

## İSTANBUL'DA OZON MEVSİMİ ESNASINDA OZON SEVİYELERİ (1998-2002)

Sema TOPÇU<sup>(\*)</sup>, Ceyhan KAHYA, Deniz DEMİRHAN, Selahattin İNCECİK

İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Maslak, İstanbul

### ÖZET

İstanbul'da şehir ozon seviyeleri 1998 yılından bu yana ölçülmektedir. Ancak ölçme programı kesikli olarak şehrin iki yakasında sürdürülmektedir. Bu çalışmada Kadıköy istasyonunda ozon mevsimi boyunca (1 Nisan-30 Eylül) yüzey ozon konsantrasyonlarının (2000 yılı dışında) yıllara göre değişimleri incelenmiştir.

### ABSTRACT

Urban ozone concentrations has been measured since 1988 in İstanbul. However, the monitoring program is going interrupted at both side of the city. In this study, the variations of surface ozone for ozone seasons (1 April-30 September) are examined (except 2000) in 1998-2002.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Ozon, fotokimyasal kirlilik, şehir atmosferi, NO<sub>x</sub>, İstanbul

### GİRİŞ

Şehir ortamlarında fotokimyasal kirlilik, ozon Avrupa Birliği (AB) 6.cı Çevre Eylem programında duyurulan ve ilk tematik stratejilerden biri olan CAFE (Avrupa için Temiz Hava) programının temel konusudur. Bu program insan sağlığı ve ekosistem için kirlenici etkileri bakımından hava kalitesi bağlantılı aktiviteler üzerinde entegre olmayı amaçlar. Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde CAFE programı üzerinde çalışmaları giderek yoğunlaşırken, aday ülkelerde ise bu programa ilgi artmaktadır. CAFE programı iki temel kirleniciyi hedeflemektedir. Bunlar partikül ve yüzey ozondur. Özellikle motorlu araç emisyonları gözönüne alınarak incelenen ozon giderek konvansiyonel kirlenicilerin yerini alarak şehirlerde önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu program çerçevesinde altı Avrupa şehrindeki hava kalitesini yeniden düzenlemek üzere City Delta projesi gerçekleştirilmektedir (Thunis and Cuvelier, 2003; Arvanitis and Moussiopoulos, 2003). Londra, Milano, Paris, Prag, Katowice ve Berlin şehirlerinde hava kalitesi başta ozon ve partiküller olmak üzere emisyonlar ile bağlantılı olarak modellenerek kontrol edilmek istenmektedir.

İstanbul şehri 12 milyona yaklaşan nüfusu ve 1.5 milyonu aşan motorlu araç sayısı ile CAFE programı içerisinde yer alması beklenen bir örnektir. Bu nedenle şehir merkezinde ölçülen ozon son yıllarda giderek kritik seviyelere ulaşmaktadır. Ulaşım planlamasının şehir içerisinde motorlu araç hakimiyetinin uzun yıllar korunacağı İstanbul'da fotokimyasal kirliliğin kritik seviyelere yükselmesi beklenmektedir. Bunun yanı sıra ozon öncüllerinin endüstri ve şehir merkezlerinden İstanbul'un çevresindeki kırsal bölgelere taşınarak bu bölgelerde daha az

\* stopcu@itu.edu.tr

ozonun bozulmasıyla yüksek ozon konsantrasyonlarının meydana gelmesine yol açması da beklenmelidir.

Ülkemizde yüzey ozon şehir merkezlerinde henüz "monitoring" anlamında ölçme ağı içerisinde bulunmamaktadır. Sadece bazı büyük şehirlerde ozon ve ozon öncülleri ölçülebilmektedir.

İstanbul'da ozon şehir merkezinde sadece iki bölgede 1998 yılından bu yana ölçülmektedir. Bunlar Kadıköy ve Sarıyer'dir. Ancak bu ölçümlerde henüz tam bir süreklilik sağlanamamıştır. Bunun yanısıra ozon ölçümlerinde meydana gelen büyük eksiklik nedeniyle 2000 yılı değerlendirmeye alınmamıştır. Yüzey ozon özellikle ozon mevsimi diye tanımlanan ve orta enlem kuşağında en yüksek seviyeleri meydana geldiği 1 Nisan- 30 Eylül tarihleri arasında yer alan süre için risk oluşturmaktadır.

Bu çalışmada İstanbul'da Kadıköy ve Sarıyer bölgesinde 1998-2002 ozon mevsimleri boyunca ölçülen saatlik yüzey ozon değerlerinin değişimleri ve bu değişimler üzerinde etkili olan mekanizmalar açıklanmıştır.

## OZON OLUŞUMU

Ozon önemli zarar seviyeleri olan fotokimyasal bir kirletici olarak bilinmektedir. Yüksek miktarlardaki yer seviyesi ozon toksik karakterli olarak insan sağlığına, akciğerlere, bitki örtüsüne, zirai ürünlere, ve iklim üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle ozonun büyük maliyetlere sebep olduğu tahmin edilmektedir.

Atmosferde ozonun formasyonu çok sayıda fotokimyasal reaksiyonlar ile meydana gelir. Ozon oluşumu, güneş radyasyonu ve sıcaklık gibi iki temel parametrenin yanı sıra azot oksit emisyonları, metan olmayan uçucu organik bileşikler, karbon monoksit ve metana bağlıdır. Yer seviyesi ozonu bir kaç reaktif bileşen, azot oksitler ve şiddetli güneş ışığı altında meydana gelir. Yer seviyesindeki ozonun fotokimyasal oluşumu ile ilgili kimyasal proses şu şekilde açıklanmaktadır.

Fotokimyasal reaksiyonlar sabah saatlerinde hidrokarbonlar ve azot oksitler ile başlar.



$\text{NO}_2$  ise güneş ışığını absorblar ve oksijen atomu açığa çıkar



ve



reaksiyonları meydana gelir.

Bununla beraber yer seviyesindeki ozonun bir kaç kaynağı daha belirlenmiştir. Bunlar arasında en önemlisi ozonun yüksek irtifalardan troposfer ve atmosferik sınır tabakaya dinamik hareketler vasıtasıyla taşınımıdır. Ayrıca endüstri bölgelerinden, şehir merkezlerinden dinamik hareketlerle taşınan  $\text{NO}_x$  vb. gibi ozon öncülleri kırsal bölgelerde de güneş ışığı altında yüksek ozon konsantrasyonlarına yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra düşük rüzgar şiddetleri ve zayıf ventilasyon ozon oluşumunun şiddetini arttırmaktadır.

Literatürde şehir ortamlarında yoğun ozon öncüllerinin ve meteorolojik yapının ozon oluşumuna katkısı çeşitli çalışmalarda açıklanmıştır (Kanbour vd., 1987; Gusten, 1988; Bronnimann ve Neu, 1997; Riveros vd, 1998; Ziomas vd., 1998; Lal vd., 2000). Örneğin yaz aylarında sıcaklığın 45°C'ye ulaştığı Bağdat şehrinde yapılan ozon ölçümleri petrol alanlarından, rafinerilerden, ve petrol tanklarından çıkan hidrokarbon buharlarının, fotokimyasal reaksiyonların şiddetini arttırdığı belirlenmiştir (Kanbour vd., 1987). Bağdat şehir atmosferinin düşük nem, yüksek sıcaklık ve şiddetli radyasyon ile ozon öncüllerinin yüksek ozon konsantrasyonuna sebep olduğu bu suretle 3414 gözlemin % 20 sinde WHO limitlerinin aşıldığı görülmüştür.

Gusten (1988) ise Atina'da Haziran-Eylül 1984 ayları arasında yapılan 5 ayrı noktadaki saatlik ölçümlerden fotokimyasal smog episodlarının deniz meltem sirkülasyonları ile ortaya çıktığını göstermiştir. Şehir ortamlarının karmaşık emisyon yapısı şehir ozon çalışmalarını güçleştirmektedir. Bu sorunu bir ölçüde izole etmek üzere Bronnimann ve Neu (1997) uygun olmayan atmosfer şartlarında hafta içi ve hafta sonu meydana gelen maksimum ozon değerlerini kıyaslamıştır. Pazar günlerinde hafta içine göre maksimum ozon değerlerinin %10-15 daha düşük olduğu görülmüştür.

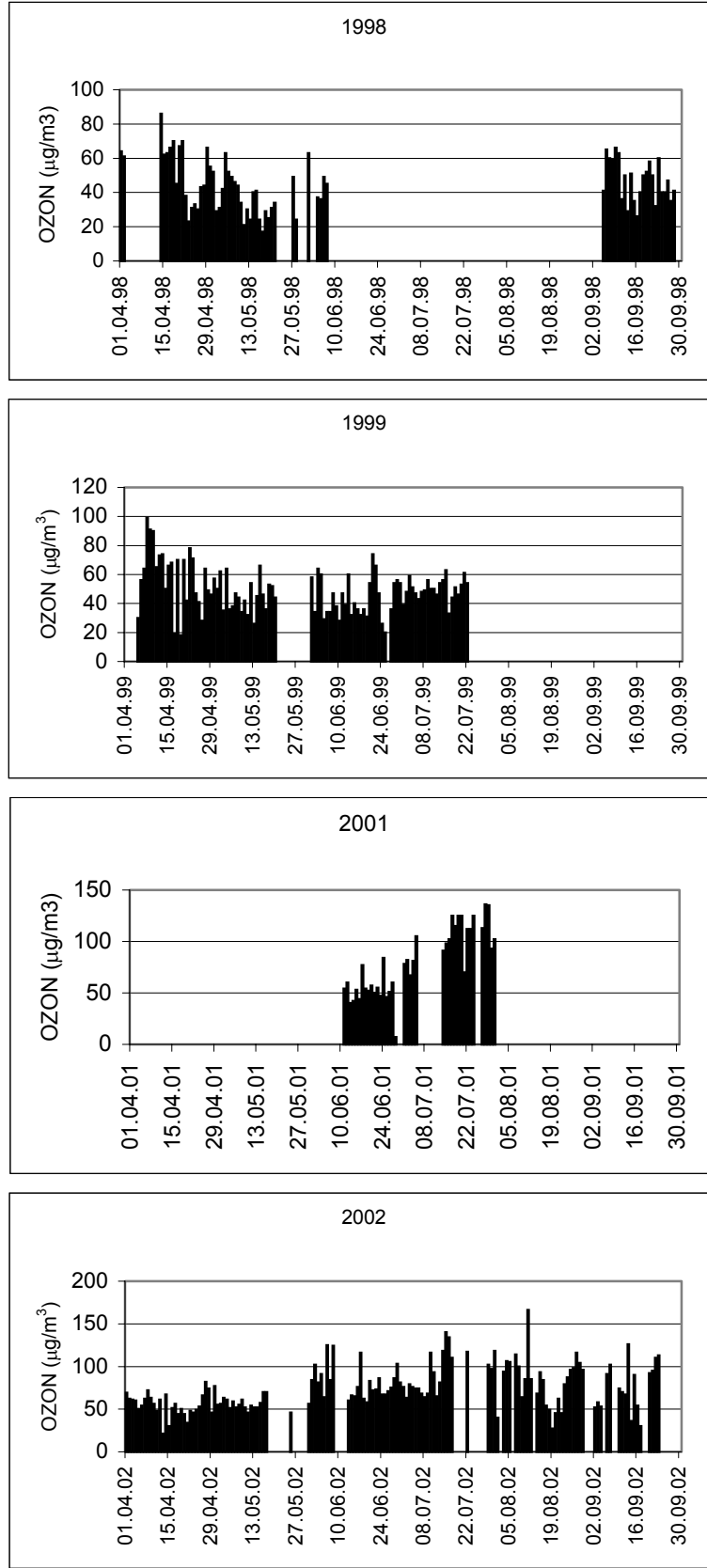
### İSTANBUL'DA OZON ÖLÇÜMÜ

Avrupa Birliğine geçiş süreci içerisinde hava kalitesi özelliklerine en fazla önem verilen kirletici konsantrasyonlardan biri de yüzey ozondur. Ancak 5700 km<sup>2</sup> alanı kaplayan İstanbul şehrinde ozon sadece iki şehir içi bölgesinde ölçülmektedir. Bu ölçümlere 1998 yılında başlanmasına rağmen hala sürekli bir ölçüm dönemine ulaşamamıştır. Bunun yanı sıra NO, NO<sub>2</sub> ve CO şehrin Anadolu ve Avrupa yakasında ozon ölçümü yapılan Kadıkoy istasyonu dahil olmak üzere toplam 8 istasyonda kaydedilmektedir. Ozon O341 M Environment S.A. ile, azot oksitler ise AC 31 M ile ölçülmektedir.

İstanbul'da ozon seviyeleri üzerinde yapılan çalışmalara bu nedenle çok yakın zamanlarda başlanabilmiştir. Bu konuda yüzey ozon verilerinin ilk değerlendirmesi üzerine yapılan çalışma Topcu ve Incecik (1999) tarafından yapılmıştır. Daha sonra ise analiz ve model çalışmalarının yoğunlaştığı görülmektedir (Topcu and Incecik, 2002, 2003; Antepioglu et al., 2002, 2003;Coskuner et al., 2003).

Bu çalışmada gözönüne alınan ozon mevsimi 1 Nisan-30 Eylül dönemini kapsamaktadır. Bu dönem aynı zamanda ısınma kaynaklarından çıkan NOx emisyonlarının trafik kaynaklarından izole edildiği bir dönemi de işaret etmektedir.

İstanbul'da 1998 yılından bu güne kadar ozon konsantrasyonları bir istasyonda ozon mevsimi boyunca (1 Nisan -30 Eylül) tam olarak ölçülemediği. İlk kez 2002 yılında ozon mevsimi boyunca 122 gün ozon ölçümü yapılabildiği görülmüştür. Ölçmelerin daha yoğun olarak gerçekleştirildiği bölge ise Kadıköy bölgesidir. Bu nedenle bu çalışmada şehrin Anadolu kısmında yer alan Kadıköy istasyonunda yapılan ölçmeler gözönüne alınmıştır. Bunun yanı sıra bazı dönemler için Saraçhane istasyonu seçilmiştir.



Şekil 1. Ozon mevsimlerine ait günlük maksimum ozon konsantrasyonlarına ait zaman serileri.

Ozonun en önemli özelliklerinden biri onun günlük maksimum değerleridir. Bu değerler çevre etkileri bakımından diğer özelliklerine göre daha büyük öneme sahiptir. Şekil 1, dört yıla ait ozon mevsimlerinde günlük maksimum ozon konsantrasyonlarını vermektedir. Buna göre en yüksek ozon konsantrasyon değerleri Haziran-Temmuz- Ağustos ve Eylül aylarında meydana gelmektedir.

Ozon oluşumuna yol açan ozon öncülleri içerisinde en önemlileri azot oksit ve hidrokarbonlardır. CO seviyeleri ise trafik kaynaklı hava kirliliğini belirlemesi bakımından kullanılabilen etkili kirleticidir.

Şehir içi yoğun trafik ve kontrolsüz araç emisyonları bu ortamlarda yüksek NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub>) konsantrasyonlarının sebebidir. İstanbul'da katalitik konverter kullanan araç sayısının henüz % 20 lerin altında olduğu bilinmektedir. Bu durum İstanbul'da daha uzun süre araç emisyonlarının yüksek seviyelerde kalacağını göstermektedir.

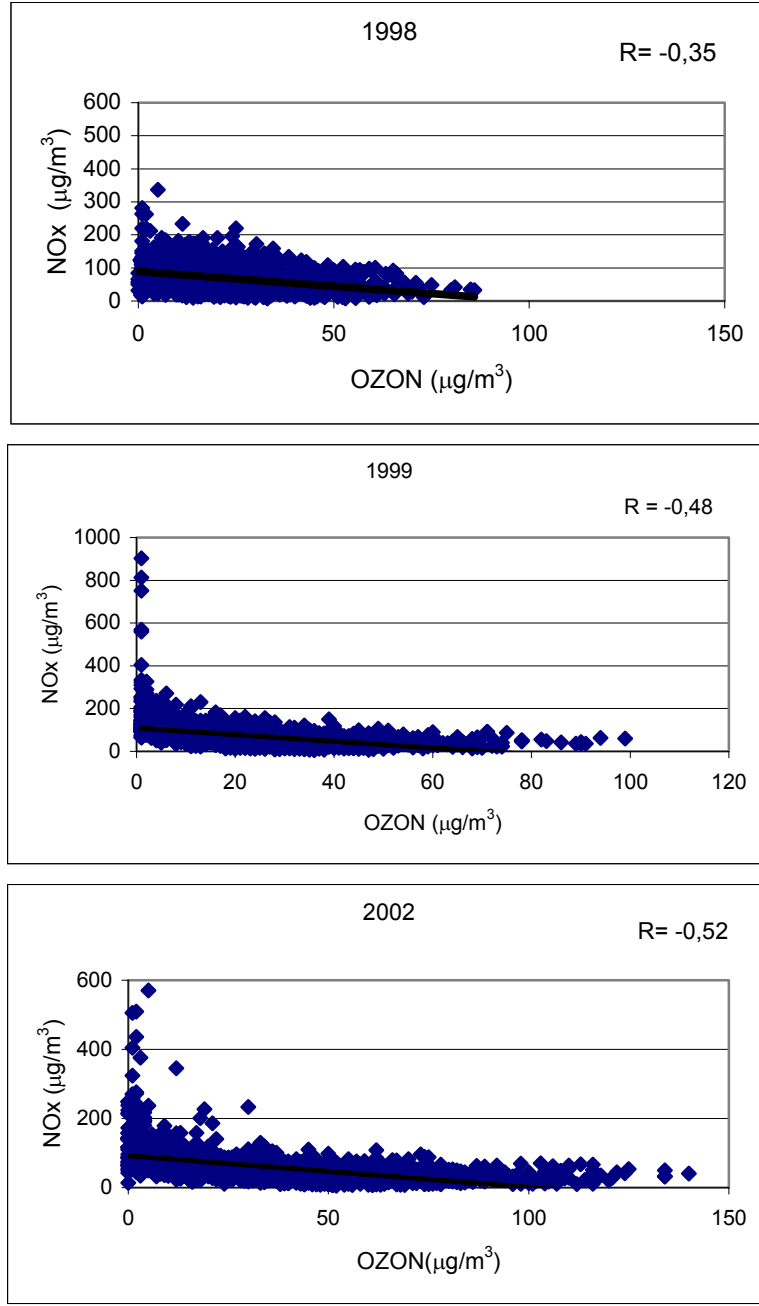
Ozon mevsimi içerisinde araç emisyonlarının yol açtığı hava kirleticiler konsantrasyonların en yüksek seviyeleri Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında meydana gelmektedir. İstanbul'da bu aylarda güneş radyasyonunun 900 Wm<sup>-2</sup> civarında meydana gelmesi bu durumun temel sebebidir. 2001 ve 2002 ozon mevsimlerinde ölçülen saatlik ozon konsantrasyonları içerisinde 100 µg/m<sup>3</sup> ü aşma frekansı ozon mevsiminde ölçme dönemi içerisinde sırası ile % 12.4 ve 2.2 e ulaşmaktadır. 2001 yılında veri sayısı bu oranın yükselmesine yol açmıştır.

## OZON, NO<sub>x</sub> ve CO KONSANTRASYONLARI

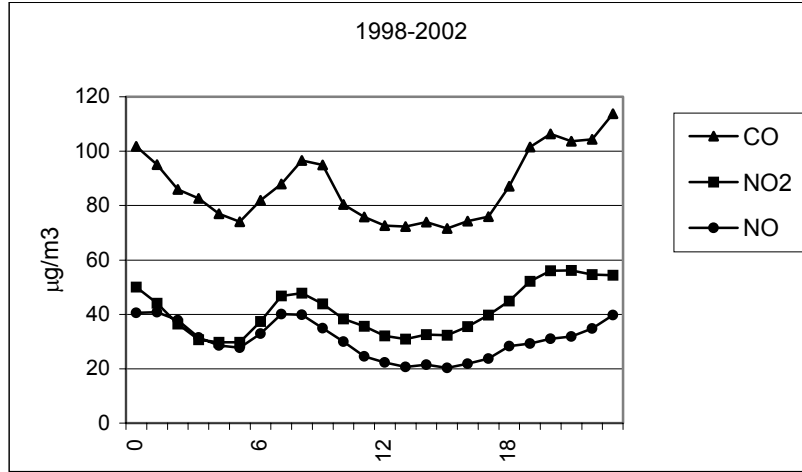
Ozon öncülleri içerisinde en önemlilerinden biri NO ve NO<sub>2</sub> dir. NO<sub>x</sub> emisyonlarının ozon konsantrasyonları üzerindeki etkisini görmek üzere ozon ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonları arasındaki ilişkinin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada üç ozon mevsimine ait O<sub>3</sub> - NO<sub>x</sub> ilişkileri Şekil 2 de gösterilmiştir.

İstanbul'da ozon mevsimi başlangıcı olan Nisan ayında konut ısıtılma döneminin devam etmesi nedeniyle NO<sub>x</sub> konsantrasyonları 600-800 µg/m<sup>3</sup> gibi yüksek seviyelere çıkmakta ancak daha sonra 60-90 µg/m<sup>3</sup> lük aylık ortalama seviyelerine düşmektedir. Bu durum bütün ozon mevsimlerinde yaklaşık olarak meydana gelmektedir. Bu esnada CO konsantrasyonları da şehir içi trafik kaynaklı olarak aylık ortalama 1000 µg/m<sup>3</sup> seviyelerinde bulunmaktadır.

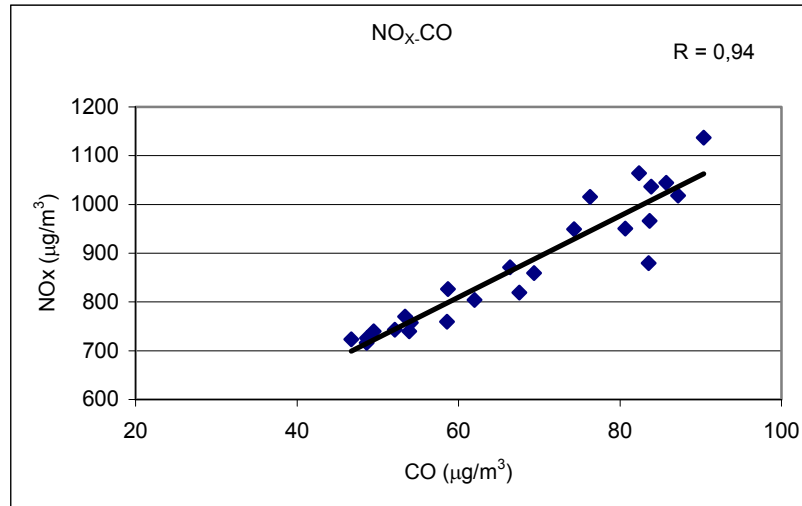
Ozon mevsimlerinde şehir içi ortamlarda CO'daki günlük değişimin NO<sub>x</sub> ile çok iyi bir şekilde ilişkili olması beklenir. Zira büyük ölçüde trafik kaynağından meydana gelen CO konsantrasyonları sabah maksimum, öğle sonrası minimum ve akşam saatlerinde maksimum değerini alır. İstanbul'da CO konsantrasyonlarının günlük değişimi de bu paterni doğrulamaktadır (Şekil 3). Böylece ozon mevsimlerinde CO ve NO<sub>x</sub>'un fosil yakıt yanması gibi tek bir kaynaktan yayıldığı söylenebilir. Bu çalışmada ise NO<sub>x</sub> ve CO arasında 2001 yılı dışında kalan zamanlarda 0.94 gibi yüksek bir korelasyon bulunmuştur (Şekil 4). Bu sonuç İstanbul'da ozon mevsimlerinde CO ve NO<sub>x</sub>'un tek bir trafik kaynağından ortaya çıktığını göstermektedir.



Şekil 2. İstanbul'da O<sub>3</sub>-NO<sub>x</sub> ilişkisi



Şekil 3. İstanbul'da CO, NO ve NO<sub>2</sub> nin günlük değişimi.



Şekil 4. CO ve NO<sub>x</sub> arasındaki korelasyon

## KAYNAKLAR

Arvanitis,A. and Moussiopoulos,N. Coupling an aerosol module to a deterministic long term ozone exposure model. 26<sup>th</sup> NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and Its Applications. Istanbul Turkey, 267-277, 2003.

Anteplioglu, Ü. Topcu,S. and İncecik,S. An application of a photochemical model for urban airshed in İstanbul. Air Pollution Modelling and Its Applications, C.Borrego and G.Schayes(Eds),Kluwer Academic/Plenium Publishers, New York,167-175, 2002.

Anteplioglu, Ü. İncecik,S. and Topcu,S. Simulation of meteorological conditions and surface ozone concentrations with MM5 and CAMx in İstanbul. 26<sup>th</sup> NATO/CCMS International

Technical Meeting on Air Pollution Modelling and Its Applications. Istanbul Turkey, 100-105, 2003.

Bronnimann S. and Neu, U. Weekend-weekday differences of near-surface ozone concentrations for different meteorological conditions, *Atmospheric Environment*, 31, 1127-1135, 1997.

Coskuner.R.T., G.Güllü, and Tuncel, G. Short-term prediction of NO<sub>x</sub> levels in İstanbul using artificial neural network approach. 26<sup>th</sup> NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and Its Applications. Istanbul Turkey, 484-491, 2003.

Gusten,H, G.Heinrich, T.Cuitas, L.Klasinc, B.Ruscic, D.P.Lalas, Petrakis,M. Photochemical formation and transport of ozone in Athens, Greece, *Atmospheric Environment*, 22, 1835-1961,1988.

İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Çevre Dairesi, Hava kalitesi arşivi, 2002.

Kanbour, F.I., S.Y.Faiq, A.Al-Taie, A.M.N.Kitto, Bader,N. Variation of ozone concentrations in the ambient air of Baghdad, *Atmospheric Environment*, 21, 2673-2679, 1987.

Lal, S., M.Naja, and Subbaraya, B.H. Seasonal variations in surface ozone and its precursors over an urban site in India. *Atmospheric Environment*, 34, 2713-2724, 2000.

Riveros H.G., J.L:Arriaga, J.Tejede, A.Julian-Sanchez, Riveros-Rosas,H. Ozone and its precursors in the atmosphere of Mexico City. *J.Air & Waste Manage. Assoc.* 48, 866-871, 1998.

Thunis,P. and Cuvelier, C. CityDelta:A european modelling inter-comparison to predict air quality in 2010. 26<sup>th</sup> NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and Its Applications. Istanbul Turkey, 147-156, 2003.

Topcu,S. ve Incecik,S. İstanbul da şehir ozon seviyelerine ait ilk ölçümlerin değerlendirilmesi, Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu , İzmir, 279-285, 1999.

Topcu,S. and Incecik,S. Surface ozone measurements and meteorological influences in the urban atmosphere of İstanbul. *Int.J.Environmental Pollution*, 17, 390-404, 2002.

Topcu, S. and Incecik, S. Characteristics of surface ozone concentrations in urban atmosphere of Istanbul: A case study, *Fresenius Environmental Bulletin*, 12, 413-417, 2003.

Ziomas I.C. P.Tzoumaka, D.Balis, D.Melas, C.S.Zerefos, Klemm,O. Ozone episodes in Athens, Greece, *Atmospheric Environment*, 32, 2313-2321, 1998.