılan kayaç türleri yeryüzünde oldukça fazla kullanılan, değerli sayılabilecek kayaç türleri arasındadır. Mermer, granit, kuvarsit ve traverteni doğal taşlara örnek olarak gösterilebilir. Kayaçları, kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre sınıflandırmak mümkün olabilmektedir. Ancak genel bir sınıflandırma için oluşum şekillerine göre sınıflandırma yapmak genelde tercih edilen bir yöntemdir. Doğal taş rezervlerini ele aldığımızda öne çıkan ülkeler Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye, İran ve Pakistan olduğu görülmektedir (Korkmaz, 2017). Türkiye, Dünya rezervinin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Türkiye'de yapılan gerek jeolojik gerekse de jeofizik araştırmalarda, 700'e yakın renk ve dokuda mermer çeşidinin bulunduğu belirlenmiştir. Bu araştırmalara dayanarak ülkemizde bulunan en yaygın doğal taş türlerimiz, çeşitli renk ve desenlerde kristalin kalker (mermer), kalker, traverten oluşumlu kalker (oniks), konglomera, breş ve magmatik kökenli kayaçlardır. Türkiye'de üretimi olan ve dünya çapında çok fazla ilgi gören birçok tanınmış mermer çeşitlerine örnek olarak, Elazığ Vişne, Denizli Traverten, Ege Bordo ve Afyon Şekerdir (Erkanol, 2007).

3 OCAK HAKKINDA BİLGİ VE ARAZİ ÇALIŞMASI

3.1 Ocak Hakkında Bilgi

Tesiste blok mermer üretimi yapıldıktan sonra özelliklerine göre gruplara ayrılmaktadır. Ocak 5 kademeden oluşmakla birlikte, bu kademelerin boyunun 7 ile 8 metre arasında değiştiği gözlemlenmektedir. En alt kademenin daha önce yapılan ölçüm ve deneylerle yaklaşık olarak 1.800.000, en üst kademenin ise 1.200.000 yaşında olduğu ortaya çıkmaktadır. Ocakta su ihtiyacı yeraltı sularının mevcut oluşundan dolayı buradan temin edilmektedir. Üretilen blokların ortalama 3 m^3 olduğu, genel verimin %8 - %10 arasında olduğu ve kazı ilerlemesi kademeli olarak üç yönde (güneydoğu, kuzeybatı ve kuzeydoğu) olduğu gözlenmektedir. İşletmenin yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Denizli Faber Traverten Ocağının Yer Bulduru Haritası

3.2 Üretimde Kullanılan Makineler

Dilmer marka elmas tel kesme makinesi, Hidrobarsan marka sondaj makinesi ve ek olarak Fantini marka zincir kollu kesici kullanılmaktadır.

3.2.1. Dilmer Marka Elmas Tel Kesme Makinesi

Krom – nikel alaşımlı her biri 61 ince telden oluşan 7 adet telin burulması ile çelik tel elde edilmektedir. Yaylar**,** boncuklar arasına dizilmiş çelik özellikli elastik elemanlardır. Dış çapı 8 mm olup, uzunluğu 20 – 30 mm arasında değişmektedir. Yaylar paslanmaz çelik telin bükülüp özel ısıl işlemden geçirilmesi yolu ile üretilmektedir. Kesim süresince telde olabilecek ani gerilmeleri azaltmak ve de boncukların tel üzerinde kaymasını önlemek için kullanılmaktadır. Çizelge 1'de elmas tel kesme makinesinin performansı çizelge halinde gösterilmiştir.

Çizelge 1. Elmas Tel Kesme Makinesi Performansı

Kesim Yüzeyi	Genişlik (m)	Yanal Yükseklik (m)	Yatay Uzunluk (m)	Kesilen Alan (m²)	Süre(s)	Saatlik Kesim Hızı (m²/sn)
Yatay Kesim	12,5	-	12	150	8,41	17,83
Dikey Kesim	12,5	7	-	87,5	5,03	17,39
Dikey Kesim	12,5	7	-	87,5	6,66	13,13

3.2.2. Hidrobarsan Marka Sondaj Makinesi

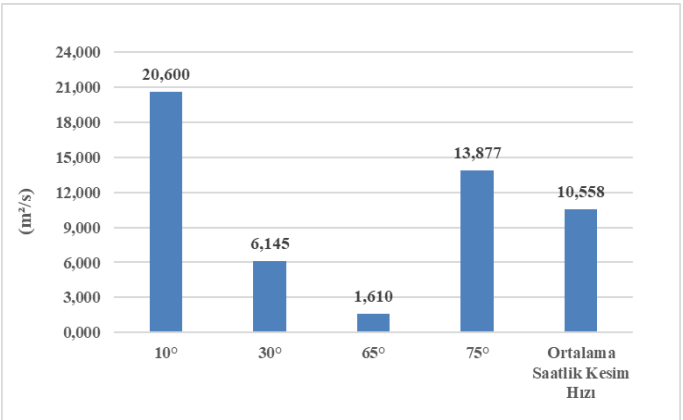
Makina komprasör modeli TH-3300 olup çalışma basıncı 11 bar, motor gücü 50 kW/68 Hp'dır. Yürüyüş için pancar motor kullanılırken delgi işini yaptıran komprasörlü motordur. İşletmede kullanılan rock makinasının kafa kısmı 800 mm, tij çapı 90 mm ve tij boyu ortalama 185 cm'dir. Ocakta yapılan rock delgisinin ortalama olarak 12 dakika altında olması istenilmektedir. Kademe boyuna göre ocakta delinecek delik boyutu değişmektedir. Kademe boyundan 2 metre fazla delinen deliğin amacı delikte meydana gelecek göçük ve dolmalara karşı önlem amaçlıdır. Mermer blok üretimi için yapılan ilk işlem delik delmedir. Çizelge 2'de sondaj makinesinin performansı gösterilmektedir.

Çizelge 2. Sondaj Makinesi Performansı

1.Yatay Delme İşlemi		2.Yatay Delme İşlemi		1.Dikey Delme İşlemi		2.Dikey Delme İşlemi	
Tij Boyu (m)	Delme Süresi (s)	Tij Boyu (m)	Delme Süresi (s)	Tij Boyu (m)	Delme Süresi (s)	Tij Boyu (m)	Delme Süresi(s)
1,86	0,25	1,86	0,29	1,86	0,19	1,86	0,19
1,85	0,28	1,85	0,33	1,85	0,21	1,85	0,21
1,85	0,30	1,85	0,33	1,85	0,19	1,85	0,22
1,85	0,30	1,85	0,31	1,85	0,24	1,85	0,22
1,85	0,30	1,85	0,31	-	-	-	-
1,85	0,31	1,85	0,32	-	-	-	-
Toplam							
11,11	1,74	11,11	1,89	7,41	0,83	7,41	0,84

3.2.3. Fantini Marka Zincir Kollu Kesici

70 SUPER/H testere makinesi, Fantini ürün yelpazesinin en güçlü modelidir. 8,0 m. derinliğe kadar dikey kesme kapasitesine sahiptir. Mermerler ve yüksek sertlik derecesine sahip taşlarda yüksek performans elde eder. Makine, elektrikli bir motor tarafından hareket ettirilen değişken debili ana pompaya sahip hidrolik bir tesisat tarafından çalıştırılmaktadır. Elektro-hidrolik kumandalar, muhtelif çalışma koşullarına uygun güç ve hız temin eder; makine, soğutma suyuna ihtiyaç duymadan yatay ve dikey kesimler yapabilmektedir. Şekil 2'de zincir kollu kesicinin saatlik kesim hızı şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Zincir Kollu Kesicinin Performansı

4 SONUÇLAR

Makinenin genel verimi 75°'lik açıya kadar olan süreç de hesaba katıldığında yarı yarıya düşmektedir. Makinenin verimi 10,56 m^2/sn olarak bulunmuştur. Fantini marka zincir kollu kesicinin arka yüzeyi 84 m^2'lik alana sahip bloğu bakım süreleri hesaba katılmaksızın 8 saatlik bir süre içerisinde kesebileceği görülmüştür. Buna ek olarak delicinin aynı blok üzerinde işlem yapması ve elmas boncuk tel ile kesim işlemine hazır hale getirmesi 5,3 saatlik bir sürece tabi olmaktadır. Elmas boncuk tel kesim makinesi ile kesim 20 saat sürmekle beraber kullanılan bu 3 makinenin 2. kademede bulunan 1.050 m^3'lük hacime sahip bloğu çıkarmak için gerekli süre 33 saat olarak bulunmaktadır. Ancak bu 3 makinenin aynı anda çalıştığı durumlarda bu 33 saatlik sıralı çalışma süresi 26 saate kadar düşürülebilmektedir.

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Doç. Dr. Deniz Tumaç'a bu çalışmanın başlangıcından itibaren sonsuz desteği için minnettarım.

KAYNAKLAR

Çetin T., 2003. Türkiye Mermer Potansiyel, Üretim ve İhracatı, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 23, Sayı 3 (2003), s. 243-256

Eleren A. ve Ersoy M., 2011. Mermer Ocaklarında Elmas Tel ve Kollu Kesiciyle Kesme Teknolojilerinin İş Güvenliği Bakımından Karşılaştırılmasında Hata Türü Etki Analizi Yönteminin Uygulanması, Cilt:4, Sayı:1, s. 9-19

Erkanol D., Aydındağ A., 2013. Türkiye Geneli Doğal Taş Potansiyel Alanlarının Belirlenmesi Projesi, s. 149-153

Fantini Firma Kataloğu, 2018. Zincir Kollu Kesici Kataloğu.

Korkmaz E., 2016. Türkiye'de Doğal Taş ve Mermer Madenciliği ile Dış Ticaret İlişkisi, Yalova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, s. 38-45

Evaluation of Blasting Operations in Mardin Cement Inc. Quarry

Mardin Çimento A.Ş. Ocağında Patlatma İşlerinin Değerlendirilmesi

T.O. Doğan, T. Hüdaverdi, Ö. Akyıldız (*Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul)*

ABSTRACT In this study, firstly, general information about Mardin Cement Sanayii A.Ş. was given. Geographical and geological properties of the study area were examined. Information about the drilling equipment used in the drilling process was given. The performance of the drilling machine is analyzed. The drilling cost were calculated. The blasting equipment used in the quarry was introduced and the blast pattern were explained by visual data. Explosive charge per hole, blast design parameters and spesific charge were measured. Measured blast parameters were compared to Oloffson's theoritical calculations. Scaled muckpile images were analyzed using WipFrag Software. Particle size distribution of muckpile was determined. Explosive cost calculations were performed. Drilling and blasting cost per hole were determined. In the last part the enviromental effects of the blasting was also discussed.
Keywords: Drilling, blasting, fragmentation.

ÖZET Bu çalışmada öncelikle Mardin Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. şirketi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışma sahasının coğrafi ve jeolojik özellikleri incelenmiştir. Delme işleminde kullanılan delici ekipman hakkında bilgiler verilip, delici ekipmanın performans analizi yapılmıştır. Delme maliyetleri hesaplanmıştır. Ocakta yapılan patlatmalarda kullanılan patlatma ekipmanları tanıtılmış ve bunların kullanım şekilleri görsel verilerle açıklanmıştır. Delik başına düşen patlayıcı miktarları, spesifik şarj oranı hesaplanıp, Oloffson'a göre karşılaştırma yapılmıştır. Atımın ateşleme şeması çizilmiştir. Yığından alınan fotoğraflar WipFrag programında analiz edilmiş, yığının parça boyut dağılımı tespit edilmiştir. Patlayıcı maliyet hesapları yapılmış ve delik başına düşen toplam delici ve patlayıcı maliyeti bulunmuştur. Son olarak çevresel etkilerden ve alınacak önlemlerden genel olarak bahsedilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Delme, patlatma, parçalanma.

1 INTRODUCTION

Drilling and blasting is the first phase of the mining operations. It affects all the downstream process. In this study, the drilling and blasting operations in Mardin Cement Inc. Quarry were examined in detail. Mardin Cement was established in Mardin in order to lead the construction and development of Southeastern Anatolia Region. Mardin Cement Inc. Quarry is located at the 47080 Savur/Mardin. Also its coordinates 37°20'20.4"N 40°48'01.9"E. Figure 1. shows the location of the quarry by satellite image.

Figure 1. Satellite Image of The Quarry

Mardin Cement Inc. Quarry is close to the regional geology literature is located on the rock units known as Germav, Mardin, Gercüş and Midyat Formations. The geological diversity of the rocks in the quarry are quaternary, eocene limestones, eocene marl and cretaceous limestones.

In this paper, drilling and blasting method of the Mardin Cement Inc. Quarry have been examined. Efficiency of the drilling operations and drilling performances were presented. The measured blast design parameters were compared to Oloffson's blast design. Additionally, particle size distribution of muckpile was examined.

2 DRILLING OPERATIONS

In Mardin Cement Inc. Quarry, Gemsa HPV 32 Surface Rig is used for drilling operations. The drill bit diameter is 89 mm and drilled hole length is 11 m. Efficiency of the drilling operations and drilling performance was measured for a blast. The performance measurements of drilling are presented in Table 1. According to Table 1, the average rod drilling duration is 3.18 minutes. Average rod adding duration is 30.3 seconds. The average total drilling time is 19.4 minutes for drilling operation sample.

Table 1. Performance Analysis for Drilling Operation

Number of Blasthole	1st Rod Drilling Operation (sec)	Rod Adding Duration (sec)	2nd Rod Drilling Operation (sec)	Rod Adding Duration (sec)	3rd Rod Drilling Duration (sec)	Rod Adding Duration (sec)	4th Rod Drilling Duration (sec)	Removing Duration (sec)	Switching Operations (sec)	Total Duration (sec)
1	196	29	184	31	198	31	192	230	84	1175
2	193	30	188	32	195	29	193	229	82	1171
3	191	32	186	28	192	30	191	230	82	1162
4	193	29	189	30	194	32	195	228	80	1170
5	187	30	187	28	188	29	192	229	78	1148
6	193	29	183	30	185	32	190	230	81	1153
7	188	38	190	33	193	27	194	227	82	1172
8	192	30	192	29	192	29	188	226	83	1161
9	185	31	188	30	197	30	190	225	85	1161
10	192	28	193	34	189	31	193	229	84	1173
Ave.	**191**	**30.6**	**188**	**30.5**	**192.3**	**30**	**191.8**	**228.3**	**82.1**	**1164.6**

3 BLASTING OPERATION

Rock is blasted either to break it into smaller pieces such as in most mining and quarrying operations. Explosive can also be used to create large blocks for dimensional stone mining and some civil engineering applications.

After the drilling is completed, the holes are charged by explosives by the workers. Figure 2. shows charged blasthole illusturation in the quarry.

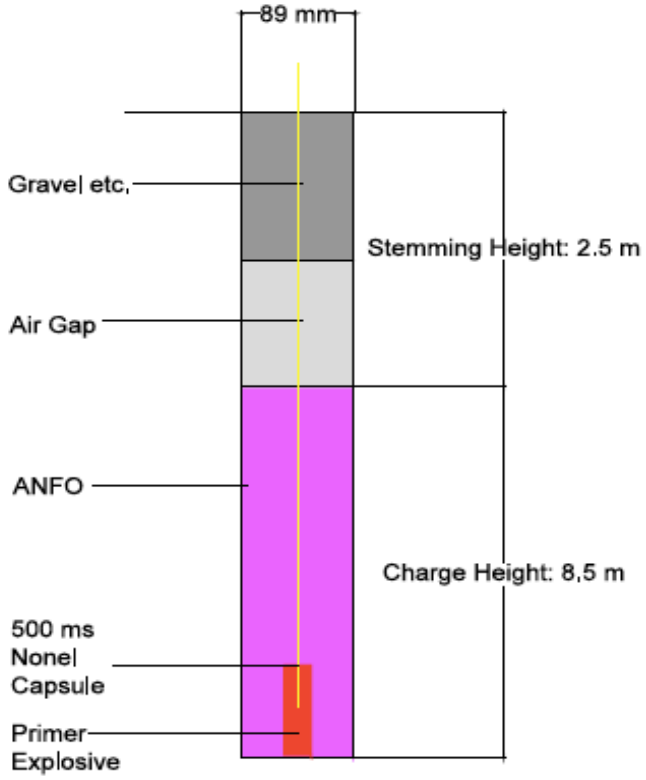


Figure 2. Charged Blasthole Illusturation in The Quarry

3.1. Explosives and Initiation Systems Used in Mardin Cement Quarry

For blasting operations in Mardin Cement Quarry, detEX HD Series Nonel Detonators are used. MPS ANFO and Yavex Gold 100 primer explosives are charged into holes. Table 2. and Table 3. shows technical properties of MPS ANFO and Yavex Gold 100. Milisecond delay detonators help to reduce instantaneous explosive charges and vibration levels. ANFO is charged into dry holes.

Table 2. Technical Properties of MPS ANFO (url-1., n.d.)

Ideal Detonation Velocity (VOD)	4796 m / sec
VOD at 125 mm Cartridge as Unconfined	3500 - 4000 m / sec
Ideal Detonation Temperature	3049 K
Density	0.78-0.80 g / cm^3
Water Resistance	-
Packing	ANFO is in 25 kg double layer PP / PE bags.
Storage	It should be protected in dry, well ventilated warehouses according to the regulation. It should not be exposed to direct sunlight.
BM	Explosive Type B
BM NO	0082
IMDG Code /Class	1.1D

Table 3. Technical Properties of Yavex Gold 100 (url-2.,n.d.)

Ideal Detonation Velocity	6200 – 6700 m / sec
Energy of Explosion	3670 kj / kg
Ideal Detonation Temperature	2616 K
Gas Volume	938 lt / kg
Density	1.2 g / cm^3
Water Resistance	Excellent

3.2. Blast Design in The Quarry

The design and initiation pattern in the quarry presented in Figure 3.

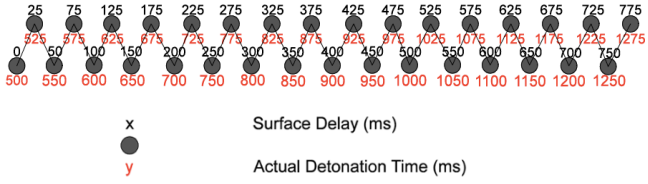


Figure 3. Initiation Pattern In The Quarry

For this blast, there are 32 blastholes total. The delay between rows is 25 ms. Total weight of ANFO is 1360 kg. Yavex Gold 100 is used as primer explosive. The actual detonation time is 1275 ms.

All blast design parameters were investigated in the quarry. In Table 4., measured blast design parameters were compared with respect to Olofsson's blast design.

Table 4. Comparison of Calculated and Actual Blast Design Parameters (Olofsson, S.O., 1990)

	Subdrilling (U)	Depth of Blasthole (H)	Practical Burden (B)	Practical Spacing (S)	Steeming (h_0)	Charge Weight (Q_T)	Charge Height (h_b)	Spesific Charge (q)
Calculated Values Using Olofsson Approach	0.87 m	10.87 m	2.47 m	3.1 m	2.47 m	42 kg	8.4 m	0.60 kg / m^3
Actual Values Aplied in the Quarry	1 m	11 m	2.5 m	3 m	2.5 m	40-45 kg	8.5 m	0.55 kg / m^3

3.3. Fragmentation Analysis

Two plates were placed on muckpile as scale. Then images were analyzed by WipFrag software. Figure 4. shows the third scaled image from muckpile. Figure 5. shows measurement of particle size of muckpile by WipFrag software.

Figure 4. The Third Scaled Image Of The Measured Blast

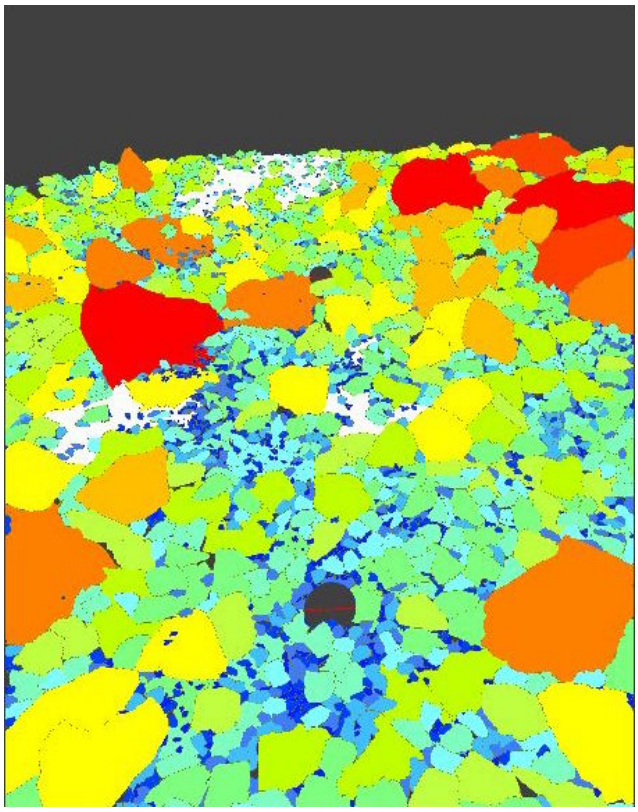


Figure 5. Measurement of Particle Size by WipFrag Program for Image III

WipFrag software counted 3045 particles. Mean particle size (d50) is 21.823 cm. Uniformity index (n), which gives slope of the curve, is 0.997 (Figure 6). Characteristic size (Xc) is 30.327 cm. Maximum particle size Xmax is 92.017 cm.

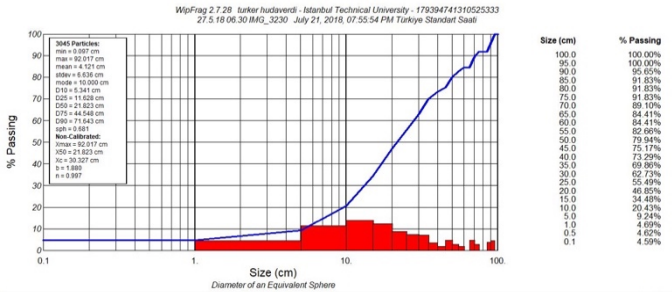


Figure 6. Size Distribution Curve for The Analyzed Image III

4 CONCLUSION

Drilling and blasting activities in Mardin Cement Quarry was observed and application of blasting technology was investigated detail. The drilling and blasting costs are calculated after a detailed site investigation and literature search. Performance of the drilling machine was monitored. Average drilling time is measured as 19.4 minutes for a single hole. Drilling cost per blasthole is calculated as 39.05 TL. Unit drilling cost is 0.52 TL / m^3. Then, four different drilling examination were performed in sedimentary formations with 89 mm drill hole (Eroğul, 2014; Çelik, 2018 ; Genç, 2018) Frukawa HCR 1200, Frukawa HCR 1200 ED II, Frukawa HCR 1200 DS III and Gemsa HPV 32 drilling machines were compared to the reveal actual capacity of Gemsa HPV 32 drilling machine. According to the results, Gemsa HPV 32 is approximately 2 times slower than other modern machines. Modern advanced drilling machines are recommended for the Mardin Cement Quarry instead of Gemsa HPV 32. The thoretical blast design parameters were calculated using Oloffson's blast design approach. The calculated values are very close to the measured blast parameters of the quarry. The measured and calculated burden is 2.5 m and 2.47 m. The measured spacing is 3 m. The measured stemming is 2.5 m. Total blasting cost per hole is 152.84 TL. Total drilling and blasting cost per hole is 191.89 TL. Image analysis technique was used to determine particle size distribution of muckpile. Three different images were used to determine size distribution. The mean particle sizes are measured as 31.312 cm, 30.780 cm and 21.823 cm. The quarry is far from the residental areas. During the investigation, there was no any ground vibration, airblast and flyrock problem observed. Drilling and blasting operation is the first phase of quarrying operation. It effects all the downstream operations such as, loading, hauling, crushing and screening. In the future new researches may be conducted to

investigate the effect of blast fragmentation on downstream processes.

5 REFERENCES

Olofsson, O., Stig. (1990). Applied explosives technology for construction and mining. Applex, Sweden.

D.Eroğul (2014). Investigation of Drilling and Blasting Operations In The Soda Sanayii A.Ş. Karadiken Limestone Quarry. Graduation Project. ITU Faculty of Mines.

O.Çelik (2018). Evaluation of Drilling-Blasting Operations In Akdağlar Mining Inc. Graduation Project. ITU Faculty of Mines.

M.Taha Genç (2018). Açık Ocak Patlatmalarında Tasarım Parametrelerinin Patlatma Verimliliğine Etkisinin Değerlendirilmesi. Bitirme Projesi. İTÜ Maden Fakültesi.

Url-1.,n.d.
http://yavexmidyat.com/category/yemlemeye-duyarli-patlayicilar

Url-2., n.d. http://yavexpatlayici.com/yavex-gold-100

Akdağlar Madencilik Şirketi Agrega Üretiminin Ekonomiklik Analizi

Economical Analysis of Akdağlar Mining Company Aggregate Production

Y. Şeki, C.A. Öztürk

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu bitirme tezi çalışmasında Cendere bölgesinde bulunan Akdağlar Madencilik agrega ocağı hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışma sahasının jeolojik özelliklerinden bahsedilmiştir. Rezerv hesaplanma yöntemi belirtilmiş, üretim yöntemi anlatılmıştır. Üretimde kullanılan makina ekipmanların özellikleri bahsedilmiştir. Üretilen ürünler hakkında bilgi verilmiştir. Taş ocağındaki üretim maliyetleri hesaplanmış ve ton başına birim maliyeti bulunmuştur. Gelir gider tahminlerine göre ekonomiklik analizi değerlendirmesi yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlara göre; agrega üretiminin birim maliyeti ton başına 12,77 TL bulunmuştur. Kırmataş üretim birim maliyeti içerisinde delik delmenin payı % 3,8, patlatmanın payı % 10,4, ikincil kırmanın payı % 1,7, yüklemenin payı % 11,9, taşımanın payı % 14,0, kırma-elemenin payı % 30,7, diğer makina ekipmanların payı % 8,7, diğer harcamaların payı % 8,1, ruhsat bedeli ve diğer harçların payının % 10,7 olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucu bulunan sonuçlar neticesinde işletmenin ekonomiklik analizi yapılmıştır ve 1,57 bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Agrega, birim maliyet, ekonomiklik analizi. kırmataş

ABSTRACT In this thesis study, general information about Akdağlar Mining quarry in Cendere region is given. Geological characteristics of the study area are mentioned. Information about the products is given. Reserve calculation method is specified and production method is explained. The features of the machine equipment used in production are mentioned. Production costs in the quarry were calculated and the unit cost per ton was found. According to the income and expense estimates, the analysis of the economic analysis was made. According to the results of the thesis study; the unit cost of aggregate production was 12,77 TL per ton. The share of hole drilling in the unit cost of crushed stone production is 3,8%, the share of blasting is 10,4%, the share of secondary break is 1,7%, the share of loading is 11,9%, the share of transportation is 14,0%, the share of crushing-screening is 30,7%, the share of other machinery equipment was 8,7%, the share of other expenditures was 8,1%, the license fee and the share of other fees were 10,7%. As a result of the study, the economical analysis of the facility was made and it was found 1,57.

Keywords: Aggregate, unit cost, economical analysis, crushed stone

1 INTRODUCTION

Akdağlar Mining Inc., located at Ayazağa quarter, Cendere avenue Top Yolu street, No: 80 Ayazaga, 34396 Sarıyer / Istanbul. The facility here in Turkey in order to meet the requirements after being broken concrete and asphalt aggregate production is made in their own crushing plant is placed on the market in processed concrete and asphalt production facilities.

One of the leading companies in the mining area of Turkey, SIC.73193, located in SIC.72982 and SIC.13744 numbered license areas are in located in limestone ore production and enrichment activities and annual quarry production of 4,000,000 tons/year as planned.

Akdaglar Mining Cendere quarry is located within the boundaries of the Istanbul Central Forest Management Chief in the Kemerburgaz area of the Sariyer district of Istanbul. The Cendere region is located in a narrow valley between 10 km long and 0,5-7 km wide, between Kemerburgaz and Ayazağa. Geographic location of Akdağlar Mining Cendere shown on the Figure 1.1.

Figure 1. Akdağlar Mining Cendere Location (Google Maps, 2018)

2 PLANT PRODUCTS AND MARKETS

Granular materials of various sizes such as sand, gravel, crushed stone and slag are called aggregates. Aggregate sand is generally between 1-4 mm in size, aggregate gravel between 8-31,5 mm, aggregate between 31,5-64 mm is called ballast and it is formed by blending all of the material in the specified range. Aggregate is the most important raw material used in the construction of infrastructure facilities such as housing, workplaces and centers, public buildings such as industrial buildings, hospitals, schools, etc. Many of the structures constructed to facilitate human life without the use of aggregate raw materials or without it are impossible to construct.

Aggregates can also be obtained as a result of the breakage of large stone fragments, which are naturally found in nature, in crushing plants called crusher. Crushed stone is obtained from the crushed aggregate of the aggregate, called the crushing sand. Crushed stone and crushed sand are called gravel.

In order to use asphalt, concrete and filling material, crushed stone aggregates are produced. Aggregates are generally used in the construction of concrete and asphalt with binders and constitute approximately 80% of the concrete as 94% of the asphalt.

It is classified according to the dimensions of crushed stone produced in the plant. These are shown in table 2.2.

Table1. Types of Crushed Stone in Akdağlar Plant

Aggregate Type	Size
Crushed Stone Sand	0-4 mm
Crushed Stone 1	4-11 mm
Crushed Stone 2	11-22 mm
Crushed Stone 3	16-22 mm
Crushed Stone 4	22-45 mm

3 PRODUCTION METHODS

Production in quarrying consists of 3 basic stages. These;

a) Rock disintegration (drilling-blasting and secondary breaking)

b) Transport of crushed material (loading-transportation)

c) Sizing (crushing-screening)

These stages are explained in detail below and the effects of each stage on crush production are indicated.

3.1 Disintegration of Rock

The process of fragmentation of the rock in the quarry is carried out in two stages. These stages, called primary crushing and secondary crushing, are related to each other. The more successful the primary break, the less will be the need for secondary break. Primary

crushing is done by drilling-blasting method and hydraulic breakers are used in secondary crushing.

3.1.1 Drilling and Blasting

The first stage of aggregate production in the quarry is drilling. Drilling is very important to achieve the desired piece size. The rock is drilled according to certain parameters. The formation of the rock in the determination of these parameters, the height of the bench, angle etc. various situations are effective.
In the quarry, 3 types of drilling pattern are applied. These are square or rectangular, staggered and mixed order. The most optimum pattern was determined as a result of staggered. The maximum energy distribution is ensured in the staggered pattern. The slope of the drilled holes is parallel to the bench angle. The burden is 2,5, 3 m. The distance between the holes is 3 meters. The length of the holes varies according to the length of the step. The maximum hole length is 18 meters. A 0.1-fold bottom punch is provided at the hole height. Hole diameter is 89 mm. Tunsten carbide bits are used. The rod length is 3,6 m and the diameter is 51 mm. Rock drilling is carried out with two rock drillers in the quarry.
After the drilling phase, the blasting process starts. First, check whether the holes are dry or wet. The blasting efficiency is significantly reduced in the wet holes compared to the dry. Ammonium nitrate, which is referred to as anfo, is used as an explosive substance in all blasting activities in the mine. Nobelex liquid anfo is added to the water holes with increased water resistance because dry anfo has very little water resistance and cannot be blasted.

3.1.2 Secondary Breaking

In the quarry, secondary crushing is performed to break large rock fragments after the drilling blasting stage. The purpose of making the secondary crushing is to bring the size of the rock to be fed to the jaw crusher to the maximum size that the jaw crusher can take. Secondary breaking is performed by hydraulic breaker (Figure 2). Since the desired size is generally reached in the blasting, secondary break is not required.

Figure 2. Secondary Breaking Operation

3.2 Transportation of Crushed Material

3.2.1 Loading

After the drilling and blasting in the quarry, it is ensured that the removed material is loaded onto the trucks. This is one of the most cost-effective processes on the quarry. The choice of excavator or loader is the most important issue in open-operated operations. Because some loading equipment will affect other operating equipment and will affect the operating system (Atkinson and Ünver, 1972).
Crawler excavators are used in the loading process. Excavator operator is very important for efficient loading. A good excavator operator has to keep loading the bucket angle in the narrowest way. In order to do this, it is necessary to place a suitable space for the truck to be loaded and the truck to the appropriate position.

3.2.2 Transportation

One of the most important operations in open pits is the transport of the dismantled material from the loading point to the dump site and the preparation plant. The most important factors that affect the cost of transportation are the increased transportation road and the high inclination of the road.
Transportation of the stone removed in the quarry is provided with 18 m3 and 25 m3 trucks. The biggest problems that can be experienced in trucks are scissors breaking, tire blasting and so on. To minimize these problems, the road is corrected by the grader and avoiding overloading the trucks.

3.3 Sizing (Crushing-Screening)

Crushing is made to bring the ore produced from the mine to the desired size group. The material brought from the quarry to the

facility by drilling-blasting or by direct backhoe loaders is usually subjected to three different crushing processes. As a result of these crushing processes called primary, secondary and tertiary, the material is classified in desired sizes by passing through sieves and the final stage of the production of crushed stone (aggregate) is completed (Özcan and oth., 2018).

There are two crushing and screening plants in the quarry, 130 cm and 110 cm capacity 550 tonnes per hour (Figure 3.7). The operation systems of these facilities are identical. In both facilities, the primary size reduction is made with jaw crusher. Here the size is reduced to 15-16 cm. Secondary size reduction is then performed with cone crushers. The part size is first reduced to 42 mm in the large cone crusher and then to 25 mm in the small cone crusher. Finally, products that are cubicized with vertical shaft crushers are classified in certain size ranges by means of sieves and made ready for industrial use.

4 PRODUCTION COST

In the studies, daily drilling, blasting, secondary crushing, loading, transportation and crushing-screening data were calculated and divided into monthly total production amount and the cost per ton was calculated. The unit density of material was taken at 1.47 ton/m3. Costs, all data are transferred to the excel program and calculated in this program. Cost calculations are based on the amount of diesel fuel for the machinery, the electric consumption for the crusher plant is based on. At the time the thesis was prepared, the price of diesel fuel was 5,95 TL/lt, the electrical energy was 0,46 TL/kwh and 5,50 TL/$. Table 2 shown unit costs per ton.

Table 2. Monthly Operations and Unit Costs Per Ton

Monthly Operation	Costs (TL)	Depreciation (TL)	Total Costs(TL)	Costs (%)	Unit Costs (TL/ton)
Drilling	93.579	15.583	109.163	3,8	0,49
Blasting	298.978	0	298.978	10,4	1,33
Secondary Breaking	25.198	23.681	48.879	1,7	0,22
Loading	251.986	88.611	340.597	11,9	1,51
Transportation	324.672	77.917	402.588	14,0	1,79
Crushing Screening	769.124	113.850	882.974	30,7	3,92
Other Machine Equipments		248.875	248.875	8,7	1,11
Other Costs	176.354	56.852	233.205	8,1	1,04
Licence Fees and Other Fees	307.831		307.831	10,7	1,37
Total	2.247.722	625.368	2.873.091	100,0	12,77

4.1 Drilling Costs

Within the content of the thesis, hole drilling was carried out with 2 rock drills. Furukawa Hcr 1200 and Tamrock Pantera Ed 2. The factors affecting drilling costs are the depreciation cost of rock drills, diesel fuel consumption, labor cost and maintenance and repair cost.

Furukawa Hcr 1200 drilled 495 (5547 m) holes with a diameter of 89 mm in September. The working time of the rock drill is 186 hours, the fuel consumption is 5952 liters. The labor cost of 2 people as operator and oil worker is 7.500 TL per month.

At the month of the thesis study in September, when working with Tamrock Pantera Ed 2, 445 (5618 m) holes with diameters of 89 mm were drilled. The rock drill's operation time is 178 hours and the fuel consumption is 5696 liters. The labor cost of 2 people as operator and oil worker is 7.500 TL per month.

While the average of drilling unit costs is 0,49 TL/ton as a result of the total hole drilling operation, the average of the costs for drilling 1 meter hole is 9,77 TL. Effects of costs on drilling operation: 63,49 % diesel cost, 14,27 % depreciation, 13,74 % labor cost and 8,5 % maintenance and repair (Figure 3).

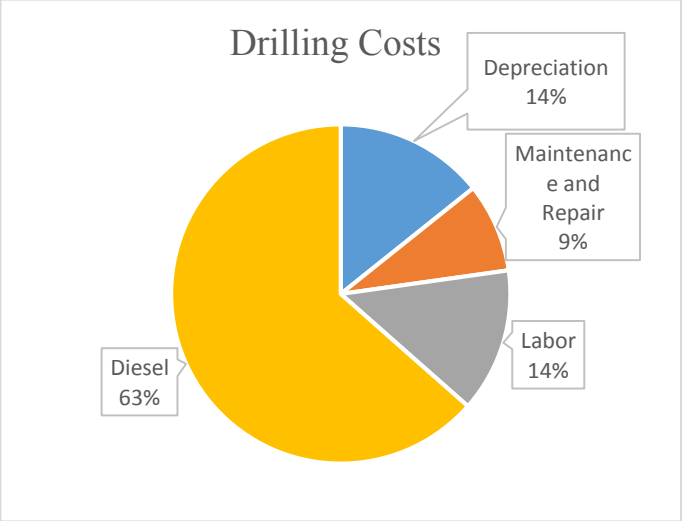


Figure 3. Effects of Costs on Drilling Operation

4.2 Blasting Costs

The products used for blasting are supplied by Nitromak. Blasting costs are calculated based on unit prices of explosives used. In the scope of the thesis, 470 kg dynamite, 434 electric capsules, 497 nonel capsules, 20,950 kg dry anfo, 8,990 kg liquid anfo were used. Table 4.4. shows the amount of daily explosives.

As a result of the study, the blasting unit cost was calculated as 1,33 TL/ton. Effects of costs on blasting operation: 56,06 % anfonite, 28,57 % nobelex 8000, 7,48 % nonel capsule, 3,14 % dynamite, 3,01 % labor and 1,74 % electrical capsule (Figure 4).

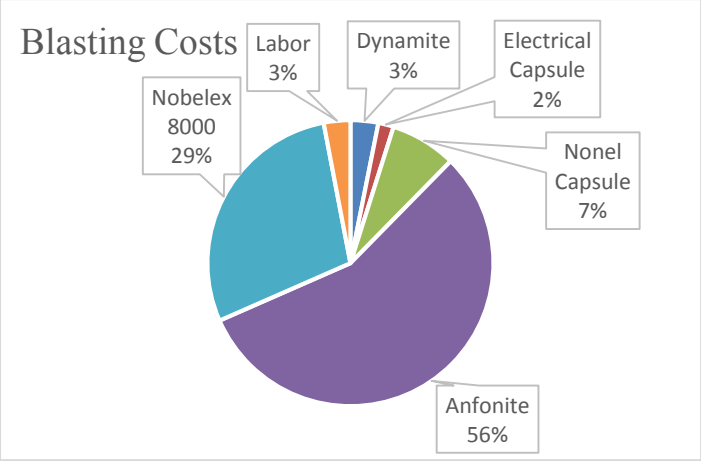


Figure 4. Effects of Costs on Blasting Operation

4.3 Secondary Breaking Costs

The secondary breaking process is carried out by the Volvo EC480 hydraulic breaker. The factors affecting the secondary crushing costs are the depreciation cost of the crusher, the fuel consumption, the labor cost and the maintenance and repair cost. Within the scope of the thesis, the hydraulic breaker worked for 85 hours and consumed 2975 liters of diesel.

As a result of the study, the secondary crushing unit cost was calculated as 0,22 TL/ton. Effects of costs on secondary breaking operation: 48,45 % depreciation, 36,21 % diesel cost, 10,23 % labor cost and 5,11 % maintenance and repair (Figure 5).

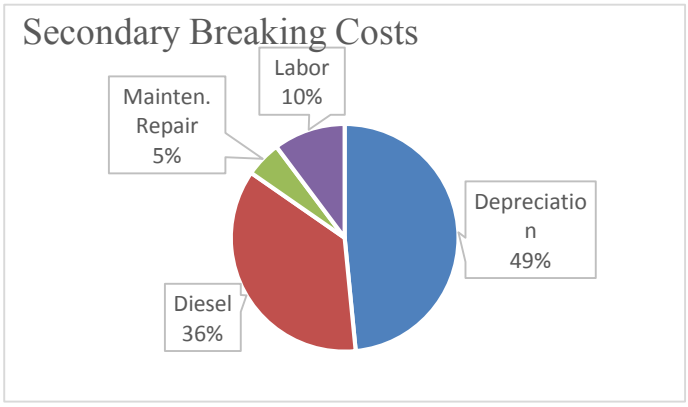


Figure 5. Effects of Costs on Secondary Breaking Operation

4.4 Loading Costs

The loading works within the scope of the thesis work have been done with crawler excavators. These include 2 Sumitomo 500H, Volvo EC480 and Volvo EC350. The factors affecting the loading costs are the depreciation cost of excavators, diesel consumption, labor cost and maintenance and repair cost.

During the study period, Sumitomo 500 worked for 482 hours and consumed 19.280 liters of diesel per 40 liters per hour. The Volvo 480 worked 242 hours, consuming 8470 liters of fuel per 35 liters per hour. The Volvo 350 worked for 245 hours, consuming 6370 liters of fuel per hour from 26 liters. A total of 34.120 liters of diesel is consumed.

The total labor cost was calculated as 24.000 TL per month in the loading operation. The total cost of maintenance is calculated as 10%. As a result of the studies carried out, the unit cost of the loading was 1,51 TL/ton. Effects of costs on loading operation: 26,02 % depreciation, 59,61 % diesel cost, 7,33 % labor cost and 7,05 % maintenance and repair cost (Figure 6).

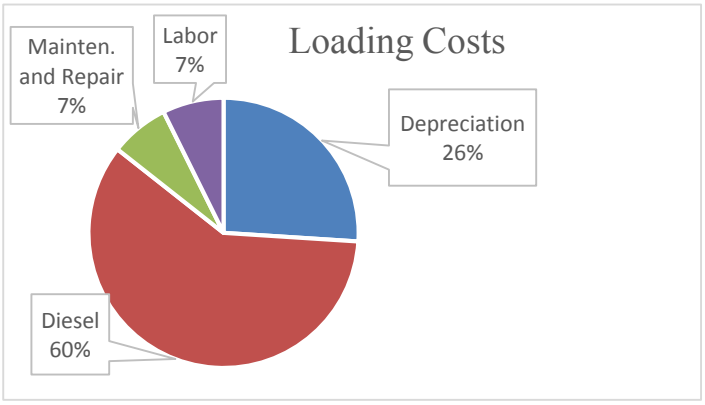


Figure 4. Effects of Costs on Loading Operation

4.5 Transportation Costs

Within the scope of the thesis, the transportation process was carried out with an average of 7, 18 m3 trucks and 5, 25 m3 trucks.

Factors affecting transport costs are the depreciation cost of trucks, diesel consumption, labor cost and maintenance and repair cost. In the studied carried out 18 m3 trucks carried a total of 5.618 trips a month, and 25 m3 trucks carried 4.405 trips. Monthly labor cost was 48.600 TL.

As a result of the calculations, the transportation unit cost was found to be 1.79 TL/ton. Effects of costs on loading operation: 19,35 % depreciation, 61,24 % diesel cost, 7,33 % labor cost and 12,07 % maintenance and repair cost (Figure 5).

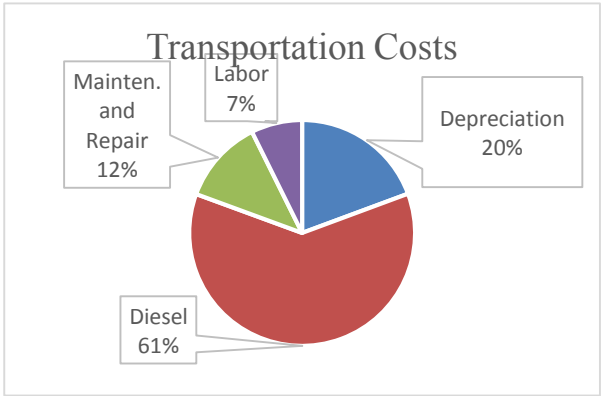


Figure 5. Effects of Costs on Transportation

4.6 Crushing and Screening Plant Costs

Within the scope of the thesis, 210.000 m3 material was fed to the crushing and screening plant. In order to size this material, the plant worked a total of 467 hours. The plant received a 25% loss and 157.000 m3 of industrial products. This loss leads to the bypass, into the atmosphere that creates dust. Among the factors affecting the crushing screening costs are the electricity consumption of the facility, fuel consumption of trucks and work machines operating in the facility, depreciation costs, maintenance and repair spare parts expenses and other unforeseen expenses.

As a result of the calculations, the unit cost of crushing and screening plant was found as 3,93 TL/ton. Effects of costs on loading operation: 12,89 % depreciation, 43,76 % electric cost, 12,94 % diesel cost, 15,29 % labor cost, 7,2 % maintenance-repair cost and 7,92 % unpredictable cost (Figure 6).

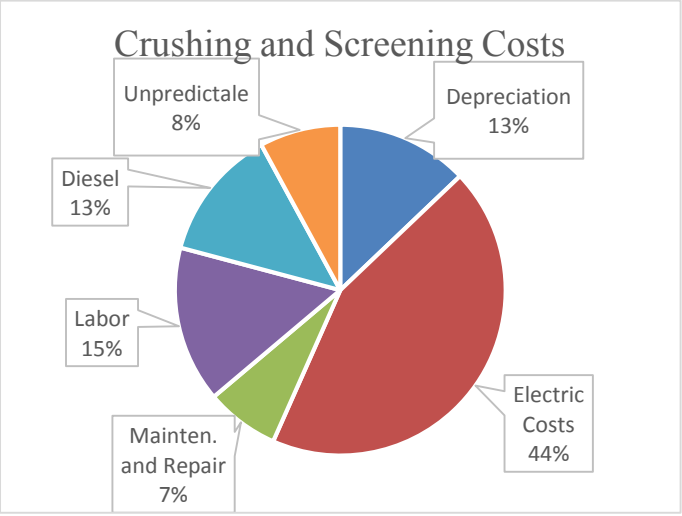


Figure 6. Effects of Costs on Crushing and Screening Operation

4.7 Licence Fee and Other Expenses

Licence fees are calculated as 10,7 % of the total cost. Other machinery equipment are tow/trucks equipment. Other expenses are administrative building expenses, administrative personnel, human resources, expenses of engineers, infirmary and security.

4.8 Depreciation

In the initial value of any capital goods, there is a decrease in time due to physical wear and technological obsolescence. The amount of loss in the value of an asset is called depreciation. Depreciation is defined as the amount of savings accumulated in reserve for depreciation each year for economic life in order to replace an investment property at the end of its economic life. Depreciation is considered as an expense in the calculations and this value is deducted from the pre-tax operating income during the useful life of the asset. The prices of the machines are taken according to the current USD prices. The depreciation periods are taken from the Revenue Adminstration.

4.9 Effects of Unit Costs on Total Production Cost

In the one month study conducted within the scope of the thesis study, detailed analyzes of the unit activities affecting the total unit cost of crushed stone production were followed. Unit costs affecting total unit cost; unit cost of blasting, cost of blasting unit, secondary crushing unit cost, loading unit cost, transportation unit cost and crushing unit cost are calculated in detail in the upper sections. The average of the unit cost of the production of crushed stone units was determined and their effects on the total unit cost of crushed stone production were determined. Figure 7 shows the parameters affecting the unit cost of the crush production unit and the degree of impact.

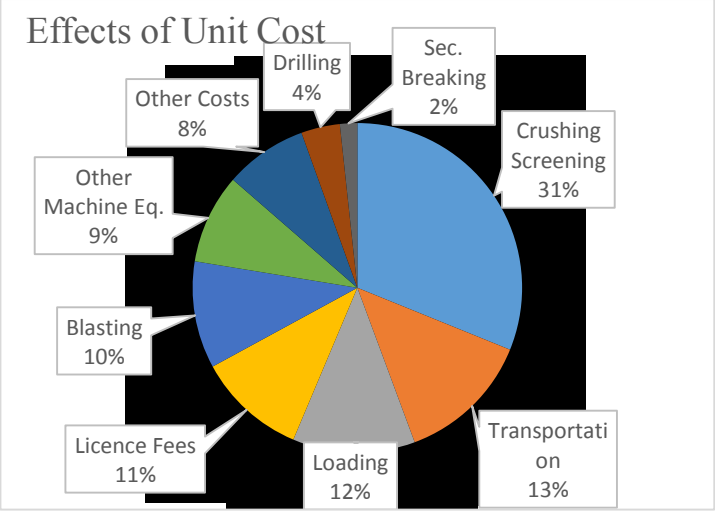


Figure 7. Operation Effects of Unit Costs

5 INCOME-EXPENDITURE ESTIMATES AND ECONOMICAL ANALYSIS

Total income is the amount of money gained from the total number of sold production that was produced. Cost is the monetary value of the material and service used in a particular financial condition to continue production and to make a profit for the company.

5.1 Income and Expenditure Estimates

Expense:
The annual amount of aggregate produced is 4,000,000 tons.
Cost 12,77 TL/ton.
Annual cost =
4.000.000 x 12,77 = 51.080.000 TL.
Income:
The annual aggregate amount sold is 4.000.000 tons.
Sale price 20 TL/ton.
Annual income =
4.000.000 x 20,0 = 80.000.000 TL.
Annual profit =
80.000.000 - 51.080.000 = 28.920.000 TL

5.2 Economical Analysis

The economical analysis can be defined as the ratio between the revenues from production and the costs incurred during production. In cases such as increasing the amount of sales, increasing the sales prices, and reducing the cost, the economy increases.
The ratio found as a result of the economical analysis,
Economical analysis = Incomes / Expenses
Economical analysis =
80.000.000 / 51.080.000 = 1,57

6 CONCLUSION

The economical analysis of the Akdağlar Mining aggregate quarry has been studied and the cost analysis of the aggregate quarry, the income-expenditure estimate and the economic analysis of the aggregate quarry have been conducted.
The production cost per ton is 12,77 TL. The unit costs of the operations affecting the cost of production and the effects on the total cost have been found.
According to the studies, annual income of Akdağlar Mining Company was 80.000.000 TL and its annual expenditure was 51.080.000 TL. According to these results, the economic rate was 1,57. It is calculated that the company is economic.
In today's technology, besides the image processing method used in the determination of degradability, more efficient results can be obtained by analyzing the costs of unit activities that will occur after each blasting.
The first thing to be considered when making cost analyzes is to analyze the drilling-blasting step design parameters which constitute the first stage of production.
The crushing of the parts to be made by the secondary crushing process must be adjusted according to the opening of the primary crusher to be used in the crushing plant. Otherwise, a small reduction will result in blockages in the plant, while too much reduction will increase the secondary crushing unit cost.
The most important point that should be taken into consideration in the unit cost analysis of total crushed stone production is to determine the annual production quantities by researching the market demands in a good way and to make annual plans according to this production quantity. Otherwise, during the year, the plant will either be operated with low yields, or it will be produced by feeding more than the plant these situations will increase the cost of production.

TEŞEKKÜR

Bitirme tezimin hazırlanması sürecinde sürekli olarak bilgi ve deneyimlerini paylaşarak yardımlarını esirgemeyen bitirme danışmanım sayın Doç.Dr. Cüneyt Atilla ÖZTÜRK'e ve üzerimde emeği bulunan bütün hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.
Haklarını ne yapsam ödeyemeceğim başta Saliha ŞEKİ, Cumhur ŞEKİ, sevgili kardeşim İrem ŞEKİ olmak üzere ve değerli yakınlarıma teşekkür ve minnetlerimi sunarım. Üniversite yıllarında tanıdığım, zor günlerimde destek olan dostlarıma ve edindiğim arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

REFERENCES

Atkinson, T., and Ünver, Ö., 1972. Açık İşletmelerde Kazı ve Yükleme Teçhizatının Seçimi. *Madencilik Dergisi,* 11(5), pp. 36-73.

Google Maps, 2018.

Özcan, Ö., Toprak, N.A., Göktaş, İ., 2018. Bir Kırma Eleme Tesisinin Performansının Değerlendirilmesi ve Optimizasyonu. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 57(2), pp. 95-108.

Bigadiç Eti Bor İşletmesi'nde Patlatma Tasarımı ve Ateşleme Düzeninin İncelenmesi

Investigation of Blasting Design and Initiation Systems at Bigadiç Eti Boron Mine

Yaşar Ağan, Türker Hüdaverdi, Özge Akyıldız

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölüm

ÖZET Ülkemizin en önemli yer altı kaynaklarından biri olan ve rezerv bakımından oldukça fazla olan Bor madeninin açık ocak işletmelerinde delme ve patlatma yöntemiyle kayaç kazısı ayrıntılı bir şekilde bütün aşamalarıyla gözlemleniştir. Bu bağlamda gerçekleştirilen delme ve patlatma işlemleri, delici makine özellikleriyle birlikte delici makine yağ ve yakıt sarfiyatı, patlatma sonucu oluşan yığınların parçalanma analizi değerlendirilmiştir. Öncelikle işletme ile ilgili genel bilgiler verilmiş, delme işleminde kullanılan makine ve delme özellikleri belirtilmiştir. Patlatma düzeni hakkında bilgiler verilmiş ve ateşleme düzeni ve sonrasında oluşan yığınların analizleri yapılmıştır. Bu işlemler sırasında oluşan yer sarsıntısı, kaya fırlaması, hava şoku gibi çevresel etkiler değerlendirilmiş, bütün operasyonlar ile birlikte yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Delme, Patlatma, Delici Makine

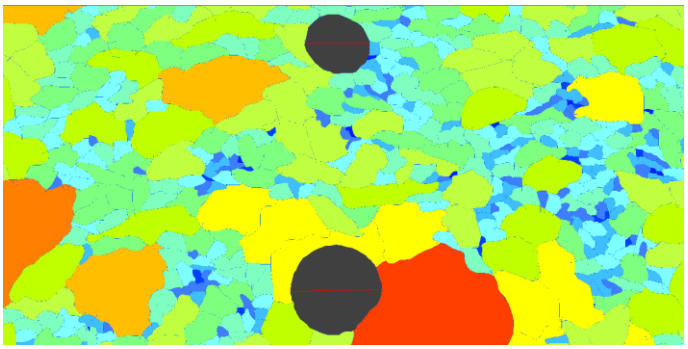
ABSTRACT Boron is one of the most important underground resources of our country and the it is quite large in terms of reserve. Boron mining in the open-pit operations with drilling and blasting method has been observed in all stages of mining operations. In this context, drilling and blasting operations, drilling machine features, drilling machine oil and fuel consumption, fragmentation analysis as a result of blasting were evaluated. Firstly, general information about the operation is given and the machine and drilling characteristics used in drilling process are indicated. Information was given about the blasting arrangement and the firing sequence and the subsequent masses were analyzed. Environmental effects such as ground vibration, flyrock, airblast were evaluated and interpreted together with all operations.

Key Word: Drilling, Blasting, Drill Machine

1 GİRİŞ

Açık ocak işletmelerinde mevcut rezerv hesaplanıp elde edilen verilere göre hazırlanan plan doğrultusunda delme ve patlatma işlemleri uygulanmaktadır. Delme ve patlatma işlemleri hem ekonomik açıdan hem de güvenlik açısından tercih edilmektedir. Delme işlemine başlanmadan önce formasyon özellikleri belirlenmeli ve buna göre delici makine seçimi yapılmalıdır. Seçilen delici makine ve ekipmanlar ile formasyona göre seçilen patlatma düzeni açık ocak operasyonlarında dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerdendir. Aksi taktirde patlatma verimi düşürmekte ve bu da ekonomik açıdan zarara sebep olmaktadır.

Bu kapsamda işletmede gerçekleştirilen delme ve patlatma operasyonlarında birçok atım gözlemlenmiştir. Delme işlemi esnasında kronometraj yoluyla delme süresi takip edilmiş ve delme işlemini etkileyen parametreler belirlenmiştir.
Patlatma işleminde ise sahada ölçülen değerler ile teorik bilgiler üç farklı kaynağa göre kıyaslanmış, atım sonrası oluşan yığınlar fotoğraflanarak Wipfrag programında analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre açık ocak işletmesindeki patlatma işleminin verimi hakkında bilgi edinilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Örnek Resme Ait Renklendirilmiş Bloklar

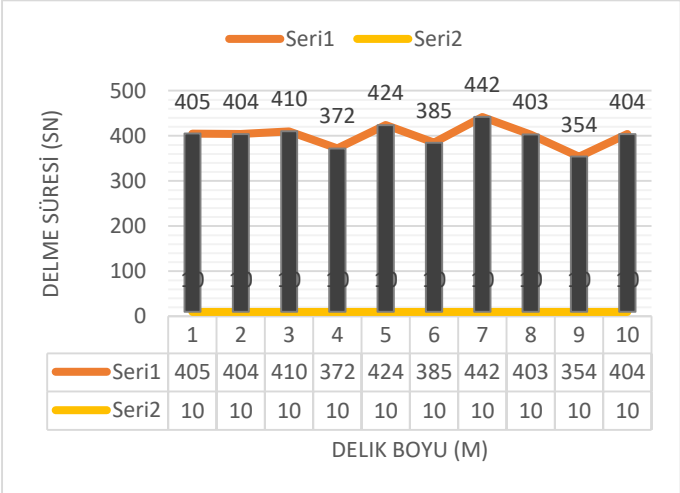
2 DELME İŞLEMLERİ

Bigadiç açık ocak işletmesinde, delme işlemi 2 adet Atlas Copco marka Flexiroc D65 kullanılmaktadır. Deliklerin yerleri patlatma düzenine göre delinmekte ve delme işlemine başlamadan önce yerleri işaretlenmektedir. Delici makine farklı çaplarda ve uzunluklarda delikler açabilmektedir. İşletmede açılan deliklerin boyları 4 metre ile 10 metre arasında değişmektedir. Delik çapları ise sabit olarak 6 inç'tir ve elmas uçludur. Aşırı bir delici uç aşınma problemi gözlenmemiştir. Delme işleminde bir deliğin delinme süresi kronometraj yoluyla ölçülerek farklı zemin koşullarında delme süresinin artış veya azalışı gözlemlenmiştir. Buna göre, kil içeren zeminlerde delme işlemi süresi oldukça artmakta delici uca yapışan malzemeden dolayı problem oluşturmaktadır. Buna karşı sert zeminlerde delme işlemi süresi azalmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Atlas Copco D65 Delme Makinesi Delme İşlemi Performans Verileri

Delik No	1.Tij Delme Süresi (sn)	Tij Ekleme Süresi (sn)	2.Tij Delme Süresi (sn)	Manevra Süresi (sn)	Toplam Süre (sn)	Delik Boyu (m)
1	220	15	140	30	405	10
2	245	19	115	25	404	10
3	235	23	120	32	410	10
4	215	20	116	21	372	10
5	253	25	127	19	424	10
6	237	17	95	36	385	10
7	245	21	132	44	442	10
8	215	18	135	35	403	10
9	195	22	105	32	354	10
10	232	18	126	28	404	10
Ortalama (sn)	229,2	21,9	121,1	30,2	400,3	10

Ölçülmüş olan delme süreleri Tablo.1 de verilmiş bu değerlere göre delme süresi – delik boyu grafiği oluşmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Delme Süresi – Delik Boyu Grafiği

2 PATLATMA İŞLEMLERİ

2.1 Patlayıcı Malzeme

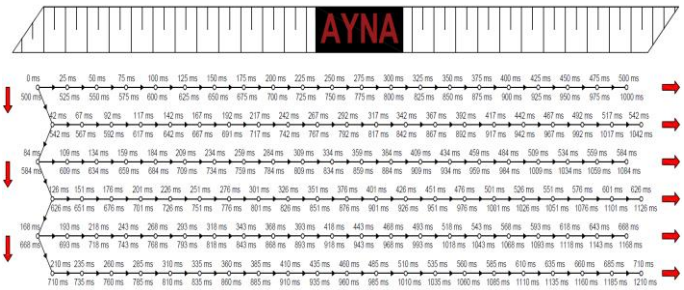
Patlatma için delikler emülsiyon patlayıcı ile şarj yapılmaktadır. Emülsiyonu aktifleştirmek için emülsiyon yemleme patlayıcı ve yemlemeyi de aktifleştirmek için kapsül kullanılmaktadır. Patlayıcı şarjı yapıldıktan sonra delikler sıkılanarak

ateşlemeye hazır hale getirilmektedir (Şekil 3).

Şekil 3. Emülsiyon Yemleme Patlayıcı

2.2 Patlatma Düzeni

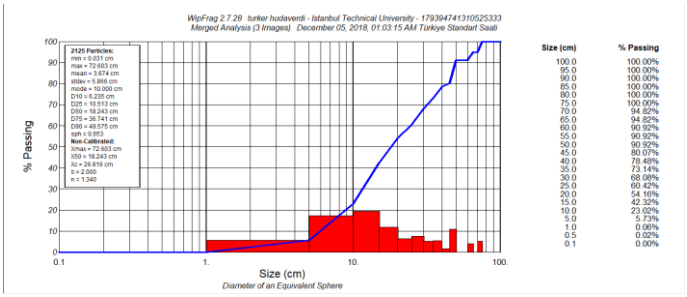
Patlatma düzeni şeş – beş olarak adlandırılan şekilde yapılmaktadır. Deliklerin yüzey gecikmesi 25 ms, delik içi gecikme 500 ms'dir. Sıralar arası gecikme ise 42 ms olacak şekilde ateşleme sistemi kullanılmıştır (Şekil 4). Bununla birlikte ateşleme işlemi nonel yani elektriksiz olarak gerçekleştirilmektedir (Komando Av Katalogu, 2018).



Şekil 4. Patlatma ve Ateşleme Düzeni

2.3 Parçalanma Analizi

Ateşleme işleminden sonra gerçekleşen patlamada oluşan yığınlar fotoğraflanmış ve Wipfrag programı ile analizi yapılmıştır. Bu sonuçlara göre en küçük parça boyutu 18 cm olarak üçüncü atımda elde edilmiştir.



Şekil 5. Üçüncü Atım Nihai Boyut Dağılım Eğrisi

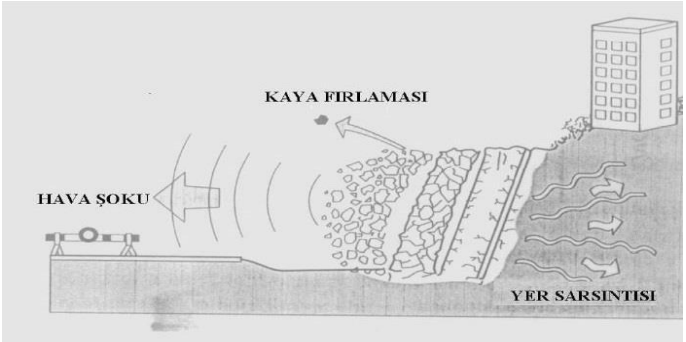
4 PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL ETKİLER

Patlatma işlemi sırasında meydana gelen çevresel etkiler gözlemlenmiştir. Patlatma sonrasında hava şoku, kaya fırlaması, toz emisyonu ve yer sarsıntısı etkileri meydana gelmektedir (Şekil 6).

Meydana gelen etkilerden kaya fırlaması kazalara en çok sebep olan ve tehlike oluşturan etkidir. Kaya fırlaması sorununu en az seviyelere indirmek için delik geometrisi ve dolgu malzemesi seçimi özenle yapılmalıdır. Dolgu malzemesi olarak delici makine paşası kullanılmamalıdır. Ayrıca süreksizlik yüzeylerine patlayıcı malzemelerin denk gelmesi önlenmelidir.

Bir diğer önemli faktör ise hava şoku etkisidir. Hava şoku patlatma reaksiyonu sonucu oluşan gazların kayaç çatlakları arasına sızmasıyla oluşmaktadır. Açığa çıkan enerjinin bir kısmı bu şekilde kaybolmaktadır. Yer sarsıntısı ise en geniş alana yayılan etkidir. Yer sarsıntısına önlem almak maksadıyla çevrede bulunan yapılar için uyarılarda bulunulabilir.

Genel olarak ise işletmede çevresel etkilerden kaynaklanan bir problem bulunmamaktadır (Alpaydın ve diğ., 2012).



Şekil 6. Patlatma İşleminin Etkileri (Arpaz, 2000).

5 SONUÇLAR

Bu çalışmada Bigadiç Bor İşletmesi'nde gerçekleştirilen işlemler üretimden sevkiyata kadar incelenmiş; delme, patlatma, delici makine, ateşleme düzeni ve kayaç parçalanma analizi hakkında bilgilere detaylı olarak yer verilmiştir.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre, 1.atımda ortalama parça boyutu 29,39 cm, ölçülen parça boyutu 95,879 cm olmakla birlikte üniformite indeksi 1,408 mertebesinde gerçekleşmiştir. 2. atımda ortalama parça boyutu 44,23 cm, malzemenin %63,2'sinin geçtiği karakteristik boyut (X_C) 53,663 cm'dir. 3. atımda ise toplam ölçülen parça miktarı 2125'dir. En ince parçalanma bu yığında elde edilmiştir. Ortalama parça boyutu 28,24 cm'dir. Üniformite indeksi ise oldukça düşüktür, 1,340 olarak gerçekleşmiştir.

6.TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum ' Eti Bigadiç Bor İşletmesi'nde Patlatma Tasarımının ve Ateşleme Sisteminin Değerlendirilmesi' adlı bitirme tezimde değerli bilgi, birikim ve tecrübeleriyle bana sabırla yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Türker HÜDAVERDİ'ye ve lisans hayatım boyunca üzerimde emeği olan bütün hocalarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında her türlü desteğinin ve yardımını esirgemeyen Araş. Gör. Özge AKYILDIZ'a teşekkür ederim.

7.REFERANSLAR

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.

Arpaz, E., 2000. "Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi", *Doktora Tezi*, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Komando Av Silah Patlayıcı San Tic. A.Ş. " Ürün Katolog ve Broşürleri, 2018.

Evaluation of Marble Faktory System and Mountly Production
Mermer Fabrika Sisteminin ve Aylık Üretiminin İncelenmesi

A. Öztürk, E. NASUF.
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul

ABSTRACT Firstly general information about Fethiye Marble Factory was given. The quarries and properties belonging to the company are mentioned. Information on the functioning of a marble factory has been given. Production quantities are specified and production methods are explained.
Later on, the production systems realized in Fethiye Marble Factory were mentioned and information about used systems was given. The production data for Fethiye Marble Quarry in June was analyzed.Finally, the causes of defects and defects in production have been mentioned and solutions have been proposed.
ÖZET Bu bildiride öncelikle Fethiye Mermer Fabrikası hakkında genel bilgiler verilmiştir. Şirkete ait olan ocaklardan ve özelliklerinden bahsedilmiştir. Bir mermer fabrikasının işleyişi hakkında bilgiler verilmiştir. Üretim miktarları belirtilmiş, üretim yöntemleri açıklanmıştır.
Daha sonra Fethiye Mermer Fabrikasında gerçekleştirilmekte olan ürerim sistemlerinden bahsedilmiş, kullanılan sistemler hakkında bilgiler verilmiştir. Fethiye Mermer Ocağı Haziran ayı üretim verileri analiz edilmiştir.
Son olarak üretimde yaşanan aksaklıklar ve aksaklıkların sebeplerinden bahsedilmiş ve çözüm yöntemleri önerilmiştir.

1 INTRODUCTION

Marble is a combination of recrystallization of limestone and dolomitic limestones as a result of metamorphism. 90-98% of the compositions contain Calcium Carbonate and Magnesium Carbonate at low levels.

The world of geography when viewed called marble rocks outlined Alba-the Himalayan Portugal remaining in the generation, Spain, Italy, Greece, Turkey, Iran, carbonate rocks in countries like Pakistan (marble, limestone, travertine and onyx) as seems to be more in reserve.

Located in the alpine zone where the world's richest marble deposits Turkey, has probable reserves of 5.1 billion m3 of marble -13.9 billion tons. This value corresponds to 33% of the world reserve total estimated to be 15 billion m3.

Looking at the export composition of Turkey's natural stone industry, it is seen that in the first place with 46.2% market share in China. When we look at Turkey's natural stone industry in the composition of imports, India with a share of approximately 38%.

2 MARBLE FACTORY

Marble factories; can be defined as the points where the blocks brought from the marble quarry are processed, cut and polished.

Basic parameters used in marble factory location selection:

- Distance to Raw Material Sources
- Market Distance
- Transportation
- Residential
- Climate
- Geotechnical Properties
- Elektrical
- Water
- Capital

The block from the quarry is lowered with the help of factory block crane. From here, according to the production program, the S/T or Gang Saw is again taken with a crane.

The production line used in the production of marble tiles consists of at least five different machines (S / T-head cutting-polishing-sizing-side caliper + chamfering + grooving).

S/Ts are the most common marble block cutters in use. They cut blocks in slices. Licensed as this is the name of the first production made by the French S / T company.After receiving the marble blocks on the cars, the machine is pulled to the bottom and the circular saw is given way.

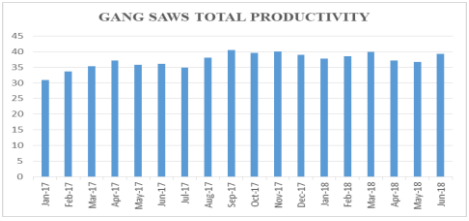
Used in flooring, wall coverings, tiles and counters S/Ts for marbles may be sufficient. In larger quantities and in situations where rapid production is required, larger size products require platelets. Plates are used for large capacity and periodical counter works, table and coffee table productions, fireplace and cemetery, and special size and working products.

Gang Saws are cut into blocks in the form of plates. Generally it consists of a drive motor and a block car with saws driven by this motor. The blocks placed on the car are cut into plates by the forward and backward movement of the car, where the saws are fixed. The number of plates obtained is a minus of the sawing saws.

3 ANALYSIS OF THE MONTH PRODUCTION OF THE FETHIYE MERMER FACTORY JUNE

Established in 1994 as a small marble workshop in Seydikemer - Mugla, which gives its name to the company, Fethiye Mermer continues to operate a closed area of 5.000 m2 and an area of 25.000 m2 today.

Fethiye Mermer manufactures marble in 15 different colors and colors with its raw materials supplied from its own quarries and many other quarries in the country. Fethiye Mermer has its own marble quarries Gökben Village Quarry, Kayabaş Village Quarry and Boğalar Village Quarry.



4 CONCLUSION

Turkey is a country rich in marble deposits. In order to be able to evaluate the marble potential correctly and properly, it is necessary to improve the efficiency of the elimination of deficiencies at certain points. It is possible to group the missing points as field part, factory part and human factor.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.

Misses in the marble area can be grouped as lack of understanding of geology, disruptions due to climatic conditions, improperly applied production methods, and incompleteness due to workers in the field.

If we look at it as a human factor, it can be summarized as production faults, lack of training in factories, lack of fatigue and worker motivation, wrong and unconscious use of used equipments.

The most important factor in the plant foot is the efficiency of the machines in the factory and they do not work regularly. The faults in the plant can be counted as power cuts, work accidents and faults caused by factory workers.

Within the scope of this thesis, productivity of Fethiye Mermer marble factory was investigated by the production data of June and gang saws machines and annual production reports of S / T machines.

Gang saws working conditions and performances according to June data.

• 3 cm gang saw did not work for 2 days for 23 days.

• 2 cm gang saw did not work for 3 days for 23 days.

• 1.2 cm gang saw did not work for 3 days for 23 days.

S/Ts working conditions and performance according to June data.

• Karan worked 22 days full.

• Ergen 1 worked 22 days full.

• Ergen 2 did not work in 4 shifts for 22 days due to lack of personnel and malfunction.

• Ergen 3 did not work for 7 shifts 22 days due to fault and lack of personnel.

The results obtained from the above data show that the factors affecting the productivity in the Fethiye Mermer factory are the factors that are affected; existing defects, labor shortages and intermittent electricity interruptions.

ACKNOWLEDGEMENTS

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

Bu günlere gelmemde, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Perihan ÖZTÜRK, babam Emin ÖZTÜRK'e ve kardeşim Mehmet ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Ayrıca üniversitede geçirdiğim yıllar boyunca yanımda olan, güzel zamanlar geçirdiğim arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

REFERENCES

AKKOYUN, Ö., & ANKARA, H., (2007) Kalite Maliyet Modelleri ve Mermer Fabrikaları İçin Bir Uygulama, Madencilik Dergisi, Cilt 46, Sayı 1.

KARACA, Z. & ONARGAN, T. (1997) Mermer İşletmeciliği Ders Notları. (Yayınlanmamış). İzmir.

KARACA, Z., (1997) Mermer İşletme Tesislerinin Teknik ve Ekonomik Optimizasyonu. İzmir.

Slope Stabilitiy Analysis At TKİ GLİ TUNÇBİLEK

TKİ GLİ Açık Ocak Tunçbilek Şev Stabilitesi Analizi

E. Sarı, C. Erdoğan, C. A. Öztürk.

(*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü)*

ÖZET Yıllardır Türkiye'nin en kaliteli linyit işletmelerinden biri olmuş Tunçbilek Linyit Madenlerinin başlangıcı, 1900'lü yıllarda ilk defa orada kömür olduğunu fark eden Mehmet Tunçbilek'e dayanmaktadır. 1935'ten itibaren devlet desteğinin artması ve işletmenin yavaş yavaş değerinin artmasıyla birlikte Tunçbilek'te çalışmalar hız kazanmıştır. TKİ GLİ'ye bağlı Tunçbilek Açık Ocağında Şev Stabilite Araştırmalarının yapılmasına ilişkin bu tezde, Tunçbilek Kömür İşletmesine ait genel bilgiler, sahanın jeolojik, hidrojeolojik durumları ve açık işletmede yapılan şev stabilite çalışmalarına ayrıntılı bir şekilde yer verilmiş olup rapor halinde sunulmuştur. Ocağın genel şevinden 4 adet kesit alınmış ve bunlar verilen parametrelere göre Slide programından analiz edilmiştir. Analizlere göre ekonomiklik kazandırmak adına yeni tasarımlar denenmiş ve elde edilen sonuçlara bu raporda yer verilmiştir.

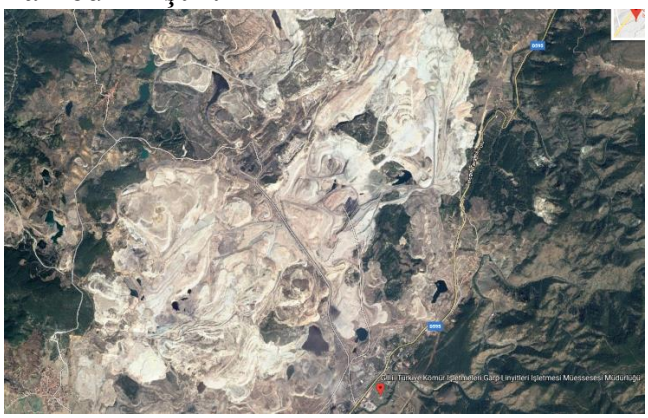
Anahtar Kelimeler: Açık Ocak, Şev Stabilitesi, Slide, Analiz

ABSTRACT For years, one of Turkey's best quality lignite operation Tunçbilek beginning of lignite mines, for the first time in the 1900s there who realize that coal is based Mehmet Tunçbilek. With the increase of the state support and the value of the operator gradually increasing since 1935, operations in Tunçbilek have gained speed. In this thesis on the study of slope stability studies in Tunçbilek Open Pit with TKİ GLİ, general information about Tunçbilek Coal Management, geological and hydrogeological conditions of the area and slope stability studies made in open area are presented in detail. Four crossections were taken from the general slope of the mine and they were analyzed from the Slide program according to the given parameters. According to the analyzes, new designs have been tried to gain economics and the results have been included in this report.

Keywords: Open Pit, Slope Stability, Slide, Analyze

1 GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER

Ülkemizde linyit işletmeciliğinin tarihi çok eski değildir. İlk üretim çalışmaları 1914 – 1918 yıllarına rastlayan I. Dünya Savaşı sırasında Soma'da başlatılmış, sonra Amasya Çeltek işletmesi ile devam etmiştir. Devlet eliyle yapılan linyit işletmeciliği ilk kez 1938 yılında Etibank'a bağlı olarak Değirmisaz işletmesinin kurulması ile başlamıştır. Daha sonraları 1939 yılında Tunçbilek ve Yunus Nadi Şirketi'nden devralınan Soma İşletmesi faaliyete geçmiştir. Bu üç işletme 1940 yılında birleştirilerek Etibank'a bağlı Mahmut Mesuliyetli Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi kurulmuş ve 1957 tarihinden itibaren de 6974 sayılı kanunla kurulan Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) kurumu bünyesine devredilmiştir. Başlangıçta Balıkesir'de bulunan müessese merkezi II: Dünya Savaşı sırasında Tavşanlı'ya nakledilmiştir.



Şekil 1 GLİ Tunçbilek uydu görüntüsü

1.1 Linyit Yatağının Kalitesi

Kaliteli linyit özelliklerine sahip rezervler ülkemizde sınırlıdır. Yalnız Tunçbilek ve Soma Havzalarında oluşan yaklaşık 500 milyon ton civarındaki bu rezervlerden yapılan üretimler, ağırlıklı olarak teshin ve sanayi sektörünce tüketilmektedir.

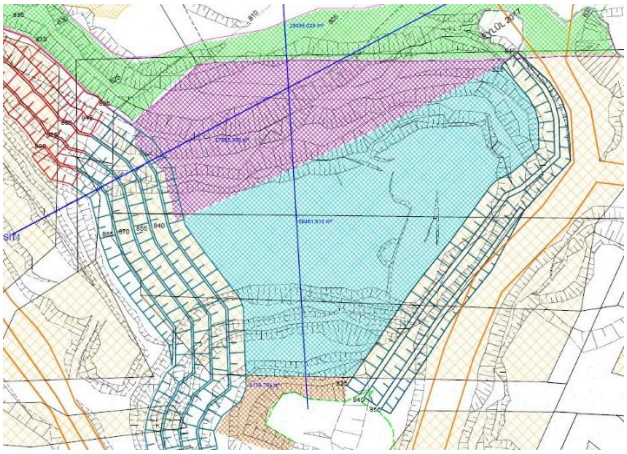
Türkiye'nin bilinen linyit rezervlerinin en kalitelisine sahip olan GLİ Müessesesi hali hazırda linyit üreten kuruluşların en büyüğü ve en deneyimlisidir. Müessese üretime başladığı 1940 yılında 149.256 ton olan satılabilir linyit üretimini gelişen teknolojiye de ayak uydurarak 1960 yılında 1.698.415 ton, 1980 yılında 8.746.692 ton, 1985 yılında 11.172.670 ton ve Seyitömer bölgesi ayrı bir müessese olup, açık ocak müessesesi bünyesinden ayrıldıktan sonra 1992 yılında ise 5.873.000 ton'luk bir üretim düzeyine ulaşmıştır.

2 ÜRETİM YÖNTEMİNİN TANITILMASI

2.1 Üretim Yöntemine Ait Teorik Bilgiler

Delik delme, patlatma, kazı, yükleme ve taşıma işlemlerinin yer üstünde yapıldığı işletmelere "açık işletme" denir. Tunçbilek'te benim üzerinde çalıştığım BYL Panosu bir açık ocaktır ve üretim yöntemi olarak Ekskavatör + Kamyon yöntemi kullanılır. Ekskavatör + Kamyon yöntemi bilinen en eski örtü kazı yöntemidir. Tunçbilek Bölgesinde 1956 yılında küçük kepçeli ekskavatör (1,5 yd^3) ve küçük tonajlı (22 ton) kamyonlarla başlayan bu yöntem giderek büyümüş ve bugün dünya standartlarına uygun bir çalışma kapasitesine erişmiştir.

2.2 İşletmenin Mevcut Planı



Şekil 2. İşletmenin Mevcut Planı

3 ŞEV STABİLİTE ÇALIŞMALARI

3.1 Şev Stabilitesi Hakkında Genel Bilgiler

Şev için genel anlamda bir tanım yapmak gerekirse bu tanım "doğal veya yapay oluşturulmuş bir zemin kitlesini sınırlayan eğik yüzey " olarak verilebilir. Eğik yüzey bir

düzlem olabileceği gibi birbirlerini takip eden düzlemlerden de oluşmaktadır. (Sedat, 2014)

3.1.1. Şev Hareketlerinin Sınıflandırılması

-Düşme

-Devrilme

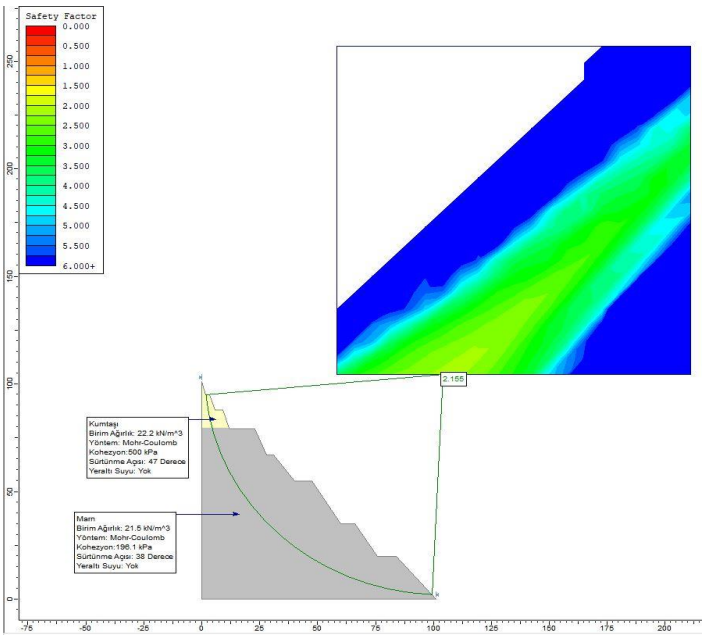
-Kayma

-Yayılmalar

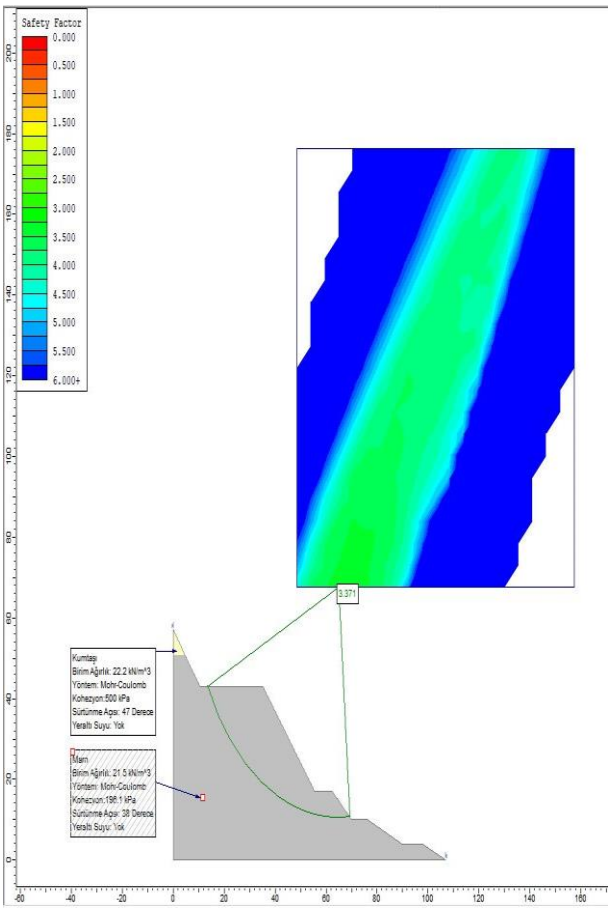
-Akmalar

3.1.2 Kesitler Üzerinde Şev Stabilitesi Çalışmaları

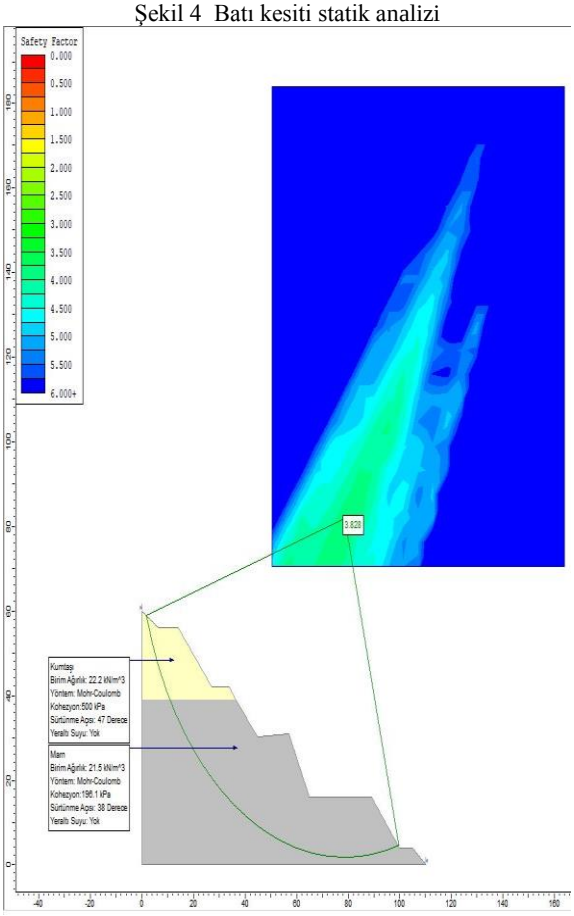
TKİ GLİ Tunçbilek açık ocağında gerçekleştirdiğim şev stabilitesi analizlerim için Rocscience adlı programın SLIDE eklentisini kullanılmıştır. MTA ve GLİ'nin sondaj raporlarından aldığım UCS, GSI, mi ve γ değerlerinden içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri hesaplanarak SLIDE programına materyaller olarak girilmiştir. Daha sonra aldığım kesitleri SLIDE programında çizip, belirlediğim materyalleri şevlere yerleştirerek şev üzerinde minimum emniyet katsayısı olan bölgeler bulunmuştur. Basitleştirilmiş Bishop Tekniği kullanılmıştır.



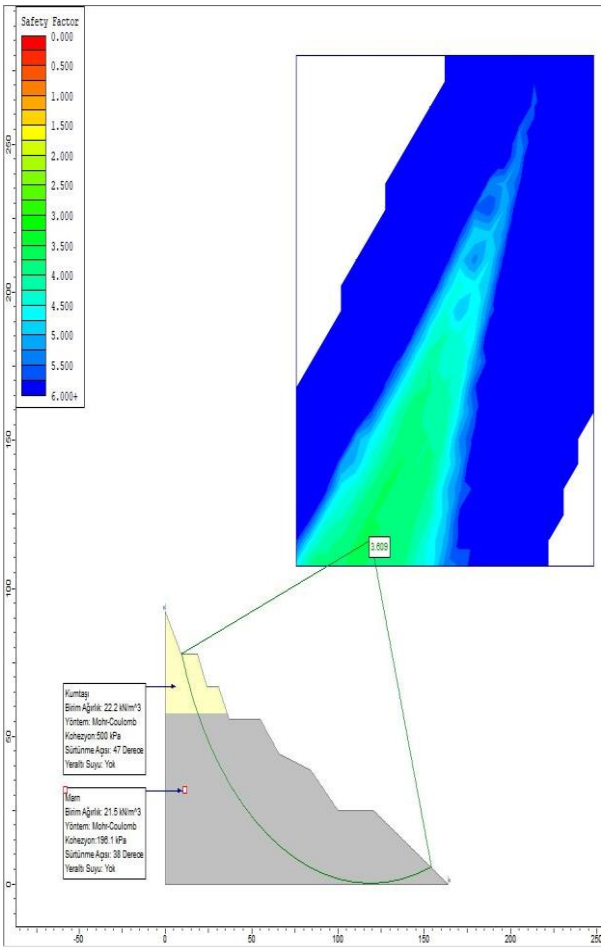
Şekil 3 Kuzey kesiti statik analizi



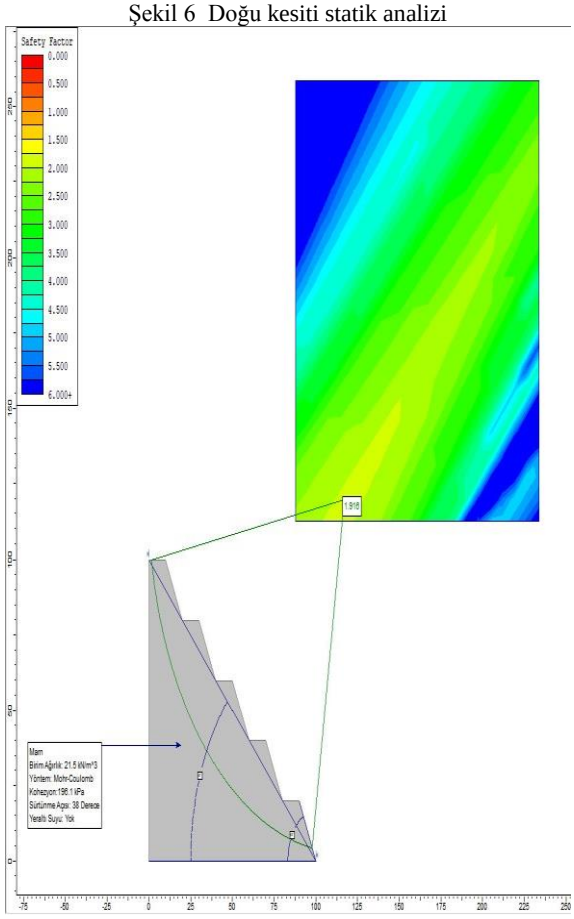
Şekil 4 Batı kesiti statik analizi



Şekil 5 Güney kesiti statik analizi



Şekil 6 Doğu kesiti statik analizi



Şekil 7 Yapılması planlanan şevin statik analizi

4 SONUÇ

Tunçbilek Açık Ocak İşletmesine yönelik stabilite analiz çalışmalarını içeren bu raporda, açık ocak sahasındaki jeolojik düzene ait içsel sürtünme açıları, kohezyon değerleri, cevherlerin birim ağırlıkları, tek eksenli basınç dayanımları vb. gibi parametreler dikkate alınarak analizler yapılmış ve şev kesitlerinin güvenlik faktörleri hesaplanmıştır. Araştırma kapsamında bölgede, tüfit, kiltaşı, kumtaşı, konglomera, kireçtaşı, serpantin, peridotit ve marn olduğu belirlenmiştir. Kesitleri alınmış şevlerde ise sadece kumtaşı ve marn bulunmaktadır. SLIDE üzerinden programa veri işlenerek yapılan analizlerde kesitler gerçek oranlarında ve metre cinsinden çizilmiştir. Kuzey Kesitinin genel şev açısı 31^0 bulunmuştur. Batı Kesitinin genel şev açısı 26^0 bulunmuştur. Güney Kesitinin genel şev açısı 29^0 bulunmuştur. Doğu Kesitinin genel şev açısı 28^0 bulunmuştur. Kesit analizlerinde görüldüğü üzere herhangi bir güvenlik sorunu bulunmamaktadır. Yapılması planlanan şevler de ayrıca analiz edilmiş olup, basamak yükseklikleri 20 metre ve basamak genişlikleri 10 metre olarak hesaplanmış ve genel şev açısı 45^0 derece bulunmuştur. Deprem ivmesi dikeyde ve yatayda 0.2 alındığı zaman bütün şevler F>1.0 koşulunu sağlamaktadır. Suya doymuş hallerinde Doğu, Batı ve Güney kesitleri F>1.3 koşulunu sağlamaktadır.

REFERANSLAR

Sedat, D. (2014). *Açık İşletmelerde Şev Açısı, Basamak Yüksekliği ve Genişliğinin Belirlenmes ve İş Güvenliği Açısından Önemi.* BURSA: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.

T.K.İ Çan Linyitleri İşletmesinde Ekskavatör-Kamyon Verimliliğinin İncelenmesi

Analysis of Excavator-Truck Efficiency in T.K.İ Çan Linyitleri İşletmesi

E. Danışman, S.G. Erçelebi, K. Hasözdemir
İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET T.K.İ Çanakkale Çan Linyitleri İşletmesinin sahip olduğu makine parkının teknik özellikleri kapsamında, müessesenin yıllık üretim hedeflerini gerçekleştirebilmesi için Ekskavatör-kamyon sayıları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sırasında ekskavatörlerin ve kamyonların sahadaki servis süreleri gözlemlenmiş ve bu veriler çalışmalara yansıtılmıştır. İşletmede kullanılan kamyon-ekskavatör sisteminin optimum koşullarda çalıştırılabilmesi için, işletmeye bağlı kamyonların servis zamanları kuyruk teorimi ile incelenmiş ve üretim birim maliyetini en aza çekilecek modellemeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Açık Maden İşletmeciliği, Ekskavatör-Kamyon Sistemleri, Kuyruk Teorimi.

ABSTRACT Within the technical features of the machine park owned by T.K.İ Çanakkale Çan Lignite Enterprise, excavator-truck numbers are calculated so that the annual production targets of the establishment can be realized. During these calculations, service times of the excavators and trucks were observed and these data were reflected in the project. In order to be able to operate the truck-excavator system used in the operation under optimum conditions, the service times of the trucks connected to the operation were examined by network theory and modeling was carried out to minimize the production unit cost.

Keywords: Surface Mine Management, Excavator-Truck Systems, Network Theory.

1 GİRİŞ

1.1 Ç.L.İ Açık Ocak Dekapaj İşleri

Proje ile amaçlanan, Ç.L.İ müdürlüğüne bağlı makine parkıyla, işletmenin hedeflediği yıllık dekaj miktarlarını sağlıyacak optimum araç sayıları bulmak ve bunların maliyet hesaplamalarını yapmaktır. Açık ocak işletmeciliğinde önemli olan coğrafya ve çevre koşulları incelenmiş, yapılan projelendirmelerde ve hesaplamalarda bu faktörler göz önüne alınmıştır. Kömür Havzasının etrafını saran akarsular ve dereler, ocak içerisinde heyalanlara sebep olup şev stabiletisini olumsuz etkilemektedir. Koşullar göz önüne alınarak işletmede dekapaj işinin Ekskavatör- Kamyon sistemiyle yapılması uygunluğu kabul görmüştür. İşletmenin kendi ekipmanıyla yapmayı planladığı dekapaj miktarı yıllık 6.000.000 m^3 olup, çalışılan panolarda lazım olan ekskavatör kamyon sayıları çalışmada hesaplanmıştır. Şeçilen ekipmalar ile üretim maliyet hesaplamaları kuyruk teorimiyle incelenmiş ve birim maliyet

tabloları çalışan kamyon sayısına göre belirlenmiştir.

1.2 İşletmenin Coğrafik, Topoğrafik ve Jeolojik Durumu

İşletmenin kömür havzası Çanakkale ili Çan ilçesi içerisindedir. Havza, Çan ilçesinin batısından başlayarak Durali ve Kalfa köyleri arasında 2,5 km²'lik bir alanı kapsar. Çan İlçesinin deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 70 m. ila 100 m. civarında olup etrafı tepelerle çevrili bir çukur havza niteliğindedir. Kömür sahasının ortalama yüksekliği 150 m. civarında olup az engebeli bir Neojen topoğrafyaya sahiptir. Yapılan çalışma, gözlem ve sohbetlerde mühendislerin ve teknik personelin en çok sıkıntı yaşadıkları konulardan birisi akarsulardır.

Çan havzasında genel olarak tek bir damar oluşumu gözlenmekte olup ortalama kalınlığı 16 m. dir. Katman eğimleri 0°-20° arasında değişir. 30°'nin üzerindeki eğimlere genellikle fay zonları civarında rastlanmaktadır. Birbirine paralel ve kuzey-güney yönünde 6 adet, kuzey-doğu-güneybatı doğrultusunda 7 adet olmak üzere toplam 13 adet fay saptanmıştır. Havzanın etkin bir tektonizma arz etmesi nedeniyle bu antiklinal ve senklinaller faylarla bölünmüşlerdir.

2.İŞLETME SİSTEMİNİN SEÇİMİ

Çan Havzasının çok heyelanlı olması, kömür damarının kalın ve kükürt oranının yüksekliği, yeraltı maliyetinin yüksek oluşu gibi nedenlerden dolayı açık işletmeye daha uygun olduğu ön plana çıkmıştır.

2.1 Dekapaj Sisteminin Seçimi

Dünyada bu ölçeklerdeki açık maden işletmelerinde en yaygın işletme yöntemleri

döner kepçeli ekskavatör bant sistemi, ekskavatör-kamyon sistemi, ripper-skreyper sistemi ve dragline sistemidir**.**

Sistemler içinde en büyük esnekliğe sahip bir Ekskavatör-Kamyon yöntemidir. Bu sistemde çalışan ithal malı makinalarının çalışma şartlarından dolayı oranlarının yüksek olması, yedek parçalarının tamamının dışardan temin edilmesi ve toprak döküm naklinde kamyon kullanıldığından lastik ve yakıt sarfiyatının çok fazla o1masına rağmen, bölgenin topografı ve teknik özellikleri yönünden yine de en uygun yöntem olduğu düşünülmüştür.

3. YERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1 Ekskavatör ve Kamyon Sayılarının İncelenmesi

Ç.L.İ' de yapılan yıllık planlamalarda müessese tarafında yapılması öngörülen 6.000.000 m³ dekapaj için gerekli olan ekskavatör ve kamyon seçimleri işlemeye ait makine parkından seçilerek yapılmış ve ocak ile ilgili koşullar Çizelge 1'de verilmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan kepçe periyodu sahada yapılan etütler tarafından belirlenmiş ve 28 sn. bulumuştur. Kalan veriler işletme mühendisleri tarafından bilgilendirilirek hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 1. Ç.L.İ. Yıllık Planlama

Yıllık Dekapaj Miktarı	6.000.000 m³/yıl
Yıllık Çalışma Zamanı	4.000 saat/yıl (6saat vardiya * 3 * 220 gün)
Kepçe Dolum Faktörü	0,9
Kepçe Periyodu	28 sn.
Kepçe Kapasitesi	5 m³
İşyeri Randımanı	50/60
Malzeme Yoğunluğu (Dekapaj)	2,2 ton/m³
Kabarma Faktörü	1,30
Seçilen Kamyonun Boş Ağırlığı	51 ton
Seçilen Kamyonun Max. Yük Taşıma Kapasitesi	78 ton
Seçilen Kamyonun Max. Yükleme Hacmi	Yığma 52 m³ / Silme 37 m³

3.1.1 Kamyon Toplam Gidiş Ve Dönüş Değerlerinin Bulunması

Satın alınan her kamyonla birlikte gelen kamyonun modeli ve markasına özel hazırlanan performans diyagramlarından, bitirme çalışması sırasında döküm sahasına giden yolun GPS cihazıyla yapılmış ölçümlerinin bize sağladığı verileri kullanarak, parçalara ayrılmış dekapaj yolunun geçiş noktalarındaki ortalama kamyon hızları bulunmuştur. Uzunluğu, eğimi ve yuvarlanma direnci bilinen yol noktaları için, diyagramdan maximum hız okumaları gerçekleştirilmiş ve bu değerler ile teorik olarak toplam boş ve dolu dönüş süreleri hesaplanmıştır.

3.1.2 Sonuç

Yapılan işlemler ve etüdler kapsamında gerçekleştirilen işlemlerle, işletmede yıllık 6 milyon metreküp dekapaj yapabilmek için hesaplarda kullanılan 5 m^3 kova hacimli ekskavatörlerden 4 adet, bu makinelere bağlı şekilde çalışması gereken 14 adet 85 ston'luk kamyonun ihtiyacı bulunuştur.

3.2 Kuyruk Teorisi İle Gerekli Kamyon Sayısı Hesabı

Yapılacak bu çalışmada Kuyruk Teorisi prensipleri ekskavatör-kamyon sistemlerine uygulanarak, doğru üretim tahminleri, ekskavatör ve kamyonların performans hesapları ve ekskavatörlere atanacak optimum kamyon sayısının nasıl belirleneceği verilmiştir.

3.2.1 Çalışma Sistemi

Kuyruk sistemi pek çok branş, sektör ve işletim sistemi üzerinde uygulanabilir. Bitirme çalışması sırasında yapılan çalışma ekskavatör-kamyon sitemi üzerinedir.

Uygulanan ekskavatör-kamyon sitemlerinde kuyruk oluşumu; kamyonların sayısı ve kapasitesine, ekskavatörlerin çalışma verimlikleri ve yükleme kapasitesine, dekapaj ve nakliye yollarının koşulları ve uzunluklarına, çalışılan panonun yüzey koşullarına, vb. sebeplere bağlı olarak meydana gelir.

3.2.2 Kuyruk Teorisinin T.K.İ Çan Linyitleri İşletmesinde Uygulanması

İşletmede kamyonlar ekskavatörler tarafından doldurulduktan sonra döküm sahasına gider ve yükünü boşaltır. Vardiyalar içerisinde bazen, ekskavatör önünde kamyon gecikmeleri, arızaları veya çalışılan makine parkında bulunan ağır yük kamyonlarının yüksek kapasiteleri sebebiyle kuyruklar oluşur ve kamyonlar da pano içerisinde bekleme süreleri meydana gelir.

Bu beklemelerin hesaplanabilmesi için sahada tutulan kuyruk teorisinde kullanılmak üzere veriler kullanılarak, kamyonların kuyrukta harcadıkları bekleme süreleri bulunmuştur. Aynı zaman da kamyonların toplam çevrim süreleri hesaplanmış ve çalışılan sistemin üretim kapasitesi bu şartlar altında 2-8 kamyon için hesaplanmıştır.

3.2.3 Maliyet Analizi

Yapılan hesaplamalarda görülmüştür ki en düşük maliyetler 1,475 TL/ton yükleme + taşıma maliyeti ile 3 kamyonlu kapalı sistem ile sağlanabilmektedir. Bu üç kamyonla çalışılan sistemden sonra, her eklenen kamyon kapalı çalışma sistemine ek maliyetler olarak yansımaktadır.

4.SONUÇLAR

Çalışan kamyonların tam tonaj kapasitesine 10 kepçe dolum sonrası ulaşıyor olmasından dolayı çalışma sistemindeki uyumsuzluk dikkat çekmiştir.

Bitirme projesi için işletmede dekapaj panosunda tutulan zaman etütlerinde karşılaşılan değerler, çalışan kamyonların tam tonaj kapasitesiyle çalışmadığını ortaya koymuştur.

Toplam kamyon servis süreleri teorik olarak hesaplanmıştır. Dekapajda çalışan Komatsu 85ston kamyonunun performans

diyagramına bağlı kalınarak tam tonaj kapasitesiyle çalışması durumunda boş ve dolu dönüş yollarında geçireceği süre hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar sahada ölçülen gerçek değerlerle neredeyse aynı olması, kamyonların eskiliği sebebiyle şaşırtıcıdır. Sonuç olarak bunun sebebi de kamyonun tam tonaj kapasiteyle çalışmaması olduğu kanısına varılmıştır.

Panoda çalışan kamyon ve ekskavatörün birim maliyet hesaplamaları kuyruk teorisiyle incelenmiş ve en düşük maliyetin 3 kamyonla elde edildiği tespit edilmiştir. Lakin dekapajda kullanılacak 3 ve 4 kamyon için birim maliyet rakamları arasındaki fark son derece düşüktür ve bu ekstra maliyet karşılığında zamana bağlı yapılacak dekapaj miktarındaki rakamsal artış işletme yöneticilerinin yıllık hedeflerini daha hızlı tutturmak adına alabileceği bir karar olarak görünmektedir.

KAYNAKLAR

Said, S.S., 1990, T.K.İ Çan Linyitleri Işletmesi "*Açık İşletme Nakliye Yöntemleri Mukaseyesi*'', bitirme ödevi.

Saltoğlu, S., 1992. Açık İşletmeler. "*Kepçeli Ekskavatör + Kamyon Sistemi*'', İstanbul, s. 172-173.

Erçelebi, S.G., Kırmanlı, C., 2000 "*MAD 441E-Mine System Analysis*'', İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü.

Ateşok, G., 2004. Kömür. "*Kömür Hazırlama Ve Teknolojisi*'' İstanbul, s. 20, s.39-40.

T.K.İ Çan Linyitleri İşletmesi'nin Etüt ve Planlama Müdürlüğü'nden alınan notlar.

AN INVESTIGATION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF DÜZCE BEIGE MARBLE

Düzce Beji Mermerlerinin Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

M. C. Balıkçı, H. Tunçdemir (*Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul)*

ABSTRACT In this study, four different marble samples are taken and uniaxial compressive strength, brazilian tensile strength, point load, Schmidt hammer, and Shore sceleroscope tests are conducted on them. There are 10 samples with a diameter and height in 54 mm for UCS test, 10 samples with a diameter in 54.5 mm and height in 32 for BTS test, 10 samples with same dimension of those UCS tests for point load index test for each marble type. By taking in the consideration of Düzce Beige's physical and mechanical properties, a comparison is made with other marble samples named as Denizli Travertine, Uşak Beige, Konya Black. According to results, UCS test values of Düzce Beige is higher than those of Uşak Beige, Denizli Travertine, Konya Black.

Keywords:UCS, BTS, Point Load, Schmidt Hammer, Shore Scleroscope

ÖZET Bu çalışmada, 4 farklı mermer çeşidinde, tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı, nokta yükleme basınç dayanımı, Schmidt çekici ve Shore sceleroskop deneyleri uygulanmış ve gerekli veriler analiz edilmiştir. Bu 4 farklı mermer çeşidinden, UCS deneyi için 10 adet yaklaşık 54 mm çaplı ve 54 mm yüksekliğinde, BTS deneyi için 10 adet yaklaşık 54 mm çaplı ve 32 mm yüksekliğinde, nokta yükleme basınç dayanımı için ise 10 adet yaklaşık 54 mm çaplı ve 54 mm yüksekliğinde numuneler ayrılmıştır. Bütün bu parametreler göz önünde bulundurularak, 5 farklı deneyin sonuçlarına göre Düzce Beji mermerinin fiziksel ve mekanik özellikleri; Denizli Traverteni, Uşak Beji ve Konya Siyahı'nın fiziksel ve mekanik özellikleriyle kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: UCS, BTS, Tek eksenli Nokta Dayanımı, Schmidt Çekici, Shore Skleroskop

1 INTRODUCTION

It is known that raw materials are essential economically for the advancement of countries. Marble and natural stones can be given as main examples for the raw materials, since they are still being used by many places in various ways such as in architecture, sculpture designing and many other industries. The main reason of the selection of marbles is not only its nice appearance but also marble's strong mechanical properties. As a first step in preparation for the experiments, required blocks are collected from the various companies. These 4 blocks known as Düzce Beige, Denizli Travertine, Konya Black, Uşak Beige which are in 30x30x15 cm dimensions and given in

Figure 1.1: Block of marble samples before experiment (30x30x15cm).

After that, the cores were extracted from these blocks in 4 days by using core drilling machine. Each experiment required at least 10 cores for each sample. Then, the cores resized in cutting machine to claim required experiment dimensions. Finally, all cores have been labelled.

Figure 1.2: The pictures of each sample.

2 EXPERIMENTS

2.1. Uniaxial Compressive Strength Experiment

UCS is one of the main parameters that is used to measure rock strength. Uniaxial compressive index text is performed according to British Standards 1926:2006 uniaxial compressive strength for natural stone. The experiment is shown in Figure 2.1.

Figure 2.1: UCS and BTS testing machine

2.2. Brazilian Tensile Strength Experiment

The tensile strength is calculated indirectly in this experiment, it is also known as Indirect Brazilian Test. Brazilian tensile index is performed according to TS 7654.

2.3. Point Load Experiment

The Point Load Index test is used as an index test for the strength classification of rock materials. This test can be used to predict other strength parameters such as the uniaxial compressive and tensile strength. Point Load test is performed according to ASTM D5731-08 Standard test method for determination of the point load strength index of rock and application to rock strength classifications.

Figure 2.3: Point Load testing set

2.4. Schmidt Hammer Experiments

The Schmidt Hammer was first developed in 1948 for non-destructive testing of concrete hardness, and was later used to estimate rock strength as well. Schmidt Hammer test is performed according to ISRM Suggested method for determination of Schmidt Hammer rebound hardness (Aydin, 2008). The Schmidt hammer that is used in experiments is given in Figure 2.4 below.

Figure 2.4: Schmidt Hammer

2.5. Shore Scleroscope Hardness Experiment

The experiment is done by dropping a diamond tipped hammer from a fixed height

on a material. After the diamond tip contacted with the material, certain rebound is occurred and this rebound height is recorded. The basic outcome of the experiment is to measure the hardness by rebound height. Shore Scelerescope test is performed based on ISRM standards. The required testing device for the test is given below in Figure 2.5.

Figure 2.5: Shore Sceleroscope

3 INFORMATION ABOUT TEST SAMPLES

In order to be used in 5 different experiments to examine the properties of the rocks, 4 different marble samples are collected which are Düzce Beige, Denizli Travertine, Konya Black and Uşak Beige.

4 EXPERIMENT RESULTS

After conducting the all experiments, data is collected and mean values from every experiment are calculated. Calculated values can be seen in Table 4.1 below.

Table 4.1: Average values of samples

Experiment Names / Sample Names	Uniaxial Compressive Strength (kg/cm²)	Brazilian Tensile Strength (kg/cm²)	Point Load Compressive Strength (MPa)	Schmidt Hammer Rebound Values	Shore Sceleroscope Values
Düzce Beige	794.2	60.3	2.7	54.1	48.3
Denizli Travertine	442.2	52.4	2.0	49.2	39.6
Konya Black	409.7	58.1	1.3	57.5	47.5
Uşak Beige	416.8	59.2	2.0	53.6	40.8

5 CONCLUSION

The first property has been analyzed among in 5 different tests is the compressive strength. As it can be seen in the Table 5.1, Düzce Beige has the highest compressive strength among all other marble samples whereas Konya Black has the lowest compressive strength. Also as another note, during the examination of cores after the test, cores taken from the Konya Black shows the most fragmentation while examing the cores in hand.

Another property has been analyzed is brazilian tensile strength. As result of the

test, Düzce Beige has the highest tensile strength. However even Düzce Beige has the highest tensile strength, other samples also has higher tensile strength results comparing their UCS values. As a result of that whereas, Denizli Travertine, Konya Black and Uşak Beige has the certain ratio between UCS and BTS values, Düzce Beige has the different higher ratio between UCS and BTS values.

In third test, point load is used to evaluate the compressive strength of each sample. As a result of the test Düzce Beige has the highest compressive strength value which was to be expected since Düzce Beige has the highest compressive strength in UCS test; UCS and point load values has certain correlation between each other (Rusnak and Mark, 2000).

The last two experiment is used to measure the hardness of samples. As a result of these two experiment parallel results are found which can be seen in the rebound index values except the Konya Black showed higher hardness in Schmid Hammer whereas, Düzce Beige has the highest in the Shore Sceleroscope.

6 REFERANCES

ASTM D5731-08, Standard test method for determination of the point load strength index of rock and application to rock strength classifications

Aydin, A., 2008. ISRM Suggested method for determination of Schmidt Hammer rebound hardness: Revised version

Frederick E. Fowle. Smithsonian Physical Tables,Washington, DC: Smithsonian Institution, 1921.

Katz, O., Reches, Z. and Roegiers, J.C., 2000, Evaluation of mechanical rock properties.

Nasuf, E., Tunçdemir, H., 2018, Rock Mechanics Course Text Book. Mechanical Properties of Rocks Lecture.

Rusnak, J and Mark, C, 2000, Using the Point Load Test to determine the uniaxial compressive strength of coal measure rock.

Standards British. (2006). Natural stone test methods – determination of uniaxial compressive strength (BS EN 1926:2006). Retrieved from British Standards Online.

Standards Turkish. (2009). Natural building stones – methods of inspection and laboratory testing (TS 699:2009). Retrieved from Turkish Standards Online.

DEMİR EXPORT SİVAS DİVRİĞİ ACIK OCAĞINDA DELME PATLATMA FAALİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Analysis of Drilling and Blasting Operations in Demir Export's Sivas Divrigi Open Pit Iron Mine

M. T. Genç
İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu tezde İç Anadolu bölgesinde yer alan Sivas ilinin Divriği ilçesinde bulunan Demir Export Divriği açık ocak demir tesisiyle ilgili genel bilgilendirme yapılmış ve bilgilendirmenin akabinde ocakta yapılan delme patlatma tekniği incelenmiştir. Ocakta kullanılan delici aracının toplam çalışma süresi, ortalama hızı, delik başına ortalama delme maliyeti gibi sonuçlara ulaşılmıştır. Demir Export Divriği açık ocağında patlatma operasyonlarında kullanılan patlayıcılar hakkında genel bilgiler verilmiş ve yine delme işlemlerinde olduğu gibi patlatma işlemlerinin de maliyeti hesaplanmıştır. Bunların yanı sıra ocakta uygulanan patlatma parametreleri ile Olafsson, Konya ve Walter ve Morhard, Chiappetta ve Borg'a göre hesaplanan parametreler karşılaştırılmıştır. Yapılan patlatmalardan sonra ise WipFrag adlı görüntü işleme yazılımıyla patlatma sonucu kırılan parçaların boyut dağılım analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Açık ocak ,patlatma, plaser yatak, boyut analizi

ABSTRACT

In this thesis firstly, general information about the Demir Export Divriği open pit iron plant located in Divriği in Sivas in the Central Anatolia region were given and the drilling and blasting operations made in the open pit was investigated. Some results like the total working time, average speed, average drilling cost per hole, etc. have been reached for the Divriği open pit mine.

Secondly, general information about the explosives used in the operations in the open pit Demir Export Divriği mine is given and the cost of blasting operations is calculated in this paper.

On the other hand, the drilling activities of the mine were examined, and drilling efficiency was examined and compared the parameters from three different approaches that Olafsson, Konya and Walter and Morhard, Chiappetta and Borg's.

Finally, photographs taken were analyzed with the help of a program named WipFrag and the particle sizes were calculated.

Keywords: Open pit, iron, drilling, blasting

1 GİRİŞ

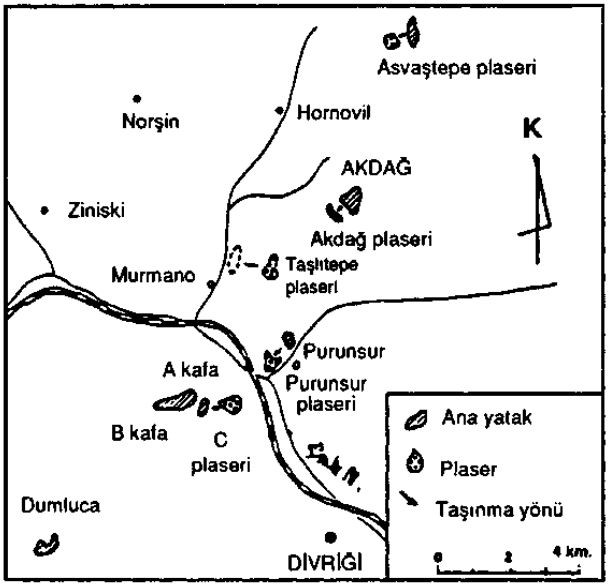
Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde yer alan Sivas ilinin doğusunda bulunan Divriği ilçesine bağlı olan işletmenin ana cevheri manyetittir. 2003 yılından bu yana 1.4 milyon ton demir cevheri üretimi gerçekleştirilmiştir. İşletmenin üretim kapasitesi 2012 yılında devreye alınan yeni zenginleştirme tesisle birlikte yıllık 400 bin ton kapasiteye çıkarılmıştır. Bu sahada demir içeriği %65 olan 11.3 milyon ton rezerv bulunmaktadır. Demir içeriği bakımından ülkenin en zengin yatakları bu bölgede bulunmaktadır.

Tablo 1.1. Ocağın genel bilgileri

Genel Şev Açısı	50^0
Basamak Şev Açısı	65^0
Basamak Genişliği	8 m
Basamak Yüksekliği	8 m
Yolların Eğimi	5^0 - 7^0

1.1 Bölgesel Jeoloji ve Cevherleşme

Divriği civarında çok büyük rezervlere sahip demir yatakları bulunmaktadır (Şekil 1.1.). Bu yatakların civarında önemli rezervler içeren ve yamaç plaserleri olarak tanımlanan (Cağatay, 1979), cevher birikimlerine ait ilk çalışmalar (Koşal, 1974) tarafından yapılmıştır. Taşlıtepe demir plaserine ait ilk belgelere de Koşal'ın (1973) çalışmasında rastlamaktayız. Ancak bu yatağın özel bir şirketin ruhsal alanı içinde olması nedeniyle, Koşal ve diğer araştırmacılar tarafından herhangi bir araştırma- geliştirme çalışması yapılmamıştır.



Şekil 1.1. Cevher alanındaki plaser oluşumları

(Cağatay, 1979)

Yatağın detay araştırmaya alınması 1987 yılında mümkün olmuştur. Akdağ'da demir üretimi yapan ruhsat sahibi şirket, rezerv sıkıntısına düşünce Taşlıtepe plaserine araştırmaya almıştır, önce 1:10 000'lik, sonra 1: 1000'lik jeoloji harita alımı ile yarma açılmasını, toplam 264 m tutan 8 sondaj kuyusunun açılması izlemiştir. Ayrıca yatağın çeşitli noktalarından alınan cevher malzemesinden kaba da olsa boyut değişimi onaya konulmuştur.

2 DELME FAALİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Açık ocaklarda, kazı işlemlerini etkileyen en önemli etken patlatma faaliyetleridir. Delme faaliyetlerinin verimliliği temelde iki ana unsura göre farklılık gösterir. Bunlardan birincisi patlatma deliklerinin açılmasını sağlayan delici aracın teknik özellikleri, ikincisiyse zeminin mekanik özellikleridir.

Demir Export Divriği açık ocak işletmesinde kullanılan delici Fukurawa HCR1200 – DS markalı araçtır.

2.1 Delici Aracın Çalışma Şekli

Paletleri yardımıyla çalışma yapılacak bölgeye getirilen makine, önceden mühendisler tarafından belirlenmiş olan delik yerlerine doğru manevra yapar. Daha sonra deliğin istenilen eğimde delinebilmesi için ve emniyetli çalışma sağlamak için 4 adet hidrolik ayak vasıtasıyla yere baskı kuvveti uygulayarak makine askıya alınır. Şekil 2.1.'de işletmede kullanılan delici makinenin fotoğrafı verilmiştir.

Şekil 2.1. Fukurawa HCR1200 - DS

Tijlerin bulunduğu kulenin içindeki hazne, 90^0 dönerek delinecek deliğin işaretlendiği nokta üzerine gelmekte, birinci tij alınıp mekanik sisteme bağlanarak çalışmaya başlamaktadır. Divriği açık ocak demir madenlerinde delik boyları 8 metre olduğundan ikinci bir tije daha ihtiyaç vardır. 3,66 metre delindikten sonra ikinci tij devreye sokulmakta ve birinci tij ile flanş bağlantı yapılmaktadır. Delik delme işi bittiğinde ise tijler teker teker delikten çıkarılmakta ve hazneye yerleştirilmektedir.

Bu delici makinalarda 76 mm'lik matkaplar kullanılmaktadır. Matkaplar yaklaşık olarak

her 6000 m' de değiştirilmektedir. Kayaç sertliklerine bağlı olarak bu süre değişebilmektedir. Delme Maliyetlerinin İncelenmesi

2.2 Delme Maliyetlerinin İncelenmesi

Tablo 2.1.'de verilen bilgiler ışığında, gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra Divriği açık ocağında toplam delme maliyeti;

Delik başına :32.34 TL

Metre başına : 4.62 TL'dir.

Tablo 2.1. Delme maliyeti kalemleri

Delik Boyu	7 metre
Delici Makine Fiyatı	250.000 Euro
İşçi Maliyeti	4.000 TL
Matkap Fiyatı	250 Euro
Yakıt Sarfiyatı	23 lt/saat
Yağ Sarfiyatı	0,35 lt/saat
Euro/TL	4,95

3 PATLATMA FAALİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Çalışmada, kullanılan patlayıcı malzemelerle ilgili genel bilgiler verilmiş ve patlatma faaliyetlerinin delik başına ve metre başına maliyetleri hesaplanmıştır.

3.1 Patlayıcı Malzemeler

Kimyasal patlayıcı maddeler, ısı, darbe veya sürtünme sonucu cevreden herhangi bir elemanın, kimyasal katkısı olmadan çok hızlı bir reaksiyona giren, genellikle gaz ürünler vererek ortam basıncında ani ve yüksek değişimlere neden olan (patlama), organik veya inorganik bileşimlerdir. Kimyasal patlayıcı maddeleri 3 değişik grup içerisinde sınıflandırmak mümkündür (Mamurekli, Tekin, & Hafızoğlu, 2011).

Materyal hassasiyetine göre (kimyasal reaksiyon başlatılabilmesi gerekli olan en az enerji miktarı); Birincil Patlayıcılar, ikincil patlayıcılar, içerisinde başlıca iki grupta sınıflandırabiliriz. Bu tip patlayıcılar aşağıdaki gibi açıklanabilir:

1. Düşük patlatma sonrası basınca sahip olan, yanma sonucu etki gösteren patlayıcılar Yüksek patlayıcılar, son derece hızlı reaksiyon hızına, yüksek delik içi basıncına sahip patlayıcılar.

2. Birincil patlayıcılar; Nitrogliserin, nitrotoluen gibi patlayıcılardır. Bunlar durağan olmayan bileşikler içerirler ve patlatma duyarlılığı yüksek olan maddelerdir. Kapsüller, başlatıcılar bu gruba girerler.

3. İkincil patlayıcılar; Dinamit türü patlayıcılardır. Bu grupta yer alan patlayıcılar, birincil patlayıcılara ihtiyaç duyarlar.

4. Üçüncül patlayıcılar; Kuru patlayıcı maddeler ve sıvı patlayıcı maddeler bu gruba girerler. Hem birincil hem de ikincil patlayıcılara ihtiyaç duyarlar. ANFO bu grupta yer alan patlayıcılara bir örnek olarak gösterilebilir. ANFO; %96 Amonyum nitrat, %4 motorinden oluşur. ANFO çok iyi uygulanırsa dinamitin %60'ı kadar bir etki yaratabilir. Emniyet ve ekonomi açısından tercih edilir. Normalde patlatıldığında 927 kcal/kg'lık bir enerjiye ulaşılır. İçine alüminyum katılırsa ısıl değeri artar, 1470 kcal/kg'a çıkar. ANFO'nun yoğunluğu 0.75-0.80 gr/cm^3 arasında değişir (Mamurekli, Tekin, & Hafızoğlu, 2011).

3.2 Patlatma maliyetleri

Divriği açık ocağında yapılan patlatma faaliyetlerin maliyeti;

Delik başına: 58.53 TL

Metreküp başına : 0,52 TL'dir

4 SONUÇLAR

Demir Export Divriği açık ocak demir madeninde senede 400 bin ton demir cevheri üretimi yapılmaktadır. Türkiye'nin nadir Plaser yataklı demir cevheri sahasına sahip olmakla beraber Türkiye'nin en zengin tenörlü demir cevheri de %67 tenörle bu sahada bulunmaktadır. Bu tez kapsamında Divriği ilçesindeki Taşlıtepe demir sahasında iki farklı patlatma operasyonu ve bunların öncesinde de delme operasyonları incelenmiştir. Divriği açık ocağında kullanılan Fukurawa markalı ve HCR1200 – DS modelli delici makine kullanılmaktadır. Kullanılan bu

makinenin ortalama delme hızı, ortalama delik delme süresi, metre başına ve delik başına delme maliyetleri bu tez kapsamında hesaplanmış olup şu şekildedir; ortalama delme hızı 80,6 m/saat, ortalama delik delme süresi 5 dakika 10 saniye, metre başına delme maliyeti 4,62 TL ve ortalama delik maliyeti ise 32,34 TL olarak hesaplanmıştır.

Delme maliyetlerinin yanı sıra ocakta yapılan patlatma operasyonlarının da maliyeti hesaplanmış ve bu hesaplama sonucu delik başına 58,53 TL ve metre küp başına 0,52 TL patlatma maliyeti hesaplanmıştır.

Delme ve patlatma maliyetleri toplam delik başına 91,17 TL'dir. Bir deliğin patlaması sonucu 112 m^3 dekapaj çıktığı düşünüldüğü takdirde delme ve patlatma birim maliyeti 0,81 TL/m^3 olmaktadır.

Divriği demir ocağında patlatma işleri, açık ocak işleriyle beraber maliyet masraflarını azaltmak ve yönetim zorluklarını en aza indirmek amacıyla taşeron firma olan Hestaş firmasına verilmiştir. Delik düzeni şeş beş düzende olan atımlarda ana patlayıcı olarak ANFO kullanılmakta ve bunun yanında SuperPower 90 emülsiyon patlayıcı ile birlikte 25/500 ms (25 ms yüzey gecikmesi, 500 ms delik içi gecikme) Nonel kapsüller kullanılmıştır. Her bir delikte 25 kg'lık ANFO kullanılmış sıkılama malzemesi olarak ta delik delme işlemi esnasında ortaya çıkan küçük boyutlu malzeme kullanılmıştır.

Ocakta yapılan delme ve patlatma işlemleri için sahada kullanılan patlatma tasarımı parametreleri ile Olafsson, Konya ve Walter ve Morhard, Chiappetta ve Borg'a göre hesaplanan parametreler karşılaştırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırma sonucu uygulanan ve hesaplanan şarj miktarı ve sıkılama miktarı birbirine çok yakındır. Ancak bunların dışındaki uygulanan ve hesaplanan verilerde yaklaşık %30 oranında bir fark bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Alpaydın, E., Alparslan, M., Elmacı, E., Halıcılar, G., İnanl, H., İşcen, H., & Patır, O. (2012). Patlayıcı Maddeler ve Patlatma Teknikleri. *NitroMak*.

Ash, R. L. (1963). *The mechanics of the rock breakage* (Cilt Part 2).

Cağatay, A. (1979). *Yamaç ve Akarsu Plaserlerine Dünya ve Türkiye'den Bazı Örnekler* (Cilt 4). Ankara.

Cağatay, A. (1979). *Yamaç ve Akarsu Plaserlerine Dünya ve Türkiye'den Bazı Örnekler* (Cilt 4). Ankara.

Hirth, G., & Guillot, S. (2013). Rheology and tectonic significance of serpentinite. G. Hirth, & S. Guillot içinde, *Elements* (Cilt 9, s. 107-113).

Jimeno, C., & Carcedo, F. (1995). Drilling and Blasting of Rocks. A. Balkema içinde, *Drilling and Blasting of Rocks.* Rotterdam: Brookfield Publication.

Koşal, C. (1974). Divriği A-B-C Demir Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu üzerine Çalışmalar. *MTA Dergisi*, 81, 1-21.

Konya, C. J., & Walter, E. J. (1990). *Surface Blast Design.* New Jersey, USA: Prentice Hall.

Mamurekli, D., Tekin, F., & Hafizoğlu, E. (2011, 06 03). *Açık Ocak Madenciliğinde Patlatma.* http://www.delmepatlatma.org: http://www.delmepatlatma.org/acik-ocak-madenciliginde-patlatma-syfdty-652.html adresinden alındı

Morhard, R. C., Chiappetta, R. F., & Borg, D. G. (1987). *Explosives and Rock Blasting.* Dallas, Texas: Atlas Powder Co.

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

Oral, K. (1965). *Türkiye Demir Envanteri.* Ankara: MTA.

Ovalıoğlu, R. (1969). Marin Sedimanter Demir Yataklarının önemi ve Jönezlerl Hakkında Teknik Düşünceler Madencilik. R. Ovalıoğlu. içinde

Oztürk, H. (1989). Divriği-Akdağ Hematit Yatağının Jeolojisi ve Oluşumu. *43. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri*, (s. 43).

Oztürk, H. (1989). Divriği-Akdağ Hematit Yatağının Jeolojisi ve Oluşumu. *43. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri*, (s. 43).

Oztürk, H. (2016). Sivas Divriği Taşlıtepe Plaserinin Jeolojisi ve Oluşumu Üzerine Bir Görüş. *Türkiye Olağan Jeoloji Kurultayı Özleri.* Ankara.

Oztürk, H. (2016). Sivas Divriği Taşlıtepe Plaserinin Jeolojisi ve Oluşumu Üzerine Bir Görüş. *Türkiye Olağan Jeoloji Kurultayı Özleri.* Ankara.

Sayınbatur, O. (2011). *Açık Maden İşletmelerinde Patlatma Delikleri ve Patern Tasarımı Üzerine Bir Araştırma.* Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği, Kütahya.

URL 1. (2018). *SuperPower 90*. www.solarpatlayici.com: http://www.solarpatlayici.com/en/products/5/superpower-90 adresinden alındı

Evaluation of Bench Blasting Operations in TKI GLI Tunçbilek Colliery

Türkiye Kömür İşletmeleri Garp Linyitleri İşletmesi Tunçbilek Madeni'nde Basamak Patlatma Operasyonlarının Değerlendirilmesi

S.C. Güner, T. Hüdaverdi.
(İstanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, İstanbul)

ABSTRACT In this thesis study, firstly general information about TKI Garp Lignite Administration was given. The geographical and geological characteristics and production activities of the study area were examined and then the characteristics of the Tunçbilek coal were presented. Afterwards, drilling activities performed on the field were examined and time study was done for each drilling operation in two separate pits. Information about the prices of the equipment used in drilling operations and the product are given. Performance analysis of drilling equipment was achieved and drilling costs were calculated. The materials used in blasting operations were introduced, blasting design parameters were calculated, post – blast were analyzed by Wipfrag software and the particle size distribution were calculated. Explosive cost calculations have been made. Drilling and blasting cost per blasthole were calculated.
Keywords: Blasting, Drilling, Performance Analysis of Drilling Equipment, Blast Design Parameters

ÖZET Bu tez çalışmasında öncelikle TKİ Garp Linyitleri İşletmesi hakkında genel bilgi verilmiştir. Çalışma sahasının coğrafi, jeolojik özellikleri ve üretim faaliyetleri incelenmiş, daha sonra Tunçbilek kömürünün özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra sahada yapılan delme faaliyetleri incelenmiş, iki ayrı ocakta her delme faaliyeti için zaman etüdü yapılmıştır. Delme operasyonlarında kullanılan ekipmanların fiyatları ve ürünler hakkında bilgi verilmiştir. Delici ekipmanın performans analizleri yapılmış ve delme maaliyetleri hesaplanmıştır. Patlatma operasyonlarında, yine kullanılan malzemeler hakkında bilgi verilmiş, patlatma tasarım parametreleri hesaplanmış, atım sonrası fotoğraflar Wipfrag yazılımı ile analiz edilmiş ve parça boyutları hesaplanmıştır. Patlayıcı maliyet hesaplamaları yapılmıştır. Delik başına düşen toplam delici ve patlayıcı maliyeti bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Delme, Patlatma, Delme Ekipmanlarının Performans Analizi, Patlatma Tasarım Parametreleri

1 INTRODUCTION

In this study, drilling – blasting operations of the mine openings at TKI GLI Tunçbilek open pit mine will be examined. Performance analysis of drilling equipment was achieved and drilling costs were calculated.
Explosive cost calculations have been made. Drilling and blasting cost per blasthole were calculated.

2 DRILLING OPERATIONS

Drilling activity at Tunçbilek open pit mine takes an important place in mining operations. Because the hardness of the formation prevents direct excavation. In this thesis, Tunçbilek drilling activites are examined. Drilling operations are performed for stripping and coal production in BYL panel.

Figure 1 : Ingersoll - Rand Drilling Machine

3 BLASTING OPERATIONS

Explosive is a solid or liquid substance or a mixture of substances which on application of a suitable stimulus is converted in a very short time interval into other more stable substances, largely or entirely gaseous, with the development of heat and high pressure.
The explosives can be classified into the following types:
Low (or deflagrating) explosives;
High explosives, (a) Primary and (b) Secondary. (Bhandari, 1997, s. 9)
The rock is affected by a detonating explosive in three principal stages.
In the first stage, starting from a initiation point, the blasthole expands by crushing the blasthole walls. This is due to the high pressure upon detonation.
In the second stage, compressive stress waves emanate in all directions from the blasthole with a velocity equal to the sonic wave velocity in the rock.
When these compressive stress waves reflect against a free rock face, they cause tensile stresses in the rock mass between the blasthole and free face. If the tensile strength of the rock is exceeded, the rock breaks in the burden area, which is the case in a correctly designed blast.
In the third stage, the released gas volume “enters” the crack formation under high pressure, expanding the cracks. If the distance between the blasthole and the free face is correctly calculated, the rock mass between the blasthole and the free face will yield and be thrown forward. (Olofsson, 1990)

3.1. Properties of Explosive Materials

Each explosive has certain specific characteristics or properties. Some of the principal properties of explosives which influence the ultimate choice are:

- Detonation velocity
- Strength – Energy
- Detonation Pressure
- Density
- Safety in Handling
- Storage Qualities
- Water Resistance
- Sensitivity
- Sensitiveness

- Medical Aspects
- Inflammability
- Resistance to freezing
- Permissibility (Bhandari, 1997, s. 30)

4 FRAGMENTATION ANALYZES

The analyzes of the particle size distrubition after blasting operations with Wipfrag programme is shown below.

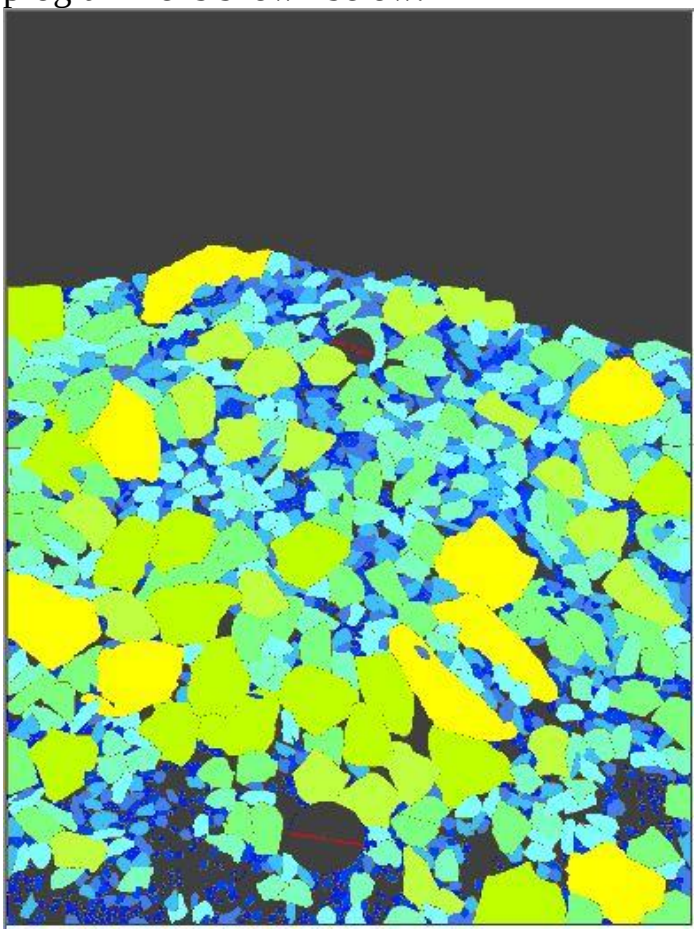


Figure 2 : Measurement of the particle size by image analyze software (04.07.2018 BYL Panel Operation)

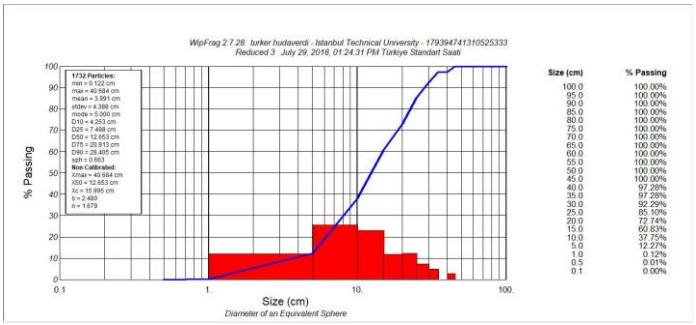


Figure 3 : Particle size distrubition curve of sample image (04.07.2018 BYL Panel Operation)

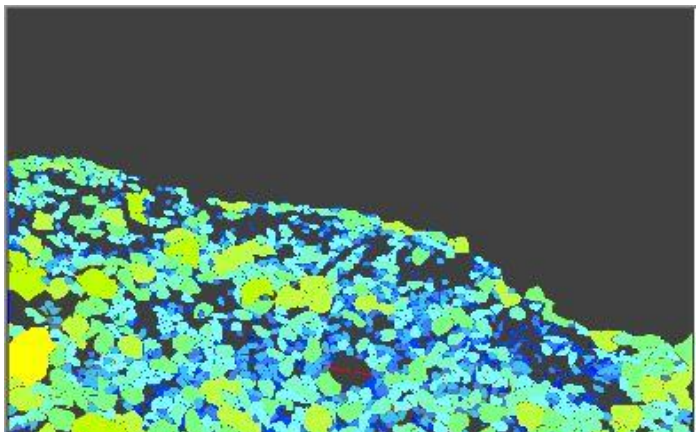


Figure 4 : Measurement of the particle size by image analyze software (06.07.2018 BYL Panel Operation)

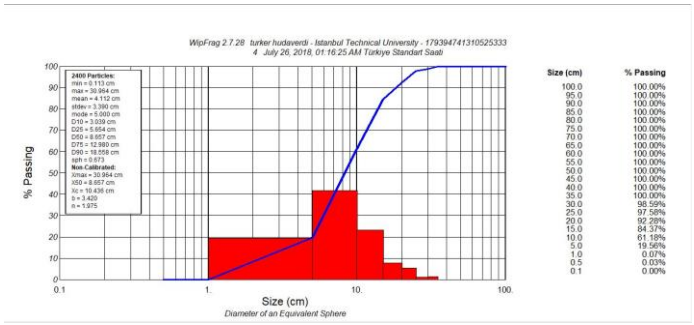


Figure 5 : Particle size distrubition curve of sample image (06.07.2018 BYL Panel Operation)

5 CONCLUSION

Image analysis technique was used to determine particle size distribution of a muckpile. For 04.07.2018 BYL Panel Operation, mean fragment is measured as 12.653 cm. Uniformity index is 1.679. For 06.07.2018 BYL Panel Operation, mean fragment is measured as 8.657 cm. Uniformity index is 1.975. Characteristic size (Xc) is

10.438 cm. Generally, mean particle size (d50) %50 smaller than 04.07.2018 BYL Panel Blasting Operation.

REFERENCES

Bhandari, S. (1997). Engineering Rock Blasting Operations. Rotterdam, Netherlands: A.A. Balkema.

Olofsson, S. O. (1990). Applied Explosives Technology For Construction and Mining. ARLA: APPLEX.

İmbat Madencilik A.Ş. Eynez Yeraltı Kömür Ocağında Gaz Yaılımının İncelenmesi

Inspection Of Gas Emission in The İmbat Madencilik A.Ş. Eynez Yeraltı Coal Mine

Y. Ersöz, .Fişne, A.Rend, K.Hasözdemir
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mining Engineering Department, Istanbul

ABSTRACT In this thesis, the methane content measured by IMBAT Mining Soma Eynez Underground Mine using the underground sensor system data available in the existing ventilation system is calculated by means of the formulas in the literature and the compliance with the methane emission limits is investigated by these calculations. In the study, first IMBAT Mining Soma Eynez Underground Mine is introduced and information about the mine is given. After the components of a mine atmosphere are introduced, comments are made about what type of structure the coal vein has using formulas and ratios which reveal the relationship between these components. In addition, the methane content of the coal vein is calculated by utilizing the levels of specific gas emission. Moreover, information is provided on the primary and auxiliary equipment that enables the monitoring of a mine atmosphere.

ÖZET Bu bitirme çalışmasının amacı, İMBAT Madencilik Soma Eynez Yeraltı Ocağı'nın mevcut havalandırma sistemi bünyesinde bulunan yer altı sensör sistemi verileri yardımı ile ölçülen metan içeriklerinin literatürde bulunan formüller sayesinde hesaplanmış ve bu hesaplamalar sayesinde metan emisyon sınırının uygunluğu araştırılmıştır. Çalışmada önce İMBAT Madencilik Soma Eynez Yeraltı Ocağı genel olarak tanıtılmış, ocak hakkında bilgiler verilmiştir. Bir maden atmosferinin bileşenleri tanıtıldıktan sonra bu bileşenler arasındaki ilişkileri ortaya koyan formüller ve oranlar yardımıyla kömür damarının nasıl bir yapıya sahip olduğu hakkında yorumlar yapılmıştır. Ayrıca yayılan metan gazı seviyelerinden faydalanılarak komur damarlarin spesifik gaz emisyonu hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak bir maden atmosferinin takip edilebilmesinin sağlayan donanımlar ve bunların yardımcı donanımları hakkında bilgiler verilmiştir.

.

Anahtar Kelimeler: Metan Emisyon Sınırı, Metan, Kömür Ocağı

1 GIRIŞ

Bir yeraltı madeninde atmosfer durumunun incelenmesi amacıyla, gündelik işler devam ederken, düzenli gaz numuneleri almak güvenli bir başlangıç noktası oluşturmanın ilk adımıdır. Madendeki atmosferin değişimini takip etmekten sorumlu olan bir havalandırma mühendisi, alınan bu numunelerin analiz sonuçlarından faydalanarak atmosferdeki değişimi sağlıklı bir şekilde saptayabilir. Atmosfer durumu, işçilerin güvenliğini ve

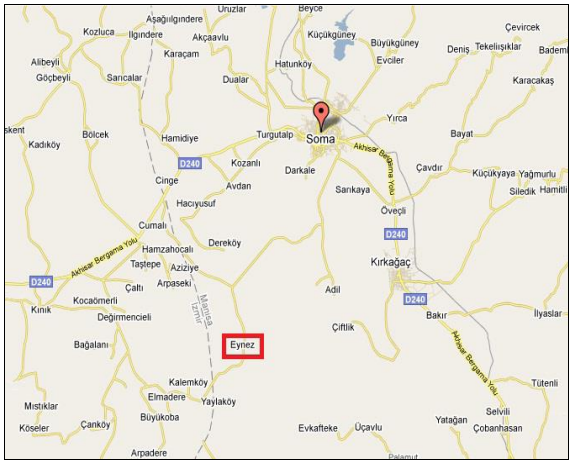
üretimi tehlikeye atmaya başladığı zaman yetkili kişilerin müdahale planlarını bu değerlere göre belirlemesi büyük önem arz eder. Buna ek olarak, bu değerler tahlisiye ekiplerine hayati bilgiler vererek yapacakları müdahaleleri organize etmeleri konusunda onlara yardımcı olurlar (Koenning, 1987).

Anlık verilerin genellikle ihtiyaç duyulandan daha az bilgi verdiğinin bilinmesi önemlidir. İşin doğası gereği, birden fazla verinin incelenmesi ile elde edilen atmosferik trendin takip edilmesi daha önemlidir. Fakat bu, anlık verilerin göz ardı edilmesi gerektiği anlamına gelmemektedir. Atmosferin görece daha durgun olduğu zamanlarda anlık veriler atmosferde bir değişiklik olup olmadığını belirlemede kullanılabilir. Ayrıca bir değişiklik belirlendiğinde örnek alma sıklığı arttırılarak uygun bir veri toplanması sağlanmalıdır.

İMBAT madencilikle ile ilgili işletmeninin genel coğrafi konumu iklim koşulları ve rezerv durumu hakkında genel bilgiler verilmiştir.Kömür madenciliği ile ilgili gazlar detaylı biçimde incelenmiş bu gazların birbirleriyle etkileşimleri incelenmiştir.Ayrıca metan gazının kömür ocaklarındaki etkileri daha detaylı incelenmiş ve bu gazın kömür madenlerinde neden olabileceği zararlı durumlardan bahsedilmiştir.Ocak havalandırma sistemleriminin niceliksel ve niteliksel incelenmesi yapılmış konuyla ilgili maddeler nelerdir nelere dikkat edilmesi gereklidir ve bu ölçümleri hangi numune alma teknikleriyle gerçekleştirilmelidir bu konulara değinilmiştir.

Kömür madenlerinde uyulması gereken ilgili iş sağlığı ve güvenliği kuralları açıklanmış ve bu sınırlara göre işletmeden alınan veriler işlenmiştir.

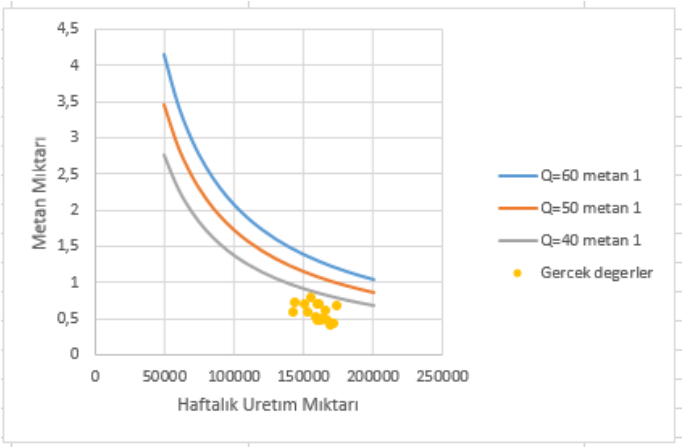
İMBAT madencilik anlık gaz izleme sensor verileri, yeraltı kömür ocaklarında büyük tehlike arz eden metan emisyon sınır aşımının neden olduğu bir çok tehlikeli durumların önüne geçilmesi açısından son derece faydalı olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 1.1. Coğrafi Harita

2.Gazlar

Kömür madenlerinde oluşan gazlar, genelde kömür bileşiminde bulunan C, H, O, N ve S elementlerinin oluşturduğu gazlardır. Yeraltında oluşan çeşitli nedenlerden dolayı bu gazlar bir araya gelerek yanıcı, zehirli ve boğucu gazları meydana gelir. Bu zararlı gazlar ise H2O, CO2, CH4, H2, O2 ve N2, SO2 gibi gazlardır. Gazların oluşma süreci oksidasyon sıcaklığına bağlıdır. Tipik olarak önce CO_2 salgılanır, ardından CO ve H_2. Sıcaklık yükseldikçe alevli yanma olayı genellikle hidrojen yayılımından hemen sonra gerçekleşir.



Şekil 2.1. İmbat Madencilik gercek veriler ile ölçülen maksimum spesifik emisyon ve farklı sabit hava miktarlarına göre ölçülen spesifik emisyon değerleri

3. SONUÇ

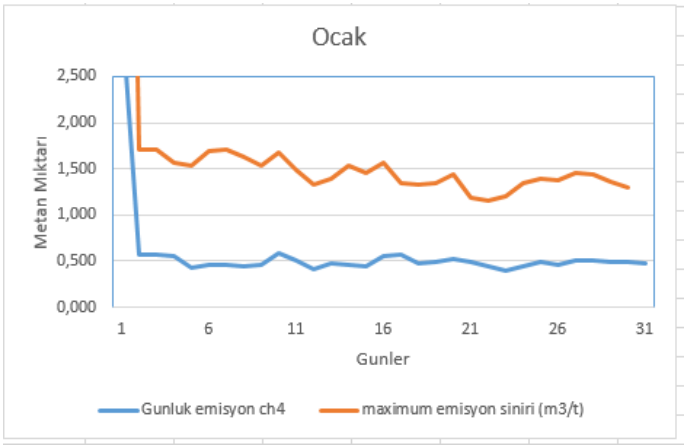
Ocak ayı içerisinde bir metan emisyon sınırı aşımı görülmemiştir.1 ocakta grafikte görülen yükseliş tatil günün üretim azlığından kaynaklanmaktadır.

Şubat ayı içerisinde metan emisyon sınırı aşımı gibi bir olay yaşanmadığı gibi ocak atmosferinde genel olarak metan emisyonu açısından bir sıkıntı görünmemektedir. Günlük artışlara sebep olarak kömür içerisindeki metanın homojen olarak dağılmayışı gösterilebilir ve ayni zamanda tatil günü üretim azlığından kaynaklanmaktadır.

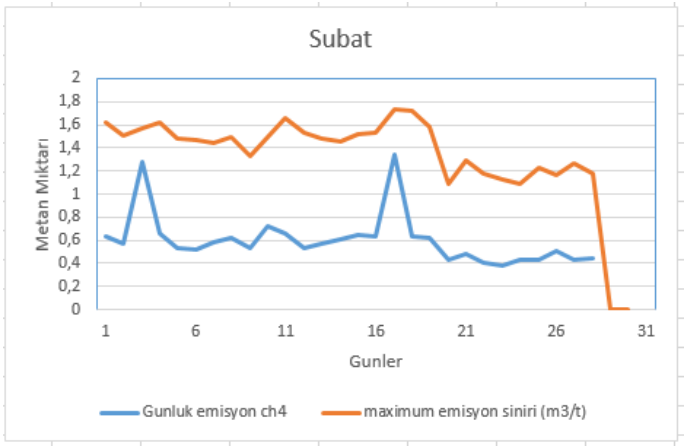
Genel olarak metan emisyon sınırın üstünde kalınmış olsa da zaman zaman emisyon sınırının dalgalanması yine metanın homojen olarak dağılmayışı gösterelilebilir .. Günlük üretim miktarları açısından incelediğimizde bu sonuçlar üretim miktarında artışı da karşılayabilicek durumdadır.

Nisan ayı metan emisyonu grafiği incelendiğinde nisan ayının metan emisyon sınırı açısından sıkıntı yaşanmamıştır. Aynı durum nisan ayı boyunca devam etmiş olup sadece 22-24 Nisan tarhleri arasında metan emisyon sınırınına yaklaşıldığı gözlenmişitr. Bunun sebebi olarak 23 Nisan tatilinde çalışılmaması gösterilebilir.

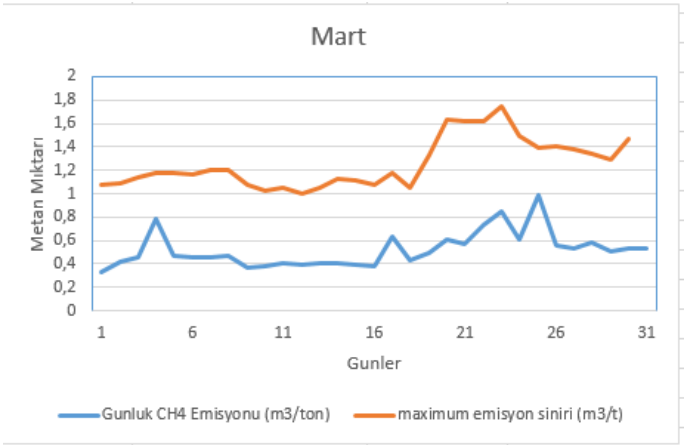
IMBAT madencilik tarafından ölçümü gerçekleştirilen verilere göre ocaktaki hava miktarı 40 ve 60 m^3/sn' aralığında elde edilmiştir Ayrıca maksimum izin verilen metan emisyonu hesaplamalarında metan sınırı 1,4 ve 1 olarak alındığında hava miktarları 40 m^3/sn' ye çekilse bile metan emisyon sınır aşımı açısından bir sıkıntı yaşanmayacağı gözlemlenmiştir. Metan sınırı 0,5' e çekildiğinde havalandırmanın metanı seyreltmek için yeterli olmadığını tespit edilmiştir.



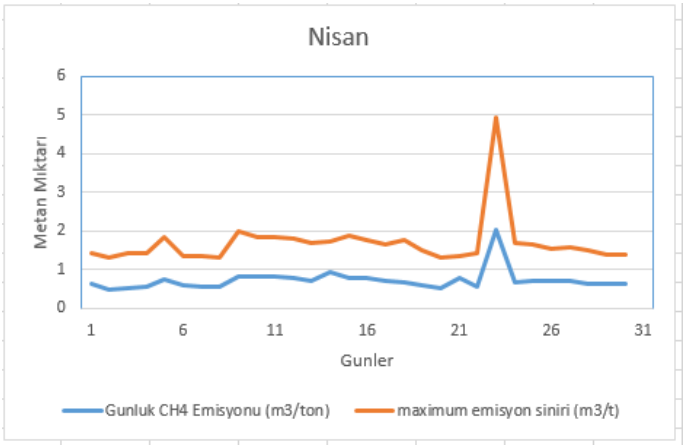
Şekil 3.1. İmbat Madencilik ocak ayı ch4 günlük emisyon grafiği



Şekil 3.2. İmbat Madencilik ocak ayı ch4 günlük emisyon grafiği



Şekil 3.3. İmbat Madencilik ocak ayı ch4 günlük emisyon grafiği



Şekil 3.4. İmbat Madencilik ocak ayı ch4 günlük emisyon grafiği

TESEKKÜR

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

Bu günlere gelmemde, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Emine ERSÖZ, abim Sadrettin ERSÖZ ve kardeşim Seçkin ERSÖZ'e sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

KAYNAKÇA

Koenning, T.H. and W.E. Bruce, 1987. Mine Fire Indicators. Proceedings of the 3rd United States Mine Ventilation Symposium, University Park, PA, Oct. 12-14, pp. 433-437.

Morris R. , Atkinson T. ,1988. "*Seam Factor and the Spontaneous Heating of Coal*" , Min. Sci. and Tech. , 7, pp. 149-159.

Coward H. F. ,1957. "*Research on Spontaneous Combustion of Coal in mines- A review*" , NCB Res. Report, No:142.

Chamberlain E. A. ,1974. "*Spontaneous Combustion of Coal*" Colliery Guardian, pp. 79-82.

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Sentinel-1 Uydu Verilerini Kullanılarak Konya Şehri'ndeki Çökmenin İncelenmesi

Investigation of Subsidence in Konya, Turkey, Using Sentinel-1 Satellite Data

N. Şireci, Z. Çakır
Istanbul Technical University, Geological Engineering Department, Istanbul

ÖZET Yapay Açıklık Radar İnterferometrisi (InsAR) tekniği kullanılarak Konya şehri ve civarındaki yüzey deformasyonlarını Avrupa Uzay Kurumu'na ait Sentinel-1 A/B uydu verileri (2014-2018) kullanılarak çalışıldı. Kuzey ve güney yönlü yörüngelerden elde edilen elde edilen InSAR zaman serileri kullanılarak yatay ve düşey hız alanları elde edildi. Sonuçlar şehri ikiye bölen kuzey-güney yönlü bir hattın her iki tarafında iki büyük çöküntü alanının varlığını göstermektedir. En hızlı çöken ve geniş alanları içeren batı çöküntü alanı Konya tren istasyonunun batısında, Havran Yeşil Camii civarında odaklanmakta ve yıllık 9 cm'ye ulaşan deformasyonlar göstermektedir. Diğer deformasyon alanı merkezden yaklaşık 3.5 km uzaklıktaki Akabe Park civarından konsantre olmaktadır. Yapılan elastik yerdeğiştirme modellemesi çöküntünün Konya fayı üzerinde olası bir asismik kaymadan kaynaklanma ihtimalinin pek olmadığını göstermektedir. Heterojen çöküntü dağılımına alüviyum içindeki lens benzeri, heterojen malzemelerin muhtemel varlığı ve farklı noktalardan yüksek miktarda yer altı suyunu çekilmesi gibi nedenler gösterilebilir. InSAR zaman serileri ile kuyu suyu seviyelerindeki değişimlerindeki oldukça iyi bir korelasyon mevcuttur. Buradan InSAR ile gözlenen ve 9 cm/y'e ulaşan çöküntülere yılda ortalama 3 m düşen yeraltı su seviyesi değişimlerinin neden olduğu sonucu çıkmaktadır. Şehrin altındaki akiferin bu değişimine muhtemelen şehrin parklarını, yollar boyunca mevcut yeşil alanların ve ağaçların sulanması için belediyenin aşırı miktarda su çekmesi neden olmaktadır

Anahtar Kelimeler: Konya, çöküntü, InSAR, Sentinel

ABSTRACT In this graduate project thesis, surface deformation in the city of Konya and its vicinity is studied using Synthetic Aperture Radar Interferometry technique with Sentinel 1A/B images (2014-2018). The vertical velocity field reveals a pattern of two lobes of rapid subsidence to the west and south of the Konya city centre. The most prominent subsidence signal is taking place in the western lobe centred near the Konya train station with rates up to 9 cm/yr. Another localized subsidence signal up to 6 cm/y is centred around Akabe Park about 3.5 km east of the city. Modelling results suggest that subsidence is unlikely related with the Konya fault. There is no correlation between the different geological units in the flat plain. Therefore, the heterogeneous pattern of subsidence is most likely caused by lithological heterogeneities such as lenses of course material in the Quaternary alluvium and excessive extraction of groundwater at different locations. The InSAR time series are well correlated with changes in the ground water level which is dropping about 3 m/y. The drop of the ground water is probably due to excessive ground water pumping to water parks, trees and flower along the roads in the city.

Keywords: Esenköy, Çınarcık, seismic, geology, earthquake

1 INTRODUCTION

In this thesis groundwater-related subsidence in Konya is studied. The subsidence (or the sinking) of land resulting from groundwater extraction is a serious problem in the developing world as cities increase in population and water use, without adequate pumping regulation and enforcement. Land subsidence problems associated with the excessive extraction of groundwater is a growing concern throughout the world (Haghshenas and Motagh, 2018). Land surface deformation induced by the over-extraction of groundwater from aquifer systems has been documented in several areas in the world (Amelung et al., 1999, Chen et al., 2003, Phien-wej et al., 2006, Teatini et al., 2006, Galloway and Burbey, 2011, Yan et al., 2012; Chaussard et al., 2014) (Fig. 1.1). Knowledge of the spatial and temporal extents of land subsidence is necessary for developing water management programs and establishing measures to mitigate hazards associated with land settlements and infrastructure (Haghshenas and Motagh, 2018). In Turkey, land subsidence due to groundwater extraction is reported for Istanbul, Afyon and Bursa (Figure 1.2) cities (Aslan et al., 2018; Aslan et al., 2019; İmamoğlu et al., 2019).

2 INSAR MEAN LINE-OF-SIGHT VELOCITY MAPS

Mean line-of-sight (LOS) velocity fields were calculated from a PS-InSAR time series using the Sentinel images on ascending track T160 and descending track T167 (Figure 1). The velocity fields on both tracks (ascending and descending) show nearly identical pattern of deformation, which means LOS changes in the maps show mostly vertical deformation with negligible horizontal and atmospheric effects. The mean velocity fields show a pattern of two lobes of rapid subsidence to the west and south of the city centre, that is Alaadin Hill (figures 2 and 3). The N-S line between these two regions divides the city to two nearly equal halves.

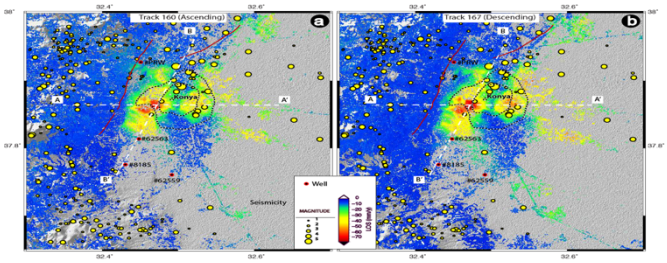


Figure 1: Mean LOS velocity fields on ascending track T160 (a) and descending track T167 (b)

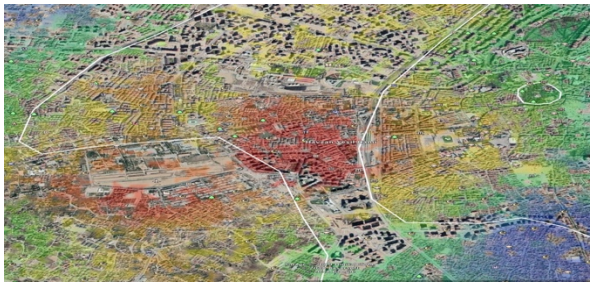


Figure 2: Zoomed imaged of the velocity field on T160 near the train station plotted on Google Earth image.

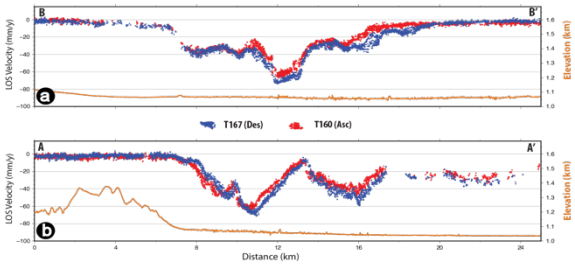


Figure 3: Mean LOS velocity profiles along lines A-A' (a) and B-B' (b) shown in Figure 1.

3 DECOMPOSITION OF INSAR LOS MAPS TO VERTICAL AND HORIZONTAL COMPONENTS

The subsidence signal in the Konya is covered entirely by Sentinel – 1 data from two different orbits and hence from two different viewing geometries. Consequently, one can retrieve two of the three components of the actual deformation vector. Therefore, the mean PS-InSAR line-ofsight velocity fields are decomposed into horizontal (east-west) and vertical components (figures 4 and 5).

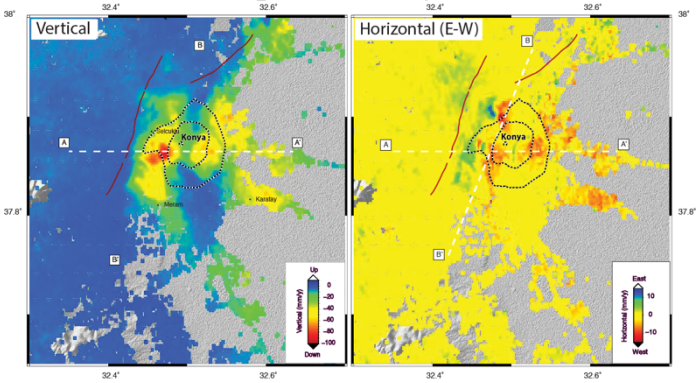


Figure 4: E-W and vertical velocity fields decomposed from the ascending and descending LOS velocities shown in Figure 1.

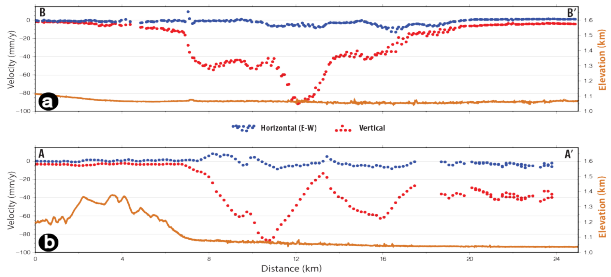


Figure 5: Vertical and E-W velocity profiles along lines A-A' (a) and B-B' (b) shown in Figure 4.1

Note the increase in the subsidence rate from LOS to vertical component due SAR viewing geometry and hence its sensitivity to horizontal and vertical motions.

4 CONCLUSIONS

Time-series analysis of Sentinel 1-A/B images collected between 2014 and 2018 on the ascending and descending tracks 160 and 167 reveals that the city of Konya is subsiding at rates up to 9 cm/y. The mean velocity fields obtained from InSAR time series show a pattern of two lobes of rapid subsidence to the west and east of the city centre, the Alaaddin Hill with a N-S line of no deformation that divides the city in to two nearly equal halves. The InSAR time series within the observation period is well correlated with changes in the ground water level which is dropping about 3 m/y. The drop of the ground water is most likely due to excessive ground water pumping to water parks, trees and flower along the roads in the city

5 REFERENCES

Amelung F., Galloway D. L., Bell J. W., Zebker H. A., Laczniak R. J., 1999, Sensing the ups and. downs of Las Vegas: InSAR reveals structural control of land subsidence and aquifer-system deformation, Geology 27(6), 483-486.

Aslan G., Cakır Z., Semih E., Cécile L., François R., 2018, Analysis of Secular Ground Motions in Istanbul from a Long-Term InSAR Time-Series (1992–2017), Remote Sens. 2018, 10, 408.

Aslan, G., Çakir, Z., Lasserre, C. & Renard, F., 2019, Investigating Subsidence in the Bursa Plain, Turkey, Using Ascending and Descending Sentinel-1 Satellite Data. Remote Sens. 2019, 11(1), 85; https://doi.org/10.3390/rs11010085.

Chen C., Pei S., Jiao J., 2003, Land subsidence caused by groundwater exploitation in Suzhou City, China, Hydrogeol. J., 11 (2) pp. 275-287.

Chaussard, E., Bürgmann R., Shirzaei M., Fielding, and B. Baker B., 2014, Predictability of hydraulic head changes and characterization of aquifer-

system and fault properties from InSAR-derived ground deformation, J. Geophys. Res. Solid Earth, 119, 6572–6590.

Galloway D., Burbey T., 2011, Review: regional land subsidence accompanying groundwater extraction Hydrogeol. J., 19 (8), pp. 1459-1486.

Haghshenas Haghighi, M. & Motagh M., 2018, aquifer system in Tehran, Iran: Results from a long-term multi-sensor InSAR analysis. Remote Sensing of Environment, DOI: 10.1016/j.rse.2018.11.003.

Imamoglu, M., Kahraman, F., Cakir, Z., and Balik-Sanli, F., 2019, Ground Deformation Analysis of Bolvadin (W. Turkey) by Means of Multi-Temporal InSAR Techniques and Sentinel-1 Data, Remote Sens. 2019, 11, 1069; doi:10.3390/rs11091069.

Teatini P., Ferronato M., Gambolati G., Gonella M., 2006, Groundwater pumping and land subsidence in the Emilia-Romagna coastland, Italy: modeling the past occurrence and the future trend Water Resour. Res., 42 p. W01406.

Yan, M. P. Doin, P. López-Quiroz et al., 2012, Mexico City subsidence measured by InSAR time series: joint analysis using PS and SBAS approaches, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 5, no. 4, pp. 1312–1326.

Esenköy, Çınarcık Bölgesinin Jeolojisi ve Sismik Riskleri
Geology of Esenköy, Çınarcık Region and Its Seismic Risks

H. S. Esenyel, A. Okay
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bitirme tasarım projesi dersi kapsamında yürütülmüş ve tamamlanmıştır. Proje konusu olarak Esenköy ve çevresinin jeolojisi ele alınmıştır. Bu bağlamda çalışma alanı kapsamında bulunan aktif fay hatları incelenmiş, özellikleri araştırılmış, elde edilen veriler ve sonuçların sosyal yaşam etki ve güvenliği, çevresel faktörler gibi gerçekçi kıstaslar açılarından değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçları çerçevesinde risk analizi ve tasarımı gerçekleştirilmiş, olası sonuçlar tartışılmıştır. Tasarımlar sismik riskleri açısından modellenmiştir. Ağustos 2016 da tamamlanan arazi çalışmasının sonucunda Pamukova Metamorfik Karmaşığı, İznik metamorfik kayaları, Esenköy Granitoidi, Kızderbent volkanikleri, Kocadere formasyonu, İncebel formasyonu ve güncel alüvyonlar olmak üzere 7 farklı kaya birimi tespit edilmiş, yapısal özellikleri ortaya çıkarılmış, elde edilen verilerin ışığında, stratigrafik, litolojik ve diğer jeolojik kıstaslar bağlamında tasarlanarak realize edilmiş ve 1/25000 ölçekli harita hazırlanmıştır. Araziden elde edilen bilgiler ışığında çalışma alanının stratigrafisi ve jeolojik evrimi tasarlanmış ve yorumlanmıştır. Kaya birimlerinden alınan örneklerden hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Tüm yapılan çalışmaların beraberce değerlendirilmesi ile bölgenin maruz kaldığı ve kalacağı olası sismik riskler gerçekçi kıstaslar da göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Bölgeyi etkisi altına alan aktif faylar, bu fayların nitelikleri, çalışma alanına mesafeleri, etki alanları litolojiler üzerindeki olası farklı etkileri, öncelikle zemin sıvılaşması bağlamında ve diğer gerçekçi kıstasların ışığı altında uzaklığı, olası bir depremin yapıcı veya tetikleyici rolü değerlendirilmiş, yerleşim alanlarına olası etkisi tasarlanmıştır. Tasarlanan etkinin realize olma süresi, devamlılığı, olası yaşamsal zararları, yerleşime uygunluk, toplumsal yaşamı etkileme, sosyal güvenlik ve diğer kıstaslar bağlamında incelenmiştir. Tasarlanan etkiler ve olası sonuçlar modellenerek sunulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Esenköy, Çınarcık, sismik, jeoloji, deprem

ABSTRACT This thesis was conducted and completed for the graduation design project of Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Geological Engineering Department. As the subject of the project, geology of Esenköy, Çınarcık region was studied. The active faults in the study area were investigated, the data collected were used for the realistic constrains such as their impacts on social life, security and environmental aspects. A risk analysis was made and possible outcomes were modelled and discussed. The field work was completed in August 2016, seven different rock units called Pamukova Metamorphic Complex, İznik metamorphic rocks, Esenköy Granitoid, Kızderbent volcanics, Kocadere formation, İncebel formation and alluviums were differentiated. In the light of the data obtained 1/25000 scaled geological map was constructed and the geological evolution of the area was studied. Thin sections were prepared from the samples taken from the field, and analysed under a polarised microscope. The seismic risks of the study area were discussed in terms of the characteristics of the active faults and soil liquefaction under the applied geology section. The active faults, their distances to the study area and the destructive effects of a possible earthquake produced from these active faults were analysed and modelled.

Keywords: Esenköy, Çınarcık, seismic, geology, earthquake

1 INTRODUCTION

This project was conducted under the supervision of Prof. Dr. Aral Okay for the graduation design course in Istanbul Technical University, Faculty of Mines. The study area is located in Armutlu Peninsula, NW Turkey in the Çınarcık – Esenköy region. It was investigated in August 2016 and covers approximately 70 km^2. A 1/25000 scaled geological map was constructed; data were collected from more than 140 observation points during 30 days of field work. Sedimentary, magmatic and metamorphic rock units were found in the area and samples for petrographic analyses were obtained from each unit. The main goal of this study is to construct a geological map, reveal the relationships between the different rock types of the region, analyse petrographic properties of each unit by using thin sections which are prepared from the samples obtained from the field and make a contribution to the region's geological evolution. In addition to the geological researches, the region's seismic hazards for settlement areas were studied under applied geology section.

2 STRATIGRAPHYAND PETROGRAPHY

Our study area lies inside the Northern Zone of the Armutlu Peninsula. This zone consists of metamorphic rocks and its younger Cretaceous- Tertiary cover units (Yılmaz et al., 1995). 1/25000 geological map and corresponding cross sections can be seen in the appendixes. Seven different rock units were observed in the study area. From the oldest to the youngest, these units are Pamukova Metamorphic Complex, İznik metamorphic rocks, Esenköy Granitoid, Kızderbent volcanics, Kocadere formation, İncebel formation and Quaternary alluvium.

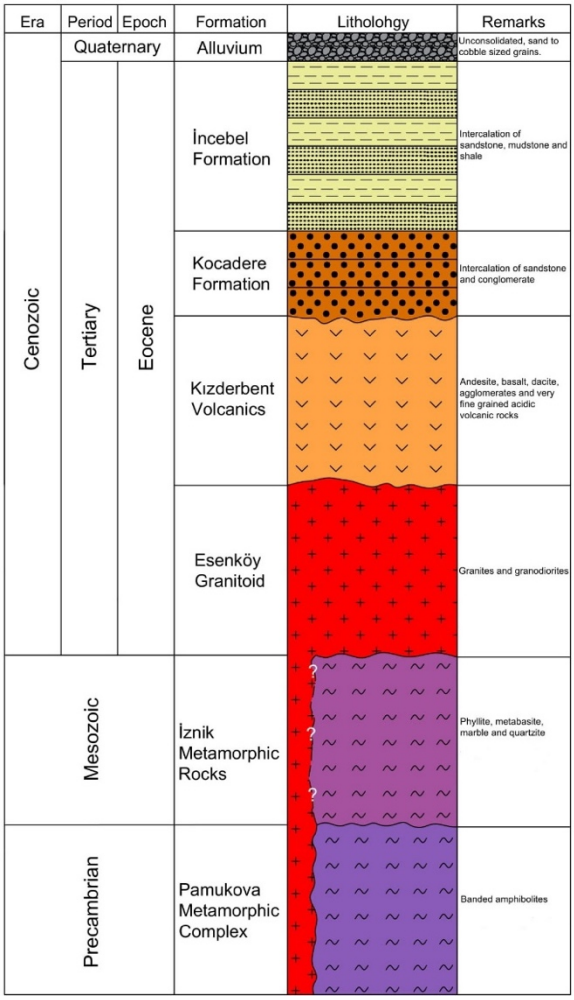


Figure 2.3 Stratigraphic Column of the study area

2.1 Pamukova Metamorphic Complex

Göncüoğlu et al. (1987) named these metamorphic rocks as Pamukova Metamorphics. In the study area, the complex crops out in the southwest of Esenköy as banded amphibolites. Thin section analysis of the banded amphibolite shows that the rock is composed of plagioclase, green - darkish green hornblende, quartz, epidote and opaque minerals. Unit was metamorphosed under low amphibolite facies conditions, the pressure ranging from 4 to 12 kbar and temperatures between 500 °C and 600 °C.

2.2 İznik Metamorphic Rocks

Named as İznik metamorphic rocks by Göncüoğlu et al., (1987), this unit crops out in the southwest of the study area as low grade metramorphic rocks, consisting of phyllite,

marble, quartzite and metabasite. İznik metamorphic rocks are metamorphosed under greenschist facies (Akartuna, 1968), at temperatures between 300 – 500 °C and pressure between 2 – 6 kbars. Thin sections of phyllite and metabasite samples suggest that phyllites are composed of quartz, muscovite and opaque, whereas metabasites are composed of albite, epidote and opaque minerals

2.3 Esenköy Granitoid

Esenköy Granitoid lies in the south of Esenköy, trending NE – SW. Its altered sections are highly cracked, show light brownish to light yellow colors with large biotite crystals. On the other hand, the fresh surfaces show light pink – pink colors. Esenköy Granitoid is thought to be penecontemporanous with the Kızderbent volcanics in Eocene (Genç and Yılmaz 1997). Esenköy Granitoid generally consist of quartz, plagioclase, alkali feldspar, chlorite, biotite and hornblende minerals.

2.4 Kızderbent Volcanics

Kızderbent volcanics consist of andesite, basalt, dacite, agglomerate and very fine grained acidic volcanic rocks and were named by Genç and Yılmaz (1997). The andesites commonly occur as lava flows, on the other hand more basic rocks formed as dykes and lava flows which cut these lava flow (Genç and Yılmaz, 1997). Trending roughly E – W, the unit covers a huge area and can be observed in Kocadere, Şenköy, south of Kocadere Yalısı and south of Esenköy. Thin sections which are created from collected samples show that andesites show porphyritic texture and consisted of plagioclase, clinopyroxene and hornblende. Basalts are dominated by plagioclase, whereas pyroxenes and other opaque minerals can also be seen. Dacites consist of quartz, plagioclase and biotite. Very fine acidic volcanic rocks are composed of altered volcanic glass.

2.5 Kocadere Formation

The unit can be seen in the west of Kocadere. It extends NE – SW and has the smallest outcrop in the studied area. By its reddish color, lensoid and cross beddings, it can be easily identified. Conglomerate is composed of poorly sorted but well-rounded grains. The well-rounded clasts are an evidence for a long distance transportation of the grains in the fluvial environment.

2.6 İncebel Formation

İncebel formation can be seen in the north, between Esenköy and Kocadere Yalısı. Located in the shoreline, it forms high cliffs and lies on roughly NE – SW direction. İncebel formation is formed in a deep sea environment and consists of an intercalation of sandstone, mudstone and shale Thin section of a sample from the study area shows that the sandstone has sub angular grains, sizes ranging between 0.1 and 1 mm. These grains are moderately sorted. In addition, it has quartz and other lithic grains

2.7 Quaternary Alluvium

Quaternary alluviums can be seen in Kocadere Yalısı, Kocadere and southwest of Esenköy. They can be easily identified by their unconsolidated structure and sand to cobble sized grains. Also, they form alluvial fans in the southwest of Esenköy.

3 STRUCTURAL GEOLOGY

Armutlu Peninsula, where our study area lies, is tectonically active since it is bounded by North Anatolian Fault. Because of that, all rock types in the field are heavily cracked, altered and show different structural properties. Several small-scaled faults, beddings with varying thicknesses and slight folds were found in sedimentary units. Figure 3.3 shows stereographical projection of bedding planes in the İncebel formation.

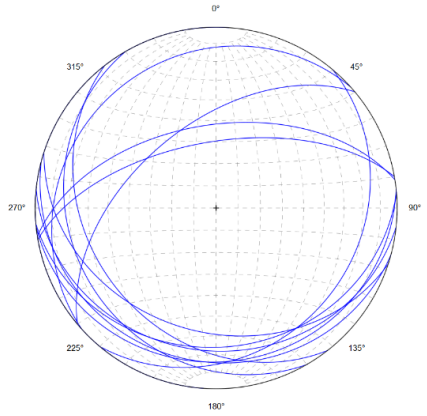


Figure 3.3 Stereographical projection of bedding planes in the İncebel formation

4 GEOLOGICAL EVOLUTION

Armutlu Peninsula can be considered as a geologic mosaic, since it is hosting many different rock types of different ages. The geological evolution of the study area can be divided into two phases. The first phase took place between Precambrian and Early Cretaceous, and is responsible for the formation of the metamorphosed rocks of the area. The second phase was started by the closure of the northern branch of the Neo Tethys ocean. The magmatic and sedimentary rocks of the study area were formed during this phase.

5 APPLIED GEOLOGY

Armutlu Peninsula is bounded by North Anatolian Fault's two branches from north and south. Because of that, the region is seismically active and threatens the settlements around it. The active faults around the area cause seismic risks for the settlement area, and those will be discussed under the topics of

1.Neotectonic features of the Armutlu Peninsula
2. Previous earthquakes
3.Active faults threatening the study area
4.Seismic Risks
4.1 Soil Conditions
4.2 The distance of active faults and the magnitude of possible earthquakes
4.3 Time of arrival of the seismic waves

Tables 5.1 and 5.2 Arrival times of seismic waves

Wave Types	Fault Lines					
	NAF Çınarcık Segment		NAF Adalar Segment		NAF Avcılar Segment	
	Distance	Arrival Time (s)	Distance	Arrival Time (s)	Distance	Arrival Time (s)
P	7 km	1,16 s	22 km	3,66 s	36 km	6 s
S		1,75 s		5,5 s		9 s
Surface		2,33 s		7,33 s		12 s

Wave Types	Fault Lines					
	Armutlu Fault		Orhangazi Fault		Yalova Fault	
	Distance	Arrival Time (s)	Distance	Arrival Time (s)	Distance	Arrival Time (s)
P	10 km	1,66 s	30 km	5 s	32 km	5,33 s
S		2,5 s		7,5 s		8 s
Surface		3,33 s		10 s		10,6 s

6 CONCLUSION

As a result of this project, a 1/25000 scaled geological map was created in the light of the lithological and stratigraphical data obtained from the field work. Seven different rock units were differentiated; contact relationships were revealed. Thin sections of rock samples were made and analyzed. The geological evolution of the area was discussed and modelled. Active faults surrounding the study area were studied in terms of their characteristics and distances to the study area. With the realistic constrains such as their impact on social life, security and environmental aspects, a seismic risk analysis was made and modelled. Possible outcomes were discussed in the light of soil liquefaction and distances of the fault lines. Precautions were suggested.

REFERENCES

Akartuna, M., 1968. Armutlu yarımadasının jeolojisi. İ.Ü.F.F. Monografi, 20, 120 p.

Göncüoğlu, M. C., Kuscu İ., 1987 Geology of the Armutlu Peninsula. *Conference Paper · In: Field Excursion along W-Anatolia for IGCP project no 5, 53pp.*

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

Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M., & Yılmaz, K., 1995. Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia. *Tectonophysics, 243*, 155-171.

Olgunlar Köyü (Hakkari Merkez) Kurşun - Çinko Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelenmesi

Geological, Geochemical and Genesis Investigation of Olgunlar (Hakkari) Zn-Pb Mineralization

Ö. Poyrazoğlu, K. Ölmez, M. Kumral
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu lisans bitirme tezinde, literatürde hakkında kısıtlı veri bulunan Olgunlar Köyü (Hakkari Merkez) civarındaki çinko – kurşun cevherleşmesi hakkında veri oluşturulmuş; yatak tipi, cevherleşmenin kökeni ve cevher minerallerinin jeokimyası incelenmiş, bölgedeki cevher rezervi hesaplanmıştır.

İnceleme alanındaki cevherleşmenin jeolojik, jeokimyasal, petrografik ve kökensel özelliklerini belirlemek amacıyla 27 adet örnek alınmış ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Ayrıca kayaçların petrografik ve mineralojik olarak tanımlanabilmesi için ince kesitler hazırlanmıştır. İnceleme alanında bulunan birimlerden alınan numunelerin jeokimyasal açıdan içeriklerinin saptanması amaçlanmış, bu bağlamda alınan numuneler İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya Laboratuvarları'nda hazırlama aşamalarından geçirildikten XRF cihazında analizleri yapılmıştır.

Çalışma süresince elde edilen veriler ve saha gözlemleri daha önceki çalışmalardan elde edilen veriler ile birleştirilmiş ve bölgedeki çinko – kurşun yatağının tanımlanması ve kökeninin netleştirilmesi için değerlendirmeler yapılmıştır.

ABSTRACT In this study, data about the zinc - lead mineralization in Olgunlar Village (Hakkari), which has limited data on the literature, was formed; the type of deposit, the origin of mineralization and the geochemistry of ore minerals were investigated and the ore reserve in the region was calculated.

In order to determine the geological, geochemical, petrographic and origins of the mineralization in the study area, 27 samples were taken and chemical analyzes were performedThe geochemical content of the samples taken from the units in the study area was aimed to be determined. In this context, the samples were analyzed in the XRF apparatus after being prepared in the Geochemistry Laboratories of the Geological Engineering Department of Istanbul Technical University.

The data obtained during the study and field observations were combined with the data obtained from previous studies and evaluations were made to clarify the origin and origin of the zinc - lead deposit in the region.
Keywords: pb-zn deposits, mvt deposits

1 PROJENİN KAPSAMI VE AMACI

1.1 Kapsamı

Hakkari İli Merkez İlçesi Olgunlar Köyü ve bölgesini kapsayan dolomitler ve dolomitik kireçtaşları ile ilişkili Zn - Pb cevlerleşmesi görülmektedir ve bu cevherleşme bölgelerinde maden işletmeleri çalıştırılmaktadır. Bölgedeki cevherleşme ile ilgili literatüre geçmiş çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır.

Çalışma alanı Hakkari Merkez Olgunlar Köyü ve yakın çevresini kapsayan 25

kilometrekarelik bir alandır. Cudi Grubu içindeki koyu renkli dolomitler üzerinde Zn zenginleşmesi gözlemlenmiş olup, çeşitli konumlarda Pb zenginleşmeleri incelenmiştir.

1.2 Amacı

Bu çalışmanın amacı bölgedeki sedimenter ve metamorfik kayaçların mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve jeolojik özelliklerini anlayarak bölgedeki tektonik etkilerin çalışma alanındaki kurşun-çinko cevherleşmesi üzerindeki etkisini tanımlamak ve bu cevherleşmeyi kökensel olarak incelemektir. Bu amaç doğrultusunda sayısal verileri de kullanarak ekonomik rezerv tespiti ve mevcut rezervin kökenine bağlı olarak sürdürülebilirliğinin denetlenmesi ve bu bağlamda bölge için örnek bir çalışma oluşturması tezin temel hedefleri arasındadır.

2 BÖLGESEL JEOLOJİ

Güneydoğu Anadolu otokton istifinin büyük bir bölümünü Mesozoyik yaşlı platform tipi çökel kayalardan oluşmaktadır. Güneydoğu Anadolu'da Mesozoyik yaşlı otokton istif 5 ayrı grup altında toplanmış ve 31 ayrı formasyondan oluşmaktadır.

İnceleme alanında gözlemlenen birimler ise Çığlı Grubu (ayrılmamış), Cudi Grubu (ayrılmamış), Çanaklı Formasyonu, Latdağı Formasyonu, Germav Formasyonu ve güncel alüvyal çökellerdir. İncelenen bu birimlerle birlikte Adıyaman Grubu üyesi Sayındere Formasyonu çok kısıtlı bir bölgede gözlemlenmiş haritalabilecek boyutlarda görülmemiştir.

3 İNCELEME ALANININ TEKTONİĞİ

Türkiye'de metalojenik sistem Jura-Kretase'den bu yana Alp – Himalaya orojenik sistemi üzerinde Tetis Kuşağı'nın oluşması sonucu gelişmiştir (Dixon ve Pereira, 1974; Jankovic, 1997). Afrika, Hindistan ve Arap plakalarının birbirine yaklaşması ve Tetis Okyanusu içinde Avrasya ile çarpışması sonucunda Alplerden Güneydoğu Avrupaya, Türkiye üzerinden Iran'a ve Himalaya'lara kadar uzanan Tetis Kuşağı oluşmuştur (Yiğit, 2009).

İnceleme alanı Arap Platformu'nun kuzey sınırında Bitlis bindirme kuşağının 5 km güneyinde yer almaktadır. Bitlis sütur - bindirme zonu ile Tauridler deforme olmuş Arap Platformu'ndan ayrılmaktadır.

4 ÇİNKO – KURŞUN CEVHERLEŞMELERİ

Hakkari bölgesinde Pb-Zn cevherleşmeleri genellikle karbonat ana kayaçları içerisinde gözlemlenmektedir. Bu anakayaçlar Doğu Toroslarda Arap Platformu'na ait Paleozoik – Mesozoik yaşlıdır (Hanilçi, ve Öztürk, 2008).

Meskantepe yatağında başlıca cevher mineralleri simitsonit, hidrozinkit, sfalerit, galen, serüzit ve hemimorfittir. Çalışılan bölgede yüzey kotlarında ve cevher zonunun üst seviyelerinde demirce oldukça zengin hematit ve limonit seviyeleri görülmektedir.

4.1 Mineralizasyon

Hakkari bölgesindeki ekonomik çinko-kurşun yataklarının tamamı birincil sülfitlerin aşınması ile meydana gelmiş ve demir-(hidro)-oksitlerle ilişkili Zn>Pb konsantrasyonu şeklinde görülmektedir.

Çalışma alanındaki çinko – kurşun cevher seviyesi üstte şapka şeklindeki demir katmanın hemen altında veya fay ile taşınmış seviyelerde görülmektedir. Oksitli ve karbonatlı çinko – kurşun mineralleri yerli yerinde oluşmuş, daha sonra yüzeysel oksidasyon ve yüzeyden meteorik su hareketlerinin bir sonucu olarak cevher mineralleri derinlere taşınmış; buna bağlı olarak yüzeye yakın kısımlarda demir – oksit katmanı kalmıştır. Yine çalışma alanında cevher zonunun kalın olduğu bölgelerde yüzeysel oksidasyon ve aşınma sınırlı kalmış ve ilksel sülfürlü mineralleri olan sfalerit ve galen gözlemlenebilir seviyelerde kalmıştır.

4.2 Cevherleşmenin Kökeni

Olgunlar Köyü civarındaki cevherleşmenin platform tipi karbonat kayaları içerisinde gerçekleşmesi, epijenetik olması, magmatik birliktelikten yoksun olması ve mineral içeriğine göre MVT tipi mineralizasyonu yansıtmaktadır.

Cevherleşmenin gerçekleştiği çalışma alanı Avrasya levhası ile Arap levhasının çarpışmasına bağlı olarak Neotetis

Okyanusunun daralmaya başladığı andan itibaren sıkışmaya maruz kalmıştır. Bu da tektonik sıkışma ile akışkan akışı modelinin bölgedeki cevherleşmenin oluşumu için daha uygun olduğunu göstermektedir. MVT tipi cevherleşmedeki akışkanların göçü sıkışma tektoniği ile ilişkilendirilmektedir. (Leach ve Rowan, 1986; Duane ve de Wit, 1988; Nakai ve diğ., 1990). Bölgedeki cevherleşmede tipik bir MVT yatağının oluştuğu gibi metal içeriğine sahip klorit komplekslerle indirgen kükürtün tepkimesi sonucu metal sülfitlerin çökelmesi ile oluştuğu düşünülmektedir ve bölgesel tektonizma akışkanların göçünde önemli bir role sahiptir.

5 REZERV HESABI

Çalışma alanında cevher zonunu temsil eden haritadan elde edilen alan 2.114.510 m2 olup cevher ortalama 2m kalınlıkta görülmektedir. Buna göre cevher hacmi 4.229.020 m3 olarak hesaplanmıştır. Cevher zonunun ortalama özgül ağırlığı 4.2 gr/cm3'tür. Elde edilen ölçümler neticesinde çalışma alanı tahmini çinko – kurşun cevher rezervi 17.761.884 ton'dur.

6 SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında cevherleşmenin görüldüğü konumda yatak tipine dair tanımlamalar yapılmış ve bölge hakkında literatüre katkıda bulunacak içerik oluşturulmuştur.

Bölgedeki kuzey – güney doğrultulu sıkışma tektoniği nedeniyle birimler oldukça deforme hale gelmiş, çoğunlukla ilksel yapılarını kaybetmişlerdir. Bölgenin litolojisini oluşturan birimler sığ denizel ortamı işaret etmekte olup genellikle kendi içlerinde uyumlu olarak incelenmiştir.

Bölgedeki KD-GB doğrultulu kıvrımlar ve bu kıvrımlara bağlı oluşan eğim atımlı fay sistemi ekonomik olarak cevher yatağının geometrisine etki etmiştir.

Cevher minerallerinin oluşumu, jeolojik ortamı ve jeokimyasal içeriği göz önüne alındığında çalışma alanındaki cevher yatağının Mississippi Vadi Tipi yataklara özgü özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Cevherleşmenin platform tipi karbonat kayaları içerisinde gerçekleşmesi, epijenetik olması, magmatik birliktelikten yoksun olması ve mineral içeriğine göre MVT tipi yataklardan olduğu görüşünü desteklemektedir.

Alınan numunelerden hazırlanan parlak ve ince kesitlerden yapılan incelemelerle birlikte arazide yapılan gözlemler neticesinde birincil ve ikincil cevher minerallerinin bir arada bulunduğu görülmüş ve daha önce yapılan çalışmalarla bu görüş desteklenmiştir.

TEŞEKKÜR

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yaptığımız Lisans Bitirme Tasarım Projesi'nde konu seçimi, projenin hazırlanması ve yönetilmesinde yanımızda olan danışmanımız Asst. Prof. Dr. Mustafa KUMRAL'a teşekkürlerimizi borç biliriz.

Çalışmalarımız süresince desteğini esirgemeyen, yönlendirmeler yapan ve fikirleriyle yol gösteren Arş. Gör. Hüseyin Kocatürk'e, Arş. Gör. Ali Tuğcan Ünlüer'e ve Yük. Müh. Muhittin Karaman'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Dixon, C.J. ve Pereira, J., (1974). Plate Tectonics and Mineralization in the Tethyan Region. Mineral. Deposita https://doi.org /10.1007 /BF00203995

Duane, M.J., de Wit, M.J., (1988). Pb-Zn ore deposits of the northern Caledonides: products of continental-scale fluid mixing and tectonic expulsion during continental collision. Geology, 16, 999-1002.

Hanilçi, N., Öztürk, H., (2008). Hakkari Bölgesi Zn - Pb Yatakları: Jeolojisi, Özellikleri ve Oluşumuna Ait İlk Bulgular. Türkiye Kurşun-Çinko Yataklarının Jeoloji, Madenciliği ve Mevcut Sorunları Sempozyumu, 14-16 Ocak 2008.

Janković, S. (1977). The copper deposits and geotectonic setting of the Thethyan Eurasian Metallogenic Belt. Mineralium Deposita. 12. 37-47. 10.1007/BF00204503.

Leach, D.L., Rowan E.L., (1986). Genetic link between Ouchita foldbelt tectonism and the Mississippi Valley-type lead-zinc deposits of the Ozarks. Geology, 14, 931-935.

Nakai, S., Halliday, A.N., Kesler, S.E., Jones, H.D., (1990). Rb-Sr dating of sphalerites from Tennessee and the genesis of Mississippi Valley-type ore deposits. Nature, 346, 354-357.

Yigit, O., (2009). Mineral deposits of Turkey in relation to Tethyan metallogeny: implications for future mineral exploration. Econ. Geol. 104, 19–51.

Kestanbol (Ezine-Çanakkale) Granitoidi İz Element ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Araştırılması

Investigation Of Trace Element and Rare Earth Element Contents of Kestanbol (Ezine- Çanakkale) Granitoid

A. Gökçe, D.C. Özdemir, O.Yakışık, D. Kıran Yıldırım, A.T. Ünlüer, Z.Döner

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, İstanbul

ÖZET Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesinde "Bitirme Tasarım Projesi" olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma ile Kestanbol Granitoidi'nin içinde bulunan monzonitik, siyenitik ve granodiyorit kayaçların petrografik yorumlanması ve nadir toprak elementlerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, siyenitik kayaçların çalışma alanındaki dağılımı belirlenmiş, araziden derlenen örnekler üzerinde ince kesitler çalışmaları yapılarak major oksit, iz element ve nadir toprak element jeokimya analizleri gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak hem dere yatağından alınan sediman örnekleri hem de siyenit kaynağından alınan örneklerle La ve Ce'un zenginleştiği görülmüştür. Ayrıca, çalışma alanında yer alan dere yatağı ve siyenit kaynaklarının NTE rezerv hesaplarının yapılması ile dere yatağı için 13921 kg La ve 38440 kg Ce rezervi ile siyenitik kayaçlar için 13878017 kg La ve 30069037 kg Ce rezervi tespit edilmiştir. Elde edilen sayısal veriler ile La ve Ce'un günümüz piyasasındaki ekonomik değeri yaklaşık olarak hesaplanıp kurulabilecek tesis hakkında öngörülerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kestanbol, plüton, granitoid, iz element

ABSTRACT Subject of graduation Project is interpretation of geochemically and petrographyly syenitic rocks which is in Kestanbol Pluton and Rare Earth Element content will be investigated. For this aim, distribution of syenitic rocks which is in research area is determined, samples from research area is investigated and sample's major, trace and rare earth element contents geochemical analysis is carried out.

As a result, it was observed that both the sediment samples taken from the stream bed and the samples taken from the source of syenite were enriched with La and Ce. In addition, the REE reserve calculations of the river bed and syenite resources in the study area yielded 13921 kg of La and 38440 kg Ce reserves for the stream bed and 13878017 kg La and 30069037 kg Ce reserves for the syenitic rocks. With the numerical data obtained, predictions have been made about the facility which can be calculated and installed on the economic value of La and Ce in today's market.

Keywords: Kestanbol, pluto, granitoids, trace element

1 GİRİŞ

Türkiye'nin jeolojik sistemleri içerisinde, sahip olduğu birçok farklı birim, morfolojisi ve yapısal unsurlarından dolayı dikkat çeken alanlardan biri Aladağ ve yakın çevresidir. Bölgenin şekillenmesinde, Toros kıtası ile Sakarya kıtasının Üst Kretase döneminde çarpışmasının rol oynaması ve bu sürecin bir sonucu olan Kuzeybatı Anadolu volkanizmasının da etkin olmasıdır. Çalışmanın konusu olan Kestanbol Granitoidi de yine bu sürecin bir ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma yapılan bölge, Çanakkale ilinin güneyinde kalan Ezine ilçesinin Kemallı-Aladağ köyleri ve civarını kapsamaktadır. Başka bir deyişle, 1/25.000 ölçekli Çanakkale Ayvalık I16-a3 ve I16-b4 paftalarında yer alan yaklaşık 10 km^2 alanı kapsamaktadır. İnceleme alanının kuzeyinde Çanakkale il merkezi, batısında Ege Denizi ve doğusunda Ezine ilçesi bulunmaktadır. Söz konusu inceleme alanında Kemallı-Aladağ köyleri bulunmaktadır.

2 GENEL JEOLOJİ

Çalışma alanındaki birimler volkanik aktivitelere bağlı olarak gelişmiştir. Birimler arasında uyumsuzluklar bulunmaktadır.

1.2 Formasyonlar

İncelenen alan Aladağ'ın güneybatısında bulunur ve Kemallı Göletini, Kemallı-Aladağ Köylerinden itibaren kapsayan yaklaşık 10 km^2 'lik alana sahiptir. Çalışma alanındaki formasyonlar yaşlıdan gence doğru Çamlıca Mikaşistleri, Denizgören Ofiyoliti, Kestanbol Plütonu, Çan Volkanikleri ve Alüvyondur.

1.2.1 Çamlıca Mikaşistleri

Yeşilşist ve az oranda mavişist metamorfik fasiyeslerinden oluşan Çamlıca Mikaşistleri sedimanter kökenli bir birimdir ve buna ek olarak ortak özellikleri iyi şekilde foliasyon göstermeleri, kahve-gri renklerinde olmaları, mikaşist ile kuvarstan oluşmaları, bol miktarda mika içermeleridir. (Okay vd.,1990)

1.2.2 Denizgören Ofiyoliti

Denizgören Ofiyoliti, Ezine Zonu'nun en genç üyesidir ayrıca belli ölçüde serpantinleşmiş olan harzburjtten oluşmaktadır (Okay vd., 1990)

1.2.3 Kestanbol Plütonu

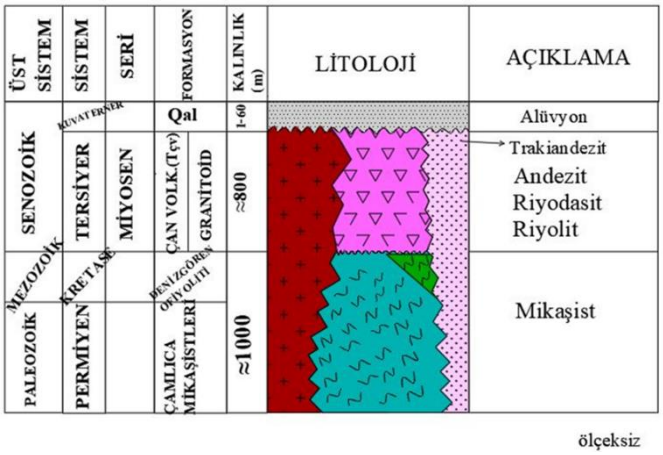
Bu birimde kuvars monzonit, monzonit, monzonit porfir ve granit türü kayaçlar bulunmaktadır (Örgün vd., 2014).

1.2.4 Çan Volkanikleri

Bu birimde volkanik aktivitelerin sonucunda meydana gelen andezit, dasit, riyodasit türde lav, aglomera ve tüf bulunmaktadır. (Ercan, 1979).

1.2.5 Alüvyon

Bu birimde alüvyal klastikler ve sığ denizel çökeller, volkanizmanın durulmasıyla kuzeye doğru çökelmektedir (Kasapçı,2005).



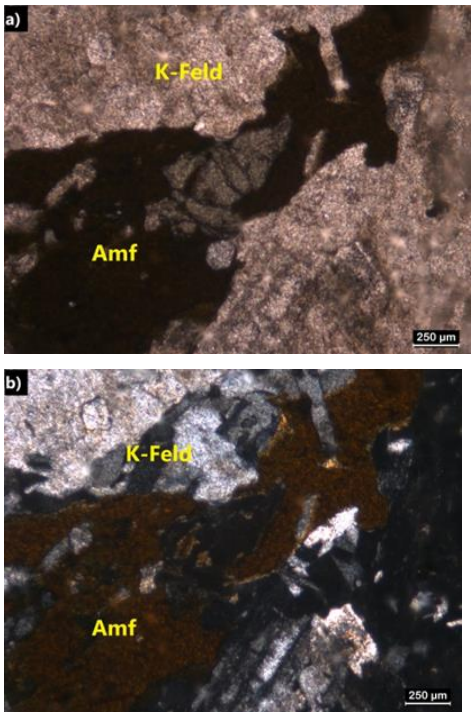
Şekil 1 Çalışma alanına ait yapılan stratigrafik dikme kesit

3 PETROGRAFİK İNCELEMELER

Amaç, çalışma alanında yüzeyleyen Kestanbol Plütonu ve çevre kayaçların petrografik ve mineralojik özellikleri ayrıntılı olarak anlatılmasıdır.

Kestanbol plütonu litolojik olarak, kuvars monzonit ve monzogranit türü kayaçlardan oluşmaktadır; jeokimyasal olarak orta düzeyde SiO_2 (%59.88-67.52), yüksek CaO değerlerine (% 3.09-5.21) ve orta değerde Al_2O_3 değerlerine (%14.75-16.24) sahip olup, metalümin, yüksek K'lu kalkalkalin bir özellik göstermektedir (Örgün ve diğ., 2014).

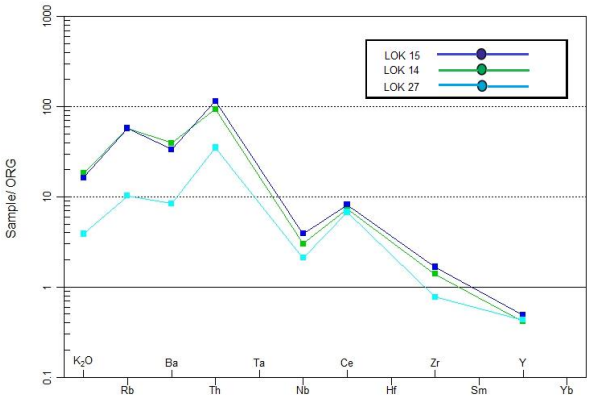
Çalışılan bölgede, petrografik incelemeler ve jeokimyasal analizlerden elde edilen veriler yardımıyla, kalkalkalin özellik gösteren monzonit ve granodiyorit; alkalin özellik gösteren siyenit türü kayaçlar olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 2 Siyenit kayacına ait K-Feldspat ve Hornblend İnce Kesit Görüntüsü (Solda Çift Nikol, Sağda Tek Nikol)

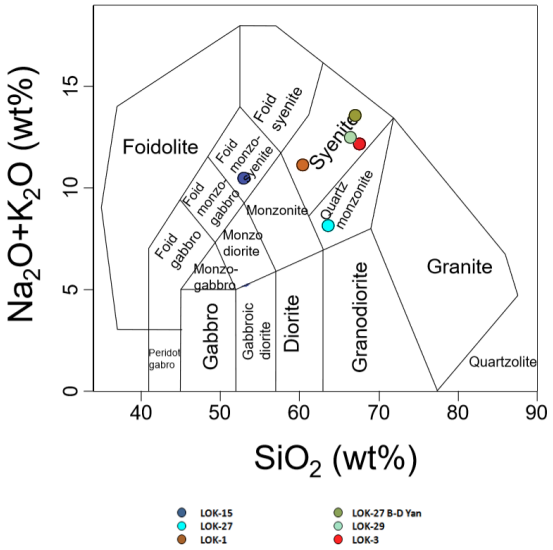
4 JEOKİMYASAL ANALİZLER

Amaç, araziden derlenen 3 adet taze kayaç ve dere yatağı örneklerinin iz element içeriklerinin araştırılmasıdır. LOK-15 no'lu siyenit örneğinde, LOK-27 no'lu monzonit pegmatit örneğinde ve LOK-14 no'lu örnekte Zr, Th ve Ce elementlerinin zenginleştiği görülmüştür.



Şekil 3 İz element içeriklerinin incelendiği spider diyagramı (Pearce et al. 1983)

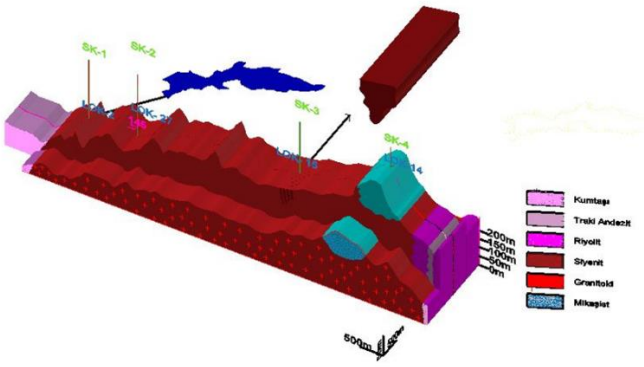
5 TASARIM



Şekil 4 Çalışılan örneklerin TAS diyagramı üzerindeki konumları (Cox et al.1979)

1.5 Amaç

Amaç, çalışma alanında yer alan dere yatağı ve siyenit kaynaklarının NTE rezerv hesaplarının yapılıp, ekonomikliğinin değerlendirilmesi ile birlikte bir tesis kurulumunun öngörülmesidir.



Şekil 5 Çalışma alanının 3 boyutlu katı modellemesi (Autocad programı kullanılmıştır)

1.5.1 La ve Ce elementlerinin görünür rezerv hesabı ve ekonomik değerleri

Çalışma alanındaki NTE rezervi:

LOK-2'nin bulunduğu alan için:

La rezervi 13921 kg ve ekonomik değeri ise yaklaşık 582 bin tl olarak hesaplanmıştır.

Ce rezervi 38440 kg ve ekonomik değeri ise yaklaşık 770 bin tl olarak hesaplanmıştır.

LOK-15'in bulunduğu alan için:

La rezervi 13878017 kg ve ekonomik değeri ise yaklaşık 580 milyon tl olarak hesaplanmıştır.

Ce rezervi 30069037 kg ve ekonomik değeri ise yaklaşık 597 milyon tl olarak hesaplanmıştır.

1.5.2 Tesis kurulumu

Pilot tesisin kurulumu açısından elde edilen veriler ile diğer maliyetler eklendiğinde, üretimin ekonomik olamayabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak zenginleştirme yöntemleri ve kurulacak lokasyonun uygunluğu ile bu süreç ekonomik bir hale getirilebilir.

6 SONUÇLAR

Yapılan arazi çalışması, laboratuar çalışmaları ve sonucunda elde edilen sayısal veriler ışığında bazı sonuçlara ulaşılmıştır.

-Sonuçlardan ilki jeokimyasal analizler sonucunda lantan ve seryum zenginleşmesi varlığının tespitidir.

-Jeokimyasal analizler ve modal incelemelerden elde edilen diğer sonuçlar ise bu farklılaşmış bölgelerin alkali potasik karakter sunan, siyenitik kayaçların geliştiğini işaret etmektedir.

-Çalışma alanında lantan ve seryum zenginleşmesinin tespit edildiği kısımların birim içindeki sınırları çizilmiştir.

-Çalışma alanında tespit edilen lantan elementinin görünür rezervi ile seryum elementinin görünür rezervi iki farklı lokasyon için hesaplanmıştır.

-Lantan ve seryum elementlerinin piyasa değeri göz önüne alınarak ekonomik değeri yaklaşık olarak hesaplanmıştır.

-Son olarak ise bu NTE' lerin zenginleştirilmesi için uygun koşullar altında bir tesis kurulabileceğinin öngörülmüştür.

-Kurulabilecek olan tesisten gelen olan atıklar için bir atık havuzu projesi öngörülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki jeokimyasal analizlerinin yapımında Yük Müh. Beril TANÇ'a ve çalışmanın yazım aşamasında yardımları için Ferid ÇELEN ve Kubilay ÖZCAN'a teşekkür edilmektedir.

KAYNAKLAR

Cox K. G., BELL J. D. & PANKHURST R. J. 1979 The Interpretation of Igneous Rocks. George Allen & Unwin, London.

Ercan, T. (1979). Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, *9*, 23-46.

Geochemistry Of, U., & Granitoids, T. E. R. U/Th'ca Zengin Radiyoaktif Granitoyidlerin Jeokimyası: Kestanbol ve Kaymaz Plütonları, Batı Anadolu, Türkiye.

Kasapçı, C. (2005). Kuzeybatı Anadolu Pb–Zn Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumlarının Karşılaştırmalı İncelemesi. *Yüksek Lisans Tezi*, *178*.

Okay, A. I., Siyako, M., & Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 2(1), 83-121.

Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: C.J. Hawkesworth and M.J. Norry (Editors), Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Shiva, Nantwich, Cheshire, pp. 230-249

Akpınar,Ağaçlı ve Gümüşdere Kıyı Çökeltilerinin Mineralojik ve Jeokimyasal Olarak İncelenmesi

Mineralogical and Geochemical Study of Akpınar,Agaçlı and Gümüşdere Beach Sediments

A. N. Uslu, E. Çiftçi, D. Yıldırım, A. T. Ünlüer, Z. Döner
Istanbul Technical University, Department of Geological Engineering, İstanbul

ÖZET İstanbul iline bağlı yaklaşık 20km2 bir alanı kapsayan Akpınar, Ağaçlı ve Gümüşdere köyleri çalışma alanı olarak belirlenmiştir. İnceleme alanındaki sahil kumlarının mineralojik ve jeokimyasal özeliklerini belirlemek amacıyla toplanan 50 adet numune toplanmış ve GEREK görülen 8 numunenin XRF, 5 tanesinin ise eser element analizleri yapılmıştır.

Ağaçlı, Akpınar ve Gümüşdere köylerinin ağır mineral içeriğini ve sürdürülebilirliğini ortaya çıkarmak için planlandığı gibi tasarlanan çalışma, bu açıdan XRD ve Stereo mikroskop çalışmaları ile kuvars ve siderit içeriğini ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, XRF ve eser element analizi ile SiO_2 ve Fe_2O_3 araştırılmış ve sonuçlar belirlenmiştir. Anahtar Kelimeler: mineraloji, jeokimya, akpınar.

ABSTRACT Akpinar,Ağaçlı and Gümüşdere villages which covers an area of approximately 20 km2 in the province of Istanbul, is chosen as the study area. To determine the mineralogical and geochemical features of the beach sands, 50 samples were initially collected and selected 8 samples were further chemically analyzed, 4 were X-rayed.

The study designed as planned to reveal heavy minerals content and sustainiblity of Ağaçlı, Akpınar and Gümüşdere villages for their econmical mining activities from this perspective XRD and Stereomicroscope studies revealed presence of quartz and siderite. In addition to that with XRF and trace element analysis SiO_2 and Fe_2O_3 investigated and results are determinated.
Keywords: mineralogy, geochemistry, akpınar.

1 INTRODUCTION

Coastal or beach placer deposits are enrichments of heavy minerals with significant metal content that have been mechanically formed. In coastal environment placers are usually formed in surf zones. The incoming surf can be considered as a turbulent regime that transports suspended sand, including heavy minerals towards the beach. Return current towards the sea is laminar and only light minerals can be carried. Heavy minerals are enriched in a tight linear strip along the beach (Pohl, 2005; Papadopoulos, 2018). Heavy mineral sands have two main deposit styles: shallow offshore deposits, and fluvial/alluvial deposits (Hou et al., 2017).

This study focuses on determination of heavy mineral content in beach sand sediments of Akpınar, Gümüşdere and Ağaçlı villages in northern part of İstanbul along the Black Sea coast as well as the investigate the sustainability of areas for economic mining activities. This work also aims to design of sieving processes to obtain the different size fractions for the individual heavy mineral distribution and the chemical characteristics of fractions.

1.1 Characteristics of the Study Area

The study area is located in the southwest part of the Black Sea and lies between latitudes

41° 16' 50.8800'' N and longitudes 28° 48' 36.3636'' E coordinates. Akpınar village is westerly bounded with Istanbul Airport and easterly bounded with Ağaçlı Village (Figure 1.1). The area was examined in terms of the geological features and geochemical properties

1.2 Scope of the study

This work was planned to reveal the heavy mineral content in beach sand sediments of Akpınar, Gümüşdere and Ağaçlı villages in northern part of İstanbul along the Black Sea coast. The main objective of this study is to reveal the content of heavy minerals and investigate the potential of areas for economic mining activities. This work also aims to design of sieving processes to obtain the different size fractions for the individual heavy mineral distribution and the chemical characteristics of fractions

2 REGIONAL GEOLOGY

The geology of study area in the south-west of the Black Sea is include from older to the younger; Miocene aged Danişmen Formation, The Upper-Miocene Pliocene aged Belgrad formation and Quaternary formations. Samples collected from the study area were taken from Quaternary formations. The formations in the region are explained below from the old to the young.

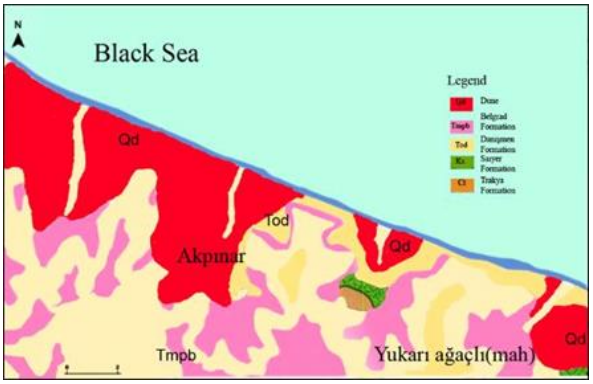


Figure 2.1. Geology Map of Akpınar Villages (modified from MTA Geology map of Istanbul).

2.1 Danişmen Formation

The succeeding Danişmen Formation overlies both the Soğucak and the Ceylan formations unconformably. The unit unconformably sets where Osmancık and Mezardere formations are absent above the older units on the flanks of Istranca. Fish fossils on exposures in northern Thrace and silicified woods in southern Thrace are very common. Tufftuffite and limestone levels are rarely observed. The Danişmen Formation is the upmost unit of regressive delta system and represents for delta flat facies. It is composed of lacustrine, swamp, flood plain and fluvial deposits. The unit consists of claystone,sandstone, conglomerate and coal layers.

2.2 Belgrad Formation (Tmpb)

Belgrad Formation is formed by sequence which includes greenish gray colored clay, red coffee-brownish yellow colored clay, poorly sorted gravel and coarse gravels with red colored fine grained sands. Belgrad formation, in the northern part of Istanbul Peninsula; offers a widespread area between Karaburun-Kumköy-Kemerburgaz and Bolluca. Otherside of the peninsula observed as thin, widespread, overhangs on the ridges. Belgrad formation also described as red colored, slightly light green mudstone with sand and gravel by Kaya and Baykal (1966) Belgrad formation has angular unconformity on older units.

2.3 Quaternary Formations (Qd)

The quaternary formations consist mainly of sandy beaches, sand dunes and river alluvium. Quaternary sand dunes and sand deposits have covered the entire coastal area and are partially transported by northern wind into the river valleys. Neogene deposits(white, yellow, green and gray clay) are located around the elevations near the current sea level. Close to the subject, there are lignite series whose thickness varies from one to ten meters, intercalated with conglomerate, sandstone and clay at the top of Neogene clay in some locations(Akpınar and Agaçlı) between Kısırkaya and Karaburun.

3 MINERALOGY

3.1 X-ray Diffractometry (XRD) Studies

X-ray diffraction is a unique analytical tool for the analysis of geological samples. It is the most important and informative technique for identification and characterization of minerals in the sediments. The XRD spectra were conducted for 4 samples to determine the mineralogical composition. It suggested that sands mainly contain minerals of quartz, siderite, albite, calcite and minor amount of magnetite. Diffractograms are shown in Figure 3.1 along with name of the minerals present.

The presence of siderite mineral within the sand indicates that the main source of the beach sands are closely related with an carbonate-hosted iron deposition. Presences of quartz, albite and magnetite are also closely related with volcanics.

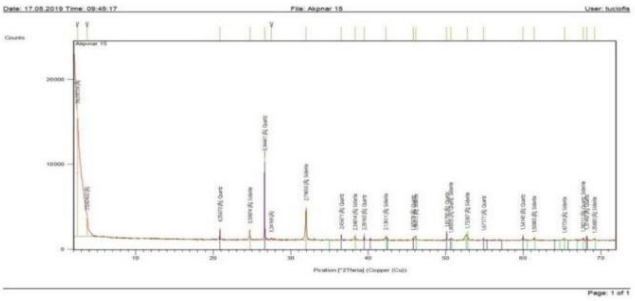


Figure 3.1. XRD result of sample Akpınar15.

3.2 Stereo Microscope Studies

In order to identify the mineral assemblage of samples were examined under the binocular microscope. The sand grains as seen under the binocular microscope, are generally subhedral. According to binocular microscope investigation, studied sands have mixture of quartz, siderite, magnetite, feldspar grains, lithic fragments, apetite and sphene.

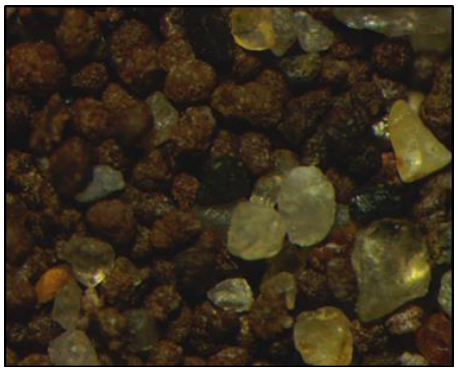


Figure 3.2 Stereo microscope images of sand particles from Akpınar-15 (Ap-15) siderite-magnetite 80 %; quartz 15 %; apetite-zircon < 5%.

4 GEOCHEMICAL ANALYSIS

The geochemical distributions of major elements of 8 sand samples and trace elements of 5 samples collected from Akpınar, Gümüşdere and Ağaçlı vicinity villages and the relations of the elements with each other were evaluated.

The beach sands have low to moderate SiO_2 contents, with abundances ranging from 25.9 wt % to 65.5 wt %. The next most abundant element, Fe_2O_3, ranges from 14.4 wt% to 44.75 wt%, averaging (27.1 wt %). Al_2O_3 is another element shows range from 2.95 wt % to 3.38 wt%. Among the remaining major elements K_2O (ranges 0.56-1.11 wt %), Na_2O (range 0.25-0.59 wt %) and CaO (range 2.38 -4.58 wt %) are the next most abundant (Table 4.1).

Table 4.1.Major element results of studied sediment samples.

wt.%	Ap2	Ap6	Ap8	Ap9	Ap11	Ap15	GD2	Ag17
SiO_2	55.1	65.5	25.9	62.1	57.0	31.0	62.3	77.4
Al_2O_3	2.95	3.14	3.38	3.62	2.87	2.92	3.50	6.02
Fe_2O_3	22.1	14.4	44.8	18.5	21.7	40.6	1.33	3.74
MgO	0.46	0.42	0.51	0.38	0.39	0.49	0.81	0.81
CaO	3.93	4.58	1.97	3.05	2.87	2.38	19.4	4.96
Na_2O	0.44	0.59	0.16	0.52	0.43	0.25	0.73	0.95
K_2O	0.80	1.11	0.56	1.15	0.82	0.60	1.48	1.75
TiO_2	0.25	0.19	0.21	0.17	0.43	0.27	0.20	0.33
P_2O_5	0.19	0.15	0.29	0.18	0.17	0.27	0.06	0.07
MnO	0.43	0.29	0.83	0.41	0.47	0.75	0.05	0.08
LOI	12.5	9.02	20.3	9.14	11.6	19.0	9.90	3.34
Total	99.8	99.9	99.9	99.9	99.8	99.9	99.9	100.0

The minerals quartz, siderite, albite and calcite includes trace elements Sc (Scandium), V (Vanadium), Ni (Nickel), As (Arsenic), Rb (Rubidium), Sr (Strontium) Y

(Yttrium), Zr (Zirconium), Nb (Niobium), Sn (Tin), Sb (Antimony), Ba (Barium), Ce (Cerium), Pb (Lead), Th (Thorium) and U (Uranium) the presence and amount of valuable trace elements were investigated in this section. Trace element results of studied beach sands are listed in Table 4.2.

Table 4.2. Trace element results of studied sediment samples.

ppm	Ap15	GD2	Ag17	GD16 -200+125 µm	GD16
Sc	20	3	8	10	6
V	120	14	47	95	13
Co	99	ND	28	10	40
Ni	134	41	22	25	129
Cu	30	ND	159	41	ND
Ga	ND	ND	ND	23	ND
Rb	25	34	16	28	30
Sr	92	350	170	544	306
Y	38	34	18	30	15
Zr	165	ND	56	437	54
Nb	8	16	ND	33	5
Sn	ND	1	ND	3	ND
Sb	ND	8	59	4	3
Ba	483	254	307	101	262
La	23	ND	2	29	ND
Ce	89	158	58	283	119
Pb	38	87	74	108	26
Th	7	45	ND	22	3
U	6	16	ND	65	13
As	52	169	24	ND	ND
Zn	163	ND	ND	ND	ND
Mo	3	ND	1	ND	ND

Acidic extrusive rocks with crustal contamination are generally rich in Pb, Sb, Mo and U. In Figure 4.4, enrichments in elements Sb, Mo, Ce, Th and U indicate that source area is Sarıyer volcanics. In addition, element As enrichment is can be related to hydrothermal activities in source volcanic rocks (Figure 4.1). GD16 -200+125 is an example of sieving proceses. Sieving is a classical ore preparation process for placers to increase the amount of REE, Th, U, Nb and Zr.

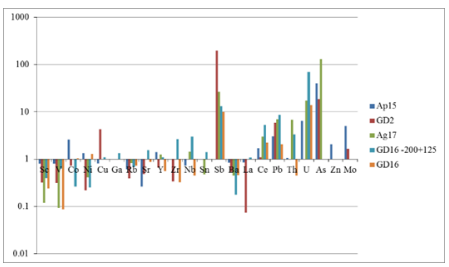


Figure 4.1. Enrichments of trace elements according to average bulk crust.
GD16 -200+125 is the sieved sample (WedepohL, 1995).

5 RESULTS AND DISCUSSIONS

The beach samples, 8 out of 50 collected from different parts of the study area were selected for further analyses; the samples were taken to the Geochemistry Research Laboratory of the Faculty of Mines, Istanbul Technical University where the analyses were performed.

XRD studies indicate that sand samples contain mainly minerals of quartz, siderite, albite, calcite and minor amount of magnetite. Stereo microscope studies show that sand grains are generally subhedral. Studies of sands revealed that they are mixture of quartz, siderite, magnetite, feldspar grains, lithic fragments, apatite and sphene.

Major element geochemistry showed that sands have low to moderate SiO2 contents, with abundances ranging from 25.9 wt % to 65.5 wt %. The next most abundant element, Fe2O3 (in carbonate form), ranges from 14.4 wt% to 44.75 wt%, averaging (27.1 wt %).

Only industrial minerals - quartz and siderite - were found to be the most significant at the study area. In case of operation of the Kilyos dunes without dynamitization and crushing, industrial raw materials can be acquired only through concentrating without the need for milling operations. However, due to the presence of impurities in sands (e.g. iron) the use in glass industry will be limited, unless these are not eliminated. The maximum iron content obtained from the Akpınar sands of the non-calcined siderite concentrates theoretically is 48% Fe, together with Mn, Ca and Mg, because they occur in the crystal structure of the mineral. This fact makes beneficiation of siderite ores very difficult task.

Trace element analyses through XRF show that Sc (Scandium), V (Vanadium), Ni (Nickel), As (Arsenic), Rb (Rubidium), Sr (Strontium) Y (Yttrium), Zr (Zirconium), Nb (Niobium), Sn (Tin), Sb (Antimony), Ba (Barium), Ce (Cerium), Pb (Lead), Th (Thorium) and U (Uranium) presence at significant levels. These could be potential

by-products in that U in particular should be considered.

REFERENCES

Baykal, F., & Kaya, O. (1966). İstanbul Boğazı Kuzey Kesiminin Jeolojisi.

Hou, B., Keeling, J., & Van Gosen, B. S. (2017). Geological and exploration models of beach placer deposits, integrated from case-studies of Southern Australia. *Ore Geology Reviews*, *80*, 437-459

Papadopoulos, A. (2018). Geochemistry and REE content of beach sands along the Atticocycladic coastal zone, Greece. *Geosciences Journal*, 1-19.

Pohl W.L. (2005) *Economic Geology. Principles and Practice* . Wiley-Black-well,Chichester, 678 pp.

Wedepohl, K. H. (1995). The composition of the continental crust. *Geochimica et cosmochimica Acta*, *59*(7), 1217-1232.

Evciler (Bayramiç-Çanakkale) Plütonu Ve Çevre Kayaçlarının İz Element Ve Nadir Yer Element İçeriklerinin Araştırılması

Investigation of Trace Element and Rare Earth Element Contents of Evciler (Bayramiç-Çanakkale) Pluton and Environmental Rocks

K. Özcan, F. Çelen, D. Yıldırım, A.T. Ünlüer, Z. Döner
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, İstanbul

ÖZET Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesinde "Lisans Tezi" olarak hazırlanmıştır. Yapılan çalışmada Bayramiç bölgesinde bulunan Evciler Plütonu ve bu plütonun öncül ve ardıl kayaç grupları incelenmiştir. Arazi çalışmaları, 2018 yılı Ekim ayında gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalar sırasında alınan numuneler üzerinde mineralojik ve jeokimyasal incelemeleri yapılmıştır. X ışınları floresans spektrometresi (XRF) yöntemi ile major oksit ve iz element analizleri İstanbul Teknik Üniversitesi Jeokimya Araştırma Laboratuvarı (İTÜ/JAL) bünyesinde yapılmıştır. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritası da yapılmış olup, bölgede yaşlıdan gence doğru; Sütüven Formasyonu, Çetmi Ofiyolitik Melanjı, Evciler Plütonu, Hallaçlar Volkaniti ve Alüvyon bulunmaktadır. Kimyasal analiz tabloları ve jeokimyasal diyagramların oluşturulmasında Microsoft Excel, GCDkit ve CorelDRAW programlarından yararlanılmıştır. Jeoloji haritası ARCGIS programı kullanılarak modifiye edilmiştir. Stratigrafik dikme ve en kesitler için AutoCAD programı kullanılmıştır. Ayrıca 3 boyutlu modellemeler de yine AutoCAD programı kullanılmıştır. İnce kesitten ve laboratuar sonuçlarından bölgede hidrotermal yüksek alterasyon sonucu oluşan ikincil mineral oluşumunun varlığı gözlenmiştir. Bu bölgedeki zenginleşmenin jeolojik rezerv hesabı, AutoCAD yardımıyla gerçekleştirilmiş, Hallaçlar Volkaniti içerisinde zenginleşmiş itriyum, zirkonyum, toryum, kalay ve antimuan elementlerinin jeolojik rezerv hesabı yapılmıştır ve ekonomik durumu ortaya konulmuştur.
Anahtar kelimeler: Evciler Plütonu, alterasyon, granitoidler, iz element, volkanit

ABSTRACT This study has been prepared as "Undergraduate Thesis" within the Department of Geological Engineering of Istanbul Technical University. In this study, Evciler Pluton of Bayramiç region and the predecessor and successor rock groups of this pluton were investigated. Field studies were carried out in October 2018 and mineralogical and geochemical studies were conducted on the samples taken during these studies. Major oxide and trace element analyzes by X-ray fluorescence spectrometry (XRF) were performed in Istanbul Technical University Geochemistry Research Laboratory (ITU / JAL). The general geological map of the study area was also made. Sütüven Formation, Çetmi Ophiolitic Melange, Evciler Pluton, Hallaçlar Volcanite and alluvium. Microsoft Excel, GCDkit and CorelDRAW programs were used in the preparation of chemical analysis tables and geochemical diagrams. The geology map was modified using ARCGIS program. AutoCAD program was used for stratigraphic postings and cross sections. In addition, 3D modeling was also used in AutoCAD program. From the thin section and laboratory results, the presence of secondary mineral formation due to high hydrothermal alteration was observed in the region. The geological reserve calculation of the enrichment in this region was carried out with the help of AutoCAD. The geological reserve calculation of the enriched yttrium, zirconium, thorium, tin and antimony elements in the Hallaçlar Volcanite were made and the economic status were determined.
Keywords: Evciler Pluton, alteration, granitoids, trace element, volcanics

1 GİRİŞ

Türkiye'nin jeolojik sistemleri içerisinde, sahip olduğu birçok farklı birim, morfolojisi ve yapısal unsurlarından dolayı dikkat çeken alanlardan biri Kaz Dağı ve yakın çevresidir. Bölgenin şekillenmesinde, Sakarya kıtası ile Toros kıtasının Üst Kretase'de çarpışması ile başlayan süreç ve bu sürecin bir sonucu olan Kuzeybatı Anadolu volkanizması rol oynamıştır. Çalışmanın konusu olan Evciler Granitoidi de yine bu sürecin bir ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır.

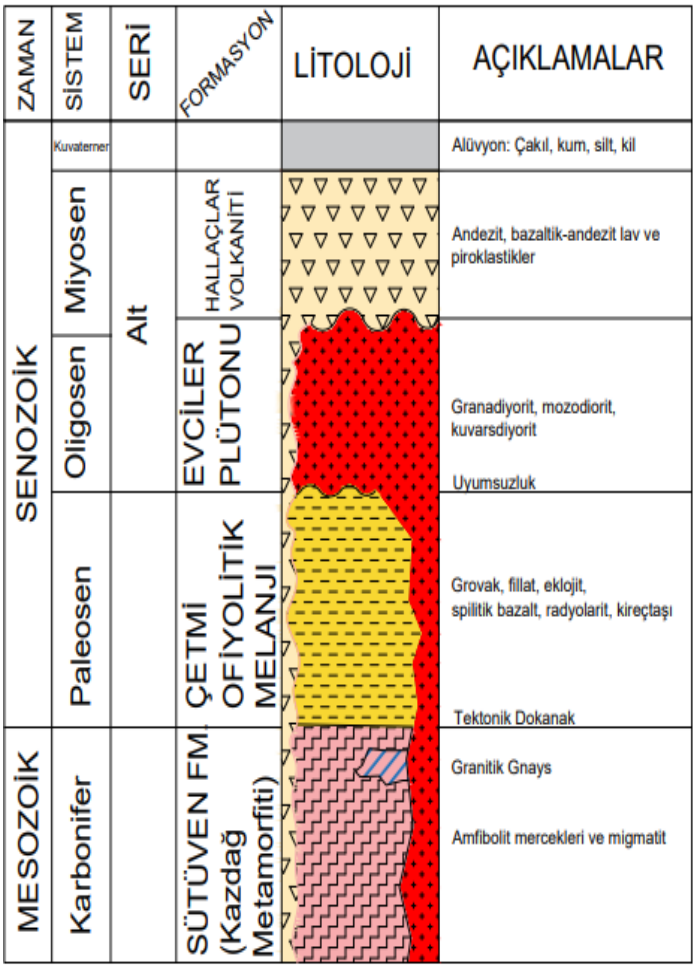
1.1 Çalışma Alanı ve Çalışmanın Amacı

Çalışma alanı, Çanakkale ili Bayramiç ilçesinin doğu-güneydoğusunda, Evciler köyü civarında, 1/25.000 ölçekli Çanakkale Ayvalık I17-b4 paftasında yer almaktadır ve 16 km^2'dir. Evciler köyü ve Dağoba ile Toluklar köyleri çalışma alanı içerisinde kalmaktadır.

Bu çalışma ile bölgede yer alan Evciler Plütonu ve çevre kayaçlarının jeolojik, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenerek nadir yer element içeriklerinin ortaya konması, buna ilişkin bölgedeki nadir yer elementleri rezervinin tespit edilmesi ve piyasa şartlarına göre ekonomikliğinin de değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 19-21 Ekim 2018 tarihleri arasında arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan arazi, laboratuar ve büro çalışmaları sonucu tasarlanan model, potansiyel bölgelerin belirlenmesine katkı sağlanacak olup, ileride bu bölgede yapılması tavsiye edilen sondaj lokasyonlarının geniş çaplı NYE potansiyeli araştırmalarına yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma ile dünyada giderek artan NYE'lere olan ilginin, Türkiye'de de odak noktası haline gelmesini destekleyeceği beklenmektedir.

1.2 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

Yapılan arazi çalışması sonucu çalışma alanının jeolojik haritası ve stratigrafisi yaşlıdan gence doğru Karbonifer yaşlı Sütüven Formasyonu, Paleosen yaşlı Çetmi Ofiyolitik Melanjı, Oligosen yaşlı Evciler Plütonu, Miyosen yaşlı Hallaçlar Volkaniti ve Kuvarterner Alüvyonu olarak gösterilmiştir (Şekil 1.1).



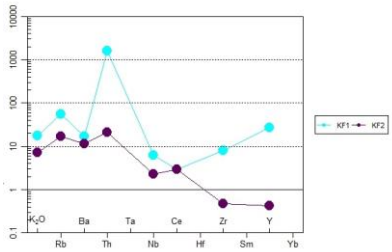
Şekil 1.1 Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti

2 JEOKİMYASAL İNCELEMELER

Arazide Hallaçlar Volkaniti'ne ait (KF1 ve KF2) kodlu örneklerin XRF iz element analiz sonuçlarına (Tablo 2.1) göre okyanus sırtı granitine göre normalize grafiği (Pearce ve diğ.,1984) Şekil 2.1'de görüldüğü gibidir. Grafiğe bakıldığında özellikle KF1 kodlu örnek; itriyum, zirkonyum, toryum, kalay ve antimuan açısından oldukça fazla zenginleşmiştir.

Tablo 2.1. Hallaçlar Volkanitine ait iki örneğin (KF1, KF2) XRF iz element sonuçları

Örnek	Rb	Ba	Sr	Pb	Th	Zr	Y	Nb	Sc	Ni	Co	V	Ga	Zn	Cu	La	Ce	Mo	Sn	Sb
KF1	223	849	1943	1708	1281	2716	1910	62	8	630	0	62	828	0	249	51	103	0	819	6800
KF2	68	575	505	32	17	160	30	23	30	0	12	201	48	93	0	40	104	10	0	3



Şekil 2.1. Hallaçlar Volkanitleri'ne örneklerin iz element okyanus sırtı granitine göre normalize grafiği (Pearce et al., 1984)

3 REZERV HESAPLAMALARI

Çalışma alanında yapılan arazi çalışması sonucunda Hallaçlar Volkanitleri'nde yüksek oranda hidrotermal alterasyon gözlenmiştir. Bu bölgenin sınırları yüzeydeki haritalama çalışması ile ortaya konmuştur. Belirlenen alan içerisinde ekonomik değere sahip olduğu düşünülen zirkonyum, itriyum, toryum, antimuan ve kalay elementleri anomalileri saptanmıştır. Bu alan verisi ile birimin kalınlığı 50 m kabul edilerek tahmini cevher kütlesinin hacmi de hesaplanmıştır. Yoğunluk değeri ise asidik volkanik kayaçların ortalama yoğunluğu (https://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/andesite-coma-and-blank-solid) düşünülerek 2.7 ton/m^3 olarak alınmıştır. Bölgede jeokimyasal analizler sonuçları değerlendirilerek, yüksek anomali gösteren bu elementler için rezerv hesabı yapılmıştır (Şekil 3.1).

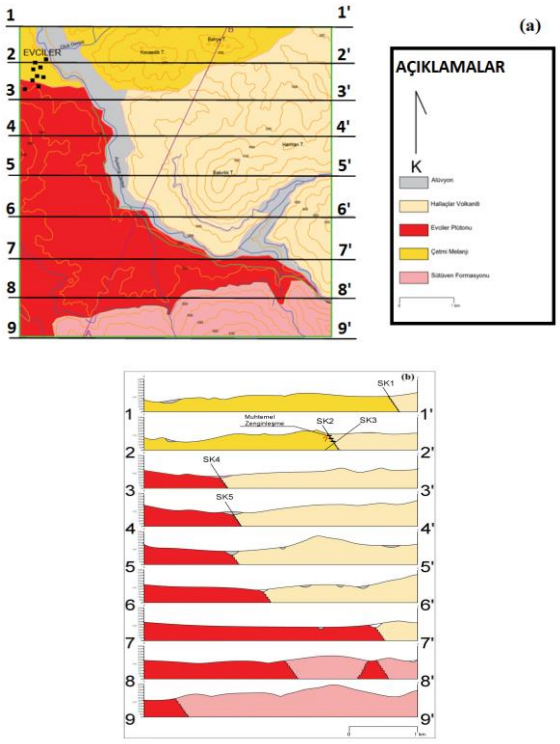
Zenginleşen element	İtriyum	Zirkonyum	Toryum	Antimuan	Kalay
Hacim	1.204.186	1.204.186	1.204.186	1.204.186	1.204.186
Yoğunluk	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Tenör (ppm)	1910	2716	1281	6800	819
Jeolojik Rezerv (ton)	6209,9	8830,5	4164,9	22108,8	2662,8
Elementin %99 saf halinin ortalama fiyatı ($/ton)	36.000	1.600	55.000	7.800	21.440
Zenginleşmenin ekonomik kazanımı (Ciro) ($)	223.559.539	14.128.858	229.070.496	172.449.068	57.090.786

Şekil 3.1. Çalışma alanındaki Hallaçlar Volkanitleri'nde yüksek anomali gösteren elementlerin jeolojik rezerv ve ekonomik durumu (Not: Verilen ortalama fiyatlar USGS, Londra Metal Borsası ve MTA raporlarından faydalanılarak verilmiştir.)

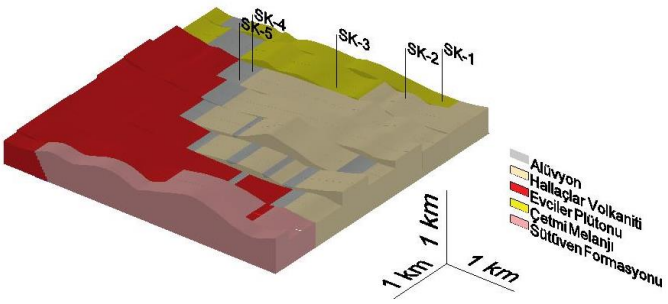
4 BÖLGENİN 3B MODEL TASARIMI

Bu bitirme tasarımı projesi, yapılan arazi çalışmaları ve kimyasal analizlerden edinilen bilgiler ışığında, ileride yapılacak olan madencilik faaliyetleri için umut verici nitelikte olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritasından 3B model oluşturulup, doğu-batı doğrultusunda 9 adet (1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6', 7-7', 8-8' ve 9-9') enine kesit alınmıştır (Şekil 4.1a-b). Alınan en-kesitlerin aralarındaki mesafeler 500m'dir. Önerilen sondaj kuyularının konumlarının gösterilmesini kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritasında gösterilen D-B doğrultusunda 500 metre aralıklarla 9 adet en-kesit alınarak üç boyutlu model tasarımı yapılmıştır (Şekil 4.1a).

Gelecekte yapılacak çalışmalar, Çetmi Ofiyolitik Melanjı ve Hallaçlar Volkaniti dokanağı öncelikli olmak üzere granitik ve volkanik kütlelerin dokanak zonlarını kapsamalıdır. Bu kapsamda önerilen 5 adet sondaj lokasyon yerleri Şekil 4.2'de ön görülmektedir. Sondajların cevher zonuna doğru 30^0 yada 45^0 eğimli yapılması bu cevherleşme zonunun daha net ortaya çıkarılması açısından önem arz etmektedir.



Şekil 4.1. (a-b) Çalışma alanına ait genel jeoloji haritası (a), doğu-batı doğrultusunda alınan (1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6', 7-7', 8-8', 9-9') enkesitler (b).



Şekil 4.2. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritasında önerilen sondaj lokasyonlarını gösteren model

5 SONUÇLAR

Yapılan arazi çalışması ve laboratuar çalışmaları sonucunda elde edilen sayısal veriler ışığında bazı sonuçlara ulaşılmıştır.

- Bölgede bulunan Hallaçlar Volkaniti'nde hidrotermal aktiviteye bağlı olarak, potasyum, rubidyum, baryum, zirkonyum, , itriyum, toryum gibi uyumsuz elementlerin yanı sıra kalay ve antimuan elementlerinin zenginleştiği görülmüştür.

- Jeokimyasal olarak farklı karakteristikler sunan elementlerin volkanitler içerisinde zenginleşmiş olmaları bölgedeki hidrotermal aktivetinin çok fazlı olarak ve farklı litolojilerden elementleri remobilize ederek geliştiğine işaret etmektedir.

- Hidrotermal cevherleşmelerin varlığı açısından Evciler Plütonu'nun, Hallaçlar Volkanitine oranla daha az ümitli olduğu düşünülmektedir.

- Yapılan analizlerden ve literatürden alınan analiz örneklerine göre Hallaçlar Volkaniti'nde karbonatlaşma ve serisitleşme görülmektedir. Bu durum karbonatlı ve alkali çözeltilerin daha etkin olduğunu göstermektedir.

- Cevherleşmenin ofiyolitik melanj ve Hallaçlar Volkaniti'nin dokanağına yakın bölgelerde gelişmesi, hidrotermal çözeltilerin rahatlıkla hareket edebileceği tektonik kaynaklı deformasyon yapıları ve süreksizlik takımları ile düzlemlerinin geliştiğine işaret etmektedir.

- Hallaçlar Volkaniti'ne ait KF-1 kodlu örneğin XRF iz element analiz sonuçlarına göre çizilen okyanus sırtı granitlere göre normalize grafiğine göre zenginleşen elementlerin zenginleşme oranları hesaplanmıştır.

- Cevherleşmenin 3 boyutlu geometrisi ortaya konarak rezerv hesabı yapılmıştır. Buna göre zenginleşen elementlerin; itriyum 6209,9 ton, zirkonyum 8830,5 ton, toryum 4164,9 ton, antimuan 22108,8 ton ve kalay 2662,8 ton olarak rezervi hesaplanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu yazımda emeği geçen Dr. Örğ. Üyesi Demet Yıldırım'a, ayrıca bu çalışmanın düzenleme aşamasında yardımları için Arş. Gör. Ali Tuğcan Ünlüer, Arş. Gör. Zeynep Döner'e teşekkür edilmektedir.

KAYNAKLAR

Pearce, J. A., Harris, N.B.W., ve Tindle, A.G., 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. Journal of Petrology, Volume 25, Issue 4, November 1984, Pages 956–983.

Hasanekevleri (Maden-Elazığ) Güneyindeki Bakır Cevherleşmesinin Jeolojik ve Jeokimyasal İncelemesi

Geological and Geochemical Investigation of Copper Mineralization In Southern of Hasanekevleri (Maden-Elazığ)

M. Aydın, M. Kumral, M. Kaya
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, İstanbul

OZET Bu çalışmada, Hasanekevleri (Maden-Elazığ) güneyinde yüzlek veren kayaçların jeolojik, petrografik ve jeokimyasal incelemeleri yapılmıştır. Elde edilen verilerle kayaçların Cu potansiyellerinin belirlemeleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında bulunan Maden grubunun birimleri tabandan tavana bazalt mercekli sedimanter kayaçlar, diyabaz, spilitik bazalt, pelajik çamurtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve tüm birimleri üzerleyen alüvyondan oluşmaktadır. Bu birimler KD-GB ve KB-GD uzanımlı faylar tarafından kesilmektedir. Bu fay zonlarında gelişen ezik zonlara kuvars damarları yerleşmiştir. Nava tepesi batısındaki diyabazların içinde gözlenen kuvars damarlarında Cu cevherleşmeleri bulunmaktadır. Cevherleşme epijenetik oluşumludur ve ortalama 30 m genişliğinde, 100 m uzunluğundadır. Damara dik olarak sistematik örnekleme gerçekleştirilmiş, bu örneklerin jeokimyasal incelemeleri yapılarak Cu potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Alınan örneklerde Cu değeri %2,48'e ulaşmaktadır. Parajenezde kalkopirit, bornit, kovellit, pirit, malakit ve götit mineralleri bulunmaktadır . Ezik zonlarda gözlenen alterasyonlar, petrografik analizler ve alterasyon indeksleri ile serisitleşme, kloritleşme ve piritleşme olarak belirlenmiştir. Cevher zonlarının fay zonlarında yer alması sebebiyle cevherleşme yapısal kontrolün etkin olduğu görülmüştür. Elde edilen bu verilerle cevherleşmenin ekonomik potansiyelinin ortaya konması açısından jeolojik rezerv hesaplamaları yapılmış olup toplamda 16126,34 ton Cu rezervi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maden Grubu; Diyabaz; Cu cevherleşmesi; Hasenekevleri (Maden-Elazığ).

ABSTRACT In this study, geological, petrographic and geochemical examinations were Performed on the rocks that are located in southern of Hasanekevleri (Maden-Elazığ). With the data obtained, the Cu potentials of the rocks were determined. The units of Maden Group consist of sedimantary rocks with basalt lenses, diabase, spilitic basalt, pelagic mudstone, limestone and dolomitic limestone and alluvium overlying all units respectively. These units are cut by NE-SW and NW-SE trending faults. Crushed zones are occured along these fault zones and quartz veins are settled in these zones. Cu mineralization is found in quartz veins that observed in diabase west of Nava Hill. Mineralization that is epigenetic formation, is 30 meters wide and 100 meters long. Systematic sampling was performed perpendicular to the vein, and the geochemical investigations of these samples were made to determine Cu potential. Cu is determined to be up to 2,48 percent in the samples collected. In paragenesis; chalcopyrite, bornite, covellite, pyrite, malachite and goethite are found. The alterations observed in crushed zones were determined thanks to petrographic analyzes and alteration indices as sericitization, chloritization and pyritization. Due to the fact that the ore zones are located in the fault zones, the structural control is the main effect in mineralization. In order to reveal the economic potential of mineralization with these data obtained, geological reserve calculations were made and 16126,34 tons Cu reserves were determined.

Keywords: Maden group; Diabase; Cu enrichment; Hasenekevleri (Maden-Elazığ)

1 GİRİŞ

1.1 Çalışma Amacı

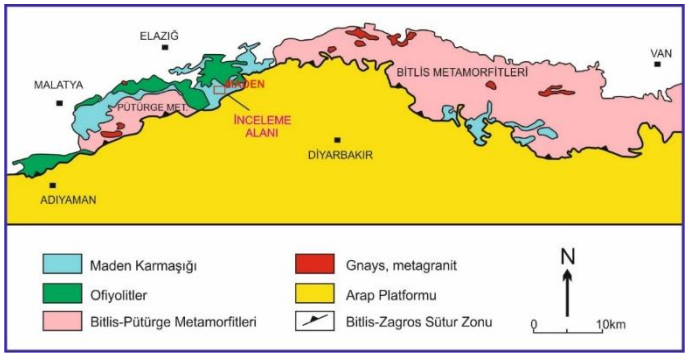
İnceleme alanı, Bitlis-Zagros sütur zonu üzerinde yer almaktadır. Bölgede ilk kez Ketin (1948) tarafından Maden serisi olarak adlandırılan ve daha sonra birçok araştırmacı tarafından Maden Karmaşığı ya da Maden Grubu olarak adlandırılan kayaçlar bulunmaktadır. Bu kayaçlar içinde diyabazları kesen fay zonları ile alakalı kuvars damarları bulunmakta ve bu damarlar boyunca Cu cevherleşmeleri bulunmaktadır. Bu bölgenin daha önce detaylı incelemesi olmadığı için ve Maden ilçesinde bulunan cevherleşme inceleme alanına yakın olduğu için detaylı çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Kırık hatları boyunca görülen hidrotermal alterasyonlar ve kuvars damarları sayesinde önemli sayılabilecek bir cevherleşme söz konusu olabileceği düşünülebilmektedir.

1.2 Çalışma Yöntemi

Arazi çalışmaları kapsamında MTA'da alınan 1/25.000'lik jeoloji haritaları kullanılmıştır. Arazi çalışmaları esnasında petrografi ve jeokimyasal çalışmalar yapılabilmesi için tüm bölgeyi temsil edebilecek şekilde kayaçlardan sistematik olarak örnekler alınmıştır. Alterasyonun bölgede çok yaygın olması sebebiyle kayaçların alterasyon seviyesine dikkat edilmiştir. Alınan örneklerden ince ve parlak kesitler hazırlanmıştır. İnce kesitleri polarizan mikroskop altında inceleyip mineral içeriği, dokusu ve diğer petrografik özellikleri saptanmıştır. Parlak kesitler ise cevher mikroskobu altında incelenerek cevher mineralleri ve mineral süksesyonu saptanmıştır. Bu kesitlerden alınan sonuçları vurgulamak amacı ile mikrofotoğraflar çekilmiştir. Ayrıca alınan örneklerin X-Ray Fluorescence (XRF) ve ve Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen veriler değerlendirip tez yazma işlemi gerçekleştirilmiştir.

2 GENEL JEOLOJİ

Hasanekevleri güneyinde bulunan Cu cevherleşmesi Bitlis-Zagros sütur zonu üzerinde yer almaktadır. Bu bölgede ilk kez Ketin(1948) tarafından Ergani dolaylarında ‘‘Maden Serisi’’ olarak adlandırılan birimler yer almaktadır. Bu birimler daha sonra birçok araştırmacı tarafından ‘‘Maden Grubu’’ veya ‘‘Maden Karmaşığı’’ olarak adlandırılmıştır. Şekil 1.1. Bitlis-Zagros sütur zonu üzerinde

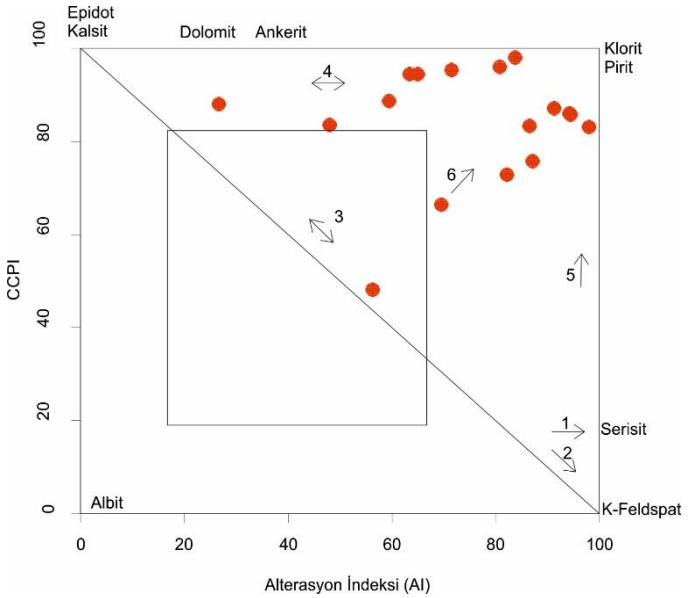


Maden Karmaşığı'nın dağılım haritası, (MTA, 2002'den değiştirilmiştir).

Ertürk (2018) ise bu bölge için yaptığı çalışmada Neotetis Okyanusu'nun güney kolunun Üst Triyas'ta Arap ve Anadolu levhası arasında açıldığını, Erken Kretase'ye kadar bir okyanus ortası sırtı boyunca MORB oluşumu ile yayıldığını, Geç Kretase'de okyanus içi yitimin başlamasıyla bu zonda ofiyolitler ile birlikte yay magmatitleri oluştuğunu, Arap levhası üzerinde ofiyolitlerin ve Pütürge Masifi'nin Geç Maastrihtiyen'de yerleştiğini belirtmiştir.
İnceleme alanında Orta Eosen yaşlı (Robertson vd., 2007) Maden Grubuna ait birimler temelde bazalt mercekli sedimanter kayaçlardan oluşmaktadır. Bu birim üzerinde diyabaz, spilitik bazalt, pelajik çamurtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları bulunmaktadır. Diyabaz ve spilitik bazalt birimleri ise KD-GB ve KB-GD uzanımlı eğim atımlı faylar tarafından kesilmiş durumdadır. Bu faylar ezik zonların oluşmasına sebep olup Nava Tepesi batısında diyabazlar içerisinde kırık zonlarda kuvars damarları ile ilişkili cevherleşmelere sebep olmuştur.

3 CEVHERLEŞME

Nava tepesi batısında tespit edilen diyabazların içerisinde görülen kırık hatlar ile ilgili damar tipi cevherleşme bulunmaktadır. Bu cevherleşme ortalama 30 m genişliğinde olup 100 m uzunluğundadır. Cevherin damarları ise 1 ila 15 cm arasında değişim göstermektedir. Bu diyabazlarda hidrotermal alterasyon yoğun bir biçimde gözlenmiştir. Bu alterasyonlar serisitleşme, kloritleşme piritleşme ile birlikte yoğun bir kükürtlü zon halindedir.



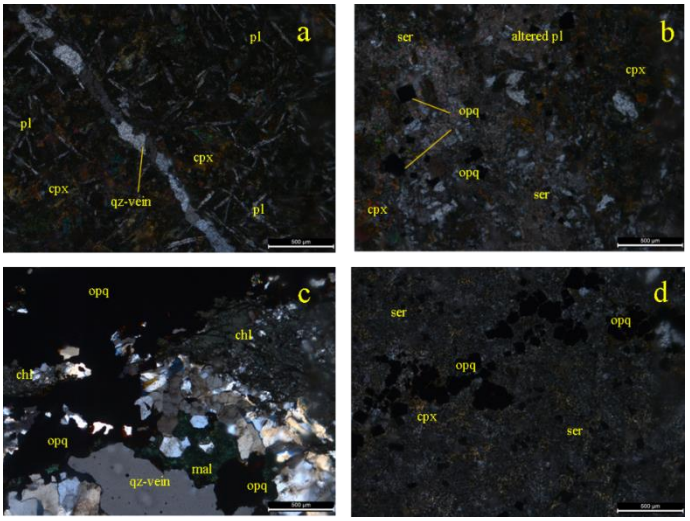
Şekil 3.1. Diyabaz örneklerinin AI – CCPI diyagramındaki dağılımları (Gemmell ve Large, 1992'den değiştirilerek)

İnceleme alanında geniş alanlarda yüzlek veren diyabazlar genel olarak altere bir biçimde görünmektedir (Şekil 3.2). Bu kayaçlar fay zonlarına yakın alanlarda kuvars damarları tarafından kesilmiştir (Şekil 3.3).

Şekil 3.2. Altere diyabazların genel görünümü.

Şekil 3.3. Diyabazların ve birimi kesen kuvars damarlarının genel görünümü.

Cevher zonunda bulunan diyabazların polarizan mikroskop incelemesinde kayaç subofidik dokudadır. Kuvars damarı tarafından kesilmiş birimde bu damarla ilişkili opak mineraller görünmektedir. Kayaçta plajioklas, altere plajioklas, klinopiroksen, serisit, klorit, malakit ve kuvars damarları ile birlikte opak mineraller yaygın bir biçimde görülmektedir (Şekil 3.4).

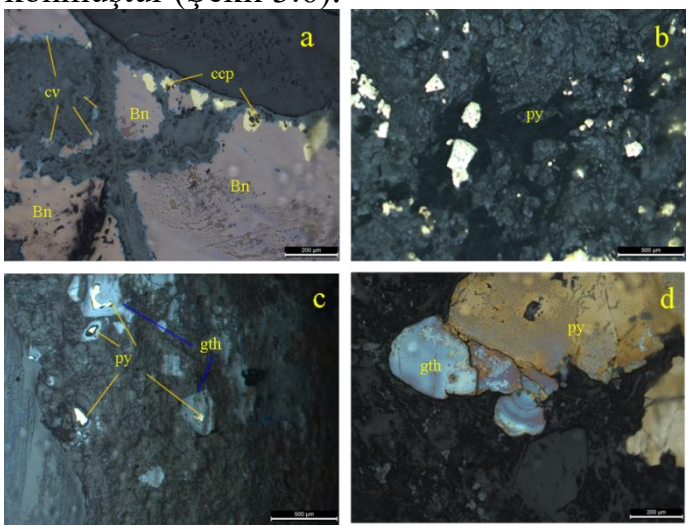


Şekil 3.4. Diyabazların polarizan mikroskop görüntüleri, pl: plajioklas, cpx: klinopiroksen,ser: serisit, altered pl: altere plajioklas, chl: klorit, mal: malakit, qz-vein: kuvars damarı, opq: opak mineral.

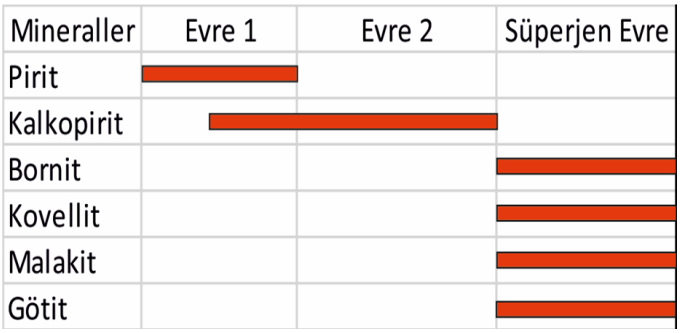
Cevher mikroskobisi çalışmalarında başlıca pirit, kalkopirit, bornit, kovellit ve götit mineralleri görülmüştür. Kalkopiritlerin bornite dönüştüğü görülürken kovellit mineralinin borniti ornattığı tespit edilmiştir. Pirit-götit dönüşümü birçok noktada gözlenmiştir. Cevher minerallerinin diyabazları kesen kuvars damarları ile

doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür (Şekil 3.5).

Petrografik incelemelerden sonra cevher parajenezin pirit, bornit, kalkopirit, kovellit, götit ve malakit şeklinde olduğu ortaya konmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Diyabazlar içerisinde gözlenen cevher minerallerine ait cevher mikroskobisi görüntüleri, Bn: bornit, ccp: kalkopirit, cv: kovellit, py: pirit, gth: götit

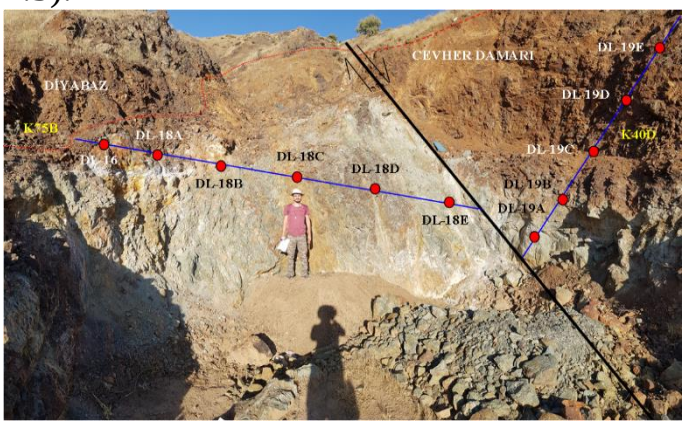


Şekil 3.6. Cevherleşmenin parajenezi ve süksesyonu.

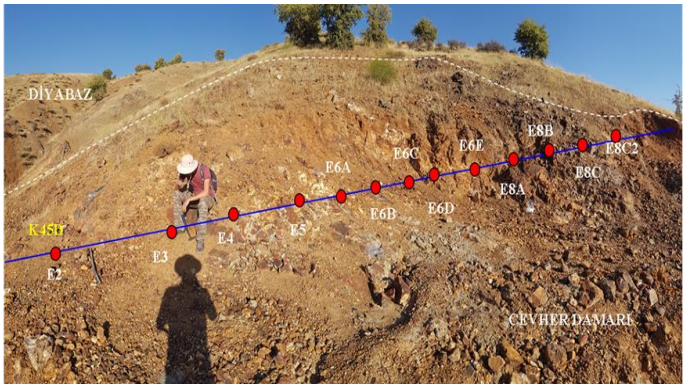
4 JEOKİMYA

İnceleme alanında 2 farklı zonda K75B, K40D ve K45D doğrultuları boyunca örnekler alınmıştır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Bu örneklerin XRF analizleri İTÜ Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

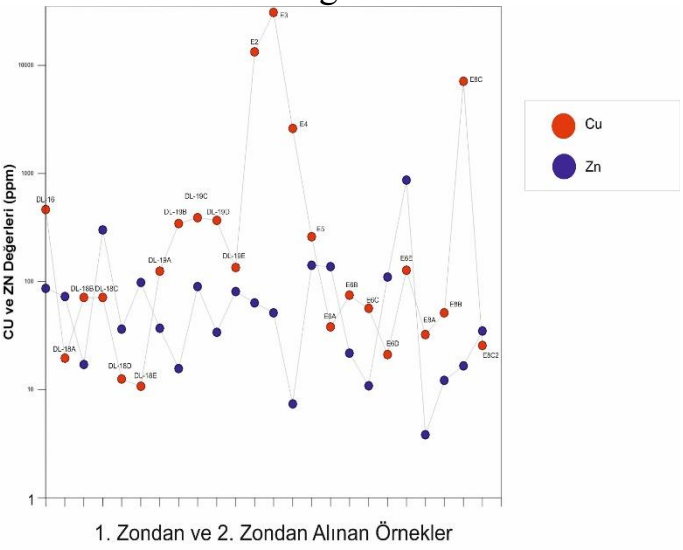
Derlenen bu örneklerde Cu ve Zn 1. Zonda az miktar bulunmakta ve SO_3 miktarı %5.21'e kadar ulaşmaktadır. 2.zonda ise Cu'nun maksimum %2,48'e ulaşmakta olduğu tespit edilmiştir. SO_3 değeri de bu zonda %44.72'ye kadar yükseldiği görülmüştür. Derlenen örneklerin Cu ve Zn dağılım grafiği incelendiğinde lineer bir dağılım bulunmadığından dolayı, cevherleşmenin kökeninin süreksizlikler ile bağlantılı olduğu söylenebilir. Dolayısıyla cevherleşmeye tektonizmanın etkisi ile oluşan kırık hatlarına gelen cevherli çözelti sebep olmaktadır ve cevherleşme kırık hatlarıyla sınırlıdır (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. 1. Zonda derlenen örneklerin noktaları ve örnek doğrultuları.



Şekil 4.2. 2. Zonda derlenen örneklerin noktaları ve örnek doğrultuları.



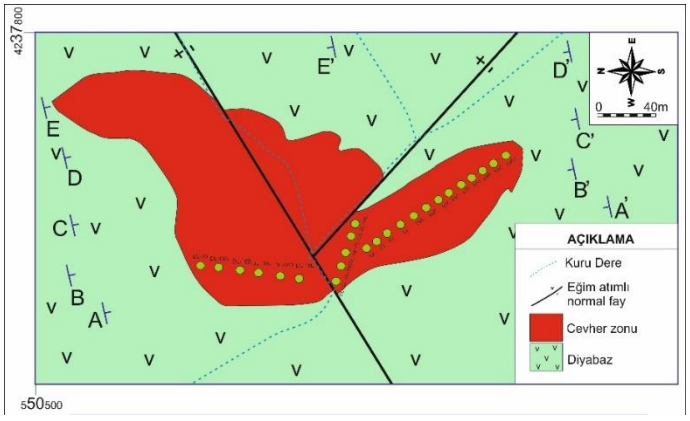
Şekil 4.3. Cu-Zn Dağılım grafiği.

Bir diğer cevherleşme ise Düngeuse Tepesi civarında sedimanter kayaçlar içerisinde mercek şeklinde demirli manganlı birimler şeklinde bulunmaktadır. Bu merceklerin birçoğu silisifiye durumdadır. Alınan örneklerde MnO değeri %20.74'e kadar ulaşmakradır. Silisifiye örnekte MnO oranı az iken ayrışmış örneklerde bu oran daha fazladır.

5 EKONOMİK JEOLOJİ

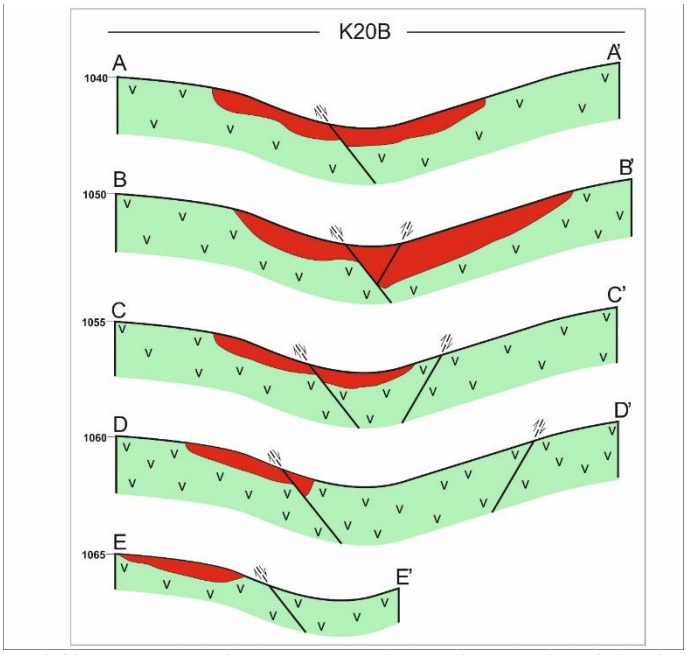
Madde niteliği, bilinme ve işletilebilirlik oranı ile diğer başka unsurlara göre rezerv çeşitleri ayırt edilebilir. Herhangi bir çalışma sonucunda rezerv değeri verildiğinde rezerv çeşidi de belirtilmelidir. Jeolojik rezerv, varlığı iki boyutta belirlenmiş cevher kütlesinin oluşturduğu rezervdir. Bu çalışma kapsamında da inceleme alanındaki Nava Tepesi'nin batısında bulunan Maden Grubuna ait bakır cevherleşmelerinin jeolojik rezervi hesaplanmıştır.

Jeolojik rezervin hesaplanması amacıyla hazırlanan 1/2500 ölçekli jeoloji haritası (Şekil 5.1) kullanılarak 5 adet doğu-batı doğrultusunda, birbirine paralel ve ortalama 40 m aralıklı kesitler alınmıştır (Şekil 5.2). Düşey ölçeği 1/25000 olan bu kesitlerin her birinin kesit alanları m^2 cinsinden hesaplanmıştır. Bu alanlar kullanılarak ilgili formüller yardımıyla birbirini izleyen komşu kesitler arasındaki dilimler için cevher zonunun hacimleri m^3 cinsinden belirlenmiştir.

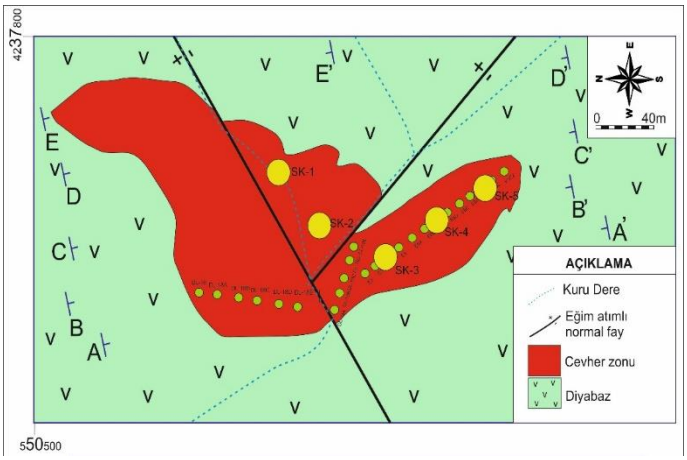


Şekil 5.1. Cevher zonunun haritası.

Bulunan hacim diyabaz kayacının birim hacim ağırlığı 2.9 ton/m^3 ile çarpılarak cevherli kütlenin toplam ağırlığı 8.529.115,23 ton olarak bulunmuştur. Bölgede cevher zonundan sistematik olarak alınmış diyabaz örneklerinde ortalama Cu tenörü 1890,74 ppm'dir. Bu değer de toplam diyabaz ağırlığı ile çarpıldığında toplam Cu rezervi 16126,34 ton olarak hesaplanmıştır. Londra Metal Borsası'ndan 12 Haziran 2019 tarihinde alınan verilere göre bakırın ton fiyatı 5905 $'dır. Bu sayede cevher rezervinin fiyatı 95.226.037 $ olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 5.2. Cevher zonundan alınan kesitlerin genel görünümü.



Şekil 5.3. Cevher zonunda önerilen sondaj noktalarının genel görünümü.

Ayrıca elde edilen veriler ışığında fay kontrollü olan cevherleşmede fayın düşen bloğunun olduğu güneydoğu kesiminde fayın doğrultusuna dik olarak kuzeybatı yönünde yapılacak yaklaşık 10-15 derece eğimli 100-150 metre derinliğinde sondajlar ile fay zonuna yaklaşıldığında tenördeki değişim tespit edilmiş olacak ve fay kesildikten sonra yer altında cevher zonunun devamlılığına dair

fikir sahibi olunarak rezerv hesaplamaları çok daha doğru olarak yapılabilecektir (Şekil 5.3). Fay zonu ile ilişkili olan cevherleşmede piritleşme ile birlikte bornit ve kalkopirit mineralleri yoğun bir biçimde gözlenmektedir, bu çözeltinin sülfür mineralleri bakımından zengin olduğu görülmektedir. Sülfür mineralleri kullanılarak izotop jeokimyası çalışması ile cevherleşmenin kökensel incelemesi yapılması önerilmektedir. Yapılacak detaylı jeofizik çalışmaları ile cevherleşmenin yayılımı, buna ek olarak da yapılacak sıvı kapanım çalışmaları ile cevher minerallerinin oluşum sıcaklığı ve tuzluluğu belirlenerek bu kökensel incelemeye katkı sağlayacaktır.

6 SONUÇLAR

1. Bölgede bulunan Maden Grubu birimleri 1/25.000'lik jeoloji haritasında ayırtlanmıştır.
2. Yapılan çalışma sonucunda bölge içerisinde ekonomik olarak değerlendirilebilecek 2 ayrı oluşum tespit edilmiştir. Bunlar daha önce de işletmiş olan demirli mangan mercekleri ve damar tipi Cu-Zn cevherleşmeleridir.
3. Fay zonlarına yakın alanlarda gözlenen cevher bölgelerinde hidrotermal alterasyonlar yoğun bir şekilde gözlenmektedir. Yan kayaçlarda gözlenen serisitleşme, piritleşme ve kloritleşme alterasyon türünün fillik olabileceğini göstermektedir.
4. Yapılmış olan analizlerde Cu %2,48'e kadar ulaşmaktadır.
5. Diğer önemli cevherleşme ise sedimanter kayaçlar içerisindeki demirli manganlı bloklardır. Bu zonlarda MnO değeri maksimum %20'ye ulaşmaktadır.
6. Elde edilen verilerle cevherleşmenin ekonomik potansiyelinin ortaya konması açısından Cu cevherinin jeolojik rezerv hesaplamaları yapılmış olup 16126,34 ton olarak tespit edilmiştir.
7. Elde edilen veriler ışığında fay kontrollü olan cevherleşmede fayın düşen bloğunun olduğu güneydoğu kesiminde fayın doğrultusuna dik olarak yapılacak yaklaşık 10-15 derece eğimli sondajlar ile fay zonuna yaklaşıldığında tenördeki değişim tespit edilmiş olacak ve fay kesildikten sonra yer altında cevher zonunun devamlılığına dair fikir sahibi olunarak rezerv hesaplamaları çok daha doğru olarak yapılabilecektir.
8. Fay zonu ile ilişkili olan cevherleşmede piritleşme ile birlikte bornit ve kalkopirit mineralleri yoğun bir biçimde gözlenmektedir, bu çözeltinin sülfür mineralleri bakımından zengin olduğu görülmektedir. Sülfür mineralleri kullanılarak izotop jeokimyası çalışması ile cevherleşmenin kökensel incelemesi yapılması önerilmektedir. Buna ek olarak da yapılacak sıvı kapanım çalışmaları ile cevher minerallerinin oluşum sıcaklığı ve tuzluluğu belirlenerek bu kökensel incelemeye katkı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bitirme tasarım projemde bana hiçbir yardımını esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Mustafa KUMRAL, Arş. Gör. Mustafa KAYA ve projeyi destekleyen TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Ertürk, M.A., 2016. Maden Karmaşığı'nın (Doğu Toroslar-Türkiye) petrolojik özellikleri, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 130s.

Gemmell, J.B. ve Large, R.R., 1992. Stringer System and Alteration Zones Underlying the Hellyer Volcanogenic Massive Sulfide Deposit, *Tasmania, Economic Geology,* 87, 620-649.

Ketin, İ., 1948. Ergani Eğil bölgesinin jeolojik etüdü hakkında memuar, MTA Raporu.

Robertson, A.H.F., Parlak, O., Rızaoğlu, T., Ünlügenç, U.C., Inan, N., Taslı, K., Ustaömer, T., 2007. Tectonic evolution of the South Tethyan ocean: evidence from the Eastern Taurus mountains (Elazığ region, SE Turkey), *Geological Society of London Special Publications,* 272, 233-272.

Kapıdağ Yarım Adasının Kuzeybatısının Jeolojisi, Petrografisi ve Granitik Kayaçların Radyoaktif Açıdan Kullanılabilirliği

Geology and Petrography Of The Western Part Of Kapıdağ Peninsula And Usability Of It In Terms Of Radioactivity

Y. Kara, B.B. Ayrancı, M. Usanmaz , Ş. Altunkaynak
(İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul)

ÖZET

Bu çalışmada Bandırma (Balıkesir) kuzeyindeki Kapıdağ yarımadasında yer alan Kuzey Kapıdağ Plütonu kuzeybatı kısmının ve yöre kayaçlarının saha, petrografi ve yapısal özellikleri ortaya konmuş, granitik kayaçların radyoaktif açıdan kullanılabilirliği incelenmiştir. Bununla birlikte granitik kayaçların blok yapıtaşı olarak çıkarılmasına en elverişli olduğu saptanan bir pilot bölge seçilerek toplam rezerv hesabı yapılmıştır. Kuzey Kapıdağ Plütonu, Eosen döneminde temel kayaların içine intrüzif olarak yerleşmiştir. Kuzey Kapıdağ Plütonu'nun yapısal özellikleri mikro ve mezo yapısal özellikleri yaklaşık 600 ^{o}C'den <250 ^{o}C'e devam eden sürekli bir deformasyona maruz kaldığına işaret etmektedir. Bu deformasyon inceleme alanının güneyine doğru giderek azalmaktadır. Bu nedenle plütonun blok olarak kullanılması açısından deformasyondan en az etkilenmiş olan bir alan pilot bölge olarak seçilmiştir. Pilot bölge üzerinde yapılan rezerv hesabı, plütonun blok olarak çıkarılması durumunda 1.080.000 ton rezerve sahip olduğu ve bu rezervin 156.600.000 TL değerinde olduğu belirlenmiştir. Kuzey Kapıdağ Plütonu'nun insan sağlığa olan etkisini araştırmak amacıyla plütona ait örneklerin kanserojen etkiye sahip olan radon elementinin ürünleri olan 226Ra, 232Th ve 40K aktivite değerleri kullanılarak ve harici gama indeksi ($I_\gamma \leq 0.87$), emilen gama doz oranı ($I_\alpha \leq 0.34$) ve efektif doz oranındaki artışın gama radyasyonuna bağlı değerleri ($H_{ext} < 0.2$ mSv) hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak C# Programlama dili aracılığıyla çeşitli hesaplamalar için gerekli olan matematiksel işlemler formülize edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile Avrupa Komisyonu'nun verdiği sınırlamalar karşılaştırılmış ve Kuzey Kapıdağ Plütonu'nun yapıtaşı olarak kullanılmasında insan sağlığı açısından sorun teşkil etmeyeceği belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Kuzey Kapıdağ; granodiyorit; gama aktivitesi; alfa radyasyonu

ABSTRACT

The geological and petrographic features of the northern Kapıdağ pluton and basement rocks were investigated and the usability of pluton in terms of radioactivity was examined. The northern Kapıdağ pluton consists of granodiorite, deformed granodiorite, mafic microgranular enclaves, and has intruded into the basement rocks of Erdek complex. Granodiorite of Kapıdağ pluton has holocrystalline porphyritic texture with granodioritic composition. Deformed granodiorite displays a similar composition with the addition of brittle and ductile deformation signatures and deformation textures. The structural features of the pluton were investigated using micro and meso structural elements and deformation temperatures are determined using these data. In order to understand the radioactive properties of northern Kapıdağ pluton, the samples were analyzed in ITU Radiation Applications Laboratory. According to the analyzes, 226Ra, 232Th and 40K activity values were obtained which are the products of carcinogenic radon element. In order to determine the radioactivity indices, the mathematical operations requiring various calculations were formulated using the Pyhton Programming language, using the activity values. As a result, the external gamma index, alpha radiation exposure, absorbed dosage of gamma and increase in the effective dose ratio in relation to gamma radiation is determined. The results were compared with the limitations of the European Commission and it was determined that the use of the rocks from northern Kapıdağ pluton industrially would not pose any problems for human health.
Keywords: North of Kapıdağ; gamma activity; intrusion; alpha radiation

1 GİRİŞ

Yapılan çalışmada Kapıdağ Yarımadası'nın kuzeyindeki Kuzey Kapıdağ plütonunun ve çevresinde bulunan kayaçların saha, petrografik, yapısal ve radyoaktif özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı Kuzey Kapıdağ plütonu ve çevresinin saha, petrografik ve yapısal özelliklerinden faydalanarak jeolojik evrimini ortaya koymak, aynı zamanda bölgede bulunan Kuzey Kapıdağ plütonu'na ait granitik kayaçların radyoaktif bozunum türü olan radon soygazı oranının aşırılığının jeokimya yöntemleri ile incelenmesi ve bu incelemelerin radyoaktivite ile ilişkilendirilerek insan sağlığı açısından risk teşkil edip etmediğinin değerlendirilmesidir.

2 GENEL JEOLOJİ

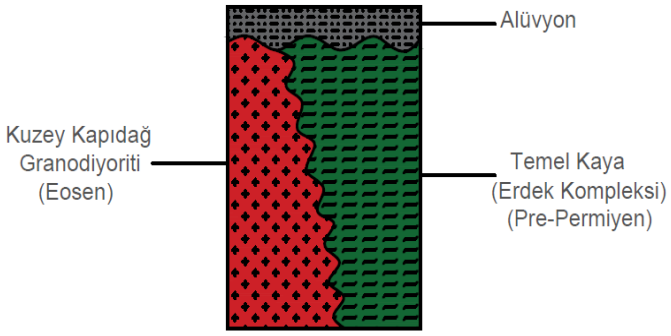
2.1 Stratigrafi

Yaklaşık 70 km^2'lik bir inceleme alanı içinde, magmatik kayaçlar ve temel kayaları mostra vermektedir. İnceleme alanında başlıca 3 kaya topluluğu yer almaktadır. Bunlar yaşlıdan gence doğru a) Temel Kayaları b) Kuzey Kapıdağ Plütonu ve c) Alüvyon'dur.

Çalışma alanın temel kayaçlarını Erdek Kompleksi oluşturmaktadır. Birim amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış metabazit, metapelit ve mermerlerden oluşur ve Pre-Permiyen yaşlıdır (Aksoy, 1995).

Kuzey Kapıdağ plütonu genellikle holokristalen porfirik dokulu ve granodiyorit bileşimlidir, granodiyorit ve deforme granodiyorit olarak iki ayrı fasiyese ayrılır. Ayrıca Kuzey Kapıdağ plütonu çalışma sahasının batısında ve güneydoğusunda temel kayaları olan Erdek Kompleksi ile dokanak halindedir. Magmatik doku gösteren mafik mikrogranüler anklavlar içerir.

Kuzey Kapıdağ Plütonu, granodiyorit, deforme granodiyorit ve mafik mikrogranüler anklavlardan oluşmaktadır. Erdek Kompleksine ait temel kayalarının içine yerleşmiştir. Kuzey Kapıdağ Plütonunun K-Ar radyometrik yaş verilerine göre Eosen (39.9±0.8 Ma) yaşlıdır (Delaloye ve Bingöl, 2000).



Şekil 1. Çalışma Bölgesine Ait Stratigrafik Dikme Kesit

2.2 Petrografi

Petrografi çalışmaları temel kayaları ve magmatik kayaçlar üzerinde yapılmıştır. Temel kayalarını oluşturan birim Erdek Kompleksidir. Yapılan petrografik çalışmalara göre amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış olan Erdek Kompleksi metabazitlerden, metapelitlerden ve mermerlerden oluşmaktadır. Erdek Kompleksi'ne ait kayaçlar lepidoblastik dokuya sahiplerdir. Kuzey Kapıdağ plütonu petrografik olarak 3 alt gruba ayrılarak incelenmiştir. Bunlar granodiyorit, deforme granodiyorit ve mafik mikrogranüler anklavlardır. Granodiyorit, holokristalen dokuya sahip olup; %40-50 plajiyoklaz, %20-25 kuvars, % 11-13 alkali feldspat, %8-11 biyotit ve % 2-6 hornblend bileşimindedir. İncelenen örnekler genellikle porfirik yer yer granüler dokuya sahiptir. Deforme granodiyorit'in ana mineral yüzdeleri şu şekildedir; %40-45 plajiyoklaz, %20-25 kuvars, %10-12 alkali feldspat, %8-10 biyotit ve %2-5 hornblend, epidot %2-10. Kuzey Kapıdağ Plütonu'nda bulunan mafik mikrogranüler anlavlar holokristalen mikrogranüler dokuya sahiplerdir. İnce kesitler üzerinde yapılan modal bileşim analizlerine göre anklavlar diyorit ve kuvars diyorit bileşimindedir. Diyoritler %55-60 plajiyoklaz, %22-26 hornblend, %14-20 biyotit içerirler. Kuvars diyoritler %50-55 plajiyoklaz, %20-25 hornblend, %15-20 biyotit ve %8-10 kuvars içermektedirler.

2.3 YAPISAL JEOLOJİ

İnceleme alanında, özellikle Kuzey Kapıdağ plütonunun deforme kesimi ile temel kayalarından birçok foliasyon ölçümü

alınmıştır. Litolojiler, yapısal anlamda ayrı ayrı incelenmiştir.

Kuzey Kapıdağ plütonunda yapılan mezo ve mikro ölçekli yapısal çalışmalar sonucunda birbirini takip eden iki evreli deformasyona sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu deformasyonlar 250 – 600 Cº sıcaklıkları arası gelişen sünek deformasyon ve 250 Cº'den düşük sıcaklıklarda gelişen kırılgan deformasyon olarak sınıflandırılabilirler

3 TASARIM

3.1 Doğal Radyoaktif Özelliklerin İncelenmesi

Magmatik ve metamorfik kayaçlar dahil olmak üzere birçok doğal malzeme, farklı konsantrasyonlarda Ra, Th, ve K (Radyum, Toryum, Potasyum) içermektedir. Çalışma alanında bulunan Kuzey Kapıdağ plütonu da belirli oranlarda Ra, Th ve K değerlerine sahip çeşitli mineraller içermektedir (Tablo 3.1).

Plütonun radyoaktivite özelliklerini belirlemek amacıyla, plütona ait örneklerde kanserojen etkiye sahip olan radon elementinin çürüme ürünleri olan ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K aktivite değerleri kullanılmıştır (Papadopoulos vd. 2016).

Tablo 3.1 Örneklerin mineral bileşimleri

	Örnekler	Mineralojik Bileşen
1	**Kap42**	Kuvars, K-feldspars, Plajioklas, Biyotit, Zirkon, Apatit, Klorit, Epidot, Opak Mineraller
2	**Kap43**	Kuvars, K-feldspars, Plajioklas, Hornblend, Biyotit, Zirkon, Apatit, Klorit, Epidot, Opak Mineraller
3	**Kap45**	Kuvars, K-feldspars, Plajioklas, Hornblend, Biyotit, Zirkon, Apatit, Klorit, Epidot, Opak Mineraller
4	**Kap46**	Kuvars, K-feldspars, Plajioklas, Biyotit, Muskovit, Zirkon, Epidot, Opak Mineraller
5	**Kap47**	Kuvars, K-feldspars, Plajioklas, Hornblend, Biyotit, Zirkon, Apatit, Klorit, Epidot, Opak Mineraller
6	**Kap52**	Kuvars, K-feldspars, Plajioklas, Hornblend, Biyotit, Klorit, Titanit, 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.

$$\varepsilon = N_p / t_m . A . \gamma$$

ε : tam enerjili zirve verimliliği,
N_p : net fotopak sayısı,
T_m : ölçüm zamanı,
γ : gama emisyon olasılığı,
A : gama emisyon oranını ifade eder.

Kuzey Kapıdağ Granodiyoriti'ne ait 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)	Belirsizlik (%)	Aktivite (Bq/kg)	Belirsizlik (%)	Aktivite (Bq/kg	Belirsizlik (%)
1	20,30	5,06	52,82	3,11	1072,85	0,75
2	46,96	3,96	48,08	2,94	1442,38	0,82
3	20,48	6,41	61,40	2,07	876,94	0,98
4	13,28	7,70	17,83	10,35	388,16	2,09
5	24,82	5,55	66,84	1,87	587,24	1,21
6	69,78	2,86	15,67	8,96	1081,01	1,19

3.3 Harici Gama İndeksinin Belirlenmesi

Harici gama indeksi Radyum, Toryum ve Potasyum aktiviteleri kullanılarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$I\gamma = \frac{CRa}{300} + \frac{CTh}{200} + \frac{CK}{3000}$$

3.4 Alfa Radyasyon Maruziyetinin Belirlenmesi

Alfa Radyasyon Maruziyeti Radyum aktivitesi kullanılarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$I\gamma = \frac{CRa}{200}$$

3.5 Gama Radyasyonuna Bağlı Efektif Doz Oranındaki Artış Miktarı

Bulunan artış miktarı, "Avrupa Komisyonu" standartları ile kıyaslandığında, Kuzey Kapıdağ plütonu örneklerinin kullanılması durumundaki maruziyetin ortaya çıkmasında yardımcı olur.

$$H_{ext}\,(mSv.y^{-1}) = 10^{-6}.\,(0{,}7.\,Da.7000)$$

İşlemler sonucunda Kuzey Kapıdağ plütonuna ait örneklerin Radyoaktivite indisleri belirlenmiştir (Tablo 3.3).

Örnekler	I_γ	I_α	H_{ext}
Kap42	0,68	0,10	0,15
Kap43	0,87	0,23	0,19
Kap45	0,66	0,10	0,14
Kap46	0,26	0,06	0,05
Kap47	0,61	0,12	0,13
Kap52	0,67	0,34	0,15

Radyoaktivite indisleri belirlenen Kuzey Kapıdağ Granodiyorit örnekleri, Avrupa Komisyonu "radon maruziyeti" kıstaslarına 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, Kuzey Kapıdağ Granodiyorit örnekleri radyoaktivite açısından sağlık riski taşımadığı ve yapı malzemesi olarak kullanıldığı taktirde insan sağlığı açısından zararlı olmadığı ortaya konmuştur.

4 SONUÇLAR

Kapıdağ plütonunun granodiyorit, deforme granodiyorit, mafik mikrogranüler anklav ve damar kayalarından oluştuğu ve Erdek Kompleksi'ne ait temel kayalarının içine yerleştiği tespit edilmiştir. Jeoloji haritası ve yapısal veriler kullanılarak, bölgenin yapısal evrimi belirlenmiştir. Kuzey Kapıdağ plütonunun makaslama zonu kendi içerisinde iki farklı (sünek ve kırılgan) deformasyon geçirmiştir. Elde edilen veriler ışığında 600°C'den başlayarak 250°C'nin altına inen sıcaklıklara kadar deformasyonun sürekli olarak gerçekleştiği görülmektedir. Kuzey Kapıdağ plütonuna ait örnekler, 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 ve gama radyasyonuna bağlı efektif doz oranındaki artış hesaplanmıştır. Avrupa Komisyonu'nun kararlaştırdığı standartlar göz önüne alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, Kuzey Kapıdağ Plütonu'nun 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

Aksoy, R., 1998, *Strain Analysis of the Kapıdağı Peninsula Shear Zone in the Ocaklar Granitoid, NW Turkey*. Journal of Earth Sciences vol: 7, 79-85.

Papadopoulos, A., Altunkaynak, Ş., Koroneos, A., Ünal, A., ve Kamacı, Ö. (2016). *Distribution of natural radioactivity and assessment of radioactive dose of Western Anatolian plutons, Turkey*. Turkish Journal of Earth Sciences, 25(5), 434-455.

Balıkesir Ametistlerinin Gemolojik Özellikleri ve Fiziksel İşlemlerin Genel Kalite Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

Study of Balıkesir Amethyst in Terms of Gemological Properties and Evaluation of the Effects of Physical Treatments on the Overall Quality

E.P. İskenderun, Y.C. Sarıoğlu, M.S. Kırıkoğlu, E. Çiftçi, Z. Döner
Istanbul Technical University, Geological Engineering Department, Istanbul

ÖZET Bu çalışma, Balıkesir ili Dursunbey ilçesinde yer alan ametistlerin gemolojik karakteristiklerini kapsamaktadır. Bölgede yer alan ametist damarları riyolit-riyodasit kayaçları içerisinde kırıklar boyunca gözlemlenmiştir. Ametistli damarlarda boşluk dolgularına rastlanması, bu damarların oluşum derinliğinin epitermal sistemlerin ortalama 500 m derinliğini temsil eden derinlikte olduğuna işaret etmektedir.

Bu çalışmada, gemolojik özelliklerin tespiti için ametistlerin mücevher kalitesini arttırmak amacıyla ısıtma işlemi yaklaşık 250°C'de başlatılmış ve optimum renk elde edilinceye kadar her 50°C'de bir sıcaklık artışı ile mineral kontrol edilmiştir. Sonuç olarak, ısı kademeli arttırıldığında, çalışılan ametistlerin rengi mordan lilaya açık sarı ve sarımsı beyaza dönüştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, uzun süre boyunca ısıya maruz kalan ametist örnekleri zaman içerisinde koyu sarı renkli sitrine dönerken, kısa süre içerisinde yüksek sıcaklıklara maruz kalan örneklerin doğrudan daha açık sarı renkli sitrine dönüştüğü elde edilmiştir. Pazarlanabilir parlak lila renkli mücevher kalitesi ametist, 350^{o}C sıcaklıkta 48 saat ısıl işlem uygulanarak tasarlanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Ametist, Dursunbey, Balıkesir, gemoloji, ısıl işlemler

ABSTRACT This work studies gemological characteristics of Dursunbey amethyst in Balıkesir, Turkey. The amethyst veins were observed in the fractures of rhyolite-rhyodacites. Being gap filling textures in the amethyst veins indicates that the depth of the formation of these veins represents an average of 500m depth of the epithermal systems.

In this study, the heating process was started at about 250°C to increase the gem quality of the amethysts for the determination of gemological properties. Consequently, when the heat was gradually increased, color of studied amethysts turned from purple to lilac to light yellow and yellowish white. Moreover, while the amethyst samples exposed to heat for a long time turned dark yellow citrine, the samples exposed to high temperatures in a short time were determined to have a lighter yellow color citrine directly. Marketable bright lilac colored gem quality amethyst was designed by applying heat treatment of 350^{o}C with 48th hours.
Keywords: Amethyst, Dursunbey, Balıkesir, gemology, heat treatment

1 INTRODUCTION

Amethyst is a violet or purple colored precious stone mineral that type of a silicium dioxide (SiO_2) and used for jewelry sector by mankind since the ancient times in Anatolia. The amethyst crystals that fill the cracks and fractures of rhyolite-rhyodacite can be obtained in different sizes. Known the largest amethyst reserves in Turkey is located in Güğü Village of Dursunbey district of Balıkesir which this study focuses on. This area has the most important amethyst quarry which is operated by the company of "Alaçam Madencilik San. Tic. Ltd. Şti.". As we known, while the precious minerals which have gem quality are very rare, non-gem-grade samples are more common. An enhance gem receive some type of treatment to change its characteristics. A treatment may increase, decrease or have no effect on the durability of a gem. The aim of this graduation design project is the

determination of gemological properties considering the geological, mineralogical-petrographic and geochemical parameters and the investigation of heat treatment to enhance the qualities of amethyst in the area of Güğü Village in Dursunbey district of Balıkesir province.

2 MATERIAL AND METHODS

Field work was carried out in May 2019. It has been studied extensively in the village of Güğü in Balıkesir where amethyst veins and mines are located. Revision in geological maps, determination of formation boundaries and sampling studies were conducted. The selected 7 amethyst samples were subjected to heat tests in order to observe gemological properties to determine quality change. Each of the samples were checked and photographed at 0.5, 1, 1.5, 2, 6, 12 and 24-hour intervals at 250, 300, 350, 400, 450, 500 and 550 °C respectively, and their color changes were examined.

3 GEOLOGICAL SETTING

The amethyst veins observed in the region of Balıkesir-Dursunbey-Güğü Village were observed in the fractures and cracks of the volcanic rocks. Three formations were observed in the study area. These are schists, limestones and volcanics. Paleozoic schists are located to the southern part of the study area. Marble blocks are observed in schists which do not show any significant foliation. Limestones in the center and southern part of Güğü Village were formed on the schists. The age of fine grained and whitish colored limestones is given as Cretaceous according to previous studies. The Neogene volcanic rocks, where amethyst formations take place, are composed of dacite, rhyodacite and tuffs (İçözü, 200; Fig. 1).

3.1 Stratigraphy

Stratigraphically, Paleozoic Simav metamorphics are distinguished at the bottom. Within these metamorphics, it is stated that the member of Kulat is a crystallized limestone member (marble). With the increase in carbonate rate on these metamorphic rocks, the Lower-Middle Paleozoic Balıkbaşı Formation is defined. This formation is overlained unconformably by Upper Paleozoic-Lower Triassic Sarıcasu Formation. Middle Triassic-Upper Jurassic Kırkbudak Formation overlaid unconformably the Sarıcasu formation. On top of this formation, Upper Triassic-Upper Cretaceous Budağan limestones are observed. Upper Cretaceous-Lower Eocene Dağardı Melange tectonically overlaid the Budağan limestone. Paleogene Eğrigöz granite. The Eğrigöz granite is overlained unconformably by the Middle-Upper Miocene Kızılbük Formation. The Middle-Upper Miocene Civanadağ tuffs overlain the Kızılbük Formation. On top of them are the Akdağ Volcanites, which are composed of rhyolite, rhyodacite, dacite, andesite and basalts. These volcanics are also transitive with Kızılbük formation and Civanadağ tuffs. It is stated that the beginning of the volcanism was Middle Miocene and continued until the end of the Upper Miocene. All these units cover the Quaternary Toklargölü Formation (Akdeniz&Konak, 1979).

In the north of Güğü Village, around the Asarlık and Erikli Hills, chalcedony, amethyst and quartz veins are found in rhyolites and rhyodacites. The amethysts in the region that we do study on are located in the Akdağ Volcanics consisting of andesites, rhyolites and rhyodacites in this stratigraphic section (Fig. 2).

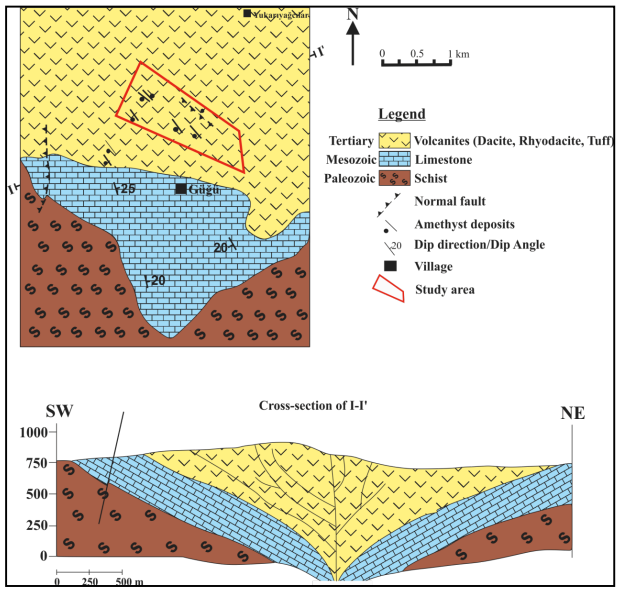


Figure 1. Geological map of the study area and SW-NE cross-section of the map (Modified from İçözü, 2001).

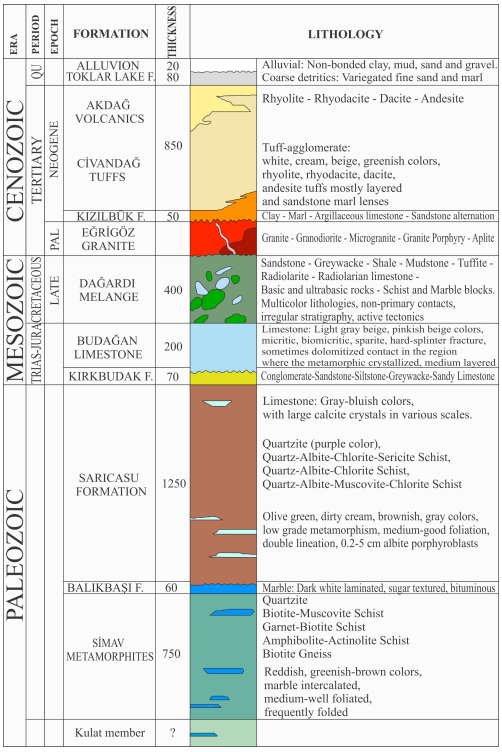


Figure 2. Stratigraphic column of study area (Modified from Gürbüz, 2007).

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Mineralogical, Petrographical and Geochemical Characteristics

In quartz and amethyst veins from the study area, brecciations, bending and opacification in biotites, sericitizations in plagioclases and young fine grained quartz fillers and veinlets in the pulp in quartz phenocrysts in the volcanic rocks near the vein clearly indicate that these rocks have been broken down by silicification and undergone the development of iron oxides and potassium (Fig. 3).

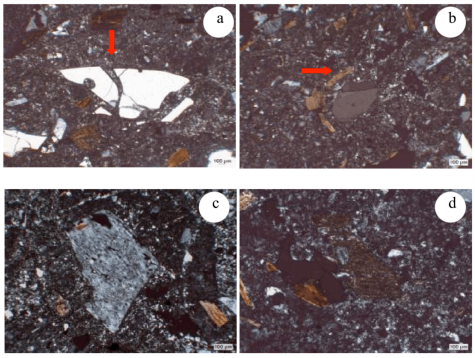


Figure 3. a- Fracture in quartz phenocrystalline, b- Bending in bitotites, c- Thin quartz veinlets, d- Quartz fillings.

Petrographically, rhyolite and rhyodacids are generally reddish and sometimes gray colored porphyritic rocks. The reddish color is caused by hematite and limonitization.

Geochemically, rhyolites which include amethyst veins contain higher K_2O, Rb, Ba, Cs, As, Sb and W than other rocks in the region. However, it contains lower CaO, MgO, Na_2O and Sr values. In addition Gürbüz (2007) suggested that the andesite,dacite and some of rhyolite samples are in the High Potassium Calc Alkaline rocks group.Being gap fill textures like substitution texture with the comb texture and banded texture in the amethyst veins indicates that the depth of the formation of these veins represents are an average of 500 m depth of the epithermal systems.

4.2 Amethyst Forming and Settlement Mechanism

Quartz minerals are observed at each stage of hydrothermal conditions. But; amethyst in crystal form (300-500ºC and very high pressure) and mesothermal (200-300ºC and high pressure) are thought to occur in the conditions (İçözü, 2001). The location of the amethyst in the region was due to hydrothermal solutions due to the Tertiary volcanism. In the final phase of the volcanism, the silicified solutions were crystallized in the cracks and cooling spaces of the main rock at different times and phases (İçözü, 2001). Amethyst formations are observed in cooling cavities, cracks and fractures of volcanic rocks. Crystals are generally adherent to rock.

Figure 4. Amethyst view on the field.

4.3 Gemological Experiments for Enhancing Amethyst Quality

In this study, the heating process was started at about 250°C to increase the gem quality of the amethysts and the mineral was controlled with a temperature increase at every 50°C until the optimum color was obtained. Each

of the samples were checked and photographed at 0.5, 1, 1.5, 2, 6, 12 and 24-hour intervals at 250, 300, 350, 400, 450, 500 and 550 ° C respectively, and their color changes were examined.

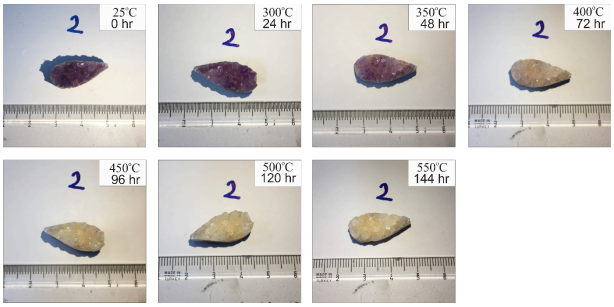


Figure 5. Example of the views of the amethyst sample.

According to color change scale, while number 1 shows the darkest purple, 2 shows light purple, 3 yellowish purple, 4 light yellow and 5 white, respectively (Table 1).

Table 1. The color change scale of studied samples with different temperatures.

Time (hour)	Color Scale						
	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C
0	1	1	1	1	1	1	1
0,5	1,5	1	1,5	1,5	2	4	4
1	1,5	1	1,75	1,5	3	4	4
2	1,5	1,5	1,75	2	3,5	4	4
4	2	1,5	2	2,5	3,75	4	4,5
6	2	1,5	2	3	4	4	4,5
12	2	1,5	2	3	4	4,5	4,5
24	3	2	3	4	4,5	4,5	4,5

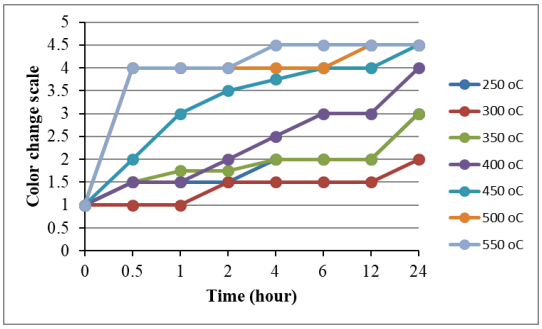


Figure 7. Color change scale diagram of amethysts based on time and temperature.

It was determined by color scale chart, produced by us, that the samples exposed to heat for a long time turned dark yellow citrine, while the samples exposed to high temperatures in a short time were determined to have a lighter yellow colored citrine directly (Table 2).

Table 2. The time-related color change scales of studied amethyst samples. Heating treatments started from different temperatures. Each color belongs to different samples.

Time (hour)	Color Scale						
	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C
24	3	2	3	4	4.5	4.5	4.5
48		3	2.5	3.5	4	4.5	4.5
72			3.5	4	3.75	4	4.5
96				4	4.5	4	4.5
120					4	4.5	4
144						4	4.5
168							4

Overall, marketable bright lilac color gem quality amethyst was designed by applying heat treatment of 350°C with 48th hour.

5 CONCLUSION

- The volcanic rocks in the study area are high-K calc-alkaline character, while the rhyolitic rocks in which amethyst veins are located show a shoshonitic character and contain higher K_2O, Rb, Ba, Cs, As, Sb and W than other rocks in the region.
- It is known that in the amethyst veins, there are gap filling textures. The depth of the formation of these veins represents an average of 500 meters depth of the epithermal systems, it indicates that.
- For the determination of gemological properties, it was determined by color scale chart, produced by us, that the samples exposed to heat for a long time turned dark yellow citrine, while the samples exposed to high temperatures in a short time were determined to have a lighter yellow colored citrine directly. Marketable bright lilac color gem quality amethyst was designed by applying heat treatment of 350°C with 48th hours.

REFERENCES

Gürbüz, M. (2007). Güğü (Dursunbey-Balıkesir) civarındaki ametistlerin oluşumunun incelenmesi (Doktora Tezi). Adana

İçözü, T. (2001). Some example displaying in the productivity of the Anatolian gemological potential (Doktora Tezi). İzmir

Akdeniz, N. ve Konak, K. (1979). Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi (Rapor No:6547). Ankara

Seeb Formasyonu'nun (K. Umman) Lütesiyen-Bartoniyen Yaşlı Geçiş Sekansı İri Bentik Foraminiferleri

The Larger Benthic Foraminifera from the Lutetian-Bartonian Transitional Sequence of the Seeb Formation (N. Oman)

S. Erbay, E. Özcan, A.O. Yücel
Istanbul Technical University, Department of Geological Engineering, Istanbul

ÖZET Orta Eosen yaşlı Seeb Formasyonu (Muskat, K. Umman) bol fosilli, yaklaşık 300 metre kalınlığında bir karbonat platformudur. Birim, nummulitid, alveolinid ve sadece üst seviyelerde mevcut orthophragminidlerden oluşan iri bentik foraminifer faunasınca zengin kireçtaşları tarafından temsil edilir. Bu bitirme tezinde, Seeb Formasyonunun üst 50 metrelik kısmı iri bentik foraminifera taksonomisi, biyostratigrafisi, paleoekolojisi ve paleobiyocoğrafyası açısından çalışılmıştır. Seeb Formasyonunun çalışılan 50 metrelik üst kısmındaki iri bentik foraminifer faunası, *Discocyclina discus*, *D. praeomphalus*, *Nummulites* gr. *perforatus*, *N. bullatus*, *N. discorbinus*, *N. ptukhiani*, *Assilina exponens*, *Alveolina* spp., *Operculina* sp, *Linderina* sp. tarafından temsil edilmektedir. Bunun yanı sıra, *Discocyclina discus* ve *D. praeomphalus*, Umman ve Arap Yarımadasında ilk defa tanımlanmıştır. Tanımlanan çoğu takson Batı Tetis bölgesinde yaygın olmasına rağmen, *D. praeomphalus* Hint-Pasifik faunasına ait bir türdür. Foraminifera topluluğu sığ bentik zonu (SBZ) 16/17'ya işaret eder ki bu durum da geç Lütesiyen ve Bartoniyen arası bir geçiş yaşını göstermektedir. Bir takım önemli iri bentik foraminifer grupları üzerinde biyometrik çalışma yapılmış ve belli başlı kavkı parametrelerinin detaylı tanımlamaları bitirme çalışması kapsamında verilmiştir.
Anahtar kelimeler: Seeb Formasyonu, Umman, Eosen, Biyometri, Taksonomi, Biyostratigrafi, Paleobiyocoğrafya

ABSTRACT The Middle Eocene Seeb Formation represents a thick (ca. 300 m), highly fossiliferous carbonate platform cropping out to the west of Muscat, north Oman. The unit is composed of limestone beds, dominated by larger benthic foraminifera (LBF), particularly nummulitids and alveolinids and abundant orthophragminids occurring only at uppermost levels. We have studied the upper 50 m of the formation for the taxonomy, biostratigraphy, paleoecology and paleobiogeography of the LBF. The LBF in the studied part of the Seeb Formation are represented by *Discocyclina discus*, *D. praeomphalus*, *Nummulites* gr. *perforatus*, *N. bullatus*, *N. discorbinus*, *N. ptukhiani*, *Assilina exponens*, *Alveolina* spp., *Operculina* sp, *Linderina* sp. Among these, *Discocyclina discus* and *D. praeomphalus*, are described for the first time from Oman and Arabian Peninsula. Most of these taxa are common in Western Tethyan province, though *D. praeomphalus* is an element of Indo-Pacific fauna. The assemblages of the foraminifera suggest shallow benthic zone 16/17 indicating a transitional age between the late Lutetian and Bartonian. A biometric study of some important groups was also carried out by studying the loose LBF specimens and a detailed description of some test parameters are given.
Keywords: Seeb Formation, Oman, Eocene, Biometry, Taxonomy, Biostratigraphy, Paleobiogeography.

1 INTRODUCTION

The larger benthic foraminifera (LBF) are important since they are widely used as indicators for describing and reconstructing the past geological events. The LBF constitute significantly on the carbonate production (Langer, 2008) and can be abundantly found on carbonate sediments.

1.1 Purpose and Content of the Study

In this graduation design project, the upper part of the Seeb Formation, which crops out mostly in the northern sector of Sultanate of Oman, is studied. Previously, the Seeb Formation was studied for its sedimentological aspects (Beavington-Penney et al. 2006), but not in a paleontological context. Without a paleontological investigation, exact dating, correlation and zonation of the section along with reconstructing the past environmental conditions would be impossible. The graduation design project focuses on the LBF content of the upper part of the Seeb Formation, which is dominated by LBF. Most of the formation is characterized by the occurrence of well-known Paleogene groups like nummulitids, alveolinids and rotaliids (Beavington-Penney et al. 2006). However, orthophragminids occur only at the upper most part of the studied section.

1.2 Location

The studied Seeb Formation crops out mostly on the central and northern Oman mountains on the Batinah Coast. The Batinah Coast is located on the Persian Gulf shore of Oman in the north-eastern part. Samples were taken from Wadi Al Khoud near Muscat (Fig. 1).

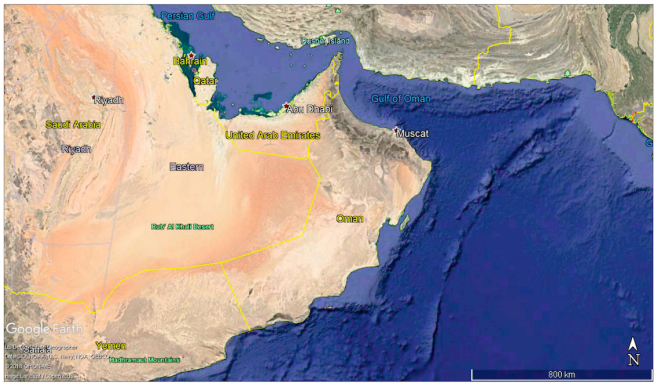


Figure 1. Location of Al Khoud.

2 GEOLOGICAL SETTING

The Oman mountains are located on the southern continental margin of the Neo-Tethyan Ocean. Six major rock sequences can be observed in the region Mountains; a) basement rocks which comprises granites, gneiss and metamorphosed carbonate sediments along with some meta-volcanic rocks, which were folded during the pre-Mid Permian orogeny, b) shallow marine carbonates deposited during Mid-Permian - Late Cretaceous interval, c) the Sumeini Group, d) the Hawasina Complex, e) Semail Ophiolites, and f) post-obduction shallow marine carbonates which were deposited in Maastrichtian- Eocene time interval (Glennie et al. 1974).

3. DESCRIPTION OF THE WADI AL KHOUD SECTION

Seeb Formation in Wadi Al Khoud is represented by limestone beds dominated by larger benthic foraminifera (LBF). LBF assemblage of this upper part of the formation is composed of nummulitids, orthophragminids and rarely alveolinids. It is important to note that the LBF content of this upper part differs from the whole formation since the orthophragminids only appear at the upper part. Vegetation is low and almost absent in much of the Wadi Al Khod and the limestone beds are in yellowish colour in Wadi Al Khoud section. The Limestone beds are dipping in the north direction. Samples were taken from total of 14 points.

4. LARGER BENTHIC FORAMINIFERA AND THEIR SYSTEMATICS

4.1. Orthophragminids

In this graduation project, biometry of orthophragminids were measured by the terminology proposed by Less (1987, 1998). Parameters are listed below;

- P1 and D1: Diameter of proloculus and deuteroconch, measured from the common axis of both (in microns).
- A: Number of adauxiliary chamberlets.
- N 0.5: Number of annuli within the 500 µm measured from radially outwards, along the axis of embryon (in microns).
- H and W: Height and width of adauxiliary chamberlets (in microns).
- h and w: Height and width of the equatorial chamberlets measured from the periphery of equatorial plane (in microns).

Orthophragminids from the upper section of the Seeb Formation display low-diversity assemblages consisting of only two species

of genus *Discocyclina*. These taxa are represented by saddle shaped *Discocyclina discus* (Rütimeyer, 1850) (Fig. 2) and *Discocyclina praeomphalus* Samanta & Lahiri, 1985 (Fig. 2). *D. discus* is more common, identified in most of the studied samples, whereas only 2 specimens of *D. praeomphalus* occur in one sample.

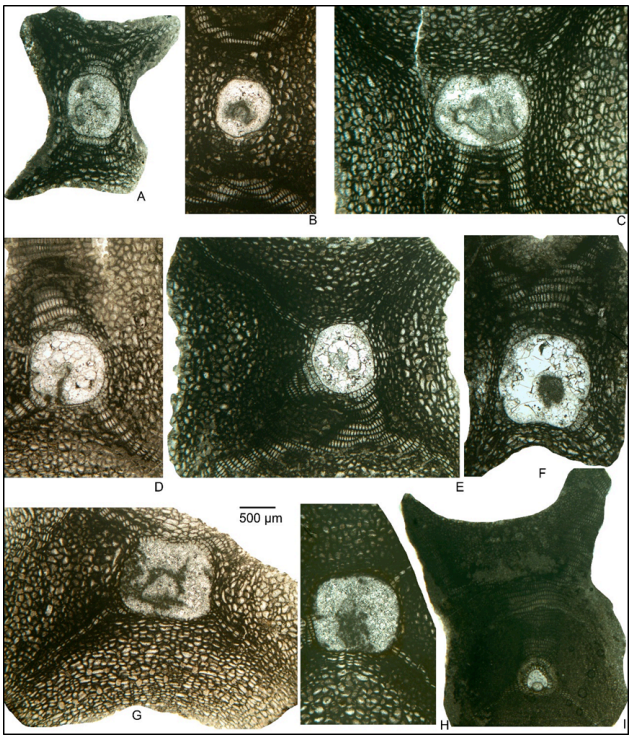


Figure 2. Equatorial esctions of megalospheric orthophragminids from the upper part of Seeb Formation.

4.2. Nummulitids

In this graduation thesis, total of 8 parameters (Fig. 3) were measured on the species discrimination of genus *Nummulites*.

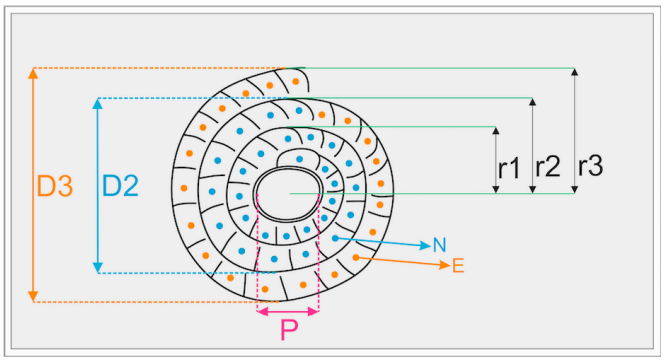


Figure 3. Biometry of *Nummulites*.

We have identified the following nummulitids; *Nummulites* group *perforatus* (de Montfort, 1808), *Nummulites discorbinus* (Schlotheim, 1820), *Nummulites bullatus*, and *Nummulites ptukhiani* according to the morphology of the specimens and the biometry carried on them (Table 1).

	Average diameter of proloculus (P) (µm)			
	N. perforatus	*N. discorbinus*	*N. bullatus*	*N. ptukhiani*
SE2	830	210	-	-
SE4	820	225	100	486,67
SE5	710	-	-	-
SE6	620	-	-	-
SE7	820	300	116,67	571
SE8	-	-	-	500
SE9	755	260	86	600,38
SE10	800	-	-	-
SE11	685	-	-	-
SE12	715	-	-	-

Table 1. Average proloculus diameters (in microns) of *Nummulites* gr. *perforatus, Nummulites discorbinus*, *Nummulites bullatus* and *Nummulites ptukhiani*.

5. RESULTS AND INTERPRETATION

- Existence of some key species as *Nummulites* gr. *perforatus*, *Nummulites bullatus* indicates a late Lutetian-basal Bartonian age corresponding to shallow benthic zones (SBZ) 16/17. According to this, assisting a transitional age to the upper part of the Seeb Formation between Lutetian to Bartonian is possible.

- In this graduation thesis, *Discocyclina praeomphalus* and *Discocyclina discus* are recorded for the first time in Oman. According to Ali et al. *D. praeomphalus* is endemic to Indian subcontinent (2018). By recording *D. praeomphalus* in Oman, its geographical range extends towards the west. On the other hand, D. discus is much more common in both Western Tethys and Indo-Pacific provinces (Fig. 4).

- Morphological traits of orthophragminids suggest that only the saddle-shaped test of *D. discus discus* and *D. praeomphalus* was able to prevail in an environment mainly composed of nummulitids.

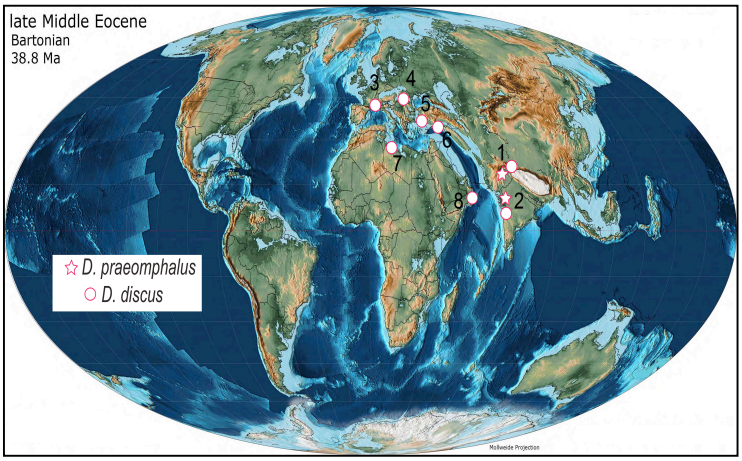


Figure 4. Paleobiogeography of *Discocyclina discus*. and *D. praeomphalus*.

6. CONCLUSION

In this graduation thesis, *Discocyclina discus*, *D. praeomphalus*, *Nummulites* gr. *perforatus*, *N. bullatus*, *N. discorbinus*, *N. ptukhiani*, *Assilina exponens*, *Alveolina* spp., *Operculina* sp, *Linderina* sp are recorded from the upper part of the Seeb Formation. Among these *D. discus* and *D. praeomphalus* are recorded for the first time in Arabian Peninsula. Therefore, the geological range of those taxa is expanded. Age of the studied upper part of the Seeb Formation is concluded to be corresponding to SBZ 16/17 which represents a transitional age between the Lutetian and Bartonian. According to the biometrical studies carried on the orthophragminid population of studied upper part of the Seeb Formation, orthophragminids showed low-diversity where they represented only by two species. Among those two species, *D. discus discus* is recorded from nearly all the levels whereas *D. praeomphalus* is only recorded from one level.

REFERENCES

Ali N., Özcan E., Yücel A. O., Hanif M., Hashmi S. I., Ullah F., Rizwan M. & Pignatti J., 2018. Bartonian orthophragminidswith new endemic species from the Pirkoh and Drazinda formations in the Sulaiman Range, Indus Basin, Pakistan, *Geodinamica Acta, 30:1*, 31-62.

Beavington-Penney, S. J., Wright, V. P., & Racey, A., 2006. The Middle Eocene Seeb Formation of Oman: an investigation of acyclicity, stratigraphic completeness, and accumulation rates in shallow marine carbonate setting. *Journal of Sedimentary Research,* 76, 1137–1161.

Drobne, K., 1977. Alvéolines paléogenes de la Slovénie et de l'Istrie, *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, 99*, 1–175.

Glennie, K. W., Boeuf, M. G., Hughes-Clarke, M. H. W., Moody-Stuart, M., Pilaar,W. F. & Reinhardt, B. 1974. Geology of the Oman Mountains. *Verhandelingen Koninklijk, The Nederlands, Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap no. 31.*

Langer M. R., 2008 Assessing the contribution of foraminiferan protists to global ocean carbonate production. *J Eukaryot Microbiol, 55(3):*163-9.

Less, Gy., 1987. Paleontology and stratigraphy of the European Orthophragminae. *Geologica Hungarica Series Palaeontologica, 51*, 1–373.

Less, Gy., 1998a Zonation of the Mediterranean Upper Paleocene and Eocene by Orthophragminae. *Opera Dela Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti (4)*, 34(2), 21–43.

Schaub, H.,1981. Nummulites et Assilines de la Tethys Paléogène. Taxonomie, phylogénèse et biostratigraphie. *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen*, 104–106, 1–236 + Atlas I–II.

Scheibner et al. 2005 Larger foraminiferal turnover during the Paleocene/Eocene Thermal Maximum and paleoclimatic control on the evolution of platform ecosystems, *Geology 33(6):*493-496

Serra-Kiel, J., Hottinger, L., Caus, E., Drobne, K., Ferrández, C., Jauhri, A. K., … Zakrevskaya, E., 1998. Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene. *Bulletin de la Societé géologique de France, 169*, 281–299.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yardımları dokunan hocalarım Ercan Özcan ve Ali Osman Yücel olmak üzere, aileme ve dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bolu – Gerede' nin Güney'inde Bulunan Bazaltik, Andezitik Kayaçların Jeokimyasal, Petrografik, Fiziksel ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

Investigatıon of The Geochemical, Petrographic, Physical and Physical-Mechanical Properties of Basaltic, Andesitic Rocks In The South of Bolu – Gerede

A.İ. Dabbağoğlu, G.D. Altunöz, M. Kumral
İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Bitirme Tasarım Projesi kapsamında Bolu'nun Gerede ilçesinin güneydoğusunda bulunan 12 km^2'lik alanın jeolojisi araştırılmış ve özellikle volkanik birimler gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar neticesinde çalışma alanının 1/25000'lik jeoloji haritası yapılmış, bölgenin stratigrafik kesiti yorumlanmıştır. Bölgemizde bulunan başlıca birimler Soğukçam Formasyonu, Hançili Formasyonu, Kirazdağı volkanitleri, Ilıcadere volkaniti, Özlü bazaltıdır. Bitirme Çalışmasının asıl konusu ise Köroğlu grubu içinde yer alan trakitik bazaltların petrografisi ve jeokimyasal açıdan araştırılmasıdır. Bu amaçla, Miyosen yaşlı volkanik kayaların çalışma alanındaki dağılımı belirlenmiş, araziden alınan örneklerin ince kesiti incelenmiş, XRF cihazında jeokimyasal analizi yapılmıştır. Bu bilgiler göz önüne alınarak kayaçların bileşimi araştırılmış ve sınıflandırılmalar yapılmıştır. Buna ek olarak, bu kayaların yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Konu kapsamda bölgede bulunan bazaltların fiziksel ve fiziko-mekanik özellikleri ortaya konmuştur. Trakitik bazaltların bulunduğu alanın rezerv hesabı yapılmış, çalışma alanı modellenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Gerede, Bazalt, Jeoloji

ABSTRACT In undergraduation design Project for İstanbul Technical University, Mining Faculty, Geological Engineering Department, geological properties of the 12 km^2 area in the southeast of Gerede (Bolu) has been investigated and volcanic units have been observed. As a result of these studies, 1/25000 scale geological map of the region have been prepared, and the stratigraphic section of the region was interpreted. The main rock units in the region are Soğukçam Formation, Hançili Formation, Kirazdağı Volcanite, Ilıcadere Volcanite, Özlü Basalt. The main subject of the graduation study is the petrography and geochemical investigation of trachytic basalts in the Köroğlu group. For this purpose, the distribution of Miocene volcanic rocks in the study area was determined. The thin section of the samples taken from the region was investigated and geochemically analyzed by using XRF. Based on

this information, the composition of the rocks was investigated and classifications were made. In addition, the usability of these rocks as structure and cladding stones was investigated. The physical and physico-mechanical properties of the basalts in the region were revealed. The reserve area of the trachic basalts was calculated and the study area was modelled.
Keywords: Gerede, Basalt, Geology

1. STRATİGRAFİ

Genelleştirilmiş kesitte, çalışma alanının tabanını Absiyen yaşlı yarı plajik çörtlü kireçtaşından oluşan Soğukçam Formasyonu oluşturur. Üzerini, killi kireçtaşı kumtası, silttası, kireçtaşı ardalanmalarından oluşan Orta Miyosen yaşlı Hançili Formasyonu ve Uludere piroklastikleri ve volkanitleri uyumsuz olarak örter. Uludere piroklastiklerinin tabanına yakın yerlerde Uludere piroklastiklerinin içinde gözlenen Alt Miyosen yaşlı Karasivri volanitleri vardır. Andezit ve piroklastiklerden oluşan Kirazdağı volkaniti Uludere piroklastikleri içinde Karasivri volkanitlerinin üstünde bulunur ve yaşı Alt Miyosendir. Bazaltik andezitik lavları içeren Orta Miyosen yaşlı Ilıcadere volkaniti yine piroklastiklerinin içinde Kirazdağı volkanitlerinin üzerinde Hançili Formasyonu içinde akmış olarak yer alır. Bunların üzerine bazaltlardan oluşan Alt Pliyosen yaşlı Özlü bazaltı gelir(Türkecan ve diğ, 1991; Sevin ve Aksay, 2002).

1.1.Soğukçam Formasyonu

Soğukçam Formasyonu çalışma alanında Gerede'nin doğu ve güneydoğusunda yayılım gösterir. Yamaç-havza ortamında çökelen birimin kalınlığı yaklaşık 350 metredir(Sevin ve Aksay, 2002).

Genellikle kirli beyaz, pembemsi renli yarı peljik kireçtaşından oluşur. Bölgede yer alan kireçtaşları mikritiktir ve çört içerir. İncelenen ince kesitlerde herhangi bir fosile rasatlanmamıştır. Kısmen demiroksit getirimleri vardır. Kuvars taneleri gözlemlenmiştir. Kayacı boydan boya kesen çatlaklar vardır. Bu çatlaklar daha iri taneli rekristalize kalsitlerle doldurulmuştur. İkizlenme belirgindir.

1.2 Hançili Formasyonu

Kendinden yaşlı Formasyonların üzerine uyumsuz olarak gelmiş olup Uludere piroklastikleri ile yanal yönde, Alt-Orta Miyosen yaşlı Kirazdağı volkanitleri ve Ilıcadere volkanitleri ile giriktir. Yaşı Alt Miyosen olup gölsel ortamda çökelmiştir (Türkecan ve diğ, 1991). Çalışma alanında ise Hançili Formasyonu'nun sadece kumtaşı seviyesine rastlanmıştır. Kumtaşları sarımsı boz renkli az tutturulmuştur.

1.3 Kirazdağı Volkanitleri

Birim çalışma alanında Gerede'nin batısında bulunur. Kirazdağı volkaniti siyah ve gri renkli lavlardan oluşmuştur.

İnce kesitlerin incelenmesi sonucu dokusunun hemikristalen porfirik olduğu; plajiyoklas, amfibol fenokristalleri ve az miktarda piroksen ve opak mineral içerdiği gözlenmiştir. Özşekilli olan plajiyoklasların sönme açıları genel olarak 47 ve 51 derece arasında olup

oligoklas, andezindir. Polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklaslarda zonlanma belirgindir. Bazı örneklerde feldispatların kümelendiği glomera porifirik doku gözlemlenmiştir. Çatlaklıdır ve çatlaklar silisle doldurulmuştur. Hamur, volkanik cam, plajiyoklas mikrolitlerinden oluşur. Amfiboller yarı özşekilli-özşekilsizdir. Andezit oluşumu sırasında başka bir kayacın parçası olan anklav görülmüştür. Kayacın bileşiminde bulunan ferromagnezyen minerallerden olan hornblendler altere olmuştur. Bu yüzden, kayaç yoğun biçimde opak mineral içerir. Klinopiroksen kayaçta nadir bulunur.

1.4. Ilıcadere Volkaniti

Gri, siyah, renklerde, masif bloklu görülen lavlar, bazalt ve bazaltik andezit türündedir. Ilıcadere volkanitleri inceleme alanında Gerede ilçesinin güney ve güneydoğusunda yer almaktadır.
Bölgede bulunan andezitik bazaltlar incelendiğinde, genel olarak hemikristalen porfirik ve hyalopilitik doku görülür. Hamuru genellikle mikrolitler halindedir. Fenokristal olarak plajiyoklas ve piroksen gözlemlenir. Plajiyoklaslar özşekilli olup bazıları deformedir bu deformasyondan ötürü kırıklanmıştır ve dalgalı sönme gösterir plajiyoklas türü sönme açılarına göre labrador ve andezindir. Özşekilsiz, kalıntı mafik minerallar içerdiği görülmüştür. Plajiyoklaslarda killeşme görülmüştür. Bunun dışında yer yer kloritleşmeler gözlemlenmiştir. Genel olarak piroksen ve olivin mineralinin kenar ve kırıkları boyunca demirin açığa çıkmasıyla oluşan iddingsitleşme gözlemlenmiştir. Kloritleşme sonucu magnezyum ve demir getirimi olmuştur. %20 civarinda demiroksit vardır. Bu yüzden açık ortamda paslanmaya müsaittir. Amfiboller verev dilinimli ve özşekillidir. Bol miktarda opak mineral gözlemlenmiştir. Az miktarda alkalı feldispat olan sanidin görülmüştür (Şekil 13.). İkincil silisleşme görülmüştür. Silisleşme birimin boşluk ve kırıkların silisle doldurulmasıyla oluşmuştur. Bazı minerallerin çeperinde siyah renkli ve manyetit + piroksen şeklinde opasitleşme görülmüştür

1.5. Özlü Bazaltı

Özlü bazaltlarının renkleri koyu siyah-gridir, sert ve parlak kırılma yüzeyi bulunur. Çalışma bölgesi genel olarak dikkat alındığında, aşınma sonucu sadece tepelerde ve yüksek yerlerde gözlenmektedir. Arazide genellikle kafa vermiş bir şekilde karşılaşılmıştır.

İnce kesitler incelendiğinde çalışma alanında bulunan bazaltların %40-42 arasında plajiyoklas mikroltitleri, %20-25 arasında klinopiroksen, %18-20 arası olivin, %4-5 arası plajiyoklas fenokristalleri, %3-5 ortopiroksen, %4'ten az kalsit, %4'ten az opak mineral (hematit, manyetit vs) içeren genellikle porfirik dokuya sahiptir. Fenokristal plajiyoklaslarda polisentetik ikizlenme belirgindir ve bazı plajiyoklaslar zonludur. Plajiyoklasların sönme açıları 29-37 derece ölçülmüş ve Michel-Levy methoduna göre plajiyoklasın türü labrador ve bitovnittir. Yer yer hamur içindeki mikritikler belirli bir

yönlenme göstermişlerdir. Kayaç bileşiminde fenokristal halde bulunan piroksen minerallerin çoğu yüksek sönme açısı gösteren klinopiroksenlerdir. Gaz boşlukları, kırıklar çatlaklar silis ile doldurulmuştur. Kesitte gözlenen boşluklar hızlı soğuduğunun göstergesidir. Yer yer bazı olivinlerin iddingsitleştiği görülmüştür. Özellike tane kenarlarında yoğunlaşan demiroksit getirimi yoğundur. Kloritleşme yaygındır. Amigdaloidal veya vesiküler bir doku izlenmemiştir, bu yüzden bazaltların karasal olduğu yorumu yapılabilir. Arazide de herhangi bir yastık yapısını göstermemesi karasal olduğunu destekler.

2. JEOKİMYA

Çalışma alanından alınan örnekler, İTÜ jeokimya Analiz Laboratuarında analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar TAS, Harker, AFM ve K_2O-SiO_2 diyagramları üzerine düşürülmüştür. Jeokimyasal incelemeler sonucunda, bazaltların trakitik bazalt ve yüksek kalk-alkali olduğu belirlenmiştir. XRF sonuçları TAS diyagramına yerleştirildiğinde dasit çıkan örnekler incelendiğinde, kırık ve çatlaklara silis getirimi ile silis miktarının fazla çıktığı yorumu yapılmıştır. İkincil silisleşmeden kaynaklı silis miktarı fazla çıkan bazaltlar ise alkalidir. Aynı sahadan gelen örneklerde, kalk alkaliden alkaliye doğru geçiş, bölgede bir açılma olduğu ve manto malzemesinin geldiği şeklinde yorumlanmıştır. Benzer kayalarda dar LOI aralığı, yüksek SiO_2 miktarı ve düşük CaO oranı düşünüldüğünde bazaltların altere olmadığı sonucu çıkarılmıştır. XRF sonuçları incelendiğinde Fe_2O_3, MgO, TiO_2, CaO, değerleri SiO_2 artarken azalması franksiyonel kristallenmeyi göstermektedir.

3. FİZİKSEL VE FİZİKO-MEKANİK ÖZELİİKLER

Çalışma alanında bulunan trakitik bazaltların yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliği araştırılması amacıyla fiziksel ve fiziko-mekanik deneyler yapılmıştır. Basınç direnci 196 MPa olarak hesaplanmış olup, yüksek dirençlidir. Los Angelas deneyi sonucunun %15,4 olup bu oran yapıtaşı kullanımına uygundur. Parlatılabilirliği, sertliği, düşük porozitesi ve yüksek kuru birim hacim ağırlığı yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliğini desteklemektedir. Dayanım potansiyeli incelendiğinde bölgedeki bazaltlar agrega olarak kullanıma ve beton üretimine uygundur.

MODELLEME VE REZERV

Gerede'nin güneydoğusunda kalan çalışma bölgesi ArcGis programı kullanılarak jeoloji ve topografya haritaları hazırlanmıştır. Coral programı kullanılarak bölgenin modellemesi yapılmıştır.

Bölgede sondaj yapılmadığı için, stratigrafik kalınlık ve alçak kotun 1300 m olduğu varsayılarak hesaplanan kalınlık değerleri için iki farklı rezerv hesabı yapılmıştır.

Yapılan hesaplamaya göre sahada rezerv yeterlidir.

TEŞEKKÜR

Lisans Bitirme Tasarım Projesi'nde konu seçiminde ve daha sonraki tüm aşamalarda bize yardımcı olan danışmanımız Doç. Dr. Mustafa KUMRAL' a, petrografik incelemeler esnasında bize destek olan Doç.Dr. Şenel Özdamar'a sonsuz teşekkür ederiz. Jeokimyasal analizler esnasında bize yardımcı olan Ar. Gör. Ali Tuğcan ÜNLÜER, Ar. Gör. Hüseyin Kocatürk, Ar. Gör. Mustafa Kaya, Ömer Taş'a ve ayrıca Jeokimyasal Analiz Laboratuvarı ve Jeomekanik Laboratuvarı teknisyenlerine teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Sevin, M., Aksay, A., 2002, Bolu-G 28 Paftası 1:100 000 Ölçekli Jeoloji Haritası. Mta Raporları, Rap. No: 35, S. 25.

Türkecan, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Sevin, M., Özgür, İ. B., Bedi, Y., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G., Ve Karataş, S., 1991. Bolu-Çankırı (Köroğlu Dağları) Arasındaki Neojen Yaşlı Volkanitlerin Stratigrafisi Ve Petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 6, Ss. 85-103.

Adapazarı Ovasın'ndaki Çökmenin InSAR Tekniği ile Haritalandırılması

Investigation of Subsidence in the Adapazari Plain, Sakarya, Turkey, Using Ascending and Descending Sentinel-1 Satellite Data

Z.Çakır, C.M.Tanış, Y.H.Mulyadi
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Belirli bir bölgedeki yüzey deformasyonunu değerlendirmek için kullanılabilen Interferometrik Sentetik Açıklıklı Radar (InSAR) tekniğinin etkili bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır. InSAR verileriyle hazırlanan zaman serisi analizleri, muhtemel çökme ve toprak kayması alanlarının haritalanmasının ayrılmaz bir parçasıdır. Bu bitirme tezi çalışmasında çalışılan alanda olması muhtemel yüzey deformasyonların incelenmesi için, 2014 – 2017 yılları arasına ait, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) 'ndan alınan InSAR verileri ve Devlet Su İşleri (DSI)'nden alınan kuyu verileri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın devamında deformasyonun mekanizması ve haritalandırılmadaki metotlar ayrıntılı bir şekilde açıklanmış, ve bölgenin jeolojisi hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

ABSTRACT In a general sense of geohazard mitigation, the Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) has been proven to be an effective method to evaluate surface deformation in a certain area. It's time series analysis could become the integral part to map a region that vulnerable to land subsidence and landslide phenomena. In this research, we estimated those previously mentioned geological occurrence in the region of Adapazarı, Sakarya, while comparing InSAR datasets from European Space Agency (ESA) and well hydraulic head level obtained from local state hydraulic works (DSI) in a specific timeline between 2014 to 2017. The theory of the methods used and mechanisms of the related geological occurrence itself will also be included in regards of the regional and local geological conditions in order to make an assessment of subsidence rate and distribution range in Adapazari region as they are crucial elements of both sustainable urban planning and geohazard mitigation.

Keywords: InSAR,subsidence,GMT.

1 INTRODUCTION

1.1 Groundwater-related subsidence

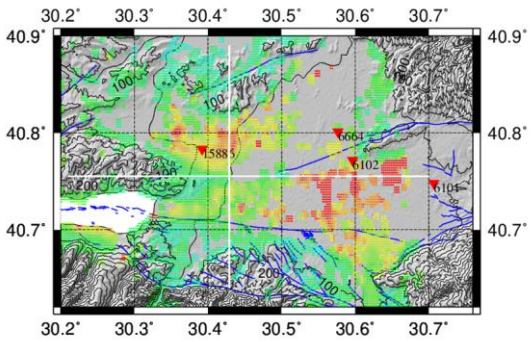


Figure 1. Vertical mean velocity map of the studied area. The warm colors represent the lad subsidence relative to the reference point.

Expeditious socio-economic movements combined with booming populations in the present day world has bring challenges of their own. With regards of massive population shift, heavily populated urban area has the urgent need to be sustainable in many ways, especially concerning the natural disaster management. The word geohazard may have a broad context, but in respect of similarity, numerous municipalities across the globe is facing the similar problem; a threat of land subsidence in their urban area. While there are many possible causes to the event, United States Geological Survey (USGS) stated than the main problem is the excessive pumping of groundwater of which can cause

compaction of the aquifer or worst case scenario, an extreme land subsidence.

1.2 Aims and Methodology

The main objective of this thesis is to compare the InSAR datasets and well hydraulic head level data in Adapazarı region in order to analyse which area would be prone to land subsidence in regards of the relationship between that specific obtained data before. Without eliminating importance of the cause in the first place, we hoped to map the subsidence in the area so that it could lead to a proper solution. Among InSAR techniques, persistent scatterers InSAR (PS-InSAR) was developed to tackle limitations related to temporal and geometrical decorrelation and atmospheric effects. It enables monitoring the temporal evolution of the ground motion by exploiting multiple SAR images acquired over the same area.

1.3 Previous Studies

InSAR as their primary methods (Fakhri et al., 2014, Chang et al., 2012; Capes, 2017; Riedmann et al., 2016) Specific to subsidence related to groundwater, many studies in a similar case as this research had also been studied (Amelung et al., 1999; Chaussard et al., 2014; Senturk et al., 2016; Çakır et al., 2018), suggesting that the problem itself could be settled using assortments of InSAR method. According to these previous researches, it can be concluded that interferometric synthetic aperture radar (InSAR) approach is preferred when dealing with potential geo-hazards and mapping geo-related disasters, including earthquakes, landslides, and land subsidence, triggered by natural forces and/or human activities.

2 BACKGROUND OF THE STUDY AREA

2.1 Regional Geology of Turkey

Most of Turkey lies on the Anatolian plate, a small wedge-shaped tectonic plate. To the east, the East Anatolian Fault which is a left lateral transform fault, forms a boundary with the Arabian Plate. To the south and southwest, there is a convergent boundary with the African Plate. And the northern edge is a transform boundary with the Eurasian Plate which forms the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). The Anatolian Plate is being squeezed by the Arabian Plate from the east and forced toward the west as the Eurasian Plate to its north is blocking motion in that direction (Fig.1.1). As a result of this plate tectonics configuration, Turkey is one of the world's more active earthquake regions.

2.1.1 Morphology

Nearly 85% of the land is at an elevation of at least 450 meters; the median altitude of the country is 1,128 meters. In Asiatic Turkey, flat or gently sloping land is rare and largely confined to the deltas of the Kızıl River, the coastal plains of Antalya and Adana, and the valley floors of the Gediz River and the Büyük Menderes River, and some interior high plains in Anatolia, mainly around Tuz Gölü (Salt Lake) and Konya Ovası (Konya Basin). Moderately sloping terrain is limited almost entirely outside Thrace to the hills of the Arabian Platform along the border with Syria.

2.1.2 Tectonic Evolution

Turkey consists of several continental fragments which were joined together into a single landmass in the late Tertiary. During most of the Phanerozoic these continental fragments, called terranes, were separated by oceans, whose relicts - ophiolites and accretionary prisms – are widely distributed throughout the Anatolia. The three terranes in the northern Turkey, the Strandja, İstanbul and Sakarya, are collectively called as the Pontides. These Pontic terranes show Laurasian affinities, and were only slightly affected by the Alpide orogeny; they preserve evidence for Variscan and Cimmeride orogenies. The Pontic terranes were amalgamated into a single terrane by the mid Cretaceous times. The Anatolide-Tauride terrane south of the Pontides shows Gondwana affinities but was separated from Gondwana in the Triassic and formed an extensive carbonate platform during the Mesozoic. The Anatolide-Tauride terrane was intensely deformed and partly metamorphosed during the Alpide orogeny; this leads to the subdivision of the

Anatolides- Taurides into several zones on the basis of the type and age of metamorphism.

2.2 Local Geology of Adapazarı

The study area focused on Adapazari region which is home to approximately 270,000 people with active agricultural, business and industrial activities. Adapazarı is located in north east of the Marmara region and is surrounded by Bolu Mountain in the east, by Black Sea in the north, by Bilecik and Kocaeli cities on the south and west respectively. Adapazari is placed on a sedimentary basin called as Adapazari basin which is former lake bed (Plio-Pleistocene) with thick sediments of clay. Plain was formed by sediments which are carried by two rivers called as Sakarya and Çark rivers. Sakarya river is the one of the most biggest river in turkey flows west side of Adapazarı plain and Cark river flows east side of the plain. Adapazari basin mainly made of Quternary alluvial deposits concisting mostly silt and fine sands.

3 DATASETS AND METHODOLOGY

3.1 InSAR Datasets

From the European Space Agency (ESA), 275 ascending and descending C-band sentinel 1 A/B TOPS images were taken and used to make an assessment of subsidence rate and distribution range in Adapazari basin. During this study, we use two short temporal sampling datasets which are T138 ans T160. Tracks are covering all the area which is mapped. Descending Track138 and ascending T160 provided images between 8 November 2014 and 4 December 2017 time interval. From November 2014 to April 2016 repeat cycle of Sentinel-1A was 12 days, while Sentinel-1B was launched in April 2016 repeat cycle reached to 6 days with satellite constellation.

3.2 Well Data

Piezometric measurements performed every april and september in a year from 2010 to 2017 to examine ground water level pressure head variations on 4 different well (#15886, #6664, #6102,# 6101) in Adapazarı region. Data taken from wells whose locations are shown in the figure were compared with results obtained from InSAR time series. Correlation between water level in the aquifer and land subsidence is demonstrated

3.3 Methodology

Measuring Earth's surface changes with radar interferometry applications has been used since early 1990's [Massonet,1998]. Technique which is called as SAR interferometry (InSAR) provides obtained data from the Earth's surface by using the phase of SAR signal. With repeated observations, position of any point on the Earth surface can be remodeled from the phase difference between the signals reaching at the antenna. Basically positions of the antenna during repeated observations and difference of path distances cause the phase difference. Using the interference pattern developed by the paths, position and altitude of target point can be derived from path difference only if the exact positions of the antenna are known. ERS-1 and ERS-2 satellites are having 35 days cycle of orbits around Earths and after 35 days visit the same area again.

3.3.1 PS-InSAR Processing

Repeat – pass satellite SAR interferometry (InSAR) is a tool for digital elevation models (DEM) generation and analyses of ground deformation on large areas. PS-Insar technique is based on the phase difference of SAR images obtained at various time and baselines. Measuring time – dependent ground deformation in large-coverage surfaces with time series analyses affords meter resolutions for DEMs and centimeter resolution for terrains. PS-Insar technique involves limitations based on satellite-scatterer relative position, possible temporal changes of the target, and atmospheric inhomogeneties (Ferretti). In our research, all sentinel interferograms were generated based on a single master network for Permanent Scatterer InSAR (PS-InSAR). The master images for each track (red dots on figure) has choosen by minimizing the spatial and temporal baseline. And both master images have been chosen from same month to ensure consistency. Software package StaMPS were used to process single master

stacks interferograms. StaMPS provide s both amplitude and phase information of points by taking into account the statistical relationship between amplitude and phase stability.

3.3.2 GMTSAR

All interferograms were produced by UNIX tools which are free, public domain collection InSAR processing system called Generic Mapping Tools Synthetic Aperture Radar (GMTSAR). GMT provides to manipulate 2-D and 3-D data, and generate Postscript illustrations, such as diagrams, contour maps, color images, shaded-relief maps with various projections etc. (Wessel and Smith, 1998). GMT was written in C programming language and run on any UNIX computer. The software works with three composing: one is preprocessed radar data (ERS, ALOS) with orbital information; InSAR processor which will focus and coordinate the images, map topograph, and create composite interferogram; and postprocessor. GMT creates overlay for Google Earth.

4 RESULTS

4.1 InSAR Derived Land Subsidence Map

Mean line-of-sight (LOS) velocity fields were calculate from a PS-InSAR time series on Adapazari Basin (Figure 4.1.). Referencing the velocity fields in time series analysis was made by using the mean phase values for both tracks 138 and 160. Motion of the ground toward the satellite which are negative velocities showed with cold colors, away from the satellite which are positive velocities showed with the warm colors. In consideration the geometry of ascending and descending satellite data, displacements which are seen in the maps are consistent with the right-lateral sense of slip of the North Anatolian Fault. The velocity fields of both tracks (ascending and descending) show mostly vertical deformation with negligible horizontal and atmospheric effects. Deformation on the ground interpreted as subsidence on the center of the Adapazari and southeast of the region. An inter-comparison of the line of sight displacement rates operated with the purpose of obtaining the consistency between ascending and descending orbits.

ACKNOWLEDGMENTS

First of all, we would like to express our deepest thanks to our supervisor Prof. Dr. Ziyadin Çakır and various other professors in Istanbul Technical University for the necessary guidance that had pointed us to the right direction in achieving our goals.

REFERENCES

Amelung F., Galloway D. L., Bell J. W., Zebker H. A., Laczniak R. J., 1999. Sensing the ups and downs of Las Vegas: InSAR reveals structural control of land subsidence and aquifer-system deformation, *Geology 27(6)*, 483-486

Aslan G., Cakır Z., Semih E., Cécile L., François R., 2018. Analysis of Secular Ground Motions in Istanbul from a Long-Term InSAR Time-Series (1992–2017), *Remote Sens. 2018*, 10, 408

Chang, W. Y., Wang, C.T., Chu, C.Y., Jyun, R.K., 2012. Mapping Geo-Hazard by Satellite Radar Interferometry, *Proceedings of the IEEE*, 100, 2835.

Massonnet D., Feigl K. L., 1998. Radar Interferometry and its Application to Changes in the Earth's Surface, *Reviews of Geophysics*, 36, 4.

İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Trakya Formasyonuna ait Kayaçların Süreksizlik ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

Research of Discontinuity and Physicomechanical Properties of Trakya Formation Rocks of ITU Ayazaga Campus

E. Erdogan, E. Bozkurtoglu

Istanbul Technical University Mining Faculty Geological Engineering

ABSTRACT

Lithological and structural features of the field were revealed in the geological researches that was conducted in ITU Ayazaga Campus area. Then, In the study conducted in the ITU Ayazaga campus, the strike-dip of the layer were measured at the outcrops of the greywacke. Then, the minimum and maximum spacing and aperture measurements of the discontinuities of the parallel to the strike of the layer (JN1) and parallel to the dip direction (JN2) were made. Physical properties and point load values were determined with rock samples taken from each point. Media relations are interpreted statistically in relation to discontinuity, point load, and physical property. Discontinuity-physical properties, estimated uniaxial strength-physical properties were investigated and media behaviour was tried to be explained in the control of discontinuities. Some equations about discontinuity - physical, physical - estimated compressive strength have been proposed as a result of researches conducted. A researcher working in any part of the Trakya formation will be able to calculate the unit volume weight and compressive strength easily by using the proposed equations without having to make the experiment after measuring the layer strike. Using these equations, which are calculated together with the field observations, using the RocLab program, will be able to determine the possible compressive strength, tensile strength, friction angle, deformation module values with geotechnical parameters.

Keywords: Longitudinal joint (JN1), Transverse Joint (JN2), Discontinuity, Physicomechanical

ÖZET

İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsü içerisinde yapılan çalışmalarda, yerleşkenin jeolojisi incelenerek litoloji ve yapısal özellikleri ortaya konulmuştur, daha sonra arazideki grovak mostralarında tabakaların doğrultu – eğimleri ölçülmüş, sonra tabaka doğrultu ve eğimleriyle tanımlı Çatlak 1(Doğrultuya paralel olan çatlaklar) Çatlak 2(Eğim Yönüne paralel olan çatlaklar)

süreksizliklerine ait olan minimum, maksimum çatlak açıklık ve aralık ölçümleri yapılmıştır. Çalışılan her bir noktadan alınan kayaç örneklerine fiziksel özellik ve nokta yük deneyleri yapılarak değerleri belirlenmiştir. Süreksizlik, fiziksel özellik ve nokta yük ilişkisi içerisinde ortam ilişkileri istatiksel açıdan yorumlanmıştır. Süreksizlik – fiziksel, fiziksel – olası basınç dayanımı ilişkileri araştırılmış süreksizlikler kontrolünde ortam davranışı açıklanmaya çalışılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda süreksizlik – fiziksel, fiziksel – olası basınç dayanımına dair bazı denklemler önerilmiştir. Trakya formasyonun herhangi bir kesiminde çalışan bir araştırmacı sadece tabaka doğrultularını ölçtükten sonra deneye yapmaya gerek duymaksızın önerilen eşitliklikleri kullanarak birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı kolayca hesaplayabilecektir. Arazi gözlemleriyle birlikte hesapladığı bu değerleri RocLab programında kullanarak jeoteknik parametreleri olan olası basınç dayanımını, çekme dayanımını, sürtünme açısını, deformasyon modülünü değerlerini belirleyebilecektir. **Anahtar kelimeler**:Doğrultu çatlakları,,Eğim çatlakları,Süreksizlikler,fizikomekanik

1. INTRODUCTION

This paper aims to determine geotechnical designation parameters -with Hooke-Brown criteria- of Thracian formation, which is exposed over large areas and one of the main rocks that has flysch features in Istanbul, with field discontinuity measurements intended for general, tunnel and slope researches.

The study area, which is located within the borders of ITU Ayazaga Campus, is composed of Paleozoic and Cenozoic units. The stratigraphic and tectonic features of the region have been studied in detail by the studies starting from Küçükçekmece Lake and covering both sides of the Istanbul Bosphorus.

2. MATERIAL and METHOD

Within İTÜ Ayazağa campus, the study areas were determined by gps, layer measurements were made with Brunton compass Then, In the study conducted in the ITU Ayazaga campus, the strike-dip of the layer were measured at the outcrops of the greywacke. Then, the minimum and maximum spacing and aperture measurements of the discontinuities of the parallel to the strike of the layer (JN1) and parallel to the dip direction (JN2) were made. The discontinuity numbers of 1 meter (Kstini) in both discontinuity plane were determined. Physical properties and point load values were determined with rock samples taken from each point. . Media relations are interpreted statistically in relation to discontinuity, point load, and physical property. Discontinuity-physical properties, estimated uniaxial strength-physical properties were investigated and media behaviour was tried to be explained in the control of discontinuities.

3. SCOPE

Within İTÜ Ayazağa campus, the study areas were determined by gps, layer measurements were made with Brunton compass , and then the layer measurements were processed to excel. Values according to the rules was processed to excel. Then, the maximum and minimum spacing and

aperture values of the joints (J1 and J2) which are one of the discontinuities were determined. Longitudinal joints (J1) are joints parallel to the strike. Transverse joints (J2) are joints parallel to the dip. Then, Kstini values were determined. The discontinuity numbers of 1 meter (Kstini) in both discontinuity plane were determined

In the studies within the campus of ITU Ayazağa, The dominant strike of the layers is NW and the dip is NE. Major strike direction is N46W. Major dip alignment is 19NE (Figure1).

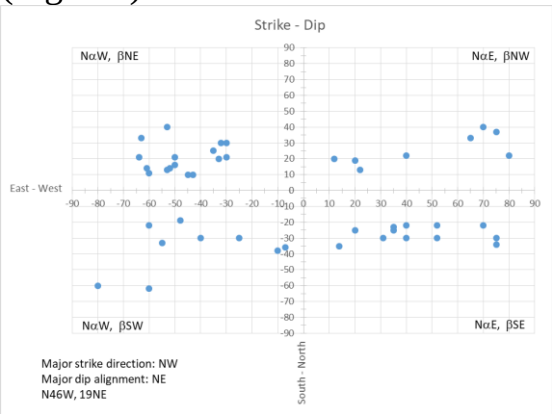


Figure 1. Strike and Dip Measurement within ITU Ayazaga Campus

To summarize briefly Table 1 shows the discontinuity features against the strike-dip.

Table 1. The Discontinuity Features of greywackes.

	Strike	NW		NE	
	Dip	SW	NE	SE	NW
Discontinuity Features (Features of JN-1 and JN-2 Spacing and Aperture Values)	JN-1 Spacing minimum values	1-5 cm	1-35 cm	2-7 cm	2-9 cm
	JN-1 Spacing maximum values	6-18 cm	4-55 cm	6-18 cm	7-25 cm
	JN-1 Aperture minimum values	0.5-1 mm	0.1-1 mm	0.5-1 mm	0.5-1 mm
	JN-1 Aperture maximum values	1-6 mm	1-10 mm	1-5 mm	1-3 mm
	JN-2 Spacing minimum values	1-4 cm	2-12 cm	1-10 cm	2-11 cm
	JN-2 Spacing maximum values	5-16 cm	4-55 cm	5-55 cm	6-26 cm
	JN-2 Aperture minimum values	0.5-1mm	0.1-4 mm	0.1 – 1 mm	0.1-1.5 mm
	JN-2 Aperture maximum values	0.5-4 mm	1-10 mm	0.5–6mm	1-3 mm

Physical properties tests were carried out with the rock samples taken from each examination point located in the ITU Ayazaga campus. Physical experiments were carried out in 5 samples taken from the study points. Then, respectively, saturated weight, volume and dry weight were measured.

Dry Density and Porosity Classification classification was made according to Anon (1979).Dry unit weight values of study area

ranges from 2.29 to 2.41. The rock description of greywacke in field are in the moderate class with respect to the dry unit weight classification. Porosity values of study area ranges from 11.68 to 15.82. The rock description of greywacke in field are in the medium and high class with respect to the porosity.

The minimum and maximum dry unit weight values can be calculated from the proposed equations using only the strike values. Equations and error are given below(Table 2).

Table 2. Equations and errors along NW and NE strike

Unit Weight	NαW	NαE
Minimum	$\gamma_{min} = 2.3254e^{0.0003\times(N\alpha W)}$ Equation 1 Error: 0.85 and 1.24 times	$\gamma_{min} = 2.2311e^{0.0004\times(N\alpha E)}$ Equation 3 Error: 0.85 and 1.15 times
Maximum	$\gamma_{max} = 2.4301e^{-0.0001\times(N\alpha W)}$ Equation 2 Error: 0.89 and 1.09 times	$\gamma_{max} = 2.3636e^{-0.0001\times(N\alpha E)}$ Equation 4 Error: 0.86 and 1.17 times

Point load strength index classification was made according to Franklin and Broch (1972),

Point Load values of study area ranges from 1.14 MPa to 4.85 MPa. Strength Classification of greywacke in field are high strength and very high strength according to Franklin and Brock(1972), Point Load Strength Index Classification.

At this stage of the study, because of working with factor of safety in engineering projects, the relationship between the mean values of the unit weight and the mean value of the estimated uniaxial strength calculated from the point load value were determined in the estimation of the uniaxial strentgh.

The relationships between dry unit weight and estimated uniaxial strength was investigated by the the average values of them for the both NαW and NαE strike. The following equations are proposed.

$\sigma_{c-est} = 0.0012e^{4.4536\times(\gamma_{N\alpha W})}$

$\sigma_{c-est} = 0.2638e^{2.1371\times(\gamma_{N\alpha E})}$

In the engineering designations, the design parameters want to be known. Specially, if the engineering application is proceeded on rock media the values of monolith is needed to convert the polilith values. The polilith media is evaluated both discontinues and the unit weight and uniaxial strength values of the monoliths.

The example is organized for the N21W and N21E strike. The unit weight and estimated uniaxial strength values of the greywacke is given by Table 3

Table 3. The calculated unit weight and uniaxial strength of the greywacke's by proposed equations along given strike.

Strike		UW							USC			
		min_c	max_c	min_{γ} 0.85	min_{γ} 1.24	max_{γ} 0.89	max_{γ} 1.09	γ (g/cm³)	avg_c	avg_{γ} 0.20	avg_{γ} 3.25	σ_{c-est}
N21W	-21	2.31	2.44	2.72	1.86	2.74	2.23	2.36	43.85	219.25	13.49	54.39
		min_c	max_c	min_{γ} 0.85	min_{γ} 1.15	max_{γ} 0.89	max_{γ} 1.09	γ (g/cm³)	avg_c	avg_{γ} 0.43	avg_{γ} 2.69	σ_{c-est}
N21E	21	2.25	2.37	2.65	1.96	2.75	2.02	2.32	37.39	86.95	13.90	34.76

4. RESULTS

Some equations about discontinuity - physical, physical - estimated compressive strength have been proposed as a result of researches conducted. A researcher working in any part of the Trakya formation will be able to calculate the unit volume weight and compressive strength easily by using the proposed equations without having to make the experiment after measuring the layer strike. Using these equations, which

are calculated together with the field observations, using the RocLab program, will be able to determine the possible compressive strength, tensile strength, friction angle, deformation module values with geotechnical parameters.

5.APPRECİATİON

First, I would like to express my sincere gratitude to my thesis advisor, **PhD Erkan Bozkurtoğlu** for guiding and supporting me. You have set an example of excellence as a researcher, mentor, instructor, and role model. I would especially thank my amazing family for the love, support, and constant encouragement I have gotten over the years. I am very grateful to all of you.

6. REFERENCES

ABDÜSSELAMOĞLU, S., "İstanbul Boğazı Doğusunda Mostra Veren Paleozoyik Arazide Stratigrafik ve Paleontolojik Yeni Müşahadeler", *MTA Dergisi*, Ankara, Sayı : 60. (1963).

AKYÜZ, S., "İstanbul Boğazı Batısının Jeolojisi", *İTÜ MMLS Tezi*, İstanbul . ,1987.

AKYÜZ, S., "İstanbul ve Yakın Civarının Paleozoyik İstifi" *İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu III, Bildiriler Kitabı*, *TMMOB-JMO Yayını,* 2010.

ANON, Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part I – rock and soil materials. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 19, 364–371,1979.

Baykal, F. ve Kaya, O, İstanbul Bölgesinde Bulunan Karboniferin Genel Stratigrafisi. M.T.A. Dergi, S.61, ss. 1-91, Ankara. (1963).

BOZKURTOĞLU, E., "İTÜ Kampüs Alanındaki Kayaçların Yüzey Pürüzlülüğünün Görüntü Analiz Yöntemi ile Araştırılması", *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Jeoloji Müh., İstanbul ,1996.

BİENİAWSKİ, Z.T., The point load test in geotechnical practice. Engineering Geology, vol 9, pp 1-11 ,1975.

CHAPUT, E., "Voyages D'etudes-Geologique et Geomorphogenique en Turquie", *Mem. de L'inst. Franche D'Archeol,* Paris, D'İstanbul II. (1936).

FRANKLİN, J.A. and BROCH, E., The point load strength test. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science. 9, 669-97, 1972.

İMER, R.R., İTÜ Ayazağa Kampüsü Mühendislik Jeolojisi. *YL Tezi*. 64s., İstanbul. 1984.

KAYA, O., "İstanbulun Karbonifer Stratigrafisi, Ege Üniversitesi", *Fen Fakültesi Jeoloji Kürsüsü*, İzmir., 1971.

Ketin, İ. ve Güner, G. İstanbul bölgesinde Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu'nun yapısal özelliği, Müh. Jeol. Bült., (1989).

M Sayar, M. ve Pamir, H. N. "Küçükçekmece Fosil Fıkralı Hayvanlar Mecmuası", İstanbul Darıl. Jeol. Enst. Neşr. 8, İstanbul. (1933).

ÖNALAN, M., "Pendik Bölgesi ile Adaların Jeolojisi ve Sedimenter Özellikleri", *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi Jeoloji Bölümü, İstanbul. ,1981.

PAECKELMANN, W., (1938). "Neue Beitrage zur Kenntnis der Geologie", *Palaeontologie und Pétrographie der Umgegend von Konstantinopel,* Abh. d. Preuss Geol. Lands, s. l – 202.

PENCK, W., (1919). "Grundzüge der Geologie des Basporus Veröff", *Inst. f. Meeresk,* N.F.A.4, Berlin.

TCHİHATCHEFF, P, DE., (1864). "Le Bosphore et Constantinople", Paris, P : 442.

YALÇINLAR, L, (1951). "İstanbul Civannın Paleozoik Arazisine Dair Yeni Müşahedeler", *T. Jeol. K. Bült.*, Ankara, V. III, No : 1, Sayfa : 125 – 129.

Marmara Bölgesindeki Faylarda 1912 ve 1999 Depremleri Nedeniyle Oluşan Coulomb Statik Gerilme Değişimleri

Coulomb Static Stress Changes on Faults Within Marmara Region Caused by 1912 and 1999 Earthquake

B. Atalar, O. Akbal, Z. Çakır
Istanbul Technical University, Geological Engineering Department, Istanbul

ÖZET Bu lisans bitirme projesinde, Marmara Bölgesi'ndeki faylarda 9 Ağustos 1912, 17 Ağustos İzmit ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri nedeniyle oluşan statik gerilme değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bu ana kısımlar; depremlerde meydana gelen yer değiştirmelerin incelenmesinde GPS tekniği ile elde edilen verinin işlenmesi, bu verinin modellenmesi ve bulunan bu modelin Coulomb gerilim dağılımlarının belirlenmesinde kullanılması olarak özetlenebilir. Bulunan model fay parametreleri kullanılarak, 1912 ve 1999 depremleri sonrası bölgedeki stress değişimleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonucunda, bu depremlerin Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi altında devam eden segmenti üzerinde deprem riskini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: 1912 Marmara depremi, 1999 Marmara depremleri, Coulomb kırılma gerilmesi, fay etkileşimleri, deprem tehlikesi

ABSTRACT In this bachelor thesis project, it is aimed to examine the static stress changes of faults within the Marmara Region due to the August 9, 1912 Ganos (Murefte), August 17, 1999 İzmit and November 12, 1999 Düzce earthquakes that caused tens of thousands casualties and homelessness. The study consists of three main parts. These can be summarized as: processing of the data obtained by the GPS modeling while investigating the displacement caused by the earthquakes, the modeling of this GPS data, and using this model in determining the Coulomb stress distributions. Using the model fault parameters that are found, stress changes after 1912 and 1999 earthquakes were calculated. According to these calculations, it was concluded that these earthquakes increased the risk of earthquake on the North Anatolian Fault that continues under the Sea of Marmara.

Keywords: 1912 Marmara earthquake, 1999 Marmara earthquakes, Coulomb failure stress, fault interactions, earthquake hazards

1 INTRODUCTION

1.1 Definition of the Study Area

Most of Turkey lies on the Anatolian plate, a small wedge-shaped tectonic plate. To the east, the East Anatolian Fault which is a left lateral transform fault, forms a boundary with the Arabian Plate. To the south and southwest, there is a convergent boundary with the African Plate. And the northern edge is a transform boundary with the Eurasian Plate which forms the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). The Anatolian Plate is being squeezed by the Arabian Plate from the east and forced toward the west as the Eurasian Plate to its north is blocking motion in that direction. As a result of this plate tectonics configuration, Turkey is one of the world's more active earthquake regions.

The Marmara region, located in the northwestern corner of Turkey, is an active tectonic zone lies in a transition region where the strike-slip regime of the North Anatolian Fault (NAF) to the east meets the extensional regime of the Aegean Sea to the west and splits into two main branches about 100 km apart, known as northern NAF and southern NAF. Due to the NAF, earthquakes have been the most devastating natural disasters that have affected the study area throughout the history.The Marmara section of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) is located between the 1912 (Ganos event) and 1999 (İzmit event) ruptures. At least 250 km of the North Anatolian fault might have ruptured during these 2 events, leaving a seismic gap about 70–150 km long in the Sea of Marmara.

1.2 Aims and Methodology

The objective of this study is to investigate the static stress changes of faults within the Marmara Region caused by the 1912 and 1999 earthquakes using Coulomb failure stress. The Coulomb 3.3 software was used with the MATLAB programming language to estimate Coulomb failure stress changes during the modeling process. After converting the latitude and longitude coordinates (geographic coordinates) of the study area to the cartesian coordinates (X,Y,Z), coastlines were mapped.Then, active faults and earthquakes were plotted. The geometry of the faults was defined. 448 faults and an area of about 34000 km² were modeled during this study. Earthquakes were modeled in a historical order to obtain separate Coulomb stress calculations for each one. Some data were edited as text or excel document and transferred to the program, some were modeled using the program interface.Google Earth and Adobe Illustrator were also used in the study. Earthquake data were taken from the Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (Koeri) Regional Earthquake-Tsunami Monitoring Center (Retmc) database.This study in fact highlights the importance of earthquakes in the Marmara region, which will hopefully encourage more investigations in this direction since the region is expected to face another destructive earthquake in the future.

2 EARTHQUAKES IN THE REGION

2.1 Introduction

Turkey is located in one of the most seismically active spots of the world and suffered from numerous destructive earthquakes over the history. The active tectonics of northern Turkey is dominated by the North Anatolian Fault Zone. This zone has produced many large (Mw>7) earthquakes and these earthquakes broke the NAF from east to west causing severe damage to the urban areas along this fault.

3 STRESS CHANGE DISTRIBUTIONS

3.1 Introduction

There have been several Coulomb models of the İzmit earthquake published by different researchers. However, different researchers have used different fault parameters, and thus, varying results can been found. The differences arise mainly from the different rupture geometry of the faults and slip distribution of the earthquake used in the Coulomb stress calculations. The accuracy of the Coulomb stress changes caused by an earthquake depends predominantly on the accuracy of the source parameters of that earthquake such as the location and geometry of the fault rupture, and the amount and sense of slip distribution. The more accurate the source parameters, the more reliable the results. In this study, the fault geometry and slip distribution used in the calculations are obtained directly from InSAR and GPS modeling because stress changes determined using them are considered to better represent the actual stress distribution since they explain the geodetic data very accurately.Stress changes on nearby faults due to these earthquakes were investigated because the two ends of the 1912 and 1999 earthquake ruptures define the seismic gap in the Sea of Marmara. This segment last ruptured in 1776 and is commonly associated with a recurrence period of around 250-300 years. Therefore, there is a possibility of another big earthquake hitting Istanbul where the western edge of the NAFZ is situated.

3.2 GPS Modeling

Care was taken when evaluating the fault parameters for the study as explained above. Fault parameters obtained through InSAR and GPS modeling. These fault parameters estimate the co-seismic SAR data of the Izmit earthquake with an error of 2,4 cm.

3.3 Coulomb Static Stress Changes

3.3.1 Stress Changes After 1912 Ganos Earthquake

Stress increase occurs in the western Marmara region, especially in the Tekirdağ region. Also, there is a stress increase on the faults in the western part of the Sea of Marmara. On the other hand, stress reduces in Ganos Fault region. Figure 3.3 indicates that the faults in the Marmara region are stressed by the İzmit region in the east and the south of Tekirdağ in the west.

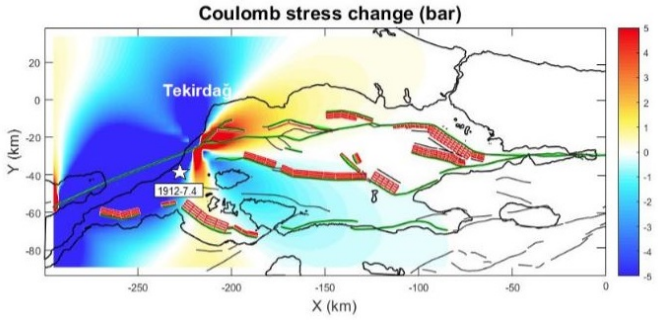


Figure 3.3. The map view of the Coulomb stress changes due to 1912 event. Red regions show increasing stress regions, green lines indicate the faults.

3.3.2 Stress Changes After 1912 and 1999 Earthquakes

The Coulomb stress change around the Marmara region after devastating 1912 and 1999 earthquakes is shown in the Figure (Fig 3.5).

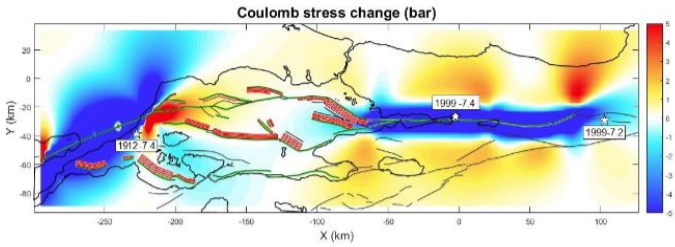


Figure 3.5. Coulomb stress changes after 1912 and 1999 earthquakes

The static stress increased over 1 or 2 bars on the submarine fault system due to the 1912 and 1999 earthquakes. 1 or 2 bars of stress can be loaded by the continuous plate motion in about 4 years. In other words, the next earthquake in the Sea of Marmara was brought forward by 4-5 years by the previous earthquakes in the region.

4 RESULTS

The 20th century has been particularly active seismically in the Marmara region.At present, the Sea of Marmara region is located in an area of enhanced stress increase caused by the large earthquakes since the 1912 Ganos earthquake. As supported by the previous studies, our study indicates that the stress increase on the western edge of the İzmit rupture increased the risk of earthquake on the North Anatolian Fault that continues under the Sea of Marmara. The Düzce and the previous events increased the static stress in western and eastern Marmara by over 1-2 bars. Therefore, the related potential for a large earthquake near İstanbul and the surrounding area is sharply increased by the devastating 1999 earthquakes. By considering the historical records that reveal a statistical recurrence of one massive earthquake hitting İstanbul in 250-300 years, an earthquake with a magnitude M up to 7.4 is expected in the near future in the Marmara region.

ACKNOWLEDMENTS

We wish to express our sincere thanks to our supervisor **Prof. Dr. Ziyadin ÇAKIR,** for providing us with all the necessary facilities for the research, for his patience, motivation, and immense knowledge.

REFERENCES

Çakır, Z., Barka, A., Chabalier, J.-B. d., Armijo, R. and Meyer, B., 2003. Kinematics of the November 12, 1999 (Mw=7.2) Düzce Earthquake Deduced from SAR Interferometry, Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 12, pp.105-118.

Pınar, A., Honkura, Y. and Kuge, K., 2001. Seismic activity triggered by the 1999 Izmit earthquake and its implications for the assessment of future seismic risk, Geophysical Journal International, Vol. 146, no. 1, pp. F1-F7.

Uçarkuş, G., Armijo, R., Çakır, Z., Schmidt, S. and Meyer, B., 2008. Recent Earthquake Breaks at the Sea of Marmara Pull-apart (North Anatolian Fault), Eos Trans. AGU San Francisco, 15-19 December.

İTÜ Ayazağa Kampüs'ünün Jeolojik Yapısı ve Bütünleşik Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi

Evaluation of Geological Structure and Integrate Landuse Suitability in ITU Ayazağa Green Campus

B. Ulucay, E. Sahin, M. Bicer, N. Okay

Department of Geological Engineering, Faculty of Mining

ÖZET Çalışma alanı, İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesi sınırları içinde kalan bitirme tasarım projesinde, doğal yapı ve çevrenin özelliklerini tanımlamak ve olası tehlikeler bakımından bütünleşik bir değerlendirmenin yapılması amaçlanmaktadır. Öncelikli olarak literatür araştırması ile başlanmış; İTÜ Ayazağa Yerleşkesi'nde arazi çalışmaları 2017-2018 akademik kış ve bahar dönemlerinde sürdürülmüştür. Çalışmada Yerleşke içinde yer alan Paleozoyik birimler belirlenmiş, Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu ve Alt Karbonifer yaşlı Baltalimanı Formasyonu detaylı incelenmiştir. Arazi çalışmalarında topoğrafik harita olarak 1/25000 ölçekli İstanbul paftası kullanılmıştır. Belirlenen mostra lokasyonlarında gözlemlenen jeomorfolojik ve jeolojik yapı özellikleri tanımlanmış ve dağılımları haritalanmıştır. Bu çalışmanın bu bölümdeki sonuçları, "İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Jeolojisi" adı altında toplanarak bir el kılavuzu hazırlanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde inceleme alanında bulunan kaya birimlerinin litolojik özellikleri başta olmak üzere, jeolojik hassasiyetleri bakımından, yerleşime uygunluk bakımından doğal hassasiyet değerlendirmesi yapılmıştır. Özellikle İTÜ Yeşil Kampüs'ün jeolojik özelliklerinin ekolojik fonksiyonlara etkisini gözönüne alan ve mekansal planlamaya altyapı oluşturması bakımından örnek bir "bütünleşik değerlendirme tasarımı" sunulmaktadır.
Anahtar kelimeler: Hassaslık değerlendirmesi, yerleşme uygunluğu, ekoloji

ABSTRACT The aim of the study is to describe the properties of the natural structure and the environment in the finishing design project within the boundaries of Ayazağa Campus of Istanbul Technical University and to make an integrated evaluation in terms of possible hazards. It started with literature research primarily; The study of land in ITU Ayazağa Campus was carried out in 2017-2018 academic winter and spring semesters. In the study, Paleozoic units in the settlement were determined, the Carboniferous Thrace Formation and the Lower Carboniferous Baltalimanı Formation were examined in detail. In the field studies, 1/5000 scale Istanbul paper was used as topographic map. The geomorphologic and geological features observed in the determined outcrop locations are defined and their distributions are mapped. The results of this study in this section were collected under the name of "ITU Ayazağa Campus Geology" and a hand guide was prepared. In the second part of the study, the natural sensitivity of the rock units in the study area was assessed in terms of settlement suitability in terms of their geological sensitivity, especially their lithological properties. In particular, an exemplary "integrated assessment design" is presented in order to take into account the impact of the geological features of the ITU Green Campus on ecological functions and to provide the infrastructure for spatial planning.
Keywords: Vulnerability assessment, Settlement suitability, Mass movements, Ecology.

1 INTRODUCTION

With migration and population growth, the settlement areas of Istanbul have widened their boundaries towards the east and west from the historical peninsula and the Bosphorus region, where they are most concentrated. In parallel, the ITU Ayazağa Campus environment has become increasingly valuable and urbanization has increased. The decrease in green areas with this development further increases the importance of ITU Green Campus. The multidisciplinary evaluation studies for ecological planning considering geological construction are still new. For this purpose, integrated sensitivity evaluation is designed in terms of geological structure within the scope of finishing project, making use of existing data in the region.

1.1. Evaluation of Geological Sensitivities

Increasing urban densities, climate change and degradation of the natural environment further increase disaster risks. First of all, the characteristics of urban components should be assessed in terms of natural hazards respectively (Okay et al., 2014). These assessments need to define the natural structure of urban components (geographical location description of the settlement and earth sciences and ecology). Within these evaluations, geomorphology, geology, active tectonics and paleosismology, engineering geology and geophysics, multi-disciplinary land and analysis studies such as meteorology, systematic collection of these necessary information and data, mapping in the GIS environment and continuous updating (Okay 2018).

1.2. Ecological Evaluation in Terms of Sensitivities

In this study, the ecological richness of the ITU Campus area, the diversity of the natural and cultural landscapes, the ecological structure (climate, soil, vegetation distribution) analysis, the usage related density transportation and close environment analysis, the geomorphological a sensitivity synthesis was performed, in which the relevant settlement suitability analyzes were jointly assessed.

The most basic nature of the relationship between residential areas and the natural environment is in the form of interactions. This interaction takes place with socioeconomic change. As a result of unplanned settlement, soil and water resources are being polluted, and the natural environment is seriously damaged as a result of the destruction of forest land due to misuse or improper land use. Taking into consideration that these damages are increasing day by day, it is an inevitable necessity to protect the natural resources destructed by the development pressure and to observe the usage balance due to the protection of the open spaces for raising the quality of life of the people. Geological and ecological structures are affected depending on the usage of natural structures and resources (earth, water, air, forest) such as the usage of the areas where campus faculty and technopark buildings are located, the increase of the student and working population and the distribution of this increase according to the buildings. It stands out.

1.3. Assessment of Hazardousness of Natural Buildings

Depending on the type of rocks, geological hazards can be classified as landslides, rock falls and all kinds of mass movements depending on the type of rock, areas with high swelling, swelling, high residence potential and underground cavities in carbonate rocks with high probability of collapse.

1.3.1. Mass Movement Danger

Most of the ITU Campus does not consist of a problematic zone due to the impermeability, resistance to erosion and low resistance to slip. Filling areas located to the south of the campus may form suitable grounds for slipping due to their geotechnical properties. This unit, which can be described as a weak-to-medium ground, can cause rotational shear-type mass movements in areas of sand-lined killer that are due to water retention. It should be taken into account that although the sand-gravel parts are suitable for construction, they can magnify the effect of the earthquake wave; sand magnets and water movement due to high magnitude earthquakes during the risk of liquefaction and risk must be considered in planning.

1.4 Assessment of Settlement Suitability in Terms of Geological Sensitivity

-**Precautionary Areas (PA)**: are areas where planning and construction will be carried out provided that measures are taken before and / or during the construction due to natural disaster hazards and geotechnical characteristics of the ground. Engineering interventions may be required to ensure that precautionary areas are settled. Semi-flat areas to the west of the settlement can be residential.

-Preliminary survey can determine settlement suitability according to groundwater condition and slip.

- It is necessary to determine the actual filler thickness as it is close to the creek bed passing through the SW of the settlement and / or there is a risk of liquefaction of the ground.

- Those who are in the field of work from these precautionary areas.

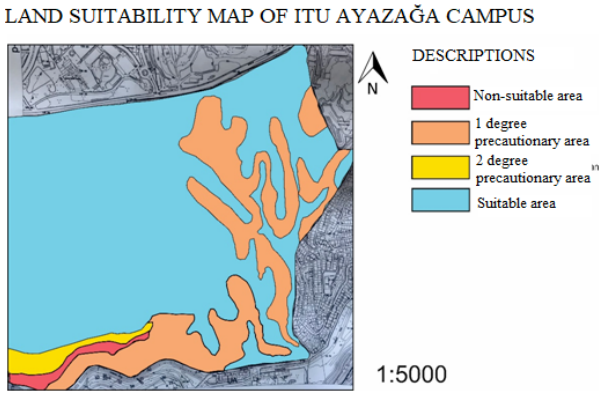
-

- Preventive Area 1 (PA1): These areas are Quaternary, alluvial units of granular and terrestrial origin, and loose grounds. Ground water is very close to the surface. Stability problems, cracks, sand runoffs, etc. are expected.

- Preventive Area 2 (PA2): These are areas where mass movements can occur under certain conditions (Landslide). They are areas where severe stability problems encountered on high-slope slopes can be seen. They have a tendency to adversely affect stability, including underground water problems.

- Preventive Area 4 (PA4): These areas are represented by alluvium and artificial fill. Artificial fillings found in these areas; the thicknesses and spreads should be determined in the works to be carried out before the settlement.

Detailed Geotechnical Survey Areas: Due to lack of data due to the working method under the name, a narrow part of the campus is located in the south of the campus, where complete and reliable results are not obtained, due to the necessity of separate expertise studies. Afterwards, detailed geotechnical studies to be done should be planned.



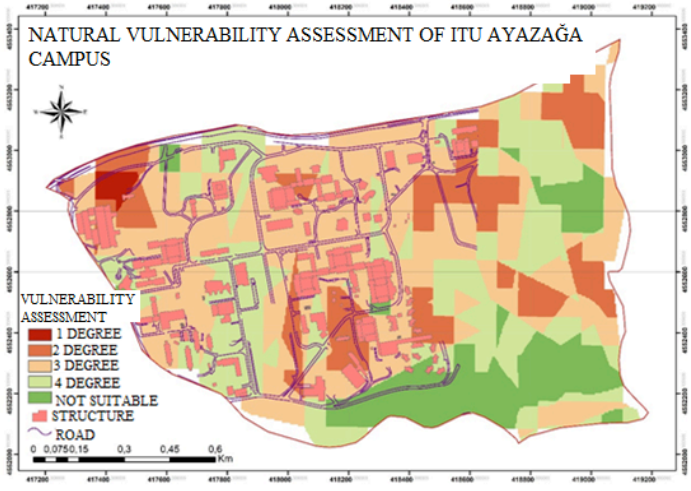
-

Land suitability assessment of the area.

1.5. Vulnerability Assessment for Mass Movements

In this section, Weihgted overlay analysis was used to evaluate the sensitivities of Istanbul Technical University Ayazağa Campus and its surrounding area. Four layers were used for this analysis. These layers are elevation, slope, elevation and lithology. The overlapping percentages of the layers are; 20% elevation, 20% elevation, 30% lithology, 30% slope. The most appropriate 20 to 40 meters in the upgrade, 120-140 at least as appropriate and divided into 6 equal parts, the most appropriate 6 points, at least 1 point was given as appropriate.

ITU Campus Settlement Suitability Assessment in terms of Mass Movements



Land Suitability Assessment	Based on Natural Vulnerability Evaluation
Non-suitable area	1
1. Degree precautionary area	2-3
2. Degree precautionary area	4-5
Suitable area	6

RESULTS

Due to the fact that Istanbul Technical University could not cope with the current student capacity, the construction started with the relocation to Ayazağa Campus. Because of the increase in the number of students at the same time for the purpose of scientific and technical targets and workings from the 90's to the day, the construction on the Ayazağa Campus continues every day.

The aim of this study is to evaluate the sensitivity of the ongoing construction of the Ayazağa Campus and surrounding areas, taking into account the geological-ecological balance and settlement compatibility.

1- The Trakya Formation, which is dominant in the study area, is generally a solid grounding facility with sufficient carrying capacity for the settlement. However, in cases where it has features such as cracks, cracks, and faulting, existing lithologies can be saturated with water and show deterioration and decomposition. For this reason, measures must be taken to keep water in high sloping areas. In this respect, the ITU Nature Park is in the view of a basin, and the determination and monitoring of the groundwater level from ecological and geological aspects is a priority.

2- It is important to identify the areas of dry river bed to the west of the campus and the valleys to the south, and to determine the thickness of the current and artificial filling areas.

3- Highly sloping areas to the south of the campus should be checked for potential erosion hazard and engineering solutions should be identified to prevent afforestation and soil erosion.

4 - As a Green Campus, it is important that both natural hazards and ecological sensitivities are taken into consideration in order to ensure sustainability.

REFERENCES

Akyüz, H., S. (2010). İstanbul ve yakın civarının paleozoyik istifi, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu III, Bildiriler Kitabı, TMMOB-JMO Yayını, ISBN: 978-9944-89-887-4, s. 49-62 (2010).

Ketin, İ., Güner, G., 1989. İstanbul Bölgesinde Karbonifer Yaşlı Trakya Formasyonu'nun Yapısal Özelliği, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, 11, 13-18

Okay A.C. (1947). Geologishe und petrographiche Untersuchung des Gebietes zwischen Alemdağ, Karlıdağ und Kayışdağ in Kocaeli Bithynien, Türkei. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası,* Serie B **XII**, 269–288.

Okay A.I., Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *In*: Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F. & Séranne, M. (eds), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within the Alpine Orogen*. Geological Society, London, Special Publications **156**, 475–515.

Okay N. (2016). Risk Azaltma. *Acil Durum ve Afet Yönetimine Giriş'te,* (editör) M. Kadıoğlu. Atatürk Üniversitesi, ISBN:978-975-442-771-4.

Okay N. (2018). *Afete Dirençli Kentler için Risk Azaltma*. Şehir & Toplum, 10: 117-127.

Okay N., Tezer, F., Akman Pek N. (2014). Afete Duyarlı Yerleşim Planlama Süreçleri ile Yerbilimleri Verilerinin Bütünleştirilmesi ve Tuzla İlçesi İçin Bir Afet Risk Yönetimi Modeli. Tuzla Belediyesi, s.293.

Tüysüz O. (2003). İstanbul İçin Deprem Senaryolarının Hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi.

Hercynian Orojenezi'nden Küçük Buz Devri'ne: Berliner Hütte (Avusturya) Güneyinin Jeolojisi

From the Variscan Orogeny to the Little Ice Age: Geology of the Area at the South of the Berliner Hut (Austria)

I. S. Yazıcı, A. M. C. Şengör, N. Lom

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Istanbul Technical University, Geological Engineering Department, Istanbul

ÖZET Tauern penceresi Orta Doğu Alpler'de bulunmaktadır. Tauern penceresinin tabanı "Old Roof" adı verilen kayaç grubunun gnayslarından oluşmaktadır. Üst Karbonifer-Geç Permiyen dönemlerinde Hersinyen granitoid intrüzyonları ve migmatitleri taban gnayslarına sokulmuşlardır. Çalışma alanı Tauern penceresinin batısında, tanımlanmış olan gnaysların (Zentralgneiss) bir bölümünü kapsamaktadır. Mineraller, deformasyon sistemleri, migmatitler, dayklar ve bu sistemlerin birbirleriyle ilişkileri bu çalışmanın ilk hedefleridir.

Çalışmanın diğer bir amacı da bölgenin iki kez maruz kaldığı buzul dönemleri sonucu oluşan buzul yapılarıdır. Özellikle son buzul dönem olan Küçük Buz Devri'nde bölgenin jeomorfolojisi şekillenmiştir. Bölge 3 farklı ölçekte detaylı haritalanmış, hem kristalen kayaç hem de buzul yapılar çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tauern penceresi, Zentralgneiss, Küçük Buz Devri, Doğu Alpler

ABSTRACT The Tauern Window is located at the Central Eastern Alps. The basement of the Tauern Window is composed of the Old Roof gneisses. The Upper Carboniferous to Lower Permian Hercynian granitoid intrusions and migmatites injected into these gneisses. The study area is located at the western part of the Tauern Window where the described gneiss, Zentralgneiss located. Minerals, deformation systems, migmatites, dykes and the relation between the dykes were the first target of this study. Secondly, the region exposed to the glacier periods twice. Last glacial period, the Little Ice Age formed the geomorphology of the region. Structures and sedimentation from these glacier periods and the geomorphology are another aim of the study. The study area was mapped in 3 different scales. Both the crystalline rock and the glacial structures were investigated.

Keywords: Central Eastern Alps, Tauern Window, Zentralgneiss, Little Ice Age

1 INTRODUCTION

1.1 The Study Area

The study area, the Berliner Hütte, is located in the central part of Eastern Alps on the border of Austria and Italy. The area belongs to the Zillertal Alps which is a touristic valley in Tyrol. In this study, the south of the Berliner Hütte was mapped and morphological measurements were taken. The field study was done in August 2016. A

hammer, a Brunton type compass, a loop were used during the field trips. The thin section laboratory in ITU was used for the petrographical analysis. For the mapping, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, AutoCAD, and ArcGIS programs were used.

1.2 Geology of the Region

Geologically the Berliner Hütte is located at the western part of the Tauern Window. The Tauern Window is an elongated tectonic window which the very deepest structural units of the Eastern Alps are exposed (Frisch et al. 1993; Neubauer et al. 1999) The Tauern window exposes pre-Permian Zentralgneise and Penninic tectonic units that are overridden by the Austroalpine upper plate and that comprises continental basement and cover sequences. The Zentralgneise is metamorphosed Variscan granitoids that have intruded the basement rocks during Permo-Carboniferous times.

There are glacial structures such as lateral and terminal moraines on the mapped area. Moreover, the crystalline rock which was mapped was polished by the glaciers twice during the history. Therefore, there are glacial striations and crescentic scars from two different directions of the flow of the glaciers on the crystalline rock. On the other hand, moraines belong only to the younger glaciers which were from The Little Ice Age. The glacier from the Little Ice Age retreated because of the global warming but it still exists.

2 STRATIGRAPHY

The Tauern Window exposes pre-Permian Zentralgneise and Penninic tectonic units that are overridden by the Austroalpine upper plate and that comprises continental basement and cover sequences (Lammerer and Weger, 1998). Besides the Hercynian intrusives intruded into the European basement and cover which form the innermost part of the Tauern Window (Lammerer and Weger, 1998). In terms of the stratigraphy, the study area comprises the Zillertal-Venediger Massif from the Zentralgneiss of the Hercynian intrusives, its pegmatite dyke intrusions, and the tills from the Little Ice Age.

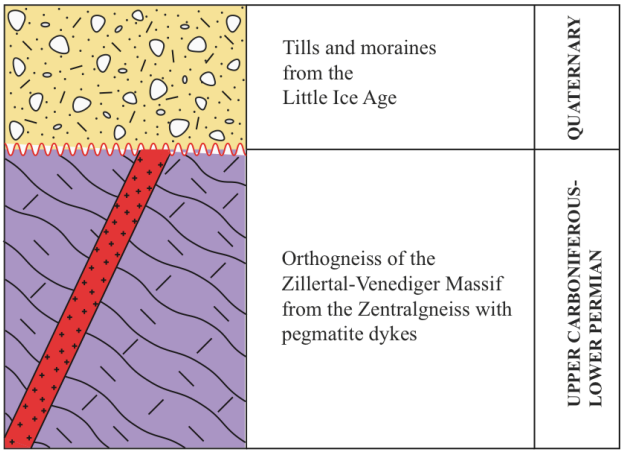


Figure 2.1 Stratigraphic column of the study area

2.1.1 The Zillertal-Venediger Massif Gneiss and Pegmatite Dykes

The crystalline rock in the study area belongs to the Zillertal-Venediger Massif of the Zentralgneiss. It is located at the southern part of the western Tauern Window The crystalline rock in the study area is the composition of the fine-grained gneiss and coarse grained gneiss which is called the porphyric gneiss. It consists of muscovite, biotite, quartz, and twinned feldspar minerals. Light colored layers are the granitic intrusions in the amphibolite. Migmatites, quartz veins and pegmatite dykes are also observable in this unit. The composition of the dykes is quartz, muscovite, and feldspar.

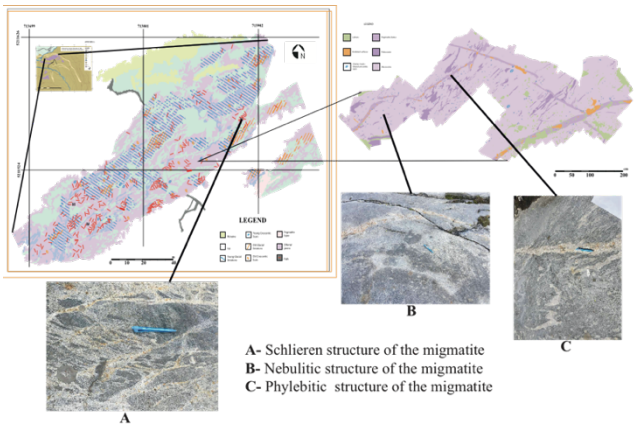


Figure 2.2 Migmatitic structures within the study area are shown.

2.1.2 Till and Moraines

Two glacial periods affected the study area: The Last Glaciation (Würm Glaciation, corresponding to the Wisconsinian Stage) and the Little Ice Age (Carena et al, 2011). These glacial periods, especially the Little Ice Age formed the tills. Also, the moraines are made of these tills. The fragments of the tills are made of Zentralgneiss

3 STRUCTURAL GEOLOGY AND TECTONICS

The study area is located in the Tauern Window and the history of how the Tauern Window uplifted is still controversial. Three tectonic units are found in the region related to Alpine orogen; Austroalpine basement nappes including Precambrian to Lower Palaeozoic amphibolites, eclogites, migmatites, gneisses, minor Hercynian intrusives, Penninic oceanic nappes consisting of oceanic lithosphere fragments in metamorphic limestones, marls, shales, European crystalline basement and cover which is the deepest tectonic unit including Upper Carboniferous and Mesozoic sediments and Hercynian intrusives.

Lammerer and Weger (1998) explained the uplift of the Tauern Window as a footwall uplift in an orogenic wedge. On the other hand, Neubauer, Genser, Kurz, and Wang (1999) explained the exhumation of the Tauern Window as initiated with a pull-apart geometry in a left-lateral wrench corridor system in Late Oligocene and Early Miocene.

4 GLACIAL GEOMORPHOLOGY AND THE STRUCTURES

The glaciers formed the geomorphology of the region. In addition to the effects of the glaciers on geomorphology, also the glacial structures were formed. Lateral and terminal moraines and the tills, striations and crescentic scars on the glacial polished rock, horn, glacial valley, glacial powder, glacial milk are mapped and investigated in detail.

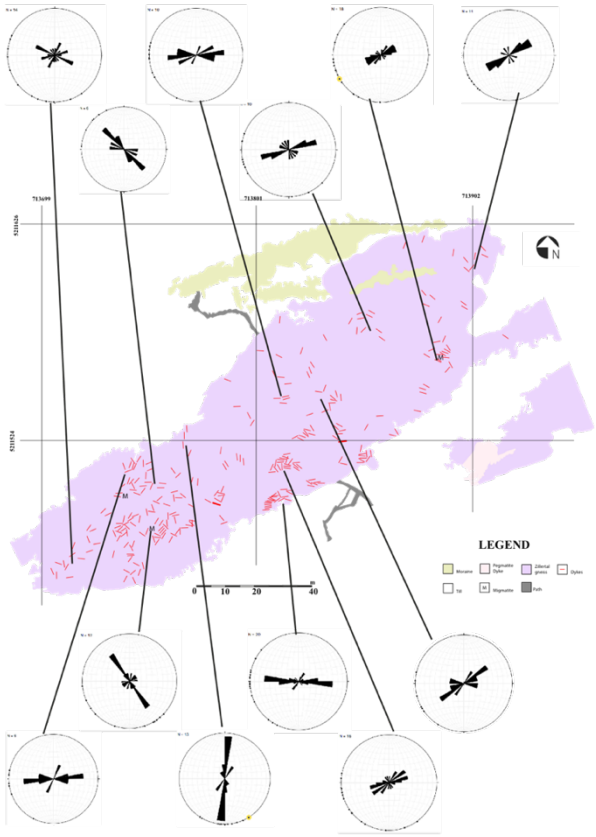


Figure 0.1 The map shows the distribution of the pegmatite dykes and the rose diagrams of the dykes are plotted based on their positions within the bedrock.

5 ENGINEERING GEOLOGY

In order to investigate usability of Zentralgneiss and the pegmatite dyke as a building stone, physical and mechanical experiments were applied. These experiments were performed at Rock Mechanics Laboratory of Geological Engineering department and Excavation Techniques and Mining Machines Laboratory of the Mining Engineering department of Istanbul Technical University.

6 CONCLUSION

Determining the bedrock and the glacial structures are the two aims of the study. First of all, the bedrock at the south of the Berliner Hütte was mapped in three scales. Migmatite parts: paleosome and neosome, the feldspar phenocryst distribution, dyke intrusions,

oxidized surfaces, trends of the dykes, glacial striations and crescentic scars, moraines, Zillertal Gneiss outcrops, and tills are mapped.

Vegetation, lichens and algae distribution are also shown within the maps to illuminate future interdisciplinary studies.

In the light of this study, basically the study area examined in two parts. Firstly, the bedrock was investigated. Minerals, deformation systems, dykes, migmatites were studied. Measurements were taken from the trends of the dykes and they plotted to the rose diagram. Various stress conditions are detected by the study of pegmatite dykes. Last of all, two different glacial striations were detected and studied in detail. This study indicates two different glacial periods.

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all, I would like to give my special thanks to my supervisor Prof. Dr. A. M. Celal Şengör for his support and wisdom. Besides, I would like to thank to Nalan Lom and Semih Can Ülgen for their criticism, patience, and support. Also, I would like to thank Prof. Dr. Anke Friedrich for her invaluable guidance. Besides, I would like to send my special thanks to Steffi Rieger, Petra Veselá, and Prof. Dr. Bernd Lammerer who made me in love with the Alps and taught me the Alpine culture, for their invaluable guidance in the Eastern Alps. Moreover, I would like to thank Prof. Dr. Boris Alekseevich Natalin for helping me to become a better scientist.

Also, I would like to thank Prof. Dr. Yücel Yılmaz for his incredible knowledge about the petrography and his help. Besides I would like to thank Prof. Dr. Aral Okay for his helps with his petrography knowledge as well. Besides, I would like to thank Prof. Dr. Gültekin Topuz for his help about the understanding the migmatitic rocks. Also, I would like to thank research assistants Mehmet Korkut, Alp Ünal, and Gönenç Göçmengil for their important guidance. Moreover, I would like to thank to Yüksel Ilgar and Aydın Shaterpour for his guidance in the laboratory of rock mechanics and Mehmet Ali Oral for the thin section preparation.

And my precious grandparents... My grandmother Fehime Yazici could go to school just a day. She learned how to read by herself. Besides my grandfather Saip Yazici who reads the most I have ever seen. My other grandmother Zekavet Gonca who is one of the best teacher in my life and my grandfather Hüsnü Gonca who is the most generous man. They all care about the education and it is the most valuable thing in their lives. Thanks to them I have my precious parents Gül Yazıcı and Levent Yazıcı who are the architects and artists of my life. I would like to thank all of them for their perspectives that affected my life and helped me to prepare this thesis.

I had lots of difficulties while preparing this thesis. My precious friends Ezgi Sağlam, Ramazan Canbay, Turgut Duzman, Ferhat Metin, Yağmur Güneş, Bahadır Onur Güdürü, and Gökçen Gürsoy supported, believed and helped me all the time and I would like to send my special thanks to them for their existence.

REFERENCES

Carena, S., Friedrich, A., & Lammerer, B. (2011). *Geological Field Trips in Central Western Europe: Fragile Earth International Conference, Munich, September 2011.* Munich: The Geological Society of America.

Lammerer, B., & Weger, M. (1998). Footwall uplift in an orogenic wedge: the Tauern Window in the Eastern Alps of Europe. *Tectonophysics*, 213-230.

Neubauer, F., Genser, J., Kurz, W., & Wang, X. (1999). Exhumation of the Tauern Window, Eastern Alps. *Physics and Chemistry of the Earth*, 675-680.

Frisch, W., & Neubauer, F. (1989). Pre-alpine terranes and tectonic zoning in the Eastern Alps. In: Dallmeyer RD (ed) Terranes in the circum-atlantic paleozoic orogens. Spec pap Geol Soc Am 230:. *Special Paper of the Geological Society of America Bulletin*, 91–100.

Kısırkaya Köyü (Sarıyer, Istanbul) ve Güneyinin Jeolojisi ve Bölgenin Olası İstanbul Depreminde Göstereceği Zemin Davranışının Belirlenmesi

Geology of Kısırkaya Village (Sarıyer, Istanbul) and its Southern part, and determination of the region's ground behaviour during the possible earthquake in Istanbul

T.Acikgoz
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Istanbul
N.Sert
Istanbul Teknik Universitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Istanbul

ÖZET Bu lisans bitirme tezinde, İstanbul ili Sarıyer ilçesine bağlı Kısırkaya Köyü civarının genel jeolojisi ile olası Marmara Denizi depreminde bölgenin zemin davranışını hesaplayan deprem senaryosunun yapılması amaçlanmıştır. Deprem senaryoları, olası deprem sırasında Kuzey Anadolu Fay hattının bir kolunun kırılması veyahut tüm kolların kırılması üzerine kurulmuştur.

Çalışma alanı Gümüşdere ve Kısırkaya Köyü'nü kapsayan yaklaşık 22 km$^{2'}$lik bir alandır. Transgresif şekilde çökelen Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu bölgedeki en yaşlı kaya birimini oluşturmaktadır. Bu birimin üzerine açılı diskordans ile Alt Triyas yaşlı Kapaklı Formasyonu gelmektedir. Değişik akarsu alt fasiyeslerinde oluşan bu formasyon Sarıyer Şile Fayı boyunca Trakya Formasyonu'yla tektonik dokanak ilişkisi yaşamaktadır. Üst Kretase'de oluşan Garipçe Formasyonu diskordans ile Kapaklı Formasyonu'nu üzerlemektedir. İntra pontid boyunca İstanbul zonunun altına dalan okyanusal litosferin yitim zonunda meydana gelen magmatizma sayesinde oluşan bu kayalar Kısırkaya volkanitlerini oluşturur. Geç Oligosen - erken Miyosen'de meydana gelen sıkıştırma Trakya havzasının yükselmesine neden olmuştur. Bu esnada ortaya çıkan iri çakıl ve kum boyutlu sedimanlar yüksek akarsu rejimiyle ve sellerle taşınarak biriktirilmiştir. İstanbul Formasyonunu oluşturan bu çökeller Garipçe Formasyonu'nu uyumsuz bir şekilde örtmüştür.
Anahtar Kelimeler: genel jeoloji; uyumsuzluk; İstanbul depremi; deprem senaryoları

ABSTRACT The study area is about 22 km^2 including Gümüşdere and Kısırkaya villages. The Lower Carboniferous Trakya Formation, which is transgressively deposited, is the oldest rock unit in the region. Lower Triassic capped formation with unconformity angled on this unit. This formation formed in different river subfacies lives tectonic contact with Trakya Formation during Sarıyer Şile Fayı. The Garipce Formation formed in Upper Cretaceous overlies Kapaklı Formation with unconformity. These rocks formed by the magmatism occurring in the oceanic lithospheric losing zone that lie beneath the Istanbul zone along the intra-pontid form volcanic rocks. Late Oligocene the compression from the early Miocene has caused the Thrace basin to rise. The large gravel and sand-sized sediments that have arisen during this period have been accumulated by the high river regime and by carrying them to sellers. These sediments forming the İstanbul Formation cover the Garipçe Formation unconformably.
Keywords: general geology; unconformity; earthquake of Istanbul; earthquake scenarios

1 GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, İstanbul'un kuzeyinde yer alan Boğazın batı yakasında konumlanmış Kısırkaya (Sarıyer Kilyos) köyü güneyinin genel jeolojisinin araştırılması ve bölgenin olası Marmara Denizi depremindeki zemin davranışlarının hesaplaması olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanı Gümüşdere ve Kısırkaya köylerini içine alan yaklaşık 22 km^2 lik bir alanı kapsamaktadır. Bölgenin stratigrafisi güncel alüvyonlar dışarda tutulursa 4 formasyondan oluşmaktadır.

Bölgede yüzlek veren en yaşlı birim Alt Karbonifer yaşlı bol çatlaklı ve deforme şeyllerden oluşan Trakya Formasyonudur. Bu birimin üzerine uyumsuzlukla Alt Triyas yaşlı Kapaklı Formasyonu gelir. Bu formasyon kırmızı bordo renkli çakıltaşı, kumtaşı ve boz renkli kuvars kumtaşından oluşmaktadır. Bölgede bulunan GD-KB uzanımlı Sarıyer Şile Fayı bu iki formasyonun dokanağından geçmektedir. Kapaklı formasyonunun üzerine uyumsuzlukla gelen Üst Kretase yaşlı Garipçe Formasyonu tabakalı piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Az pekleşmiş kumtaşı ve çakıllardan oluşan İstanbul formasyonu Garipçe Formasyonunu zamansal uyumsuzlukla üzeler.

2 STRATİGRAFİ

Bu bölümde, İstanbul ili kuzeyinde yer alan Kısırkaya mevkisinin kaya birimleri yaşlıdan gence doğru sınıflandırılmıştır. İstifin en altını Trakya Formasyonu olarak bilinen Alt Karbonifer yaşlı şeyl birimi oluşturmaktadır. İstanbul ili genelinde yaklaşık 2000 m kalınlığa sahip olan birim ilk defa Penck (1919) tarafından 'Trakya serisi' olarak ele alınmış, daha sonrasında ise Kaya (1971) 'Trakya Formasyonu' ismini kullanmıştır. Stratigrafik olarak bu birimin üzerinde Triyas yaşlı Kapaklı Formasyonu uyumsuz olarak yer almaktadır. 'Sarıyer-Şile Bindirme Fayı' ile yüzlek veren bu formasyon mafik lav, kırmızı, bordo çakıltaşı ve kumtaşı, kuvars arenit kaya birimlerinden oluşmaktadır (Kaya ve Lys, 1982). Çalışma alanının kuzey batısında, Kısırkaya- Kilyos sahil hattı üzerinde yaklaşık 30metre genişlikte, Üst Kretese yaşlı, Sarıyer Grubuna ait Garipçe Formasyonu'nun andezitik – bazaltlardan oluşan Kısırkaya üyesi yer almaktadır. Formasyon ismi Keskin ve diğ. (2003) tarafından Garipçe Köyü'nden yola çıkılarak isimlendirilmiştir. Neojen yaşlı gevşek kum ve çakıl arakatkılarından oluşan İstanbul Formasyonu bütün birimleri açısal uyumsuzlukla üzerlemiştir. Neojen yaşlı birimlerden oluşan bu formasyon, önceki çalışmalarda Belgrad çakılları (Baykal. 1963), Belgrad Formasyonu (Önalan, 1982) ve Ömerli Formasyonu (Özgül ve diğ., 2007) olarak adlandırılmış olsa da daha sonra bu karışıklığın önüne geçilebilmesi için İstanbul Formasyonu ismi uygun görülmüştür (Özgül, 2011).

3 TASARIM

Bu tez kapsamında Marmara Bölgesi'nde bulunan İstanbul Sarıyer ilçesine bağlı Kısırkaya Köyü ve güneyinin deprem risk analizi oluşturulmuştur. Çalışılan alan İstanbul'da yer aldığı için analiz süresince kullanılmış olan aktif fay, Kuzey Anadolu fay hattının Marmara Denizi'nin altından geçen kısmını oluşturan kuzey koludur.

Tablo 1. Formasyonlara göre Vs değerleri

FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	Vs	UYGULANAN
Alüvyon	Qal	Çakıl ve gevşek kum	150 - 280	150
İstanbul Fm.	Ti	Çakıl ve az pekleşmiş kum	300 - 400	300
Garipçe Fm.	Ks	Andezitik-bazalt	450 - 1100	1310
Kapaklı Fm.	PTRk	Bordo çakıltaşı- kuvars arenit	>1310	1310
Trakya Fm.	Kt	Kumtaşı-şeyl ardalanması	>1310	450

Tez kapsamında fay üzerindeki kırılmalar sonucunda olası en büyük ve en küçük riske göre 2 adet senaryo hazırlanmıştır. Yukarıdaki denklemde kullanılan veriler sonucunda ortaya çıkan sonuçlar, senaryo başlıkları altında detaylıca anlatılmış ve irdelenmiştir.

Tablo 2. PGE değerlerinin hesaplanması için kullanılan formüller ve açıklamaları

$$\ln Y = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_5 \ln(r) + b_v \ln(Vs/Va) \quad \text{(Denklem 1)}$$

$$r = (r_{cl}^2 + h^2) \quad \text{(Denklem 2)}$$

b_1	b_2	b_3	b_5	M	Va	b_v	h
0.393	0.576	-0.107	-0.899	7.2 ve 7.6	1112	-0.2	6.91

$b_{1,2,3,5}$: sabit kabul edilen parametreler

M: depremin büyüklüğü (7.2 ve 7.6 değerleri alınmıştır)

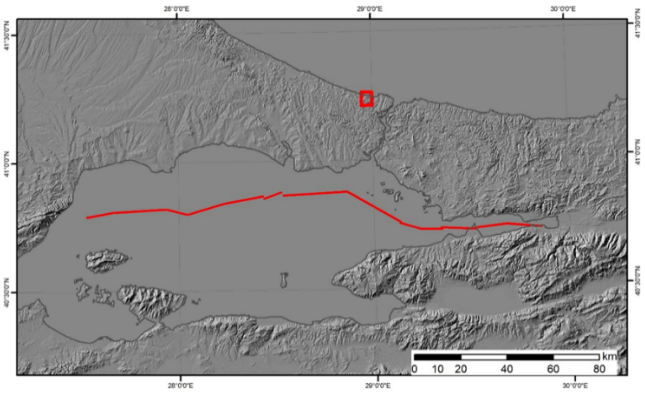
r_{cl}: depremin gerçekleşeceği yerden ilgili bölgelere olan en yakın yatay mesafe

Y: maksimum yer ivmesi (PGA)

Va: Ampirik hız, h: Ampirik derinlik

3.1 Senaryo 1

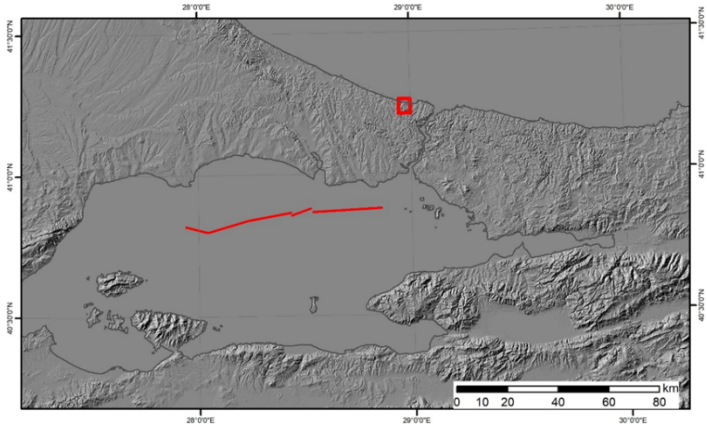
Bu bölümde Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizinin altından geçtiği kabul edilen parçasının tamamının kırılması halinde meydana geleceği varsayılan 7.6 büyüklüğündeki depremin çalışılan bölgede yaratacağı maksimum yer ivmesi (PGA) değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 1. Senaryo 1'e ait KAF'nın ve çalışma alanının konumu.

3.2 Senaryo 2

Senaryo 2'de ise ilgili fayın bir kısmının kırılması halinde, çalışılan bölge için nasıl bir risk oluşturacağı incelenmiştir. Bu kısımda ise olası büyük İstanbul depreminin büyüklüğü 7.2 olarak ele alınmıştır. Bütün veriler dikkate alındığında Alüvyon bölgesindeki risk oranını biraz düşürse de yine en dayanıksız kısım olarak kabul edilmiştir. İstanbul Formasyonu ikincil tehlike arz eden alan olarak belirlenmiş, Kapaklı ve Trakya Formasyonları ise sarsıntıya karşı en dayanıklı bölge olarak seçilmiştir.



Şekil 2. Kuzey Anadolu Fayı'nın kırılan bölümü ve çalışma alanının konumu.

4 SONUÇLAR

Bu araştırma kapsamında, İstanbul Kısırkaya Köyü ve güneyinin yaklaşık 22 km^2'lik bir alanda yapılan saha çalışmaları sonucunda elde edilen stratigrafik, yapısal ve petrografik özelliklerine göre genel jeoloji haritası oluşturulmuştur. Arazi çalışmaları boyunca alınan el örnekleri, bunlardan hazırlanan ince kesitler ve mostralardan alınan ölçümler neticesinde bölgenin yapısal jeolojisi ve evrimi hakkında bilgi verilmiştir. Tezin mühendislik kısmını ise olası büyük İstanbul Depremi sonucu çalışma alanının zemin davranışının ve risk analizlerinin belirlenmesi oluşturmaktadır.

Tez içeriğinde ele alınmış olan depremsellik çalışmalarında kullanılan topoğrafya haritaları ve ArcGIS programından yapılan hesaplamalar sonucunda, Kısırkaya Köyü ve çevresinin muhtemel büyüklüklerdeki deprem analizleri yapılmıştır. PGA verilerine göre deprem risk

analiz haritaları çıkarılan alanın, olası büyük İstanbul depreminde 3. Derece deprem bölgesinde yer aldığı gözlemlenmiştir.

Formasyonlara göre hazırlanan risk haritaları ışığında bölgedeki Alüvyon ve Neojen kaya birimleri üzerinde yer alan yerleşim yerleri için beklenen deprem öncesinde gereken hazırlıkların yapılması önerilmektedir. Trakya ve Kapaklı Formasyonları'nın ise risk oluşturmadığı ancak yine de gerekli hazırlıklara dâhil edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Arazi çalışmaları ve tezin yazım aşaması sırasında bütün sorularımızı yanıtlayan, fikirleriyle bize yol gösteren, öğütleri ve bilgi birikimiyle ufkumuzu açan ve her zaman yanımızda olduğunu bize hissettiren danışmanımız **Dr. Öğr. Üyesi Cengiz Zabcı** ve yardımlarını hiçbir koşulda esirgemeyen **Araş. Gör. Müge Yazıcı'**ya sonsuz teşekkürlerimizi borç biliriz.

KAYNAKLAR

Kalkan, E. Gülkan, P. (2004). Site-Dependent Spectra Derived from Ground Motion Records in Turkey: *Earthquake Spectra***,** *Volume 20, No. 4, pages 1111–1138, November 2004***.**

Kaya, O.ve Lys , M., 1982, İstanbulun Batı yakasında (Kilyos) yeni bir Triyas Bulgusu: *Maden Tetkik Arama Derg., 93-94, 20-26*

Özgül N. ve Diğ., 2011, İstanbul İl Alanının Jeolojisi: http://www.ibb.gov.tr

Paeckelmann, W. (1938). Geologie von Konstantinopel: *Abh. Preuß . Geol., L.-A., n.f., 168, Berlin.*

Penck, W., 1919. Grundzuge der Geologie des Bosporus*: Veröff. İnst. F. Meeresk.*

Zabcı, C. (2007). İstanbul ve Yakın Çevresinin Triyas Stratigrafisi., İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu. 7-9 Aralık 2007, Süleyman Demirel Kültür Merkezi.

PETROL VE DOĞAL GAZ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Carbon Dioxide Injection Modelling and Optimization Using a Compositional Simulator

Bileşimsel Simülatör Yardımıyla Karbon Dioksit Enjeksiyonu Modellenmesi ve Optimizasyonu

V.D. Dohmatob, H.A. Gezgin, M. Çınar (*Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul)*

ABSTRACT In this study, water flooding and miscible CO_2 flooding design were carried out for a given oil field using CMG GEM. Information about the reservoir model including fluid properties such as oil gravity, viscosity, composition, relative permeabilities, and reservoir properties such as saturation, permeability, thickness, depth, etc. were given. Total number of wells in the model was eleven; six of them were production wells drilled as a straight pattern on the highest topography while the rest were injection wells which drilled peripherally. Four different scenarios were simulated in order to predict the oil recovery factor. They include; base prediction, water flooding, CO_2 flooding, and water alternating gas (WAG) injection. The WAG process gives the most recovery factor, so it was selected to find the optimal solution parameters that gives maximum net present value (NPV) of the field using the CMOST module of CMG. The optimum solution amount was found to be $56.5 MM NPV which gives an increase of 13.6% NPV compared to the base case.

Keywords: Compositional simulator, Net present value, CO_2, WAG, Oil recovery factor

ÖZET Bu çalışmada, belirli bir petrol sahası için CMG GEM kullanılarak su basımı ve çözünür CO_2 basması tasarımı yapılmıştır. Petrolün yoğunluğu, viskozitesi, bileşimi, bağıl geçirgenlikleri gibi sıvı özelliklerini ve doygunluk, geçirgenlik, kalınlık, derinlik vb. gibi rezervuar özelliklerini içeren rezervuar modeli hakkında bilgi verilmiştir. Modeldeki toplam kuyu sayısı on bir, altı tanesi topoğrafyanın en üstünde düz bir desen olarak açılan üretim kuyuları, geri kalanı ise çevresel olarak açılan enjeksiyon kuyularıdır. Petrol geri kazanım faktörünü tahmin etmek için dört farklı senaryo modellenmiştir: baz tahmini, su basması, CO_2 basması ve su dönüşüm gazı (WAG). WAG işlemi en fazla geri kazanım faktörünü verdiğinden, CMOST kullanarak modelin maksimum net bugünkü değerini (NPV) veren parametrelerin optimal çözümünü bulmak için seçilmiştir. Optimum çözüm, baz duruma göre %13,6 artış sağlayarak 56,5 MM NPV üretmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bileşimsel simülatör, Net bugünkü değer, CO_2, WAG, Petrol geri kazanım

1 INTRODUCTION

Three basics methods account for oil production from a reservoir: primary recovery (natural drive), secondary recovery (injection of water or gas as a pressure support), and tertiary recovery method (alteration of original properties) (Lake, 1989).

Enhanced Oil Recovery (EOR) refers to the implementation of various techniques for increasing the amount of crude oil that can be extracted from an oil field. It makes use of sophisticated techniques that alter the original properties of oil (for example viscosity, temperature). There are three major types of EOR; Thermal recovery (Steam injection and In situ combustion), Gas (or Solvent) injection (for example **carbon dioxide**, natural gas or nitrogen injection) and Chemical injection (Polymer and Alkaline Flooding).

2 ENHANCED OIL RECOVERY BY CO_2 INJECTION

Under ambient conditions, CO_2 is a colorless, odorless gas and about 1.5 times heavier than air. CO_2 is (2–10 times) more soluble in oil than in water. Above critical pressures (1070.6 psia) and temperatures (87.8^{o}F), CO_2 will exist in a supercritical fluid state which is a compressible fluid and has a heavy density comparable to that of a liquid and a light viscosity that is almost gas like. Furthermore, supercritical CO_2 has both the solubility of liquids and the diffusivity of gases causing the liquidity of crude oil to increase when dissolved in it.

CO_2 flooding is a very complex system, involving phase behavior. The recovery of oil is assisted, to a varying degree, by a number of mechanisms all stemming from mixing and mass exchange between oil and CO_2 including swelling of oil, viscosity reduction, oil extraction, and solution gas drive (Salehi, 2013).

CO_2 flooding can lead to oil recovery in two manners; miscible or immiscible displacements. If reservoir pressure is higher than minimum miscibility pressure, then miscibility is achieved either by first contact or multiple contact involving the presence only one phase. Otherwise, immiscible displacement occurs which involves multiple phases (Hakim, 2009).

Four CO_2-injection strategies are used in commercial applications; slug injection, water-alternating-gas (WAG) injection, gravity-stable injection, and cyclic injection.

The screening criteria used to identify favorable reservoirs are reservoir depth, reservoir temperature, reservoir pressure, reservoir thickness, formation type, permeability, porosity, oil gravity, oil viscosity, oil saturation, and oil composition.

Possible CO_2 sources for EOR projects may include natural hydrocarbon reservoirs containing CO_2 as an impurity (generally less

than 25 percent), industrial or anthropogenic sources with wide variation of CO_2 percentage in the effluent, and natural CO_2 reservoirs (natural domes). After the capture and separation of CO_2 from the source gas, the CO2 is compressed, cooled, and transported through a pipeline to the injection well. As such, pipelines from the source to the injection sites need to be constructed. Firstly, a capture facility needs to be built at the source site to capture, dehydrate (if wet), and compress the CO_2 to the required transfer pressure. In order to do this, a CO_2 compression unit is needed. The compression unit include a CO_2 compressor, a gas dehydration unit (GDU), an inter-stage water cooling system, and a dense phase pump (Wilson, 2019).

3 CO_2 MISCIBLE FLOODING PILOT

The purpose of the project is designing a CO2 flooding for a given reservoir with comparison to waterflooding operation. Primary production is followed by waterflooding. The design of the project is based on numerical reservoir simulations performed using CMG GEM. Reservoir properties of the given oil field can be found in Table 1. The top of structure map for the given oil field and well location can be found in Figure 1. The oil composition and critical properties are found on Table 2. The reservoir oil has an API gravity of 45. Thereby describing it as a light oil. The initial oil saturation is 70 % and the original oil in place (OOIP) is 5.39 MM STB.

Table 1. Reservoir model properties.

Reservoir Properties	
Oil Saturation	0.7
Water Saturation	0.3
Formation Compressibility (1/psi)	1.39 e-5
Porosity	0.06
Permeability; I, J, and K direction (md)	105,105,52.5
Pressure (psia)	2,650
Temperature (°F)	154
API Gravity	45
Oil-water contact (ft)	4167

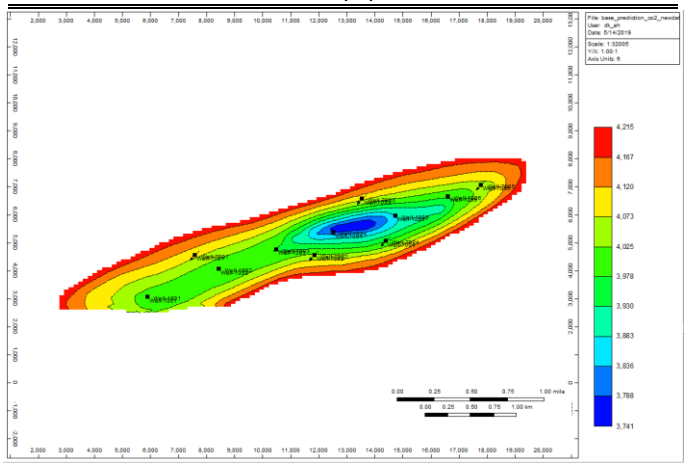


Figure 1. The grid top of the structure and well location map.

Table 2. Oil composition and critical properties.

Component	Mole Fraction	Mol. Weight (g/g-mole)	Critical Temperature (K)	Critical Pressure (atm)
CO_2	0.0002	44.01	304.2	72.8
C_2-C_4	0.22	42.82	363.3	45.4
C_5-C_7	0.2	83.74	511.56	33.76
C_8-C_9	0.13	105.9	579.34	30.91
C_{10+}	0.1994	200	788.74	21.58
N_2	0.0004	28.01	126.2	33.5
CH_4	0.25	16.04	190.6	45.4

3.1. NUMERICAL SIMULATIONS

The reservoir model was built in the simulator based on the geological information. This was done by integrating the digitized top of structure and thickness maps into the simulator. The reservoir is divided into 27500 grid blocks with orthogonal corner geometry.

There are 100, 55, and 5 grid blocks in the I, J, and K directions respectively. The reservoir also is reported to have a weak water influx thus it is supported by a water aquifer with a radius 5 times bigger than the reservoir radius defined by default values of Fetkovitch modelling method. To produce this reservoir, 4 different scenarios were carried out, and information is given in Figure 2.

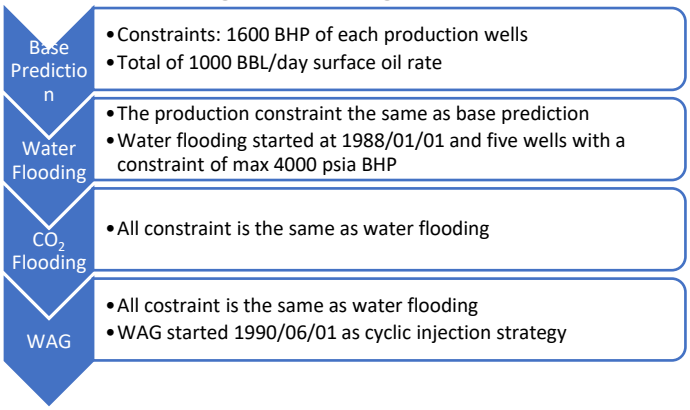


Figure 2. The applied scenarios and well event information.

The cumulative oil production and recovery factor for base prediction, CO_2 flooding, water flooding, and WAG process are 1.74 MMSTB - 32.3%, 1.93 MMSTB - 35.87%, 3.86 MMSTB - 71.6%, and 3.86 MMSTB - 71.65%, respectively as given in Figure 3 -4.

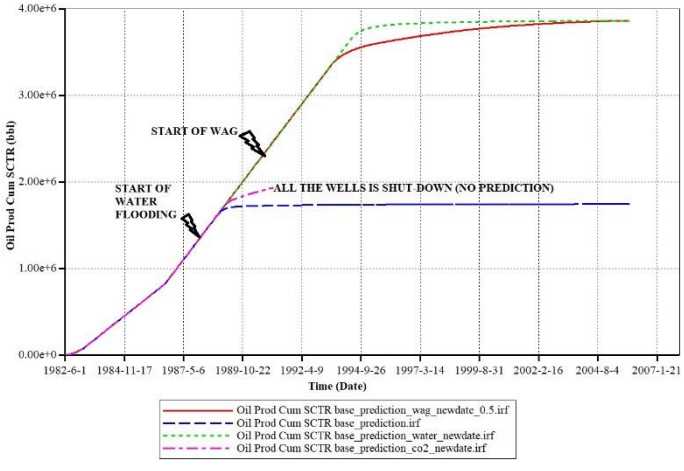


Figure 3. The cumulative oil production of four scenarios.

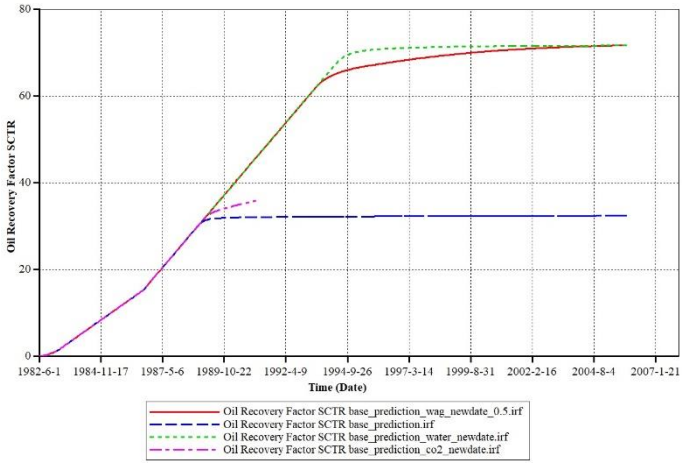


Figure 4. The recovery factor of four scenarios.

3.2. ECONOMIC EVALUATION

Cost models include amortized capital cost, operating and maintenance costs, and other costs. The quick cost assessment using empirical model and reservoir data statistics are used to compute the related CO_2-EOR costs. The annual amortized capital cost amount is $2,952,955.00. The operation and maintenance annual cost amount is $911,090. The revenue from crude oil production was assumed as 35$/bbl.

3.3.WAG OPTIMIZATION

In the optimization, four operating parameters, the CO_2 and water slug sizes, the number of cycles prior to continuous chase water injection, and starting date of WAG process will be varied to find the maximum net present value. Therefore, CMOST, objective is to calculate field NPV using 35 $/bbl for oil, -0.0094 $/ft^3 for gas, and -1 $/bbl for water values. In here, monthly production and injection rates of field and average cost of related rate is calculated above annual capital and operating cost calculation.

The best WAG process is completed using required inputs for optimization. Therefore, CMOST will create a total number of 100 simulation datasets and run them with the simulator to get the optimal solution that gives higher NPV for the case. In the analyses, effective parameters evaluation, originally defined properties of cumulative oil production, and water-gas cumulative injection for field, monthly oil, gas, and water rate for objective function are evaluated as shown in Table 4.

Table 3. Some of the experiment results.

ID	Gas cycle time	Num cycle	Start of WAG	Water cycle time	Field NPV	Oil Revenue	CO_2 COST	WATER COST	R
0	90	10	1990	90	$49.7	$71.59	-$18.3	-$3.48	F
5	75	15	1990	220	-$4.55	$74.19	-$62.6	-$16.14	F
39	**70**	**10**	**1989**	**60**	**$56.5**	**$72.37**	**-$9.75**	**-$6.08**	**T**
65	60	10	1989	90	$56.5	$72.62	-$8.42	-$7.71	F
85	60	10	1989	60	$56.4	$72.66	-$7.82	-$8.35	F

4 CONCLUSIONS

In this project CO2 flooding design was carried out. Water flooding, CO_2 flooding, and water-alternating gas (WAG) injection were carried out. WAG had the highest recovery factor of 71.65% because the alternate injection of small slugs of CO_2 decreases oil viscosity and breaks the higher carbon chain to lower ones. Also, the injected water in a cyclic manner has the ability to sustain the reservoir pressure throughout the life of the reservoir.

WAG optimization was simulated using CMOST module in order to get the maximum NPV of the reservoir. The optimal solution that gives the maximum NPV of the reservoir based on the effective parameters of WAG was found to be lower than the base case. These values were 70 and 60 days for CO_2 and water injection, respectively. The optimal solution for the total number of cycles remained the same at 10. This configuration of optimal solution results in 13.6% increase of NPV, and the amount is $ 56.5 MM. The most important parameter of WAG is the cycle date of water and it is chosen to be lower compared to base case.

5 REFERENCES

Hakim, P. R. (2009). *Miscible Displacement*. Retrieved from https://pandurahmanhakim.wordpress.com/2009/11/11/miscible-displacement-3/

Lake, L. W. (1989). Enhanced oil recovery process. In *Environment International* (Vol. 13).

Salehi, A. (2013). CO2 Injection for Enhanced Oil Recovery. Retrieved May 19, 2019, from coursework for PH240, Stanford University, Fall 2013

Wilson, A. (2019). *Surface-Facilities Design for First CO2 EOR Project in Saudi Arabia CO 2 Capture Plant*. (August 2018), 2–5.

Doğal Gaz Sahasının Geliştirilmesi Sırasında Kuyu Sayısının Üretim Performansına Etkisi

Effect of Number of Wells on the Production Performance of a Natural Gas Field During Development

İ. Hacıoğulları, H. Kıratlı, F. Türker, Prof. Dr. A. Satman, Assoc Prof. Dr. Ö. İ. Türeyen, Dr. E. D. K. Başel

Istanbul Technical University, Petroleum and Natural Gas Engineering Department, İstanbul

ÖZET

Bitirme projesinde bir doğalgaz sahasının üretim modellemesi yapılmıştır. Modelleme yapılırken Ecrin yazılımının Rubis simülatörü kullanılmıştır. Projenin ilk bölümündeki üretim farklı ve sabit kuyu başı akış basınçları ile yapılırken, ikinci bölümde üretim sabit debi ile yapılmıştır. Sabit debi, proje ömrü sonunda kuyu başı akış basınçları 10 bara olacak şekilde hesaplanmıştır. Bu çalışmada kuyu sayıları 1-2-4-8-16-32 olarak alınmıştır.

İlk bölümde, rezervuarın merkezine bir kuyu yerleştirilmiş ve bu kuyu 70, 50, 30 ve 10 bara sabit kuyu başı akış basıncı ile 25 yıl süren üretim yapmıştır. Bu verilerin ortalama rezervuar basıncı, kuyu dibi akış basıncı, debisi, toplam ürettiği gaz miktarı ve üretilen gazın toplam gaz miktarına oranı üretim faktörü incelenmiştir. Sonrasında eşit drenaj alanına sahip çeşitli sayılarda kuyular (2-4-8-16-32) kullanılarak analizler tekrarlanmış ve kuyu sayılarının etkileri araştırılmıştır.

İkinci bölümde, eşit drenaj alanına sahip 2-4-8-16-32 kuyu yerleştirilmiş ve sabit debi ile 25 yıllık üretimi incelenmiştir. Sabit debili üretim senaryosunda da ortalama rezervuar basıncına, kuyu dibi akış basıncına, toplam üretilen gaz miktarına ve üretilen gazın toplam gaz miktarına oranına olan etkileri incelenmiştir.

ABSTRACT

In this project, the production performance of a natural gas field has been modeled. Rubis simulator of Ecrin software was used for modeling. In the first part of the modeling production is achieved with different wellhead flowing pressures at 70, 50, 30 and 10 bara. In the second part of the modeling production is maintained at a constant flow rate.

In the first part, a well was placed in the center of the reservoir and this well produced with constant wellhead flowing pressures at 70, 50, 30, 10 bara for 25 years. Average reservoir pressure, wellbore flowing pressure, flow rate, cumulative produced gas and recovery factor data are analyzed. This is followed by studying the effects of different number of wells (1-2-4-8-16-32) each having equal drainage areas. Again, average reservoir pressure, wellbore flowing pressure, flow rate, cumulative produced gas and recovery factor data are analyzed.

In the second part, simulations are again performed for a project life of 25 years. However, this time with a constant flow rate. Constant flow rate has been determined through a trial and error method where the rate that provides a 10 bara wellhead flowing pressure at the end of the project life is chosen. Once again, the average rseervoir pressure, wellbore flowing pressure, cumulative gas production and recovery factor are analyzed.

1 INTRODUCTION

1.1 Properties of Natural Gas

In this subsection, various properties of natural gas are described. These properties are provided in this study because they are very important for reservoir engineering practices, such as the ones provide in this study.

1.2 Types of Natural Gas

In this section, 3 types of reservoir fluid are discussed. These are retrograde gases, dry gases, and wet gases. The classification is given based on pressure and temperature behavior.

1.3 Determination of IGIP

For a feasible development of the field, an accurate estimation of natural gas in place (G) has to be made. To calculate G, two methods are commonly used. If the porosity, bulk volume and connate water saturation of the reservoir, as well as formation volume factor of the gas are known.

1.4 Natural Gas Statistics

Increasing population, growing industry, modernizing districts and environmental consciousness cause demand for natural gas to grow every year. Generally, natural gas is used for heating buildings and generating electricity; furthermore, natural gas is used in areas and sectors.

1.5 Aim of the Study

This study deals with the development of a natural gas field. Focus is given to the analysis of production performance at various production schemes and the total number of wells that should be used to develop the field. Chapter 2 gives brief information regarding natural gas field development. This chapter provides information regarding the economics, well spacing and the various surface facilities that are used in developing a natural gas field. Chapter 3 introduces the synthetic field on which this study has been conducted. The field properties are provided along with fluid properties. Chapter 4 introduces the RUBIS model constructed to carry out the modeling study. This is followed by Chapter 5 which presents the design study. In Chapter 5, the effect of both the production scheme and the number of wells on the production performance is analyzed. Discussions are also provided. Finally, Chapter 6 gives the overall conclusions obtained from this study.

2 FIELD DEVELOPMENT

The aim of a reservoir engineer is to develop a plan to maximize hydrocarbon production within

economic and physical limits. Reservoir development studies generally include predicting all future production performance of the reservoir and of the individual wells under primary depletion and application of improved recovery methods. During the development of the plan, it should be taken into consideration which operations should be carried out for what purposes and what kind of data and information is necessary for these operations.

2.1 Surface Facilities

Natural gas contains condensate, non-condensable hydrocarbons, acid gases and water. Gas processing is separating natural gas from those fluids. A typical separation process contains five parts which are phase separation, natural gas sweetening, natural gas dehydration, recovery of natural gas liquids and gas compression.

3 PROPERTIES OF GANDALF GAS FIELD

GANDALF gas field is a synthetic field with that is used throughout the study. Composition of gas in this field is shown in **Table 3.1**.

Composition	Mole percent, %
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

The reservoir and fluid properties are given in **Table 3.2**.

Properties	Values
Fluid type	Dry gas
Reservoir Temperature, °C	68
Wellhead Temperature, °C	25
Initial Reservoir Pressure, bar	143
Specific gravity of gas	0.561
Permeability, md	100
Porosity, %	15
Reservoir thickness, m	60
Reservoir depth, m	1200
Formation compressibility, 1/bar	43.5×10^{-6}

4 MODELLING STUDY

For this sample, a well is placed in the center of the reservoir. Radial grids have been used around the well far better representation of the radial flow characteristics. Away from the well hexagonal grids have been used. In the vertical direction 5 grids have been used.

5 DESIGN STUDY

In this section the details of the design study are provided. The main aim of the design study is to analyze the effects of the production scheme and the number of wells on production performance of the field during the development stage. The analysis is performed by studying the behaviors of the average reservoir pressure, the flow rate, wellhead flowing pressure, wellbore flowing pressure, cumulative gas production and the recovery factor.

First the effects of producing at constant wellhead pressures are considered using only one well located at the center of the reservoir. Various different

wellhead pressures are used and the results are compared. This is followed by again production with constant wellhead pressure but this time using two wells each having equal drainage areas. Then the results of production with constant rate are provided with multiple wells and a comparison between them.

6 CONCLUSION

This project investigates the effect of different scenarios for developing a natural gas field. This field is called GANDALF field and it is a synthetic dry gas field. Simulations are made with the Rubis software and simulation results are examined. The aim of this project is developing natural gas field to maximize production by testing various production strategies. Simulation runs are performed at either constant wellhead flowing pressure or constant flow rate with different number of wells.

This study focuses on two newer production strategies. The first is production at constant wellhead pressure and the second is production at a constant rate. When the production at constant wellhead flowing pressure is concerned, different wellhead flowing pressures (70-50-30-10 bara) have been used and results compared. This was done for a one well case and a two wells case. When production at a constant rate is concerned, the results are compared for various number of wells (1-2-4-8-16-32).

The results obtained from this study are summarized below:

- When production at a constant wellhead pressure is concerned, decreasing the wellhead flowing pressure results in an increase in the cumulative gas produced.
- When production at a constant wellhead pressure is concerned, increasing the number of wells does not make change in the cumulative gas produced at the end of the project life. Instead increasing the number of wells results in faster production.
- When constant rate production is concerned, increasing the number of wells leads to an increased production. However, after eight wells the contribution of adding more wells is very little for production.

ACKNOWLEDGEMENT

Foremost, we would like to express our sincere gratitude to our advisors Prof. Dr. Abdurrahman Satman, **Assoc. Prof.** Dr. Ömer İnanç Türeyen, and Dr. Emine Didem Korkmaz Başel for the continuous support of our design study, for their patience, motivation, and immense knowledge. Beside our advisors, we are extremely grateful to teachers of the ITU Petroleum and Natural Gas Engineering Department for their contributions. It was a great privilege and honor to work and study under their guidance. We thank to KAPPA Engineering Company for providing RUBIS.

REFERENCES

BP, 2018a. *Energy Outlook*, 2018 Edition, London, UK.

BP, 2018b. *Statistical Review of World Energy*, 67th Edition, London, UK.

Brown, R.L., Malbrel, C., and Wines, T.H., 1994. Recent Developments in Liquid/Gas Separation Technology, 44th Laurance Reid Gas Conditioning Conference, Norman, OK.

Carr, N.L., Kobayashi, R., and Burrows, D.B., 1954. Viscosity of Hydrocarbon Gases Under Pressure. *SPE Journal*, October.

Dake, L.P., 1994. *Fundamentals of Reservoir Engineering*, 14th ed., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, p.15-31.

EPDK, 2018. *Doğal Gaz Piyasası 2017 Yılı Sektör Raporu,* T.C Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.

Gurbanov R.S., Musayeva S.A., Gurbanov Rf.S., and Ahmedov.Z.M., 2016. Advancedwell spacing system application in the development of oil and gas fields, 12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, Austria, 29-30 August.

Kappa- Ecrin, v5.12.04, 2019. Software, KAPPA Engineering SA.

McCain, W.D., 1990. *The Properties of Petroleum Fluids*, 2nd ed., PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, USA, p. 178-179.

Mokhatab, S. and Poe W.A., 2012. *Handbook of Natural Gas Transmission and Procession,* Elsevier Inc., Oxford, UK.

Osman, K. W., and Vasagam, M., 2002. Gas Sweetening Process - Problems and Remedial Measures, 10th Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, Abu Dhabi, UAE.

Speight, J.G., 2007. *Natural Gas: A basic handbook,* Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

Standing, M.B., and Katz, D.L., 1942. Density of Natural Gases. *SPE Journal*, December.

URL – 1 <http://naturalgas.org/overview/history> 20.09.2013.

Gibiluru-B Petrol Sahasının İki Rezervuarın Birlikte Üretimi İle Geliştirilmesi

Development of Gibiluru-B Oilfield by Simultaneous Production from Two Distinct Reservoirs

S. Aslancan, Y. B. Bilim, Y. Ayaydın, and İ. M. Mıhçakan
Istanbul Technical University, Petroleum and Natural Gas Engineering Department, İstanbul

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, iki rezervuarın da çiftli tamamlama ve tekli üretim ile üretilmesine karar verilmiştir. Perforasyon silahları, kullanılacak patlayıcıların tipi ve atışların yoğunlukları önceki çalışmalar baz alınarak belirlenmiştir. CMG yazılımının IMEX simülatörü kullanılarak simülasyon yapılmış ve sonuçlarına bağlı olarak doğal akış için iki rezervuarın da üretim debisine karar verilmiştir. İki rezervuardan aynı anda ayrı ayrı üretim yapılması için kireçtaşı rezervuarı 2 m^3/gün ve dolomit rezervuarı 11 m^3/gün debi ile üretime alınmıştır. Doğal akışı biten kuyulara pompa dizaynı yapılmıştır. Buna bağlı olarak ekonomik analizler yapılmış ve kuyu tamamlama maliyetleri hesaplanmıştır. Sonuçlar doğrultusunda Gibiluru-B petrol sahasında bulunan kuyulardan 13 tanesinin açılmasına karar verilmiş ve bu 13 kuyunun, rezervuarın doğal akışı ve pompa ile yapılan üretimden elde edilen gelir ile 915 gün içerisinde açılabileceği anlaşılmıştır.

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 and it was decided that the two reservoirs would be produced by double completion and single production. Perforation weapons, type of explosives to be used and the intensity of shots were determined based on previous studies. It was simulated by using CMG software's IMEX simulator and it was decided that the production flow rates for natural flow of the two reservoirs depending on the results. In order to the two reservoirs to be produced seperately at the same time, the limestone reservoir is produced with a flow rate 2 m^3/day and the dolomite reservoir is produced with a flow rate 11 m^3/day. Pump designs were made for wells that have not enogh pressure to natural flow. Accordingly, economic analyzes were performed and well completion costs were calculated. Depending on the results, it was decided to open 13 of the wells in the Gibiluru-B oilfield and it was understood that there 13 wells could be opened in 915 days with the income obtained from the production with pumping and the natural flow of the reservoir.

1 INTRODUCTION

Rod pumping is the oldest and yet the most common method of artificial lift used broadly in the oil industry. Sucker rod pump are used for production oil from the well that declined pressure and low production rate. A sucker rod is a steel rod, typically between 25 and 30 feet in length, and threaded at both ends, used in the oil industry to join together the surface and downhole components of a reciprocating piston pump installed in an oil well. The pumpjack is the visible above-ground drive for the well pump, and is connected to the downhole pump at the bottom of the well by a series of interconnected sucker rods.

2 SUCKER ROD PUMPS

Sucker rod pumping is so common and mechanically so simple. Chambers and traveling piston is characteristic components of a SRP system. The strength limit of the rods makes SRP effective for shallow or medium depths. Comparing with ESP system SRP requires relatively little training people for the operation and maintaining (Heinze and Winker, 1995).

2.1 Pumping Cycle

Basic structure of the pump consists of a working barrel or liner suspended on the tubing, the sucker rod string moved up and down with plunger inside this barrel. Sucker rod string takes the oscillating motion from the surface units. At the bottom of the working barrel there is a stationary ball-and-seat ball (standing valve) and another ball-and-seat valve (traveling valve) in the plunger (Nind, 1964).

2.2 Components of a SRP System

A SRP system consists of subsurface pump, sucker rod string, and surface pumping equipment. Tubing pump and rod pump are two main types of the subsurface pumps. Sucker rods are solid high grade steel rods which are subjected to transmit energy from the surface to the pump by running inside the tubing string. Surface pumping equipment can be exemplified as prime mover, crank arm and walking beam, pitman arm, horse's head and hanger cable, counter weight, polished rod, and wellhead. A diagrammatic illustration of a sucker rod pumping system is shown in **Figure 1**.

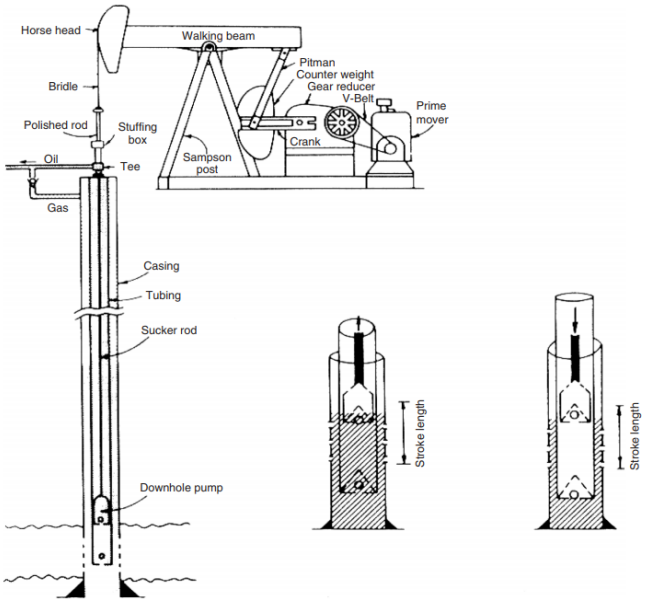


Figure 1. A diagrammatic drawing of a sucker rod pumping system.

2.3 Designing a SRP System

In order to design a SRP system several calculations have to made and differnt informations have to known such as total depth of well, fluid level from surface, fluid gravity, water cut, H2S and CO2 percentages, sand and gas presence, volumetric efficiency and production rate, pump depth, tubing size and anchored tubing, stroke length, and pumping speed.

3 GIBILURU-B OILFIELD

Gibiluru-B oilfield comprises the middle part of Greater Gibiluru field. The field, of which the map of top of structure top below the sea level is seen in **Figure 2**, is being developed to exploit two separate

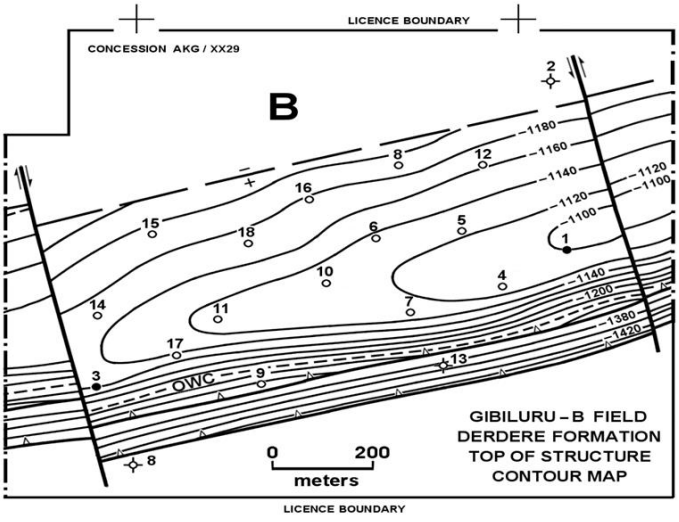


Figure 2. Derdere unit structure-top contour map (modified after Akbaş, 2005.)

3.1 Geology

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 is seen in **Figure 3**. An impermeable dolomitic shale layer separates the upper limestone (L) and the lower dolomite (D) layers.

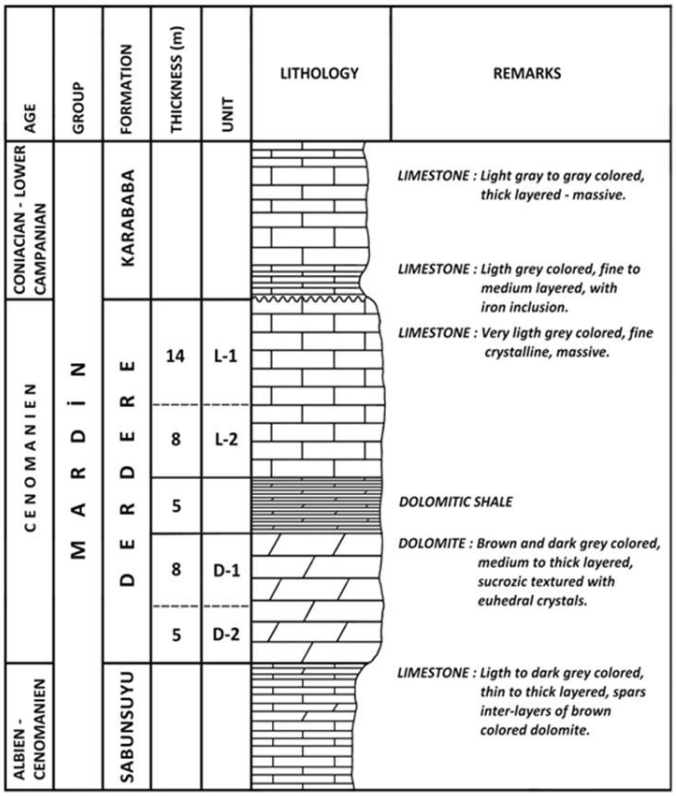


Figure 3. Derdere stratigraphic cross-section (modified from Yılmaz and Duran, 1997.)

Porosity and permeability are much higher in the upper sections (L1 and D1) of both layers, compared to their lower sections (L2 and D2.)

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 (Aslancan, et. al., 2019.)

4 RESERVOIR MODELLING AND SIMULATING

Gibiluru-B Oilfield is modeled and simulated by using CMG reservoir simulation software of Computer Modelling Group Ltd. In order to create 3D reservoir, contour map of the field is digitized by using Didger 3 georeferencing, digitizing, and coordinate conversion software of Golden Software Inc. Digitized contour map and created grid-blocks are shown in **Figure 4**. Obtained 3D representation of Gibiluru-B oilfield is shown in **Figure 5**.

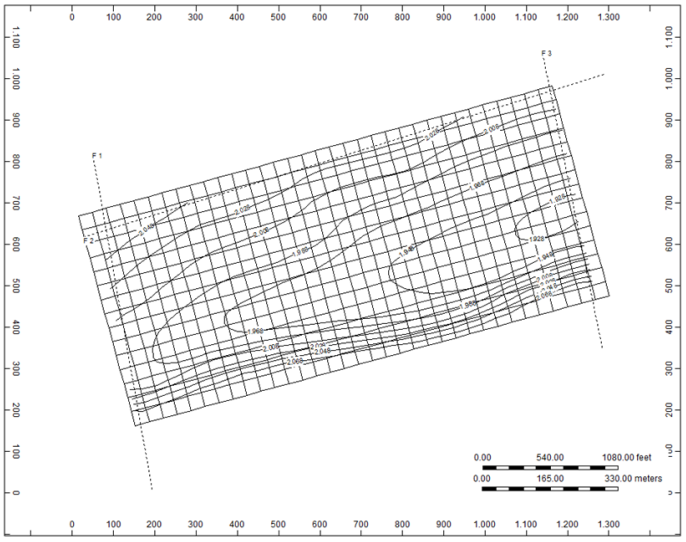


Figure 4. Field's contour map and grid-blocks.

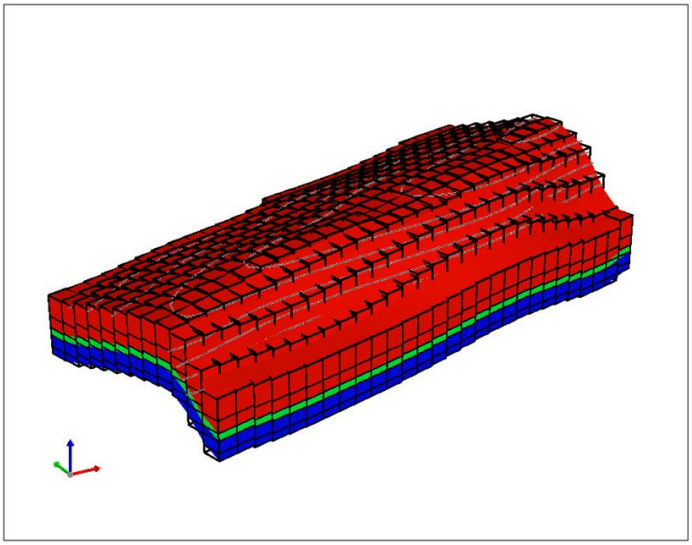


Figure 5. 3D representation of Gibiluru-B oilfield.

After comparing several case, the best option for L1 – L2 limestone layer is 2 m^3/day flow rate and 210 days production period. Likewise, the best option for D1 – D2 dolomite layer is 11 m^3/day flow rate and 450 days production. Cumulative oil production comparison of L layers is shown in **Figure 6**. Also

cumulative oil production comparison of D layers is shown in **Figure 7**.

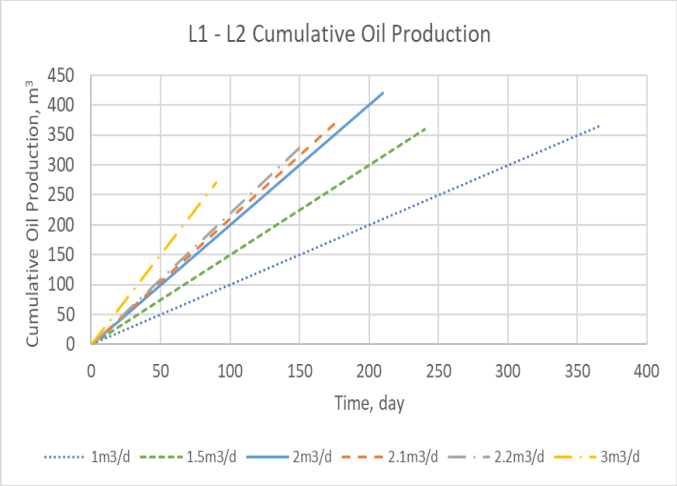


Figure 6. Cumulative oil production of L1 and L2 layers.

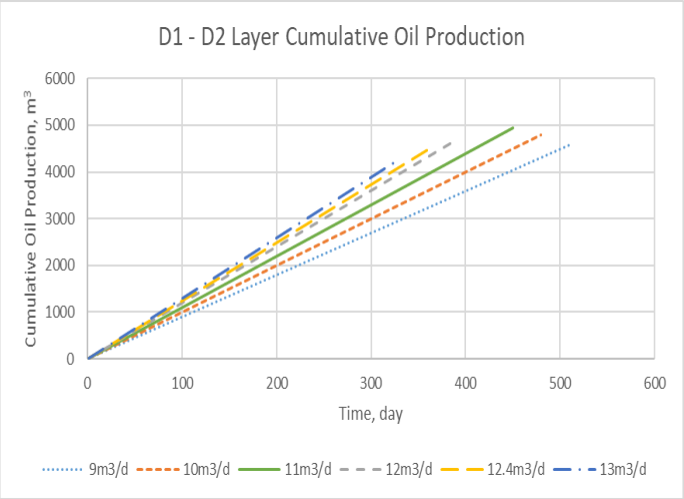


Figure 7. Cumulative oil production of D1 and D2 layers.

5 PUMP DESIGN

Two pump designs are made in this project. Properties of pumps both double completion and single completion are shown in **Table 1** and **Table 2**, respectively.

Table 1. Design criteria of first sucker rod pump.

Fluid Level,ft	6200
Pump Depth,ft	6300
Specific gravity of fluid (γ)	0.865
Desired production rate, BPD	13
Stroke Length, in	54
Pumping Speed, spm	16
Peak Polished Rod Load, lb	8564
Counterbalance Effect, lb	6435
Minimum Polished Rod Load, lb	3680
Peak Torque, lb-in	65265
Polished Rod Horse Power, hp	5.06

Table 2. Design criteria of second sucker rod pump.

Fluid Level,ft	6300
Pump Depth,ft	6400
Specific gravity of fluid (γ)	0.865
Desired production rate, BPD	82
Stroke Length, in	54
Pumping Speed, spm	16
Peak Polished Rod Load, lb	8785
Counterbalance Effect, lb	6575
Minimum Polished Rod Load, lb	6715
Peak Torque, lb-in	66815
Polished Rod Horse Power, hp	5.3

6 TOTAL COST ESTIMATION

Total costs are shown in **Table 3**, overall cost is calculated after 35% discount, OPEX (30% of CAPEX), and 12.5% royality tax.

Table 3. Total costs.

Perforations	537,216 USD
Logging Operations	209,949 USD
Tubular Strings	351,820 USD
Rock Drill Bits	182,609 USD
Other Expenditures	861,385 USD
Σ	2,142,979 USD

If oil price is 68 USD/stb, 30,435 stb (4839 m^3) of oil is needed. As the result, 371 days are required for return cost of drilling and completion.

7 CONCLUSION

A development strategy is determinated for Gibiluru-B oilfield, for both the natural flow and pumping production periods in wells. The design and information on well logs, perforations, tubular goods, and cost data were obtained and utilized from previous studies conducted on this field. In order to prevent errors, limestone layer and dolomite layer

simulated seperately by using CMG software's IMEX simulator. Double completion with single production string is configured. A cross-over sub on the production string is placed and upper limestone reservoir is produced through the tubing and upper dolomite layer is produced through the casing-tubing annulus, until the natural flow is not possible. After the natural flow is finished, production by pumping is started. Sucker rod pump designs are made. Finally, an economic analysis is accompanied the field development strategy. For every new layer, cost of drilling is calculated and according the calculations the time required for drilling thirteen (13) wells is computed. Based on this economic analysis, the development strategy would be able to permit the drilling, completion, and put on production of thirteen (13) wells in 915 days.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to express our deep gratitude to Asst.Prof.Dr. İ. Metin Mıhçakan for all contributions to the Graduation Design Project. We thank Computer Modeling Group Ltd. and Golden Software Inc. for providing simulator and software.

REFERENCES

Akbaş, C.Y., 2005. "*Determination of Flow Units for Carbonate Reservoirs by Petrophysical Based Methods*," M.Sc. Thesis, Petroleum and Natural Gas Engineering Dept., Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

Aslancan, S., Bilim Y. B., and Ayaydın Y., 2019. "*Development of Gibiluru-B Oilfield by Simultaneous Production from Two Distinct Reservoirs*" Graduation Design Project Petroleum and Nat. Gas Engineering Dept., Istanbul Technical University, Maslak, Sarıyer, Istanbul, Turkey.

CMG – IMEX, 2017. Software, Computer Modelling Group Ltd..

Golden Software Inc., Didger 3 v3.06, 2004. Software, Golden, Colorado, U.S.A..

Heinze, L. R. and Winker, H. W., 1995. Decision Tree for Selection of Artificial Lift Method, Production Operations Symposium, Oklahoma, U.S.A..

Nind, T. E. W., 1964. Principles of Oil Well Production, McGraw-Hill Book Co.

Yılmaz, E. and Duran, O., (1967) Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton ve Allokton Birimler Stratigrafi Adlama Sözlüğü "Lexicon", Eğitim Yayınları No, 31, Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı, Türkiye Petrolleri A.O., Ankara, pp. 179–18.

Ticari Simulatör Kullanımı ile Su Enjeksiyonu Tasarımı
Waterflooding Design Using a Commercial Black Oil Simulator

A.B. Kacar *, S.Kılıçkap*, M. Çınar**

**Petroleum and Natural Gas Engineering senior class students*
***Petroleum and Natural Gas Engineering Department*

İstanbul Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği, İstanbul

ÖZET

Bu mühendislik tasarım projesinde, Amerika Güney Texas bölgesinde yer alan Lower Pawelek rezevuarının jeolojik özellikleri, kayaç ve akışkan özellikleri örnek model olarak kullanıldı. Bu rezervuarda kayaç özellikleri uygun olmasına rağmen rezervuardaki doğal su itiminin düşüklüğü yüzünden rezervuar basıncı kısa sürede 400 psi civarlarında düşüş yaşadı. Buna bağlı olarak, rezervuarın basıncı korumak ve üretim miktarını sabitlemek için sahaya su enjeksiyonu yapılması planlandı. Kuyu başı günlük 250 varil ile 1,500 varil arası enjeksiyon debisi senaryoları denendi. Su enjeksiyonu yöntemini modellemek için CMG IMEX (2017.0) rezervuar simulasyonu programı kullanıldı. Her farklı durum için gelir ve giderler hesaplanarak kar ortaya çıkarıldı ve karşılaştırmalar yapıldı. Projenin sonunda ise bütün gelir-gider tabloları kullanılarak yapılan incelemelere göre en uygun model belirlendi. Ekonomik açıdan bakıldığında, bu proje için çevresel enjeksiyon dizilimine uygun olarak tamamlanan enjeksiyon ve üretim kuyuları ile her enjeksiyon kuyusu için günlük 750 varil enjeksiyon debisi en optimum senaryo olarak bulundu.
Anahtar Kelimeler: Su, enjeksiyon, CMG, rezervuar, simulasyon

ABSTRACT

In this project, Lower Pawelek reservoir, located in South Eastern Texas, is modelled with the geological, rock and fluid properties. Although, the reservoir fluid and rock properties are favorable, the pressure dramatically decreased by 400 psi from the initial reservoir pressure in a short time due to limited natural aquifer support. Therefore, to be able to maintain the pressure, and to stabilize the oil production rate, waterflooding method is planned. The injection rate of water is determined in the range between 250 bbl/day and 1,500 bbl/day. The CMG IMEX (CMG, 2017.0) simulation program was used to simulate waterflooding method on different models. In the economic analysis of this project, all income and expenses are considered and compared to each other to calculate the net profit. At the end of the project, they are shown and compared to find out the optimum case. From an economic point of view, the peripheral injection pattern with 10 injection and 15 production wells with an injection rate of 750 bbl/day is found to be the best case scenario.
Keywords: Waterflooding, CMG, reservoir, simulator

1 INTRODUCTION

1.1 Introduction to Waterflooding

Each reservoir has a unique geometry, rock properties, fluid characteristics, and a primary drive mechanism, and they have heterogeneous environments where every physical and chemical property varies in short distances. Basically, they are different from each other in terms of their recovery mechanisms, performance characteristics, rock and fluid properties, geological properties and geometry.

Waterflooding is the most common method of oil recovery. In this method, water is injected into the reservoir to displace oil to production wells and to support the reservoir pressure. Before the design of waterflooding, engineers need to understand and investigate reservoir geometry, fluid properties, reservoir depth, rock properties, fluid saturation, reservoir uniformity, pay continuity, and primary drive mechanisms.

2 PRINCIPLES OF RECOVERY METHODS AND WATERFLOODING

Oil recovery methods can be classified as primary, secondary, and tertiary (enhanced) oil recovery. Primary recovery is sufficient for only a limited amount of oil to recover from the reservoir. Natural energy of the reservoir is used for primary recovery and after a while, the energy decreases due to the production. Therefore, secondary recovery methods are applied when the natural energy of the reservoir is insufficient for oil recovery.

Waterflooding is frequently used as a secondary recovery method to increase the cumulative oil production after the primary recovery. There are many factors that affect the efficiency of the operation, and these factors should be investigated before a design of waterflooding operation.

2.1 Factors to Consider in Waterflooding

2.1.1 Geological Characteristics

The geological characteristics of the reservoir should be considered in waterflooding. Reservoir geology is playing an important role to design a waterflooding process and to develop an adequate reservoir model (Willhite,1986). Primarily, the geometry of the reservoir affects both suitability of waterflooding and the determination of location and number of injection wells. For instance, for favorable mobility and mobility ratio, engineers need to consider reservoir property and direction of flood pattern such as up-dip or down-dip.

2.1.2 Fluid Properties

The fluid properties of the reservoir are as important as the geological feature. Physical characteristics of the reservoir fluid affect the efficiency of waterflooding. The oil viscosity has an important effect on the mobility ratio which controls the sweep efficiency. Waterflooding is occasionally dismissed as an ineffective process for viscous oil fields (Beliveau, 2009). Moreover, the API gravity of oil is another fluid indicator of the oil viscositytherefore the mobility ratio will be influenced indirectly by the API gravity.

2.1.3 Rock Properties

Rock properties such as porosity, permeability, clay content, and net thickness affect the efficiency. In some sands, clay minerals may exist, and this type of sands can swell and clog the pores and challenge the fluid flow. In tight reservoirs where the net thickness is very thin, we cannot inject water at the desired rate and pressure.

2.1.4 Primary Drive Mechanisms

Primary reservoir drive mechanisms also affect waterflooding design. There are six natural drive mechanisms, as shown in Table 2.1, which are rock and fluid expansion,

solution gas drive, water drive, gravity drainage drive, and combination drive. They mainly support the natural energy of the reservoir to sustain the oil production

2.2 Determination of The Optimum Time for Waterflooding

Another important part of waterflooding is a determination of the optimum time to begin the operation. To be able to determine the optimum time for the process, engineers need to calculate some parameters that affect directly to the operation. These parameters can be classified as an anticipated oil recovery, fluid production rates, the availability of high quality water supply, the monetary investment, the expenses for water treatment, pumping equipment, maintenance and operation of the water installment facilities, and the cost of the completion of new injection wells or converting existing production wells into injection wells.

2.3 Selection of Flood Pattern

The importance of the selection of flood pattern is maximizing the contact of injected water with reservoir oil

Reservoir heterogeneity, directional permeability, direction of formation fractures, availability of the injection fluid, desired and anticipated flood life to maximize oil recovery, productivity, and injectivity are also considered before the selection of step.

Determination of the number and the location of wells form suitable flooding pattern. Irregular injection patterns, peripheral injection patterns, regular injection patterns, crestal and basal injection patterns are four main types of wells location design.

2.3.1 Irregular Injection Patterns

Every injection well affects different parts in the reservoir. In small reservoirs, because of economic and marginal reasons, some of the production wells are converted to injection wells. The variability of porosity and permeability according to the location and faulting are the cause of irregularity of the patterns.

2.3.2 Peripheral Injection Patterns

The purpose of the peripheral injection is to displace the oil to the center of the reservoir for production. In general, peripheral flood provides a maximum oil recovery with producing a minimum amount of water.

2.3.3 Regular Injection Patterns

Regular injection patterns such as direct line drive, staggered line drive, five spot, seven spot, and nine spots, are used to determine the location of injection and production wells.

In five spot, four injection wells are located at the corners of a square and a production well at the center. Likewise, the five spot, seven spot, and nine spot patterns are in the shape of central production well surrounding with six or eight injection wells

2.3.4 Crestal and Basal Injection Patterns

In crestal injection, injection wells are located at the top of the structure.

In basal injection, the fluid is injected from the bottom of the structure. Basal injection patterns are used in many of the water injection projects, due to the gravity segregation.

2.4 Fractional Flow Analysis

One of the most widely used methods of estimating the advance of a fluid displacement front in a waterflooding displacement process is the Buckley-Leverett method. The method estimates the rate at which an injected water bank moves through a porous medium.

Because the relative permeability changes with a fluid saturation, f_w should also be a function of saturation. Thus, we can form a fractional flow curve with respect to water saturation for waterflooding operations to estimate the saturation before and at the breakthrough, time of breakthrough, endpoint mobility ratio, and displacement efficiency.

By the definition of water cut and fractional flow analysis, water cut limits are 0 and 1. The water flow rate is zero when the saturation is at the irreducible water saturation and the water cut should be 0. On the other hand, the oil flow rate is zero and the water cut is 1 at the residual oil saturation, S_or. The shape of the fractional flow curve is S-shaped.

During the displacement of oil by waterflooding, due to the characteristics of fractional flow, an increase in f_w will cause a decrease in f_o and oil mobility. According to Ahmet (2010), we need to reduce the water fractional flow to reach the main objective of determining the best injection scheme.

3 WATER FLOODING DESIGN PROJECT

Twin Creek reservoir, located in Southwest Texas, is modelled for this design project. Although the reservoir oil has a high API gravity of 39.2, and low viscosity of 1.03 cp, it is far under-saturated with gas at reservoir conditions, and there is no gas cap encountered.

This condition affects the drive mechanism of the reservoir, and the pressure decline rate increases over the early production time due to the fact that there is no pressure support from a gas cap or a dissolved gas.

Another challenge of developing this field is the limited natural water drive and artificial lifting problems. Therefore, to be able to solve this problem, water injection program is considered to maintain the pressure.

According to Bowers (1950), Twin Creek reservoir has an elliptical form, low relief structure with sand formation, and it has been encountered as high as 5,663 ft subsea, original water table has been established by drill stem tests at 5,716 ft subsea, indicating a maximum oil column of 53 ft and no gas cap has been encountered.

Before the beginning of the simulation, contour maps were digitized with the reservoir depth, thickness and top of structure data and saved in a boundary atlas format (.bna) for creating a 3D model of the reservoir.

After inputting the necessary data, a 3D model with geological structure, reservoir geometry, boundaries and the shape of the reservoir was formed by the simulator. Fluid properties such as API gravity, gas gravity, water density, oil viscosity, water viscosity and fluid compressibility are needed to build a static black oil model.

After the formation of relative permeability curves, the Buckley-Leverett analysis can be used by using the relative permeability and saturation data, and the fractional flow curve is formed by considering flow directions.

The first production well, Well-1P is drilled, in the thickest zone of the reservoir, and the oil production stage started with 6,329 bbl/day of net oil production. However, the production rate dramatically decreased to average daily net production of 4,883 bbl

According to the field development plan, after the exploration and the production of huge amount of oil from the first production well, Well-1P, second well, Well-2P, was completed at the beginning of the second month with the well spacing of 1,000 ft away from the Well-1P.

Although the oil production rate and cumulative oil production are favorable in the first 10 months, due to the lack of pressure support from water aquifer, reservoir pressure declined to 2,060 psi. Therefore, in 11th month of the production, it is proposed to complete one injection well to maintain the reservoir pressure.

The reservoir has an anticline shape with a dip-angle at the bottom, and the thickness of the pay zone increases from the boundary to the middle of the relatively thick pay zone. Hence, if the peripheral injection pattern is chosen for this project, the displacement efficiency is improved and the fractional flow of water decreases.

Another important factor for waterflooding operations is the determination of optimum water injection rate.

To be able to simulate injection operation in different scenarios, for each injection well, daily injection rates were determined in the range between 1,500 bbl/day and 250 bbl/day. After simulating all cases, the optimum injection rate of each injection well was found as 750 bbl/day with an economic analysis, as shown in **Table 3.1**.

Table 3.1. Comparison of different injection rate scenarios.

Injection (bbl/d)	Revenue ($MM)	Cost ($MM)	Profit ($MM)
250	632.1	53.5	578.5
500	728.0	72.9	655.0
750	735.2	73.1	662.1
1,000	732.7	82.1	650.6
1,250	721.2	80.6	640.6
1,500	686.5	91.3	595.1

In the first 4 months of waterflooding operation, 7 injection wells were completed to support both the production rate and reservoir pressure. While completing injection wells, 2 more production wells were also completed in the thick zone of the reservoir. Finally, well blocks pressures have been stabilized around 2,050 psi since the time at which Well-1I was completed.

Furthermore, daily oil production is also affected in the positive way by the pressure support from injection wells. In the early stage of the injection operation, daily oil production had declined to 2,900 bbl/day. However, after three months from the beginning of the operation, it was stabilized around the net oil production rate of 3,500 bbl/day

At the beginning of the 3rd year, the injection well, Well-8I and production well, Well-13P, were completed to improve the oil production by focusing on the thinner zone of the reservoir. The thickness of this zone, 10ft, is almost constant from the center to the boundary of the zone, so the geometry is not anticlinal there. Because of the flat shape geometry without any dip angle structure, both five-spot and peripheral injection patterns can be used to create a waterflooding model. However, while choosing the optimum model, engineers should also consider the rate of return from the initial investments. Therefore, even if the net production could be the same at the end of each model, the model with an earlier rate of return should be applied. Moreover, to able to achieve the maximum oil production from the field, injection wells should be used in the best pattern.

Table 3.2. Comparison of different injection pattern scenarios.

Inj. Pattern	Five-spot	Peripheral
Total Cost ($MM)	60.5	73.1
Total Revenue ($MM)	715	735.2
Net Profit ($MM)	654.5	662.1

After an investigation with an economic analysis for each scenario, the peripheral injection pattern gives better oil production rates in a short term. Although the cumulative oil production in each scenario is similar to each other in a long term, waterflooding operation with the peripheral injection pattern reaches the same cumulative oil production 4 years earlier than the operation with the five-spot injection pattern, and the profit is $8MM higher so the peripheral injection pattern is preferred for this projec, as it is shown in **Table 3.2**.

4 CONCLUSION

Aim of this project is to design a waterflooding operation for a given reservoir which has limited natural pressure support. While conducting this application into several cases to find out the optimum injection scenario, CMG IMEX (CMG, 2017.0) reservoir simulation program is used. In the progress of creating the reservoir model, Twin Creek reservoir was considered, and the contour maps of the field that shows the depth and the top of structure of the reservoir are digitized for modelling.

In the simulation of the primary and secondary recovery stages of Twin Creek reservoir, several cases with various injection rates, in the range of 250 bbl/d to 1500 bbl/d, and different injection patterns, peripheral and five-spot, are conducted in the simulator to apply the best waterflooding scenario. While the development stage, all operations in the field were simulated with limitations and constraints to get reasonable results.

At the end of the project, possible incomes and expenses are calculated for each case. In conclusion, for Twin Creek reservoir, with a net profit of $662.1MM for the reference oil price case peripheral injection pattern and an injection rate of 750 bbl/d for each injection well are found to be the best option among all cases investigated by this project.

TEŞEKKÜR

Bu bitirme projesinin ve lisans öğretim hayatımızın her aşamasına verdikleri destek ve katkılardan ötürü proje danışmanımız Doç. Dr. Murat Çınar'a ve tüm İTÜ Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği akademik çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

Ayrıca Dr. Fikri Kuchuk'e bölümümüzün başta simulasyon laboratuvarına ve tüm birimlerine verdiği destekten ötürü saygılarımızı ve teşekkürlerimi sunarız.

KAYNAKLAR

Ahmed, T. H. (2010). Reservoir engineering handbook. Amsterdam ; Boston : Gulf Professional Pub.

Beliveau, D. (2009, October 1). Waterflooding Viscous Oil Reservoirs. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/113132-PA

Bowers, E. F. (1950). Performance of the Lower Pawelek Reservoir, Falls City Field, Karnes County, Texas. Journal of Petroleum Technology, (12), 335.

Willhite, G. P. (1986). Waterflooding. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers, 1986.

Ağır Petrol Sahalarında Lisans Alanlarının Birimleştirilmesi
Unitization of Heavy Oil Fields

F.G. Erdoğan*, M.U. Algül*, Ö.I. Türeyen**ve E.D Korkmaz Başel**

* Senior students

** Graduate design project advisors

Istanbul Technical University, Dept. of Petroleum and Natural Gas Engineering, Istanbul

ÖZET Bu bitirme projesinde, bir ağır petrol sahasında yapılan lisans birimleştirme işlemi tartışılmıştır. Rekabetçi yaklaşımda saha iki eşit parçaya bölünmüş ve her iki bölge farklı birer şirket tarafından işletilmiştir. Dikey kuyular kullanılarak lisans sahiplerinin performansları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda iki durum ele alınmıştır. İlk olarak, hak sahipleri sabit kuyu içi akış basıncında üretim yapmak koşulu ile, bir hak sahibinin kuyusu kendi lisans bölgesinin ortasında, akifere yakın olan diğer hak sahibinin kuyusu kendi lisans bölgesinin farklı noktalarına yerleştirilmiştir. İkinci olarak, kuyular lisans alanlarının ortalarına yerleştirilmiş ve her lisans sahibi farklı kuyu başı akış miktarları ile üretim yapmıştır. Elde edilen veriler daha sonra birimleştirilmiş paydaşçı yaklaşım ile karşılaştırılmıştır. Paydaşçı yaklaşımda her iki lisans alanınında birimleştirildiği ve tek bir saha olarak işletildiği değerlendirilmiştir. Paydaşçı yaklaşımdaki hedef, iki dikey kuyunun yerlerinin etkisini sabit kuyu içi akış basıncında üretim ile araştırmaktır. İlk durumda her iki kuyu akifer kaynağından uzağa yerleştirilmiş; ikinci durumda ise, her iki kuyu sahanın ortasına yerleştirilmiş ve son olarak kuyular akifer sınırına yakın olarak konumlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Petrol lisans alanlarının birimleştirilmesi, Paydaşçı yaklaşım, Akifer kaynağı, Sabit kuyu dibi akış basıncı, Rekabetçi yaklaşım, Dikey kuyu.

ABSTRACT In this study unitization of a heavy oil field reservoir is discussed. In the competitive approach the field is divided into two halves where each half is owned by a different company. By using vertical wells performance of the leases are compared. The comparison is considered for two cases. Firstly, the leases produce oil with constant wellbore flowing pressure where one lease's well is stayed at the center of their own lease and the other lease's which is closer to aquifer well is placed in different locations at their lease. Secondly, wells are placed at the center of the leases and each lease produced at different constant surface oil rates. Then these results are compared with unitized approach. In the cooperative approach both leases are assumed to be merged and is treated as a single field. The aim was to investigate the effects of the locations of the two vertical wells where three cases are considered with constant wellbore flowing pressure. In the first case both wells are placed at the away from the recharge source, secondly, wells are located at the center of the field and finally, wells are located close to the recharge boundary.

Keywords: Unitization of a heavy oil fields, Cooperative approach, Aquifer, Competitive Approach, Vertical Well

1 INTRODUCTION

This oil field is an oil field with 11 °API oil gravity. The reservoir in this field is recharged by an aquifer from the right side. The main aim of this thesis is to investigate unitization approach on the development of oil reservoirs. A synthetic model is built to investigate oil production from the leases. Then development strategies are tested on this model. These strategies involve two vertical wells with different well locations. All production scenarios that are discussed in this project are considered at a constant wellbore flowing pressure. The development plans are compared based on the cumulative oil and water production, flow rates and average reservoir pressure changes. Both cooperative and competitive development strategies are considered.

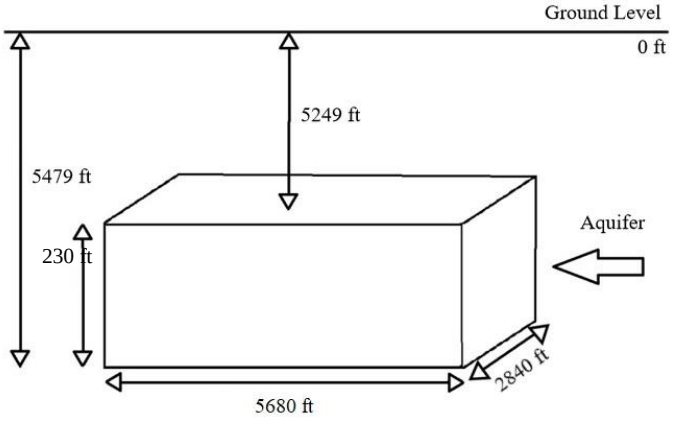


Figure 1: Reservoir of the project.

2. DESIGN STUDY

In this design, it is assumed that there exist two leases in an oil field. One of the leases is located closer to the water recharge source and the other lease is located further from the recharge source. The aim of the design study is to be able to determine an approximate production strategy. At the same time considering the competitive and cooperative strategies the design is mainly focused on where the wells should be placed. For all cases production is maintained at a constant wellbore flowing Differences between competitive and cooperative reservoir management approaches are discussed. For this purpose, it is assumed that two leases share the same reservoir.

Each one of the leases have one production vertical well. The performance of the competitive approach is shown first. Then, the cooperative approach with different well locations are discussed. Finally, comparison of competitive and cooperative cases is discussed and results are given. Throughout the entire study the wells are assumed to be opened to flow throughout the entire thickness of the reservoir. Both wells penetrate all pay zone (230 ft).

2.1. Competitive Cases

For the competitive case scenarios, the reservoir is assumed to be divided into two equal parts. The production is maintained at a fixed wellbore pressure at 500 psia for the first 3 Competitive Case and Lease B's well location effect on reservoir performance is investigated. For the other 3 Competitive Cases both Leases have drilled their individual wells to their center of the license field. Effect of different production rates of the Leases are investigated.

2.2 Cooperative Cases

For the cooperative cases the shareholders operate the field as a single operator with two vertical production wells. Productions are assumed to be at a fixed 500 psia wellbore flowing pressure. In this section effects of well locations on production are examined.

3. DISCUSSION OF RESULTS

When all cases are taken into consideration, maximum oil production is obtained in Cooperative Case 2. Therefore, maximum oil is recovered in Cooperative Case 2.

Highest amount of water is produced with Competitive Case 2. Lease B gets highest amount of oil and lowest amount of water production with Competitive Case 3 where Lease B's production well is located close to

the lease boundary. In the cooperative cases, highest amount of oil production is obtained with the Case 2 where wells are located at the center of the reservoir. Highest amount of water production is seen with the Case 3 where wells are located close to the aquifer support boundary.

Table 1: Cumulative oil and water productions for competitive cases.

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Lease A Q_o (10^6 STB)	4.15	3.98	4.02	1.25	0.5	2
Lease B Q_o (10^6 STB)	5.42	4.37	5.61	1.25	2	0.5
Lease A Q_w (10^6 STB)	0.007	0.007	0.007	0.0003	0.0002	0.0001
Lease B Q_w (10^6 STB)	10.93	31.02	2.79	0.0006	0.0006	0.0014

Table 2: Cumulative oil and water productions for cooperative cases.

	Case 1	Case 2	Case 3
Lease A Q_o (10^6 STB)	3.56	5.035	4.88
Lease B Q_o (10^6 STB)	3.56	5.035	4.88
Lease A Q_w (10^6 STB)	0.067	0.32	11.08
Lease B Q_w (10^6 STB)	0.067	0.32	11.08

CONCLUSIONS

Development scenarios are generated for a heavy oil reservoir in terms of unitization and competitive cases. Performances are given for production at constant wellbore flowing pressure of 500 psia for cooperative cases and first three competitive cases, and production at constant surface oil flow rate for last three competitive cases. The reservoir is assumed to be supported by and aquifer from right side. Schilthuis water influx model is used to define the water encroachment from the aquifer and Schilthuis constant is assumed as 10 bbl/psia-D.

Firstly, competitive approaches are presented and discussed to investigate the effect of well location of the lease which is closer to the aquifer and production with constant surface oil flow rate. Following results are obtained from this part:

• The location of production well of the lease that is closer to the aquifer support is significantly affects total oil and water production.

• In production with constant surface oil rate scenarios, lease which is closer to the aquifer gets higher average pressure in its drainage volume compared to other lease.

Secondly, cooperative cases are presented and discussed to find the cooperative case where oil production is maximized and water production is minimized. As a result of this section; highest of oil production and lowest water production are obtained when the wells are located at the center of the reservoir.

Finally, competitive and cooperative cases are compared to find the approach where oil production is maximized and water production is minimized for the leases. As a result, the cooperative approach where wells are located at the center of the reservoir is found to be the approach where oil production is really high and water production is still low.

REFERENCES

Kappa-Ecrin. (2018). Rubis Multi-Purpose Numerical Model v5.12. Sophia Antipolis, France.

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü Lojman İnşaatı Alanlarında Zemin ve Anakayanın Geoteknik Parametrelerinin Belirlenmesi

Determination of Geotechnical Parameters of Soil and Bedrock in Ayazağa Campus, Istanbul Technical University

R. Bağcı, B.T. Demir, E. Demirbağ, C. İmren
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ayazağa Kampüsü'nde bulunan İTÜ lojmanlarının yan tarafında bulunan arazi yeni lojman binalarının yapılması için uygun bir yer olarak görülmektedir. Bu bitirme projesi kapsamında, olası bir lojman binasının yapılacağı arazide ASTM 2011 International Standartları dâhilinde jeofizik yöntemlerden biri olan sismik kırılma yöntemine göre zeminin P ve S dalga hızlarının tespiti ve tabaka kalınlığı bulunarak bu araziye ait dinamik ve elastik parametrelerinin tespiti yapılmıştır. İTÜ Ayazağa Kampüsü içerisinde bulunan bu alanda sismik kırılma verileri toplanmıştır. Bir sismik hat boyunca ters, düz ve orta atış olmak üzere P ve S dalgalarının hız tespiti için toplam 14 atış yapılmıştır. Bu çalışmanın veri toplama sürecinde İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümünde bulunan 24 kanallı Oyo-McSeis170f kayıtçı cihazı, alıcı olarak 24 adet P dalgası ve 12 adet S dalgası jeofonu ve kaynak için 9 kg balyoz kullanılarak sismik kırılma verisi toplanmıştır. Bu sahada toplanan veriler, sayısal ortamda saklanarak SeisImagerTM /2D Refraction Data Analysis programında işlenmiştir. Bu programa ait olan Pickwin ve Plotrefa uygulaması kullanılarak veri işlem aşamaları tamamlanmıştır. Bu uygulamalar ile elde edilen bilgiler ile yapılması olası lojman binası zemininin dinamik ve elastik parametreleri tespit edilmiştir. Yürütülen çalışmalar sonucunda bulunan zemin parametreleri ile bölge jeolojisi birlikte yorumlanarak yapılması muhtemel lojman binası alanının özellikleri tespit edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Sismik kırılma, elastik parametre, İTÜ Ayazağa Kampüsü.

ABSTRACT In this study, the determination of the P and S waves of the ground and the layer thickness of the ground are determined by the seismic refraction method which is one of the geophysical methods in accordance with the ASTM 2011 International standards in the land where the planned building will be constructed. Seismic refraction data were collected in the planned area within the Istanbul Technical University Ayazaga Campus. In the seismic line profile, a total of 14 shots were made for the velocity detection of P and S waves, including reverse, straight and medium shots. For the P wave detection, straight and reverse throws were made, while for the S-wave detection, a straight shot was made from two different points in the pit which was excavated in the line even at the beginning of the line. In the data collection process of this study, 24-channel Oyo-McSeis170f recording device belonging to ITU Geophysical Engineering Department, 24 P waves as receiver and 12 S wave geophone and 9 kg sledgehammer for welding were collected. The data collected in this area were stored in a digital environment and processed in the SeisImagerTM / 2D Refraction Data Analysis

program. Data processing steps were completed by using the Pickwin and Plotrefa applications which belong to this program. The dynamic and elastic parameters of the floor of the residential building planned to be constructed with the information obtained by these applications were determined. As a result of these studies, the ground parameters and the geology of the region were interpreted together and the properties of the land of the building were successfully determined.
Keywords: Seismic refraction, ground parameters Istanbul Technical University Ayazaga Campus

1 BÖLÜM 1

1.1 GİRİŞ

Sismik yöntemler yeraltındaki jeolojik tabakaların durumlarını saptamada elastik dalgaların yer içinde yayılması ile ilgili fizik prensiplerine dayanmaktadır. Uygulamalı sismikte, dalgaları üreten bir enerji kaynağı, yeryüzünde bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya ve bu alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aletlerine gerek vardır. Bu düzen içinde temel prensip, enerji kaynağından yayılan ve alıcılara gelen dalgaların zamana karşı genliklerinin kaydedilmesidir (Ergin, 1961).

Bu çalışma kapsamında 9 kg balyoz kaynak olarak, P ve S jeofonları alıcı olarak ve OYO McSeis 170f 24 kanallı sismik kayıt cihazı kullanılarak sismik hat boyunca toplanan veriler, SeisImager paketi kapsamındaki Pickwin ve Plotrefa programları ile veri işlemi yapılarak tabaka kalınlıkları ve zemin elastik parametreleri hesaplanmıştır. İTÜ Ayazağa kampüsü içerisinde planlanan muhtemel lojman binası alanında, zemin elastik parametrelerinin saptanması amacıyla jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi uygulanarak araziye ait elastik parametreler elde edilmiştir.

2 ÇALIŞMA SAHASI

İstanbul ili erken Paleozoyik ile günümüz aralığında oluşmuş çok çeşitli kaya birimlerini kapsamaktadır, güncel tektonik hareketlerin etkin olduğu Marmara bölgesinde yer alan İstanbul şehri oldukça karmaşık yapısal devinimlerin izlerini taşımaktadır. Trakya formasyonu üzerinde yer alan İstanbul ili ve bu bölge genellikle derecelendirilmiş kum ve siltli killi kum karakterinde olan genç çökellere rastlanmaktadır, buraya ait yanal ve düşey fasiyelerin sık sık değiştiği ve zemin özelliklerinin değişkenlik gösterdiği gözlenmektedir (Erguvanlı ve diğ,1992).

2.1 Bölgenin Tektonik ve Jeolojik Özellikleri

Projenin yapılması planlanan bölgeye yakın çevrede birkaç noktada jeolojik arazi incelemesi yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi İTÜ Maden Fakültesi'nin ana girişinin karşısındaki otoparkta yapılmıştır. Bu noktada, istiflerin silttaşı ve kiltaşlarından ve az miktarda kumtaşından oluştuğu görülmektedir. İkinci nokta olan İTÜ Teknokent Arı 4 binasının karşısındaki yolda mostra incelemesi yapılmıştır. Burada alt karbonifer yaşlı kil ve silttaşları görünmektedir. Enerji değişiminden kaynaklı

ardalanmalı yüzeyler gözükmektedir. Tabandan üste doğru gidildikçe taneler incelmekte ve eğim atımlı fay gözlenmektedir. Kampüste arazi incelemesi boyunca 3 noktada mostra incelemesi yapılmıştır. Bu incelemelerin ardından, kampüs bölgesi karbonifer yaşlı denizel kayaçlardan ve genel olarak silttaşı ve kilttaşı tabakalanmalarından oluştuğu görülmüştür. Ayrıca bölgede çok fazla fay ve çatlakların olduğu görülmektedir.

3 YÖNTEM VE KAPSAMLAR

3.1 Sismik Yöntemler

Sismik metodun uygulama temeli sismik dalgalara dayanmaktadır. Sismik dalgaların yayınımı; dalgaların iletimi, sönümlenmesi, yutulması, yansıması, kırılması ve saçılması gibi temel fiziksel prensiplerle izah edilmektedir (McDowell, 2002).

3.1.1 Sismik Dalgalar

Çalışma cisim dalgalarının analizi ve değerlendirme aşamalarını ve sonuçlarını içermektedir. Elastik deformasyon enerjisinin kümeleri olan sismik dalgalar, deprem veya patlama gibi bir kaynaktan çıkarak dışarı doğru yayılmaktadırlar. Genellikle atışlar olarak bilinen kısa süreli dalga dizinleri sismik ölçümler için uygun kaynaklardır. Uygulama yapılırken geniş frekans aralıklarına sahip olan kaynaklar kullanılmaktadır. Kaynak yakınındaki atışların geçtiği konumlar haricinde sismik atışın geçtiği yerlerdeki deformasyonu çok küçük olmaktadır ve elastik Kabul edilebilmektedir. Bu yaklaşımdan hareket edilerek, sismik atışların hızları elastik modül ve geçtiği yerdeki malzemenin yoğunluğuna bağlıdır. Cisim ve yüzey dalgaları olmak üzere iki grup dalga vardır (Kearey ve diğ, 2002).

3.1.2 Sismik Kırılma Prensibi

Çalışma cisim dalgalarının analizi ve değerlendirme aşamalarını ve sonuçlarını içermektedir. Sismik kırılma yöntemi, yüzeye yakın sismik yöntemlerin en eski olanıdır ve çeşitli uygulamalarda sığ jeolojik arayüzlerin geometrisini haritalamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Saha kayıtlarındaki ilk varış zamanlarının doğruca okunması ile basit veri oluşmaktadır ve bu dalgaların doğru tanımlanması kritik bir öneme sahiptir. Sismik kırılma araştırması göreceli olarak basit olan saha ekipmanı ile gerçekleştirilmektedir. En az 12 kanallı sabit kazançlı sayısal sismograf ihtiyacı bulunmaktadır. Saha çalışması için jeofonlar 10-200 Hz arasında olmalıdır. Uygun kaynaklar, çekiç, küçük bir patlayıcı veya römorka monte edilmiş hızlandırılmış ağırlık düşüşü gibi tek dürtüsel tiptir. Araştırma derinliği arttıkça gerekli kaynak enerjisi artırılmalıdır (Pelton, 2012).

4 ARAZİ VE VERİ İŞLEM ÇALIŞMALARI

4.1 Ölçüm Sahası

İTÜ Ayazağa Kampüsü içerisinde muhtemel lojman binası alanında, zemin elastik parametrelerinin saptanması amacıyla jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi uygulanarak araziye ait elastik parametreler elde edilmiştir. Yeriçindeki dalga titreşimleri ve büyüklükleri bir sensör yardımıyla tespit edilmektedir. Bu sensörlere sismometre ya da jeofon denmektedir.

Modern ekipmanlarla titreşimler elektronik ortamda filtrelenebilmektedir. Bu projede P ve S jeofonları kullanılmıştır. Jeofonlar

birbirlerine sismik kablo aracılıyla bağlanmaktadır. Kullanılan sismik kayıtçı OyoMcSeis 170f marka kayıt cihazıdır. Vuruş esnasında vuruşu dakik bir şekilde kayıtçıya haber vermeye yarayan bir trigger (tetikleyici) kullanılmaktadır. Sismik kaynak olarak balyoz kullanılmaktadır. Zeminle tamamen temas kurulabilmesi için metal bir plaka bulunmaktadır. S dalgası tetkiki için gereken çukur kazma ve kürek yardımıyla kazılmaktadır. Hat boyunca konum bilgisi GPS ile tespit edilmektedir.

4.2 Ölçüm Alanında Yapılan Jeofizik Çalışmalar

Sismik yöntemlerden biri olan sismik kırılma çalışmalarından elde edilen kırılma ve yüzey dalgalarının görüntülenmesini, işlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Kırılma verilerinin ilk varış zamanlarının işaretlenmesinde Pickwin ve ilk varış zamanı verilerinin değerlendirilmesinde Plotrefa modülü kullanılmıştır (Şenkaya, 2009).

4.3 Veri İşlem Aşamaları

İTÜ Ayazağa Kampüsünde muhtemel lojman binası alanında, zemin elastik parametrelerinin saptanması amacıyla jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi uygulanarak araziye ait elastik parametreler elde edilmiştir. Bu yöntem ASTM standartlarına (ASTM D5777 - 00, 2011) göre uygulanmıştır. Çevre koşulları (çalı,ağaç vb) düşünülerek hatlarının başlangıç ve bitim noktaları belirlenmiştir. Şerit metre ile 4 metre ofset baştan ve sondan verilerek profil boyu 50 metre olarak kararlaştırılmıştır. Toplamda aynı hat üzerinde 10 atış yapılmıştır ve 10 adet veri dosyası elde edilmiştir.

4.4 Tabaka Kalınlığı ve Hız Tespiti

Profillerin tabaka derinlik (kalınlık) hesabı Excel programında ampirik olarak hesaplanmıştır.

$$h = x \div 2 \times (\sqrt{(V_2 - V_1) \div (V_2 + V_1)}) \qquad (4.1)$$

x=Kırılmanın olduğu jeofon uzaklığı

Profil boyunca birinci tabaka derinliği bu hesaplamanın sonucunda yaklaşık olarak 9,64 m arasında çıkmaktadır. Birinci profilin hız değerleri Pickwin hız analizinden okunarak yaklaşık olarak birinci tabaka için P dalga hızı 537 m/sn, ikinci tabaka için 2495 m/sn olarak belirlenmiştir. Birinci tabaka için S dalga hızı 239 m/sn, ikinci tabaka için 1038 m/sn belirlenmiştir.Bu hesaplamalar sonucunda çıkan değerler aşağıda tablodaki gibidir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Profilin P ve S dalga hızlarından elde edilen zemin parametreleri.

Zemin Parametreleri	Birimi	1. Tabaka	2. Tabaka
Boyuna Hız (Vp)	m/s	537	2495
Enine Hız (Vs)	m/s	239	1038
Kalınlık (h)	m	9,64	
Sismik Hız Oranı(Vp/Vs)	-	2,247	2,404
Tabaka Yoğunluğu	gr/cm^3	1,493	2,191
Kayma (Shear) modülü (G, μ)	k/cm^2	852,415	23606,0889
Bulk modülü (K)	k/cm^2	3166,769	104911,415
Zemin Taşıma Gücü (qu)	k/cm^2	3,567	22,742
Zemin Emniyet Gerilmesi(qem)	k/cm^2	1,587364931	9,461358277
Elastisite (Young) Modülü €	k/cm^2	2346,688	65877,259
Poisson oranı (σ)	-	0,3765	0,395

5 SONUÇLAR

Ölçümlerin yapıldığı çalışma alanı içerisinde bir profil boyunca Excel programı üzerinde formüller girilerek hesaplanan zemin dinamik

elastik parametreleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda çıkan değerler aşağıda tablodaki gibidir

Bu ortalama hız değerlerini ve tabakalarını göz önünde tutarsak zemin parametreleri tablosu (NEHRP) üzerinde zeminin sınıflandırılması hususunda B grubuna girdiğini, yerel zemin sınıfı içerisinde ise Z1 grubuna girdiğini görmekteyiz. Sonuç olarak, yapısal açıdan oldukça masif, güçlü, sökülebilirliği az ve yapıya uygun bir temel kaya bulunduğu gözlemlenmektedir.

TEŞEKKÜR

İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde bulunduğumuz, lisans öğrenimi süresi boyunca, bilimsel bilginin ve teknolojinin toplum ve ülke yararına kullanılması konusunda teorik ve pratik eğitimler anlamında bize öğretici, yardımcı ve destekçi olan sevgili saygı değer öğretim üyelerimize başta bitirme projesi danışmanlarımız **Dr. Öğr. Üyesi Caner İMREN'e** ve **Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ**'a, **Prof. Dr. Hülya KURT**'a, **Doç. Dr. Turgay İŞSEVEN'e Prof. Dr. Argun KOCAOĞLU**'na ve **Araş. Gör. Beril KARADÖLLER**'e, ayrıca adı geçmemiş ancak bizlere hakkı geçen emek vermiş tüm okul öğretim üyelerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ASTM International, 2011. Guide For Using The Seismic Refraction Method For Subsurface Investigation, Designation: D5777-00, World Trade Organization, Doi:10.1520/D5777-00r11e01.

Bowles, J. E., 1984. Physical And Geotechnical Properties Of Soils, Mcgraw-Hill.

Butler, D.K., 2005. Near Surface Geophysics , SEG, s. 229-235.

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.tr adresinden alınmıştır.

Ercan, A., 2001. Deprem Yapıyı Nasıl Yıkar? Yer Araştırmalarında Zemin Emniyet Gerilmesi Ve Yer İvmesinin Önemi Nedir? Kuzeybatı Anadolu Karesi Bölgesi Jeofizik Toplantısı, TMMOB Jeofizik Müh. Odası, Balıkesir, 32-35.

Fahjan, Y. M., 2008. Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi Ve Ölçeklenmesi. İMO Teknik Dergi, 292, 4423-4444.

Kaya, O., 1971. İstanbul'un Karbonifer Stratigrafisi, Ege Üniversitesi, Doktora Tezi Fen Fakültesi Jeoloji Kürsüsü, İzmir.

Kaya, O., 1971. İstanbul'un Karbonifer Stratigrafisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., XIV-2, 143-199.

Kearey, P.,Brooks, M., &Hill, I. 2002. An Introduction to Geophysical Exploration [Jeofizik Aramalara Giriş] (3rd Ed.). New York, NY: John Wiley&Sons.

Keçeli, A., 1990. Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi Ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik Cilt: 4, Sayı: 2, 83-92.

Keçeli, A., 2009. Uygulamalı Jeofizik Zemin Etüdleri, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları No:9, S.28, Ankara.

Keçeli, A ., 2016. Sismik Yöntem İle Zemin Taşıma Kapasitesi Ve Oturmasının Saptanması. Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 9 (1), s. 23-41.

Lowrie, W. 2007. Fundamentals Of Geophysics(2nd Ed.), Cambridge University Press The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, s. 130-180.

Mcdowell, P. W., Baker R.D., Butcher, A.P., Vd. 2002. Geophysics İn Engineering Investigations, s. 74-91.

Özgül, N. 2011. Trakya Formasyonu. İstanbul İl Alanının Jeolojisi. 16-17. 26 Mayıs 2018 tarihinde http://www.ibb.gov.tr sitesinden erişildi.

Özgül, N., 2011. "İstanbul İl Alanının Jeolojisi", İBB Deprem Ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul Kent Jeolojisi Projesi, s. 84.

Pişen, S., & PEKŞEN, E., 2016. Sığ Zeminler İçin Farklı Yöntemlerden Elde Edilen Zemin Emniyet Gerilmesi Değerlerinin Karşılaştırılması.

Reynolds, J. M., 1997. An Introduction To Applied And Environmental Geophysics, New York, NY: John Wiley&Sons., s. 210-225.

Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., & Keys, D. A. , 1976. Applied Geophysics, 860.

Yiğiter, N., 2008, Isparta Çünür Bölgesinde Yüzey Dalgası Yöntemi İle Zemin Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

http://www.mustafasenkaya.com/blog/wpcontent/uploads/pickwin_plotrefa_kilavuz_p.pdf

İTÜ Maslak Yerleşkesinde Yamaç Duraysızlığı olan Alanların Yeriçi Sismik Hız Yapısının İncelenmesi

Investigation of the Velocity Structure of the Shallow Crust Beneath the Locations with Slope Instability in İTU Campus Area

C. Aydınlar, D. Tolungüç, R.B. Fincan, K. Fırtana-Elcömert, B. Karadöller, A. Boztepe-Güney, T. İşseven
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,34469 Maslak İstanbul

ÖZET Bu çalışmada, İTÜ Maslak yerleşkesinde yamaç duraysızlığı olan üç sahaya ait yeriçi P-dalgası sismik hız yapısı, sismik kırılma yöntemi (ASTM D6429 standartları) ile incelenmiştir. Hedeflenen maksimum araştırma derinliği 10 m'dir. Profillerin uzunluğu arazi koşullarına göre hedeflenen araştırma derinliğinin yaklaşık beş katı olacak şekilde düzenlenmiştir. Yanal ve düşey P-dalgası hız değişimlerini saptayabilmek için her bir profilde düz, ters ve orta olmak üzere 2'şer kez atış yapılmıştır. Atış aralığı her profilin başında ve sonunda 2-4 m olarak seçilmiştir. Veri toplama aşamasında İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne ait 14 Hz'lik 24 adet jeofon, 1 adet Oyo-McSeis170f kayıtçı ve 8 kg'lık balyoz sismik enerji kaynağı (ASTM D5777 standartları) olarak kullanılmıştır. Her sahada 2'şer profil olmak üzere toplamda 6 profil boyunca sismik kırılma verisi toplanmıştır. Sismik kırılma verilerinde P-dalgası ilk varışları SeisImagerTM /2D Refraction Data Analysis programının Pickwin modülü ile okunmuş ve Plotrefa modülündeki tomografi yöntemi ile 2 boyutlu P-dalga hızı ve derinlik modelleri oluşturulmuştur. Çalışılan üç saha için elde edilen P-dalgası sismik hız derinlik modellerinde görece düşük P-dalga hızlı olan bölgeler incelenen sahaların jeolojik özellikleri ile birlikte değerlendirilerek yamaç duraysızlığı olan alanlar olarak belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yamaç Duraysızlığı, Sismik Kırılma Yöntemi, Tomografi

ABSTRACT In this study, the seismic P-wave velocity structure of the shallow crust beneath three locations with slope instability in Maslak Campus of İstanbul Technical University is investigated by the seismic refraction method (ASTM D6429 standards). The targeted research depth is 10 m. The lengths of profiles are designed as approximately five times to the targeted research depth depending on the field conditions. Forward, reverse and middle shots for each profile are made for each profile and repeated times to detect the lateral P-wave velocity variations. The offset is between 2-4 m at the beginning and the end of each profile. Oyo-McSeis170f seismic recorder, 24 geophones with 14 Hz and 8 kg sledge-hammer as a seismic source (ASTM D5777 standards) belonging Geophysical Engineering Department of İTU were used in the data acquisition step. The seismic refraction data were collected along total 6 profiles for three locations. The first arrivals of the P-waves on the seismic refraction data are picked by Pickwin module and 2-D velocity depth models are determined by tomography method of Plotrefa module of SeisImagerTM /2D Refraction Data Analysis software.The relatively low P-wave velocity sections of the velocity depth models determined for three locations and their geologic properties are interpreted together and the potential slope instabilities are defined.

Keywords: Slope Instability, Seismic Refraction Method, Tomography

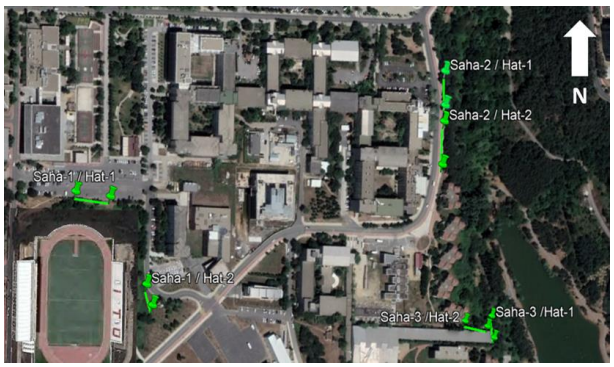
1 GİRİŞ

Bitirme Çalışması kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak kampüsü içerisinde yamaç duraysızlığı olabilecek bölgelerde sismik kırılma çalışması yapılmıştır. Sismik kırılma çalışmalarından ilki İTÜ Stadyumunun yanında yer alan otoparkın tam kenarında, ikincisi Kimya ve Metalurji Fakültesinin yanındaki ana yol kenarında ve üçüncüsü ise Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesine ait laboratuvar binasının konumlandığı alanda gölet vadisinin tepesinde yer almaktadır. Yamaç duraysızlığı gözlenen bu üç bölgede sismik kırılma çalışması yapılmasının amacı, yüzeyde gözlenen yamaç duraysızlığının yanal ve düşey yayılımını saptayarak can ve mal kayıplarına sebep olabilecek boyutta olup olmadığının incelenmesidir.

Çalışmada kullanılan sismik kırılma yöntemi, problemi inceleyebilmek için en başarılı ve en ekonomik jeofizik yöntemlerindendir (ASTM D6429 standartları). Çalışma sonucu elde edilen hız-derinlik modellerindeki düşük P-dalga hızlı yerler yamaç duraysızlığına sebep olabilecek gevşek kayaçların yatay ve düşey dağılımına işaret etmiştir. Yeraltı hız-derinlik modeli araştırılmasında kullanılan sismik kırılma yöntemi ASTM D5777 standartlarına göre uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, zemin güçlendirme yönteminin seçilmesinde ve inşa edilmesi gereken istinat duvarının yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

2 SİSMİK KIRILMA SAHA ÇALIŞMASININ TASARIMI

İTÜ Maslak kampüsü içerisindeki arazide 3 lokasyonda yamaç duraysızlığı potansiyeli olan alanlar belirlenmiştir (Şekil 2.1). Bu alanların altındaki sismik P-dalga hızının yanal değişimlerinin ve temel kaya seviyesinin saptanması yamaç duraysızlığı olan alanların belirlenmesi için gereklidir. Bu parametreleri en iyi ve en ekonomik olarak belirleyecek olan yöntem sismik kırılma yöntemidir (ASTM D6429). Çalışmada hedeflenen araştırma derinliği yaklaşık 10 m'dir. Bu hedefler gözönünde tutularak ASTM D5777 standartlarına uygun olarak profil boyları (30-50 m), jeofon aralıkları (1-2 m), jeofon tipleri (14 Hz, düşey) ve sayıları (24 adet), sismik kaynak tipi (8 kg çekiç) ve atış alıcı düzenleri (düz, ters ve orta atış) ve ofsetler (2-4 m) tasarlanmıştır. İncelenen alanlarda sorunlu arazi koşulları (yamaç kenarı, yol kenarı, istinat duvarına yakınlık, otoparka yakınlık, insan kaynaklı gürültü vb) olduğundan her sahada 2 profil kullanarak veri kalitesi kontrol edilmiştir. Veri toplama süresi içerisinde olabildiğince gürültü kaynaklarının etkisini minimuma indirecek tedbirler alınmıştır.



Şekil 2.1: Sismik Kırılma Verilerinin Toplandığı Profillerin Konumu.

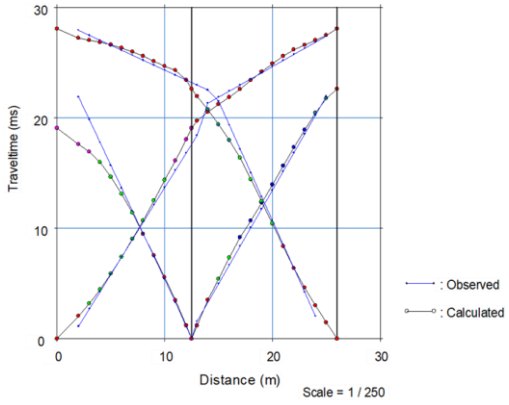
3 SİSMİK KIRILMA VERİLERİNİN TOPLANMASI ve DEĞERLENDİRİLMESİ

Sismik kırılma verileri çalışmada kullanılan OYO 170 F sismik kayıt cihazının kendi kayıt formatı olan OYO170f.sx ile kaydedilmiştir. Düz, orta ve ters atışlar ikişer kere tekrarlanmıştır. Bunlardan sinyal/gürültü oranı yüksek olan kayıtlar değerlendirmeye alınmıştır. Veri örnekleme aralığı 0.1 ms ve her atış için kayıt uzunluğu 200 ms olarak belirlenmiştir. İnsan ve çevre kaynaklı gürültüleri verilerden başta atabilmek için 50 Hz'lik Notch filtresi uygulanmıştır. Kayıtlarda kaynağa farklı uzaklıklardaki jeofonlarda kayıdedilen genlikleri dengelemek için uzaklığa bağlı olarak genlik kazancı uygulanmıştır. Sismik kırılma verilerini değerlendirebilmek için SeisImagerTM /2D Refraction Data Analysis yazılımı kullanılmıştır. Sismik kırılma verilerinde düşük sinyal/gürültü oranının profillerin bir kısmında ilk varışların piklenmesini zorlaştırdığı gözlenmiştir.

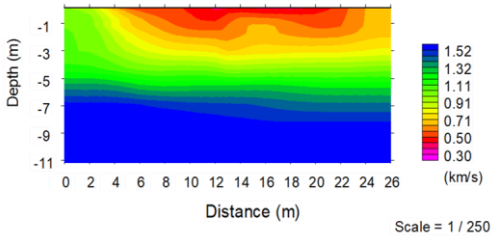
Kayıtların frekans sprektrumlarına baktıktan sonra 200 Hz sonrası filtrelenmiştir. Filtrelenmiş veri kayıtları üzerinde Pickwin modülü kullanarak P-dalgası ilk varışları piklenmiştir. P-dalgası ilk varışlarını değerlendirmek için incelenen problemde yanal hız değişimlerinin belirlenmesi hedeflendiğinden tomografi

yöntemini uygulayan Plotrefa modülünü kullanılmıştır.

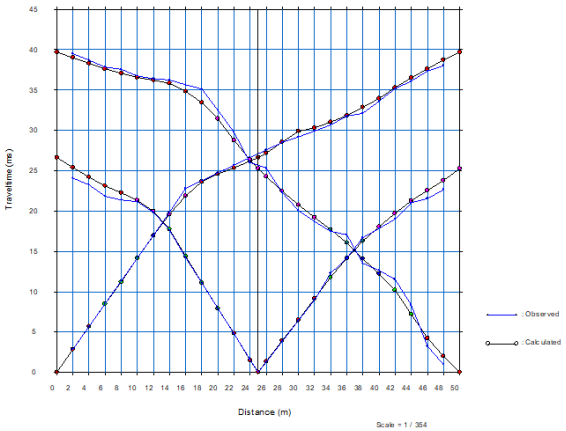
Saha-1 Hat-2, Saha-2, Hat-1 ve Saha-3, Hat-1 boyunca sismik kırılma verilerinin değerlendirilmesinden elde edilen yol zaman grafikleri ve hız derinlik modelleri sırası ile Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir.



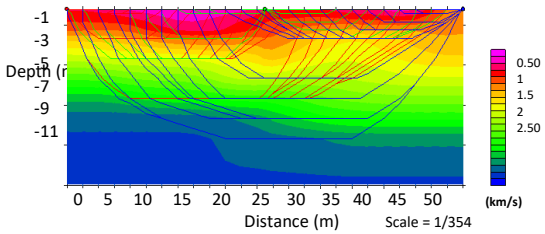
Şekil 3.1: Saha-1, Hat-2 gözlemsel ve hesaplanan P-dalgası ilk varış okumalarından elde edilen zaman uzaklık grafiği.



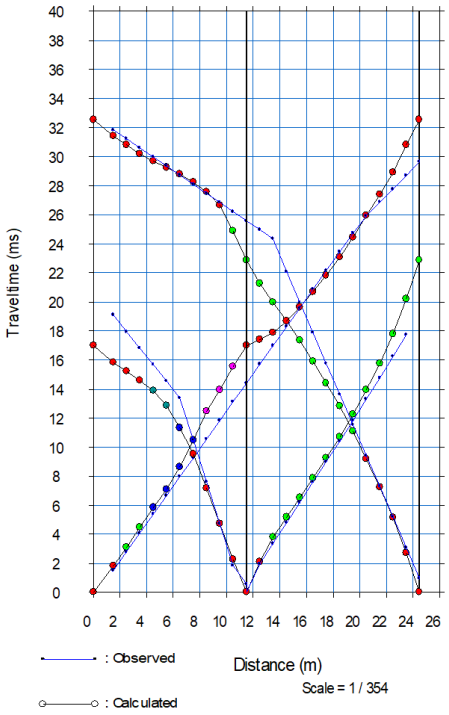
Şekil 3.2: Saha-1, Hat-2 P-dalgası hız-derinlik modeli.



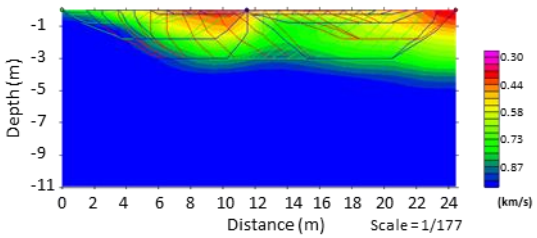
Şekil 3.3: Saha-2, Hat-1 gözlemsel ve hesaplanan P-dalgası ilk varış okumalarından elde edilen zaman uzaklık grafiği.



Şekil 3.4: Saha-2, Hat-1 P-dalgası hız-derinlik modeli.



Şekil 3.5: Saha-3, Hat-1 gözlemsel ve hesaplanan P-dalgası ilk varış okumalarından elde edilen zaman uzaklık grafiği.



Şekil 3.6: Saha-3, Hat-1 P-dalgası hız-derinlik modeli.

4 SONUÇLAR

Saha-1, Hat-2 İTÜ Stadyumunun Fen Bilimleri Enstitüsüne bakan yamacının kenarındadır. Hat-2 boyunca toplanan

sismik kırılma verilerinin P-dalgası ilk varışlarından tomografi yöntemi ile elde edilen P-dalgası hız-derinlik modeli Şekil 3.2'de verilmiştir. Hesaplanan hız-derinlik modeli için RMS hata değeri 0.899 ms'dir. Saha-1, Hat-2'ye ait P-dalgası hız-derinlik modeli (Şekil 3.2) incelendiğinde minimum P dalga hızı 0.5 km/s maksimum P dalga hızı 1.52 km/s'dir. P-dalga hızı 1.52 km/s olan temel kayanın derinliği 6-7 m'dir. Profilin sonuna doğru ana kaya derinliği yaklaşık 1 metrelik bir artış göstermektedir. Temel kayanın üzerinde P-dalga hızı 0.5-1.32 km/s arasında olan jeolojik formasyonlar içinde P-dalga hızı 0.5-0.6 km/s olan iki zon bulunmaktadır. Bunlar profilin 12. metresinde ve 20. metresinde 2 m derinliğe kadar ulaşan ~ 9 m genişlikli ayrışmış iki zondur.

Saha-2, Hat-1 İTÜ Kimya ve Metalurji Fakültesi binasının yan cephesinin baktığı araç yoluna parallel uzanan yaya kaldırımının yer aldığı gölet vadisinin tepesindedir. Hat-1 boyunca toplanan sismik kırılma verilerinin P-dalgası ilk varışlarından tomografi yöntemi ile elde edilen hız-derinlik modeli hız-derinlik modeli Şekil 3.4'de verilmiştir. Bu model için hesaplanan RMS hata değeri 0,640 ms'dir. Saha-2, Hat-1'e ait tomografi sonuçlarına (Şekil 3.4) göre, P-dalga hızı 2,22 km/s olan jeolojik yapı profilin başında 11 m derinlikten başlayarak profilin sonunda 15 m derinliğe ulaşmaktadır. Bu yapının üzerindeki jeolojik formasyonlarda P-dalga hızı 0.5-2 km/s arasında değişmektedir. Profilin 16. metresinde P-dalga hızı 0.5 km/s olan, 2 m derinliğe inen 14 m genişliğinde ayrışmış zon yer almaktadır.

Saha-3, Hat-1 İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesine ait laboratuvar binasının konumlandığı alanda gölet vadisinin tepesinde yer almaktadır. Hat-1 boyunca toplanan sismik kırılma verilerinin P-dalgası ilk varışlarından tomografi yöntemi ile elde edilen hız-derinlik modeli Şekil 3.6'de verilmiştir. Bu model için hesaplanan RMS hata değeri 1,61 ms'dir. Saha-3, Hat-1'e ait tomografi sonuçlarına göre (Şekil 3.6) P-dalga hızı 0.94 km/s olan yapı profilin başında yüzeylenip, profilin sonuna doğru 4 m derinliğine ulaşmaktadır ve ondülasyonlu bir geometriye sahiptir. Bu jeolojik yapının üzerinde P-dalga hızları 0.4-0.87 km/s arasında değişen jeolojik formasyonlar yer almaktadır. Yüzeye yakın iki yerde P-dalga hızı 0.4 km/s olan ayrışmış zonlar gözlenmektedir. Bunlardan ilki profilin 10. metresinde derinliği 1 metreye inen 4 m genişlikteki ayrışmış zondur. Diğeri ise profilin 20. metresinde derinliği 1 metreye inen 2 m genişlikli ayrışmış zondur. İnceleme alanlarındaki ayrışmış zonlar (Bozkurtoğlu vd., 1996) yamaç duraysızlığı kapsamında değerlendirilmeli ve elektrik yöntemlerle desteklendikten sonra gerekli önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

ASTM D5777-00, 2011. e1, Standard Guide for using the seismic refraction method for subsurface investigation, ASTM International West Conshohecken, PA, 2011, www.astm.org.

ASTM D6429-99, 2011. e1, Standard Guide for selecting surface geophysical methods, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011, www.astm.org.

Bozkurtoğlu, E., Yazıcı, 1996. İTÜ Kampüs alanındaki kayaçların yüzey pürüzlülüğü- günün görüntü analiz yöntemi ile araştırıl- ması İTÜ Yüksek Lisans Tezi, 182 s.

Batı Anadolu, Foça Açıklarında Toplanan Çok Kanallı Bir Sismik Yansıma Verisinin İşlenmesi ve Yorumlanması

The Processing and Interpretation of Multi-Channel Seismic Reflection Data Collected offshore in Foça, Western Anatolia

İ.H. Sarıçam, N. Ocakoğlu
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu bitirme projesinde Batı Anadolu'da Foça açıklarında alınan çok kanallı bir sismik yansıma verisi üzerinde veri işlenmesi ve yorumlanması yapılmıştır. Veri işleminin tüm basamakları detaylı olarak anlatılmıştır. Tüm veri işlem Paradigm şirketinin Echos isimli sismik veri işlem programı üzerinden yapılmıştır. Verinin yorumlanmasında o bölgede çalışılmış diğer araştırmalardan, kuyu verilerinden ve verilerin sismik nitelik analizlerinden yararlanılmıştır. Sismik veri işlem sırasında verinin veri işlem programına aktarılmasından sonra bozuk izlerin ayıklanması, istenmeyen varışların kesilmesi ve gürültülerin giderilmesi için atış veri grupları filtrelenmiştir. Daha sonra veriye CDP verisi oluşturma, sismik hız analizi ve sismik göç veri-işlem adımları uygulanmıştır. Sismik stratigrafik ve yapısal yorumlama için göç uygulanmış sismik hatta sismik nitelik analizleri yapılmıştır. Yapılan yorumlamalar hat boyunca sahada yeraltında iki farklı çökel istifin depolandığını ve bu sismik ünitelerin çok sayıda aktif yanal atımlı yer yer normal bileşenli faylarla deforme edildiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Sismik veri işlem, Çok kanallı sismik yansıma verisi, Sismik yorumlama.

ABSTRACT In this graduation project, data processing and interpretation on a multi-channel seismic reflection data obtained from offshore in Foça was conducted. All steps of data processing are explained in detail. All data processing is done via Paradigm's Echos seismic data processing program. In the interpretation of the data, previous studies, well data and attribute analysis of the data were used. After the data was transferred to the data processing program during the seismic data processing, the shot data groups were processed to remove the noisy traces, cut the unwanted arrivals and filter noisy frequencies. The data were then subjected to CDP data generation, seismic velocity analysis and migration data-processing steps. Seismic attribute analyzes were performed for seismic stratigraphic and structural interpretations. The interpretations showed that two different sedimentary packages were deposited in the field along the profile and that these sequences were deformed by several active strike slip faults with some normal components offshore Foça.

Keywords: Seismic data processing, Multi-channel seismic reflection data, Seismic interpretation.

1 INTRODUCTION

Subsurface can be imaged by using geophysical methods. Seismic reflection is one of the most useful method for imaging subsurface up to 10 kilometers. Survey area does not restrict the seismic reflection method whether land or marine it can be applicable. Underground formations, tectonism and field geology can be understood and mineral, ore and oil explorations can be done by using seismic reflection method. Data collected by seismic reflection is a kind of seismic response of underground in time domain. The seismic data provides information about complex subsurface structures. However, the subsurface structures are not provided directly by collected data. The data must be processed to display better image of subsurface.

In this work, marine seismic reflection data collected offshore of Foça/İzmir in 2000 by MTA was processed by using Paradigm's Echos seismic processing software. All data

processing steps are presented and output of each step was compared with previous steps to show changes of the data. Besides, interpretation of the processed data was done by considering field geology.

2 FIELD GEOLOGY

Study area in this work is located at the Gulf of İzmir. Erdoğan (1990) states that there exist three different paleo-tectonic belts exist in study area. These belts are lower Eocene aged metamorphic Menderes massive, Campanian aged sedimentary rocks and İzmir-Ankara zone formed from limestone blocks located above the Menderes massive and thick Mesozoic carbonate stack of Karaburun belt. These belts bound the area from east to west. The neo-tectonic structures, formed because of the tensional stresses coming from upper mid Miocene to today, affected the paleo tectonic belts. The boundaries between these belts are mostly being covered with Neogene sedimentary (1990). Field geology can be seen from the wells opened nearby the study area. Foça-1 well was drilled by TPAO at offshore of Foça which can represent the geological features of the field. Figure 2.1. illustrates study area. Borehole sections of the Foça-1 well and some other wells located close to study area are provided in Figure 2.2. It can be seen from the borehole section of Foça-1 that, there exist sedimentary rocks until 764 m and volcanic basement rock below 764 m.

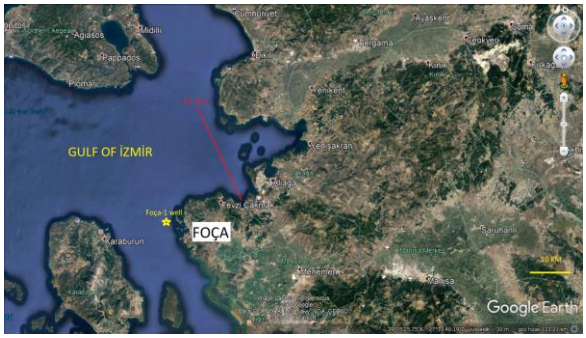


Figure 2.1 Study area.

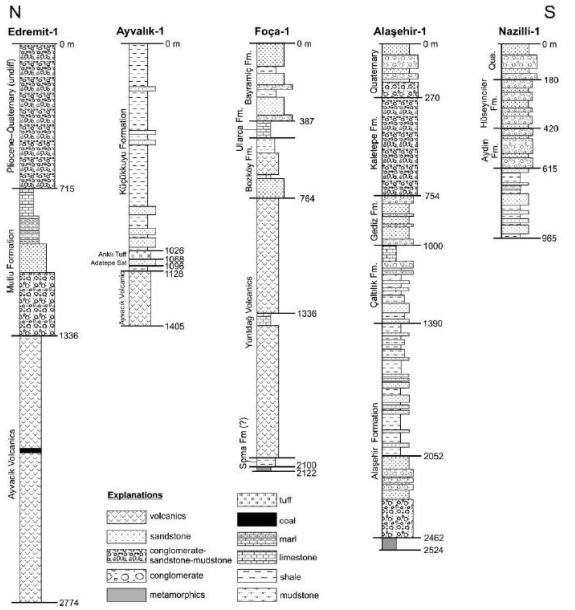


Figure 2.1 Study area and Borehole sections of wells located close to study area (Çiftçi et al., 2010)

3 SEISMIC DATA PROCESSING

Processing of seismic data is needed since raw data itself contains lots of noises and the quality of the raw data must be increased. Here the term noise is every data that is not interested. For example, if seismic reflection study carries on, refraction and direct arrivals are noise for that particular study. Furthermore, there could be some noises related with instrumentation and environmental effects. The aim of seismic data processing is eliminating these noises from seismic data and getting better image of subsurface. There exist several steps in seismic data processing. Each step has different purposes. Besides, there must be a work flow to result with good processing. In the following pages, every step applied on our data will be discussed clearly.

3.1 Inputting Raw Data to Software

First step in data processing is inputting raw data to software. Data must be read by software to be able process it. Table 3.1 illustrates the data acquisition parameters and Figure 3.1 shows the raw shot gather of data.

Table 3.1. Acquisition parameters

Total shot number	946
Channel number	60
Shot interval, m	25
Receiver interval, m	12.5
Offset, m	50
Source location below sea level, m	5
Streamer location below sea level, m	10
Sampling interval, ms	2

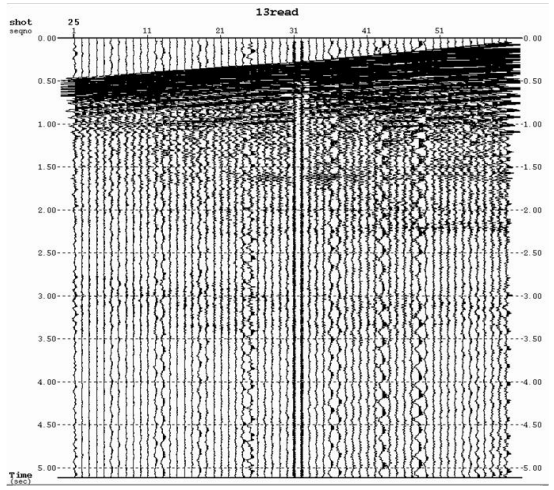


Figure 3.1. Shot gather of raw data.

3.2 Editing Raw Data

Editing process starts after entering the raw data to the software. After that all the shots are checked whether there is a failure or mistake exists. If there exist any mistake on shots or receivers, they are noted. If the whole shot is missed, all shot is killed (the seismic traces of each station in the shot become zero). If there is a failure in receivers, the seismic trace for that receiver are killed. The whole 1st, 70th, 339th, 472nd shots are killed and 31st and 32nd receivers are killed for all shots in editing work. 1st, 2nd and 3rd receivers are also killed for some shots.

3.3 Filtering

Three coherent noise are detected in our seismic data with a frequency of 5 Hz, 14 Hz and 25 Hz. They are eliminated from our data with notch filter. Besides, band pass filter with Hanning rounding operator is used, and it has two lower and two upper limits and which are 15-22 Hz as lower and 108-120 Hz as upper limits in our data.

3.4 Muting

Mute process is generally applied to shot gathers to get rid of the direct waves and refraction arrivals. Since reflection study is applied, direct and refracted arrivals are noise for us. The noises until sea bottom are discarded from the data.

3.5 Static Correction

After muting process finished, static correction is applied to data to move the seismic traces their actual locations. Static correction is needed because the source and streamers are located 5 and 10 m below the sea surface. This 5 and 10 m differences are caused total of 10 ms time lag in the seismic data. This 10 ms is calculated by taking seismic velocity in the sea as 1500 m/s.

3.6 Gain Analysis

In our project, exponential superposition function is selected to make gain recovery. The relative amplitudes are protected when this gain recovery option is used. Different gain functions are tried to get the better gain recovery.

3.7 Stack + NMO + Velocity Analysis

To collect the seismic data coming from a specified location by adding the receiver signals related with that location is called mainly as common depth point (CDP). CDP process provides enhancing the signals and decreasing the noises related with specific location. In our seismic section maximum fold is 15 for 60 receivers having receiver interval of 12.5 m and shot interval of 25 m. CDP number is 3839 starting from 67 to 3909.

The time difference of any reflection which occurs a distance to the source with the reflection time of the zero offset reflection is called NMO (normal move out). The velocity to extinguish normal move out is NMO velocity. Velocities are chosen to get better NMO.

3.8 Migration

The seismic migration is the theory of the wave equation that carries the sloped reflections of the section into their real places as much and destroys the energy of scattering as much as possible. There exist different migration types for different subsurface structures. Here, finite difference time migration type is applied to our data.

4 INTERPRETATION

Stratigraphically, two main seismic units (SU1 and SU2) were identified considering reflection configurations, reflection terminations and unconformities. Considering the previous studies (Ocakoğlu et al., 2005), the lower seismic unit is interpreted as Miocene acoustic basement where its top is represented by an erosional surface with a strong reflection amplitude. Acoustic basement has chaotic and sub-parallel reflection configuration. This seismic unit is thought to be the marine extension of onland Yuntdağ volcanic rocks. On the other hand, upper sediments, seismic unit 1, correspond to Pli-Quaternary deposits. This deposits have parallel reflection configurations. This deposits may correspond to Bozköy, Ularca and Bayramiç formations which can be seen in Foça 1 well data in Figure 2.2. Tectonically, if the faults cut the most part of seismic units and do reach or just below the seafloor, they are interpreted as active faults. Hence, several active faults are interpreted along this profile. The area of interest is mainly under the effect of active strike-slip fault with some normal components since there exist negative flower structure type of deposited sediments.

REFERENCES

Çiftçi, N. B., Temel, R. O., İztan, Y. H. (2010). Hydrocarbon occurrences in the Western Anatolian (Aegean) grabens, Turkey: Is there a working petroleum system? AAPG Bulletin, 1827-1857.

Dondurur, D. (2009). Deniz Sismiğinde Veri İşlem. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası.

Erdoğan, B. (1990). İzmir-Ankara Zonu'nun, İzmir ile Seferihisar arasındaki Bölgede Statigrafik Özellikleri ve Tektonik Evrimi. TPJD Bülteni, 1-20.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E., Kuşçu, İ. (2005). Neotectonic structures in the Gulf of I˙zmir and surrounding regions (western Turkey): evidences of transpressional faulting in the Aegean extensional regime. Mar Geol 219:155–171.

Taner, M. T., Koehler, F., Sheriff, R. E. (1979). Complex seismic trace analysis. Geophysics, 1041-1063.

Veeken, P. (2013). Seismic stratigraphy and depositional facies models. Academic Press.

Yılmaz, Ö. (2001). Seismic Data Analysis. Tulsa, OK: Society of exploration geophysicists.

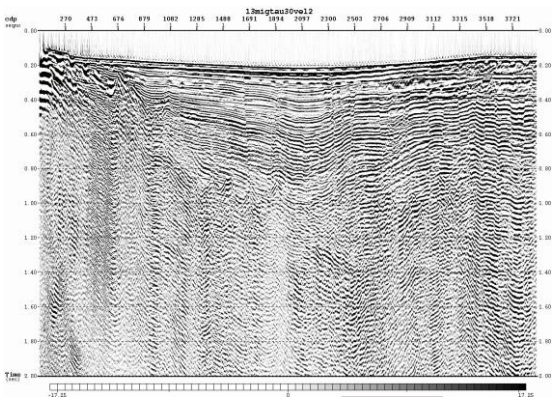


Figure 4.1. Time Migrated data.

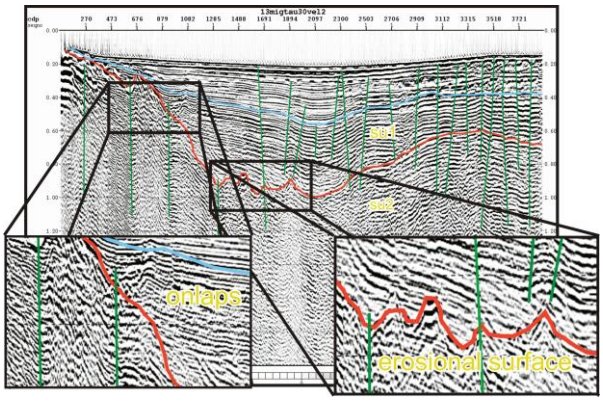


Figure 4.2. Interpreted data (orange is upper boundary of volcanic basement, blue is boundary between two different sedimentary layers and greens are faults).

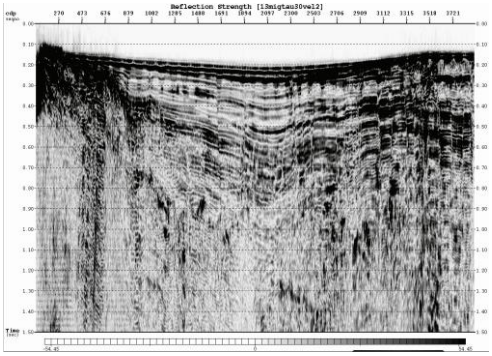


Figure 4.3. Reflection strength seismic attribute section.

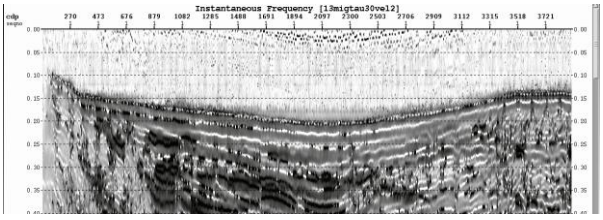


Figure 4.4. Instantaneous frequency seismic attribute section of the upper part of section.

Atlantik Okyanus Ortası Sırtı'nda Isı Akısı Değerlerinin Hesaplatılması ve Değerlendirilmesi

Calculating and Evaluating of Heat Flux Values in Mid-Atlantic Ridge

M.N. Akyüz, D. Düşünür Doğan

Istanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Istanbul

ÖZET Okyanus ortası sırt bölgelerinde tektonik kuvvetlerle de ilişkili olan hidrotermal sistemlerin yayılma alanları görülmektedir. Bu ısıl ortamların varlığı termal iletkenlik ve ısı akısı ölçümleri ile belirlenebilmektedir. Bu ölçümler yapılırken kullanılan su altı probları okyanus tabanında saplanacak bir sedimana ihtiyaç duymaktadır. Okyanus ortası sırtlarında bu ölçümlerin yapılabilmesi için gerekli sediman bulunmamasından dolayı sırta en yakın bölgelerde yapılabilecek ölçümler sayesinde ısı akısı değerlerine ulaşılabilir. Bu çalışmada Atlantik Okyanus Ortası Sırtına yakın noktalarda alınan ölçümler kullanılarak sırt merkezindeki ısı akısı değerleri hesaplatılmıştır. Isı akısı değerleri elde edilirken ölçüm noktalarına ait termal iletkenlik değerlerinin dağılımı çizdirilmiştir. Bu değerler üzerinden en iyi uyum doğrusu ile ortalama termal iletkenlikler hesaplanmıştır. Atlantik Okyanusundaki ölçüm noktalarına ait termal gradyan değerleri de kullanılarak ısı akısı değerleri hesaplanmış ve ısı akısı dağılım haritası oluşturulmuştur. Bu çalışma sonucunda elde edilen değerlerin Atlantik Okyanus Ortası Sırtının ısıl özellikleri ile uyum içinde olduğu görülmüş ve bu bölgede yapılabilecek ısı akısı çalışmaları için kaynak olabilecek ısı akısı ve termal iletkenlik değerleri açıkça ortaya konmuştur.

ABSTRACT Spreading areas of hydrothermal systems, which are also related to tectonic forces, are seen in the mid-ocean ridges. The presence of these thermal environments can be determined by thermal conductivity and heat flux measurements. The underwater probes used for these measurements require a sediment to be stuck on the ocean floor. Due to the fact that there is no sediment required for these measurements in the mid-ocean ridges, heat flux values can be reached by measurements which can be made in the closest regions. In this study, the heat flux values in the ridge center were calculated by using the measurements taken at the near of Mid-Atlantic Ridge. While the heat flux values are obtained, the distribution of thermal conductivity values of the measurement points is drawn. Average thermal conductivity values were calculated with line of best fit over these values. Heat flux values were calculated by using thermal gradient values of measurement points in Atlantic Ocean and heat flux distribution map was created. The results obtained from this study were found to be in harmony with the thermal characteristics of the Mid-Atlantic Ridge and the heat flux and thermal conductivity values that could be the source for the heat flux studies in this region were clearly revealed.

Keywords : Mid-Atlantic Ridges, Heat Flux, Thermal Conductivity

1 ATLANTİK OKYANUS ORTASI SIRTI

1.1 Giriş

Atlantik Okyanusu, Amerika kıtasının Afrika ve Avrupa ile ayrıldığı yerde bulunur ve astenosferde yukarıya itilen kuvvetlerin okyanusal kabuğu yükseltmesi ile oluşan bir sırt bölgesine sahiptir (Liu ve Buck., 2018). Atlantik Okyanus ortası sırtlarında yapılacak ısı akısı çalışmaları için kritik öneme sahip olan termal iletkenlik değerleri sırt bölgesine yakın yerlerden alınan ölçümler yardımıyla bulunmuş ve değerlerin dağılımı çizdirilmiştir. Dağılımlar üzerinden ısı akısı değerleri hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

1.1.1 Isı Geçişi

Enerjinin ısı olarak transferi her zaman yüksek sıcaklıklı ortamdan düşük sıcaklıklı ortama doğrudur ve iki ortam aynı sıcaklığa geldiğinde ısı geçişi durur (Çengel, 2011). Üç farklı şekilde gerçekleşen ısı geçişi sıvı veya katı bir ortamda sıcaklık farklarından dolayı gerçekleştiğinde iletim, hareketli bir akışkan ile bir yüzey arasında olduğunda taşınım, iki yüzey arasında elektromanyetik dalgalar aracılığı ile gerçekleştiğinde ışınım olarak tanımlanmaktadır (Incropera ve DeWitt., 2007).

1.1.2 Termal(Isıl) Gradyan

Termal gradyan, dünyadaki birim derinlik başına düşen sıcaklıktaki değişim oranı olarak bilinir. Isıl gradyanın belirlenebilmesi için iki veya daha çok derinliğin sıcaklık bilgisi gerekir. Yatay tabakalı formda olan dünyada yanal ısıl gradyan minimumdur. Bu nedenle dünyada ısıl gradyanı tek boyutta düşünmek mümkündür.

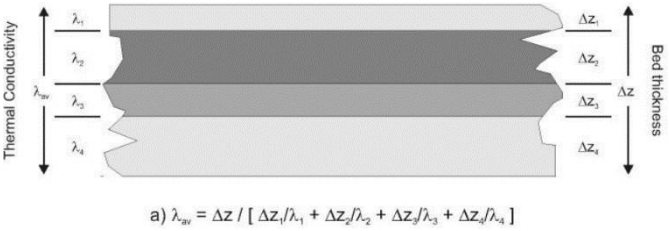
2 ISI AKISI ÖLÇÜMLERİ

2.1 Su Altı Probları

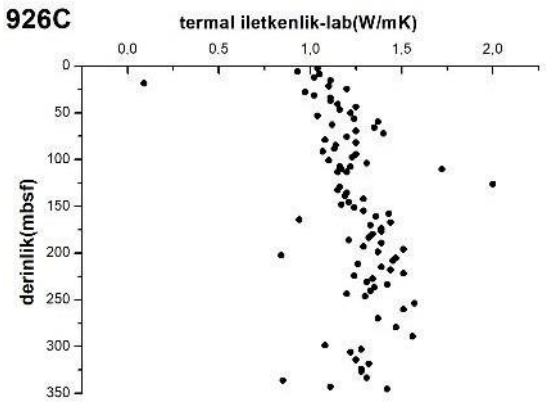
Yer içinden yeryüzüne doğru akan ısı enerjisi yerin ısı akısı olarak tanımlanmaktadır (Bal, 2004). Isı akısı öçümleri, ölçülen sedimanın ısıl iletkenlikleri ve Curie noktası derinliğinden elde edilen sıcaklık gradyanı ile ilişkilendirilerek yapılır. Okyanuslarda sondaj benzeri çalışmalar uygunsuz olduğu için bu alanlar için su altı probları gibi özel aletler geliştirilmiştir. Bu problar genellikle okyanus tabanındaki yumuşak tortuya nüfuz eden ısıl dirençli problardır. Bullard ısı akısı probu, Ewing ısı akısı probu ve Lister ısı akısı probu aynı amaçla doğrultusunda çalışan çeşitli su altı problarından bazılarıdır.

2.2 Ortalama Termal İletkenlik Değerlerinin Hesaplanması

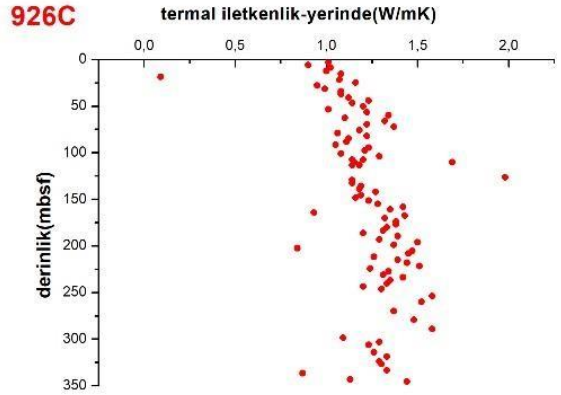
Ortalama termal iletkenlik hesabı harmonik ortalama yöntemi kullanılarak her yatağın farklı bir termal iletkenliğe sahip olduğu bir alt yatay tabaka dizisi boyunca delinmiş bir dikey kuyuyu temsil ettiği varsayılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada laboratuvar ve yerinde olmak üzere alınan ölçümlerin derinliğe bağlı dağılımları elde edildikten sonra uygun dağılıma sahip olanlar üzerinden ortalama termal iletkenlik değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 1. Yatay tabakalar için harmonik ortalama yöntemi

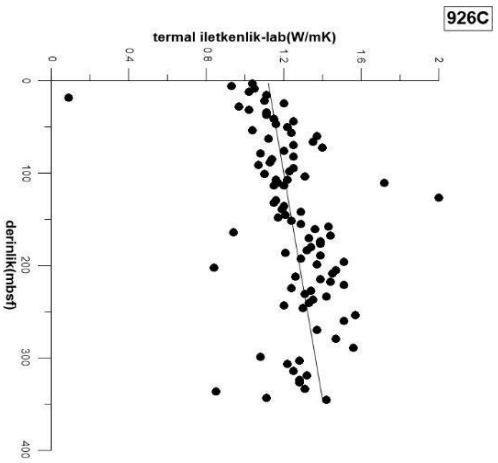


Şekil 2. 926C noktasındaki laboratuvar Ölçümleri



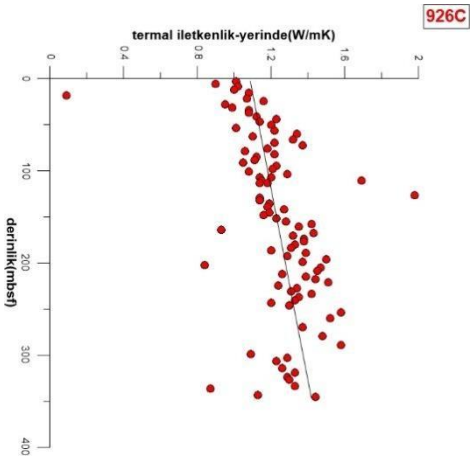
Şekil 3. 926C noktasında yerinde ölçümler

Şekil 2' de Atlantik Okyanusunun Güney Amerika ile Afrika arasındaki ölçüm noktası olan 926C noktası görülmektedir. Derinliğe bağlı olarak çizdirilen grafikte termal iletkenlik değerlerinin 0-2 W/m.K arasında değiştiği ve özellikle 1 W/m.K değerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Şekil 3' de ise ölçüm noktalarına ait yerinde alınan termal iletkenlik değerlerinin derinliğe bağlı çizdirilen değerlerinin dağılımı görülmektedir. Laboratuvar ölçümlerine benzer olarak aynı termal iletkenlik değerleri gözlemlenmiştir. Buradan laboratuvar ve yerinde alınan ölçümlerin bir uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Alınan ölçümler arasından bu grafikler gibi uygun dağılımı gösterenleri doğru çakıştırma yapılması için seçilmiştir.



Şekil 4. Doğru çakıştırılan 926C noktasına ait grafik

Şekil 4'te doğru çakıştırılan 926C noktası görülmektedir. Bu dağılım üzerinden ortalama iletkenlik hesabı yapılmıştır ve 1.22W/m.K olarak bulunmuştur. Ayrıca değerlere en yakın doğrunun güvenilirliğini test etmek için RMS değeri de bulunmuştur. RMS değerinin 0.78 olarak bulunması ve 1'e yakın olması doğrunun güvenilirliğini göstermiştir.

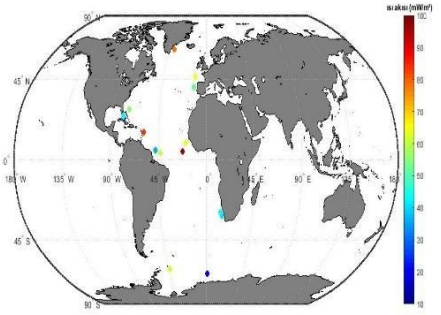


Şekil 5. 926C noktasından yerinde ölçüme ait doğru çakıştırma

Şekil 5'de ise yine 926C noktasında ancak yerinde alınan ölçümün dağılımı üzerindeki doğru çakıştırma işlemi görülmektedir.

3 SONUÇLAR

Bu çalışmada Atlantik Okyanusunda toplanmış toplam 108 noktanın laboratuvar ve yerinde ölçülen termal iletkenlikleri derinliğe bağlı olarak çizdirilmiştir. Bu grafiklerden en iyi dağılımı gösteren 38 tanesine doğru çakıştırılmış ve harmonik ortalama ile ortalama termal iletkenlik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen ortalama termal iletkenlik değerleri 0.9-1.4 W/m.K arasındadır. Hesaplanan termal iletkenlik değerleri ile ölçüm noktalarına ait termal gradyan değerleri kullanılarak Atlantik Okyanus Ortası Sırtına ait ısı akısı değerleri elde edilmiştir. Bu değerler 16.24 - 96.6 W/m^2 arasında çıkmıştır (Şekil 6). Okyanus ortası sırtlarında su altı problarının saplanacağı sedimanların bulunmamasından dolayı bölgeye en yakın noktalardan alınan ölçümler ile hesaplar yapılmıştır. Bu çalışma soncunda ise Atlantik Okyanus Ortası Sırtı'nda yapılabilecek bir ısı akısı çalışmasına kaynak olabilecek ısı akısı değerleri hesaplatılmış ve değerlendirilmiştir.



Şekil 6. Atlantik Okyanusundaki ölçüm noktalarına ait hesaplatılan ısı akısı değerlerinin dağılımı

TEŞEKKÜR

Bu bitirme çalışması süresince değerli bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşan ve bu çalışmanın gerçekleştirilmesini sağlayan sayın Doç. Dr. Doğa Düşünür Doğan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışma süresince her türlü yardımları için Araş. Gör. Serkan Üner'e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Lisans hayatım boyunca bana kazandırdıkları için Jeofizik Mühendisliği Bölümündeki diğer tüm hocalarıma, eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Liu, Z. ve Buck, W.R., 2018. Magmatic controls on
axial relief and faulting at mid-ocean ridges, *Earth and Planetary Science Letters*, 491, 226-237.

Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T.L., Lavine, A. S., 2007. "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", U.S, s. 3-9.

Çengel, Y. A., 2011. Isı ve Kütle Transferi (3.Baskı). İzmir.

Pribnow,D., Kinoshita, M., ve Stein, C., 2000. Thermal Data Collection and Heat Flow Recalculations for Ocean Drilling Program Legs 101-180.

Bal, A., 2004. "Aydın-İzmir Civarının Hava Manyetik Verilerinden Isı Akısı Değerlerinin Belirlenmesi Ve Isı Akısı Dağılımının İncelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s. 22-25

İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü Teknokent İnşaatı Alanında Zemin Elastik Parametrelerinin Belirlenmesi

Determination of Geotechnical Parameters of Soil and Bedrock in Ayazaga Campus, Istanbul Technical University

G.Yılmaz, T.E. Celme, E. Demirbağ, C. İmren, B. Karadöller
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ayazağa Kampüsü'nde bulunan ARI-3 binasının kuzeyinde bulunan çamlık arazisi ölçüm alanı olarak seçilmiştir. Seçilen araziye olası bir bina yapılması durumu problematik olarak görülmüş ve bu amaç doğrultusunda sismik kırılma yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Sismik kırılma yöntemi sayesinde arazinin tabaka kalınlıkları ve zemin elastik parametreleri tespit edilmiştir. Bu proje kapsamında 2 adet sismik profil boyunca veri toplanmış ve aynı sahada geçmişte başka bir proje kapsamında toplanan veriler ile birlikte değerlendirmeye alınmıştır.

Veri toplama aşamasında İTÜ Jeofizik Mühendisliği bünyesinde bulunan 24 kanallı Oyo-McSeis170f sismografı, 24 adet P dalgası jeofunu ve 12 adet S dalgası jeofonu ile ölçüm alınmış, kaynak olarak 8 kg ağırlığında balyoz kullanılmıştır. Her profilin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere 3 noktada 3'er kez atış yapılmıştır. Toplanan verilerin işlenmesi için SeisImager paket programı dahilindeki Pickwin ve Plotrefa programları kullanılmıştır. Proje kapsamında toplanan verilerin işlenmesi sonucunda birinci tabaka hızı ortalama 514 m/s, ikinci tabaka hızı ise ortalama 1914 m/s bulunmuştur. Elde edilen veri işlem sonucları ve bölgedeki numuneler göz önüne alındığında bölgenin jeolojik yapısının grovak olduğu, zemin taşıma gücünün ve emniyet gerilmesinin orda düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Arazinin olası bir teknokent binası inşası için uygun bir temel olduğuna ancak yapılacak yeni bir çalışma ile ikinci tabakanın zemin parametrelerinin de değerlendirilmesi gerektiğine karar verilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Sismik Kırılma, Elastik Parametre, İTÜ Ayazağa

ABSTRACT This study takes places at Istanbul Technical University Ayazağa Campus, near ARI-3 building. The purpose of the survey is to determine P and S wave velocities and elastic parameters of the area in case of a building construction. Therefore, seismic refraction method was chosen. Thanks to this method, layer thickness and elastic parameters are determined. Two seismic profiles were chosen for this survey. They were evaluated with the profiles that collected by previous a research. Both surveys consist of 24 P wave and 12 S wave geophone. These data have recorded to Oyo-McSeis170f seismograph. For the source of energy, a 8 kg sledge hammer was selected. All collected data have processed in Pickwin and Plotrefa programs (SeisImager) with success and each seismic profile has 3 shots in 3 points. As a result, first layer and second layer speeds are 514 m/s and 1914 m/s respectively. Considering the processed data and the samples of the region, geological structure of the area was determined as greywacke. The bearing capacity of soil and the allowable bearing value of the soil were determined as intermediate level. Therefore, for a possible construction in the area, second layer parameters should be calculated but without it, the soil is interpreted as suitable for building construction.
Keywords: Seismic Refraction, Ground Parameters, ITU Ayazaga

1 GİRİŞ

Sismik yöntemler yeraltındaki jeolojik tabakaların durumlarını saptamada elastik dalgaların yer içinde yayılması ile ilgili fizik prensiplerine dayanmaktadır (Ergin, 1961). Sismik kırılma yönteminde, cisim dalgaları olan P ve S dalgalarının ilk varış zamanları ölçülerek, gerekli analizler ve hesaplamalar neticesinde yer altı katmanlarının hız ve derinliği hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Bu bitirme çalışması kapsamında, İTÜ Ayazağa kampüsü içerisinde planlanabilecek muhtemel teknokent binası alanında, zemin elastik parametrelerinin saptanması amacıyla jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi uygulanarak araziye ait elastik parametreler elde edilmiştir.

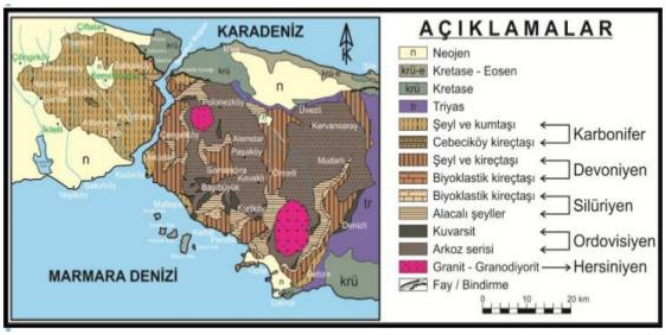
2 ÇALIŞMA SAHASI VE JEOLOJİSİ

İTÜ Ayazağa Kampüsü ARI-3 binası yanındaki çamlık bölgesi muhtemel bir bina yapımı için seçilmiş ve zemin elastik parametreleri hesaplanmıştır. Bu amaç doğrultusunda jeofizik yöntemlerden sismik yöntem kullanılmıştır.

Şekil 1. Ölçüm sahasında alınan profiller

İstanbul ili Paleozoyik yaşlıdır ve üst birimini Trakya formasyonu oluşturur. İstanbul Boğazı'nın batı kıyılarına Trakya formasyonu hakimdir. Trakya formasyonu, Alt Karbonifer yaşlı ve grovak, şeyl ardışımından oluşur. Tektonik hareketlerin fazla olması sebebiyle İstanbul ili oldukça karmaşık ardalanmalara sahiptir.

Bu yapılar genel olarak karbonatça zengin ve kırıntılı birimlerdir. 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.



Şekil 2. İstanbul ili basitleştirilmiş genel jeoloji haritası (Bozkurtoğlu, 2010).

3 YÖNTEM VE EKİPMANLAR

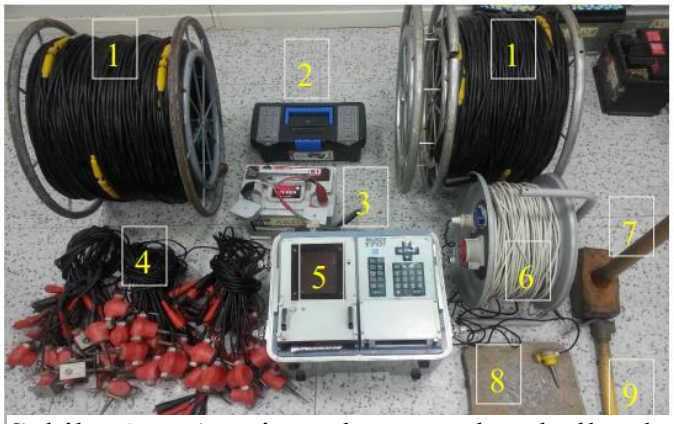
3.1 Sismik Kırılma Yöntemi

Bir sismik aktivite veya patlama gibi yapay bir kaynak sonucu açığa çıkan enerji, yeraltında sismik dalgalar şeklinde yayılır. Sismik dalgaların yayınımı; dalgaların iletimi, sönümlenmesi, yutulması, yansıması, kırılması ve saçılması gibi temel fiziksel prensiplerle izah edilmektedir. Sismik dalgalar yüzey dalgaları ve cisim dalgaları olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu dalgaların ilk varış zamanları sismogram adı verilen cihazlar ile kaydedilerek yeraltı hakkında bilgi edinilebilir.

Sismik yöntemler uygulanılan arazinin jeolojik özelliklerini ve elastik parametrelerini (elastisite ve bulk modülleri, poisson oranı, porozite ve yoğunluk) belirlemek amacıyla kullanılır. Yöntem normalde farklı sismik hız katmanlarını ayıran kırılma arayüzlerini (refraktörler) bulmak için kullanılır, fakat aynı zamanda derinliğin bir fonksiyonu olarak veya yanal olarak hızın değiştiği durumlarda da uygulanabilir.

3.2 Kullanılan Ekipmanlar

Yapılan arazi çalışmasında OyoMcSeis 170f isimli sismograf, 24 adet P ve 12 adet S jeofonu, vuruş esnasında tetiklenerek gelen titreşimleri kaydedilmesi bilgisini iletecek trigger, 8 kg ağırlığında vuruşlarda kullanılacak balyoz ve balyozu vurmak için bir plaka kullanılmıştır. Hazırlanan ölçüm hatları boyunca konum bilgisi GPS ile kaydedilmiştir.

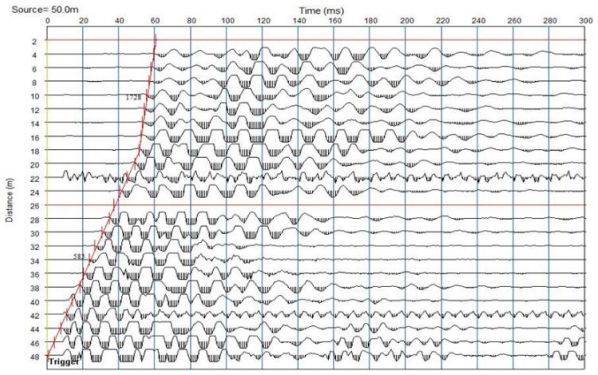


Şekil 3. Arazi çalışmasında kullanılan ekipmanlar (Sismik kablo (1), alet çantası (2), akümülator (3), P jeofonları (4), OyoMcSeis 170f kayıt cihazı (5), tetikleyici jeofon ve kablosu (6), balyoz (7), plaka (8), keser (9).

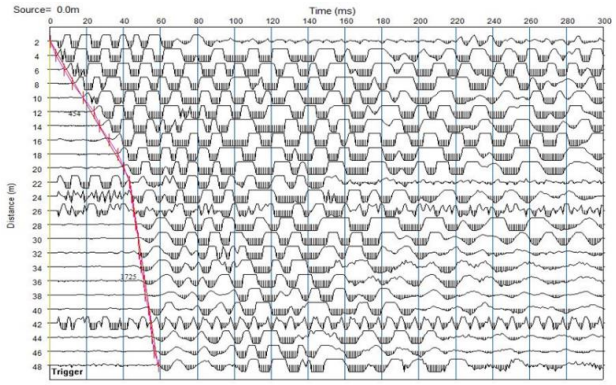
4 VERİ İŞLEM

Sismik yöntem sonucu toplanan veriler çeşitli yazılımlar kullanılarak veri işleme tabi tutulmalıdır. Kırılma verilerinin ilk varış zamanlarının işaretlenmesinde Pickwin ve ilk varış zamanı verilerinin değerlendirilmesinde Plotrefa programları kullanılmıştır.

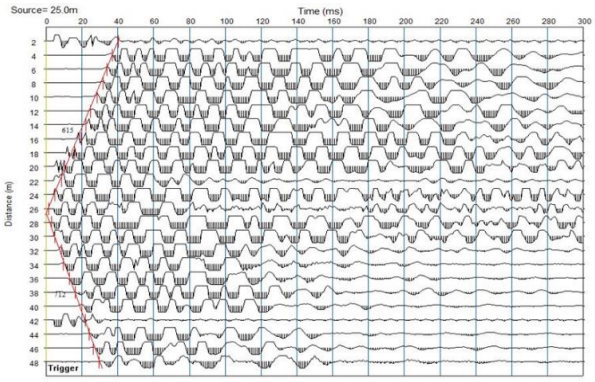
Pickwin programı yardımıyla kırılma verilerinin görüntülenmesi, ilk varışların işaretlenmesi ve kayıt edilmesi, izden elde edilebilecek yaklaşık hız değerlerinin görüntülenmesi, kaynak ve alıcı koordinatlarının düzenlenmesi, süzgeç uygulamaları, verilerin spektrumlarının (fourier, fk vb) elde edilmesi işlemleri yapılabilmektedir.



Şekil 4. Profil 3 Düz atış kaydının işaretlenmesi ve hızları



Şekil 5. Profil 3 Orta atış kaydının işaretlenmesi ve hızları



Şekil 6. Profil 3 Ters atış kaydının işaretlenmesi ve hızları

5 ZEMİN DİNAMİK ELASTİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ VE SONUÇLAR

Bu projede sismik kırılma yöntemi P ve S dalgaları üretilerek uygulanmıştır. P ve S dalga hızları sayesinde ölçüm yapılan araziye ait zemin dinamik elastik parametreler hesaplanabilir. Yoğunluk tahmini varsa, hacim modülü ve kesme (shear) modülü de P ve S dalgası hızlarından hesaplanabilir.

Bu projede de yapılan ölçümler sonucu boyuna dalga hızı, enine dalga hızı, sismik hız oranı, yoğunluk, elastisite (Young) modülü, Poisson oranı, kayma (shear) modülü, Bulk modülü, zemin taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi parametreleri hesaplanmıştır.
Çalışma sahası boyunda 2 profil ölçüm alınmış ve daha önce aynı sahadan alınmış olan 3 profil de tekrar değerlendirilerek, sahanın daha geniş bir şekilde yorumlanması sağlanmıştır.

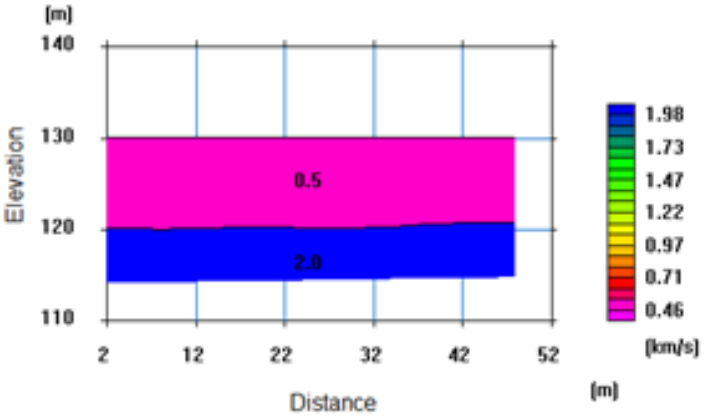
Tablo 1 Profilin P ve S dalga hızlarından elde edilen zemin parametreleri.

Zemin Parametreleri	**Birimi**	**1.Tabaka**
Boyuna Hız (Vp)	m/s	514
Enine Hız (Vs)	m/s	250
Kalınlık (h)	m/s	8,520
Sismik Hız Oranı	-	2,056
Tabaka Yoğunluğu	gr/(cm^3)	1,476
Kayma Modülü	kg/(cm^2)	922,534
Bulk modülü (K)	kg/(cm^2)	3899,675
Zemin Taşıma Gücü	kg/(cm^2)	3,690
Zemin Gerilmesi	kg/(cm^2)	1,794
Elastisite Modülü	kg/(cm^2)	2481,723
Poisson oranı (σ)	-	0,345

Yapılan işlemler sonucunda birinci tabakanın hızı yaklaşık 514 m/s, ikinci tabakanın hızı yaklaşık 1914 m/s olarak belirlenmiştir. Elde edilen veri işlem sonuçları ve bölgedeki numuneler göz önüne alındığında bölgenin jeolojik yapısının grovak olduğu anlaşılmıştır.

S verisinin toplanması sırasında jeofon aralığının 2 metre alınması ve 12 jeofon kullanılması, ikinci tabaka için S dalgasının hızı hakkında yorum yapılamamasına neden olmuştur. Birinci tabakanın S hızı 250 m/s olarak yorumlanmıştır. Fakat toplanan verinin çoğunlukla gürültüden oluşması, sağlıklı bir sonuç alınmasını engellemiştir. Olası çalışmalar için S verisi tekrar toplanmalıdır.

İkinci tabakanın S hızı belirlenemediği için sadece birinci tabaka için zemin elastik parametreleri hesaplanmıştır.



Şekil 7. 130 m rakım ile oluşturulmuş P hızına bağlı yeraltı modeli

İlk tabakanın kalınlığı yaklaşık 8,5 metredir. Ölçüm alınan sahanın deniz seviyesinden yüksekliğinin Google Earth programını kullanarak 130 metre olduğu bulunmuştur. Yeraltı modeli bu yükseklik baz alınarak çizdirilmiştir. Tabaka yoğunluğu 1,476 gr/cm^3'tür. Kayma modülü'ne göre zeminin dayanımı orta sağlamlıkta olduğu belirlenirken ve Bulk modülü bilgisine göre dayanımının az olduğu tespit edilmiştir Zeminin taşıma gücü ve emniyet gerilmesi orta düzeydedir ve zeminin sıkılık durumunun gevşek durumda olduğu anlaşılmıştır.

Sonuç olarak yapısal açıdan orta düzey dayanıklıkta, sökülebilirliği kolay bir tabaka olduğu gözlemlenmiştir. Olası bir teknokent çalışması temeli için uygun bir zemindir fakat yeni bir çalışma ile ikinci tabakanın zemin parametreleri de değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

Bozkurtoğlu, E., Yazıcı, M., İş, M. 2010. Trakya Formasyonu Silt Taşlarının Zemin Özellikleri, (Ayazağa-İstanbul). Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 9 (1), 42-55. http://dergipark.gov.tr adresinden alınmıştır.

Ergin, K., 1961, *Tatbiki Jeofizik*, Teknik Üniversite Matbaası, s. 281-292.

Güneybatı Ege Bölgesinde Gerçekleşen Depremlerin (Mw ≥ 5.5) Coulomb Gerilim Değişimleri

Coulomb Stress Changes of Earthquakes (Mw ≥ 5.5) occurred in SW Aegean

B. Akdoğan, T. Taymaz
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET

Bu çalışmada, 26°, 73-29° boylamları ve 36,34° – 37,34° enlemleri arasında kalan bölgede 1970-2018 yılları arasında bölgede oluşan moment büyüklüğü 5.5 ve üzeri büyüklüğünde meydana gelen 8 depreme ait veriler incelenmiştir. Coulomb gerilme değişimleri, düşey yer değiştirme ve birbirinden farklı 6 yöndeki deformasyon dağılımları Coulomb 3.3.01 gerilme hesaplama programı ile elde edilmiştir. Deformasyon dağılımlarının hesaplandığı yönlerden 3 tanesi normal deformasyon bileşenlerinden (SXX, SYY, SZZ) oluşmaktadır. Diğer 3 tanesi ise kesme deformasyonuna (SXY, SXZ, SYZ) aittir. Coulomb gerilme analizi uygulanmış bu depremler için elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Modellerde deprem ve fay parametrelerinin kullanıldığı coulomb gerilmesi hesaplamaları ile gerilme değişiminin gösterdiği sonuçlar incelenerek yorumlar yapılmıştır. Tüm bunların sonucunda elde edilen modellerde, gerilme birikiminin olduğu yerlerde muhtemel depremlerin gerçekleştiği gözlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Columb gerilme değişimi, deprem, GB Ege Bölgesi, düşey yer değiştirme

ABSTRACT

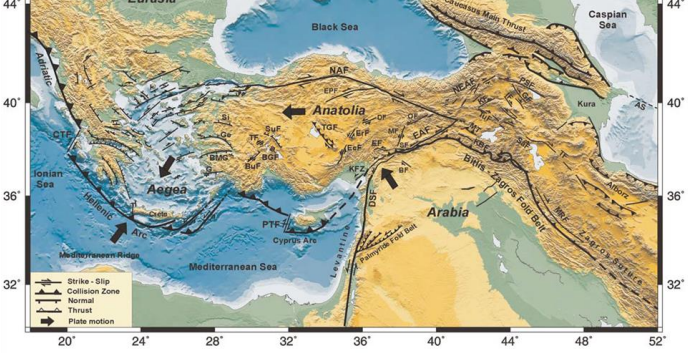
In this study, 8 earthquakes occurred between 1970 and 2018 are analyzed, and the moment magnitude of these earthquakes is greater than 5.5. The study area is between 36,34° – 37,34° N and 26°.73-29° E which includes the areas of southwest Aegean and western Mediterranean. Coulomb stress changes, vertical displacement, and strain distributions in 6 different directions are calculated using Coulomb 3.3.01. In strain distribution, three directions are in normal strain (EXX, EYY, EZZ). The rest of them belong to shear strain in (EXY, EXZ, EYZ). The results obtained for these earthquakes with Coulomb stress analysis were interpreted. The coulomb stress calculations using the earthquake and fault parameters and the results of the stress change were examined and comments were made. As a result, it is observed that earthquakes may occur in the stress accumulation areas.
Keywords: Coulomb stress changes, earthquake, SW Aegean, vertical displacement

1 GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, güneybatı Ege Bölgesi'ndeki, büyüklükleri 5.5'den büyük olan 8 deprem kullanarak bu depremlerin Coulomb gerilim dağılımını göstermektir.

Herhangi bir deprem incelemesinin ana hedeflerinden biri gelecekte deprem olma ihtimali olan bölgelerin araştırılıp yorumlanmasıdır. Bu hedefe ulaşmada depremi oluşturan tüm süreçlerin ve

yapıların anlaşılması önemlidir. Sismik olarak aktif fay bölgelerinde, depremler nedeniyle ortaya çıkan gerilme değişimleri bu tehlikeli bölgelerin tahmin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bir deprem kendisinden sonra meydana gelebilecek depremlerin normal oluş zamanını öne çekebilmekte, geciktirebilmekte veya başka fayları tetikleyebilmektedir (Stein ve diğ., 1997; Çakır, 2003; Nalbant, 2005). Gerilme artışına bağlı şekilde fayların tetiklenmesi, artçıl depremlerin konumları ve oluştuğu noktalar, Coulomb kırılma gerilmesinin 1 bar seviyesinden yüksek olduğu zamanlarda yorumlanabilmektedir. Ek olarak deprem ve fay arasında ilişki kurularak diğer fay ve depremler arasında da bağlantı kurulmasına ve gelecek zamanlarda ortaya çıkacak deprem yerlerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Ege bölgesinin karmaşık kinematik yapısı, farklı fay sistemlerine ev sahipliği yapması, bu bölgedeki depremlere ait odak kaynak mekanizmalarının belirlenmesinde zorlaştırıcı bir etkiye sahiptir. Bu bölgedeki tektonik yapı birçok araştırmacı için kaynak sağlamıştır Bu araştırmada incelenen 8 depremin odak mekanizması çözümleri kullanılarak Coulomb gerilme değişiklikleri analiz edilmiştir. Coulomb gerilim değişiminin yanı sıra, her deprem için düşey yer değiştirme ve şekil değiştirme modelleri elde edilmiştir. Herhangi bir deprem nedeniyle oluşan gerilme dağılımı, depremden kaynaklanan yüzeydeki yukarı ve aşağı hareket miktarı ve farklı yönlerde gerilme dağılımı Coulomb gerilim yöntemi ile belirlenebilir. Ayrıca, birden fazla deprem birlikte incelendiğinde, çalışma alanındaki bölgesel gerilim dağılımını ve gerilim transferini tespit etmek ve incelemek mümkündür. Bu nedenle, bu çalışmada Coulomb gerilim yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 1. Türkiye'nin tektonik haritası. Bu haritadaki kısaltmalar, NAF olan aktif faylar, Kuzey Anadolu Fayı; EAF, Doğu Anadolu Fayı; DSF, Ölü Deniz Fayı; NEAF, Kuzey Doğu Anadolu Fayı; EPF, Ezinepazarı Fayı; PTF, Paphos Dönüşüm Fayı; CTF, Cephalonia Dönüşüm Fayı; PSF, Pampak-Sevan Fayı; AS, Apsheron Eşiği; GF, Garni Fayı; OF, Ovacık Fayı; MT, Muş İtme Bölgesi; TuF, Tutak Fayı; TF, Tebriz Fayı; KBF, Kavakbaşı Fayı; MRF, Ana Son Fay; KF, Kağızman Fayı; IF, Iğdır Fayı; BF, Bozova Fayı; EF, Elbistan Fayı; SAF, Salmas Fayı; SuF, Sürgü Fayı; G, Gökova; BMG, Büyük Menderes Graben; Ge, Gediz Graben; Si, Simav Graben; BuF, Burdur Fayı; BGF, Beyşehir Golu Fayı; TF, Tatarlı Fay; Suf, Sultandağ Fayı; TGF, Tuz Golu Fayı; EcF, Ecemis Fayı; ErF, Erciyes Fayı; DF, Deliler Fayı; MF, Malatya Fayı; KFZ, Karataş-Osmaniye Fay Zonu. Bu tektonik harita, Taymaz ve diğ. (2007)'den alınmıştır.

2 YÖNTEM

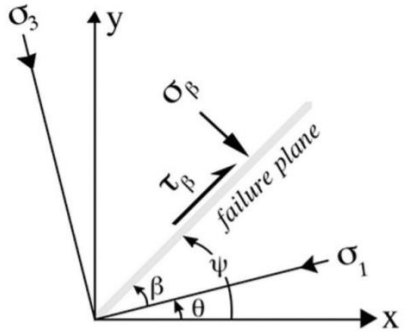
2.1 Coulomb 3.3.01.

Hesaplamalar Coulomb 3.3.01. (Toda vd., 2005; Lin ve Stein, 2004) kullanılarak yapılmaktadır. Çevredeki faylar boyunca ve öngörülen bir fay düzleminde gelecekteki muhtemel deprem potansiyelini incelemek ve yorumlamak için bu program kullanılmaktadır. Hesaplamalar, Okada'nın (1992) formüllerini takip ederek gerçekleştirilmektedir. Bir deprem, bölgesel gerilmenin net bir şekilde azalmasına neden olmaktadır. Yine aynı depremlerin farklı yönlerde de gerilme birikimlerinden sorumlu olduğu bilinmektedir. Kritik kopma durumuna bağlı olarak, pozitif statik gerilme değişikliklerinin alanları (≥ 0.1 bar) gelecekteki muhtemel depremlerin odak noktaları olabilirler (Stein, 1999). Kaymaların ortaya çıktığı ve depremin oluştuğu

bir fayın yer değiştirmesinden kaynaklanan statik gerilim değişiklikleri hesaplanmaktadır.

$$\Delta\sigma_f = \Delta\tau_s + \mu'\Delta\sigma_n. \quad (1)$$

Burada, kayma gerilmesindeki değişimi temsil etmektedir (fay kayma yönünde pozitif), ise normal gerilimdeki değişimi temsil etmektedir (fay çözülmediğinde pozitif olan) ve, bir faydaki etkili sürtünme katsayısını temsil etmektedir (King vd., 1994).

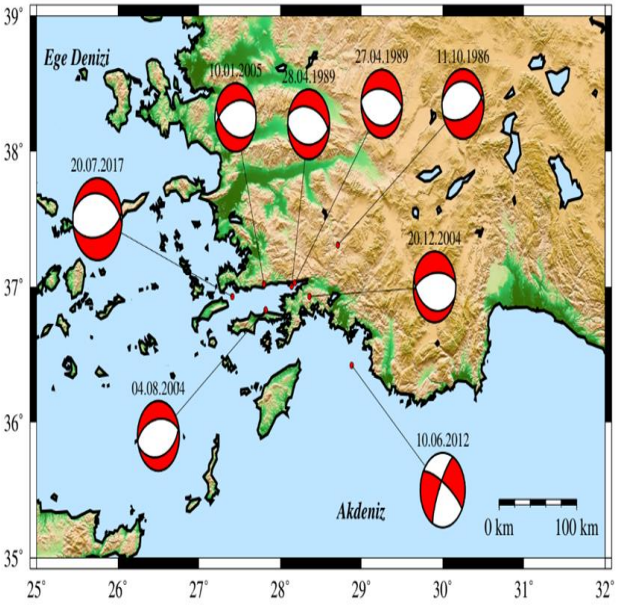


Şekil 2. Coulomb gerilme kırılma değeri için iki boyutlu sistem. Bu sistem Coulomb gerilimini hesaplamayı sağlar (King ve diğ., 1994). Θ açısı maksimum ana gerilme ve yatay eksen arasındadır. B açısı, maksimum ana gerilme ve fay düzlemi arasındaki açıdır.

Sürtünme katsayısı için aralık 0,0 ile 0,8 arasındadır. Sürtünme katsayı değeri kayaç tiplerini ve fay mekanizmasına bağlı olarak değişir, ancak genel olarak bu değer 0,4 olarak kullanılır (King et al. 1994). Bu bağıntılar arasındaki ilişki gerilim analizini belirmeyi sağlamaktadır (Formül 1 ile hesaplanır).

3 SONUÇ

Bu çalışmada, çalışma alanında 1970-2018 yılları arasında oluşan sekiz depremin Coulomb gerilimindeki değişimler incelenmiştir. Depremler şekil 3'te gösterilmiştir. Depremlere ait veriler tablo 1'de verilmiştir. Coulomb gerilim analiz yöntemi, bu çalışma alanındaki gerilim değişimini belirlemek için kullanılmıştır. Odak mekanizması bilgileri kullanılarak her deprem için ayrı olarak Coulomb gerilme değişimi, dikey yer değiştirme ve şekil dağılımı elde edilmiştir. Coulomb gerilim değişim modellerinde, depremlerin olduğu alanlarda gerilimin boşaldığı ve depremden kaynaklanan gerilim birikiminin olduğu görülmektedir. Bunlara ek olarak, depremden kaynaklanan düşey yönündeki değişim miktarı elde edilmiştir. Ayrıca deprem sırasında enerji boşalmasının ve enerji birikimindeki değişimin farklı yönlerde gerginliğe neden olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. İnceleme alanına ait depremlerin odak mekanizma çözümleri (Harita Generic Mapping Tools(GMT) programı kullanılarak çizdirilmiştir)

Sonuç olarak, depremlerin Coulomb gerilim dağılım modellerinden bir alanda birbirini tetiklediği ve depremlerin uzaktaki fayları etkileyebileceği görülmektedir (Şekil 4). Depremlerin gerilim birikimlerinin birbirlerinin tetikleyebildiğini ve de gerilim birikiminin yüksek olduğu bölgelerde ilerleyen zamanlarda depremler oluşabileceğini gözlemleyebiliriz.

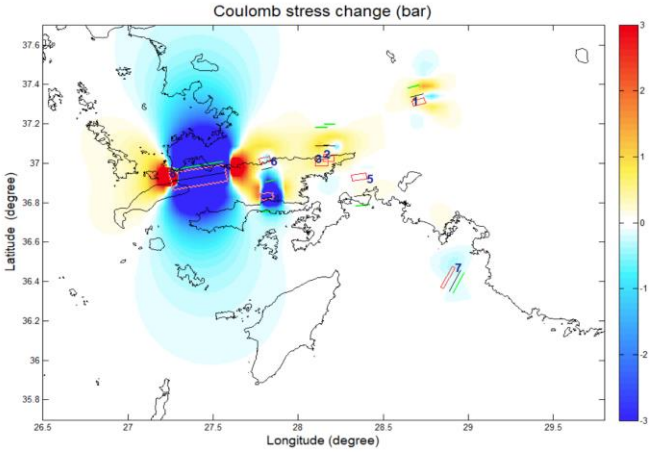
Tablo 1. Araştırma Alanına ait Deprem Bilgileri. 1, (Taymaz, 1992),2; Harvard-CMT; 3, USGS-NEIC Amerika Birleşik

Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu; 4, (Görgün ve diğ., 2014); 5, Kandilli Rasathanesi Ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme Ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM)

Şekil 4'te 8 Numaralı 2017 depreminde, fayın doğu ucundaki gerilim birikmesi Gökova körfezinin doğu kısmında yoğunlaşmıştır.Bu bölgede olası bir depremin

Tarih	Ref.	Doğrultu Açısı (Strike)(°)	Dalım Açısı (Dip)(°)	Eğim Yönü (Rake)(°)
11.10.1986	1	275	57	-103
27.04.1989	2	92	54	-87
28.04.1989	2	90	50	-80
4.08.2004	2	75	50	-85
20.12.2004	3	107	58	-103
10.01.2005	3	110	51	-114
10.06.2012	4	301	77	-16
20.07.2017	5	80	37	-75

meydana gelmesi mümkündür. Bu yorum bölgenin tektonik yapısına bağlı olarak değişmekle birlikte, inceleme alanında görüldüğü gibi bölgede depremlerin birbirlerini tetiklemelerinden daha önemli parametrelerin olduğu durumlarda öncelik göstermemektedir.



Şekil 4. Sekiz Depreme Ait Gerilim Modellemesi

Teşekkür

Bu çalışmada Coulomb3.3.01 kullanılmıştır. Toda ve diğ. 2011 tarafından geliştirilmiştir. Kod(https://earthquake.usgs.gov/research/software/coulomb/) sitesinden alınmıştır. Bu kod MATLAB programında çalıştırılmıştır. Ek olarak modellerdeki kıyı şeridi, GEODAS-NG Smart Start yazılımı kullanılarak eklenmiştir.

Kaynaklar

Barka, A. and Kadinsky-Cade, K., 1988. Strikeslip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. Tectonics, 7, 663-684.

Bowles, J.E., 1984. Physical and Geotechnical Properties of Soils. McGraw-Hill.

Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. Geodinamica Acta, 14, 3-30.

Cotton, F., and O. Coutant 1997. Dynamic stress variations due to shear faulting in a plane-layered medium, Geophys. J. Int. 128, 676–688

Çakır Z., Barka A., Evren E., 2003. Coulomstres interactions and the 1999 Marmara Earthquakes. Turkish Journal of Earth Science, 12, 91-103.

Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Saroglu, F., Sengor, A. M. C., 1986. Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia - A Young Collision Zone in M. P. Cowards and A. C. Ries (Eds.), *Collision Tectonics*, Spec. Publ. geol. SOC. London, vol. 19, 3-39. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Dewey, J.F. ve Sengör, A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions: complex multiple and continuum tectonics in a convergent zone, Geol. Soc. Am. Bull., 90, 84–92.

Görgün, E., Zang, A., Kalafat, D., Kekovalı, K., 2014. The 10 June 2012 Fethiye Mw 6.0 aftershock sequence and its relation to the 24-25 April 1957 Ms 6.9-7.1 earthquakes in SW Anatolia, Turkey. - Journal of Asian Earth Sciences, 93, s.102-112.

Gupta, D. K., Bhowmick, D., and Roy, P.N.S, 2013. Himalayan hazard study on the basis of stress and strain state of 1991 Uttarkashi earthquake using Coulomb stress transfer model. Geomatics, Natu-

ral Hazards and Risk, 6, (2), 131-148. doi:10.1080/19475705.2013.820797.

Harris, R. A., 1998. Introduction to special section: Stress triggers, stress shadows, and implications for seismic hazard, J. Geophys. Res. 103, 24,347–24,358

King, G. C. P., Stein, R. S., and Lin, J., 1994. Static Stress Changes and Triggered of Earthquakes. Bull. Seismol. Soc. Am.

Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. and Kuloshvili, S., 2001. Neotectonics of East Anatolia plateau (Turkey) and lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. Geodinamica Acta 14:177-195.

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Nadariya, M., Ouzouni, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. and Veis, G., 2000. GPS constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus. Journal of Geophysical Research, 105:5695-5719.

Nalbant, S.S, Mc Closkey, J. and Steacy, S., 2005. Lessons on the calculation of static stress loading from the 2003 Bingol, Turkey earthquake. Earth And Planetary Science Letters, 235 (3-4). pp. 632-640.

Reİlinnger, R., McCIusky, S., Vernant, Lawrence, S., HgİntaV, S., Çakmak, R., Özener, H-, Kafirov, F., Guliev, 1., Stepanyan, R. , NadarİYa, M. , Hahubia, G. , Mahmoud, S Sakr, K „ ArRajehi, A-, Paradissis, D, AI-Aydrus, A, Plilepin, NI., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, As, Filikov, S. V-, Gomez, F., AI-Ghazzi, R. and Karam, G-, 2006. GPS comstraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for tbe dynamics of plate interactioıus. Journal of Geophysical Research, 111, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.

Sandvol, E., Türkelli, N. and Barazangi, M., 2003. The Eastern Turkey Seismic Experiment: The study of a young continent-continent collision: An example from eastern Turkey. Geophysical Research Letters, 30(24), 8038, doi:10.1029/2003GL018912,2003.

Stein, R.S., Barka, A., Dieterich, J.H., 1997. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. Geophys. J. Int., 128, 594-604

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.

Taymaz, T., 1992. The Source Parameters Of The Çubukdağ (W.Turkey) Earthquake Of 1986 October 11. *Geophysical Journal International*, 113, 260-267.

Taymaz T., Yılmaz, Y., and Dilek, Y. 2007. The geodynamic of the Aegena and Anatolia: introduction. Geological Society, London, Special Publications, 291, 1-16 doi:10.1144/SP291.1

Toda, S., Stein, R. S., Sevilgen, V., and Lin, J. 2011. Coulomb 3.3 Grpahic-Rich Deformation and Stress-Change Software for Earthquake, Tectonic, and Volcano Reseacrh and Teaching- User Guide. U.S. Geological Survey Open File Report 2011-1060, 1-64. http://pubs.usgs.gov/of /2011 /1060/ adresinde mevcuttur.

Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfekl, D., Abbasi, M.R., Vigny, C., Masson, F., Nankaıi, H.. Manino, J., Ashtiani, A.. Bayer, R., Tavakoıi, F., Chery, J. 2004. Presentday Crustal Deformation And Plate Kinematics İn The Middle East Coııstrained By GPS measurements in Iran and Oman. Geophysical Journal International, 157, 381-398.

İTÜ Kampusü Dahilinde Bulunan Derenin Yatağı Boyunca Doldurulan Bölgenin Geometrik Olarak Derinliği Ve Genişliğinin Sismik Kırılma Yöntemi İle Hesaplanması

Calculation As Geometric Depth And Width Of The Region That Will Be Filled İn Itu Campus By Seismic Refrection Method

H. Bilmez, B. Karadöller, M. E. Demirbağ
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada, bölgenin sismik hızlarından faydalanarak dolgu yapılan bir sahanın derinlik ve kalınlık tespitini yapabilmek için P dalgalarının hız tespiti belirlemek amacı ile jeofizik yöntemlerden biri olan sismik kırılma yöntemi çalışmaları (ASTM 2011 International standartlarına göre) yapılmıştır. İTÜ Ayazağa Kampüsü ile askeri alan arasında bulunan derenin yatağı boyunca dolgu malzemeleri ile doldurulan alandan sismik kırılma verileri toplanmıştır. Bu çalışma toplam 31 m'lik iki profilden oluşmaktadır. Alıcı (jeofon) aralığı 1 m ve kaynak ile ilk alıcı arası mesafe 4 m olarak belirlenmiştir. P-dalgalarının hız tespiti yapılabilmesi için düz ters ve ortadan atışlar yapılmıştır .Toplam 2 profil alınmış olup her profil için düz, orta ve ters olmak üzere toplam 6 atış yapılmıştır . Veri toplama aşamasında İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne ait 24 kanallı Oyo-McSeis170f kayıtçı cihazı, alıcı olarak 24 adet P dalgası jeofonu ve kaynak için 7 kg balyoz kullanılarak sismik kırılma verisi toplanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Sismik kırılma, Örtü kaya derinliği, Sismik Hız.

ABSTRACT In this study, seismic refraction method which is one of the geophysical methods was used in order to determine the veolocity and thickness determination of the land fill area by using the seismic refraction method (according to ASTM 2011 International standards). Seismic refraction data were collected over the land filled area along the bed of the stream between the İTU Ayazağa Campus and the military area. This study consists of two profiles with a total length of 31 m. The receiver (geophone) interval is 1 m and the distance between the source and the first receiver (offset) is 4 m. In order to determine the velocity of the P-waves, straight, reverse and center shots were made. A total of 6 shots were carried out from the study area, namely straight, middle and reverse. In the data collection phase, 24-channel Oyo-McSeis170f recording device belonging to the Department of Geophysical Engineering of ITU and 24 P- wave geophone and 7-kg sledgehammer as seismic source were used to collect seismic refraction data.
Keywords: Seismic Refraction, Calculation of Bedrock Depth, Seismic Velocity, Filling Area

1 GİRİŞ

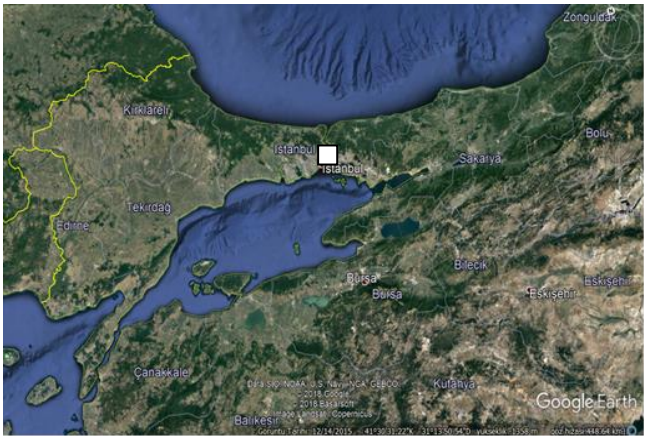
Sismik kırılma, jeofizik zemin etüdü çalışmaları arasında çok sık kullanılan bir yöntemdir. Arazi şartlarında pratik ve seri uygulanabilir olması kısa bir zaman içerisinde daha sağlıklı sonuçlar ve değerlendirmeler elde edilebilmektedir .

Yöntemin temel prensibi; kaynak ile alıcı arasında seyahat eden dalganın zamansal olarak ölçülmesi ilkesine dayanır. Balyoz veya dinamit gibi ses enerjisini üreten sistemler yardımıyla yeraltına gönderilen ses dalgaları farklı tabakalardan geçerek tekrardan yeryüzüne ulaşarak bir hat boyunca dizdiğimiz jeofonlar tarafından sinyal olarak kaydedilmesidir. Jeofon

mekanik enerjiyi elektrik impulsa dönüştüren içinde mıknatıs ve bobin bulunan bir sistemdir. Jeofonlar 8 Hz ile 10 Hz arasında kayıt edebilmektedirler.Yeraltına gönderilen dalgalar farklı fiziksel ve kimayasal özelliklere sahip katmanlardan yansıyarak ve kırılarak tekrar yeryüzüne dizdiğimiz jeofonlara geri dönmektedir. Gördüğümüz kayıt sismik iz olarak tanımlanmakta. Sismik izler kayıtçı denen cihaz tarafından kaydedilmekte olup sismik izlerin yeryüzünde bir hat boyunca dizdiğimiz jeofonların ilk varış zamanını algıladığı bilgidir. Bu bilgi bizi tabakların özeliklerine götüren bir yoldur.

Sismik yöntemlerden olan sismik kırılma kullanılarak öncelikli olarak meydana gelen P ve S sismik dalgalarının jeofonlara ilk varış zamanın okunması ile yapılır. Bu çalışmanın sonrasında gerekli analiz ve hesaplamalar yapılmaktadır. Yapılacak olan bu hesaplar ve analizler bizi birimlerin derinlik ve hız bilgisine götürmektedir . Elde ettiğimiz veriler bölgeye ait jeoloji bilgisiyle birleştirerek jeolojik arayüzeylere ulaşılabilir. Bu bitirme çalışmasında İstanbul Teknik Üniversitesi ile askeri bölge arasında geçen derenin yatağı boyunca doldurulan malzemenin geometrik olarak derinlik ve genişlik bilgisi elde edilmiştir. çalışmada kaynak için 7 kg balyoz alıcı olarak 24 kanallı P jeofonu ve sisimik kayıtçı olarak OYO McSeis 170f 24 kanallı sismik kayıt cihazı kullanılmıştır. Hedeflenen alanda toplam 2 profil sismik ölçüm alınmış olup SeisImagerMT programına ait iki farklı modül kullanılarak ölçümlerin değerlendirmesi yapılmıştır. Bu iki farklı modül Pickwin ve Plotrefa olarak adlandırılır.

Şekil 1 A : Çalışma alanı



Şekil 1B. Çalışma alanı yer bulduru haritası ve toplanan verilere ait hat ve alanların bilgisi.

2 SİSMİK KIRILMA YÖNTEMİ

Sismik dalgalar yüzey dalgları ve cisim dalgaları olarak ikiye ayrılır. Cisim dalgaları da kendi içinde ikiye ayrılır bunlar birincil dalga olan P dalgası ve ikincil dalga olan S dalgasıdır. P dalgaları boyuna hareket ederken S dalgası enine yol alır . (Kearey ,Brooks, Hill , 2002). Sismik dalgalar geçtikleri malzemelerin üzerinde yıpratıcı bir etki bırakır. Çünkü sismik dalgalar elastik bir özeliğe sahip oldukları için yapılar üzerinde deformasyona neden olurlar bunun en açık örneğini depremlerde görebiliyoruz . P dalgası sıvı katı ve gaz ortamlarında hareket edebilirken S dalgası ise sadece katı ortamlarda hareket edebilmektedir . P dalgası 1.7 kat S dalgasından daha hızlı hareket edebilmektedir .

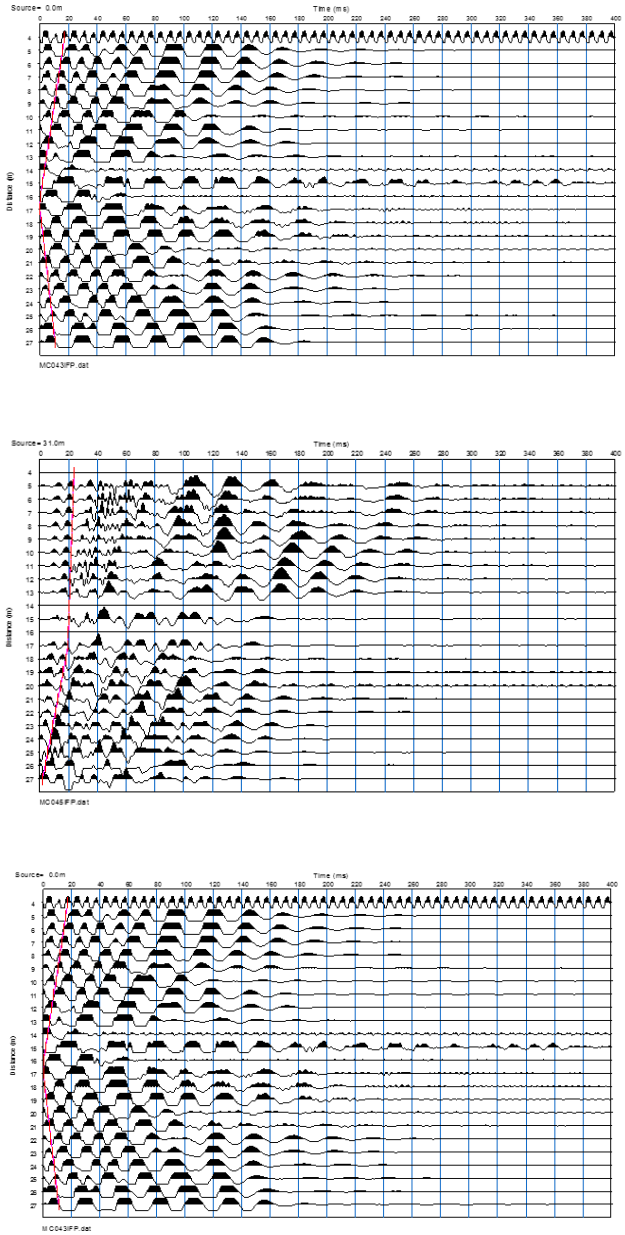
2.1 Sismik Kırılma Uygulaması

Dolgu kalınlığı ile birlikte alt katmana ait bilgilerin ayırt edilebilmesi için, profil boyunun 4 metre baştan ve sonran offset mesafesi bırakılarak 31 metre seçilmesine karar verilmiştir. Bu sebeple alıcı aralığı 1 metre olarak belirlenmiştir. Daha sonra çevre koşulları göz önünde bulundurularak (ağaç, çalı, yol, duvar vb.) profillerin başlangıç bitim noktaları belirlenmiştir. Şerit metre ile 31 metre açılım yapılarak profil uzunlukları belirlenmiş ve her 21metrede bir jeofonlar zemin temizlenip düzleştirilerek yerleştirilmiştir. Sonrasında jeofonların kulplajları teker teker kontrol edilerek bağlantıları açılan kablo üzerinden gerçekleştirilmiştir.

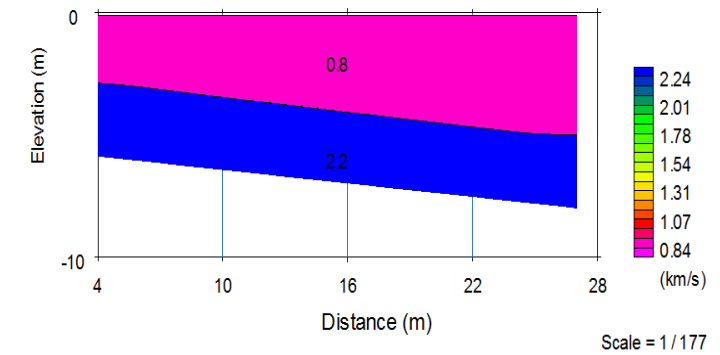
Cihaz hazır hale geldiğinde vur komutu verilerek atış yapılmıştır. Atışlar yığma (stack) işlemi uygulanarak, 3 atış üst üste

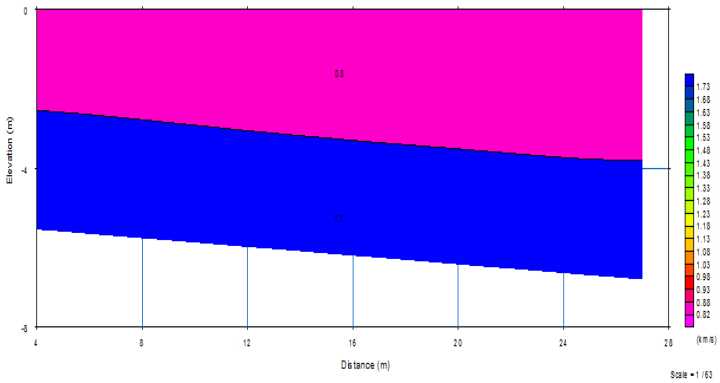
kayıt edilmiştir. Bu şekilde veri kalitesi yükseltilmiştir.
Her bir profil boyunca düz, orta ve ters olmak üzere üç atış gerçekleştirilmiştir. Yapılan her atışa ait GPS (Global Positioning System) koordinatları ters ve düz atışlar için alınmıştır. Bu koordinatlar Google Earth programı kullanılarak profiller harita üzerinde gösterilmiş ve çalışma sahası belirlenmiştir.

Şekil 2: (a ,b , c)



Şekil 2.Toplanan verilere ait düz –ters ve orta atış





Şekil 3. Profil-1 ve Profil-2 hattına ait düz,orta ve ters atış kayıtlarının değerlendirilmesi sonucu oluşturulan yeraltı derinlik-hız modeli.

Sismik kırılma verilerinden Profil-1 hattının Seisimager programı ile oluşturulan yeraltı hız derinlik modeli Şekil 3'de verilmektedir. Ayrıca Profil-1 dik kesecek şekilde alınan K-G doğrultulu Profil-2 hattına ait hız derinlik modeli de Şekil 3 verilmiştir.

3 SONUÇLAR

2 profil sismik kırılma ölçüsü alınarak dolgu alanına ait kalınlık bilgisi elde edilmiştir. 1.Profil K-G, 2. Profil GB-KD doğrultularında serilmiştir. Jeofonlar arası 1 m, ofset 4 m geometrsine sahip bir düzende 24 kanallı sismik cihaz kullanılarak ölçümler alınmıştır. Bu ölçümlerin değerlendirmeleri SeisImager^{MT} programına ait Pickwin modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Askeri alan ile İstanbul Teknik Üniversitesi arasında kalan dere yatağı boyunca yapılmış dolgu alanının geometrisinin belirlenmesine yönelik sismik kırılma çalışması sonucunda her atışa ait hız bilgileri (V1 ve V2) elde

edilmiştir. Profil 1'e ait hızlar V1=800 m/s V2=2200 m/s , Profil 2'ye ait hızlar V1=800 m/s V2=1700m/s olarak bulunmuştur. Hız bilgilerinin yanı sıra kırılmanın görüldüğü kesişim mesafesi (X(m)) Pickwwin programında piklenen atış kayıtlarından okunmuştur.Profillerin derinlik kalınlık hesabı $h = x \div 2 \times (\sqrt{(V_2 - V_1) \div (V_2 + V_1)})$ bu ampirik formül ile hesaplanmıştır . Her profile ait derinlik hesabı yapılarak ortalama derinlik hesabı 3.35 m olarak bulunmuştur. Bu derinlik dolgu alanine ait derinliktir . Bu sonuçlardan anlaşılacak üzere örtü tabakaya ait çok düşük hız çıkarken iknci tabakaya ait yanı temel kayaya ait hızlar yüksek çıkmıştır . Dolayısıyla bu sonuçlar saha jeolojisiyle birleştirildiğinde sonuçların birbrini uyulduğunu göstermekte. İkinci tabkaya ait jeolojik yapı grovak olduğu tahmin edilirken birinci tabaka ise dolgu alanına ait olduğunu söyleyebiliriz .

KAYNAKLAR

Baran, İ. (2015). Hidrojeolojik etütlerde jeofizik yöntemlerin yeri ve önemi. Yayımlanmış lisans tezi, Hacibektaş veli üniversitesi mühendislik-mimarlik fakültesi jeofizik mühendisliği bölümü, Nevşehir.

Kaya, O., 1971. İstanbul'un Karbonifer Stratigrafisi, Ege Üniversitesi, Doktora Tezi Fen Fakültesi Jeoloji Kürsüsü, İzmir.

06 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin (M_w=5.3) Sismik İstasyon Sayısına ve Azimutal Dağılımına Bağlı Lokasyon Hatalarının Belirlenmesi

06 February 2017 Determination of Location Errors Due to the Number of Seismic Stations and Azimuthal Distribution of the Ayvacık-Çanakkale Earthquake (Mw = 5.3)

D.Ü. Çetin, S Yolsal-Çevikbilen*, E. Batigün**

* Bitirme Tasarım Projesi Danışman Öğretim Üyesi ** Bitirme Tasarım Projesi Yardımcısı

ÖZET Aktif tektonik yapısı nedeniyle bir çok depremin meydana geldiği Batı Anadolu Bölgesinde bulunan Ayvacık-Çanakkale'de oluşan 06 Şubat 2017 (Mw=5.3) depremi için farklı sayıda ve farklı azimutal dağılıma sahip istasyonlar kullanılarak deprem lokasyonu ve yatay, düşey lokasyon hataları belirlenmiştir. Deprem lokasyonu EIDA (European Integrated Data Archive) tarafından paylaşılan veri setinin HYPO71 programı ile ters çözümü sonucu elde edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: HYPO71, 06 Şubat 2017 (Mw=5.3) deprem lokasyonu, Batı Anadolu

ABSTRACT The earthquake location was determined by using different number of stations for the earthquake of 06 February 2017 (Mw = 5.3) in Ayvacık-Çanakkale which is located in West Anatolia Region where there are many earthquakes due to its active tectonic structure. The earthquake location was obtained as a result of the inversion problem of the data set collected by EIDA (European Integrated Data Archive) with the HYPO71 program.
Keywords: HYPO71, 06 February 2017 Ayvacık (Mw=5.3) earthquake location, Western Anatolia

1 GİRİŞ

1.1 Batı Anadolu Bölgesinin Aktif Tektonik Yapısı

Çalışma bölgesi, Afrika ve Arabistan levhalarının kuzeye doğru hareketleriyle Avrasya levhası ile çarpışmaları sonucunda gelişen tektonik olarak oldukça aktif bir bölgesidir. Yoğun deprem aktivitesi, bölgenin sismik olarak aktif olduğunu göstermektedir. Ege Bölgesinin güneyinde Afrika levhası, Ege levhasının altına dalar. 2017 Ayvacık (Çanakkale) depreminin meydana geldiği Ege bölgesinin sismisitesi, fay kinematiği ve yapısal gözlemlere dayanan birçok çalışma bölgenin tektonik karmaşıklığını ortaya koymuştur (McKenzie, 1972, 1978; Dewey ve Şengör, 1979; Le Pichon ve Angelier, 1979; Taymaz ve diğ., 1990, 1991; Yolsal-Çevikbilen ve Taymaz, 2014; Özden ve diğ., 2018).

Ege Bölgesinde Kuzey-Güney genişlemeyi açıklayan 3 farklı model vardır. Bunlardan biri yay-ardı açılma modelidir. Ege yayındaki dalma-batmanın zamanı yay-ardı genişleme için anahtar konumda olup, hendek güney ve güneybatıya göç ederek yay-ardı bölgesinde genişleme oluşturmaktadır (McKenzie, 1978, LePichon ve Angelier, 1979).

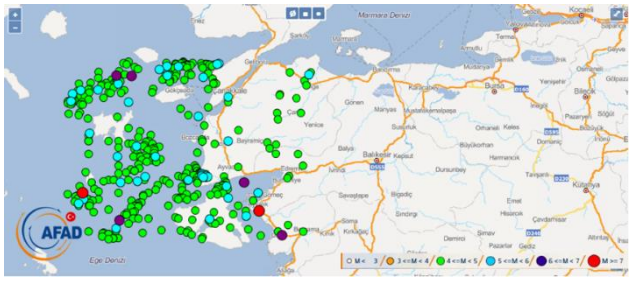
Bölgesel sismisite ve fayların kinematik analizleri, Kuzey Ege Fay Zonu boyunca kuzey Ege Denizi'nde deniz tabanı morfolojisini kontrol eden iki baskın mekanizmanın normal faylanma ve doğrultu atımlı faylanma olduğunu göstermiştir (Kiratzi ve diğ., 1991; Taymaz ve diğ., 1991; Yaltırak ve diğ., 1998; Yolsal-Çevikbilen ve Taymaz, 2014; Saltogianni ve diğ., 2014). Ege bölgesinin en bilinen karakteristiği olan

ve genel olarak doğu-batı uzanımlı grabenler ile ilişkili olarak meydana gelen depremlerin odak mekanizması çözümleri bölgedeki kuzey-güney yönlü açılmayı açıkça göstermektedir (Taymaz ve diğ., 1990, 1991; Yolsal-Çevikbilen ve Taymaz., 2014).

1.2 Ayvacık Bölgesinin Tarihsel ve Güncel Depremselliği

KOERI ve AFAD tarafından rapor edilen bilgilere göre Çanakkale-Ayvacık deprem bölgesi, Tuzla Köyü'nde ve yakın çevresinde kuzey-güney doğrultulu bir alanda yer almaktadır. Tuzla Fayı'nın deformasyon bölgesi boyunca önemli sayıda deprem meydana gelmiştir. Bazı köylerde, özellikle kıyı bölgelerinin etrafındaki Tuzla Köyü'nün batısında, ekin alanlarında yüzey çatlakları şeklinde bazı küçük yüzey deformasyonları gözlenmiştir (Demirel ve diğ., 2004). Tuzla Fayı geç Miyosen volkanik kayaları içinde yer almaktadır. Ayvacık- Çanakkale Bölgesinin 2016-2017 tarihlerindeki sismik aktivitesi Şekil 1' de gösterilmiştir (Özden ve diğ.. 2018).

Çanakkale bölgesininde 1900 ile 2018 yılları arasında olan depremler Çanakkale ve çevresinde belirgin bir sismik aktivitenin olduğunun göstermektedir (AFAD). Bölgenin büyük bölümü, geçmişte olduğu gibi günümüzde de deprem riski altındadır.



Şekil 1. Çankakale bölgesinin 01/01/1900-31/12/2018 tarih aralığındaki depremselliği (AFAD)

2 LOKASYON BELİRLEME TEKNİKLERİ VE BELİRSİZLİKLERİ

Deprem lokasyonları, standart doğrusallaştırılmış tekniklerden, tek olaylı konumlardan ortak çok olaylı konumlara kadar, doğrudan çözüm aramasında kullanılan olasılıksal tekniklere kadar farklı teknikler kullanılarak bulunabilir. Her teknik belirli varsayımlara dayanır ve güçlü ve zayıf yönleri vardır. Bunları bilmek, deprem kataloglarının sınırlarını anlamak için önemlidir. Katalogdaki deprem yerleri ve oluş zamanları, tüm nicel veriler gibi, bunları elde etmek için kullanılan temel gözlemlerdeki rastgele hatalardan dolayı belirsizliğe sahiptir. Rastgele konum hatalarına ek olarak, deprem katalogları, sistematik konum sapmalarını içerebilir. Sistematik konum hatalarının çoğunun ortak kaynağı, deprem konumlarının, deprem oluş zamanlarının ve Yerkürenin sismik hız yapısının doğal olarak birbirine bağlı olması kaynaklıdır.

3 YÖNTEM VE VERİ

3.1 HYPO71 Programı

HYPO71, yerel depremlerin hiposantırları, büyüklüğü ve varış zamanı paternini belirleyen bir bilgisayar programıdır ve ilk olarak 1971'de kullanılmaya başlanmıştır. HYPO71 programı dünya çapında kullanım sağlayan ilk deprem lokasyon programıdır.

Geiger 1910'da en küçük karelere dayanan bir deprem yeri prosedürü getirmesine rağmen, 1960'larda dijital bilgisayarlar yaygınlaşana kadar pratik bir prosedür olmamıştır. 1960'ların başlarında, dünyanın dört bir yanındaki birçok sismolog, Geiger'in yöntemine dayanan deprem lokasyonu belirleme programları yazmıştır. Bunlardan bir tanesi olan HYPO71 Programı 21 Aralık 1971 tarihlidir ve programın kullanım kılavuzu Lee ve Lahr (1972) tarafından yayımlanmıştır. HYPO71 programı Geiger'in yöntemindeki denklemleri hemen hemen tüm diğer deprem programları gibi geleneksel matris inversiyon teknikleriyle çözmemektedir.

Doğru bir deprem lokasyonu belirlemek için kullanılan girdi, istasyon koordinatlarına (mümkünse ± 0.1 km'den daha iyi), makul bir kabuk yapı modeline ve güvenilir P- ve S-girişlerine sahip olmalıdır. Doğal olarak, herhangi bir deprem yeri programı çalıştırılmadan önce, giriş verilerinin hata içermesi durumunda bilgisayar programı doğru cevap vermeyecektir.

SEISAN (Havskov ve Ottenmöller, 2001) programı altında çalışan HYPO71 için kullanılan girdi dosyasındaki test değişkenleri değerlerinin, belirli bir uygulama için dikkatlice seçilmesi gerektiği Lee ve Lahr (1972) tarafından belirtilmektedir. Çünkü test

değişkenleri, HYPO Programının deprem lokasyonu belirlemedeki kalitesini etkiler.

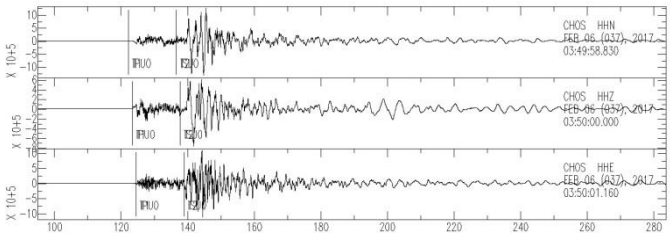
HYPO71 programı, istasyon bilgilerini bir faz okuma dosyasından ve istasyon ve kabuk hız bilgisinin bulunduğu Station0.hyp dosyasından alır. Station0.hyp dosyasına ilişkin örnek çıktılar Şekil 2 'de gösterilmektedir. Station0.hyp dosyası, istasyon isimlerini, istasyon koordinatlarını, derinliği ve kullanılan kabuk hız modelinin P-dalgası hızı ve ilgili derinlik bilgisini içerir. S-dalgasının hızı da Station0.hyp dosyası içerisinde hesaplanmaktadır. Örnek olarak verilen Station0.HYP dosyası bu çalışmadaki Test-1 ters çözümü için kullanılan parametreleri içermektedir. HYPO71 Fortran programlama dili kullanılarak yazılan bir algoritma olduğu için her parametrenin uygun satıra yazılmasına dikkat edilmiştir.

3.2 P- ve S- dalgası varış zamanları

SAC (Seismic Analysis Code) programı sismolojik araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Goldstein ve diğ., 2003). Bu çalışmada, P- ve S- sismik dalgalarının varış zamanlarının belirlenmesi için 3 farklı bileşen (Z, N ve E) SAC programında analizlenmiştir. P- dalgası için düşey bileşen kullanılarak S-dalgası için yatay bileşen kullanılarak okuma yapılmıştır.

3.3 Yapılan Testler

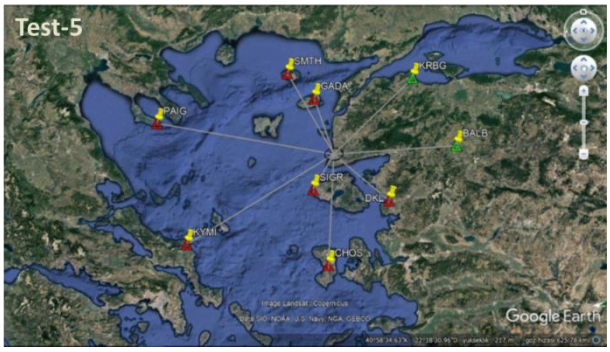
Bu bitirme çalışması kapsamında farklı istasyon sayıları ve azimutal dağılımları kullanılarak çeşitli kombinasyonlarda toplamda 9 adet test ters çözüm işlemi yapılmıştır. Testler için deprem lokasyonu probleminin lineer olmadığı kabulü üzerinden çalışan HYPO71 programı kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda belirlenen hata parametreleri Tablo 12'de verilmiştir. Yapılan testler arasından örnek olarak Test-5 ters çözüm sonucu Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 2. P- ve S- sismik dalgalarının varış zamanlarının 3 farklı bileşende (Z, N ve E) okunması.

Tablo 1: Bu çalışma kapsamında farklı sayıda sismik istasyon ve azimutal dağılım kullanılarak yapılan ters çözüm işlemleri sonucunda bulunan parametreler. ERH: Yatay hata, ERZ: derinlik hatası, İS: İstasyon sayısı, GAP: azimutal boşluk, RMS: Ortalama karekök hatası

TEST NO	İSTASYON SAYISI	Kullanılan P-dalgası okuması	Kullanılan S-dalgası okuması	GAP	ENLEM (°K)	BOYLAM (°D)	ERH (km)	ERZ (km)	RMS (sn)
1	15	12	15	134	39.562K	26.050D	18.9	22.4	2.31
2	12	10	12	123	39.567K	26.126D	14.0	19.1	1.77
3	11	8	11	194	39.587K	26.166D	29.10	32.6	3.05
4	10	10	9	228	39.707K	26.148D	52.4	45.0	3.94
5	9	8	9	66	39.589K	26.158D	18.5	13.0	1.85
6	8	7	8	72	39.599K	26.138D	13.8	21.0	1.76
7	7	5	7	107	39.623K	26.115D	13.2	20.2	1.48
8	6	5	5	103	39.534K	26.149D	32.1	52.2	3.17
9	3	3	2	148	39.116K	25.996D	75.2	73.7	3.24



Şekil 3. Test-5 ters çözüm işleminde kullanılan istasyonların dağılımı ve deprem lokasyonu çözümü.

SONUÇLAR

Yapılan testler sonucunda;

- GAP değerinin 180 dereceden büyük çıktığı durumlar için elde edilen deprem lokasyonu hatalarının oldukça yüksek olduğu,
- Ters çözümde kullanılan istasyon sayısından çok, seçilen istasyonların azimutal dağılımlarının önemli olduğu,
- Seçilen istasyonların depremin gerçekleştiği bölgeye olan uzaklığının önemli olduğu ve özellikle yakın alandaki istasyonların kullanılmasının deprem lokasyonunu belirlemede etkili olduğu,
- Bu çalışma ile 06 Şubat 2017 Ayvacık depremi (Mw= 5.3) lokasyonu için belirlenen hata miktarlarının genel olarak oldukça fazla olduğu, bunun da ters çözümde kullanılan ve bölgeyi yeterli miktarda temsil edemeyen 1-B kabuk-hız modelinden ve/veya P- ve S-dalgalarının varışlarının okunmasında yapılan hatalardan kaynaklanabileceği,

- İleride yapılacak çalışmalar için farklı hız modellerinin kullanılarak yeniden değerlendirilme yapılması gerektiği,

sonuçlarına ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bitirme çalışmamda bana olan desteği nedeniyle tez danışman hocam Doç. Dr. Seda Yolsal-Çevikbilen ve yüksek lisans öğrencisi Elif Batıgün'e teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

AFAD 2017. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başanlığı. 06.02.2017. Ayvacık-Çanakkale Depremi, Ön Bilgi Formu.

Dewey J. F., Şengör, A.M.C., 1979. Agean and surrounding regions-complex multi-plate and continitum tectonics in convergent zone. Geol. Soc. Am. Bull. 90 (1), 89-92

Ergin, K., Güçlü, U. & UZ, Z. 1967. A Catalog of Earthquakes for Turkey and Surrounding Area (11 A.D. to 1964 A.D.). Technical Report, İstanbul Technical University, Faculty of Mines, Institute of Physics of the Earth, no. 24

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.

Havskoy, J., Ottemöller, L., 2001. SEISAN: THE EARTHQUAKE ANALYSIS SOFTWARE FOR WINDOWS, SOLARIS AND LINUX, Institute of Solid Earth Physics, Bergen Üniversitesi, Allégaten 41, 5007 Bergen, Norway

Husen, S., and J.L. Hardebeck. 2010. Earthquake location accuracy, Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis, doi:10.5078/corssa-55815573. Available at http://www.corssa.org.

Kiratzi, A., and Langston, C. 1991. Moment Tensor Inversion of the January 17, 1983 Kefallinia Event of Ionian Islands (Greece), Geophys. J. Int. 105, 529–538.

Lee, WHK., Lahr, JC., 1972. HYPO71: a computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes

Le Pichon, X., Angelier, J., 1979. The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. Tectonophysics 60, 1–42.

McKenzie, D. 1972. Active Tectonics of the Mediterranean Region, Geophys. J. R. astr. SOC., 30, 109-185.

McKenzie, D. 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins, Earth and Planetary Science Letters, pp. 25-32

Özden S., Över S., Altuncu Poyraz S., Güneş Y., Pınar A., 2018. "Tectonic implications of the 2017 Ayvacık (Çanakkale) earthquakes, Biga Peninsula, NW Turkey", JOURNAL OF ASIAN EARTH SCIENCES, pp.125-141.

Saltogianni, V., Gianniou, M., Taymaz, T., Yolsal-Çevikbilen, S. 2014. Fault slip source models for the 2014 Mw 6.9 Samothraki-Gökçeada earthquake (North Aegean Trough) combining geodetic and seismological observations

Taymaz, T., Jackson, J., Westaway, R., 1990. Earthquake mechanisms in the HellenicTrench near Crete. Geophys. J. Int. 102, 695–731.

Taymaz, T., Jackson, J., & McKenzie, D. 1991. Active tectonics of the north and central Aegean Sea. Geophysical Journal International, 106(2), 433-490.

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 implications. Tectonophysics, 635, 100-124.

Çatal Burnu Sismik Kırılma Verisinin Yorumlanması

Evaluation of Çatal Burnu Seismic Refraction Data

E. Çevak, M.E. Demirbağ

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geophysical Engineering, Istanbul

ÖZET Çatal Burnu, Yalova'da bulunan bir fabrikanın avlusuna bir havuz inşa edilmek istenmiştir. Havuzun üzerine oturacağı zeminin dayanıklılığını belirlemek amacıyla sismik kırılma çalışması yürütülmüştür. Bu amaçla 5 adet hat üzerinde ölçüm yapılmıştır. Elde edilen kayıtlardan P dalgaları ilk varışları okunmuş ve ilk varışlarda saptanan kırılma noktasını dikkate alarak iki tabakalı bir yeraltı modeli meydana getirilmiştir. Tabakalar arasındaki hız farkı değerlendirilerek bu tabakaların birbirlerine göre dayanıklılıkları belirtilmiştir. Ayrıca tabaka ara yüzeyinin eğim açısı ve doğu ve batı uçlarındaki derinlikleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sismik kırılma veri değerlendirilmesi

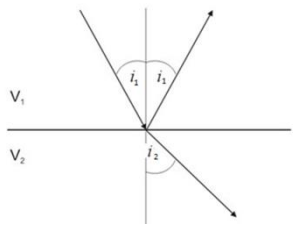
ABSTRACT A pool was wanted to be constructed at the yard of a factory in Çatal Burnu, Yalova. A seismic refraction study was conducted to determine the properties of the ground where the pool would be placed. For this purpose seismic measurement made along 5 lines. First arrivals of P waves read from the obtained records were used to construct an underground layered model. The endurance of layers comparing each other determined evaluating the velocity difference. Additionally the inclination angle of the interface of the layers and the depth at eastern and western ends of the interface were calculated.

Keywords: Evaluation of seismic refraction data

1 THE SEISMIC REFRACTION METHOD

This theoretical sections are based on the book by Robinson and Çoruh (1998). Seismic refraction is a geophysical method used for studying underground conditions by evaluating surface-sourced seismic waves. Data obtained on site is processed on computer and interpreted to generate models of the seismic velocity and layer thickness of the subsurface ground structure. The method is widely used for measuring the thickness of overburden in areas where bedrock is at depth, and calculating seismic rippability parameters .In this method travel times of refracted seismic energy are used to calculate the seismic velocity of the earth.

1.1 Snell's Law



$$\frac{sini_1}{sini_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

Figure 1. Incident P wave, and reflected and refracted waves

In the figure above i indicates incidence angle, r indicates refraction angle

Law of refraction:

Snell's Law determines the angle of refraction i2 which is $\frac{sini_1}{V_1} = \frac{sini_2}{V_2}$

1.2 Critical Refraction

The working principle of the seismic refraction surveying is based on the change of the direction of the wave when it hits to a boundary between two layers whose velocities are different. The velocity contrast of seismic velocities of two neighbour layers determines the amount of the change of the direction of the wave. This happens according to Snell's Law.

sin i1/sin i2 = V1/V2 for general refraction

sin ic = V1/V2 for critical refraction

ic indicates the angle at which critical refraction happens. V1 and V2 stand for seismic velocities of upper and lower layer respectively. V2 is greater than V1. i1 and i2 stand for incidence and refraction angles.

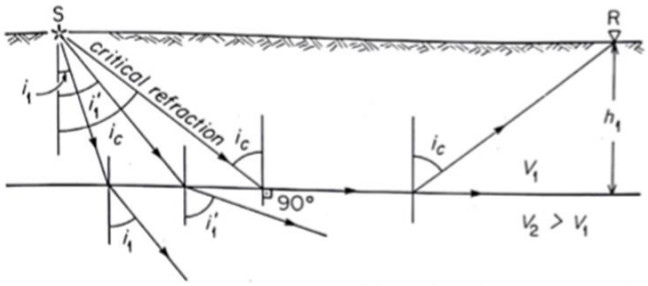


Figure 2. Critical Refraction

1.3 Fermat's Principle

A ray travels between two points along the path that needs the minimum time, comparing to other nearby paths. This is called as Fermat's Principle.

1.4 Huygen's Principle

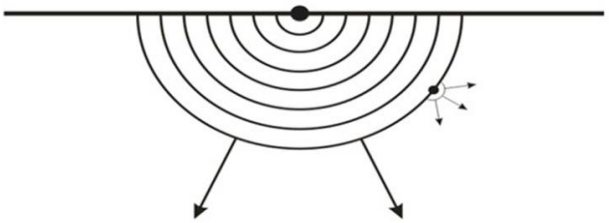


Figure 3. Wave propagation according to Huygen's Principle

Each point on a wave front can be described as a new point source for seismic waves.

1.5 Preparing a Travel Time Curve

After completing a seismic survey geophysicists get a seismogram. The following step is preparing a travel time curve utilizing data gotten from the seismogram. Figure 4 helps to explain to prepare a travel time curve. S indicates a source and R1-R12 a line of geophones on the surface of a simple one-layer structure. After getting such a seismogram, the geophysicist can write the geophone distances x1- x12 on the seismogram traces. After that the time (t) of onset of the first arrival is measured for each trace. Measured times, t1-t12, are marked on the seismogram. Points indicates these distance and time values shown on figure 4-c. The diagram is the travel time curve.

$$t_R = \frac{SA}{V_1} + \frac{AB}{V_2} + \frac{BR}{V_1}$$

1.6 Measuring Seismic Wave Velocities

Measuring velocities (V1 and V2) of a two layer structure includes six steps. Firstly an energy source and a line of geophones should be placed along the surface. Then a seismogram is acquired. At the next step the times of first arrivals are measured from the seismogram traces. After that these times are plotted at the corresponding geophone distances on a graph. Later lines are plotted through strait alignments of points so that the t-x curve is obtained. At the last step slopes of the straight lines are measured and velocities are calculated from the reciprocals of the slopes.

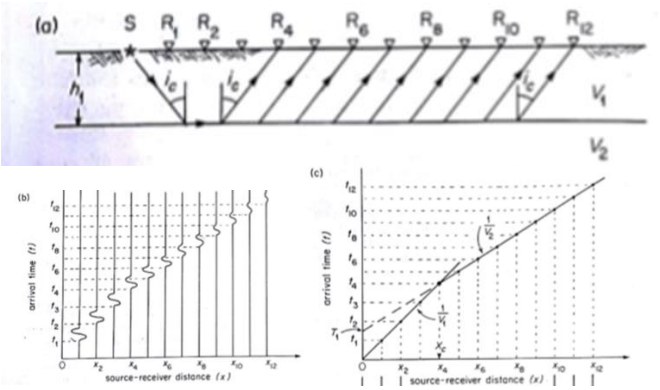


Figure 4. Raypath, seismogram and travel time

1.7 Calculating Layer Thickness

After measuring seismic wave velocities, next step is calculating the layer thickness h1. h1 is defined by a horizontal interface from knowledge on the travel time curve. There are two approaches for analysing this problem. The first approach is applied by using crossing distance Xc. The other approach is applied by utilizing intercept time T1. At first the approach based on Xc will be evaluated.

Figure 5 illustrates a source S and a receiver R arranged by a distance X. The travel time tD for a direct wave is calculating by the following equation:

$$t_D = x/V_1$$

The travel time for the refracted wave is

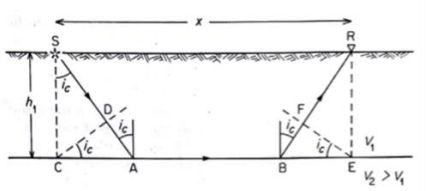


Figure 5. Geometrical features of the travel path and the wave front of a seismic wave critically refracted along a horizontal plane boundary.

At first the approach based on Xc:

$$h_1 = \frac{X_c}{2}\left(\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}\right)^{1/2}$$

The other approach including intercept time:

$$h_1 = \frac{T_1 V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}$$

1.8 Two Layer Case

In Figure 6, it can be observed that the ray path taken by a pulse starting from the source A moves to B where it undergoes critical refraction and moves towards and eventually beyond location C. The head wave starting from the refractor at C moves along layer 1 where it is detected by a receiver at D. The receiver is offset from the shot point by an interval x. The sum of the travel time taken by the signal is calculated by adding the three component travel times, which are the path between A and B, B and C, C and D. Velocities of the two layers, V1 and V2 are calculated by the help of the time-distance graph for the two-layer case (Figure 6). Intercept time (ti) can be calculated from the critically refracted arrivals by making extrapolation of the segment. Then refractor depth (z) can be calculated by using appropriate equation knowing the values of V1 and V2 which derived from time-distance graph.

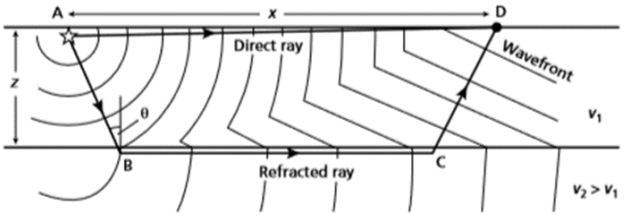


Figure 6. Ray path

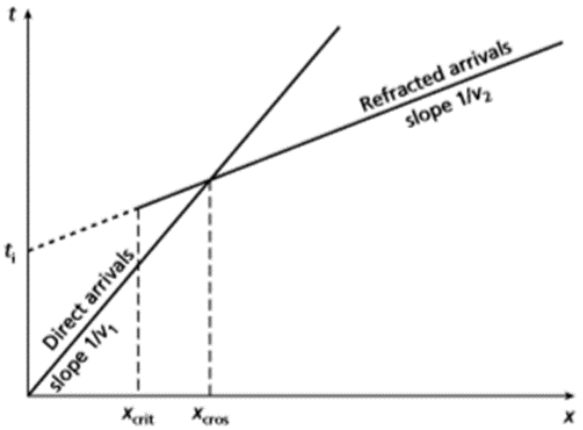


Figure 7. Distance-Time graph

1.9 Refraction in Structures with Dipping Layers

In horizontal layers the down going and up going parts of a refracted ray path are similar. In a structure which has dipping layers the down going and up going parts of a refracted ray path are different. Hence, calculating the layer thickness becomes more complex.

1.10 Reciprocity

Even if the source and the receiver interchange their locations, the travel time does not change. This is called as condition of reciprocity.

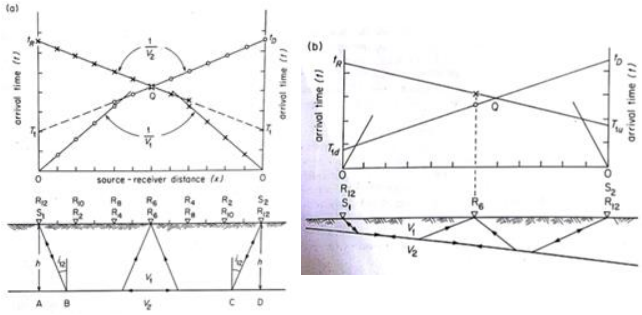


Figure 8. Wave Paths, Seismogram, and Travel Time Curve

2 REFLECTION METHOD

The physical operation of reflection is shown in Figure 9. The ray paths through successive layers are illustrated in the figure. Generally there are a lot of layers under the earth's surface that make contribution to reflections to a single seismogram. The peerless benefit of seismic reflection data is that it allows mapping of several horizon or layers with each shot. At later times in the record, more noise would be occur in the record. This makes the reflections difficult to extract from the unprocessed data.

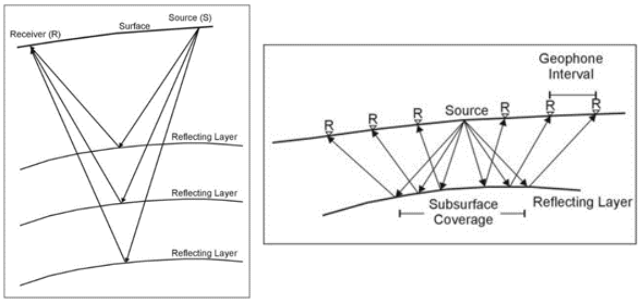


Figure 9. Schematic of the seismic reflection method and Multichannel recordings for seismic reflection

3 APPLICATION

In a factory area in Çatal Burnu, Yalova seismic refraction method is applied to study the layered structure and the velocity of the P-wave

propagation. The survey conducted by using a 12 channels OYO Instruments McSEIS-170f device. The purpose of the study is to investigate the subsurface conditions of the area where a pool will be constructed at the yard of the factory.

According to the study "The Geology and the Structural Characteristics of the Area Between Gulf of Izmit and Lake Iznik" conducted by Simav Burgu and Mehmet Sakınç (1989) the application area is covered by Quaternary alluvion sediments and a part of North Anatolian Fault Zone passes through the study area.

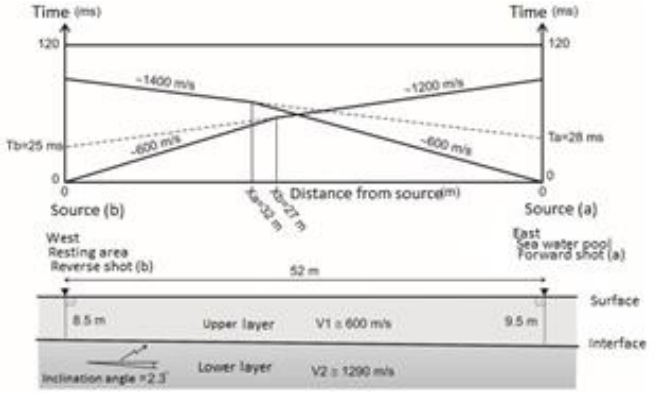


Figure 13. Çatal Burnu (Yalova) SIS5 Seismic line interpretation and corresponding underground model

4 RESULTS

In the seismic refraction study applied in Çatal Burnu, seismic data acquired along five line which are Çatal Burnu-SIS1, Çatal Burnu-SIS2, Çatal Burnu-SIS3, Çatal Burnu-SIS4, Çatal Burnu-SIS5. All results of the lines show similar properties. Strong surface waves seen as predominant in the recordings. First arrivals of the P-wave of both forward shot and reverse shot of Çatal Burnu-SIS5 are read and by evaluating the refraction point which seen in first arrivals a two layered subsurface model is prepared. Under the line Çatal Burnu-SIS5 P-wave velocity determined as 600 m/s at the upper layer, and 1290 m/s at the lower layer. The strong difference between the layers indicates that the lower layer is more component comparing to the upper layer.

Layer interface has a 2.7 degrees inclination towards east. The depth of the layer interface is 9.5 m at the eastern end, 8.5 m at the western end.

ACKNOWLEDGEMENTS

I sincerely thank to my thesis advisor, Prof. Dr. Mustafa Emin Demirbağ for his kind and patient guidance and contributions to me during this work and in my license education period.

REFERENCES

Bargu, S., Sakınç, M, 1989. İzmit Körfezi ile İznik Gölü Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Yapısal Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, Cilt: 6, sayı: 1-2, sayfa: 45-76.

Introduction to Applied & Environmental Geophysics

Robinson, E.S., Çoruh, C., 1998. Basic Exploration Geophysics, Wiley Publications.

https://www.geophysical.biz/seisrf1.htm

http://www.geometrics.com/applications/frequency-asked-questions/seismic-refraction/

https://www.researchgate.net/publication/289308891_Seismic_refraction_method_A_technique_for_determining_the_thickness_of_stratified_substratum

https://archive.epa.gov/esd/archive-geophysics/web/html/seismic_reflection_methods.html

Adapazarı Katı Atık Tesisinde Zemin Parametrelerinin Saptanması

Calculation of Soil Parameters in Adapazarı Region

F. Elik, G. Örgülü, K. Fırtana
İstanbulTeknik Üniversites,Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Adapazarı bölgesinde işletilen katı atık tesisinin zemin parametrelerini belirlemek amacıyla çok kanallı yüzey dalgası (MASW) yöntemi kullanıldı. Bu amaçla 8 serim yapıldı, 4 metre aralıklarla jeofonlar dizildi ve herbir serim için 5 ayrı atış yapıldı. SeisImager yazılımı ile görselleştirilen MASW yöntemi kullanarak herbir serime ait Vs30 hız profilleri elde edildi. Ayrıca, elde edilen Vs30 hız modelinden çalışma alanına ait zemin parametreleri hesaplandı.

ABSTRACT Site characterization of a solid waste facility in Adapazarı Region is determined from the Multi-Channel Surface Wave (MASW) method. For this purpose, 8 profiles were used. Distance between geophones is 4 m. For each profile 5 shots were performed. By using the MASW method visualized by the SeisImager software Vs30 velocity profiles were obtained for each profile. Moreover, soil parameters of the study area were determined from Vs30 seismic velocity model

1 GİRİŞ

Adapazarı'nda Sakarya Büyükşehir Belediyesi'nin kurduğu Sakarya Katı Atık Depolama Tesisleri bulunmaktadır. Bu tesiste evsel atıklar, evsel nitelikli sanayi atıkları ve sterilize edilen tıbbi atıklar depolanıyor. Atık taşıma araçları ile gelen atıklar kantarda tonaj işlemlerinin yapılmasının ardından döküm sahasına boşaltılıyor. Gerekli mühendislik çalışmaları, yer altı bilgisi ve risk tahmini için çeşitli jeofizik yöntemleri ve sondaj çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışmada amaçlanan Adapazarı bölgesinin yeraltı tabakalarının yapısını belirlemek amacıyla, sismik kırılma çok kanallı yüzey dalgası yöntemleri kullanılmıştır. S dalga hızının derinlikle ilişkisini veren yer altının yapısını ve fiziksel parametrelerini belirleyebilmek için MASW metodu kullanılmıştır. Toplanan veriler SeisImager programıyla işlemden geçirilmiş ve elde edilen sonuçlar bölgenin jeolojisi ile ilişkilendirilmiştir.

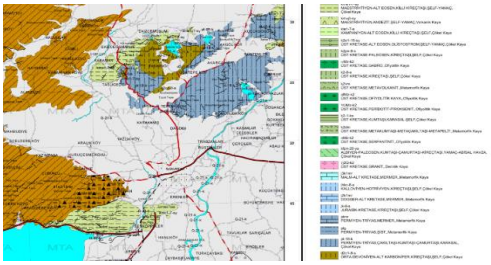
2 ÇALIŞMA ALANI

Çalışılan alan Sakarya'da bulunan Katı Atık Depolama Tesisleri ve etrafında bulunan binalar Kuzey ve Doğuya L şeklinde uzanmaktadır. İncelenen alan ortalama 50-60 metre genişlikte ve 200 metre uzunluktadır. Jeofon dizilimlerinin çoğunluğu bu inşaat alanında yapılmıştır. En yüksek ve en alçak noktaların yükseklik farkı 20-25 metreye ulaşabilmektedir.

Şekil 2.1. Çalışma alanı

2.1 Bölgenin Jeolojisi

Adapazarı bölgesinde bulunan en yaşlı kayaçlar Orta Devoniyen (Paleozoik) – Alt Carboniferous (Paleozoik) yaş aralığındadır. Karasal bölgelerde kumtaşı-şist-çamurtaşı ile başlayıp deniz seviyesinde kireçtaşı depozitleriyle



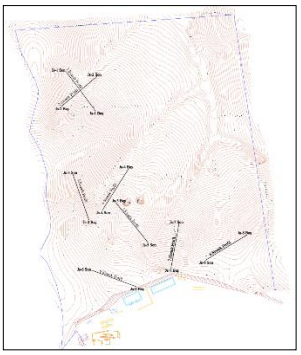
Şekil 2. Bölge jeolojisi

3 ÇOK KANALLI YÜZEY DALGASI (MASW) YÖNTEMİ

Makaslama (S) dalgası hızı yeraltının makaslama modülü, sıkışmazlık modülü, doğal salınım periyodu, sismik büyütme ve poisson oranı gibi zemin parametreleriyle alakalıdır. Bu nedenlerden ötürü S hızı yeraltındaki tabakaların incelendiği mühendislik çalışmalarında önemli bir parametredir. Sismik kırılmanın kullanım zorluklarından dolayı daha avantajlı olan yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW) kullanılmaktadır. Sismik kırılmada kullanılan dizilim geometrisi MASW metodunda da kullanılıp daha derinlere ulaşabilmek mümkündür. Ayrıca veri toplamada hızlı olması, veri işleminin kolaylığı ve düşük hız probleminin bir sorun olmaması bu yöntemin avantajlarından sayılmaktadır.

3.1 Jofon Dizilimi

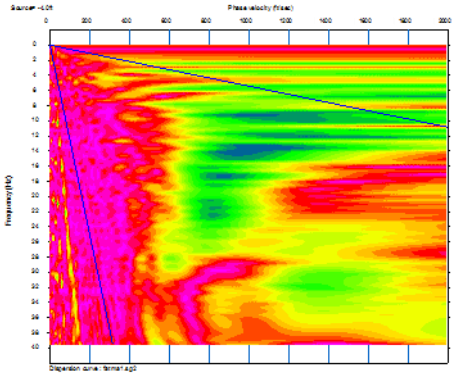
Bölgede 8 profil dizilimi bulunmaktadır Her profilde 24'er jeofon vardır. Jeofonlar arası mesafe ve offset 4m alınmıştır. Her profil için için 5 ayrı atış yapılmıştır. İlk atışta kaynak -4mde, ikincide 6.-7. Jeofon arasına, üçüncüde 12.-13. Jeofon arasına, dördüncüde 18.-19.cu jeofonlar arasına ve son olarak son atışta kaynak 24. Jefondan 4 m uzağa konulmuştur.



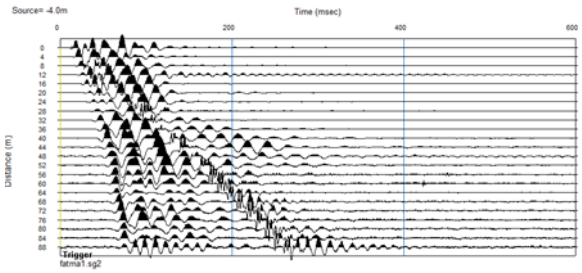
Şekil 3.1. Profil dizimi.

3.2 Seisimager ile Çok Kanallı Yüzey Dalgası (MASW) Analizi

Çok kanallı yüzey dalgası analizi, kullanılan programdan bağımsız olarak iki yapım aşamasından oluşur. İlk aşama olarak dispersiyon eğrisinin bulunması daha sonra da ters çözüm uygulanır ve sonuçta teorik ve hesaplanan dispersiyon eğrilerinin çakışmalarına bakılarak RMS değerleri ile yorumlama yapılır. Dispersiyon eğrisi bu çalışmada SeisImager programıyla hesaplanmıştır. Sonraki adım teorik eğri kullanılarak ters çözüm yapmaktır. Yapılan incelemenin sonucu olarak deneysel eğriye uyması açısından en kabul edilebilir olan teorik dispersiyon eğrisinden bulunan makaslama dalgası hızını bulunur.



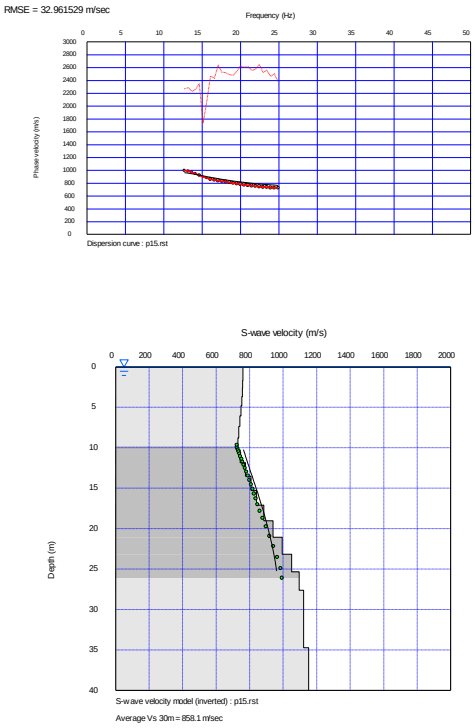
Şekil 3.2 f-v domaninde dispersiyon imajı.



Şekil 3.3 Çok kanallı sismik veri

4 MASW YÖNTEMİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Çok kanallı yüzey dalgası analizi yönteminde yapılann aşamalar her bir 8 profil için 5 atış için tekrar edildi. Elde edilen dispersiyon eğrileri birleştirilip her profile ait Vs30 profilleri elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Dispersiyon eğrisi ve Vs30 hız modeli.

5 ZEMİN PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

Bu çalışmada; farklı yöntemlerle alınan ölçümler sonucunda aynı noktanın hız değerleri, yoğunluk, poisson, dinamik zemin parametreleri birbiriyle uyumlu çıkmıştır. Yüzey dalgası çalışmasında elde edilmiş olan dispersiyon eğrisine uygulanan ters çözüm işlemi ile S dalga hızı ve ortalama Vs30 hızı elde edilmiştir. En yaygın kullanılan ters çözüm yöntemi iterasyona başlamadan önce bir başlangıç modeli kullanılır. Başlangıç modelinin temel parametreleri, zemin modelinin S-hızı (Vs), P-hızı (Vp), yoğunluk ve kalınlığıdır. P dalgası, malzemenin sıkışma ve genleşme zorlamasına karşı bir direnci varsa bu direncin yüksekliğine göre hızlanır. S dalgası, malzemenin şekil bozukluğuna veya burulmaya karşı bir direnci varsa oluşur. Sismik hız oranı (Vp/Vs), zeminin sıkılığını ve sıvılaşmasını gösterir. S dalga hızı (kayma dalgası) zemin gruplarının sınıflandırılmasında göz önünde bulundurulan en önemli parametrelerden (SPT, rölatif sıkılık, serbest basınç direnci, kayma dalgası hızı) biridir. Vp/Vs hız oranı arttıkça deprem şiddetinin ve buna bağlı olarak deprem hasarının artmakta olduğu birçok araştırmacı tarafından örneklerle gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

Dolgun, A. B., 2018. MASW Yeraltı Tabakalarının Fiziksel Özellikleri (makaslama modülü, elastisite modülü, sıkışmazlık modülü).

Elin Asta Olafsdottir, S. E., 2018. Tool for Analysis of Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) Field Data and Evaluation of Shear Wave Velocity Profiles of Soils.

Felek, G., 2015. Ankara Çayı Havzası İçerisinde Yer Alan Bölgelerin Sismik Risk Düzeyinin Yüzey Dalgaları ile Analizi. İzmir.

DOĞU TÜRKİYE BÖLGESİNDE MEYDANA GELEN BÜYÜKLÜĞÜ (Mw≥5.6) OLAN DEPREMLERİN 1966-2011 YILLARI ARASINDAKİ COULOMB GERİLİM DEĞİŞİMLERİ

COULOMB STRESS CHANGES OF EARTHQUAKES (Mw≥5.6) OCCURED IN EASTERN TURKEY DURING 1966-2011

T. GENCER, T. TAYMAZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışma doğu ve güneydoğu Türkiye alanlarını içeren 36-41K ve 38-45D arasında yapılmıştır. Çalışma alanı içerisinde 1966-2011 yılları arasında gerçekleşen 12 adet deprem incelenmiştir ve bu depremlerin büyüklükleri 5.6'dan büyüktür. Bu depremlerin 2B modellemesi için Coulomb gerilme analizi kullanılmıştır. Coulomb gerilme değişimleri, düşey yer değiştirme ve 6 farklı yöndeki deformasyon dağılımları Coulomb 3.3.01 gerilme hesaplama programı ile elde edilmiştir. Deformasyon dağılımlarının hesaplandığı yönlerden 3 tanesi normal deformasyon bileşenlerinden (SXX, SYY, SZZ) oluşmaktadır. Diğer 3 tanesi ise kesme deformasyonuna (SXY, SXZ, SYZ) aittir. Gerilme dağılımı modelleri depremlerin odak mekanizması çözümlemesi sonucu elde edilen parametreler kullanılarak ve ortamın aktif tektoniği göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Her depreme ait gerilme dağılımı modelleri elde edildikten sonra, ortamdaki gerilme transferini gözlemlemek için gerilme transferi modelleri yapılmıştır. Bu modeller depremlerin tarihlerine göre birbiri üzerine eklenmesiyle elde edilmiştir. Bunun sonucunda elde edilen modellerde, gerilme birikiminin olduğu yerlerde depremlerin gerçekleştiği gözlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Coulomb gerilme değişimi, deprem, doğu ve güneydoğu Türkiye, düşey yer değiştirme

ABSTRACT In this graduation project, the study area is between 36-42N and 38-45E which includes eastern Turkey. In this study, 12 earthquakes occurred between 1966 and 2011 are analyzed, and the moment magnitude of these earthquakes is greater than 5.6. Coulomb stress method is used for obtaining 2D (2 dimensions) stress distributions of these earthquakes. Coulomb stress changes, vertical displacement, and strain distributions in 6 different directions are calculated using Coulomb 3.3.01. In strain distribution, three directions are in normal strain (EXX, EYY, EZZ). The other three of them belong to shear strain in (EXY, EXZ, EYZ). These all 2D models are obtained by using source parameters of the earthquakes, and considering the active tectonism of the study area. After these modeling operation for each earthquake, stress distribution models are obtained to observe stress transfer caused by these earthquakes. These models are made by adding earthquakes chronologically. As a consequence, it is observed that earthquakes may occur in the stress accumulation areas.
Keywords: Coulomb stress change, eastern Turkey, strain distribution

1 INTRODUCTION

The goal of this study is to demonstrate the Coulomb stress distributions in Eastern Turkey by using 12 earthquakes that moment magnitudes are bigger than 5.6. The Coulomb failure criterion is used for modeling of the earthquakes.

Region of the study area consists of East Anatolian Fault Zone, North Anatolian Fault Zone and Bitlis Zargos Fold and Thrust Belt which locates east side of the Turkey and intersects at Karlıova triple junction. The East Anatolian Fault Zone (EAFZ) has active seismicity and tectonism which locates between the North Anatolian Fault Zone and Mediterranean Sea in the Gulf of Iskenderun (Taymaz et al.1991). Triple junctions kinematics and mechanics gives information about mechanical and thermal behaviour of the lithospheric plates.As the Arabian plate moves north it squeezes the Anatolian plate, which escapes westward in an extrusion like process (Flerit et al., 2004; Şengör et al., 2005). subduction processes at the Hellenic arc cause extension in the western portion of the Anatolian plate, resulting in a westward pulling force on the Anatolian plate and also adding complexity to fault geometry and hence rupture propagation in western sections of the NAF (Flerit et al., 2004). Northern Iraq represents part of the convergent plate boundary between the Arabian and Eurasian plates. The collision zone between these two plates is manifested by the Bitlis–Zagros Fold and Thrust Belt.

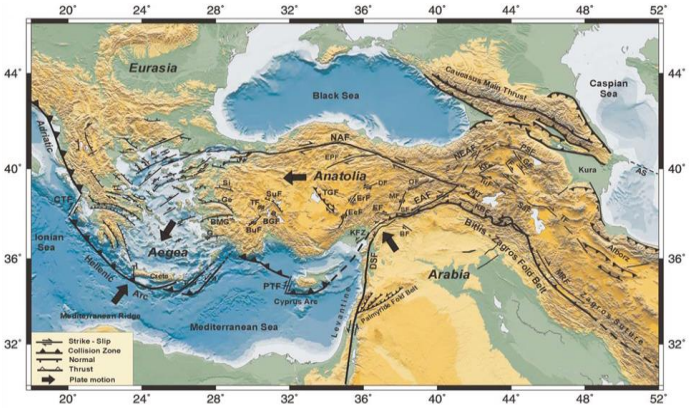


Figure 1. Tectonic map of Turkey. This tectonic map is taken from Taymaz et al., (2007). BMG: Büyük Menderes Graben, DSF: Dead Sea Transform Fault EAF: East Anatolian Fault, EPF: Ezinepazari Fault, Ge: Gediz, NAF: North Anatolian Fault, NEAF: Northeast Anatolian Fault

2 METHODOLOGY

2.1 Coulomb Failure Function

Coulomb stress changes are computed from knowledge of the slip of the causative earthquake. The basic idea is that displacement in the elastic upper crust produces a tensorial stress perturbation which can then be resolved into shear and normal components on target (or receiver) faults; an increase in shear stress in the slip direction and a decrease in normal stress increase the likelihood of future failure.

$$\Delta CFF = \Delta\tau + \mu\,(\Delta\sigma n + \Delta p) \qquad \text{(Eq.1)}$$

where $\Delta\tau$ is the shear stress in the direction of slip, $\Delta\sigma n$ is the normal stress changes , μ is the friction coefficient and Δp is the pore pressure change. According to the model, pore pressure changes depend on the normal stress changes $\Delta p = -B\Delta\sigma n$, where B is the Skempton coefficient value between 0 and 1. Therefore, using this model, equation (1) can be written as

$$\Delta CFF = \Delta\tau + \mu' \Delta\sigma n \qquad \text{Eq(2)}$$

where $\mu' = \mu(1-B)$ is called the effective friction coefficient. $\Delta p = -B\,(\Delta\sigma kk/3)$, and therefore equation (1) becomes :

$$\Delta CFF = \Delta\tau + \mu\,(\Delta_{\sigma n} - B\,\frac{\Delta\sigma kk}{3}) \qquad \text{Eq(3)}$$

3 RESULTS

In this thesis, the Coulomb failure criterion is used and the earthquakes (see Table 1) are modelled by using the Coulomb stress equations. In Coulomb stress changes modelling for earthquakes, the fault geometry (strike, dip, and rake angle of fault planes), moment magnitude of earthquakes, centroid depth of earthquake, and location of earthquake are used. The coefficient friction changes with respect to fault mechanism. The range is between 0.0 and 0.8 for effective coefficient of friction. It varies depends on the rock types and fault mechanism, but in general, this value is used as 0.4 (King et al., 1994). μ' (effective coefficient firiction) is used as 0.4 in this study.

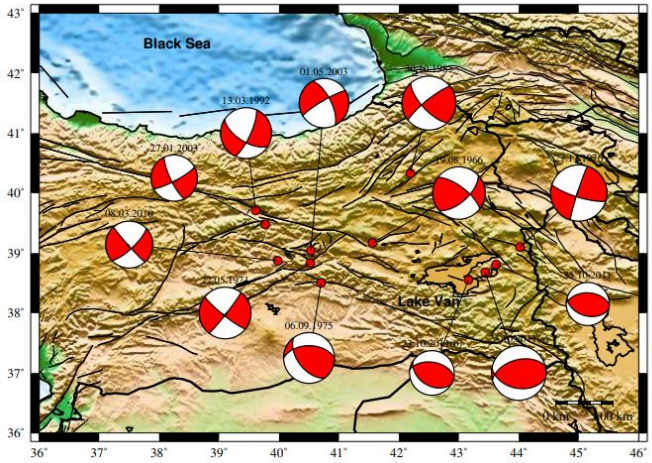


Figure 2. Focal mechanism solutions of eastern Turkey earthquakes used in this study (see in Table 1).

It is known that Coulomb stress distribution models show the variations in stress in an area because of earthquakes. In stress distribution transfer models (Figure 3), all earthquakes are used, and the Coulomb stress changes are calculated by adding earthquake one to another.

The Coulomb stress distributions because of earthquakes occurred eastern Turkey during 1966 to 2011 are used. It is seen that earthquakes can trigger and affect each other. Stress accumulates WE side of the Van Lake and also around region of 1975 Lice earthquake. Therefore, two clusters observed in this thesis. That indicates great magnitude earthquakes can observe at the clusters. Results demonstrate Karlıova Triple Junction and Van region seismically active regions.

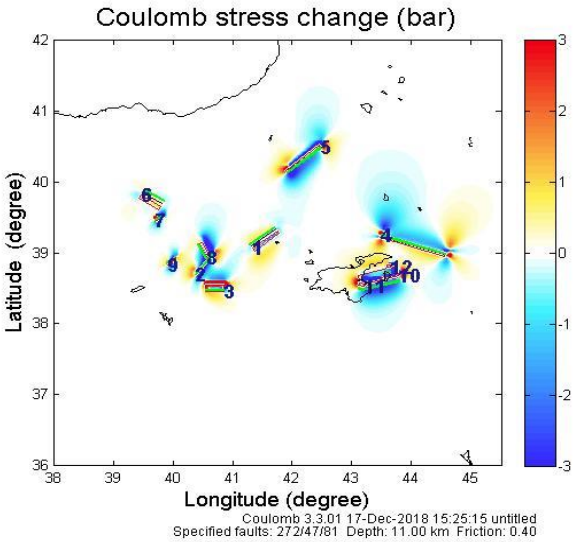


Figure 3. Stress accumulation and stress transfer of earthquakes are given in Table 1. Stress distribution is calculated for the source parameters of the next earthquake. The color scale shows the stress changes in bar.

After all, it can be suggested that earthquakes can trigger one to another according to the stress distribution model indicating the Coulomb stress changes, and the earthquakes that occur in the region may affect even if the distant faults in this study area.

ACKNOWLEDGMENTS

With all my sincerity, I would like to thank my advisor, Prof. Dr. Tuncay Taymaz for her guidance, contributions and supports to me during my thesis study. I also appriciate to Doc. Dr. Seda Yolsal-Çevikbilen and master student Derya Keleş for their assistance. In addition, I would like to thank all professors and assistants for their contributions to my education life.

REREFENCES

Barka, A. A., and Reilinger, R. 1997. Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data: Annals of Geophysics, v. 40, no. 3, p. 587-610

Flerit,F. , Armijo ,R. , King ,G. , Meyer, B., 2004. The mechanical interaction between the propagating North Anatolian Fault and the backarc extension in the Aegean. Earth Planet Sc Lett 224: 347-362.

King, G. C. P., Stein, R. S., and Lin, J., 1994. Static Stress Changes and Triggered of Earthquakes. Bull. Seismol. Soc. Am.

Taymaz , T., Eyidogan , H., and Jackson, J., 1991.Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey) , Geophysical Journal International, 106, 537-550

Taymaz T., Yılmaz, Y., and Dilek, Y. 2007. The geodynamic of the Aegena and Anatolia: introduction. Geological Society, London, Special Publications, 291, 1-16 doi:10.1144/SP291.1

Toksöz, M.N., Nabelek, J. and Arpat, E., 1978. Source properties of the 1976 earthquake in eastern Turkey: a comparison of field data and teleseismic results, Tectonophysics, 49, 199-205.

Şengör AMC, Tüysüz O, İmren C, Sakınç M, Eyidoğan H, Görür N, Le Pichon X, Rangin C 2005. The North Anatolian Fault: a new look. Annu Rev Earth Pl Sc 33: 37-112.

İTÜ Kampüs Alanında Yakın Yüzey Elastik Parametrelerin Ölçülmesi Ve Hesaplanması

Measuring and Calculating the Elastic Parameters in Near Subsurface in ITU Campus Area, Istanbul

A. Özfidan, M. Uygun, M.E. Demirbağ, C. İmren, B. Karadöller
İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Maslak İstanbul

ÖZET İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsü son yıllarda çeşitli inşaat çalışmalarının yürütüldüğü bir alan haline gelmiştir. Bu nedenle, İTÜ Ayazağa kampüsünün Etiler kapısının yakınlarında zemin yapısının ortaya çıkarılması üzerine bir sismik kırılma çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma esnasında, P ve S-dalga hızları ölçülerek, zemine ait ve inşaat çalışmalarında önemli yeri olan elastik parametreler hesaplanmıştır. Arazi ölçümleri, 2 ayrı profil üzerinde Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusu boyunca 50 metrelik açılım ile düz, orta ve ters atış şeklinde gerçekleştirilmiştir. Profil 1'de P ve S-dalga hızları ölçümü yapılmış olup, Profil 2 üzerinde sadece P-dalga hızı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Toplanan veriler SeisImager programı kullanılarak işlenerek yorumlanmaya uygun hale getirilmiştir. Alınan veriler doğrultusunda bölge jeolojisinin 2 tabakadan oluştuğu yaklaşımı benimsenerek gelecek adımlara bu yönde devam edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Elastik Parametreler, P ve S-Dalga Hızları, Sismik Kırılma Yöntemi

ABSTRACT Istanbul Technical University Ayazağa campus has become an area where various construction works have been carried out in recent years. For this reason, a seismic refraction study was carried out on the uncovering of the soil structure near the Etiler gate of the ITU Ayazağa campus. During this study, P and S-wave velocities were measured and elastic parameters which are important for the construction works were calculated. The field measurements were carried out on 2 separate profiles along the northeast-southwest direction with a 50-meter long and a forward, mid-point and reverse shot. P and S-wave velocities were measured in Profile 1, and only P-wave velocity was measured in Profile 2. The collected data were processed by using the SeisImager program in order to interpretation of data. In line with the data obtained, the approach that the geology of the region consists of two layers was adopted and the next steps were continued in this direction.
Keywords: Elastic Moduli, P and S-Wave Velocities, Seismic Refraction Method

1 INTRODUCTION

In recent years, geophysical methods are widely used in construction and environmental engineering. The seismic methods are one of the most accurate methods for the underground layers. This study concerns with the P and S wave velocities as well as elastic parameters for the constructional purposes which obtained by seismic refraction method in the selected areas in the Istanbul Technical University, Ayazağa Campus.

2 SEISMIC METHOD

The fundamental principle of exploration seismology is for a signal to be generated at a time that is known exactly and for the resulting seismic waves to travel through the sub-surface media and be reflected and refracted back to the surface where the returning signals are detected, after that the nature of the sub-surface layers are

determined by using the time difference between the triggering source and the arrival of various waves (Reynolds, 1997, p. 212).

2.1 Stress and Strain

Applying forces to the external surface of a solid body can alter the size and shape of the body and the internal forces of the body that resist the changes in size and shape are against these external forces (Telford et al., 1990, p. 140). The ratio of the force to area is known as *stress* and the stress can be divided into two components, one being perpendicular to the surface (normal or dilatational stress) and the other in the surface plane (shear stress). The stressed body is exposed to *strain*, which is the amount of deformation expressed as the ratio of the change in length (or volume) to the original length (or volume) (Reynolds, 1997, p. 215).

2.2 Seismic Refraction Method

Seismic exploration using refraction methods covers a very wide range of applications. Refraction surveys can provide estimates of the elastic constants of local rock types, which have important engineering applications: use of special sources and geophones allows the separate recording of shear wave arrivals, and the combination of P and S wave velocity information gives a chance to calculate to Poisson's ratio. If an estimate of density is available, the bulk modulus and shear modulus can also be calculated from P- and S-wave velocities. Such estimates of the elastic constants, based on the propagation of seismic waves, are referred to as dynamic, in contrast to the static estimates derived from load-testing of rock samples in the laboratory. Dynamic estimates tend to yield slightly higher values than loading tests (Kearey et al., 2002, p. 119).

3 GEOLOGY OF THE STUDY FIELD

The study is taken place at the Istanbul Technical University in Ayazağa Campus. The study field has many types of rock units which formed in the early paleozoic-present period in the Istanbul area and it is located in the Marmara region with complex structural traces and where tectonic movements are active. For these reasons, since the 19th century, it has attracted the attention of many local and foreign geoscientists and has been the subject of various researches. The study field which is taken place at the Istanbul Technical University in Ayazağa Campus contains Trakya formation. Trakya formation consists of varying proportion of sandstone, shale and conglomerate. There are lenses and intercalations of limestone in the lower parts of the Trakya formation. On the European side of İstanbul province, Trakya formation spreads over a wide area which starting from the Bosphorus and into the Çekmece lakes. It is common between Kadikoy-Harem-Uskudar on the Anatolian side of İstanbul province. Trakya formation can be divided into four members as Acıbadem Unit, Cebeciköy Limestone Unit, Kartaltepe Unit and Küçükköy Unit.

4 GEOPHYSICAL STUDY

Geophysical measurements were carried out in the vicinity of the Etiler gate which is belong to Istanbul Technical University along two profile lines (Figure 4.1). The first profile is in the Northeast-Southwest direction and in this profile measurements were made for both P and S waves. The second profile is also in the Northeast-Southwest direction, but in this profile measurements were made only for the P wave.

Table 1. Profile information of the P wave measurements

	Profile Length	Offset	Group Interval	Shot Locations	Channel
Profile 1-P wave	50m	4m	2m	0m,27 m,54m	24
Profile 2-P wave	50m	4m	2m	0m,27 m,54m	24

Table 2. Profile information of the S wave measurements

	Profile Length	Offset	Group Interval	Shot Locations	Channel
Profile 1-S wave	26m	4m	2m	0m	12
Profile 1-S wave	48m	4m	4m	0m	12

5 DATA PROCESSING

To process the data obtained in seismic refraction method, SeisImager software and Pickwin and Plotrefa modules of SeisImager software are used. The main purpose of Pickwin is to help identify the first breaks, pick them, and save them for input to the analysis program, Plotrefa. First break picks which is saved as pick file is opened in Plotrefa module in order to obtain travel-time graph and subsurface velocity model.

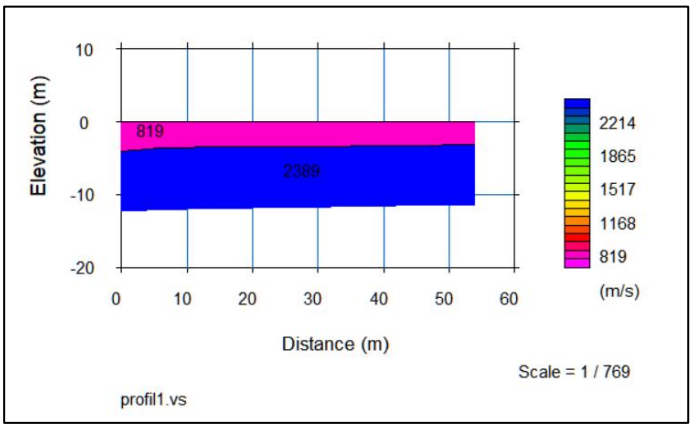


Figure 2. The subsurface velocity models which is obtained from P wave data in Profile 1

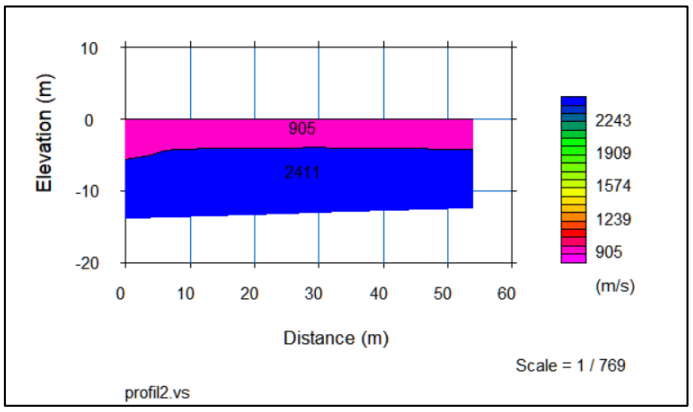


Figure 1. The subsurface velocity models which is obtained from P wave data in Profile 2

6 RESULTS

The thickness of the first layer was obtained by using the P wave velocity which was the result of the seismic refraction method on Profile 1. Then, the P-wave and S-wave velocity information on Profile 1, were used to calculate the Young's, Bulk and Shear modulus separately for the layers. As a result of the seismic refraction method on the Profile 2, the thickness of the first layer was also obtained. However, since S-wave velocity measurements are not performed on the Profile 2, Young's, Bulk and Shear modulus are not calculated.

- As a result of the data processed as two layers, the P-wave velocities of the first layer were obtained as 862 m / s on average and the P-wave velocities of the second layer were obtained as 2400 m / s on average.
- The S-wave velocity measured only in Profile 1 was found to be 336 m / s for the first layer and 814 m / s for the second layer.
- The calculated density value which is 1.65 g/cm^3 for the first layer on Profile 1 was evaluated with the classification information on the and soil unit description.
- Elastic modules for the first layer are calculated using the P and S-wave velocities (Table 6.2) were evaluated.
- As a result of the information obtained from the field study and the P and S velocities by the seismic refraction method, it can be concluded that the first layer is a filling soil.
- The calculated density value which is 2.16 g/cm^3 for the second layer on Profile 1 was evaluated with the classification information on the and soil unit description.
- Elastic modules for the second layer are calculated using the P and S-wave velocities (Table 6.2) were evaluated.
- In the direction of these information obtained by seismic refraction, it was thought that the second layer could be a sandstone.

Table 3. Elastic Moduli of Profile 1

	Young's	**Bulk**	**Shear**	**Poisson's Ratio**
First Layer	5,211.37753 kg/cm^2	8,583.8445 kg/cm^2	1,862.784 kg/cm^2	0.39
Second Layer	41,056.41115 kg/cm^2	104,195.3688	14,312.0736 kg/cm^2	0.43

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, süreç boyunca değerli bilgi, birikim ve tecrübelerini bizlerle paylaşan tez danışmanlarımız sayın Prof. Dr. Emin Demirbağ'a ve Dr. Öğr. Üyesi Caner Imren'e sonsuz teşekkür ve saygılarımızı sunarız. Desteği ve sorularımızı yanıtsız bırakmadığı için Araş. Beril Karadöller'e teşekkür ederiz. Diğer üniversite akademisyenlerine de bize lisans hayatımız boyunca kazandırdıkları her şey için ve bizi gelecekte söz sahibi yapacak bilgilerle donattıkları için hepsine teker teker teşekkürlerimizi sunarız. Eğitim hayatımız boyunca maddi manevi destekleriyle bizi hiçbir zaman yalnız bırakmayan ailemize ve ailemiz gibi gördüğümüz arkadaşlarımıza da sonsuz teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration* (pp. 119,). Oxford: Wiley.

Reynolds, J. (1997). *An introduction to applied and environmental geophysics* (pp. 212, 215). Hoboken, N.J.: Wiley.

Telford, W., Geldart, L., & Sheriff, R. (1990). *Applied geophysics* (p. 140). Cambridge: Cambridge Univ. Press.

1950–2018 Yılları Arasında Güney Marmara Bölgesinde Gerçekleşen Depremlerin (Mw≥ 5.5) Coulomb Stres Değişimleri

Coulomb Stress Changes of Earthquakes (Mw≥5.5) Occurred in Southern Marmara Region during 1950-2018

S. Öztrak, T. Taymaz

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu araştırma, Güney Marmara bölgesinin alanlarını içeren 39.50°-40.514°K ve 26.823°-28.218°D arasında yapılmıştır. Çalışma alanı içerisinde 1950-2018 yılları arasında gerçekleşen 5 adet deprem incelenmiştir. Depremlerin büyüklükleri 5.5'den büyük olmakla birlikte, Coulomb gerilme analizi modülü, bu depremlerin 2 boyutlu modellemesini bulmak için kullanılmıştır. Toda ve diğ. (2011) tarafından kodlanan Coulomb 3.3.01 gerilme hesaplama modülü kullanılarak Coulomb gerilme değişimleri, düşey yer değiştirme ve 6 farklı yöndeki deformasyon dağılımları bulunmuştur. Altı tane deformasyon dağılımı yönü bulunmuştur. Bunlardan 3 tanesi normal deformasyon bileşenlerine (SXX, SYY, SZZ), diğer 3 tanesi ise kesme deformasyon bileşenlerine (SXY, SXZ, SYZ) aittir. Her bir deprem için odak mekanizması parametreleri kullanılarak gerilim dağılımı modelleri ve gerilme transferi modelleri elde edilmiştir. Gerilme transferi modelleri, her bir deprem bir önceki depreme eklenilerek kaynak parametrelerinin de hesaplanmasıyla oluşturulmuştur. Bu araştırma sonucunda, gerilme birikiminin olduğu alanlarda deprem oluşma ihtimalinin yüksek olduğu görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Columb gerilme değişimi, deprem, Güney Marmara Bölgesi

ABSTRACT This project is applied in the area between 39.50°-40.514°N and 26.823°-28.218°E of Turkey. The area of this project is the Southern Marmara region. While the magnitudes of the earthquakes were larger than 5.5, the Coulomb stress analysis module was used to determine the 2D modeling of these earthquakes. Coulomb stress changes, vertical displacement and deformation distributions in 6 different directions were found by using Coulomb 3.3.01 stress calculation module. This program was be found in Toda et al. (2011). Six deformation distribution directions were found. The three of them belong to normal strain components (SXX, SYY, SZZ) and the other three are shear strain components (SXY, SXZ, SYZ). For each earthquake, stress distribution models and stress transfer models were obtained by using the source parameters. As a result of this research, it is observed that there is a possibility of earthquake in the stress accumulation areas.
Keywords: Coulomb stress changes, earthquake, Southern Marmara, vertical displacement

1 INTRODUCTION

This project is applied in the area between 39.50°-40.514°N and 26.828°- 28.218°E of Turkey.The area of this project is the Southern Marmara region. In this study, the Coulomb stress changes of five earthquakes that are occurred between 1950-2018 in this region analyzed. Coulomb stress method is used to show the stress changes caused by earthquakes in this study area.

Turkey is part of the great Alpine belt that was formed during the Arabian, African, and Indian continental plates began to collide with the Eurasian Plate. The significant role

of this collison was the Anatolian Plate. The Anatolian Plate, connected with the Aegean block, have three main tectonic structures (see Figure 1). These are the North Anatolian Fault (NAF) zone, East Anatolian Fault (EAF) and the Aegian region. (Figure 2.1; McKenzie 1972; Taymaz et al., 1990, 1991, 2004, 2007; McClusky et al., 2000; Yolsal-Çevikbilen and Taymaz,2012).The Southern Marmara Region is an active deformation area, which is a transition zone between the strike-slip tectonics manifested by the North Anatolian Fault System and the N-S extensional regime of the Aegean Region.

In the study area, the NAFS bifurcates into three strands just to the east of Sakarya, around the Mudurnu valley, forming a horse-tail structure.The central strand of NAFS consists of several dextral strike-slip fault segments in the Biga Peninsula.The southern strand of NAFS consists of the Bursa Fault, the Uluabat Fault, the Manyas Fault, the Yenice Gönen Fault and the Edremit Fault in Biga Peninsula . These fault zones in the study area are essential factors for the intense earthquake activity and the affect the active tectonism of the southern Marmara region.

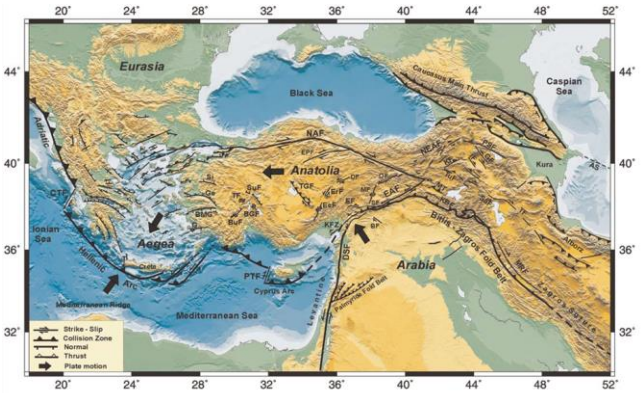


Figure 1. Tectonic map of Turkey. This tectonic map is taken from Taymaz et al., (2007).

2 METHODOLOGY

2.1 Coulomb Failure Function

The Coulomb failure criterion is the most commonly used technique to detect fractures in rocks (Wu et al. 2017). It is also used in large scale researches (such as earthquake studies) to determine faulting conditions. The effects of normal and shear stress on faults are analyzed. The Coulomb failure criterion is basically based on the behavior of these normal and shear stresses (see (1); King et al., 1994; King, 2007). To calculate the Coulomb failure, the following general equation is used

$$CFF=C_f=\tau_\beta+\mu(\sigma_\beta+p) \qquad (1)$$

where τ_β and σ_β are normal stress and shear stress on the failure plane, respectively, p is pressure of the pore fluid, and μ is friction coefficient (see Figure 2).

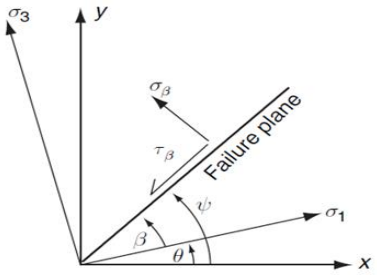


Figure 2. The axis system for Coulomb stress calculation on failure plane (King et al., 1994).

3 RESULTS AND CONCLUSIONS

In this study, the Coulomb failure criterion is used and the earthquakes (see Table 1) are modelled by using the Coulomb stress equations. In Coulomb stress changes modelling for earthquakes, the fault geometry (strike, dip, and rake angle of fault planes), moment magnitude of earthquakes, centroid depth of earthquake, and location of earthquake in degree are used. These parameters are different for each specific earthquake, but the coefficient friction changes with respect to fault mechanism.

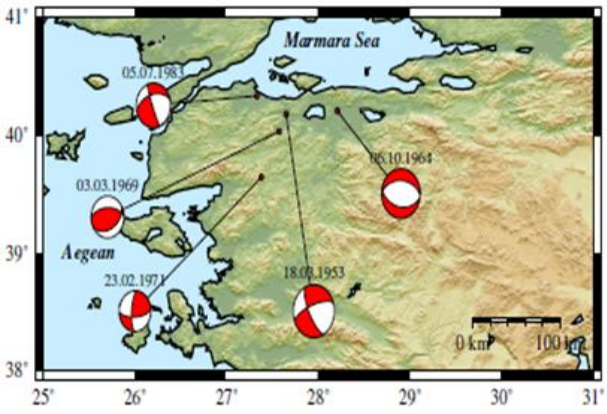


Figure 3. Focal mechanism solutions of NW Aegean earthquakes used in this study (see in Table 1).

It is fact that Coulomb stress distribution models give information about the variations in stress. In stress distribution transfer models (Figure 4), all earthquakes are used, and the Coulomb stress changes are calculated by adding source parameters of earthquake one to another.

The Coulomb stress distributions because of earthquakes occurred along the southern branch of NAF during the years of 1950 to 2018 are given in Figure 4. It is seen that earthquakes can trigger and affect each other. For example, after stress modeling of the 1953 earthquake, the parameters of the 1964 earthquake were entered. This process is repeated until the last earthquake. In addition, there are two colors in the models. Red zone represents stress accumulation and blue zone represents stress discharge. In particular, the red zones provide information that other earthquakes may occur. If the models are examined in the light of these informations, we can see 1969 earthquakes triggered 1971 in these stress models.(see Figure 4d)

In conclusion, it is observed that earthquakes trigger one to another in an area from the Coulomb stress distribution models, and the earthquakes may affect the faults. The areas with high stress accumulations eventually create earthquakes in the region.

No	Date	Origin Time	Location		m_b	M_s	M_O x10^{16} (Nm)	Mw^1	Cent. Depth (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Ref.
			Lat.	Long.									
1	18.03.1953	19:06:09.0	40.17	27.64	6.6	7.2	-	7.3	10±2	250	70	-160	2
2	06.12.1964	14:31:42.4	40.20	27.90	6.0	7.0	-	6.4	15±3	273	46	-95	1
3	03.03.1969	00:59:10.5	40.02	27.57	5.6	6.0	50	5.7	5-1/+2	268	53	107	1
4	23.02.1971	19:41:51.5	39.63	27.37	5.0	5.1	-	5.6	10±3	86	66	160	1
5	05.07.1983	12:01:27.4	40.33	27.33	5.5	5.8	165	6.1	15	254	49	-173	1

Table 1. The source parameters of earthquakes (Mw≥5.5) in Southern Marmara Region. The last column shows the references for earthquakes that 1, Taymaz et al. (1991); 2, McKenzie, (1972).

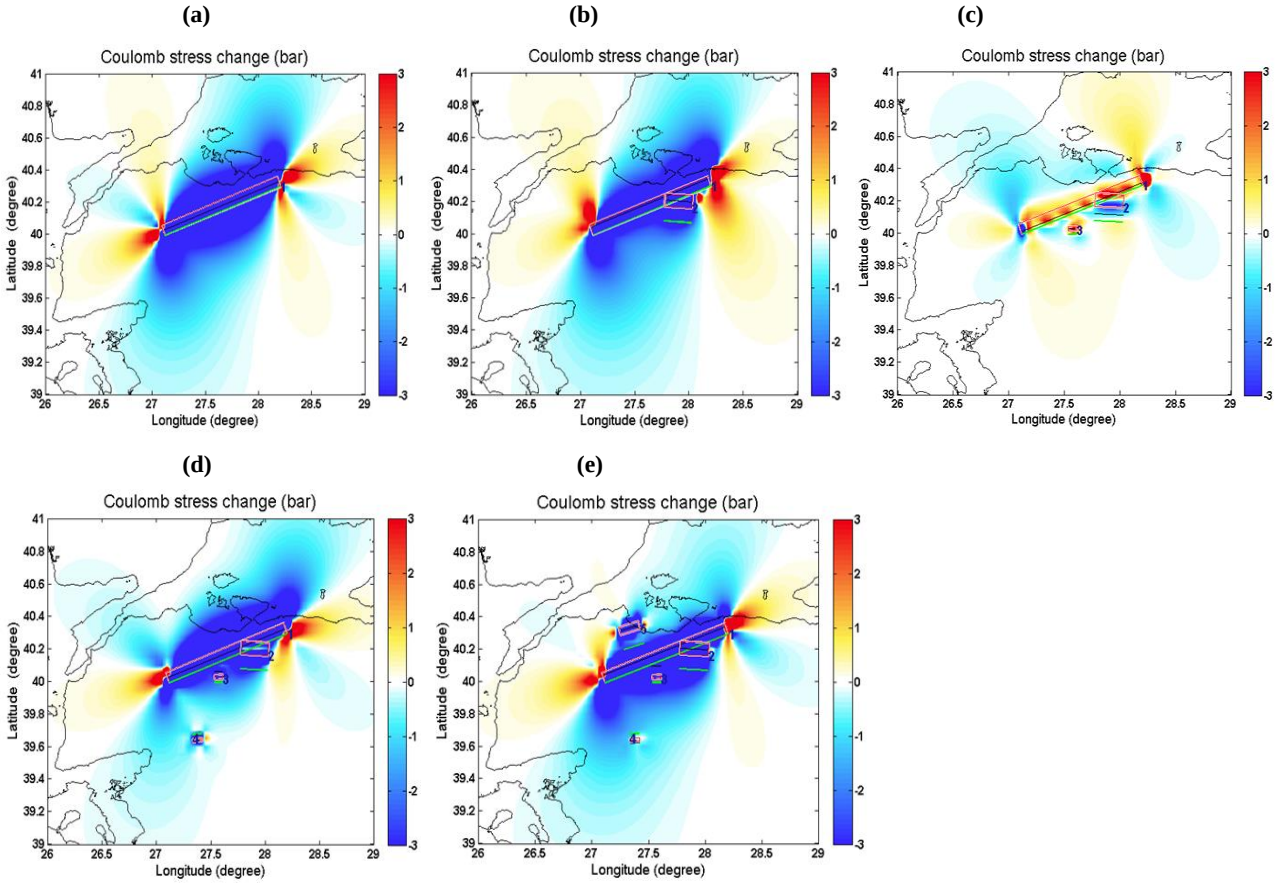


Figure 4. Stress accumulation and stress transfer of earthquakes are given in Table 1. Stress distribution is calculated for the source parameters of the next earthquake. The color scale has been arranged to show the stress changes between 3 and -3 bar.

Acknowledgments

The analysis described here, was performed using Coulomb 3.3.01 program in the MATLAB. The program is downloaded fromUSGS(https://earthquake.usgs.gov/research/software/#Coulomb).Also, for coastline information, Coastlines Extractor is used from GEODAS-NG Smart Start program.

References

McKenzie, D.,1972. Active tectonics in the Mediterranean region. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 30, 109–185.

McClusky, S., Balassanıan, S., Barka, A. Et Al. 2000. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. Journal of Geophysical Research, 105, 5695–5719.

Taymaz, T., Jackson, J. A., Westaway, R., 1990. Earthquake Mechanisms in the Hellenic Trench near Crete, *Geophys.* J. *Int.*, 102, 695-731.

Taymaz, T., Jackson, J. and McKenzie, D. 1991. Active Tectonics of the North and Central Aegean Sea. *Geophysical Journal International*, 106, pp. 433-490. 70

Taymaz, T., Westaway, R. & Reilinger, R. (Eds.) 2004. Active Faulting and Crustal Deformation in the Eastern Mediterranean Region. Tectonophysics, 391, 1–374.

Taymaz T., Yılmaz, Y., and Dilek, Y. 2007. The geodynamic of the Aegea and Anatolia: introduction. Geological Society, London, Special Publications, 291, 1-16 doi:10.1144/SP291.1

Yolsal-Çevikbilen, S., and Taymaz, T. (2012). Earthquake Source Parameters Along the Hellenic Subduction Zone and Numerical Simulations of Historical Tsunamis in the Eastern-Mediterranean. Tectonophysics, 536-537, 61-100. doi:10. 1016/j. tecto.2012.02.019.

İTÜ Merkezi Derslik Binası Önünde Sismik Kırılma Yöntemiyle Temel Kaya Derinliğinin ve Örtü Kayacın Hızının Hesaplanması

Calculatıon Of The Bedrock Depth And The Seismic Velocity By Seısmıc Refractıon Method Area In Front Of The Central Classroom Buıldıng Of Istanbul Technıcal Unıversıty

Z. Tunçel, M. C. Dogan, E. E. Turan, E. Gönül, H. Kurt
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

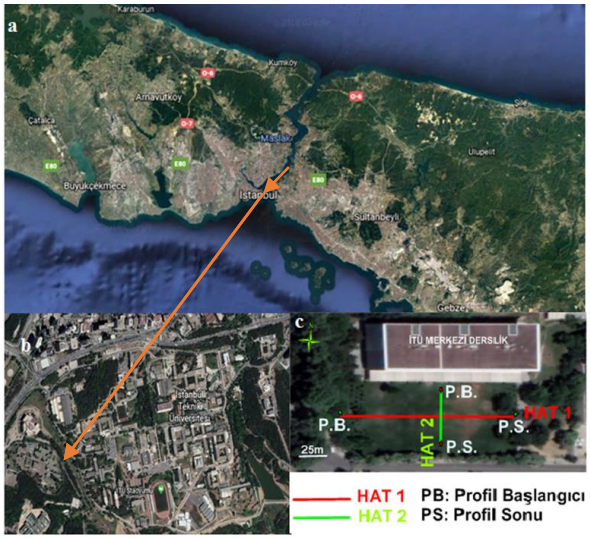
ÖZET Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Kampüsü içerisinde bulunan Merkezi Derslik Binası önündeki sahada 2 boyutlu (2B) bir sismik hatta yapılan sismik kırılma çalışması ile o bölgedeki temel kaya derinliği ve üzerindeki örtü kayacın hızını hesaplamak amacıyla yapılmıştır. İTÜ Merkezi Derslik Binasına paralel ve dik yönde (D-B ve K-G doğrultulu) toplam 2 hatta sismik kırılma verileri toplanmıştır. Birinci sismik hatta 8 metre aralıklarla 13 atış, ikinci hatta 2 metre aralıklarla 14 atış yapılmıştır. Sismik verileri toplarken İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne ait 24 adet düşey bileşen ölçen jeofon, Oyo-McSeis170f kayıt aleti ve 5 kilogramlık balyoz kaynak kullanılmıştır. Bitirme projesi kapsamında toplanan sismik veriler, SeisImagerTM/2D Refraction programında Pickwin ve Plotrefa modülleri kullanılarak işlenmiştir. Yapılan veri işlem sonucunda dolgu alanın tabaka kalınlığı ve tabaka hızı bulunup, temel kaya hızı ve üst düzeyinin düzlemsel olmadığı belirlenmiştir. Dolgu alanın tabaka kalınlığı yaklaşık olarak 4 metre bulunmuş ve sismik P dalgası hızı 700 m/s'lik değeri ile bölgenin jeolojik yapısı ile uyumlu sonuçlar vermiştir.
Anahtar Kelimeler: Sismik kırılma, Temel kaya derinliği, Ara atış, Ondülasyon yapısı.

ABSTRACT In this study, seismic refraction in a 2-dimensional (2B) seismic line in front of the Central Classroom Building in Ayazağa campus was carried out in order to calculate the depht of the bedrock and the seismic velocity of the covering rock in that area. A total of 2 profile (E-W and N-S directed) seismic refraction data were collected in parallel and perpendicular to the ITU Central Classroom Building. In the first seismic profile, there were 13 shots at 8-meters intervals and in the second profile 14 shots at 2 meters intervals in the second profile. Belonging to ITU Geophysical Engineering Department, 24 P-waves receivers, Oyo-McSeis170f recording instrument and 5 kilograms of a sledgehammer were used as seismic refraction data collection stage. The Seismic data collected within the purpose of the graduation project were used in the SeisImagerTM / 2D Refraction program with the Pickwin and Plotrefa modules. As a result of the data processing, it was determined that the layer thickness and layer speed of the filling area were found and the base rock speed was found and the top level was not planar. The layer thickness of the filling area was approximately 4 meters and the seismic P wave velocity was 700 m/s. The seismic P wave velocity calculated by the program is consistent with the geological structure of the region.
Keywords: Seismic Refraction, Calculation of Bedrock Depth, Seismic Velocity, Filling Area.

1 GİRİŞ

Sismik kırılma yöntemi, arazi yapılarına göre uygulanması kolay ve efektif olan ve veri işlem aşaması da diğer yöntemlere nazaran daha kolay bir jeofizik yöntemdir. Bu çalışma kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsünde Merkezi Derslik Binası önündeki çim alanında temel kaya derinliği ve üzerindeki örtü kayacın hızını hesaplamak ve ondülasyon yapısını ortaya koymak amacıyla jeofizik yöntemlerden 2 boyutlu olarak sismik kırılma yöntemi uygulamıştır. İTÜ Merkezi Derslik Binasının önündeki dikdörtgen

şekilli yaklaşık olarak 50x100 m ölçülerde olan çim alanda 2 boyutlu olacak şekilde sismik kırılma verileri toplanmıştır. Çalışma sahası jeolojik olarak Trakya Formasyonu öğelerinden oluşmakta olup ana kayaya ulaşıncaya kadar dolgu bir zemin olduğu bilinmektedir. Çalışma alanın yer bulduru haritası ve toplanan 2 sismik hat Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası ve toplanan verilere ait hat ve alanların bilgisi.

2 SİSMİK KIRILMA YÖNTEMİ

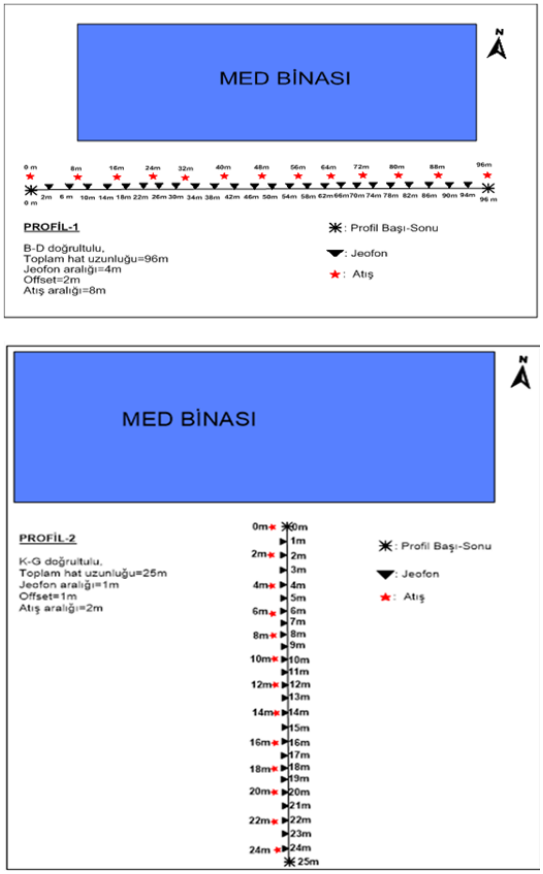
Sismik kırılma çalışması tabakaların hızlarını, kalınlıklarını, kırık yapılarını, eğimlerini, tabakalardaki elastik ve dinamik parametrelerin hesaplanmasını ve tabakaların hızlarına bağlı olarak zemin tespitini belirlemede kullanılan bir arama jeofiziği yöntemidir. Yöntem farklı hızlarda yer altı katmanları arasındaki arayüzlerde kırılan sismik dalgaların hareket süresinin ölçülmesine dayanır.

2.1 Sismik Kırılma Uygulaması

Bu kapsamda ilk olarak D-B doğrultulu,4 m jeofon aralığı ve 2 m offseti olan 96 m hat uzunluğuna sahip her 8 metrede jeofon aralarında vuruşlar yapılarak ilk hat ölçüleri alınmıştır. Ayrıca 1. Hattı dik olarak kesen K-G doğrultulu,1 m offset ve jeofon aralığına sahip toplam hat uzunluğu 25m uzunluğunda olan ikinci hatta, her 2 metrede jeofon aralarında vuruşlar yapılarak sismik kırılma ile arazinin öndülasyon yapısı anlaşılmaya çalışılmıştır.

Çizelge 1. Sismik kırılma hatlarına ait veri toplama parametreleri

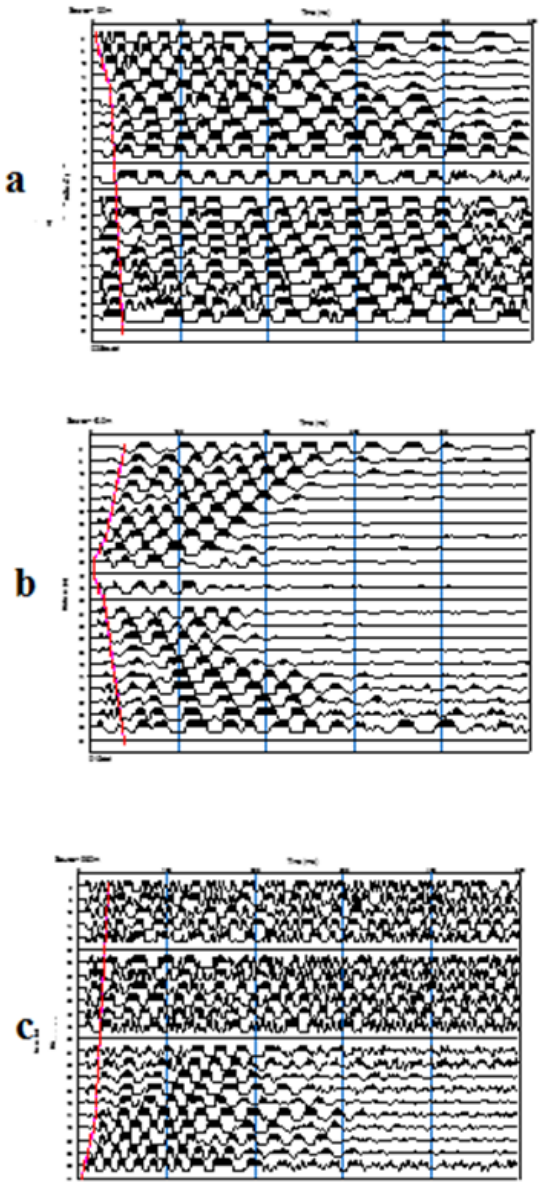
Parametreler	Hat 1	Hat 2
Hat Uzunluğu	96 m	25 m
Alıcı Aralığı	4 m	1 m
Atış Aralığı	8 m	2 m
Ofset	2 m	1 m
Atış Sayısı	13	14
Kanal Sayısı	24	24
Örnekleme Aralığı	2 ms	



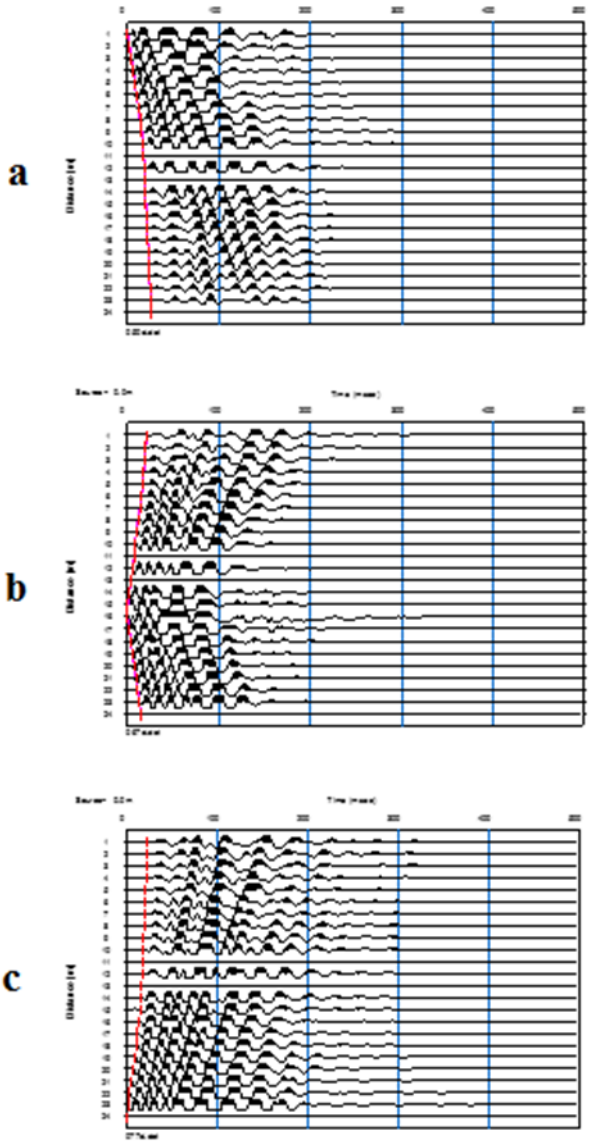
Şekil 2. Sismik hatlarin görünümü

Sismik kırılma yönteminde, düz, ters ve ara atışlardan elde edilen veriler yardımıyla bulunan yeraltı modellerin ara yüzeyinin düzlemsel bir yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir. Ölçüm sırasında iki hattada ara atışlar yapılmış, jeofonların konumları değiştirilmemiştir. Bu şekilde yapılmasının amacı ters ve düz atışlardan elde edilen düzlemsel ara yüzey yerine aralarda atış yapılarak ara yüzeyin öndülasyona sahip olup olmadığını bulmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Kayıt alma işlemine başlamadan önce, test atışları yapılarak

verinin kalitesi, sismik kayıtçı bağlantıları kontrol edilmiştir. Bu işlemler sırasında cihazın 1-12. jeofonlarına ait bağlantılarının 12-1 şeklinde kayıt alma işleminin yapıldığı saptanmıştır. Bu saptamadan sonra ölçümler 12-1—13-24 şeklinde alınmış ve veri kaydındaki bu değişim veri işlem sırasında geometri düzeltmesi yapılarak giderilmiştir. Hat-1ve Hat-2 'e ait atış kayıtları Şekil 3-4 de verilmiştir.

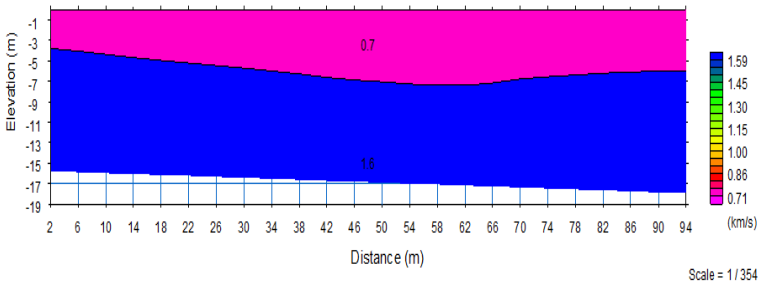


Şekil 3. Hat-1'e ait a) düz ve b) orta c)ters atış kaydı

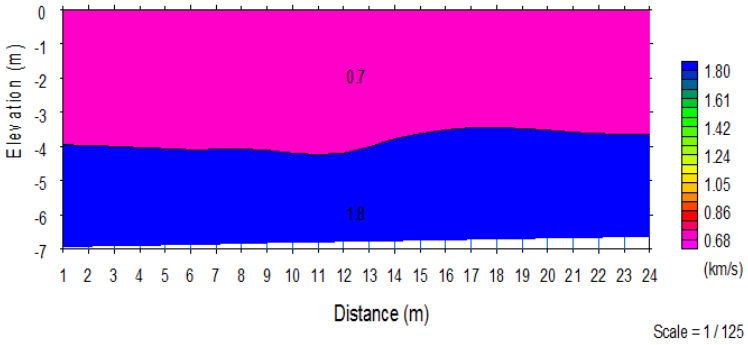


Şekil 4. Hat-2'ye ait a) düz ve b) orta c)ters atış kaydı

Hat-1'e ait sismik kırılma verilerinden Seisimager programı ile oluşturulan yeraltı hız derinlik modeli Şekil 5'de verilmektedir. Ayrıca Hat-1'i dik kesecek şekilde alınan K-G doğrultulu Hat-2'ye ait hız derinlik modeli de Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Hat-1 hattına ait düz, orta ve ters atış kayıtlarının değerlendirilmesi sonucu oluşturulan yeraltı derinlik-hız modeli



Şekil 6. Hat-2 hattına ait düz, orta ve ters atış kayıtlarının değerlendirilmesi sonucu oluşturulan yeraltı derinlik-hız modeli

3 SONUÇLAR

İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsünde Merkezi Derslik Binası önündeki çim alanında temel kaya derinliği, üzerindeki örtü kayacın hızını hesaplamak ve ara yüzeyin sahip olduğu yapıdaki ondülasyonu ortaya koymak amacıyla sismik kırılma yöntemi uygulanarak veriler toplanmıştır. Sismik kırılma verileri, birbirini dik kesecek şekilde D-B doğrultusunda 96 m uzunluklu Hat-1 ve K-G doğrultusunda 25 m uzunluklu Hat-2 olmak üzere iki hatta toplanmıştır. Kırılma ölçüleri alınırken öncelikle tüm alıcıların her iki hat boyunca hat uzunluğuna göre uygun aralıklarla yerleştirilmesi sağlanmıştır. Daha sonrasında atışlar hat boyunca belirli aralıklarda gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kullanılan 24 adet jeofon Hat-1'de 4 m aralıklarla dizilmiş ve hat boyunca her 8 m'de bir atışlar yapılmış ve toplamda 13 atış kaydı toplanmıştır. Hat-2'de ise yine 24 jeofon bu kez 1 m aralıklarla yerleştirilmiş ve 2 m aralıklarla atışlar yapılmış ve toplamda 14 atış elde edilmiştir. Hat-2'de 10. metredeki atışta aletten kaynaklı bir problem sebebiyle kayıt yapılamamıştır. Kırılma verilerini toplarken gerçekleştirilen bu ara atışlar bulmayı hedeflediğimiz ara yüzeyin ondülasyonunu ortaya çıkarmak amaçlı olarak yapılmıştır. Veriler incelendiğinde Hat-2'de toplanan sismik verilerde Hat-1'de toplanan verilere göre daha belirgin ilk varışlar gözlenmiştir. Hat-1 de 96 metre açılım gerçekleştirilmiş fakat kaynak olarak kullanılan 5 kg'lık balyozun yer içinde yarattığı sismik enerjinin soğurulma nedeniyle atışın yapıldığı en uzaktaki jeofonlarda algılanamamıştır. Her iki hattın birbirini kestiği ve en azından bu kesişim noktasında yeraltı yapısına ait sismik verilerin aynı cevabı vermesi düşünüldüğünden her iki hatta yapılan değerlendirmeler birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Böylece, Hat-2'ye ait veri işlem sonucu daha güvenilir olduğundan, Hat-1'deki sorunlu veriler bu ışıkta değerlendirilerek en doğru sonuç elde edilmiştir. Yapılan veri işlem sonucunda iki hattan da elde edilen yeraltı kesit modelinde örtü kayacın sismik hızının yaklaşık 700 m/s, derinliğinin de ortalama 4 m'lerde olduğu ve ondülasyonlu bir yüzeye sahip olduğu gözlenmiştir. Örtü katmanın altındaki temel kayacın hızı Hat-1'den 1800 m/s, Hat-2'den ise 1600 m/s olarak belirlenmiş ve her iki hattan bulunan hızların farklı olmasının temel kayaçta hızın yöne bağlı değişim gösteriyor olmasıyla açıklanabileceği belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Veri toplama ve veri işlem aşamasında desteklerini bizden esirgemeyen Jeofizik Mühendisi Burak İNANÇ'a teşekkürlerimizi sunarız.

CEVHER HAZIRLAMA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bitirme Tasarım Projeleri Bildirileri

Developing of a Computer Application for Crushing Circuits Design

Kırma Devrelerinin Tasarımı İçin Bilgisayar Uygulamasının Geliştirilmesi

J. Rejepov, K.T. Perek

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mineral Processing Department, Istanbul, Turkey

jemshitr@hotmail.com

ÖZET Bu çalışmada, boyut küçültme devrelerinin tasarımı ve simulasyonu için hizmet verecek bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. C programlama dili kullanılarak geliştirilen uygulama esas olarak kırma işlemlerinin akım şemasını, boyut ve malzeme dengesini belirlenen koşullar altında gerçekleştirmektedir. Ayrıca, programda gerekli parametrelerden biri olan boyut dağılım modülü girilen elek analizi verileri sonucu da belirlenebilmektedir.

Program, elle yapılan çalışma ile kıyaslama sonucunda boyut dağılım modülünü benzer olarak hesap etmektedir. Ayrıca, tasarlanmış olan bir kırma devresi ile kıyaslama sonucunda program oldukça az bir farkla aynı sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Simulasyon, tasarım, boyut dağılım modülü, kırma, öğütme

ABSTRACT In this study, a computer program has been developed for the design and simulation of communition circuits. Developed by using the C programming language, the application mainly carries out the flow diagram of the crushing operations with size and material balance under the defined conditions. In addition, the distribution coefficient, which is one of the necessary parameters in the program, can be determined as a result of the sieve analysis data entered.

As a result of the comparison with manual study, the program calculated the distribution coefficient similarly. In addition, the program gives the same results with a relatively small difference as a result of the comparison with the designed crushing circuit.

Keywords: Simulation, design, distribution coefficient, crushing, grinding

1. INTRODUCTION

In general, as in any enterprise, keeping operating costs as low as possible for a profitable sale is one of the most important factors. Whether it is fixed or variable, a company's income depends directly on operational costs. Therefore, in terms of a mineral processing plant an economical investment or operational cost is based on its process, its design, its location, and its climate as well as the characteristics of the fed ore. In this respect, detailed analyzes are required in each unit or stage of the facility in order to provide the desired, economic, and technical conditions of an existing or planned plant. In order to carry out the analysis, the latest technologies should be used as much as possible. For this reason, the supply of modeling and simulation applications developed in today's computer environments meets the demand of a considerable number of institutions and organizations.

The aim of this project is to develop a user-friendly computer application which will serve to design the process of size reduction stage of mineral processing plant in an optimum way. It is also intended to simulate the actual crushing circuit with the given values. In addition to this, information will be given about the computer applications, which have been used to design and simulate a crushing stage in the mineral processing plants, and the fundamental information that are related to them.

There are many simulation or design applications developed in various foundations are briefly introduced to illustrate what applications done so far.

LIMN "The Flowsheet Processor": It has been developed by David Wiseman since the early 1994, makes possible to draw a flowsheet with a substantial number of process units related to the mineral processing. Since it works with Microsoft Excel application, all of its inputs and outputs are from spreadsheets. Also, numerically defined each process can be solved iteratively by the use of the application (Narin, 2018, p. 4).

The Bruno Simulation Program: Metso Minerals, formerly known as Nordberg since 1994, used a simulation program called Bruno, to simplify the equipment selection process. Bruno is used by Metso sales and application engineers to provide customers with the best possible estimates of what equipment is required to produce a certain size product at the desired tonnage. The name Bruno comes from the founder of Nordberg Manufacturing Company, Bruno Nordberg (Kaja, 2002, p. 404).

PlantDesigner : PlantDesigner is a PC-based program for flowchart design in crushing and screening applications. PlantDesigner, the Sandvik Rock Processing simulation program, allows the user to quickly create process flow sheets with stream calculations for crushing and screening. Today, the program runs on the computer in a Windows based software with a graphical interface where users able to change flow sheets to try new designs, to perform sensitivity analyzes, or process diagnostics (Hedvall, & Nordin, 2002, p. 421).

JKSimMet : JKSimMet was designed as a user-friendly interface for a FORTRAN program package developed in JKMRC to analyze and model size reduction and classification operations. With JK Break Test, JKSimMet is an industry recognized tool for the analysis, optimization and design of crushing circuits (Morrison, & Richardson, 2002, p. 442).

2. ABOUT THE APPLICATION

C&G Circuit Designer, which is an executable application coded by the use of C programming language, is developed to get and simulate the communition circuit of a mineral processing plant with a quicker, safer, and more analytical way. It can design the flowsheet of both crushing circuit and wet grinding circuit with the general type of crusher, screen, mill, or classifier used in any stage of the process. After the process of circuit is designed, it simulates the mass balance depending on the feed rate, which is defined by user. At the end of this, particle size analysis for each crusher or mill product can be determined. It is also possible to simulate an existing flowsheet of crushing stage. As it is possible to show the result of each size reduction stage for a certain condition, it is likely to be saved. Overview of the design and simulation of circuit is given in Figure 1.

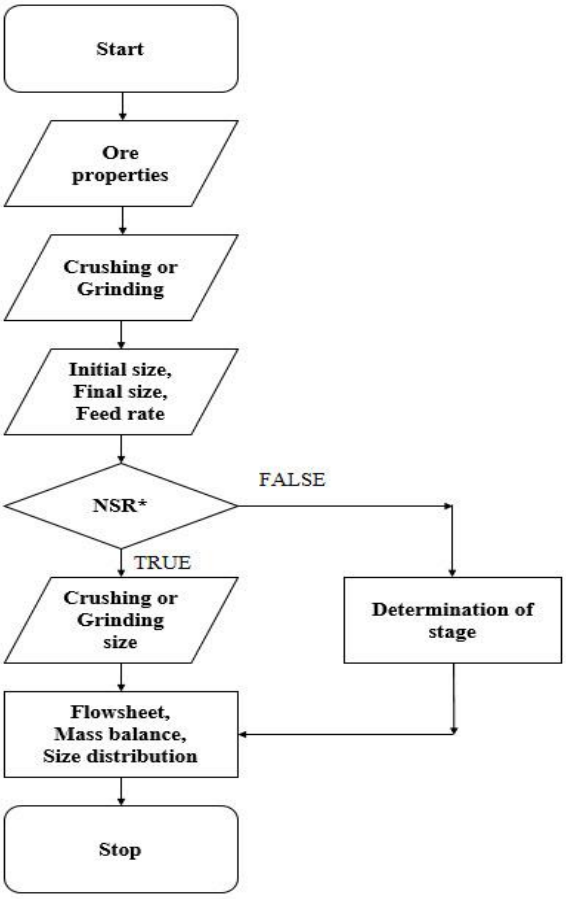


Figure 1: Overview of the design and simulation of circuit. *(NSR*: Number of stage required for crushing or grinding)*

Ore properties, which are clay content and distribution coefficient, have their recommended maximum values in order to run the program reasonably even though they can be changed by user. Therefore, a user should enter a value up to the limits of every inputs like these. Moisture content of ore is not considered in each size reduction process for the sake of simplicity and comprehensibility during the calculations.

Besides, stage of any crushing circuit can be determined in an optimum way if it is unknown or desired. In addition to this, the required input distribution coefficient of ore in log-log graph can be calculated and be saved if the results of sieve analysis is obtained by user. For now, the application is

not developed to specify a certain unit with its model, and cost even though these are feasible. However, the program makes possible to estimate the capacity and power consumption of a crusher. Also, design of the relevant flowsheet, determination of the crushing stage, calculation of the mass balance for each unit, particle size analysis of crusher determination of the distribution coefficient of ore, and saving relevant outputs are main capabilities of the program.

3. DETERMINATION OF DISTRIBUTION COEFFICIENT

Applications, which are Microsoft Excel and C&G Circuit Designer, are used to determine and compare distribution coefficient. Data values, which are taken from the Koyuncu's thesis (Koyuncu, 2017), are used as an example in each application.

As it is given in Table 1, logarithm of three upper size and its undersize values from the biggest size are not considered for the determination of distribution coefficient or slope since it is not considered in C&G Circuit Designer.

Table 1: Result of sieve analysis

Size Ranges (mm)		Weight	Cumulative		log(xi)	log(yi)
Upper, xi	Lower	(%)	Undersize (%), yi	Oversize (%)		
3.000	2.000	6.10	100.00	6.10	0.48	2.00
2.000	1.410	7.70	93.90	13.80	0.30	1.97
1.410	1.000	9.60	86.20	23.40	0.15	1.94
1.000	0.841	1.70	76.60	25.10	0.00	1.88
0.841	0.500	22.20	74.90	47.30	-0.08	1.87
0.500	0.355	7.90	52.70	55.20	-0.30	1.72
0.355	0.150	16.90	44.80	72.10	-0.45	1.65
0.150	0.074	9.00	27.90	81.10	-0.82	1.45
0.074	0.038	6.00	18.90	87.10	-1.13	1.28
0.038		12.90	12.90	100.00	-1.42	1.11
TOTAL		100.00				

As it is illustrated in Figure 2 and Figure 3 each application calculates the same slope or distribution coefficient. Therefore, it can be asserted that the developed application determines the distribution coefficient effectively.

```
Distribution coefficient or slope in log-log graph, m   : 0.552
Angle from x-axis (degree)                              : 28.881
Mean size (d50)                                         : 0.656 mm
Standart deviation                                      : 0.298
Correction coefficient, r                               : 0.999
```

Figure 2: Distribution coefficient from C&G Circuit Designer

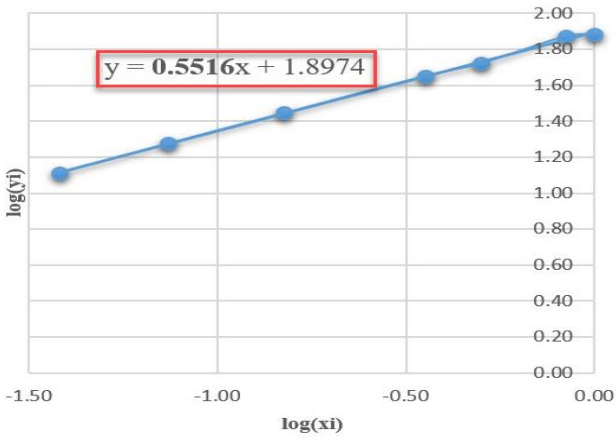


Figure 3: Graph from Microsoft Excel

4. DESIGN OF CRUSHING CIRCUIT

The application generally asks the user to enter the ore properties, which are clay content, distribution coefficient and work index. The size reduction operation is then indicated as crushing circuit. After that, it is required to enter the maximum size of feed and final size of product. At the end of this, it is required to enter the number of stage for that operation. At this point, if the stage number for the crushing circuit is known, the program will operate for simulation purposes and the crusher type and crushing size will be entered for each step accordingly.

However, if the number of stage is unknown or desired, the program will work for design purposes. Therefore, the crusher type, breakage size and type of circuit for each stage will be determined by the program.(Figure 4). As a result of this, the program simulates the mass balance for the crushing circuit and the wet grinding circuit respectively. Finally, the size analysis of the ore fed into the crushing process in each stage is done by using Gaudin-Schumann distribution function.

6. CONCLUSION

The size reduction circuit of mineral processing plant can be designed and simulated in an optimum way under the certain conditions by using the application developed in this thesis. In the application, the distribution coefficient is calculated and crushing curcuit is determined. After that, mass balance and size distribution for certain circuit is saved. While the determination of crushing circuit, the mechanism or type of a crusher is determined by the clay content of ore.

According to study done by this program, it generally makes possible to analysis the net power consumption in terms of feed rate and size for certain crushing circuit. Also, an alternative circuit can be determined. Since it is quicker than manual methods, it is possible to collect or compare a large amount of data about the circuit in a short time by changing the certain conditions. In addition to this, the capacity for each certain unit used in the circuit like crusher, screen, or mill can be estimated roughly. Moreover, it supports for plant design and process control.

Even though the program allows for the design of crushing processes for now, further development of the grinding section and the design of the enrichment circuits are intended for the later versions. Also, specification of a certain unit with its model in industry and use of artificial intelligence (AI) for a better design purpose are targets for the application.

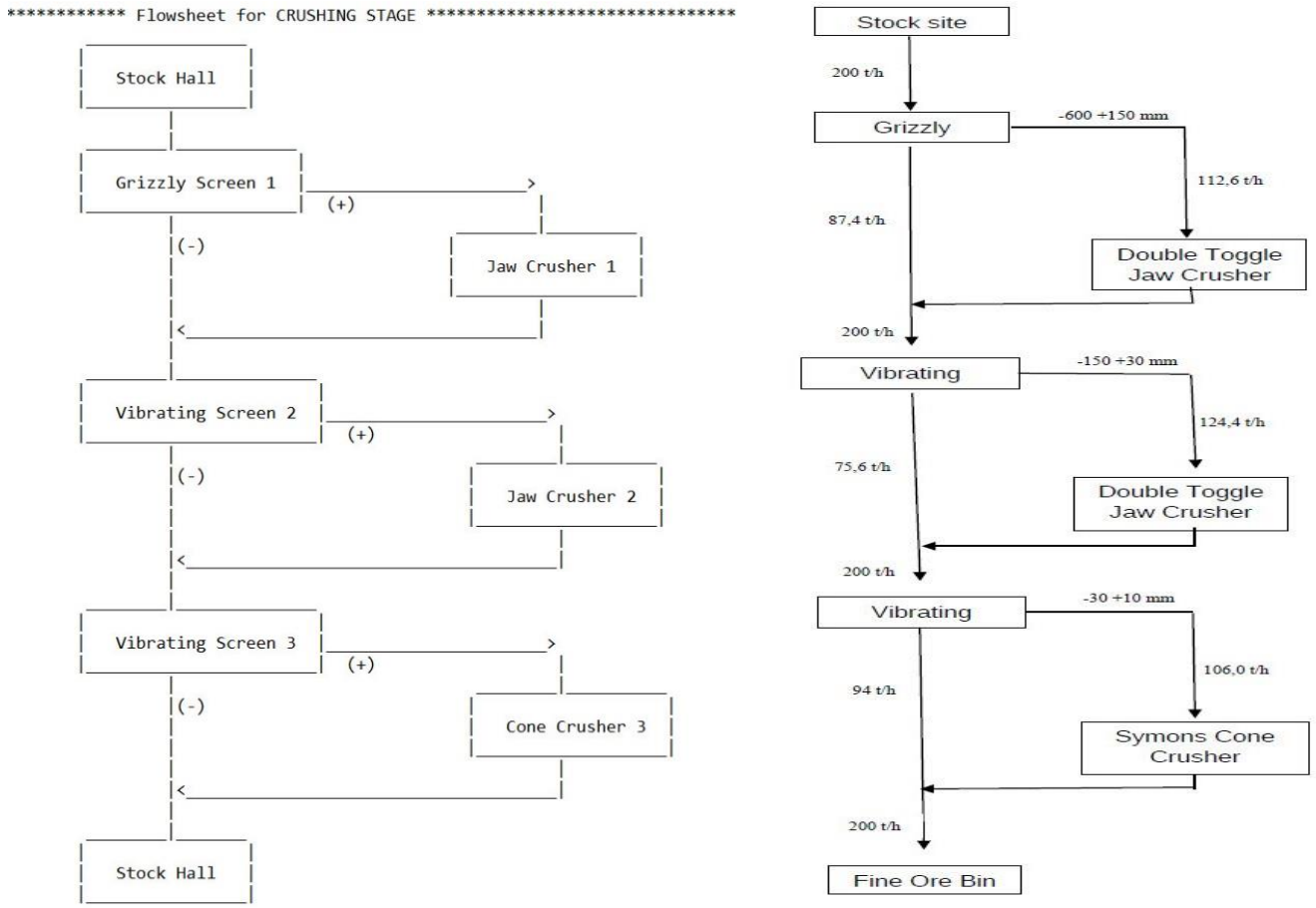


Figure-4. Crushing circuits from C&G Circuit Designer (Left) and actual circuit (Right).

ACKNOWLEDGMENTS

I would also like to thank Prof. Dr. N. Acarkan and Prof. A. Güney for their invaluable comments and positive corrections on an earlier version of this paper.

REFERENCES

Hedvall, P. & Nordin, M. (2002). Mineral Processing Plant/Circuit Simulators: An Overview. In A.L. Mular, D.N. Haibe, & D.J. Barrett (Eds.), Mineral processing plant design, practice, and control (pp. 421-441). Colorado: Littleton.

Kaja, D.M. (2002). Mineral Processing Plant/Circuit Simulators: An Overview. In A.L. Mular, D.N. Haibe, & D.J. Barrett (Eds.), Mineral processing plant design, practice, and control (pp. 404-407). Colorado: Littleton.

Koyuncu, E. (2017). Plant design of copper - zinc plant with the capacity of 1.000.000 ton/year. Unpublished bachelor's thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.

Morrison, R.D. & Richardson, J.M. (2002). Mineral Processing Plant/Circuit Simulators: An Overview. In A.L. Mular, D.N. Haibe, & D.J. Barrett (Eds.), Mineral processing plant design, practice, and control (pp. 442-460). Colorado: Littleton.

Narin, Ş.B. (2018). Simulation of a coal preparation plant by Limn "the flowsheet processor" application. Unpublished bachelor's thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.

Talk Morfolojisinin Flotasyona Etkisi

Effect of talc morphology on flotation

B. KIRIM, O. GÜVEN, M.S. ÇELİK.
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Bu çalışmada önemli bir endüstriyel hammadde olan talkın [$Mg_3.Si_4.0_{10}.(OH)_2$] morfolojik özelliklerinin (pürüzlülük ve yuvarlaklık gibi.) flotasyon verimine ve koagülayona olan etkisi incelenmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda numune hazırlık aşamasında saf talk öncelikle 3 kademeden oluşan bir kırma devresine beslenmiş ve daha sonra öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Seramik öğütücüde yapılan işlem sonucu elde edilen numuneler kuru ve yaş olarak elenmiştir. Talk tanelerinin öğütme süresine bağlı şekil karakterizasyonu, görüntü analizi yöntemi ile 2-boyutlu ölçülerek yuvarlaklık değeri ve şekil özellikleri tayin edilmiştir. Bu taneler üzerinde pürüzlendirme ölçümleri de yapılmıştır. Talkın morfolojik özelliklerinin değişimleri, hem koagülasyon hem de flotasyondaki kabarcık-tane ve tane-tane etkileşimlerini açıklamak için kullanılmıştır. Morfolojik özellikleri belirlenen belli boyuttaki numunelerle, sabit parametreler altında ve amin (DAH) katyonik kolektörü kullanılarak mikro flotasyon deneyleri yapılmıştır. Farklı şekil faktörüne sahip numuneler için koagülasyon deneyleri de yapılmıştır. Deney sonuçlarında artan yuvarlaklık değerlerinin talk mineralinin flotasyon verimini düşürdüğü, bir başka ifadeyle, daha köşeli olan taneler yuvarlak tanelere göre daha hidrofobik davranmıştır. Koagülasyon deneylerinde ise köşeli talk tanelerinin bir araya gelmesi aynı zaman aralığında yuvarlak tanelerin topaklanmasından daha çabuk gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Talk, Morfoloji, Öğütme süresi, Mikro flotasyon, Koagülasyon, DAH, Tane Boyutu

ABSTRACT In this study, the effects of morphological characteristics such as roughness and roundness of talc ($Mg_3.Si_4.0_{10}.(OH)_2$) (commonly known as an important industrial mineral) on flotation efficiency and coagulation were investigated. For the purpose of the study, the pure talc was first fed into a crushing circuit consisting of 3 stages and then milled. The samples obtained from the process of ceramic mill were sieved dry and wet. Shape characterization against grinding time of talc particles and shape properties such as roundness determination was performed in 2-dimension by image analysis method. The roughness measurements were also made for these particles. Changes in morphological characteristics of the talc have been used to explain bubble-particle and particle-particle interactions in both coagulation and flotation. Micro flotation experiments were performed under fixed parameters and DAH collector with samples of a certain size whose morphological characteristics were determined. Coagulation experiments were made for samples with different shape factors. Increasing roundness values decreased the flotation efficiency of the talc mineral studied. In other words, more angular particles are more hydrophobic than the round particles. In coagulation experiments, the agglomeration of angular talc particles occurred more rapidly than the round particles in the same time interval.

Key Words: Talc, Morphology, Grinding time, Micro flotation, Coagulation, DAH, Particle Size

1. GİRİŞ

Flotasyon, minerallerin yüzey özelliklerinden yararlanan, partiküllerin hidrofilik veya hidrofobik yapısına dayanan bir cevher zenginleştirme yöntemidir (Ulusoy vd., 2005; Yekeler vd., 2003, Rezai vd., 2010 , Guven at al. 2015). Örneğin talk gibi minerallerin doğal yüzdürülebilirliğinin temel nedeni, zayıf bağlar – (van der Waals kuvvetleri) tarafından bir arada tutulan kristal tabakaları arasında bölünme veya kırılma meydana geldiğinde doğal olarak hidrofobik bir yüzeyin ortaya çıkmasıdır.

Bu tezin amacı tane morfolojisinin, başlıca tane-tane etkileşimlerindeki etkisini incelemek ve aynı zamanda elde edilen trendin, aynı şartlardaki (kollektör konsantrasyonu, tane boyutu, pH değeri gibi) flotasyon davranışlarıyla hangi noktada kesiştiğini ortaya koymaktır. Bu amaca yönelik olarak, saf talk minerali tanelerinin hem şekil hem pürüzlülüğü üzerinde çeşitli çalışmalar yapılarak, talk morfolojisinin koagülasyon ve flotasyon verimi üzerindeki etkilerini araştırılmıştır.

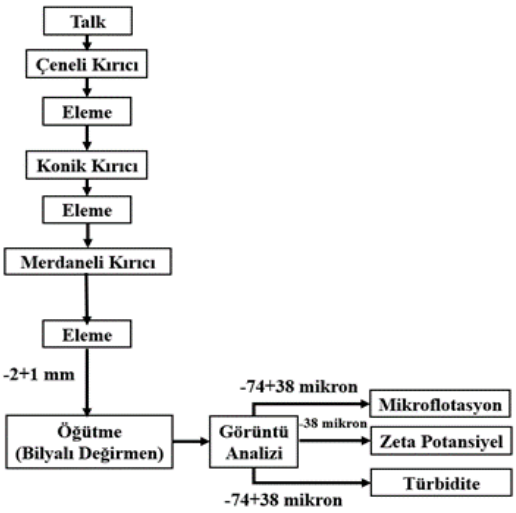
2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada Niğde'den temin edilen yaklaşık +40 mm boyutlu talk numunesi kullanılmıştır. Talk cevheri numunesinin içeriği kantitatif X-Işınları Difraksiyon (XRD) yöntemi ile belirlenmiştir. Tablo 2.1'de görülen kimyasal analiz sonuçlarından numunenin %61,12'sinin SiO_2, %32.40'ının MgO'den oluştuğu anlaşılmaktadır.

Tablo 2.1. Kimyasal analiz sonuçları.

Kimyasal Analiz Sonuçları, %	
SiO2	61,12%
Al2O3	0,18%
Fe2O3	0,16%
MgO	32,40%
CaO	0,10%
LOI	6,04%
Fe2O3	0,16%

Çalışma kapsamında saf talk numuesi 3 kademeli bir kırma devresine beslenmiş ve daha sonra öğütmeye tabi tutulmuştur. Öğütme sonrası elde edilen -74+38 µm boyutundaki farklı şekil faktörlerinde elde edilen malzeme ile mikro flotasyon ve koagülasyon deneyleri yapılmıştır (Şekil 2.1).

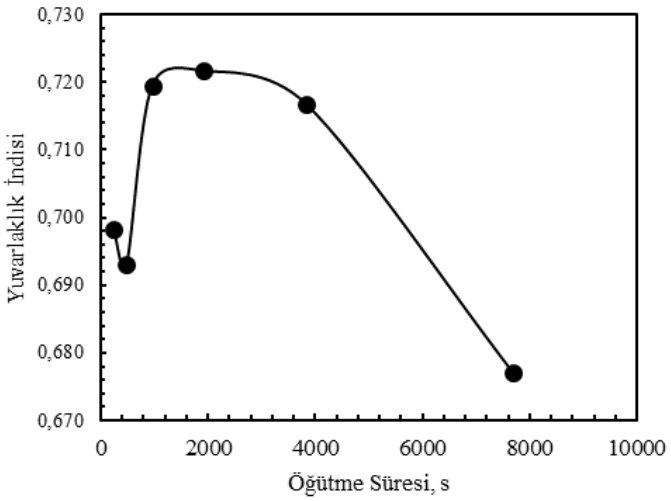


Şekil 2.1. Çalışmanın genel akım şeması

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Öğütmenin tane morfolojisine etkisi

Deneylerde kullanılacak, farklı şekil faktörüne sahip -74+38 µm boyutunda malzeme üretmek amacı ile farklı öğütme sürelerinde (30, 60, 120, 240, 480, 1920, 3840, 7680) yukarıda belirtilen parametreler sabit tutularak öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Öğütme işlemlerini takiben, her bir zaman aralığı için elde edilen -74+38 µm boyutlu numunelerin morfolojik endeksleri, dijital bir mikroskopla görüntülenmiş ve şekil faktörü değerleri, ImageJ yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 2.2).



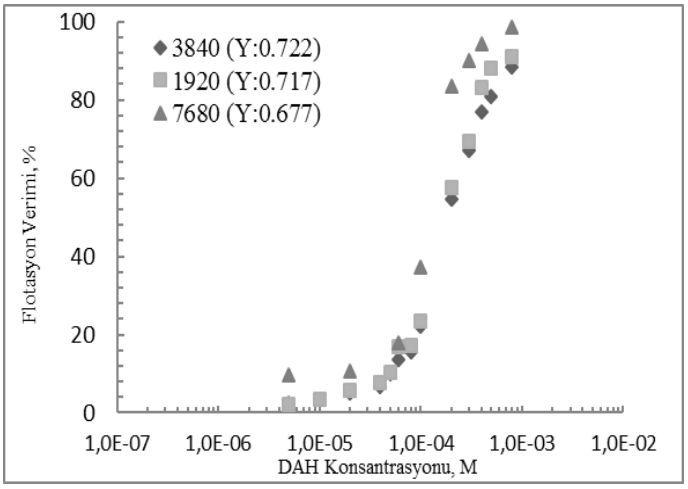
Şekil 2.2. Öğütme süresine bağlı olarak talk numunesinin şekil faktörü.

Sonuçlardan da anlaşılabileceği üzere 120 saniye öğütme süresine kadar yuvarlaklık indisi artmış daha sonra 480 saniyeye kadar yapılan öğütme sonucu yuvarlaklık indisinin azaldığı 960 ve 3840 saniyeye kadar yuvarlaklık indisinin belirli oranda tekrar artığı ve devam eden 7680 saniye sonunda yuvarlık indisinin keskin bir şekilde lineer azaldığı

görülmüştür. Bu da ilk saniyelerde daha köşeli hale gelen talk taneleri ilerleyen sürelerde köşelerin ve sivri kısımların öğütücü ortamın etkisiyle daha yuvarlak hale geldiği anlaşılmaktadır.

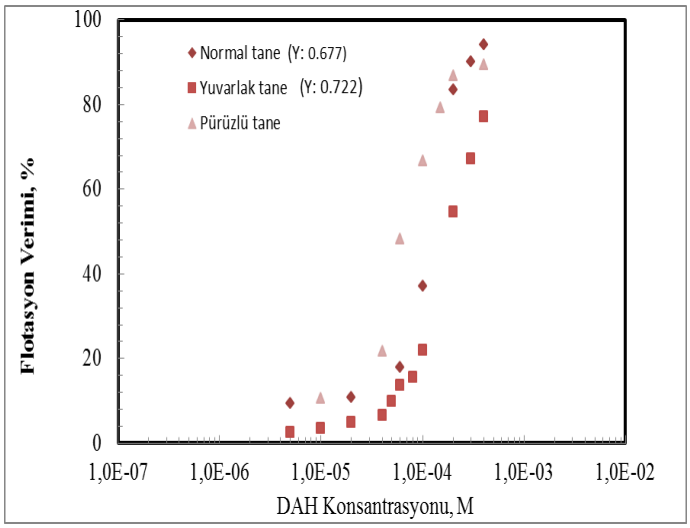
3.2. Mikro-flotasyon deneylerinin sonuçları

Öğütme deneyleri sonrasında yapılan yuvarlaklık analizlerine göre üç farklı yuvarlaklık değerine sahip (1920sn = 0.717, 3840sn = 0.722, 7680sn = 0,677) numunelerle gerçekleştirilmiş olup, (DAH) amin konsantrasyonuna bağlı olarak doğal pH'da yapılan mikroflotasyon deneylerinde öğütme süresine bağlı elde edilen şekil faktörünün flotasyon verimine etkisi ortaya konmuştur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Yuvarlaklık değerine bağlı talkın flotasyon verim değerleri.

Şekil 2.3'ten de görülebileceği üzere talkın şekil faktörüne bağlı flotasyon davranışı, daha düşük DAH konsantrasyonlarında 1920 sn 0.722 ve 3840 sn 0.717 yuvarlaklık indisine sahip tanelerin tane-kabarcık etkileşimi incelendiğinde bir araya gelerek topaklanmaları ve kabarcığa tutunmaları, 7680 sn 0.677 yuvarlaklık indisine sahip daha köşeli tanelerin aynı konsantrasyonlarda topaklanmalarına göre daha geç olduğunu ve düşük konsantrasyonlarda daha düşük flotasyon verimleri elde edildiği gözlenmektedir.
Bu durum şekil faktörleri açısından incelendiğinde öğütme süresine bağlı olarak numunenin yuvarlaklığının artmasıyla orantılı olarak flotasyon veriminin azaldığını göstermektedir.

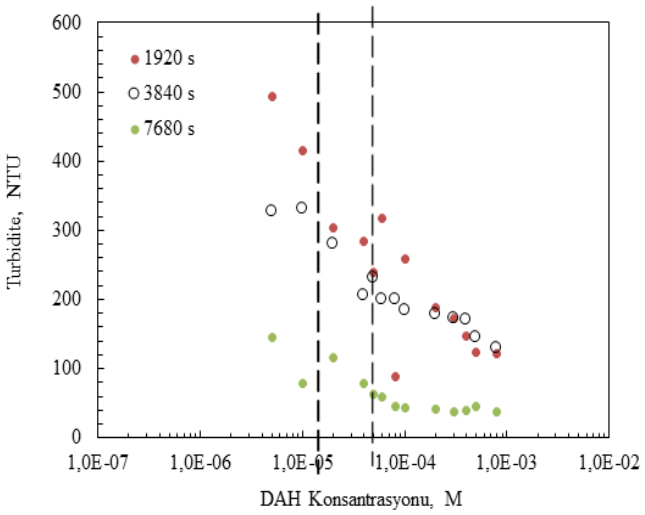


Şekil 2.4. Pürüzlü, yuvarlak ve doğal talk tanelerinin kollektör konsantrasyonuna bağlı flotasyon verimleri.

Buradan daha köşeli ve pürüzlü tanelerin yuvarlak tanelere göre daha yüksek bir flotasyon verimi ile yüzdüğü görülmektedir (Şekil 2.4). Daha yüksek köşelilik değerlerine sahip daha uzun taneler öğütme süresine bağlı olarak daha yüksek hidrofobisite gösterirlerken, daha yuvarlak yüzeyler daha yüksek ıslanabilirliğe veya daha az hidrofobisiteye sahip olmuşturlar.

3.3. Koagülasyon deneylerinin sonuçları

Talk ile yapılan türbidite ölçümlerinde DAH konsantrasyonunun yanı sıra şekil faktörünün de etkisini inceleyebilmek adına, flotasyon deneylerinde kullanılan -74+38 µm boyut aralığında olan numunelerle, doğal pH (8.1) değerinde ve flotasyon deneylerinde uygulanan DAH konsantrasyonlarında ölçümler yapılmıştır.



Şekil 2.5. Farklı şekil faktörlerinde ve DAH konsantrasyonlarında yapılan türbide tsetlerinin sonuçları.

Şekilden de görülebileceği üzere tanelerin öğütme süresine bağlı olarak yuvarlaklık indisi azaldıkça topaklanmaları daha düşük amin konsantrasyonlarında daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin Şekil 2.5'de belirtilen $1x10^{-5}$ M konsantrasyonunda 7680 sn 0,677'de ölçülen türbidite değeri 78,5 NTU iken, aynı konsantrasyonda 3840 sn 0,717 yuvarlaklık indisine sahip tanelerin tübidite ölçümleri 331 NTU olarak bulunmuştur.

4. SONUÇLAR

- Bu çalışmada kırma devresi sonrası elde edilen -2+1 mm boyutundaki numuneler sabit parametreler altında bilyalı değirmende farklı öğütme sürelerine bağlı öğütülmüş ve mikroflotasyon için -74+38 μm olan uygun boyuta getirilerek, morfolojik özelikleri saptanmıştır. Çalışmalar talk için, morfolojik özellikler ile tane-tane etkileşimi ve tane-kabarcık etkileşimi arasındaki korelasyonların kurulmasını mümkün kılmıştır.
- Bu kapsamda öğütme sonrasında elde edilen üç farklı yuvarlaklık değerine sahip talk taneleri ile farklı konsantrasyonlarda mikro-flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Flotasyon verimlerinin tanelerin yuvarlaklık indisi ile ilişkili olduğu bulunmuştur; yuvarlaklık ne kadar yüksek olursa, flotasyon veriminin o kadar az olduğu saptanmıştır.
- Şekil faktörü ve pürüzlülüğün flotasyon üzerindeki etkisi farklı amin konsantrasyonlarında test edilmiştir, şekil faktörü yüksek kollektör konsantrasyonlarında daha etkili iken, pürüzlülüğün düşük kollektör konsantrasyonlarında daha belirgin olduğu ortaya çıkmıştır.
- Talk koagülasyonunun flotasyon verimleri ile uyum içinde olduğu görülmüştür. Köşeli tanelerin yuvarlak tanelere göre daha düşük konsntrasyonlarda topaklandığı saptanmıştır.
- Talkın flotayon ve koagülasyon korelasyonlarından şekil faktörüne bağlı yapılan deneylerde $1X10^{-4}$ M DAH konsantrasyonunda büküm noktası verdiği görülmüştür. Pürüzlülük deneylerinde ise kurulan korelasyon sonucu $4X10^{-5}$ M'da büküm noktası verdiği görülmüştür.

5.TEŞEKKÜR

Tübitak-117M659 no'lu projenin çalışmama olan katkısından dolayı teşekkür ederim. Tezim süresince bölüm laboratuvarlarını kullanmamı sağladığı için Cevher Hazırlama Mühendisliği bölüm başkanı **Prof. Dr. Gülay Bulut**' a teşekkür ederim. Tezim ve öğrenim hayatım boyunca bana yol gösteren, eleştiri ve önerilerle katkıda bulunan ve sayesinde birçok konuda bilgi sahibi olduğum ve vizyonumun gelişmesini sağlayan danışmanım Prof. **Dr. Mehmet Sabri Çelik**'e içtenlikle teşekkür ederim. Tez süresince deneysel çalışmalarımda ve elde ettiğim verileri yorumlamada her türlü desteği ve yardımı hiç esirgemeyen, yol gösteren **Dr. Müh. Onur Güven**'e teşekkür ederim.

6.KAYNAKÇA

Chander, S., Hogg, R., (1988). Physical and surface characterization for mineral processing, *Minerals and Metallurgical Processing*, 152-161.

Durney, T.E. ve Meloy, T.P., 1986. *Particle shape effects due to crushing method and size*, International Journal of Mineral Processing, 16, 109-123

Fuerstenau, M. C., G. J. Jameson, and R. H. Yoon. 2007. *Froth Flotation: A Century of Innovation*. Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy & Exploration.

Guven, O., & Celik M.S. (2016). Interplay of Particle Shape and Surface Roughness to Reach Maximum Flotation Efficiencies Depending on Collector Concentration. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review* 37, 412-417.

Holt, C. B. 1981. The shape of particles produced by comminution - a review. *Powder Technology* 28 (1):59-63.30

J.S. Laskowski, J. Ralston (Eds.), *Colloid Chemistry in Mineral Processing*, Elsevier, New York (1992), pp. 225-24

Jaycock, M. a. (1986). *Chemistry of Interfaces.* Ellis Harwood.

Karakas, F., Vaziri Hassas, B. (2016). Effect of surface roughness on interaction of particles in flotation. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 52, 18−34.

Klimpel, R.R. *Introduction to Chemicals Used in Particle Systems,* ERC Particle Science & Technology, Florida (1997)

Koh, P.T.L., Hao, F.P, Smith, L. K., Chau, T.T., Bruckard, W.J., 2009. The effect of particle shape and hydrophobicity in flotation. *Int. J. Miner. Process* 93, 128-134.

Kurşun, H., Ulusoy, U., 2006. Influence of shape characteristics of talc mineral on the column flotation behaviour. International Journal of Mineral Processing 78, (4): 262-268.

Nguyen, A V and Schulze, H J, 2004. Colloidal Science of Flotation. (Marcel Dekker: New York, U.S.A.).

Pons, M.N. Vivier, H., Belaroui, K., BernardMichel, B., Cordier, F., Oulhana, D. ve Dodds, J. A., 1999. *Particle morphology: from visualization to measurement, Powder Technology*, 103, 44-57.

Rezai, B., M. Rahimi, M. R. Aslani, A. Eslamian, and F. Dehghani. 2010. Relationship between surface roughness of minerals and their flotation kinetics. *In Proceedings of the XI International Mineral Processing and Technology Congress*, 232-238

.

Taylor, L., 2003. Smooth operator: talc gets specialized for growth, *Industrial Minerals*, May

Ulusoy, U. Yekeler, M., 2005. Correlation of the surface roughness of some industrial with their wettability parameters. *Chem. Eng. Process.* 44, 557-565

Yehia, A. and Al-Wakeel, M.I. (2000) Talc Separation from Talc-Carbonate Ore to Be Suitable for Different Industrial Applications. *Mineral Engineering*, 13, 111-116. http://dx.doi.org/10.1016/S0892-6875(99)00154-5

Kuyumcu Cüruflarındaki Değerli Metallerin Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri ile Geri Kazanımı

Precious Metal Recovery from Jewelry Slags by Physical Concentration Method

T. Ulucan, F. Burat

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mineral Processing Department, Istanbul

ÖZET Kuyumculuk faaliyetinden elde edilen atıkların ikincil hammadde kaynağı olduğu kabul edilir ve değerli metallerin temel bir bileşenidir. Kuyumculuk sektöründeki en önemli metaller şüphesiz ki altın (Au) ve gümüş (Ag)'tür. İşçilik sonucunda oluşan ince metaller, mücevher parçaları ve metalik tozlar ve kuyumcu atölyelerinden üretilen toz büyük önem taşır. Büyük ve küçük ölçekli rafineriler için kuyumcu atıklarını işleme yönteminin geleneksel yolu eritme ve liç gibi kimyasal yöntemlere dayanır. Büyük ve küçük ölçekli rafinerilerde genellikle küpelasyon işlemi kabul edilir. Bu işlem sonucunda cüruf ve metal gibi iki faz oluşur. Malzemenin değerli bileşenleri erimiş fazda zenginleştirilirken, tortular ve diğer safsızlıklar cüruf fazında atılır. Bu çalışmada kuyumcu cüruflarından fiziksel yöntemlerle (sarsıntılı masa, MGS (Multi Gravity Separator), Knelson ve Falcon konsantratörleri) Au ve Ag'nin geri kazanımı ve konsantrasyonu incelenmiştir. Deneysel sonuçlara göre atık fazında çoğunun giderilmesinde gravite kazanım yöntemlerinin etkili olduğunu göstermiştir. Knelson ayırıcı ile 6 g/t Au ve 17 g/t Ag içeren bir beslemeden 30 g/t Au ve 52 g/t Ag içeriğine sahip ağır bir fraksiyon elde edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Kuyumcu cürufu, fiziksel, altın, gümüş

ABSTRACT Waste derived from jewelry activity is considered to be secondary source of raw material, and represents an essential component of precious metals. The most important metals in the jewelry sector are undoubtedly gold (Au) and silver (Ag). As a result of workmanship, the thin metals, jewel parts and metallic powders are generated and the dust produced from jewelry workshops is of great importance. The traditional way of processing jewelry wastes for large and small scale refiners is based on chemical methods such as smelting and leaching. In large and small scale refineries cupellation process is generally accepted. As a result of this process, two phases are formed such as slag and metal. The valuable components of the material are enriched in molten phase, whereas the tailings and other impurities are discarded in slag phase. In this study, the concentration and recovery of Au and Ag from jewelry slags by physical (shaking table, multi gravity separator (MGS), Knelson and Falcon concentrators) was investigated. Experimental results demonstrated that the gravity beneficiation methods were effective for eliminating much of the waste matrix. A heavy fraction with 30 g/t Au and 52 g/t Ag content was obtained from a feed assaying 6 g/t Au and 17 g/t Ag by Knelson separator.
Keywords: Jewellery slag, physical, gold, silver

1. GİRİŞ

Altın toplumlar tarafından çok eski zamanlardan beri kullanılan ve güç, hazine ile yeniliğin ölçütü olarak kabul edilmiş bir metaldir. Başlarda eşya üretiminde kullanılan altın daha sonralarda çeşitli süs, takı ve para amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Altın, bakır ve gümüşten sonra iletkinliği en yüksek metal olduğu için elektronik sanayinde de kullanılmıştır. Mücevherat sektörününde de altın alaşım oluşturarak kullanılmakta olup başlıca gümüş, paladyum, bakır ve platinli alaşımları tercih edilmektedir (Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 2016). Kuyumculuk işlemleri gerçekleştikten sonra elde edilen ve altın içeriği düşük olan atıklar geri kazanım amaçlı pirometalurjik ve hidrometalurjik işlemlere tabi tutulmaktadır. Pirometalurjik süreç sonucunda oluşan cüruflar düşük miktarda altın içermektedir ve bu cüruflardan altın geri kazanılmaktadır (Durmaz, 2012).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Yöntem

Kuyumcukent'teki işletmelerin atıklarını işleyen SAY Ramat A.Ş.'den temin edilen yaklaşık 100 kg cüruf numunesi sırasıyla çeneli, konili ve merdaneli kırıcılardan geçirilerek tamamı 0,5 mm'nin altına indirilmiştir. Daha sonra ise elekler vasıtasıyla -0,5+0,3 mm, -0,3+0,074 mm ve -0,074 mm olmak üzere üç boyut fraksiyonuna sınıflandırılarak ilk kademe fiziksel zenginleştirme işlemlerinin yapıldığı sarsıntılı masaya beslenmiştir. Cüruf santrifüj ayırma cihazlarının etkin olarak çalıştığı boyuta 100 mikrona indirilerek sırasıyla (MGS, Falcon ve Knelson) beslenmiştir. En son olarak, XRD analizinden elde edilen bilgiler ışığında yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırma deneyinin yapılması uygun görülmüştür.

2.2. Numunenin Kimyasal Özellikleri

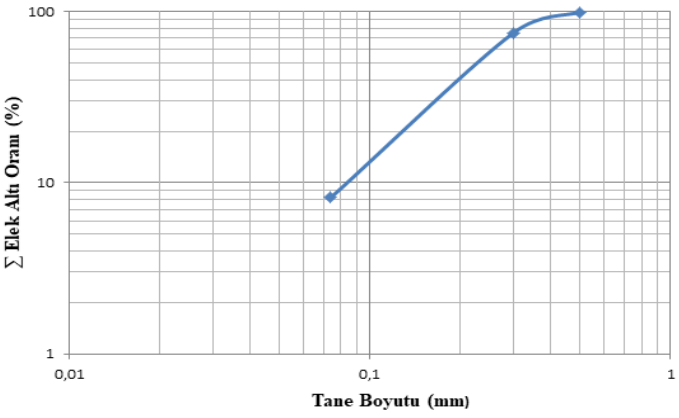
Özgül ağırlık farkıyla ayırma yöntemi kullanılarak yapılan sarsıntılı masa deney sonuçlarına göre cüruftaki kurşun (Pb) içeriği tüm boyut gruplarına eşit dağılım göstermiştir. Kurşunun hangi yapıda olduğunu belirlemek için numuneye XRD analizi yapılması uygun görülmüştür. Ancak elde edilen XRD sonucunda da belirgin pikler oluşmadığı için yapının ne olduğu belirlenememiştir. Cüruf içerisinde bulunan PbFeCu alaşımı PbFe ve Cu karışımından oluştuğu bildirilmiş ve Fe içeriği oldukça yüksek bulunduğundan ve XRD operatörünün yönlendirmesi sonucunda manyetik ayırma deneyi yapılması uygun görülmüştür.

2.3. Numunenin Fiziksel Özellikleri

Sarsıntılı masaya beslenecek olan 0,5 mm boyutu altındaki malzemenin boyut dağılımının belirlenmesi için yaş elek analizi yapılmıştır. Tablo 1' de elek analizi sonuçları, Şekil 1'de ise toplam elekaltı eğrisi verilmiştir.

Tablo 1. Elek analizi sonucu.

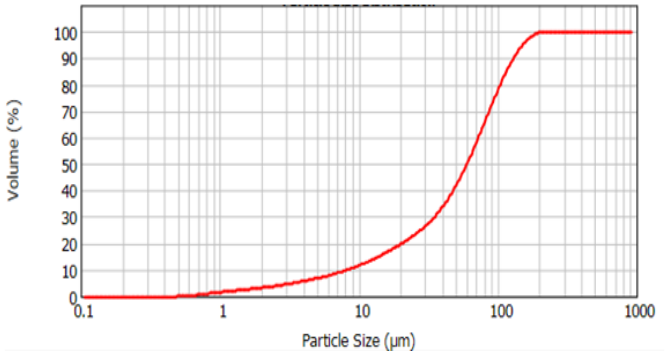
Boyut, mm	Miktar, %	∑ Elek Üstü ,%	∑ Elek Altı ,%
+0.5	0,4	0,4	100,0
-0.5+0.3	24,2	24,6	99,6
-0.3+0.074	67,2	91,8	75,4
-0.074	8,2	100,0	8,2
Toplam	100,0		



Şekil 1. Sarsıntılı masaya beslenen cüruf numunesinin eğrisi.

Toplam elekaltı eğrisine göre sarsıntılı masaya beslenen cüruf numunesinin d_{80} boyutunun 330 µm, d_{50} boyutunun ise 220 µm olduğu gözlemlenmiştir. 100 µm altına öğütülen cüruf numunesine MALVERN Mastersizer 2000 cihazı ile tane boyut

dağılımı testi yapılmıştır. Şekil 2'de tane boyut dağılımı verilmiştir.



Şekil 2. Tane boyut dağılımı.

Bu sonuçlara göre d_{90} boyutu 130 µm, d_{50} boyutu ise 60 µm olarak ölçülmüştür.

3. FİZİKSEL ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

3.1. Sarsıntılı Masa ile Yapılan Zenginleştirme Deneyleri

Sarsıntılı masa deneyi -0,5+0,3 mm ve -0,3+0,074 mm olmak üzere iki boyut aralığında yapılmıştır. Cüruf numunesi % 20 PKO'da Wilfley tipi sarsıntılı masa cihazına beslenmiş, yıkama suyu 3 L/dk, masa eğimi 4 ^{o} ve genliği 15 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. 2 farklı boyut grubunda yapılan zenginleştirme deneylerinin toplama göre birleştirilmiş sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Sarsıntılı masa birleştirilmiş deney sonuçları.

Boyut, mm	Ürünler	Miktar, %	İçerik, g/t		Dağılım, %	
			Au	Ag	Au	Ag
+0,5	-	0,4	124	412	8,6	8,3
-0,5+0,3	Ağır	6,3	13	26	14,8	8,7
	Araürün	15,4	2	11	6,5	9,2
	Hafif	2,6	5	16	2,2	2,2
	Toplam	24,3	5	16	23,5	20,1
-0,3+0,074	Ağır	3,4	33	83	20,7	14,9
	Araürün	38,8	3	13	19,6	26,4
	Hafif	24,9	4	15	18,2	19,8
	Toplam	67,1	5	17	58,5	61,1
-0,074	Şlam	8,2	6	24	9,4	10,4
Tüvenan	Toplam	100,0	5	19	100,0	100,0

3.2. Santrifüj Ayırıcılar Kullanılarak Yapılan Zenginleştirme Deneyleri

3.2.1. MGS ile Yapılan Zenginleştirme Deneyleri

-100 mikron altında bulunan yaklaşık 3 kg ağırlığındaki numune MGS cihazına beslenmiştir. Bu deneylerde PKO %10 olacak şekilde ayarlanmış olup tambur dönüş hızı ve yıkama suyu miktarı ilk basamakta 260 d/dk ve 1 L/dk, ikinci basamakta 250 d/dk ve 1,5 L/dk olarak seçilmiştir, Tambur titreşim genliği 15 mm ve tambur eğimi 2°'dir. Tablo 3'de bu deneyler sonucunda elde edilen içerik ve kazanma verimleri verilmiştir.

Tablo 3. MGS deneyi sonucu elde edilen Au ve Ag içerik ve verimleri.

Ürünler	Miktar, %	İçerik, g/t		Verim, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Ağır	17,8	14	44	49,2	47,5
Araürün	70,6	2	7	27,9	30,0
Hafif	11,6	10	32	22,9	22,5
Toplam	100,0	5	16	100,0	100,0

3.2.2 Falcon Ayırıcısı ile Yapılan Zenginleştirme Deneyleri

Elek altına geçen -100 mikron altındaki yaklaşık 300 gr ağırlığındaki numune Falcon cihazına zenginleştirme amacıyla beslenmiştir. Bu deneylerde PKO % 10 olacak şekilde ayarlanmış olup ilk deney için 300G santrifüj kuvveti uygulanmış ve hafif ürün alınmıştır. İkinci deneyde santrifüj kuvveti 100G'ye düşürülmüş, ilk deneyde elde edilen ağır ve araürün cihaza beslenmiştir. Sonuçlar Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. Falcon deney sonucu elde edilen Au&Ag içerik ve verimleri.

Ürünler	Miktar, %	İçerik, g/t		Verim, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Konsantre	81,6	7	17	90,4	78,3
Araürün	13,5	3	20	6,4	15,3
Hafif	5,0	4	23	3,1	6,4
Toplam	100,0	6	18	100,0	100,0

2.3. Knelson Ayırıcısıyla Yapılan Zenginleştirme Deneyleri

100 mikron altındaki malzemeye % 10 PKO ve 0,5 psi ile 6 psi akışkanlaştırma suyu basıncıyla zenginleştirme deneyi yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda elde edilen içerik ve kazanma verimleri Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Knelson deney sonucu elde edilen Au&Ag içerik ve verimleri.

Ürünler	Miktar, %	İçerik, g/t		Verim, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Konsantre	13,8	30	52	64,6	41,6
Araürün	54,5	3	15	25,5	47,4
Hafif	31,7	2	6	9,9	11,0
Toplam	100,0	6	17	100,0	100,0

3.3. Manyetik Ayırıcıyla Yapılan Zenginleştirme Deneyleri

Sarsıntılı masa deney sonuçları ve yapılan XRD analizinden elde edilen bilgiler ışığında cürufa yüksek alan şiddetli diskli kuru manyetik ayırma deneyinin yapılması uygun görülmüştür. 300 mikron altındaki yaklaşık 150 gr ağırlığındaki numune diskli manyetik ayırma cihazına beslenmiştir. Deneyde sırasıyla 0,5 amper, 1 amper ve 3 amper manyetik alan şiddetleri uygulanmıştır.Bu deneyler sonucunda elde edilen içerik ve kazanma verimleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Manyetik ayırma deneyi sonucunda elde edilen Au, Ag, Pb & Fe içerik ve verimleri.

Ürünler	Miktar, %	İçerik				Verim%			
		Au, g/t	Ag, g/t	Pb,%	Fe,%	Au	Ag	Pb	Fe
Manyetik 0,5A	5,7	4,2	20,0	5,7	6,4	5,4	6,1	5,7	6,3
Manyetik 1A	50,0	4,3	19,0	5,8	5,8	48,0	50,8	50,1	49,7
Manyetik 3A	31,4	4,6	18,0	5,8	5,9	30,1	30,1	31,3	31,8
N-Manyetik 3A	12,9	4,9	19,0	5,9	5,5	13,0	13,0	13,0	12,2
Toplam	100,0	4,5	18,8	5,8	5,8	100,0	100,0	100,0	100,0

4. SONUÇLAR

Fiziksel zenginleştirme yöntemlerinden özgül ağırlık farkına göre ayrım yapan cihazların kullanımı ve santrifüj kuvvetinden yararlananlardan gözlemlenen sonuçlar şunlardır:

- Sarsıntılı masa deneyi -0,5+0,3 mm ve -0,3+0,074 mm olmak üzere iki boyut grubunda yapılmıştır. Her iki boyut grubunda da hafif ürünün Au ve Ag içerikleri dikkat çekicidir. Bu durumun sebebi ise nispeten daha ince boyutlardaki metalik değerlerin suyun sürüklenme kuvveti ile hafif ürüne karışmasıdır.
- Manyetik ayırma deneyinde yüksek alan şiddetli kuru diskli manyetik ayırıcı kullanılmış olup 0,5A, 1A ve 3A manyetik alan şiddetleri kullanılmıştır. Deneyde elde edilen sonuçlar Pb ve Fe'nin tüm ürünlerde eşit dağıldığını göstermiştir.
- MGS ile yapılan zenginleştirme deney sonuçlarına göre hafif üründeki altın içeriğinin beslenene kıyasla arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun altın taneciklerinin suyla birlikte sürüklenerek hafif ürüne kaçtığını göstermektedir. Parçacık üzerine uygulanan G kuvvetinin yetersiz olduğu tespit edilerek, çok daha yüksek G kuvvetlerine çıkabilen Knelson ve Falcon cihazları denenmiştir.
- Falcon deneyleri sonucunda Ancak konsantre üretimi ile yüksek Au ve Ag kazanma verimi elde edilmesine rağmen beslenene göre içerik miktarları çok yüksek olmamıştır. Bu durum etkin bir ayırmanın gerçekleşmediğini göstermektedir.
- Knelson ile yapılan deneylerin sonuçlarına göre yüksek akışkanlaştırma su basıncı kullanıldığında konsantrenin değerli metal içerikleri artmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Knelson'un Falcon'a göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Karşılaşılan bazı olumsuzluklara rağmen, bu çalışmadan gözlemlenilen bulgulara göre metalurjik işlemler öncesinde uygulanacak fiziksel zenginleştirme işlemlerinin metal içeriği yüksek bir ön konsantre eldesine olanak sağlayabileceği görülmüştür. Böylelikle hem ekonomik hem de çevresel açıdan uygun bir proses dizayn edilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

Durmaz, C. (2012). ''Kuyumculuk Kökenli Curuflardan Fiziksel Zenginleştirme Yöntemi ile Altın Geri Kazanımı'', *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 8-9.

M.T.A., (2016). *Türkiye ve Dünyada Altın.* MTA.

Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri ile Baskı Devre Kartlarından Ön Konstantre Eldesi

Pre-Concentrate Production From Waste Printed Circuit Boards By Physical Separation Methods

A. U. Tosun, E. Tanısalı, F. Burat
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Geri dönüşüm sektörünün amacı atıklardan kullanılabilir madde üretmektir. Dünyadaki geri dönüştürülebilir atığın önemli bir kısmını elektronik atıklar, geri dönüştürülebilir elektronik atıkların değerli bir kısmını ise baskı devre kartları oluşturmaktadır. Bu çalışmada, değerli metal olarak altın, gümüş ve bakırın cevher hazırlama oldukça sık kullanılan fiziksel metotlar ile kazanımı hedeflenmiştir. Öncelikle bellek kısımları ayrılmış olarak bulunan baskı devre kartlarına ait kapasitör ve transistör gibi parçalar elle ayıklanmıştır. Tane boyut sertleşmesinin sağlanması için ilk aşamada kesici ile boyut küçültme işlemi yapılmıştır. Kırılmış numunede 2 mm altında metal oranı yüksek ve yeterli serbestleşme oranına ulaşmış boyut grubu üretilmiştir. Yüksek oranda bağlı taneler içeren 2 mm üstü malzeme ise ikinci kademe boyut küçültme işlemine tabi tutulmuştur. Farklı boyut gruplarına sınıflandırılan malzeme sarsıntılı masa, MGS, Falcon ve Knelson ayırıcıları kullanılarak zenginleştirilme işlemleri tamamlanmıştır. Au, Ag ve Cu için %90'ın üzerinde verimler elde edilmiştir.
Anahtar kelimeler: Baskı devre kartı, santrifüjlü ayırıcı, sarsıntılı masa, serbestleşme

ABSTRACT The basic principle of recycling is to produce usable sources from waste. Today, electronic waste includes a considerable part of world waste, and printed circuit boards (PCB) include a precious part of electronic waste. In this study, beneficiation of valuable materials as gold, copper and silver by physical methods is aimed. Firstly, parts like capacitor and transistor were removed manually from printed circuit boards without memory components. Size reduction is applied to provide liberation of particles with shredder. Sample with heavy metal content and endowed with sufficient liberation were produced below 2 mm. Material having high bound particle content at +2 mm was processed by impact crusher. Beneficiation was completed by shaking table, MGS, Falcon and Knelson separators for the material which was classified into different size groups. Efficiencies were found over 90% from each centrifugal separator.
Keywords: Printed circuit board, centrifugal separator, shaking table, liberation

1 GENERAL INFORMATION

With massive growth of electronics and hardware sector, the demand of the electronics products has been enhanced differently. Faster change of features in the electronic devices and availability of the improved products force the consumers to dispose the electronics products. This has become a critical issue both for generating electronic equipment's and disposal of waste (Gill, 2016).

The increase in electronic devices has not corresponded to growth in collection, reuse and recycling. As technology rapidly advances and electronics reach the end of their useful life at a faster rate, there is a

growing need for end-of-life management options (Burat et al., 2018). In this study, the optimum beneficiation of gold, copper and silver from ground PCB wastes by physical separation methods was investigated. Recoveries, contents and distributions of valuable materials for different size fraction and for different separators were scoped in the experiments.

2 MATERIAL AND METHODS

The material used in the thesis studies consist of end-of-life motherboards of waste desktop computers supplied by SAY Ramat Ltd. Şti. which is later brought to Istanbul Technical University, Mining Faculty, Mineral Processing Engineering Department. The parts like capacitors, alumina, and plastics on the boards are considered as useful and maybe harmful for the following processes that could lower the recovery, then were sorted manually and removed. Printed circuit boards which are suitable for beneficiation were crushed, ground and then classified to different fractions using screens with different aperture size. After comminution and classification processes the samples were sent to an accredited analyses firm (ARGETEST) to determine the contents of ingredients. Figure 2.1 and 2.2 shows PCB manual dismantling processes.

Figure 2.1. PCB before (a) and after (b) dismantling

2.1 Structure of the Material

After the primary crushing stage which provides the liberation of metal, plastic and ceramic particles, the material was screened by 2 mm sieve. Because of first stage crushing was not enough for liberation of particles, second stage crushing was applied with impact crusher. At the end of second crushing stage, liberation was not successful again. Finally, grinding process was applied to get a sample below 0.5 material. Due to the fact that the metal components are liberated from the plastic and ceramic components below 0.5 mm, it was decided to use the shaking table which is easy and effective to apply in this size fraction.

2.2 Material Content

The crushed product obtained after the first stage crushing process was sieved using a 2 mm sieve and this undersize material was named as “sample with heavy metal content (SHMC)”. The weight of this product corresponds to 23.4% of the feed material to first stage crushing and contains 222 g/t Au with 32.4% distribution. Meanwhile, Ag has 1993 g/t content and distributed with 58.8% in the same fraction. Cu has the highest amount among other metals (45.9%) with 29.8% distribution. Oversize material (+2 mm from the primary crushing stage) was fed to impact crusher as secondary crusher. The crushed material from impact crusher was classified into six different size groups.

At -2+1 size group, the highest Au content was obtained out of all other groups reaching 305 g/t and Au distribution became 31.4% according to the total feed. Au content in other groups varied between 70-150 g/t. Ag content decreased for finer size groups. As shown in Table 2.1, for -1+0.5 mm size group, Ag had 640 g/t content with 7.7% distribution. Cu contents were almost same for all size groups, however, in -1+0.5 mm fraction the Cu content was found as the highest (44.8%).

Figure 2.2 Components of PCB

Table 2.1. Second stage crushing results

Size, mm	Amount, %	Au		Ag		Cu	
		C, g/t	D, %	C, g/t	D, %	C, %	D, %
SHMC	23.4	222	32.2	1993	62.7	45.9	29.6
+2	10.9	35	2.3	380	5.6	32.6	9.9
-2+1	16.5	305	31.4	611	13.6	33.3	15.3
-1+0.5	8.9	155	8.6	640	7.7	44.8	11.0
-0.5+0.3	6.1	70	2.7	322	2.7	38.6	6.6
-0.3+0.074	15.3	105	10.0	184	3.8	20.8	8.9
-0.074	18.9	110	12.8	155	3.9	35.9	18.7
Total	**100.0**	**161**	**100.0**	**742**	**100.0**	**36.1**	**100.0**

C: Content, D: Distribution

3 EXPERIMENTAL RESULTS

3.1 Shaking Table Concentration

Due to the fact that the metal components are liberated from the plastic and ceramic components below 0.5 mm, it was decided to use the shaking table which is easy and effective to apply in this size fraction. At the end of shaking table separation, the material was classified into -2, +0.5 ve -0.5 mm size groups.

Table 3.1. Shaking table results

Groups	Products	Amount, %	Au		Ag		Cu	
			C, g/t	D, %	C, g/t	D, %	C, %	D, %
SHMC	Concentrate	18.1	259	33.5	677	20.0	60.0	28.8
	Tailing	5.2	231	8.6	276	2.3	15.0	2.0
	Total	**23.3**	**253**	**42.1**	**587**	**22.3**	**49.8**	**31.0**
+0.5 mm	Concentrate	33.6	28	6.9	1198	65.7	56.0	50.2
	Tailing	8.9	2	0.1	14	0.2	5.6	1.3
	Total	**42.5**	**23**	**7.0**	**949**	**66.0**	**45.5**	**51.5**
-0.5 mm	Concentrate	10.2	657	47.8	522	8.7	61.4	16.6
	Tailing	23.9	18	3.1	79	3.1	1.5	1.0
	Total	**34.1**	**209**	**51.0**	**212**	**11.8**	**19.3**	**17.6**
Total		**100.0**	**140**	**100.0**	**613**	**100.0**	**37.6**	**100.0**

SHMC: Sample with heavy metal content

Table 3.1 shows the contents of Cu, Ag and Au at the end of shaking table separation. At the end of shaking table concentration results, SHMC product contains high amount of metals, so this material was considered to be sellable without beneficiation. It is suggested to send them directly for convertisage process. The concentrates from +0.5 and -0.5 mm fractions contain high copper and could be directly sent to pyrometallurgical process.

3.2 Centrifugal Separator Concentrations

3.2.1 MGS Concentration Results

As a result of the experiment carried out in 0.3 mm size group, heavy, middling and light products were obtained.

Cu was obtained with 35% content and 94.6% recovery, Au with 360 g/t content and 92 % recovery, and Ag with 353 g/t content and 77.1% recovery in heavy product. As it is thought for industrial scale MGS also has an advantage in terms of capacity.

3.2.2 Falcon Separator Concentration Results

In these tests, two different rotation speeds such as 100 G and 300 G were used. At the first step 300 G was successfully applied and a product named as tailings was obtained. Rough concentrate from first stage was fed to second stage by decreasing G force to 100, and a heavy and a middling was obtained. As a result of Falcon separation, Au was obtained with 90.4% recovery and 320 g/t content, Ag with 70.6% recovery and 330 g/t content, Cu with 93% recovery and 36% content in heavy product category.

3.2.3 Knelson Separator Concentration Results

The experiment was carried out in two stages. Water pressure was changed from 0.5 PSI to 6 PSI while passing through the next stage. As a result of the experiment, heavy, middling and light products were obtained. When the content and recovery of these products are evaluated, it is clearly seen that Cu, Au and Ag have reached to 69.6%, 657 g/t, 480 g/t contents in the heavy product, respectively. Combining of heavy and middling, the metal recoveries could increase to 92%, 95.3% and 66.3% for Cu, Au and Ag, respectively. The results of Knelson were found similar to MGS's results in terms of content and recovery.

4 CONCLUSIONS

As a result of experiments using three different centrifugal separators, it is observed that very similar metal contents and recoveries were obtained from whole centrifugal separators. When the metal loss taken into consideration, MGS's was found the minimum. As it is thought for industrial scale MGS also has an advantage in terms of capacity. On the other hand, in terms of metal content, the higher metal content can be obtained by Knelson experiments by adjusting fluidization water. The reason of high metal content can be explained by the effect of centrifugal force. Even if the Falcon has the highest centrifugal force, the recoveries and metal contents did not change too much comparing to others. The riffle system of Knelson, which is placed from bottom to the top of the bowl, provides an impressive advantage.

ACKNOWLEDGEMENTS

During the process of preparing this thesis, my profound thanks to the head of Mineral Processing Department **Prof. Dr. GÜLAY BULUT** and my adviser **Assoc. Prof. Dr. FIRAT BURAT** who provide all facilities available. I would like to thank **Dr. Mustafa Özer** who helps a lot in the experimental studies. I would especially like to thank my amazing family for the love, support, and constant encouragement I have gotten over the years.

Finally, I am as lucky as other mineral processing students for having countless nice friends and very patient and friendly assistants especially **Res. Asst**. **Esra TANISALI** who has been always helpful and resolute in this long process.

REFERENCES

Burat, F., and Özer, M. (2018). Physical separation route for printed circuit boards. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 54(2), pp.554-566. https://doi.org/10.5277/ppmp1858

Gill, Gitanjali Nain, "Electronic Waste." *Encyclopedia Britannica Online*, Encyclopedia Britannica Inc., n.d. Web. 26 May 2016

Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş.'ye Ait Adıyaman-Gölbaşı Sülfürlü Bakır Cevherinin Flotasyon ile Zenginleştirilmesinde Çeşitli Parametrelerin Etkisi

The effect of different parameters on flotation of sulphur copper ore taken from region of Adıyaman Gölbaşı of Gümüştaş Mining and Trade Inc. Co.

B. Ülkü, Ş.B. Aydın, A. Gül.
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Bakır, çok eski çağlardan beri kullanılmaya başlanan insan hayatındaki en önemli metallerden biridir. Dünya'nın hemen hemen tüm bölgelerinde bulunması nedeniyle geniş ölçüde üretimi yapılmaktadır. Günümüzde tüketimi 13 milyon tonun üzerine çıkan bakır en çok kullanılan ikinci metal durumuna gelmiştir. Dünya bakır üretiminin %80'i sülfürlü cevherlerden yapılmaktadır.

Tez kapsamında Adıyaman-Gölbaşı bölgesine ait bir bakır cevherinden satılabilir içerikte bakır konsantresi elde edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Cevher %3,95 Cu, %0,92 Zn, %35,41 Fe, %34,70 S ve %10,44 SiO_2 içermektedir. Mineralojik incelemelere göre cevher numunesinde en yaygın bileşen pirittir. Numunede hakim bakır sülfür minerali kalkopiritttir. Bakır flotasyonunda piriti bastırmak amacıyla kaba devrede F-250, Derba 5, Nişasta, Demir Sülfat ve Hidrojen Peroksit gibi bastırıcıların etkisi incelenmiştir. Kullanılan bastırıcıların pirit bastırılmasında çok büyük farklılıklar yaratmadığı, hatta miktara bağlı olarak bakırı da bastırdığı görülmüştür. Daha sonraki deneyler kaba devrede bastırıcı kullanılmadan pH 7, 10 ve 12'de gerçekleştirilmiştir. pH 12'de bastırıcı kullanmadan yapılan deney sonucunda malzemenin %33'ü artıkta kalmış ve artıktaki bakır içeriği de %0,49 Cu olarak belirlenmiştir. Tane boyutunun etkisini belirlemek amacıyla daha önce d_{80}= 41 µm boyutunda yapılan deneylere ek olarak pH 12 de bastırıcı kullanılmadan d_{80}= 30 µm ve d_{80}= 25 µm tane boyutunda da deneyler gerçekleştirilmiş ve 25 µm tane boyutunda daha iyi sonuçların alındığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bakır, Flotasyon, Bastırıcı, pH, Tane Boyutu

ABSTRACT Copper is one of the most important metals in human life that has been used since ancient times. It is widely produced in almost all regions of the world. Today, copper is the second most commonly used metal with consumption of 13 million tons. 80% of world copper production is made of sulphide ores.

Within the scope of the thesis, the experiments were conducted to obtain copper concentrate from a copper ore from the Adıyaman-Gölbaşı region. The ore contains 3,95% Cu, 0,92% Zn, 35,41% Fe, 34,70% S and 10,44% SiO_2. According to mineralogical investigations, pyrite is the most common component in the ore sample. The dominant copper sulphide mineral in the sample is chalcopyrite. The effect of the depressants such as F-250, Derba 5, Starch, Iron Sulphate and Hydrogen Peroxide in the rough circuit was investigated in order to depress the pyrite in copper flotation It has been observed that the depressants used did not provide significant differences in pyrite depression and even depressed the copper depending on the amount of depressants. Subsequent experiments were performed at pH 7, 10 and 12 without using depressant in rougher circuit. As a result of the experiment carried out without depressant at pH 12, 33% of the material remained in the tailing and the copper content in the tailing was 0,49% Cu. In order to determine the effect of particle size, in addition to the experiments carried out at particle size of d_{80}= 41 µm, experiments were carried out at d_{80}= 30 µm and d_{80}= 25 µm particle size without depressant at pH 12, and best results were obtained at 25 µm particle size.

Keywords: Copper, Flotation, Depressants, pH, Particle Size

1. GİRİŞ

Bakırın insanlık tarihinde kullanılması cok eski çağlarda başlamıştır. Bakırın yüksek

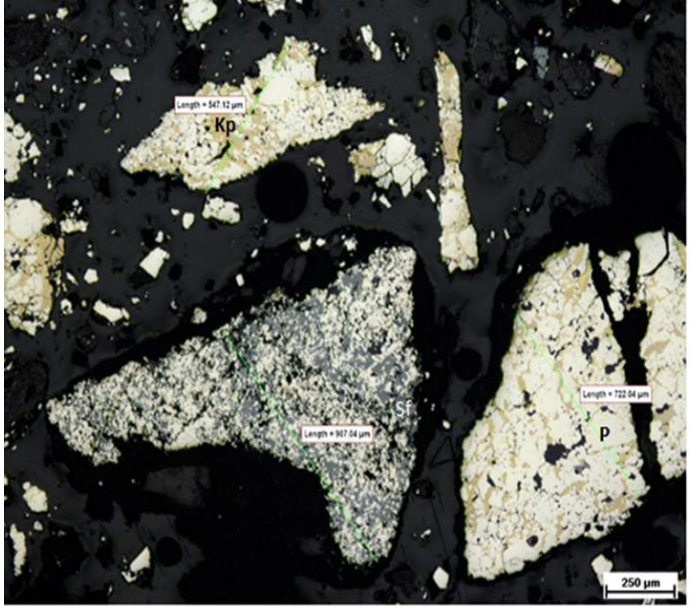
elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya karşı direnci, maddeden çekilebilme ve dövülebilme gibi özellikleri endüstride önemli olmasının nedenlerini oluşturmaktadır (Url-1). Günümüzde ekonomik olarak üretilebilecek dünya bakır rezervi bakır metali içeriği olarak toplam 470 milyon tondur. Genellikle flotasyon yöntemi ile gerçekleşen zenginleştirme işlemlerinde %80'in üzerinde bakır verimleri elde edilmektedir. Flotasyon yöntemi ile elde edilen konsantreler %15-25 Cu içermektedir (Url-2). Yıllık bakır üretiminin 35 bin ton kadarı kurulu izabe tesislerimizde yerli cevher konsantrelerinden üretilmektedir. Ülkemizin ihtiyacını karşılamak için yılda 250-300 bin ton metal bakır ithal edilmektedir (Ünal, 2016). Dünya'da, bakır yatakları için minimum işletilebilir tenör %0,25 Cu olup bazen daha da aşağı değerlerdeki bakır yatakları yan ürünler de değerlendirilerek işletilmektedir. İşletilebilen bakır cevherleri zenginleşebilirlikleri yönünden, sülfürlü, karbonatlı, oksitli-sülfürlü kompleks cevherler ve bakır silikatlar olmak üzere dört gruba ayrılabilir (Çilingir, 1996).

Bakır sülfürlerinin flotasyonu genellikle kolay, ucuz ve yüksek verimli bir hazırlama işlemidir. Belli başlı problem, piritin bastırılmasıdır (Atak, 2017). Cevherde piritin çok fazla miktarda, bakır minerallerinin ise az miktarda bulunması: piritin bastırılarak, temiz bakır konsantresinin elde edilmesini güçleştirebilir. Pirit ve bakır mineralleri arasında uygun serbestleşme olmaması da flotasyonda hem elde edilen konsantre tenörünün düşüklüğüne, hem de metal verimi kaybına sebep olur (Atak ve Tolun, 2014).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme

Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş.'den temin edilen ve maksimum tane boyutu 5 cm olan cevher öncelikle konili kırıcıda ardından merdaneli kırıcıda tamamı 2 mm altında olacak şekilde kırılmıştır. Temsili numune alınarak kimyasal ve mineralojik analize gönderilmiştir. Mineralojik incelemelerde rastlanan kalkopirit, pirit ve sfalerit minerallerinin parlak kesit görünümü Şekil 2.1'de, kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Sfalerit (Sf), Kalkopirit (Kp)ve Pirit (P) Minerallerinin Parlak Kesit Görünümü

Çizelge 2.1: Kimyasal analiz sonuçları

Eleman	İçerik, %	Eleman	İçerik, ppm
Cu	3,95	Au	0,26
Zn	0,92	Ag	15,94
Pb	0,11	Co	539,70
Fe	35,41	As	264,60
S	34,79	Mn	343,20
SiO_2	10,44	Mo	52,87

Mineralojik inceleme sonucunda, numunede en yaygın sülfürlü bileşenin pirit olduğu tespit edilmiştir. Piritin hem serbest taneler hem de numunede bulunan diğer tüm mineral taneleriyle bağlı olarak da bulunduğu gözlenmiştir.

Numune, parlatma yüzeyi ölçeğinde yaklaşık %12 oranında kalkopirit ($CuFeS_2$), %1,5 civarında sfalerit (ZnS) ve %56 oranında pirit (FeS_2) içermektedir. Kalkopirit tanelerinin boyutları 1-150 µm arasında değişebilmektedir.

2.2. Yöntem

Tez kapsamında, Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş.'ye ait sülfürlü bakır cevherinin flotasyonla zenginleştirilmesinde kaba devrede bastırıcı, pH ve tane boyutunun etkisi incelenmiştir. Bastırıcı ve pH'ın etkisinin incelendiği deneylerde 500 g numune %60 pülpte katı oranında 25 dk öğütülerek malzemenin d_{80} boyutu 41 µm altına indirilmiştir. Deneylerde toplayıcı olarak Hostaflot 3403, köpürtücü olarak MIBC ve pH düzenleyici olarak kireç ($Ca(OH)_2$) kullanılmıştır. Farklı miktarlarda kullanılan F250, Derba 5, Demir Sülfat, Nişasta, Hidrojen Peroksit bastırıcılarının flotasyona

etkisi incelenmiştir. Bastırıcı etkisinin incelendiği deneylerden sonra pH ve tane boyutu etkisinin belirlenmesine yönelik deneyler yapılmıştır.

2.3. Bastırıcıların Etkisi

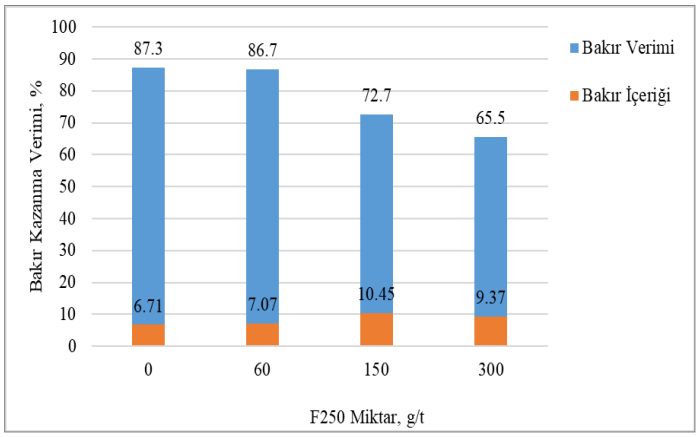
Kaba devrede piriti bastırabilmek için çeşitli bastırıcıların etkisi incelenmiştir. Genel deney şartları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Bastırıcı etkisinin incelendiği deneylerin şartları

2.3.1. F 250

F250 bastırıcı reaktifi diğer bütün şartlar aynı olmak üzere 60 g/t, 150 g/t, 300 g/t miktarlarında 6 kademede eşit miktarda (10, 25, 50 g/t) ilave edilmiştir. Deney sonuçları Şekil 2.2.'de verilmiştir. Sonuçlardan F250 ilavesinin verimler üzerinde selektif bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

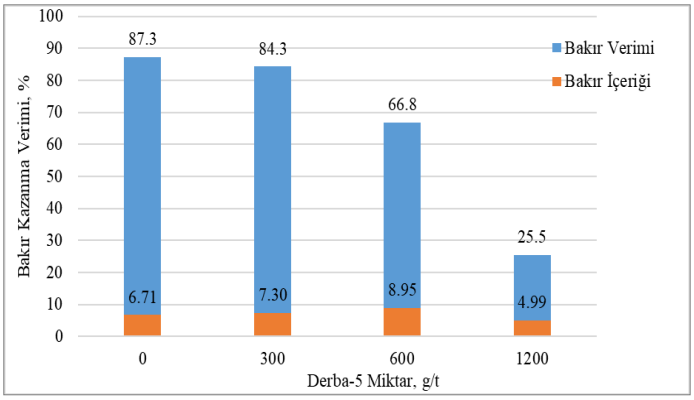
pH:	10
Dev/dk:	1200
Tane Boyutu	41 µm
Na_2SiO_3, g/t:	1000
Kondüsyon, dk:	5
Bastırıcı, g/t	Her kademede eşit miktar
Kondüsyon, dk:	5+5+5+5+5+5
Hostaflot 3403, g/t:	10+10+10+10+10+10
Kıvam, dk:	3+3+3+3+3+3
MIBC, g/t:	20+20+20+20+20+20
Flotasyon Süresi, dk	3+3+3+3+3+3



Şekil 2.2. F250 Miktarının Bakır Kazanma Verimine Etkisi

2.3.2. Derba 5

Çalışma kapsamında Derba 5 bastırıcısı 300 g/t, 600 g/t, 1200 g/t olmak üzere kullanılmıştır. 6 kademede eşit miktarda (50, 100, 200 g/t) bastırıcı ilavesi yapılarak elde edilen sonuçlar Şekil 2.3'de verilmiştir.

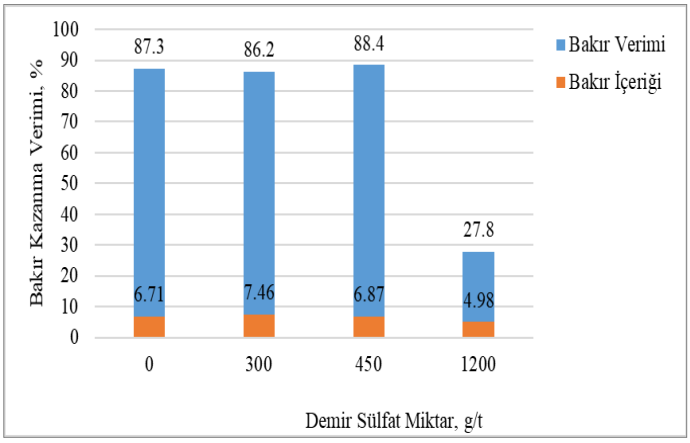


Şekil 2.3. Derba 5 Miktarının Bakır Kazanma Verimine Etkisi

Deney sonuçlarına göre bastırıcı miktarı arttıkça bakır veriminin azaldığı bastırıcının bakırın bastırılmasına da neden olduğu görülmektedir. Bastırıcı ilavesi olmadan %87,3 olan bakır verimleri 1200 g/t Derba-5 ilavesi ile %25,5'e kadar düşmektedir.

2.3.3. Demir Sülfat

Çalışma kapsamında Demir Sülfat bastırıcısının etkisi diğer bütün şartlar aynı olmak üzere 6 kademede 300 g/t, 450 g/t, 1200 g/t (her kademede 50, 75, 200 g/t) ilavesi ile incelenmiştir. Şekil 2.4'de gösterilen deney sonuçlarına göre demir sülfat miktarının artması ile bakır verimlerinin düşmeye başladığı özellikle 1200 g/t demir sülfat kullanımında bakır kazanma veriminin %27,8'e kadar düştüğü görülmüştür.

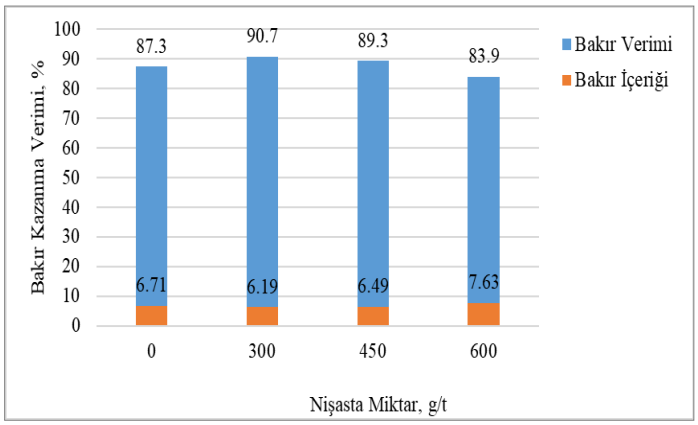


Şekil 2.4. Demir Sülfat Miktarının Bakır Kazanma Verimine Etkisi

2.3.4. Nişasta

Nişasta diğer bütün şartlar aynı olmak üzere 300 g/t, 450 g/t, 600 g/t miktarlarında her kademede eşit olarak (50, 75, 100 g/t) 6 kademede ilave edilmiştir. Nişasta ilavesinin

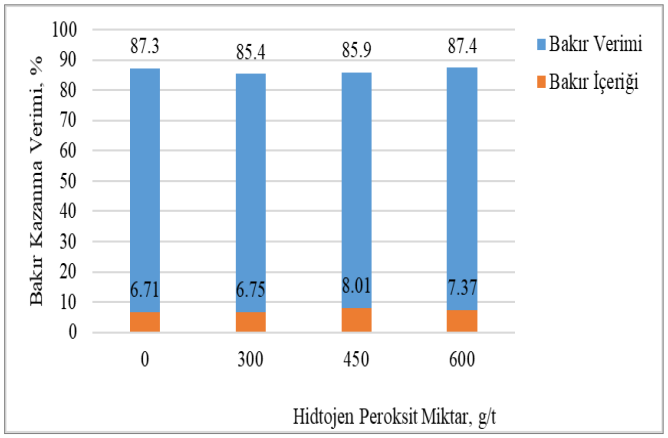
etkisinin incelendiği deneylerin sonuçları Şekil 2.5'de gösterilmektedir. Deney sonuçlarına göre nişasta miktarındaki artışın kullanılan diğer bastırıcılarda olduğu gibi bakırı da bastırdığı belirlenmiştir. Ancak verimlerdeki düşüşler F250, Derba-5 ve demir sülfat ile kıyaslandığında daha az olmaktadır.



Şekil 2.5. Nişasta Miktarının Bakır Kazanma Verimine Etkisi

2.3.5. Hidrojen Peroksit

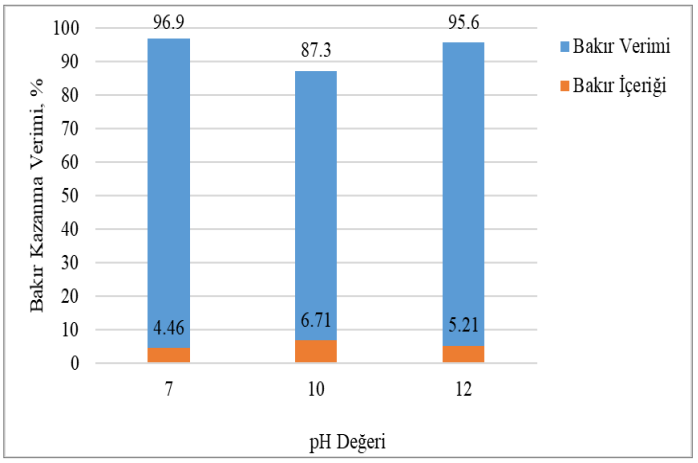
Hidrojen Peroksit diğer bütün şartlar aynı olmak üzere 300 g/t, 450 g/t, 600 g/t (her kademede 50, 75, 100 g/t) kullanılmıştır. Şekil 2.6'da verilen deney sonuçlarına göre hidrojen peroksitin de diğer bastırıcılarda olduğu gibi önemli bir farklılık yaratmadığı görülmüştür.



Şekil 2.6. Hidrojen Peroksit Miktarının Bakır Kazanma Verimine Etkisi

2.4. pH'ın Etkisi

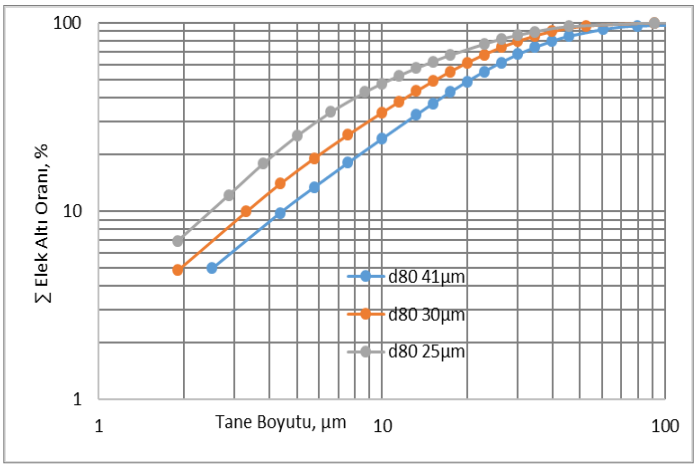
Çalışma kapsamında öncelikle bastırıcı reaktifi kullanılmadan diğer bütün şartlar aynı olmak üzere pH 7, 10, 12'de deneyler yapılmıştır. Şekil 2.7'deki deney sonuçları incelendiğinde bakır verimleri ve içerikleri gözönüne alınarak pH 12 optimum değer olarak belirlenmiştir.



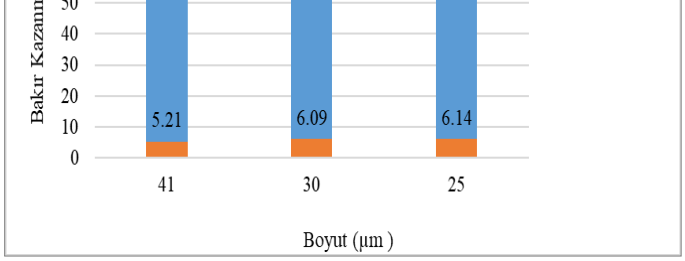
Şekil 2.7. pH'ın Bakır Kazanma Verimine Etkisi

2.5. Tane Boyutunun Etkisi

Tane boyutunun etkisinin incelendiği deneylerde tek kademede 25, 35, 45 dk olmak üzere üç ayrı öğütme yapılmıştır. d_{80} boyutu olarak sırasıyla 41, 30 ve 25 µm altına öğütülen numunenin boyut dağılımı Şekil 2.8'de verilmiştir. Boyut dağılımları belirlenen cevher numuneleri bastırıcı reaktifi kullanılmadan ve diğer bütün şartlar aynı olmak üzere pH 12 de flotasyon işlemine tabi tutulmuştur. Tane boyutunun etkisinin incelendiği deneylerin sonuçları Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Tane boyut dağılımı



Şekil 2.9. Tane Boyutunun Bakır Kazanma Verimine Etkisi

Deney sonuçları incelendiğinde en yüksek verim ve içerikli kaba konsantre 25 µm tane boyutunda elde edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş. tarafından gönderilen sülfürlü bakır içeren cevher numunesinin flotasyon yöntemiyle zenginleştirilmesinde farklı parametrelerin etkisi incelenmiştir. Bastırıcı reaktiflerin cinsi ve miktarı, pH ve tane boyutunun flotasyona etkisi incelenmiştir. Bastırıcı reaktif olarak F250, Derba 5, Demir Sülfat, Nişasta ve Hidrojen Peroksit kullanılmıştır. Deneyler sonucunda bastırıcı ilavesi ile istenilen verim ve içeriğe ulaşılamadığından aynı koşullarda bastırıcı kullanılmaksızın pH 7, 10 ve 12'de deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda pH 12'de tane boyutunun etkisinin incelenmesine karar verilmiştir. Deneyde kullanılacak numuneler ayrı ayrı 25 dk, 35 dk ve 45 dk öğütülmüş ve öğütme sonrasında numunenin d_{80} boyutları 41, 30 ve 25 µm olarak saptanmış; bu üç boyutta yapılan deneyler sonucunda bakır kazanma verimi ve ortalama içeriği açısından d_{80}= 25 µm en uygun koşul olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Atak S., Tolun R., 2014. Flotasyon, ''*Cevher Hazırlama El Kitabı*''. Editör Önal G., Ateşok G.), İstanbul.

Çilingir, Y., 1996. Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.

Url-1, https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi merkezi/bakir (alıntı tarihi: 20.12.2018).

Url-2, https://www.usgs.gov/centers/nmic/copper-statistics-and-information, (alıntı tarihi: 20.12.2018).

Ünal, İ.H. (2016). Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü, Ankara

Sülfatlı Çözeltilerden Bakırın Solvent Ekstraksiyon Yöntemi ile Kazanımı

Copper Recovery from Sulphate Solutions by Solvent Extraction Method

B. Özkan., E. Tanısalı, F. Arslan

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, Türkiye

ÖZET Solvent ekstraksiyon (SX) yöntemi bir çözelti zenginleştirme yöntemi olup sıvı-sıvı ayırımı ile düşük tenörlü cevherlerin liç işlemleri sonrası çözeltilerde metal konsantrasyonunu arttırmak amacıyla kullanılır. Bu yöntem elektroliz yöntemi için gerekli metal konsantrasyonunun elde edilmesine yönelik olup günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Ek olarak solvent ekstraksiyon yöntemi çözeltilerden empüritelerin giderilmesi yani atık çözeltilerin temizlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Bu bitirme çalışmasında, sülfatlı çözeltilerden LIX 84-I reaktifi kullanılarak yapılan bakır ekstraksiyonunda pH, sıvı faz/organik faz oranı (S/O) ve demir ilavesinin etkisi incelenmiştir. Deneyler yükleme ve sıyırma kademelerini içermektedir. Deneylerin sonunda veriler yardımı ile McCabe-Thiele diyagramları oluşturulup yükleme ve sıyırma kademe sayıları belirlenmiştir. Deneyler sonucunda pH artışının ve sıvı faz/organik faz oranı düşüşünün bakır ekstraksiyon verimi üzerinde bir artışa sebep olduğu görülmüştür. Demir iyonu ilavesi etkisine bakıldığı zaman pH 2'de bakır ve demir birlikte yüksek verimlerle ekstrakte edilmiştir. pH'de çözeltide demir iyonlarının varlığında ise bakır ekstraksiyon verimindeki azalışa bağlı olarak demir ekstraksiyon verimi de düşmüştür. Ekstraksiyon izotermine göre teorik olarak 3 kademede %98 verimle yükleme işlemi yapmak mümkündür. Sıyırma izotermine bakıldığında ise teorik olarak 3 adım sonucunda %71 verimle sıyırma işleminin yapılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bakır, Solvent Ekstraksiyonu, LIX 84-I, Sülfatlı Çözeltiler

ABSTRACT Solvent extraction (SX) method is a solution enrichment method and is used to increase the concentration of metal in solutions after leaching of low-grade ores with liquid-liquid separation. This method is aimed at obtaining the metal concentration required for the electrolysis and has gained importance today. In addition to that the solvent extraction method is also used in removing impurities from waste solutions for cleaning purposes. In this thesis, the effect of pH, aqueous phase/organic phase ratio (A/O) and iron ion addition in the copper extraction by using LIX 84-I reagent from sulfate solutions was investigated. Experiments included loading and stripping stages. As a result, McCabe-Thiele diagrams were constructed with the help of the data produced from loading and stripping stages. At the end of the experiments, it was observed that the increase in pH and the decrease of the liquid phase/organic phase ratio caused an increase in copper extraction efficiency. When the iron ion addition effect is examined, copper and iron were extracted together at pH 2. At the pH 1, in the presence of iron ions in the solution, iron extraction efficiency decreased due to the decrease in the copper extraction efficiency. According to extraction and stripping isotherms copper could be loaded with 98% efficiency at three stages where as copper stripped with 71% efficiency at three stages.

Keywords: Copper, Solvent Extraction, LIX 84-I, Sulphate Solutions

1. GİRİŞ

Dünyada mevcut yüksek tenörlü cevherlerin giderek azalmasından dolayı hidrometalurjik proseslerle metal kazanımında solvent ekstraksiyon prosesi çözelti zenginleştirme işlemi olarak günümüzde büyük önem kazanmıştır. Aynı zamanda atık çözeltilerden ağır metallerin (kurşun, çinko, kobalt, nikel gibi) uzaklaştırılmasında da solvent ekstraksiyon işlemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Kordosky, 2002).

Solvent ekstraksiyon prosesi metal kazanımı değil çözelti zenginleştirme işlemi amacıyla yapılır. Solvent ekstraksiyon prosesinin amaçlarından biri çözeltinin istenmeyen empüritelerden ayrılmasıdır. Kısacası solvent extraksiyon çözeltilerden veya atık sulardan empüriteleri uzaklaştırmak veya liç sonrası çözeltilerde metal konsantrasyonunu istenilen seviyeye yükseltmek amacıyla yapılır. Örneğin, düşük tenörlü bakır cevherlerinin liç işlemleri sonrası elektroliz ve çöktürme gibi metal kazanım prosesleri için metal konsantrasyonunu arttırmak için uygulanır (Redbook, BASF Mining Solutions).

Genellikle bakır cevherleri yüksek oranda demir içermektedir. Düşük tenörlü bakır cevherlerinden bakır kazanımında hidrometalurjik işlemler (yığın liçi) çoğunlukla kullanılmaktadır. Bu cevherler genellikle yığın liçi sonrası elektrolize tabi tutulmakta ve elektroliz öncesi bakır içeriğinin arttırılması ve empüritelerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bakır elektrolizi için çözelti 30-40 g/L Cu^{+2} ve 160-180 g/L H_2SO_4 içermelidir. Çözeltinin demir içeriğinin fazla olması elektroliz verimini, nihai bakır içeriğini ve kalitesini de düşürmektedir. Solvent ekstraksiyon prosesi ile çözelti temizleme, konsantrasyon arttırma, karışık çözeltilerden seçici olarak metalleri ayırma ve metalurjik atıkların işlenmesi mümkündür (Kordosky, 2002).

Solvent ekstraksiyonu (SX) bir sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi olup bakır ekstraksiyonunda genellikle sülfatlı çözeltilere uygulanan bir prosestir. Bu proseste metal içeren zengin çözelti (sulu faz) ve solvent (organik faz) birbiri içerisinde çözünmez fakat temas halindedir. Kimyasal koşullar değiştirilerek sulu fazdan organik faza ya da organik fazdan sulu faza metal iyonlarının geçmesiyle kimyasal tepkime gerçekleşir ve tepkime tersinirdir. Sulu fazdan organik faza geçiş "yükleme", organik fazdan sulu faza geçiş ise "sıyırma" kademesidir. (Yılmaz, 2005; Sumer, 2009). Bakırın solvent reaksiyonu aşağıda verilen formüller şeklinde kademeli olarak gerçekleşir. Verilen reaksiyonlar ekstraksiyonun pH'a bağlı olduğunu göstermektedir. Yüksek pH değerleri ekstraksiyon için düşük pH değerleri sıyırma kademesi için uygundur (Littlejohn, 2007). Bakırın solvent ekstraksiyonu reaksiyonları aşağıdaki gibidir:

Yükleme kademesi:

$$2HR + CuSO_4 \Leftrightarrow R_2Cu + H_2SO_4 \quad (1)$$

Sıyırma kademesi:

$$R_2Cu + 2H^+ + SO_4^{-2} \Leftrightarrow 2HR + CuSO_4 \quad (2)$$

Bu çalışmada sülfatlı çözeltilerden LIX 84-I reaktifi kullanılarak yapılan bakır ekstraksiyonunda pH, sıvı faz/organik faz oranı ve demir ilavesinin etkisi incelenmiştir. Deneyler yükleme ve sıyırma kademelerini içermektedir. Deneylerin sonunda veriler yardımı ile McCabe-Thiele diyagramları oluşturulup yükleme ve sıyırma kademe sayıları belirlenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Deneysel çalışmalarda solvent ekstraksiyon prosesi için bakırın geri kazanımında hacimce %10 LIX 84-I ketoksim grubu ekstraktantı ve seyreltici olarak hacimce %90 kerosen kullanılmıştır. 5 g/L Cu içeren sentetik çözelti, gerekli miktarda $CuSO_4.5H_2O$ ve 1 M H_2SO_4'ün çözündürülmesiyle hazırlanmıştır. Doğal pH'ı yaklaşık 0,32 olan çözeltinin pH değerini ayarlamak için NaOH ilavesi yapılmıştır.

Sülfürik asit, yüklü organikten metal iyonlarının sıyırılması için kullanılmıştır. Sulu ve organik fazlar arasında yeterli temas sağlamak üzere manyetik karıştırıcı kullanılarak karıştırma işlemi yapılmış ve ayırma işlemi için 100 mL'lik ayırma hunileri kullanılmıştır.

Bütün deneysel çalışmalarda gerekli miktarlarda sıvı ve organik fazlar alınarak 400 rpm hızında 15 dakika karıştırma süresince manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi sona erdiğinde ayırma hunileri kullanılarak sulu ve organik faz ayırımı yapılmıştır. Buradan alınan yüklü organik gerekli deney koşullarında H_2SO_4 ile 400 rpm hızında 15 dakika karıştırma süresince sıyırma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sona erdiğinde tekrar ayırma hunileri kullanılarak sulu ve organik faz ayırımı yapılmıştır.

Sulu fazdaki metal iyon konsantrasyonları Atomik Adsorpsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile analiz edilmiştir. Organik fazların metal içeriği ise kütle dengesi ile belirlenmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneylerde, pH, sulu faz/organik faz (S/O) oranı ve demir ilavesinin bakır ekstraksiyonu üzerindeki etkileri araştırılmış ve sonuçlar aşağıda detaylı olarak verilmiştir. Deneylerden elde edilen verilerle yükleme ve sıyırma kademeleri için McCabe-Thiele Diyagramları oluşturulmuştur.

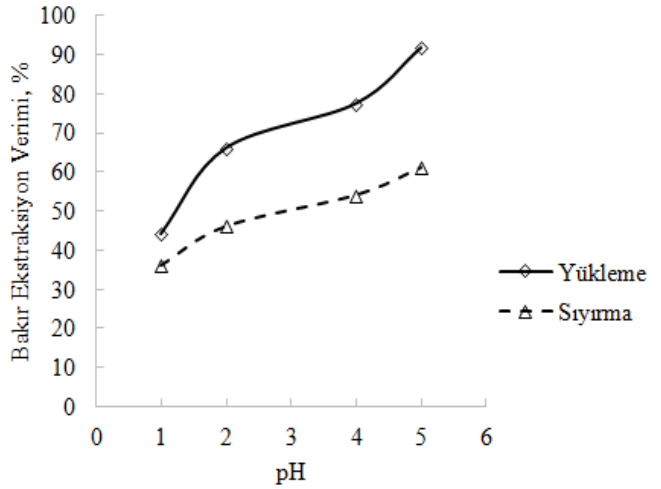
3.1. pH Etkisi

pH'ın bakır ekstraksiyon verimi üzerindeki etkisi, 15 dakikalık ekstraksiyon süresi, hacimce %10 LIX 84-I ekstraktantı, 1/1 S/O oranı, 400 rpm'lik karıştırma hızı ve 5 g/L başlangıç bakır konsantrasyonu deney koşulları altında incelenmiştir.

Sonuçlar Tablo 1 ve Şekil 1'de gösterilmektedir. pH değerinin arttırılması bakır ekstraksiyon verimi üzerinde artan bir etkiye sahiptir. En yüksek Cu ekstraksiyon verimine (%91,7) pH 5 değerinde ulaşılmıştır. Yüksek pH değerlerinde organiğin yapısı bozulmaya başladığından ve endüstride elektrokazanım prosesleri düşük pH değerlerinde yapıldığından, optimum pH değeri 2 olarak seçilmiştir.

Tablo 1. Farklı pH'larda yapılan SX deneylerinin sonuçları

pH	1	2	4	5
1. Kademe Yükleme Verimleri (%)	44	66	77,4	91,7
1. Kademe Sıyırma Verimleri (%)	36	46,0	54,0	61,0



Şekil 1. Farklı pH değerlerinde bakır ekstraksiyon verimleri değişimi

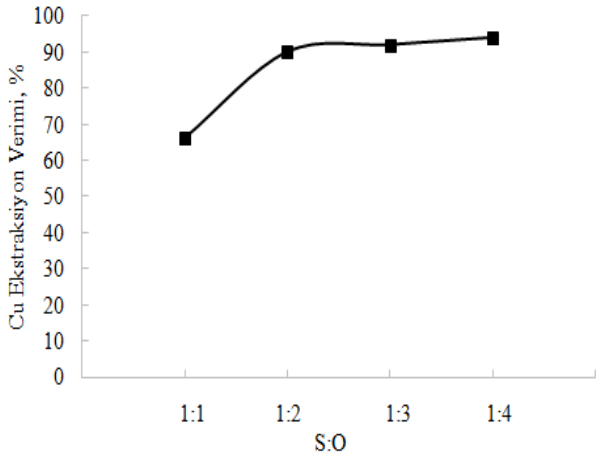
3.2 Sıvı Faz/Organik Faz (S/O) Oranı Etkisi

S/O oranının bakır ekstraksiyon verimi üzerindeki etkisini araştırmaya yönelik deneylerde, başlangıç Cu konsantrasyonu 5 g/L, pH 2, %10 (v/v) LIX 84-I, 400 rpm karıştırma hızı ve 15 dakikalık karıştırma süresi koşullarında deneyler yapılmıştır.

Sonuçlar Tablo 2 ve Şekil 2'de gösterilmektedir. S/O oranının azalmasıyla birlikte, bakır ekstraksiyon verimi %66'dan %94'e kadar artmıştır. Bu sonuçlara göre optimum S/O oranı 1/2 olarak seçilmiştir.

Tablo 2. Farklı sıvı faz/organik faz (S/O) oranlarında yapılan SX deney sonuçları

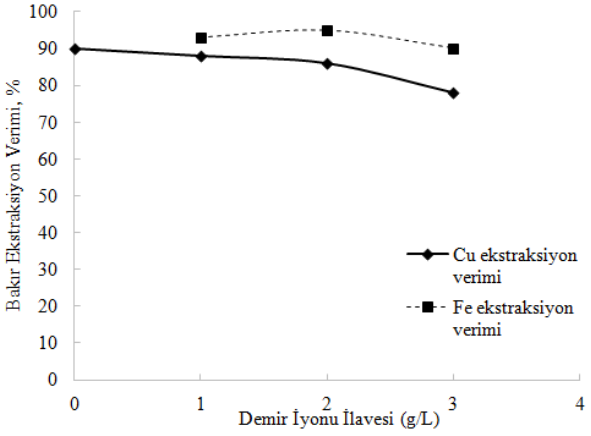
S:O oranı (v/v)	Çözeltide Kalan Bakır Miktarı (g/L)	Yüklenmiş Bakır Miktarı (g/L)	Bakır Ekstraksiyon Verimi (%)
1:1	1,7	3,3	66
1:2	0,5	4,5	90
1:3	0,4	4,6	92
1:4	0,3	4,7	94



Şekil 2. Farklı sıvı faz/organik faz oranlarında bakır ekstraksiyon verimi

3.3 Demir İyonları İlavesinin Etkisi

Bakır içeren sülfat çözeltilerinde demir iyonlarının varlığının etkisinin incelendiği çalışmaların sonuçları grafiksel olarak Şekil 3'de verilmiştir. Sabit deney koşulları, başlangıçta 5 g/L Cu konsantrasyonu, pH 2, %10 (v/v) LIX 84-I, 400 rpm karıştırma hızı, 15 dakikalık karıştırma süresi, 1/2 S/O oranıdır. Fe iyonlarının ilavesi 0-3 g/L olarak değiştirilmiştir. Fe iyonlarının eklenmesi, Cu ekstraksiyon etkinliği üzerinde %90'dan %78'e bir düşüşe sebep olurken, Fe %95 oranında ekstrakte edilmiştir. Bu durum, Cu ve Fe iyonları çözeltide bir arada bulunduğunda, tüm metallerin aynı anda ekstrakte edildiği anlamına gelir. Aynı deney koşullarında sadece çözelti pH'ı 2'den 1'e düşürüldüğünde demir ekstraksiyonu düşüşüne paralel olarak bakır ekstraksiyonunun da düştüğü görülmüştür.



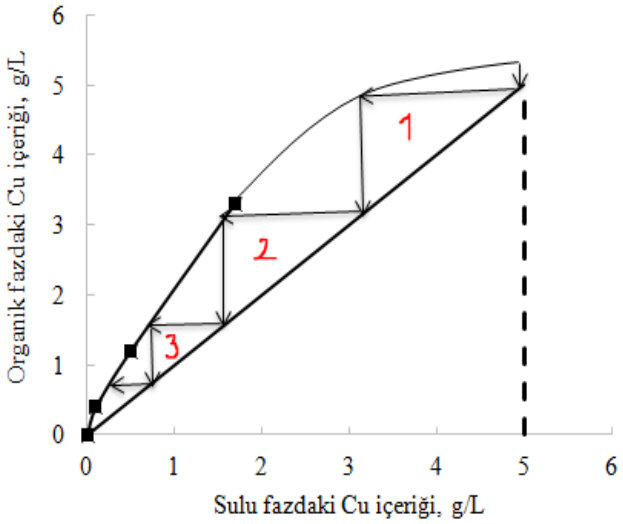
Şekil 3. pH 2'de demir içeriğine bağlı olarak demir ve bakır ekstraksiyon verimleri değişimi

3.4 Yükleme ve Sıyırma İzotermleri (McCabe-Thiele Diyagramlarının Oluşturulması)

Bakır solvent ekstraksiyonunda yükleme ve sıyırma kademe sayılarını belirlemek amacıyla McCabe-Thiele diyagramları oluşturulmuştur. Yükleme deneylerinin sabit parametreleri; başlangıç bakır konsantrasyonu 5 g/L, pH 2, %10 LIX 84-I, S/O oranı 1:1, 400 rpm karıştırma hızı ve 15 dakika karıştırma süresi olarak belirlenmiştir. Yapılan yükleme adımları sonucunda elde edilen veriler Tablo 3'te ve grafiksel olarak Şekil 4'te verilmektedir. Sonuçlara göre teorik olarak %98 verimle 3 kademede yükleme yapmak mümkündür.

Tablo 3. Yükleme Deneyleri Sonuçları

Yükleme Kademe Sayısı	Sulu Çözelti Cu İçeriği (g/L)	Yüklü Organik Cu İçeriği (g/L)	Cu Ekstraksiyon Verimi (%)
1	1,7	3,3	66
2	0,5	1,2	71
3	0,1	0,4	80

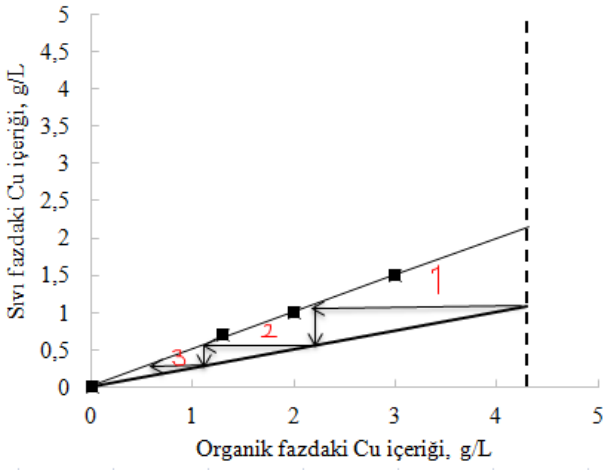


Şekil 4. Yükleme deneyleri sonucu çıkarılan McCabe-Thiele diyagramı

Başlangıç bakır konsantrasyonu 5 g/L, pH 2, 1:4 S/O oranı, %10 LIX 84-I, 400 rpm karıştırma hızı, 15 dakika karıştırma süresi deney koşullarında 1 kademe yükleme işleminden elde edilen yüklü organik başlangıç bakır konsantrasyonu 4,5 g/L, 1:4 S/O oranı, 400 rpm karıştırma hızı, 15 dakika karıştırma süresi ve 0,5 M H_2SO_4 deney koşulları ile sıyırma işlemine tabi tutulmuştur. Sıyırma işlemi sonucunda elde edilen veriler Tablo 4'de ve grafiksel olarak Şekil 5' de verilmektedir.

Tablo 4. 0,5 M ile Yapılan Sıyırma Deneyleri Sonuçları

Sıyırma Kademesi Sayısı	Yüklü Organik Cu İçeriği (g/L)	Sıyrılan Çözelti Cu içeriği (g/L)	Cu Sıyırma Verimi (%)
1	4,5	1,5	33
2	3	1	33
3	2	0,7	35



Şekil 5. Sıyırma deneyleri sonucu verilerin değerlendirilmesi

Yüklü organiğe 1:4 S/O oranında, 0,5 M H_2SO_4 ile yapılan sıyırma deneyleri sonucunda oluşturulan McCabe-Thiele Diyagramı'na göre teorik olarak 3 adım sonucunda %71 verimle sıyırma işlemi yapmak mümkündür. Tek kademede ise %33-35 arasında değişen bakır ekstraksiyon verimleri elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Sülfatlı çözeltilerden LIX 84-I reaktifi kullanılarak yapılan bakır ekstraksiyonunda pH, sıvı faz/organik faz oranı (S/O) ve demir ilavesinin etkisinin incelendiği çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibidir:

- Artan pH değeri ile birlikte bakır ekstraksiyon veriminin arttığı görülmüştür. pH 5 noktasında maksimum bakır ekstraksiyon verimine (%91,7) ulaşılmıştır.
- Organik ilavesinin artmasıyla birlikte S/O oranının azalması bakır ekstraksiyon veriminde %66'dan %94'e kadar bir artışa sebep olmuştur. Sonuç olarak optimum S/O oranı 1/2 olarak seçilmiştir.
- Çözeltiye Fe iyonlarının eklenmesi halinde, Cu ekstraksiyon veriminde %90'dan %78'e bir azalma meydana gelirken Fe ekstraksiyon verimi %95 olarak elde edilmiştir. Bu durum, Cu ve Fe iyonlarının çözeltide bir arada bulunması halinde, tüm metallerin aynı anda ekstrakt olduğu anlamına gelir. LIX 84-I ile yapılan bu

çalışmada bakırın selektif olarak demirden ekstrakte edilmesi için, 1'den düşük pH değerlerinde çalışılmalıdır. Ancak, çözeltiye aynı miktarda demir iyonları eklenip sadece çözelti pH değeri 2'den 1'e düşürüldüğünde demir ekstraksiyonu düşüşüne paralel olarak bakır ekstraksiyonuda düşmektedir.

- Yükleme deneyleri sonucu elde edilen McCabe-Thiele Diyagramı'na göre teorik olarak 3 adım sonucunda %98 verimle yükleme işlemi yapmak mümkündür. Sıyırma deneyleri sonucunda oluşturulan McCabe-Thiele Diyagramı'na göre ise teorik olarak 3 adım sonucunda %71 verimle sıyırma işlemi yapmanın mümkün olduğu görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

Littlejohn, P., 2007, Technical Review, Copper Solvent Extraction in Hydrometallurgy, s. 4-11.

Kordosky, G.A., 2002, Copper recovery using leach / solvent extraction / electrowinning technology: Forty years of innovation, 2.2 million tonnes of copper annually, *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy,* s. 446-449.

Sumer, P., 2009, Düşük Konsantrasyonlu Çözeltilerden Solvent Ekstraksiyon Yöntemiyle Rodyum, Altın ve Gümüş Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s. 1-43.

Yılmaz, M.G., 2005, Solvent Ekstraksiyon Yöntemi ile Atık Çözeltilerden Soy Metallerin Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s. 1-24.

http://www.mining-solutions.basf.com/prewiev-basf-redbook.pdf

Seramik Hammaddelerindeki Safsızlıkların Uzaklaştırılması

Removal Of Impurity In Ceramic Raw Materials

D. Bozkurt, A.A. Sirkeci

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Mineral Processing Department, Istanbul

ÖZET Yeryüzünden üretilen killer, %70-75 oranında seramik endüstrisinde kulanılan temel hammaddelerin başında yer almaktadır. Kaolen yataklarında ana mineral kaolinit ile beraber yukarıda belirtilmekte olan ekonomik değer belirleyen kıstasları olumsuz yönde etkileyen kuvars, muskovit, limonit, anatas, illit, alünit bazı organik maddeler gibi safsızlığı etkileyen mineraller bulunmaktadır. Alünit, kil kalitesini etkileyecek minerallerin başında gelmektedir. Alünit minerali $KAI_3(SO_4)_2(OH)_6$ formunda bir sulu potasyum alüminyum silikattır ve bu mineral kil içerisinde bulunan sülfit oranını arttırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Balıkesir ili Düvertepe bölgesine ait alünitli kaolen numunesindeki alünitten gelen sülfitı (%2.22) kabul edilebilir bir seviyeye (%0.5) farklı tip ve miktarda kollektörler kullanılarak en verimli ayırma koşulunu oluşturmaktır.

Yapılan deneyler ve elde edilen kimyasal analizler göz önüne alındığı zaman 53 mikron altı malzeme için en verimli ayırmanın sodyum oleat cinsi kollektör ile 500 g/ton miktarında olduğu gözlemlenmiştir. Bu deney sonucunda SO_4 içeriği %2,22'den %0.76' ya indirgendiği görülmektedir.

Anahtar Kelime: kaolen, alünit, kil, flotasyon

ABSTRACT The clays produced from the earth are at the top of the basic raw materials used in the ceramics industry by 70-75%. The main mineral kaolinite in kaolin deposits has minerals that affect the impurity such as quartz, muscovite, limonite, anatase, illite, alunite and some organic matter which negatively affect the above mentioned economic value criteria. Alunite is one of the minerals that will affect clay quality. The alunite mineral is an aqueous potassium aluminum silicate in KAI3(SO4)2(OH)6 form, which increases the sulfide content in the mineral clay.

Within the scope of this study, sulfite (2.22%) from the alunite in the alunite kaolin sample of the Düvertepe region of Balıkesir province is to create the most efficient separation condition using different types and amounts of collectors at an acceptable level (0.5%).

When the experiments and chemical analyzes were taken into consideration, it was observed that the most efficient separation for the material below 53 microns was in the amount of 500 g / ton with sodium oleate collector. As a result of this experiment, SO_4 content is reduced from 2,22% to 0.76%.

Keywords: kaolin, alunite, clay, flotation

1. GİRİŞ

Kaolen genel formülü $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$, ana minerali kaolenit olan sulu alüminyum yapılı bir mineraldir. Kaolenler feldspat içeren granitik veya volkanik kayaçların altere olması sonucu kaolenit minerallerinin oluşmasıyla meydana gelen yapılardır. Kaolenin yoğunluğu 2,62 g/cm3 ve sertliği 1,5-2 arasındadır. Kaolenin genel olarak ideal kimyasal içeriği şu şekildedir : SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO, K_2O, Na_2O. Kaolenlerin minerolofik, fiziksel ve kimyasal sınıflandırılmasında bu kimyasal içerik miktarları önemli rol oynamaktadır. İdeal bileşiminde %46,5 SiO_2; %39,5 Al_2O_3 ve %14 H_2O bulunmaktadır.(Ece ve Yüce, 1999)

Kaolenlerin seramik endüstrisinde temel hammadde olarak kullanılmasındaki ana sebepler suda dağılması, plastik olması, pişme küçülmesinin az olması, pişme renginin beyaz olması şeklinde sıralanabilir. Bu sıralanan özellikler kaolenin kalitesini belirleyen elzem parametrelerdir, fakat kaolenin safsızlığını bozan kalon yapısında kalolenit mineraline ek bazı mineraller (kuvars, muskovit, limonit, anatas, illit) vardır(Ece ve Yüce, 1999). Alünit bu minerallerden biridir. Alünit içeren hammaddeler yüksek sıcaklıkta pişmesi sırasında gaz çıkışı ve alkali sulfat buharlaşması olması sebebiyle, sinterleşme tamamlanmamakta ve gaz çıkışı ile seramik yapısında çatlamalar meydana getirmektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Yöntem

Balıkesir-Düvertepe yöresine ait kaolenler yatakları bilinen en büyük hidrotermal kökenli kaolen yatakllarıdır ve burada bulana kaolenler alünit mineralini de yanında bulundurmaktadır. (Ekinci, 2009). Bu bölgeden temin edilen yaklaşık 100 kg numune konileme dörtleme yöntemiyle homojen bir şekilde 25 kilogramı ayrıldı ve çalışmalar ayrılan 25 kg üzerinden devam edildi. Elde edilen 25 kg'lik numune ilk olarak 2 mm'lik elekten elendi. Elek üstünde kalan malzeme merdaneli kırıcıyla 2 mm altına kırıldı. Elek altına geçen malzeme ve merdaneli kırıcı yardımıyla 2 mm altına altına kırılan malzeme homojen bir şekilde birleştirildi. Daha sonra flotasyona başlamak üzere seramik değirmenlerde İlk olarak 500 gr numune %65 pülpte katı oranı ve değirmen hacminin %40'ı kadar bilya ile dolu olacak şekilde, 30 dk 'lık öğütmelerle 53 mikron altına ve 5 dk+ 5 dk + 5 dk şeklinde üç kademede toplam 15 dk yapılan öğütmelerle 100 mikron altına kontrollü bir şekilde boyut küçültme işlemi gerçekleştirilmiştir. Flotasyona numune hazırlaması amacıyla altı adet yapılan öğütme sonrası flotasyon deneylerine başlanmıştır. Flotasyon deneylerinde değişen parametreler kollektör cinci ve kollektör miktarı olmuştur.

2.2. Numunenin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

2.2.1. Kimyasal Özellikler

Deneysel çalışmalara başlamadan önce Kale Maden AR-GE Merkezi tarafından tüvenan cevhere XRF analiz yöntemi ile kimyasal içerik miktarlarına ulaşıldı. Yapılan analiz sonucu %64,54 SiO_2, %21,98 Al_2O_3, %0,28 TiO_2, %033 Fe_2O_3, %0,07 CaO, %2,22 SO_4 ve eser miktarda Na_2O bileşimine sahio olduğu saptanmıştır. Tüvenan cevherin XRF analiz sonuçları Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Alunitli kaolen cevheri XRF analiz sonuçları

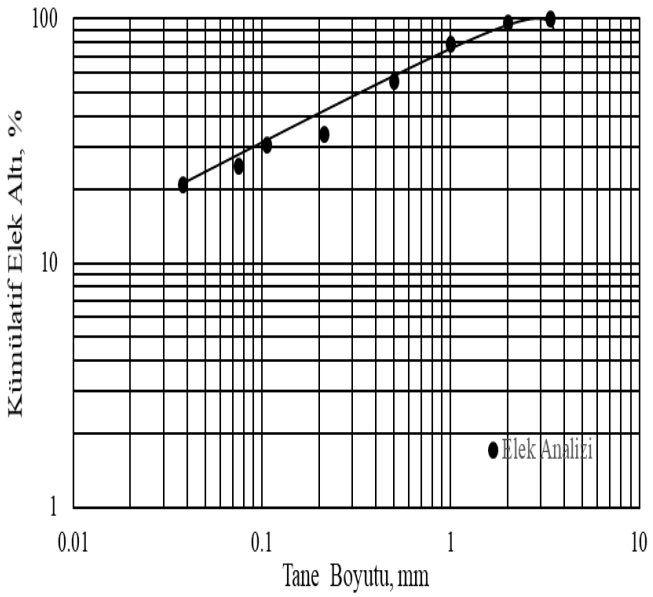
Kimyasal İçerik	**Bileşim, %**
SiO_2	64.54
Al_2O_3	21.98
TiO_2	0.28
Fe_2O_3	0.33
CaO	0.07
MgO	ESER
NaO	0.07
K_2O	0.87
SO_4	2.22
K.K.	11.54

2.2.2. Fiziksel Özellikler

Tüvenan cevherin boyut dağılımı tespiti için ilk olarak 100 kg ağırlığındaki cevher konileme dörtleme adı verilen numune alma yöntemi ile homojen bir şekilde 25 kg olarak ayrılmıştır. Elde edilen 25 kg temsili numune merdaneli kırıcıya beslenerek boyutu 2 mm altına indirilmiştir. Tablo.2 'de kırma sonrası -2 mm altına indirilen malzemenin elek analiz değerlerini , Çizelge 2.2'de ise boyut dağılım eğrisini verilmektedir.

Çizelge 2.2. Elek analizi sonucu.

Boyut Aralığı (mm)	**MİKTAR**		
	%	**%∑ Elek Üstü**	**%∑Elek Altı**
+2	2.53	2.53	100.00
-2+1	17.89	20.42	97.47
-1+0.5	23.79	44.21	79.58
-0.5+0.212	22.11	66.32	55.79
-0.212+0.106	2.95	69.26	33.68
-0.106+0.075	5.68	74.95	30.74
-0.075+0.038	4.00	78.95	25.05
-0.038	21.05	100.00	21.05
Toplam	100.00		



Şekil 2.1. Parça boyut dağılım eğrisi.

3. YÖNTEM

Kullanılan malzemede alünitten gelen sülfatın gideilmesi için flotasyon yöntemi seçilmiştir.Flotasyona uygun boyutu hazırlamak için seramik değirmen ve seramik bilya seçimi uygun bulunmuş. İlk olarak 500 gr numunemiz %65 pülpte katı oranı ve değirmen hacminin %40'ı dolu olacak şekilde eklenen bilyalar ile birlik 20dk öğütme yapıldı, öğütme sonrası 75 mikron açıklıklı elek ile boyut kontrolü yapıldıktan sonra elek üstünde kalan malzeme tekrar 20 dk öğütüldü. Aynı işlemler 10dk+10dk şeklinde iki öğütme ve 30 dk 'lık öğütmelerle optimumu öğütme koşulu 30 dk numune öğütülmesine karar verildi. Bu deneyler böyunca değişken parametremiz kollektör miktarı ve kollektör cinsi olmuştur. . Toplamda altı adeet flotasyon deneyi yapıldı. İlk üç flotasyon deneyinde 125 g/ton, 250 g/ton ve 500 g/ton miktarlarında %1 derişimli sodyum oleat cinsi kollektör ile flotasyon gerçekleşti. Diğer üç deneyde ise aynı miktarlarda 125 g/ton, 250 g/ton ve 500 g/ton Aero 845- N cinsi %1 derişimli kollektör ile deneyler gerçekleştirildi.

4. SONUÇLAR

Çizelge 4.1. Alunitli Kaolen Cevheri XRD Analiz Sonuçları

Kimyasal İçerik	**Bileşim, %**
SiO_2	64.54
Al_2O_3	21.98
TiO_2	0.28
Fe_2O_3	0.33
CaO	0.07
MgO	ESER
NaO	0.07
K_2O	0.87
SO_4	2.22
K.K.	11.54

Çizelge 4.2. 53 mikron altı numune için NA-Ol miktarına bağlı SO_3 içeriği

DENEY	Tane Boyutu	Na-Ol Miktarı (g/ton)	MIBC Miktarı (g/ton)	SO3 İçeriği (%)
Flotasyon 1	-53 mikron	1250	0	1.31
Flotasyon 2	-53 mikron	2500	0	0.76
Flotasyon 3	-53 mikron	625	60	1.24

Sodyum oleat miktarının SO3 içeriğine olan etkisini incelemek için flotasyon1-2 ve 3 no'lu deneyler incelenmiştir. Sodyum oleat miktarının en fazla kullanıldığı (500 g/ton) flotasyon-2, SO3 miktarı en düşük olan flotasyon olduğu görülmüştür. Bu çizelgedan yola çıkarak Sodyum Oleat miktarı arttıkça kaolen yapısındaki SO3 miktarının azaldığı sonucuna varılabilmektedir. Şekil 4.2 'de NA-Ol miktarına bağlı SO3 içeriği gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. 53 mikron altı numune için Aero 845-N miktarına bağlı SO3 içeriği

DENEY	Tane Boyutu	Aero 845-N (g/ton)	MIBC Miktarı (g/ton)	SO3 İçeriği (%)
Flotasyon-4	-53 mikron	1250	30	1,17
Flotasyon-5	-53 mikron	2500	30	1,36
Flotasyon-6	-53 mikron	625	70	1,86

Yapılan deneyler ve elde edilen kimyasal analizler göz önüne alındığı zaman 53 mikron altı malzeme için en verimli ayırmanın sodyum oleat cinsi kollektörle 500 g/ton miktarında olduğu gözlemlenmiştir. Bu deney sonucunda SO4 içeriği %2,22'den %0.76' ya indirgendiği görülmektedir.

Çizelge 4.3'te Aero 845-N miktarına bağlı SO3 içeriği gösterilmektedir.

KAYNAKLAR

Ekinci, B. (2009). Düvertepe-Şapçı (Sındırgı,Balıkesir) Bölgeleri Kaolen (+/-Alunit) Oluşumlarının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ece, I. ve Yüce, A.E. (1999) Kaolin, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri, 77-83.

Bozüyük Kilinden Seramik Endüstrisine Uygun Hammadde Üretim Olanaklarının Araştırılması

Investigation of Raw Material Production for Ceramic Industry from Bozüyük Clay

E. Doğan, O. Güven, H. Ateşok

İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bu çalışma kapsamında, seramik endüstrisinde hammadde olarak kullanılacak Bozüyük bölgesine ait kil cevheri üzerinde seri mekanik karıştırma uygulanmış, Mozley hidrosiklonu ve Falcon konsantratör ile zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Mekanik karıştırma deneylerinde, sonraki zenginleştirme deneyleri için optimum karıştırma süresi, karıştırma hızı ve pülpte katı oranı tespit edilmiştir. Dağıtılan malzeme 0,5 mm'lik elekten elendikten sonra hidrosiklona beslenerek sabit basınç altında optimum koşulu sağlayan apex çapı değerleri ve Falcon'a beslenerek optimum koşulu sağlayan G kuvvetleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmaların amacı silis içeriği yüksek olan ve ince boyutta kömür dağılımları görülen kil cevherinden kömürü uzaklaştırıp silis içeriğini düşürerek seramik endüstrisinde kullanılabilir nitelikte bir kil konsantresi elde etmektir. Deneysel çalışmalar sonucunda mekanik karıştırma deneylerinde optimum karıştırma süresi 5 dk, karıştırma hızı 1100 devir/dk, pülpte katı oranı ise %60 olarak belirlenmiştir. Hidrosiklon deneyleri sonucunda %61,20 SiO_2, %24,25 Al_2O_3, %2,61 Fe_2O_3 ve %0,96 C içeren, Falcon konsantratör deneyleri sonucunda ise %48,21 SiO_2, %32,70 Al_2O_3 , %2,34 Fe_2O_3 ve %0,94 C içeren kil konsantresi elde edilmiştir.

ABSTRACT In this study, attrition scrubbing was applied on the clay ore of the Bozüyük region to be used as raw material in the ceramic industry, and enrichment experiments were carried out with Mozley hydrocyclone and Falcon concentrator. In attrition scrubbing experiments, the optimum scrubbing time, scrubbing speed and the solids ratio in the pulp were determined for subsequent enrichment experiments. After scrubbing, the material was screened through a 0.5 mm screen, and in order to find the optimum apex diameter value, a series of hydrocyclone tests were carried out under constant pressure and Falcon concentrator tests were performed under different G forces for determining the optimum centrifugal force on separation. According to the results of the experimental studies, while the optimum scrubbing time was found as 5 minutes, the scrubbing speed as 1100 rev/min and the solid ratio of the pulp was found as 60% in the attrition scrubbing experiments. Following the attrition scrubbing tests, the results of hydrocyclone experiments showed that a clay concentrate with 61,20% SiO_2, 24,25% Al_2O_3 and 2,61% Fe_2O_3 content was obtained. And as a result of the Falcon concentrator experiments, a clay concentrate with 48,21% SiO_2, 32,70% Al_2O_3 and 2,34% Fe_2O_3 was obtained.

1 GİRİŞ

Seramik üretiminde hammadde olarak kullanılan killerin, zenginleştirilerek üretim koşullarına uygun hale getirilmesi elde edilecek ürünlerin kalitesi açısından büyük önem teşkil etmektedir. Kilin fiziksel, kimyasal, mineralojik özelliklerine göre uygun zenginleştirme yöntemi belirlenerek malzeme endüstride istenilen içeriğe getirilebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında silis içeriği yüksek olan ve ince boyutta kömür dağılımları görülen kil cevherinden kömürü uzaklaştırıp silis içeriğini düşürerek seramik endüstrisinde kullanılabilir nitelikte bir kil konsantresi elde

etmek amaçlanmıştır. Safsızlıkların kil cevherinin bünyesinden uzaklaştırılması için ise bir dizi mekanik karıştırma, hidrosiklon ve falcon gravite ayırıcısı ile zenginleştirme deneyleri yapılmıştır.

Yapılan deneylerde optimum koşullar belirlenerek en iyi seramik kalitesini sağlayacak ürün elde edilmeye çalışılmış ve deneyler sonucunda elde edilen verilerle hidrosiklon ve falcon gravite ayırıcısının kullanılabilirliği belirlenmiştir.

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bitirme ödevi kapsamında Bilecik-Bozüyük bölgesine ait kil numunesinin seramik endüstrisinde kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla, kil numunesinin özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra, farklı şartlarda dağıtma, boyuta göre sınıflandırma ve zenginleştirilmesi doğrultusunda deneysel çalışmalar yapılmıştır.

2.1 Malzeme ve Yöntem

İ.T.Ü. Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'ne getirilen ve yaklaşık 40 mm altı boyutta olan kil numunesi tamamı 9 mm altına indirilecek şekilde önce çeneli kırıcıda daha sonra konili kırıcıda kırılmış ve malzeme konileme dörtleme yöntemiyle harmanlanarak deneysel çalışmalara uygun hale getirilmiştir. Konili kırıcıda kırma işlemi sonrasında temsili numune alınarak elek analizi yapılmış ve boyut dağılımı belirlenmiştir. Ayrıca deneysel çalışmalarda kullanılacak numunenin kimyasal ve mineralojik özellikleri XRF (X-Ray Florasans) ve XRD (X-Ray Difraksiyon) yöntemleriyle belirlenmiştir.

2.1.1 Numunenin Kimyasal Özellikleri

Numunenin kimyasal özellikleri XRF cihazıyla belirlenmiştir. Bu analizlere ait sonuçlar Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Numunenin kimyasal analizi

Bileşim	**%**
SiO_2	68,57
Al_2O_3	17,1
Fe_2O_3	2,91
TiO_2	0,71
CaO	0,65
MgO	0,6
K_2O	1,2
C	1,34
K.K.	6,84

2.1.2 Numunenin Fiziksel Özellikleri

Tamamı 9 mm altına konili kırıcıyla indirilen numunenin boyut dağılımı elek analizi ile belirlenmiş olup, boyut dağılımına ait veriler Tablo 2.2'de gösterilmektedir.

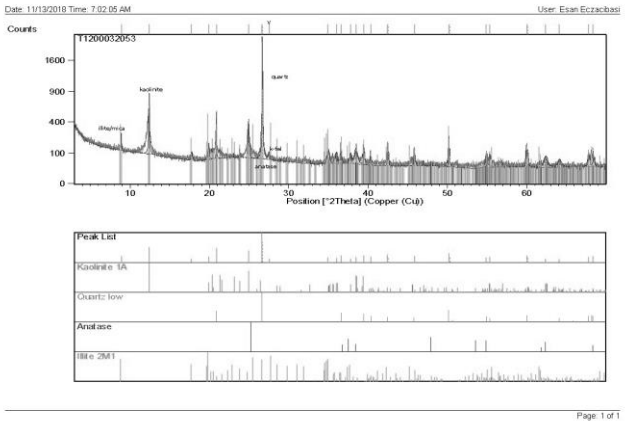
Tablo 2.2. Konili kırıcı çıkışı boyut dağılımı

Boyut Aralığı, mm	Miktar, %	Toplam E.A Miktarı, %
-9+6	0,9	100,0
-6+3,36	2,3	99,1
-3,36+2	2,6	96,8
-2+1	3,1	94,2
-1+0,5	7,5	91,0
-0,5+0,3	5,8	83,6
-0,3+0,212	5,3	77,7
-0,212+0,106	6,6	72,5
-0,106+0,074	3,5	65,9
-0,074+0,053	4,5	62,4
-0,053+0,038	1,0	57,9
-0,038	56,9	56,9
Toplam	100,0	

Tablo 2.2'de gösterildiği üzere numunenin önemli bir kısmı 0,038 mm altında yer almaktadır. Ayrıca malzemenin d_{80} boyutu yaklaşık 0,3 mm iken, d_{50} boyutu ise 0,038 mm'nin altındadır.

2.1.3 Numunenin Mineralojik Özellikleri

Numunenin mineralojik özellikleri XRD analiziyle belirlenmiş olup, bu analizlere dair sonuçlar Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Numunenin XRD analizi sonuçları

Şekil 2.1'de gösterilmekte olan numune XRD analizi sonuçlarından anlaşılabileceği üzere çoğunlukla kaolen ve kuvarstan oluşmakta ancak bunların yanısıra anataz ve illit'te bulunmaktadır.

2.2 Mekanik Karıştırma Deneyleri

Mekanik karıştırma deneylerinde Wemco marka karıştırıcı ile öncelikle farklı sürelerde, sabit P.K.O. ve hızda deneyler gerçekleştirilmiştir. Devam eden deneylerde ise farklı hızın ve P.K.O.'nun etkisinin incelendiği çalışmalar yapılmıştır. Deneysel sonuçlar ışığında belirgin farklılıklar görülmediğinden optimum dağıtma koşulları olarak %60 P.K.O., 1100 rpm karıştırma hızı ve 5 dakika karıştırma süresi belirlenmiştir.

2.3 Hidrosiklon Deneyleri

Optimum şartlarda dağıtılan numune 0,5 mm'lik elekten elendikten sonra, yaklaşık %10 P.K.O.'da, sabit basınç (1 bar) altında ve farklı apeks çaplarında hidrosiklona beslenerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylere ait birleştirilmiş sonuçlar ise Tablo 5.8'de gösterilmektedir.

Tablo 5.8. Birleştirilmiş hidrosiklon deneyi sonuçları

Ürünler	Miktar, %	İçerik, %				Dağılım, %			
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	C	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	C
+0.5 mm	8,1	83,60	5,57	3,94	4,55	9,9	2,6	10,8	27,5
Silis Konsantresi	39,6	75,66	10,62	3,22	1,19	43,6	24,3	43,1	35,2
Kil Konsantresi	52,3	61,20	24,25	2,61	0,96	46,6	73,1	46,2	37,3
Toplam	100	68,74	17,34	2,96	1,34	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo 5.8'de gösterilen birleştirilmiş sonuçlardan da görülebileceği üzere farklı apeks çaplarında yapılan hidrosiklon deneylerinde, 75,66 % SiO_2 içerikli bir silis konsantresi, %61,20 SiO_2 ve %24,25 Al_2O_3 içerikli bir kil konsantresi elde edilebilmektedir. Nitekim bu ürünler C içerikleri açısından incelendiğinde C içeriğinin +0,5 mm'de en yüksek değerde olduğu, kil konsantresinde en düşük değerde olduğu görülmektedir. Bu durum kömürün iri boyut fraksiyonlarında daha yoğun dağıldığını göstermekte olup, ince boyutlarda daha az bulunmaktadır. Bu sonuçların ışığında ince boyutlarda daha yüksek merkezkaç kuvvetlerinin uygulanabildiği Falcon ayırıcısıyla deneyler yapılmış olup, bu deneye ait sonuçlar bir sonraki kısımda açıklanacaktır.

2.4 Falcon Konsantratör Deneyleri

Optimum şartlarda dağıtılan numune 0,5 mm'lik elekten elendikten sonra, farklı merkezkaç kuvvetleri uygulanarak optimum zenginleştirme koşulunu sağlayan G kuvveti belirlenmeye çalışılmıştır. Falcon gravite ayırıcısı bu deneylerde boyuta göre sınıflandırıcı olarak kullanılmış olup deneylere ait birleştirilmiş sonuçlar ise Tablo 5.10'da gösterilmektedir.

Tablo 5.10. Birleştirilmiş Falcon konsantratör deneyi sonuçları

Ürünler	Miktar, %	İçerik, %				Dağılım, %			
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	C	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	C
Kil Konsantresi	26,3	48,21	32,70	2,34	0,94	18,8	46,7	21,5	22,8
Ara Ürün	8,1	55,67	25,02	2,67	1,05	6,7	11,0	7,6	7,8
Silis Konsantresi	65,6	76,73	11,88	3,09	1,15	74,5	42,3	70,9	69,4
Toplam	100,0	67,52	18,42	2,86	1,09	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo 5.10'da gösterilen sonuçlardan da anlaşılabileceği üzere birbirine yakın yoğunluk değerlerine sahip kaolen ve kömür gibi içerikte olan tuvenan numunede, nispeten daha yüksek yoğunluğa sahip olan kuvars içerikli iri boyutlu tanelerin hücrede kaldığını, diğer yakın yoğunluklu ve ince boyutta yer alan numunelerin ise üst akımda kaldığına işaret etmektedir. Nitekim daha yüksek merkezkaç kuvvetleriyle yapılan deneylerde kuvars içeriğinin kademeli olarak düştüğünü, Al_2O_3 içeriğinin ise aynı oranda yükseldiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar diğer hidrosiklon deneylerinden elde edilen sonuçlarla paralel bir trend göstermekte olup, tane boyutu inceldikçe kaolen içeriğinin arttığını göstermektedir. Birleştirilmiş sonuçlardan da görülebileceği üzere Falcon konsantratörüyle yapılan deneysel çalışmalarda %48,21 SiO_2 ve %32,70 Al_2O_3 içerikli bir kil konsantresi üst akımdan kazanılabiliyor iken, %76,73 SiO_2 içerikli bir silis konsantresi alt akımdan kazanılabilmektedir. Ayrıca ince damarlar halinde bulunan kömürün uzaklaştırılmasına dair bir değerlendirme yapıldığında, hidrosiklon deneylerinde olduğu gibi iri boyutlarda daha yüksek C içeriği ve dağılımı olmasına karşın, kil konsantresi adı verilen en ince fraksiyonda %0,94 oranında C yer almaktadır.

3 SONUÇLAR

Bozüyük kilinden seramik endüstrisine uygun hammadde üretimine yönelik yapılan çalışmada aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir;

1) Tuvenan cevherin kimyasal analizi sonucunda silis içeriğinin yüksek olduğundan seramik endüstrisinde kullanılamayacağı anlaşılmıştır.

2) Tuvenan cevherin yapılan elek analiz sonucunda d80 boyutunun yaklaşık 0,3 mm iken, d50 boyutunun ise 0,038 mm'nin altında olduğu belirlenmiştir.

3) Tuvenan cevherin yapılan mineralojik analiz sonucunda çoğunlukla kaolinit ve kuvarstan oluştuğu ve bunların yanında anataz ve illitin de bulunduğu görülmektedir.

4) Mekanik karıştırma deneyleri sonucunda optimum deney koşullarının %60 P.K.O.,1100 rpm karıştırma hızı ve 5 dk karıştırma süresi olduğu tespit edilmiştir.

5) Mekanik karıştırmadan sonra kuvarsın 0.5 mm üstünde kaldığı ve kilin önemli bir bölümünün 0,038 mm'nin altında olduğu belirlenmiştir.

6) Hidrosiklon deneyleri sonucunda %61,20 SiO_2, %24,25 Al_2O_3 ve %2,61 Fe_2O_3 içeren kil konsantresi ve %75,66 SiO_2, %10,62 Al_2O_3 ve %3,22 Fe_2O_3 içeren silis konsantresi elde edilmiştir.

7) Falcon konsantratör deneyleri sonucunda %48,21 SiO_2, %32,70 Al_2O_3 ve %2,34 Fe_2O_3 içeren kil konsantresi ve %76,73 SiO_2, %11,88 Al_2O_3 ve %3,09 Fe_2O_3 içeren silis konsantresi elde edilmiştir.

8) Hidrosiklon deneyleri sonucunda ince boyutlarda karbon içeriğinin azaldığı ancak Falcon deneyleri sonucunda karbon oranında önemli bir değişmenin olmadığı tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bitirme çalışmasının gerçekleşmesine olanak sağlayan bölüm başkanım Sn. Prof. Dr. Gülay Bulut'a, bilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Sn. Prof. Dr. Hayrünnisa Ateşok'a, deney çalışmalarında ve tez yazımında bana çok büyük katkıları olan yardımcı danışmanım Sn. Dr. Onur Güven'e çok teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yapılması için imkan sağlayan Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi Ve Ticaret A.Ş.'ye, numune ve analiz desteği sağlayan başta Sn. Sena Zeynep Kutlu ve Sn. Dr. Hüseyin Baştürkcü olmak üzere tüm ESAN Ar-Ge yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca bana katkı sağlayan tüm Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine ve maddi, manevi bana her türlü destek çıkan aileme sonsuz teşekkür ederim.

50 Ton/Saat Kapasiteli Kromit Zenginleştirme Tesisi Tasarımı ve Ön Fizibilitenin Hazırlanması

Design of 50 Tons/Hour Capacity Chromite Enrichment Plant and Preparation of Pre-Feasibility

F. A. Korkut, A. Güney
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Bitirme projesi kapsamında Sivas Bölgesi krom cevherinin zenginleştirilmesine yönelik 50 ton/saat kapasiteli bir tesisin proses akım şeması, tesis tasarımı, makine ve ekipman seçimi, tesis kat ve plan kesitlerinin çizimi yapılmıştır. Daha önce yapılmış olan deney sonuçlarından alınan bilgiler doğrultusunda proses akım şeması oluşturulmuş ve buna bağlı olarak katı-su dengesi hazırlanmıştır. Proses tasarımında belirlenen kriterlere uygun olarak da tesis tasarımı yapılmıştır. Makine ve ekipman seçimi; kapasite, boyut ve güç hesapları dikkate alınarak seçilmiştir. Eğimli bir arazi üzerine kurulacak tesisin yerleşimleri yapılmış, kat ve plan görünümleri belirlenen ölçekte iki boyutta çizilmiştir. Son olarak maliyet değerlendirme kapsamında yatırım maliyetleri, satış durumu ve iç kararlılık durumu incelemeleri tamamlanmıştır.
Anahtar kelimeler: Kromit, maliyet, tesis tasarımı

ABSTRACT Within the scope of the graduation project, the process flow diagram, facility design, machine and equipment selection, facility section plan of a 50 ton / hour capacity plant for Sivas chromite ores. In accordance with the information obtained from the test results, a process flow diagram was formed and the solid-water balance was prepared accordingly. Plant design was made in accordance with the criteria determined in the process design. Machine and equipment selection; capacity, size and power calculations. The settlements of the facility to be built on a sloping land were made and the floor and plan views were drawn in two dimensions on the scale. Finally, within the scope of cost evaluation, investment costs, sales status, Internal Rate and Net Present Value were completed.
Keywords: Chromite, cost, plant design

1 GENERAL INFORMATION

From past to present, mining has always been one of the most important sectors in the development and formation of humanity and in the development of a country. While coal and iron have played an important role in the development since the industrial revolution, many mines such as copper, gold and silver have been seen to play an important role throughout the history. One of the most important ores in the mining activities is the chromite. Chromium is widely used in the metallurgical industry, refractory industry and chemical.

The atomic number is 24, the specific gravity is 4.1-4.9 gr/cm^3, the hardness is 5.5 and the color of the chromite is brown and the color is bright black. The melting temperature is 1907 ° C, the boiling temperature is 2671 ° C. Chrome is very resistant to air, does not deteriorate in moist weather, stainless. It is a preferred element due to its durability and gloss. Chromite mineral is separated according to chromium content;

• Metallurgical chrome ore (High chromium ore)

• Chemical chrome ore (High iron ore)

• Refractory chrome ore (High Aluminum ore)

2 INVESTIGATION OF EXPERIMENTAL STUDIES

2.1 Pre-Enrichment Experiments

The chemical analysis, mineralogical analysis, dimension analysis and liberalization study of the ore obtained from the area in the Sivas region of Dost Madencilik A.Ş. have been examined from the report.

The chemical analysis, mineralogical analysis, dimension analysis and liberalization study of the ore obtained from the area in the Sivas region of Dost Madencilik A.Ş. have been examined from the report.

In chemical analysis; the content of Cr_2O_3 content was %14,96, FeO content was %6,70, SiO_2 content was 27,43, MgO content was 27.15, was calculated as. It was found that the ratio of run of mine material (Cr/Fe) was calculated as 1.9,

In the mineralogical analysis, chromite, olivine, pyroxene, serpentine and small amounts of magnesite minerals were found in the ore composition.

In the liberalization meat, 80% chromite release size of the material which is completely crushing under 1 mm is 0.33 mm, while 80% of the gangue minerals has a freeing size of 0.51 mm.

It was observed that bond work index was calculated as 10.77 kwh/t for dry milling and 8.29 kwh/t for wet milling.

In the Annex-A, the chemical analysis table, size distribution tables and the graph of the grain release study are given.

2.2 Enrichment Experiments

For the enrichment of the ore, the results of the project were prepared and the results of the shaking table and shaking table + MGS tests were prepared in two size groups below 1.0 mm and all below 0.5 mm.

As a result of the combined results of the shaking table test performed with less than 1.0 mm sample, the concentrate production was achieved with a ratio of %57,8 with a content of %50,41 Cr_2O_3. The tailing was determined as %3,98 Cr_2O_3.

As a result of the combined results of the shaking table test performed with a sample of less than 0.5 mm, the concentrate production was achieved with a ratio of %49,41 Cr_2O_3 and with a yield ratio of %74,6. The tailing was determined %3,11 Cr_2O_3 .

According to the combined results of the enrichment experiment using the shaking table + MGS, it was determined that the concentrate production was carried out at a rate of 75.4% with a content of 49,41% Cr_2O_3 , while the tailing was removed in the content of 3,13% Cr_2O_3.

As a result of the experiments, the difference between 1.0 mm and 0.5 mm of concentrate was found to be %4.4.

3 PROCESS DESIGN

Based on the results of this analysis, solid fluid balances and flow diagrams of the crushing, grinding and enrichment circuits were prepared and the plant design was prepared.

4 PLANT DESIGN

In the process design, the calculations of each circuit have been made for the selection of machinery and equipment of the facility where solid-liquid balance is established. As a result of these calculations, the dimensions and power balances of the machines were determined.

4.1 Crushing Circuit

It has been deemed appropriate to feed 2-stage crusher to reduce the ore having a size of 300 mm to less than 18 mm. Jaw crusher at the first stage and cone crusher at the second stage were applied. The dimensions of the machines are determined.

4.1 Grinding Circuit

It was decided to perform closed-circuit milling to ensure precise size distribution before the enrichment cycle. A rod mill was used in this grinding.

4.2 Enrichment Circuit

For the enrichment circuit, chrome is beneficiated by shaking table by using the specific gravity difference. -1 + 0,5 mm, -0,5 + 0,3 mm, and -0,3 + 0,038 mm size groups were obtained. Material below 0,038 mm was determined as slurry.

5 CONCLUSIONS

As a result of the enrichment experiments, 24.2% of the entrants, 50.41% Cr_2O_3 content concentrate can be obtained in 78.7% yield. 396,000 tons of ore are processed annually in this facility. Accordingly, the choice of machinery and equipment is economically efficient. The prices and prices of the specified equipment were taken from various companies. Pre-feasibility study was performed.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam, sabırla ve büyük bir ilgiyle desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli bitirme hocam Prof. Dr. Ali Güney'e, bölüm başkanımız Prof. Dr. Gülay Bulut'a ve üzerimde emeği olan bütün hocalarıma sonsuz teşekkür ediyorum. Eğitim ve öğretim hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve dik durmamı sağlayan babam Hüseyin Korkut ve annem Berra Güdükoğlu'na, sadece eğitim değil tecrübe kazanmam konusunda da her zaman yol gösteren ağabeyim Arda Korkut ve dayım Taner Güdükoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim. Üniversite hayatım boyunca her türlü desteği gösteren Arş. Gör. Zeynep Yeşilyurt'a değerli arkadaşlarım Sultan Göçer, Selin Hayte, Aslınur Kaleağası, Samet Yılmaz ve bitirme çalışmam boyunca fiilen ve manevi olarak bana destek veren arkadaşlarım Tayhan Serdengeçti, Emre Koyuncu, Dilara Taşdelen, Alper Umut Tosun, Doğukan Özaydın, Hakan Ceritoğlu'na çok teşekkür ederim.

REFERENCES

Güney, A., 1990. Etibank Üçköprü Krom Zenginleştirme Tesisi Atıklarından Küçük Boyutlu Kromitin Zenginleştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Güney, A., 2018. "Cevher Hazırlama Tesis Tasarımı Ders Notları", Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İTÜ Maden Fakültesi

Güney, A., 2011. "Dost A.Ş. Sivas Krom Cevherlerinin Zenginleştirilmesi ve Akım Şemasının oluşturulması", İTÜ Rapor s. 1-30

Özdirek, Y., 2017. Türkiye Madenciler Derneği Krom Çalıştayı, s. 6-8

Kıdıman, F.B., 2009. "Düşük Tenörlü Krom Cevherlerinin Zebginleştirilmesinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Reilly, J., 2019 "U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2019" s.51

Tahtakıran, E., 2007 Kromit, Ferrokrom ve Paslanmaz Çelik Sektörlerine Genel Bir Bakış , Madencilik Bülteni, Haziran, s. 44-47.

Tahtakıran, E., 2008 Kromit, Ferrokrom ve Paslanmaz Çelik Sektörlerine Genel Bir Bakış , Madencilik Bülteni, Haziran, s. 55.

DPT, (2007), "9. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Ö.İ.K. Raporu", Yayın no: DPT:2739-ÖİK:690, s.15-17, Ankara

ESAN HALLOYSİT CEVHERLERİNDEN DEMİR UZAKLAŞTIRILMASI

Removal of Iron from ESAN Halloysite Ores

H. Işıldar, Z. Yeşilyurt, H. Ateşok.

İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Ülkemizde, yatağından çıkarıldığı gibi ekonomik ve teknolojik değer ihtiva eden silikatlar az miktarda olduğu için; büyük rezervli, içerisinde birçok silikat minerallerini ve renk verici mineralleri barındıran cevher yatakları, teknolojik standart ve kalitede hammadde eldesi için uygun zenginleştirme süreçlerinden geçirilmelidir. Endüstriyel minerallerden en uygun yöntem ile demir uzaklaştırılması, cevherde bulunan demirin dağılımına ve cevherin mineralojik özelliklerine bağlı olarak seçilir. Manyetik ayırma, flotasyon gibi sırasıyla fiziksel ve fizikokimyasal yöntemler ile ve uygun reaktif kullanımıyla demir bileşiklerini çözmeyi amaçlayan kimyasal yöntemlerle minerallerin demir içerikleri azaltılabilir.

Bu çalışmada, Esan Eczacıbaşı'ya ait ruhsatlı sahada bulunan ve satışı mümkün olmayan pirit ve limonit içerikli halloysit cevherlerinden demir içerikli safsızlıkların uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda; mekanik dağıtma, boyuta göre sınıflandırma, limonit içerikli numunelere manyetik ayırma ve liç işlemleri, pirit içerikli numunelere flotasyon işlemi uygulanmıştır. Belirtilen amaç ve yöntemler doğrultusunda; demir içeriği maksimum oranda düşürülürken bu işlemler sırasında nanotüplerin kırılmadan kalmasının sağlanacağı bir proses geliştirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Halloysit, Manyetik Ayırma, Liç, Flotasyon, Demir.

ABSTRACT In our country, because of the small amount of silicates which contain economic and technological value as it is extracted from the bed, ore deposits containing large silicate minerals and coloring minerals should be subjected to appropriate enrichment processes in order to obtain technological standard and quality raw materials. The iron content of the minerals can be reduced by physical and physicochemical methods such as magnetic separation and flotation, and by chemical methods which aim to dissolve iron compounds by using appropriate reagent, respectively. In this study, it was aimed to remove iron - containing impurities from halloysite ore of pyrite and limonite which are not available for sale in the licensed site of Esan Eczacıbaşı. In this context; mechanical distribution, classification according to size, magnetic separation and leaching processes for samples containing limonite, flotation process on pyrite containing samples were applied. In line with the stated purposes and methods; While the iron content was reduced to a maximum, a process was developed in order to ensure that the nanotubes remained unbroken during these processes.

1. GİRİŞ

Halloysit ilk olarak son derece ince taneli, beyaz-ten ve yer yer mavimsi ya da yeşilimsi renkli killi yığınlar halinde, topraklı ve biraz balmumu görünümlü olarak bulunmuştur. (Mindat.org, "Halloysite"). Killer çok eski zamanlardan belli kullanılıyor olmalarına rağmen yapıları yakın zamanda aydınlatılmaya başlanmıştır. Killerin yapılarını açıklığa kavuşturma amacı ile yapılan ilk çalışmalar kimyasal analizler olmuştur. Killerin yapıları üzerine çeşitli araştırmalar yapılmış ve fikirler öne sürülmeye devam etmiştir. Killerin yapıları, ancak killerin mineral kavramı altında incelenmesi ile mümkün olmuştur. (Koroğlu,2007). Bu çalışmada, Esan Eczacıbaşı'ya ait ruhsatlı sahada bulunan ve satışı mümkün olmayan pirit ve limonit içerikli halloysit cevherlerinden demir içerikli safsızlıkların uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda; mekanik dağıtma, boyuta göre sınıflandırma, limonit içerikli numunelere manyetik ayırma ve liç işlemleri, pirit içerikli numunelere flotasyon işlemi uygulanmıştır. Belirtilen amaç ve yöntemler doğrultusunda; demir içeriği maksimum oranda düşürülürken bu işlemler sırasında nanotüplerin kırılmadan kalmasının sağlanacağı bir proses geliştirilmeye çalışılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Numuneler 1986 yılından itibaren bilinen bir halloysit ocağı olan ESAN Bandırma- Turplu Ocağı'ndan temin edilmiştir. Halloysit cevheri madencilik faaliyetleriyle çıkarıldıktan sonra triyaj ile ayıklama yapılarak ham cevher olarak ESAN Tuzla Merkez Laboratuvarına ulaşmıştır. Tez çalışması kapsamında deneysel çalışmalar piritli cevher ve limonitli cevher olmak üzere iki ana başlıkta incelenmiştir. Esan Eczacıbaşı A.Ş tarafından Bandırma Turplu Ocağı'nda üretilmekte olan Halloysit cevherinden alınan numunelerin öncelikle özellikleri belirlenmiş ve bu cevherlerdeki demir içeriğinin düşürülmesi amacıyla; mekanik dağıtma + boyuta göre sınıflandırma, limonit içerikli numunelere manyetik ayırma ve liç işlemleri, pirit içerikli numunelere ise flotasyon işlemi uygulanmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Limonitli Halloysit Cevher Numunesi Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Limonitli halloysit cevheri olarak tanımlanan numunenin öncelikle, kimyasal, fiziksel ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra limonitli halloysit cevherinin demir içeriğini düşürebilmek amacıyla; mekanik dağıtma, mekanik ayırma, liç zenginleştirme deneyleri uygulanmıştır.

Tablo 3.1. Limonit İçerikli Halloysit Numunesinin Kimyasal Analiz Sonuçları.

Eleman	İçerik, %
SiO_2	43,82
Al_2O_3	37,57
Fe_2O_3	2,37
TiO_2	0,13
CaO	0,04
MgO	0,86
Na_2O	0,01
K_2O	0,21
C	0,12
S	0,10
Kızdırma Kaybı	14,94
Toplam	100,00

3.1.1. Mekanik Dağıtma Deneyleri

Numunelere mekanik karıştırıcıda, %60 pülpte katı oranında, 1000 rpm hızında 5, 10, 20 ve 30 dk sürelerde optimum karıştırma süresini tespit etmek amacıyla mekanik karıştırma deneyleri yapılmıştır. Dağıtmada herhangi bir kimyasala gerek duyulmamış, dağıtılan malzeme 500µm, 200µm, 100µm ve 45µm eleklerden elenerek fraksiyonlar ayrı ayrı analiz edilmek üzere 70˚C'lik etüvde kurutulmuş ve tartılmıştır. Dağıtma sonuçlarına göre; zenginleştirme öncesi yürütülen dağıtma deneylerinde; süre 20 dk

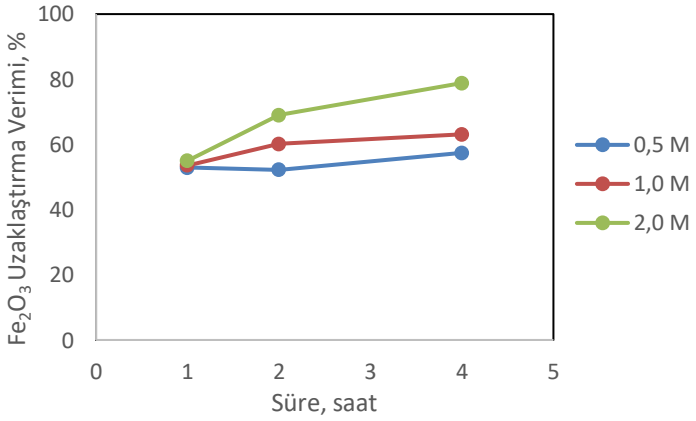
olarak seçilmiş ve +45µm boyutundaki malzeme öğütmeye tabi tutularak – 45µm boyutuna indirilmiştir.

3.1.2. Manyetik Ayırma

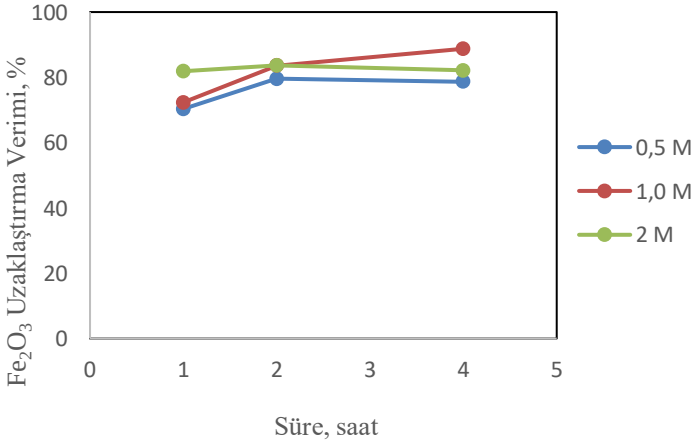
Manyetik ayırma deneyi, CARPCO yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıda kaçak miktarını azaltmak amacıyla sırasıyla 1, 3 ve 5 Amper'de gerçekleştirilmiştir. Manyetik olmayan ürünün demir içeriği bir miktar düşmekle birlikte, nihai ürün demir içeriği açısından yeterli değildir. Benzer doğrultuda düşünüldüğünde liç öncesi ön konsantre hedeflenmesi durumunda demirin yeterli bir oranda uzaklaştırıldığı düşünülmemektedir.

3.1.3. Liç Deneyleri

Boyutu, dağıtma sonrası öğütme ile 45µm'a indirilen limonit içerikli halloysit numunesine 0,5-1-2 M okzalik asit konsantrasyonlarında, 1/10 katı/sıvı oranında, 60°C ve 25°C sıcaklıklarda, 1-2-4 saat sürelerde liç deneyleri yapılmıştır.



Şekil 0.6. Okzalik Asit Liçi ile 25 °C'de Konsantrasyon ve Süreye Bağlı Fe_2O_3



Şekil 3.2. Okzalik Asit Liçi ile 60 °C'de Konsantrasyon ve Süreye Bağlı Fe_2O_3 Uzaklaştırma Verimleri.

3.2. Piritli Halloysit Cevher Numunesi Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Piritli halloysit cevheri olarak tanımlanan numunenin öncelikle, kimyasal, fiziksel ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra piritli halloysit cevherinin demir içeriğini düşürebilmek amacıyla; mekanik dağıtma ve flotasyon deneyleri uygulanmıştır.

Tablo 3.4. Pirit İçerikli Halloysit Numunesinin Kimyasal Analiz Sonuçları.

Eleman	İçerik, %
SiO_2	45,42
Al_2O_3	36,56
Fe_2O_3	1,35
TiO_2	0,12
CaO	0,08
MgO	0,43
Na_2O	0,01
K_2O	0,09
C	0,08
S	0,97
Kızdırma Kaybı	15,90
Toplam	100,00

3.2.1. Mekanik Dağıtma Deneyleri

Numunelere mekanik karıştırıcıda, %60 pülpte katı oranında, 1000 rpm hızında 5, 10, 20 ve 30 dk sürelerde optimum karıştırma süresini tespit etmek amacıyla mekanik karıştırma deneyleri yapılmıştır. Dağıtmada herhangi bir kimyasala gerek duyulmamış, dağıtılan malzeme 500µm, 200µm, 100µm ve 45µm eleklerden elenerek fraksiyonlar ayrı ayrı analiz edilmek üzere 70°C'lik etüvde kurutulmuş ve tartılmıştır. Dağıtma sonuçlarına göre; zenginleştirme öncesi yürütülen dağıtma deneylerinde; süre 20 dk olarak seçilmiş ve +45µm boyutundaki malzeme öğütmeye tabi tutularak – 45µm boyutuna indirilmiştir.

3.2.2. Flotasyon

Mekanik dağıtma ve öğütme işlemleri ile tamamı 45µ altına indirilen pirit içerikli

halloysit numunelerine, iki farklı kollektör kullanarak uygulanan flotasyon deneyleri ile piritin uzaklaştırılması hedeflenmiştir. Flotasyon deneylerinde kollektör reaktif olarak potasyum amil ksantat ve tomamin kullanılmıştır.

Tablo 3.5. Potasyum Amil Ksantat Kullanılarak Gerçekleştirilen Flotasyon Deneyi Sonuçları.

Ürünler	Miktar %	İçerik Fe %	Verim Fe %
Konsantre(Batan)	96,1	0,94	61,2
Artık(Yüzen)	3,9	14,66	38,8
Besleme	100,0	1,48	100,0

Tablo 3.6. Tomamin Kullanılarak Gerçekleştirilen Flotasyon Deneyi Sonuçları.

Ürünler	Miktar %	İçerik Fe %	Verim Fe %
Konsantre(Batan)	92,7	1,38	93,40
Artık(Yüzen)	7,3	1,24	6,60
Besleme	100,0	1,37	100,00

4. SONUÇLAR

Esan – Eczacıbaşı A.Ş. ye ait Bandırma bölgesi Halloysit cevherinin demir içeriğinin düşürülmesine yönelik gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonunda aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmıştır:

Dağıtma sonucu elek fraksiyonlarında demir içeriği açısından bir değişiklik olmadığı görülerek 20 dk dağıtma süresi esas alınmış, +45µm boyutunda kalan kısım öğütülerek tamamı 45µm altına indirilen cevher numunesi zenginleştirme deneylerinde kullanılmıştır.

Limonit içerikli halloysit cevheri yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma ve liç ile zenginleştirme işlemlerine tabi tutulmuştur. Manyetik ayırma sonucunda elde edilen manyetik olmayan ürünün demir içeriği açısından gerek ön konsantre gerekse nihai ürün olarak değerlendirilemeyeceği ön görülmüştür. Bu ürünün % 2.07 Fe_2O_3 içerdiği saptanmıştır.

Limonitli cevhere; 0,5 - 1 ve 2 M okzalik asit konsantrasyonu, 1/10 katı/sıvı oranı, 60°C ve 25°C sıcaklık ve 1 - 2 - 4 saat sürelerde liç deneyleri uygulanmıştır. 25°C'de yapılan liç deneylerinde demir uzaklaştırma veriminin %80'e ulaştığı görülmüş olup, liç kekinde Fe_2O_3 içeriğinin %1 mertebelerinde olduğu saptanmıştır. 60°C'de yapılan deneylerde ise demir çözünmesi süre artışına paralel olarak önce hızlanmış, sonra yavaşlamış en son durağana yakın hale gelmiştir. 2 M gibi yüksek asit konsantrasyonunda sürenin herhangi bir etkisi olmamıştır. En yüksek demir çözünmesine 60°C sıcaklıkta 1M konsantrasyonda ve 4 saat liç süresinde %88,8 verimle ulaşılmıştır. Liç keki %0,35 Fe_2O_3 içermektedir. 25°C sıcaklıkta çözünme süresi ve konsantrasyona bağlı olarak yapılan deneylerde demir uzaklaştırma çok az olmuş, ancak sıcaklık artırıldığında sonuç alınabilmiştir.

Bünyesinde pirit bulunduran halloysit cevherlerine uygulanan flotasyon deneylerinde, kollektör olarak potasyum amil ksantat kullanılan deneyde demir içeriğinin %61,2 verim ile %0,9'a düştüğü görülmüştür. Potasyum amil ksantata alternatif olarak tomamin kullanılan diğer flotasyon deneyinde ise herhangi bir zenginleşmenin gerçekleşmediği görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Maddi, manevi verdikleri tüm destekler için ESAN Eczacıbaşı A.Ş.'ye teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR

- **Koroğlu Ç., 2007**. Ağaçlı-Bolluca (İstanbul) Yöresi Seramik Killerinin Malzeme Özelliklerinin Araştırılması.
- Mindat.org, "Halloysite".

Esan Yeniköy Feldspat Tesisi İyileştirme Çalışmaları
Improvement Studies of ESAN Yeniköy Feldspar Plant

O. Akdemir, F. C. Taze, K. Özçelik, M.T. Serdengeçti, Y. E. Pural, M. O. Kangal.

İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Feldspat cam ve seramik üretiminin ana bileşenini oluşturmakta ve ülkemizde büyük miktarlarda üretimi yapılmaktadır. Günümüzde üretim sonrası oluşan atıkların değerlendirilmesi önemli bir konsept olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tez kapsamında ESAN-Yeniköy Feldspat Zenginleştirme Tesisi atıklarının değerlendirilebilirliği araştırılmış, ayrıca mevcut tesisin performansının arttırılması amacıyla tüvenan malzeme üzerinde deneyler yapılarak, önerilerde bulunulmuştur.

Çalışma kapsamında yaş manyetik ayırma ve flotasyon deneyleri yapılmıştır. Manyetik ayırma deneyleri Yüksek Alan Şiddetli Jones Manyetik Ayırıcısı ile gerçekleştirilmiştir. Atık numuneler ile yapılan çalışmalarda yalnızca manyetik ayırma ile satılabilir içerikte bir konsantre elde edilemeyeceği saptanmıştır. Manyetik ayırma sonucu elde edilen manyetik olmayan ürünlere üç farklı boyut grubunda uygulanan flotasyon deneyleri neticesinde Atık-3 olarak tez kapsamında özellikleri belirtilmiş numuneler içerisinden satılabilir nitelikte ürün eldesinin mümkün olabileceği ortaya konmuştur. Tüvenan numuneler üzerinde yapılan deneyler iki grup olarak planlanmış, ilk grup deneylerde numuneye direkt flotasyon, ikinci grup deneylerde ise manyetik ayırma ardından flotasyon uygulanmıştır. İkinci grup deneyler neticesinde yalnızca manyetik ayırma işlemi ile de satılabilir nitelikte ürün elde edilebileceği saptanmıştır. Direkt flotasyon işlemi ile de satılabilir ürün elde etmede büyük oranda başarı gösterebileceği belirlenmiştir. Tuvenan numune üzerinde yapılan her iki grup deneyde de sodyum içerikleri birbirine yakınlık göstermiştir. Fakat flotasyon öncesi manyetik ayırma uygulanan ikinci grup deneylerde numunenin demir içeriği %0.07 mertebelerine kadar düşürülerek yüksek kalitede ürün elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Feldspat, Flotasyon, Manyetik Ayırma, Demir, Sodyum,Titanyum.

ABSTRACT Feldspar is the main component of glass and ceramic production and is being produced in large quantities in our country. Today, the production of waste after production is an important concept. Within the scope of this thesis, the evaluability of ESAN-Yeniköy Feldspat Enrichment Plant wastes was investigated, and experiments were carried out on the safest material in order to improve the performance of the existing plant.

Age magnetic separation and flotation experiments were performed. Magnetic separation experiments were carried out with High Field Severe Jones Magnetic Separator. In studies with waste samples, it has been determined that a concentrate content cannot be obtained by magnetic separation alone. As a result of flotation tests applied to non-magnetic products obtained as a result of magnetic separation in three different size groups, it has been revealed that it is possible to obtain salable products from the samples specified in the scope of the thesis as Waste-3. Experiments carried out on the test samples were planned as two groups. In

the first group experiments, direct flotation was applied to the sample. As a result of the second group of experiments, it was determined that only the magnetic separation process could be used to produce salable products. It has been determined that it can show success in obtaining salable product by direct flotation process. In both groups of experiments performed on the sample, the sodium contents showed similarity to each other. However, in the second group, the iron content of the sample was reduced to 0.07% before the pre-flotation magnetic separation and a high quality product was obtained.

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişimine paralel olarak endüstriyel hammaddelerin kullanımı artmış ve her endüstri dalı için belirli bir kalitede hammadde kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Özellikle ülke ekonomimiz dar boğazdayken gerek yurtdışına açılma ve gerekse sanayileşmiş ülkelerin mamul ürünleriyle rekabet etme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu hammaddelerden 'Feldspat'lar, Ege Bölgesi'ndeki önemli rezervler ile ülkemizin maden ihracatında önemli bir pay sahibidir, Özellikle cam ve seramik endüstrisinin vazgeçilmez hammaddelerinden biri olan feldspatlar kaynak elektrotları üretiminde, boya ve plastik sanayilerinde de kullanım alanına sahiptir. Bu sektörlerde kullanılan hammadde ihtiyaçlarının ve ihracat atılımlarının artması nedeniyle, feldspat üretiminde büyük bir artış meydana gelmiştir. Böylesine önemli bir hammaddenin Türkiye ve özellikle Ege Bölgesi için önemi çok daha fazladır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Eczacıbaşı ESAN Yeniköy tarafından gönderilen numuneler tesisin farklı noktalarından alındığı için, malzemelerin karakteristiğini belirlemek amacıyla kimyasal analizler ve XRD analizleri ESAN-ARGE tarafından yapılmıştır. Feldspat sektöründe satışı sağlanan ürünlerin genellikle ***Na_2O***, ***Fe_2O_3*** ve ***TiO_2***, içerikleri belirleyici unsurdur. Bu doğrultuda, yapılan deneysel çalışmalarda değerlendirme açısından belirtilen üç içerik daha çok dikkate alınmıştır.

Tablo 2.1. Kimyasal analiz sonuçları

Numuneler	Na_2O,% İçerik	Fe_2O_3,% İçerik	TiO_2,% İçerik
Tuvenan	10,03	0,28	0,44
Atık-1	4	4,4	2,5
Atık-2	6,4	1,9	1,4
Atık-3	8,5	1	1,1

Deneylerde kullanılan numuneler tesisin zenginleştirme işlemleri esnasında farklı noktalarından uzaklaştırdıkları atık niteliğinde malzemelerden oluşmaktadır. Buna göre;

- Tesiste SLON tipi manyetik ayırıcıdan atılan manyetik ürün : Atık-1
- Flotasyon ile zenginleştirme sonucu oluşan oksitli ve mika cevherleri içeren köpükler ve selül grupları üzerindeki siklonların üst akımları ile Atık-1'in birleşmasiyle oluşan atık grubu : Atık-2
- Konsantrelerin kalitesini özel seviyelere getirmek için uygulanan Kurutma ve Kuru Manyetik Ayırma (Permroll) işlemleri sonucu oluşan atıklara Atık-2'nin eklenmesiyle oluşan atık grubu : Atık-3 olarak adlandırılmıştır.

3. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

3.1. Yaş Manyetik Ayırma Deneyi

Tez kapsamında, Eczacıbaşı ESAN Yeniköy'e ait feldspat zenginleştirme tesisi tüvenan ve atık numuneleri incelenmiştir. Deneylerde düşük demir ve titan içerikli satılabilir bir konsantre eldesi hedeflenmiştir. Yaş manyetik ayırmada Jones Yüksek Alan Şiddetli Yaş Manyetik Ayırıcı kullanılmıştır.. Çalışma kapsamında öncelikle 1 Amper, 3 Amper, 5 Amper, 6.8 Amper manyetik alan büyüklüklerinde ayırma diğer bütün şartlar aynı olmak üzere denenmiştir. Deney sonuçları kapsamında atık grubu malzemelerin ilave zenginleştirme devresine ihtiyaç duymakta fakat tüvenan malzeme sadece manyetik ayırma ile satılabilir seviyelere getirilmektedir.

3.2. Flotasyon Deneyi

Atık numunelerde ve tuvenanın ikinci grup deneylerinde manyetik ayırmayı takiben flotasyon uygulanmıştır. Tuvenan numunenin diğer deneyinde ise direkt flotasyon işlemi uygulanmıştır.

Tablo 3.1. Atık-3 numunesi ile gerçekleştirilen flotasyon deney sonuçları

-212+45 mikron							
Ürünler	Miktar	Na_2O, %		Fe_2O_3, %		TiO_2, %	
	%	Tenör	Verim	Tenör	Verim	Tenör	Verim
Yüzen	18,13	3,48	7,51	2,88	57,12	6,12	70,48
Batan	81,87	9,49	92,49	0,48	42,88	0,57	29,52
Beslenen	100	8,4	100	0,91	100	1,57	100

Tablo 3.2. Tüvenan numuneye manyetik ayırma sonrası yapılan flotasyon deneyi sonuçları

Ürünler	Miktar	Na_2O, %		Fe_2O_3, %		TiO_2, %	
	%	Tenör	Verim	Tenör	Verim	Tenör	Verim
Yüzen	17,3	8,76	14,9	0,43	58,1	1,78	90,4
Batan	82,7	10,46	85,1	0,06	41,9	0,04	9,6
Beslenen	100	10,16	100	0,13	100	0,34	100

Tablo 3.3. Tüvenan numuneye yapılan direkt flotasyon deneyi sonuçları

Tüvenan Numunesi Direkt Flotasyon							
Ürünler	Miktar	Na_2O, %		Fe_2O_3, %		TiO_2, %	
	%	Tenör	Verim	Tenör	Verim	Tenör	Verim
Yüzen	23,4	8,67	20,2	0,81	58,2	1,48	81,8
Batan	76,6	10,45	79,8	0,18	41,8	0,1	18,2
Beslenen	100	10,03	100	0,33	100	0,42	100

4. SONUÇLAR

Atık-3'ün satılabilir ürün niteliğine yaklaştığı, en iyi sonucu 38 mikron üstü numune tarafından alındığı gözlemlenmiştir. Üç deney numunesinin de demir ve sodyum içeriklerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

Geri kazanım açısından Atık-3 için uygulanabilecek olası işlemlerde 38 mikron üstü malzemeye manyetik ayırma ve flotasyon işlem grubu tavsiye edilebilmektedir.

Tuvenan numune üzerinde gerçekleştirilen flotasyon deneyinde üzere neredeyse 3. kademeden itibaren satılabilir ürün elde edilmeye başlamıştır yorumu yapılabilmektedir. Beslenen malzemenin büyük çoğunluğunun batan kısımda yer aldığını ve yüksek kalitelere çıkılabildiği yorumu yapılabilmektedir.Yapılan deneyler sonucunda bastırıcı kullanılmaması veya $Na_2S_2O_5$, S7260 ve nişasta bastırıcılarının tek başlarına etkili olmadıkları gözlemlenmiştir. Sonuç olarak $Na_2S_2O_5$ ve S7260 bastırıcılarının beraber kullanılması sonucuna varılmıştır.

Direkt flotasyon işlemi manyetik ayırmaya ihtiyaç duyulmadan da feldspat üzerinde zenginleştirme yapılabileceği izlenimini vermiştir. Malzemenin neredeyse 7. kademeden itibaren satılabilir seviyelere çıktığı gözlemlenmiştir.

Investigation Of Quick Process Parameters Of Bond Grindability Test Method

Bond Öğünebilirlik Test Yönteminin Hizlandirilmiş Proses Parametrelerinin İncelenmesi

K.Y. Genç, Y.E. Pural, A.E. Yüce
İstanbul Technical University, Mineral Processing Engineering, İstanbul, Turkey

ABSTRACT The Bond Method is a laboratory grinding test which provides the Bond Ball Mill Work Index. This work index expresses the resistance of a material to ball milling. It is used in the mineral industry for estimating the energy required for grinding, for ball mill scale-up, and for comparing the resistance of different materials to ball milling. The Bond Method has become an industrial standard in the ore preparation industry since it is older than other methods used and provides satisfactory results. However, because the method lasts long and requires exhausting studies, alternative methods have searched and developed. In the scope of this study, a Quick Bond Method used in Barrick Gold Mine is invested and compared the results with standard Bond Method, searching a reliable relationship between last three cycle's average grindability and former cycle's close average grindability values.
Keywords: Bond Ball Mill, Standard Bond Work Index, Quick Bond Method, Aternative Methods

ÖZET Bond Metot'u Bond İş İndeksi'ni belirlemede kullanılan laboratuvar boyutlarınında uygulanan bir öğütme testidir. Bu iş indeksi bir malzemenin bilyalı değirmende gösterdiği direnci ifade eder. Maden endüstrisinde öğütme için gerekli olan enerjiyi hesaplamada, öğütme değirmeni ölçeklendirmekte ve başka malzemelerin bilyalı değirmende gösterdiği dirençleri karşılaştırmak için kullanılır. Bond Metot'u cevher hazırlama alanında endüstriyel bir standart olmuştur çünkü iş indeksi bulmak için kullanılan yöntemler arasında en eski olanıdır ve sonuçları tatmin edicidir. Lakin bu metodu uygulamak çok uzun, zahmetli ve yorucu olduğundan dolayı bu metoda alternatif yöntemler araştırılmış ve geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında Barrick Altın Madeni'nden kullanılan hızlandırılmış Bond Metot'u araştırılmış ve standart olan yöntemle karşılaştırılmıştır, Bond İş İndeksi'ni hesaplamada kullanılan son üç devrenin öğünebilirlik değerlerinin ortalaması ile önceki ardışık devrelerin birbirine yakın öğünebilirlik değerlerinin ortalamasının arasında güvenilir bir bağ bulmaya çalışılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Bond Değirmeni, Standart Bond İş Endeksi, Hızlı Bond Metotu, Alternatif Metotlar

1. INTRODUCTION

Energy consumption is very important in the mining industry as much as in every field. In mining operations, preferences such as choosing facility area and choosing machines for processes aims to decrease the cost of energy consumption.

Crushing and grinding circuits are the units where energy consumption is maximum. While grain size is getting finer, energy consumption is getting higher and higher. To avoid unnecessary consumption, liberation and size reduction should not be more than enough, operation machines such as crushers and mills should be chosen carefully to be relevant, and should be operated under optimum conditions. This is why grindability test and work index are important for plant designs. The Work Index represents the energy (kWh/sht) required to reduce the material of one short ton from a theoretically infinite feed size to size at which 80 percent of material passes through a sieve with square aperture 100 micrometres in size(Todorovic et. al, 2016). The Bond Method has become an industrial standard in the ore preparation industry since it is older than other methods used and provides satisfactory results. However, because the

method lasts long and requires exhausting studies, alternative methods have searched and developed. These methods have been shaped according to requirements.
In the scope of this study, a Quick Bond Method used in Barrick Gold Mine is invested and compared the results with standard Bond Method, searching a reliable relationship between last three cycle's average grindability and former cycle's close average grindability values.

2. METHOD

2.1. Standard Bond Method

A Bond Ball Mill Work Index Test is a standard test for determination work index for a ball mill. It was developed by Fred Bong in 1952 and modified in 1961. This index is widely used in the mineral industry for comparing the resistance of different materials to ball grinding (Ahmadi, 2008).
Minus 3.36 mm crushed material corresponding 700 cc is used for grinding cycles. Bond Ball Mill and grinding media are used. Grinding operation continues until it reaches equilibrium.

2.2. Quick Bond Method of Barrick Gold Corporition

Barrick Gold Corporation uses special Quick Bond Method to calculate Work Index in their facilities in Nevada. USA. This method uses The Standard Bond Work Index formula but it uses different methods to find the values used in the empirical formula. In this method, Standard Bond Mill with same grinding material and minus 3,36 mm crushed material is used. 700 cc of a 1000 cc container is filled by compression in a vibrating with this material. After that grinding starts. Grinding process has only one cycle for ten minutes or 716 revolutions. When the bond mill has completed grinding, sieving has performed. In this method, sieving has two stages: dry grinding and wet grinding. Between minus 3.36 mm and 150 micron dry grinding and between minus 150 micron and 38 micron wet grinding have performed. The data taken from grinding and sieving is added to special worksheet made by Barrick gold Corporation.

3. EXPERIMENTAL STUDIES

3.1. Standard Bond Method

Within the scope of this thesis, there are six experiments was conducted for Standard Bond Method. Someone of them are taken from previous thesis of Depertmant of Mineral Processing Engineering, ITU. The values used in experiments are given below.
Experiment I is done with Calsite sample. Table 3-1 shows Experiment I bond cycles and Table 3-2 gives values used in the empirical Bond formula and calculated Work Index.

Table 3-1: Bond Test Cycles for -3.36 mm material(Experiment I)

Cycle	Rev	-106 micron Product	-106 micron Feed	PB-FB	Grindability (PB-FB)/R
	R	PB	FB		G
1	100	251.6	88.38	163.3	1.633
2	198	366.6	18.60	348.0	1.758
3	179	388.1	27.09	361.0	2.017
4	155	352.0	28.68	323.3	2.083
5	152	342.0	26.01	316.0	2.078

Table 3-2: Values used in the empirical Bond formula and calculated Work Index

Experiment I			
F80	2465	G	2.060
P80	101.6	P	106
Wi		11.71	

Experiment II is done with Calcite sample different from Experiment I. In this experiment all material is crushed mines 2 mm. Table 3-3 shows Experiment II bond cycles and Table 3-4 gives values used in the empirical Bond formula and calculated Work Index.
Table 3-3: Bond Test Cycles for -2 mm material(Experiment II)

Cycle	Rev	-106 micron Product	-106 micron Feed	PB-FB	Grindability (G) PB-FB/R
	R	PB	FB		
1	70	413	135.31	277.69	3.967
2	76	312	45.84	266.16	3.487
3	90	383	34.63	348.37	3.869
4	79	377	42.51	334.49	4.227
5	73	383	41.85	341.15	4.701
6	65	324	42.51	281.49	4.322
7	72	304	35.96	268.04	3.705
8	85	400	33.74	366.26	4.310
9	71	336	44.40	291.60	4.131
10	75	343	37.30	305.70	4.056
11	77	348	38.07	309.93	4.048
12	77	350	38.63	311.37	4.066

Table 3-4: Values used in the empirical Bond formula and calculated Work Index

Experiment II			
F80	805	G	4.06
P80	79	P	106
Wi		6.87	

Experiment III is is taken from previous thesis(Ezgi Can Simge Küreci, 2014). Work Index of Quartz is calculated for this experiment. In this study, only test sieve size is different from the other experiments. 150 µm test sieve is used as a value of P_i instead of 106 µm test sieve. Any other parameters are not different. Table 3-5 shows Experiment III bond cycles and Table 3-6 gives values used in the empirical Bond formula and calculated Work Index.

Table 3-5: Bond Test Cycles for -3.36 mm material(Experiment III)

Cycle	Rev	-150 micron Product	-150 micron Feed	PB-FB	Grindability (G)
	R	PB	FB		PB-FB/R
1	100	381	136.89	244.11	2.411
2	119	399	44.577	354.423	2.978
3	97	352	46.683	305.317	3.148
4	93	328	41.184	286.816	3.084
5	96	337	38.376	298.816	3.111
6	95	347	39.429	307.571	3.235
7	91	335	40.599	294.401	3.235
8	91	335	39.195	295.805	3.251

Table 3-6: Values used in the empirical Bond formula and calculated Work Index

Experiment III			
F80	2600	G	3.241
P80	123	P	150
Wi		6.87	

Following Standard Bond Test results (Experiment V) is taken from previous thesis (Akgün, 2006). Work Index of Limestone is calculated for this experiment. In this study, only test sieve size is different from the other experiments. 150 µm test sieve is used as a value of P_i instead of 106 µm test sieve. Any other parameters are not different. Table 3-7 shows Experiment V bond cycles and Table 3-8 gives values used in the empirical Bond formula and calculated Work Index.

Table 3-7: Bond Test Cycles for -3.36 mm material(Experiment V)

Cycle	Rev	-106 micron Product	-106 micron Feed	PB-FB	Grindability (G)
	R	PB	FB		PB-FB/R
1	202	379	111.403	267.597	1.325
2	209	320	38.279	281.721	1.348
3	210	304	32.320	271.680	1.294
4	220	317	30.704	286.296	1.301
5	218	348	32.017	315.983	1.449
6	193	353	35.148	317.852	1.647
7	170	313	35.653	277.347	1.631
8	174	315	31.613	283.387	1.629
9	174	320	31.815	288.185	1.656
10	171	312	32.320	279.680	1.636

Table 3-8: Values used in the empirical Bond formula and calculated Work Index

Experiment V			
F80	2337	G	1.64
P80	102	P	150
Wi		13.16	

3.2. Quick Bond Method of Barrick Gold Corporition

In this experiments, same Calcite samples are used which also used in Experiment I. Results are given in Table 3-9.

Table 3-9: Values of Barrick Gold Quick Bond Method

BGQBM - I		BGQB - II	
F80	2346	F80	2251
P80	75	P80	35
G	1.23	G	0.74
Pi	106	Pi	106
Wi	13.50	Wi	13.18

4.CONCLUSION

In the scope of this study, a Accelerated Bond Method used in Barrick Gold Mine is investigated and compared the results with standard Bond Work Index test method. In the standard test, calculations are made when the grindability value (G value) reaches an almost constant value after the last three milling. However, in the case of the calculation of the previous milling levels in which the G value is obtained with similar and closer values, it is researched that how much differences can be obtained comparing with actual Wi values. The results of these studies are summarized as follows;

1. As a result of Experiment II, when grindability value is closing final cycles, error percentages decrease and for the Calcite. The rate of change for error does not change depending on the change of G difference from SBWI Value. Finally, if G difference from SBWI Value is between 0.2 and 0.5, the error will be between 2% and %7.
2. As a result of Experiment III, when grindability value is closing final cycles, error percentage decrease same as Experiment II. The rate of change for error does not change depending on the change of G difference from SBWI Value. Finally if the G difference from SBWI Value is between 0.064 and 0.170, an error will be between 0-3%.
3. As a result of Experiment V, when grindability value is closing final cycles, error percentage decrease same as Experiment II and Experiment III. The rate of change for error does not change depending on the change of G difference from SBWI Value. Finally, if the G difference from SBWI Value is between 0.01 and 0.20, an error will be between 0-3%.
4. Comparision of Work Index Values Barrick Gold Quick Bond Method and Standard Bond Method gives error values that between 12-15%.

Standart Bond İş İndeksi Testi Parametrelerinin İncelenmesi

Examination Of Standard Bond Work Index Test Parameters

M. Filizer, Y.E. Pural, Z. Üçerler, E. Tanısalı, E. Yüce
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Cevher hazırlama tesislerinde boyut küçültme işlemleri zenginleştirme işlemlerinin başlayabilmesi için ilk aşamadır. Bir cevher hazırlama tesisinde enerji tüketiminin en yüksek olduğu kısım da boyut küçültme devreleridir. Bu devrelerdeki enerji ihtiyacının doğru hesaplanması tesislerin tasarımında çok önemlidir. Boyut küçültme işleminde istenilen boyutun altında veya üstünde bir boyut elde edildiğinde zenginleştirme işlemi zarar göreceği gibi enerji tüketimi de artar. 1 ton malzemenin boyutunu belli bir kesme boyutu altına indirmek için gerekli olan enerji, iş indeksidir. Bu indeksi hesaplamak için kullanılan en yaygın ve en güvenilir yöntem Bond iş indeksi testidir. Bond İş İndeksi testinin parametreleri boyut küçültme işlemine girecek malzeme boyutu ve dağılımı, doluluk oranı, öğütücü ortamın özellikleri, makinelerin çalışma parametreleridir. Bond deneyi malzemeyi belli bir hacimde alarak öğütme işlemine tabi tutmak ve ardından eleme işlemiyle kesme boyutu altına geçen malzeme oranını bulmak ve bu değerlerden yola çıkarak bir öğünebilirlik sabiti (G, g/dev), hesaplamaktır. Öğünebilirlik sabitinden yola çıkarak bir iş indeksi değeri (W_i, kWs/t) hesaplanır ancak bu değeri bulmak için yapılan bond iş indeksi deneyi çok zaman alan ve zorlu bir işlemdir. Bu tez çalışması bond iş indeksi parametrelerinin (doluluk oranı,beslenen malzeme boyutu ve dağılımı vb) incelenmesini ve bond deneyinin kısaltılmasına yönelik kuvarsit numunesi ile deneyleri kapsar.

Anahtar Kelimeler: Bond İş İndeksi, Öğünülebilirlik, Öğütme, Boyut Küçültme, İş İndeksi, Enerji Tüketimi.

ABSTRACT In mineral processing plants size reduction processes are the keys to enrichment processes and have the highest energy consumption in comminution processes. Truly calculating this energy need at size reduction circuits is very important. In order to have sufficient enrichment process and lowest possible energy consumption, size reduction units need to work at optimum size reduction ratio.Bond Work Index Test is the most reliable and widespread method to calculated this index. Calculation parameters of Bond work index test are feeding material size, size distribution, initial mill cycle, initial circulating load, mill load factor and grinding medium properties. The Bond work index value of an ore is defined as the amount of energy consumption during the milling of 1 tonne of the ore in 1 hour.Bond work index test aims to find 'grindability' constant (G, g/rev) by having feed material with standardized volume of 700 ml in the mill, grinding this material with calculated of initial recirculated load, sieving products from certain cut size and finding of undersize ratio for the next grinding cycle. At the end of certain cycle of grinding steps, W_i (kWh/t) value of related ore can be calculated from Bond Work Index equation based on last three cycle G values. This process is a very hard and time-consuming process. General aim of this thesis is to examine the parameters of Standard Bond Work Index Method and see if this process can be finalized easier and earlier with negligible errors using a quartzite ore sample.

Keywords: Bond Work Index, Grindability,
Grinding, Size Reduction, Work Index, Energy Consumption.

1. INTRODUCTION

Size reduction phases such as crushing and grinding are having the biggest part in energy usage. When material size goes finer, the consumption of size reduction process increases. To not use more energy than enough, being careful while chosing size reduction machines such as crushers and mills and determine their optimum conditions is important. This is why most accurate work index calculation method like standard Bond Work Index grindability test is the unique method used since a long time ago comparing to the other methods.

The objective of this research is to see what differences occur when standard parameters (filling of mill volume ratio, feed ore size) are changed while conducting Standard Bond Grindability Test. The sensitivity of this method is expressed

By the G value to be obtained at the end of the certain milling stages. However, it is seen that on average, 8-12 levels of grinding stages should be maintained on the basis of studies conducted previously.in this study, it is focused on to determine the reliability coefficient of the g value to be obtained if a smaller number of grinding steps is applied with a negligible error rate. The studies and results of the thesis are presented under general information, experimental studies, and results evaluation.

2. GENERAL INFORMATION

2.3 Work Index Calculation in Grinding

Theorically work index is the energy needed to reduce one ton of materials size to desired cut size. In mineral processing plants the biggest elements in energy consumtion is size reduction phases (crushing and grinding). Thats why calculation of energy requirements of these phases are very important in desing of mineral processing plants.

2.4 Work Index Methods

- Kapur Method
- Karra Method
- Yashima Method
- Smith-Lee Method
- Double Grinding Magdalinovic Method
- Triple Grinding Magdalinovic Method
- Standard Bond Work Index Method

2.5 Standard Bond Work Index Method

Standard Bond Work Index test is a method which works with 250% circulating load until it reaches equilibrium state. It contains dry grinding and sieving processes which makes this test tiring and time-consuming (Deister, 1987).

In this test procedure minus 3.36mm (6 mesh) material is used as standard. Enough amount of material is taken as representative sample by coning method from minus 3.36 mm material to perform sieve analysis. Cumulative undersize distribution graph is drawn on log-log paper to find sieve opening which lets 80% of material pass (F_{80}). After this analysis conducted coning-quartate technique is used again to fill 700 ml volume of standard mill with material. 700 ml material must be compressed using vibration machines and tapping acts in order to fill measuring cylinder till 700 ml volume. After filling measuring cylinder 700ml material is weighed. This is the amount of material which will be fed to the mill and this amount will be stationary on every cycle.

The Bond Work Index Test apparatus (mill) has a standard dimension and carried out in a particular (30.5 cm x 30.5 cm) ball mill which has no lifters plus every inside edges are rounded. Bond mill must be working at 70 r.p.m. and it has a part named spin counter. Mill charge includes 285 iron balls which has 20.125 gram of weight(Tuzun, 2000).

The mill fills with standard 700 ml volumed and weighed material and balls. A random revolution number chosen from a range of 50-100-150-200 revolutions (Allis-Chalmers). When mill finishes its turns the material is extracted. After extracting material must be screened from a sieve which has same sieve opening with cut size. Undersize fraction is removed from total 700 ml volume. Fresh feed material with same amount of undersized fraction is added to coarse fraction for the next grinding cycle.

By utilizing sieve analysis of representative sample the amount passes through the cut size before grinding process is found. The amount passes through cut size after the grinding process minus the amount passes through cut size before grinding process gives net product (grinded particles with grinding process). Net product divided by round of that cycle gives 'grindability' value (G.g/rev). Exrtacted amount (amount passes through cut size) must be added from experiment sample. Round number of next cycle calculated as follows;

The material added after previous cycle finishes has some amount of material which can pass through the cut size (f). This amount can be found using sieve analysis. In next cycle 28.6% of total material (p) expected to be grinded to minus cut size.

The difference between p and f values divided by the proevious cycles grindability(G, g/rev) value and next cycles round number is found with this operation. After this whole process is repeated till sequential g values come to equilibrium. When this equilibrium reached arithmetic average of last three G values taken as final G value to be used in Bond Work Index equation.

Undersizes from last 3 cycles combined together and sieve analysis performed this combined material. Utilizing size distribution graph sieve opening which lets 80% of material pass ($P_{80,}$ µm) is found. With these values work index(W_i) is calculated by this equation (Özer and Çabuk, 2006).

$$W_i = 1.1 \times \frac{44.5}{Pi^{0.23} \times G^{0.82} \times \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}}\right)}$$

3. EXPERIMENTAL STUDIES

3.1. Material Properties

In the experiments, quartzite ore taken from Kiraztepe region is used. Sample as received has 99% purity and having maksimum size is around 200 mm.

3.2 Method

These experiments were conducted by the standard procedure of Bond Work Index Test and examined the changing of standart test parameters. Three different Bond work index test conducted in this research with some parameters changed. General aim of this thesis is to examine the parameters of Standard Bond Work Index Method and see if this process can be finalized easier and earlier with negligible errors using a quartzite ore sample.

The purpose was to see what differences occur when parameters (Volume ratio in the mill, feed ore size) are changed in Standard Bond Grindability Test. Furthermore, it is aimed that to see how much differences can occur if test parameters are changed, and to make approximation analysis to the real results. Bond Work Index tests were carried out in the following categories;

a) First experiment conducted with standard parameters.
b) Second experiment conducted with minus 2 mm feed material.
c) Third Experiment conducted with 1050 ml material which has minus 2 mm feed size.

Before starting to the experiments, standard ball mill properties were determined. Ball properties shown in Table 3-1. Total volume of mill is 22283.15 cm^3. Total ball volume is 3935.74 cm3. While balls are in free sit state, upper void volume 12639.3 cm^3. This means there is 5708.11 cm^3 void volume between ball contacts. According to the standart test procedure, it was calculated that 700 ml material fills 12.26% of this mill ball contact void volume. These mesaurement done by the water displacement.

Table 3-1 Standart Bond Mill Ball Properties

Ball Diameter (mm)	Ball number	Volume per ball (cm3)	Total Ball Volumes (cm3)	Total Ball Surface Area mm^3
44.45	49	49	2401	24827,93
29.72	67	14.5	971.5	11099,28
25.40	10	9.5	95	8107,08
19.05	71	4	284	4560,23
15.50	94	1.96	184.24	3018,98
Total	**285**		**3935.74**	**51617,51**

3.3 Test Group One

Run-off mine ore is crushed until whole material size is decreased to minus 3.36mm. After size reduction of run-off mine ore, approximately 3kg of representative sample was taken and sieve analysis was conducted. From the size distribution analysis of minus 3.36 mm crushed ore (Table 3-2), F_{80} size (80% passing size of material) was determined.

Table 3.3.1 Size Distribution of First Test Group Sample(Minus 3.36 mm)

Size Range (mm)	Amount (%)	∑ Undersize (%)
-3.36+2	9.58	100.00
-2.00+1.00	18.57	90.42
-1.00+0.5	14.04	71.85
-0.5+0.3	7.23	57.81
-0.3+0.106	24.23	50.58
-0.106	26.35	26.35
Total	**100.00**	
F_{80} - mm	1550 µm	

Standart Bond Work Index test data are given in Table 3-3. Average of last three cycles G values (G_{avr}) is calculated 2.5023 (gr/rev). Minus 106 µm product from last three cycles is combined together and sieve analysis performed to this sample to find P_{80}.

Table 3.3.2 G Values of Test Group One

Period	Rounds R	-106µm Quartzite Amount in Product (gr)	-106µm Quartzite Amount in Feed (gr)	Net Product (P_B. F_B)	Grindability (G/rev) (P_B. F_B) /R
1	50	554.43	348.87	205.56	4.111
2	57	335.39	146.09	189.30	3.321
3	88	337.25	88.38	248.87	2.828
4	103	341.21	88.87	252.34	2.450
5	118	427.16	89.91	337.25	2.858
6	93	405.50	112.56	292.94	3.150
7	87	317.09	106.85	210.24	2.417
8	122	375.20	83.55	291.65	2.391
9	117	392.70	98.87	293.83	**2.511**
10	110	375.29	103.48	271.81	**2.471**
11	114	386.78	98.89	287.89	**2.525**

Table 3.3.3: Size Distribution of First Test Group Sample (Minus 106 µm)

Size Range(µm)	Amount (%)	∑Undersize (%)
-106+75	41.17	100.00
-75+63	16.54	58.82
-63+38	23.4	42.27
-38	18.86	18.86
Total	**100.00**	
P_{80}	91 µm	

With these results used in ampirical Bond formula, W_i value of this sample was calculated as follows;

F_{80}: 1550µm P_{80}: 91µm Cut Size (P_i) : 106µm
Grindability per round (G/rev): 2,5026

$$Wi = 1.1 \times \frac{44.5}{Pi^{0.23} \times G^{0.82} \times \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}}\right)}$$

$$= 1,1 \times \frac{44,5}{106^{0.23} \times 2.5026^{0.82} \times \left(\frac{10}{\sqrt{91}} - \frac{10}{\sqrt{1550}}\right)} = 9.96\ kWh/t$$

It was decided that the second group experiment was conducted on minus 2 mm run-off mine sample. In the Bond test of the sample size reduced to less than 2 mm, it is envisaged to finalize the experiment at values close to the G value obtained in the first experiment.

3.4 Test Group Two

Run-off mine ore is crushed until whole material size is decreased to minus 2.00 mm. After size reduction of run-off mine ore, approximately 3kg of representative sample was taken and sieve analysis was conducted. From the size distribution analysis of minus 2.00 mm crushed ore (Table 3-5), F_{80} size (80% passing size of material) was determined.

Average of last three cycles G values (G_{avr}) is calculated 2.4528(gr/rev). Minus 106 µm product from last three cycles is combined together and sieve analysis performed to this sample to find P_{80}. It is seen that, very close G value in the second experiment was obtained at the end of 5th cycle of grinding.

Table 3.4.1: Size Distribution of Second Test Group Sample (Minus 2 mm)

Size Range (mm)	Amount(%)	∑Undersize(%)
-2.00+1.00	20.69	100.00
-1.00+0.5	15.87	79.31
-0.5+0.3	7.36	63.43
-0.3+0.106	26.93	56.07
-0.106	29.15	29.15
Total	**100.00**	
F_{80}	1.1 mm	

Table 3.4.2 G Values of Second Test Group

Period	Rounds R	-106µm Quartzite Amount in Product (gr)	-106µm Quartzite Amount in Feed (gr)	Net Product (P_B- F_B)	Grindability (G/rev) (P_B- F_B) /R
1	50	552.45	373.57	178.88	3.578
2	58	354.00	160.98	193.02	3.328
3	80	318.78	103.16	215.62	**2.695**
4	102	347.36	92.89	254.47	**2.495**
5	107	333.26	101.22	232.04	**2.169**

Table 3.4.3 Size Distribution of Second Test Group Sample (Minus 106 µm)

Size Range(µm)	Amount(%)	∑ Undersize (%)
-106+75	38,66	100
-75+63	18,51	61,33
-69+38	27,35	42,82
-38	15,46	15,46
Total	**100**	
P_{80}	91 µm	

With these results used in ampirical Bond formula W_i value of this sample calculated.

F_{80}: 1110µm
P_{80}: 90µm
Cut Size (P_i) : 106µm
Grindability (G/rev): 2.4528

$$Wi = 1.1 \times \frac{44.5}{Pi^{0.23} \times G^{0.82} \times (\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}})}$$

$$= 1.1 \times \frac{44.5}{106^{0.23} \times 2.4528^{0.82} \times (\frac{10}{\sqrt{91}} - \frac{10}{\sqrt{1100}})} = 10.68\ kWh/t$$

3.5 Test Group Three

In this experimental group, the feeding size was reduced to 2 mm while the mill load ratio was increased by 50% (1050 cm^3). Thus, while 11.7% load ratio was used in the standard Bond test, in this experiment mill load ratio is increased up to 17.5% (1050 cm^3). Run-off mine ore is crushed until whole material size is decreased to minus 2.00 mm. After size reduction of run-off mine ore, approximately 3kg of representative sample was taken and sieve analysis was conducted. From the size distribution analysis of minus 2.00 mm crushed ore (Table 3-8), F_{80} size (80% passing size of material) was determined.

Table 3.5.1: Size Distribution of Third Test Group Sample (Minus 2 mm)

Size Range (mm)	Amount(%)	∑Undersize(%)
-2.00+1.00	20,07	100,00
-1.00+0.5	29,27	79,93
-0.5+0.3	6,69	50,66
-0.3+0.106	21,66	43,97
-0.106	22,31	22,31
Total	100,00	
F_{80}	1,38 mm	

Table 3.5.2 G Values of Third Test Group

Period	Rounds R	-106µm Quartzite Amount in Product (gr)	-106µm Quartzite Amount in Feed (gr)	Net Product (P_B- F_B)	Grindability (G/rev) (P_B- F_B) /R
1	50	766,29	408,27	358,02	7,160
2	50	409,31	170,96	238,35	4,767
3	91	452,88	91,32	361,56	3,973
4	107	433,66	101,04	332,62	3,109
5	138	470,67	96,75	373,92	**2,710**
6	155	508,77	105,01	403,76	**2,605**
7	158	479,35	113,51	365,84	**2,315**

Average of last three cycles G values (G_{avr}) is calculated 2.5433(gr/rev). Minus 106 µm product from last three cycles is combined together and sieve analysis performed to this sample to find P_{80}.

Tablo 3.5.3: Size Distirbution Third Test Group Sample (Minus 106 µm)

Size Range(µm)	Amount(%)	∑ Undersize (%)
-106+75	43,45	100,00
-75+63	16,14	56,55
-69+38	22,92	40,41
-38	17,50	17,50
Total	**100,00**	
P_{80}	93 µm	

With these results used in ampirical Bond formula W_i value of this sample calculated.

F_{80}: 1380µm P_{80}: 93µm Cut Size (P_i) : 106µm
Grindability (G/rev): 2.5433

$$W_i = 1.1 \times \frac{44.5}{Pi^{0.23} \times G^{0.82} \times (\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}})}$$

$$= 1.1 \times \frac{44.5}{106^{0.23} \times 2.5433^{0.82} \times (\frac{10}{\sqrt{93}} - \frac{10}{\sqrt{1380}})} = 10.37\ kWh/t$$

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

In the standard Bond mill experiment, the G values and the calculated Wi values in the case of changing the parameters are given in Table 4.1. As can be seen from the table 4.1, the change in G value is plus minus 0.04-0.05. Although this rate of change in G values causes the change in Wi values between 4-7%. Differences compared with Standart Bond Work Index values.

In another evaluation, the change in G value obtained from the standard test result is 0.05 (in the first test group). The change in G values obtained from the second and third group was calculated as 0.5 and 0.4, respectively. Based on this data, if the difference of G values in a Standart Bond Test is smaller than 0.5, it is estimated that the reliability value of the Wi value to be calculated with 90% accuracy. In this case, the number of grinding steps can be reduced by half. However, it is recommended that this evaluation should be prooved by further

data which will be obtained with different samples and BWI tests.

Table 4-1 : Comparison of Bond Work Index Data

Test group	Test cycle	G values	Average G value	G Difference from SBWI value	Wi kWh/t (calculated)	Wi Difference from SBWI value-%
1	9 10 11	2.511 2.471 2.525	2.5023	SBWI value 0.0	9.96	SBWI value 0%
2	3 4 5	2.695 2.495 2.169	2.4528	-0.05	10.68	+ 7.23%
3	5 6 7	2.710 2.605 2.315	2.5433	+0.04	10.37	+ 4.11%

Morfolojik Özelliklerin Hematit Mineralinin Flotasyonu Ve Topaklanma Davranışı Üzerine Etkisi

Effect of Morphological Characteristics of Hematite Minerals on Flotation and Coagulation Behaviour

R. Albayrak, B. Tunç, M. S. Çelik, O. Güven

İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Bu tez kapsamında endüstriyel anlamda önemli bir demir cevheri olan hematit minerali ile çalışılmıştır. Şekil faktörü ve pürüzlülük gibi morfolojik özelliklerin flotasyon ve topaklanmaa olan etkileri incelenmiştir. Numune hazırlık aşamasında önce 3 farklı kırıcı kullanılarak 3 kademe kırma yapılmıştır; çeneli, konili, merdaneli kırıcı. -2+1 mm boyutlu malzeme çelik bilyalı değirmende öğütülmüştür. Öğütme sonrası yaş eleme yapılmış ve –74+38 mikron boyutlu malzeme elde edilmiştir. Öğütme süresi farkına bağlı olarak tanelerin şekil karakterizasyonu, görüntü analizi yöntemi ile 2 boyutlu olarak ölçülmesiyle yuvarlaklık değeri elde edilmiştir. Malzeme farklı sürelerde pürüzlendirilerek, farklı pürüzlülük değerlerine sahip numune elde edilmiştir. Hematitin morfolojik özelliklerin değişimleri, hem topaklanma hem de flotasyondaki tane-kabarcık ve tane-tane etkileşimlerini etkilemektedir. Flotasyon ve topaklanma işlemleri belli parametreler sabit tutularak anyonik bir kollektör olan Na-Oleat kullanılarak yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen verilere göre diğer cevherlerde elde edilen sonuçların aksine hematit mineralinde şekil faktörüne bağlı yapılan flotasyon deneyleri sonucunda yuvarlaklık değerinin artmasına bağlı olarak flotasyon veriminin de arttığı görülebilmektedir. Pürüzlülüğe bağlı yapılan flotasyon sonuçları ise literatürde diğer cam küresi, alumina ve kuvars flotasyonu için belirlenmiş olan eğriye paralellik göstermekte olup, artan pürüzlülük değerlerinde tanelerin yüzey alanındaki artıştan ötürü tane-kabarcık etkileşimleri arttığı için daha yüksek flotasyon verimleri elde edilebilmektedir. Şekil faktörüne bağlı yapılan topaklanma deneyleri sonucu elde edilen verilere göre yuvarlaklık değeri azaldıkça çöküş hızı azalmıştır. Pürüzlülüğe bağlı yapılan topaklanma deneyleri sonuçlarına göre düşük konsantrasyonlarda, daha düşük pürüzlülük değerine sahip numunenin çöküş hızının daha fazla olduğu görülmektedir. Fakat yüksek konsantrasyonlarda tersine daha az pürüzlü malzemenin daha yavaş çöktüğü gözlemlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hematit, Flotasyon, Topaklanma, Morfoloji,Şekil Faktörü, Pürüzlülük

ABSTRACT Hematite is an industrially important iron mineral. The effects of morphological features such as shape factor and roughness on flotation and coagulation were investigated. Three different crushers were used in the sample preparation stage; jaw, cone, and roll crusher. -2 + 1 mm material was ground in a steel ball mill. The material was sieved upon grinding and -74 + 38 micron sized material was obtained. The shape characterization of the grains against grinding time was measured by 2-D image analysis method and the roundness value was determined. The material was roughened at different times to obtain samples with different roughness values. Changes in morphological characteristics of hematite have been used to describe the particle-bubble and particle-particle interactions in both coagulation and flotation. Flotation and coagulation processes were performed by keeping certain parameters constant in the presence of an anionic collector Na-Oleate. Contrary to the results obtained with other minerals, flotation recovery increased with increasing roundness values which represent the shape factor of hematite mineral. The results of flotation due to roughness follow a parallel trend with those materials such as glass spheres, alumina and quartz flotation reported in literature. The data obtained on coagulation based on shape factor indicate that the settling rate decreased as the roundness value decreased. According to the results of coagulation tests performed on roughness, it is seen that the sample with lower roughness value settled faster at lower collector concentrations. On the contrary, at higher collector concentrations, it is observed that the less rough material settled slowly.

Keywords: Hematite, Flotation, Coagulation, Morphology, Shape Factor, Roughness

1. GİRİŞ

Hematit (Fe2O3) yaygın olarak bulunan önemli bir demir mineralidir. Hematit paramanyetik, iyi elektrik ve ısı iletkenliği olan bir malzemedir. Özgül ağırlığı (5,26) ve çizgi rengi kırmızıdır. İnce boyuttaki hematitin zenginleştirilmesinde diğer yöntemler daha az etkin olduğu için hematit mineraline flotasyon işlemi işlemi uygulamalarında tane yüzeyi morfolojisinin hematit mineralinin flotasyonuna etkisi incelenmiş ve bunun muhtemel endüstriyel uygulamalardaki başarısı irdelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

İri boyutlu hematit numunesinin boyutunu küçültmek amacıyla numune sırasıyla çeneli kırıcı, konili kırıcı ve merdaneli kırıcıda kırılmıştır. Numune elenerek -2+1 mm boyut aralığında malzeme çelik bilyalı değirmen ile farklı yuvarlaklık değerleri elde etmek için farklı sürelerde öğütülmüş -74+38 mikron boyut aralığındaki malzemenin önce şekil faktörü analizi daha sonra belli parametreleri sabit tutularak şekil faktörü farkına bağlı mikroflotasyon ve topaklanma deneyleri yapılmıştır. Numune, silisyum karbür ile pürüzlendirilerek aynı koşullarda pürüzlülüğe bağlı mikroflotasyon ve topaklanma deneyleri tekrarlanmıştır.

Tablo 2.1: XRF analiz sonuçları

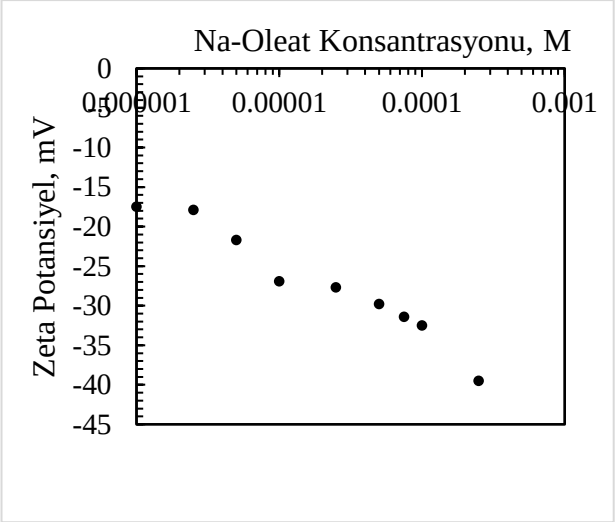
HEMATİT	
Formula	Concentration
Na2O	0,28%
MgO	0,29%
Al2O3	1,85%
SiO2	5,40%
P2O5	0,11%
K2O	0,16%
CaO	0,41%
TiO2	0,05%
MnO	0,04%
Fe2O3	89,49%
SO3	0,13%
As2O3	0,03%
Cr2O3	0,01%
V2O5	0,05%
LOI	1,62%
TOPLAM	99,96%

Gerçekleştirilen XRF analizi sonucu cevherin %89,49 oranında Fe_2O_3 içerdiği Tablo 2.1'de görülmektedir.

3. DENEY SONUÇLARI

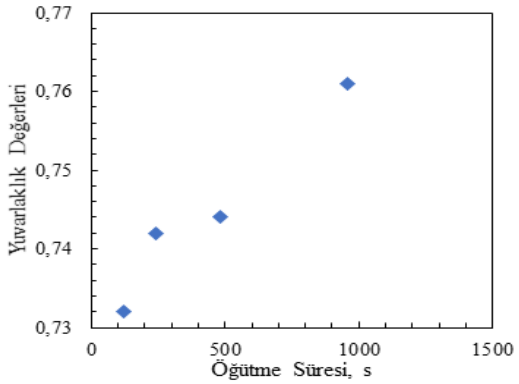
3.1. Zeta Potansiyeli

Flotasyon ve topaklanma deneyleri öncesinde, farklı sodyum oleat konsantrasyonlarında zeta potansiyel ölçümleri yapılmıştır (Şekil 1). Bu çalışmalar neticesinde, artan kollektör konsantrasyonlarında hematitin daha negatif yük aldığı bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar artan oleat konsantrasyonlarında tanelerin oleatla adsorpsiyonunun arttığına işaret etmektedir.



Şekil 3.1. Zeta Potansiyeli Eğrisi

3.2. Öğütmeye Bağlı Şekil Faktörü Sonuçları

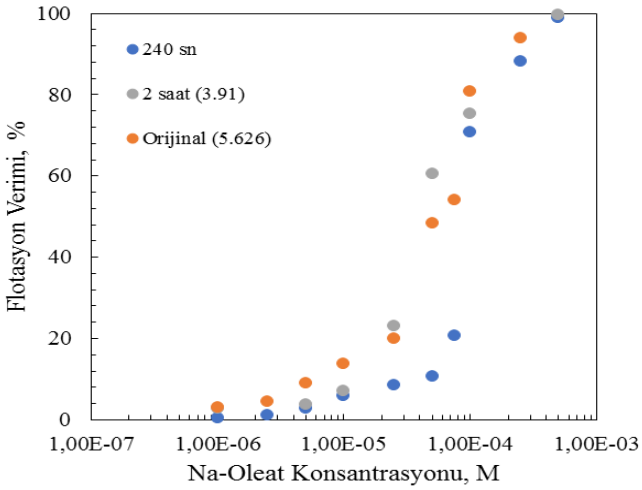


Şekil 3.2. Öğütme süresine bağlı yuvarlaklık değerleri.

Şekil 3.2'de gösterilen sonuçlara göre hematit mineralinin öğütme süresinin artışına bağlı olarak tanecik kenarlarının törpülenerek yuvarlaklık değerinin arttığı görülmektedir.

3.3. Mikroflotasyon Deneylerinin Sonuçları

Literatürde yer alan pürüzlülüğün ve şekil faktörünün birlikte değerlendirildiği güncel çalışmalarda, şekil faktörünün bilhassa hem düşük hem yüksek konsantrasyon aralıklarında etkili bir unsur olduğu ortaya konulurken, pürüzlülüğün ise yalnızca düşük konsantrasyonlarda etkili olabildiği gösterilmiştir (Güven vd. 2017, Güven ve Çelik, 2016).

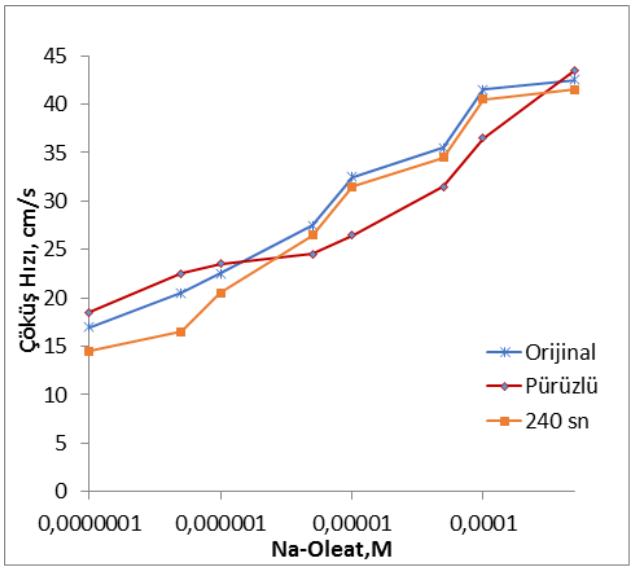


Şekil 3.3. Pürüzlülük ve şekil faktörüne bağlı flotasyon sonuçları

0,761 yuvarlık değerine sahip orijinal numunenin flotasyon veriminin, 0,742 yuvarlaklık değerine sahip 240 sn öğütülmüş numuneden daha fazla olduğu Şekil 3.3'te görülmektedir. Flotasyon verimi- pürüzlülük karşılaştırması yapıldığında düşük konsantrasyonlarda daha pürüzlü malzemenin flotasyon verimi daha yüksek iken yüksek konsantrasyonlar için net bir sonuca varılamamaktadır.

3.4. Topaklanma Deneylerinin Sonuçları

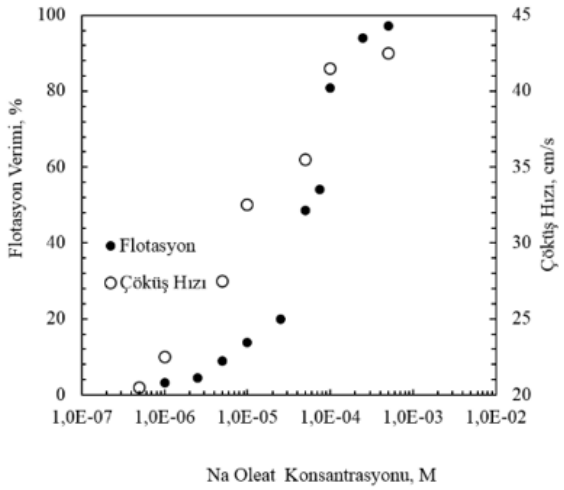
Literatürde pürüzlü tanelerin pürüzsüz ve yuvarlak tanelere göre daha hızlı koagüle olduğu belirtilmiştir. (Hasanzadeh ve diğ. 2016).



Şekil 3.4. Pürüzlülük ve şekil faktörüne bağlı çöküş hızı deneyi sonuçları

Pürüzlülüğe bağlı yapılan topaklanma deneyleri sonuçlarına göre düşük konsantrasyonlarda 2 saat pürüzlendirilmiş 3,91 mikron pürüzlülük değerine sahip numunenin çöküş hızının 5,626 mikron pürüzlülük değerine sahip numuneden daha fazla olduğu görülmektedir. Fakat yüksek konsantrasyonlarda tersine 2 saat pürüzlendirilmiş malzemenin daha yavaş çöktüğü gözlemlenmektedir.

Şekil 3.4'te yuvarlaklığın pürüzlülük üzerine etkisi net olarak görülmektedir. 0,761 yuvarlaklık değerine sahip orijinal numunenin çöküş hızı, 0,742 yuvarlaklık değerine sahip 240 sn öğütülmüş numuneden daha fazladır.



Şekil 3.5. 960 sn öğütülmüş numunenin flotasyon ve çöküş hızı deneyi sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 3.5'te verilmiş olan flotasyon ve çöküş hızı deneyleri sonucunda yeterli sayıda veri elde edilemediği için dönüm noktalarının çakışıp çakışmadığına dair kesin bir sonuç elde edilememektedir.

4.SONUÇLAR

117M659 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında yapılan bu tez çalışmasında, morfolojik özelliklerin hematit mineralinin flotasyonu ve topaklanma davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

- Sivas-Divriği'den temin edilen hematit numunesi %89.5 Fe içeriğine sahip olup, deneysel çalışmalarda kullanılacak derecede saflığa sahiptir.
- Numune sırasıyla çeneli-konili-merdaneli kırıcılarda kırıldıktan sonra, -2+1 mm fraksiyonundaki malzeme farklı sürelerde öğütme işlemine tabi tutulmuştur.
- Farklı öğütme sürelerinden elde edilen numunelere şekil faktörü analizi yapılmış ve birbirinden farklı yuvarlaklık derecelerindeki numuneler (0,732, 0,742 ve 0,761) ile flotasyon ve topaklanma deneyleri gerçekleştirilmiştir.
- Flotasyon deneyleri sonucunda malzemenin yuvarlaklığın bir fonksiyonu olarak yüzdüğü belirlenmiştir. Bir diğer deyişle yuvarlaklık arttıkça flotasyon veriminin de doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür.
- Yuvarlaklık-topaklanma ilişkisi incelendiğinde, hematit minerali için yuvarlaklık arttıkça çöküş hızı artmaktadır.
- Farklı pürüzlülük dereceleri, miktarca en fazla olan malzeme kullanılarak sırasıyla 1 ve 2 saat süre aralıklarında SiC ile elde edilmiştir.
- Pürüzlülük-flotasyon verimi ilişkisi incelendiğinde, düşük konsantrasyonlarda daha pürüzlü malzemenin flotasyon verimi daha yüksek iken yüksek konsantrasyonlar için net bir sonuca varılamamaktadır.
- Flotasyonla aynı şartlarda yapılan topaklanma deneylerinde, çökme hızı değerlerine bakıldığında ve pürüzlülük değeri yüksek tanelerin düşük konsantrasyonlarda daha yavaş çöktüğü belirlenmiştir. Fakat yüksek konsantrasyonlarda bunun tersine pürüzlü taneler daha hızlı çökmektedir.
- Flotasyon verimi-topaklanma grafikleri incelendiğinde, büküm noktaları arasındaki ilişki yeterli sayıda veri elde edilemediği için gösterilememiştir.

5. TEŞEKKÜR

117M659 nolu proje kapsamında bitirme çalışamamı yapmama fırsat verdiği için **TÜBİTAK'**a teşekkür ederim.

6. KAYNAKLAR

Guven, O., & Celik M.S. (2016). Interplay of Particle Shape and Surface Roughness to Reach Maximum Flotation Efficiencies Depending on Collector Concentration. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review* 37, 412-417.

Hassanzadeh, A., Tanısalı, E., Hassas, B.V., Karakaş, F., Çelik, M.S. 2016. "Effect of Particle Morphology on Coagulation of Silica", Proceedings of XXVIII International Mineral Processing Congress, Quebec, Canada.

Organik Bastiricilarin Pirit Flotasyonuna Etkisi

The Effects of Organic Depressants on Flotation of Pyrite

S. Özkan, B.Aydın, G. Bulut.
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Pirit, Türkiye ve dünyada yaygın olarak bulunan bir sülfür mineralidir. Genellikle bakır cevherlerinin flotasyonu sonucu yan ürün olarak ortaya çıkmakta ve sülfürik asit üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Pirit flotasyonda genellikle istenmeyen bir yan ürün olarak kabul edilir ve yüzmesini engellemek için çeşitli organik ve inorganik bastırıcılar kullanılmaktadır. En önemli organik pirit bastırıcıları nişasta, karboksimetil selüloz (CMC), etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), S7260 ve quebracho'dur. Bu çalışmada deneyler Halimond tüpünün modifiye edilmiş hali olan mikroflotasyon hücresi ile yapılmıştır. İlk olarak, farklı miktarlardaki kollektör ve sabit miktardaki köpürtücü ile deneyler yapılarak maksimum pirit verimi %99,40 olarak elde edilmiştir. Daha sonra, elde edilen optimum koşulda pH'a bağlı olarak yapılan incelemelerde pirit minerali için maksimum verimin doğal pH'ta, verimin büyük ölçüde düşürülebildiği noktanın ise pH 11'de olduğu saptanmıştır. Belirlenen iki pH değerinde, farklı türdeki (nişasta, karboksimetil selüloz (CMC), etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), S7260, quebracho) ve miktardaki (50 ppm, 100 ppm, 150 ppm) organik bastırıcıların flotasyon verimine etkisi incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre quebracho doğal pH'ta piritin verimini %49,13'e pH 11'de ise %8,01'e kadar düşürdüğünü göstermiştir. Nişastanın ise hem doğal pH'ta hem pH 11'de düşük konsantrasyonlarda bile pirit verimini önemli ölçüde düşürdüğü belirlenmiştir.

ABSTRACT Pyrite occurs as a by-product of flotation of copper generally and is used as a raw material in the production of sulfiric acid. Pyrite is considered as undesirable by-product in flotation and various organic and inorganic depressants are used to prevent floating. The most important organic depressants which depress pyrite are starch, carboxymethyl cellulose (CMC), ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA), S7260 and quebracho. In this study, the experiments were carried out by microflotation cell which is modified of Halimond tube. Firstly, experiments were carried out with different amounts of collector and constant amount of frother and maximum pyrite recovery was obtained as 99,40%. Then, the experiments were performed according to pH and it was determined that the maximum recovery for pyrite was at the natural pH and the point where the recovery could be greatly reduced was at pH 11 after optimum condition obtained. The effect of different types (starch, carboxymethyl cellulose (CMC), ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA), S7260, quebracho) and amounts (50ppm, 100ppm, 150ppm) of organic depressants was find out by experiments at determined pH. The results showed that quebracho reduced the recovery of pyrite to 49,13% at natural pH and reduced the recovery of pyrite to 8,01% at pH 11. Starch is also reduced the recovery of pyrite significantly at natural pH and pH 11.

Keywords: Pyrite Flotation, Depressants, pH.

1. GİRİŞ

Pirit (FeS_2), yerkabuğunda en bol bulunan sülfürlü minerallerden biridir. Çoğunlukla sülfidik kaynaklarda ve kömür madenlerinde atık olarak bulunmakla birlikte istenmeyen bir mineral olup, yaygın olarak flotasyon metodu ile uzaklaştırılır.

Flotasyon işlemi tane serbestleşme boyutu çok küçük olan tanelerin ayrılmasını mümkün kılan bir zenginleştirme yöntemidir. Ayrıca, gravite yöntemi ile zenginleştirilmesi mümkün olmayan değersiz olarak görülen düşük dereceli ve kompleks yapılı cevher yataklarının işletilebilmesini sağlamıştır (Atak, 2017).

Nişastalar patates nişastası ve doğal mısır nişastası şeklinde veya hidrolize nişasta olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu iki grupta α-D glikoz yapısındadır (Rath ve diğ., 1999). CMC selülozun eterifikasyonu sonucu oluşan anyonik bir polimerdir. Selülozun yapı birimi beta-D glikozdur ve doğrusal yapıda bir polisakkarittir. Monomerler ise 1. ve 4. karbondan bağlanırlar (Mua ve Diğ., 2016). S-7260 Cytec firması tarafından üretilmekte ve demir sülfürleri bastırması özelliği nedeniyle sülfürlü minerallerin flotasyonunda kullanılmaktadır (CYTEC, 2002). EDTA ($C_{10}H_{16}N_2O_8$) pirit bastırıcısı olarak kullanılan diğer bir organik bileşiktir. Cu ile aktive edilmiş piriti pH 6-11 arasında, ksantatların pirit yüzeyine adsorpsiyonunu azaltır. Ayrıca Fe-Ox, $Cu(OH)_2$ and Cu-DETA gibi hidrofilik ürünlerin üretimini arttırır (Ahmadi ve diğ., 2018). Quebracho, Arjantin, Brezilya ve Paraguay'da yetişen ve parke ağacı olarak bilinen hardwood trees ağacından elde edilir. Quebracho adı yerel lehçede balta kırıcı anlamına gelir ve ahşabın sertliğini ifade eder (Pearse, 2005).

2. MALZEME VE YÖNTEM

Kullanılan pirit numunesi Balıkesir Balya'dan getirilmiştir. Analiz sonucu deneyde kullanılacak olan numunenin %99' a yakın saflıkta olduğu saptanmıştır. Analiz sonuçları Tablo 2.1' de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Pirit Numunesinin Analiz Sonuçları

PİRİT	%
Pb	0,33
Fe	46,30
Zn	0,007
SiO2	0,45
S	53,16

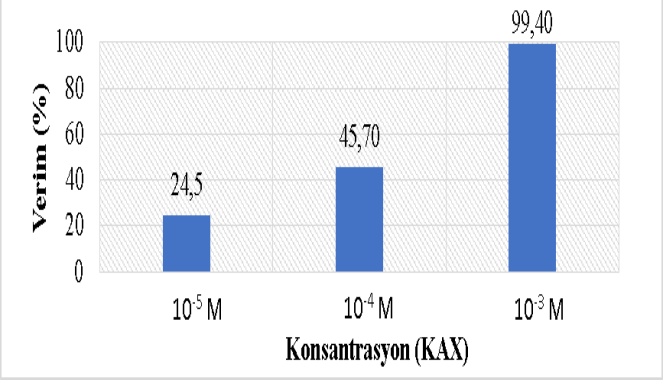
Pirit (800 gr) numunesi saf ve az miktarda olduğu için çekiçle 2mm altına kırıldı. Yine numunenin saf olması ve kirlenmemesi için öğütücü olarak agat havanı kullanıldı. Numune öğütüldükten sonra 0,1 mm'lik elekten elendi.

Mikroflotasyon Halimond tüpünün modifiye edilmiş halidir. Mikroflotasyon hücreleri küçük ölçekli deneylere uygundurlar. Numune yukarıdan beslenir ve aşağıdan hava verilir. Hidrofilik taneler bu kabarcıklardan etkilenmez ve çökerler, hidrofobik taneler ise kabarcıklar ile birlikte yüzerler. Bu uygulama, saf ve az miktarda malzeme ile yapılır. Mikroflotasyon hücresi 170 ml'lik hacimde olup, sabit 1 bar basınçta dakikada 100 ml hava vermektedir. Her deneyde 0.1 mm altı 1 gramlık pirit numunesi kullanılmıştır. Flotasyon işlemleri tamamlandıktan sonra elde edilen ürünler kurutularak tartılmıştır. Verim yüzen ürünün yüzde miktarı hesaplanarak belirlenmiştir.

3. MİKROFLOTASYON DENEYLERİ

3.1. Pirit Nmunesi Üzerinde Kollektör Konsantrasyonun İncelenmesi

Farklı konsantrasyonlardaki kollektör miktarı (10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} M) ve %1 lik MIBC (6 ppm) kullanılarak kollektör miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Kollektör ile 3 dakika kondüsyonlanan numune son 30 saniye köpürtücü ile kondüsyonlanmıştır. Flotasyon süresi 1 dakika olarak sabit tutulmuştur. Pirit numunesi üzerinde kollektör konsantrasyonun etkisini belirlemek üzere pH 6'da deneyler yapılmıştır Şekil 3.1'de gösterilen deney sonuçlarına göre 10^{-3} M kollektör ile en yüksek verim elde edilmiştir. Kollektör konsantrasyonuna bağlı olarak pirit verimi %99,40'a kadar yükselmiştir

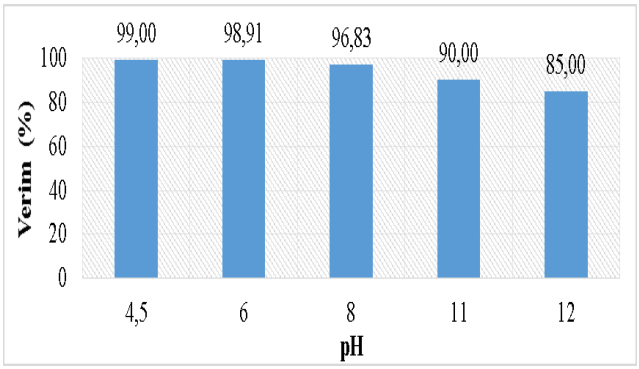


Şekil ***Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.****. Kollektör Miktarına Bağlı Pirit Numunesinin Flotasyon Verimi*

3.2. Pirit Numunesi Üzerinde pH Etkisinin İncelenmesi

İkinci deney grubunda belirlenmiş olan kollektör konsantrasyonu ile MIBC (6 ppm) pH 4,5-6-8-11 ve 12 aralığında yukarıda belirtilen sabit flotasyon koşullarında pH'ya bağlı deneyler gerçekleştirilmiştir.

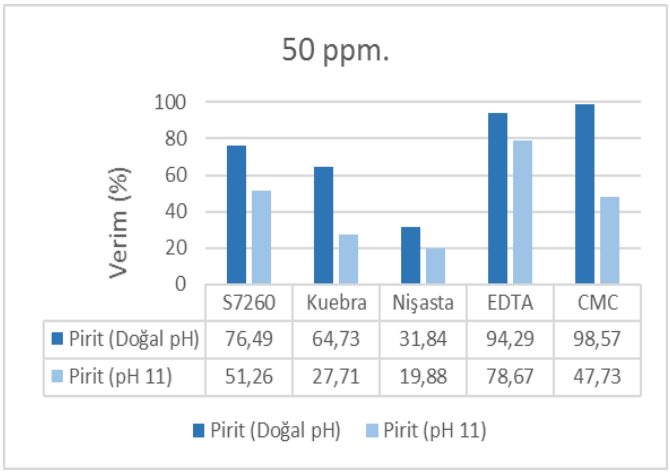
Bu deneylerin ardından üçüncü deney sisteminin doğal pH ve pH 11'de yapılmasına karar verilmiştir. Şekil 3.2'de gösterilen deney sonuçlarına göre pirit hemen hemen bütün pH'larda yüksek verimlerle yüzebilmektedir.



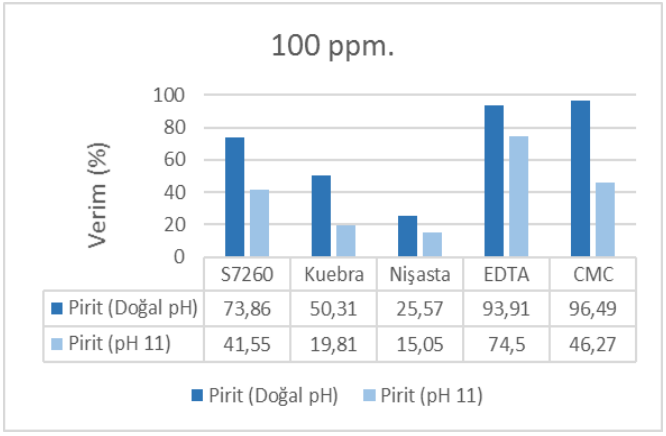
Şekil 3.2. pH'a Bağlı Olarak Yapılan Pirit Numunesinin Flotasyon Verimi

3.3. Pirit Numunesi Üzerinde Bastırıcıların Etkisinin İncelenmesi

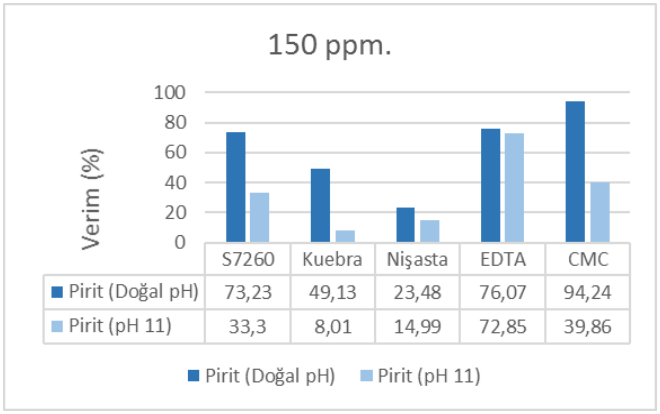
Üçüncü deney grubunda, farklı bastırıcılarının (S7260, Quebracho, Nişasta, EDTA, CMC) pirit numunesi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla kollektör (10^{-3} M), MIBC (6 ppm) ve farklı konsantrasyonlarda bastırıcılar ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Bastırıcılar %1'lik çözeltiler halinde hazırlanarak 50, 100 ve 150 ppm olarak 3 farklı konsantrasyonda, numunenin doğal pH (6) değerlerinde ve pH 11'de incelenmiştir. Bastırıcıların tümünde 5 dakika kondisyon süresi verilmiştir. Diğer koşullar yukarıda belirtildiği gibi sabit tutulmuştur. Deney sonuçları Şekil 3.3, 3.4 ve 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. 50 ppm Bastırıcı Konsantrasyonlarında Pirit Flotasyon Verimlerinin Karşılaştırılması



Şekil 3.4. 100 ppm Bastırıcı Konsantrasyonlarında Pirit Flotasyon Verimlerinin Karşılaştırılması



Şekil 3.5. 150 ppm Bastırıcı Konsantrasyonlarında Pirit Flotasyon Verimlerinin Karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

- Bastırma etkisini daha net görebilmek için piriti en yüksek verimde yüzdürebilen KAX miktarı 10^{-3} M olarak seçilmiştir.
- pH'a bağlı deneylerde piritin bütün pH değerlerinde yüksek verimlerde yüzdüğü ancak pH arttıkça az miktarda düşüşlerin meydana geldiği saptanmıştır. Özellikle en belirgin düşüş pH 11'de gözlemlenmiştir. Bu sebeple bastırıcıların etkisinin incelendiği deneyler hem doğal pH'da hem de pH 11'de gerçekleştirilmiştir.
- Deneylerde S7260, CMC, nişasta, quebracho, EDTA gibi organik bastırıcılar kullanılmıştır. Deney sonuçları incelendiğinde, doğal pH'da en etkili bastırıcının nişasta olduğu belirlenmiştir. Bastırıcı kullanılmadan %99'lara ulaşan pirit verimleri, 150 ppm nişasta kullanımı ile %23.48'e düşmektedir. pH 11'de 150 ppm quebracho ile yapılan deneylerde ise bastırıcısız ortamda elde edilen %90 pirit veriminin %8.01'e düştüğü belirlenmiştir.

• Bütün bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde özellikle nişasta ve quebrachonun pirit flotasyonunda başarılı bir bastırıcı olduğu anlaşılmaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda elde edilen bu sonuçların cevherler üzerinde denenmesi önerilmektedir. Hatta diğer sülfür mineralleri üzerinde de aynı araştırmaların yapılması kompleks cevherlerin zenginleştirilmesinde bir yol gösterici olacaktır.

5. KAYNAKLAR

Ahmadi, M., Gharabaghi, M., Abdollahi, H., 2018. Effects of type and dosages of organic depressants on pyrite floatability in microflotation system. School of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran 1439957131, Iran

Atak, S., 2017. Flotasyonun Önemi. *"*Cevher Hazırlamada 100 Yıl*"*, İstanbul, İTÜ Vakfı Yayınları

CYTEC, 2002, "Mining Chemicals Handbook",CYTEC, Revised Edition

Mua, Y., Peng, Y., ,Lauten, R.A., 2016. "The depression of pyrite in selective flotation by different reagent systems" – A Literature review, Minerals Engineering, 96-97, 143-156

Pearse, M.C., 2015. "An overview of the use of chemical reagents in mineral processing", Minerals Engineering, 18 139–149

Rath, R. K. and S. Subramanian, J. S. Laskowski; 1999, "Interaction of Guar Gum with Hydrophobic Solids", Polymers in Mineral Processing, Laskowski, J. S. (Ed.), MetSoc of CIM, 185-202

REFRAKTER ALTIN CEVHERİ FLOTASYON KONSANTRESİNE UYGULANAN MİKRODALGA ENERJİLİ KAVURMANIN İNCELENMESİ

G.Bulut

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

B.Benli

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

T.Uslu , Ü. Atalay

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği, Trabzon

ÖZET Bu çalışmada, toplu sülfür flotasyonu sonrası elde edilen konsantre ürüne uygulanan mikrodalga enerjisinin refrakter altın cevherinin siyanür liçi öncesi kükürt içeriğine ve tane karekteristiğine olan etkisi incelenmiştir. Çalışmada, Kışladağ Altın Madeni (Tüprag Metal Madencilik, Ulubey, UŞAK)'ninden temin edilen 1.37 ppm altın içeren sülfürlü mineral içeriği yüksek numune kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar, iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, toplu sülfür flotasyonu yapılarak, %82 altın verimi ile 4 ppm altın içeriğine ulaşılmıştır. Bu esnada, %18 kükürt içeriği %80 verimle sağlanmıştır. İkinci aşamada ise flotasyon konsantresine mikrodalga enerjisi ile ön işlem uygulanarak kavurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sözkonusu deneyler, yanıt yüzey yöntemine göre tasarlanmış, 3-faktörlü Box-Behnken deney tasarımı üzerinden tasarlanmıştır. Deneylerin karşılaştırılmasında, prosesin etkili parametreleri olarak düşünülen güç (Watt), süre (dakika) ve kütle (g) değişkenleri ve ikili etkileşimleri Minitab programı ile analiz edilmiştir

ABSTRACT In this study, the effect of the microwave energy applied to the concentrated product obtained after bulk sulfur flotation on the sulfur content and the characteristics of the refractory gold ore before the cyanide leaching was investigated. The power (watt), duration (minutes) and mass (g) variables and their binary interactions were analyzed by Minitab program.

1 GİRİŞ

Minerallerin konvansiyonel ısıl işlemi yüksek enerji tüketen bir süreç olduğundan, günümüzde ülkelere göre değişmekle birlikte çoğu ülke için ekonomik değildir. Bu yüzden, araştırmacılar daha etkili süreçler aramışlardır. Bu süreçlerden biri de mikrodalga enerjisini kullanan uygulamalardır. Cevher hazırlama alanında ise 1960' lardan sonra mikrodalga kullanılmaya başlanmıştır.

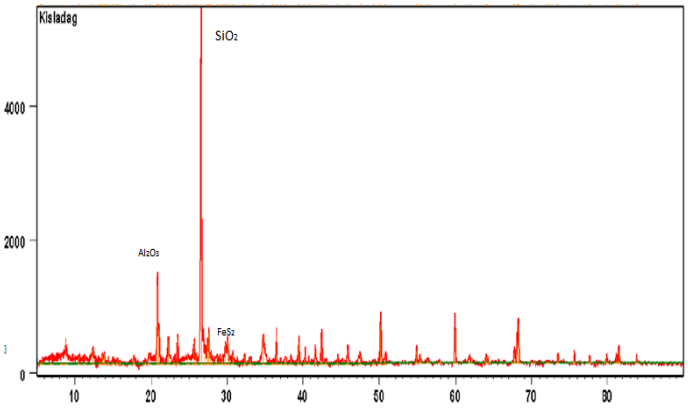
Mikrodalga enerji; ısıtma, kurutma, liç işlemi, kavurma, ergitme, oksitli minerallerin karbotermik redüksiyonu, seramik malzemelerin sentez, kurutma ve sinterleme gibi işlemlerin uygulanmasında kullanılabilir. Günümüzde, kömür endüstrisinde özellikle öğütme, kükürt giderimi ve susuzlaştırma gibi uygulamalarla önemli bir potansiyele sahip bulunduğunu ve giderek mikrodalganın sektörde yaygınlaştığını görmekteyiz.

2 MALZEME VE METHOD

Bu çalışmada Uşak Kışladağ Altın Madenine (Tüprag Metal Madencilik, Ulubey) ait sülfürlü bir zona ait numuneler kullanılmıştır. Öncelikle cevher sırasıyla çeneli kırıcı, konili kırıcı ve merdaneli kırıcıda kırılarak boyutu 1 mm'ye kadar düşürüldü. Daha sonra numune bilyalı değirmende 30 + 30 dk olmak üzere kademeli olarak öğütülüp %100 'ü 106 mikron altına düşürülüp flotasyona hazırlandı. Kışladağ numunesibe ait boyut dağılım grafiği Şekil 2.1'de ve XRD difraksiyonu grafiği de Şekil 2.2'de verilmektedir

Boyut, µm	Miktar, %	Toplam Elek Altı, %	Toplam Elek Üstü, %
+106	1,8	100	1,8
-106 +75	7,9	98,2	8,7
-75+53	10,3	90,3	19,0
-53+38	9,1	80,0	27,1
-38	70,9	70,9	100
TOPLAM	100		

Şekil 2.1 Kışladağ numunesibe ait boyut dağılım grafiği



Şekil 2.2. Kışladağ Numunesine Ait XRD Difraksiyonu

3 FLOTASYON DENEYLERİ

En uygun koşullar değerlendirilerek, yüksek altın içeren konsantre elde etmek için iki kademeli kaba flotasyon deneyleri Denver marka D12 model laboratuvar tipi flotasyon makinasında yapılmıştır.

Kaba flotasyon deneyinde uygulanan koşullar aşağıda listelenmiştir

pH: 4.0 – 4.5

Na2SİO2: 10 cc (1000 g/t + 1000 g/t)

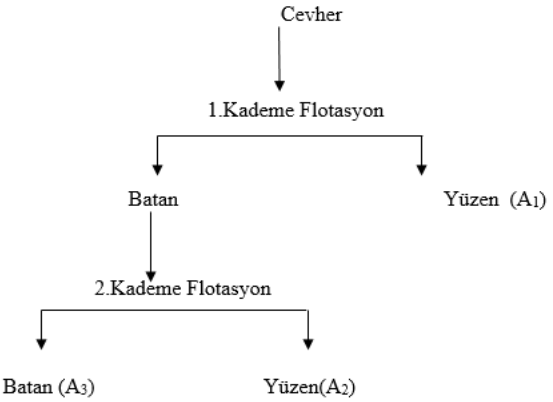
3418A: 50 + 50 g/t

A208: 50 + 50 g/t

MIBC: 25 + 25 g/t

Kondisyon süresi: 10 + 5 dakika

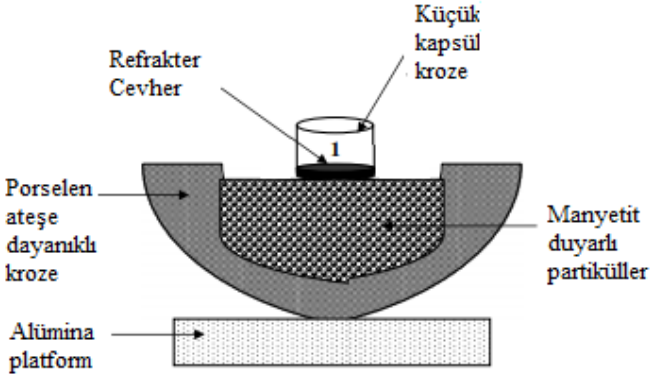
Flotasyon akım şeması ise Şekil 3.1'deki gibidir.



Şekil 3.1 Flotasyon Akım Şeması

4 MİKRODALGA ENERJİLİ KAVURMA DENEYLERİ

MD554 model Intellowave (Arçelik, Çin) 50Hz, 1200W, 2450 MHz çalışma frekansına sahip mutfak tipi mikrodalga fırında gerçekleştirilmiştir. Sözkonusu deneyler (Şekil 4.1), yanıt yüzey yöntemine göre tasarlanmış. Mikrodalga deneyleri için etkili parametreler: güç (Watt), süre (dakika) ve kütle (g) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Mikrodalga Fırın kesiti

Deney düzeneğine göre hazırlanan numuneler, mikrodalga altında ısıtılmıştır. Mikrodalga soğurumu manyetit sayesinde sağlanan deneylerde, dolaylı olarak cevher ısıtmaya tabi tutulmuştur.

Deneysel tasarım ile elde edilen sonuçlar Şekil 4.2 de verilmektedir.

Deney No	Miktar (g)	Süre (dak)	MW Güç (W)	Sıcaklık (°C)	İşlem sonrası miktar, g	Kızdırma Kaybı, %
1	4	40	680	187	3,769	5,8
2	4	60	360	-	3,398	15,1
3	2	40	1000	298	1,747	12,7
4	2	20	680	246	1,724	13,8
5	4	20	1000	300	3,455	13,6
6	6	40	360	-	5,883	2,0
7	4	20	360	-	3,916	2,1
8	4	40	680	187	3,476	13,1
9	6	20	680	246	5,846	2,6
10	6	60	680	-	5,9	1,7
11	4	60	1000	-	3,565	10,9
12	6	40	1000	-	5,392	10,1
13	4	40	680	187	3,376	13,1
14	2	40	360	-	1,964	1,8
15	2	60	680	300	1,813	9,4

Şekil 4.2 Deneysel tasarım ve sonuçlar

4. GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, flotasyon sonrası elde edilen konsantre ürüne uygulanan mikrodalga enerjisinin refrakter altın cevherine olan etkisi incelenmiştir. Çalışmada, Kışladağ Altın Madeni (Tüprag Metal Madencilik, Ulubey, UŞAK)'ninden temin edilen 1.37 ppm altın içeren sülfürlü mineral içeriği yüksek numune kullanılmış, flotasyon sonrası %82 verimle 4.34 ppm altın içeriğine yükselirken, %18 kükürt içeriği %80 verimle sağlanmıştır. Ardından ikinci aşamada, flotasyon konsantresine mikrodalga enerjisi ile ön işlem uygulanarak kavurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sözkonusu deneyler, yanıt yüzey yöntemine göre tasarlanmış, 3-faktörlü Box-Behnken deney tasarımı, prosesin etkili parametreleri olarak düşünülen güç (Watt), süre (dakika) ve kütle (g) değişkenleri ve ikili etkileşimleri analiz edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Cevher Hazırlama Mühendisliği bölümünün tüm olanak ve imkânlarını sunan, laboratuvar kullanımına izin veren değerli Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Gülay BULUT ve önceki bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Ali Ayhan SİRKECİ' ye, bütün çalışmam boyunca beni destekleyen başta tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Birgül BENLİ olmak üzere tüm bölüm hocalarımıza, gerek bilgisi gerek manevi desteği ile bana her şekilde yardımcı olan Dr. Hüseyin BAŞTÜRKÇÜ' ye her zaman güler güler yüzüyle yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Zeynep YEŞİLYURT'a, gerek eğitim gerekse iş hayatı konusunda tecrübelerini her daim bizlerle paylaşan Sayın Prof. Dr. Alim GÜL' e teşekkürlerimi sunarım.Sevgili annem Nuray ADEM' e, babam Atila ADEM' e ve abim Atalay ADEM' e bugüne kadar hiçbir maddi ve manevi desteklerini esirgemedikleri ve her zaman arkamda oldukları için minnettarım. Yalnızca bu çalışmayı bitirmem konusunda değil hayatımda da en büyük yardımcım olan sevgili eşim Beril ADEM' e sonsuz teşekkür ederim. Bu uzun üniversite hayatımın nerdeyse her saatini beraber paylaştığım sevgili arkadaşlarım Hüseyin Melik ÇİFTÇİ, Ertuğ KÖPÜK, Sinem DEDEOĞLU, Uğur SEZGİNEL, Sinan ARSLANGİL ve Alper TONBA' ya teşekkür ediyorum. Ayrıca lise yıllarından beri her zaman beraber olduğum arkadaşlarım Cem ARSLAN, Barış UÇAR, Gökhan KÜÇÜK ve İlkay YAŞAR' a da çok teşekkür etmek istiyorum.

KAYNAKLAR

Adams, M. D, 2005. Advances in Gold Ore Processing, Elsevier.

Amankwah, R. Khan, A. Pickles, C. Yen, W., 2005. Improved grindability and gold liberation by microwave pretreatment of a free-milling gold ore. Miner. Process. Extr. Metall., 114, 30–36.

Xiujuan S., Wei, M.O., Shaojian, M.A., Yang, J., Lin, M., 2010. Experimental Study on Microwave Pretreatment with Some Refractory Flotation Gold Concentrate, Advanced Materials Research, 11-11, 158, 71-75.

GÜMÜŞTAŞ A.Ş.'YE AİT SÜLFÜRLÜ BAKIR CEVHERİNİN FLOTASYON YÖNTEMİYLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Benefication of suphur copper ore with flotation method taken from Gümüştaş A.Ş.

B. Başkurt, Z. Üçerler, A. Gül.
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Çalışma kapsamında Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş tarafından gönderilen numunenin öncelikle komple kimyasal analiz ve mineralojik incelemeleri yapılmıştır. Daha sonra temsili numune flotasyon için uygun boyuta öğütülmüş ve flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon ile zenginleştirme deneyleri kapsamında toplayıcı cins ve miktarının etkisi, tane boyutunun etkisi, bastırıcı miktarı ve cinsinin etkisi, pH'ın etkisi ve pH ayarlayıcı parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Kollektör cinsinin belirlenmesi için Hostaflot 3403, Aerophine 3418 A, Danafloat 507 reaktifleri kullanılarak üç deney yapılmıştır. Deneyler sonucunda Hostaflot3403 ile yapılan deneyde, toplam metal verimi %88,7 ve artıktaki içerik 0,90 ile en uygun sonucu vermiştir. Tane boyutunun etkisinin incelenmesi için üç farklı boyut grubunda deneyler yapılmıştır. Tane boyutu küçüldükçe selektifliğin kaybolduğu ve sürüklenme ile taşınan malzeme miktarının arttığı gözlemlenmiştir. -0,074 mm ile yapılan deney sonucunda toplam metal verimi % 88,7 ve 1,02 artık içeriği ile en uygun boyut grubunun -0,074 mm olduğu sonucuna varılmıştır. Deneyler kapsamında 3 farklı bastıcı cinsi ve miktarları denenmiştir. Bastırıcı kullanılmaması veya $Na_2S_2O_5$, S7260 ve nişasta bastırıcılarının tek başlarına etkili olmadıkları gözlemlenmiştir. Sonuç olarak $Na_2S_2O_5$ ve S7260 bastırıcılarının beraber kullanılması sonucuna varılmıştır. pH'ın etkisini incelemek üzere pH:7, 10 ve 11,8' de yapılan deneyler sonuncunda pH'ın gang minerali olan pirit için bastırıcı etkisi oldumadığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple en uygun pH'ın 7 olduğu sonucuna varılmıştır. Farklı pH ayarlayıcı olarak $Ca(OH)_2$ ve Na_2CO_3 kullanılan deneyler sonuçları arasında çok büyük fark olmaması sonucunda, pH ayarlayıcı olarak kireç kullanılmasına karar verilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Bakır, Flotasyon, Toplayıcı Cinsi, Bastırıcı, Tane Boyutu, pH, pH Ayarlayıcı.

ABSTRACT In the aim of the study, the sample taken from Gümüştaş Mining and Ticaret A. Ş was primarily conducted with complete chemical analysis and mineralogical examinations. Then, the representative sample was grinded to the appropriate size for flotation and flotation experiments were carried out. In the context of flotation and enrichment experiments, the effect of the collector amount and type, the effect of grain size, the effect of the amount of deppressant, the effect of the pH and the effect of pH regulator parameters are investigated. Three experiments were conducted using Hostaflot 3403, Aerophine 3418 A, Danafloat 507 reagents to determine the collector type. As a result of the experiments with Hostaflot3403, the total metal recovery 88.7% and the residual content has yielded the most appropriate results with 0.90. Experiments were conducted in three different particle size groups to investigate the effect of grain size. As the grain size is reduced, the amount of material that is lost and transported by drift is observed. The result of the experiment with 0.074 mm was concluded that the total metal recovery was 88.7% and 1.02 is now the most suitable size group-0.074 mm. In the scope of the experiments, 3 different types of depressant and amount were tested. It is observed that the depressant is not used or that $Na_2S_2O_5$, S7260 and starch suppressant are not effective on their own. As a result, the use of $Na_2S_2O_5$ and S7260 depressants has been concluded. In order to examine the effect of pH: 7, 10 and 11.8 in the last experiments conducted in pH, non-depressant effect was observed for the pyrite, which is the gang mineral. Therefore, it is concluded that the most suitable pH is 7. As a result of a very large difference between the results of the experiments used in Ca (OH) $_2$ and Na_2CO_3 as different pH regulator, it is decided to use lime as a ph regulator.
Keywords: Copper, Flotation, Collector Type, Depressants, Particle Size, pH, pH Regulator

1. GİRİŞ

Bakır, sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerden dolayı endüstrinin birçok

alanında kullanılmaktadır. Bu özellikler ve kullanım alanlarıyla ilişkileri şu şekilde sıralanabilir: paslanmazlık özelliğinden dolayı kaplama malzemesi olarak, yüksek elektrik iletkenliği özelliğinden dolayı elektrik-elektronik malzemelerin üretiminde, şekil verilebilme özelliğinden dolayı süs eşyaların yapımında sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca çok çeşitli alaşımlar yapabilmesinden dolayı endüstride birçok değişik alanda farklı amaçlarla kullanılmaktadır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş tarafından gönderilen numunenin öncelikle komple kimyasal analiz ve mineralojik incelemeleri yapılmıştır. Maksimum tane boyutu 5 cm olarak gelen cevher öncelikle konili kırıcıda ardından merdaneli kırcıda tamamı 2 mm altında olacak şekilde kırılmıştır. Temsili numune alınarak mineralojik inceleme ve kimyasal analize gönderilmiştir.

Tablo 2.1: Elementer analiz sonuçları

Element	%	Element	%
Cu	3,95	Mg	0,9
Zn	0,92	Al	0,79
Fe	35,41	SiO_2	10,44
S	34,70	Au	0,26 (ppm)
Pb	0,11	Ag	15,94 (ppm)
Ca	0,63	Co	539,5 (ppm)

Gerçekleştirilen mineralojik inceleme sonucunda, numunede en yaygın bileşenin pirit olduğu tespit edilmiştir. Piritin hem serbest taneler hem de numunede bulunan diğer tüm cevher taneleriyle bağlı olarak da bulunduğu gözlemlenmiştir.

Numune parlatma yüzeyi ölçeğinde yaklaşık % 10 oranında kalkopirit ($CuFeS_2$) % 1 oranında sfalerit (ZnS), ve % 30 oranında pirit (FeS_2) içermektedir. Kalkopirit tanelerinin boyutları 1-150 mikron arasında değişebilmektedir.

3. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

3.1. Kaba Devre Flotasyon Şartlarının Belirlenmesi

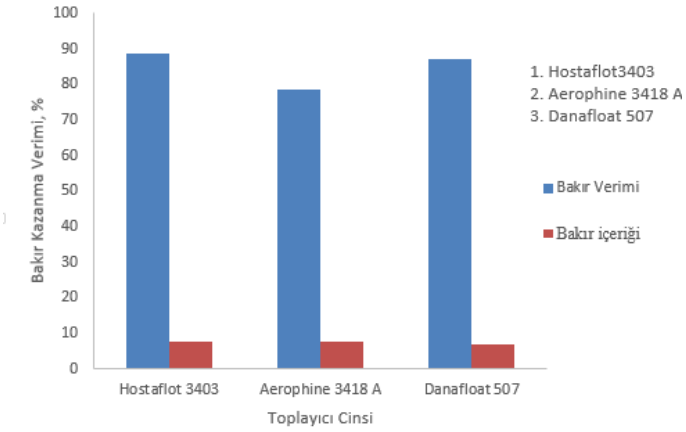
Tez kapsamında, Gümüştaş Madencilik ve Ticaret A.Ş.'ye ait sülfürlü bakır cevherinin flotasyonla zenginleştirilmesi incelenmiştir. Deneylerde kollektör cinsi, tane boyutu, bastırıcı miktarı, pH, pH düzenleyici parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Toplayıcı olarak Hostaflot 3403, Danafloat 507, Aerophine 3418A reaktifleri; tane boyutu olarak -0,074mm, -0,053mm, -0,038mm; pH olarak 7, 10 ve 11,8 değerleri; pH ayarlayıcı olarak kireç $Ca(OH)_2$ ve Na_2CO_3.

3.1.1. Toplayıcı Cinsinin Etkisi

Çalışma kapsamında öncelikle Hostaflot 3403, Danafloat 507 ve Aerophine 3418 A reaktifleri diğer bütün şartlar aynı olmak üzere denenmiştir. Deney sonuçları göz önünde bulundurularak diğer parametrelerin incelenmesinde tek bir toplayıcı kullanılması planlanmıştır.

Deney Şartları

pH: 10
RPM,dev/dk: 1500
Na_2SiO_3, g/t: 1000
$Na_2S_2O_5$, g/t: 500+500+500+500+500+500
S7260,g/t: 50+50+50+50+50+50
Kıvam, dk: 10+5+5+5+5+5
Toplayıcı, g/t: 20+20+20+20+20+20
MIBC, g/t: 40+20+20+20+20+20
Kıvam, dk: 3+3+3+3+3+3
Flot. Süresi, dk: 3+3+3+3+3+3



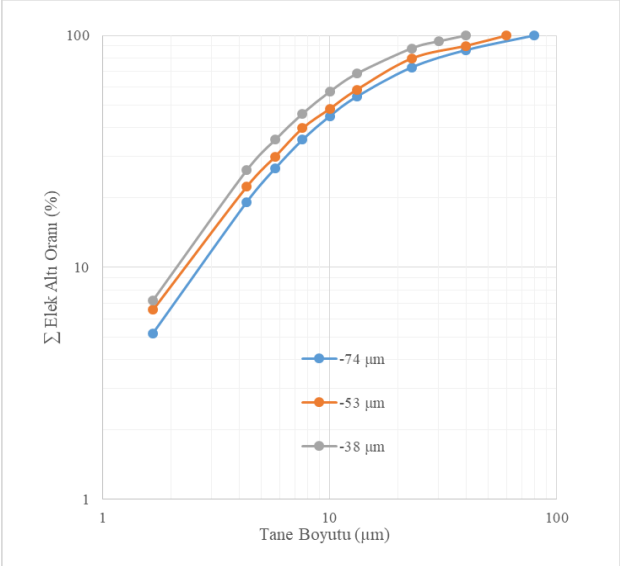
Şekil 3.1. Toplayıcı Cinsinin İncelendiği Deney Sonuçları

Deney sonuçları metal verimi, metal içeriği ve artıktaki metal içeriği bakımından karşılaştırıldığında %88,7 metal verimi ve artıkta 0,90 metal içeriği ile en uygun toplayıcının HostaFlot 3403 olduğuna karar verilmiştir.

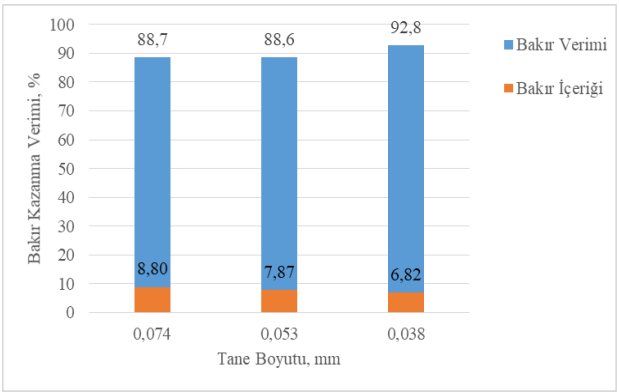
3.1.2. Tane Boyutunun Etkisi

Cevherin serbestleşme boyutu göz önünde bulundurularak flotasyon deneylerinin -0,074 mm, 0,053 mm ve -0,038 mm olmak üzere üç boyut grubunda yapılması planlanmıştır. Öğütme işlemi iki kademede gerçekleştirilmiştir, ilk kademe öğütme yapıldıktan sonra eleme yapılarak ayrılan elek üstü malzeme tekrar öğütülmüştür.

Tane boyutunun etkisinin incelendiği deneyler pH:10'da yapılmıştır. Toplamda 1000 gr/t Na_2SiO_3, 3000 gr/t $Na_2S_2O_5$, 300 gr/t S7260, 120 gr/t HostaFlot3403, 140 gr/t MIBC kullanılmıştır.



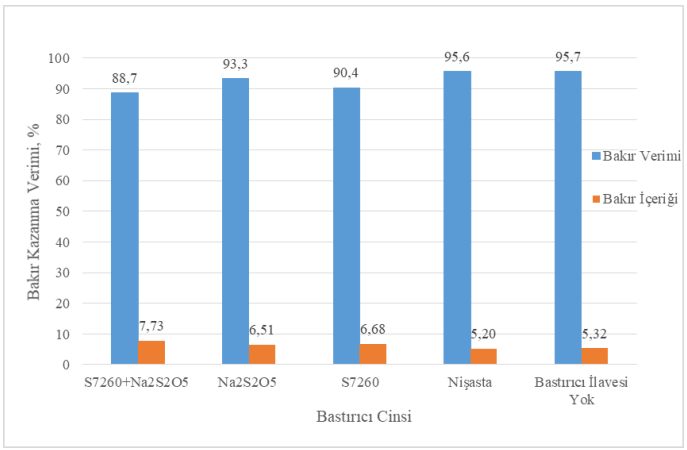
Şekil 3.2. Farklı Tane Boyutlarına Göre Elek Altı Eğrileri



Şekil 3.3. Tane Boyutunun Etkisinin İncelendiği Deney Sonuçları

3.1.3. Bastırıcı Cinsinin ve Miktarının Etkisi

Zenginleştirme deneyleri kapsamında üç çeşit bastırıcı kullanılmıştır. Bunlar S7260, sodyum metabisülfit ve nişastadır. Deneylerde bastırıcı miktarlarının denenmesi kapsamında, bastırıcı ekleme veya eklememe söz konusudur.



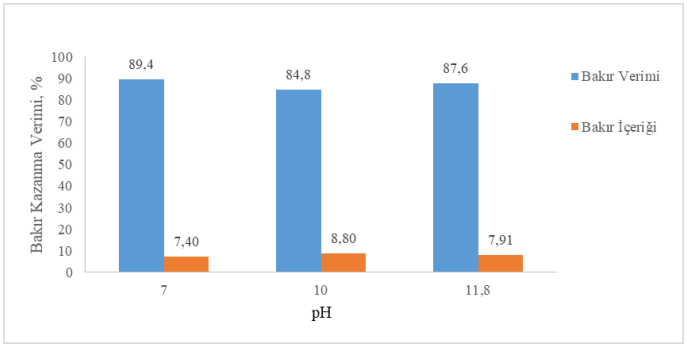
Deneyler kapsamında 3 farklı tipte bastırıcı 5 farklı kombinasyonda kullanılmıştır.

Şekil 3.4. Bastırıcı Cinsi ve Miktarının Etkisinin İncelendiği Deney Sonuçları

Bastırıcıların kullanılmaması veya tek başlarına kullanılmaları yeterli etkiyi gösterememiştir. Sonuç olarak $Na_2S_2O_5$ ve S7260 bastırıcılarının beraber kullanılmasına karar verilmiştir.

3.1.4. pH'ın Etkisi

pH'ın flotasyon verimine etkisini incelemek amacıyla aynı şartlar altında pH:7'de, pH:10'da ve pH:11,8'de deneyler yapılmıştır.

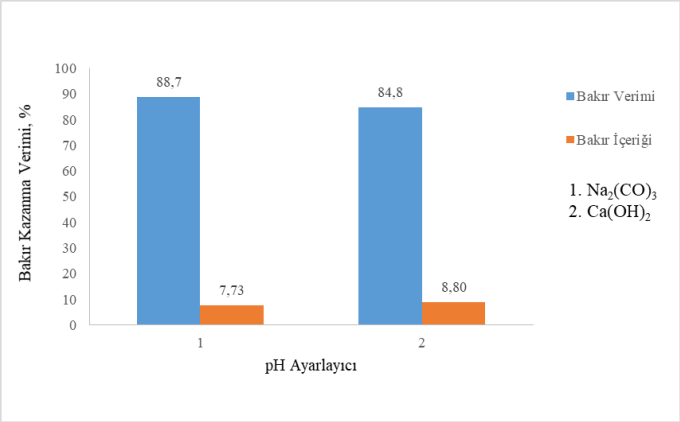


Şekil3.5. pH'ın Etkisinin İncelendiği Deney Sonuçları

Deney sonuçları incelendiğinde pH'ın gang mineralleri üzerinde bastırıcı bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir, bu sebeple en uygun pH'ın 7 olduğuna karar verilmiştir.

3.1.5. pH Ayarlayıcının Etkisi

Flotasyon deneylerinde pH ayarlayıcının etkisini görmek amacıyla, sodyum karbonat ve kireç olmak üzere iki farklı pH düzenleyici kullanılmıştır.



Şekil3.6. pH Ayarlayıcının İncelendiği Deney Sonuçları

3.2. Nihai Konsantre Üretimi

Kaba devrenin şartlarının belirlenmesinden sonra satılabilir nitelikte konsantre üretimi için yapılan deneylerin şartları ve sonuçları aşağıdaki gibidir.

1.Temizleme Deneyi Şartları

pH: 11,8
Rpm, dev/dk: 1500
Nişasta, g/t: 100
$Na_2S_2O_5$, g/t: 500
S7260, g/t: 50
Toplayıcı, g/t: 0+0+5
Kıvam, dk: 0+0+3
MIBC, g/t: 0+20+20
Flot. Süresi, dk 6+1+2

2.Temizleme Deney Şartları

pH: 6,0
RPM, dev/dk: 1200
Aktif Karbon, g/t 500
Kıvam, dk: 5
Nişasta, g/t: 50
$Na_2S_2O_5$, g/t: 250
S7260, g/t: 25
Kıvam, dk: 5
Toplayıcı, g/t: 0+5+5+10+10+10
MIBC,g/t: 0+20+20+20+20+20
Kıvam, dk: 0+3+3+3+3+3
Flot. Süresi, dk 2+2+2+2+2+2

3.Temizleme Deney Şartları

pH: 6,0
Nişasta, g/t: 25
$Na_2S_2O_5$, g/t: 125
S7260, g/t: 12,5
Kıvam, dk: 5
Toplayıcı, g/t: 0+2+5+10+10+10
MIBC,g/t: 0+20+20+20+20+20
Kıvam, dk: 2+2+2+2+2+2
Flot. Süresi, dk 2+1+1+1+2+2

Tablo 3.7. Nihai Konsantre Üretimi Deney Sonuçları

Ürünler	Miktar %	Cu.%	
		İçerik.	Verim
Konsantre	14,0	17,06	56,8
AÜ3	8,2	5,85	11,4
AÜ2	27,6	2,70	17,7
AÜ1	2,1	9,29	4,7
Artık	48,0	0,82	9,4
Toplam	100,0	4,21	100,00

4. SONUÇLAR

- Kollektör cinsinin belirlenmesi için Hostaflot 3403, Aerophine3418A, Danaflot 507 reaktifleri kullanılarak üç deney yapılmıştır. Deneyler sonucunda Hostaflot3403 ile yapılan deneyde, toplam metal verimi %88,7 ve artıktaki içerik 0,90 ile en uygun sonucu vermiştir.
- Tane boyutu küçüldükçe selektifliğin kaybolduğu ve sürüklenme ile taşınan malzeme miktarının arttığı gözlemlenmiştir. -0,074 mm ile yapılan deney sonucunda toplam metal verimi % 88,7 ve 1,02 artık içeriği ile en uygun boyut grubunun -0,074 mm olduğu sonucuna varılmıştır.
- Yapılan deneyler sonucunda bastırıcı kullanılmaması veya $Na_2S_2O_5$, S7260 ve nişasta bastırıcılarının tek başlarına etkili olmadıkları gözlemlenmiştir. Sonuç olarak $Na_2S_2O_5$ ve S7260 bastırıcılarının beraber kullanılması sonucuna varılmıştır.
- Kireçin pH ayarlayıcı özelliğinin yanında bastırıcı özelliğinin olması, kireçin tercih edilmesini sağlamıştır.
- Nihai konsatre üre nihai konsantre üretimi çalışmasında %17,06 içerikte, %14 miktarında bakır, % 56 bakır kazanma verimiyle elde edilmiştir.

Zonguldak Bölgesi'ne Ait Kömür Örneğinin Farklı Toplayıcılar Varlığında Flotasyon Performansları

FLOTATION ABILITY OF THE COAL SAMPLE FROM ZONGULDAK REGION IN THE PRESENCE OF DIFFERENT COLLECTORS

C. Dal, Y.E. Pural, F. Boylu

İstanbul Technical University, Mining Faculty, Mineral Processing Engineering, İSTANBUL

ÖZET Bu çalışmada, Zonguldak bölgesi Ofkar madenciliğin üretimi olan kömür numunesinin farklı boyut gruplarında ve farklı kollektörler ile birlikte release analysis methodu ile flotasyon kabiliyeti araştırılmıştır. Bu kapsamda, kömürün, hem farklı boyut gruplarında hem de yağlı kollektörler olan dizel yağ, evsel atık yağ, montonol ve gaz yağının kullanımıyla, flotasyon karakteristikleri karşılaştırılmıştır. Köpürtücü olarak MIBC (metil izobütil karbinol) kullanılmıştır..

Farklı boyut gruplarının ve kollektörlerin performansının birlikte değerlendirildiği çalışmaların sonucunda ; Tüvenan kömür külünün % 56-58 seviyelerinden % 6 seviyelerine düşürülebiliceği, % 10 ve daha füşük kül içerikli temiz kömür konsantrelerinin % 80-85 yanabilir verimle kazanılabileceği saptanmıştır. Ayrıca kollektör olarak dizel oil, montonol ve gaz yağı arasında büyük farklılık gözlenmemekle birlikte en düşük performansı evsel atık yağ için hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kömür, Kömür Flotasyonu, Release Analysis, Tree Testing.

ABSTRACT In this study, the flotation ability of the coal sample which is the product of Zonguldak region Ofkar mining was investigated in different size groups and in the presence of different collectors through the release analysis method. In this study, the flotation characteristics of diesel oil, household waste oil, montonol and gas oil as collectors were compared with the feed size of -400, -200 and -100 microns. MIBC (methyl isobutyl carbinol) was used as a frother. After determining the optimum collector and frother amounts, flotation experiments were carried out in Denver flotation cell at natural pH.

As a result of the studies, it was observed that it is possible to reduce the ash content of ROM coal from 56-58 % down to 6 %, theroartically which points out the inherent ash content. The clean coal concentrates with the ash contents of lower than 10 were available with the combustible recoveries of 80-85 %. In addition, no significant difference was observed between diesel oil, montonol and gas oil as the collector, but the lowest performance was calculated for household waste oil.

Keywords: Coal, Coal flotation, Release Analysis, Tree Testing.

1 INTRODUCTION

1.1 Coal and Coal Benefication

Coal is a natural fuel, occurring in layers in the earth's crust composed mainly of plant material that has suffered partial decay and has been further altered by the agencies of heat and pressure to the varying degrees of completeness. The principal coal beneficiation processes used today are oriented toward product standardization and ash reduction, with increased attention being put on sulfur reduction in some of the countries. Coal processing in commercial practice is currently limited to physical processes. In a modern coal processing plant, the coal is typically subjected to (1) size

reduction and screening, (2) separation of coal from its impurities, and (3) dewatering and drying.

Beneficiated coal (also called washed coal or clean coal) being low in incombustible content has following advantages:

1. More efficient combustion and higher heat evolution per unit weight of coal burned.
2. Maximum useful application of heat.
3. Lower freight and handling charges per unit of heat value for delivery from coal plant to point of consumption and for the disposal of incombustible refuse or ashes.
4. Greater cleanliness and less ashes to be handled, this being of particular value in domestic fuels

1.2 Coal Benefication Methods

The methods used in the beneficiation of coal are analogous in many ways to those used in the beneficiation of ores. The commercial processes of coal beneficiation are based on the differences in some physical properties of the pure coal and the impure coal (refuse). The difference in specific gravity is the basis for the largest number of coal beneficiation processes in which case they are termed as Gravity Concentration Processes. Among the various wet washing processes, Heavy medium separation (including Heavy medium cyclones & Water only cyclones), Jigging, Spiraling, Froth flotation, Column flotation and Oil agglomeration are the processes used in majority of the coal washeries all over the world.

1.2.1 Washability of Coal

Washability of coal means amenability of coal to improvement in quality by beneficiation techniques. Washability characteristics of coal vary from locality to locality and from seam to seam in the same locality due to variance in the extent and nature of impurities associated with coal.

In the case of coking coals containing a large proportion of middlings or sinks, separate washability tests are required to be conducted on middlings/sinks crushed to various sizes to find out the possible recovery of additional clean coal from such treatment. For the evaluation of efficiency of washing baths, float and sink tests are separately carried out on the individual washed products.

Float and sink, commercially called as Heavy Liquid Separation (HLS), is an operation where particles of different specific gravities are separated by using suitable heavy liquid. The principle of float and sink is:

When two particles of different specific gravities are immersed in a liquid having specific gravity intermediate between that of two particles, lighter particle would float and heavier particle would sink. Float and sink test is based on the difference in specific gravity of coal particles.

1.2.2 Floability of Coal

Several mechanisms are responsible for transferring mineral particles from the slurry to the froth. These include selective transfer by particle-bubble attachment, and non-selective transfer of material by entrainment and entrapment/coatings. In particular, the hydraulic entrainment of fine slimes into the froth launder has a tremendous impact on the froth product quality. This is further aggravated in coal flotation which is characterized by a large amount of floatable material reporting to the froth product, and a large amount of poorly liberated middling particles. Under such conditions, inconsistent froth removal is claimed to be a major reason for poor reproducibility of the flotation tests. Three different coal flotation methods have been developed; the release analysis, the tree testing and The Advanced Flotation Washability (AWF) Procedure. In this thesis, the release analysis method is used.

1.2.2.1. The Release Analysis

In the Dell Release Analysis (introduced in 1953 and refined in 1964 [11]), flotation is conducted in two phases in a laboratory Denver flotation cell. In the first phase, the coal is floated to exhaustion to reject all hydrophilic particles from the bulk concentrate. Reagents are added several times to ensure flotation of all particles with some degree of hydrophobicity. In the second stage of the release analysis, the bulk concentrate is separated into products varying in floatability by repeating flotation at increasing aeration rates and impeller speeds. Fig. 2.1 depicts the procedure [12]. In the modification suggested by Cavallero and Deurbrouck [13], the bulk concentrate is split into several products by collecting the concentrates over various time intervals.

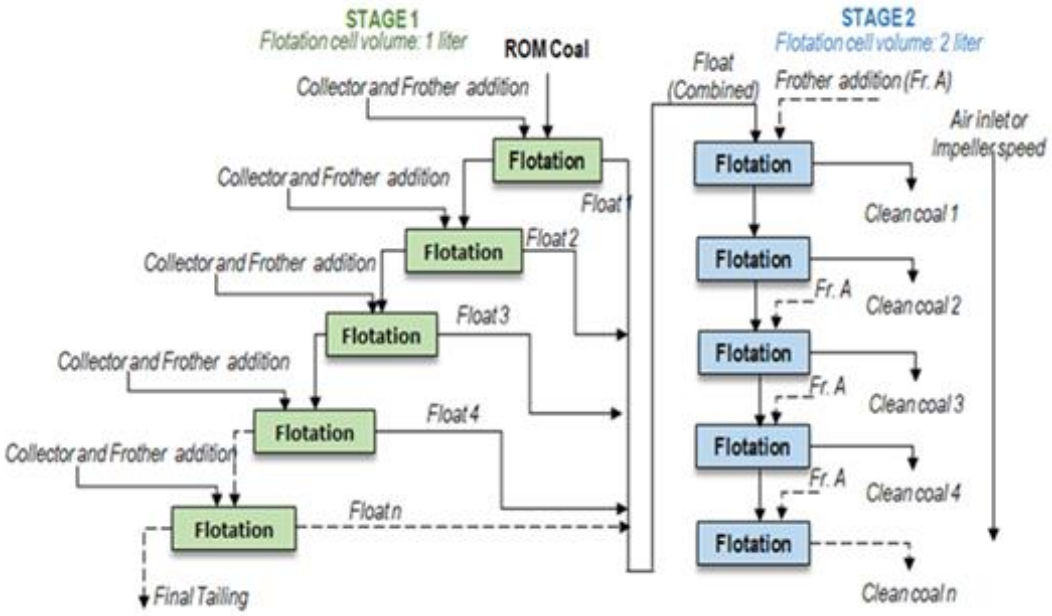


Fig. 2.1. Schematic diagram of the step-by-step procedures for release analysis. (After Mohanty et al. [12];by permission of Gordon and Breach).

2 EXPERIMENTAL

2.1 Materials and Methods

The sample of coal used in this study was obtained from Ofkar Mining in Zonguldak region. The size of the coal sample we supplied is less than 1mm. Sieve analysis was performed on the material which was below 400 microns (Table 3.1). Size reduction was performed to +400 micron materials, and it was added to -400 micron materials by taking care not to disrupt the original values of the product. Dry milling was performed at this size reduction stage. And the material is separated and divided into different size groups. These are -400 micron, -300micron - 200 micron and -100 micron. 1000 g of each size group were prepared for use in the experiment. For each collector used in flotation experiments, 200 grams of material were used.

Due to the fact that it is easy to find and cheap, diesel oil, montonol, household waste oil and gas oil were selected as collectors and MIBC (methyl isobutyl carbinol) frother during the flotation experiments.

Flotation experiments were carried out without pH regulation using 200 g coal sample. In this two-step method, the first stage was carried out at a stirrer speed of 1000 rpm using a 1 liter cell. With the addition of collector, the condition was determined as 3 minutes and the collector addition was 3 times 0.25 cc. After the addition of the collector, air was collected into the cell and all the foam was collected in one place. As a result, the sinking is divided into the final product, while the float is continued in the second stage.

In the second stage, the collected foam was taken into the 2 liter cell and re-flotated. However, no collectors were used at this stage. The foamer was used where necessary and the condition lasted for 1 minute. At this stage, foam was collected at certain time intervals (0.5 min, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min) after air was introduced. The concentrates collected in different pans at different time intervals were weighed after drying for 1 day at 105 ° C in the oven. Then ash analysis and sulphur analysis was performed on the samples.

3 RESULTS

3.1 The Use of Floatability Curves

As a result of the studies based on the comparison (as seen in Figure 3.1), it was observed that the best flotation yield was obtained when diesel oil, gas oil and monthanol were used as collectors and the material was more effective for the flotation in finer sizes with monthanol and gas oil. The feed in sizes of -100 micron and -200 micron gave better
Results to reach the lowest ash contents of 6 % (inherent ash content.

The behaviour of sulphur was observed that it was reported to froth and moves with clean coal concenntrates illustrating the presence of organic sulphur (Fig 3.2).

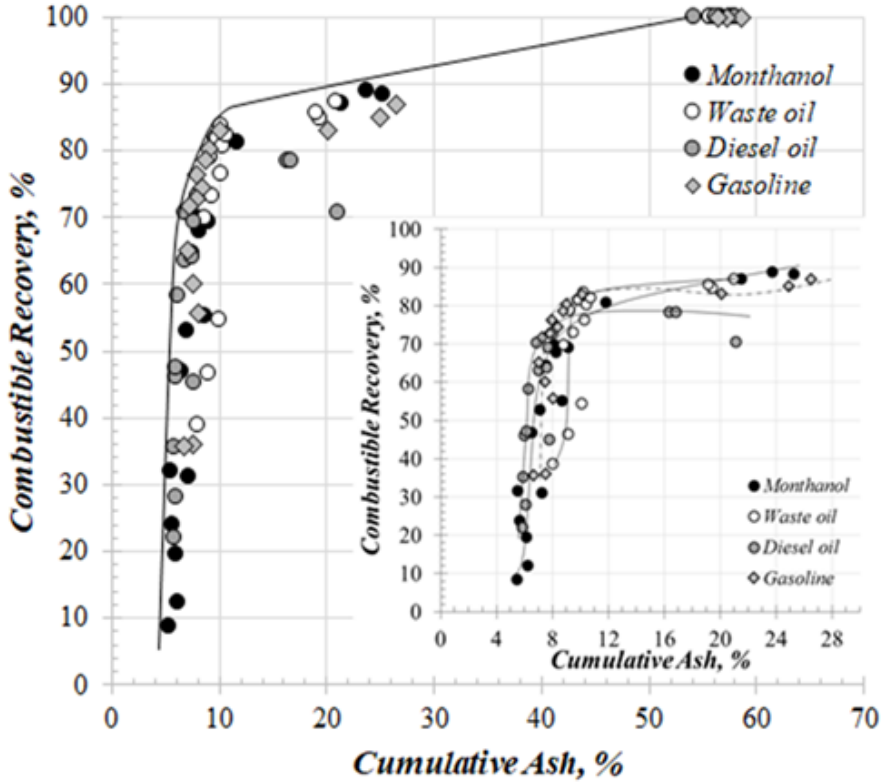


Figure 3.1. Combustion recovery and cumulative yield curves of flotation products with diesel oil.

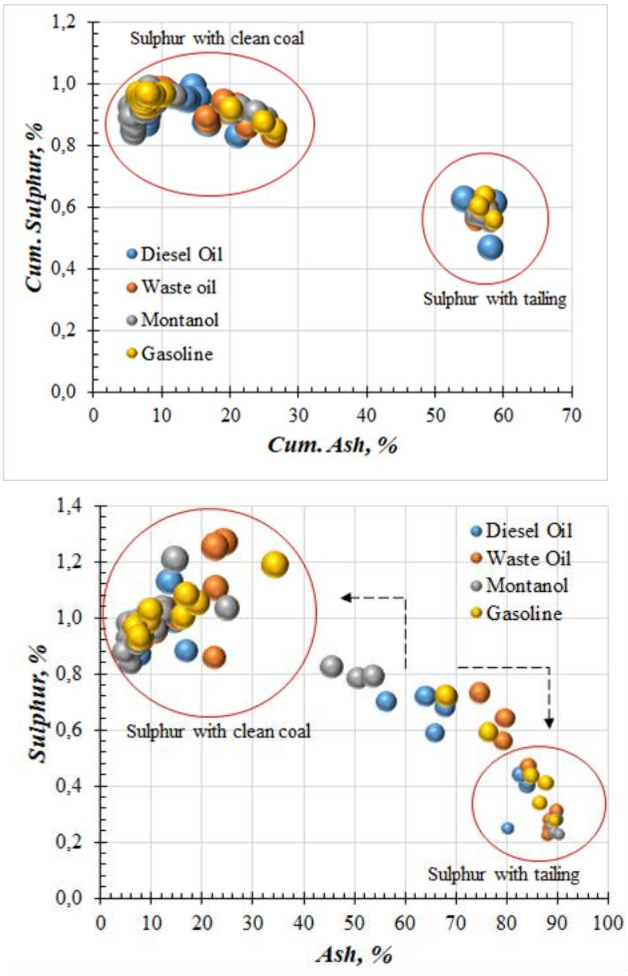


Figure 3.2. Sulfur contents versus ash contents.

CONCLUSIONS

This study covers the experiments on floatability of Ofkar coal fines in the presence of different collector by using release test results.

Analysis on coal sample showed that the samples include 55-58 % ash content and Sulphur of 0.4-0.6 %.

All the results of floatability tests with different collectors were compared and it was obtained that inherent ash contents (found by extrapolating the curve to x axis) were found similar to each other giving 6 % of ash content. This finding proved the repeatability of the test results. When the collectors are compared based on the performance; for clean coal products with low ash contents were available with diesel oil, gas oil and montanol. Although there is a quite difference based on their viscosity which affects their selectivity, diesel oil, gas oil and montanol performed well similar to each other. This also proves that release test is a better method to eliminate time consuming detailed flotation tests investigating every single parameters in detail.

Waste oil performed worse than these collectors for low ash clean coal products. However, for high recoveries or combustible recoveries, waste oil was found applicable. In ındustrial application, especially for oil agglomeration where high collector dosages are used to agglomerate coal particles waste

oil can be an alternative to conventional hydrocarbons.

Sulphur contents of the products for any collector dosage increase with clean coal products and tailings include very low Sulphur contents. This is probably due to the low amount of free pyrite and high organic sulphur.

That is the sulphur content of feed which is approximately 0,4-0,6 % increase with clean coal products up to 0,98 %. But these sulphur contents still low for the use of these clean coal products in most of the industries. However, for PCI (pulverized coal injection) coal it should keep under 0,8 %.

KAYNAKLAR

[1] E.R. Palowitch and T.M. Nasiaka, Using a centrifuge for float-and-sink testing. Fine coal. US Bureau of Mines, RI 5741 (1961).

[2] J.A. Cavallaro and R.E Killmeyer, DevelopmenT of a centrifuge float-sink procedure for gravimetric evaluation of ultrafine coals. J. Coal Quality, 7 (1988) 55.

[3] R.E Killmeyer, R.E. Hucko and ES. Jacobsen, Centrifugal float-sink testing of fine coal: an interlaboratory test program. Coal Preparation, 10 (1992) 107.

[4] EJ. Suarini, Improving fine-coal washability procedures. In: S.K. Kawatra (ed.), High Efficiency Coal Preparation: An International Symposium, SME, Littleton, CO, 1995, pp. 119-128.

[5] S.K. Nicol, Fine Coal Beneficiation - - Advanced Coal Preparation Monograph Series, Vol. IV, Part 9. Australian Coal Preparation Society, 1992.

[6] T. Roberts, B.A. Firth and S.K. Nicol, A modified laboratory cell for the flotation of coal. Int. J. Miner. Process., 9 (1982) 191.

[7] S.K. Nicol, J.B. Smitham and J.T. Hinkley, Problems relating to the measurements of ideal flotation response. In: G.E. Agar, B.J. Huls and D.B. Hudyma (eds), Column '91. Sudbury, 1991, Vol. 1, pp. 99-108.

[8] G.J. Jameson, Experimental techniques in flotation. In: K.J. Ives (ed.), The Scientific Basis of Flotation. NATO ASI Series, Martinus Nijhoff Publishers, Boston, MA, 1984, pp. 193-228.

[9] A.L. Mular and W.T. Musara, Batch column flotation: rate data measurement. In: G.E. Agar, B.J. Huls and D.B. Hudyma (eds), Column '91. Sudbury, 1991, Vol. 1, pp. 63-74.

[10] M.K. Mohanty, R.Q. Honaker and K. Ho, Coal flotation washability: development of an advanced procedure. Coal Preparation, 19 (1998) 51.

[11] C.C. Dell, An improved release analysis procedure for determining coal washability. J. Inst. Fuel, 37 (1964) 149.

[12] M.K. Mohanty, R.Q. Honaker, A. Patwardhan and K. Ho, Coal flotation washability: an evaluation of the traditional procedures. Coal Preparation, 19 (1998) 33.

[13] J.A. Cavallaro and A.W. Deurbrouck, Froth flotation washability data of various Appalachian Coals using the timed release analysis technique. US Bureau of Mines, RI 6652 (1965).

[14] S.J. Pratten, C.N. Bensley and S.K. Nicol, An evaluation of the flotation response of coals. Int. J. Miner. Process., 27 (1989) 243.

[15] S.K. Nicol, J.B. Smitham and J.T. Hinkley, Measurement of coal flotation efficiency using the treeflotation technique. In: W.S. Blaschke (ed.), Proc. 12th Int. Coal Preparation Congress (Cracow, MaY 1994). Gordon and Breach, New York, 1996, pp. 741-746.

[16] D.C. Yang, Packed-bed column flotation of fine coal. Coal Preparation, 8 (1990) 19.

[17] R.E Killmeyer, M.V. Ciocco and EH. Zandhuis, Comparison of procedures for determining the floatability potential of fine coal. 17th International Coal Preparation Exhibition and Conference, Lexington, May 2-4, 2000.

[18] V.L. Davis, EL. Stanley, EJ. Bethel, G.H. Luttrell and M.J. Mankosa, Column flotation at the Middle Fork Preparation Facility. Coal Preparation, 14 (1994) 133.

[19] J. Smithan, R. Keast-Jones, A. Pickup and B. Leyden, Development and use of the tree flotation technique to measure coal flotation efficiency. In: J. Smitham (ed.), Proc. 7th Australian Coal Preparation Conference. Australian Coal Preparation Society, Mudgee, 1995, pp. 356-370.

Kumsay Madencilik Feldispatik Silis Kumu Cevherinin Zenginleştirilmesi

Benefication of Feldsphatic Silica Sand belongs to Kumsay Madencilik

O. Ulusoy, M. Özer, F. Burat
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Yapılan bu çalışmada Kumsay Madencilik'e ait silis kumu rezervlerinin içerisindeki safsızlıkların uzaklaştırılarak yüksek silis içeriğiyle başta cam ve seramik sanayi olmak üzere çeşitli alanlara hammadde olarak kazandırılması hedefllenmiştir. Bu çalışmalar sırasında cevherin boyut dağılımı ve tüvenan cevherdeki silis ve safsızlıklar miktarları tespit edilmiştir. Daha sonra gravite ve manyetik ayırıcılarda deneyler yapılmış ve ekonomik olarak cevherin içerisindeki safsızlıkların uzaklaştırılması hedeflenmiştir. Daha sonra yapılan flotasyon deneylerinde numunenin yapısındaki safsızlıkların kademeli olarak uzaklaştırılması hedeflenmiştir. Deneyler sırasında farklı devrelerde kullanılacak reaktif tipinin ve miktarının, besleme boyutunun konsantre içerik ve verim ile ilişkisi incelenmiştir. En iyi koşullarda, 0,3 mm altına indirilen numuneyle yapılan flotasyon deneylerinde %86,9 SiO_2, %9,3 Al_2O_3 ve %0,25 Fe_2O_3 içeriğine sahip kum konsantresi elde edilmiştir. Feldspatın kuvarstan ayırımında yaşanan güçlüklerden dolayı silis içeriği arzu edilen mertebelere çıkartılamamıştır.
Anahtar Kelimeler: Silis kumu, zenginleştirme, flotasyon, manyetik ayırma, gravite ayırıcısı.

ABSTRACT In this study, it is aimed to remove impurities in silica sand reserves of Kumsay Madencilik and gain high silica content as raw material to glass and ceramic industry. During these studies, the size distribution of the ore and the amount of SiO_2, impurities such as Al_2O_3, Fe_2O_3, and TiO_2 were determined. Then, the experiments were made in gravity and magnetic separators and it was aimed to remove impurities in the ore economically. In subsequent flotation experiments, it was aimed to gradually remove impurities in the structure of the sample. During the experiments, the effect of reagent type and amount, particle size of feed was investigated and the relation between content and recovery of concentrates were examined. Under the optimized conditions, the sand concentrate with 86.9% SiO_2, 9.3% Al_2O_3 and 0.25% Fe_2O_3 content was obtained in the flotation experiment performed at 0.3 mm particle size feed. Due to the difficulties in separating feldspar from quartz, the silica content could not be removed to the desired level.
Keywords: Silica sand, benefication, flotation, magnetic seperation, gravity seperator

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

Silis kumu dünya genelinde geniş rezervlere sahip olmasına rağmen hammadde olarak kullanılması için içerisindeki yapı ve minerallerin kullanılacağı endüstrinin standartlarına uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda literatürde en yaygın olarak kullanılan yöntemler fiziksel olarak gravite ve manyetik ayırma yöntemleri ve fiziko kimyasal olarak flotasyondur (Yıldız, 2014).

Yapılan bu çalışmada boyut dağılım ve mineralojik yapısı tespit edilen feldspatik

silis kumu cevherinin içerisindeki safsızlıkların fiziksel ve fiziko kimyasal yöntemler kullanılarak zenginleştirilmesi ve endüstrinin standartlarına uygun hale getirilmesi hedeflenmiştir.

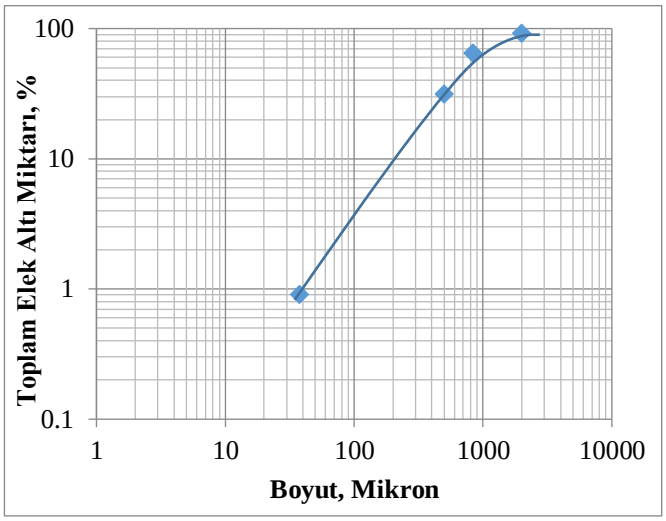
Yapılan deneysel çalışmalarda farklı boyut dağılımı ve çeşitli reaktif kombinasyonları denenmiş ve ekonomik olarak silis kumunun zenginleştirilmesi hedeflenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmaya esas olan Kumsay Madencilik'e ait Tekirdağ-Çorlu bölgesinde bulunan kum ocağından temin edilen yaklaşık 100 kg ağırlığındaki feldspatik silis kumu İTÜ Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarına ulaştırılmıştır. Bu cevher içerisinde bulunan mika ve demir oksit gibi safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra elde edilecek konsantrenin çeşitli endüstrilerde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneysel çalışmalara esas olan numunenin kimyasal analizi Kalemaden'e ait kimya analiz laboratuvarında XRF yöntemi ile yapılmıştır. Bu sonuçlara göre, temsili numunenin %82,2 SiO_2, % 9,68 Al_2O_3, %0,89 Fe_2O_3, %0,38 TiO_2, %3,29 K_2O, %1,62 MgO, %0,24 Na_2O, ve %0,76 CaO içerdiği tespit edilmiştir.

Temsili numunenin boyut dağılım özelliklerini belirlemek amacıyla, tüvenan numune üzerinde yaş elek analizi yapılmıştır. +2 , -2+0,840, -0,840+0,500 , -0,500+0,038 ve -0,038 mm boyut gruplarına sınıflandırılan numunede fraksiyonel olarak SiO_2, Al_2O_3 0,76ve Fe_2O_3 analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüvenan numunenin toplam elek altı eğrisi ise Şekil 1'de gösterilmektedir.

Cevherin yapısında serbest silisin yanısıra belli oranlarda feldispat, mika mineralleri ve demir-titan oksit mineralleri bulunmaktadır. Deneysel çalışmalarda, ilk olarak özgül ağırlık ve manyetik duyarlılık farkına göre ayırma işlemleri gerçekleştirilmiş olup, ardından flotasyon işlemi ile safsızlıkların uzaklaştırılmasına çalışılmıştır. Flotasyon deneylerinde reaktif cinsi ve miktarı, besleme boyutu gibi parametreler incelenmiştir.



Şekil 1. Tüvenan cevherin elek analiz eğrisi.

3. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

3.1. Sarsıntılı Masa Deneyleri

Sarsıntılı masa kullanılarak dar boyut gruplarında (-2+0,84, -0,84+0,5, -0,5+0,038 mm) yapılan zenginleştirme deneylerinde çok başarılı biri ayırım gözlemlenememiştir. İnce boyut grubunda (-0,5+0,038 mm) yapılan zenginleştirme deneylerinde renk ayırımı ve bantlaşma dikkat çekmektedir, fakat feldispat içeriğinin yüksek olmasından dolayı SiO_2 yüzdesi istenilen oranlarda olamamıştır. Yine ince boyutta yapılan sarsıntılı masa deneylerinde %3,4 Fe_2O_3 içerikli ağır ürün elde edilmiştir.

3.2. Manyetik Ayırma Deneyleri

Sarsıntılı masa deneylerine benzer olarak üç farklı boyut grubunda ayrı ayrı yapılan manyetik ayırma deneyi sonuçları incelendiğinde, Fe_2O_3 içeriği en yüksek manyetik ürünün %3,4 Fe_2O_3 içeriği ile -0,5+0,038 mm boyut grubunda elde edildiği görülmektedir. En ince boyut grubunda (-0.5+0.038 mm) deney sırasında renk ayrımı gözlemlenmiş fakat yüksek Al_2O_3 içeriğinden dolayı istenilen mertebelerde SiO_2 içeriğine ulaşılamamıştır.

3.3. Flotasyon Deneyleri

Özgül ağırlık ve manyetik duyarlılık farkına göre yapılan fiziksel zenginleştirme yöntemleri ile arzu edilen silis içeriklerine ulaşılamamıştır. Feldispatik kum cevherinin bileşimindeki feldispat, mika ve demirin

uzaklaştırılması amacıyla tamamı 0,5 ve 0,3 mm boyutu altına öğütülen cevher ile 3 kademeli flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ters flotasyon yöntemiyle kademeli olarak cevher içerisindeki safsızlıkların uzaklaştırılmasına çalışılmıştır Bu deney grubunda farklı besleme boyutu, reaktif cinsi ve miktarı, ve kombinasyonları ile deneyler gerçekleştirilmiş, en uygun şartlar sistematik bir şekilde belirlenmiştir.

3.3.1. Reaktifin flotasyondaki etkisi

Yapılan flotasyon deneylerinde mika, oksit ve feldispat devresi için farklı reaktif kombinasyonları denenmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü üzere A4, Derna 7, Duemon TDO reaktif üçlüsününün kullanıldığı flotasyon koşullarında en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Fakat feldispat devresinde Duemon TDO kullanıldığı deneylerde elde edilen düşük verimler seçimli bir ayırımın yapılamamasına neden olmuş, SiO_2 içeriği yalnızca %85,7'e kadar yükseltilebilmiştir.

Çizelge 1. -0,5+0,038 mm boyut grubunda farklı reaktif kombinasyonlarının denendiği flotasyon deney sonuçları

Reaktif Kombinasyonu	**Ürünler**	**Miktar, %**	**SiO_2**		**Al_2O_3**		**Fe_2O_3**	
			İ, %	**D, %**	**İ, %**	**D, %**	**İ, %**	**D, %**
A4 Derna7 Duemon	Yüzen	12,6	56,8	8,7	17,7	23,3	4,41	62,0
	Batan	87,4	85,7	91,3	8,4	76,7	0,39	38,0
	Toplam	100,0	82,1	100,0	9,57	100,0	0,90	100,0
Cocoamin Derna7 Duemon	Yüzen	9,4	60,9	7,1	18,9	18,7	5,98	60,2
	Batan	90,6	83,1	92,9	8,5	81,3	0,41	39,8
	Toplam	100,0	81,0	100,0	9,48	100,0	0,86	100,0
HTAB Derna7 Duemon	Yüzen	11,8	65,4	9,5	16,4	20,3	3,98	55,3
	Batan	88,2	83,7	90,5	8,6	79,7	0,43	44,7
	Toplam	100,0	81,5	100,0	9,52	100,0	0,85	100,0

3.3.2. Boyutun flotasyondaki etkisi

En etkili reaktif kombinasyonunun tayin edilmesi için buraya kadar yapılan flotasyon deneyleri sonuçları 0,5 mm boyutu altına indirilen numuneler ile yapılmış olup, boyutun flotasyondaki etkisini görmek amacıyla malzeme 0,3 mm altına öğütülmüş ve en uygun şartlar altında A4, Derna 7 ve Duemon TDO reaktifleri kulanılarak deneyler yapılmıştır. Bu iki boyutta yapılan flotasyon deney sonuçları toplu olarak Çizelge 2'de birlikte verilmiştir

Çizelge 2. Besleme boyutunun etkisinin incelendiği flotasyon deney sonuçları.

Boyut, mm	**Ürünler**	**Miktar, %**	**SiO_2**		**Al_2O_3**		**Fe_2O_3**	
			İ, %	**D, %**	**İ, %**	**D, %**	**İ, %**	**D, %**
-0,5 mm	Yüzen	12,6	56,8	8,7	17,7	23,3	4,41	62,0
	Batan	87,4	85,7	91,3	8,4	76,7	0,39	38,0
	Toplam	**100,0**	**82,1**	**100,0**	**9,57**	**100,0**	**0,90**	**100,0**
-0,3 mm	Yüzen	11,9	50,4	7,3	14,8	17,7	5,78	75,7
	Batan	88,1	**86,9**	92,7	9,3	82,3	0,25	24,3
	Toplam	**100,0**	**82,6**	**100,0**	**9,95**	**100,0**	**0,91**	**100,0**

4. SONUÇLAR

Tüvenan cevher üzerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda cevherin %82,2 SiO_2, %9,68 Al_2O_3 ve %0.89 Fe_2O_3 içerdiği tespit edilmiştir. Dar boyut gruplarında yapılan kimyasal analiz sonuçlarında ince boyut gruplarına gidildikçe silis içeriğinin düştüğü, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içeriğinin arttığı görülmüştür.

Taneler arasındaki özgül ağırlık farkına göre yapılan sarsıntılı masa deneylerinde dar boyut gruplarına ayrılan numunede -0,5+0,038 mm boyut grubunda başarılı bir ayırım gerçekleşmiştir. Bu boyutta renk verici demir ve titan oksit minerallerinin masa üzerindeki bantlaşması görsel olarak gözlemlenmiştir. Yapılan kimyasal analizler sonucunda ağır üründeki Fe_2O_3 içeriğinin %3,4'e kadar yükseldiği görülmüş, kum konsantresinin silis içeriği %78,4'den % 81,4'e yükseltilmiştir. Fakat silis içeriğinin ince boyut boyut grubunda diğer boyut gruplarına göre düşük olması ve toplama göre dağılımının düşük olmasından dolayı el edilen konsantredeki SiO_2 içeriği toplam kazanma verimini istenilen düzeylerde arttıramamıştır.

-0,5+0,038 mm boyut grubunda yapılan manyetik ayırma deneyleri sonucunda manyetik ürün içerisindeki Fe_2O_3 içeriği (%3,4) sarsıntılı masada elde edilen ağır ürünün Fe_2O_3 içeriği ile aynı bulunmuştur. İri boyut grubundan ince boyut grubuna doğru gidildikçe cevher içerisindeki Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içeriğinin artmasından dolayı yüksek SiO_2 içeriklerine ulaşılamamıştır.

En iyi koşullarda 0,5 mm'de en uygun toplayıcı reaktif kombinasyonuyla (A4, Derna7, Duemon TDO) ile yapılan deneyler sonucunda %0,39 Fe_2O_3 içeriğine sahip bir konsantre, %85,7 SiO_2 içeriği ile elde edilmiş, Al_2O_3 içeriği ise %8.4'e düşürülmüştür.

0,3 mm'de aynı koşullar altında yapılan flotasyon deneyinde ise %86,9 SiO_2, %9,3 Al_2O_3 ve %0,25 Fe_2O_3 içeriğine sahip kum konsantresi elde edilmiştir. Sonuç olarak, en uygun toplayıcı cinsi ve miktarı oksit devresinde 250 g/t Derna 7, mika devresinde 50 g/t A4, ve feldispat-kuvars devresinde ise 650 g/t Duemon TDO olarak bulunmuştur. Flotasyon deneyi öncesi cevher yapısı içerisindeki şlamın uzaklaştırılmasının deney sonuçlarına olumlu yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Yapı içerisindeki feldispat ile kuvars'ın birbirlerine çok benzer özellikleri bulunduğundan başarılı bir seçimli feldpat-kuvars ayrımı gerçekleştirilememiştir.

Ayrıca, feldispat devresindeki yüksek asit sarfiyatından dolayı ekonomik olmamasından deneylerde feldispat devresi için farklı alternatifler denenmemiştir. Yüksek öğütme masrafları nedeniyle daha ince boyutlara inilmemiştir.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanma sürecinde numune sağlayan ve çalışmalarıma analiz desteği sağlayan Kumsay Madenciliğe teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Burat, Fırat. "Bursa-Orhaneli Nefelinli Siyanitlerin Manyetik Ayırma Ve Flotasyon İle Zenginleştirilmesi" Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2001.

Hacıfazlıoğlu, Hasan. "Silis Kumunun Zenginleştirilmesinde Kullanılan Yöntemler Ve Flotasyon İle Manyetik Ayırma Yöntemlerinin Demir Giderimi Bakımından Karşılaştırılması" *Madencilik Dergisi* 50, sy.3 (2011): 35-48.

Özyiğit, Büşra. "Klasik Ve Kolon Flotasyon Yöntemleriyle Feldispat Ve Kuvars Zenginleştirilmesi" Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1992.

Yıldız, Necati. Cevher Hazırlama Ve Zenginleştirme. Ankara: Ertem Baım Ltd.Şti Yayınları, 2014.

Vollastonit Ve Kalsit İçerikli Cevherden Vollastonit Kazanımı

Wollastonite Recovery From Ore With Containing Wollastonite And Calcite.

O. M. Gürkan, M.T. Serdengeçti, A. Gül.
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET İngiliz kimyacısı William Hyde Wollaston'a ithaf edilerek adlandırılmış doğal bir kalsiyum metasilikat olan vollastonit minerali saf halde bulunduğunda doğal olarak oluşmuş önemli bir SiO_2 ve CaO kaynağıdır fakat nadiren saf halde bulunur. Bu çalışmada kullanılan numune, Kırşehir'in Buzlukdağ bölgesinden alınmıştır. Vollastonitin kalsit ile beraber bulunduğu bu numuneye uygulanan deneylerde amaç kalsitin karbonat kısmını uzaklaştırarak vollastoniti saflaştırmaktır. Metalurjik işlemlerden kalsinasyon ve asit liçi yöntemleri ayrı ayrı ele alınıp her iki işlem için ürün üretilmesi amaçlanmıştır. Kalsinasyon işleminde ele alınan parametreler; sıcaklık ve süre olarak belirlenmiştir. Kalsinasyon sıcaklığının etkisinin sonucunda 800°C optimum sıcaklık olarak belirlenmiştir. Kalsinasyon süresinin etkisinin sonucunda en uygun süre 100 dakika olarak belirlenmiştir. Asit liçi yöntemlerinde iki farklı asit; HCl ve H_2SO_4 kullanılmıştır. Farklı molaritelere sahip asit çözeltileriyle liç deneyleri yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarında HCl için 1,5M optimum değer olurken H_2SO_4 için vollastonit ürünü elde edilememiştir.
Anahtar Kelimeler: Vollastonit, Kalsit, Liç, Kalsinasyon.

ABSTRACT Wollastonite mineral, a natural calcium metasilicate dedicated to British chemist William Hyde Wollaston, is an important source of SiO_2 and CaO naturally occurring when found in pure form, but is rarely pure. The sample used in this study was taken from the Buzlukdağ region of Kırşehir. Wollastonite and calcite minerals are combined with this sample in the experiments applied to the purpose of removing the carbonate part of the calcite to purify vollastonite. Calcination and acid leaching methods of metallurgical processes are handled separately and it is aimed to produce products for both processes. The parameters discussed in the calcination process are; temperature and time. As a result of the effect of calcination temperature 800°C was determined as the optimum temperature. As a result of the effect of calcination time was determined as an optimum time of 100 minutes. Two different acids in acid leaching methods; HCl and H_2SO_4 were used. Leaching experiments were carried out with acid solutions with different molarities. In the results of the experiments, the optimum value was 1.5 M for HCl and no wollastonite product was obtained for H_2SO_4.
Keywords: wollastonite, calcite, leaching, calcination.

1 GİRİŞ

Vollastonit veya kalsiyum silikat saf halde bulunduğunda doğal olarak oluşmuş önemli bir SiO_2 ve CaO kaynağıdır. Diğer doğal kalsiyumsilikat mineralleri olan diyopsit, tremolit, gröna ve epidot ile birlikte, çoğunlukla camsı çubuk şekilli ya da yassı kristaller halinde oluşur. Çekiçle vurulduğunda kolaylıkla çubuksu veya iğnemsi dilinimlere ayrılır. Vollastonit, çoğunlukla iri yapraklı kütleler halinde oluşurken, nadiren iyi gelişmiş kristal formu gösterir. Benzer koşul ve ortamlarda oluşan diğer metasilikatlar nedeniyle nadiren saf halde bulunur. Kimyasal bileşiminde kalsiyum yerine demir, magnezyum veya manganez belirli oranlarda yer alabilir. Mevcut empruteler nedeniyle rengi parlak beyazdan sarımsı kahverengi, griye değişim gösterir, ancak saf halde parlak beyaz renklidir. Özel öğütülmüş vallostonit 90-93 arasında bir G.E (General Electric Reflectometer) parlaklığına sahiptir (Gültekin, 1999). Bu çalışmada kullanılan numune, Kırşehir'in Buzlukdağ bölgesinden alınmıştır. Vollastonitin kalsit ile beraber bulunduğu bu numuneye uygulanan deneylerde amaç kalsitin karbonat kısmını uzaklaştırarak vollastoniti saflaştırmaktır. Metalurjik işlemlerden kalsinasyon ve asit liçi yöntemleri ayrı ayrı ele alınıp her iki işlem için ürün üretilmesi amaçlanmıştır.

2 MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan numune, Kırşehir'in Buzlukdağ bölgesinden alınmıştır. X-ışını Floresan (XRF) tekniği ile gerçekleştirilen kimyasal bileşenlerinin sonuçları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Vollastonitin kimyasal bileşenleri

Bileşenler	İçerik (%)
Fe_2O_3	0,12
SiO_2	19,98
Al_2O_3	1,47
CaO	51,78
K_2O	0,65
Kızdırma Kaybı	26,00

Tüvenan numune üzerinde yapılan elek analizi sonuçları Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Numunenin boyut dağılımı

Boyut Aralığı (mm)	**(%) Ağırlık**	**Σ Elek Altı (%)**
-2+1	25,89	100
-1+0,5	15,33	74,11
-0,5+0,3	9,24	58,78
-0,3+0,212	7,31	49,54
-0,212+0,125	7,21	42,23
-0,125+0,074	10,05	35,03
-0,074+0,038	6,40	24,97
-0,038	18,58	18,58
Toplam	100,00	

Bu sonuçlara göre temsili numunenin boyutunun tamamının 2 mm altında olduğu d_{80} ve d_{50} boyutlarının ise -0,5 mm ve -0,212 mm olduğu bulunmuştur.

3. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

Vollastonit cevherinin zenginleştirilmesi için kalsinasyon ve asit liçi yöntemleri kullanılmıştır. Kalsinasyon işleminde 11- 11,5 g numune miktarıyla çalışılmış ve kalsinasyon sıcaklıkları 750 C°, 800 C°, 850 C°, 900 C° ve 950 C° olarak belirlenmiştir. Her sıcaklık değeri için süre 120 dakika olarak seçilmiştir. Kalsinasyon süreleri; 15, 30, 60 ve 120 dakika olarak seçilerek sürenin etkisi araştırılmıştır. Bu sıcaklıklarda ve sürelerde numunede meydana gelen ağırlık kaybının sabitlenmesi göz önüne alınmıştır. Asit liçi deneylerinde ise HCL ve H_2SO_4 kullanılmıştır. Asit liçleri için parametre ise çözelti molariteleri seçilmiştir; 0,5M, 1M, 1,5M, 2M ve 4M.

Numunede bulunan ve uzaklaştırmak istediğimiz kalsit mineralini kalsinasyon sıcaklığına verdiği tepkiyi ölçmek için kalsinasyon deneyi yapılmıştır. Deneyde altı adet kroze kullanılmıştır ve her bir krozeye 11- 11,5 g numune konulmuştur. Amacımız kalsit minerali içindeki CO_3 kısmını CO_2 olarak uzaklaştırmak ve CaO elde ederek, cevherin içeriğindeki vollastonit miktarını arttırmaktır. Bu deneyde meydana gelen reaksiyonlar Eşitlik 2.1 ve 2.2'de gösterilmiştir.

$CaCO_3 + Isı \rightarrow CaO + CO_2$ (2.1.)

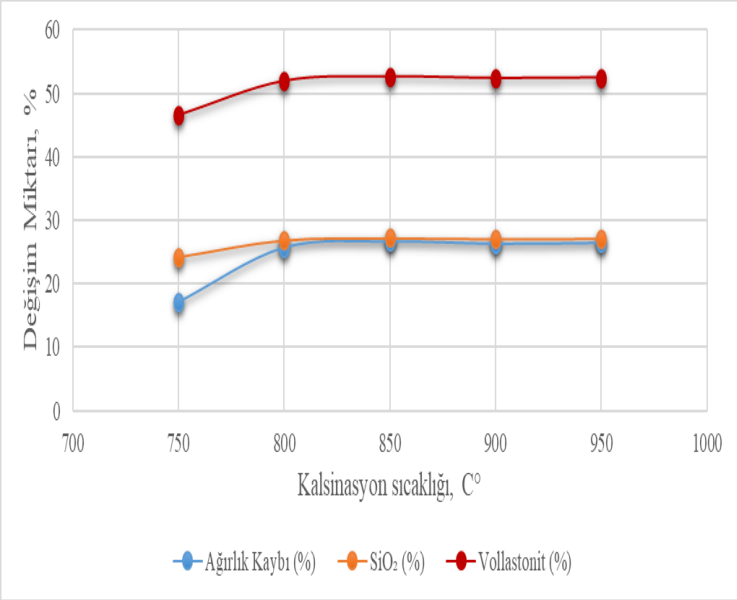
$CaSiO_3 + Isı \rightarrow CaSiO_3$ (2.2.)

Eşitlik 2'de görüldüğü üzere vollastonit değişmeden kalmaktadır. Kalsiti

uzaklaştırmak için seçtiğimiz sıcaklıklar ise 750°C, 800°C, 850°C, 900°C ve 950°C'dir. Her bir sıcaklık değeri için fırın istenilen sıcaklığa geldikten sonra 120 dakika boyunca kalsinasyon yapılmıştır. Meydana gelen ağırlık kaybına bağlı olarak değişen SiO_2 ve vollastonit değerleri ile ilgili sonuçlar Tablo 3.1 ve Şekil 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kalsinasyon sıcaklığının etkisi

Sıcaklık , C°	Ağırlık Kaybı %	SiO_2 %	Vollastonit %
750	17,16	24,12	46,61
800	26,22	27,08	51,97
850	26,65	27,23	52,65
900	26,3	27,1	52,4
950	26,43	27,15	52,49

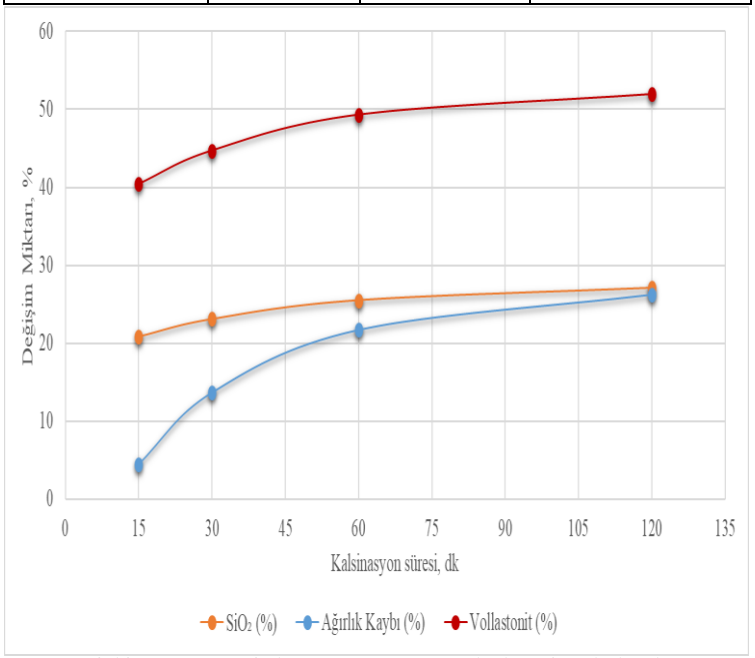


Şekil 3.1. Kalsinasyon sıcaklığının değişimi

Kalsinasyon süresinin etkisini tespit etmek amacıyla 800°C sabit sıcaklıkta dört farklı süre denenmiştir (15, 30, 60 ve 120 dakika). Kalsinasyon sonucu yapılan tartımlarda ilk olarak ağırlık kayıpları gözlenmiştir ve kimyasal analiz yapılmıştır. Deneyle ilgili sonuçlar Tablo 3.2 ve Şekil 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kalsinasyon süresinin etkisi

Kalsinasyon Süresi, Dakika	Ağırlık Kaybı %	SiO_2 %	Vollastonit %
15	4,42	20,9	40,405
30	13,63	23,13	44,71
60	21,69	25,51	49,32
120	26,22	27,08	51,97



Şekil 3.2. Kalsinasyon süresinin değişimi

Sonuçlara göre en uygun kalsinasyon süresi 100 dakika olarak belirlenmiştir. 800°C'de 100 dakika kalsinasyon işlemi sonucunda başlangıçta %39 olan vollastonit miktarı %51 seviyesine çıkarılmıştır. Daha yüksek saflıklara çıkabilmek için hidrometalurjik işlemlere başvurulmuştur.

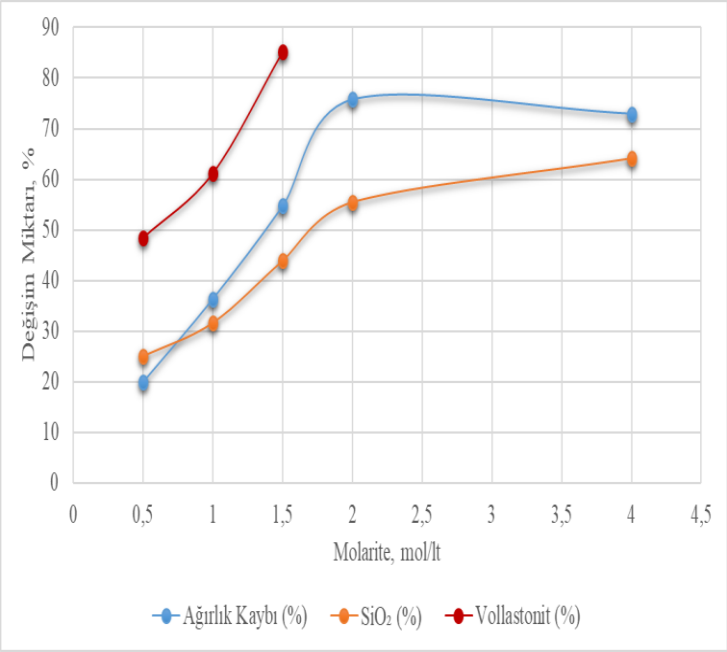
Boyutu -2 mm olan tuvenan numunesi üzerinde HCl asit liçi yapılmıştır. Bu deneyde 20 gr tuvenan numune 500 ml'lik behere konularak asit çözeltisi hazırlanmıştır. Her molarite değerinde PKO %10 olarak ayarlanmış, oda sıcaklığında liç süresi 120 dakika ve karıştırıcı hızı 500 dev/dak olarak seçilmiştir. Liç işlemi bittikten sonra elde edilen keke filtrasyon işlemi uygulanmış ve ardından etüvde kurutma işlemi yapılmıştır. HCl'nin kalsiti çözdüğü literatürden bilinmektedir, bu nedenle yapılan deneylerde vollastonitin bozunduğu molaritenin tespiti gerekmektedir. Bu deneyde meydana gelen reaksiyon Eşitlik 3.1'de görüldüğü gibidir.

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O \quad (3.1.)$$

Deneyle ilgili sonuçlar Tablo 3.3 ve Şekil 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. HCl asit liçi molaritesinin etkisi

M	Ağırlık Kaybı %	SiO_2 %	Vollastonit %
0,5	19,97	25,09	48,51
1	36,39	31,7	61,29
1,5	54,72	43,98	85,29
2	75,76	55,53	---
4	72,93	64,2	---



Şekil 3.3. HCl liçi molaritesinin değişimine bağlı grafik

Sonuçlara göre en uygun asit molaritesi değeri 1,5 M olarak belirlenmiştir. Vollastonit 1,5 M'dan yüksek molaritelerde bozunmaya başlamış ve içeriğindeki kalsiyum çözeltiye karışmıştır. Sonuç olarak filtrasyon kekinde %85,29 saflıkta vollastonit ve çözeltiden ise bir çöktürme işlemi sonrasında yan ürün olarak satılabilir $CaCl_2$ üretilebileceği öngörülmektedir.

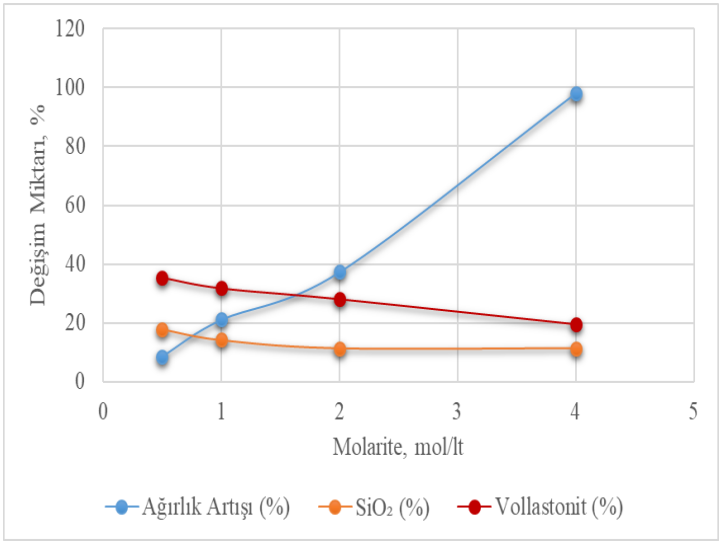
Boyutu -2 mm olan tuvenan numune üzerinde H_2SO_4 asit liçi yapılmıştır. Bu deneyde 20 gr tuvenan numune 500 ml'lik behere konularak asit çözeltisi hazırlanmıştır. Her molarite değerinde PKO %10 olarak ayarlanmıştır, liç süresi 120 dakika ve karıştırıcı hızı 500 dev/dak olarak seçilmiştir. Liç işlemi bittikten sonra elde edilen keke filtrasyon işlemi uygulanarak etüvde kurutulmuştur. Sülfürik asitin farklı molaritelerde vollastonit ve kalsit minerallerine karşı nasıl bir etki yapacağını gözlemlemek için bu deneyler yapılmıştır. Deney sırasında meydana gelen reaksiyon Eşitlik 3.2'de gösterilmiştir.

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O. (3.2.)$$

Sülfürik asit çözeltisi için denenen molariteler ise 0,5 M, 1 M, 2M ve 4 M olarak seçilmiştir. Deneylerin sonuçları Tablo 3.4 ve Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. H_2SO_4 asit liçi molaritesinin etkisi

M	Ağırlık Artışı %	SiO_2 %	Vollastonit %
0,5	8,69	17,91	35,53
1	21,13	14,21	31,88
2	37,305	11,38	28,13
4	98,075	11,42	19,5



Şekil 3.11. H_2SO_4 liçi molaritesinin değişimine bağlı grafik

Sonuçlar göz önüne alındığı zaman H_2SO_4 çözeltisi kullanıldığında reaksiyon denkleminde görüldüğü üzere jips ($CaSO_4$) oluşmuştur. Asit çözeltisi molaritesinin değeri arttıkça oluşan jips miktarında da artış gözlenmiştir. Herhangi bir vollastonit ürünü üretilememiştir.

4. SONUÇLAR

- 750-950 C° arasında kalsinasyon sıcaklıkları denenmiştir. Kütle

kaybının sabitlenmesine bağlı olarak sıcaklık 800 derece olarak optimize edilmiştir.

- 15- 120 dakika arasında 800 C° sıcaklıkta kalsinasyon süreleri denenmiştir. Kütle kaybının sabitlenmesine bağlı olarak süre 100 dakika olarak optimize edilmiştir.
- 800°C'de 100 dakika kalsinasyon işlemi sonucunda başlangıçta %38,63 olan vollastonit miktarı %50- 51 seviyesine çıkarılmıştır.
- Asit liçi yöntemlerinden HCl asit çözeltisinin molaritesinin etkisine bağlı sonuçlar göz önüne alındığı zaman üretilen saf vollastonit miktarına ve vollastonitin bozunmaya başlaması durumuna bakılarak çözelti molaritesi 1,5M'da optimize edilmiştir. Sonuç olarak filtrasyon kekinde %85,29 saflıkta vollastonit ve çözeltiden ise bir çöktürme işlemi sonrasında yan ürün olarak satılabilir $CaCl_2$ üretilebileceği öngörülmektedir.

- Asit liçi yöntemlerinden H_2SO_4 asit çözeltisinin molaritesinin etkisine bağlı sonuçlar göz önüne alındığı zaman herhangi bir vollastonit ürünü üretilememiştir.

5. REFERANSLAR

Haner, S. & Çuhadaroğlu D. (2013). Vollastonit: Bir Gözden Geçirme. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi. 37*(1). 63-87.

Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü. Retrieved from http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/wollastonit [Erişim: 29 Kasım 2018]

Gültekin, H., 1999. Vollastonit. Endüstriyel Mineraller Envanteri (G. Önal, I. özpeker, E. Yüce, A. Güney, Editör) *Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı.* Sayfa: 216-222.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendilerine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanlarını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için ellerinden gelenden fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanlarına çekinmeden gidebildiğim, güler yüz ve samimiyetlerini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdikleri değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli hocalarım başta Prof. Dr. Alim GÜL'e olmak üzere Prof. Dr. Gülay BULUT'a ve Doç. Dr. M. Olgaç KANGAL'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Bitirme çalışmam boyunca her zaman ve her zorlukta yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Tayhan SERDENGEÇTİ'ye ve Araş. Gör. Zeynep ÜÇERLER'e teşekkür ederim.

Dodesilamin Hidroklorürün (DAH) Tane-Tane Arasındaki Adezyon Kuvvetine Etkisinin Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) İle Araştırılması

Investigate Effect Of The Dodecylamine Hydrochloride (DAH) To Adhesion Force Between Particles With Atomic Force Microscopy

S.Sevinç, O. Güven, F. Karakaş

ÖZET Taneler arası toplam çekim kuvveti adezyon kuvvetini oluşturmaktadır. Atomik kuvvet mikroskobu ise taneler arasındaki itme ve çekme kuvvetini ölçmekte kullanılan bir alettir. Taneler arası etkileşimi etkileyen parametrelerden biri de ortam konsantrasyonunun değişmesidir. Böylece yüzeye adsorplanan yüzey aktif madde miktarı değişecek ve bu durum taneler arası kuvvetleri etkileyecektir.Bu çalışmada mika ailesinden muskovit ve cam küresi taneleri ile çalışılmış, dodesilamin hidroklorür (DAH) konsantrasyon değişiminin etkileri incelenmiştir. Numune hazırlık aşamasında cantilever adı verilen problara ayrı ayrı mika ve cam küresi taneleri yapıştırılmış. Atomik Kuvvet Mikroskopu sıvı ortamda çalışmaya uygun hale getirilmiştir. Kuvvet ölçümleri sabit pH'da (pH=9.3) hazırlanan farklı DAH konsantrasyonlardaki solüsyonların sırasıyla en az konsantrasyondan en yüksek konsantrasyona olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada tane tane arası adezyon kuvvetinin DAH konsantrasyonuyla arasındaki ilişki belirlenmiştir

Anahtar Kelimeler: Adezyon kuvveti, Dodesilamin Hidroklorür, Atomik Kuvvet Mikroskopu, Mika, Cam Küresi

ABSTRACT The attraction force between particles occur the adhesion force. Atomic force microscopy is a device that it is used measure the atractive and repulsive forces. One of the parameters which affects the force between particles, changing the concentrate of solutions. Changing the amount of adsorbed surfactant affects the forces between particles. In this study mica and glasbead particles are used and the effect of changing dodecylamine hydrochloride (DAH) cocentrations is investigated. The mica and glassbead particles are glued on each kantilever in sample preparation stage. Atomic force microscopy is predisposed for analysing with fluids.Force measurements were carried out with different concentrations of DAH prepared at a constant pH (pH = 9.3) in a sequence from the lowest to the highest concentration values. At the end of the study the relation between force of particles and DAH solutions is determined.

Keywords: Adhesion Force, DAH, Atomic Force Microscopy, Mica, Glassbead

1 GİRİŞ

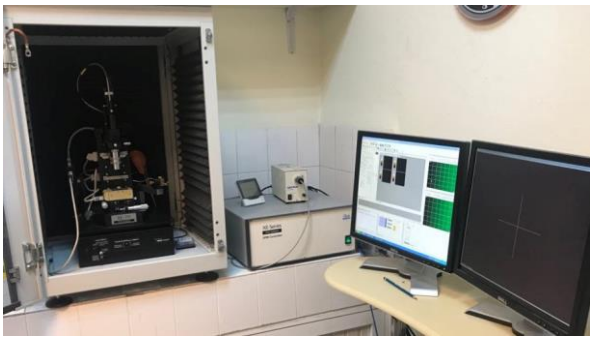
Maddeyi atomik ölçekte görüntüleyip üç boyutlu haritasını çıkararak yüzey karakterini, yüzey bozukluklarını, moleküllerin büyüklüklerini ve yerlerini analiz etmek amacı ile yapılan deneyler sonucu Taramalı Uç Mikroskobu (SPM) geliştirilmiştir. Bu başarıları Taramalı uç mikroskobu, yüzey ve pürüzsüzlük analizleri gibi geniş alanda 3 boyutlu olarak karakterize ederek istenilen özellikleri göstermektedir. SPM cihazının keşfi ile atomik düzeyde analiz edilecek numunenin yüzey modifikasyonlarını ve numune içeriğini anlamadan önemli bir yaklaşım geliştirmiştir. SPM yüzey görüntüleme tekniği, uygulanma alanı ve çalışma prensibine göre zamanla çeşitlenerek farklı uç mikroskopları geliştirilmiştir.

- Taramalı kuvvet mikroskobu (STM)
- Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)
- Elektrik kuvvet mikroskobu (EFM)
- Manyetik kuvvet mikroskobu (MFM)

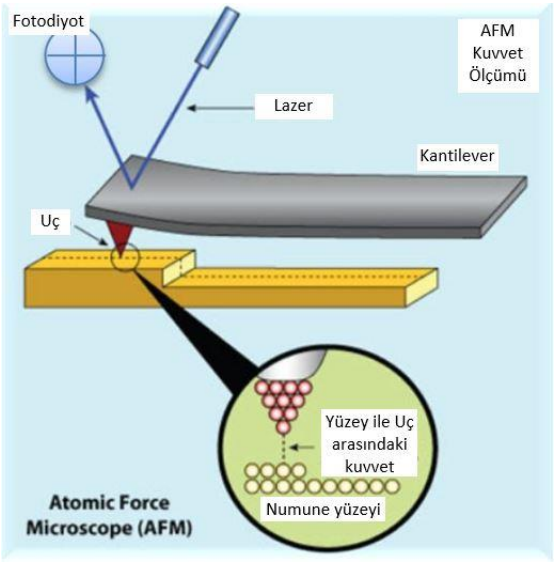
2 ATOMİK KUVVET MİKROSKOPU

Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) kuvvetleri atomik seviyede ölçebilen bir cihazdır ve angstrom seviyesinden mikron seviyesine kadar yüzey topoğrafyası alabilmektedir. AFM'nin STM'ye göre farkı ve en büyük avantajı kullanılan örneğin iletken olmasını gerektirmemesidir. Bu yüzden biyolojik örneklerin incelenmesinde rahatça kullanılabilir ve yüzey işleme ve malzeme problemlerinin çözülmesinde geniş kullanım bulmaktadır.

AFM'nin çalışma prensibi genel olarak cantilever'in ucunda bulunan sivri tip ile yüzey üzerindeki örnek arasında itme-çekme kuvvetlerinin dayanarak kuvvetin hesaplanması ve örnek yüzeyin topografyasını çıkarılmasına dayanır. Yüzeydeki numune tarafından kuvvete maruz kalan cantileverin ucundaki tip cantileverde salınıma sebep olur. Cantileverdeki bu salınımın oluşması tip ve örnek yüzey arasındaki kuvvetlerin ölçülmesine olanak sağlar. Şekil1'de Atomik Kuvvet Mikroskopu, Şekil2'de Mikroskopun çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışmalar sırasında kullanılan Atomik Kuvvet Mikroskopu



Şekil 2. Atomik kuvvet mikroskopu çalışma prensibi (Miletic, 2010)

3 MALZEME VE METHOD

3.1. KULLANILAN MALZEMELER

3.1.1 MİKA

Mika, fiziksel ve kimyasal olarak birbirine benzemekte olan bir grup minerale verilen isimdir. Mika ailesinden muskovit, hem cantilevere yapıştırılmak hem de ölçümü alınacan malzeme olmak üzere kullanılmıştır.

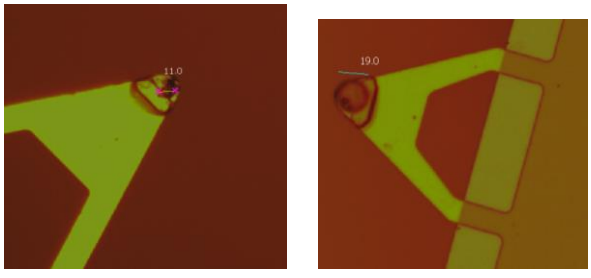
3.1.2 Cam Küresi

Cam küresi taneleri yalnızca cantilevere yapıştırılmak üzere kullanılmıştır

3.2 YÖNTEM

Bu çalışmada mika,cam küresi numuneleri ve dodesilamin hidroklorür solüsyonunun konsantrasyonları kullanılmıştır. Ölçümü yapılan mikanın çapı 1 cm iken, cantileverlere yapıştırılan mika tanesi 11 mikron, cam küresi tanesi ise 19 mikron boyutundadır. Deney ortamı sıvı olduğu için sıvı ortamda ölçüm alabilen bir model olan HYDRA ALL G 10 V şeklinde silikon tipli cantilever kullanılmıştır. Bu model cantileverler yay sabitleri farklı olan ikişer uca sahiptir. Deneyler için yay sabiti büyük (0,284 N/m) olan uç hazırlanmıştır.

Tane yapıştırma düzeneği kurulduktan sonra 38 mikron altına elenmiş cam küresi numunesi 38 mikron altına elenmiş mika numunesi, UV yapıştırıcı ve cantileverler kullanılmıştır. UV yapıştırıcı ve ters olacak şekilde, seçilen cantileverler lamların üzerine ayrı ayrı yerleştirilmiştir. İlk olarak mikroskop tablasının üstüne yapıştırıcı bulunan lam konulup ve yaklaşık 76 mikron boyutlarında bir telin ucu ile yapıştırıcıdan bir miktar alınmıştır. Daha sonra tablaya ilk cantileverin bulunduğu lam konulmuş ve telin ucundaki yapıştırıcı, cantileverde bulunan uca sürülmüştür. Mika tanelerin bulunduğu lam, tablaya konulup 11 mikron çapında uygun bir tane belirlenerek tel yardımıyla alınmış ve cantileverdeki uca, yapıştırıcının üstüne, yerleştirilmiştir. Bütün işlemler cam küresi taneleri kullanılarak ikinci cantilever de hazırlanmıştır. Hazırlanan uçlardaki yapıştırıcıların kuruması ve tanelerin sabitlenebilmesi için cantileverler UV ışın altında yaklaşık 40 dakika bırakılmıştır. Şekil 3'de hazırlanan kantileverler verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 3. (a)cantilevere yapıştırılan 11 micron boyutlu mika tanesi ve (b) 19 mikron boyutlu cam küresi tanesi

Atomik kuvvet mikroskobunun ölçüm almaya hazır duruma getirildikten sonra bilgisayarda XEP programı çalıştırılıp deney şartları girilmiş ve mercekler ayarlanarak cantileverin konumu tespit edilmiştir. Numuneye kontrollü bir biçimde yaklaşılıp, yüzey topoğrafyası elde edilmiştir

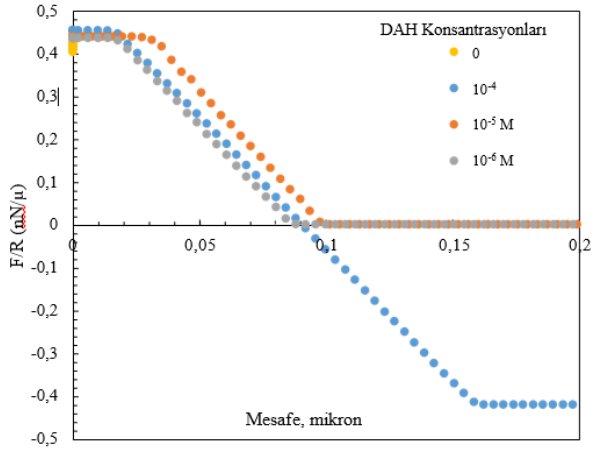
Yüzey topoğrafyası elde edildikten sonra programın modunu topoğrafya modundan kuvvet ölçümü moduna geçirerek taneler arası etkileşim, numunenin belirlenen alanında seçilen noktalarda ölçülmüştür. Elde edilen veriler XEI programı aracılığıyla sıralı datalara dönüştürülüp, bu datalar kullanılarak grafikler elde edilmiştir.

5 SONUÇLAR

5.1 Mika – Cam Küresi

Cam küresi ile mika tabakası arasında ölçülen etkileşim kuvvet eğrileri incelendiğinde, ortamda DAH yok iken yüzeyler arasında hiçbir çekim olmadığı görülmektedir. Ancak ortama 10^{-6} M amin ilavesinde 17.8 nm mesafede yüzeyler arasında bir etkileşimin başladığı anlaşılabilmektedir. Bu durum DAH'ün mika ve cam küresi yüzeylerine adsorpsiyonunun başladığına işaret etmekte olup, su içerisinde ölçülen itici kuvvetlerin bir miktar azaldığını göstermektedir. Buradaki olası mekanizma DAH gruplarının cam küresi ve mika yüzeyleri üzerinde adsorpsiyonunu göstermekte bununla beraber, 10^{-6} M gibi düşük bir konsantrasyonda yüzeylerin kısmen kaplandığı ve dolayısıyla yeteri oranda hidrofobik etkileşim oluşturamadığı da görülmektedir (yaklaşık 0.429 nN). Etkileşimin oluştuğu mesafe esas alındığında bu konsantrasyonda hidrofobik kuvvetin oluşma ihtimali oldukça düşük olduğundan, elde edilen bu yaklaşma trendi ölçümlerde kullanılan pH değerinin 9-9.5 arasında olmasıyla açıklanabilir. Çünkü bu pH değerinde DAH moleküler kompleksler meydana getirdiğinden, daha düşük ya da yüksek pH'larda yaklaşma eğilimi görülmemektedir. 10^{-5} M'da yapılan ölçümlerde taneler arası etkileşim 27.3 nm'de başlamış olup, 10^{-6} M'a göre nispeten daha yüksek bir kuvvetle (0.43 nN) yaklaşım

kuvveti elde edilmektedir. İtici kuvvet bileşenlerindeki bu düşüş DAH'ün mika ve cam küresi yüzeylerinde daha yüksek oranlarda adsorpsiyonuyla açıklanabileceği gibi, çekici kuvvetlerde elde edilen bu oldukça küçük miktardaki artış, pH 9-9.3 değerinde yapılan ölçümlerde amin gruplarının yüzeylere dikey değil, paralel olarak konumlandığına işaret etmekte olup, amonyum gruplarının yüzeylerde dehidrasyonundan ötürü hidrasyon kuvvetlerinin hidrofobik kuvvetlere göre daha baskın olmasıyla açıklanabilir. Şekil 5.6'da 10^{-6} M, 10^{-5} M ve 10^{-4} M DAH konsantrasyonlarındaki mika cam küresi etkileşimlerinin grafikleri birlikte verilmiştir. Şekil 4'te cam küresi ve mika arasındaki etkileşim kuvvetleri verilmiştir.

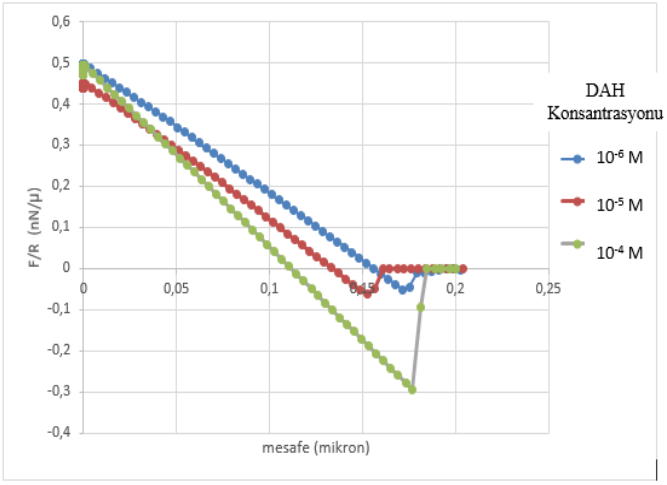


Şekil 4. 10^{-6} M, 10^{-5} M ve 10^{-4} M DAH konsantrasyonlarındaki mika ile cam küresi etkileşimlerinin karşılaştırılması

5.2 Mika – Mika

Doğal hidrofilik yapıda olan mika yüzeylerinin amin varlığında hidrofobik özellik kazandığı bilinen bir özelliktir (Ravishankar ve Yoon, 1995). Literatürde bugüne kadar yapılan birçok çalışmada mika-mika yüzeyleri arasındaki etkileşimler genellikle mikanın doğal pH değerinde veya su dışında oktanol gibi ortamlarda gerçekleştirildiğinden, amin kollektörünün etkinliği yüksek amin konsantrasyonlarında (10^{-3} M gibi) gerçekleşmektedir. Ancak amin türü kollektörlerin en etkin olduğu pH aralığı olan 9-9.5 aralığında yapılan ölçümler literatürde çok fazla çalışmada yer almamaktadır. Şekil 5.11.'de görüldüğü gibi DAH konsantrasyonu arttıkça çekici kuvvet değeri de artmaktadır. Cam küresi ve mika arasındaki çekici kuvvet değerleri 0, 10^{-4} ve 10^{-5} M DAH konsantrasyonlarında, mika-mika arasındaki çekici kuvvet değerlerinden küçük iken, 10^{-6} M DAH konsantrasyonunda bu değer daha büyüktür. Bu durum DAH'ın mika ve cam küresi yüzeylerine olan adsorpsiyonununfarklıolmasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında mika- cam küresi tanelerinin flotasyonu 10^{-4} M dodesilamin hidroklorür varlığında daha verimli şekilde gerçekleşecektir. Mika ve Mika arasındaki adhezyon kuvveti de benzer şekilde konsatrasyon arttıkça artış göstermektedir. Elde edilen kuvvet-mesafe eğrilerine göre cam küresi ve mika deneyinde olduğu gibi, mika-mika tanelerinin de flotasyonu10^{-4} M dodesilamin hidroklorür varlığında daha verimli şekilde gerçekleşecektir. Aynı çalışma sistemi ile başka taneler arasındaki kuvvet etkileşimleri belirlenebileceği gibi tanelerin flotasyon esnasındaki davranışları ve flotasyon verimleri de öngörülebilecektir.



Şekil 5. 10^{-6} M, 10^{-5} M ve 10^{-4} M DAH ortamında mika ve mika arasındaki etkileşim kıyaslaması

KAYNAKLAR

Miletic, A. (2010). Introduction to scanning probe microscopy. Novi Sad: University of Novi Sad.

Ravishankar, S. A., & Yoon, R. H. (1995). The Role Of Hydrafobic Forces In Amine Flotation Of Silica.

Kritik Koagülasyon Konsantrasyonunun Sfalerit Floatasyonuna Etkisi

Effect OF Critical Coagulation Concentration On Sphalerite Flotation

A.Babacan, M.S. Çelik

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, Türkiye

ÖZET Flotasyon yöntemi, minerallerin ıslanabilirlik farkından yararlanarak yapılan ayırma yapan bir zenginleştirme yöntemidir. Flotasyon prosesinin verimini etkileyen, pH, reaktif miktarı, tane boyutu, kondüsyon ve flotasyon süreleri gibi parametrelerin yanısıra tanelerin morfolojik özellikleridir. Bu kapsamda tanenin bilhassa köşelilik oranı ve pürüzlülüğü değiştikçe kabarcıkla etkileşimi değişeceğinden yüzebilme oranında da önemli değişimler olabilecektir. Bu nedenden dolayı tane morfolojisi flotasyon ve koagülasyon gibi prosesleri etkileyen önemli bir parametredir.Bu çalışmada sfelarit numunesinin yuvarlaklık ve pürüzlülük derecelerinin flotasyon verimine ve süspansiyonların türbiditesine etkileri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda numune hazırlık aşamalarında saf sfalerit numunesi önce kırma işleminden daha sonra öğütme işleminden geçirildi. İlk olarak, her bir kırıcı çıkışında elde edilen numunelerin yuvarlaklığı kontrol edilerek kırıcı seçiminin yuvarlaklık üzerindeki etkileri araştırıldı. Kırıcı işleminden sonra zenginleştirme işlemine uygun boyutlu malzemeyi hazırlamak ve mineralin morfolojik özelliklerinde farklılık oluşmasını sağlamak için farklı öğütme sürelerinde öğütme işlemi gerçekleştirildi ve elde edilen sfalerit numunelerinin yuvarlaklık ve pürüzlülük ölçümleri yapıldı. Morfolojik özellikleri belirlenen numunelerle daha sonra mikro flotasyon ve türbidite deneyleri gerçekleştirildi. Yapılan deneyler sonucunda flotasyon verimi ve türbidite ile mineralin morfolojik özellikleri arasında ilişki belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Morfoloji, flotasyon, sfalerit, yuvarlaklık, pürüzlülük

ABSTRACT Flotaion is an enrichment method that uses the wettability differences of minerals for separation. Beside many parameters such as pH, reagent dosage, particle size, conditioning and flotation times, particle morphology constitutes another important parameter that affect flotation recovery. In this manner, especially the variations on angularity and roughness of particles, due to the changes in the interaction between particle and bubbles, considerable variations will be obtained in terms of recovery. According to that kind of reasons, particle morphology is an important parameter affecting both flotation and coagulation processes. In this study, the effects of morphologic characteristics such as roundness and roughness of sphalerite mineral on its flotation recovery and turbidity of suspensions were investigated. For this purpose, crushing and grinding processes were applied to pure sphalerite specimen. First of all, the roundness of the specimens, which are obtained from different crushers, were analyzed. After crushing process, grinding was carried out at different milling times to prepare the appropriate sized material for the enrichment process and to make a difference in the morphological properties of the mineral, and roundness and roughness measurements of sphalerite specimens that are obtained from grinding process with different milling time were made. Then, micro-flotation experiments and turbidity were carried out with specimens whose morphological characteristics were determined. As a result of these experiments, the relationship between the morphological properties of the mineral and their flotation recovery and turbidity values was determined.

Keywords: Morphology, flotation, sphalerite, roundness, roughness

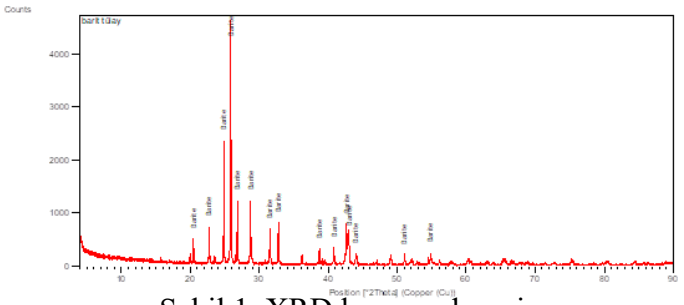
1. GİRİŞ

Flotasyon, minerallerin yüzey özelliklerinden yararlanan, tanelerin hidrofilik veya hidrofobik yapısına dayanan bir cevher zenginleştirme yöntemidir. Flotasyon işleminin verimini etkileyen parametreler arasında pH, tane boyutu, reaktif tipi ve morfolojik özellikler önemlidir. Son yıllarda şekil faktörü ve pürüzlülük gibi morfolojik özelliklerin flotasyona etkisi alanında önemli araştırmalar mevcuttur (Ulusoy vd., 2005; Yekeler vd., 2003, Rezai vd., 2010 , Guven at al. 2015). Koagülasyon ise tanelerin yüzey yükünün, elektriksel çift tabakanın sıkıştırılması yoluyla parçacıkları bir araya getirmesi işlemidir (Talmage ve Fitch, 1955; Garmsiri ve Shirazi, 2012; Merta ve Ziolo, 1986). Flotasyonda benzer şekilde tanelerin reaktiflerle kıvamlandırılması sırasında pH ve diğer kullanılan reaktifler bağlı olarak morfolojik özellikleri de agregasyonda oldukça etkili olamaktadır (Karakas ve Vaziri Hassas, 2016; Koh ve al., 2009; Svetovoy ve Palasantzas, 2015; Rahimi ve al., 2012; Krasowska ve Malysa, 2006).

Bu çalışma kapsamında farklı morfolojik özelliklere sahip tanelerin sfalerit flotasyonu sırasındaki yüzebilme ve agregasyon yeteneklerine olan katkıları incelenmektedir.

2. MALZEME VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada Eczacıbaşı ESAN tarafından temin edilen yaklaşık +25 mm boyutlu malzeme kullanılmıştır. Sfalerit cevher numunesinin içeriği kantitatif X-Işınları Difraksiyon (XRD) yöntemi ile belirlenmiştir.



Şekil 1. XRD kırınım deseni

Şekil 1'de görülen XRD sonuçlarından numunenin % 69'nun sfelarit, %17'sinin galen, ve %14'ünün kuvarstan oluştuğu anlaşılmaktadır. Flotasyon deneylerinde -74+38 µm boyutlu numune kullanılmasına karar verildiği için kırma ve öğütme işlemleri içeren bir boyut küçültme devresi uygulanmıştır. İri boyutlu sfalerit numunesinin boyutunu küçültmek amacıyla numune sırasıyla çeneli, konili ve merdaneli kırıcılardan geçirilmiştir. Kırıcı açıklıkları çeneli kırıcıda 20 mm, konili kırıcıda 6 mm ve merdaneli kırıcıda 2 mm olarak ayarlanmıştır. Her kırıcı sonrası eleme yapılarak 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 faktörü analiz yöntemi uygulanmıştır. Ve öğütme devresi için merdaneli çıkışındaki numuneden en düşük yuvarlaklığa sahip boyut grubu seçilmiştir. Malzemelerin aşırı öğünmesini önlemek ve şekil faktörünü kontrolünü sağlamak amacıyla öğütme deneyleri aynı şartlarda gerçekleştirilmiştir. Öğütme parametreleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Merdaneli 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)	470
U değeri	0,5
Bilya yükleme oranı (J)	0,20
Besleme boyutu (mm)	-2+1
Bilya çapı (cm)	2,7
Görünür bilya yoğunluğu (gr/cm^3)	3,04
Malzemenin yığın yoğunluğu (gr/cm^3)	2,26
Ortalama bilya ağırlığı (gr)	35,62
Mineral yükleme oranı (Fc)	0,04

Flotasyon çalışmaları için gerekli olan -74+38 µm boyut aralığında malzeme üretmek için seramik bilyalı değirmen kullanılarak öğütme yapılmıştır. Öğütme esnasında tanelerin şekil değişimini marifetiyle takip etmek amacıyla farklı öğütme sürelerinde (15, 30, 60, 120, 240, 480 ve 960 sn) öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüm deneyler Tablo 1'de verilen parametrelere bağlı kalınarak yapılmıştır. Her öğütme süresi ardından öğünen malzeme 74 ve 38 µm'lik eleklerden kuru olarak elenmiş ve 74 µm üstü malzeme ve 38 µm altı tekrar değirmene geri beslenerek ve U parametresi mümkün mertebe sabit tutularak öğütme işlemine devam edilmiştir. Öğütme sonucunda elde edilen -74+38 µm boyutundaki malzeme çok ince boyutlu olduğundan kuru eleme ile verimli bir eleme yapılamayacağından dolayı daha sonra yaş elemeye tabi tutulması tartışılmış ancak sfaleritin su ile temasında ortaya çıkabilecek olan yüzeylerin oksitlenmesi ihtimaline karşı vazgeçilmiş eleme çok hassas ve dikkatli bir şekilde yapılmıştır. Morfolojik özellikler belirlendikten sonra elde edilen sfalerit numunelerinin şekil faktörlerinin flotasyon verimleri

üzerinde etkisi incelenmek üzere mikro flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Sfalerit numunesinin morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla öğütülmüş -74+38 µm boyut aralığındaki numuneler öğütme süresine bağlı olarak şekil faktörü analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen her bir numunedeki tanelerin fotoğrafları dijital kamera kullanılarak alınmış ve her bir görüntü öğütme süresine bağlı olarak fotoğrafları Image J programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Şekil faktörüne ek olarak tanelerin pürüzlülüğü Mitutoyo marka profilometre kullanılarak elde edilmiştir. Deney öncesinde öğütme süresine bağlı olarak elde edilen numuneler, -15 µm boyutunda, sertliği yaklaşık 8 civarında olan silisyum karbür ile sırasıyla 15-30-45-60-75 dk boyunca pürüzlendirme işlemine tabi tutulmuş, ardından 38 µm'lik titreşimli elek yardımı ile silisyum karbür elek altına alınarak pürüzlendirilmiş olan sfalerit numunelerinden uzaklaştırılmış, elde edilen numuneler 10 Mpa basınç altında 5 dakika boyunca preslenmiş ve profilometre kullanılarak pürüzlülük ölçümü yapılmıştır.

Sfalerit numunesinin flotasyonu için toplayıcı olarak potasyum amil ksantat–PAX (KAX) kullanılmıştır. Mikroflotasyon deneylerinde farklı sürelerde öğütme sonrası elde edilen numuneler üzerinde yapılan şekil faktörü analizlerine göre yuvarlaklık derecesine bağlı olarak (düşük-orta-yüksek) numuneler seçilmiş olup (960, 240 ve 120 s), bu numuneler ile farklı kollektör konsantrasyonlarında deneyler yapılmıştır. Bu deney serisi sonrasında, miktarca en yüksek 960 sn öğütme sonrası elde edilen numuneler farklı sürelerde SiC ile öğütülerek pürüzlü hale getirilmiş ve benzer şekilde pürüzlülük derecesine bağlı olarak (düşük-orta-yüksek) numuneler seçilerek, aynı konsantrasyonlarda deneyler yapılmıştır.

Mikro flotasyon deneylerinde öncelikle toplayıcı ile saf suyun karışması için 3, dakika ardından da çözeltinin içerisine 1 gr sfalerit numunesi eklendikten sonra 5 dakika boyunca manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Toplayıcı ile kıvamlandırılan süspansiyon mikro flotasyon hücresine transfer edildikten sonra manyetik balık ile pülp karışırken hücreye 1 dakika boyunca 50 cm^3/dk akış hızında 3 psi basınçlı N_2 gazı verilmiştir. Tüm flotasyon deneyleri doğal pH olan 8.60'da yapılmıştır. Kıvam süresi, karıştırma hızı ve hava akış hızı gibi parametreler sabit tutularak tüm numunelere uygulanmıştır.

Mikro-flotasyon deneylerinin ardından tanelerin koagülasyon davranışlarını incelemek amacıyla WTW Turb430IR model türbidite cihazı kullanılmıştır. Ölçümler 20 cc hacimli cam tüpler içinde gerçekleştirilmiş olup, %1 PKO oranında farklı KAX konsantrasyonlarında hazırlanan çözeltilerin 5 dakika kondüsyonlanmasının ardından sırasıyla başlangıç 0 kabul edilerek 15, 30, 45 ve 60 saniyelerdeki bulanıklık değerleri NTU (Nefelometrik Bulanıklık Birimi) ölçülmüştür.

3. DENEYSEL BULGULAR

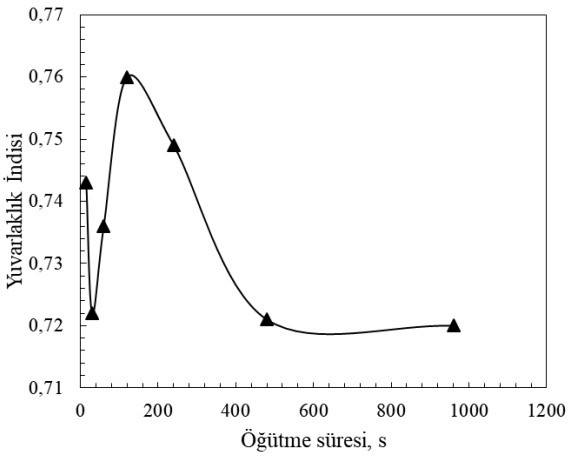
Malzeme hazırlık aşamalarında kullanılan çeneli, konili ve merdaneli kırıcıların çıkışlarından elde edilen numuneler eleme ile belirli boyut gruplarına ayrıldıktan sonra her bir boyut grubu şekil faktörü analizine tabi tutulmuştur. Görüntü analizinde alınan ölçümlerde her kırıcı çıkışında -2+1 mm boyut aralığındaki tanelerin resimleri Şekil 2'de verilmiştir.

.

Şekil 2. Sırasıyla çeneli, konili ve merdaneli kırıcı çıkışı -2+1 mm boyut grubundaki tanelerin görünümü

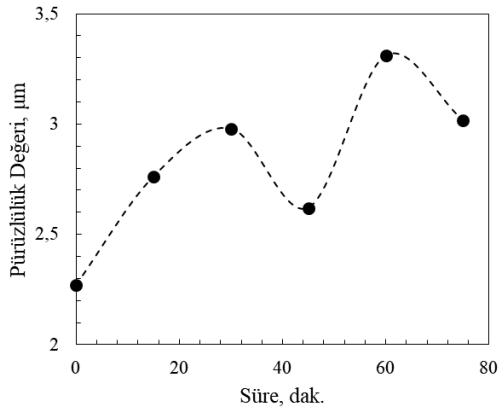
Şekil 2'de de görülebileceği üzere çeneli çıkışı taneler daha köşeli bir yapı gösterirken, konili ve merdaneli kırıcı çıkışı tanelerde, bu köşeler kırılarak daha yuvarlak taneler elde edilmektedir.

Her bir öğütme süresinde elde edilen ürün elemeye tabi tutularak -74+38 µm boyutlu malzeme ayrılmış ve bu fraksiyonun görüntü analizi ile şekil faktörü belirlenmiş ve profilometre ile pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Görüntü analizi ile elde edilen sonuçlar Şekil 3'de ve pürüzlülük ölçümleri ile elde edilen sonuçlar ise şekil 4'de verilmiştir.



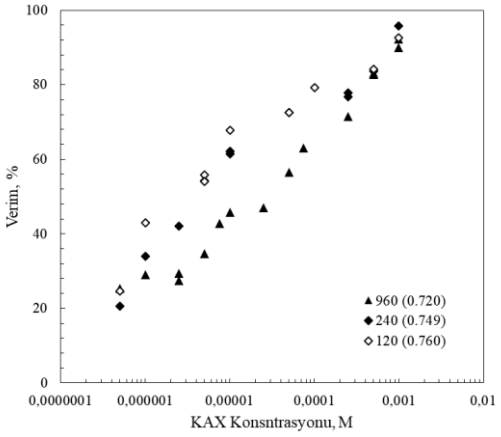
Şekil 3. Öğütme süresine bağlı yuvarlaklık sonuçları

Şekil 3'da yer alan grafik incelendiğinde, 30 sn boyunca yapılan öğütme sonrasında sfalerit numunesinin yuvarlaklığı azalmış, 60 ve 120 sn boyunca yapılan öğütme sonrasında ise numunenin yuvarlaklığı belirli bir oranda artmış, 240 ve 480 sn boyunca öğütme değerlerinde yuvarlaklık azalırken devam eden 960 sn boyunca yapılan öğütmede numunenin yuvarlaklığı aynı kalmıştır.



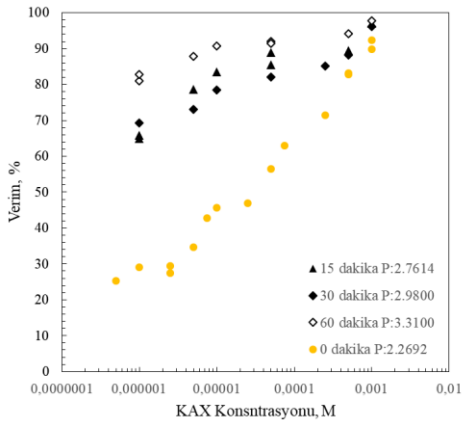
Şekil 4. SiC ile muamele süresine bağlı olarak sfalerit numunesinin pürüzlülük değeri

Kollektör konsantrasyonuna bağlı olarak yapılan mikro-flotasyon deneylerinde şekil faktörü-flotasyon verimi ilişkisi ortaya konulmuştur. Bu deneylere ait sonuçlar Şekil 5'de gösterilmektedir. Yuvarlaklık ve pürüzlülük verilerinin karşılaştırılması Şekil 5'de verilmektedir.



Şekil 5. Öğütme süresine bağlı olarak sfalerit numunesinin şekil faktörü

Şekil 8'den anlaşılacağı üzere yuvarlaklık değeri 0,720-0,760 aralığında değişirken flotayon verimi örneğin 10^{-6} M KAX konsantrasyonunda % 29.03-%42.91 aralığında değişmektedir. Bu durum şekil faktörleri açısından incelendiğinde öğütme süresine bağlı olarak numunenin yuvarlaklığının artmasıyla orantılı olarak flotasyon veriminin yükseldiğini göstermektedir.



Şekil 6. SiC ile işlem süresine bağlı olarak sfalerit numunesinin pürüzlülük değeri

Şekil 6'dan da görülebileceği üzere artan pürüzlülük değerlerinde yüksek konsantrasyonlarda önemli bir değişim elde edilemezken, düşük konsantrasyonlarda 10^{-6}, $5x10^{-6}$ M gibi flotasyon verim değerleri %29'dan %81'e kadar yükselmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında farklı kırıcılar ve öğütme sürelerinde elde edilen aynı boyut grubunda fakat farklı morfolojik özelliklere sahip sfalerit numunesinin, bu niteliklerinin flotasyon verimine ve aynı şartlardaki bulanıklık değerine olan etkileri incelenmiştir.

Bu kapsamda öğütme sonrasında elde edilen üç farklı yuvarlaklık değerine sahip tanelerle farklı konsantrasyonlarda mikro-flotasyon deneylerinin yanı sıra türbidite deneyleri gerçekleştirilmiş olup, pürüzlülüğün etkisini görmek amacıyla belirli bir şekil faktörüne sahip taneler SiC ile işlem gördükten sonra farklı pürüzlülüğe sahip tanelerle de aynı deney şartlarında mikro-flotasyon deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

5. KAYNAKLAR

Garmsiri, M.R., Haji Amin Shirazi, H. (2012). A new approach to define batch settling curves for analyzing the sedimentation characteristics, Journal of Mining & Environment, 3, 103-111.

Güven, O., Celik, M.S., & Drelich, J. (2015). Flotation of methylated roughened glass particles and analysis of particle-bubble energy barrier. Minereals Eng 79, 125-132.

Karakas, F., Vaziri Hassas, B. (2016). Effect of surface roughness on interaction of particles in flotation. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 52, 18−34.

Krasowska, M., Malysa, K. (2007). Kinetics of bubble collision and attachment to hydrophobic solids: I. Effect of surface roughness, International Journal of Mineral Processing, 81, 205-216.

Rezai, B., M. Rahimi, M. R. Aslani, A. Eslamian, and F. Dehghani. 2010. Relationship between surface roughness of minerals and their flotation kinetics. In Proceedings of the XI International Mineral Processing and Technology Congress, 232-238.

Talmage, W.P. and Fitch, E.B. (1955). Determining thickener unit areas. Industrial and Engineering Chemistry,47,38-41.

Ulusoy, U. Yekeler, M., 2005. Correlation of the surface roughness of some industrial with their wettability parameters. Chem. Eng. Process. 44, 557-565.

FLUORİT FLOTASYONUNDA ÇEŞİTLİ PARAMETRELERİN ETKİSİ

B.N. Keskin, A. Gül
Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Mineral Processing Engineering, Istanbul

ABSTRACT Today, fluoride is a mineral with many uses in the industry. It is found together with minerals such as fluoride galenite, chalcopyrite. Gang minerals are quartz, calcite, barite. The enrichment process is carried out after these minerals are reduced to the economic liberalization dimension. Nowadays, the ore size of these ores is generally less than 100 microns and is enriched by flotation. Flotation is the selective floatation of the desired minerals or minerals using the hydrophilic and hydrophobic properties of the ore to be produced. In this thesis, iron ore belonging to Kamar Mehdi Fluorite Mining in Tabas Province of Iran's Khorassan province containing 65,63% CaF2, 8.14% SiO2 and 1.21% Fe2O3 was used. The experiment is to enrich the purpose fluorite ore effectively in the purity to be used in the industry. When this enrichment is made, the effect of temperature and depressant is investigated.

Keywords: Flotation, fluorite, temperature, depressant

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% CaF2, 8.14% SiO2 ve 1.21%Fe2O3 içeren İran'nın Khorassan eyaletinin Tabas İli'nde bulunan Kamar Mehdi Fluorit Madeni'ne ait cevher kullanılmıştır. Deneylerin amacı fluorit cevherini endüstride kullanılacak saflıkta etkili bir şekilde zenginleştirmektir. Bu zenginleştirme yapılırken sıcaklığın ve bastırıcının etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Flotasyon, fluorit, sıcaklık, bastırıcı

1. GİRİŞ

Flotasyon, madencilikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Flotasyon minerallerin yüzey özelliklerinin farkını kullanan bir yöntem olup değerli minerallerin gang minerallerinden ayrılmasına olanak sağlar. Florit flotasyonu yüksek kaliteli bir ürün elde etmek için sıklıkla uygulanır.

Bu çalışmada, Eczacıbaşı-Esan firması aracılığıyla İran'ın Kamar Mehdi fluorit madeninden alınan %65.63 CaF_2 içeren fluorit cevherinden Hidroflorik (HF) asit üretimi için istenen %95 CaF_2 içerikli bir fluorit konsantresi kazanmak amacıyla farklı koşullarda flotasyon deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca yapılan deneylerde HF üretimi için konsantrede SiO_2 içeriğinin %1.5'den ve Fe_2O_3 içeriğininde %0.5'den az olması gerektiğide gözönüne alınmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme

Eczacıbaşı-Esan'a ait laboratuvarlarda gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçlarına göre numune %65.63 CaF2, %8.14 SiO2 ve %1.21 Fe2O3 içermektedir.

Deneysel çalısmalara esas olan cevher numunesinin yapısını ve mineralojik özelliklerini belirlemek amacı ile XRD analizi yapılmıştir. Mineralojik analizlere göre numunenin florit, dolomit ve kuvars içerdiği belirlenmiştir.

Numune çok iri boyutta olmadığından yanlızca merdaneli kırıcı kullanarak boyutu 2 mm altına indirilmiştir. Flotasyon deneyleri için, 2 mm altındaki 500 g cevher %60 pülpte katı oranında, 7 dk bilyalı değirmende öğütülerek -0.5 mm boyutuna getirilmiştir.

2.2. Method

Deneylerde Denver tipi flotasyon makinesi, 1200 devir/dakika karıştırma hızında kullanılmıştır. Bu cevherle yapılmış daha önceki bir tez kapsamında flotasyon yöntemiyle -0.5 mm tane boyutunda, pH 9'da, 2000 g/ton Oleik Asit, 5000 g/ton Na_2SiO_3, 550 g/ton Nişasta kullanımı ve 2 kademe temizleme devresi ile %80.5 verimle %88.5 CaF_2 içerikli bir konsantre elde edilmiştir. Bu sonuçların elde edildiği deney şartları optimum şartlar olarak kabul edilerek kollektör cinsinin, sıcaklığın, temizleme devrelerinde Quebracho ilavesinin etkisi incelenmiştir. Ayrıca flotasyon kinetiğinin belirlenmesine yönelik çalışma yapılmıştır.

3.DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1.Kollektör cinsinin etkisi

Kollektör cinsinin etkisinin incelendiği deneylerde sodyum oleat ve oleik asit kullanılmıştır. Deneyler -0.5 mm tane boyutunda, pH 9'da, 2000 g/ton Oleik Asit/sodium oleat ilavesi ile 5000 g/ton Na_2SiO_3, 550 g/ton Nişasta kullanımıyla gerçekleştirilmiştir.
Deney sonuçlarına göre oleik asitin sodyum oleata göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Oleik asit kullanımı ile %80.3 verim ile %72.95 CaF_2 içerikli bir konsantre elde edilmiştir. Deney sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Kollektör cinsinin etkisinin incelendiği deneylerin sonuçları

Kollektör Cinsi	Ürünler	Miktar,%	CaF_2	
			İçerik,%	Verim,%
Sodyum Oleat	Konsantre	52.4	76.26	59.7
	Artık	47.6	56.71	40.3
	Toplam	100.0	66.96	100.0
Oleik Asit	Konsantre	74.1	72.95	80.3
	Artık	25.9	51.06	19.7
	Toplam	100.0	67.28	100.0

3.2. Sıcaklığın etkisi

Sıcaklığın etkisini incelemek için 24-25 ^oC ve 32-33 ^oC'lerde flotasyon deneyleri yapılmıştır. Deney koşulları daha önceki deneydeki gibidir. Deney sonuçlarına göre 32-33 ^oC'de daha yüksek verim elde

edilmesine rağmen sıcaklık artışının ek maaliyet getireceğinden dolayı 24-25 ^{o}C'nin uygun olduğu belirlenmiştir. Bu sıcaklıkta yapılan deney sonucunda %66.5 verim ile %75.18 CaF_2 içerikli konsantre elde edilmiştir.
Konsantredeki SiO_2 içeriği %1.64 ve Fe_2O_3 içeriği ise %0.35 olarak belirlenmiştir. Deney sonuçları Tablo 3.2'dedir.

Tablo 3.2. Sıcaklığın etkisinin incelendiği deneylerin sonuçları

Sıcaklık, ^{o}C	Ürünler	Miktar,%	CaF_2	
			İçerik,%	Verim,%
32-33	Konsantre	64.5	73.02	71.6
	Artık	35.5	52.42	28.4
	Toplam	100.0	65.70	100.0
24-25	Konsantre	59.3	75.18	66.5
	Artık	40.7	55.07	33.5
	Toplam	100.0	66.99	100.0

3.3. Temizleme devrelerinde Quebracho ilavesinin etkisi

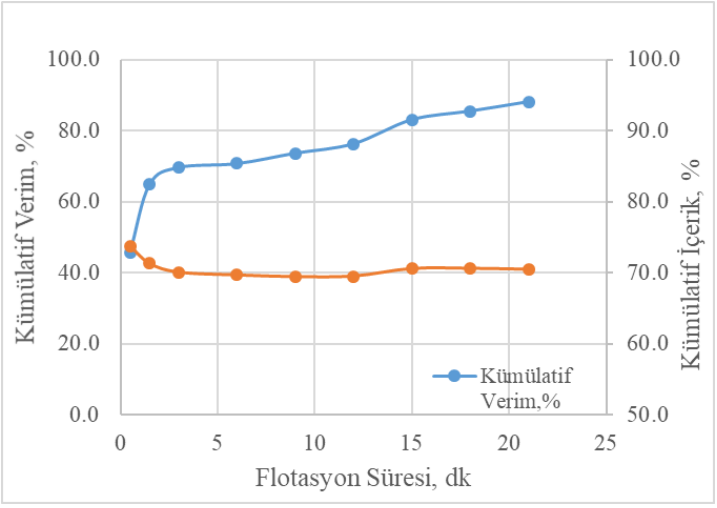
HF üretimi için en az %95'lik bir fluorit konsantresi elde etmek gerektiği için tek kademe yapılan temizleme devresinde bastırıcı kullanarak konsantre içeriğinin arttırılması amaçlanmıştır. Deneylerde 50 g/t ve 200 g/t Quebracho kullanılmıştır. Tablo 3.3 de verilen deney sonuçları incelendiğinde temizleme devresinde Quebracho ilavesinin etkili olmadığı görülmüştür.

Tablo 3.3. Temizleme devrelerinde Quebracho ilavesinin etkisinin incelendiği deneylerin sonuçları

Quebracho	Ürünler	Miktar,%	CaF_2	
			İçerik,%	Verim,%
50 g/t	Konsantre 1	49.7	82.18	61.1
	Konsantre 2	3.2	51.54	2.5
	Ara Ürün	2.6	20.05	0.8
	Artık	44.5	53.46	35.6
	Toplam	100.0	66.80	100.0
200 g/t	Konsantre 1	46.6	84.42	58.7
	Konsantre 2	3.6	55.04	3.0
	Ara Ürün	9.1	35.83	4.9
	Artık	40.7	55.07	33.5
	Toplam	100.0	66.99	100.0

3.4. Flotasyon kinetiğinin belirlenmesi

Flotasyon sürelerine bağlı olarak fluoritin içerik ve verimlerinin incelenmesi için 0.5 dk, 1.5dk, 3.dk, 6.dk, 9.dk, 12.dk, 15.dk, 18.dk ve 21 dk sonunda köpük alınmıştır. Zamana bağlı flotasyon veriminin incelendiği deneyin sonuçları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Flotasyon kinetiğinin sonuçları

4.SONUÇLAR

İran Kamar Mehdi Florit Maden'inden alınan cevher mineralojik analizlere göre florit, dolomit ve kuvarstan oluşmaktadır. Kimyasal analizlere göre ise %65,63 CaF_2 , %8,14 SiO_2 ve %1,21 Fe_2O_3 içermektedir.
Kollektör cinsi etkisinin incelendiği deneylerde Oleik Asit ile %80.3 verim ve %72,95 CaF_2 içerikle konsantre elde edilebileceği belirlenmiştir.
Sıcaklık etkisinin incelendiği deneylerde 32-33℃ 'de yapılan deney ile daha yüksek verim elde edilmiştir. Ancak işletme koşulları düşünüldüğünde pülp sıcaklığının artırılması maliyetleri artıracağından 24-25 derece sıcaklığın ekonomik açıdan daha uygun olacağı belirlenmiştir.
Literatür bilgilerine göre Quebracho'nun dolomit üzerinde bastırıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Ancak HF üretimine yönelik yüksek içeirkli konsantre elde etmek için temizleme devrelerinde Quebracho ilavesininin olumlu etkisi

görülememiştir. Kinetik deneylerinde 21 dakikalık flotasyon süresi içerisinde malzemenin yaklaşık %65'ini %70,05 CaF_2 içerikle ve yaklaşık %70 verimle ilk 3 dk sonunda elde edilebildiği görülmüştür.

Deney sonuçları incelendiğinde HF üretimi için gerekli olan en az %95'lik CaF_2 içerikli bir konsantrenin elde edilemediği belirlenmiştir. Bu cevher için daha sonra yapılabilecek çalışmalarda %95'lik içeriği sağlamak için, deneylerin daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi önerilir.

Güney Afrika Krom Cevherinin Manyetik Ayırma İle Zenginleştirilmesi

Enrichment of South Africa Chrome Ore With Magnetic Seperation

B. Ayıtkan, Z. Üçerler, A.E. Yüce
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Bu tez çalışmasında Güney Afrika Cumhuriyeti'nden temin edilen kromit cevherinin manyetik ayırma yöntemiyle zenginleştirme olanakları araştırılmıştır. Tüvenan numuneye yapılan kimyasal analiz sonucu Cr_2O_3 içeriğinin %25,94 olduğu belirlenmiştir. Proje kapsamında numunenin -425+150 mikron ve -150 mikron boyut gruplarına ayrılması ile elde edilen iki farklı boyut aralığında Wilfley tipi sarsıntılı masa ile krom zenginleştirme deneylerinde elde edilen %40,22 Cr_2O_3 içerikli konsantre ve %5,33 Cr_2O_3 içerikli artık üzerinden Carpco manyetik ayırma ile zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Sarsıntılı masa konsantresi ile yapılan deneyde 0.5 Amper akım şiddetinde % 37,1 verim ile %40,51 Cr_2O_3 içeriği ve 1.0 Amper akım şiddetinde %53,9 verim ile %40,38 Cr_2O_3 içeriği elde edilmiştir.Numunenin manyetik özelliklerini ve krom içeriğini belirlemek için Franz manyetik ayırma deneyleri yapılmıştır. Konsantrenin Franz manyetik ayırma sonrası manyetik üründe krom içeriği %43,11 Cr_2O_3 mertebesine ulaşmıştır. Bu sonuçlara göre; krom içeriğinin daha fazla yükseltilememesi, cevherdeki krom mineralinin krom-demir birleşik yapıda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
Anahtar Kelimeler: krom, manyetik ayırma.

ABSTRACT In this thesis study mineralogical analysis of chromite ore obtained from South Africa and enrichment possibilities by magnetic separation method were investigated. The chemical analysis carried out on the run-through sample determined that the content of Cr_2O_3 was 25.94%. Within the scope of the project, Wilfley type shaking table with 40.22% Cr_2O_3 content concentrate and 5.33% Cr_2O_3 content residue obtained in chrome enrichment experiments in two different size ranges obtained by dividing the sample into -425 + 150 micron and -150 micron size groups, enrichment experiments were carried out. In the experiment with shaking table concentrate, 40.51% Cr_2O_3 content with 37.1% efficiency at 0.5 amp current and 40.38% Cr_2O_3 content with 53.9% efficiency at 1.0 ampere current were obtained. Frantz magnetic separation experiments were carried out to determine the magnetic properties and chromium content of the sample. After the magnetic separation of the concentrate Frantz, the chromium content in the magnetic fluid reached 43.11% Cr_2O_3. According to these results, it is thought that the chromium content can not be increased further, due to the chromium-iron compound structure.
Keywords: chrome, magnetic seperation.

1 GİRİŞ

Yer kabuğunun doğal bileşenlerinden biri olan krom; metalurji, kimya ve refrakter sanayinin temel elementlerinden biridir. Krom metalinin ekonomik olarak üretilebildiği tek mineral ise kromittir. Kromitin kullanılacağı endüstri dallarına göre istenilen teknolojik koşullar vardır. Kromitin metalurji, refrakter ve kimya sanayisinde kullanılması için zenginleştirme işlemlerine tabii tutulması gerekir (Kıdıman, 2009). Bu çalışmada, Güney Afrika'dan temin edilen krom cevherinin, manyetik ayırma yöntemleri uygulayarak mineralojik tayini ve zenginleştirilmesi araştırılmıştır.

2 MALZEME VE YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında Güney Afrikadan gelen krom numunesinin mineralojik özelliklerinin tespiti ve krom cevherinin çok ince boyutlarda manyetik ayırma ile zenginleştirilme olanakları araştırılmıştır.

Tez kapsamında cevher üzerinde mikroskopik incelemeler gerçekleştirilerek tane serbestleşmesi incelenmiştir. Tüvenan malzeme üzerinde deney yapılarak yeni boyut gruplarında elek analizi yapılmıştır.

Bu tez çalışmalarında sarsıntılı masadan elde edilen temsili olarak birleştirilmiş ürünlere Franz manyetik ayırma ve Carpco ile zenginleştirme çalışmaları yapılarak cevherin karekterizasyon tayini yapılmış ve manyetik ayırma ile zenginleştirmenin sonuçları incelenmiştir. Numunelerin analizlerinin bir bölümü yaş analiz ile bir bölümü XRF modeli oluşturularak tespit edilmiştir.

3 DENEYSEL BULGULAR

Boyut gruplarına ayrılmış numuneye uygulanan elek analizi ve herbir boyut grubunun Cr_2O_3 içerikleri ve yoğunluk tayini sonuçları Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Elek Analizi Sonuçları

Boyut Aralığı	Miktar %	Toplam Elekaltı Miktarı %	Cr_2O_3 %	Yoğunluk gr/cm^3
-0.425+0.212	4,5	100	4,93	3,17
-0.212+0.150	17,6	95,5	11,1	3,42
-0.150+0.106	13,3	77,9	17,64	3,70
-0.106+0.075	30,9	64,6	25,44	3,92
-0.075	33,7	33,7	31,17	4,02

3.1 Frantz Manyetik Ayırma Deneyi

Sarsıntılı masadan elde edilen konsantre, araürün ve artık ürünleri ile Frantz manyetik ayırma deneyi yapılmıştır. Konsantre Frantz manyetik ayırma deney sonuçları Çizelge 2'de, ara ürün Frantz manyetik ayırma deney sonuçları Çizelge 3'te ve artık Frantz manyetik ayırma deney sonucu ise Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 2. Konsantre Franz Manyetik Ayırma Deney Sonuçları

Ürünler	Miktar %	Cr_2O_3 %	Verim %
Manyetik	93,75	43,11	99,97
Non-manyetik	6,25	0,22	0,03
Toplam	100,0	40,43	100,0

Çizelge 3. Ara ürün Franz Manyetik Ayırma Deney Sonuçları

Ürünler	Miktar %	Cr_2O_3 %	Verim %
Manyetik	46.85	37.74	96.80
Non-manyetik	53.15	1.10	3.20
Toplam	100	18.27	100

Çizelge 4. Artık Franz Manyetik Ayırma Deney Sonuçları

Ürünler	Miktar %	Cr_2O_3 %	Verim %
Manyetik	14.10	20.50	69.88
Non-manyetik	85.90	1.45	30.12
Toplam	100	4.14	100

3.2 Yüksek Alan Şiddetli Yaş Manyetik Ayırma (CARPCO) Deneyi

Sarsıntılı masa konsantresine uygulanan Carpco deneyi sonucu Çizelge 5'te ve sarsıntılı masa artığına uygulanan Carpco deneyi sonucu ise Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Sarsıntılı Masa Konsantresine Uygulanan Carpco Deney Sonuçları

Ürünler	Miktar %	Cr_2O_3 %	Verim %
Manyetik 1 (0,5 A)	36,84	40,51	37,10
Manyetik 2 (1,0 A)	53,68	40,38	53,90
Non-manyetik	9,47	38,21	9,00
Toplam	100	40,22	100

Çizelge 6. Sarsıntılı Masa Artığına Uygulanan Carpco Deney Sonuçları

Ürünler	Miktar %	Cr_2O_3 %	Verim %
Manyetik 1 (0,1 A)	50,16	5,68	55,71
Manyetik 2 (0,25 A)	21,94	5,55	23,80
Manyetik 3 (0,5 A)	14,11	5,22	14,40
Manyetik 4 (1,0 A)	11,60	2,49	5,64
Non-manyetik	2,19	1,03	0,44
Toplam	100	5,11	100

4 SONUÇLAR

Orjinal boyutunda (-425 mikron) gerçekleştirilen Sarsıntılı masa deneyinden elde edilen nihai ürünün 0,5 Amper akım şiddetinde %36,84 miktarında bir konsantre %40,51 Cr_2O_3 içeriği ile %37,10 verimle, 1,0 Amper akım şiddetinde %53,68 miktarında %40,38 Cr_2O_3 içeriği ve %53,90 verimle manyetik ürün kazanılmaktadır.

Sarsıntılı masa deneyinden elde edilen konsantrenin Frantz manyetik ayırma sonucunda manyetik üründe % 43,11 Cr_2O_3 içeriği, %99,97 verim ile saptanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana rehberlik eden, değerli bilgi ve düşünceleriyle mesleki ve akademik anlamda geniş bir vizyon sahibi olmam için bana yol gösteren saygı değer tez danışmanım Sayın Prof. Dr. A.Ekrem YÜCE'ye teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

KAYNAKLAR

Kıdıman, F. B., 2009. Düşük tenörlü krom cevherlerinin zenginleştirilmesinin araştırılması,Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Konya- İnlice Altın Cevherinin Siyanürasyon Yöntemiyle Zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması

Reaserach of the Beneficiation Methods of Konya- İnlice Gold Ore by Cyanidation

E.Barutçuoğlu, N.Acarkan

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, Türkiye

ÖZET Bu bitirme tezi çalışmasında; Konya-İnlice yöresindeki sülfürlü altın cevherinin siyanürasyon yöntemiyle çözündürülme olanaklarının belirlenmesine çalışılmıştır. Bu kapsamda tane boyutu, NaCN konsantrasyonu, çözündürme süresi, kurşun nitrat eklenmesi, çözeltiye hava verilmesi, pülpte katı oranı, kavurma ve pülp sıcaklığının çözündürmeye etkisi incelenmiştir.

Tane boyutunun çözündürmeye etkisinde, 5 farklı boyutta (-100, -74, -38, -20, ve -15μm) çözündürme deneyleri yapılmış ve –38 μm'da % 23,9 Au çözünme verimine ulaşılmıştır. NaCN konsantrasyonunun çözündürmeye etkisinde, 4 farklı konsantrasyonun (0,2, 0,5, 1, 1,5 g/l) çözündürme deneyleri yapılmış ve 0,5 g/l'de % 23,9 Au çözünme verimine ulaşılmıştır. Çözündürme süresinin etkilerini incelemek için 24 ve 48 saat olmak üzere iki adet çözündürme deneyi yapılmış ve 24 saatte % 23,9 Au çözünme verimi elde edilmiştir. Kurşun nitrat ($Pb(NO_3)_2$) ilavesinin çözündürmeye olan etkisinde 3 farklı miktar denenmiş (100, 200 ve 400 g/t) ve 200g/t miktarında %33,7 oranında Au kazanma verimi elde edilmiştir. Ön Havalandırmanın çözündürmeye etkisinde, 2 farklı sürede (4 ve 8 saat) çözündürme deneyleri yapılmış ve 4 saatlik ön havalandırmada % 34,2 Au çözünme verimine ulaşılmıştır. Pülpte katı oranının çözündürmeye olan etkisinde 3 farklı PKO'da (%10, %20, %30) çözündürme işlemleri gerçekleştirilmiş ve %10 pülpte katı oranında %26,5 Au kazanma verimi elde edilmiştir. Kavurmanın çözündürmeye etkisinde, 2 farklı sıcaklığın (470 C° ve 700 C°) çözündürmeye olan etkisi incelenmiş ve 470 C°'de kavrulan cevherin çözündürme işlemlerinde % 53 Au çözünme verimine ulaşılmıştır. Pülp sıcaklığının çözündürmeye olan etkisinde 3 farklı sıcaklık (40, 60 ve 80 C°) ve 2 farklı sürede (4 ve 8saat) çözündürme deneyleri gerçekleştirilmiş ve 40°C sıcaklıkta 4 saatlik çözündürme süresinde % 66,7 Au çözünme verimi elde edilmiştir.

ABSTRACT In this finishing thesis study, it has been tried to determine the possibilities of dissolving the sulfuric gold ore in Konya-İnlice region by cyanidation method. In this context, the effect of particle size, NaCN concentration, cyanidation time, lead nitrate addition, pre-ventilation, pulps solid ratio, roasting and pulp temperature were analized.
Solubilization experiments were carried out in 5 different sizes (-100, -74, -38, -20, and -15μm) under the effect of solubilization of particle size and 23.9% Au dissolution efficiency

was reached at -38 µm. In the effect of the NaCN concentration, dissolution experiments were carried out at 4 different concentrations (0.2, 0.5, 1, 1.5 g / l) and reached 23.9% Au dissolution efficiency at 0.5 g / l. To investigate the effects of the dissolution time, two dissolution tests were performed, 24 and 48 hours, and a 23.9% Au dissolution rate was obtained at 24 hours. Three different amounts were tried (100, 200 and 400 g / t) in the solubilization effect of the addition of lead nitrate ($Pb(NO_3)_2$) and 33.7% dissolution efficiency of Au was obtained in the amount of 200 g / t. Solubilization experiments were carried out in 2 different time periods (4 and 8 hours) under the effect of the pre-ventilation and reached 34.2% Au dissolution efficiency in 4 hours pre-ventilation. Solubilization was carried out in 3 different solid rates in the pulp (10%, 20%, 30%) and 26,5% dissolution efficiency of Au was obtained at 10% solid rate in the pulp. The effect of roasting before the solubilization under the two different temperatures (470 ° C and 700 ° C) were investigated and a 53% of Au dissolution efficiency were obtained at 470 C°. Solubilization experiments were carried out at 3 different temperatures (40, 60 and 80 ° C) and 2 different time fraction (4 and 8 hours) under the effect of solubility of pulp temperature and 66% of Au dissolution efficiency were obtained at 40° C for 4 hours cyanidation.

1 GİRİŞ

Proje ile amaçlanan, Eczacıbaşı Esan şirketinin Konya- İnlice bölgesindeki sülfürlü altın cevherinin zenginleştirme olanaklarının araştırılıp bu şekilde sahanın ömrünü uzatmaktır.

Altın cevherinin zenginleştirme yöntemleri Şekil 1.1'de verilmiştir. Siyanürasyon yöntemi de altın zenginleştirmesinde en sık kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir.

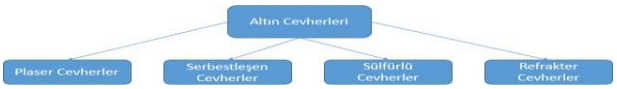
Çalışma kapsamında, tane boyutunun çözündürmeye olan etkisi, NaCN konsantrasyonunun çözündürmeye olan etkisi, çözündürme süresinin etkisi, kurşun nitrat ilavesinin çözündürmeye olan etkisi, ön havalandırmanın çözündürmeye olan etkisi, pülpte katı oranının çözündürmeye olan etkisi, kavurmanın çözündürmeye olan etkisi ve pülp sıcaklığının çözündürmeye olan etkisi incelenmiştir. Deneyler Eczacıbaşı Esan Cevher Hazırlama Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1.1 Endüstriyel Uygulanan Altın Üretim Proseslerinin Dünya Altın Üretimindeki Payları [4]

1.1 Altın Üretim teknolojileri

Altın oluşumunun mineralojisi, altın içeren minerallerin belirlenmesi, minerallerin oranı, altın cevher tenörü, ana ve gang mineralin boyut dağılımı, altın tane boyut dağılımı, altının doğada bulunuş şekli ve altın minerallerinin serbestleşme özellikleri altın kazanım prosesinin seçimini belirler[3].

Altın cevherleri genel olarak 4 ana başlık altında sınıflandırılabilirler ve bu sınıflandırma işlemi zenginleştirme yönteminin tespitinde önemli rol oynar. Şekil 1.2'de görüldüğü gibi altın cevherleri; plaser, serbest altın içeren cevherler, refrakter ve sülfürlü olmak üzere 4'e ayrılırlar [2].



Şekil 1.2 Altın Cevherlerinin Sınıflandırılması [19]

1.2 Çözündürme (Liç) Yöntemi

Kimyasal zenginleştirme uygun kimyasal reaktiflerin kullanılmasıyla bir cevherin yapısında bulundurduğu kıymetli metal ya da minerallerin kimyasal formlarını değiştirilerek zenginleştirilmesidir. Kimyasal çözünürlük farkı, kimyasal zenginleştirmelerin birçoğunda kullanılır. Liç olarak adlanlandırılan bu yöntemle uygun bir çözücü vasıtasıyla, değerli metal ya da metallerin seçimli olarak çözeltiye alınması sağlanmakta ve bir sonraki adımda da bu yüklü çözeltiden seçimli olarak kazanılabilmektedir.

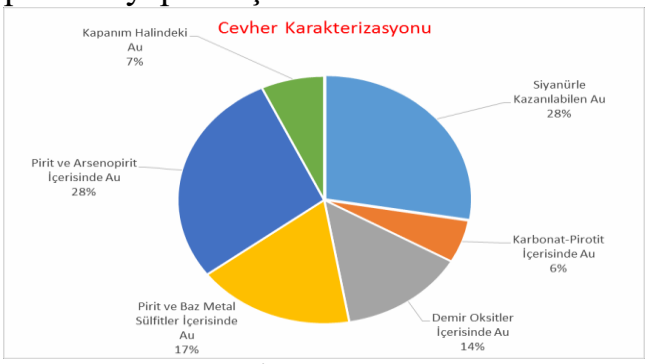
Kimyasal zenginleştirmede kimyasal çözünürlük farkından faydalanılır. Liç adı verilen bu yöntemde; uygun bir çözücü vasıtasıyla, değerli metal ya da metallerin seçimli olarak çözeltiye alınması sağlanmakta ve bir sonraki aşamada da bu yüklü çözeltiden seçimli olarak kazanılabilmektedir.

Değerli metal içeriği yüksek olan cevherlerin azalması neticesinde 20. yüzyılın son çeyreğinden başlayarak, düşük tenörlü ve ince dağılımlı değerli mineral içeren cevherlerin değerlendirilmesi önem kazanmıştır. Pirometalürjik yöntemler ve fiziksel zenginleştirme ile kazanımın teknik açıdan zor uygulanması ve maliyetleri arttırması nedeniyle kimyasal zenginleştirme, endüstride daha geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca cevherlerden alüminyum, uranyum, titanyum, sodyum, potasyum, altın, nikel, gümüş ve kobaltın geri elde edilmesinde yüksek oranda liç yönteminden faydalanılmaktadır [1].

2. NUMUNE VE YÖNTEM

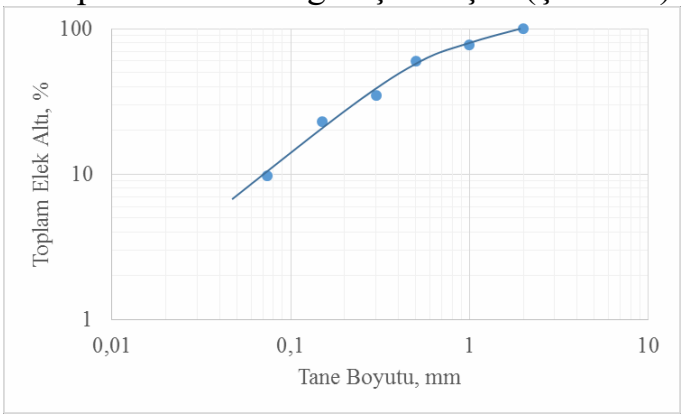
Numunenin neredeyse dörtte üçü SiO_2'den oluşmaktadır. Bunun yanı sıra %5,36 oranında sülfür (S), % 6,11 Al_2O_3, %3,85 Fe_2O_3, ve %1'den az oranlarda TiO_2, K_2O, Na_2O ve BaO içermektedir.

Konya İnlice altın numunesinin minerolojik bileşimi tanımlayıcı liç yöntemiyle belirlenmiştir ve şekil 2.1'de gösterilmiştir. Altın cevherinin %27,7'si doğrudan siyanür liçi ile kazanılabilmektedir, %7'si ise kapanım halinde bulunmaktadır, %28,3'ü ise pirit ve aresenopirit içerisindedir, %17,5'i ise pirit ve baz metal sülfitlerinin içersindedir, buna ek olarak % 14'ü ise demir oksitlerin içerisinde ve % 5,6'sı pirotitli yapılar içerisinde bulunmaktadır.



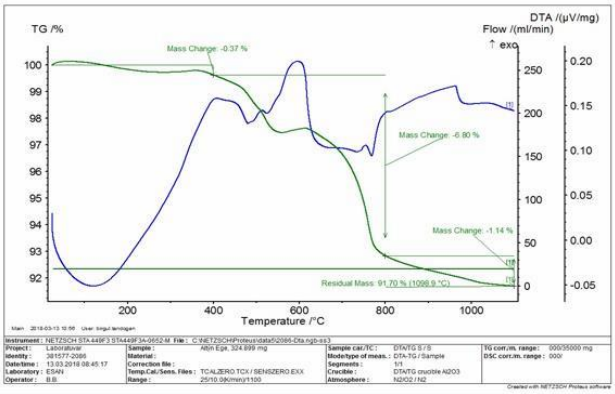
Şekil 2.1 Konya İnlice Au Numunesinin Karakterizasyonu.

Numunenin 2mm altı elek analizi yapılmış ve toplam elek altı eğris çizlmiştir (Şekil2.2).



Şekil 2.2 -2mm Numunenin Toplam Elek Altı Eğrisi

Numunenin ısı karşısındaki profilini görme ve kavurma deneylerine ışık tutması amacıyla çekilen DTA Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3 İnlice Numunesi DTA

Deneysel çalışmalar, cevherin karakterizasyonu, siyanürasyon deneylerini kapsamaktadır

Değirmende 100, 74, 38, 20 ve 15 µm'nin altına indirilen numuneler ile aşağıda verilen sabit koşullarda çözündürme deneyleri yapılmıştır.

Tane boyutu 38 µm'nin altına indirilen numuneler ile aşağıda verilen sabit koşullarda çözündürme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde 0,2, 0,5, 1 ve 1,5 g/L NaCN konsantrasyonunda siyanürasyon deneyleri yapılmıştır.

Tane boyutu 38 µm'nin altına indirilen numuneler ile aşağıda verilen sabit koşullarda çözündürme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde 24 saat ve 48 saat süreyle siyanürasyon süresi deneyleri yapılmıştır.

Tane boyutu 38 µm'nin altına indirilen numuneler ile aşağıda verilen sabit koşullarda çözündürme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde 100, 200 ve 400 g/t oranında $Pb(NO_3)_2$ pülpe ilave edilerek deney tamamlanmıştır.

Tane boyutu 38 µm'nin altına indirilen numuneler ile aşağıda verilen sabit koşullarda çözündürme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde 4 saat ve 8 saat süreyle pülpe hava motorundan hava verilmiştir.

Tane boyutu 38 µm'nin altına indirilen numuneler ile aşağıda verilen sabit koşullarda çözündürme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde %10, %20 ve %30 pülpte katı oranıyla siyanürasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Tane boyutu 38 µm'nin altına indirilen numuneler ile aşağıda verilen sabit koşullarda çözündürme deneyleri yapılmıştır. Siyanürasyon işlemi öncesi cevher 470 ve 700 C°'de atmosferik koşullarda kavrulmuştur.Fırının derecesi belirlenirken, cevher karakterizasyonu sırasında çekilen DTA'dan yararlanılmıştır.

Tane boyutu 38 µm'nin altına indirilen numuneler ile aşağıda verilen sabit koşullarda çözündürme deneyleri yapılmıştır. Pülp sıcaklığı 40, 60 ve 80 C° olacak şekilde 3 farklı sıcaklıkta, 4 ve 8 saat süreyle siyanürasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR

- Tane boyutunun altın çözünme verimine olan etkisi incelendiğinde, 38µm boyutu %23,9 ile en yüksek verimi vermiştir ve takibi deneylere bu boyut üzerinden devam edilmiştir.

- Cevheri oksitlemek amacıyla yapılan kurşun nitrat ilavesinin, altın çözünme verimine olan etkisi incelendiğinde 200 g/t oranında kurşun nitratın %30 pülpte katı oranındaki çözeltiye eklenmesiyle %33,7'lik çözünme verimle elde edildiği görülmüştür.

- Cevherin yapısındaki sülfürlü yapıyı bozma amacıyla yapılan 470°C'de kavurma sonrası siyanürasyon işleminde %30 pülpte katı oranında % 53 altın çözünme verimine ulaşılmıştır.

- Pülp sıcaklığının ve bu sıcaklıktaki siyanürasyon süresinin, altın çözünme verimine olan etkisi incelenmiştir ve %10 PKO'da, 40ºC'de 4 saat süreyle yapılan siyanürasyon işlemi sonucunda %66,3'lük altın kazanma verimine ulaşılmıştır ve %66,3 çözünme verimi bu tez çalışmasının en yüksek çözünme verimidir.

4. KAYNAKLAR

[1] **Acarkan, N.** (1997). Altın - gümüş üretiminde modern yöntem: siyanür prosesi. A. E. Yüce ve G. Önal (Ed), Altın Madenciliği ve Çevre içinde (61-77). Yurt Madenciliği Geliştirme Vakfı Yayınları, Ankara.

[2] **Acarkan, N.** (2018). Kimyasal Zenginleştirme, Ders Notları

[3] **Yüce, A. E**. (1995). Altın Gümüş İçeren Sülfürlü Bakırlı-Pirit Cevherlerinden Tiyoüre Liçi Ile Altın Ve Gümüş Kazanımı, *Doktora tezi,* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[4] **MTA Genel Müdürlüğü**, Türkiye ve Dünyada Altın, 2016.

The Preperation of Iron Nanoparticule Modified Perlite for The Removal of Ethyl Xanthate

E.Ö.Karamaşa B.Benli

Istanbul Technical University, Faculty of Mine, Mineral Processing Engineering, 34469, İstanbul, Türkiye

karamasa@itu.edu.tr

ÖZET Perlit asidik karakterli volkanik bir camdır. Perlit adı, perlit eğrisinden türetilmiştir, bazı perlit tipleri kırıldığında inci parıltısında küçük kürelere neden olduğundan, inci taşı veya inci anlamına gelir. Perlit, genleştiğinde çok hafif ve gözenekli hale gelen ve termal olarak genişleyebilen bir kayadır. Dünyadaki bilinen perlit rezervlerinin yaklaşık % 70'i Türkiye' e bulunmaktadır. Diğer yandan, Ksantat, sülfürlü minerallerin yüzey flotasyonunda yaygın olarak kullanılan organik sülfür bazlı toplayıcılardan (örn., Ksantant ve Dikarbonatlar) biridir. Alkali ksantanlar, yüzdürme işleminde çeşitli sülfürlü mineralleri ayırmak için verimli toplayıcılar olmasına karşın, artık xanthate ile flotasyon atıklarının emisyonunun çevreye zararlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çevresel etkiler göz önüne alınarak, bu kirleticinin giderimine yönelik bir adsorban, hafifliğinden dolayı perlit minerali kullanılarak hazırlanmıştır.

Amacımız, ksantat giderimi sağlayacak, aynı zamanda sulu çözeltiden hızla ayrılabilecek, ekonomik bir adsorbanın hazırlanmasıdır. Bu amaçla, demir modifikasyonun faydalı olacağı düşünülerek, gıda katkı maddesi olarak kullanılan Fe-nanopartikül pigmenti modifikasyon malzemesi olarak kullanılmıştır. Fe pigmentinin süresi geçmiş gıda sanayi için atık konumunda olan bir pigment olmasına dikkat edilmiştir. Böylece atık bir malzeme modifikasyonlarda kullanılmıştır. Ardından ham perlit ve genleştirilmiş perlit olmak üzere 4 farklı perlit numunesi yıkanmış, elenerek uygun tane boyutunda manyetik demir pigmenti ile karıştırılmış, ardından 300C' de kalsine edilerek Fe-nanopartikül modifiye perlitler hazırlanmıştır. Bu perlitler daha sonra etilksantat adsorpsiyonunda etkinlikleri denemiştir. Adsorpsiyon ortamında H2O2 eklenerek, adsorpsiyona olan etkisi UV spektrometrik ksantat analizleri ile incelenmiştir. İri tane boytunudaki modifiye perlitlerin başarılı olduğu, ince tane boyutunda ise ortama katılan H2O2'nin etkili olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

Perlite is a volcanic glass with acidic character. The perlite name is derived from the perl curve, which means pearl and pearl, when some perlite types are broken, resulting in small spheres in pearl luster. Perlite is a thermally expandable rock that becomes very light and porous when expanded. On the other hand, Xanthate is one of the most organic-sulphur based collectors (e.g,xathates and dithiocarbonates) which are widely used in the flotation of sulpide minerals. Xanthate is one of the organic sulfur-based collectors commonly used in surface flotation of sulphide minerals (eg, xanthate and dicarbonates). While alkaline xanthans are efficient collectors for separating various sulfur minerals in flotation, it is now known that the emission of xanthate and flotation wastes is harmful to the environment. For this reason, considering the environmental effects, an adsorbent for the removal of this pollutant has been prepared using perlite mineral because of its lightness.

Our aim is to prepare an economical adsorbent that will provide xanthate remedy and at the same time be rapidly separated from the aqueous solution. For this purpose, Fe-nanoparticle pigment, which is used as a food additive, was used as a modification material because iron modification would be useful. It has been noted that Fe pigment is a pigment in waste form for the past food industry. The waste was thus used in a material modification. Four different perlite samples were washed and sieved to specific particle size groups. Three selected samples were mixed with magnetic iron pigment in appropriate grain size, and calcined at 300C to prepare Fe-nanoparticle modified perlite. These samples were used as adsorbents for ethyl xanthate adsorption. The effects of mixing time, Fe addition and H2O2 addition were investigated. Larger particles were found to

be more effective than smaller than 1 mm. H2O2 addition is a good solution to degradation of xanthate and increase adsorption capacity.

Keywords:Xanthate, adsorptin, perlite, modification, fe-nanoparticule

1. GİRİŞ

Perlite is a volcanic glass with acidic character. The name which means pearl is derived from 'perl'. Perlite is a thermally expandable rock that becomes very light and porous when expanded. Perlite is used both for raw perlite and for the product obtained by its expansion. Various perlitic rocks may differ in color and structure. The raw perlite color can vary from bright to clear brightly bright. After heat treatment, it is converted to low density and porous structure, and changes its color from gray to white.

The distinguishing feature which set apart from other volcanic glass is that when rapidly heated perlite to temperatures about 760-980℃, it expands 4-20 times its original volume whose generic name is amorphous volcanic alumina-silicate rock (Daniel Maxim, Niebo, & E. McConnell, 2014). If perlite was heated slowly, water will be released gradually and no expansion occurs (Aguilar-Garib, García-Onofre, Ortiz, & Valdez-Nava, 2013)

This product is called expanded pearlite. Perlite is an essentially volcanic glass with an acid composition, specially textured, containing certain water in the inner structure. It is not fibrous and it does not contain nitrate sulphate, phosphorus, heavy metal, radioactive elements and organic matter. So it is chemically quite pure. Perlite ore is usually exploded by open management method. After that crushing-grinding-classification processes are followed by expansion process (MTA,2018).

Xanthate, any of a class of organic salts formed by treatment of an alcohol with carbon disulfide in the presence of an alkali. The term is derived from the Greek word xanthos, for "yellow," in reference to the compound potassium ethyl xanthate (C2H5OCS2K), which gives a yellow precipitate when combined with copper sulfate.

The most important group of xanthates are the sodium salts produced from cellulose; these materials are processed to form the synthetic fibre rayon or the transparent film cellophane, then reconverted to cellulose. The xanthates of some low-molecular-weight alcohols are used as flotation agents for the concentration of ores.

The xanthates that remain in tailings and flotation effluents can cause severe environmental pollution and ecological issues (Chockalingam et al., 2003). The toxicity of xanthates and of their oxidation by products is high. The xanthates harm nervous systems and livers of human and animals,and also may have a teratogenic effect on the fish embryos (Zhao et al., 2006)

The residual xanthate and its by-products in wastewater tailings are not allowed to dispose into environmental streams due to both strong nasty smells and being toxic to biological systems.In recent years,especially with increasing effort to environment protection from community and governments,many methods have been developed to remove the xanthate and its. By-products from wastewater tailings, such as chemical precipitation, chemical oxidation, adsorption, and biodegradation (Chen et.all,2011)

Adsorption is the accumulation of atoms, ions, or molecules from a gas or liquid at the surface, known as the adsorbent (Eigenbrodt and Rooney, 2014).BF. The quantity of adsorbate present on a surface depends on several factors e.g. adsorbent type, adsorbate type, adsorbate size, adsorbate concentration, temperature, pressure, media pH etc. The adsorption process is recognized as an important process in the field of separation technology (Khan, 2012). Therefore, the aim of this study is to prepare an economical adsorbent that will provide xanthate remedy and at the same time be rapidly separated from the aqueous solution.

2. EXPERIMENTAL AND MATERIALS

Raw and expended perlite samples were kindly obtain from Genper Expanded Perlite Co. from Kütahya region of Turkey

2.1 Sieve Analysis

Samples of the as-received perlite were screened into seven different grain size ranges using the following screen sizes: 2000 μm, -2000 μm + 1000 μm, -1000 μm + 500 μm , -500 + 212 μm , -212 μm

+ 125 µm, -125 µm + 90 µm, and -90 µm. The screens (Ro-Tap Sieve Shaker), were stacked, placing the smaller size at the bottom and larger size on the top. A bottom pan was placed to collect the fines passing the smallest screen size of 90 µm. The samples were screened for a total of 15 seconds. A total of 50 g of perlite was screened for each sample.

2.2 Washing

The material was washed with the aim of eliminating impurities and to determine the size defects on the surface of the perlite samples. Because the perlite contained a lot of water, the samples were thoroughly dried. Then washed and dried, washed samples are screened into seven different size ranges using the following screen sizes: 2000 µm, -2000 µm + 1000 µm, -1000 µm + 500 µm , -500 + 212 µm , -212 µm + 125 µm, -125 µm + 90 µm, and -90 µm. were individually sieved with Rot-Ap Sieve Shaker again. Washed sample size was determined, and it was observed that the washed perlite samples were crushed and crumbled.

Figure 2.1. Wetted perlite.

Figure 2.2 Tailing of wetted perlite

2.3. Fe -nanoparticle modification

Waste food grade iron pigment used to increase magnetic properties and adsorption affinities of the perlite samples for xanthate ions in aqueous solutions 0,05 g, 0,25 g, 0,5 g Fe nanoparticles were mixed in perlite aqueous dispersion (Figure 2.4). Then, oven-dried at 160°C and calcinated in 300°C.

2.4 Adsorption Studies

The adsorption/ degradation tests of xanthate solution (total volume of 20 mL) without or with H_2O_2 were conducted using a 40 mL centrifuge tubes with magnetic stirrer at temperature of (25±1C).

2.5. Calibration of KEX Concentration for UV/Vis Measurement

In order to obtain optimal UV/Vis absorbance profile, the batch of PEX (Potassium Ethyl Xanthate) solutions by diluting bulk concentrations (1000 mg/L)with different concentrated was measured by UV/Vis. Based on the theory of UV/Vis absorption spectrometry, the correlation between the UV absorbance value. The concentration of alkly xanthate was determined by a UV/Vis spectrometer at 301 nm. Calibration curve was prepared from the adsorbance of the UV spectrum between 190 to 400 nm wavelength. Figure shows the calibration spectrum for pure xanthate solutions in water (50-100-200ppm concentrations) at 300 nm wavelength.

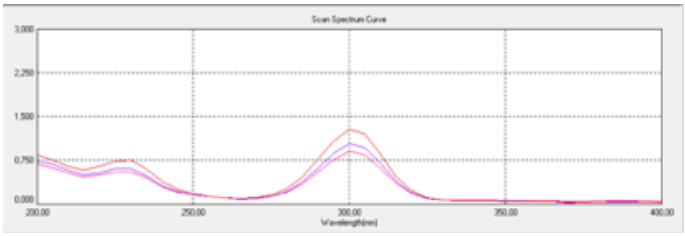


Figure 2.3 The adsorbance values of pure xanthate

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Four different particle sizes of expended perlite samples were selected for the modification studies. Seive analyses of the samples can be seen in Figure 2.4 and for washed samples in Figure 2.5.

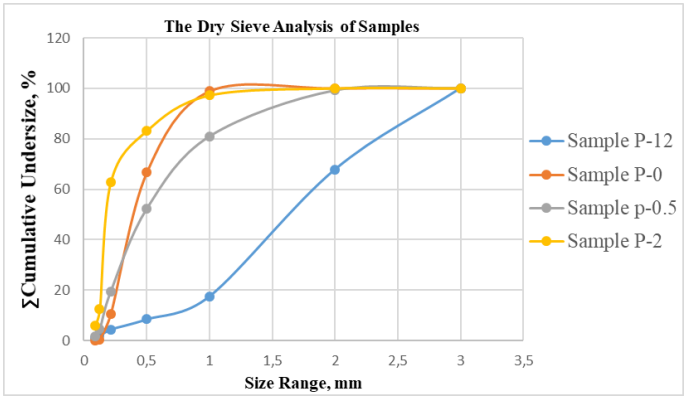


Figure 2.4. Dry Sample's Size Distribution

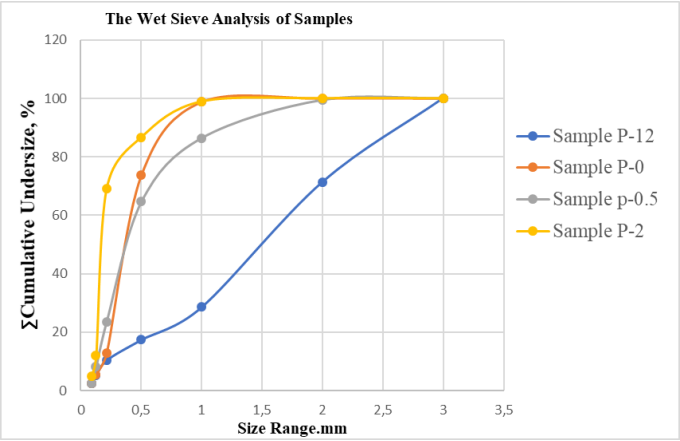


Figure 2.5. Wetted Sample's Size Distribution

Table 2.1 The effect of washing on the particle size distribution

	According to sieve analyse results							
	Amount(%) of tuvenan sample				Amount(%) of water washed sample			
Size Range(mm)	**P12**	**P0**	**P0.5**	**P2**	**P12**	**P0**	**P0.5**	**P2**
+2mm	32,12	0,08	0,8	0	28,6	0	0,6	0
-2.0+1.0	**50,28**	1,1	18,2	2,8	**42,8**	1,2	13	1,1
-1+0.5	9,14	32,2	28,6	14,04	11,2	25	21,78	12,16
-0.5+0.212	4,06	**56,2**	**32,84**	20,44	7	**61**	**41**	17,52
-0,087	2,54	9,9	14,9	**50,2**	5,2	7,2	15,4	**57,2**
-0.125+0.090	1	0,48	2,86	6,72	2,8	3	5,8	7,1
-0.090	0,86	0,04	1,8	5,8	2,4	2,6	2,42	4,92
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

The differences between from expanded perlite were compared in Table 2.1. and seen that there is a smaller effect by slipping to fine size while washed.

Fe-modified perlite and calcined pearlite samples can be seen as Figure 2.5. It is seen that Fe nanoparticles are found not only on the surface but also in the internal spaces of the perlite samples. It is more effective in the larger particle size of perlite.

Figure 2.6. Fe nanoparticles mixed floating perlite.

Fe modification is succeeding in larger perlite samples. In order to increase adsorption capacity of the smaller samples, we also investigated the addition of H2O2 in the adsorption media on adsorption capacity of the samples. Therefore, several important parameters such as particle size, Fe addition, H_2O_2 addition and time were correlated with xanthate removal. Initial concentration of xanthate is 1000ppm stock solution and final solutions were obtained near 100ppm and some of them is near 50ppm. Thus, xanthate removal is succeed above 90% and the synergistic effect is seen that when Fe-NPs and H2O2 were used together. Finally, the color change of the solutions during xanthate adsoption can be seen in Figure 2.7.

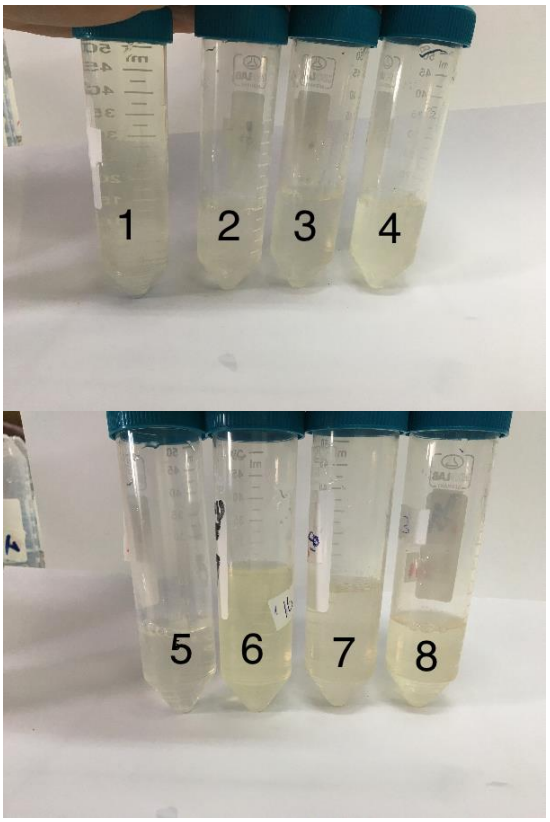


Figure 2.7. The color change of the xanthate solutions for some of the samples.

4. CONCLUSION

Waste food grade iron pigment used to increase magnetic properties and adsorption affinities of the perlite samples for xanthate ions in aqueous solutions

Fe-nanoparticle modified perlitesamples were prepared from the washed, sieved (for specific particle size groups), and mixed with magnetic iron pigment in appropriate grain size, and then calcined at 300C. It was seen that Fe modified perlites are successfully modified and still magnetic and floating in water.

These samples were used as adsorbents for ethyl xanthate adsorption. The effects of mixing time, Fe

addition and H2O2 addition were investigated. Pure perlite is not adsorped the xanthate ions. However, Fe modified larger particles were found to be more effective than the smaller one under 1 mm. H2O2 addition is a good solution to degradation of xanthate and to increase adsorption capacity.

4. REFERENCES

Aguilar-Garib, J. A., García-Onofre, V., Ortiz, U., & Valdez-Nava, Z., 2013. Microwave Energy for Expanding Perlite Ore. Journal of Applied Research and Technology, 11, 823-830.

Chen, S.H., Du, D.Y., 2014. Degradation of n-butyl xanthate using fly ash as heterogeneous Fenton-like catalyst. J. Cent. South Univ. 21, 1448–1452

Daniel Maxim, L., Niebo, R., & E. McConnell, E. (2014). Perlite Toxicology and Epidemiology. Inhalation Toxicology, 26(5), 259-270.

Daniel Maxim, L., Niebo, R., & E. McConnell, E., 2014. Perlite Toxicology and Epidemiology. Inhalation Toxicology, 26(5), 259-270.

Zhao, Y.H., Xie, M.H., Luo, X.P., 2006. Investigation on removal of xanthate in flotation effluent. Met. Miner. 6, 75–77.

Güney Afrika Krom Cevherlerinin Gravite Yöntemi ile Zenginleştirilmesi

Investigation of Gravity Enrichment of South Africa Region Chromite Ores.

H.Y. Bozkurt, Z. Üçerler, M. Özer, G. Bulut.
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET Bu tez çalışmasında Güney Afrika'dan temin edilen kromit numunesinin gravite yöntemiyle zenginleştirme olanakları araştırılmıştır. Tüvenan numuneye yapılan kimyasal analiz sonucu Cr_2O_3 içeriğinin %25,94 olduğu belirlenmiştir.-425+150 mikron ve -150 mikron boyut gruplarına ayrılması ile elde edilen iki boyutta Wilfley tipi sarsıntılı masa zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyin sonucuna göre %44 miktarında bir konsantre %40,22 Cr_2O_3 içeriği ile %68,5 verimle kazanılırken, %18,6 miktarında bir artık %5,33 Cr_2O_3 içeriği ve %3,8 kaybı ile uzaklaştırılabilmektedir.Ayrıca, tamamı -150 mikron altına indirilen numuneler Wilfley tipi sarsıntılı masa ve Reichert tipi spiral deneyleri ile zenginleştirilmeye çalışılmıştır.Bu 2 deneylerde elde edilen sonuçlara göre; sarsıntılı masa deneylerinden %34,21 miktarında %56,5 verimle %40,09 içerikli konsantre alınırken, %31,81 oranında artık %10,60 içeriği ve %13,9 krom kaybı ile uzaklaştırılabilmektedir. Yapılan spiral deneylerinde ise; %42 miktarında %59,3 verimle %36,42 içerikli konsantre alınırken, %15 oranında artık %8,38 içeriği ve %4,88 krom kaybı ile uzaklaştırılabilmektedir. Bu deney sonuçlarına göre sarsıntılı masadan daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca sınıflandırılmış numune ile yapılan sarsıntılı masa deneylerinde daha iyi sonuçların alındığı gözlenmiştir
Anahtar Kelimeler: Krom, Gravite, Sarsntılı Masa.

ABSTRACT In this thesis, the possibilities of enrichment of chromite ore obtained from South Africa by gravity methods were investigated. The chemical analysis carried out on the test sample founded that the content of Cr_2O_3 is 25.94%.Wilfley type shaking table enrichment experiments were performed in two dimensions obtained by dividing into -425 + 150 and -150 micron size groups. According to the result of the experiment, a concentrate of 44% can be obtained with a content of 40.22% Cr_2O_3, with a yield of 68.5%, a tailing content of 18.6% with a content of 5.33% Cr_2O_3 and a loss of 3.8%. Also, the sample reduced to -150 microns, were tried to be enriched with Wilfley type shaking table and Reichert type spiral experiments. According to the results obtained in these 2 experiments, it is possible to seperated concentrate with 40,09% content with 56,5% efficiency in 34,21% of shaking table experiments, 31,81% content with 10,60% content and 13,9% chromium loss. In the spiral experiments carried out, 36,42% concentrate is taken with 59,3% efficiency in 42% of the experiments, 15% of amount can be removed with 8,38% content and 4,88% chromium loss. However, the first sample classified done with the first ore shaking table experiments it was observed that the better the results.
Keywords: chromium, gravity, shaking table.

1 GİRİŞ

Ülkelerin kalkınma ve refah düzeylerinin belirleyicisi olan, demir-çelik, enerji ve tarımsal üretimlerin hammaddelerini madenler oluşturmaktadır. Nitekim günümüzün gelişmiş ülkeleri önce maden kaynaklarını harekete geçirmişler, daha sonra, endüstri devrimlerini gerçekleştirerek, bugünkü refah düzeylerine ulaşmışlardır.

Maden cevherleri ocaktan elde edildikten sonra ergitilmeye (izabe) veya sanayinin diğer bölümlerine satılır. Zengin maden cevherlerinin azalması ve sanayinin standart ham maddeler talep etmesi neticesinde düşük tenörlü cevherlerin yapısında bulunan kıymetli minerallerin ayrılarak, standart şartlara uygun konsantreler halinde sanayiye arz edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan işlemlere, cevher hazırlama veya zenginleştirme (veya maden zenginleştirme) işlemleri diyoruz (Tolun, 1960).

Yer kabuğunun doğal bileşenlerinden biri olan krom; metalurji, kimya ve refrakter sanayinin temel elementlerinden biridir. Krom metalinin ekonomik olarak üretilebildiği tek mineral ise kromittir. Kromitin kullanılacağı endüstri dallarına göre istenilen teknolojik koşullar vardır. Kromotin metalurji, refrakter ve kimya sanayisinde kullanılması için zenginleştirme işlemlerine tabii tutulması gerekir.

2 MALZEME VE YÖNTEM

Cevher üzerinde yapılan makroskopik ve mikroskopik incelemeler ile gerçekleştirilen ön zenginleştirme çalışmaları (panning, manyetik ayırma) sonucunda, numunenin kromit minerali yanı sıra olivin, serpantin ve az miktarda manyetit gibi mineralleri içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca numunenin boyut dağılımının belirlenmesi amacıyla elek analizi gerçekleştirilerek sonuçları Tablo 2.1.'de verilmektedir

Tablo 2.1: Numunenin elek analizi

Boyut Aralığı, (mikron)	Miktar, (%)	Toplam Elek Üstü, (%)	Toplam Elek Altı, (%)
+425	0,1	0,1	100,0
-425+212	5,9	6,0	99,9
-212+106	62,4	68,4	94,0
-106+53	23,0	91,4	31,6
-53	8,6	100,0	8,6
Toplam	100,0		

Gerçekleştirilen elek analizi sonucunda tamamı yaklaşık olarak 425 mikron boyutu altında olan kromit numunesinin genel olarak dar bir boyut aralığında (-212+106 mikron) bulunduğu Tablo1'de görülmektedir. Gerçekleştirilen kimyasal analiz sonucunda %27,03 Cr_2O_3 içeriğine sahip olan bu cevherin elek fraksiyonlarındaki Cr_2O_3 dağılımını görmek amacıyla ayrıca her boyut aralığında kimyasal analizler yapılmış sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Boyut aralıklarına göre Cr_2O_3 dağılımları

Boyut Dağılımı, (mikron)	Miktar, (%)	Cr_2O_3, (%)	Cr_2O_3 Dağılımı, (%)
+425	0,1	5,86	1,4
-425+212	5,9		
-212+106	62,4	24,77	59,6
-106+53	23,0	31,96	28,3
-53	8,6	32,18	10,7
Toplam	100,0	25,94	100,0

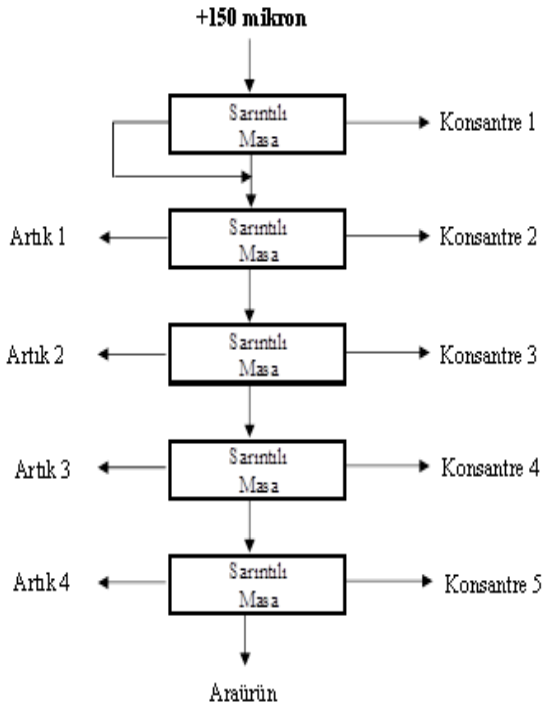
Tablo 2.2'den de görüldüğü üzere genel olarak numunenin Cr_2O_3 içeriğinin ince boyutlara inildikçe arttığı belirlenmiştir. Bu da kromit mineralinin gang minerallere göre daha öğünebilir yapıda olmasından kaynaklanmaktadır.

3. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

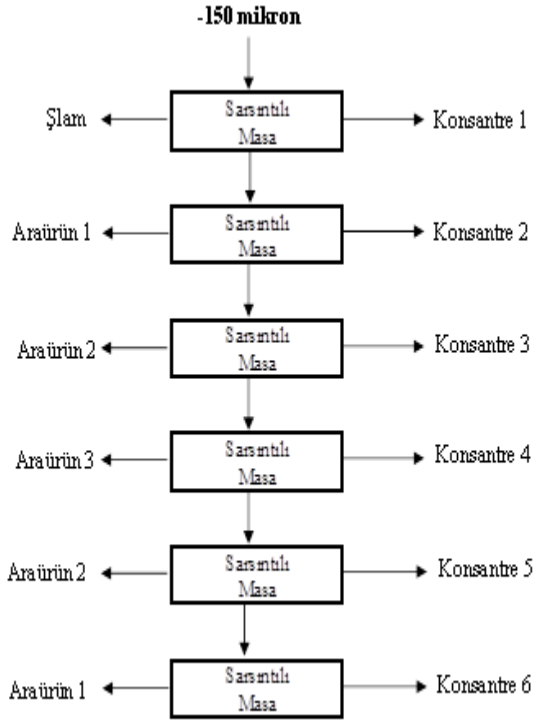
Gang mineralleri ile kromit minerali arasındaki özgül ağırlık farklılığından dolayı kromit cevherlerinin zenginleştirilmesinde gravite farklılığına göre zenginleştirme yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Wilfey tipi yüzeye sahip sarsıntılı masa ile zenginleştirme deneyleri ve reichert tipi spiral deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Sarsıntılı masa ile zenginleştirmede beslenecek numunenin dar boyut gruplarına sınıflandırılması başarılı bir zenginleştirme için en önemli unsurdur. Bu sebepten dolayı, tamamı 425 mikron altında olan bu cevher numunesinin -425+150 mikron ve -150 mikron boyut gruplarına ayrılması ile elde

edilen iki boyutta zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir



Şekil 3.1. -425+150 Mikron Numunenin Deney Akım Şeması



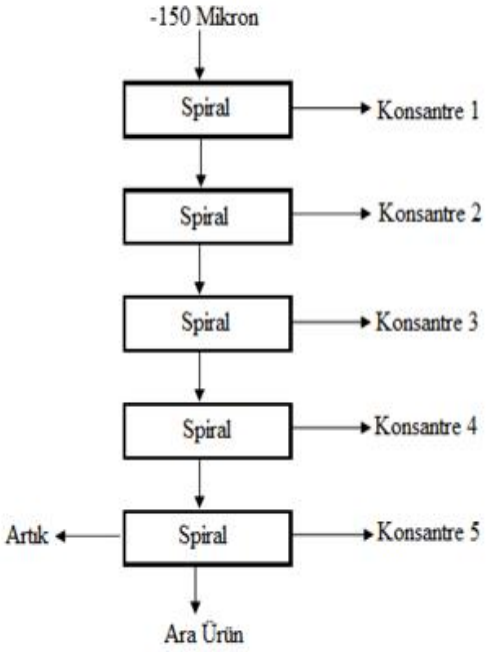
Şekil 3.2 -150 Mikron Numunenin Deney Akım Şeması

Akım şemalarından görüldüğü üzere, her iki boyut aralığında da çok kademeli zenginleştirme uygulanmış ve her zenginleştirme kademesinde dar bantlar halinde ağır ürün (konsantre) ve hafif ürün (artık) alınarak, elde edilen araürün ise bir sonraki kademeye beslenmiştir. Buradaki amaç her zenginleştirme kademesinde farklı niteliklerde ürünler alarak, en yüksek kromit içeriğinden en düşük kromit içeriğine kadar elde edilebilecek tüm ürün içeriklerininin değişimini tespit etmektir. Gerçekleştirilen sonuçların toplu değerlendirilmesi Tablo 3.1. de verilmektedir.

Tablo 3.1. Sarsıntılı Masa ile Zenginleştirme Deneyi Birleştirilmiş Sonuçları

Ürünler	Miktar, (%)	Cr_2O_3, (%)	Cr_2O_3 Verimi,(%)	Oran Cr/Fe
Konsantre	44,0	40,22	68,5	1,36
Ara Ürün	33,8	18,20	23,8	0,91
Artık	18,6	5,33	3,8	0,38
Şlam	3,7	26,68	3,8	1,14
Toplam	100,0	25,80	100,0	1,02

Kromitin spinel yapısından dolayı, rasyonun 1,36 olduğu tespit edilmiştir. Metalurji sanayinde istenen rasyonun 2.5 ve üstü olmasından dolayı elde edilen bu rasyonun yeterli olmadığı görülmüştür.



Şekil 3.5 - Tamamı 150 Mikron Altına İndirilmiş Numune İle Yapılan Spiral Deneyinin Akım Şeması

Tablo 3.8. Tamamı 150 Mikron Altına İndirilen Numunenin Spiral Deneylerinin Birleştirilmiş Sonuçları

Ürünler	Miktar, (%)	Cr2O3, (%)	Verim, (%)	Yoğunluk, (g/cm3)
Konsantre	42	36,42	59,3	4,73
Araürün	34,4	23,24	31	4,13
Artık	15	8,38	4,88	3,41
Şlam	8,5	14,37	4,72	3,40
Toplam	100,0	25,80	100,0	

4. SONUÇLAR

- Numune üzerinde gerçekleştirilen elek analizi sonucunda kormit cevherinin tamamının 425 mikron boyutu altında olduğu ve %62,4'nün dar bir boyut aralığında (-212+106 mikron) bulunduğu tespit edilmiştir.
- Makroskopik ve mikroskopik incelemeler ile gerçekleştirilen ön zenginleştirme çalışmaları (panning, manyetik ayırma) sonucunda, numunenin kromit minerali yanı sıra olivin, serpantin ve az miktarda manyetit gibi mineralleri içerdiği belirlenmiştir.
- Orjinal boyutunda (-425 mikron) gerçekleştirilen sarsıntılı masa deneyleri sonucunda; %44 miktarında bir konsantre %40,22 Cr_2O_3 içeriği ile %68,5 verimle kazanılmakta, %18,6 miktarında bir artık %5,33 Cr_2O_3 içeriği ve %3,8 kayıp ile atılabilmektedir. Rasyo (Cr/Fe) değerleri açısından değerlendirme yaptığımızda, elde edilen %40,22 Cr_2O_3 içerikli krom konsantresinin rasyo değeri 1,36 olarak bulunmuştur.
- Tamamı -150 mikro boyutu altına indirildikten sonra gerçekleştirilen sarsıntılı masa deneyleri sonucunda, %34,2 miktarında bir konsantre %40,09 Cr_2O_3 içeriği ve %56,5 verimle elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, %31,8 miktarında bir artık %10,6 Cr_2O_3 içeriği ile uzaklaştırılmıştır. Spiral ile bu boyutta yapılan zenginleştirme sonucunda ise %36,42 Cr_2O_3 içeriği ile bir krom konsantresi %59,3 verimle elde edilebilmiştir.

5. REFERANSLAR

Önal, G. **(**1980). Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri, İstanbul, Teknik Üniversite Matbaası Gümüşsuyu, 1980

Tolun R. (1960). Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara. Minerallerin Ayrılma Prensipleri ve Maden Sanayiindeki Tatbikatı., 1.

Güney A. (1990). Etibank Üçköprü Krom Zenginleştirme Tesisi Artıklarından Küçük Boyutlu Kromitin Zenginleştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bayat, O. (2009). Cevher Hazırlama Zenginleştirme Laboratuvarı Ders Notları (Yayınlanmış Rapor), Çukurova Üniversitesi, Metalik Cevherleri Zenginleştirme Yöntemleri Ders Notları (Yayınlanmamış Rapor), Çukurova Üniversitesi 12-13

6. TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her anında beni destekleyip yönlendiren başta tez danışmanım Sayın Prof Dr. Gülay Bulut deneyler esnasında yardımını esirgemeyen Sayın Prof Dr. A. Ekrem Yüce'ye, Dr. Mustafa Özer'e , Araş Gör. Tayhan Serdengeçti'ye ve Araş Gör. Zeynep Üçerler'e teşekkür ederim.

Güney Afrika Kromunun Flotasyon İle Zenginleştirme Olanaklarının İncelenmesi

Research of The Possibility of Enrichment South African Chromes by Flotation

S. Özkan, M. T. Serdengeçti, Z. Üçerler. A. E. Yüce
İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümünde yürütülen bir proje çalışması kapsamında, Güney Afrika'dan gelen bir krom cevherinin gravite yöntemlerle zenginleştirilme koşulları incelenmektedir. Bu tez kapsamında ise aynı cevherden gravite zenginleştirmesine alternatif olarak kromit flotasyonu koşulları incelenmiştir. Bunun yanı sıra cevherde varlığı saptanan platin grubu metallerin de (platin ve palladyum) değerlendirilebilirliğinin incelendiği sınırlı sayıda flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Orijinal numune ile yapılan deneylerde, kromit'in zenginleştirilmesinde Na-Oleat kolektörünün miktar ve pH'sı, flotinör SM-15 ve SM-35',in miktarı ve bastırıcı ile kulanımının yüzdürmeye etkileri incelenmiştir. Diğer yandan proje kapsamında yapılan gravite ayırması sonrasında ayrılan artıkdan platin grubu minerallerinin yüzdürülmesi için ise KAX, 3477 ve A-9887 kollektörlerinin etkisinin araştırıldığı kısıtlı sayıda flotasyon deneyi yapılmıştır. Krom flotasyonunda Na-Oleat kollektörünün kromu yüzdürmede yeterli derecede efektif olmadığı görülmüştür. Öte yandan flotinör SM-15 ve SM-35'in yüzdürmeye daha uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Krom, Flotasyon, Platin Grubu Mineralleri.

ABSTRACT In a project study conducted in the Department of Mineral Processing Engineering, the conditions of enrichment of a chrome ore from South Africa by gravity methods are examined. In this thesis, chromite flotation conditions are investigated as an alternative to gravite enrichment from the same ore. In addition, a limited number of flotation tests have been carried out to examine the feasibility of platinum group metals (platinum and palladium), which are found in the ore.

In the experiments with the original sample, the effects of the amount and pH of the Na-Oleate collector, the effects of the amount of flotinor SM-15 and SM-35 and their usage with the extractant on the enrichment with flotation of the chromite were investigated. On the other hand, a limited number of flotation experiments were carried out to investigate the effect of KAX, 3477 and A-9887 collectors for floatation of the platinum group minerals after the gravity separation. Chromium flotation showed that the Na-Oleate collector was not effective enough to float the chrome. On the other hand, it has been observed that flotiners SM-15 and SM-35 are more suitable for flotation.
Keywords: Chrome, Flotation, Platinum Group Minerals.

1 GİRİŞ

Güney Afrika krom cevherlerinin krom içeriği yanı sıra yan ürün olarak değerlendirilebilecek yeterlilikte PGM metalleri ile nikel varlığı bilinmektedir. Bu cevherlerde kromit'in çeşitli gravite yöntemlerle kazanılması sonrasında, proses artıklarında yığışan kıymetli metaller (Pt, Pd, Au, Ni, Co, Cu) ise genellikle flotasyon +

kimyasal çözündürme yöntemleriyle elde edilebilmektedir.

2 KROM CEVHERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kromu 1797'de Fransız kimyacı Louis Nicolas Vauquelin Sibirya'da bulunan bir cevher örneğinin içinde bulmuştur (Kıdıman, 2009). Krom endüstride, Fe, Al ve Cu'dan sonra en çok kullanılan önemli metallerden birisidir. Satılabilir krom ürünleri; tüvenan kromit, kromit konsantresi, ferrokrom ve krom metalidir.

Krom cevheri doğada genellikle oksit olarak bulunur, ekonomik olarak kullanılan tek krom minerali kromittir.

2.1 Kromitin Yan Taşları

Farklı konumlarda oluşan kromit cevherleri, oluştukları magmanın eriyiklerine bağımlı olarak peridoditleri, olivinleri, plajioklas, feldspatları ve bunların alterasyon ürünleri serpantinleri, talk şistleri ve magnezitleri yan kayaç olarak bulundururlar (Çilingir, 1996).

2.2 Kromun Doğada Bulunuşu ve Yataklanma Şekilleri

Dünya genelindeki krom yatakları incelendiğinde, kromitin peridotitler içinde magma kristalleşmesinin başlangıç aşamasında, farklılaşma sonucunda ayrılarak kristalleştiği belirlenmiştir. Krom yatakları erken magmatik evrede, kristalleşme evresinde ortaya çıkarlar (Kavak, 2011).

Kromit minerali ve krom yatakları kökensel olarak ilişkili oldukları ultrabazik kayaçlar içinde bulunurlar. Ultrabazik kayacın (dunit, serpantinit) oluşturduğu hamura (gang) gömülü kromit kristalleri krom cevherini oluşturmaktadır (Hacıoğlu, 2010).

Kromit cevherleşmesi ana kayacın petrografik özelliklerine, yatağın geometrisine ve oluştuğu ortamın tektonik ortamına göre stratiform ve podiform yataklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Stratiform yataklar, kilometrelerce devamlılık gösteren tabakalı yataklardır. Yapısal olarak büyük bir karmaşıklık göstermezler. Küçük tane boylu, düzgün kristal şekilli, Cr/Fe oranı düşük ve yüksek demirli cevher içerirler. Podiform yataklar ise alpin orojeneziyle oluşmuş dağ kuşaklarının ofiyolitik serilerine bağlı olarak gözlenmekte olup alpin tip krom yatakları olarak da bilinirler. Bu yataklara bağlı krom cevherleri, düzensiz kristal şekilli, Cr/Fe oranı yüksek ve yüksek kromlu cevher içermekte olup karmaşık bir yapı sergilemektedir.

2.3 Dünya ve Türkiye'deki Krom Yatakları ve Rezervleri

Türkiye'de bulunan krom yatakları, Alpin Orojenezi sırasında oluşmuş dağ kuşaklarının ofiyolitik serilerine bağlı olarak yerlerini almışlardır. Bu nedenle Türkiye'deki krom yatakları Alpin tip krom yatağı sınıfına girmektedirler.

Türkiye'deki kromit yataklarının en önemli özelliği "Podiform tipi" olması ve yüksek tenöre sahip olmalarıdır.Bu yatakların Cr_2O_3 içeriği yaklaşık %55'i bulmakta ve bu yüksek tenör sayesinde tüvenan olarak doğrudan satılabilmektedir (Ağaçayak, 2004).

Dünya'da ise Güney Afrika, Kazakistan, Türkiye ve Hindistan dünyada kromit üretimi açısından önde gelen ülkelerdendir.

2.4 Krom Cevherinin Kullanım Alanları

Krom cevheri başlıca metalurji, kimya, refrakter ve döküm sanayiinde kullanılır. Krom cevherinin kimyasal bileşimi cevherin sanayideki kullanım alanlarını belirlemektedir. Kimyasal analizlerde SiO_2, Cr_2O_3, Al_2O_3 % miktarları ve Cr/Fe oranı çok belirleyici olmaktadır (Hacıoğlu, 2010).

Krom cevherinin endüstrideki kullanım alanlarına göre kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri ile ilgili sınırlamalar söz konusudur. Kimyasal cevher olarak tanımlanan yüksek demirli krom cevheri, gelişen teknolojiyle artık metalurji sanayiinde de kullanılabilmektedir.

Dünyada kromitin kullanıldığı sektörlere göre tüketim alanları ise şöyle sıralanabilir :

a- Metalurji sanayi : % 50-65 tüketim payı,
b- Refrakter sanayi : % 20-25 tüketim payı,
c- Kimya sanayi : % 15-20 tüketim payı

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Malzeme ve Yöntem

Bu tez çalışması, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümünde yürütülmekte olan "Güney Afrika Kromu'nun gravite yöntemlerle zenginleştirilmesi ve gravite artıklarında PGM grubu minerallerin davranışının incelenmesi" başlıklı proje çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Çalışmalarımızda; orijinal numuneden doğrudan flotasyon ile kromumun zenginleştirilmesi ve proje kapsamında yapılmış gravite ayırması sonrası elde edilen artıklardan PGM flotasyonu olarak iki grupta yürütülmüştür.

3.1.1 Deneylere Esas Olan Numunenin

Cevher üzerinde yapılan makroskopik ve mikroskopik incelemeler ile gerçekleştirilen ön zenginleştirme çalışmaları (panning, manyetik ayırma) sonucunda, numunenin kromit minerali yanı sıra büyük oranda olivin, ve az miktarda serpantin, manyetit gibi mineralleri içerdiği, ayrıca da değerlendirilebilir oranda Platin grubu metalleri (Platin, Palladyum ve altın) belirlenmiştir.

3.1.2 Yöntem

Tüvenan numunenin ve proje kapsamında elde edilen sarsıntılı masa atığına krom ve platin grubu minerallerinin yüzdürülmesi amacıyla flotasyon uygulanmıştır. Elde edilen ürünlerin kimyasal analizlerinin bir bölümü yaş yöntemle, bir bölümü ise Bölüm laboratuvarımızda XRF modeli hazırlanarak belirlenmiştir.

3.2 Flotasyon İle Zenginleştirme Deneyleri

Bu numunenin flotasyon ile zenginleştirme deneylerinde hem kromit hem de platin grubu minerallerinin flotasyonu ile ilgili çalışılmıştır.

3.2.1 Kromit Flotasyonu

3.2.1.1 Na-Oleat ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

Yapılan 3 farklı deneyde kromit, Na-Oleat kullanılarak, yüzdürülmeye çalışılmıştır. Na-oleat ile yapılan bu deneylerin, 1. ve 2.'sinde pH'nın , 3.'sünde ise kolektör miktarının etkisi gözlemlenmiştir. pH'nın etkisi Na-Oleat ile pH 9 ve 10'da incelenmiştir.

pH 9 'da Na-Oleat miktarının arttırıllmasının etkisinin incelendiği bir deney daha gerçekleştirilmiştir. Bu deneyde, her kademede 1000 g/t Na-Oleat eklenerek, 6 kademeli bir flotasyon yapılmıştır. Yapılan deneylerin analiz sonuçları çizelge 3.1 ve çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Ph'nın Etkisinin İncelendiği Flotasyon Deney Sonuçları

pH	ÜRÜNLER	Miktar %	Cr2O3	
			İçerik, %	Verim, %
10	KONSANTRE	1,6	16,71	1,2
	ARAÜRÜN	11,0	23,99	11,4
	ARTIK	87,4	23,20	87,4
	TOPLAM	100,0	23,18	100,0
9	KONSANTRE	6,6	9,69	2,7
	ARAÜRÜN	4,3	11,35	2,1
	ARTIK	89,1	24,69	95,1
	TOPLAM	100,0	23,13	100,0

Bu grup deneylerde; 2000 g/t'da sabit Na-Oleat konsantrasyonunda çok kayda değer bir sonuca ulaşılamadığı görülmektedir (Tablo 3.1).

Çizelge 3.2: Na-Oleat Kullanılan Kademeli Flotasyon Deneyinin Sonuçları

ÜRÜNLER	Miktar %	Cr2O3	
		İçerik, %	Verim, %
KONSANTRE 1	11,3	10,86	5,1
KONSANTRE 2	13,9	19,66	11,4
KONSANTRE 3	18,4	29,83	22,9
KONSANTRE 4	28,4	31,70	37,6
KONSANTRE 5	25,3	20,87	22,0
ARTIK	2,6	8,25	0,9
TOPLAM	100,0	23,97	100,0

6000 g/t kolektör ilavesi sonucunda, bazı kademelerde krom içeriği % 31'lere ulaşmış olmasına rağmen, toplamda konsantre tenöründe kayda değer bir artışın olmadığı anlaşılmaktadır.

3.2.1.2 Flotinor SM-15 ve SM-35 ile yapılan flotasyon deneyleri

Yapılan 4 farklı deney ile kromitin, farklı SM-15 ve SM-35 konsantrasyonlarının ve Na_2SiO_3 bastırıcısının etkisi incelenmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen içerik ve verim değerleri çizelge 3.3 ve 3.4' te verilmiştir.

Çizelge 3.3: Flotinör SM-15 Ve SM-35 Miktarının Etkisinin Incelendiği Deneylerin Analiz Sonuçları

Kolektör Miktarı	ÜRÜNLER	Miktar %	Cr2O3	
			İçerik, %	Verim, %
230 g/t SM15, 150 g/t SM35	KONSANTRE	84,4	26,87	96,2
	ARAÜRÜN	7,4	7,86	2,5
	ARTIK	8,2	3,79	1,3
	TOPLAM	100,0	23,57	100,0
115 g/t SM15, 75 g/t SM35	KONSANTRE	33,8	31,59	46,3
	ARAÜRÜN	8,4	21,28	7,8
	ARTIK	57,8	18,28	45,9
	TOPLAM	100,0	23,03	100,0

Sonuçlardan anlaşılacağı üzere, SM-15 ve SM-35 kollektörleri, daha az miktarlarda beslenmelerine rağmen, Na-Oleat kollektörüne göre daha başarılı sonuçlar vermektedir.

Çizelge 3.4: Flotinör SM-15 Ve SM-35'in Bastırıcı Na_2SiO_3 İle Birlikte Etkisinin İncelendiği Deneylerin Analiz Sonuçları

Bastırıcı	ÜRÜNLER	Miktar %	Cr2O3	
			İçerik, %	Verim, %
800 g/t Na_2SiO_3	KONSANTRE	31,1	37,08	44,7
	ARAÜRÜN 2	28,1	30,77	33,5
	ARAÜRÜN 1	23,7	17,30	15,9
	ARTIK	17,1	8,91	5,9
	TOPLAM	100,0	25,80	100,0
0 g/t Na_2SiO_3	KONSANTRE	61,1	29,44	75,8
	ARAÜRÜN 2	17,5	20,73	15,3
	ARAÜRÜN 1	17,1	11,16	8,1
	ARTIK	4,3	4,69	0,8
	TOPLAM	100,0	23,72	100,0

Bastırıcı ile birlikte ve iki kademe temizleme uygulanması durumunda, 800 g/t Na_2SiO_3'ün kullanıldığı koşullarda konsantre krom içeriği %34.08 (konsantre+araürün 2), metal kazanma verimi ise %78.2 olarak elde edilmiştir.

3.2.2 Platin Grubu Minerallerinin (PGM) Flotasyonu

Bölümde yürütülmekte olan proje kapsamında, kromun gravite yöntemlerle kazanılması sonrasında, artıklarda PGM grubu minerallerinin davranışını incelemek üzere bir program yapılmıştır. Bu deneylerde, tüvenan numune ve gravite artıklarından alınan numuneler 106 mikron altına öğütülerek PGM flotasyonu yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen analiz sonuçları tablo 3.5' te verilmektedir.

Çizelge 3.5: Tüvenan Ve Gravite Atığına Uygulanan Pgm Flotasyon Deneyi Analiz Sonuçları

Numune (-106 mikron)	ÜRÜNLER		Miktar %	Cu + Co + Ni		Pt + Pd + Au	
				İçerik, %	Verim %	İçerik, %	Verim %
Gravite Atığı	Yüzen 1	KONSANTRE 1	16,5	678,80	27,8	4,50	73,3
	Yüzen 2 + 3 + 4	KONSANTRE 2	10,5	457,77	11,9	0,50	5,2
	Batan	ARTIK	73,0	332,78	60,2	0,30	21,5
	Beslenen	TOPLAM	100,0	403,13	100,0	1,02	100,0
Tüvenan	Yüzen 1 + 2	KONSANTRE 1	13,2	842,96	10,8	2,75	45,5
	Yüzen 3 + 4	KONSANTRE 2	9,7	875,07	8,3	0,71	8,7
	Batan	ARTIK	77,1	1079,21	80,9	0,47	45,8
	Beslenen	TOPLAM	100,0	1028,27	100,0	0,79	100,0

Tuvenan numunede yapılan Pt+Pd analiz değeri 0.9 ppm mertebelerinde iken, gravite artığında ksantatla yapılan flotasyon sonrasında bu grup elementlerin metal içeriklerinin (Pt+Pd+Au) , dikkate değer bir kazanım verimiyle (%73,3) % 4,5'lar mertebesine ulaşabildiği görülmektedir.

Tez çalışmasında, PGM flotasyonu kapsamında, literatürden alınan bilgiler çerçevesinde A-9887 ticari isimli bir reaktif ile de bir deney gerçekleştirilmiştir. Bu grupta yapılan flotasyon deneyi ürünlerinin ayrıntılı analizleri yaptırılabilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, flotasyon 1.nci konsantresinde PGM (Pt+Pd+Au) değerinin 5 ppm değerleri üzerine çıktığı görülmektedir. Gravite artığının dikkate değer PGM grubu metallerinin yanı sıra nikel, kobalt ve bakır içeriklerinin de ihmal edilmeyecek değerlerde olduğu anlaşılmaktadır.

4 SONUÇLAR

Deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Deneylere esas numunenin krom içeriği % 22 -24 aralığında PGM içeriği ise 0,7-0,8 ppm olarak bulunmuştur.
2. Bu cevherde, krom'un spinel yapısı ve gang minerallerine (olivin ağırlıklı) bağlı olarak çok yüksek tenörlere çıkarılamadığı, dolayısıyla % 40-42 Cr2O3 içerikli bir konsantrenin satış için yeterli olduğu bilgisinden hareketle, deneysel çalışmalarda kromit içeriği için bu değerler baz alınmıştır.

3. Na-Oleat ile yapılan deneylerde, konsantre tenörü % 30'ların üzerine çıkarılamamış, bu sonuçlara göre Na-oleat'ın kromun yüzdürülmesi için efektif ve verimli bir reaktif olmadığı anlaşılmıştır.
4. Flotinor SM-15 + SM-35 kollektörlerinin kullanıldığı deney grubunda, bastırıcı ile birlikte ve iki kademe temizleme uygulanması durumunda, 800 g/t Na_2SiO_3'ün kullanıldığı koşullarda konsantre krom içeriği %34.08 (konsantre+araürün 2), metal kazanma verimi ise %78.2 olarak elde edilmiştir. Bu grupta daha fazla deney yapılmamış olmasına karşılık, aynı kollektörlerin Na_2SiO_3 ile birlikte kullanılması, bastırıcı ve temizleme kademelerinin arttırılması halinde krom içeriğinin % 40'ların üzerine çıkarılabileceği düşünülmektedir.
5. Orijinal cevherden ve ilgili proje kapsamında sarsıntılı masa zenginleştirmesinden elde edilen artık üzerinde sınırlı sayıda PGM flotasyonu yapılmıştır. Orijinal cevherde yapılan ksantat flotasyonunda, PGM içeriği 2,75 ppm değerlerine çıkarılabilmiş, artık ile yapılan deneyde ise dikkate değer bir kazanım verimiyle (%73,3) 4,5 ppm mertebesine ulaşabildiği görülmüştür.
6. Masa artığıyla A-9887 ticari kodlu bir kollektörün kullanıldığı flotasyon deneyinde, flotasyon 1.nci konsantresinde PGM (Pt+Pd+Au) değeri 5,72 ppm kazanma verimi ise % 54,6 olarak bulunmuştur. Bu deneyde diğer konsantrelerde dahil edildiğinde, 4,36 ppm içerikli bir konsantrenin % 72 dolayında bir kazanma verimiyle elde dilebileceği belirlenmiştir.
7. Bu çalışmalarda, proje kapsamında elde edilmiş gravite artığının PGM grubu metallerinin yanı sıra, dikkate değer oranlarda ($\geq$ 1000 ppm) nikel, kobalt ve bakır içeriklerine de sahip olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümünün tüm imkanları dahilinde laboratuar kullanımına izin verdiği için Sayın Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Ayhan Ali SİRKECİ'ye, bu tez çalışması süresince yardımlarını esirgemeyen ve bana yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Abdullah Ekrem YÜCE'ye saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Laboratuar çalışmaları süresince bana her konuda yardımcı olan Arş. Gör. Mete Tayhan SERDENGEÇTİ ve Arş. Gör. Zeynep ÜÇERLER'e, bütün desteklerinden ötürü değerli hocam Prof. Dr. Gülay BULUT'a teşekkürü bir borç bilirim.

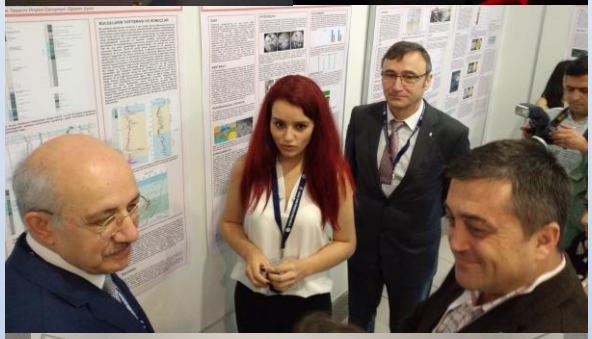
KAYNAKLAR

Çilingir, Y. (1996). ''*Metalik Cevherler Ve Zenginleştirme Yöntemleri''* (2.Baskı). İzmir: D.P.T., 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu.

Hacıoğlu, S. (2010). Kayseri Pınarbaşı Kromitlerinin Kuru Zenginleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kavak, K. (2011). Fuğlatepe Ve Civarındaki (Bursa-Orhaneli) Krom Yataklarının Jeolojik,Minerolojik Ve Kimyasal Karakteristikleri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kıdıman, F. B. (2009). Düşük Tenörlü Krom Cevherlerinin Zenginleştirilmesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.



PROGRAM

10:00 - 10:15
Bitirme Tasarım Projeleri Sergisi Açılışı

10:15 – 10:40
Açılış Konuşmaları
Prof. Dr. Mehmet Karaca, İTÜ Rektörü
Prof. Dr. Cengiz Kuzu İTÜ Maden Fakültesi Dekanı

- ✓ Genç Araştırmacılara Akademik Başarı Plaketlerinin Takdimi
- ✓ Emekli Öğretim Üyelerimize Teşekkür Plaketlerinin Takdimi

I. OTURUM (Davetli Konuşmacılar)
10:40–11:30
Hasan Yücel "Türkiye'de Altın Madenciliği"

11:30–12:10
Ali Emiroğlu "Mermer Madenciliği ve Türkiye"

12:10–13:30 Öğle Arası

II. OTURUM (Bitirme Tasarım Projeleri)
Oturum Başkanı Prof. Dr. Fahri Esenli
13:30 – 16:00
Öğrenci Sunumları

16:00 – 16:30
Kapanış
Öğrenci Katılım Belgelerinin Fuayede Takdimi

16:30–17:30 İkram

İTÜ MADEN FAKÜLTESİ

YER 2019

Yerbilimlerinde Öğrenci Bitirme Tasarım Projeleri Sempozyumu ve Sergisi

11 Haziran 2019 Salı
Saat: 10:00-17:30

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. Gülay Bulut (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. Birgül Benli
Doç. Dr. Cüneyt Atilla Öztürk
Dr. Öğr. Üyesi Emine Didem Korkmaz Başel
Dr. Öğr. Üyesi Kayhan Develi
Araş. Gör. Gürşat Hasözdemir
Araş. Gör. Ufuk Cemali Çalışkan
Araş. Gör. Işıl Nur Güraslan
Araş. Gör. Mustafa Kaya
Araş. Gör. Mehmet Şerif Arslan
Araş. Gör. Serkan Üner
Araş. Gör. Esra Gönül
Araş. Gör. Yusuf Enes Pural
Araş. Gör. Esra Tanısalı

Bitirme Tasarım Projeleri Sözlü - Poster Sunumlar

Maden Mühendisliği Bölümü

H. O. Dönmez "Gayrettepe Yeni Havalimanı Metro Tüneli Tahkimat İşlerinin İncelenmesi"

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

K. Özcan, F. Çelen "Evciler (Bayramiç – Çanakkale) Granitoidi ve Çevre Kayaçlarının İz Element ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Araştırılması"

Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü

V. D. Dohmatob, H. A. Gezgin "Carbon Dioxide Injection Modelling and Optimization Using a Compositional Simulator"

Jeofizik Mühendisliği Bölümü

T. E. Celme, G. Yılmaz "ITU Ayazağa Kampüsü Teknokent İnşaatı Alanlarında Zemin Elastik Parametrelerinin Belirlenmesi"

Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü

T. Ulucan "Kuyumcu Cüruflarındaki Değerli Metallerin Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri İle Geri Kazanımı"

Maden Mühendisliği Bitirme Tasarım Projeleri Poster Sunumları

F. E. Güler "Divriği Yeraltı Demir İşletmesi'nin Üretim Yönteminin İncelenmesi ve Ekonomikliğinin Araştırılması"

S. D. İğcioğlu "Bazı Doğal Taşların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri"

İ. Yıldız "Türk YTONG Saray Fabrikası kuvarsit kırma eleme tesisi performans analizi"

Y. Ağan "ETİ Maden Bigadiç Bor İşletmesi'nde Patlatma Tasarımının ve Ateşleme Sisteminin Değerlendirilmesi"

B. Bulak "Divriği Yeraltı Demir Madeni'nde Üretim Katları Arasındaki Mesafenin Ortamın Jeoteknik Karakterizasyonu ile Araştırılması"

Bitirme Tasarım Projeleri Poster Sunumları

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

M. Aydın "Hasenekevleri (Maden-Elazığ) Güneyindeki Cu Cevherleşmesinin Jeolojik ve Jeokimyasal İncelemesi"

N. Şireci "Investigation of Ground Deformation in Konya City Using InSAR"

M. Usanmaz, B. B. Ayrancı, Y. Kara "Kapıdağ Yarımadası Kuzeybatısının Jeolojisi, Petrografisi ve Granitik Kayaçların Radyoaktif Açıdan Kullanılabilirliği"

H. S. Esenyel "Geology of Esenkoy, Çınarcık Region and Its Seismic Risks"

S. Erbay "The Larger Benthic Foraminifera from the Lutetian – Bartonian Transitional Sequence of the Seeb Formation (N. Oman): Biostratigraphic and Paleobiogeographic Perspective"

Jeofizik Mühendisliği Bölümü

İ. H. Sarıçam "Batı Anadolu, Foça Açıklarında Toplanan Çok Kanallı Bir Sismik Yansıma Verisinin İşlenmesi ve Yorumlanması"

R. Bağcı, B. T. Demir "İTÜ Ayazağa Kampüsü Lojman Alanlarında Zemin ve Anakayanın Geoteknik Parametrelerinin Belirlenmesi"

R. B. Fincan, D. Tolungüç, C. Aydınlar "İTÜ Maslak Yerleşkesinde Yamaç Duyarsızlığı Olan Alanların Yeriçi Sismik Hız Yapısının İncelenmesi"

S. Öztrak "Coulomb Stress Changes of Earthquakes (Mw>5.5) Occurred In Southern Marmara Region During 1950-2018"

Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü

S. Kılıçkap, A. B. Kacar "Waterflooding Design Using a Commercial Black Oil Simulator"

C. Kaplan, K. Öz "Seperator Design For Black Oil Including CO_2 and H_2S Using Equation of State and K Value Correlations"

A. Özel, S. Çerçi "Directional Drilling: A Case Scenerio"

F. Türker, H. Kıratlı, İ. Hacıoğulları "Effects of Number of Wells on The Production Performance of A Natural Gas Field During Development"

B. Çetinkaya, A. İncibaş, M. E. Sapmaz "Effects of Number of Wells on A Heavy Oil Field Development"

Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü

M. Filizer "Bond Öğütülebilirlik Testi Parametrelerinin İncelenmesi"

J. Rejepov "Developing of a Computer Application for Comminution Circuits Design"

B. Özkan "Sülfatlı çözeltilerden bakırın solvent ekstraksiyon yöntemiyle kazanımı"

B. Kırım "Talk Mineralinin Morfolojisinin Flotasyona Etkisi"

S. Özkan "Flotasyonda organik bastırıcıların etkisinin incelenmesi"

ISBN 978-975561508-0

İTÜ Maden Fakültesi
Ayazağa Yerleşkesi
www.mines.itu.edu.tr