

## İSTANBUL DA METEOROLOJİK KOŞULLARIN VE YÜZEY OZON KONSANTRASYONLARININ MM5 VE CAM<sub>x</sub> MODELLERİ İLE SİMÜLASYONU

Ümit ANTEPLİOĞLU<sup>1</sup>, Sema TOPÇU<sup>2(\*)</sup>, Selahattin İNCECİK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi, Çengelköy, İstanbul

<sup>2</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul

### ÖZET

Bu çalışmada İstanbul'da 16-19 Temmuz 2001 episod dönemi için mezoölçek meteorolojik modeli MM5 ve CAM<sub>x</sub> modeli meteorolojik şartları anlamak ve yüzey ozon konsantrasyonlarını tahmin etmek üzere kullanılmıştır. PSU/NCAR MM5 mezoölçek model hidrostatik olmayan bölgesel bir model olup mezoölçek sirkülasyonları simüle etmek ya da tahmin etmek üzere kullanılır. CAM<sub>x</sub> tarafından desteklenen kimyasal mekanizmalar Carbon Bond-IV'e dayanır.

### ABSTRACT

In this work, mesoscale meteorological model MM5 and the Comprehensive Air Quality Model with extensions (CAM<sub>x</sub>) was used to understand the meteorological conditions and to predict the surface ozone concentrations in Istanbul during an episode period of 16-19 July 2001. The PSU/NCAR MM5 mesoscale model is a limited area, nonhydrostatic model designed to simulate or predict mesoscale circulations. The chemical mechanisms supported by CAM<sub>x</sub> are based on Carbon Bond -IV mechanism.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Fotokimyasal model, ozon, İstanbul, MM5, CAM<sub>x</sub>,

### GİRİŞ

Yüzey ozonu hava kalitesini bozan önemli kirleticilerden biridir. Bölgesel iklim ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. 1999 yılında İstanbul'da fotokimyasal kirlilikle ilgili ilk raporlar yayınlandığından bu yana, zaman zaman episodik sınır değerlere yaklaşma eğilimi gösteren yüksek ozon değerlerine sahip günler, yeni bir çevresel problem olarak karşımıza çıkmaktadır. 2000 rakamlarına göre 1.5 milyon civarında motorlu araç barındıran şehirde her geçen gün artan araç sayısı fotokimyasal kirliliğin kontrol altına alınması ve bu amaçla modelleme çalışmalarına başvurmayı gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada 3 boyutlu mezo-ölçek meteorolojik model (MM5) 16-19 Temmuz 2001 tarihleri arasında yüksek ozon sergileyen günlerdeki meteorolojik etkileri anlamak amacıyla kullanılmıştır. İlk kez yapılan MM5 uygulaması ile bölge üzerindeki meteorolojik değişkenlerin davranışları anlaşılmasına çalışılmıştır. CAM<sub>x</sub> modeli kullanılarak da bölge üzerindeki ozon değişiminin karakteri incelenmiştir.

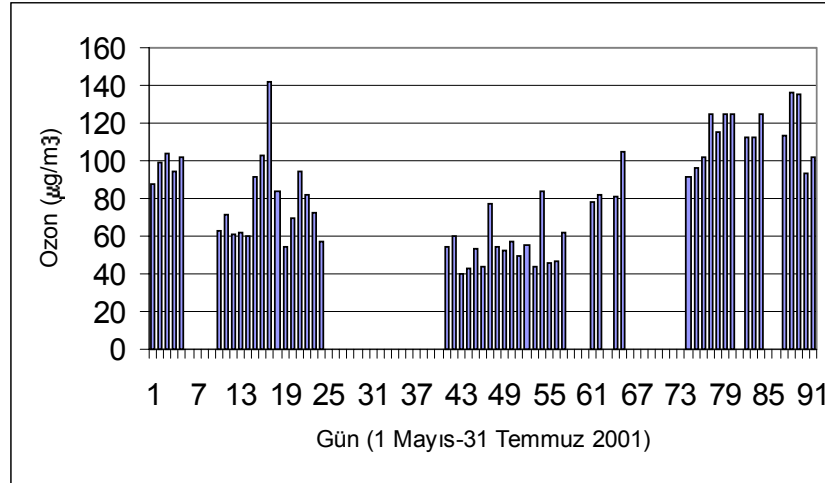
---

\* stopcu@itu.edu.tr

## EPİSOD ÖZELLİKLERİ

İstanbul ve civarındaki hava kirliliğinin geçmişi çok eski sayılmaz. Şehir 1990'ların ortalarına kadar ciddi SO<sub>2</sub> ve TSP kirliliğine maruz iken ısınma amaçlı yakıtların değiştirilmesi ile birlikte klasik hava kirliliği problemi ciddiyetini kaybetmiştir (Topçu ve diğ., 2003). Topcu ve Incecik (2001;2002) İstanbul şehir atmosferindeki ozon miktarlarıyla ilgili ilk sonuçları ortaya koymuşlardır. 16-19 Temmuz 2001 epizodu esnasında meydana gelen mezo-ölçek ve bölgesel faktörler Topçu ve Incecik (2003)'te incelenmiştir. Erken saatlerdeki kararlı koşullar, sabah saatlerinde zayıf yüzey rüzgarları, ve ozon öncülleri, yüksek ozon konsantrasyonlarına sebep olmaktadır. Bölgede ozon oluşumuna yol açan koşullar yanı sıra, sabah saatlerinde sinoptik basınç sistemlerine bağlı kuvvetli NNE rüzgarlar görülmektedir. Bu suretle bölgede ortaya çıkan konvektif koşullar ve artan kararsızlık yüksek ozon konsantrasyonlarına sebep olabilir. Bu amaçla yüzey ozonu üzerinde rüzgar etkilerini anlamak için mezo-ölçek model kullanarak bölgenin akış özelliklerini belirlemek gereklidir.

1998 yılında başlayan ozon ölçümleri ile şehir merkezinde bahar ve yaz aylarında önemli seviyelerde ozon konsantrasyonlarına rastlanılmıştır. 100 µg/m<sup>3</sup> seviyesinin aşıldığı günlerin kullanıldığı ozon epizod dönemi bu çalışmanın başlangıç noktasını oluşturmuştur. Şekil 1, 1 Mayıs - 31 Temmuz 2001 dönemi içerisinde günlük maksimum ozon konsantrasyonlarının zaman serisini vermektedir. Buna göre Temmuz ayının ikinci yarısı ozon epizodu için örnek bir dönem niteliğindedir. Bu döneme ait epizod özellikleri ve bunlara karşı gelen meteorolojik şartlar Tablo 1 de verilmiştir.



Şekil 1. 1 Mayıs-31 Temmuz 2001 günlük maksimum ozon zaman serisi

## YÖNTEM

### MM5

PSU/NCAR tarafından geliştirilen MM5 mezo-ölçek modeli, mezo-ölçek sirkülasyonları simüle etmek üzere tasarlanmış non-hidrostatik, araziye takip eden sigma koordinatlı bir

sınırlı alan modelidir (Seaman, 2000). Simülasyonda kullandığımız MM5 sürüm 3.5, yerden 100 mb'a kadar içiçe 4 model bölgesi ve 31 yarı sigma seviyesi içermektedir. Dört model bölgesi tek yollu grid yuvalaması ile kullanılmıştır. Birinci model bölgesi 81 km yatay çözünürlükte 31x37 yatay grid içermektedir. İkinci model bölgesi 27 km çözünürlükte 34x40 gridden oluşmuştur. Üçüncü model bölgesi 9 km çözünürlükte 61x67 gride sahiptir ve en içteki model bölgesi 3 km çözünürlükte 91x139 gridlidir. Başlangıç ve sınır değerleri NCAR-NCEP (2.5x2.5 derece) arşivinden alınmış ve sınır tabaka üzerindeki seviyeler için, model sonuçlarını en dış model bölgesinde analiz değerlerine doğru zorlama tekniği (analysis nudging) kullanılmıştır.

Tablo 1. Episod dönemi için meteorolojik değişkenler.

Gün	Max. O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Rüz. Yönü 0700	Rüz. yönü 1400	Ort.rüz . şid.(m/s ) 0700	Ort.rüz. şid.(m/s) 1400	Max. Hava sıc.(°C)	Max. Güneş rad. (W/m <sup>2</sup> )	Ort. Bulut. 1/10
16.07	102	W	NNW	1.3	4.3	31.7	906	2
17.07	125	SW	WSW	0.9	2.4	30.0	771	3
18.07	115	W	NNE	1.4	5.6	30.1	865	1
19.07	125	WSW	NNE	1.2	4.2	32.1	906	0

## CAMx

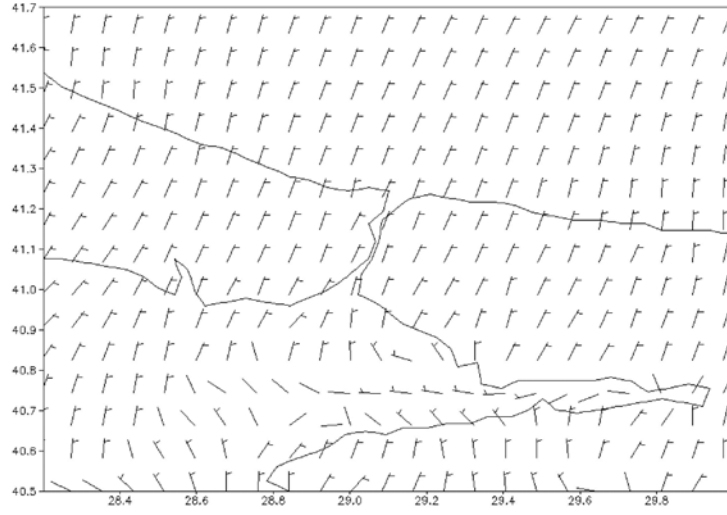
CAMx (The Comprehensive Air quality Model with extensions) bir çok ölçekte bütünleşik gaz ve partikül hava kirliliği değerlendirmelerinde kullanılan Eulerian bir fotokimyasal modeldir (Environ, 2000). CAMx, yuvalanmış üç boyutlu gridlerde ilgili her bir kimyasal tür için süreklilik denklemini kullanmak suretiyle, emisyonları, dispersiyon ve kimyasal reaksiyonları simüle eder. Simülasyonda kullanılan kimyasal mekanizma karbon bağı IV mekanizmasıdır. Yerden 6000 m'ye kadar 22 düşey katman kullanılmıştır. Model bölgesi İstanbul üzerine merkezlenmiş 2 km çözünürlükte 60x60 grid içermektedir. Gerekli model girdileri, gridlenmiş rüzgar, sıcaklık, basınç, su buharı, bulut örtüsü, yağış alanı, emisyonlar ve başlangıç-sınır koşulları olarak hava kalitesi verilerinden olmaktadır. Meteorolojik değişkenler ise MM5 model sonuçlarından elde edilmiştir.

Şehir için tam bir emisyon envanteri elde etmek mümkün olmamıştır. Bu amaçla gözönüne alınan günler için yollarda hareket eden motorlu taşıtların mobil kaynak emisyonlarına ait 1999 yılı değerleri 2001 yılına uyarlanmıştır (Anteplioğlu ve diğ. 2002). Böylelikle sadece motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirleticileri gözönüne alan sınırlı bir envanter kullanılmıştır.

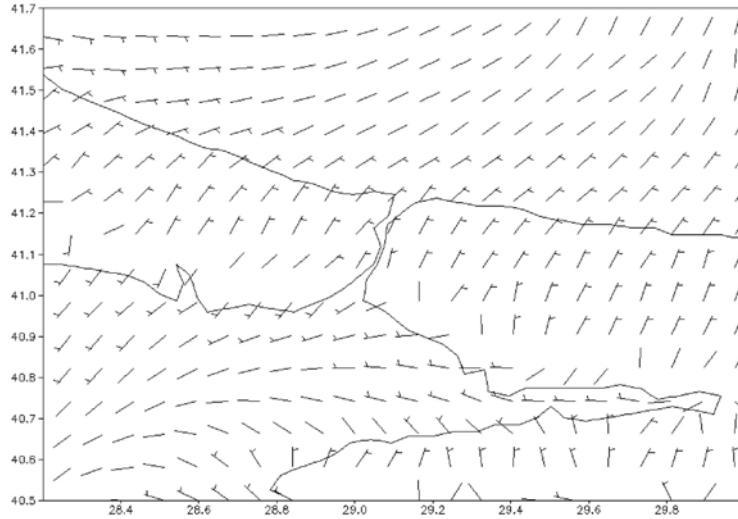
## SONUÇLAR

Bu çalışmada şehir üzerindeki bölgesel ölçek sirkülasyonları MM5 modeli ile bulunmuştur. Şekil 2 ve 3 16-17 Temmuz 14:00 LST'deki yüzey rüzgarlarını göstermektedir. Her iki şekil

İstanbul üzerinde öğlen saatleri sırasında rüzgarların sirkülasyon bölgelerini işaret etmektedir.



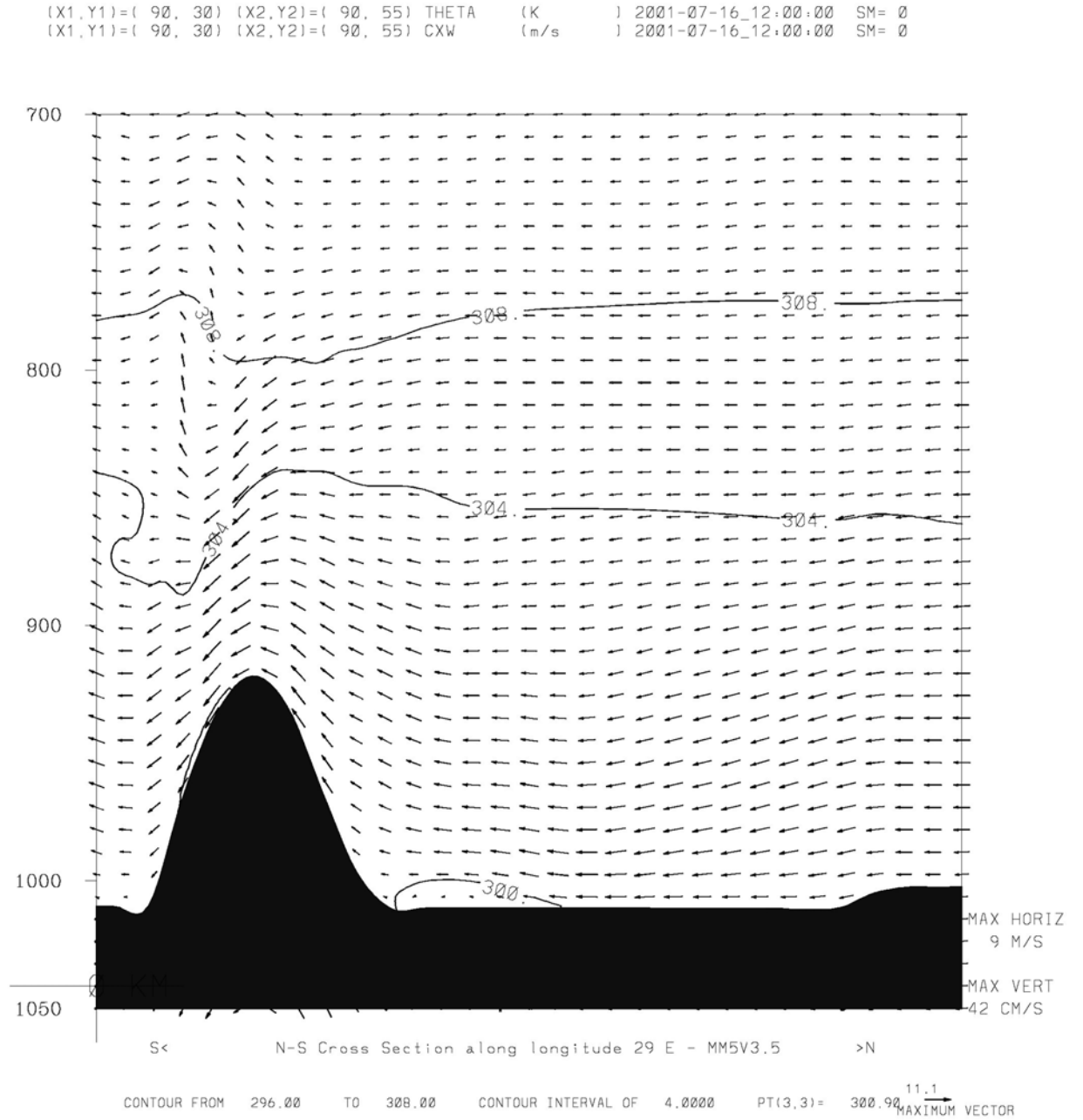
Şekil 2. MM5 yüzey rüzgarları ( 16 Temmuz 2001, 1400 LST)



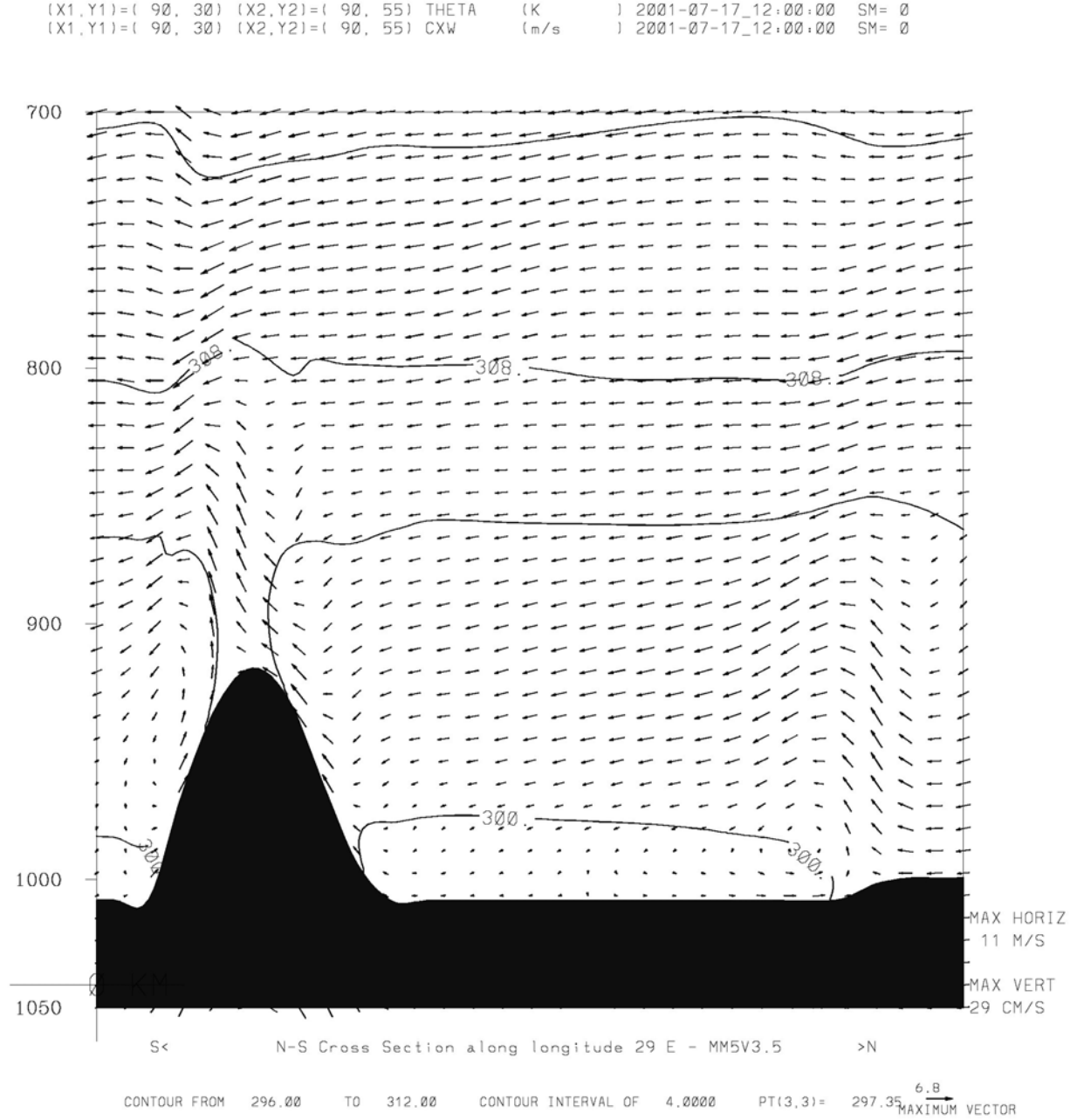
Şekil 3. MM5 yüzey rüzgarları ( 17 Temmuz 2001, 1400 LST)

17 Temmuz 2001 öğlen saatlerinde İstanbul'un güney bölgesi deniz meltemi sirkülasyonu etkisi altındadır. Bunun yanı sıra Karadeniz kıyılarında sinoptik basınç paternlerine bağlı olarak rüzgarlar kuzeylidir. Bu sirkülasyon öğleden sonraki saatlerde giderek zayıflamaktadır. Bölgesel rüzgar sirkülasyonunun anlaşılması amacıyla 29° E boylamı boyunca N-S düşey kesidi Şekil 4 ve 5 de verilmektedir. Şehrin merkezinden geçen Kuzey-Güney doğrultulu düşey kesitteki rüzgar bileşenleri şehire doğru bir döngünün mevcudiyetini göstermektedir. Bu döngü şehir merkezinden yayılan öncül kirleticilerin yeniden kıyı bölgesine taşınmasına yol açmaktadır. Bu durum hava kirliliği konsantrasyon değerlerinin öğleden sonra bölgenin güneyinde, özellikle İzmit körfezinde daha yüksek değerlerde meydana gelmesi için bir potansiyel oluşturmaktadır. En önemli kimya ve boya endüstrileri ile en büyük petrol rafinerisi İzmit körfezinde bulunmaktadır. Bu sirkülasyonlara göre bölge topografyası ve kimyasal endüstriler yükselti alanları civarında daha yüksek konsantrasyonların oluşmasına yol açabilir. CAMx ozon konsantrasyon simülasyonları Şekil 6 ve 7 de verilmiştir.

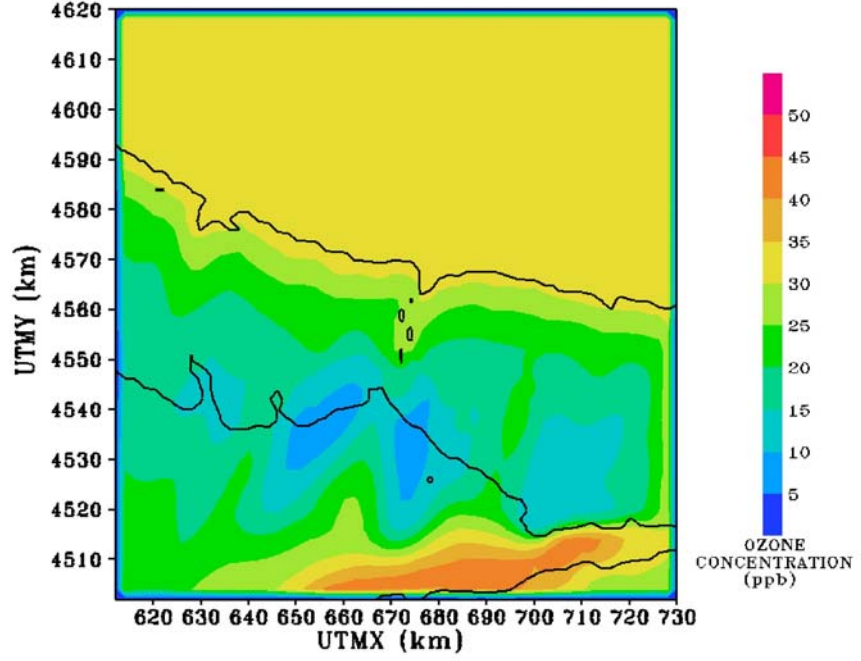
Ozon konsantrasyonlarının şehrin güney kıyısı boyunca meydana gelen sirkülasyonlardan etkilendiği açık bir şekilde görülmektedir. Özellikle öğle sonrası saatlerde meydana gelen bu durum ozon riski taşıyan bölgeleri de işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, İzmit bölgesi üzerinde meydana gelen yoğun NO<sub>x</sub> ve VOC hüzmelerinin bu çevredeki ozon oluşumuna etki yapması beklenmelidir. Özellikle Gemlik bölgesine kadar olan topoğrafya içerisinde sıkışan atmosfer bölgesi yüksek ozon potansiyeli yaratmaktadır.



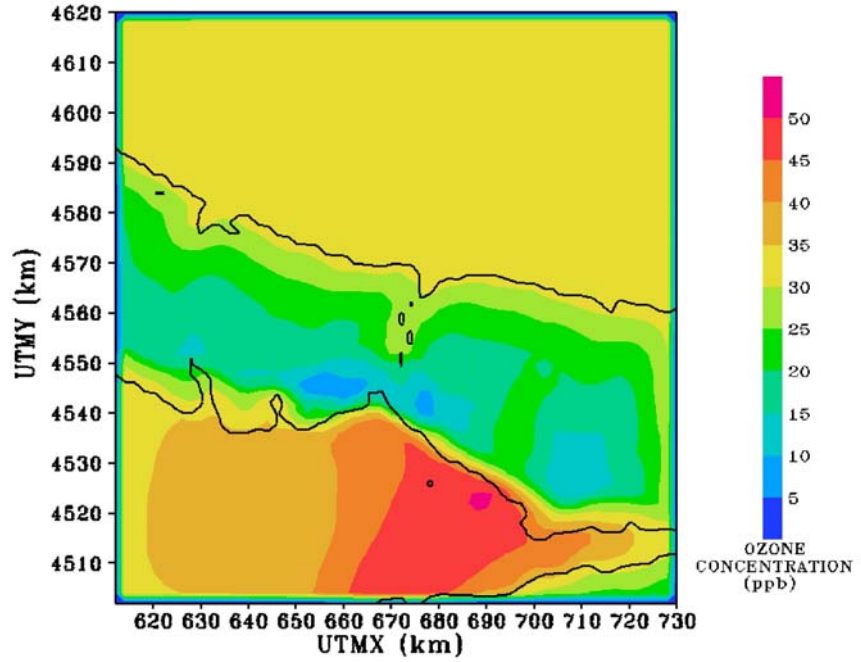
Şekil 4. 29° E boylamı üzerinde rüzgar vektörleri (16 Temmuz 2001, 1400 LST)



Şekil 5. 29° boylamı üzerinde rüzgar vektörleri (17 Temmuz 2001, 1400 LST)



Şekil 6. CAMx ile ozon simülasyonları (16 Temmuz 2001, 1400 LST)



Şekil 7. CAMx ile ozon simülasyonları (17 Temmuz 2001, 1400 LST)



## KAYNAKLAR

- Antepliöglu Ü., İstanbul için yüzey ozonun fotokimyasal-dinamik model ile incelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
- Anteplioglu, U., Topcu, S., and Incecik,S., An application of a photochemical model for urban airshed in Istanbul, Air Pollution Modeling and Its Application, C.Borrego and G.Schayes, Ed., Kluwer Academic/Plenium Publishers, New York, pp 167-175, 2002.
- Environ, User's guide to comprehensive air quality model with extensions (CAMx), Environ International Corporation, 2000.
- Topcu, S, and Incecik, S., Surface ozone measurements and meteorological influences in the urban atmosphere of Istanbul, *Int. J Environ. and Pollution*,**17** , 390-404, 2002.
- Topcu, S, and Incecik, S., 2003, Characteristics of surface ozone concentrations in urban atmosphere of Istanbul: A case study, *Fresenius Environ. Bulletin.*,**12**, 1, 2003.
- Topcu, S, Incecik, S. and Unal, Y.S., The influence of meteorological conditions and stringent emission control on high TSP episodes in Istanbul, *Environ. Sci. and Pollution Res.*, **8**,1, 2003.
- Seaman, N.L., Meteorological modeling for air quality assessments, *Atmospheric Environment*, 34, 2231-2259, 2000.