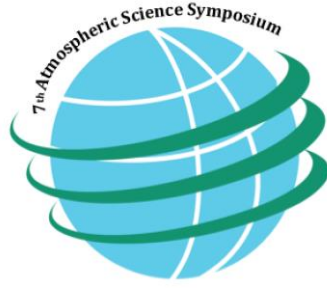


# 7<sup>TH</sup> ATMOSPHERIC SCIENCES SYMPOSIUM

28-30 APRIL 2015  
ISTANBUL



PROCEEDINGS

EDITORS

DOÇ.DR. ALİ DENİZ  
BAHTİYAR EFE  
BİHTER DURNA  
PELİN CANSU ÇAVUŞ

## **Chairs**

Assoc. Prof. Dr. Ali DENİZ, İstanbul Technical University (Chair)

Prof. Dr. Mustafa ÇIKRIKÇI, İstanbul Aydın University (Co-chair)

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin TOROS, İstanbul Technical University (Vice Chair)

Prof. Dr. Osman UÇAN, İstanbul Aydın University (Vice Chair)

## **Honoree Chairs**

Prof. Dr. Mehmet KARACA, Rector, İstanbul Technical University

Dr. Mustafa AYDIN, Head of Trustees, İstanbul Aydın University

Prof. Dr. Zekai ŞEN, Head of Water Foundation

Prof. Dr. Yedigir İZMİRLİ, Rector, İstanbul Aydın University

Prof. Dr. Lütfi AKÇA, Counselor in Ministry of Forestry and Water Affairs

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK, Counselor in Min. of Environment and Urban Planning

Bilal EKŞİ, General Manager, Directorate General of Civil Aviation

Hamdi TOPÇU, Chairman of the Board, Turkish Airlines

Assoc. Prof. Dr. Temel KOTİL, General Manager, Turkish Airlines

İsmail GÜNEŞ, General Manager, Meteorological Service

Akif ÖZKALDI, General Manager, State Hydraulic Works

Funda OCAK, Deputy General Manager, State Airports Authority

Fırat ÇUKURÇAYIR, Head of the Chamber of Meteorological Engineers

Ramazan ÖZÇELİK, Regional Director, Marmara Clean Air Centre

## **Advisory Board**

Prof. Dr. Ahmet Duran ŞAHİN, İstanbul Technical University, Turkey

Prof. Dr. Celal Nazım İREM, İstanbul Aydın University, Turkey

Prof. Dr. Hasan SAYGIN, İstanbul Aydın University, Turkey

Prof. Dr. H. Sema TOPÇU, İstanbul Technical University, Turkey

Prof. Dr. İbrahim ÖZKOL, İstanbul Technical University, Turkey

Prof. Dr. Kasım KOÇAK, İstanbul Technical University, Turkey

Prof. Dr. Levent ŞAYLAN, İstanbul Technical University, Turkey

Prof. Dr. M. Orhan KAYA, İstanbul Technical University, Turkey

Prof. Dr. Selahattin İNCECİK, İstanbul Technical University, Turkey

Prof. Dr. Zafer ASLAN, İstanbul Aydın University, Turkey

Prof. Dr. Zahit MECİTOĞLU, İstanbul Technical University, Turkey

Prof. Dr. Zerefşan KAYMAZ, İstanbul Technical University, Turkey

## ANKARA BÖLGESİ HAVA KİRLİLİĞİ ANALİZİ VE MODELLEMESİ

Nida Doğan, Hüseyin Toros, Ali Deniz

İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, doganni@itu.edu.tr, toros@itu.edu.tr, denizali@itu.edu.tr

### ÖZET

Hava kirliliği günümüzün önemli problemlerinden birisi haline gelmiştir. Özellikle, kalabalık şehirlerde, trafik, ısınma vb. ihtiyaçlardan doğan kirletici salınımları ile hava kirliliği problemi kendini daha fazla göstermektedir. Hava kalitesi, hava kirliliği artışı ile birlikte azalmakta ve bu durum çevreyi ve insan yaşamını oldukça olumsuz yönlere etkilemektedir. Hava kalitesini artırmak için öncelikle uygulanması gereken adım hava kirliliğini analiz etmektir. Daha sonra ise, bu analiz doğrultusunda modellemeler yapmak hava kalitesi açısından olumlu yönde sonuçlar elde etmemizi sağlamaktadır. Bu çalışmada, Türkiye' nin başkenti olan Ankara için hava kirliliği analizi ve modellemesi yapılmıştır. Hava kirliliği verilerinin incelenmesine "R" programından, modellemede ise Chimere'de faydalanılmıştır.

### ANALYSES AND MODELLING OF AIR POLLUTION ON ANKARA

#### ABSTRACT

Air pollution has become one of today's major problems. In particular, in the crowded city traffic, heating and so on air pollution and pollutant emissions arising from the needs of the problem shows itself more. Air quality decreases with increase in air pollution and affects negatively rather in this case the environment and human life. In this study the first step should be analyzing of the air pollution to increase the air quality. Then running modelling program according to the result of obtained analysis allow us to achieve positive output in terms of air quality. In this study, Air pollution analysis and modeling is made to Turkey's the capital of Ankara. In this analysis the "R" program and Chimere model were used.

#### 1.GİRİŞ

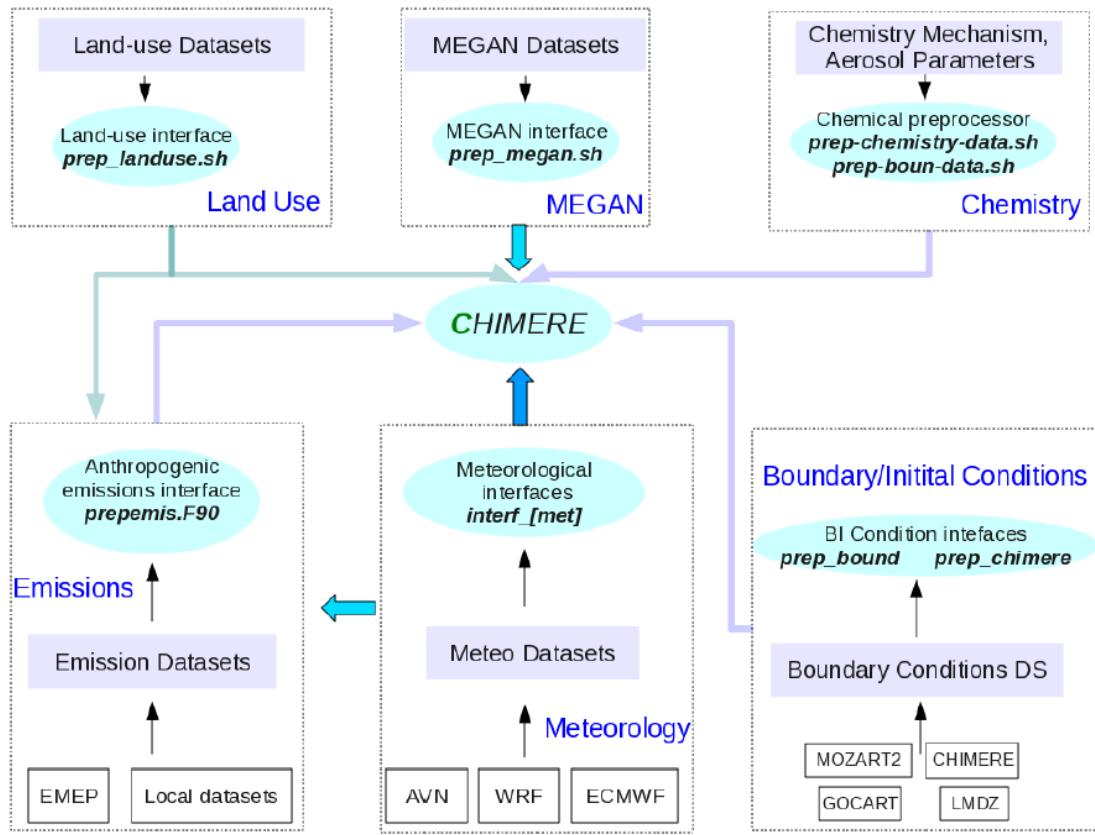
Ankara, dünya şehirleri arasında nüfusu fazla olan metropoller arasındadır. Yüksek göç oranı, sanayileşme, şehrin plansız gelişimi, ulaşım altyapısının eksikliği, kalitesiz yakıt kullanımı ve hakim meteorolojik koşullar şehirde önemli hava kirliliği olaylarının görülmesine neden olmaktadır. Şehrin sanayileşmesi ve artan nüfusla birlikte ulaşımı kolaylaştırmayı hedeflerken, taşıt trafiğinin artması ve popülasyonun enerji ihtiyacını karşılayabilmek amaçlı kurulan endüstriyel tesisler Ankara'da hava kirliliğini arttırmıştır.

Hava kirliliği ile ilgili yapılan araştırmalar literatürde son yıllarda büyük bir artış göstermiştir. Kallos ve arkadaşları (1993) Athens'deki (Yunanistan) hava kirliliği episodlarının gözlemlendiği periyotlar için sinoptik ve orta ölçekteki hava şartlarını analiz ederek bu tür kirliliğe orta Akdeniz'de gelişen yüksek basınç sistemlerinin sebep olduğunu ortaya koymuşlardır. Hava kirliliğinin özellikle uzun mesafelere taşınmasında cephesel sistemlerin ve buna bağlı siklon ve antisisiklonların önemi büyüktür, (Barnes, 1979). Çevresindeki basınç sistemleriyle sıkıştırılmış bir bölgede meydana gelen kirlilik süresi, bu engelleme olayı ortadan kalkıncaya kadar devam edebilir. Böylece kirleticilerin taşınma ve tutulma işlemleri direk olarak sinoptik ölçekteki meteorolojik olaylarla ilgilidir. Türkiye'ye gelen orta ve uzun mesafe kirletici taşınımları için bir çok farklı şehir ve bölgelerde model çalışmaları yapılmıştır (Karaca ve diğ.,1995; Anteplioğlu ve diğ. 2003, Topcu ve diğ., 2001; Koçak ve diğ. 2004, Kindap ve diğ., 2005b; Kindap ve diğ., 2006; Tırıs ve diğ., 1995; İm ve Yenigün, 2005). Ayrıca sinoptik sistemler ve hava kirliliği arasındaki ilişkiler detaylı bir şekilde araştırılmıştır (Deniz ve diğ., 1997;

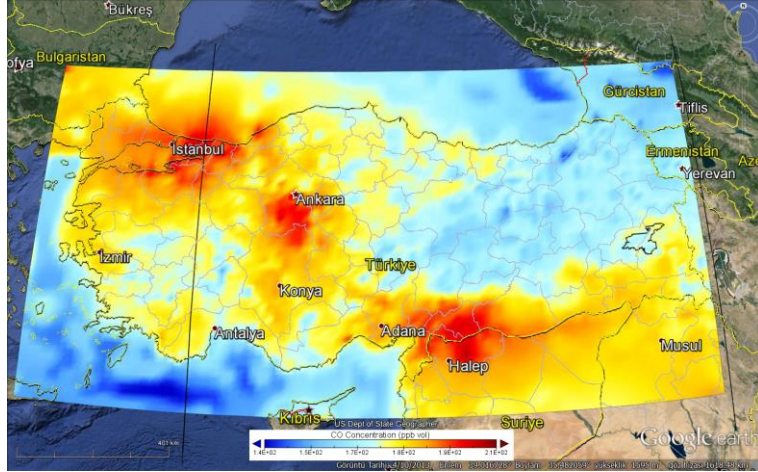
Deniz, 2001; Deniz ve Toros, 2005; Toros ve diğ., 2005 ). Bu çalışmada ise Ankara'daki 8 ölçüm istasyonuna ait çeşitli kirleticilerin analizi ve modellenmesi yapılmıştır.

## 2. VERİ ve ANALİZ

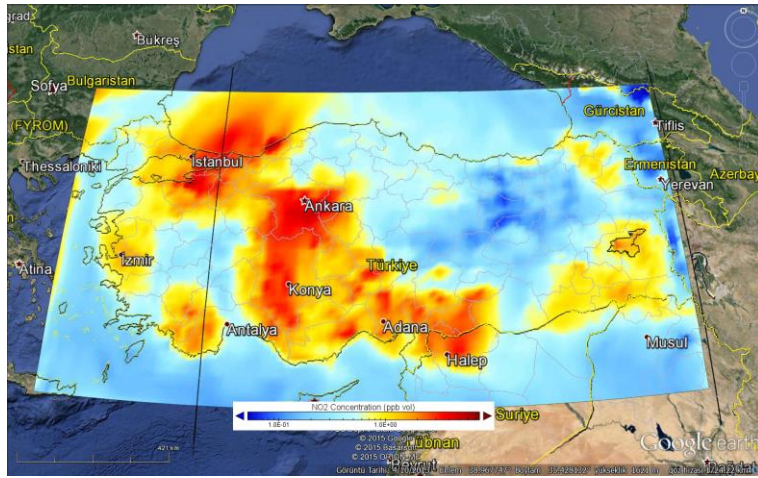
Bu çalışmada Ankara iline ait 01.01.2007-31.12.2014 periyodu için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan sağlanan günlük ve saatlik PM10, PM2.5, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO ve O<sub>3</sub> hava kirletici verileri kullanılmıştır. Verileri analiz etmek için ise açık kodlu bir istatistik programı olan R programından faydalanılmıştır. Bu analizde kirlilik verileri için en uygun olan R paketi "OPENAIR" tercih edilmiştir. Trend, histogram ve rüzgar gülü analizleri (yer darlığı nedeniyle burada verilmemiştir) yapılmıştır. Ayrıca bölgede hava kalitesi dağılı hakkında bilgi edinmek amacıyla atmosferik kimyasal model olan CHIMERE modeli olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. Chimere modeli genel yapısı (kaynak: <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/>)

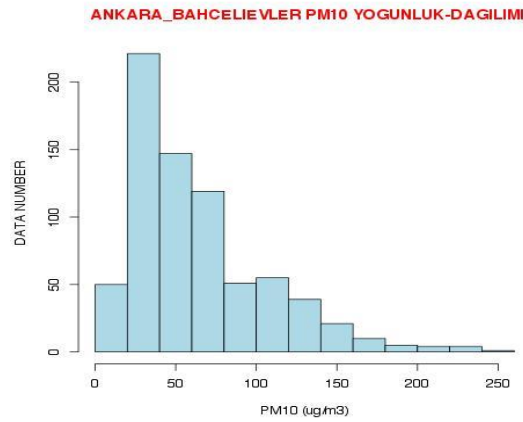


Şekil 2. 18 Ocak 2015 03GMT tarihi için Chimere modeli CO dağılım haritası



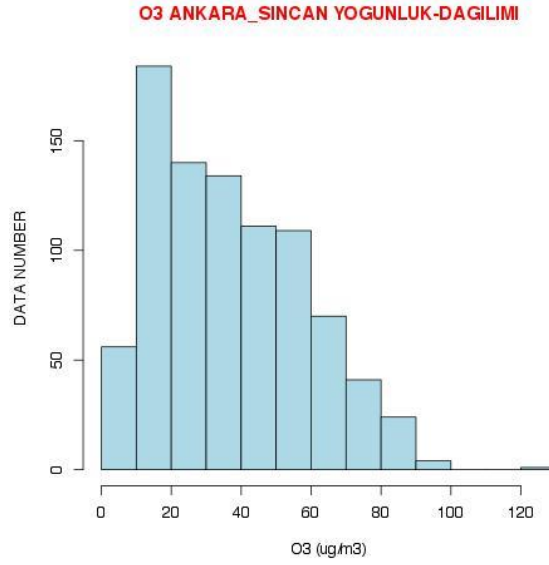
Şekil 2. 18 Ocak 2015 12GMT tarihi için Chimere modeli NO2 dağılım haritası

Ankara iline ait R programından elde edilen Bahçelievler'e ait PM10 için yoğunluk dağılımı çıktısı Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi 50 ölçüm  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  altında, verilerin büyük bir çoğunluğunun  $20\text{-}40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'ün arasında, 150 adeti  $40\text{-}60$  arasında, 130 adeti  $60\text{-}80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'ün arasındadır.  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'ün üzerinde ise daha az görülmüştür.



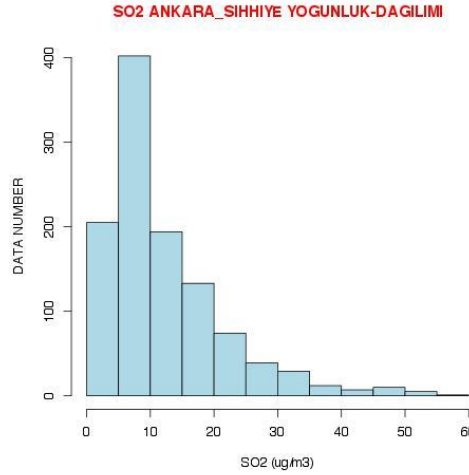
Şekil 4. Bahçelievler/Ankara için PM10'nun yoğunluk dağılımı

Ankara iline ait R programından elde edilen Sincan'a ait O<sub>3</sub> için yoğunluk dağılımı çıktısı Şekil 5'de gösterilmiştir. Sincan'daki O<sub>3</sub> verilerininin 60 adet ölçümün 10'u  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında, 200'ü 10-20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 140'ı 20-30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 135'i 30-40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında olduğu görülmektedir.



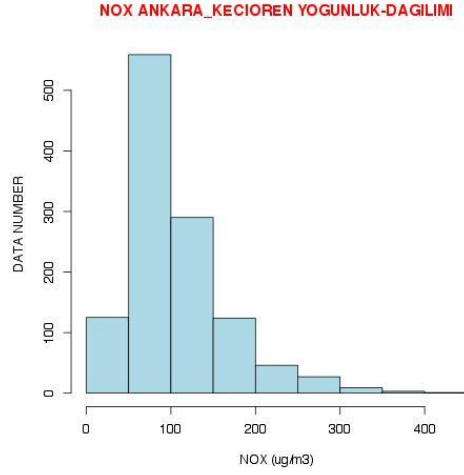
Şekil 5. Sincan/Ankara için O<sub>3</sub>'ün yoğunluk dağılımı

Ankara iline ait R programından elde edilen Sıhhiye'ye ait SO<sub>2</sub> için yoğunluk dağılımı çıktısı Şekil 6'da gösterilmiştir. Sıhhiye'deki SO<sub>2</sub> verilerininin 200 adet ölçümün 5'i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında, 400'ü 5-10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 195'ı 10-15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 140'ı 15-20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında olduğu görülmektedir.



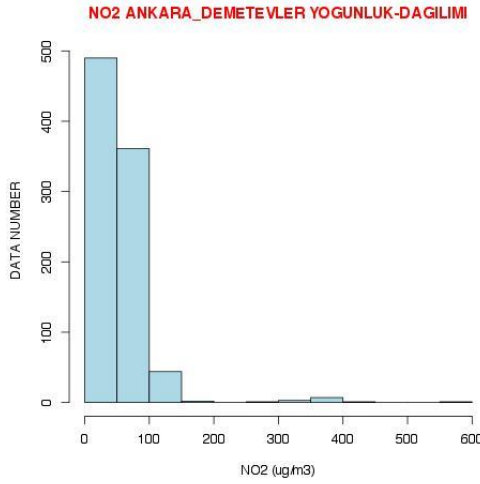
Şekil 6. Sıhhiye/Ankara için SO<sub>2</sub>'nin yoğunluk dağılımı

Ankara iline ait R programından elde edilen Keçiören'e ait NO<sub>x</sub> için yoğunluk dağılımı çıktısı Şekil 7'de gösterilmiştir. Keçiören'deki NO<sub>x</sub> verilerininin 130 adet ölçümün 50'i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında, 600'ü 50-100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 290'ı 100-150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 130'ı 150-200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında olduğu görülmektedir.



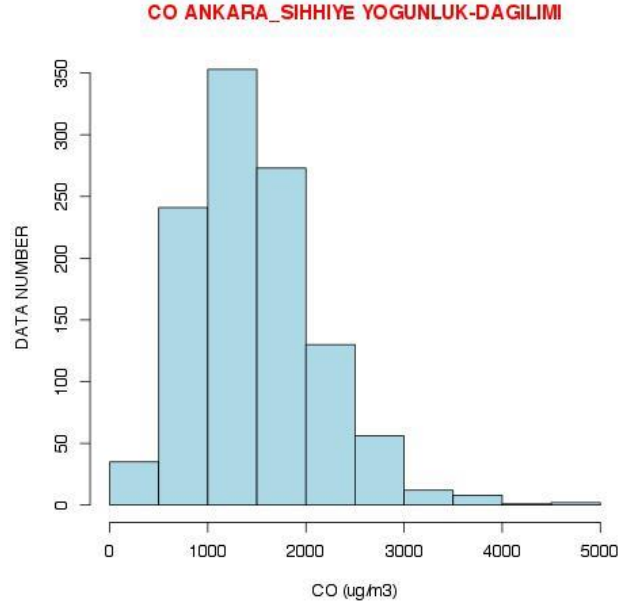
Şekil 7. Keçiören/Ankara için NOx'in yoğunluk dağılımı

Ankara iline ait R programından elde edilen Demetevlere'e ait NO<sub>2</sub> için yoğunluk dağılımı çıktısı Şekil 8'de gösterilmiştir. Demetevlere'e NO<sub>2</sub> verilerinin 490 adet ölçümün 50'i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında, 350'ü 50-100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 40'ı 100-150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , arasında olduğu görülmektedir.



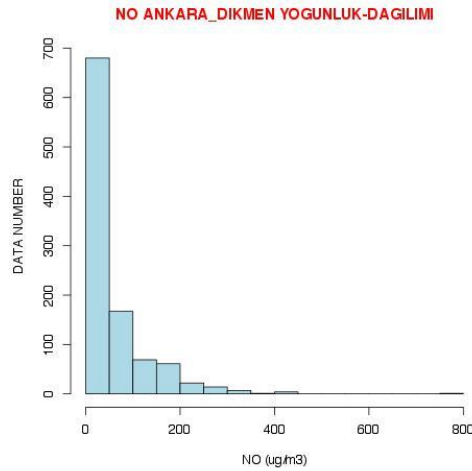
Şekil 8. Demetevler/Ankara için NO<sub>2</sub>'nin yoğunluk dağılımı

Ankara iline ait R programından elde edilen Sıhhiye'ye ait CO için yoğunluk dağılımı çıktısı Şekil 9'da gösterilmiştir. Sıhhiye'ye ait CO verilerinin 40 adet ölçümün 240'i 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında, 350'si 1000-1500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 9. Sıhhiye/Ankara için CO'nun yoğunluk dağılımı

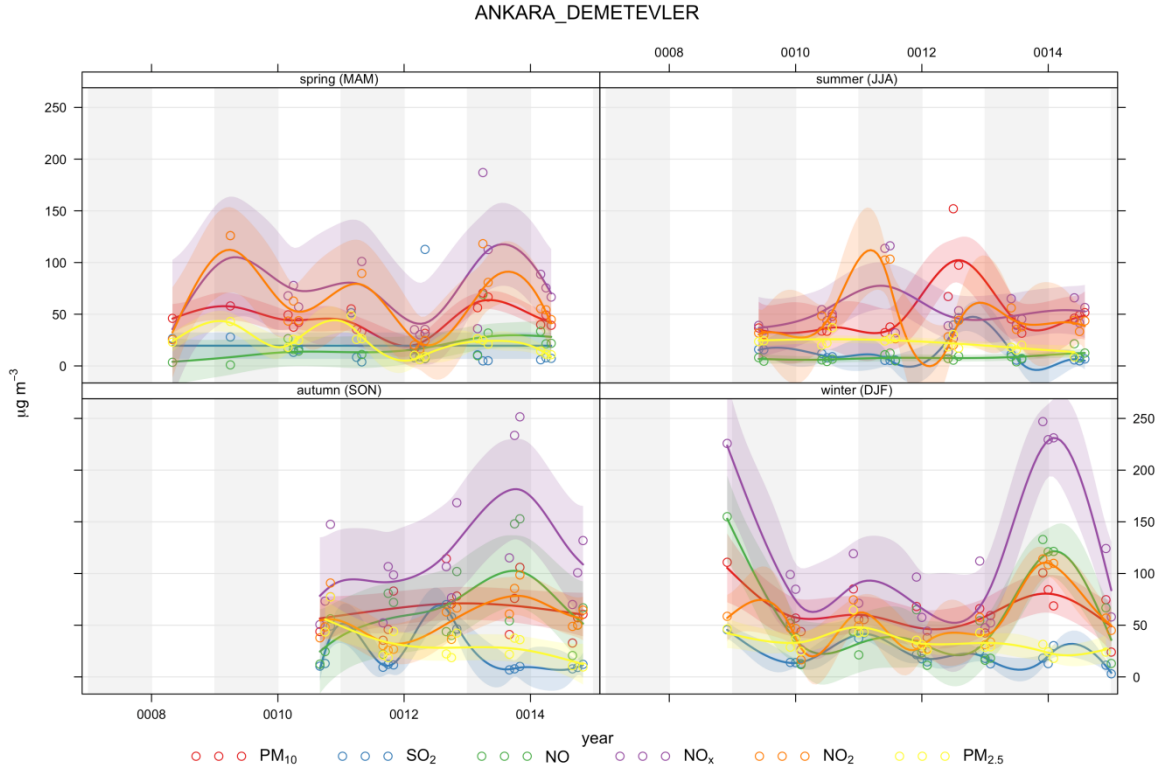
Ankara iline ait R programından elde edilen Dikmen'e ait NO için yoğunluk dağılımı çıktısı Şekil 10'da gösterilmiştir. Dikmen'de verilerin büyük çoğunluğunun 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında olduğu görülmüştür.



Şekil 10. Dikmen/Ankara için NO'nun yoğunluk dağılımı

Tüm kirleticiler ve tüm ölçüm istasyonları (8 adet) için elde edilen diğer yoğunluk dağılımı şekilleri ve yorumları yer darlığı nedeniyle burada verilememiştir. Yine aynı şekilde Ankara ilini temsilen sadece Demetevler istasyonunun trend analizi Şekil 11'de verilmiştir.





*Sekil 11. Demetevler/Ankara için mevcut kirleticilerin (PM10, SO2, NO, NO2, NOx, PM2.5) mevsimlik trend analizi*

Şekil 11 incelendiğinde bahar mevsimi için kirleticilerin salınım gösterdikleri aralıklar PM10 için 40- 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişkenlik göstermiştir. Minimum değere 2012 yılında ulaşılrken maksimum değere 2013 yılında ulaşmıştır. Kış mevsimi için incelendiğinde PM10 değerlerinin 50-110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Maksimum değeri 2009 yılında minimum değeri 20012 yılında kaydedilmiştir. Yaz mevsimi için incelendiğinde 30-100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişkenlik göstermiştir. Maksimum değer 2012 yılında minimum değeri 2011 yılında kaydedilmiştir. Sonbahar mevsimi için inceleme yapıldığında PM10 değerlerinin 45-60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişkenlik gösterdiğini ve keskin uç değerlerin kaydedilmediği görülmektedir. Diğer kirletici parametreler için yıllara göre yoğunluk salınımları grafikten bu şekilde değerlendirilebilir.

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ankara ilinde 8 istasyon için hava kirleticilerinin değerlendirilmeleri yapılmıştır.
- Elde edilen yoğunluk dağılımlarından verilerin hangi aralıkta birikme yaptığı ve en yüksek hangi değere ulaştıklarını görebilme kolaylığı sağlanmıştır.
- Mevsimlik trend analizleriyle verilerin yıllara göre hangi aralıklarda salınım yaptıkları tespit edilmiştir.

### Teşekkür

Çalışmamızda verilerini kullandığımız Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na (ÇŞB) ve TÜBİTAK'a (Proje No: 111Y319) katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Anteplioglu Ü., İncecik, S., ve Topçu, S., 2003: Model study with MM5 and CAMx in İstanbul area during high ozone days. International symposium on clean environment. 21-22 November, Cheonan, Korea.
- Barnes, R. A., 1979: The long range transport of air pollution, Journal of the Air Pollution Control Association, 29-12, 1219-1235.
- Deniz, A. and H. Toros, 2005: Analysis and Comparison of Air Pollution and Synoptic Systems In Turkey, Scientific Assembly of the International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS), August 2-11, 2005, Beijing, China.
- Deniz, A., 2001: The Climatology of synoptic parameters in Turkey and air pollution applications, Second International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales, 25-28 September 2001, 645-651 pp., İstanbul, Turkey.
- Deniz, A., M. Karaca and Y. Borhan, 1997: A Climatological Study on the Relationship between Cyclone Paths and Air Pollutants in Turkey, Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales, Environmental Research Forum (Eds İncecik et al), 7-8, 360-366 Trans Tech Publications, Switzerland.
- İm U. and Yenigün O., 2005: An application of a puff dispersion model on power plant emissions in Yatagan region, Turkey, Int. J. Environment and Pollution, Vol. 23, No. 3, pp.314-324.
- Kallos, G., P. Kassomenos ve R. A. Pielke, 1993: Synoptic and mezo-scale weather conditions during air pollution episodes in Athens, Greece, Boundary Layer Meteorology, 62, 163-184.
- Karaca, M, Tayanç, M., Saral, A., Ertürk, F., 1995: Analysis of Pollutants in İstanbul: A Preliminary Study, 21st NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modeling and Its Application, November 6-10, 1995, Baltimore, MD, USA
- Kindap, T., Karaca, M., Chen, S. H., Unal, A. and Odman, T., 2005b: Transboundary aerosol transport from Europe to Turkey. International Symposium on the Geodynamics of Eastern Mediterranean: Active Tectonics of the Egean Region. 15-18 June, 2005, Kadir Has University, İstanbul, Turkey.
- Kindap, T., Unal, A., Chen, S. H., Hu, Y., Odman, M. T., Karaca, M., 2006. Long-Range Aerosol Transport from Europe to İstanbul, Turkey. Atmospheric Environment, 40, 3536-3547.
- Koçak M., Nimmo M., Kubilay N. Ve Herut B., 2004: Spatio-temporal aerosol trace metal concentrations and sources in Levantine basin of the Eastern Mediterranean. Atmospheric Environment, 38, pp. 2133-2144.
- Tırıs, M., Dilmaç, Ş., Ekinci, E., 1995. Okutan, H., "Farklı Isı Yalıtım Seçeneklerinin Evsel Yakıt Tüketimi ve Hava Kirliliğine Etkisi : Gebze Örneği", II. Hava Kirlenmesi, Modellenmesi ve Kontrolü Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 22-24 Mart, 1995.
- Topcu, S, S.İncecik and Y.S.Unal, 2001: The influence of meteorological conditions and stringent emission control on high TSP episodes in İstanbul, Environmental Sciences and Pollution Research, 8,1-9
- Toros, H., Deniz, A. Turgut, F., Akhisar, İ. and R. Özçelik, 2005: A Case Study on the Air Pollution According to the Some Synoptic Situations In İstanbul, Scientific Assembly of the International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS), August 2-11, 2005, Beijing, China.