

28531

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA'DAKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN  
MATEMATİK MODELLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
NEDİM VARDAR

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM YERLİ  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL 1993

## İÇİNDEKİLER

ÖZET

TABLolar LİSTESİ

ŞEKİLLER LİSTESİ

GİRİŞ

1.BURSA' DA HAVA KİRLİLİĞİNİN ÖNEMİ VE ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN ÖZELLİKLERİ

1.1. Bölgenin Topoğrafyası Ve Coğrafi Durumu.....3

1.2. Meteoroloji

1.2.1. Hava Kirliliği Yönünden Meteoroloji.....4

1.2.2. Çalışma Bölgesinin Meteorolojisi.....5

1.3. Nüfus Dağılımı.....9

1.4. Kirlilik Kaynakları.....11

1.5. Emisyon Envanteri.....12

1.6. Hava Kirliliği Seviyesi .....20

2. MATEMATİK MODELİN GELİŞTİRİLMESİ VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Matematik Modelin Gayesi.....22

2.2. Hava Kirliliğinin Matematik Modellerle İncelenmesi Konusunda Yapılan Çalışmalar.....23

2.3. Bursa İl Merkezine Uygulanan Matematik Modelin Geliştirilmesi .....25

2.3.1. Alan Kaynaklar.....	25
2.3.2. Nokta Kaynaklar.....	27
<b>3.MATEMATİK MODELİN BURSA İL MERKEZİNE UYGULANMASI</b>	
3.1 Matematik Model İle Alan Kaynaklardan Oluşan Kirlenici Konsantrasyonlarının Hesaplanması.....	28
3.2 Matematik Modelle Hesaplanan Konsantrasyonların Ölçümlerle Karşılaştırılması.....	31
<b>4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>32</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>33</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	

## TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.2.1. Bursa İlinde 1981-1991 Yıllarındaki Ortalama Sıcaklık Değerleri .....	5
Tablo 1.2.2. 1981-1991 Yıllarındaki Ortalama Rüzgar Hızları..	6
Tablo 1.2.3. Yıllık Rüzgar Yönü Frekansı .....	8
Tablo 1.3.1. Bursa İl Nüfusunun Gelişimi .....	9
Tablo 1.3.2. Türkiye ve Bursa'daki Nüfus Yoğunlukları .....	9
Tablo 1.3.3. İlçelerdeki Nüfus Dağılımı .....	10
Tablo 1.4.1. Bursa'da 1991 Yılında Tüketilen Kömürlerin Miktarları .....	12
Tablo 1.4.2. Kişi Başına Düşen Isınma Amaçlı Tüketilen Linyit Miktarları .....	12
Tablo 1.5.1. Sabit Kaynaklarda Yakıt Yanması İçin Emisyon Faktörleri .....	13
Tablo 1.5.2. Bursa Şehir Merkezinde Tüketilen Kömürlerin Özellikleri.....	14
Tablo 1.5.3. Bursa il Merkezindeki SO <sub>2</sub> Emisyon Kuvvetleri.....	17
Tablo 1.5.4. Bursa il Merkezindeki P.M. Emisyon Kuvvetleri.....	19
Tablo 1.6.1. Bursa İlinin 1989-90 ve 1990-91 Kış Sezonlarında (Ekim-Mart) SO <sub>2</sub> ve Partiküler Madde Ortalamaları ve KVS Değerleri İtibarıyla Kirlilik Sırasına Göre Diğer İller Arasındaki Yeri .....	20
Tablo 1.6.2.1989-90 ve 1990-91 Kış Sezonlarında Bursa İlinin SO <sub>2</sub> ve PM(Partiküler Madde) Ortalamaları, Bir Önceki Yılın Aynı Dönemine Göre Değişim Oranları ve KVS Değerlerinin Aşıldığı Gün Sayıları.	21
Tablo 1.6.3 Aylık Ortalama SO <sub>2</sub> ve P.M. Konsantrasyonları ve Maksimum Değerleri, 1988-1990 ( µg/m <sup>3</sup> ).....	21
Tablo 3.2.1 Bursa'da 1991 Kış Döneminde (Ekim-Nisan) Ölçülen Kirletici Konsantrasyonları.....	31
Tablo 3.2.2 Bursa İlinde Matematik Modelle Hesaplanan Konsantrasyonlar İle Ölçüm Değerlerinin Mukayesesi.....	32

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.2.1. Bursa İli İçin 1991 Yılına Ait Rüzgar Yönü Esme Frekansı.....	7
Şekil 3.1.1. Bursa Şehir Merkezindeki Gridlendirme.....	29
Şekil 3.1.2. Bursa Şehir Merkezinde Matematik Model İle Hesaplanan SO <sub>2</sub> Konsantrasyonları .....	30
Şekil 3.1.2. Bursa Şehir Merkezinde Matematik Model İle Hesaplanan P.M. Konsantrasyonları .....	30

## ÖZET

Herhangi bir bölgedeki hava kalitesini tahmin edebilmek için çok sayıda difüzyon modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Bursa'daki SO<sub>2</sub> ve partikül madde konsantrasyonlarını tahmin edebilmek için ATDL ( Atmospheric Turbulent Diffusion Laboratory) dispersiyon modeli kullanılmıştır.

Birinci bölümde, Bursa ilinin coğrafi ve meteorolojik durumu ile ildeki nüfus dağılımı anlatılmıştır. Herbir griddeki alan kaynak kuvvetleri, kişi başına düşen yakıt miktarı ve emisyon faktörleri ile ilgili bilgileri kullanarak hesaplanmış ve mevcut kirliliğin durumu hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde ise, matematik modelin gayesi açıklanmış ve ATDL modeli kullanılarak yapılan çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Alan ve nokta kaynaklar için geliştirilen ifadeler anlatılmıştır.

Son bölümde ise BASIC dilinde yazılmış program geliştirilerek kirletici konsantrasyonları hesaplanmış ve ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. Böylece, bu kalibrasyondan sonra çeşitli kontrol stratejileri için kirletici konsantrasyonlarını tahmin edebilmede bu modelin kullanılabileceği gösterilmiştir.

## SUMMARY

A very large number of diffusion models have been developed for air quality prediction of any region. In this study, ATDL (Atmospheric Turbulent Diffusion Laboratory) dispersion model has been applied to estimate SO<sub>2</sub> and P.M (Particulate Matter) concentrations for Bursa.

In the first chapter, geographical and meteorological conditions and population distribution in Bursa have been given. Area source strength in each grid has been calculated by using the information regarding the quantity of fuel used per capita basis and the emission factors and the existing pollution level has been given.

In the second chapter, the purpose of the model has been explained and literature regarding the studies made by using the ATDL model has been given. The equations developed for point and area sources has been explained.

In the last chapter, a computer program written in BASIC has been developed and the pollutant concentrations calculated by the program have been compared with the measured concentrations. Thus, after verification the model can be used to estimate the pollutant concentration for different control strategies.

## GİRİŞ

Son yıllardaki hızlı ve plansız şehirleşme, endüstrilerin yer seçiminde yapılan hatalar ve endüstrilerden kaynaklanan emisyonların yeterli teknik önlemler alınmadan havaya bırakılması neticesinde, dünyada 1970 'li yıllarda çözülmüş olan yerel kirlilik sorunlarının Türkiye'de hızla artmasına sebep olmuştur.

Evsel ısıtma amacıyla kullanılan yakıtların yüksek oranda kül ve kükürt içermesi, ısıtma sistemlerinde yanmanın tam olmaması gibi faktörler, inveriyon gibi meteorolojik etmenlerle bir araya geldiğinde, bugün özellikle kış aylarında şehirlerin önemli bir bölümünde görülen yüksek kirletici konsantrasyonlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Yine son yıllarda sayıları hızla artan motorlu taşıt araçlarının, gözlenen hava kirliliğine katkısı önemli boyutlara ulaşmıştır.

İnsan ve çevre sağlığını olumsuz bir şekilde etkileyen kirlenmiş bir havayı, su ortamındaki gibi temizlemek mümkün değildir. Bu nedenle, kirliliğin oluşmasını önleyecek çeşitli kontrol stratejilerinin belirlenmesinde matematik modellerden faydalanılır. Çeşitli varsayımlardan hareketle geliştirilen matematik modeller, emisyon kaynakları ve meteorolojik şartlara bağlı olarak bir bölgedeki kirletici konsantrasyonlarını hesaplamaya yaramaktadır. 1950'li yılların sonuna doğru başlayan alan kaynak dispersiyon modellerinin sayısı her geçen yıl hızla artmıştır. Bu modellerdeki ifadeler gün geçtikçe daha da kompleks hale gelmiştir. Bunların en yenisi, Hanna ve çalışma arkadaşları tarafından geliştirilen ve Gauss hüzme eşitliğine dayanan ATDL ( Atmospheric Turbulent Diffusion Laboratory) modelidir. Bu modelin basit versiyonu ( $C = A \cdot Q / u$ ) olduğu gibi, bilgisayar kullanmayı gerektiren çok daha kompleks versiyonu da bulunmaktadır.



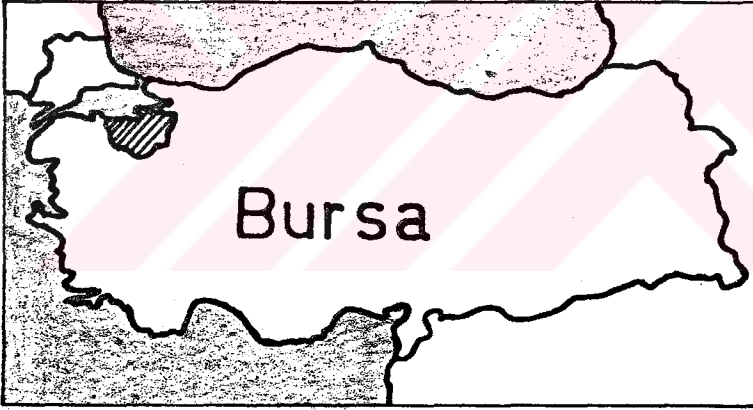
Bu çalışmada, Türkiye'nin nüfus ve endüstri açısından önemli bir şehri olan Bursa'daki SO<sub>2</sub> ve partiküler madde konsantrasyonlarını tahmin edebilmek ATDL dispersiyon modeli kullanılmıştır. 2\*2 km<sup>2</sup>'lik grid alanından, toplam 18 adet gridden oluşan bölgedeki alan kaynaklardan oluşan konsantrasyonlar 2,3 m/sn 'lik rüzgar hızı için hesaplanmıştır. Nokta kaynaklardan, kirletici konsantrasyonuna olan katkının önemsiz olduğu düşünülmüştür.



## 1.BURSA' DA HAVA KİRLİLİĞİNİN ÖNEMİ VE ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN ÖZELLİKLERİ

### 1.1. Bölgenin Topoğrafyası Ve Coğrafi Durumu:

Marmara Bölgesinde yer alan Bursa 11027 km<sup>2</sup> lik yüzölçümü ile, 28°10' ve 30°00' kuzey enlemleri ile 39°35' ve 40°40' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İlin kapladığı alan yeryüzü şekilleri bakımından çeşitlilik gösterir. Marmara kıyıları oldukça düzdür; en önemli girinti Gemlik Körfezidir. İl genelinde fazla yüksek olmayan ve yer yer plato niteliği taşıyan doğu- batı doğrultulu dağlarla, bunların arasındaki geniş çöküntü alanları vardır.



İlin kuzey kesimini engebelendiren Samanlı dağları, İznik Gölü çöküntüsüyle kesintiye uğrar. Bu bölgenin güneyinde bir dizi yükselti yer alır: Gemlik Körfezinin güneyinde Mudanya Dağları ve İznik Gölünün güneyinde Katırlı(Avdan) Dağları. Bu dağlar güneyde Bursa ovasına doğru alçalır. Batı kesiminde, Marmara kıyısında, yüksekliği 1000 m' yi bulmayan tepeler yer alır.2543 m' ye ulaşan Uludağ, ilin en yüksek noktasıdır. İl topraklarında iki önemli göl

bulunmaktadır. Bunlar, kuzeydoğuda Türkiye'nin beşinci büyük gölü olan İznik ile kuzeybatıdaki Ulubat gölleridir. Susurluk Çayının bir kolu olan Nilüfer Çayı, Mustafakemalpaşa Çayı ve Göksu ilin en önemli akarsularıdır.

## 1.2. Meteoroloji

### 1.2.1. Hava Kirliliği Yönünden Meteoroloji

Herhangibir bölgedeki hava kirleticileri konsantrasyonu, sadece kirliliği oluşturan kaynaklardan çıkan kirlilik miktarına değil, aynı zamanda o andaki meteorolojik şartlara da bağlıdır. Doğal ve antropojenik kaynaklardan ileri gelen kirleticilerin atmosferdeki konsantrasyonuna etki eden en önemli meteorolojik faktörlerin başında hava hareketleri ve bu hareketlerin sonucunda oluşan difüzyon olayı gelir. Meteorolojide difüzyon, bir hava kütesinin atmosfer içinde yer değiştirmesidir. Difüzyona etki eden en önemli faktör, türbülansdır. Türbülans, rüzgarın hız ve yönünde meydana gelen değişimin neticesinde görülür. Atmosferik türbülansı meydana getiren faktörler, hava akımının üzerinden geçtiği arazinin engebeliğine, yerin şekline ve toprak sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki farkın büyüklüğüne bağlıdır. Yer ve yere yakın seviyelerdeki havanın sıcaklığı arttıkça ve rüzgar hızı fazlaştıkça, türbülansın şiddeti artar.

Meteorolojik datalar, ilgilenilen alandaki taşınım ve dispersiyonu temsil etmesi açısından modelde kullanılır. Meteorolojik verilerin temsil ediciliği, ölçülen yer ile çalışılan bölge arasındaki mesafe, yükseklik farkından , tepeler ile vadiler veya büyük su yüzeyleri gibi toprak farklılıklarından da etkilenebilir.

Taşınım ve dispersiyonu tanımlayabilmek için gerekli meteorolojik veriler, rüzgar yönü, hızı, atmosferik stabilite, sıcaklık, ve karışma derinliğidir.

### 1.2.2. Çalışma Bölgesinin Meteorolojisi

Bursa ilinde, genel olarak ılıman bir iklim hakimdir. Kışlar ılık ve yağışlı geçer, yazlar ise sıcaktır. Tablo 1.2.1. de 1981-1991 yıllarını kapsayan ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir.

Hava kirleticilerinin, dağılması, taşınması ve dispersiyonunda en önemli meteorolojik etken olan rüzgarın hızına ait 11 yıllık ortalama değerleri Tablo 1.2.2 de gösterilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi 11 yıllık rüzgar hızının ortalaması 2,1 m/sn, bu çalışmanın yapıldığı 1991 yılına ait ortalama rüzgar hızı ise 2,3 m/sn dir.

Tablo 1.2.1. 1981-1991 Yıllarındaki Ortalama Sıcaklık Değerleri

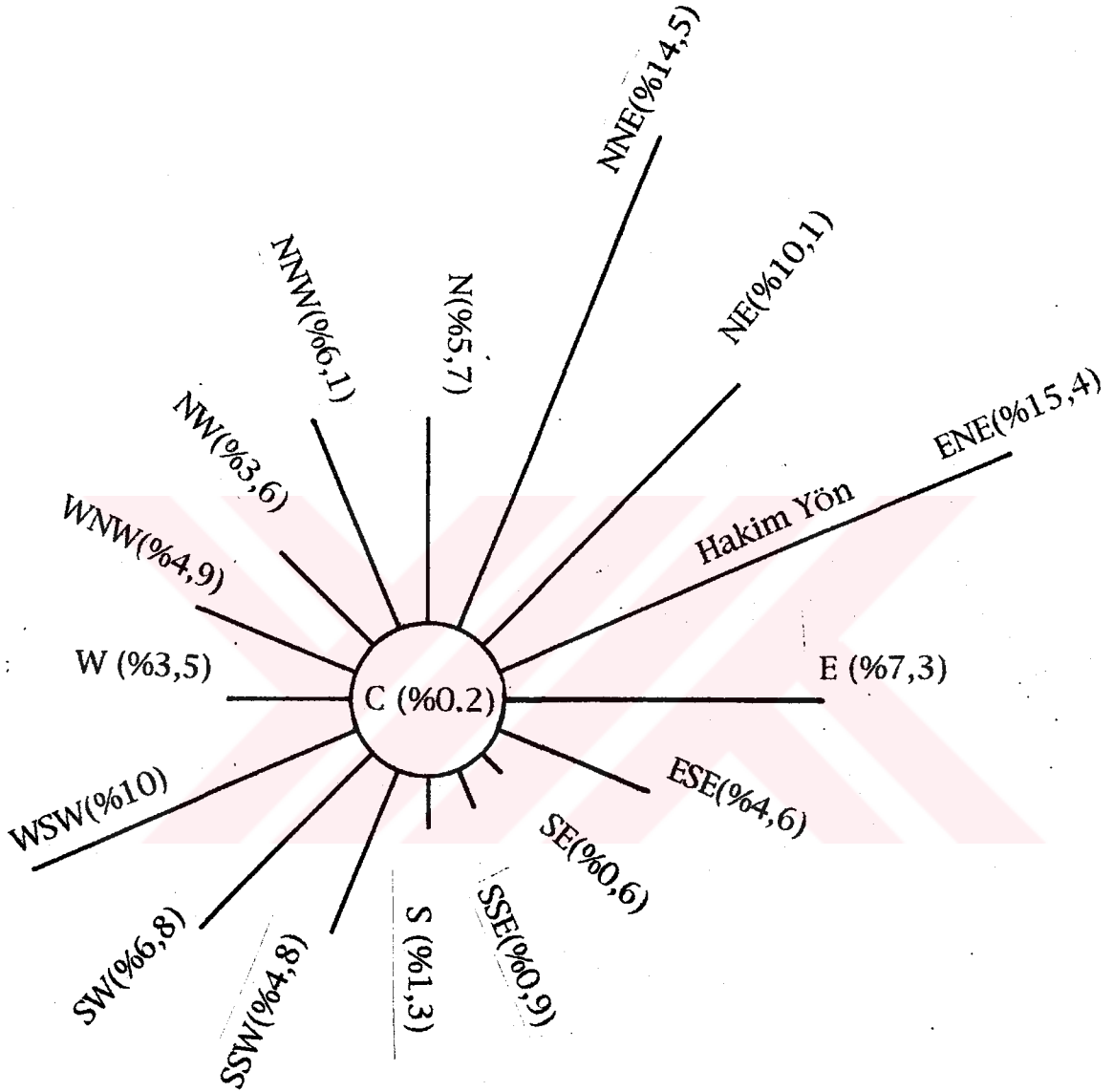
YILLAR	ORTALAMA SICAKLIK(°C)
1981	14,8
1982	13,8
1983	14,1
1984	14,5
1985	14,6
1986	14,9
1987	14,2
1988	14,8
1989	14,7
1990	14,4
1991	13,6

Tablo 1.2.2. 1981-1991 Yıllarındaki Ortalama Rüzgar Hızları(m/sn)

AYLAR YILLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık Ortal.
1981	2,9	2,8	2,4	2,3	2,5	2,0	2,5	2,5	1,9	1,3	2,0	3,3	2,4
1982	2,3	2,2	2,7	2,6	1,8	1,9	2,1	2,0	1,8	1,5	1,9	2,3	2,1
1983	2,4	2,5	2,9	1,9	1,9	2,1	2,1	2,1	1,7	1,4	2,1	2,1	2,1
1984	2,0	2,1	2,6	1,8	1,9	2,0	2,2	1,9	1,6	1,2	1,8	2,8	2,0
1985	3,2	2,8	2,3	2,4	1,9	2,2	2,4	2,2	2,0	1,3	2,0	1,9	2,2
1986	2,5	2,7	2,2	2,0	2,2	2,1	2,2	2,0	2,0	1,6	1,4	2,0	2,1
1987	2,7	1,7	2,0	2,4	2,1	1,9	2,1	2,1	1,9	1,6	1,4	1,4	1,9
1988	1,7	2,2	2,5	2,0	1,8	1,6	2,2	2,2	1,8	2,2	2,5	2,0	2,0
1989	2,2	2,9	2,0	2,6	2,3	2,1	2,9	2,2	2,0	1,9	1,5	2,4	2,2
1990	2,4	2,5	2,2	2,0	2,2	2,1	2,7	2,6	1,5	1,6	2,0	2,3	2,2
1991	2,6	3,0	2,1	2,3	2,1	1,9	2,3	2,3	1,4	1,4	1,6	2,6	2,3

Aylık Ortala	2,4	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	2,3	2,2	1,8	1,5	1,8	2,3	2,1
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Rüzgar gülünün çizilebilmesi için, 1 Ocak - 31 Aralık 1991 dönemine ait meteorolojik verileri içeren Saatlik Rüzgar Cetvelleri, Bursa Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilmiştir. Rüzgar hızı ve yönünü kapsayan bu cetvellerden yararlanılarak 1991 yılına ait rüzgar gülü çizilmiştir(Şekil 1.2.1 ). 1991 yılı için, senelik rüzgar yönü değişmelerine ilişkin frekans dağılımı Tablo 1.2.3 de verilmiştir. Şekil 1.2.1 ve Tablo 1.2.3 de görüldüğü gibi, hakim rüzgar yönü ENE olup yıllık rüzgar frekansının %15,4 ünü teşkil etmektedir. İkinci derecede hakim yön ise %14,5 lik bir frekansla NNE dir.



Şekil 1.2.1. Bursa İli İçin 1991 Yılına Ait Rüzgar Yönü Esme Frekansı

TABLO:1.2.3. Yıllık Rüzgar Yönü Frekansı

AYLAR	RÜZGAR YÖNÜ (%)														C		
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW		NW	NNW
OCAK	29.6	112.9	104.8	307.8	184.1	110.2	5.4	4.0	-	5.4	13.4	14.8	18.8	32.2	30.9	25.5	-
ŞUBAT	32.7	93.8	111.6	102.7	114.6	261.9	4.5	1.5	28.3	31.2	37.2	83.3	17.9	20.8	10.4	46.1	1.5
MART	30.9	112.9	41.7	102.2	49.7	30.9	-	6.7	2.7	10.8	92.7	254.0	68.5	96.8	37.6	61.8	-
NISAN	51.4	55.6	58.3	91.7	48.6	27.8	4.2	9.7	11.1	4.2	95.8	226.4	95.8	84.7	44.4	90.3	-
MAYIS	22.8	73.9	60.5	135.8	8.1	14.8	8.1	8.1	28.2	145.2	90.1	212.4	45.7	71.2	32.3	40.3	-
HAZİRAN	101.4	83.3	69.4	93.1	13.9	11.1	5.6	12.5	5.6	104.2	79.2	119.4	34.7	102.8	76.4	83.3	4.2
TEMMUZ	87.4	246.0	123.7	106.2	24.2	4.0	9.4	10.8	6.7	76.6	71.2	48.4	13.4	37.6	43.0	88.7	2.7
AGUSTOS	102.2	348.1	135.8	134.4	20.2	8.1	1.3	2.7	1.3	28.2	40.3	6.7	28.2	22.8	17.5	102.2	-
EYLÜL	72.2	141.7	126.4	162.5	66.7	13.9	8.3	29.2	13.9	63.9	80.6	47.4	23.6	41.7	40.3	63.9	4.2
EKİM	45.7	114.3	119.6	193.6	65.9	25.5	12.1	9.4	18.8	56.5	55.1	98.1	25.5	45.7	44.4	61.8	8.1
KASIM	41.7	154.2	140.3	220.8	68.1	13.9	8.3	11.1	19.4	33.3	87.5	65.3	26.4	23.6	38.9	47.2	-
ARALIK	68.9	204.1	121.6	194.6	209.5	25.7	1.4	5.7	13.5	10.8	67.6	17.6	24.3	6.8	9.5	16.2	2.7
ORT. (%)	5.7	14.5	10.1	15.4	7.3	4.6	0.6	0.9	1.3	4.8	6.8	10.0	3.5	4.9	3.6	6.1	0.2

### 1.3. Nüfus Dağılımı

Bursa, nüfus varlığı açısından ülkemizin önemli illeri arasında yer almaktadır. İl nüfusunun gelişimi Tablo 1.3.1 de verilmiştir. Bursa, özellikle 1975 yılından sonra bir sanayi merkezine dönüşmesi, hizmet sektörünün gelişmiş olması ve kentleşmiş şehirde daha iyi yaşam umudu nedenleriyle Türkiye'nin kırsal kesimlerinden ve Avrupa'dan göç alan bir şehir konumuna gelmiştir. Geçmiş yıllarda nüfus büyümesi, göç sebebiyle her zaman tahmin edilenin üzerinde olmuştur.

Tablo 1.3.1 Bursa İl Nüfusunun Gelişimi

<u>Sayım Yılı</u>	<u>Sayım Yılı Nüfusu</u>	<u>Yıllık Artış Oranı (%)</u>
1927	399 942	-
1935	442 470	12,71
1940	461 648	8,35
1945	491 899	12,69
1950	545 919	20,84
1955	598 898	18,52
1960	693 894	29,45
1965	755 504	17,01
1970	847 884	23,07
1975	961 639	25,18
1980	1 148 492	35,51
1985	1 324 015	28,44
1990	1 603 137	38,26

İl nüfus varlığının önemine ilişkin bir başka gösterge de il ve ülke nüfus yoğunluklarının karşılıklı durumudur. Tablo 1.3.2 de Türkiye ve Bursa'daki nüfus yoğunlukları verilmiştir.

Tablo 1.3.2 Türkiye ve Bursa'daki Nüfus Yoğunlukları

	1927	1935	1940	1950	1960	1970	1980	1985	1990
Bursa	30	33	34	55	65	76	104	120	145
Türkiye	18	21	23	27	36	45	58	65	73



1985 yılında Bursa'daki nüfus yoğunluğu 120 kişi/km<sup>2</sup> ile Türkiye ortalamasının neredeyse iki katına yaklaşmıştır.

1985 ve 1990 yıllarında ilçe merkezlerindeki nüfus dağılımı ise Tablo 1.3.3 de gösterilmiştir.

Tablo 1.3.3 İlçelerdeki Nüfus Dağılımı

İLÇELER	1985	1990
Osmangazi	377 556	473 302
Yıldırım	246 220	324 377
Nilüfer	32 483	36 897
TOPLAM	656 259	834 576

Bu çalışma için gerekli olan 1991 yılına ait nüfus İller Bankası Yöntemi ile hesaplanmıştır. Buna göre;

$$N_g = N_s (1+P/100)^n$$

Burada;

$N_g$  = Gelecekteki nüfus

$N_s$  = Son nüfus

$n$  = Gelecekteki nüfusa ait sene ile mevcut nüfusa ait sene arasındaki yıl sayısı

$P$  = Çoğalma katsayısı olup,

$$P = \{ (N_s / N_i)^{1/a} - 1 \} 100$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Burada ( $a$ ) iki sayım arasındaki sene farkıdır.

$$a = t_s - t_i$$

$$a = 1990 - 1985 = 5$$

$$N_{1985} = 1\,324\,015 \text{ kişi}$$

$$N_{1990} = 1\,603\,137 \text{ kişi}$$

$$P = \{ ( 1\ 603\ 137 / 1\ 327\ 015 )^{1/5} - 1 \} 100 = 3,89 > 3$$

Bursa'nın sanayileşmiş bir kent olması hızlı bir göçe maruz kalmasına neden olduğundan nüfus, tahmin edilen değerlerin daima üzerinde kalmıştır. Bu durum gözönünde bulundurularak  $P=3,89$  olarak alınmıştır.

Buna göre 1991 yılına ait nüfus;

$$N_{1991} = 1\ 603\ 137 \cdot (1 + 3,89/100)^1 = 1\ 665\ 499 \text{ kişi olarak hesaplanır.}$$

#### 1.4. Kirlilik Kaynakları

Hava Kirliliğine neden olan belli başlı kaynaklar genel olarak beş kategoride toplanabilir.

- 1) Sabit kaynaklarda kullanılan kömür, fuel-oil ve odun gibi yakıtlar
- 2) Endüstriyel prosesler
- 3) Sabit olmayan kaynaklar(motorlu taşıtlar, uçaklar, gemiler vb. )
- 4) Katı atıkların uzaklaştırılması
- 5) Orman yangınları, rüzgarın sürüklediği tozlar, tarımsal faaliyetler gibi çeşitli kaynaklar

Kış mevsiminde hava kirliliğinin yüksek seviyelere ulaşması, Bursa'da en önemli kirlilik kaynağının, sabit kaynaklarda kullanılan yakıtlar olduğunu göstermektedir. Bu kaynaklarda yakıtlar, ısıtma, enerji üretimi ve bazı endüstri işlemlerinde kullanılmaktadır. Kömür, kok, fuel-oil, gaz ve odun gibi bütün yakacak türleri değişik miktarlarda toplam hava kirliliğine katkıda bulunurlar.

Bursa'daki hava kirliliğinin en önemli kaynağı olan konutların ısıtılmasında kullanılan yakıtların, 1991 yılında tüketilen miktarları Tablo 1.4.1 de gösterilmiştir.(1,2)

Tablo 1.4.1. Bursa'da 1991 Yılında Tüketilen Kömürlerin Miktarları

	T.K.İ. Marmara Linyitleri İşl. (ton)	Büyükşehir Bel. Tanzim Satış Md. (ton)	TOPLAM (ton)
Keles	143 747	6400	150 147
Orhaneli	203 215	-	203 215
Seyitömer	-	13 343	13 343
TOPLAM	346 962	19 743	366 705

Bursa'da 1991 yılında kişi başına düşen ısınma amaçlı tüketilen linyit miktarları Tablo 1.4.2 de verilmiştir.

Tablo 1.4.2. Kişi Başına Düşen Isınma Amaçlı Tüketilen Linyit Miktarları, 1991 (ton/kişi)

Linyit Cinsi	Keles	Orhaneli
Ton/Kişi	0,086	0,122

Çeşitli kirletici kaynakları içeren bir bölgedeki kirleticilerin konsantrasyonunu hesaplayabilmek için emisyonlar, alan kaynaklar ve nokta kaynaklar olmak üzere iki kategoride toplanabilir. Alan kaynaklar, sınırlı bir yükseklik kademesinden çıkan eminyonlara sahip olup, geniş bir alana yayılan meskenler, idari hizmet binaları ve küçük endüstrilerden oluşmaktadır. Nokta kaynaklar ise, herhangi bir alanda tek bir noktadan büyük miktarda emisyon oluşturan termik santraller ve büyük endüstrilerden ibarettir. Bursa'da çalışma bölgesi içinde büyük miktarda emisyon veren bir kaynak olmadığından sadece alan kaynaklar üzerinde çalışılmıştır.

### 1.5. Emisyon Envanteri

Hava kirliliğinin meydana gelmesine neden olan SO<sub>2</sub> ve partikül emisyonları büyük ölçüde yakıt cinsine bağlıdır. SO<sub>2</sub>

emisyonu, kullanılan yakıttaki kükürt (S) yüzdesiyle doğru orantılıdır. Yanma esnasında yakıttaki kükürt (S), kükürtdioksit ( $SO_2$ ) dönüşerek gaz halinde bulunan bu kirleticinin atmosfere eklenmesine neden olur. Aynı şekilde yakıtta bulunan kül de, yanma neticesinde partikül halindeki kirleticilerin emisyonuna yol açar.

Yanma sonucu oluşan  $SO_2$  ve partikül madde gibi kirleticilerin miktarlarını tahmin edebilmek için emisyon faktörü tabloları kullanılmaktadır.

Tablo 1.5.1. Sabit Kaynaklarda Yakıt Yanması İçin Emisyon Faktörleri (kg/ton) (3)

KİRLETİCİ	YAKIT CİNSİ				
	Kömür		Fuel-oil		Odun
	End.	Mesken	End.	Mesken	
Karbonmonoksit (CO)	1,50	25,0	0,25	0,25	-
Hidrokarbon (HC)	0,50	5,0	0,25	0,25	-
Azotoksitler ( $NO_x$ )	10,0	4,0	9,1	9,1	-
Kükürtdioksit ( $SO_2$ )	19,0S	19,0S	19,9S	19,9S	-
Partikül	25,0	25,0	3,0	3,0	15

S= Kömür veya fuel-oil'deki kükürt yüzdesi

Tablo 1.5.1 den görüldüğü gibi kükürtdioksit emisyonları büyük ölçüde yakıtın içindeki kükürtün yüzdesine bağlıdır. Partiküller için ise, kömürde 25 kg/ton luk bir emisyon faktörü kabul edilmiştir.

Tablo 1.5.2. Bursa Şehir Merkezinde Tüketilen Kömürlerin Özellikleri (1)

	Toplam Kükürt (%)	Yanıcı Kükürt (%)	Alt Isıl Değeri (kcal/kg)
Keles	2,8	1,4	2771
Orhaneli (Sağırlar)	4,0	2,3	3263
Orhaneli (Gümüşpınar)	4,2	2,6	3029

Bursa şehir merkezinde alan kaynaklarda kullanılan kömürlerin özellikleri Tablo 1.5.2 de verilmiştir. Bu verilerden ve Tablo 1.5.1 deki emisyon faktörlerinden yararlanarak herbir griddeki senelik kükürtdioksit ve partikül madde emisyon miktarları hesaplanabilir. Bu hesaplara bir örnek olarak 1A gridinde takip edilen yol aşağıda verilmiştir.

Nüfus= 31 848 kişi

Konutların ısıtılmasında kullanılan kömür miktarı;

Keles= 31 848(kişi) x 0,086(ton/kişi.yıl) = 2738,9 ton/yıl

Orhaneli= 31 848(kişi) x 0,122(ton/kişi.yıl) = 3885,5ton/yıl

Kömür kullanılması halinde SO<sub>2</sub> için emisyon faktörü= 19 x S (%) (Tablo 1.5.1)

Keles kömürlerindeki kükürt yüzdesi %1,4 ve Orhaneli kömürlerindeki kükürt yüzdesi ortalama %2,3 dir. Buna göre bir senelik SO<sub>2</sub> emisyonu:

Keles = 2738,9\*19\*1,4=72854.7 kg/yıl =72,9 ton/yıl

Orhaneli = 3885,5\*19\*2,3\*10<sup>-3</sup>=169,7 ton/yıl

Toplam SO<sub>2</sub> emisyonu = 72,9+169,7 = 242,6 ton/yıl

Emisyon kuvvetinin hesabında yakıtın 7 ay kullanıldığı gözönüne alınırsa;

$$\text{SO}_2 \text{ emisyon kuvveti} = 242,6 \cdot 10^{12} / (7 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^6) = 3,3 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{sn}$$

Partikül emisyonu hesabı için 25 kg /ton' luk emisyon faktörü kullanılırsa:

$$\text{Keles} = 2738,9 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 68,5 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Orhaneli} = 3885,5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 97,1 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Toplam partikül emisyonu} = 68,5 + 97,1 = 164,6 \text{ ton/yıl}$$

1A gridine ait partikül madde emisyon kuvveti  
 $= 164,6 \cdot 10^{12} / (7 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^6) = 2,3 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{sn}$   
olarak bulunur.

Benzer şekilde diğer gridler için de yapılan hesaplamalar sonucu bulunan SO<sub>2</sub> emisyon kuvvetleri Tablo.1.5.3' te, partikül emisyon kuvvetleri ise Tablo 1.5.4' te gösterilmiştir. Bu hesapları yapmak için kullanılan basit Basic programları da tablolarla birlikte verilmiştir.

CLS

LPRINT "Tablo1.5.3Bursa İl Merkezindeki SO2 Emisyon Kuvv."

LPRINT STRING\$(60, CHR\$(196))

LPRINT "GRID NO"; TAB(10); TAB(45); "TOP SO2 EMS.KUV"

LPRINT STRING\$(60, CHR\$(196))

Z = 18

DIM G\$(Z), N(Z), A(Z), B(Z), C(Z), D(Z), E(Z), F(Z)

FOR I = 1 TO Z

READ G\$(I), N(I)

DATA 1A,31848,2A,36460,3A,79150,4A,34830,5A,4500,6A,4327

DATA 1B,3634,2B,32696,3B,94929,4B,82604,5B,54428,6B,31795

DATA 1C,650,2C,0,3C,45586,4C,77998,5C,61134,6C,16751

A(I) = .086 \* N(I)

B(I) = 19 \* .0014 \* A(I)

C(I) = .122 \* N(I)

D(I) = 19 \* .0023 \* C(I)

E(I) = B(I) + D(I)

ktsy = 10 ^ 6 / (72576000)

F(I) = ktsy \* E(I)

LPRINT G\$(I); TAB(10);

LPRINT USING "#####.#"; N(I); TAB(20); D(I); TAB(45); F(I)

NEXT I

LPRINT STRING\$(60, CHR\$(196))

END

SUB SO2

END SUB

Tablo 1.5.3 Bursa İl Merkezindeki SO2 Emisyon Kuvvetleri

GRID NO	NÜFUS	SO2(KELES)	SO2(O.ELİ)	TOP. SO2 EMS.KUV.
1A	31848.0	72.9	169.8	3.3
2A	36460.0	83.4	194.4	3.8
3A	79150.0	181.1	422.0	8.3
4A	34830.0	79.7	185.7	3.7
5A	4500.0	10.3	24.0	0.5
6A	4327.0	9.9	23.1	0.5
1B	3634.0	8.3	19.4	0.4
2B	32696.0	74.8	174.3	3.4
3B	94929.0	217.2	506.1	10.0
4B	82604.0	189.0	440.4	8.7
5B	54428.0	124.5	290.2	5.7
6B	31795.0	72.7	169.5	3.3
1C	650.0	1.5	3.5	0.1
2C	0.0	0.0	0.0	0.0
3C	45586.0	104.3	243.0	4.8
4C	77998.0	178.4	415.8	8.2
5C	61134.0	139.9	325.9	6.4
6C	16751.0	38.3	89.3	1.8



```

CLS
LPRINT "Tablo1.5.3.Bursa İl Merkezindeki P.M.Emisyon Kuvvetleri"
LPRINT STRING$(60, CHR$(196))
LPRINT "GRID NO"; TAB(33); "P.M(O.ELI)"; TAB(45); "TOP PM EMS.KUV"
LPRINT STRING$(60, CHR$(196))
Z = 18
DIM G$(Z), N(Z), A(Z), B(Z), C(Z), D(Z), E(Z), F(Z)
FOR I = 1 TO Z
READ G$(I), N(I)
DATA 1A,31848,2A,36460,3A,79150,4A,34830,5A,4500,6A,4327
DATA 1B,3634,2B,32696,3B,94929,4B,82604,5B,54428,6B,31795
DATA 1C,650,2C,0,3C,45586,4C,77998,5C,61134,6C,16751
  A(I) = .086 * N(I)
  B(I) = .025 * A(I)
  C(I) = .122 * N(I)
  D(I) = .025 * C(I)
  E(I) = B(I) + D(I)
  ktsy = 10 ^ 6 / (72576000)
  F(I) = ktsy * E(I)
LPRINT G$(I); TAB(10);
LPRINT USING "#####.#"; N(I); TAB(20); B(I); D(I); TAB(45); F(I)
NEXT I
LPRINT STRING$(60, CHR$(196))
END

SUB SO2

END SUB

```

Tablo 1.5.3. Bursa İl Merkezindeki P.M. Emisyon Kuvvetleri

GRID NO	NUFUS	P.M.(KELES)	P.M.(O.ELI)	TOP P.M EMS.KUV
1A	31848.0	68.5	97.1	2.3
2A	36460.0	78.4	111.2	2.6
3A	79150.0	170.2	241.4	5.7
4A	34830.0	74.9	106.2	2.5
5A	4500.0	9.7	13.7	0.3
6A	4327.0	9.3	13.2	0.3
1B	3634.0	7.8	11.1	0.3
2B	32696.0	70.3	99.7	2.3
3B	94929.0	204.1	289.5	6.8
4B	82604.0	177.6	251.9	5.9
5B	54428.0	117.0	166.0	3.9
6B	31795.0	68.4	97.0	2.3
1C	650.0	1.4	2.0	0.0
2C	0.0	0.0	0.0	0.0
3C	45586.0	98.0	139.0	3.3
4C	77998.0	167.7	237.9	5.6
5C	61134.0	131.4	186.5	4.4
6C	16751.0	36.0	51.1	1.2

### 1.6. Hava Kirliliği Seviyesi

Bir zamanlar yeşilliği ile anılan Bursa, son yıllarda hava kirliliğinde önemli artış görülen şehirlerin başında gelmektedir. Kirleticilerin zaman içindeki değişimi, konutlarda tüketilen yakıtların Bursa'da en önemli kirlilik kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu ilde son yıllarda konut sayısında ve endüstri kuruluşlarındaki artış, şehirdeki rüzgar hız ve frekansının azalmasına sebep olmuş, bu da kirletici emisyonlardaki artış ile birlikte kirlilik seviyesinin artması sonucunu doğurmuştur.

Konutlarda kullanılan kömürlerin kükürt yüzdelerinin yüksek olmasıyla birlikte plansız kentleşme sonucu Bursa, 1989 - 90 kış sezonunda SO<sub>2</sub> ortalamaları bakımından Diyarbakır'dan sonra Türkiye'nin ikinci kirli şehri durumuna gelmiştir.(4) Tablo 1.6.1, Bursa'nın SO<sub>2</sub> ve partikül madde ortalamaları ve KVS (Kısa Vadeli Sınır) değerleri itibarıyla kirlilik durumuna göre diğer iller arasındaki yerini göstermektedir.

Tablo 1.6.1 Bursa İlinin 1989-90 ve 1990-91 Kış Sezonlarında (Ekim-Mart) SO<sub>2</sub> ve Partiküler Madde Ortalamaları ve KVS Değerleri İtibarıyla Kirlilik Sırasına Göre Diğer İller Arasındaki Yeri

Yıllar	SO <sub>2</sub>		Partiküler Madde	
	Ortalama Değerlere Göre	KVSDeğerlerine Göre	Ortalama Değerlere Göre	KVSDeğerlerine Göre
1989-90	2	4	6	7
1990-91	7	5	13	9

Bursa, SO<sub>2</sub> ortalamaları bakımından 1989-90 sezonunda 385 µg/m<sup>3</sup> ile Türkiye'nin 2. kirli şehri iken alınan önlemlerle (şehre kükürt yüzdesi yüksek kömürlerin girişinin yasaklanması gibi) bu değer 1990-91 kış sezonunda %27'lik bir azalma ile 282 µg/m<sup>3</sup> 'e düşmüştür. 1989-90 kış sezonu ile 1990-91 kış sezonu arasında kirlilik seviyesindeki değişim Tablo 1.6.2' de gösterilmiştir.

Tablo 1.6.2 - 1989-90 ve 1990-91 Kış Sezonlarında Bursa İlinin SO<sub>2</sub> ve PM(Partiküler Madde) Ortalamaları, Bir Önceki Yılın Aynı Dönemine Göre Değişim Oranları ve KVS Değerlerinin Aşıldığı Gün Sayıları (4)

Yıllar	SO <sub>2</sub>			Partiküler Madde		
	Ortalama	Değişim Oranı	KVS'nin Aşıldığı Günler	Ortalama	Değişim Oranı	KVS'nin Aşıldığı Günler
1989-90	385	33	65	155	74	21
1990-91	282	-27	66	122	-21	16

1988-1990 döneminde aylık ortalama ile maksimum SO<sub>2</sub> ve P.M. konsantrasyonları Tablo 1.6.3' de verilmiştir.

Tablo 1.6.3 Aylık Ortalama SO<sub>2</sub> ve P.M. Konsantrasyonları ve Maksimum Değerleri, 1988-1990 ( µg/m<sup>3</sup> )

AYLAR	ORTALAMA						MAKSİMUM					
	SO <sub>2</sub>			PM			SO <sub>2</sub>			PM		
	88	89	90	88	89	90	88	89	90	88	89	90
Ocak	583	503	656	138	143	230	1410	1881	1821	339	681	750
Şubat	431	359	391	119	94	57	921	1230	1213	290	367	541
Mart	305	189	194	56	64	36	630	1176	526	168	448	446
Nisan	119	97	148	33	67	105	207	302	-	95	174	-
Mayıs	72	96	105	36	68	67	180	168	216	88	135	21
Haziran	56	63	103	27	49	59	90	100	276	41	74	431
Temmuz	33	47	34	24	30	26	63	86	93	47	56	71
Ağustos	31	55	32	9	47	30	54	103	68	23	92	84
Eylül	84	144	47	88	45	49	222	381	91	204	94	88
Ekim	118	315	315	109	122	122	376	919	-	295	345	-
Kasım	256	339	339	56	125	125	675	950	-	182	457	-
Aralık	314	414	414	70	155	155	1053	1533	-	365	563	-
Ortalama	200	218	232	64	84	105	490	736	-	178	291	-

## 2. MATEMATİK MODELİN GELİŞTİRİLMESİ VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1. Matematik Modelin Gayesi

Model, herhangi bir bölgede, çeşitli emisyon kaynakları ve meteorolojik şartlara göre gerçek kirletici konsantrasyonlarını tahmin etmek için geliştirilen ve çeşitli varsayımlardan hareketle basitleştirilen matematik ifadedir.

Hava kalitesi modelleri üç ana adımdan oluşmaktadır:

- 1) Gerekli verilerin tahmini ve dönüşümler için kullanılan alt modeller
- 2) Ana modeller ve fiziksel formülasyonlar ( Emisyonlar, taşınım, difüzyon, transformasyon ve giderim)
- 3) Kalibrasyon tekniği( Gerekliyorsa)

Modeller, hava kirliliği kontrol alanlarındaki ulaşımı planlama ile arazi kullanımını planlamada bulunan karar vericilerin düzenli olarak karşılaştıkları kontrol stratejileri ile ilgili birçok soruya objektif olarak cevap verebilmelerine yardımcı olur. Kentsel bölgede hava kirliliğinin izlenmesi için geliştirilecek bir model yardımıyla çözüme kavuşturulabilecek soruların tipik olanları aşağıda sıralanmıştır.

- Çevre hava kalitesi standartlarını sağlamak için ne gibi emisyon azaltımlarına ihtiyaç vardır?
- Uzun bacaların(nokta kaynak) ve yerleşim alanlarının yer seviyesi konsantrasyonlarına relatif katkıları nedir?
- Yeni emisyon kaynağı nereye yerleştirilmelidir?
- Herhangi bir nokta kaynaktan çıkan kirleticileri atmosfere vermeden önce standartları ihlal etmemek için alınması gerekli tedbirler nelerdir?
- Gelecekteki emisyon kaynağı ne olacaktır?

Hava kirliliği kontrolüne bir şekilde yaklaşım, basit olarak "mevcut en iyi" teknolojiyi kullanarak her kaynağı mümkün olan maksimum noktaya kadar kontrol etmektir. Bu metod efektif olmasına karşın kapital ve kaynakların maliyeti bakımından efektif

değildir. Maksimum kontrol genel olarak maksimum harcamayı gerektirmektedir. Maliyetlerin hızlı artışı oranında daha iyi derecelerde kontrol başarılmaktadır. Matematik modelin uzun vadedeki gayesi, hava kalitesi standartlarını minimum kontrol maliyeti ile sağlamaktır.

## 2.2. Hava Kirliliğinin Matematik Modellerle İncelenmesi Konusunda Yapılan Çalışmalar

Atmosferdeki kirleticilerin modellenmesi için iki ekstrem yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar, istatistik ve analitik(fiziksel) metodlardır. İstatistik modeller, sadece uygulandığı bölge için geçerli olmasına karşın, fiziksel modeller hemen hemen her yere uygulanabilir. Analitik metodda, fiziksel prensiplerin anlaşılmasına ve sebep-sonuç zincirinin kurulmasına çalışılır ve meydana gelen olayları hassas şekilde yansıttığı umulan formüllere uygulanır.

Gerek analitik gerekse istatistik modeller, homojen şartlar ve uzun difüzyon süreleri için Gauss tipi bir konsantrasyon ihtimal dağılımı vermektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmaların birçoğunda bu Gauss tipi modeller çeşitli şekillerde modifiye edilerek uygulanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan ve Gauss hüzme eşitliğine dayanan ATDL(the Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory) modelinin Almanya'nın Frankfurt şehrine tatbikinde, modelin iki ayrı versiyonu kullanılmıştır(5). Basit modelde ( $C = \text{Background} + 50 \frac{Q}{u}$ ), yüksek bacalardaki emisyonlar nokta kaynak olarak dikkate alınmış ve bunların konsantrasyonları Gauss hüzme eşitliği kullanılarak hesaplanmış fakat bunlar nokta kaynaklarla karşılaştırıldığında ihmal edilebilir miktarlarda oldukları gözlenmiştir. Daha kompleks olan modelde ise 5 kg/saat 'ten daha büyük olan emisyon kuvvetine sahip olan nokta kaynaklar hesaba katılmış ve background  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak alınmıştır. Bu durumda da nokta kaynakların toplam konsantrasyona katkısının çok küçük bir yüzde olduğu görülmüştür.

Frankfurt'un aksine Hindistan'ın Bombay şehri için nokta kaynakların ihmal edilemeyecek değerlerde olduğu hesaplanmıştır(6). Buradaki çalışmada, bir griddeki nokta kaynakların etkin baca yüksekliklerinin eşit olduğu ve üniform olarak dağıldıkları kabul edilerek SO<sub>2</sub> konsantrasyonları bulunmuştur.

Knox County, Tennessee'de ise ATDL modeli kullanılarak farklı meteorolojik şartlar için SO<sub>2</sub> ve partikül madde konsantrasyonları hesaplanmıştır(7). Yüksek nokta kaynakların (H>100 m), yer seviyesindeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna katkısının stabil şartlarda önemsiz olduğu, nötr stabilite durumunda alan kaynaklardan oluşan kirlilikle eşit değerde olduğu, kararsız durumlarda ise alan kaynaklardan daha fazla katkısının olduğu görülmüştür. Ayrıca nokta kaynakların, toplam yer seviyesi konsantrasyonuna katkısının partikül maddeye nazaran SO<sub>2</sub> de daha fazla olduğu belirlenmiştir. Nötr ve stabil şartlar için yer seviyesindeki kirlenici konsantrasyonunu azaltmada kaynak yüksekliğinin önemli bir rol oynadığı vurgulanmıştır.

Modelin Rockwood-Harriman, Tennessee'ye tatbikinde partikül madde emisyonları, toplam kömür tüketiminin %5'i alınarak hesaplanmıştır(8). Partikül madde background konsantrasyonu 50 µg/m<sup>3</sup> alınmış ve modelin basit versiyonu (C= 200 Q/u) kullanılarak 1,2 km'lik grid mesafeleri için konsantrasyonlar bulunmuştur. Bir griddeki toplam emisyonun yarısından daha fazla emisyon verebilen kaynaklar, nokta kaynak olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada basit ATDL modelinin, tipik bölgesel hava kirliliği problemi olan küçük yerleşimler için başarıyla uygulanabileceği ifade edilmiştir.

İstanbul'un Haliç Bölgesine uygulanan modelde bölge, yerleşim, ticaret ve endüstri alanları olmak üzere 3'er km'lik gridlere bölünmüştür(9). Nokta kaynak olarak sadece Silahtarağa Elektrik Santrali gözönüne alınarak alan ve nokta kaynaklardan oluşan konsantrasyonlar hesaplanmıştır. Modelin işlerliği ortaya konduktan sonra, hava kirliliğini azaltmak ve kontrol etmek maksadı ile çeşitli stratejiler tatbik edilmiştir.

### 2.3. Bursa İl Merkezine Uygulanan Matematik Modelin Geliştirilmesi

Şehirlerdeki hava kalitesini tahmin edebilmek için çok sayıda difüzyon modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerde, atmosferde oluşan fiziksel olayları daha iyi ve doğru olarak tanımlayabilmek için her geçen yıl daha karmaşık matematiksel ifadelerin kullanılması ihtiyacı belirmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'nin nüfus ve endüstri yoğunluğu bakımından sayılı şehirlerinden biri olan Bursa ilindeki SO<sub>2</sub> ve partikül madde emisyonlarını tahmin edebilmek için ATDL modeli uygulanmıştır. Bu modelin alan ve nokta kaynaklara tatbiki aşağıda açıklanmıştır.

#### 2.3.1. Alan Kaynaklar

Bir bölgede alan kaynaklardan oluşan yer seviyesindeki kirletici konsantrasyonunu hesaplayabilmek için bölge karesel gridlere bölünerek alan kaynak kuvvetlerinin grid boyunca uniform olduğu kabul edilir. Alan kaynaklardan meydana gelen kirletici konsantrasyonu, alan kaynak kuvvetleri, rüzgar hızı ve yönü ile atmosferik stabilitenin fonksiyonudur. Herhangi bir alıcı noktada, menba tarafındaki alan kaynaklardan ileri gelen yer seviyesindeki kirletici konsantrasyonunu tahmin edebilmek için Gifford'un hüzme kavramı uygulanabilir:

$$C = \int_0^D \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{Q_A}{\sigma_z u} dx$$

Burada,

$Q_A$  = Emisyon kuvveti (  $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ sn}$  )

$D$  = Grid alanlarının uzunluğu (m)

$u$  = Rüzgar hızı (m/sn)

$\sigma_z$  = Dikey dispersiyon parametresi (m)



Dikey dispersiyon parametresi için Smith aşağıdaki amprik ifadeyi geliştirmiştir(10).

$$\sigma_z = a.X^b$$

Burada,

X = Kirlenici kaynaktan alıcıya olan uzaklık (m)

a,b = Atmosferik stabiliteye göre değişen katsayılar olup aşağıdaki değerleri alırlar(10).

Güneşli gün(Kararsız hal) a=0.40 b=0.91

Bulutlu gün(Nötr durum) a=0.15 b=0.75(Yıllık ortalamalar için)

Gece (Karalı Hal) a=0.06 b=0.71

Eğer uzunluğu  $\Delta x$  olan alıcı grid(reseptör), grid alanlarının merkezinde ise ve rüzgar sadece bir yönde esiyorsa yukarıdaki denklem alıcı noktanın menba tarafındaki gridlerin emisyon kuvvetlerinin toplamı şeklinde yazılabilir(11).

$$C = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{(\Delta x/2)^{1-b}}{U a (1-b)} \left[ Q_0 + \sum_{i=1}^n Q_i \{ (2i+1)^{1-b} - (2i-1)^{1-b} \} \right]$$

Rüzgarın belirli frekanslarla 16 ana yönden estiği düşünülürse, alıcı griddeki yer seviyesi konsantrasyonu,

$$C = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{(\Delta x/2)^{1-b}}{U a (1-b)} \left[ Q_0 + \sum_{i=\pm 1}^{\pm 4} \sum_{j=\pm 1}^{\pm 4} Q_i(i,j) f(i,j) \{ (2i+1)^{1-b} - (2i-1)^{1-b} \} \right]$$

şeklinde yazılabilir. Bu eşitlikte r, merkezi grid ile (i,j) gridi arasındaki grid sayısıdır. Örneğin, merkezi alıcı gridle bitişik olan 8 gridin oluşturduğu halka için r=1 dir.

### 2.3.2. Nokta Kaynaklar

Nokta kaynaklardan oluşan yer seviyesindeki konsantrasyonları hesaplayabilmek için, örneğin Slade tarafından da tanımlanmış olan temel Gauss hüzme denklemi kullanılabilir. 16 ana rüzgar yönü frekans dağılımı için yer seviyesi konsantrasyonu aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$c = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{f Q_p}{\sigma_z r U \frac{2\pi}{16}} e\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

Burada,

$Q_p$  = Emisyon kuvveti (  $\mu\text{g}/\text{sn}$  )

$H$  = Etkin baca yüksekliği (m)

$f$  = Rüzgar yönü frekansı

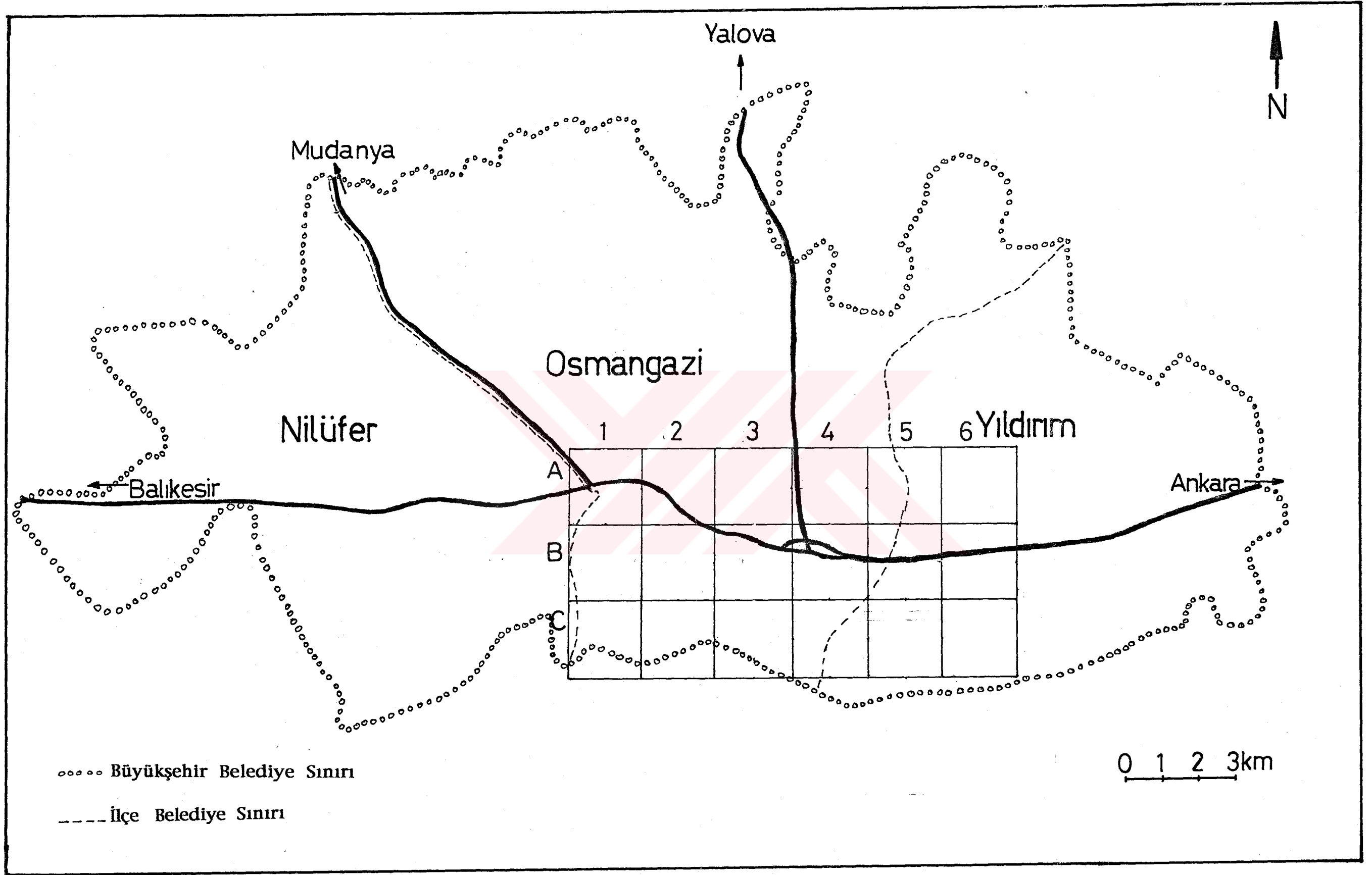
$r$  = Alıcı noktanın kaynaktan uzaklığı (m)

Etkin baca yüksekliği( $H$ ), baca yüksekliği( $h_s$ ) ile Briggs formülü kullanılarak hesaplanan hüzme yüksekliğinin( $h_p$ ) toplamına eşittir.

### 3. MATEMATİK MODELİN BURSA İL MERKEZİNE UYGULANMASI

#### 3.1 Matematik Model İle Alan Kaynaklardan Oluşan Kirletici Konsantrasyonlarının Hesaplanması

Modelin uygulandığı bölge Şekil 3.1.1. 'de görüldüğü gibi kenar uzunluğu 2 kilometre olan 18 adet gride bölünmüştür. Herbir grideki alan kaynaklardan oluşan SO<sub>2</sub> ve partikül madde konsantrasyonları Basic dilinde geliştirilmiş program yardımıyla hesaplanabilir. Tablo 1.5.3. ve Tablo 1.5.4. 'de verilmiş olan herbir gride ait emisyon kuvvetleri, 2kilometrelik grid uzunluğu ve Tablo 1.2.3.'deki rüzgar yönü esme frekansı ile 1991 yılına ait 2,3 m/sn lik ortalama rüzgar hızı programın giriş verilerini oluşturmaktadır. Bu girdilere dayanılarak çalıştırılan çalıştırılan programdan elde edilen SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına ait sonuçlar emisyon kuvvetleri ile birlikte Şekil 3.1.2. 'de gösterilmiştir. Aynı şekilde partiküler madde konsantrasyonları da Şekil 3.1.3 'de verilmiştir. Geliştirilen Basic programı ve programın çalıştırılması neticesinde elde edilen çıkış verileri Ek'te verilmiştir.



206.6 (33)	260.8 (38)	484.5 (83)	253.2 (3.7)	79.8 (0.5)	65 (0.5)
90.8 (0.4)	277.9 (3.4)	633.6 (10.0)	554.9 (8.7)	374.2 (5.7)	222.4 (3.3)
61.3 (0.1)	100.6 (0.0)	377.4 (4.8)	541.0 (8.2)	416.2 (6.4)	144.9 (1.8)

Şekil 3.1.2. Bursa Şehir Merkezinde Matematik Model İle Hesaplanan SO<sub>2</sub> Konsantrasyonları Dağılımı (Parantez İçindeki Rakamlar Gridlerdeki Emisyon Kuvvetlerini Göstermektedir.)

143.5 (2.3)	178.5 (2.6)	332.3 (5.7)	171.4 (2.5)	52.0 (0.3)	42.1 (0.3)
63.4 (0.3)	188.5 (2.3)	430.9 (6.8)	376.5 (5.9)	255.8 (3.9)	154.1 (2.3)
38.3 (0.0)	68.4 (0.0)	258.7 (3.3)	369.4 (5.6)	285.6 (4.4)	97.7 (1.2)

Şekil 3.1.3. Bursa Şehir Merkezinde Matematik Model İle Hesaplanan P.M. Konsantrasyonları Dağılımı (Parantez İçindeki Rakamlar Gridlerdeki Emisyon Kuvvetlerini Göstermektedir.)

### 3.2 Matematik Modelle Hesaplanan Konsantrasyonların Ölçümler , Karşılaştırılması

Bursa şehir merkezinde kirletici konsantrasyonlarının ölçüldüğü 3 adet gözlem istasyonu bulunmaktadır. Garaj, Tophane ve Atıcılar semtlerinde bulunan bu 3 istasyonda 1991 yılının kış dönemine (Ekim- Nisan) ait ölçüm değerleri Tablo 3.2.1. de verilmiştir.

Tablo 3.2.1. Bursa'da 1991 Kış Döneminde (Ekim-Nisan) Ölçülen Kirletici Konsantrasyonları

AYLAR	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>			Partikül Madde µg/m <sup>3</sup>		
	Garaj	Tophan	Atıcılar	Garaj	Tophan	Atıcılar
Ekim	100	64	-	85	16	-
Kasım	351	209	213	190	79	131
Aralık	376	260	208	127	83	86
Ocak	481	489	325	170	166	135
Şubat	482	389	286	152	102	100
Mart	400	325	389	226	170	182
Nisan	188	151	121	106	60	70

Şekil 3.1.1. 'deki gridlendirmede, Tophane, Garaj ve Atıcılar'daki istasyonlar sırasıyla B2, B3 ve B4'deki gridlerin içinde kalmaktadırlar. Bu üç griddeki ölçüm değerleri ile hesaplanan değerler mukayesesi Tablo 3.2.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2.2 Bursa İlinde Matematik Modelle Hesaplanan Konsantrasyonlar İle Ölçüm Değerlerinin Mukayesesi

BÖLGE	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		Partikül (µg/m <sup>3</sup> )	
	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen
Garaj	633,7	339,8	431,0	150,8
Tophane	554,9	269,6	376,5	96,6
Atıcılar	277,9	257,0	188,5	117,3

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu model çeşitli stratejilerin tesbit edilmesinde kullanılabilir.

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, yer seviyesindeki kirletici konsantrasyonları hesaplamaya yarayan matematik model geliştirilmiş ve Bursa şehir merkezine tatbik edilmiştir. Bu model yardımıyla herhangi bir bölgedeki kirleticilerin mekanla değişimi hesaplanabilir. Hava kalitesi standartlarını aşmayacak şekilde kurulacak yeni tesislerin ve endüstrilerin sayısı ve yerlerinin belirlenmesinde bu modelden yararlanılabilir. Yine gelecekteki emisyonları tahmin edebilmede ve kullanılması gereken yakıt cinsi ile kaliteleri hakkındaki çeşitli alternatiflerin geliştirilmesinde modelden faydanılabilir.



EKLER



```
10 DIM S(30, 30), FU(30, 30), C(30, 30), A(30, 30)
20 DIM QE(30, 30), D(30, 30), SS(30, 30), AA(30, 30)
30 DIM AC(30, 30), IC(10, 30), JC(10, 30), QEC(10, 30)
35 DIM ID(30), JD(30), ST(100), RX(10), PX(10)
40 DIM H(20), NP(20), AAB(30, 30), RAT(30, 30), F(16)
50 INPUT "DX="; DX: INPUT "BX="; BX
55 INPUT "NR="; NR: INPUT "NC="; NC
60 INPUT "NO="; NO: INPUT "NH="; NH
70 FOR I = 1 TO NR
80 FOR J = 1 TO NC
90 S(I, J) = BX
100 NEXT J: NEXT I
110 INPUT "NN="; NN
130 FOR I = 1 TO NN: INPUT RX(I): NEXT I
150 FOR I = 1 TO NN: INPUT PX(I): NEXT I
160 INPUT "U="; U
170 LPRINT "F MATRISI DATALARI"
180 FOR I = 1 TO 16: READ F(I): NEXT I
185 DATA 0.145,0.101,0.154,0.073,0.046,0.006,0.009,0.013,0.048,0.068
190 DATA 0.100,0.035,0.049,0.036,0.061,0.057
191 FOR I = 1 TO NO: INPUT "ID(I)"; ID(I): NEXT I
192 FOR J = 1 TO NO: INPUT "JD(J)"; JD(J): NEXT J
193 FOR J = 1 TO NO: INPUT "ST(I)"; ST(J): NEXT J
194 JI = NC - 4: IJ = NR - 4
195 FOR I = 5 TO IJ
196 FOR J = 5 TO JI
199 INPUT "S(I,J)"; S(I, J)
200 NEXT J: NEXT I
350 FOR I = 1 TO NH: INPUT "H(I)"; H(I): NEXT I
370 FOR I = 1 TO NH: INPUT "NP(I)"; NP(I): NEXT I
380 FOR I = 1 TO NH
390 NNP = NP(I)
410 FOR J = 1 TO NNP: INPUT "IC(I,J)"; IC(I, J): NEXT J
430 FOR J = 1 TO NNP: INPUT "JC(I,J)"; JC(I, J): NEXT J
450 FOR J = 1 TO NNP: INPUT "QEC(I,J)"; QEC(I, J): NEXT J
460 NEXT I
```

```
470 LPRINT "WIND ROSE": FOR I = 1 TO 16
480 LPRINT "F("; I; ")="; F(I),
490 NEXT I
500 IF INKEY$ = " " THEN 510 ELSE 500
510 FOR I = 1 TO 9: FOR J = 1 TO 9
520 FU(I, J) = 0
530 NEXT J: NEXT I
540 E = 1 / U
550 FU(5, 5) = E
560 FOR I = 1 TO 4
570 FU(5 - I, 5 + I) = F(2) * E
580 FU(5 + I, 5 + I) = F(6) * E
590 FU(5 + I, 5 - I) = F(10) * E
600 FU(5 - I, 5 - I) = F(14) * E
610 FU(5 - I, 5) = F(16) * E
620 FU(5, I + 5) = F(4) * E
630 FU(5 + I, 5) = F(8) * E
640 FU(5, 5 - I) = F(12) * E
650 NEXT I
660 FU(4, 5) = FU(4, 5) + E * (F(1) + F(15))
670 FU(5, 6) = FU(5, 6) + E * (F(3) + F(5))
680 FU(6, 5) = FU(6, 5) + E * (F(7) + F(9))
690 FU(5, 4) = FU(5, 4) + E * (F(11) + F(13))
700 FOR I = 1 TO 2
710 FU(1 + I, 6) = F(1) * E
720 FU(4, I + 6) = F(3) * E
730 FU(6, I + 6) = F(5) * E
740 FU(6 + I, 6) = F(7) * E
750 FU(6 + I, 4) = F(9) * E
760 FU(6, 1 + I) = F(11) * E
770 FU(4, 1 + I) = F(13) * E
780 FU(1 + I, 4) = F(15) * E
790 NEXT I
800 FU(1, 7) = F(1) * E
810 FU(3, 9) = F(3) * E
820 FU(7, 9) = F(5) * E
830 FU(9, 7) = F(7) * E
840 FU(9, 3) = F(9) * E
850 FU(7, 1) = F(11) * E
```

```

860 FU(3, 1) = F(13) * E
870 FU(1, 3) = F(15) * E
930 LPRINT "NO.ROWS="; NR
940 LPRINT "NO.COLUMNS="; NC
950 LPRINT "NO.="; NO
960 LPRINT "NO.EFFECT SOURCE HTS="; NH
970 LPRINT "DX IN M="; DX
980 LPRINT "RURAL SOURCE STRENGTHS="; BX
990 LPRINT "WIND SPEED="; U; "M/SN"
1000 FOR I = 1 TO NR: FOR J = 1 TO NC
1010 QE(I, J) = 0!
1020 NEXT J: NEXT I
1030 IF INKEY$ = " " THEN 1040 ELSE 1030
1040 FOR K = 1 TO NO
1050 I = ID(K): J = JD(K)
1060 S(I, J) = ST(K)
1070 NEXT K
1090 FOR I = 1 TO NR: FOR J = 1 TO NC
1100 LPRINT "S("; I; ", "; J; ")="; S(I, J),
1110 NEXT J: NEXT I
1120 IF INKEY$ = " " THEN 1130 ELSE 1120
1130 FOR II = 1 TO NN
1140 R = RX(II)
1150 B = PX(II)
1155 PRINT
1160 LPRINT "NEW SET OF POWER LAW PARAMETERS FOR SIGMA Z"
1170 LPRINT "R="; R
1180 LPRINT "B="; B
1190 IF NO <= 0 THEN 1860 ELSE 1200
1200 FOR I = 1 TO 9: FOR J = 1 TO 9
1210 C(I, J) = 0!
1220 NEXT J: NEXT I
1230 X = 1 - B
1240 BB = ((DX / 2) ^ X) / (R * X)
1255 CC = 9! ^ X - 7 ^ X
1260 DD = .8 * BB * CC
1270 FOR J = 1 TO 9 STEP 2
1280 C(1, J) = DD * FU(1, J)
1290 C(9, J) = DD * FU(9, J)
1300 NEXT J

```

```
1310 FOR I = 3 TO 7 STEP 2
1320 C(I, 1) = DD * FU(I, 1)
1330 C(I, 9) = DD * FU(I, 9)
1340 NEXT I
1350 CC = 7! ^ X - 5! ^ X
1360 DD = .8 * BB * CC
1370 C(8, 8) = DD * FU(8, 8)
1380 C(2, 2) = DD * FU(2, 2)
1390 C(2, 8) = DD * FU(2, 8)
1400 C(8, 2) = DD * FU(8, 2)
1410 FOR J = 4 TO 6
1420 C(2, J) = DD * FU(2, J)
1430 C(8, J) = DD * FU(8, J)
1440 NEXT J
1450 FOR I = 4 TO 6
1460 C(I, 2) = DD * FU(I, 2)
1470 C(I, 8) = DD * FU(I, 8)
1480 NEXT I
1490 CC = 5! ^ X - 3! ^ X
1500 DD = .8 * BB * CC
1510 FOR J = 3 TO 7
1520 C(3, J) = DD * FU(3, J)
1530 C(7, J) = DD * FU(7, J)
1540 NEXT J
1550 FOR I = 4 TO 6
1560 C(I, 3) = DD * FU(I, 3)
1570 C(I, 7) = DD * FU(I, 7)
1580 NEXT I
1590 CC = 3! ^ X - 1!
1600 DD = .8 * BB * CC
1610 FOR J = 4 TO 6
1620 C(4, J) = DD * FU(4, J)
1630 C(6, J) = DD * FU(6, J)
1640 NEXT J
1650 C(5, 4) = DD * FU(5, 4)
1660 C(5, 6) = DD * FU(5, 6)
1670 C(5, 5) = .8 * BB * FU(5, 5)
1680 LPRINT "MATRIX OF COEFFICENTS FOR AREA SOURCES"
1690 FOR I = 1 TO 9: FOR J = 1 TO 9
1700 LPRINT "C"; I; ", "; J; ")="; C(I, J),
```

```
1710 NEXT J: NEXT I
1720 IF INKEYS = " " THEN 1730 ELSE 1720
1730 FOR I = 5 TO IJ
1740 FOR J = 5 TO JI
1750 A(I, J) = 0!
1760 FOR K = 1 TO 9: FOR L = 1 TO 9
1770 A(I, J) = C(K, L) * S(I - 5 + K, J - 5 + L) + A(I, J)
1780 NEXT L: NEXT K
1790 NEXT J: NEXT I
1800 LPRINT "CONCENTRATIONS FROM GROUND SOURCES"
1820 FOR I = 5 TO IJ: FOR J = 5 TO JI
1830 LPRINT "A("; I; ", "; J; ")="; A(I, J),
1840 NEXT J: NEXT I
1850 IF INKEYS = " " THEN 1860 ELSE 1850
1860 IF QEC(1, 1) <= 0 THEN 3130 ELSE 1870
1870 LPRINT "ELEVATED SOURCES"
1890 FOR I = 5 TO IJ: FOR J = 5 TO JI
1900 AAB(I, J) = 0!
1910 NEXT J: NEXT I
1920 FOR NI = 1 TO NH
1930 FOR KL = 1 TO NR: FOR KM = 1 TO NC
1940 QE(KL, KM) = 0!
1950 NEXT KM: NEXT KL
1960 LPRINT "EFFECTIVE SOURCE HEIGHT="; H(NI)
1970 NNP = NP(NI)
1980 FOR K = 1 TO NNP
1990 LPRINT "ROW NO="; IC(NI, K)
2000 LPRINT "COLUMN NO="; JC(NI, K)
2010 LPRINT "EMISSION (MICROPROGM PER SEC)="; QEC(NI, K)
2020 NEXT K
2030 IF INKEYS = " " THEN 2040 ELSE 2030
2040 FOR K = 1 TO NNP
2050 I = IC(NI, K)
2060 J = JC(NI, K)
2070 QE(I, J) = QEC(NI, K)
2080 NEXT K
2090 FOR L = 1 TO 9: FOR K = 1 TO 9
2100 D(L, K) = 0!
2110 NEXT K: NEXT L
2120 XY = H(NI) ^ 2 / 2
```

```

2130 P = EXP(-XY / (R ^ 2 * ((DX / 2) ^ (2 * B))))
2140 PA = R * ((DX / 2) ^ (B + 1))
2150 XINT = 0!
2160 DDR = 0!
2170 XX2 = DX / 2
2180 FOR IJJ = 1 TO 100
2190 IF IJJ <= 10 THEN DR = 100 ELSE DR = 1000
2200 DDDR = DDR + DR / 2
2205 DDR = DDR + DR
2210 XYZ = XY / (R ^ 2 * (DDDR ^ (2 * B)))
2220 IF XYZ <= 20 THEN 2230 ELSE 2240
2230 XINT = XINT + DR * EXP(-XYZ) / (DDDR ^ B)
2240 IF XX2 <= DDR THEN IJJ = 100 ELSE 2250
2250 NEXT IJJ
2260 D(5, 5) = XINT / (8! * R * XX2 ^ 2)
2270 FOR L = 1 TO 4
2280 E = 2 * L
2290 EF = E ^ (2 * B)
2300 XF = 1.4 * E
2310 FE = XF ^ (2 * B)
2320 Z = P ^ (1 / EF) / (PA * (E ^ (B + 1)))
2330 IF L <= 1 THEN 2390 ELSE 2340
2340 D(5, 5 + L) = Z
2350 D(5, 5 - L) = Z
2360 D(5 + L, 5) = Z
2370 D(5 - L, 5) = Z
2380 GOTO 2430
2390 D(5, 6) = Z / 3
2400 D(5, 4) = Z / 3
2410 D(6, 5) = Z / 3
2420 D(4, 5) = Z / 3
2430 Z = P ^ (1 / FE) / (PA * (XF ^ (B + 1)))
2440 D(5 + L, 5 + L) = Z
2450 D(5 - L, 5 + L) = Z
2460 D(5 + L, 5 - L) = Z
2470 D(5 - L, 5 - L) = Z
2480 NEXT L
2490 FOR L = 1 TO 2
2500 QQ = 2 * L + 2
2510 QG = 1.1 * QQ

```

```

2520 G = QG ^ (2 * B)
2530 Z = P ^ (1 / G) / (PA * (QG ^ (B + 1)))
2540 D(4 - L, 6) = Z
2550 D(4 - L, 4) = Z
2560 D(6 + L, 4) = Z
2570 D(6 + L, 6) = Z
2580 D(4, 4 - L) = Z
2590 D(6, 4 - L) = Z
2600 D(4, 6 + L) = Z
2610 D(6, 6 + L) = Z
2620 NEXT L
2630 Z = P ^ (.125 ^ (2 * B)) / (PA * (8 ^ (B + 1)))
2640 D(1, 3) = Z
2650 D(1, 7) = Z
2660 D(3, 1) = Z
2670 D(3, 9) = Z
2680 D(7, 1) = Z
2690 D(7, 9) = Z
2700 D(9, 3) = Z
2710 D(9, 7) = Z
2720 FOR K = 1 TO 9: FOR L = 1 TO 9
2730 SS(K, L) = 2.04 * D(K, L) * FU(K, L)
2740 NEXT L: NEXT K
2750 LPRINT "COEFFICIENTS FOR ELEVATED SOURCES "
2760 FOR I = 1 TO 9: FOR J = 1 TO 9
2770 LPRINT "SS("; I; ", "; J; ")="; SS(I, J),
2780 NEXT J: NEXT I
2790 IF INKEY$ = " " THEN 2800 ELSE 2790
2800 FOR I = 5 TO 11: FOR J = 5 TO 11
2810 AA(I, J) = 0!
2820 FOR K = 1 TO 9: FOR L = 1 TO 9
2830 ADD = SS(K, L) * QE(I - 5 + K, J - 5 + L)
2840 AA(I, J) = AA(I, J) + ADD
2850 AAB(I, J) = AAB(I, J) + ADD
2860 NEXT L: NEXT K
2870 NEXT J: NEXT I
2880 LPRINT "CONC.S FROM ELEVATED SOURCES WITH HEIGHT = "; H(NI)
2900 FOR I = 1 TO 11: FOR J = 1 TO 11
2910 LPRINT "AA("; I; ", "; J; ")="; AA(I, J),
2920 NEXT J: NEXT I

```

```
2930 IF INKEY$ = " " THEN 2940 ELSE 2930
2940 NEXT NI
2950 IF NO <> 0 THEN 2960 ELSE 3130
2960 IF NH <> 0 THEN 2970 ELSE 3130
2970 FOR I = 1 TO 11
2980 FOR J = 1 TO 11
2990 AC(I, J) = A(I, J) + AAB(I, J)
3000 RAT(I, J) = A(I, J) / AC(I, J)
3010 NEXT J: NEXT I
3020 LPRINT "CONCENTRATIONS FROM ALL SOURCES"
3040 FOR I = 1 TO 11: FOR J = 1 TO 11
3050 LPRINT "AC("; I; ", "; J; ")="; AC(I, J),
3060 NEXT J: NEXT I
3070 IF INKEY$ = " " THEN 3080 ELSE 3070
3080 LPRINT "RATIO OF CONC. DUE TO AREA SOURCES TO TOTAL CONC"
3090 FOR I = 1 TO 11: FOR J = 1 TO 11
3100 LPRINT "RAT("; I; ", "; J; ")="; RAT(I, J),
3110 NEXT J: NEXT I
3120 IF INKEY$ = " " THEN 3130 ELSE 3120
3130 NEXT II
3140 END
```



SO<sub>2</sub>

## F MATRISI DATALARI

## WIND ROSE

F( 1 )= .145    F( 2 )= .101    F( 3 )= .154    F( 4 )= .073    F( 5 )= .046  
 F( 6 )= .006    F( 7 )= .009    F( 8 )= .013    F( 9 )= .048    F( 10 )= .068  
 F( 11 )= .1      F( 12 )= .035                      F( 13 )= .049  
 F( 14 )= .036                      F( 15 )= .061                      F( 16 )= .057

NO.ROWS= 11

NO.COLUMNS= 14

NO.= 1

NO.EFECT SOURCE HTS= 1

DX IN M= 2000

RURAL SOURCE STRENGTHS= 0

WIND SPEED= 2.3 M/SN

S( 1 , 1 )= 0	S( 1 , 2 )= 0	S( 1 , 3 )= 0
S( 1 , 4 )= 0	S( 1 , 5 )= 0	S( 1 , 6 )= 0
S( 1 , 7 )= 0	S( 1 , 8 )= 0	S( 1 , 9 )= 0
S( 1 , 10 )= 0	S( 1 , 11 )= 0	S( 1 , 12 )= 0
S( 1 , 13 )= 0	S( 1 , 14 )= 0	S( 2 , 1 )= 0
S( 2 , 2 )= 0	S( 2 , 3 )= 0	S( 2 , 4 )= 0
S( 2 , 5 )= 0	S( 2 , 6 )= 0	S( 2 , 7 )= 0
S( 2 , 8 )= 0	S( 2 , 9 )= 0	S( 2 , 10 )= 0
S( 2 , 11 )= 0	S( 2 , 12 )= 0	S( 2 , 13 )= 0
S( 2 , 14 )= 0	S( 3 , 1 )= 0	S( 3 , 2 )= 0
S( 3 , 3 )= 0	S( 3 , 4 )= 0	S( 3 , 5 )= 0
S( 3 , 6 )= 0	S( 3 , 7 )= 0	S( 3 , 8 )= 0
S( 3 , 9 )= 0	S( 3 , 10 )= 0	S( 3 , 11 )= 0
S( 3 , 12 )= 0	S( 3 , 13 )= 0	S( 3 , 14 )= 0
S( 4 , 1 )= 0	S( 4 , 2 )= 0	S( 4 , 3 )= 0
S( 4 , 4 )= 0	S( 4 , 5 )= 0	S( 4 , 6 )= 0
S( 4 , 7 )= 0	S( 4 , 8 )= 0	S( 4 , 9 )= 0
S( 4 , 10 )= 0	S( 4 , 11 )= 0	S( 4 , 12 )= 0
S( 4 , 13 )= 0	S( 4 , 14 )= 0	S( 5 , 1 )= 0
S( 5 , 2 )= 0	S( 5 , 3 )= 0	S( 5 , 4 )= 0
S( 5 , 5 )= 3.3	S( 5 , 6 )= 3.8	S( 5 , 7 )= 8.3
S( 5 , 8 )= 3.7	S( 5 , 9 )= .5	S( 5 , 10 )= .5
S( 5 , 11 )= 0	S( 5 , 12 )= 0	S( 5 , 13 )= 0
S( 5 , 14 )= 0	S( 6 , 1 )= 0	S( 6 , 2 )= 0
S( 6 , 3 )= 0	S( 6 , 4 )= 0	S( 6 , 5 )= .4
S( 6 , 6 )= 3.4	S( 6 , 7 )= 10	S( 6 , 8 )= 8.7

S( 6 , 9 )= 5.7	S( 6 , 10 )= 3.3	S( 6 , 11 )= 0
S( 6 , 12 )= 0	S( 6 , 13 )= 0	S( 6 , 14 )= 0
S( 7 , 1 )= 0	S( 7 , 2 )= 0	S( 7 , 3 )= 0
S( 7 , 4 )= 0	S( 7 , 5 )= .1	S( 7 , 6 )= 0
S( 7 , 7 )= 4.8	S( 7 , 8 )= 8.2	S( 7 , 9 )= 6.4
S( 7 , 10 )= 1.8	S( 7 , 11 )= 0	S( 7 , 12 )= 0
S( 7 , 13 )= 0	S( 7 , 14 )= 0	S( 8 , 1 )= 0
S( 8 , 2 )= 0	S( 8 , 3 )= 0	S( 8 , 4 )= 0
S( 8 , 5 )= 0	S( 8 , 6 )= 0	S( 8 , 7 )= 0
S( 8 , 8 )= 0	S( 8 , 9 )= 0	S( 8 , 10 )= 0
S( 8 , 11 )= 0	S( 8 , 12 )= 0	S( 8 , 13 )= 0
S( 8 , 14 )= 0	S( 9 , 1 )= 0	S( 9 , 2 )= 0
S( 9 , 3 )= 0	S( 9 , 4 )= 0	S( 9 , 5 )= 0
S( 9 , 6 )= 0	S( 9 , 7 )= 0	S( 9 , 8 )= 0
S( 9 , 9 )= 0	S( 9 , 10 )= 0	S( 9 , 11 )= 0
S( 9 , 12 )= 0	S( 9 , 13 )= 0	S( 9 , 14 )= 0
S( 10 , 1 )= 0	S( 10 , 2 )= 0	S( 10 , 3 )= 0
S( 10 , 4 )= 0	S( 10 , 5 )= 0	S( 10 , 6 )= 0
S( 10 , 7 )= 0	S( 10 , 8 )= 0	S( 10 , 9 )= 0
S( 10 , 10 )= 0	S( 10 , 11 )= 0	S( 10 , 12 )= 0
S( 10 , 13 )= 0	S( 10 , 14 )= 0	S( 11 , 1 )= 0
S( 11 , 2 )= 0	S( 11 , 3 )= 0	S( 11 , 4 )= 0
S( 11 , 5 )= 0	S( 11 , 6 )= 0	S( 11 , 7 )= 0
S( 11 , 8 )= 0	S( 11 , 9 )= 0	S( 11 , 10 )= 0
S( 11 , 11 )= 0	S( 11 , 12 )= 0	S( 11 , 13 )= 0
S( 11 , 14 )= 0		

NEW SET OF POWER LAW PARAMETERS FOR SIGMA Z

$\alpha = .15$

$\beta = .75$

CONCENTRATIONS FROM GROUND SOURCES

A( 5 , 5 )= 206.6	A( 5 , 6 )= 260.8	A( 5 , 7 )= 484.5
A( 5 , 8 )= 253.2	A( 5 , 9 )= 79.8	A( 5 , 10 )= 65.0
A( 6 , 5 )= 90.8	A( 6 , 6 )= 277.9	A( 6 , 7 )= 633.6
A( 6 , 8 )= 554.9	A( 6 , 9 )= 374.2	A( 6 , 10 )= 222.4
A( 7 , 5 )= 61.3	A( 7 , 6 )= 100.6	A( 7 , 7 )= 377.4
A( 7 , 8 )= 541.0	A( 7 , 9 )= 416.2	A( 7 , 10 )= 144.9

P.M.

MATRISI DATALARI

WIND ROSE

$F(1) = .145$     $F(2) = .101$     $F(3) = .154$     $F(4) = .073$     $F(5) = .046$   
 $F(6) = .006$     $F(7) = .009$     $F(8) = .013$     $F(9) = .048$     $F(10) = .068$   
 $F(11) = .1$     $F(12) = .035$     $F(13) = .049$   
 $F(14) = .036$     $F(15) = .061$     $F(16) = .057$

NO.ROWS= 11

NO.COLUMNS= 14

NO.= 1

NO.EFFECT SOURCE HTS= 1

BOX IN M= 2000

RURAL SOURCE STRENGTHS= 0

WIND SPEED= 2.3 M/SN

$S(1, 1) = 0$	$S(1, 2) = 0$	$S(1, 3) = 0$
$S(1, 4) = 0$	$S(1, 5) = 0$	$S(1, 6) = 0$
$S(1, 7) = 0$	$S(1, 8) = 0$	$S(1, 9) = 0$
$S(1, 10) = 0$	$S(1, 11) = 0$	$S(1, 12) = 0$
$S(1, 13) = 0$	$S(1, 14) = 0$	$S(2, 1) = 0$
$S(2, 2) = 0$	$S(2, 3) = 0$	$S(2, 4) = 0$
$S(2, 5) = 0$	$S(2, 6) = 0$	$S(2, 7) = 0$
$S(2, 8) = 0$	$S(2, 9) = 0$	$S(2, 10) = 0$
$S(2, 11) = 0$	$S(2, 12) = 0$	$S(2, 13) = 0$
$S(2, 14) = 0$	$S(3, 1) = 0$	$S(3, 2) = 0$
$S(3, 3) = 0$	$S(3, 4) = 0$	$S(3, 5) = 0$
$S(3, 6) = 0$	$S(3, 7) = 0$	$S(3, 8) = 0$
$S(3, 9) = 0$	$S(3, 10) = 0$	$S(3, 11) = 0$
$S(3, 12) = 0$	$S(3, 13) = 0$	$S(3, 14) = 0$
$S(4, 1) = 0$	$S(4, 2) = 0$	$S(4, 3) = 0$
$S(4, 4) = 0$	$S(4, 5) = 0$	$S(4, 6) = 0$
$S(4, 7) = 0$	$S(4, 8) = 0$	$S(4, 9) = 0$
$S(4, 10) = 0$	$S(4, 11) = 0$	$S(4, 12) = 0$
$S(4, 13) = 0$	$S(4, 14) = 0$	$S(5, 1) = 0$
$S(5, 2) = 0$	$S(5, 3) = 0$	$S(5, 4) = 0$
$S(5, 5) = 2.3$	$S(5, 6) = 2.6$	$S(5, 7) = 5.7$
$S(5, 8) = 2.5$	$S(5, 9) = .3$	$S(5, 10) = .3$
$S(5, 11) = 0$	$S(5, 12) = 0$	$S(5, 13) = 0$
$S(5, 14) = 0$	$S(6, 1) = 0$	$S(6, 2) = 0$
$S(6, 3) = 0$	$S(6, 4) = 0$	$S(6, 5) = .3$
$S(6, 6) = 2.3$	$S(6, 7) = 6.8$	$S(6, 8) = 5.9$
$S(6, 9) = 3.9$	$S(6, 10) = 2.3$	$S(6, 11) = 0$

S( 6 , 12 )= 0	S( 6 , 13 )= 0	S( 6 , 14 )= 0
S( 7 , 1 )= 0	S( 7 , 2 )= 0	S( 7 , 3 )= 0
S( 7 , 4 )= 0	S( 7 , 5 )= 0	S( 7 , 6 )= 0
S( 7 , 7 )= 3.3	S( 7 , 8 )= 5.6	S( 7 , 9 )= 4.4
S( 7 , 10 )= 1.2	S( 7 , 11 )= 0	S( 7 , 12 )= 0
S( 7 , 13 )= 0	S( 7 , 14 )= 0	S( 8 , 1 )= 0
S( 8 , 2 )= 0	S( 8 , 3 )= 0	S( 8 , 4 )= 0
S( 8 , 5 )= 0	S( 8 , 6 )= 0	S( 8 , 7 )= 0
S( 8 , 8 )= 0	S( 8 , 9 )= 0	S( 8 , 10 )= 0
S( 8 , 11 )= 0	S( 8 , 12 )= 0	S( 8 , 13 )= 0
S( 8 , 14 )= 0	S( 9 , 1 )= 0	S( 9 , 2 )= 0
S( 9 , 3 )= 0	S( 9 , 4 )= 0	S( 9 , 5 )= 0
S( 9 , 6 )= 0	S( 9 , 7 )= 0	S( 9 , 8 )= 0
S( 9 , 9 )= 0	S( 9 , 10 )= 0	S( 9 , 11 )= 0
S( 9 , 12 )= 0	S( 9 , 13 )= 0	S( 9 , 14 )= 0
S( 10 , 1 )= 0	S( 10 , 2 )= 0	S( 10 , 3 )= 0
S( 10 , 4 )= 0	S( 10 , 5 )= 0	S( 10 , 6 )= 0
S( 10 , 7 )= 0	S( 10 , 8 )= 0	S( 10 , 9 )= 0
S( 10 , 10 )= 0	S( 10 , 11 )= 0	S( 10 , 12 )= 0
S( 10 , 13 )= 0	S( 10 , 14 )= 0	S( 11 , 1 )= 0
S( 11 , 2 )= 0	S( 11 , 3 )= 0	S( 11 , 4 )= 0
S( 11 , 5 )= 0	S( 11 , 6 )= 0	S( 11 , 7 )= 0
S( 11 , 8 )= 0	S( 11 , 9 )= 0	S( 11 , 10 )= 0
S( 11 , 11 )= 0	S( 11 , 12 )= 0	S( 11 , 13 )= 0
S( 11 , 14 )= 0		

## NEW SET OF POWER LAW PARAMETERS FOR SIGMA Z

R= .15

B= .75

## CONCENTRATIONS FROM GROUND SOURCES

A( 5 , 5 )= 143.5	A( 5 , 6 )= 178.5	A( 5 , 7 )= 332.3
A( 5 , 8 )= 171.4	A( 5 , 9 )= 52.0	A( 5 , 10 )= 42.1
A( 6 , 5 )= 63.4	A( 6 , 6 )= 188.5	A( 6 , 7 )= 430.9
A( 6 , 8 )= 376.5	A( 6 , 9 )= 255.8	A( 6 , 10 )= 154.1
A( 7 , 5 )= 38.3	A( 7 , 6 )= 68.4	A( 7 , 7 )= 258.7
A( 7 , 8 )= 369.4	A( 7 , 9 )= 285.6	A( 7 , 10 )= 97.7

## KAYNAKLAR

- 1) T.K.İ. Marmara Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü, Bursa 1991
- 2) Bursa Büyükşehir Belediyesi Tanzim Şatış Müdürlüğü,1991
- 3) Perkins, H.C., "Air Pollution", McGraw-Hill Publishing Co.,1974
- 4) T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Çevre İstatistikleri
- 5) Hanna, S.R. and Gifford, F.A., "Application of the ATDL Simple Urban Dispersion Model to Frankfurt, West Germany Proceedings of the NATO/CCMS 8th International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, Louvain- La-Neuve, Belgium,1977
- 6) Munshi, U. and Patil R.S., "Application of ATDL Type Mode Bombay", Journal of the Air Pollution Control Association, Volume 31,998-1001, 1981
- 7) Hanna, S.R., "An Air Quality Model for Knox County, Tennessee", Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory, Report No 55, Box E, Oak Ridge, Tennessee, 1972
- 8) Hanna, S.R., "Application of the Simple Dispersion Model to a Rural Industrial Region" presented at the 3rd Annual Industrial Air Pollution Control Conference,Knoxville, Tennessee,1973
- 9) Ertürk, F.,Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi,1981
- 10) Smith, M.E.(Editor),"Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents", ASME, IX and 88 pp,1968

11) Hanna, S.R., "Description of ATDL Computer Model for Dispersion from Multiple Sources", in Industrial Air Pollution Control, K. Noll and J. Duncan, Ann Arbor Science Inc., P.O. Box 1425, 1973



## ÖZGEÇMİŞ

1967 yılında Bursa'da doğan Nedim VARDAR, ilk ve orta öğrenimini Bursa'da tamamladıktan sonra 1985 yılında İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümüne girdi. 1988-1989 Öğretim Yılında bu bölümde lisans öğrenimini tamamladı. Bir yıl İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans Hazırlık Sınıfında okuduktan sonra 1990 yılında Y.T.Ü Çevre Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisansa başladı. Aynı yıl Çevre Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı bölümde Araştırma Görevliliği görevini sürdürmektedir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ