

## İstanbul Hava Kirliliği Verilerinin Tesir Yarıçapları

Ahmet ÖZTOPAL, Zekâi ŞEN

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü  
80626, Maslak, İstanbul-TÜRKİYE*

Geliş Tarihi 02.01.1997

### Özet

Hava kirliliği gelişen endüstrileşme ve ulaşım yoğunluğunun artması ile dünyanın birçok şehrinde özellikle kış aylarında sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar arasında doğal olarak boğaz sistemine sahip olan İstanbul'da bile son yıllarda hemen her sene tehlikeli olan hava kirliliklerine rastlanmıştır. Bu sorunun çözülmesi için değişik konumlarda hava kirlleticilerinin ölçümlerinin yapılarak bunların özellikle alan ve zamanla değişimlerini belirleyen yöntemlerin geliştirilmesi gereklidir. Literatürde birçok modelleme tekniği bulunmasına rağmen bu çalışmada ilk defa Noktasal-Toplam Yarı Variogram yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, oldukça basit bir kavram olan hava kirleticisi konsantrasyonlarının istasyonlar arası farklarının karelerinin toplamının aradaki uzaklığa bağlı olarak değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Hava kirliticilerinin haritalarının yapılmasında, bu yöntem ilk defa İstanbul hava kirliliği verilerine uygulanarak kullanılmıştır. Yöntem, değişik seviyelerdeki tesir yarıçapları esas alınarak kirleticisi haritalarının yapılmasını sağlar.

**Anahtar Sözcükler:** Bölgesel değişim, Hava kirliliği, Noktasal toplam yarı varyogram, Tesir yarıçapı.

### Radius of Influence for Istanbul Air Pollution Data

#### Abstract

As a consequence of heavy industrialization and transportation in many city centers of the world, air pollution problems arise, especially in winter months. Even Istanbul where the Bosphorus straight plays a significant role in the natural cleaning of air pollutants, was subjected to such problems. In order to solve this problem, it is necessary to measure air pollutants at various sites and times. Air pollution assessments are achieved in the majority of cases by using data processing techniques, statistical and probability procedures. Although there are many methods in the literature, this paper proposes the use of point cumulative semivariogram approach. The basis of this method is simply dependent on simply the summation of square differences in air pollutant concentration between different sites. This method is used for the first time in constructing the regional air pollution distribution maps in Istanbul. Finally, with the help of the method, radius of influence at different levels are employed for air pollutant map preparation.

**Key Words:** Regional distribution, Point cumulative semivariogram, Air pollution, Radius of influence.

### Giriş

Hava kirliliği olayı, atmosfer sınır tabakası içinde meteorolojik, topoğrafik ve hava kirliticilerinin kaynak salgılarının karmaşık bir şekli olarak ortaya

çıkarak. Hava kirliticileri, seviyeleri kaynak noktalarında oldukça doğru bir biçimde ölçülebilmelerine karşılık, bunların uzak noktalara meteorolojik ve

topoğrafik etkiler altında taşınması sonucunda konsantrasyonları daha az fakat kontrolü daha zor olan durumlar oluşur. Meteorolojik faktörler arasında rüzgar yön ve hızı, sıcaklık enversiyonları, karışım oranları, nemlilik, yüksek ve alçak basınç merkezlerinin oluşumu ve hareketleri tüm olarak önlerine gelen hava kirleticilerini yayarak ve taşıyarak karmaşık hale getirirler. Bütün bu meteorolojik faktörlere ilave olarak o yerin yüzey şekilleri ve topoğrafik durumları da tesirini gösterir. Yeryüzünün pürüzlü olması hava kirleticilerinin karışımına ve bazı düşük kotlu yerlerde taşınma sonucunda birikmelere sebep olur. Kimyasal reaksiyona girmeyen kirleticilerin incelenme ve modellemelerinin yapılması için literatüde birçok yorumlamalar ileriye sürülmüştür. Ancak bu kirleticilerin birbirleri ile kimyasal reaksiyonlara girmeleri durumunda ilave karmaşıklıklar için içine girer ve bu sebeple de modelleme çalışmaları zor olmaktadır.

İşte yapılacak modellemede kullanılmak üzere gerekli olan verilerin hem zaman hem de konum olarak temin edilmeleri gereklidir. Hava kirleticilerinin konsantrasyonlarını ölçmek için kurulan ölçüm istasyonlarından düzenli aralıklarla verilerin alınması mümkündür. Ancak hava kirlenmesinin zamandan başka alansal dağılımı ve mesafe ile taşınımı da önemli olduğu için hava kirliliğinin olabileceği alana temsili bir şekilde yayılı istasyon konumlarının tespit edilmesinden sonra buralarda çok sayıdaki noktalarda eş zamanlı kirletici konsantrasyonları ölçümlerinin yapılması gerekir. Genel olarak ölçüm istasyonlarının konumları geliş güzel olduğundan buralardaki ölçümlerin sayısal hava kirliliği modellemelerinde doğrudan faydaları bulunmaz. Bunun sebebi diferansiyel denklemler vasıtası ile ifade edilen hava kirliliği konsantrasyonlarının çözümü ancak sonlu farklar ve elemanlar gibi yöntemlerle yapılabilir. Bu yöntemler ise düzenli grid noktalarında başlangıç değerlerinin bilinmesini gerektirir. Pratik uygulamalarda düğüm noktalarının konumları ile ölçüm istasyonlarının konumları aynı yerler değildir. Ayrıca meteoroloji istasyonları ile hava kirliliği ölçüm istasyonlarının konumları da birbirlerine uymaz. Bu nedenle de meteorolojik faktörlerle hava kirleticilerinin aynı konumlardaki aralarındaki bağıntı bulunamaz.

Bu yazının esas amacı her bir hava kirleticisi ölçme istasyonlarının etrafındaki istasyonlarla olan bölgesel ilişkinin bir ölçütü olan tesir yarıçaplarının belirlenmesi için basit bir yöntemin geliştirilerek uygulanmasıdır. Yöntemin adı Noktasal Toplar

Yarı Varyogram (NTYV) yaklaşımı, uygulama ise İstanbul'un Asya ve Avrupa yakalarına yayılı olan 16 konumdan yapılan kükürtdioksit ve partiküler madde ölçümlerinin bu yöntemle yorumlanmasıdır.

### Ön Çalışmalar

Yukarıda belirtilen bu güçlükler nedeni ile araştırmacılar Larsen (1971) tarafından da belirtildiği gibi çalışmalarını daha ziyade istasyonlarda ölçülen hava kirleticilerinin istatistik değerlendirmesi şeklinde yapmışlardır. Tek boyutlu zaman serilerinin işlenmesi yöntemlerinin kullanılması ile hava kirliliği değişkenlerinin değerlendirilmeleri yapılmıştır. Bu çalışmalar arasında Marş ve diğerleri (1972); Chock ve diğerleri (1975); Zinsmerstor ve Redman (1980) ile Taylor ve diğerleri (1986) sayılabilir. Ancak bu çalışmalar bölgesel olarak hava kirleticilerinin alansal özellikleri hakkında bilgi vermezler. Onlar sadece zamansal hava kirliliği değerlendirilmelerinde kullanılabilirler.

Hava kirleticilerinin şimdiye kadar uygun metodlarla alansal dağılım karakteristikleri incelenmemiş daha ziyade eş kirletici haritaları (konturlar) çizilerek yorumlamalara gidilmiştir. Peterson (1970, 1972) ve Henry ve Hidy (1979) tarafından kullanılan asal bileşenler veya çoklu regresyon çözümleri hava kirleticilerini global olarak alansal ölçekte değerlendirmeye bir ölçüye kadar yardım etmiştir. Daha sonra Şen (1995) yöne bağlı olarak sadece 8 hava kirliliği ölçüm istasyonu kullanarak İstanbul için kükürtdioksit ve partikül madde bölgesel değişimini incelemiştir. Bu çalışma da yine noktasal olmayıp global olarak tüm istasyonların davranışlarını gösterir.

### Meteorolojik Etkenlerin Önemi

Atmosferde bulunan kirleticiler, hava hareketleriyle başka bölgelere de taşınabilirler. Karşılaştıkları hava hacminin büyüklüğüne bağlı olarak seyrelirler. Kirleticilerin atmosferde yatay olarak taşınmasına sebep olan hava hareketi rüzgar olarak adlandırılır. En önemli kirlilik sorunlarıyla rüzgar hızının düşük olduğu durumlarda karşılaşılır, (Doon, 1965).

Hava kirliliğine etkileyen meteorolojik parametrelerden biri de sıcaklıktır. Sıcaklığın artması ya da azalması öncelikle ısınma ihtiyacını etkiler. Bu da atmosferdeki kirletici konsantrasyonunu artırır veya azaltır. Aynı zamanda düşey sıcaklık değişimi de atmosferin kararlılığını belirleyerek çıkan dumanların

yükselerek yerden uzaklaşmasını ve daha büyük hava hacminde seyrelmesini etkiler.

Atmosferde bulunan nem, sıcaklığın düşmesi ve/veya havadaki yoğunlaşma çekirdekleri sebebi ile sis meydana getirir. Oluşan sis hava kirliliğinin etkisini artırır. Ayrıca bazı çalışmalardan havadaki nemin, SO<sub>2</sub>'nin SO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'e dönüşmesine yardımcı olduğu anlaşılmaktadır, (Stoker, 1972).

Enversiyon, sıcaklığın yükseklik ile artması olarak tanımlanabilir ve oluştuğu seviyeye göre ikiye ayrılır. Yer seviyesinde oluşan enversiyona 'Yer Enversiyonu' ve yukarı seviyelerde oluşan enversiyona da 'Yükseltili Enversiyon' adları verilir. Daha önce İstanbul için yapılan bir çalışmada yükseltili enversiyon durumunda yer enversiyonu durumundan daha fazla kirletici konsantrasyonu görülmüştür, (Şahin, 1994).

Yüksek basınç merkezlerinde hava hareketi kuzey yarıküre için saat yönündedir ve yer seviyesinde rüzgarlar izobarlardan saparak alçak basınca doğru yönelirler, bu da yukarı seviyedeki havanın çökmesine sebep olur. Böyle bir basınç sisteminde, atmosfere verilen kirleticiler aşağıya doğru iniç hareketlerinden dolayı çevreden uzaklaşamazlar. Dolayısıyla yüksek basınç alanlarında hava kirliliği önemli boyutlardadır.

Alçak basınç alanlarında ise yataydaki havanın hareketi kuzey yarıküre için saat yönünün tersinedir. Basınç değeri yüksek olan havanın, alçak basınç alanlarına doğru olan hareketinden dolayı yer seviyesinde bir sıkışma ve bunun sonucunda da yükselici yukarıya doğru hareketler meydana gelir. Bu durum kirleticilerin kaynak bölgesinden daha kolay uzaklaşmalarını sağlar.

Yağış, kirleticilerin çökmesinde etkilidir. İnceleme bölgesinde meydana gelebilecek bir yağış, kirleticilerin çökmesine yardımcı olacaktır. Yağış bu özelliği ile atmosferin temizlikçisi olarak nitelendirilir. Ancak kükürt ve azot oksitlerin sulu çözeltilerinde hidrojen iyonlarının artışına neden olan kirleticiler böylelikle asit yağışına sebep olurlar. Bu da yeryüzündeki ormanlar, göller, nehirler, bitki örtüsü ve topraklar ile buralarda yaşayan canlılar için bir tehdittir.

### İstanbul Hava Kirliliği Verileri

Bu çalışmada 1994 yılında İstanbul'da 16 istasyonda ölçülen SO<sub>2</sub> ve PM verilerinin aylık ortalamaları kullanılmıştır. Burada verilen hava kirleticileri değerleri daha önce Ertürk ve diğerleri (1995)

tarafından kullanılmıştır. Yalnız Aralık ayı verileri 1993 yılına aittir ve Ağustos ayı verileri eksiktir. Tabol 1'den İstanbul'daki değişik istasyonlar için (SO<sub>2</sub>) ve PM verileri görülebilir.

İstanbul'daki hava kirleticileri arasında en fazla zararlı yaygın olan SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarıdır. Tablodan Aralık ve Ocak ayında SO<sub>2</sub>'nin Dünya Sağlık Teşkilatı tarafından tehlikeli olarak belirlenen 450 µg/m<sup>3</sup> seviyesini bazı istasyonlarda aştığı ve ona en yakın yüksek değerlerin kış aylarında meydana geldiği görülmektedir. Özellikle şehrin Asya yakasında topoğrafik bakımdan oldukça çukurda kalan Göztepe civarında yüksek katlı yapıların da plansız ve rüzgar akımını engeller şekilde inşa edilmesi sebepleri ile en fazla hava kirliliği ortaya çıkar. O kadar yüksek konsantrasyonlarda olmakla beraber Avrupa yakasının en kirli noktaları Şişli ve Beyoğlu mıntıkalarıdır. Bu yerlerin seviyeleri denizden oldukça yüksek olmasına karşılık çarpık planlanma dolayısıyla rüzgar akımlarını engelleniyor olması buralarda hava kirleticilerini yığılmasına sebep olmaktadır.

### Noktasal Toplam Yarı Varyogram (NTYV)

Bölgesel değişimlerin sayısal olarak tesbit edilebilmesi için Şen (1989) tarafından geliştirilen Toplam Yarı Varyogram (YTV)'dan türetilen NTYV yöntemi ile değişkenlerin, sabit bir istasyonun çevresinde mesafe ile olan dağılımları araştırılır.

NTYV, mesafe bakımından küçükten büyüğe doğru sıralanan farklar karesinin yarısının toplamı şeklinde tanımlanabilir. Notasyon olarak k istasyonundaki NTYV değeri V<sub>k</sub> ile gösterilirse matematiksel ifadesi

$$V_k = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (Z_k - Z_i)^2 \quad (i = 1, 2, \dots, n; i \neq k) \quad (1)$$

olur. Burada Z<sub>k</sub> tesir yarıçapı aranan istasyondaki, Z<sub>i</sub> (i=1,2,...,n, i≠ k) ise diğer civar istasyonlardaki hava kirleticisinin konsantrasyonların gösterir. Toplam istasyon sayısı n'dir. Hesaplanan V<sub>k</sub> değerlerinin mesafe ile değişimini gösteren grafiğe NTYV grafiği adı verilir.

NTYV grafiğinin verilerden elde edilmesi için adım adım aşağıdaki işlemlerin yapılması gerekir:

1) Seçilen istasyon k, ile diğer istasyonlar (i=1,2,...,n;i≠ k) arasındaki mesafeler öklid bağıntısına göre

$$M_i = [(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2]^{1/2} \quad (i = 1, \dots, n; i \neq k) \quad (2)$$

**Tablo 1.** 1994 yılı kükürtdioksit ve partiküler madde verileri ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ilk satırlar kükürtdioksit, ikinci satırlar partiküler madde değerlerini gösterir. (Ertürk ve arkadaşları, 1995).

İSTASYON	AYLAR										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Göztepe	542	386	340	141	57	49	41	75	82	261	432
	112	101	62	44	37	30	19	27	42	86	101
Ümraniye	226	234	238	112	63	36	49	80	61	166	280
	92	76	56	48	45	31	16	25	39	72	106
Kadıköy	243	209	129	102	81	78	58	63	55	67	258
	121	85	16	16	23	26	20	18	115	23	109
Üsküdar	256	196	199	125	67	53	44	77	65	144	269
	109	88	53	45	47	37	24	32	37	68	82
Maltepe	222	173	180	86	54	53	27	61	56	108	197
	111	85	64	48	53	41	27	31	37	69	82
Kartal	161	127	116	77	51	71	37	54	68	88	107
	95	74	53	57	62	51	31	39	36	62	90
Eminönü	316	237	209	114	66	68	63	94	81	155	458
	148	121	88	64	54	45	40	49	64	118	193
Şişli	400	346	361	134	88	57	49	46	48	182	474
	111	97	85	43	48	26	17	27	41	83	121
Beyoğlu	319	347	270	123	93	64	58	67	73	154	347
	134	120	115	49	54	34	22	34	55	70	110
Fatih	350	398	326	117	59	45	33	44	45	154	327
	143	122	114	61	51	36	25	33	66	116	134
G.O.P.	344	372	336	110	88	132	42	40	42	238	339
	182	123	95	53	80	78	20	39	192	122	146
Bakırköy	340	332	261	123	67	51	50	60	64	199	265
	147	101	90	69	70	44	42	58	72	96	122
Bağcılar	281	242	227	130	122	51	40	33	46	133	288
	129	111	88	65	100	55	46	63	79	108	118
Beşiktaş	299	289	246	129	77	59	52	73	70	169	254
	115	99	96	65	70	52	38	38	58	100	148
Zeytinburnu	243	217	212	99	72	58	49	67	58	156	194
	116	87	69	43	51	31	26	27	49	83	85
Bayrampaşa	-	329	307	155	105	70	66	87	101	230	-
	-	152	126	96	103	80	75	51	88	157	-

2) Tesir yarıçapı aranan k istasyonu ile diğer istasyonlarda ölçülen hava kirleticisi konsantrasyonları arasındaki farkların karesinin yarısını ifade eden  $\Delta Z_i$  terimi her k ve i istasyon çifti için aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\Delta Z_i = \frac{1}{2}(Z_k - Z_i)^2 \quad (i = 1, 2, \dots, n; i \neq k) \quad (3)$$

Böylece (n-1) tane  $\Delta Z_i$  değeri elde edilir. Bu değerlerin herbiri hesaplandıkları k ve i istasyonları arasındaki mesafeye karşı gelir.

3) Elde edilen mesafeler küçükten büyüğe doğru dizilirken  $\Delta Z_i$  değerleri de mesafeye göre sıralanırlar.

4) Her bir mesafe için ardışık olarak  $\Delta Z_i$  toplamaları bulunur.

$$V_i = \sum_{i=1}^n \Delta Z_i \quad (4)$$

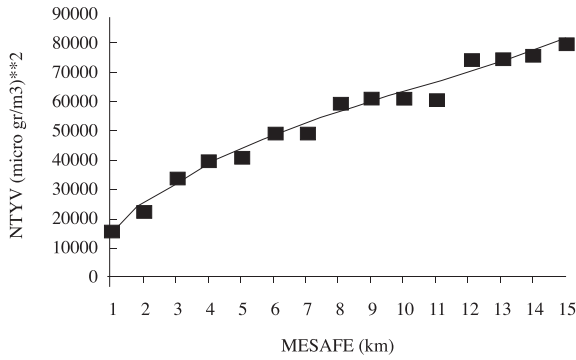
5) Bu şekilde hesaplanan  $V_i$  değerlerini düşey ve bunlara karşı gelen  $M_i$  mesafelerini de yatay ekseninde gösterirsek Şekil 1'deki gibi NTYV saçılma diyagramı elde edilir.

6) Bu saçılma diyagramına yine Şekil 1'de gösterildiği gibi en uygun sürekli bir eğrinin en

küçük kareler yöntemi ile uydurulması sonucunda teorik NTYV modeli yani bir tür hava kirleticisi konsantrasyonunun mesafe ile değişimini gösteren fonksiyon elde edilir. Bu konuda ayrıntılı olan eğri uydurmaları Öztopal (1996) tarafından verilmiştir.

Bu teknik yardımı ile tesir yarıçapı, homojenlik, bağımlılık, bağımsızlık, korelasyon gibi değişik özelliklerin tahmini de gerçekleştirilebilir. Denklem (1) ile tanımlanan NTYV grafiğinin başlıca özellikleri şunlardır:

- 1) NTYV mesafenin artan bir fonksiyonudur.
- 2) NTYV ile mesafe arasındaki saçılma diyagramında iki nokta arasındaki eğimden bu iki istasyon arasındaki bağımlılık hakkında bir fikir elde edilebilir. Eğim sıfır ise iki istasyon arasında tam bağımlılık vardır yani korelasyon 1 dir. Eğim arttıkça bağımlılık da azalacaktır.
- 3) NTYV grafiğindeki noktaların saçılımlarının az olması, incelenen değişkenin istasyon çevresinde homojen bir yapı gösterdiğini ifade eder.
- 4) NTYV grafiği saçılma diyagramına uydurulacak en iyi eğrinin türevi yardımı ile değişimin sabit kalmaya başladığı mesafe istasyonun tesir yarıçapını verir.



Şekil 1. Örnek NTYV saçılma diyagramı.

### NTYV Haritaları ve Yorumları

Önceki bölümde ayrıntılı olarak açıklanan NTYV yöntemi Tablo 1'de verilen aylık hava kirleticisi konsantrasyonlarına 16 istasyonda ayrı ayrı uygulanarak tesir yarıçapları km cinsinden bulunmuştur. Ölçüm yapılmayan diğer yerlerdeki tesir yarıçapları hakkında fikir elde edebilmek için bu 16 istasyondaki değerlerden yararlanarak eş tesir yarıçapı (kontur) eğrileri çizilerek her ay için tesir yarıçapı haritaları hazırlanmıştır. Ancak buradaki çalışmada ölçüm istasyonu etrafında değişik mesafelerde NTYV değerinin ne şekilde değiştiğini gösteren haritalar sunulmuştur.

Bu haritaların elde edilmesi için her istasyonun mesafe ile olan değişimlerinin NTYV yöntemi ile saçılma diyagramları elde edilmiş ve bunları temsil eden en iyi azalmayan eğriler uydurulmuştur. Daha sonra bu eğrilerden 3, 5, 10, 15 ve 20 km'lerdeki NTYV değerleri elde edilerek bunların eş NTYV eğrileri çizilmiştir. Fakat burada 3 ve 5 km tesir yarıçaplarındaki NTYV haritaları verilmiştir.

Her ne kadar bu çalışma Öztopal (1996) tarafından Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Eylül, Ekim ve Kasım ayları için yapılmış ise de burada sadece Aralık, Ocak ve Şubat aylarına ait kükürtdioksit ve partiküler madde haritaları anlatılacaktır.

Aralık ayı kükürtdioksit NTYV haritalarına örnek olarak Şekil 2 ve 3'e bakılacak olursa Avrupa yakasında Şişli ve Eminönü üzerinde kirletici konsantrasyonlarının arttığını gösteren bir tepe mevcuttur. Bu durum diğer tesir yarıçapları olan 10, 15 ve 20 km'lerde de görülmektedir. Bu yerin kuzeyinden doğu batı doğrultusunda bir kesit alırsak önce hava kirliliği artmakta ve daha sonra da azalmaktadır. Ayrıca tepeler civarında bulunan istasyonların 3, 5, 10 ve 15 km'lerdeki etkileri de yüksektir. 10 km'lik bir tesir yarıçapından itibaren Asya yakasında Göztepe üzerinde de bir tepe oluşumu vardır. Diğer tesir yarıçaplarında (15 ve 20 km'lerde) ise Göztepe etkisini arttırarak 20 km'lik bir tesir yarıçapında etkisini en fazla hissettiren istasyon durumuna gelmiştir. Buradan Göztepe'de görülen hava kirliliğinin uzun mesafe taşınmaları sonucu ortaya çıktığı anlaşılır. Şişli'de ise kısa ve uzun mesafe taşınmalarının ikisi de aktif rol oynar.

Ocak ayı kükürtdioksit haritalarının incelenmesi sonucunda bütün tesir yarıçaplarında en fazla etki Göztepe istasyonuna aittir. Bu durum ilk iki tesir yarıçapı için Şekil 4 ve 5'den görülebilir. Ayrıca bu şekillere göre fazla etkili olmamasına rağmen ikinci bir tepe oluşumu da Şişli bölgesindedir. Bu iki tepe arasındaki oluk da bize İstanbul Boğazının bir havalandırma kanalı vazifesi gördüğünü ifade etmektedir.

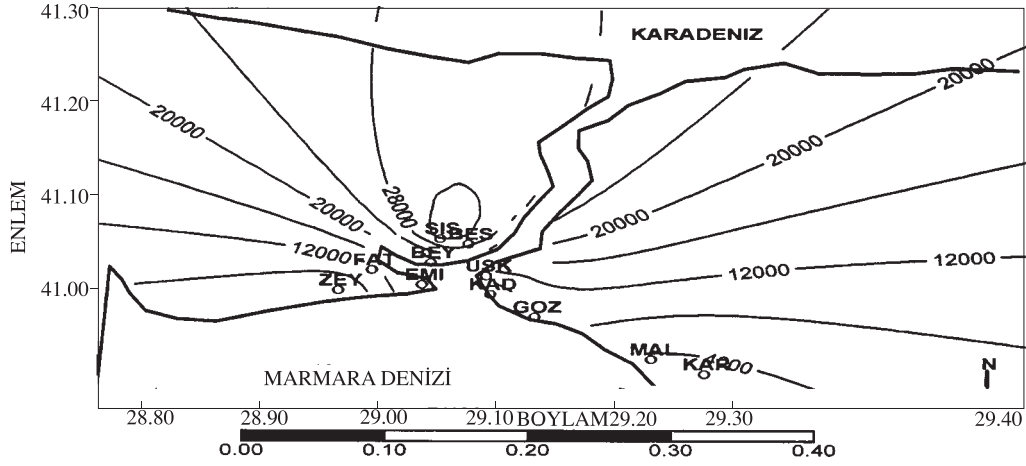
Şekil 6 ve 7'den de Şubat ayının kükürtdioksit NTYV haritaları görülebilir. Bu iki şekle göre Avrupa yakasında Fatih ve civarı en fazla hava kirleticilerine maruz kalmaktadır. Asya tarafında ise hava kirleticilerinin en fazla etkili olduğu istasyon Üsküdar'dır. Bu tepeler benzer olarak diğer tesir yarıçaplarında da mevcuttur. Ancak 15 km'lik tesir yarıçapından itibaren Anadolu yakasındaki etki Göztepe ve civarına kayar. Bu ise yine uzun mesafe taşınmasının Göztepe'de ne kadar etkili olduğunu gösterir.

Partiküler madde için hazırlanan haritalardan Aralık ayına ait olanlarına bakacak olursak (Şekil 8 ve 9) modelimizin hesapladığı en yüksek NTYV değerleri Avrupa yakasında Eminönü civarındadır. Yani kısa ve uzun mesafe taşınımalarında Eminönü en yüksek etkiye sahiptir. Bu aydaki ikinci önemli bölge Asya yakasında Üsküdar bölgesidir. Bütün bu özellikler diğer tesir yarıçapları için de geçerlidir.

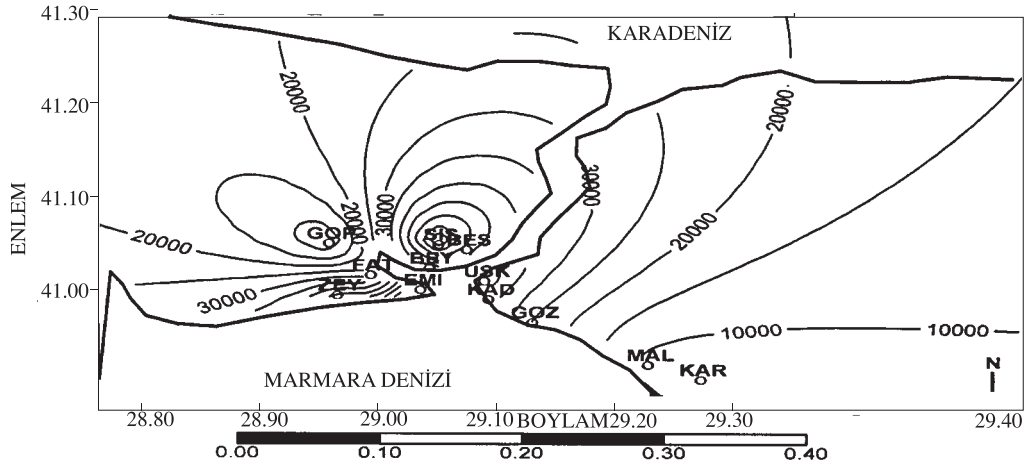
Partiküler maddenin Ocak ayı dağılımında Şekil 10'dan görüldüğü üzere en fazla bölgesel konsantrasyonu Bağcılar yöresi vardır. Diğer

tesir mesafelerinde Gaziosmanpaşa daha ağırlık kazanmıştır. Asya tarafında ise Ümraniye'nin 15 ve 20 km'lerde ikinci derecede hava kirliliğine maruz kaldığı anlaşılmaktadır.

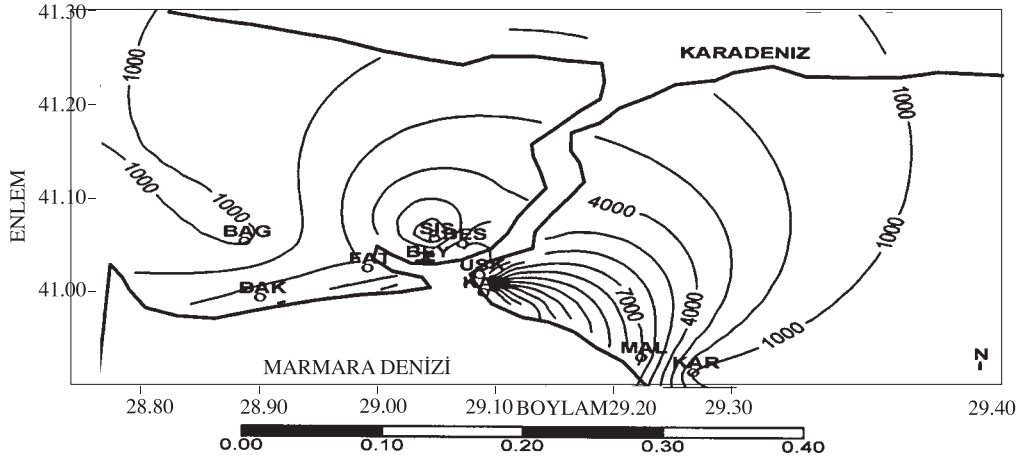
Şubat ayı partiküler madde haritalarının incelenmesiyle bu ay için şunlar söylenebilir. Şekil 12'de en yüksek kirlenici etkisi Zeytinburnu üzerindedir. Geriye kalan diğer tesir yarıçaplarında ise hava kirlenmesi etkisini en fazla hissettiren bölge Bayrampaşa'dır. Sonuç olarak denilebilir ki bu ay için en fazla hava kirliliği Avrupa yakasında oluşmuştur.



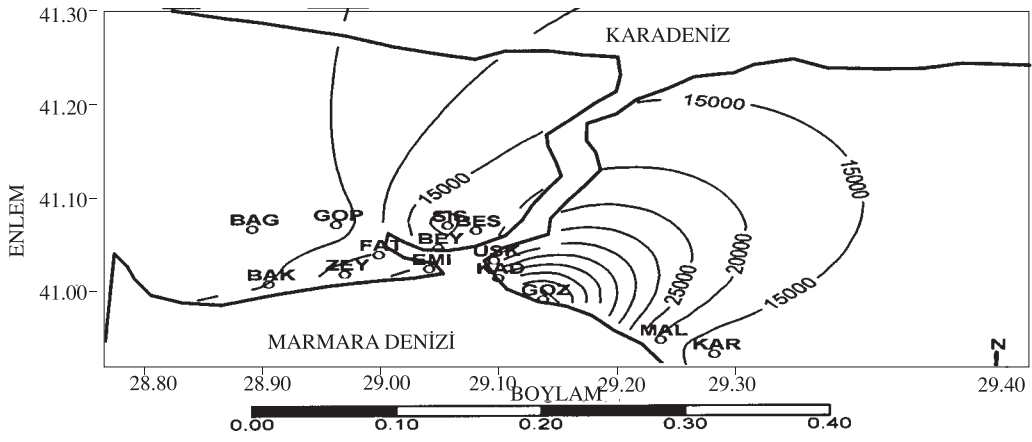
Şekil 2. Aralık ayı kükürtdioksit haritası (r=3 km)



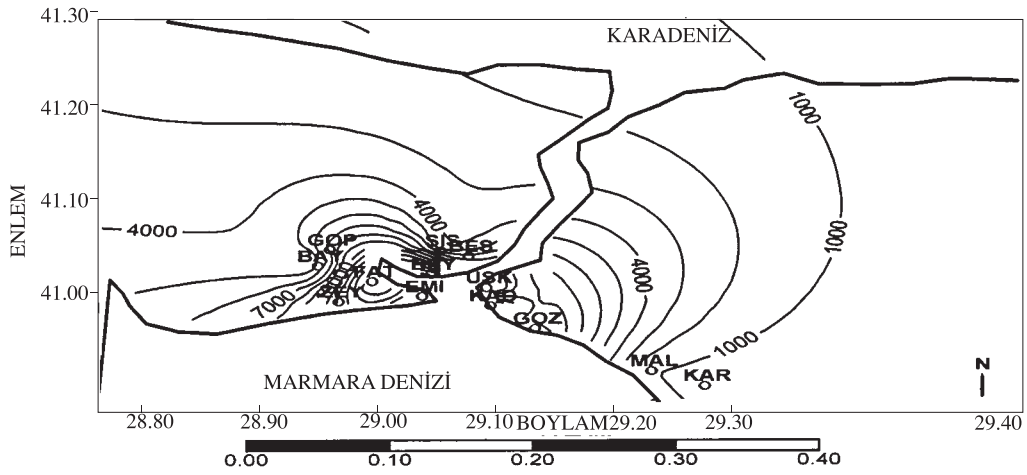
Şekil 3. Aralık ayı kükürtdioksit haritası (r=5 km)



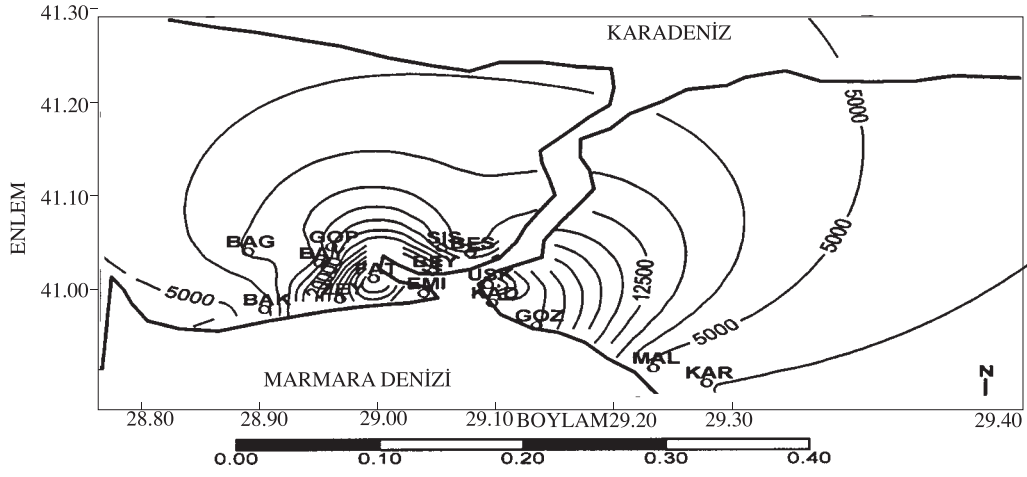
Şekil 4. Ocak ayı kükürtdioksit haritası (r=3 km)



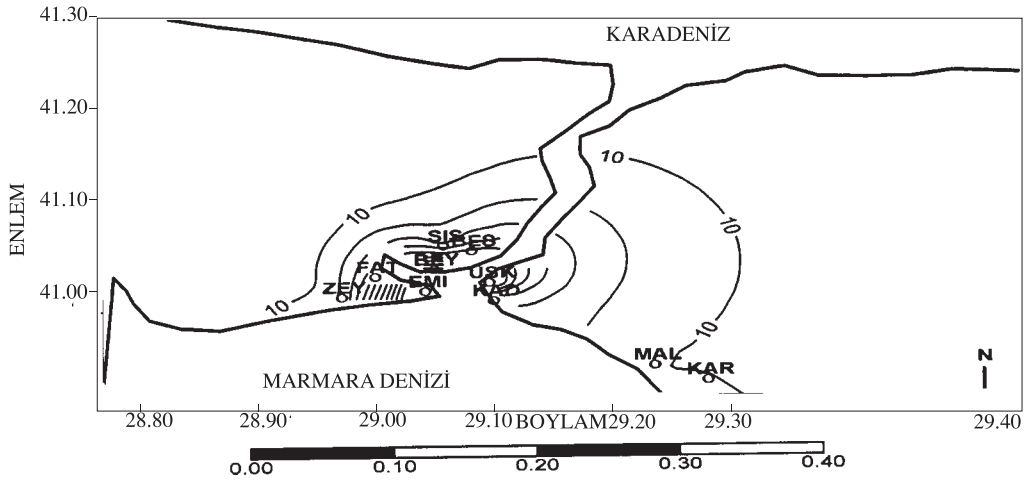
Şekil 5. Ocak ayı kükürtdioksit haritası (r=5 km)



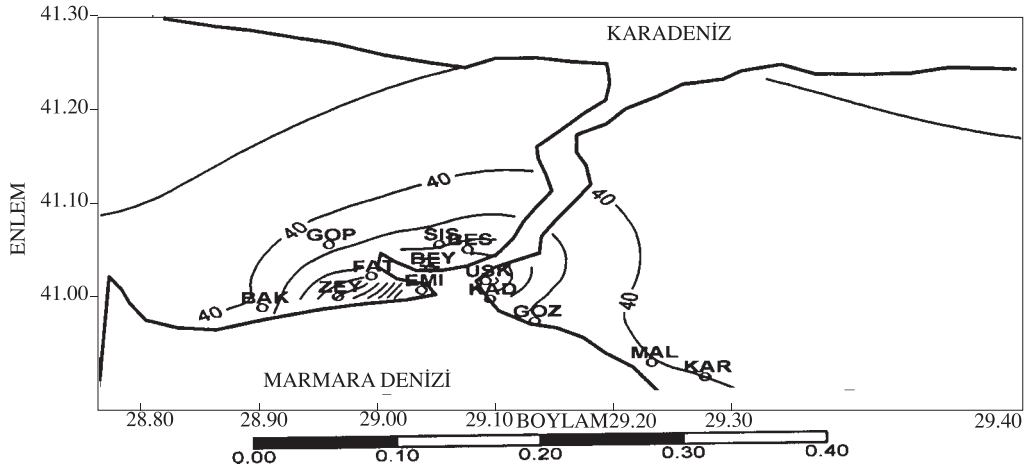
Şekil 6. Şubat ayı kükürtdioksit haritası (r=3 km)



Şekil 7. Şubat ayı kükürdioksit haritası (r=5 km)

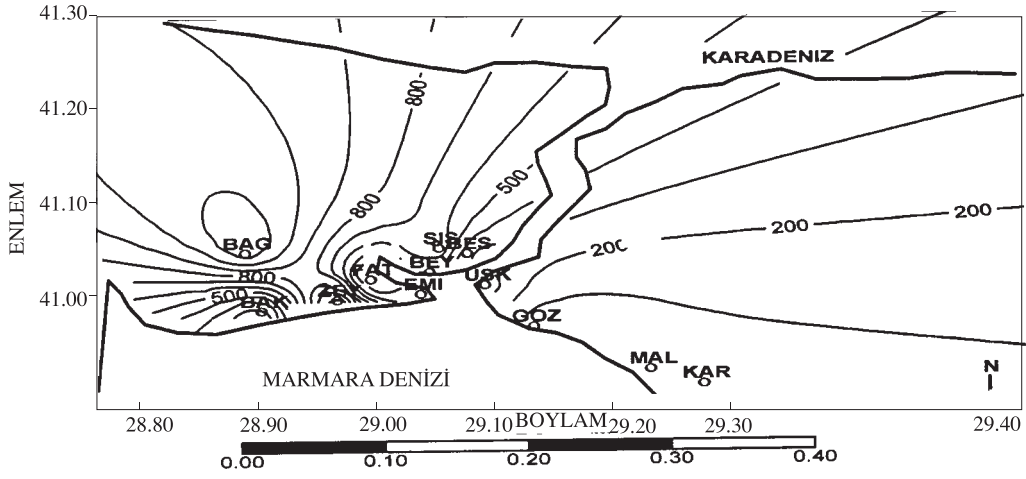


Şekil 8. Aralık ayı partiküler madde haritası (r=3 km)

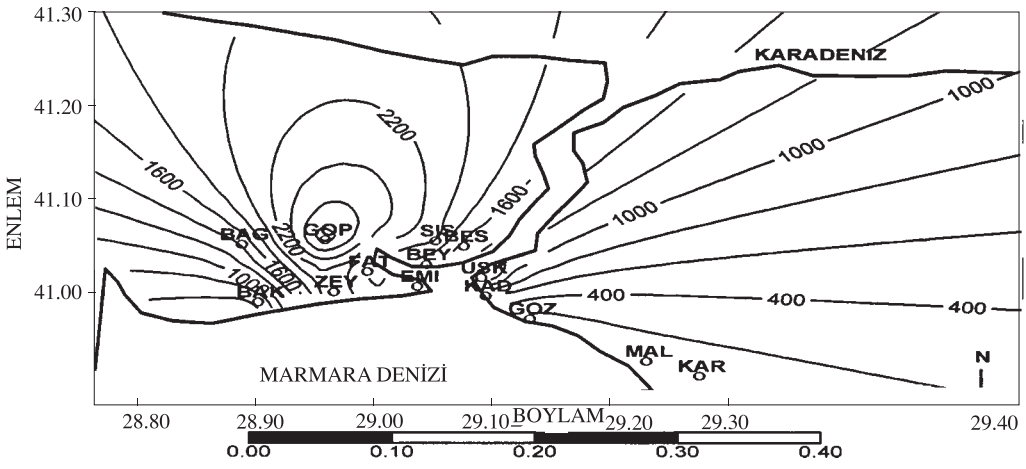


Şekil 9. Aralık ayı partiküler madde haritası (r=5 km)

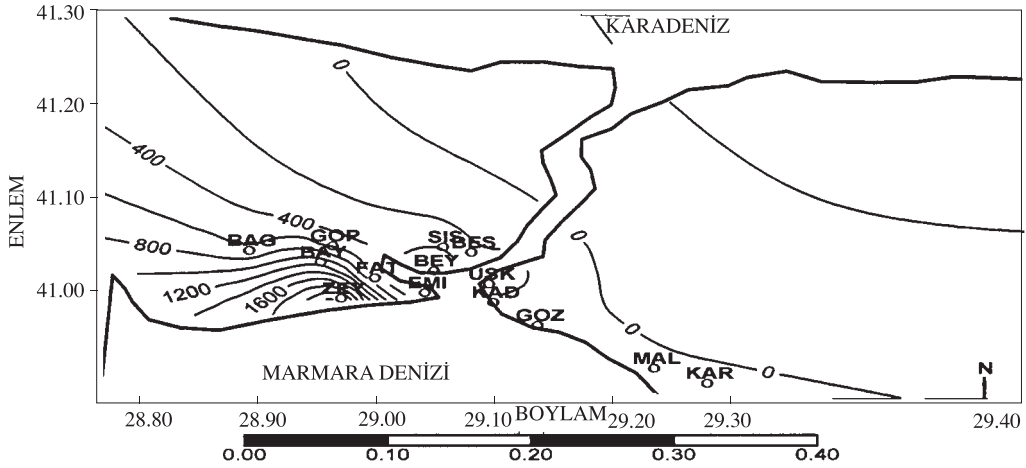




Şekil 10. Ocak ayı partiküler madde haritası (r=3 km)



Şekil 11. Ocak ayı partiküler madde haritası (r=5 km)



Şekil 12. Şubat ayı partiküler madde haritası (r=3 km)



Masters, G.M., "Introduction to Environmental Engineering and Science", Prentice-Hall International Editions, 1991.

Öztopal, A., "İstanbul İlinin Hava Kirliliği Semivariogram Haritalarının çıkarılarak Yorumlanması", Lisans Tezi, İ.T.Ü., Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 72 sayfa, 1996.

Peterson, J.J., "Distribution of Sulfur Dioxide Concentrations Over Metropolitan St. Louis", Atmospheric Environment, Vol. 16, 422-433, 1970.

Stoker, H.S., and Seager S.L., "Environmental Chemistry: Air and Water Pollution", Scot, Foresman and Company, U.S.A., 1972.

Şahin, F., "İstanbul'da Bazı Hava Kirliliği Parametrelerinin Meteorolojik Parametrelerle İlişkisi", Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., 1994.

Şen, Z., "Cumulative Semivariogram Models of Regionalized Variables" Mathematical Geology, Vol. 21, No. 8, S. 891-903, 1989.

Şen, Z., "Regional Air Pollution Assessment by Cumulative Semivariogram Technique", Atmospheric Environment, Vol. 29, No.4, S.543-548, 1995.

Taylor, J.A., Jakeman, A.J., and Simpson, R.W., "Modelling Distribution of Air Pollutant Concentrations-J. Identification of Statistical Models", Atmospheric Environment, Vol. 20, 1781-1789, 1986.

Zinsmerstor, A.R., and Redman, T.C., "A Time Series Analysis of Aerosol Composition Measurements", Atmospheric Environment, Vol.14, 201-215, 1980.