

33670

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**1992-1993 ISINMA MEVSİMİNDE KONYA'DAKİ
HAVA KİRLİLİĞİNİN METEOROLOJİK
PARAMETRELERE GÖRE
DEĞİŞİMİ VE ÖNLEME ÇARELERİ**

Ünal ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT ANABİLİM DALI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DENEYİM MERKEZİ

Bu tez tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Tamer YILMAZ
(Danışman)

İmza

(Üye)

İmza

(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
1992-1993 ISINMA MEVSİMİNDE
KONYA'DAKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN METEOROLOJİK
PARAMETRELERE GÖRE DEĞİŞİMİ VE
ÖNLEME ÇARELERİ

Ünal ÖZ
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tamer YILMAZ
1993, Sayfa: 63

Jüri: Prof. Dr. Tamer YILMAZ
Yrd. Doç. Dr. Yüksel BURDURLU
Yrd. Doç. Dr. İSMET UÇAN

Hava kirliliğinin başlıca iki kaynağını oluşturan SO₂ ve duman miktarının ısınma mevsimine ait aylarda artmasında pek çok faktör etkili olmaktadır. Kalitesi düşük yakıtların kullanılması, yakma olayının teknik kurallara uygun olarak yapılmaması, ısınma standartlarına uyulmaması, kentin topoğrafik konumu ve meteorolojik parametrelerin uygunsuzluğu bu faktörlerin başlıcaları olarak kabul edilebilir. Son yıllarda tüm yurttaki olduğu gibi Konya ilinde de hava kirliliği canlı hayatı tehlikeye sokan boyutlara ulaşmıştır. Kirliliğin boyutlarını belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, Konya kent merkezi atmosferindeki SO₂ ve duman gibi kirlleticilerin Şubat 92 - Ocak 93 dönemine ait konsantrasyon değerleri üç ayrı istasyonda ölçülmüş ve meteoroloji istasyonundan sağlanan meteorolojik parametrelerle olan ilişkileri incelenmiştir.

SO₂ miktarının ölçülmesinde Asidimetrik yöntem, duman miktarının ölçülmesinde ise OECD Filter Soiling yöntemi kullanılmıştır. Ölçümler günlük olarak yapılmış, daha sonra aylık ortalama değerler hesaplanmış, ortalama değerlerin meteorolojik parametrelerle (yağış, sıcaklık, rüzgar hızı, nem ve basınç) ilişkisini belirlemek için çoklu regresyon denklemlerinden yararlanılmıştır. Sonuçta, Konya'da hava kirliliğini önlemek için kısa ve uzun vadede alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur.

ABSTRACT

Masters Thesis
THE RELATIONSHIPS WITH THE METEOROLOGICAL
PARAMETERS OF AIR POLLUTION IN KONYA
IN 1992-1993 HEATING SEASONS AND
SUGGESTED SOLUTIONS

Ünal ÖZ
Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tamer YILMAZ
1993, Page: 63

Jury: Assoc. Prof. Dr. Tamer YILMAZ
Assoc. Prof. Dr. Yüksel BURDURLU
Assoc. Prof. Dr. İSMET UÇAN

Several factors effect the increase of SO₂ and smoke which are two main sources of the air pollution in the winter season. These factors are, the lack of technical knowledge in using fuels, low quality of using fuel in the heating, not obeying the rules with regard to the standart concerning optimum heating, topographical stiuation of the region and meteorological parameters. In recent years, the air pollution has increased up to maximum level which is dangerous for the creatures. Therefore, in this study, it was investigated the relationships between the meteorological parameters obtained from the meteorology Station of Konya and the concentration values of SO₂ with amount of smoke which were measured in three different station during February 1992 - January 1993.

The amount of SO₂ and smoke have been measured by the acidimetric method and the OECD Filter Soiling method, respectively. The month mean values were obtained from the daily measurements. Then by applying the multiple regression analysis method the statistical relationships have been derived between the month mean values and the meteorological parameters (amount of precipitation, tempeture, speed of wind, humadity, atmospheric pressure). As a result, the some offers have been proposed to prevent the air pollution in Konya.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimin programlanmasında ve gerçekleştirilmesinde ayrıca karşılaştığım zorlukların çözümünde yardımcı olan, değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tez danışmanı Sayın Prof. Dr. Tamer YILMAZ'a,

Ölçüm aletlerinin yerlerinin seçiminde ve yerleştirilmesinde yardımcı olan bölüm başkanı Sayın Prof. Mustafa KARADUMAN'a,

Tez hazırlanmasında kullandığım bazı meteorolojik parametrelerin sağlanmasında yardımlarını gördüğüm Konya Meteoroloji Müdürlüğü ilgili personeline, ayrıca tezin yazımında katkılarını gördüğüm Sayın Mustafa ERDEN'e,

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER	vi
1. GİRİŞ	1
2. KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. HAVA KİRLİLİĞİ, KAYNAKLARI, ZARARLI ETKİLERİ ve METEOROLOJİK PARAMETRELERLE OLAN İLİŞKİSİ.....	8
3.1. Hava Kirliliği	8
3.1.1. Hava kirliliğinin kaynakları.....	8
3.1.1.1. Kentleşme.....	9
3.1.1.2. Endüstrileşme.....	10
3.1.1.3. Taşıtlar.....	10
3.1.2. Hava kirliliğinin insan ve çevresine etkileri	11
3.1.2.1. Asit yağmurlarının zararlı etkileri	11
3.1.2.2. Çeşitli gazların insan ve çevresine etkileri.....	12
3.1.2.2.1. İnsan sağlığına etkileri.....	12
3.1.2.2.2. Hayvan ve bitkilere etkileri.....	13
3.1.2.2.3. İklim etkileri.....	14
3.2. Partikül Madde (Duman) ve SO ₂ Ölçümünde Kullanılan Yöntem ve Cihazlar	15
3.3. Hava Kirliliğinin Meteoroloji İle İlişkisi.....	16
3.4. Duman ve SO ₂ ile İlgili Uluslararası Standartlar ve Türkiye'deki Durum	19
4. MATERYAL ve METODLAR.....	21
4.1. Materyal	21

4.1.1. Araştırma bölgeleri.....	21
4.1.2. Konya ilinin coğrafi ve topoğrafik durumu.....	23
4.1.3. Konya'nın şehirleşmesi, sosyal ve ekonomik durumu.....	23
4.1.4. Konya ilinde kullanılan yakıt türleri ve miktarları.....	24
4.1.5. Konya iline ait taşıt ve trafik durumu.....	25
4.1.6. Konya iline ait meteorolojik parametreler.....	25
4.1.7. SO ₂ ve duman ölçümünde kullanılan cihazlar ve diğer gerekli malzemeler.....	33
4.2. Metodlar.....	34
4.2.1. SO ₂ miktarının belirlenmesi.....	34
4.2.1.1. Stok çözelti hazırlanması.....	35
4.2.1.2. Gerçek numune titrasyonu ve SO ₂ tayini.....	36
4.2.2. Partikül madde miktarının belirlenmesi.....	36
4.2.2.1. Örneklerin alınması.....	37
4.2.2.2. Duman lekelerinin tesbit edilmesi yoluyla duman miktarının belirlenmesi.....	38
4.3. Ölçüm Sonuçlarına Göre Belirlenen Değerlerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	39
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMASI.....	40
5.1. Duman ve SO ₂ Konsantrasyonları İle İlgili Sonuçlar ve Tartışması.....	40
5.2. Kirletici Konsantrasyonlarının İstatistiksel De- ğerlendirilmesi.....	53
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	61

SİMGELER

A	: Alan	(m ²)
B	: Bulutluluk	
B _i	: Modelin parametre değeri	
C	: Konsantrasyon	(μg/m ³)
H	: Karışma yüksekliği	(m)
İ _x	: Yatay türbulans şiddeti	(rad)
İ _y	: Düşey türbulans şiddeti	(rad)
K	: Denklem sabiti	
N	: Normal (0.01 oranında)	
PM	: Partikül Madde	(μg/m ³)
ppm	: Milyonda kısım	
R	: Yağış miktarı	(mm)
S	: Yüzey Konsantrasyonu	(μg/m ³)
Sm	: Duman	
μ	: Mikron	
T	: Sıcaklık	(°C)
U	: Rüzgar hızı	(m/s)
V ₁	: Titrasyonda harcanan Na ₂ CO ₃ hacmi	(ml)
V ₂	: Geçen hava hacmi	(m ³)
Y	: Bağımlı değişken	
X _{ij}	: Bağımsız değişken	

1. GİRİŞ

Çevre kirlenmesi günümüzde önemli boyutlarda olup, bunun sonucu olarak büyük ölçüde kirlenen hava, su ve toprak canlılar için zararlı bir duruma gelmiştir [1].

Günümüz dünyasındaki nüfus artışı, hızlı kentleşme ve ileri teknoloji sonucu oluşan ve doğal kaynakları tehdit eden çevre kirlenmesi insanlığın en önemli sorununu oluşturmakta, başta insan olmak üzere tüm canlılar çevre kirlenmesinden önemli ölçüde etkilenmekte, bazı durumlarda yaşamları sınırlanmakta, hastalanmakta hatta ölmektedirler. Zira insanların, yaşam ortamlarında sonradan oluşan kirlenmelere alışmaları mümkün olamamaktadır. Ortamda oluşan rahatsız edici ve zararlı etkilerin tümü Çevre Kirlenmesi (Pollution) adı altında toplanmakta ve "insanların her türlü faaliyetleri sonucu hava, su ve toprakta yarattıkları olumsuz gelişmelere paralel olarak ekolojik dengenin bozulması yine aynı uğraşlar sonucu ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede oluşturduğu arzu edilmeyen sonuçları" şeklinde tanımlanmaktadır [2].

Bir yetişkin insan günde 2.5 kg kadar su ve 1.5 kg kadar besin almasına karşılık, yaklaşık olarak 15 m³ kadar hava alır. O halde insanın dışarıdan aldığı maddeler arasında hava, miktar bakımından başta gelmektedir. Konut ve fabrika bacalarından çıkan gazlar, otomobillerden çıkan eksoz gazları içinde bulunan ve canlılar için zararlı olan çeşitli maddelerin havaya karışması ve onun bileşimini bozması 20. yüzyıl insanını hava kirliliği sorunu ile karşı karşıya bırakmıştır [3].

1930'lara kadar kentlerde atmosferin kirlenmesi, daha çok ekonomik bir sorun olarak ele alınmıştır. Başka bir deyişle atmosferin kirlenmesinin getirdiği çeşitli ekonomik zararların (binalar, eşya ve bitkiler v.s. üzerine olan etkilerinin) önlenmesi esas amacı oluşturmuştur. Özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra ise, konu daha çok toplum sağlığı bakımından ele alınmaya başlamıştır [4].

Kirli hava fazla miktarda, duman, kükürt dioksit, karbonmonoksit, azot

oksitleri gibi gazları, kurşun, nikel gibi metalleri ve toz taneciklerini kapsayan ve fena kokan bir havadır [5]. Diğer bir tanımla hava kirliliği atmosferde, toz, gaz, duman, koku ve su buharı şeklinde bulunabilecek kirleticilerin insan ve diğer canlılar ile eşyaya zarar verici miktara yükselmesi olarak ifade edilebilir [6]. Hava kirliliği genellikle yanmadan kaynaklanmaktadır. Bu da yakılan yakıtın miktarına, yanma özelliğine, yakma sistemine, atmosfere verilme biçimine, topoğrafik ve meteorolojik şartlara bağlı olarak değişmektedir [7].

Hava kirliliğinin esasını oluşturan, kükürtçe zengin kömürlerin kullanılması sonucu, atmosfere karışan SO_2 ve NO_x 'in suyla birleşmelerinden kaynaklanan "asidifikasyon olayı" yahut "çevrenin asitleşmesi" bugün Avrupa'nın üzerinde durduğu ve ülke olarak bizi de ilgilendiren bir olaydır. Asit yağmurları veya "ölüm yağmurları" konusu Avrupa Konseyi'ni ve Çevre Bilimcilerini uğraştıran bir konu haline gelmiş bulunmaktadır [8]. Sanayi kuruluşlarının ve evsel baca gazlarının hava kirliliğine olan olumsuz etkileri SO_2 , duman v.b. hava kirleticileri ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişki incelenerek ortaya konulabilir.

Türkiye'nin birçok büyük şehrinde olduğu gibi Konya da yoğun bir hava kirliliğinin etkisi altındadır. Gerek meteorolojik şartların ve topoğrafik durumun olumsuzluğu, gerekse şehir planlanmasındaki yanlışlıklar kirletici faktörlerin uzun süre atmosferde kalmasına yol açmaktadır.

Kükürtçe zengin kömürlerin yakılması sonucu ortaya çıkan SO_2 ve duman gibi kirleticiler, meteorolojik şartların da olumsuz olması durumunda yerleşim merkezinde yoğunlaşmakta bu da insan ve diğer canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemekte hatta ölümlere bile sebep olabilmektedir [9].

Kış aylarında Konya'da büyük boyutlara ulaşan hava kirliliğinin meteorolojik parametrelerle değişiminin nasıl gerçekleştiğinin tesbit edilmesi bu çalışmanın ana konusunu oluştururken, diğer yandan kirliliğe sebep olan kaynaklar incelenmiş ve alınması gereken önlemler belirtilmiştir.

2. KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Hava kirliliği sorunu daha önceleri bugünkü boyutlarda olmayan bir durumdaydı. Elde mevcut belgelerden toplumların ve hükümetlerin, atmosferin insanlar ve endüstri tarafından kirletilmesi ile ilgilenmesinin tarihçe bakımından oldukça eski olduğunu göstermektedir. Nitekim, söz konusu belgelerden, 1303 yılında İngiltere'de ocaklarda bitümlü kömürün yakılmasının bir kanunla yasaklandığı anlaşılmaktadır. Hatta, bu yasanın Büyük Britanya Meclisindeki görüşülmesi sırasında, konacak yasağa uymayanlara ölüm cezasının verilmesi bile önerilmiştir. 1881 yılında İngiliz hükümeti, yalnız hava kirlenmesi konusu ile meşgul olmak üzere bir ihtisas komisyonu kurmuştur. Bunu 1894-1895 yıllarında Almanya ve Fransa Hükümetleri tarafından aynı amaçla milli komisyonların kurulması izlemiştir [4].

1930'lu yıllara kadar kirlilik, sadece ekonomik yönden ele alınmışsa da ilerleyen yıllarda ve özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra toplum sağlığı üzerinde oynadığı olumsuz etkileri de dikkate alınmıştır [4].

Herhangi bir bölgede hava kirliliği, sadece kirlilik kaynaklarından çıkan kirlilik miktarına bağlı kalmamakta aynı zamanda bölgenin meteorolojik şartlarına da bağlı bulunmaktadır. Laboratuvarlarda, meteorolojik parametrelerle SO₂ ve duman değişimini açıklayan istatistiki çalışmalarda, farklı metodlar uygulanmaktadır.

1962 yılında Londra'da 12 istasyonda yapılan ölçümlerle özellikle SO₂ ve rüzgar arasındaki ilişkiyi belirleyen regresyon eşitliği geliştirilmiştir [10]. Bu eşitlik;

$$C_{SO_2} = \frac{K}{U^{0.54}} \text{ şeklinde verilmektedir.} \quad (2.1)$$

Aynı araştırma sonucu ortalama SO₂ konsantrasyonunun merkezde yüksek seviyede olduğu, merkezden kenarlara doğru hakim rüzgara bağlı olarak azalma gösterdiği kaydedilmiştir. Batı Almanya'nın Karlsruhe şehrinde 1965 yılında günlük SO₂

miktarları ile iki meteorolojik parametreyi içeren çoklu regresyon eşitliği geliştirilmiştir [11]. Bu eşitlik;

$$C_{SO_2} = \frac{K \cdot (25-T)^{1.10}}{U^{0.43}} \text{ olarak verilmiştir.} \quad (2.2)$$

Yukarıda geliştirilmiş olan çoklu regresyon denkleminin çoklu korelasyon katsayısı $R = 0.81$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ışığı altında sıcaklık ve rüzgar hızının artmasına karşılık SO_2 'nin azaldığı belirtilmiştir.

1962-1969 kış mevsimleri (Ekim-Mart) döneminde Hollanda'nın Rotterdam şehrinde altı kış periyodu için günlük SO_2 değerlerinin sıcaklık, rüzgar hızı ve yağış miktarını içeren üç meteorolojik parametre ile ilişkisi çoklu regresyon analizi yardımıyla hesaplanmaya çalışılmış ve aşağıdaki denklem geliştirilmiştir [12]:

$$Y_{SO_2} = 440.84 - 0.352T - 0.0106R - 35.16 U \quad (2.3)$$

Bu bağıntı için çoklu korelasyon katsayısı $R = 0.96$ olarak belirlenmiştir.

Bu araştırmada hava sirkülasyonunun az olduğu günlerde, SO_2 konsantrasyon değerlerinin oldukça yükseldiği gözlenmiş, bu sonuçlara bakarak gerçekte yoğunlaşan ve gelişen endüstrinin kükürtdioksit konsantrasyon değerlerinin artmasına ana kaynak oluşturduğu, ancak yüksek oranda SO_2 içeren yakıtlar yerine doğal gaz kullanılmasının problemin çözümünde izlenecek en doğru yol olduğu belirtilmiştir.

İngiltere'nin Reading kasabasında 1967 yılında, 15 aylık süre içinde, hidrojenperoksit yöntemi ile günlük SO_2 ölçümleri yapılmıştır [13]. 40 istasyondan alınmış olan günlük ortalama SO_2 değerlerinin aynı gün ölçülmüş olan rüzgar hızı, sıcaklık, bulutluluk, yatay ve dikey türbülans şiddeti gibi meteorolojik parametrelerle olan ilişkileri incelenmiş ve aşağıdaki gibi bir denklem geliştirilmiştir.

$$\ln SO_2 = 2.44 + 0.96 \ln T_{15} + 0.08 \ln I_y + 0.023 \ln I_x - 0.19 \ln U - 0.03 \ln B \quad (2.4)$$

Yukandaki denklemlerle çoklu regresyon katsayısı $R = 0.76$ olarak bulunmuştur. Bu çalışma sonucu bölgedeki hava sıcaklığının artmasıyla, SO_2 konsantrasyonunun dağılım oranının azaldığı, ayrıca hem endüstriyel hem de konut bacalarının 21 m yükseklikten az olması durumunda kirliliğin 1000 m²'lik bir alana yayıldığı belirlenmiştir.

İsveç'in başkenti Stockholm'de 1967-1969 kış mevsimlerinde (Ekim-Mart) dört ayrı ölçüm bölgesinde günlük ortalama SO_2 konsantrasyon ölçümleri yapılarak, meteorolojik parametrelerle (sıcaklık, rüzgar hızı ve karışma yüksekliği) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir [14]. Sonuçta;

$$CSO_2 = 0.0137 (25-T)^{0.85} \cdot H^{0.17} \cdot U^{-0.26} \quad (2.5)$$

bağıntısı verilmiştir.

Bu bağıntıya göre çoklu korelasyon katsayısı $R = 0.83$ olarak hesaplanmıştır. SO_2 ölçümlerinde hidrojenperoksit (asidimetrik) yöntemi uygulanmıştır.

Kopenhag'da yapılan çalışmalarla da SO_2 'nin meteorolojik parametrelerle nasıl değiştiği incelenmiştir [15]. 1970-1973 yıllarına ait kış aylarının (Eylül-Mart) günlük SO_2 miktarları ile meteorolojik değerler kullanılarak SO_2 konsantrasyonunun sıcaklık, rüzgar hızı ve karışma yüksekliği ile nasıl değiştiği açıklanmaya çalışılmıştır. Yaklaşık 600 gün tutan bu ölçümler sonucu şunlar belirlenmiştir:

Hava kirliliğine etki eden faktörlerden, rüzgar hızı dışında bütün faktörlerin sabit olduğu süreyi seçmek mümkün olmadığından rüzgar hızı arttıkça SO_2 miktarının da azaldığı kabul edilmiştir.

SO_2 'nin rüzgar yönünde yayılacağı belirtilmiştir. Hava sıcaklığının artmasına bağlı olarak yakıt miktarı tüketiminin azalması nedeniyle sıcaklıkla kirlilik arasındaki ilişkinin, Kopenhag'da ters orantılı olduğu gözlenmiştir.

Nisan 1984 - Ocak 1986 döneminde Erzurum'da hava kirliliği araştırılmış ve meteorolojik parametrelerle nasıl değiştiği istatistiki yönden incelenmiştir [16].

X_1 , aylık ortalama atmosfer basıncı, mbar

X_2 , aylık ortalama hava sıcaklığı, °C

X_3 , aylık ortalama nisbi nem, %

X_4 , aylık ortalama rüzgar hızı, m/s.

X_5 , aylık ortalama güneşlenme süresi, saat/gün olmak üzere

$$Y_{SO_2} (\mu g/m^3) = 7714 - 8.844X_1 - 0.1989X_2 - 0.5861X_3 - 90.33X_4 - 25.82X_5 \quad (2.6)$$

$$Y_{NO_2} (\mu g/m^3) = 3604 - 4.084X_1 - 0.7442X_2 - 0.0561X_3 - 44.31X_4 - 14.22X_5 \quad (2.7)$$

$$Y_{P.M.} (\mu g/m^3) = 2003 - 2.149X_1 - 1.496X_2 + 0.5604X_3 - 54.33X_4 - 10.20X_5 \quad (2.8)$$

denklemlerini bulunmuştur. Verilen regresyon denklemlerinin korelasyon katsayıları istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde önemli hesaplanmıştır. Bu denklemlerde yer alan bağımsız meteorolojik parametrelerin sayısını azaltmak amacıyla, her bağımsız değişkene ait regresyon katsayıları t-testi ile incelenmiş, kirletici madde miktarlarını etkileyen en önemli iki meteorolojik parametre ile kirletici miktarları arasındaki ilişki çoklu regresyon denklemleriyle gösterilmiştir. Sonuçta:

$$Y_{SO_2} (\mu g/m^3) = 267.28 - 9.546X_1 - 32.026X_2, \quad (2.9)$$

$$Y_{NO_2} (\mu g/m^3) = 131.37 - 5.906X_1 - 3.377X_2 \text{ ve} \quad (2.10)$$

$$Y_{P.M.} (\mu g/m^3) = 194.75 - 5.450X_1 - 30.818X_2 \quad (2.11)$$

denklemleri elde edilmiştir. Denklemlerde X_1 hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ve X_2 rüzgar hızı (m/s) olarak tanımlanmıştır. Denklemlerin incelenmesinden de görüleceği gibi; hava sıcaklığı ve rüzgar hızındaki azalmalara bağlı olarak kirlilik miktarı artmaktadır. Hava kirliliğinin artması özellikle, durgun hava şartlarında inversiyon olayının görülmesine bağlı olmaktadır.

Yine Konya'da 1990-1991 ısınma döneminde hava kirliliğinin meteorolojik parametrelerle nasıl değiştiği araştırılmış ve aralarındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir [17]. Buna göre;

X_1 , Sıcaklık	X_5 , Basınç
X_2 , Rüzgar hızı	X_6 , Yağış miktarı
X_3 , Rüzgar yönü	X_7 , Güneş ışınları şiddeti
X_4 , Nem	X_8 , İncersiyon yüksekliği

olmak üzere;

$$Y_{\text{SO}_2} = 412.7974 - 196464X_1 - 36.5742X_2 + 0.0304 \quad (2.12)$$

$$Y_{\text{Duman}} = -4145.0036 - 12.6965X_2 + 2.4699X_4 + 4.5452X_5 + 0.0093X_8 \quad (2.13)$$

denklemleri belirlenmiştir.

Araştırma sonucu denklemler ışığı altında, havadaki SO_2 miktarının sıcaklık ve rüzgar hızı ile azalmasına karşılık, inversiyon yüksekliğinin de SO_2 'ye bağlı olarak arttığı belirtilmiş, duman miktarının ise inversiyon yüksekliği ve rüzgar hızına bağlı bulunduğunu aynı zamanda nem ve basınç miktarlarıyla da ilişkili olduğu belirlenmiştir.

3. HAVA KİRLİLİĞİ, KAYNAKLARI, ZARARLI ETKİLERİ ve METEOROLOJİK PARAMETRELER İLE OLAN İLİŞKİSİ

3.1. Hava Kirliliği

Atmosferi oluşturan gazların karışımı olan hava, normal koşullarda azot (% 78.09), oksijen (% 20.95), argon (% 0.93), karbondioksit (% 0.03) ve çok düşük oranlarda bulunan diğer gazları içerir. Atmosferin içerdiği su buharı miktarı da bölgelere ve atmosferik koşullara bağlı olarak değişimler gösterir. Normal havanın canlılara ve doğaya zarar verici hale gelmesi kirlenici denilen unsurların fazlalaşmasıyla olur. Buna göre Hava Kirliliği "Atmosferde toz, gaz, duman, koku, su buharı şeklinde bulunabilecek kirlenicilerin insan ve diğer canlılarla, eşyaya zarar verecek düzeye yükselmesi" şeklinde tanımlanabilir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi, hava kirliliğinde miktarı önemli olan kirleniciler birincil kirleniciler ve ikincil kirleniciler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Birinci derecedeki kirlenicileri belirli kaynaktan atmosfere bırakılan ve değişmeyen maddeler, ikinci derecedeki kirlenicileri ise atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar sonucu meydana gelen maddeler oluşturur [2].

Teknolojik gelişme, hızlı nüfus artışı, tabii yıpranma, artan sanayileşme, motorlu taşıt araçlarının her geçen gün biraz daha artması ve orman alanlarının gün geçtikçe azalması özellikle son yıllardaki hava kirliliğinin hızla artmasına neden olarak gösterilmektedir [18].

3.1.1. Hava kirliliğinin kaynakları

Hava kirliliğine neden olan başlıca kaynakları hızlı kentleşme, endüstrileşme ve her geçen gün hızla artan motorlu araçlar oluşturur. Bunlardan çıkan tozlar ve zararlı gazlar fiziksel kirleniciler ve kimyasal kirleniciler olarak iki ana grupta incelenebilir. Genel olarak fiziksel kirlenicileri katı parçacıklar (Anorganik maddeler

= Ca, Cd, Zn, Pb, tozlar) kimyasal kirleticileri de kükürt bileşikleri (SO₂, H₂S), azot bileşikleri (NO, NO₂), oksijen bileşikleri (CO, CO₂), halojen bileşikleri (HF, HCL), organik bileşikler (aldehitler, hidrokarbonlar, katranlar) ve radyoaktif maddeler (radyoaktif gazlar) oluşturur [2].

3.1.1.1. Kentleşme

Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de hava kirliliğinin ve diğer kirliliklerin en önemli nedenini hızlı kentleşmeler oluşturmaktadır. Zira normal bir şehrin günlük atığında hava, su ve toprak kirleticileri bol olarak bulunur. Hava kirlenmesi özellikle ısıtma sistemlerindeki, yakma tekniği ve yakıt kalitesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin 3 milyon kişinin oturduğu bir şehirde günde 2×10^6 kg madde (çöp, döküntü v.b.) ve önemli miktardaki atık ısı havaya karışmaktadır.

Şehirlerdeki hava kirliliği sadece nüfus yoğunluğuna bağlı olmayıp, aynı zamanda şehrin topoğrafik ve iklimsel koşullarının da etkisindedir. Diğer bir deyişle şehrin uygun olmayan bir bölgeye kurulması, yanlış parselasyon ve yeşil alan azlığı, hava kirliliğinin artmasına neden olur. Zira uygun olmayan çukur bölgelerde kurulmuş şehirlerdeki kent içi hava sıcaklığı yerden yukarıya doğru düzensizlikler gösterir. Dolayısıyla kent üzerinde yüksek oranda gaz ve toz konsantrasyonuna sahip bir toz kubbesi oluşur. Eğer şehirdeki soğuma yukarıya çıktıkça düzenli şekilde azalırsa kent üzerinde normal hava döngüsü oluşur. Dolayısıyla kirli hava tabakası oluşmaz. Eğer kent içindeki sıcak hava yüksekliğe paralel olarak önce soğur sonra yeniden ısınmaya başlarsa bu hava tabakası alttaki hava tabakasının üstünü bir kapak gibi örter. Bu olaya inversiyon; aradaki hava tabakasına da inversiyon zonu (durgun hava) denir. Yukarıda sözü edilen toz kubbesi bu zonu altında yer alır [2]. Şehirlerdeki ısıtma sisteminin neden olduğu hava kirliliğine ait en iyi örneklerden birini Erzurum oluşturur. Etrafı dağlarla çevrili olan bir yörede bulunan Erzurum yaz-kış sıcaklık farkları yüksek, nisbi nemi düşük, hakim rüzgarları düşük hızda olan bir yerleşim merkezidir [2].

3.1.1.2. Endüstrileşme

Endüstrinin neden olduğu hava kirliliği esas olarak yanlış yer seçimi ve atık gazların yeterli teknik önlemler alınmadan havaya bırakılması sonucu oluşur. Hava kirlenmesine neden olan endüstriler; gübre (SO_2 , H_2S , CO , NH_3 , florlu gazlar, toz ve kül) demir-çelik (baca gazları, duman, katran bileşikleri, SO_2), kağıt-selüloz (baca gazları, koku, toz, duman), şeker (SO_2 , toz, duman), çimento (SO_2 , toz), tekstil (toz, duman, SO_2), petrokimya (SO_2 , duman, hidrokarbon, amonyak), tarımsal ilaçlar (baca gazları), deri sanayileri (koku) ve enerji üretim santralleri (SO_2 , NO_x , CO_2 , katı parçacıklar, hidrokarbonlar, küller)'dir. Bu sanayi kuruluşlarından ve termik santrallerden havaya birincil kirleticiler atıldığı gibi, bu kirleticilerden bazılarının reaksiyona girmesiyle de havada ikincil kirleticiler oluşur. Bunun en tipik örneğini asit yağmurları oluşturur. Bilindiği gibi normal koşullarda bile yağmur suyu hafifçe asidiktir. Bunun nedeni havada doğal olarak bulunan karbondioksit ile kükürt ve azot oksitlerin yağmur suyu ile reaksiyona girmesindedir. Ancak fosil yakıt kullanan enerji santralleri ile pekçok sanayi kuruluşunun bulunduğu bölgelerde havaya bol olarak kükürt ve azot dioksit verilmekte olup, bunlar da yağmur suyu ile reaksiyona girerek suyun asiditesinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu olay asit yağmuru olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizde hava kirliliğine neden olan endüstrileşmeler İstanbul-İzmit arası, Bursa, Adapazarı, Samsun, Murgul, İzmir, Hazar Gölü civarı, Adana-Tarsus bölgesi, Karadeniz Ereğlisi, Karabük, Bartın, Hereke ve Kırıkkale'de yoğunlaşmış durumdadır [2].

3.1.1.3. Taşıtlar

Şehirlerde oluşan hava kirliliğinde taşıt araçlarının da çok etkili olduğu bilinmektedir. Karayolları taşıtları, demir yollarına göre daha da zararlı olmaktadır. Ayrıca büyük şehirlerin civarındaki işlek hava trafiğine sahip hava alanları ve uçaklar

da önemli kirletici faktörleri olarak rol oynamaktadırlar. Taşıt araçlarından çevreye hidrokarbon, karbonmonoksit, azot oksitleri, kurşun çinko ve kadmiyum gibi ağır metaller verilmektedir [2].

3.1.2. Hava kirliliğinin insan ve çevresine etkileri

Hava kirliliğini oluşturan ve çeşitli kaynaklardan atmosfere ulaşan başta kükürt dioksit olmak üzere azot oksitler, karbonmonoksit gibi gazların zararları iki şekilde olur;

- Özellikle kükürt dioksit ve azot oksitlerin belli koşullar altında oluşturdukları "asit yağmurlarının" zararları.

- Doğrudan söz konusu zararlı gazları soluyan canlıların bünyesinde oluşan zararlar [19].

3.1.2.1. Asit yağmurlarının zararlı etkileri

Fabrika ve ev bacaları ile arabaların eksoz borularından salınan kükürt dioksit ve azot oksit gibi gazlar inversiyon olayı ile yükselmekte ve baskın rüzgarlar yönünde taşınmaktadır. Taşınan gazlar su buharının nisbeten yoğun olduğu bulutlar içinde su ile birleşerek sülfirik ve nitrik aside dönüşürler. Sülfirik asit yağmur sularında (H^+) ve (SO_4^{2-}) iyonlarına, nitrik asit ise (H^+) ve (NO_3^-) iyonlara ayrılırlar ve dolayısıyla yağmur sularında çözünmüş olarak taşınırlar. Sonuç olarak ta yağmur şeklindeki yağışlarla atmosferden yeryüzüne inip bitkiler, yapılar, göller, akarsular, denizler ve toprak üzerine düşerler. Bu olaya "asit yağmuru" adı verilmektedir. Yayım kaynaklarının çoğunun bulunduğu Orta Avrupa'dan kaynaklanan gazlar, güney-kuzey yönlü baskın rüzgarlarla taşınarak başta Norveç olmak üzere İs-

kandinavya Yarımadasına, asit yağmuru şeklinde düşmektedirler. Aynı kaynaklar İngiltere ve İskoçya'yı da kısmen etkilemektedir [19].

Bu yağmurların etkisi altında kalan özellikle kireç taşları ve mermerlerden inşa edilen tarihi yapılar ve anıtlar orjinal durumlarını hızla kaybetmektedirler. Asit yağmurlarının binalarda oluşturduğu diğer bir zarar da çatı örtüsü olarak kullanılan çinko gibi metal levhalarda görülen yıpranmalardır [19].

Asit yağmurlarının ormanın toprağına, toprak suyuna ve ağacın bizzat kendisine yapmış olduğu olumsuz etkiler sonucu orman ağaçları hastalanmakta, sağlığı bozulmuş ağaçların kuraklığa, dona, zararlı böcek ve mantarlara karşı dirençleri kınılmaktadır. Bu çok sayıdaki ve çeşitteki etmenlerin birbirlerini güçlendiren etkileri ile meydana gelen hastalığa "Kompleks Orman Hastalığı" ve bu hastalığın sonunda meydana gelen ölüme de "Orman Ölümü" denilmektedir [20].

3.1.2.2. Çeşitli gazların insan ve çevresine etkileri

3.1.2.2.1. İnsan sağlığına etkileri

Hava, yaşamın temel ögesi olduğuna göre, havadaki kirliliğin insan sağlığı yönünden önemi açıktır.

Havanın taşıdığı karbon parçacıkları ozon, karbonmonoksit, kükürt dioksit, doymamış hidrokarbonlar, aldehitler ile kanserojen maddeler gibi kirleticiler insanların solunum yollarını etkileyerek normal mekanizmasını bozar; bronşlar da iltihaplara ve daralmalara neden olur. Bu değişmeler sonunda da, kronik bronşit ve anfizem oluşur. Ayrıca kirli hava aşırı nefes darlığına yol açar. Araştırmalar akciğer kanserinin meydana gelmesinde ve artmasında da hava kirliliğinin önemli bir neden olduğunu göstermektedirler [21].

Gaz ve buharlar içinde en tehlikelisi olan kükürt dioksit bilindiği gibi ev

ve endüstri bacalarından ve bunlara oranla daha az olarak motorlu taşıtların eksozlarından havaya karışır. Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre kükürt dioksit fazla olduğu sisli havalarda kronik bronşitli bazı hastalarda nefes darlığının şiddetlendiği gözlenmiş, ayrıca, kirlilik derecesinin yüksek olduğu zamanlarda bu hastalıklara tutulmuş kişilerde ölümlerin bir hayli arttığı görülmüştür [21].

Ozon gazı ara madde olarak oluşur. Ozon gözlerde ve bronşlarda iltihaplanma, akciğerlerde ödem yapar. Bazı durumlarda bellek zayıflığı yaptığı söylenmektedir. Örneğin 1 ppm'i, göz ve akciğerlerde iltihaplanmaya neden olmaktadır.

Nitrojen oksitler, kimyasal maddelerin yapılması sırasında özellikle nitrik ve sülfirik asit ve naylon fabrikalarından, benzin, yağ, doğal gazların ve mazotun yanması sonucu ve yine çeşitli petrol arıtma işlemlerinden sonra açığa çıkmaktadır. Solunumla alınan nitrojen oksitler, kapiler damarlar yoluyla kana karışmakta ve hemoglobinle birleşerek karbonmonoksit benzeyen bir etki yapmaktadırlar [21].

Partiküller halinde atmosfere yayılarak hava kirliliğine neden olan maddeler duman ve çeşitli tozlardır. Duman özellikle sisle birlikte bulunacak olursa havada bulunan SO₂ ile birlikte aerosol halinde hızla yayılmakta, sonuç olarak kısa veya uzun süreli dönemlerde duygulu olma haline, cinsiyete göre değişmek üzere özellikle bebek, çocuk ve yaşlı insanlarda kalp, damar ve solunum yolu hastalıklarına yakalanmış olanlarda etkisini göstermektedir. Duruma göre farenjit, larenjit solunum güçlükleri, bronşit, kronik bronşit, astım ve anfiyem meydana gelmektedir. Bu hastalıklara tutulmuş olanlarda ise hastalığın şiddeti artmaktadır [21].

3.1.2.2.2. Hayvan ve bitkilere etkileri

Hava kirliliğini oluşturan gazlardan bazıları özellikle SO₂ gazı bitkilerde fotosentez olayını yavaşlatmakta, bitkilerde oksidasyon işlemine engel olmakta

kloro-plastlardaki magnezyumu kurutmaktadır.

Flüoritler, bitkiler üzerinde toplanarak bunları kısmen kurutmakta, aldehitler bitkilerde hücrelerin yok olmasına neden olmaktadır.

Ozon gazı, bitkiler üzerinde zehirli alanlar oluşturmakta, ağaçların zamanından önce yaprak dökmesine yol açmakta ve özellikle genç bitkileri etkilemektedir.

Tüm bu olumsuz etkiler, özellikle kültür bitkilerinde bir ölçüde ürün azalmasına geniş alanlar kaplayan ormanların ise kurummasına neden olmaktadır.

Hayvanlarda da, insanlarda görülen hava kirliliği etkilerinin bir kısmı görülebilmektedir [22].

3.1.2.2.3. İklim etkileri

Hava kirliliğinin değiştirdiği atmosfer koşulları, iklimi de etkilemektedir. Genel olarak, kentlerdeki ısı ortalamalarının kırsal alanlardan daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca, meteorolojik ölçmeler, hava kirliliğinin arttığı büyük kentlerde rüzgar hızının da düştüğünü göstermektedir. Rüzgarın ısıyı ve nemi etkilemesi sebebiyle, bu hız azalmasının önemi büyüktür. Hava kirliliği ayrıca büyük kentlerin yağış miktarlarının da artmasına da neden olmaktadır.

Diğer yönden, hava kirliliği sonucu kentlerin üstünde oluşan tabaka, ultraviyole ışınlarının da önemli derecede kaybına yol açmakta bu ise gün ışığının azalması sonucunu doğurmaktadır [22].

3.2. Partikül Madde (Duman) ve SO₂ Ölçümünde Kullanılan Yöntem ve Cihazlar

Büyük yerleşim merkezlerinde genellikle SO₂ dışında diğer kirleticiler de bulunmakta ve partikül madde karışmasını minimum seviyeye düşürmek için, hava önceden filtre edilse dahi değişik gaz ve buharların varlığında kirlilik ölçümlerinde birtakım hatalar olmaktadır. Bu hataları azaltmak için yöntem ve cihaz seçimini etkileyen pekçok öge vardır. Bütün yöntemlerde 24 saatlik sürelerde kullanılması daha uygundur.

Kükürtdioksit tayininde kullanılan başlıca yöntemler:

- 1- Asidimetrik yöntem
- 2- West ve Geake yöntemi,
- 3- İletkenlik ölçümleri yöntemi,
- 4- Dedektör tüp yöntemi,
- 5- Silikasyon hızı yöntemi olarak gruplandırılabilir.

1- Asidimetrik Yöntem: İngiliz Standartlar Enstitüsünce kabul edilmiş bir yöntemdir. Genellikle duman filtresiyle birlikte basit cihazlar kullanılır. 24 saatlik örnek alma süresi uygundur. SO₂, seyreltik H₂O₂ çözeltisine absorbe edilerek H₂SO₄ oluşturulur ve standart alkaliyle (Na₂ CO₃) titrasyon yapmak suretiyle SO₂ miktarı tayin edilir [23].

2- West ve Geake Yöntemi: Bu yöntemde pararosanilin (PRA) kullanılarak SO₂ bulunur. SO₂, potasyum tetrakloromerkulat çözeltisi içine absorbe edilir. Pararosanilin ve formaldehit ile kırmızımsı mor renk oluşması şeklinde reaksiyon verir ve kolorimetrik olarak analiz edilir [24].

West ve Geake ve Asidimetrik yöntemi dünyada ve ülkemizde en yaygın

olarak kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Asidimetrik yöntem Avrupa'da, West Geake yöntemi ise Amerika'da daha çok kullanılmaktadır. Bu iki yöntem Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından tavsiye edilmektedir.

Partikül maddelerin tayini, kimyasal bileşimleri, partikül boyutları çevredeki kaynak tipi ve hava şartlarına bağlı olarak yapılır. Uygulanan yöntemlerin bazıları kısaca şunlardır:

- 1- OECD Filter Soiling (Duman ölçüm yöntemi)
- 2- Filter Soiling Amerikan (Duman ölçüm yöntemi)
- 3- Bray Sampler yöntemi (Kütle konsantrasyonunun direkt tayini)
- 4- Elektrostatik çözümler yöntemi

1- OECD Filter Soiling (Duman ölçüm yöntemi): Hava genellikle 24 saatlik periyotlarda beyaz filtre kağıdından (Whatman No: 1 filtre kağıdı) geçirilir. Bulunan leke koyuluğu (reflektans) reflektometre ile ölçülür. Değerler uluslararası duman birimlerine çevrilir [25].

2- Filter Soiling (Amerikan duman ölçüm yöntemi): Hava, fiber-glass filtre kağıdından geçirilir. Kontrollü sıcaklık ve nem şartlarında tartılarak toplanan maddeler belirlenir. Amerika'da geniş çapta kullanılır. Özellikle kuru, tozlu bölgelerde etkili olabilmektedir. Örnekler her altı günde bir, 24 saatlik olarak toplanır [23].

Bu yöntemlerden OECD Filter Soiling yöntemi Avrupa'da ve ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Amerikan duman ölçüm yöntemi ise Amerika'da ve Avrupa'da kullanılan yöntemdir.

3.3. Hava Kirliliğinin Meteoroloji İle İlişkisi

Yüzyılın en önemli problemlerinden biri haline gelen hava kirliliği en basit ifadeyle atmosferin bileşiminin değişmesi olayıdır. Atmosfer genellikle bünyesine

karişan zararlı maddeleri etkisiz duruma getirebilmesine rağmen, meteorolojik şartlar altında ciddi boyutlarda kirlenmeyle karişa karişiya kalmaktadır.

Epizod denilen hava kirlenmesinin, zararlı boyutlara ulaşmasında kirletici kaynaklar yanında o günün meteorolojik özelliklerinin de olduğu görülür. Bu nedenle hava kirliliğini önlemenin bir yolu, hangi meteorolojik şartların ne derecede hava kirlenmesini etkileyeceğini önceden kestirmek ve bu şartlar için sağlıklı sayısal verileri değerlendirmekle mümkündür [26].

Hava kirliliğine doğrudan etki eden meteorolojik parametrelerin başında rüzgar gelir. Rüzgar iki değeriski ile belirlenir.

1- Rüzgar hızı ile değeriski: Çeşitli kaynaklardan çıkan kirleticiler bir yerden başka bir yere ancak rüzgarla taşınır. Bu taşınma atmosferde hem yatay hem de düşey olur. Yatay taşınma için sınır yoktur, ancak düşey taşınma atmosferin derinliklerine kadar olmaz.

2- Rüzgar yönü ile değeriski: Kaynaklardan çıkan kirliliğin rüzgarın yönünde daha çok yayılacağı açıktır. Bu sebeple rüzgar yönünde kirlilik konsantrasyonunun değeriski de önemlidir. Özellikle ltim yapılan bölgede hissedilir. Bir hakim rüzgar varsa kirliliğin taşınması daha çok bu yönde olacağı için bölgenin rüzgar altı kesimleri daha çok kirlenecektir [27].

Sıcaklığın kirlenme üzerine rüzgar gibi doğrudan etkisi yoktur. Dikey ve yatay hava akımları şehrin üzerindeki hava değeriskimine etki ederler. Her 100 m. yükseklikte oluşan 1 °C'lik sıcaklık düşmesi aşağıdan yukarıya hava akımını oluşturur. Ancak uzun ve soğuk gecelerde yeryüzüne yakın hava tabakası soğur. Diğer yandan vadilere civardan sürüklenen ve şehrin üzerine ken hava tabakası nedeniyle sıcaklığın, yeryüzünden itibaren 1-2 °C daha fazla artması dikey hava akımını durdurur. Bu olay durgun havayı oluşturur. Çünkü yeryüzüne yakın hava tabakası üstteki tabakadan daha soğuk ve ağır olduğu için aşağıdaki havayı yukarıya doğru çıkartmaz. Bu süre

zamanında şehirdeki havaya bırakılan yakıt ürünleri ve diğer kirletici maddeler havada toplanır ve yeterli yoğunluk azalması olmaz. Durgun hava olayında yeryüzünden yukarıya doğru sıcaklıkta arttığından, bu olaya "sıcaklık inversiyonu" adı verilmiştir. Genellikle kısa süreli olan bu durum uzun sürerse aşırı derecede kirlenmiş hava, perde biçiminde ortalığı kaplar [28].

Yerleşim bölgesinin denize yakınlığı veya kara içlerinde olması atmosferdeki ısınma, soğuma biçimlerini az çok değiştirir. Buna bağlı olarak hava kütleleri savrulma ve çevrilme hareketi yaparlar. Bu iki ana nedenden kaynaklanan kütleli girdaplar, siklon ve antisiklonlar olarak adlandırılır [29].

Antisiklonda düşey hava hareketi yukarıdan aşağıya doğru, yatay hava hareketi de saat ibresi yönündedir. Siklonda düşey hava hareketi yukarıya doğru yatay hava hareketi ise saat ibresinin tersi yönündedir. Kirlenmeyi artıran antisiklonlara karşılık, beraberinde soğuk ve sıcak cephe sistemleri taşıyan siklonlar kirleticilerin yükselmesi bakımından uygundur [26].

Günün maksimum sıcaklığı ne kadar fazlaysa karışma yüksekliği de o kadar yüksek olacaktır. Bu durum havanın kirlilik durumunu kısmen azaltabilecek seviyededir. Öte yandan kalın ve kuvvetli bir inversiyon tabakası karışma yüksekliğini azaltacağından, kirlilik açısından oldukça sakıncalıdır [30]. Hava kirliliğinin ilk göstergesi görme uzaklığının (visibilitenin) bozulmasıdır. Visibilite azalmasının esas nedeni güneş ışınlarının atmosferdeki partiküller tarafından engellenmesidir [31].

İnversiyon olayına ek olarak en tehlikeli hava kirlenmesi problemleri sislerle beraber ortaya çıkmaktadır. Nem miktarına "nisbi nem" de denilir. Düşük basınç ve sıcaklık havadaki su buharını artırır. Nisbi nem aynı basınç ve sıcaklıktaki havanın alabileceği maksimum su buharı miktarı diye tanımlanır ve yüzde cinsinden ifade edilir [32].

3.4. Duman ve SO₂ İle İlgili Uluslararası Standartlar ve Türkiye'deki Durum

SO₂ ve partikül maddeler ile ilgili olarak Dünya Sağlık Teşkilatı'nın belirlediği standartlar Tablo 3.1'de verilmiştir [32].

Tablo 3.1. Hava Kalitesi Standartları

Kirletici Adı	Standart (µg/m ³)
SO₂	
- 24 saat süresince havada bulunmasına izin verilen maksimum konsantrasyon	150
- Yıllık Aritmetik Ort.	120
- Yılın yalnız 7 gününde bulunacak miktar	350
DUMAN	
- 24 saat süresince (maksimum)	75
- Yıllık aritmetik ort.	40
- Yılın yalnız 7 gününde bulunacak miktar	150

Türkiye'nin hava kalitesiyle ilgili sınır değerleri ise 02.11.1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan yönetmelikle belirtilmiştir [29]. Yönetmelikte hava kalitesiyle ilgili olarak kısa ve uzun vadeli sınır değerleri verilmiştir. Hava kalitesi sınır değerleri, insan sağlığının korunması ve çevrede kısa ve uzun vadeli olumsuz tesirlerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin bir arada tesbit edilmiş konsantrasyon birimleriyle ifade edilen miktarlarıdır.

Uzun vadeli sınır değerleri; aşılması gereken bütün ölçüm sonuçlarının

aritmetik ortalaması olan değerlerdir.

Kısa vadeli sınır değerleri; maksimum günlük ortalama değerlerdir.

Uzun ve kısa vadeli değerler için öngörülen sreler genellikle bir yıllık periyotlardan meydana gelir. Tablo 3.2'de Türkiye'de 1986 yılında hesaplanan kısa ve uzun vadeli sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 3.2. Türkiye'de SO₂ ve Duman için uygulanması gereken kısa ve uzun vadeli sınır değerleri.

Sınır Değerleri	SO₂(µg/m³)	Duman (µg/m³)
Uzun vadeli sınır değerleri	150	150
Kısa vadeli sınır değerleri	400	300

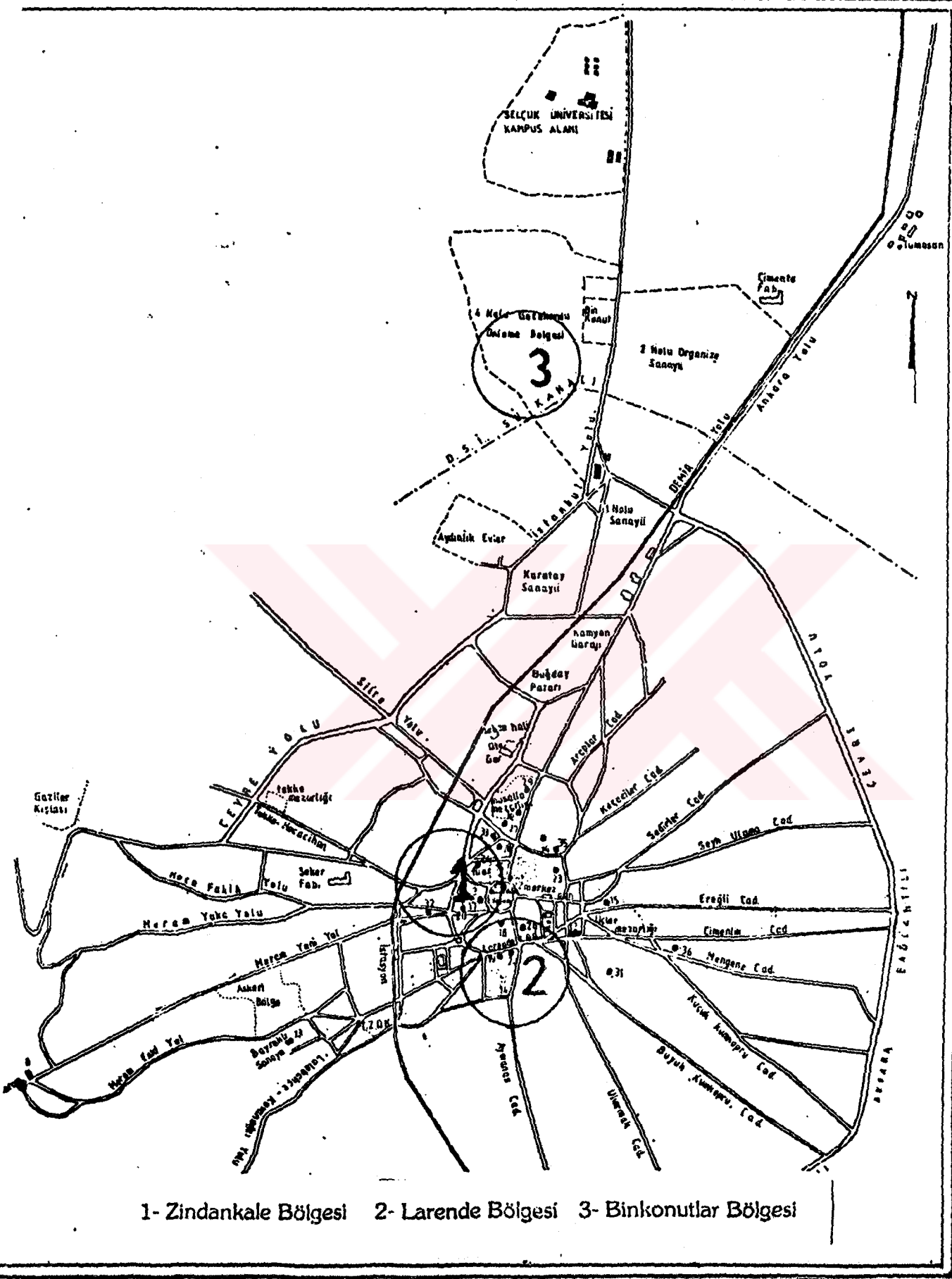
4. MATERYAL ve METODLAR

4.1. Materyal

4.1.1. Araştırma bölgeleri

SO₂ ve duman gibi kirleticiler, gerek şehir planlamasındaki yanlışlıklar, gerekse coğrafi ve topoğrafik durum ve kış aylarındaki meteorolojik şartların uygunsuzluğu nedeniyle Konya atmosferinde yoğunluk kazanmaktadırlar, Yoğun taşıt trafiği ve kükürt oranı yüksek yakıtların soba ve kalorifer kazanlarında yakılması, kirlilik oranının zaman zaman dünya standartlarının 2-3 katına çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle SO₂ ve duman konsantrasyon ölçümlerini yapmak için nüfus, yapı, trafik ve ticaret merkezlerinin yoğun olduğu bölgeler tercih edilmiştir.

Nüfus, trafik ve yapı yoğunluğu nedeniyle Zindankale bölgesi, trafik ve ticaret merkezlerinin yoğunluğu nedeniyle Larende bölgesi, yeni yerleşim olması nedeniyle de Binkonutlar bölgesi araştırma bölgeleri olarak seçilmiştir. Şekil 4.1'de ölçüm istasyonlarını gösteren şehir vaziyet planı verilmiştir.



Şekil 4.1. Ölçüm İstasyonlarını gösteren vaziyet planı

4.1.2. Konya ilinin coğrafi ve topoğrafik durumu

Konya ili 36° 22' ve 39° 08' kuzey enlemleri ile, 31° 14' ve 34° 27' doğu boylamları arasında yer almıştır. Bölge yüzölçümünün 50857 ha olması nedeniyle coğrafi açıdan Türkiye'nin en büyük şehridir.

Şehir merkezinin denizden olan yüksekliği 1027 m'dir. Konya'da genelde ovalık alanlar çoğunluktadır. Güney, güneydoğu ve güneybatıda, Batı ve Orta Toros dağlarıyla, kuzey ve batıdan Sultandağlarıyla, doğu ve diğer yönlerde ise, İç ve İçbatı Anadolu platolarıyla çevrilidir. İl topraklarının % 37.4'ü ovalarla, % 35'i dağlarla kaplıdır [34].

4.1.3. Konya'nın şehirleşmesi, sosyal ve ekonomik durumu

Türkiye'nin en büyük şehirlerinden biri olan Konya, devamlı olarak büyüyen, nüfusu ile ekonomik potansiyeli sürekli olarak artan önemli ticaret merkezlerinden biridir. Bu gelişmeye paralel olarak büyük şehir statüsüne alınan Konya, 1987 yılında Meram, Karatay ve Selçuklu ilçelerine ayrılmıştır.

Sosyal ve ekonomik nedenlerle, köylerden şehire göç olayının çoğalması ve dolayısıyla hızlı şehirleşme, plansız ve programsız yerleşim bölgelerinin oluşmasına neden olmuştur. Şehrin plansız ve programsız gelişmesini önlemek, şehir merkezindeki yapı yoğunluğunu azaltmak amacıyla da, gecekondü önleme bölgesi ve yeni yerleşim alanları için çalışmalar yapılmaktadır.

Konya'da son zamanlarda sanayi yatırımlarının artırılması eğilimi görülmektedir. Özellikle tüketim malları ve ara malları sanayisi gelişmiş bunun sonucunda da küçük ve büyük organize sanayi bölgeleri kurulmuştur. Bu bölgelerde en önemli sanayi kuruluşları kısaca; tuz, süt, yem, un, alüminyum tüp, deterjan, lastik, plastik ve plastik ayakkabı, tuğla ve kiremit, krom ve magnezit, şeker ve çimento fabrikaları ile Tümosan sayılabilir [35].

4.1.4. Konya ilinde kullanılan yakıt türleri ve miktarları

Şehirde hava kirliliğinin maximum değerlere ulaştığı aylar Ekim ayında başlayıp yaklaşık Mart ayına kadar süren ısınma dönemine giren aylardır. Kendini gösteren hava kirliliği daha çok ısınmadan kaynaklanan yakıtların türüne ve miktarına bağlıdır. Bu nedenle Konya'da ısınma ve endüstriyel amaçla, şehir merkezinde kullanılan yakıt cinsleri linyit, kok kömürü ve fuel-oil'dir. Bu yakıtlardan linyit ve fuel oil konutların ısıtılmasında, kok kömürü ise endüstride kullanılmaktadır. 1992 yılı içerisinde ilde 23,690 ton linyit, 12,000 ton fuel-oil tüketilmiştir. İlde linyit kömürü olarak Soma, Tunçbilek, Seyitömer, Ermenek ve kaçak olarak Ilgın ve Beyşehir kömürleri kullanılmaktadır (36).

Konya'da kullanılan linyit ve fuel-oil ile ilgili laboratuvar sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Konya'da kullanılan kömürler ve fuel-oil ile ilgili laboratuvar sonuçları.

Kömür Karakteristikleri	Soma	Tunçbilek	Ilgın	Seyitömer	Beyşehir	Ermenek
Nem oranı (%)	11-15	12-21	40-45	33-37	28-50	11-30
Kül oranı (%)	16-20	18-45	6-10	10-33	38	11-15
Kükürt oranı (%)	0.76	1.3	3	0.89	1.04	1.6
Alt ısı değeri (kcal/kg)	4.100	4.000	2.250	3.100	3.820	3.250
Üst ısı değeri (kcal/kg)	4.300	4.750	2.450	3.480	-	5.650

Fuel oil karakteristiği	Kalorifer yakıtı	5 No'lu Fuel oil	6 No'lu Fuel-oil
Kükürt oranı (%)	1.5	2.0	2.5
Kalori değeri (kcal/kg)	10.000	9.800	9.800

4.1.5. Konya iline ait taşıt ve trafik durumu

Şehir merkezinde 1992 yılı itibariyle motorlu araç sayısı yaklaşık 133,606 adettir. Bunların 83,484 adedi benzinli, 50,122 adedi ise dizel araçtır (37).

Konya'da trafik akışı, şehir giriş ve çıkışı üzerinde olduğu için Nalçacı civarında, iş merkezleri olması ve şehrin çeşitli yerlerine ulaşımın sağlanması nedeniyle de Alaaddin ve çevresinde yoğunluk kazanmış durumdadır.

4.1.6. Konya iline ait meteorolojik parametreler

Araştırma yapılan Şubat 1992 - Şubat 1993 döneminde Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü merkez istasyonu kayıtlarından sağlanan meteorolojik parametrelerin aylık ortalama değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Meteorolojik parametrelerin aylık ortalama değerleri

Aylar	Sıcaklık (°C)	Basınç (mbar)	Nem (%)	Rüzgar hızı (m/sn)	Hakim rüzgar yönü	Yağış (mm)
Şubat 92	-7.0	898.2	75.6	1.80	SW	23.3
Mart	2.2	898.5	68.9	1.90	SW	7.7
Nisan	10.4	897.0	56.4	2.0	SW	16.9
Mayıs	14.1	897.1	60.0	1.7	WSW	47.2
Haziran	18.8	895.2	58.0	1.7	NW	37.0
Temmuz	20.4	896.7	53.2	2.0	N	32.5
Ağustos	22.3	898.1	49.8	2.0	E	0.6
Eylül	16.3	900.6	53.0	1.9	WNW	2.1
Ekim	15.3	900.9	52.9	1.4	NNW	2.8
Kasım	4.3	900.9	71.3	1.6	N	12.4
Aralık	2.1	900.5	76.5	1.4	NNE	50.3
Ocak 93	-2.0	902.3	78.4	1.5	NNW	10.5

N = Kuzey E = Doğu S = Güney W = Batı

Tablo 4.2'nin incelenmesinden de görüleceği gibi aylık ortalama sıcaklık en düşük -7.0 °C ile Şubat 1992, en yüksek basınç 902.3 mbar ve en yüksek bağıl nem ise % 78.4 ile Ocak 1993 ayında ölçülmüştür.

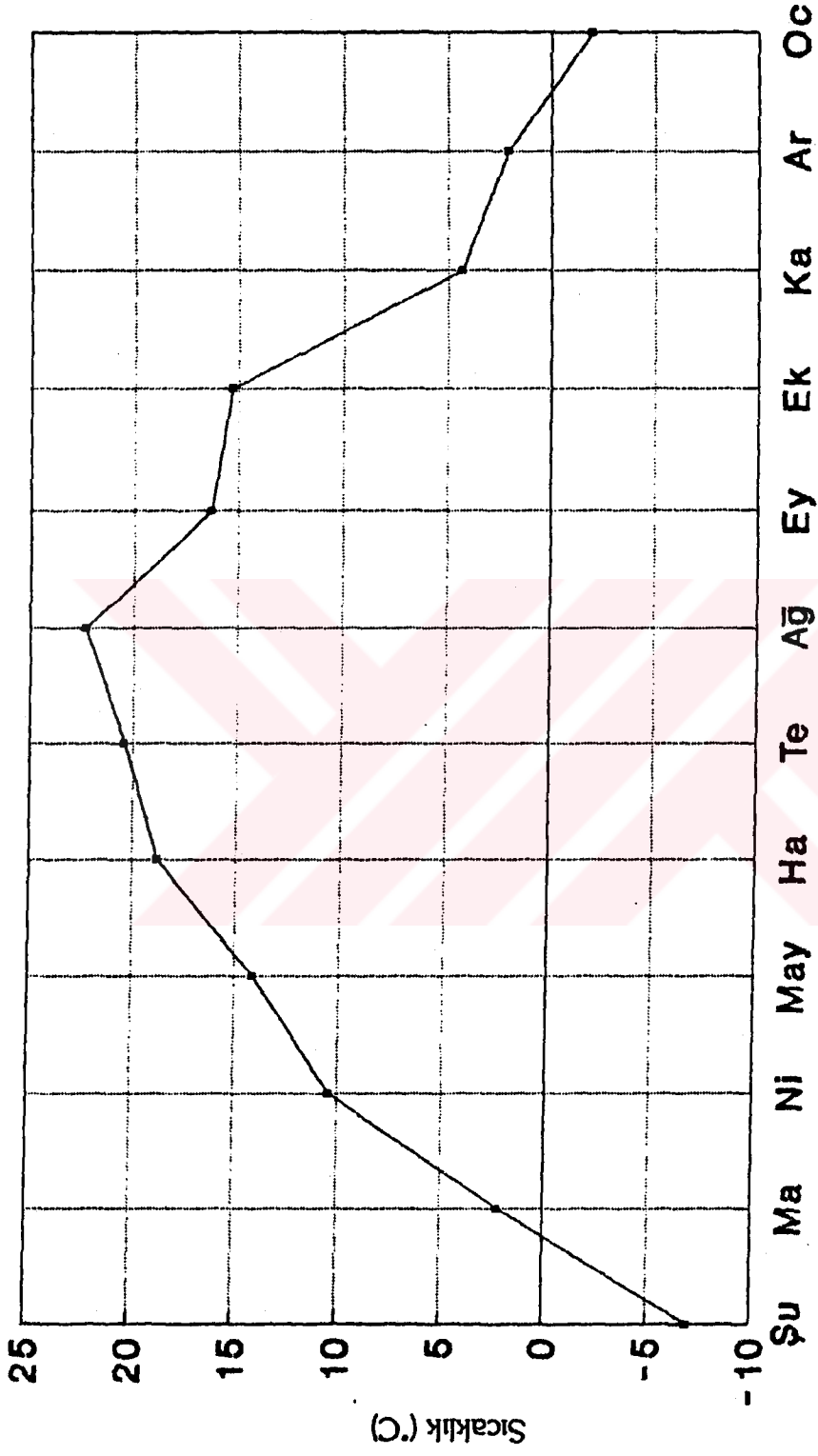
Isınma döneminde ortalama basınç 900.22 mbar olurken, bu değer yaz döneminde 897.45 mbar olmaktadır. Bağıl nem kış döneminde % 70.6 olurken, yaz döneminde ortalama % 55.07 değerine kadar düşmektedir.

Araştırma döneminde ısınma mevsimine giren aylardaki sıcaklık ortalaması 2.48 °C iken, yaz ayları ortalaması 17.05 °C olmaktadır. Aylık hakim rüzgar yönleri ısınma döneminde kuzeybatı yönünde ağırlık kazanırken, yaz döneminde ise yer yer güneybatı ve kuzeybatı, kısmen de doğudan ve kuzeyden gelen rüzgar yönünde olmuştur. Isınma döneminde ortalama rüzgar hızı 1.6 m/s , yaz döneminde ise 1.88 m/s değerine ulaşmıştır.

Yine ısınma mevsimine giren aylarda aylık ortalama yağış miktarı 17.83 mm olurken, yaz aylarında bu değer ortalama 22.72 mm seviyesine ulaşmıştır.

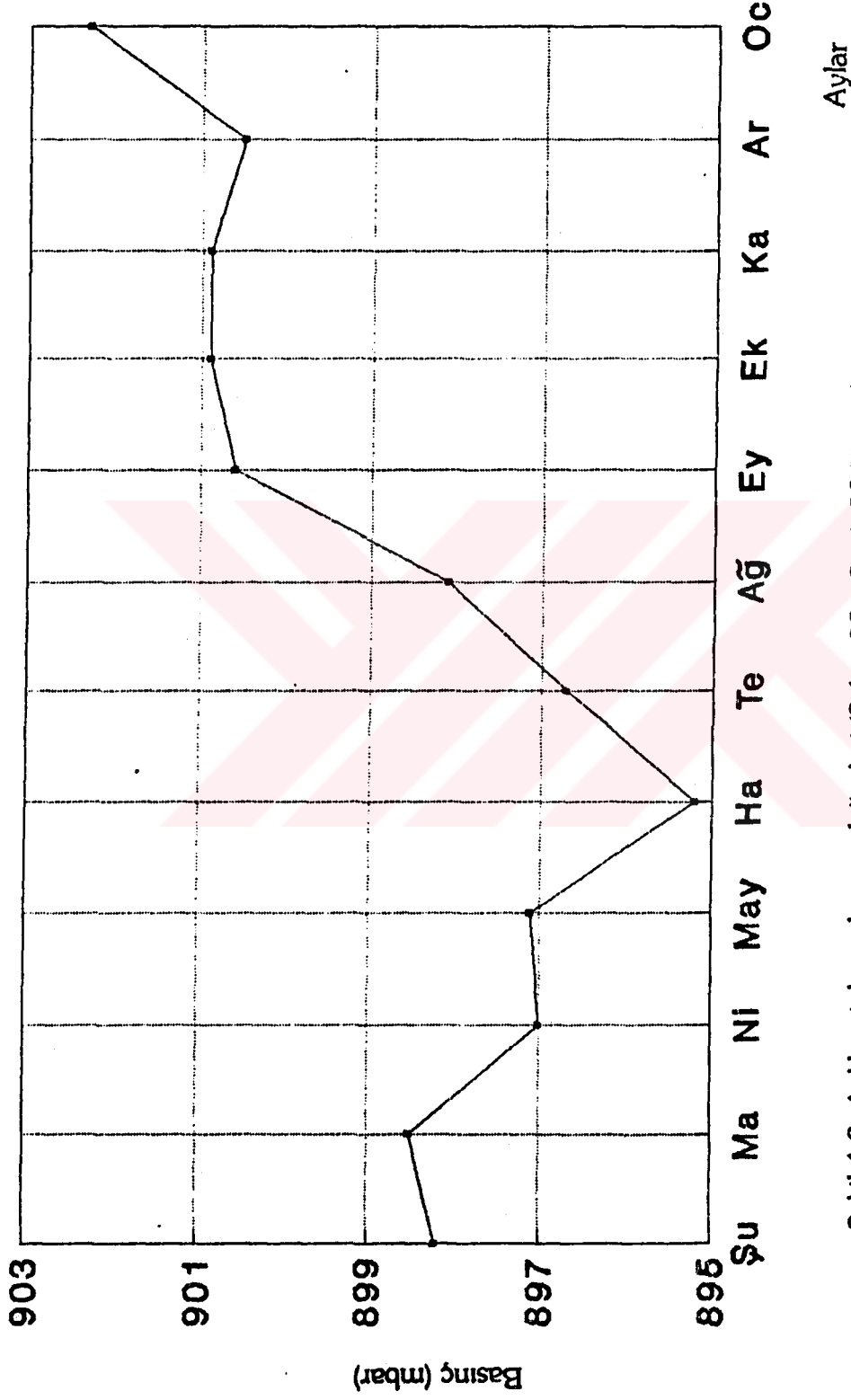
Şekil 4.2'de aylık ortalama sıcaklık değerleri grafik olarak gösterilmiştir. Şekilde verilen sıcaklık değerleri incelenirse Şubat 1992'de -7.0 °C ve Ocak 1993'de -2.0 °C gibi en düşük aylık ortalama sıcaklık değerlerinin gözlemlendiği görülmektedir.

Şekil 4.3'de aylık ortalama basınç değerleri verilmiştir. Aylık ortalama basınç değerleri incelendiğinde, ısınma dönemine giren aylardaki ortalama basınç değerlerinin, yaz dönemindeki ortalama basınç değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir.



Aylar

Şekil 4.2. Aylık ortalama sıcaklık değerleri (Şubat 92-Ocak 93 Konya)

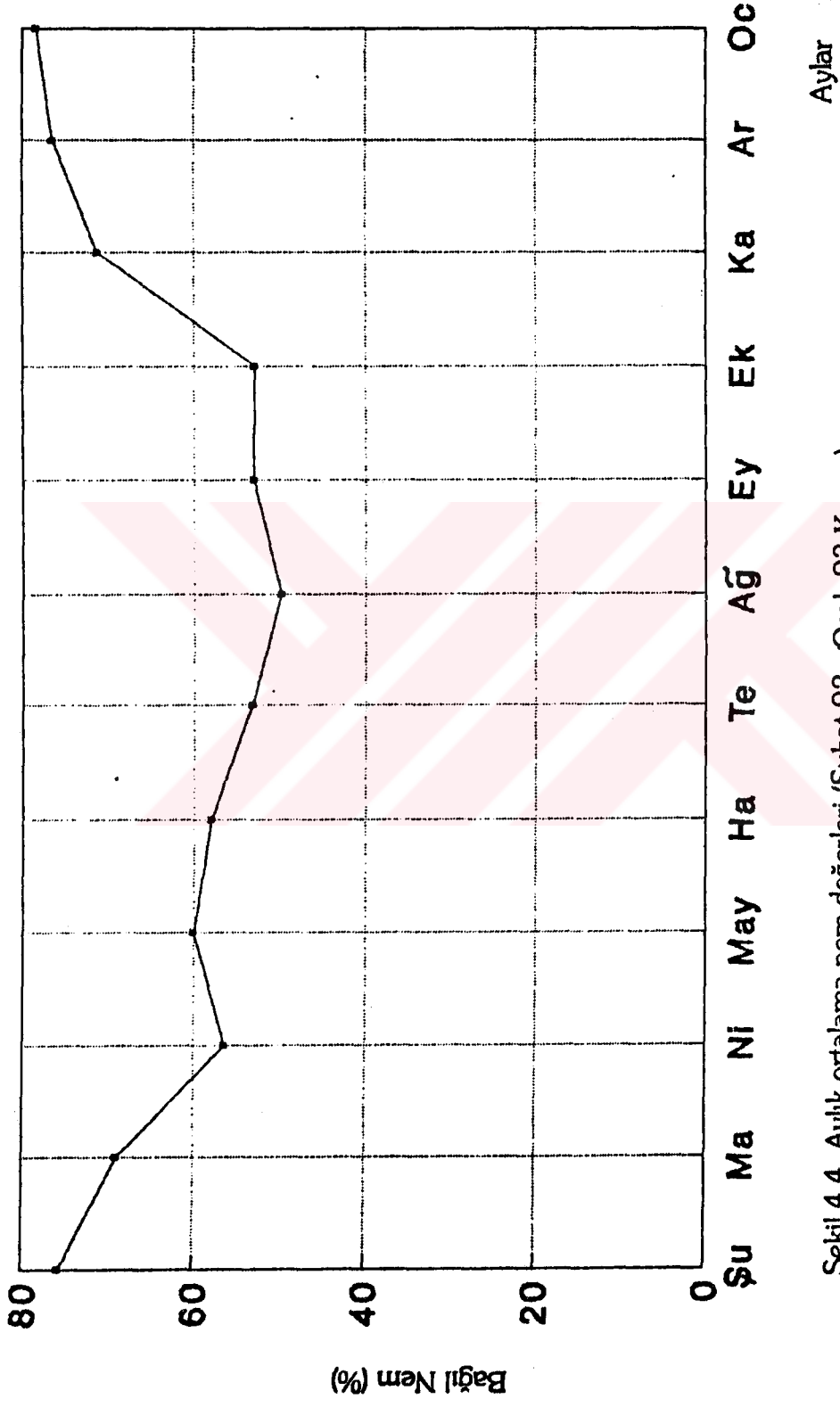


Şekil 4.3. Aylık ortalama basınç değerleri (Şubat.92 - Ocak 93 Konya)

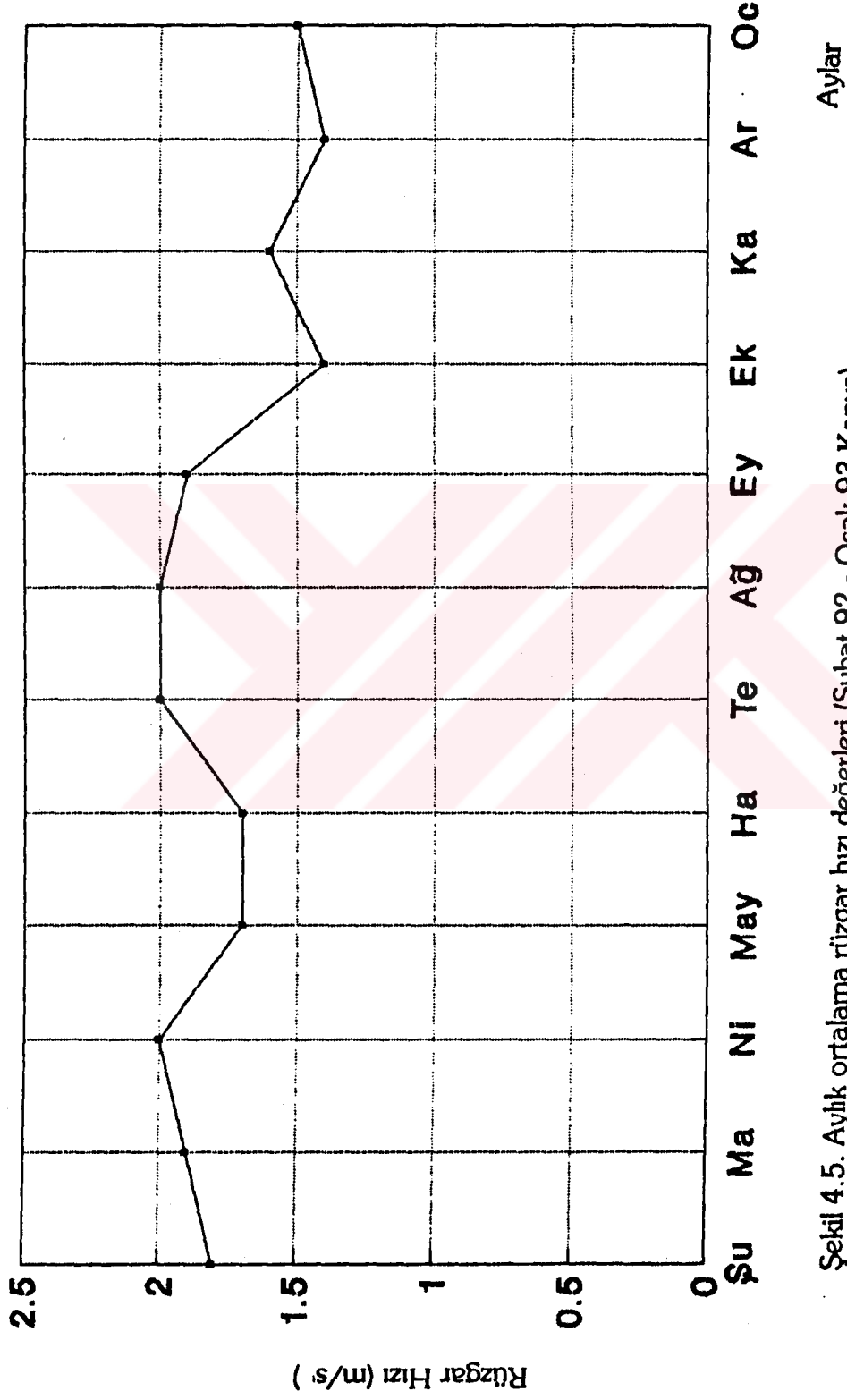
Şekil 4.4'de aylık ortalama nem değerleri verilmiştir. Bağıl nem değerleri kış aylarında yüksek olup, Ocak 1993 ayında % 78.4 gibi bir pik değere ulaşırken, yaz aylarında ise % 49.8 gibi düşük değerlere sahip olmaktadır.

Şekil 4.5'de ise aylık ortalama rüzgar hızı değerlerinin değişimi gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi yaz aylarında (Nisan-Eylül) ortalama rüzgar hızları 20 m/s değeri civarında oynamakta iken, ısınma dönemine giren aylarda bu değerler ortalama 1.5 - 1.9 m/s 'lik değerler arasında değişimlere sahne olmaktadır.

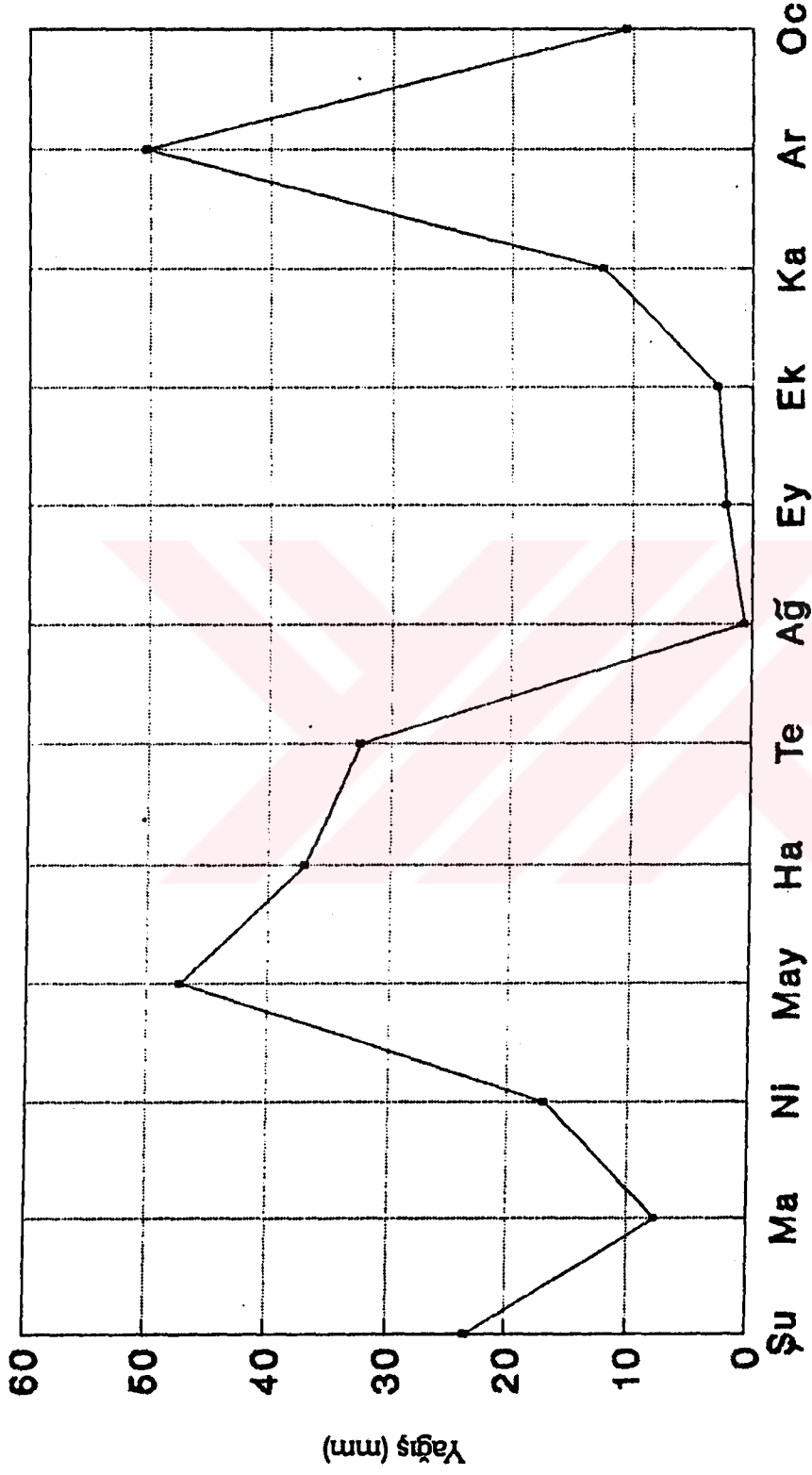
Şekil 4.6'da aylık ortalama yağış miktarlarının (mm) değişimi gösterilmiştir. Özellikle Nisan, Mayıs, Haziran ve Aralık aylarına ait yağış miktarları diğer aylara nazaran daha fazla gerçekleşmiştir. Yağış özellikle yağmur şeklinde olup hava kirleticilerini yıkama özelliğinden dolayı kirleticiyi azaltma yönünde etkisi olmaktadır [38].



Şekil 4.4. Aylık ortalama nem değerleri (Şubat 92 - Ocak 93 Konya)



Şekil 4.5. Aylık ortalama rüzgar hızı değerleri (Şubat 92 - Ocak 93 Konya)



Aylar

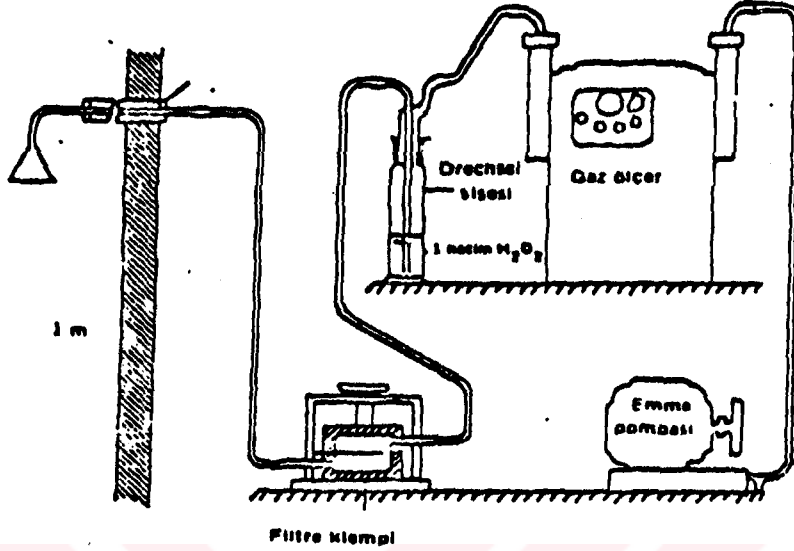
Şekil 4.6. Aylık ortalama yağış miktar değerleri (Şubat 92 - Ocak 93 Konya)

4.1.7. SO₂ ve duman ölçümünde kullanılan cihazlar ve diğer gerekli malzemeler

Hava kirliliği ölçüm çalışmaları, araştırma yerlerine yerleştirilen İngiliz Bulab 201/1-4 Model yarı otomatik SO₂ ve duman örnekleme cihazlarıyla yapılmıştır. Şekil 4.7'de yarı otomatik SO₂ ve duman ölçer sisteminin şematik görünümü verilmiştir.

SO₂ ve duman ölçümü cihazı şu kısımlardan meydana gelmektedir.

- Emici: Akış hızları için 100 ml Dreschel tipi cam şişeler
- Emme Pompası: Diyagram tipli bir pompa olup 24 saatte 1.8 - 2.25 m³ hava geçirebilecek kapasitededir.
- Gaz ölçer: ± 0.02 m³ doğruluk sınırları içinde okumayı sağlayan kuru gaz ölçer,
- Duman Filtresi Kısmı: 50 mm çapında klemplerden oluşmaktadır. İki kısımdan meydana gelip, vida klemp bir destekle sıkıştırılmıştır.
- Filtre Hunisi: Ortalama 40 mm çaplı barosilikattan yapılmış kenar yüzeyleri 60 dereceyle kırılmış bir hunidir.
- Partikül Filtre Kağıdı: Whatman No: 1 dairesel 55 mm çaplı filtre kağıtlardır. Filtre kağıdı 0.1 μ çap büyüklüğündeki solunabilir asılı partikülleri tutabilecek gözeneklere sahiptir. Duman ölçümü için EEL Smoke Stain Reflektometer Model 43 cihazı eklenmiştir.
- Borular: Filtre taşıyıcı ve absorblama şişesi girişini sağlayan PVC borulardır. Ayrıca, pH metre, pipetler (50 ml volümetrik), büretler (0.01 ml, 0.1 ml ve 10 ml dereceli), mezür (polietilen 50 ml dereceli), balon joje (1 lt'lik) kullanılmıştır.



Şekil 4.7. Yarı otomatik SO₂ ve duman ölçer sistemin şematik görünümü

Deneyisel çalışma için gerekli diğer malzemeler de şu şekilde sıralanabilir:

- Desitile (damıtık) su [pH 6-7 arasında],
- BDH İndikatörü veya kanşım çözeltisi (pH 4.5)
- Na₂CO₃ (Merck etiketli 0.01 N çözeltisi)
- H₂SO₄ (Merck etiketli 0.01 N çözeltisi)
- % 30 H₂O₂ (Merck etiketli çözelti).

4.2. Metodlar

4.2.1. SO₂ miktarının belirlenmesi

SO₂ miktarının belirlenmesi, İngiliz Standartlar Enstitüsünce kabul edilen

Asidimetrik yöntemle yapılmıştır.

Bu yöntem, havadaki SO_2 miktarının seyreltik H_2O_2 çözeltisi içine emilerek H_2SO_4 şekline dönüştürülmesi şeklindedir. Çözeltinin asiditesi standart alkali ile titrasyon sonucu belirlenir.

Bu yöntemde 50 ml absorblama çözeltisi içinde $10 \mu\text{g}$ SO_2 'den daha düşük konsantrasyonları hesaplamak mümkün değildir.

4.2.1.1. Stok çözeltisi hazırlanması

Stok çözeltinin hazırlanması için, 10 ml H_2O_2 (%30 Merck) pipetle alınarak balon jøjeye aktarılır. Balon jøjeye 990 ml damıtık su (pH 6-7) eklenir. Bu çözelti iyice karıştırılarak serin bir yerde bir şişe içine konularak H_2O_2 'nin parçalanmaması için saklanır.

Stok çözeltiden referans numune hazırlanması için 50 ml alınır, 150 ml'lik temiz ve kuru bir erlen veya beher içerisine konularak 1-4 damla (pH 4.5 değerinde) BDH indikatör çözeltisi damlatılarak çözelti mavi renge dönüştürülür. Çözelti içine 0.01 N H_2SO_4 dolu büretten nötral gri (pH 4.5) oluşuncaya kadar asit ilavesi yapılarak titrasyon işlemi uygulanır. Böylece yapılan titrasyon sonucu referans numune hazırlanmış olur.

Balon jøjede kalan 950 ml'lik H_2O_2 seyreltik çözeltisine referans numunesinde kullanılan H_2SO_4 miktarının 19 katı eklenir. Bu çözelti BDH indikatörüyle kontrol edildiğinde nötral gri rengi verir. Hazırlanan bu stok çözelti 2-8 °C aralığında bir ay bozulmaya karşı dayanıklıdır.

Hazırlanan stok çözeltiden 50 ml alınarak SO_2 ölçüm cihazında bulunan Dreschel şişe içine konulur. Dreschel şişe içerisine konulan bu çözeltiden 24 saat boyunca belirli hacimde borular aracılığıyla hava geçirilerek, hava bünyesindeki

SO₂ miktarı, çözelti içinde H₂SO₄'e dönüştürülür. Dış havaya maruz kalan bu çözelti örnekleme cihazındaki Dreschel şişeden dikkatli bir şekilde alınarak 150 ml'lik temiz ve kuru erlene konulur. Böylece dış ortam havasına maruz kalan gerçek numune elde edilmiş olur.

4.2.1.2. Gerçek numune titrasyonu ve SO₂ tayini

SO₂ miktarının bulunuşunda cihazdan alınan gerçek numuneyi titrasyon işlemine tabii tutmak için içerisinde 1-4 damla BDH indikatör çözeltisi damlatılır. Genellikle havadaki asitlik derecesine bağlı olarak çözelti pembe renge dönüşür. Eğer havadaki SO₂ miktarı az ise, pembemsi gri bir renk oluşur. Gerçek numune çözeltisi gün ışığında titrasyon işlemine tabii tutulur. Gerçek numuneye BDH indikatör çözeltisi ilave edildiğinde mavi renge dönüşürse titrasyon işlemine gerek kalmaz, kayıt formuna bozuk olduğu belirtilir.

Gerçek numuneye indikatör çözeltisi damlatıldığında titrasyon sonucu nötral gri renk verirse kirliliğin olmadığı anlaşılır. Şayet renk pembeye dönüşürse, stok çözelti rengi elde edilinceye kadar büretten 0.01 N Na₂CO₃ eklenerek titrasyon işlemine devam edilir. İlave edilen alkali miktarı (Na₂CO₃) kayıt formuna "ml" cinsinden yazılır.

SO₂ konsantrasyonunu tayin etmek için aşağıdaki formül uygulanır [23].

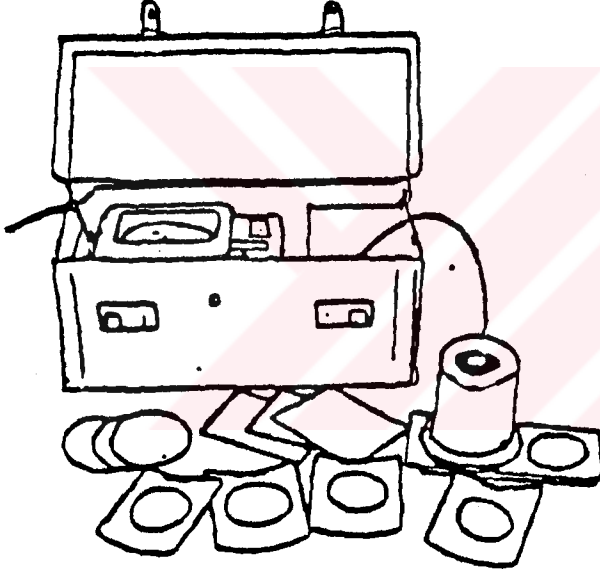
$$C_{SO_2} = \frac{32.000 \cdot N \cdot V_1}{V_2} \quad (4.1)$$

4.2.2. Partikül madde miktarının belirlenmesi

Partikül madde miktarının bulunmasında Avrupa'da yaygın olarak kullanılmakta olan ve OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)

tarafından tavsiye edilen yöntem uygulanmıştır. Bu yöntem, beyaz bir filtre kağıdından geçirilen havanın meydana getirdiği duman lekelerinin reflektometre ile ölçülmesi esasına dayanır [23]. Şekil 4.8'de reflektometre görülmektedir.

Dumanı oluşturan partiküller (katı ve sıvı) 24 saat boyunca 25-50 mm veya 100 mm'lik filtre kağıtları üzerinde toplanır. Toplama işleminden sonra partiküllerin reflektansı, reflektometre ile ölçülür ve yüzey konsantrasyonu "International Standart Smoke" olarak belirlenmiş olur.



Şekil 4.8. Reflektometre'nin şematik görünümü

4.2.2.1. Örneklerin alınması

Filtreleme bölümüne temiz bir filtre kağıdı yerleştirilir. Şayet filtre kağıdının her iki yüzü tam temiz değilse, partikül maddeler, özellikle düzgün ve temiz yüzeyinde toplanacak şekilde yerleştirilir.

Filtre kağıdı yerleştirildikten sonra klemp iyice sıkıştırılarak gaz ölçerin son okuma değeri kaydedilir ve ölçüm zamanı başlatılır.

Cihaz çalıştırılıp çevre havası filtre kağıdına doğru çekildiğinde havadaki duman, filtre kağıdı üzerinde lekeler halinde belirir. Ölçümler günlük yapıldığından cihaz 24 saat çalıştırılıp pompa (gaz ölçer) kapatılır ve sayacın son okuma değeri kaydedilerek filtre kağıdı alınır.

4.2.2.2. Duman lekelerinin tesbit edilmesi yoluyla duman miktarının belirlenmesi

Reflektometre kapalı iken sıfır ayarı yapılır. Elektrik bağlantısı devreye sokularak ısınması için beklenir. Filtre kağıdının düzgün yüzeyi üst kısma gelecek şekilde ölçüm başlığında bulunan beyaz bölüme yerleştirilir. Reflektometredeki sensor ve kadran % 100'e ayarlanır. Böylece cihaz duman lekelerini okumaya hazır hale getirilir. Bu ayar cihazın her kullanımında kalibre edilmelidir.

Duman lekeleri okunurken, belli aralıklarla % 100 kontrolü yapılmıştır (temiz filtre kağıdı için % ± 1 sapması kabul edilmektedir). Bu işlemlerden sonra lekeli filtre kağıdı beyaz bölmeyi merkezleyecek şekilde yerleştirilir ve maskeleme ünitesi leke üzerine konularak filtre kağıdının reflektansı reflektometreden okunarak elde edilen değerler formlara kaydedilir. Okunan bu reflektans değerleri, Ringelman indeksindeki Uluslararası Standard Kalibrasyon Eğrisi yardımıyla tayin edilen yüzey konsantrasyon değerleri olarak bulunur.

Duman konsantrasyonun değeri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ cinsinden) reflektometrenin okunmasına, filtre kağıdı çapına ve geçen hava miktarına bağlı olarak aşağıdaki formüller ile hesaplanır [23]. Yüzey konsantrasyonları havadaki duman miktarı ile doğru orantılıdır.

$$C_{sm} = \frac{S \cdot A}{V_2} \quad (25 \text{ mm'lik filtre kağıtları için}), \quad (4.2)$$

$$C_{sm} = 0.92 \frac{S \cdot A}{V_2} \quad (50 \text{ mm'lik filtre kağıtları için}), \quad (4.3)$$

$$C_{sm} = 0.8 \frac{S \cdot A}{V_2} \quad (100 \text{ mm'lik filtre kağıtları için}), \quad (4.4)$$

4.3. Ölçüm Sonuçlarına Göre Belirlenen Değerlerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

SO₂ ve duman konsantrasyon değerleri ile meteorolojik parametreler arasındaki istatistiksel ilişkiler çoklu regresyon modellerinden biri olan "Çoklu Regression Analizi" yöntemiyle yapılmıştır. Bu yöntemde bağımlı değişkene etki eden bağımsız değişkenlerin regresyona dahil edilip edilmemesi önemlilik durumuna göre olmaktadır. Çoklu regresyon analizleri Minitab paket programından yararlanılarak yapılmış, elde edilen veriler yardımıyla SO₂ ve duman değerlerinin meteorolojik parametrelerle olan ilişkileri bulunmaya çalışılmıştır.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMASI

5.1. Duman ve SO₂ Konsantrasyonları ile İlgili Sonuçlar ve Tartışması

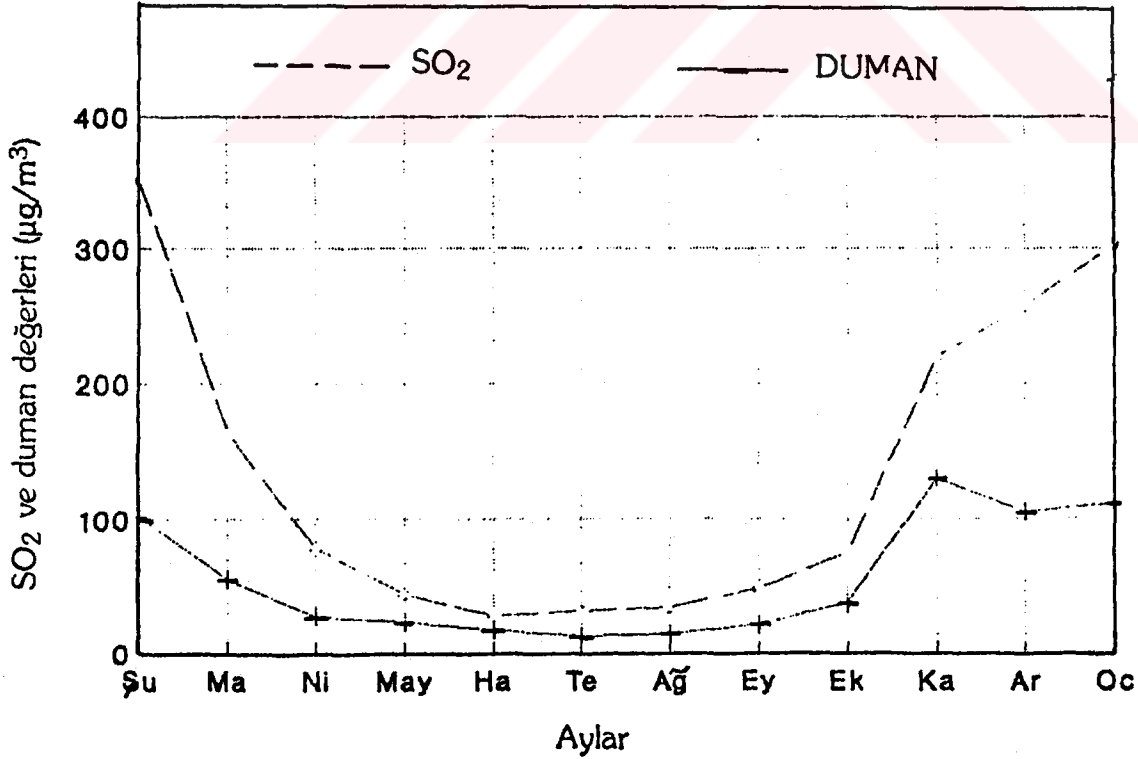
Bir çok şehrimizde olduğu gibi Konya'da da hava kirliliğinin canlı yaşamını tehdit eden önemli boyutlara ulaşması, kirliliği oluşturan ögelerin belirlenmesi zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir. Bu amaçla 1986 yılında T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı laboratuvarlarında ölçümler başlatılmıştır. Üniversite olarak ise bu konudaki ilk çalışma 1990-1991 ısınma mevsimi dönemlerinde kirlilik etkenlerinin tesbiti ve meteorolojik parametrelerle nasıl değiştiğinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hava kirliliği önemle artan boyutlara ulaştığından bu gibi çalışmaların devam etmesi gerektiği gerçeğinden yola çıkılarak 1992-1993 ısınma dönemine giren aylarda kirlilik konsantrasyon değerleri ölçülmüş ve bu değerlerin meteorolojik parametrelerle nasıl değiştiği incelenmiştir. Bu amaçla kurulan üç ayrı istasyonda ölçümler yapılmıştır. Ölçüm istasyonlarının birincisi Binkonutlar bölgesinde, ikincisi Zindankale bölgesinde, üçüncüsü ise Larende bölgesinde kurulmuş olup yarı otomatik Bulab 201/1-4 SO₂ ve duman ölçüm cihazları kullanılmıştır.

Bu üç farklı istasyon yerlerinin seçiminde nüfus ve yapı yoğunluğu, iş merkezleri ve trafik yoğunluğu gözönünde bulundurulmuştur. Kirlilik bu istasyonlarda günlük olarak ölçülmüştür.

Tablo 5.1'de araştırma yapılan bu üç bölgede (Binkonutlar, Zindankale, Larende) Şubat 92 - Ocak 93 aylarında alınan ölçümlere ait ortalama SO₂ ve duman konsantrasyon değerleri verilmiş, Şekil 5.1'de ise bu değerler grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Şubat 92 - Ocak 93 aylarındaki ortalama SO₂ ve duman ölçüm değerleri (µg/m³)

Aylar	SO ₂	Duman
Şubat 92	352	102
Mart	165	55
Nisan	78	27
Mayıs	44	23
Haziran	28	17
Temmuz	31	13
Ağustos	34	14
Eylül	48	21
Ekim	75	37
Kasım	219	130
Aralık	256	105
Ocak 93	303	111



Şekil 5.1. Şubat 92 - Ocak 93 aylarına ait SO₂ ve duman ölçüm sonuçları

Ölçüm yapılan aylar içerisinde en kirli ay ortalaması $352 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 ve $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ duman konsantrasyon değerleri ile 1992 Şubat ayı olarak bulunmuştur.

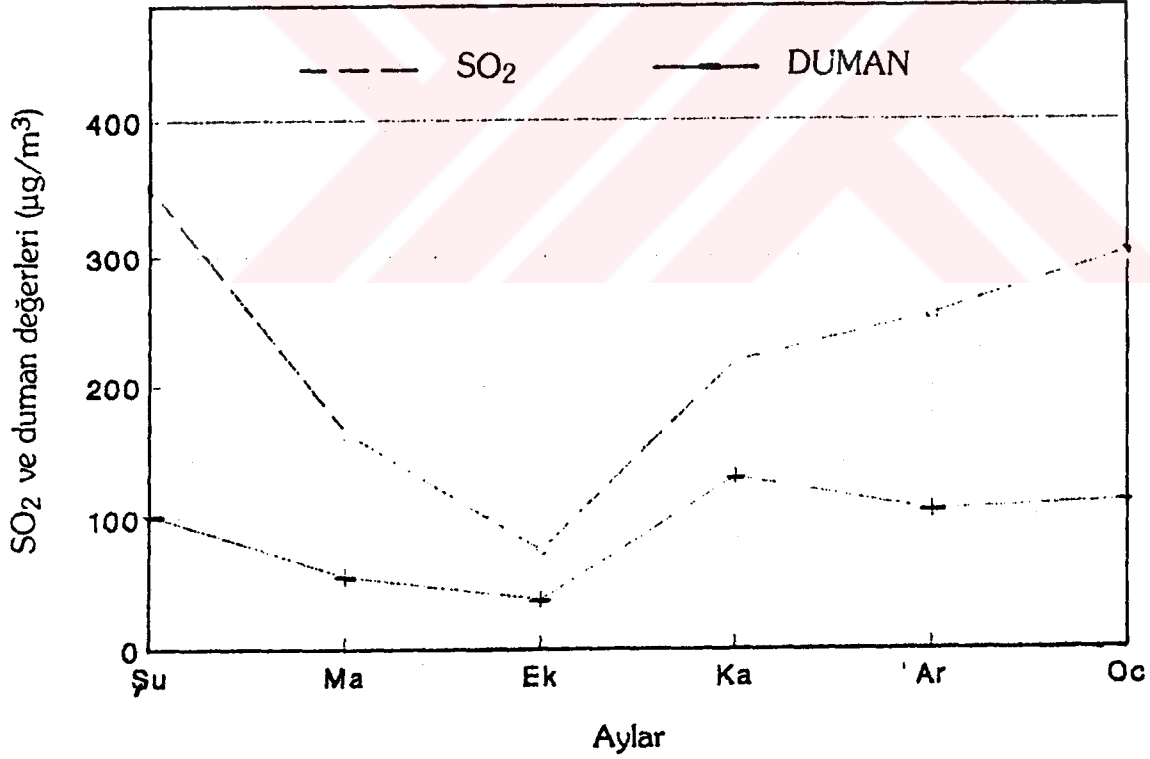
Tablo 5.2'de 1992 - 1993 ısınma mevsimine giren (Şubat 92 - Ocak 93) aylardaki SO_2 ve duman değerleri verilmiş yine şekil 5.2'de aynı değerlerin grafiksel olarak değişimi gösterilmiştir. Ölçüm sonuçlarının ışığı altında kirliliğin değişiminin hava sıcaklığına ve diğer parametrelere bağlı olduğu görülmektedir. Örneğin hava sıcaklığı aylık ortalama değeri 1992 Şubat ayında -7°C iken, SO_2 konsantrasyon değeri aynı ay $352 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 1993 Ocak ayında ortalama sıcaklık -2°C iken, SO_2 konsantrasyon değeri $303 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. Bunun sonucu olarak sıcaklık azaldıkça hava kirliliğinin de arttığı söylenebilir.

Isınma mevsimine giren Şubat 92 - Ocak 93 dönemi konsantrasyon değerleri, Dünya Sağlık Teşkilatı'nın (WHO) 24 saatlik süre ile havada bulunmasına izin verdiği maksimum $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 ve $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ duman konsantrasyon değerlerinden büyüktür. Bu da Konya'da hava kirliliğinin yüksek değerlerde olduğunu ve canlı yaşamını tehdit eden seviyelerde olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.3 ve Tablo 5.4'de Şubat 92 - Ocak 93 dönemine ait günlük ortalama SO_2 ve duman konsantrasyon değerleri verilmiştir. Tabloların incelenmesinden de görüleceği gibi günlük ortalama maksimum SO_2 konsantrasyon değeri $736 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 8 Şubat 1992'de, günlük ortalama maksimum duman konsantrasyon değeri ise $202 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 24 Kasım 1992 tarihinde gözlenmiştir.

Tablo 5.2. Şubat 92 - Ocak 93 ısınma mevsimi aylarına ait ortalama SO₂ ve duman ölçüm değerleri (µg/m³)

Aylar	SO ₂	Duman
Şubat 92	352	102
Mart	165	55
Ekim	75	37
Kasım	219	130
Aralık	256	105
Ocak 93	303	111



Şekil 5.2. Şubat 92 - Ocak 93 ısınma mevsimi aylarına ait SO₂ ve duman ölçüm sonuçları

Tablo 5.3. Şubat 92 - Ocak 93 ısıtma mevsimi aylarına ait günlük ortalama SO₂ ölçüm değerleri (µg/m³)

Günler	Şubat 92	Mart	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak 93
1	100	183	95	80	198	320
2	130	220	88	87	123	353
3	290	263	55	94	134	312
4	395	158	63	82	199	325
5	487	133	44	120	130	403
6	635	241	73	153	214	332
7	543	353	78	143	235	302
8	736	251	93	197	212	256
9	543	198	117	223	250	183
10	703	211	94	254	280	375
11	428	213	83	297	323	478
12	345	194	76	224	230	613
13	437	254	89	198	198	504
14	713	165	74	173	176	487
15	437	187	65	248	290	295
16	350	240	58	288	300	287
17	250	284	63	240	240	307
18	275	273	71	228	243	189
19	310	150	74	135	198	200
20	225	111	94	198	128	321
21	213	74	103	313	284	187
22	344	69	87	243	310	224
23	178	78	76	313	400	298
24	210	61	53	387	342	320
25	183	54	58	353	293	256
26	174	63	63	365	328	278
27	220	73	75	292	395	280
28	154	52	87	287	405	293
29	200	73	69	196	420	254
30		66	50	203	287	176
31		59	57		175	152
Ortalama	352	165	75	219	256	303

Tablo 5.4. Şubat 92 - Ocak 93 ısınma mevsimi aylarına ait günlük ortalama duman konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Günler	Şubat 92	Mart	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak 93
1	53	68	28	84	74	113
2	37	44	29	68	78	115
3	65	58	33	64	86	128
4	78	61	38	73	93	135
5	94	78	34	78	104	112
6	123	48	29	81	113	109
7	97	74	28	84	97	98
8	133	75	33	93	92	103
9	178	47	45	97	81	97
10	123	64	36	123	83	96
11	104	58	35	125	76	128
12	193	63	38	138	77	133
13	154	74	43	124	84	146
14	132	62	44	122	92	123
15	99	69	38	136	104	114
16	75	57	33	148	118	103
17	63	55	34	176	127	105
18	94	84	28	154	138	98
19	113	67	29	143	124	103
20	84	63	34	138	126	125
21	98	59	47	189	112	108
22	136	46	39	176	148	104
23	63	31	43	194	127	112
24	105	69	44	202	121	98
25	103	40	43	178	111	96
26	88	31	47	146	98	83
27	105	49	42	152	105	97
28	92	24	38	134	117	103
29	87	32	39	142	124	98
30		27	43	151	103	76
31		28	44		105	64
Ortalama	102	55	37	130	105	111

Araştırma yapılan Şubat 92 - Ocak 93 ısıtma mevsiminde ölçüm yapılan istasyonlarda belirlenen aylık ortalama konsantrasyon değeri sınırları ile konsantrasyon aralıklarının aylara göre gün sayısı olarak dağılımları, Binkonutlar bölgesi için Tablo 5.5 ve 5.6'da, Zindankale bölgesi için Tablo 5.7 ve 5.8'de, Larende bölgesi için Tablo 5.9 ve 5.10'da verilmiştir. Verilen bu değerler grafiksel olarak, araştırma bölgelerine göre; Binkonutlar için Şekil 5.3 ve 5.4.'de, Zindankale için Şekil 5.5 ve 5.6'da ve Larende için de Şekil 5.7 ve 5.8'de gösterilmiştir.

Şekil 5.3 ve 5.4'ün incelenmesinden de anlaşılacağı gibi Binkonutlar bölgesinde Şubat 92 - Ocak 93 döneminde yapılan toplam 183 günlük ölçümler sonucu 109 günün SO₂ bakımından, 104 günün ise duman açısından hava kirliliği standartlarının üstünde olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.5 ve 5.6'nın incelendiğinde ısıtma mevsimine giren aylarda, Zindankale bölgesinde yapılan toplam 183 günlük ölçümler sonucu 132 günün SO₂ açısından, 118 günün ise duman yönünden standartların üzerinde olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.7 ve 5.8'den de görüleceği gibi Larende bölgesinde yapılan toplam 183 günlük ölçümler sonucu da 140 günün SO₂, 120 günün de duman açısından kirlilik standartlarının üzerinde olduğu gözlenmiştir.

Yapılan ölçümler sonucu bu üç bölgeden Larende bölgesinin en kirli bölge olduğu görülmektedir. Bu da, bölgede yerleşimin yoğun olmasından, çok sayıda ticaret merkezi olmasından ve trafiğin diğer bölgelere nazaran daha çok yoğunluk kazanmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 5.5. Binkonutlar bölgesi SO₂ konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı
(Şubat 92 - Ocak 93).

SO ₂ Konsantrasyonu (µg/m ³)	Şubat	Mart	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
< 150	6	20	31	10	7	
150 - 349	12	11		20	24	26
350 - 499	4					5
500 >	7					
TOPLAM	29	31	31	30	31	31

Tablo 5.6. Binkonutlar bölgesi duman konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı
(Şubat 92 - Ocak 93).

Duman Konsantrasyonu (µg/m ³)	Şubat	Mart	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
< 75	10	29	31	7	1	1
75 - 99	9	2		10	14	14
100 - 149	9			10	16	16
150 >	1			3		
TOPLAM	29	31	31	30	31	31

Tablo 5.7. Zindankale bölgesi SO₂ konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı (Şubat 92 - Ocak 93).

SO ₂ Konsantrasyonu (µg/m ³)	Şubat	Mart	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
< 150		9	31	8	3	
150 - 349	15	22		18	25	25
350 - 499	6			4	3	6
500 >	8					
TOPLAM	29	31	31	30	31	31

Tablo 5.8. Zindankale bölgesi duman konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı (Şubat 92 - Ocak 93).

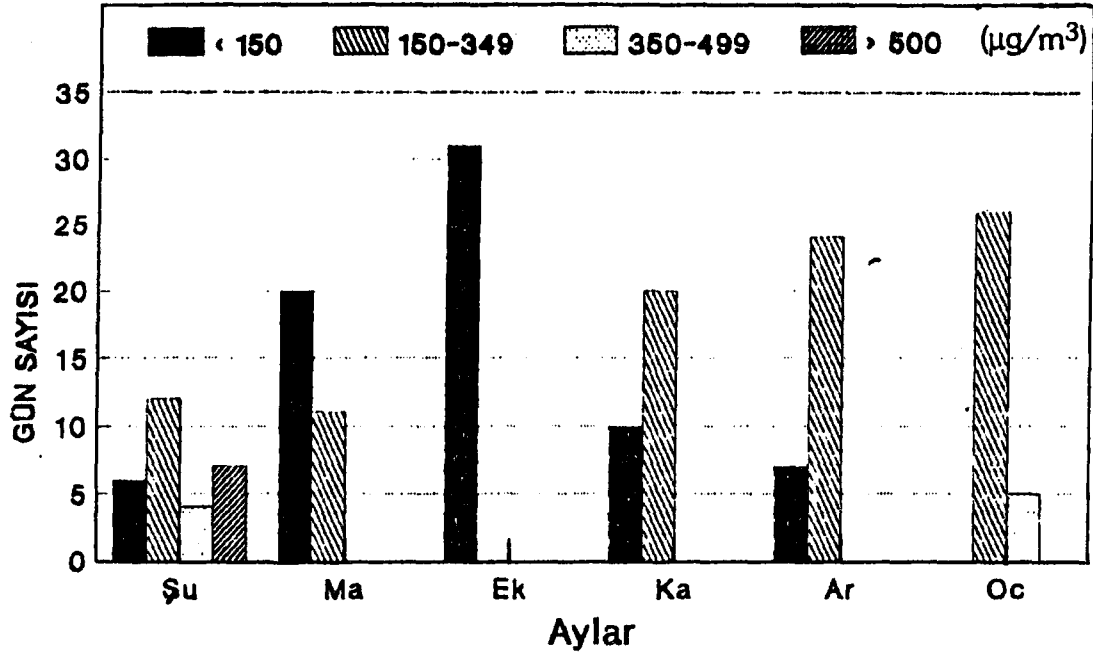
Duman Konsantrasyonu (µg/m ³)	Şubat	Mart	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
< 75	3	27	31	2	1	1
75 - 99	14	4		5	12	10
100 - 149	9			16	18	20
150 >	3			7		
TOPLAM	29	31	31	30	31	31

Tablo 5.9. Larende bölgesi SO₂ konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı (Şubat 92 - Ocak 93).

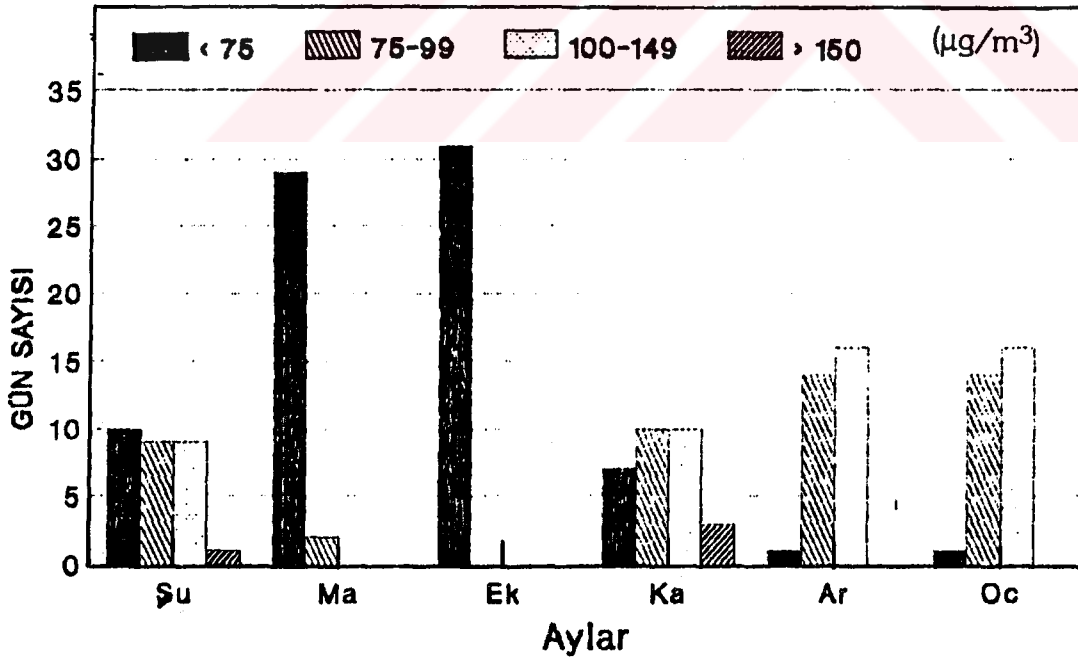
SO ₂ Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Şubat	Mart	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
< 150		7	31	3	2	
150 - 349	18	24		22	20	21
350 - 499	8			5	9	10
500 >	3					
TOPLAM	29	31	31	30	31	31

Tablo 5.10. Larende bölgesi duman konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı (Şubat 92 - Ocak 93).

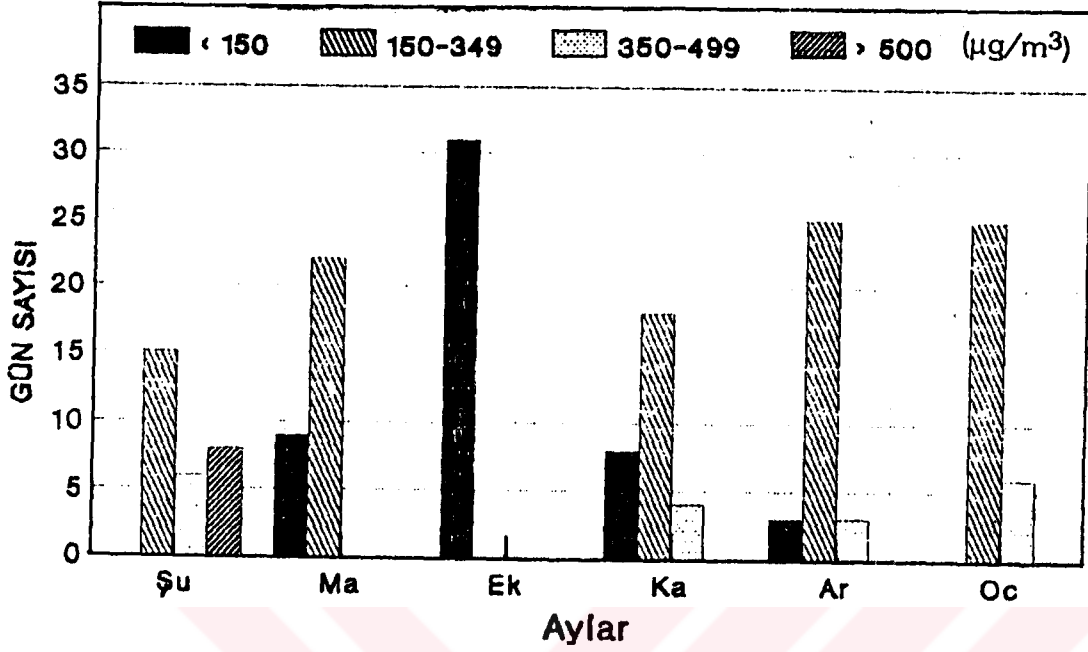
Duman Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Şubat	Mart	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
< 75	2	28	31		1	1
75 - 99	10	3		3	10	6
100 - 149	12			10	20	24
150 >	5			17		
TOPLAM	29	31	31	30	31	31



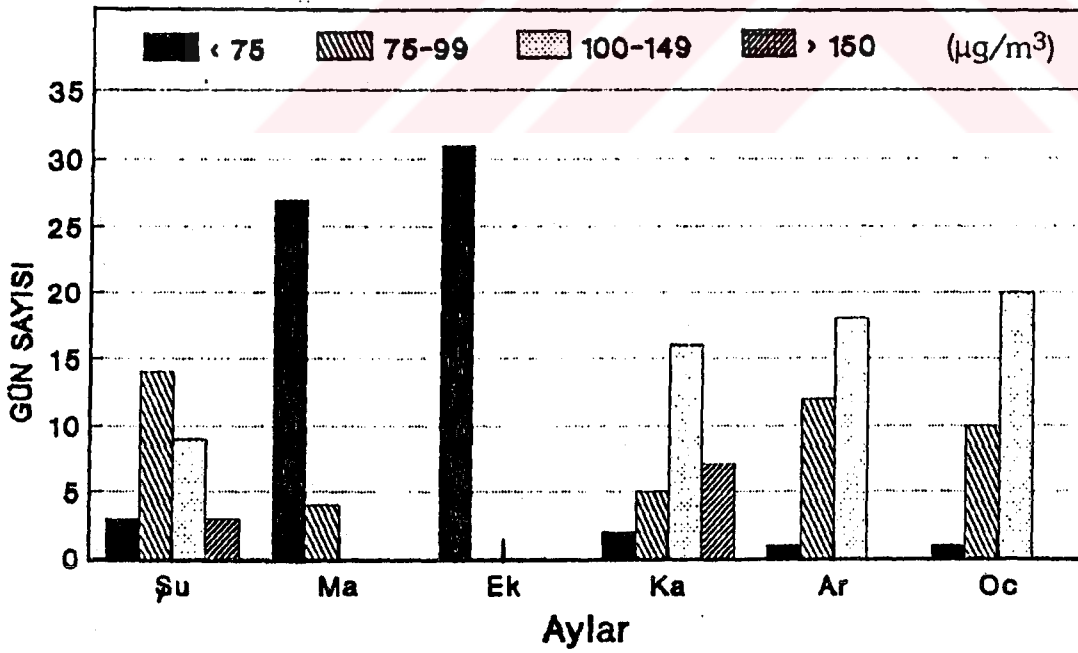
Şekil 5.3. Binkonutlar Bölgesi SO₂ konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı
(Şubat 92 - Ocak 93)



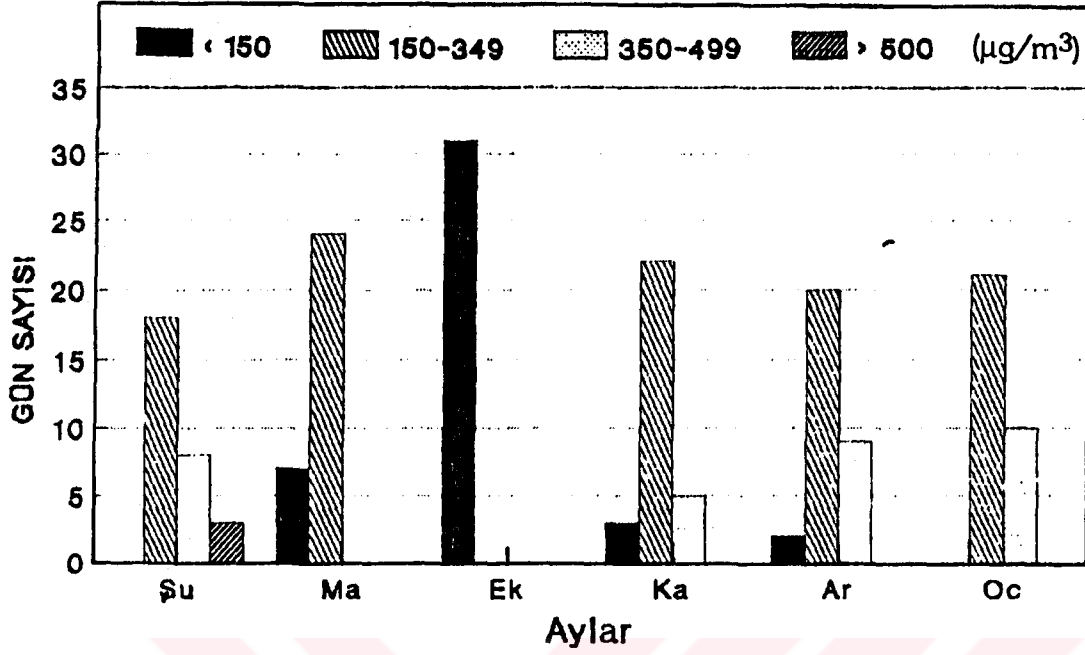
Şekil 5.4. Binkonutlar Bölgesi duman konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı
(Şubat 92 - Ocak 93)



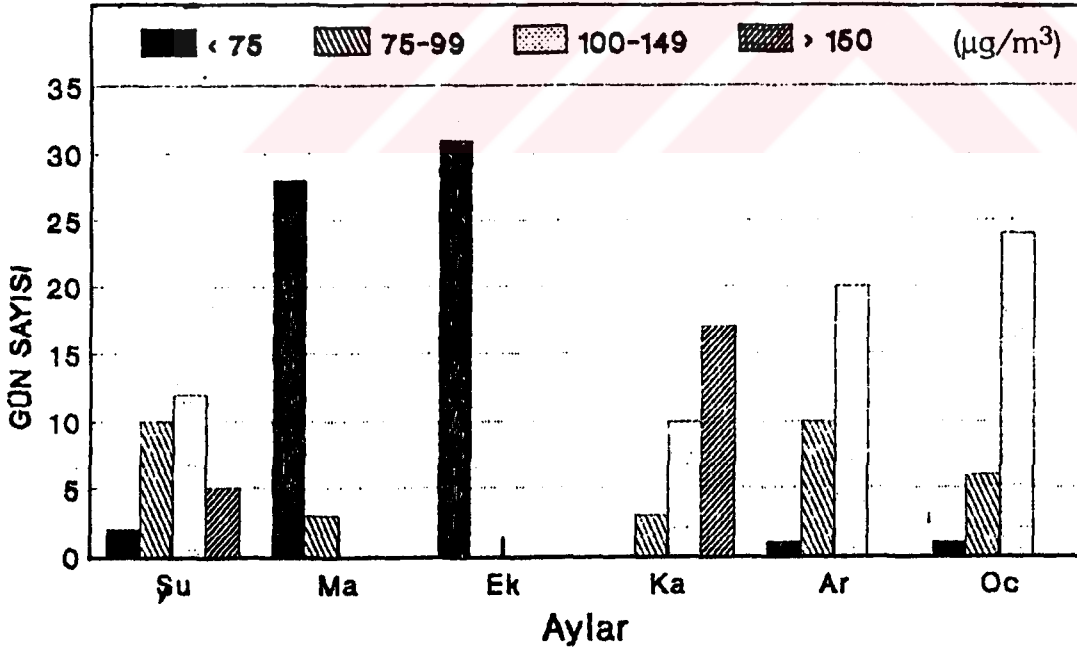
Şekil 5.5. Zindankale SO₂ konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı (Şubat 92 - Ocak 93)



Şekil 5.6. Zindankale Bölgesi duman konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı (Şubat 92 - Ocak 93)



Şekil 5.7. Larende Bölgesi SO₂ konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı (Şubat 92 - Ocak 93)



Şekil 5.8. Larende Bölgesi duman konsantrasyonlarının aylara göre dağılımı (Şubat 92 - Ocak 93)

5.2. Kirletici Konsantrasyonlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

SO₂ ve duman gibi kirleticilerin meteorolojik parametrelerle arasında olan ilişkilerin belirlenmesi için, üç ayrı bölgede yapılan günlük ölçümlerin ortalama değerleri alınmış ve bunlar; ısınma döneminde ölçülmüş olan aylık ortalama meteorolojik parametrelerle "çoklu regresyon analiz" yöntemiyle incelenmişlerdir. SO₂ ve duman gibi kirleticiler bağımlı değişken, yağış, sıcaklık, rüzgar hızı, nisbi nem ve basınç ta bağımsız değişkenler olarak kabul edilmiş ve çoklu regresyon analiz çözümleriyle aralarındaki ilişkiler bulunmaya çalışılmıştır. Ayrıca duman ve SO₂ gibi kirleticilerle meteorolojik parametreler arasındaki kısmi regresyon için önem testi (t testi) yapıp aralarında ilişki olup olmadığı incelenmiştir.

Önem testi için;

$$\text{Genel formül, } S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} \quad (5.1)$$

$$t = \frac{r^2}{S_r} \quad (5.2)$$

olarak verilmektedir. Bu formülde S_r; korelasyonun standart hatasını, r; iki değişken arasındaki korelasyon katsayısını, n'de değişken sayısını göstermektedir.

SO₂ ve duman ile ilgili sonuçları kısaca özetlersek,

- SO₂ ve yağış arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki göze çarpmamaktadır.

$$S_r = \sqrt{\frac{1-0.468^2}{6-2}} = 0.442 \quad t = \frac{0.468^2}{0.442} = 0.496$$

6 - 2 = 4 serbestlik derecesine göre 0.05 (% 5) önem seviyesi için cetvel t değeri 2.776'dır.

Hesaplanan kritik t değeri ise 0.496'dır.

0.496 < 2.776 olduğu için iki değişken arasında 0.05 önem seviyesinde istatistiksel olarak ilişki yoktur.

- SO₂ miktarı, sıcaklık arttıkça azalmaktadır. İki değişken arasında istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($5.24 > 2.776$).

- SO₂ miktarının değişimi üzerinde rüzgar hızının istatistiksel açıdan 0.05 önem seviyesinde bir etkisi bulunmamaktadır ($0.104 < 2.776$).

- SO₂ miktarı ile nisbi nem arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözle çarpılmaktadır ($3.76 > 2.776$).

- SO₂ miktarı ile basınç arasında istatistiksel yönden bir ilişki bulunmamaktadır ($0.026 < 2.776$).

- Duman miktarı ile yağış arasında 0.05 önem seviyesinde istatistiksel açıdan ilişki bulunmamaktadır ($0.407 < 2.776$).

- Duman miktarının değişmesinde sıcaklığın istatistiksel yönden bir önemi yoktur ($0.93 < 2.776$).

- Duman miktarı ile rüzgar incelendiğinde aralarında istatistiksel bir ilişkinin olmadığı görülmektedir ($0.01 < 2.776$).

- Duman miktarı azaldıkça nisbi nem artıyor görünmesine rağmen 0.05 önem seviyesinde aralarında istatistiksel açıdan bir ilişki bulunmamaktadır ($2.10 < 2.776$).

- Duman miktarı ile basınç arasında istatistiki açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır ($0.147 < 2.776$).

Bağımlı değişkenlerle ele alınan bağımsız değişkenler ayrı ayrı önem testinden geçirilip arasındaki ilişkiler incelendikten sonra çoklu regresyon denklemleri de verilmiştir. Regresyon çözümleri çoklu regresyon analizleri yöntemiyle yapılmıştır.

Hava kirleticiler ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için bir fonksiyon kullanılarak seçilen bağımsız değişkenlerin hangilerinin daha önemli olduğu ve ilişkilerin önem derecesi bulunmaya çalışılmıştır.

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_kX_k \quad (5.3)$$

olarak verilen genel denklem bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel ifadesidir.

Isınma dönemine giren aylarda yapılan ölçümler sonucu bulunan aylık ortalama kirlenici değerleri bağımlı değişkenler, o aylara ait aylık ortalama meteorolojik parametreler de bağımsız değişkenler olarak kabul edilmiş ve çoklu regresyon analizlerine uygulanmışlardır. Sonuçta bunlara ait aritmetik ortalamalar ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

Değişkenler		Ortalama	Std. Sapma
SO ₂ konsantrasyonu	(µg/m ³)	228.3333	99.2404
Duman konsantrasyonu	(µg/m ³)	90.0000	35.8999
Yağış	(X ₁) (mm)	17.8333	17.2971
Sıcaklık	(X ₂) (°C)	2.4833	7.4542
Rüzgar Hızı	(X ₃) (m/s)	1.6000	0.2098
Nisbi Nem	(X ₄) (%)	70.6167	9.3690
Basınç	(X ₅) (mbar)	900.2167	1.5728

Yapılan işlem sonucu SO₂ için regresyon denklemine giren bağımsız değişkenler Tablo 5.11'de, varyans analiz tablosu da 5.12'de verilmiştir.

Tablo 5.11. Regresyon denklemine giren bağımsız değişkenler

Değişkenler	Reg. Kat. (B)	Std. Sap. (S)	Belirtme Katsayısı (R ²)
Yağış (X ₁)	-0.1152	1.0265	0.0124
Sıcaklık (X ₂)	-17.4879	5.6777	0.9046
Rüzgar Hızı (X ₃)	-199.0661	100.6850	0.7963
Nisbi Nem (X ₄)	-1.7711	4.1199	0.1560
Model Sabiti (B ₀)	717.3935		

Tablo 5.12. Varyans analiz tablosu.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Regresyon	4	48362.5530	12090.6382	13.727
Hata	1	880.7803	880.7803	
Toplam	5	49243.3333		

Tüm bu bilgilerin ışığı altında geliştirilen çoklu regresyonun denklemi aşağıdaki şekilde verilir.

$$Y_{SO_2} = 717.3935 - 0.1152X_1 - 17.4879X_2 - 199.0661X_3 - 1.7711X_4 \quad (5.4)$$

Çoklu regresyonun standart hatası $S = 29.6779$,

Korelasyon katsayısı $R = 0.9910$,

Belirtme katsayısı $R^2 = 0.9821$ 'dir.

Her dört bağımsız değişkenin SO_2 'yi belirtme katsayıları (R^2) sırasıyla 0.0124, 0.9046, 0.7963 ve 0.1560 olarak hesaplanmıştır. Buna göre havadaki SO_2 miktarının değişiminde sıcaklık ve rüzgar hızının önemli payı olurken, yağış ve nisbi nemin payı çok daha küçük olmaktadır. Yine çoklu regresyonun belirtme katsayısı R^2 'nin 0.98 oranında bulunması SO_2 ile meteorolojik parametreler arasında anlamlı bir ilişki olduğu sonucunu vurgulamaktadır.

Duman için regresyon denklemine giren değişkenler Tablo 5.13'da, varyans analiz tablosu da Tablo 5.14'de verilmiştir.

Tablo 5.13. Regresyon denkleminde giren bağımsız değişkenler

Değişkenler	Reg. Kat. (B)	Std. Sap. (S)	Belirtme Katsayısı (R ²)
Sıcaklık (X ₂)	0.3920	8.7917	0.0020
Rüzgar Hızı (X ₃)	-7.2551	173.1920	0.0018
Nisbi Nem (X ₄)	3.3714	6.3191	0.2216
Basınç (X ₅)	4.8283	22.6387	0.0435
Model Sabiti (B ₀)	-4483.9426		

Tablo 5.14. Varyans analiz tablosu.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Regresyon	4	4581.0436	1145.2609	0.615
Hata	1	1862.9564	1862.9564	
Toplam	5	6444.0000		

Bu bilgilerin ışığı altında duman için geliştirilen çoklu regresyonun denklemini aşağıdaki şekilde veririz.

$$Y_{\text{Duman}} = 4483.9426 + 0.3920X_2 - 7.2551X_3 + 3.3714X_4 + 4.8283X_5 \quad (5.5)$$

Çoklu regresyonun standart hatası $S = 43.1620$,

Korelasyon katsayısı $R = 0.8431$,

Belirtme katsayısı $R^2 = 0.7109$ 'dur.

Denkleme giren dört değişkenin duman miktarını belirtme katsayıları (R^2)

sırasıyla 0.002, 0.0018, 0.2216 ve 0.0435 olarak hesaplanmıştır. Buna göre duman miktarının değişiminde sıcaklık, rüzgar hızı ve basıncın payı yok denecek kadar azken nisbi nemin payı biraz daha fazla olmaktadır. Yine çoklu regresyonun belirtme katsayısı R^2 'nin 0.71 oranında olması duman ile meteorolojik parametreler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak havadaki SO_2 miktarının sıcaklık ve rüzgar hızına, duman miktarının ise nisbi neme bağlı olduğu söylenebilir. Yine her iki kirletici unsurunun değişiminde meteorolojik parametreler önemli bir rol oynamaktadır.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada Şubat 92 - Ocak 93 ısınma döneminde, Konya atmosferindeki duman ve SO₂ konsantrasyonları üç ayrı bölgede günlük olarak ölçülmüş ve kirleticilerin yağış, sıcaklık, rüzgar hızı, nisbi nem ve basınç gibi meteorolojik parametrelerle nasıl değiştiğini bulmak amacıyla çoklu regresyon denklemleri geliştirilmiştir.

Diğer bazı araştırmacılar benzer çalışmalarda elde ettikleri çoklu regresyon denklemlerinin korelasyon katsayılarını, SO₂ için 0.76 ve 0.9138 [13, 16], duman için 0.9116 olarak bulmuşlardır [16].

Konya ilinde, daha önce yapılan çalışmada 1990 - 1991 ısınma mevsiminde çoklu regresyonun belirtme katsayısı SO₂ için 0.77, duman için 0.57 olarak hesaplanmıştır [17].

Gerek şehir planlamasındaki yanlışlıklar, gerekse topoğrafik durumu ve kış aylarındaki meteorolojik şartların uygunsuzluğu kirletici unsurlarının Konya atmosferinde yoğunluk kazanmasına neden olmaktadır. 1992 - 1993 ısınma mevsiminde ortalama olarak SO₂ 228 µg/m³, duman ise 90 µg/m³ olarak gözlenmiştir. Yaz mevsiminde ise kirlilik değerleri oldukça düşüktür. Bu kirlilik değerlerinin daha önce Konya'da 1990 - 1991 ısınma mevsiminde gözlenen (SO₂ için 309 µg/m³ ve duman için 116 µg/m³) değerlerinden düşük olması sevindirici olmakla birlikte kirlilik standart değerlerinin aşılması canlı hayatını olumsuz yönde etkilemeye devam etmektedir. Bu sonuçların ışığı altında ısınma mevsiminde hava kirliliğini önleyebilmek için öncelikle kısa, sonra da uzun vadeli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Bu tedbirler, yeşil alanların çoğaltılması, toplu yerleşim alanlarında merkezi ısıtma sistemi kurulması, merkezi bölgelerdeki nüfus yoğunluğunun azaltılması, trafik yoğunluğunun dengelenmesi ve toplu taşımanın yaygınlaştırılması gibi

uygulamalardır.

Hava kirliliğini engellemek için kısa ve uzun vadede alınabilecek önlemleri kısaca;

- Yapılacak olan kaloriferli binalarda yakıt olarak kömür yerine fuel-oil kullanılması,

- Kamuya ve özele ait binaların bacalarına filtre takılması,

- Kaloriferli binalarda, kalorifer ateşçilerinin kurslardan gerekli eğitimi almış olması,

- Yapılacak olan yeni binalarda ısı yalıtım projesine uygunluğun sağlanması,

- Kamu binalarında oda sıcaklığının 18 °C'yi, konutların ise 20 °C'yi geçmemesi gerektiği bilincinin halka verilmesi,

- Belediye otobüsleri, kamyon, minibüs ve dolmuş gibi toplu taşıma yapan araçlarda ateşleme sistemleri, enjektör, pompa ayarları ile yanmayı tam sağlayacak şekilde bakım ve onarımlarının yapılması,

- Yeşil alan, park ve bahçe düzenleme çalışmalarının çoğaltılması,

- Trafik yoğunluğunun çok olduğu yerlerde, trafik akışını başka yönlere kaydırarak yoğunluğun azaltılması ve toplu taşımanın geniş alanlara yayılması,

- Konutlarda ve kamu binalarında tüketilecek olan kömür kalitesinin iyi olması ve şehre kaçak kömür girmemesi için gerekli denetimlerin sağlanması,

- İş görür olan işletme ve kuruluşların takmış oldukları baca filtrelerinin çalışır durumda olduklarının kontrol edilmesi olarak sayabiliriz.

Tüm bu önlemlerin alınması, Konya'daki hava kirliliğinin insan sağlığı ve diğer canlılar üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek ve zamanla da tamamen yok etmek açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- 1- YARAMAZ, Ö., 1992, Çevre ve Su Kirliliği, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 42, İzmir.
- 2- KOCATAŞ, A., 1992, Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No: 142, İzmir.
- 3- ÖZTAN, Y., 1985, Çevre Kirlenmesi, Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 7, Trabzon.
- 4- VELİCANGİL, S., 1984, Atmosfer Kirlenmesi, Çevre Koruma Dergisi, Sayı 19, İstanbul.
- 5- BİNGÖL, G., 1975, Kirli Hava ve Sağlık, Tabiat ve İnsan Dergisi, Sayı 3, Ankara.
- 6- Türkiye'nin Çevre Sorunları, 1981, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayınları, Ankara.
- 7- TIME, 1985, Requiem for the Forest, September 16, England.
- 8- GÜNAY, T., 1985, Ölüm Yağmurları, Orman Mühendisliği Dergisi, 21 Mart Dünya Ormanlık Günü Özel Sayı, Ankara.
- 9- HERMEN, S.W., 1977, The Health Cast of Air Pollution, American Association and EPA, New York.
- 10- NEWALL, H.E., EAVES, A., 1962, The Effect of Wind Speed and Rainfall On the Concentration of Sulphur Dioxide in the Atmosphere, Int. J Air Wat. Pollut., England.
- 11- HÖSCHELE, K., 1965, Ergebnisse von Messungen des Schwefeldioxid Gehalts der Luft in Karlsruhe und ihre Statistische Bearbeitung, Deutschland.
- 12- SCHMİDT, F.H., VELDS, C.A., 1969, On the Relation Between Changing Meteorological Circumstances and the Decrease at the Sulphur Dioxide Concentration around Rotterdam Atmos., Holland.

- 13- MARSCH, K.J., FOSTER, M.D., 1967, An Experimental Study of the Dispersion of the Emission from Chimneys in Reading - I, The Study of Long-term Average Concentrations of Sulphur Dioxide Atmos. England.
- 14- BRİNGFELT, B., 1971, Important Factors for the Sulphur Dioxide Concentration in Central Stockholm Atmos., Sweden.
- 15- ERBAZ, Y., 1974, Meteorolojik Parametrelerle SO₂ Değişimi, DMİGM Hava İşl. Şb Yayınları (Çeviri), Ankara.
- 16- KIRIMHAN, S., 1991, Erzurum'da Hava Kirliliği ve Nokta Kaynak Araştırması, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, Cilt 15, Sayı 1, Ankara.
- 17- ALTUNTAŞ, A.K., 1992, "1990-1991 Isınma Mevsiminde Konya'daki Hava Kirliliğinin Meteorolojik Verilere Göre Değerlendirilmesi", S.Ü. Müh. - Mim. Fakültesi Dergisi, Cilt 6, Konya.
- 18- YUMRUTUĞ, S., SUNGUR, T., 1980, Hijyen Koruyucu Hekimlik, Ank. Ün. Tıp. Fak. Yayınları, Sayı: 393, Ankara.
- 19- AKALAN, İ., 1984, Asit Yağmurları, Çevre Koruma Dergisi, Sayı 19, İstanbul.
- 20- ERASLAN, İ., 1984, Dünya'da Hava Kirliliğinin Neden Olduğu Orman Ölümü ve Ormanlarımızın Kaderi, Çevre Koruma Dergisi, Sayı 22, İstanbul.
- 21- İLERİ, A., 1970, Endüstrinin Yarattığı Etkiler, Türkiye Konferansı, 30-31 Mart, İstanbul.
- 22- VELİCANGİL, S., 1983, Halk Sağlığı Açısından "Yeşil Alanlar", Çevre Koruma Dergisi, Sayı 18, İstanbul.
- 23- YEŞİLYURT, C., 1989, Hava Kirlenmesinin Belli Kirleticilerinin En Önemli Faktörlerden SO₂ ve PM Özellikleri ve Tayin Yöntemleri, Çevre Sağlığı Araştırma Müd., Ankara.

- 24- ÖZER, Ü., KARTAL, Ş., 1984, Kayseri Atmosferinde Kükürt ve Bazı Eser Elementlerin Konsantrasyonları Arasındaki Bağıntının İncelenmesi, Ulusal Çevre Sempozyumu Tebliğ Metinleri, Adana.
- 25- YILMAZLAR LTD. ŞTİ., 1990, Model 43 EEL Smoke Stain Reflectometer .Kullanma Kılavuzu, İstanbul.
- 26- MÜEZZİNOĞLU, A., 1987, Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Ün. Yayınları, İzmir.
- 27- HAŞİM, A., 1976, 50. Yılda Meteoroloji, Dünya Meteoroloji Günü, DMİGM Yayınları, Ankara.
- 28- TOPUZOĞLU, İ., 1979, Çevre Sağlığı ve İş Sağlığı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- 29- AKALAN, İ., 1984, Hava Kirlenmesi ve Ankara Örneği, Tübitak, Ankara.
- 30- ÖNCÜLER, K., ERDEM, A.Y., SİPAHİOĞLU, H., 1987, Genel Meteoroloji I - II, DMİ Meteoroloji Meslek Lisesi Ders Kitabı, Ankara.
- 31- AKGÜN, N., 1984, Türkiye'nin Sis Etüdü, DMİGM Yayınları, Ankara.
- 32- GÜNAL, C., 1984, Ankara Hava Kirlenmesinin Belli Kirleticileri ve Meteorolojik Verilere Göre Değerlendirilmesi, H.Ü. Yayınları, Ankara.
- 33- Türk Çevre Mevzuatı, 1988, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayınları, Ankara.
- 34- Konya Valiliği, 1980-1984 Sonrası Konya İli, Ankara.
- 35- Konya Sanayi Odası, 1989, Konya Sanayi Odası Rehberi, Konya.
- 36- Büyükşehir Belediyesi Odun Kömür Tanzim Satış Müdürlüğü, 1993, 1992 - 1993 Yılları Tüketilen Linyit Miktarı Kayıtları, Konya.
- 37- Emniyet Müdürlüğü 1992 Yılı Araç İstatistikleri Kayıtları, 1993, Konya.
- 38- Konya İli Gözlem Sonuçları, 1993, Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Konya.