

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET ATLI

119 849

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**HAVA KİRLİLİĞİ DAĞILIMININ BELİRLENMESİNDE
ISCST3 MODEL PROGRAMININ KULLANIMI: AÇS ÖRNEĞİ**

119849

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA , 2002

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVA KİRLİLİĞİ DAĞILIMININ BELİRLENMESİNDE
ISCST3 MODEL PROGRAMININ KULLANIMI : AÇS ÖRNEĞİ

AHMET ATLI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 27/10/2002 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından ~~Oybirliği~~/Oyçokluğu
İle Kabul Edilmiştir.

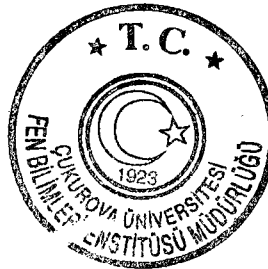
İmza :
Prof.Dr. Ahmet YÜCEER
DANIŞMAN

İmza :
Prof.Dr. Mesut ANIL
ÜYE

İmza :
Yrd.Doç.Dr. Fuat BUDAK
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No : 2018



.....
Prof.Dr. Fikri AKDENİZ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç.Ü. Araştırma Fonu Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No : FBE.2001.YL.47

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan alınan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAVA KİRLİLİĞİ DAĞILIMININ BELİRLENMESİNDE ISCST3 MODEL PROGRAMININ KULLANIMI: AÇS ÖRNEĞİ

AHMET ATLI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof.Dr. Ahmet YÜCEER

Yıl : 2002 , Sayfa : 92

Jüri : Prof.Dr. Ahmet YÜCEER
: Prof.Dr. Mesut ANIL
: Yrd.Doç.Dr.Fuat BUDAK

Bu çalışmada Adana Çimento Fabrikası'nın, tesis ve çevresindeki hava kalitesine olan etkilerini belirlemek amacıyla USEPA tarafından geliştirilen “ Industrial Source Complex Short Term , (ISCST3) ” model programı kullanılmıştır.

Model girdileri olarak ; Adana Çimento Fabrikası baca gazı emisyonları ve bölgenin meteorolojisini yansıtan meteorolojik veriler kullanılmış ve tesisten kaynaklanan PM₁₀, NO_x, CO ve SO₂ emisyonlarının tesis çevresindeki 20x20 km'lik alanda oluşturacağı yer seviyesi konsantrasyonları belirlenmiştir. Tesisten kaynaklanan kirleticilerin bölgede oluşturacağı dağılım, 2D ve 3D haritalar ile gösterilmiştir. Ayrıca fabrikadan kaynaklanan kirleticilerin, tesisin çevresindeki en büyük yerleşim merkezi olan İncirlik Beldesi üzerindeki hava kirliliğine katkıları da belirlenmiştir. Modelin doğruluğunu kanıtlamak üzere model sonuçları ile hava kalitesi ölçüm sonuçları karşılaştırılmış, model sonuçlarının yüksek oranda doğruluk gösterdiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Hava Kirliliği , Adana Çimento Fabrikası, Hava Kalitesi , ISCST3

ABSTRACT

MSc THESIS

THE USE OF ISCST3 MODEL PROGRAM FOR DETERMINATION OF AIR POLLUTION DISTRIBUTION: A CASE STUDY FOR AÇS

AHMET ATLI

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
CUKUROVA UNIVERSITY

Supervisor : Prof. Ahmet YUCEER

Year : 2002 , Pages : 92

Jury : Prof. Ahmet YUCEER
: Prof.Dr. Mesut ANIL
: Yrd.Doç.Dr.Fuat BUDAK

In this study, Industrial Source Complex Short Term Model developed by USEPA was used in order to determine effects of Adana Cement Factory to air quality in its vicinity.

As model inputs, Adana Cement Factory stack gas emission and data representing meteorological situation of the region were used and ground level concentrations to be by PM₁₀, NO_x, CO and SO₂ emissions were determined for on area of 20 x 20 km surrounding the plant. The pollution distribution from factory was showed with 2D and 3D maps. Besides, the contribution of the pollutants caused by ACF to air pollution in the vicinity of İncirlik Town which the largest city around ACF was also determined. The model results were compared to air quality measurements in order to verify the model. The model results were determined to be with accuracy based on the assumptions.

Key Words : Air pollution, Adana Cement Factory, Air Quality, ISCST3

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca değerli fikirlerinden ve yardımlarından faydalandığım, tecrübeleri ile bana büyük katkısı olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet YÜCEER'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca engin bilgi birikiminden faydalandığım, tezin oluşmasında büyük yardımları olan sayın Yrd.Doç.Dr. Fuat BUDAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezin oluşmasında benden yardımlarını esirgemeyen sayın Öğr.Gör.Yusuf Ziya HALEFOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın veri toplanması aşamasında destek olan Adana Çimento Fabrikası çalışanlarına, meteorolojik verilerin sağlanmasında yardımları dokunan Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Tezin hazırlanmasında bana büyük yardımları olan Feramin Yıldırım'a teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

AÇF	Adana Çimento Fabrikası
CO	Karbon monoksit
EPA	Environmental Protection Agency
H.K.K.Y.	Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
ISC3	Industrial Source Complex
ISCST3	Industrial Source Complex Short Term
KVS	Kısa Vadeli Sınır Değer (H.K.K.Y.)
NO _x	Azot oksitler
SO ₂	Kükürt dioksit
PM ₁₀	Partiküler Madde
T.Ç.M.B.	Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği
YSK	Yer Seviyesi Konsantrasyonu
UVS	Uzun Vadeli Sınır Değer (H.K.K.Y.)
2D	İki Boyutlu Görünüm
3D	Üç Boyutlu Görünüm

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TESEKKÜR	III
SİMGELER VE KISALTMALAR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	
1.1. Atmosfer ve Hava Kirliliği.....	2
1.2. Hava Kirlenmesinin Ölçekleri.....	6
1.2.1. Makro Ölçek.....	6
1.2.2. Sinoptik Ölçek.....	6
1.2.3. Mezo Ölçek.....	6
1.2.4. Mikro Ölçek.....	6
1.3. Hava Kirletici Kaynakları.....	7
1.4. Hava Kirleticiler.....	10
1.4.1. Partikül Maddeler.....	10
1.4.2. Kükürt oksitler.....	13
1.4.3. Azot Oksitler.....	16
1.4.4. Karbon Monoksit.....	18
1.5. Meteoroloji ve Hava Kirlenmesi.....	20
1.5.1. Rüzgar.....	21
1.5.2. Sıcaklık.....	22
1.5.3. Kirleticilerin Atmosferde Yayılması.....	22
1.5.4. Atmosferik Stabilitate.....	24
1.5.5. İnversiyon.....	25
1.5.6. Maksimum Karışma Derinliği.....	26
1.5.7. Rüzgar Hızı Profili.....	27
1.5.8. Türbülans.....	28

1.5.9. Baca Dumanlarının Dağılımı.....	29
1.6. Dağılım Modelleri.....	32
1.6.1. Yakın Saha Dağılım Modellerinin Kullanılması.....	33
1.6.2. Kirleticilerin Yayılımına Tesir Eden Faktörler.....	33
1.6.2.1. Topografya.....	34
1.6.2.2. Arazi Kullanımı.....	34
1.6.2.3. Kirletici Özellikleri.....	34
1.6.3. Uygun Modelin Seçilmesi.....	35
1.6.4. Ençok Kullanılan Modeller.....	35
1.6.4.1. Eleme (Screening) Modelleri.....	35
1.6.4.2. Geliştirilmiş (Refined) Modeller.....	36
1.6.5. Diğer Modeller.....	38
1.6.6. Geliştirilmiş Modellerin Kullanımı.....	38
1.6.7. Sonuçların Yorumlanması.....	39
1.7. Portland Çimentosu Üretimi	40
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	43
3. MATERYAL – METOD	48
3.1. Materyal.....	48
3.1.1. Adana Çimento Fabrikası.....	49
3.1.2. Meteorolojik Veriler.....	50
3.2. Metod.....	52
3.2.1. ISC3 Modelinin Tanıtımı.....	52
3.2.2. ISC3 Modelinin Seçenekleri.....	54
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	
4.1. Araştırma Bulguları.....	58
4.2. AÇF'nin İncirlik Yerleşim Merkezindeki Hava Kirliliğine Katkıları	72

4.3. Baca Yüksekliğinin Hava Kirleticilerin Dağılımına Etkisi.....	74
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	
5.1. Sonuçlar	76
5.2. Öneriler	79
KAYNAKLAR.....	81
EKLER	
EK-1. Adana Çimento Fabrikası Yerleşim Planı	85
EK-2. Model Sonuçları	86
EK-3. İncirlik Beldesi PM ₁₀ YSK Değerleri	90
ÖZGEÇMİŞ.....	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Atmosferin Doğal Bileşimi	3
Çizelge 1.2. Hava Kirleticiler ve Kaynakları	8
Çizelge 1.3. Kükürt dioksitin İnsan Sağlığına Etkileri	15
Çizelge 1.4. Azot dioksit ve Sağlık Üzerine Etkileri	17
Çizelge 1.5. CO'nun Kandaki Karboksihemoglobin Yüzdelrine Göre Belirlenen Etkileri	20
Çizelge 1.6. Türbülans Karakteri	29
Çizelge 1.7. En Çok Kullanılan Dağılım Modellerinin Özellikleri	37
Çizelge 2.1. 1995 yılında Pekin'de Araçlardan Kaynaklanan Toplam Emisyon.....	45
Çizelge 3.1. AÇS Üretim Hattı Toz ve Gaz Emisyonları.....	50
Çizelge 3.2. Adana'da Rüzgar Ölçümleri .(Devlet Meteoroloji İşleri Bölge Müd.).....	51
Çizelge3.3. Adana'da Hava Sıcaklığı Ölçümleri.(Devlet Meteoroloji İşleri Böl.Müd.).....	51
Çizelge 4.1. AÇF Baca Gazı Toz Konsantrasyonları ve Emisyon Debileri..	60
Çizelge 4.2. AÇS Emisyon Kaynakları Karakteristikleri.....	62
Çizelge 4.3. İnceleme Alanları Yıllık Ortalama Hava Kalitesi Ölçümleri....	69
Çizelge 4.4. Havada Asılı Partikül Madde (PM ₁₀) için İnceleme Bölgesi Günlük Ortalamalar	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Atmosferin Yapısı	2
Şekil 1.2.	Hava Kirleticilerin Kaynağından Çökmesine Kadar Dağılımı .	5
Şekil 1.3.	Aerosollerin Tane İriliklerine Göre Sınıflandırılması.....	11
Şekil 1.4.	Hava Kirliliği Elementleri	21
Şekil 1.5.	Gerçek çevresel sıcaklık profiline göre yükselen kirli hava paketinin davranışı.....	23
Şekil 1.6.	Sıcaklığın Yükseklikle Değişimi	24
Şekil 1.7.	Stabilite Durumları	24
Şekil 1.8.	Maksimum Karışma Derinliği	27
Şekil 1.9.	Rüzgar Hızı Profili	28
Şekil 1.10.	Baca Dumanlarının Atmosferin Kararlılığı ile İlişkisi	30
Şekil 1.11.	Portland Çimentosu Üretiminin Akım Şeması 1.....	41
Şekil 1.12.	Portland Çimentosu Üretiminin Akım Şeması 2.....	42
Şekil 3.1.	Dağılım Modeline ait Parametre ve Kabullerin Şematik Gösterimi	54
Şekil 3.2.	Alıcı Ortam Sistemi	56
Şekil 4.1.	AÇS ve Çevresinin 3D Topoğrafik Haritası.....	59
Şekil 4.2.	AÇS'den Kaynaklanan PM ₁₀ Dağılımının 2D ve 3D Görünümü	63
Şekil 4.3.	AÇS'den Kaynaklanan NO _x Dağılımının 2D ve 3D Görünümü	64
Şekil 4.4.	AÇS'den Kaynaklanan CO Dağılımının 2D ve 3D Görünümü	65
Şekil 4.5.	AÇS'den Kaynaklanan SO ₂ Dağılımının 2D ve 3D Görünümü .	66
Şekil 4.6.	Ölçüm Sonuçları ile Model Sonuçlarının Karşılaştırılması	72
Şekil 4.7.	AÇS'nin İncirlik Yerleşim Merkezinde Oluşturduğu Hava Kirliliği	73
Şekil 4.8.	Baca Yüksekliği Değişiminin YSK'ları Üzerine Etkisi	75

1. GİRİŞ

Son yıllarda sanayinin hızla gelişmesiyle birlikte endüstriyel kaynaklı hava kirliliği ön plana çıkmaktadır. Sanayiden kaynaklanan hava kirliliği esas olarak atık gazların yeterli tedbirler alınmadan atmosfere bırakılması ve yanlış yer seçimi sonucu meydana gelmektedir. Arazinin topografik durumu, bölgenin meteorolojik şartları ve endüstrileşmenin yoğunluğu dikkate alınmadan kurulan sanayi tesislerinden atmosfere bırakılan kirleticiler bu ortamda dağılarak hava kirliliğine neden olmaktadır.

Kirletici kaynakların ve kirliliğin miktarının belirlenmesi, hava kalitesi kontrol çalışmalarının başında yer alır. Gerek mevcut durumun saptanması, gerekse yapılması planlanan tesislerin hava kalitesi üzerine mevcut tesislerle birlikte yapacağı bileşik etkilerin tahmin edilebilmesi hava kalitesi modelleri kullanılarak yapılabilir. Hava kalite modellemesi ile yerde oluşacak kirletici konsantrasyonları hesaplanarak elde edilen verilerden hareketle kaynaklara getirilecek kısıtlamalar, örneğin bir fabrikanın kurulacağı yerin belirlenmesi, baca yüksekliklerinin belirlenmesi, emisyon standartlarının ve arıtma sistemlerinin şekillendirilmesi, bir bölge ve kentte emisyon kısıtlamalarının planlanması, acil durum planlarının yapılması gibi hava kirlenmesi kontrolündeki bütün uygulamalara esas teşkil eder.

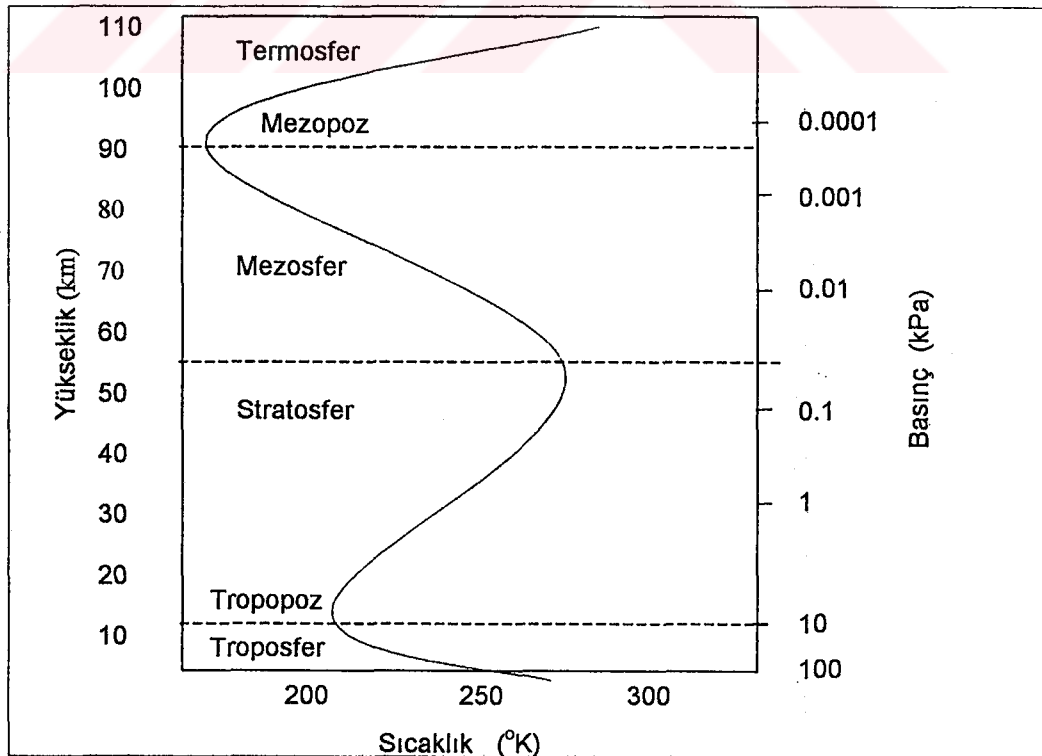
Bu çalışmada daha çok tozlanma nedeniyle çevre kirlenmesi yaratan çimento tesislerinin durumu ele alınmaktadır. Bu konu ülkemiz için büyük önem taşır, çünkü Türkiye, çimento üretiminde Avrupa ve dünya çapında bir yere sahiptir. Portland çimentosu da denilen normal çimento , ülkemizin birçok yerinde kimi zaman yerleşim alanları içerisinde kalan yerlerde, büyük tesislerde kuru sistemli teknolojiler kullanılarak üretilir (Müezzinoğlu,2000). Hammadde, kömür ve katkı maddelerinin ön işlemlerden geçirilerek öğütülmesi, depolanması, uygun bir karışım haline getirilip döner fırınlara verilmesi sırasında çok miktarda toz çıkabilir. Tozlanma kömür tozu ile çalışan sistemlerde kömür hattındaki öğütme, ayırma, depolama, besleme ve yakma işlemlerinde de kendini gösteren bir kirlenme türüdür. Yakıtın yapısına bağlı olarak döner fırından çıkan gazlarda da önemli oranda gaz ve toz halde kirleticiler bulunur.

Bu çalışmada Adana Çimento Fabrikası'ndan kaynaklanan hava kirliliğinin belirlenmesi amacıyla "Industrial Source Complex Short Term , (ISCST3) " hava kalite model programı kullanılmıştır. Modelleme çalışması ile AÇF'nin çevresindeki hava kirliliğine olan katkıları hesaplanmıştır.

1.1. Atmosfer ve Hava Kirliliği

Hava ortamı, yerkürenin etrafını saran atmosfer adlı gaz tabakasından oluşur. Yerçekiminin etkisiyle yer kabuğuna yakın yerlerde atmosferin yoğunluğu ve üstündeki atmosfer yükü dolayısıyla basıncı daha fazladır. Aynı zamanda güneş ışınlarının yerkabuğu ve yoğun olan alt atmosferde daha fazla absorplanıp ısıya dönüştürülmesi nedeniyle doğal olarak atmosferin alt kısımlarında sıcaklık daha yüksektir. Alt atmosferde sıcaklık yükseklikle belirgin bir hızla azalır.

Hava kirliliği ve kontrol çalışmalarını yürütebilmek için atmosferin kompozisyonunu ve yapısını bilmek gereklidir. Atmosfer, yüksekliklerine göre troposfer, stratosfer, mezosfer ve termosfer olmak üzere dört tabakadan oluşmaktadır. (Şekil 1.1)



Şekil 1.1. Atmosferin Yapısı

Akım özellikleri nedeniyle yerden itibaren 11-20 km. arasında bir yükseklikte yeralan bir sınır tabakasının (tropopoz) altındaki atmosfer tabakası troposfer adını alır. Bunun hemen üstünde 60. km'ye kadar uzanan tabaka ise stratosfer adını alır. Tropopoz civarında diğer katmanlara kıyasla ozon zenginleşmesi görülür. Ozonca zengin olan bu tabaka, uzaydan ulaşan güneş radyasyonunun morötesi (UV) kısmını filtre etmektedir. Böylece zararlı ışınların ancak pek az bir kısmının yer seviyesine inebilmesine izin veren bu katman, yeryüzündeki yaşam için hayati bir önem taşımaktadır.

Troposferdeki soluduğumuz havanın doğal bileşimi Çizelge 1.1'de görüldüğü gibi yaklaşık % 78,09 Azot (N) , % 20,94 Oksijen (O₂) , % 0,93 Argon (Ar) , %0,03 Karbondioksit (CO₂) ve çoğu inert olan iz miktarlarda diğer gazlardan oluşmaktadır.

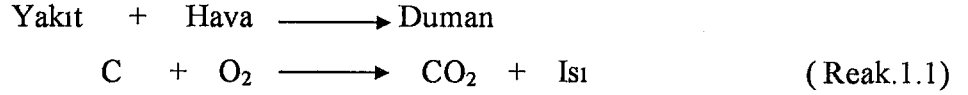
Çizelge 1.1. Atmosferin Doğal Bileşimi

Bileşen	Sembol	Hacim % (kuru havada)	Moleküler Ağırlık
Sürekli Gazlar			
Azot	N ₂	78.08	28.02
Oksijen	O ₂	20.98	32.00
Argon	Ar	0.93	39.88
Neon	Ne	0.0018	20.18
Helyum	He	0.0005	4.00
Hidrojen	H ₂	0.00005	2.02
Kripton	Kr	0.0011	83.80
Xenon	Xe	0.00009	131.30
Değişken Gazlar			
Karbondioksit	CO ₂	Değişken	44.00
Ozon	O ₃	Değişken	48
Metan	CH ₄	Değişken	16
Sülfür Dioksit	SO ₂	Değişken	64.06
Su Buharı	H ₂ O	Değişken	18

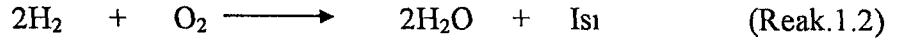
Hava kirlenmesi, havanın doğal bileşiminde bulunan gazların yada doğal yada yapay yollarla gerçekleşen birtakım reaksiyonlar sonucu oluşan yabancı maddelerin insan sağlığına, diğer canlılara, ekolojik dengeye ve eşyalara zararlı olabilecek konsantrasyonlarda ve sürelerde bulunmasıdır. Yabancı madde tanımı, atmosferin doğal bileşiminde olmayan maddeler yanında atmosferin doğal

bileşiminde olup da normal olarak bulunduğu düzeylerin dışına çıkan maddeler olarak ele alınır.

Havayı kirleten en önemli etken yanma reaksiyonudur ;

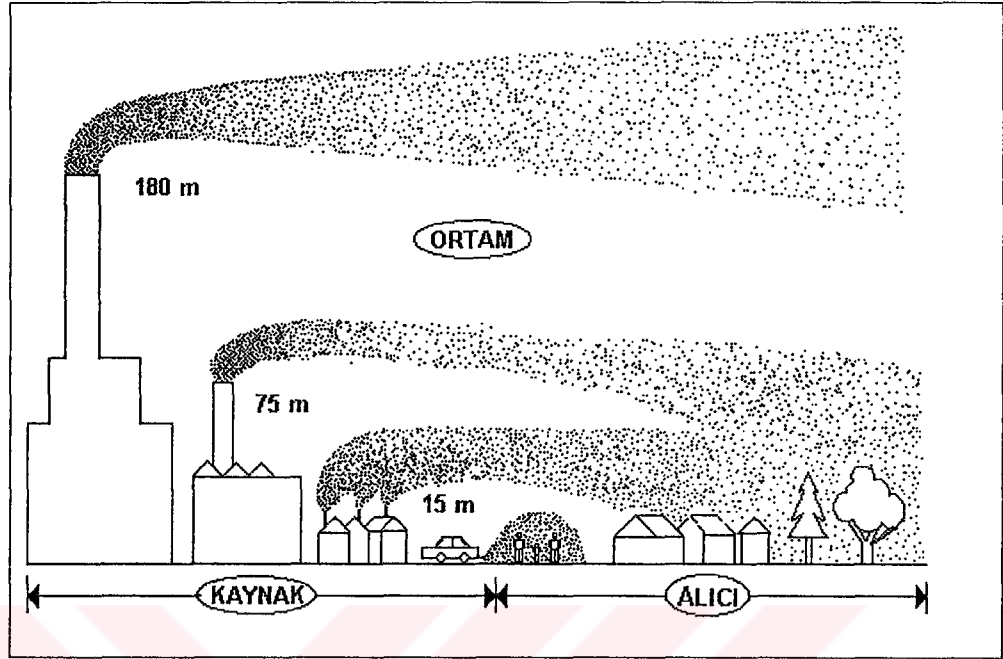


reaksiyonu uyarınca fosil yakıt adını verdiğimiz gaz, petrol veya kömürün yakılmasıyla oluşan CO₂ ve bunun yanısıra bu yakıtlarda bol bulunan hidrojenin ;



şeklinde oksitlenmesiyle açığa çıkan su buharı, bu reaksiyonların hedeflenen ürünleridir. Bu nedenle bu ikisi gerçekte tam olarak hava kirletici sayılmazlar. Ancak yakıt içerisinde bulunan safsızlıklara; oksijenin veriliş oran ve şekline, yanma sıcaklığının gereğinden az veya çok oluşuna, sıcak ve soğuk bölgelerde gazların bekleme sürelerine bağlı nedenlerle yukarıdaki reaksiyonların tam olarak gerçekleşmemesi yüzünden oluşan gaz ve buharlar “ Hava Kirletici ” sayılırlar. Ayrıca sanayi kuruluşlarından üretim artığı çok çeşitli toz, gaz ve buharlar, açıkta bırakılan hammadde, yarı ürün, yaygın olarak atmosfere bırakılmaktadır.

Hava Kirlenmesinde kaynaktan çıkan kirleticilerin çökmesine kadar olan aşamadaki dağılımına transmisyon denir. Transmisyon esnasında hava kirleticiler hem fiziksel olarak seyrelir hem de kimyasal olarak dönüşüm meydana gelir (Baumbach,1996). Kirletici maddelerin havaya karışmasıyla ortaya çıkan hava kirlenmesinde bir kaynak, bir taşıyıcı ortam (troposfer) ve bir alıcı ortam bulunur. (Şekil 1.2.)



Şekil 1.2. Hava Kirleticilerin Kaynağından Çökelmesine Kadar Dağılımı.
(Baumbach,1996)

Alıcı için hava kalitesinin ne olması gerektiği hava kalitesi kriterleri denilen listeler yardımıyla ortaya konur. Kriterlerin yasal hale gelmiş şekli ise standartları oluşturur. Belirli kriter veya standartlara uyabilmek için kaynak ve ortama ilişkin iki grup değişkenin mühendislik uygulamalarıyla birleştirilerek düzenlenmesi gereklidir. Kaynakla ilgili olanlar ; yakıtlar, yakma teknolojisi ve hava kirliliği önleme cihaz ve teknikleridir. Ortama ilişkin olanlar ise duman davranışını belirler. Dumanın kütsel davranışı tamamen incelenen yörenin o andaki meteorolojik özelliklerine bağlıdır. Kirlenici maddelerin iklimsel ve meteorolojik faktörlerle dolaylı ilgisi bulunan bozunabilirliği, dispersiyon ve taşınım özellikleri de alıcıya ulaşabilen kirlenici derişimlerini etkiler. Bu nedenlerle alıcı ortamın meteorolojik özellikleri, gerek yörede hava kalitesinin oluşmasında ve gerekse bu kalitenin matematik dağılım formülleri (dispersiyon modeli) yardımıyla belirlenmesinde büyük önem taşır (Müezzinoğlu,2000).

1.2. Hava Kirlenmesinin Ölçekleri

Meteoroloji, atmosfer dinamiği ile ilgilenen ve özellikle de atmosferdeki enerji ve momentum transferini inceleyen bir bilim dalıdır. Alt atmosferde (Troposfer) olaylar dört değişik ölçekte oluşur.

1.2.1. Makro Ölçek

Ekvatorda ısınan ve yükselen havanın yerini kutuplardan akan soğuk hava kütlesi alır ve ılıman iklim kuşağında yere yakın katmanlarda kutuplardan ekvatora doğru esen makro ölçekli rüzgarları oluşturur. Bu hava hareketleri dünyanın batı-doğu yönünde kendi etrafında dönme hareketlerinden de etkilenir, örneğin kuzey yarımkürede hafifçe sağa doğru (yani kuzeybatıdan güneydoğuya doğru) eser.

1.2.2. Sinoptik Ölçek

Kıtalararası hava hareketlerinin ölçeğidir. Sabit, yüksek ve alçak basınç merkezleri, cephe sistemleri ve buna benzer hareketlerle ilgili kirlenici taşınması sinoptik ölçekli olaylardır.

1.2.3. Mezo Ölçek

Bölgesel boyutlardaki kara-deniz esintileri, dağ-vadi hava akımları gibi daha yerel hava hareketleri ile taşınan kirlenicilerin yarattığı hava kirlenmeleridir. Kent ve sanayi bölgelerinin planlaması, baca tasarımı gibi çalışmalar sırasında mutlaka göz önünde bulundurulması gereken bir ölçektir.

1.2.4. Mikro Ölçek

Yere yakın hava tabakasında meydana gelen hava hareketleriyle ilgili kirlenmenin taşınma ölçeğidir. Örneğin bina çevrelerindeki hava akımları ve çevrintiler, ağaçlık yerlerdeki hava hareketleri vb.

1.3. Hava Kirletici Kaynakları

Hava kirleticilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirletici kaynak adı verilir. Hava kirliliği kaynakları özelliklerine göre farklı sınıflara ayrılır.

İnsan faaliyetleri esas alınarak yapılan sınıflandırma :

- Doğal Kaynak
- Yapay (antropojenik) Kaynak

Kaynak hareketine göre:

- Hareketli (mobil) Kaynak
- Durağan (stasyonar) Kaynak

Kaynak yapısına göre:

- Nokta Kaynak
- Çizgisel Kaynak
- Alan Kaynak

Kaynak türlerine göre:

- Yakıt Yakılması
- Endüstriyel
- Ulaşım
- Diğer (Katı atık yakılması, orman yangınları, inşaat vb)

Yakıt yakılması sonucu oluşan kirletici emisyonları hava kirlenmesinin en önemli nedenlerinden biridir. Yakıt yakılması katı, sıvı ve gaz yakıtların her türlü yakma düzeninde yakılmasını kapsar. Yakıt yakılması başlıca üç grupta ele alınır.

- Evsel amaçlı (ısınma vb) yakıt yakılması
- Endüstride enerji ve buhar temini için yakıt yakılması
- Elektrik santrallerinde yakıt yakılması

Her grupta kullanılan yakıtlar aynı olmakla birlikte yakma düzenleri ve dolayısıyla hem emisyonlar hem de kontrol şekilleri farklılık gösterir (Tünay,1996).

Endüstriyel kaynaklar her tür endüstriyel faaliyetten oluşan hava kirlenmesini kapsar. Bu nedenle hava kirliliğinin değerlendirilmesinde ve kirlenme kontrolünde en karmaşık gruba oluşturur. Spesifik kirleticilerin en önemli kaynağı endüstrilerdir.

Ulaşım araçlarının doğrudan bir kaynak olarak neden olduğu hava kirlenmesi ulaşım kaynaklı kirlenmeyi oluşturur. Ulaşım araçlarının neden olduğu kirlenme sadece miktar açısından değil kirleticiler türleri olarak da önem taşımaktadır. Hava kirlenmesinin karakterizasyonuna esas olan ve konvansiyonel parametreler olarak tanımlanan 5 temel kirleticiler parametre (PM, SO_x, NO_x, CO, HC) ulaşım kaynaklı kirlenmede yer almaktadır.

Diğer kirleticiler kaynaklar ;

- Çöp yakılması
- Yangınlar
- Atıksu arıtma tesisleri
- İnşaat ve kazı faaliyetleri
- Kirli su kütleleri
- Yanardağlar

Çizelge 1.2.' de hava kirleticilerin hangi kaynaklardan meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 1.2. Hava Kirleticiler ve Kaynakları (Baumbach,1996)

Kirleticiler	Kirleticiler Kaynakları yada Aktiviteler							
	Enerji Santralleri	Trafik	Evsel Isınma	Rafineriler	Madencilik Faaliyetleri	Metal vs Üretimi	Atık Yakılması	Ziraat
Partiküler Maddeler	√	√	√		√	√	√	√
CO	√	√	√				√	
CO ₂	√	√	√				√	
SO _x	√	√	√	√			√	
NO _x	√	√	√	√			√	
VOC _x	√	√	√	√			√	
O ₃		√						
HC	√	√	√	√			√	
Ağır Metaller								
Pb		√			√	√	√	
Hg	√		√		√	√	√	
Cu					√	√	√	
Cd			√		√	√	√	√
Zn					√	√	√	
CFC _s						√	√	

Hava kirleticiler atmosfere ulaşır, önceleri bir duman hüzmesi yada bulutu halinde taşınırken, bir taraftan da seyreterek, çökelerek veya atmosferde reaksiyona uğrayarak uzaklaşıp kaybolurlar. Bu mekanizmalar kaynağın kirleticileri üretme fonksiyonuna zıt bir tüketim alanı oluşturdukları için kaynak veya rezervuar olarak tanımlanırlar (Masters,1991). Rezervuar olarak toprak, yeşil bitki örtüsü, yüzeysel sular sayılabilir. Bir kirletici maddenin kaynaktan yayınlandığı andan havada yok oluncaya kadar geçen sürenin en iyi ölçüsü kirleticinin yarılanma ömrüdür. Bir kirleticinin atmosferdeki yarılanma ömrü, ilk yayınlandığı andaki miktarının yarıya düşmesine kadar geçen zamandır. Sık rastlanan hava kirleticiler saat veya gün mertebesinde yarılanma ömrüne sahiptirler. Bu nedenle atmosferde oldukça hızlı bir şekilde uzaklaşmaktadırlar.

Global ölçekte düşünülürse SO₂, hidrokarbon, tozluluk vb kirleticilerin ortalama konsantrasyonlarında dikkate değer bir artış gözlenmemektedir. Buna karşın atmosferdeki CO₂ gazının derişimi, yıldan yıla artan miktarlarda kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yakılması dolayısıyla yüksek miktarlarda üretilmesi ve bunun yanı sıra yeşil bitki örtüsünün azalması yüzünden hızla artmaktadır (Kiely,1997). Bu tahribat, ekvator bölgesindeki yağmur ormanlarının tarım alanı açma, yol geçirme gibi faaliyetlerle yok edilmesi ve okyanus yüzeyindeki plankton faaliyetlerini engelleyen petrol saçılması gibi nedenlerle giderek artmaktadır. CO₂'in yanı sıra metan, kloroflorokarbonlar (örneğin Freon), N₂O gibi insan eliyle atmosferdeki varlığı artan bazı moleküller de güneş radyasyonunu yutarak ısıtma etkisi yaratmaktadırlar.

1.4. Hava Kirleticiler

Kirleticiler havada gaz, sıvı ve katı halde bulunurlar. Gaz hali dışında bulunan kirleticiler havada aerosol halinde olup bazıları, sis, mist, duman gibi özel adlar ile anılır. Hava kirleticileri çeşitli özellikleri gözönüne alınarak sınıflandırılır. Havada bulunuş şekillerine göre kirleticiler partikül halindeki kirleticiler ve gaz halindeki kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılır. Bu kirleticilerin bazıları doğrudan doğruya kirletici kaynaktan atıldıkları formda havada bulunurlar. Bunlar birincil kirleticilerdir. Diğer bir kısım kirleticiler ise havaya karışan bu birincil maddelerin, havada esasen mevcut bazı türlerle atmosferde reaksiyona girmesiyle oluşan reaksiyon artıklarıdır. Bunlara da ikincil kirleticiler denir. Örneğin SO_2 ve H_2S birincil; sülfat, sülfat ve sülfirik asit sisi ise ikincil kirleticilerdir. Organik buharlar ise $\text{C}_1\text{-C}_5$ arası türler olarak birincil, bunların keton, aldehit ve asitlerinin havada oksitlenmiş halleri ise ikincil kirlilik tanımına girerler.

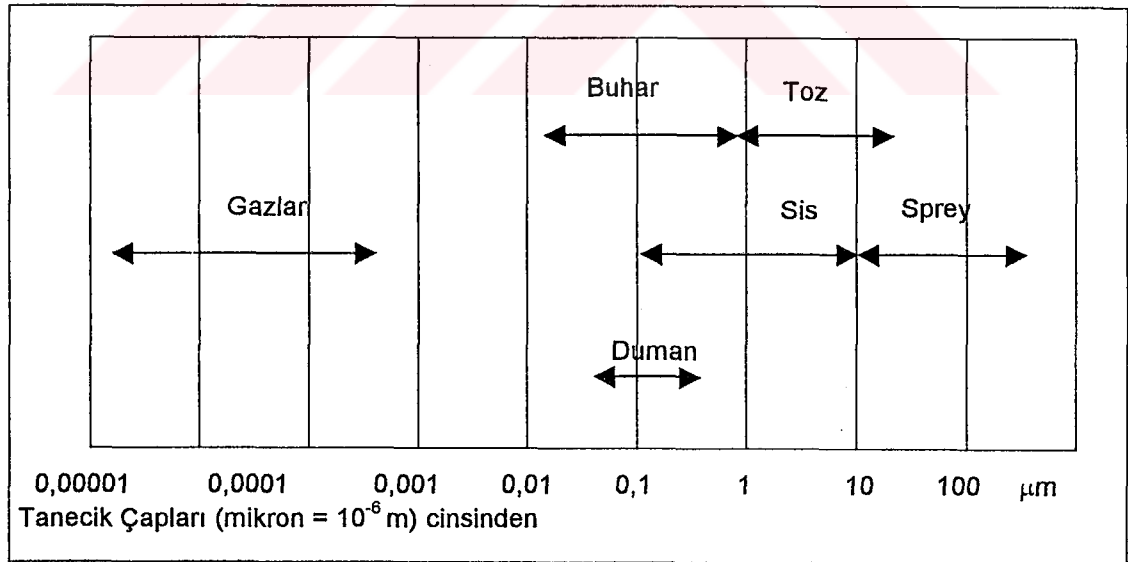
Genel bir sıralamayla hava kirleticiler ;

- Askıda partikül maddeler (tozlar ve aerosoller)
- Kükürtlü maddeler
- Organik maddeler
- Azotlu Maddeler
- Karbon Monoksit
- Halojenler
- Radyoaktif maddeler

1.4.1. Partikül Maddeler

Ortalama gaz molekül büyüklüğü $0,0002 \mu\text{m}$ çaptan iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde partikül sınıfına girer. Bu asılı maddelerin çok ince olup da havada kolloidal süspansiyon oluşturanlarına aerosol denir (Şekil 1.3.). Doğal sis olayında asıl etken bu aerosollerdir. Bunun gibi kirlenmeye bağlı yapay sis (smog) olaylarında da aerosoller etkili olmaktadır.

Hava ortamında askıda duran partikül halindeki maddeler, iriliklerine ve yoğunluklarına bağlı olarak ancak belirli bir süre için bu hali sürdürebilirler. Bu sürenin sonunda yere çökerek atmosferden uzaklaşırlar. Havada yüzer halde bulunan bu tanecikler, tane iriliklerine ve kimyasal yapılarına bağlı olarak toz, buhar, sis, duman, sprej gibi çeşitli isimler alırlar. Tozlar katı maddelerdir ve doğrudan endüstri ve ısınma tesislerinin atık gazlarıyla havaya atılan kül, kömür, çimento tozları, kum, talaş, toprak gibi maddeler bu sınıfa girer. Buharlar ise kimyasal veya fiziksel reaksiyonlar sonucu havaya bırakılan daha çok metal veya organik madde buharları ile bunların süblime olması sonucu oluşan çok ince sıvı zerrecikleridir. Sis, yoğunlaşmış maddelerin oluşturduğu ince sıvı damlacıklarından meydana gelir ve su buharı etkisiyle doğal sis, diğer buharların etkisiyle ise smog şeklinde görülür. Duman, karbonlu maddelerin tam yanmaması sonucu havaya bırakılan katı taneciklerce zengin atık gazların adıdır. Sprej ise bir sıvının basınçlı bir taşıyıcı gaz ile birlikte havaya püskürtülmesiyle oluşan atomize sıvı taneciklerinden meydana gelir. Çeşitli sınıflara giren bu aerosollerin tane irilikleri Şekil 1.3. de görülmektedir.



Şekil 1.3. Aerosollerin Tane İriliklerine Göre Sınıflandırılması (Peavy, 1985).

Çökme eğilimleri yüzünden havada yaklaşık 40 mikrondan daha iri partikül maddeye pek rastlanmaz. Aerosollerin alt sınırı ise molekül ölçeği olup Şekil 1.3.' de sol tarafta görülen gazlar, ayırık moleküllerden ibarettir. Sağlık etkileri açısından 10 mikrondan iri aerosoller burundan, 5 mikrondan iri olanlar ise üst solunum

yollarından kolayca geçemediğinden, insan sağlığına doğrudan etkileri önemsizdir. Oysa 3 mikrondan ince olan tozlar aynı nedenle sağlık etkileri en büyük olan kirleticilerdir. Özellikle duman, buhar gibi mikron-altı ölçeklerde olabilen aerosoller, solunum yollarından geçerek akciğerlerin alveol adı verilen keseciklerine kadar girmekte ve olumsuz sağlık etkileri yaratmaktadırlar (Peavy,1985).

Partiküler maddelerin kimyasal yapı ve özellikleri çok değişkendir. Partiküler maddeler organik ve inorganik yapıda olabilir. Hava kirlenmesinde önem taşıyan inorganik bileşenler sülfat, nitrat, kurşun, demir, mangan, çinko ve vanadyum; organik bileşenler ise çeşitli hidrokarbonlar ile fenoller, organik asitler ve alkollerdir. Partiküler maddelerin bir kısmı biyolojik partiküller olarak adlandırılan mikroorganizmalardır. Bunlara örnek olarak protozoa, bakteriler, virüsler, mantarlar, sporlar, alglar ve polenler verilebilir. Biyolojik partiküllerden bazıları örneğin sporlar havada uzun süre canlılıklarını koruyabilir. Buna karşılık besin eksikliği ve ultraviyole ışınları nedeniyle önemli bir kısmı ölür ve bozunur.

Partiküllerin atmosferden, gerek doğal yollarla gerekse arıtma işlemleriyle uzaklaştırılmalarında çökme karakteristikleri önemli rol oynar. Partiküler maddelerin havada askı halinde kalma süreleri büyüklükleri ile ters orantılıdır. 0,1 μ 'dan küçük olan partiküler maddeler moleküllerin Brownian hareketlerine karışır ve uzun süre askıda kalabilir (Tünay,1996). Çökme hızı partiküler madde cinsine, yoğunluğuna da bağlı olmakla birlikte boyut çok daha önemlidir. Genelde 20 μ 'a kadar boyuta sahip partiküler maddeler çökebilir maddeler olarak sınıflandırılır. Çökme hızının hesabında 0,1-100 μ arası partiküller ve atmosferde sakin havada ($Re < 1$) Stokes Kanunu kullanılabilir. Buna göre ;

$$V_t = \frac{g(\rho_p - \rho_a) d_p^2}{18\mu} \quad (1.1)$$

V_t = Çökme hızı, m/s

g = Yerçekimi ivmesi, m/s^2

ρ_p = Partikül yoğunluğu, kg/m^3

ρ_a = Havanın yoğunluğu, kg/m^3 ($1,2 \text{ kg/m}^3$ deniz seviyesinde)

d_p = Partikül Çapı, m

μ = Havanın vizkozitesi, N.s/m^2 (27°C 'da $1,85 \times 10^{-5}$)

Partiküler maddelerin insan sağlığına çoğu solunum yoluyla olmak üzere çeşitli zararlı etkileri vardır. $0,01 - 0,1 \mu$ arasında partiküler maddeler solunum sisteminde birikebilir. $1 - 2 \mu$ arası partiküller hava kesecikleri ve bronşlarda tutulabilir. Etkilerin ortaya çıkmasında maruz kalma süresinin önemi vardır. Partiküler maddelerin etkisi, esas olarak solunum sistemini tıkamaları, solunum sisteminin kendi kendini temizlemesine engel olmaları şeklinde veya zehirli ve kanserojen yapıda olmalarından kaynaklanmaktadır. Bazı partiküler maddeler zehirli maddeleri taşıırken bazılarının kendisi zehirli maddeyi oluşturur. Bunun en önemli örneği kurşundur. Kurşun atmosfere element halde, oksitleri olarak, sülfatları ve organik bileşikleri olarak verilir. Kurşun kan üretimini engeller, sinir sistemini ve idrar yollarını tahrib eder. Çocuklarda kanda $0,8 - 1,0 \mu\text{g/l}$ kurşun; enzim faaliyetlerini engeller (Masters,1991). Kurşunun etkisi akut veya kronik olabilir. Partiküler maddelerin bazıları, özellikle biyolojik partiküller alerjiye neden olur.

Işık partiküler maddeler tarafından yansıtılması ve kırınımı görüş uzaklığını etkiler. Bu etkilerin önemli bölümü görünür ışık boyutunda $0,38 - 0,76 \mu$ aralığındaki danelerce oluşturulur. Etki, partikülün şekline de bağlıdır.

1.4.2. Kükürt Oksitler

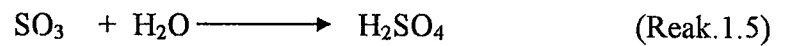
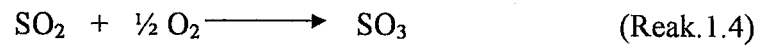
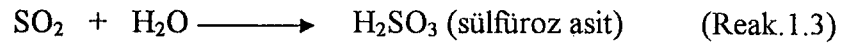
Kükürt oksitler 6 farklı kükürt oksidinden oluşur ve SO_x olarak kolektif bir parametre ile ifade edilir. Bu oksitler SO (Kükürt monoksit), SO_2 (kükürt dioksit), SO_3 (kükürt trioksit), S_2O_3 (kükürt seskioksit), S_2O_7 (kükürt heptaoksit) ve SO_4 (kükürt tetraoksit) tir. Bunlar arasında en önemlileri SO_2 ve SO_3 'tür.

Kükürt oksitleri (SO_x), kükürt ihtiva eden maddelerin yakılması sonucu oluşur. Havadaki kükürt oksitler arasında en önemli pay kükürt dioksit (SO_2) gazına aittir. SO_2 , renksiz, yanıcı ve patlayıcı olmayan hafif kokulu bir gazdır. Koku eşiği $0,5 \text{ ppm}$, tad eşiği $0,3 \text{ ppm}$ 'dir. $3,0 \text{ ppm}$ 'de kokusu rahatsız edici hale gelir ve

boğucu bir hisse yol açar. Atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenmeyle kükürt trioksit (SO_3) ve sülfatlara dönüşür. Kükürt trioksit sülfirik asidin anhidriti olup; yağmur veya yoğunlaşmış nem (sis) damlalarıyla birleşerek havada bu asidin damlacıklarının oluşmasına yol açar. Sülfatlar ise çoğunlukla $0,2 - 0,9 \mu\text{m}$ çapa sahip katı tanecikler şeklinde olup, görünür ışığın $0,4 - 0,7 \mu\text{m}$ olan dalga boyları ile girişim yaparak görüş mesafesini azaltır ve güneş radyasyonunu engelleyerek yerel iklimlerde soğumaya yol açar. Bu yüzden kent atmosferinde SO_2 'nin tipik seviyelerinde, bağıl nemin de %50'den fazla olduğu günlerde önemli görüş kayıpları ortaya çıkar.

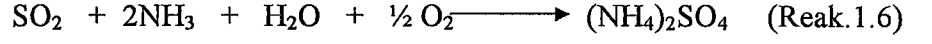
Yaklaşık 200 milyon tonu doğal kaynaklardan, 150 milyon tonu da yapay kaynaklardan olmak üzere atmosfere her yıl 350 milyon ton kadar kükürt oksitleri karışır (Halefoğlu, 1997). Doğal kaynaklardan karışan kükürt oksitleri, atmosfere doğrudan kükürt oksitleri olarak değil, kükürtlü hidrojen (H_2S) olarak karışır ve kükürtlü hidrojen atmosferde oksijenle, ozonla yükseltgenerek kükürt oksitleri haline dönüşür (Moore, 1976).

SO_2 suda çözünür (20°C ' de). Havadan iki kere daha ağırdır, havada 2-4 gün süreyle kalır, bu nedenle kirlenme değerlendirmesinde önem taşır. SO_2 havanın nemi ile birleşerek sülfüroz asit oluşturur.

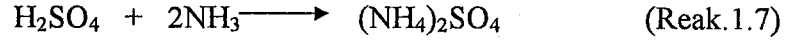


Atmosferdeki SO_2 'nin büyük bir kısmı SO_3 haline yükseltgenir (Reak.1.4). SO_3 'de (Reak.1.5) de görüldüğü gibi su buharı ile sülfirik asit haline dönüşür .

Amonyak endüstride çok miktarda kullanılan ham maddelerden birisidir. Amonyakın en büyük tüketicisi gübre endüstrisidir. Amonyakın taşınması ve kullanılması esnasında yeterince önlem alınmadığı zaman atmosferin amonyakça zenginleşmesi kaçınılmazdır. NH_3 , nemli hava ve SO_2 varlığında hızlı bir şekilde amonyum sülfat tuzunu oluşturur (Reak.1.6).



Atmosferde SO_2 'nin yükseltgenmesi ile oluşan H_2SO_4 ile NH_3 'ün etkileşmesiyle de aynı tuz oluşur.



Bu oluşan iyon ve moleküller yağmur suyunun pH'ını da düşürerek, yağmur suyuyla beraber asit yağışlarını meydana getirmektedir. Asit yağışları yerüstü ve yeraltı su kaynaklarında pH değerini düşürerek doğal dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Ayrıca asidik yağışlarla yıkanan topraktaki besin maddeleri suda daha çok çözünerek suyla birlikte topraktan kaçıp gitmekte ve toprağın verimi düşmektedir.

SO_2 ve H_2SO_4 ile SO_4 tuzları solunum sistemini, mukozayı tahriş eder, bronşit ve astım gibi kronik hastalıkların oluşumuna yol açar. SO_2 partiküler maddelerle birlikte olduğunda solunum sisteminde daha uzun süreler kaldığı için çok daha tehlikelidir. SO_2 'nin etkileri Çizelge 1.3.'de özetlenmiştir.

Çizelge 1.3. Kükürt dioksitin İnsan Sağlığına Etkileri.

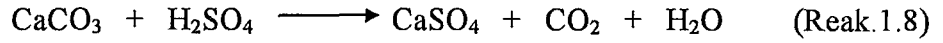
Konsantrasyon , ppm	Maruz Kalma Süresi	Etkiler
0 – 0,6	-	Belirgin değil
0,015 – 0,25	1-4 gün	Solunum sisteminde etkiler
1,0	3-10 dakika	Solunum sisteminde rahatsızlık
1,0 – 5,0	Ani	Göğüs sıkışması
10	1 saat	Göz yaşarması, burun kanaması
20		Göz tahrişi, mide bulantısı

20 ppm'den itibaren etkiler akuttur, hatta 400-500 ppm konsantrasyon kısa sürede öldürücü olabilir.

Bitkilere olan etki akut veya kronik olabilir. Akut etki yapraklarda hücre bozunması ile ortaya çıkar (8 saatte 0.3 ppm). Kronik etki benzer zarara yol açar ve 0.01 ppm de 1 yıl kadar sürede ortaya çıkar. SO_2 'nin etkisi nem ve şiddetli ışıktaki artar. Bitkiler büyüme mevsimlerinde SO_2 'ye daha duyarlıdır. Ayrıca bitki cinsine

göre duyarlılık değişir. Başlıca duyarlı türler pamuk, fasulye, çam ve elma ağaçlarıdır.

SO₂'nin eşyalara olan en önemli etkisi sülfürik asit korozyonudur. Yapı malzemeleri özellikle kireç ve mermer;

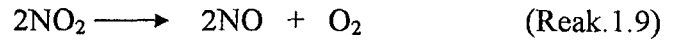


reaksiyonu ile aşınır. Demir, çinko, bakır gibi birçok metalin korozyonu hızlanır. H₂SO₄ tekstil ürünlerinin (pamuk, naylon, ipek vs) yapısını bozar ve mukavemetini azaltır. Deri de aynı şekilde etkilenir. Kağıtlar SO₂ absorblayarak sararır ve kırılgan hale geçer.

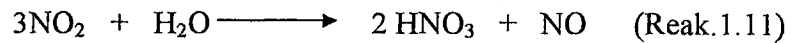
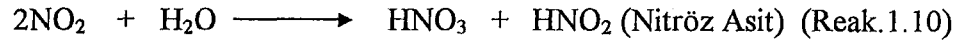
1.4.3. Azot Oksitler

Azot oksitler (NO_x) havadaki en önemli kirletici gazlardandır. Yanma sürecinde yüksek sıcaklık bölgesinde oluşan NO ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan NO₂ gazlarının toplamından oluşur. NO_x gazları NO₂ eşdeğeri ile tanımlanır. Yanma kaynaklı olan bu gazlardan asıl zehirli olanı NO₂'dir. NO daha çok NO₂ hammaddesi olduğu için önem taşır. Her iki gaz da doğal azot çevriminin birer parçasıdır. Atmosferdeki yarılanma ömürleri düşük olup, normalde dünya atmosferinde 1 ppb'den daha az konsantrasyonda olmaları beklenir. Oysa kentsel atmosferde bu derişimler 40-80 ppb ve hatta 300-1400 ppb değerlere kadar yükselmektedir.

Atmosfere karışan NO gazının yaklaşık %80'i doğal kaynaklardan %20'si de yapay kaynaklardan gelir (Peavy,1985). Doğal ve yapay kaynaklardan yılda atmosfere karışan toplam NO gazının yaklaşık 650 milyon ton olduğu hesaplanmıştır. Bunun yaklaşık 110 milyon tonu yapay kaynaklı olup yanma sonucu meydana gelen yüksek sıcaklık bölgelerinde (motorlarda, santrallerde, fabrikalarda, fırınlarda, yangınlarda vs) teşekkül eder. NO₂ gazının esas kaynağı NO gazıdır. NO gazının bir kısmı hava oksijeniyle yükseltgenerek NO₂ haline dönüşür. Ancak NO₂ yüksek sıcaklıklarda dayanıklı değildir ve hemen parçalanarak oksijen ve NO gazını verir.



Havadan daha ağır olan NO_2 suda hızla çözünür, nitrik-asit oluşturur.



Nitrik ve nitröz asit yağışlarla yeryüzüne düşer veya atmosferdeki amonyakla birleşerek amonyum nitrat oluştururlar (NH_4NO_3). Bu durumda NO_2 bitkiler için gübre görevi görür. Aynı zamanda NO_2 güneş ışıklarının ultraviyole bölümünün iyi bir absorblayıcısı olduğu için ozon (O_3) gibi sekonder hava kirleticilerin oluşumunda önemli rol oynar.

Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalardan NO_2 gazının NO gazından yaklaşık 4 kat daha toksik olduğu anlaşılmıştır. NO_2 , burun ve boğazı tahriş eden, akciğerlerdeki alveollerde iritasyona yol açan kötü kokulu bir gazdır. Solunum sisteminin kısa süreli NO_2 ye maruz kalması sonucunda oluşan etkiler Çizelge 1.4. de özetlenmiştir. NO_2 'nin kokusunun alınma sınırı 1-3 ppm'dir Havadaki konsantrasyonu 10 ppm'in üzerine çıkınca gözde ve mukozada yanmalar meydana gelir. Hayvanlar üzerinde yapılan denemelerde konsantrasyon artmasıyla ölüme götüren zehirlenmeler meydana geldiği ve 100 ppm'de ise çok kısa zamanda ölümlerin meydana geldiği tespit edilmiştir (Gündüz,1993).

Çizelge 1.4. Azot dioksit ve Sağlık Üzerine Etkileri.

Etkiler	NO_2 Konsantrasyonu		
	mg/m ³	ppm	Etki için süre
Koku Eşiği	0.23	0.12	Ani
Karanlığa Adaptasyon için Eşik	0.14	0.075	Bilinmiyor
	0.50	0.26	Bilinmiyor
Artan Solunum Yolu Direnci	1.3 – 3.8	0.7 – 22.0	20 dak
	3.0 – 3.8	1.6 – 2.0	15 dak
	2.8	1.5	45 dak
	3.8	2.0	45 dak
	5.6	3.0	45 dak
	7.5 – 9.4	4.0 – 5.0	40 dak
	9.4	5.0	15 dak
	11.3 – 75.2	6.0 – 40.0	5 dak
Akciğer Difüzyon Kapasitesinde Azalma	7.5 – 9.4	4.5 – 5.0	15 dak

1.4.4. Karbon Monoksit

Karbon monoksit (CO), renksiz, kokusuz ve havanın ortalama mol ağırlığına yakın mol ağırlığında bir gaz olup, hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de renksiz ve kokusuz olması dolayısıyla varlığı farkedilemeyen bir kirleticidir. Atmosferdeki yarılanma ömrü oldukça uzundur (2.5 ay).

Karbon monoksit yapay ve doğal olmak üzere iki kaynaktan gelir. Otomobil egzoz gazlarında önemli oranda karbon monoksit bulunur. Ayrıca yanmanın iyi olmadığı diğer bütün yapay aktiviteler sonucunda da (fabrika, lokomotif, kalorifer bacalarından) önemli oranda karbon monoksit çıkar ve atmosfere karışır. Yapay kaynaklardan CO meydana geldiği uzun yıllardan beri bilinmesine rağmen doğal kaynaklarda CO meydana geldiğinin saptanması oldukça yenidir. 1972 yılına kadar doğal kaynaklardan atmosfere karışan karbon monoksidin yapay kaynaklardan atmosfere karışanlar yanında ihmal edilecek kadar az olduğu düşünülmekte ve kabul edilmekte idi. Fakat, 1972 yılından sonra yapılan çalışmalar bunun doğru olmadığını ve doğal kaynaklardan atmosfere büyük oranda CO karıştığını göstermiştir (Peavy,1985).

Yapay CO kaynakları başlıca beş gruba ayrılır. Bunlar ;

1. Nakliye (gemi, uçak, otomobil vs)
2. Binalar (ısınma, temizlik vs)
3. Endüstri (demir-çelik vs)
4. Atıkların yakılması
5. Karışık (Orman yangınları, zirai atıkların yakılması vs)

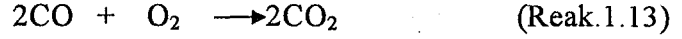
Yapay kaynaklı CO oluşumu başlıca aşağıdaki kimyasal işlemler sonucu oluşur.

- Yanmanın tam olmadığı yerlerde
- Yanmanın çok yüksek sıcaklıklarda yapıldığı yerlerde
- Yüksek sıcaklıklarda CO₂ ile C'un birarada olduğu hallerde

Yanma olayında CO₂ yerine CO meydana gelmesi ;



reaksiyonunun hızının,

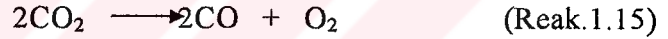


reaksiyonunun hızından 10 kat daha büyük olmasından kaynaklanır. Bu nedenle yanmada önce CO, onun yanmasıyla da CO₂ meydana gelir. Buna göre ikinci basamak için gerekli O₂ bulunamazsa, yanma tam olmaz ve CO olduğu gibi kalır ve atmosfere karışır.

İkinci reaksiyonda ortamda yanmanın tam olması için gerekli oksijen olduğu halde, sıcaklığın yüksek olması sebebiyle



reaksiyonu cereyan eder, oksijenin fazlası işe yaramaz. Hatta ortamda bulunan CO₂ bile yüksek sıcaklıklarda



reaksiyonu gereğince parçalanır ve O₂ verir. Parçalanma 1750 °C'de %1, 1940 °C'de ise %5 kadardır. (Gündüz,1993)

En fazla CO konsantrasyonuna yerleşim merkezlerinde rastlanır. Bunun başlıca nedeni otomobillerdir. Otomobillerden meydana gelen CO kirlenmesi yapay kaynaklı toplam kirlenmenin yaklaşık %65'i kadardır (Baumbach,1996). Otomobillerden gelen CO kirlenmesi günün saatlerine göre değişiklikler gösterir. Yerleşim merkezlerinde gece 4-5 saatlerinde en düşük seviyeye (3-4 ppm) inen CO konsantrasyonu sabah 7-9 saatleri arasında en yüksek (9-10 ppm) seviyeye çıkar ve öğle saatlerinde tekrar düşer. Öğleden sonra 6-7 saatleri arası tekrar yükselir.

İnsan sağlığı bakımından bilinen en eski gaz zehirlenmeleri, tam yanmamış artık gazların solunması dolayısıyla karbon monoksit yüzünden meydana gelmiştir. Etkisi, kanın alyuvarındaki hemoglobinin karbon monoksit ile tercihi olarak bir kompleks (COHb=Karboksihemoglobin) yaparak dokulara oksijen iletimini engellemesi şeklinde görülür. Ayrıca karboksihemoglobinin, dokulara ulaşabilen oksihemoglobin kompleksinin hücrelerde oksijeni serbest hale getirebilmesini zorlaştırdığı belirlenmiştir. Kanın COHb oluşturma hızı, oksijenle oksihemoglobin (O₂Hb) oluşum hızından 210 kat daha fazladır. Böylece hava içinde 209.000 ppm olan oksijen varlığının en az 1/200 – 1/250 kadar bir karbon monoksit derişimine

ulaşıldığında, karbon monoksit hemoglobini tamamen bağlar. Bu da yaklaşık olarak 750-1000 ppm kadardır.

Karboksihemoglobin oluşumu tersinir bir reaksiyondur. Yani temiz havaya çıkan hasta, eğer daha önce başka organda kalıcı bir etki meydana gelmemişse, zamanla kanındaki COHb'nin kendiliğinden parçalanmasıyla sağlığına kavuşur.

Kandaki COHb derişimi ile solunan dış havanın CO derişimi ve solunum süresi ilişkilidir. Dış havanın CO değeri azalır azalmaz, COHb de parçalanır ve CO gazı dışarı atılır. Kan içinde ortalama %0.4'lük bir COHb derişimi normalde sürekli olarak korunmaktadır. Çizelge 1.5.'de kandaki karboksihemoglobin seviyesiyle sağlık etkileri özetlenmiştir (Müezzinoğlu,2000).

Çizelge 1.5. CO'nun Kandaki Karboksihemoglobin Yüzdelatine Göre Belirlenen Etkileri

% COHb	Etkiler
<1	Belli bir etki yok.
1-2	Davranışlarda bozukluk emareleri görülür.
2-5	Merkezi sinir sistemi etkilenir. Zamanı algılama, görüş parlaklığı fark etme yeteneği azalır.
5<	Kalp ve damar fonksiyonları zarar görür.
10-80	Baş ağrısı, yorgunluk ve bitkinlik hissi, koma, solunum yetmezliği ve ölüm.

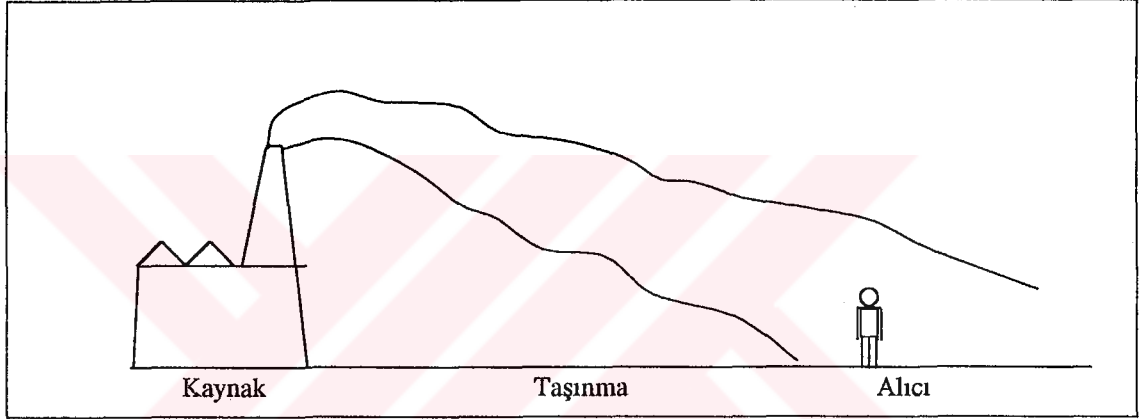
1.5. Meteoroloji ve Hava Kirlenmesi

Meteoroloji, içinde yaşadığımız atmosfer kütesinin hava ve iklimsel değişimlerini belirlemeye yardımcı olan sıcaklık, basınç, rüzgar hızı ve yönü, nem, yağış, görüş uzaklığı, güneş radyasyonu gibi faktörleriyle ilgilenen bir bilimdir. Meteoroloji dünya ölçeğindeki olayları inceleyen makrometeoroloji, 100 km'ler boyutundaki olayları inceleyen mesometeoroloji ve 1 km'ye kadar küçülebilen alanlardaki olayları inceleyen mikrometeoroloji olmak üzere üç kategoride ele alınır. Hava kirlenmesinde her üç kategori de önem taşır. Örneğin ozon tabakası, sera olayı gibi etkiler makrometeoroloji, asit yağmuru gibi oluşumlar mesometeoroloji, kentsel hava kirlenmesi incelemelerinde mikrometeoroloji çerçevesinde değerlendirme yapılır.

Meteorolojinin kirleticilerin dağılımı ve reaksiyonları açısından hava kirlenmesinde önemli yeri bulunmaktadır. Herhangi bir hava kirlenmesi problemi üç elemandan meydana gelir.

1. Kirletici kaynağı,
2. Kirleticinin hareketi ve taşınması,
3. Kirleticiye maruz kalan unsurlar.

Bu elemanlar Şekil 1.4. de görülmektedir.



Şekil 1.4. Hava Kirliliği Elemanları.

1.5.1. Rüzgar

Hava kirleticilerin taşınması, difüzyonu ve seyrelmesinde en önemli etkenlerden biri rüzgardır. Rüzgar havanın yatay doğrultudaki kütsel akma hareketi olarak tanımlanabilir. Yere çok yakın kısımdaki sürtünme bölgesinde çok azalan hız ve laminer akıma sahip bölgenin üstünde olan rüzgar akışı başlıca iki hakim kuvvetin etkisindedir.

1. Coriolis kuvveti
2. Basınç değişimine bağlı kuvvetler

Yerkürenin dönüşüyle ilgili olan Coriolis Kuvveti vektörel bir büyüklüktür. Bu vektörün doğrultusu yatay düzlemde rüzgar doğrultusuna dik, şiddeti ise rüzgar hızıyla doğru orantılıdır. İkinci gruptaki kuvvetler ise basınç değişiminin şiddetine bağlıdır. İzobar çizgileri arasındaki açıklıklar arttıkça azalan, izobarlar birbirine

yaklaştıkça artan şiddette rüzgarlar ortaya çıkar. Bu rüzgarlar yüksek basınçtan alçak basınca doğru ve Coriolis kuvveti etkisiyle kuzey yarımkürede sağa doğru çarpıtılmış olarak eserler.

1.5.2. Sıcaklık

Bir moleküldeki ısı veya enerji artışı, bu moleküllerin kinetik enerjisi, yani titreşimlerini artırır. Bu artan molekül titreşimleri ise elektromanyetik dalgalar halinde çevreye etki yapar. Bu etkiye sıcaklık denir. Sıcaklık cismin içindeki moleküllerin ortalama enerjisidir.

Hava sıcaklığı güneş enerjisinin bir sonucudur. Bir çok fiziksel olay, buharlaşma ve suyun katılaşması, bazı maddelerin genişlemesi veya daralması, fizyolojik ve patolojik birçok olaylar, dokuların donması, terleme ve daha birçok olaylar hava sıcaklığına bağlıdır. Hava durgun olduğu zaman sıcaklığı dış etkilere bağlıdır. Yani yer ısınınca üzerindeki hava da ısınır. Aslında troposferde düşey hava hareketleri vardır ve hava alçalıp yükseldikçe, çevrenin etkisi olmadan ısınıp soğuyabilir. Bilindiği gibi gazların bir iç enerjisi, yani kinetik enerjisi vardır ve bu, basınca ve sıcaklığa bağlıdır. Fizik kanunu gereğince, yükselen bir hava kütlesi daha az yoğun bir basınca maruz kalacağından genişler ve bunun sonucu soğur. Bunun aksi halde alçalan havanın sıcaklığı artar.

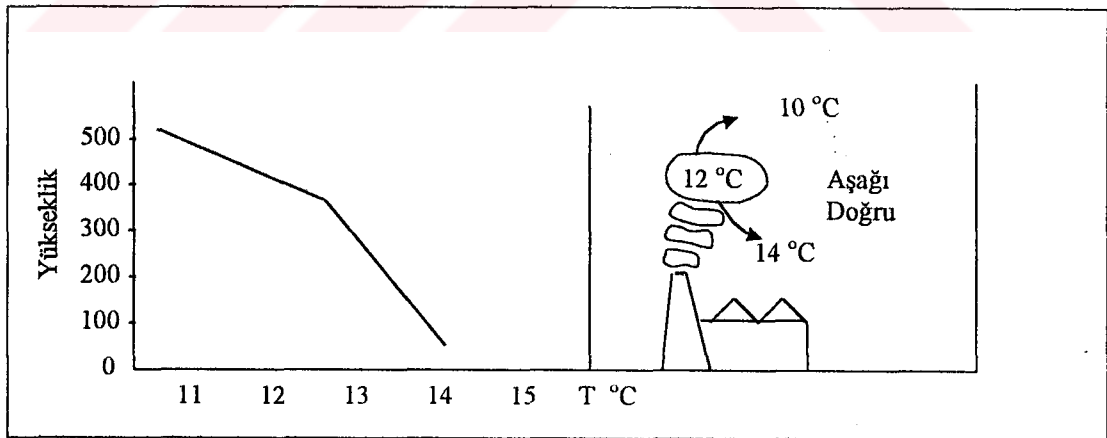
1.5.3. Kirleticilerin Atmosferde Yayılması

Bir kaynaktan atmosfere bırakılan kirleticiler, çeşitli hava hareketleri ile maruz kalanlara doğru taşınır. Kirleticinin atmosfer içindeki hareketi hem yatay hem de düşey doğrultuda cereyan eder. Kirleticisi, havanın bu hareketi ile ne kadar büyük hacimde hava ile karışırsa o kadar çok seyrelmiş olur, konsantrasyonu azalır ve böylece maruz kalanlar üzerindeki kötü tesirleri de azalmış olur.

Hava kirleticilerin dağılımında en önemli etkenlerden biri rüzgardır. Rüzgarın iki önemli özelliği yönü ve şiddetidir. Rüzgarın doğrultusu ve hızı topografik etkilerle değişir

Kirleticilerin düşey doğrultuda yayılması, yer yüzeyi ile temas halinde olan ısınmış havanın yükselmesi sebebiyle olur. Isınmış olan hava kütlesi, etrafını çevreleyen soğuk hava moleküllerine nazaran düşük basınca sahiptir ve ortamın kaldırma kuvveti ile yükselir. Bu yükselme sırasında yükselen hava kütlesinin (parselin) sıcaklığı azalır.

Bu sıcaklık değişmelerinin hesabında yükselen hava parseli ile ortam havası arasında –sınırlarda- bir ısı alışverişi olmadığı kabul edilmiştir (Termodinamiğin temel kanunları uygulanarak bu ısı alışverişinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu gösterilmiştir). Termodinamik bir sistemde adyabatik olarak hareket eden bir kuru hava paketi kuru havanın adyabatik sıcaklık profili denilen teorik bir eğime uyacak şekilde sıcaklık kaybeder. Adyabatik profil her 100 m de yaklaşık 1°C düşüş gösterir. Yükselen hava parselinin sıcaklığının yükseklik ile değişme hızına “adiyabatik değişme hızı” adı verilir. Gerçekte hava sıcaklığının yükseklikle değişimi farklı hızlarda olabilir. Çünkü adyabatik koşulları varsaymak gerçeğe tam uygun olmadığı gibi, daha önemlisi yatay hava hareketleri de sıcaklıkları etkiler. Bir bacadan yükselen kirli hava paketinin gerçek sıcaklık-yükseklik profiline bağlı olarak olası davranışı Şekil 1.5.’de görülmektedir (Turner,1994).

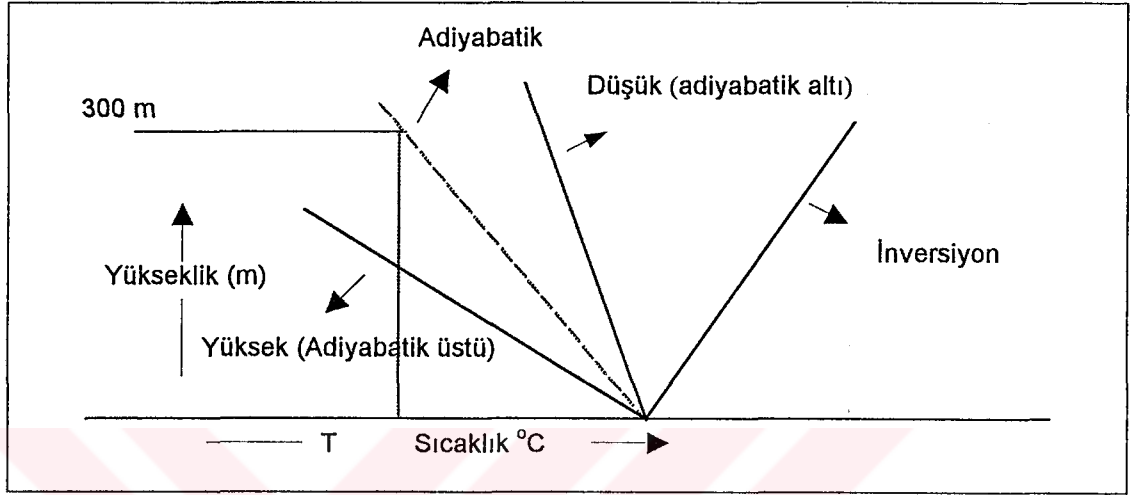


Şekil 1.5. Gerçek çevresel sıcaklık profiline göre yükselen kirli hava paketinin davranışı.

Sıcaklığın yükseklikle olan değişimi (gerçek değişme hızı), adyabatik değişme hızından büyükse buna “süper adyabatik ” veya “adiyabatik üstü” veya “yüksek değişme hızı” adı verilir. Bu durumda sıcaklığın yükseklikle değişimi $>1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ dir. Gerçek değişme hızının $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ den küçük olması haline ise

hıza “adiyabatik altı “ veya “düşük değişme hızı” adı verilir. Adiyabatik altı değişme hızının sınır değeri “inversiyon” adını alır.

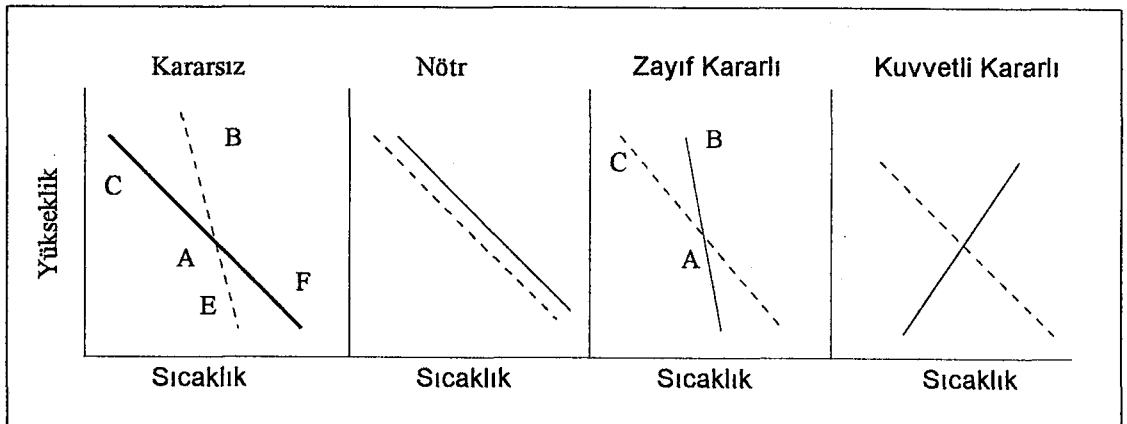
Sıcaklığın yükseklikle değişimi Şekil 1.6.’da görülmektedir.



Şekil 1.6. Sıcaklığın Yükseklikle Değişimi.

1.5.4. Atmosferik Stabilite (Kararlılık)

Kirleticilerin atmosferde dağılımı havanın düşey karışımına bağlıdır. Stabil bir atmosfer düşey karışımın olmadığı hava tabakalarının düşey doğrultuda hareket edemediği dolayısıyla kirleticilerin yüzeye yakın kısımda biriktiği, dağılamadığı koşulları temsil eder. Stabilite belli bir yerde yersel koşullar nedeniyle havanın yüksekliğe göre sıcaklık dağılımının adiyabatik sıcaklık düşüm hızından farklılaşması sonucu ortaya çıkar. Buna göre çeşitli stabilite durumları Şekil 1.7. nin incelenmesi ile belirlenebilir.



Şekil 1. 7. Stabilite Durumları.

İlk şekilde A noktasındaki hava kütlesi herhangi bir nedenle örneğin türbülans etkisiyle yukarı doğru hareket ettiğinde sıcaklık değişimi adiyabatik sıcaklık düşüm hızına uyar ve B noktasına geldiğinde (sıcaklığı çevre havasına göre daha az yoğunluğa sahip olacağından) yükselmeye devam eder. A daki hava yine bir etki ile E noktasına geldiğinde bu defa sıcaklığı daha düşük olduğundan alçalmaya devam eder, bu durum stabil olmayan (kararsız) ve düşey karışımın desteklendiği koşulları temsil eder. Bu durumda çevresel sıcaklık düşüm hızı adiyabatik sıcaklık düşüm hızından büyüktür. Bu koşullar daha önce de belirtildiği gibi adiyabatik üstü (süper adiyabatik düşüm hızı) olarak adlandırılır. İkinci halde çevre havası ve adiyabatik sıcaklık düşüm hızı eşittir ve havanın düşey harekete ne olumlu ne de olumsuz etkisi olmaz. Eğer çevresel sıcaklık düşüm hızı adiyabatik sıcaklık düşüm hızından küçükse (üçüncü hal), düşey hareket engellenir. Adyabatik altı adı verilen bu durumda atmosfer stabildir (kararlıdır).

1.5.5. İnversiyon

Eğer Şekil 1.7.'de son durumda görüldüğü gibi sıcaklık yüksekliğe göre artıyor, diğer bir deyimle eğimin işareti tersine dönüyorsa buna tersine dönme, inversiyon adı verilir. Bu durumda stabilite çok yüksektir ve hava hareketsiz kalır. Kirleticilerin dağılımına imkan vermeyen ve hava kirlenmesi açısından son derece olumsuz koşulları getiren inversiyon olayı çeşitli nedenlerle oluşur. Başlıca inversiyon oluşumları aşağıda açıklanmıştır.

Radyasyon İnversiyonu :

Geceleri yeryüzeyi radyasyonla soğur. Bulutlu havalarda bu radyasyon kısmen havadaki su buharı tarafından tutulur ve yeryüzüne geri yansıtılır. Buna karşılık açık havalarda radyasyon tutulmayacağı için bulutsuz gecelerde yeryüzünün soğuması daha fazla olur. Yeryüzü soğuyunca yere yakın hava tabakaları da soğur ve inversiyon oluşur. Şafakta başlayan inversiyon sabah ilerledikçe daha yükseğe çıkar ve güneşin yeri ısıtması ile sona erer. Bu inversiyon genelde kışın oluşur ve birkaç saat sürer. Önemli yanı trafiğin yoğun olduğu zamana rastlamasıdır. İnversiyonun

yerin ısınması ile kırıldığı sırada kirleticilerin yere doğru dağılımı fümigasyon oluşturur.

Çökme İnversiyonu :

Çökme inversiyonu radyasyon inversiyonunun tersine yazın oluşur, aylar mertebesinde uzun sürelidir ve çok daha yüksek kısımlara kadar etkili olur. Çökme inversiyonu yüksek basınç merkezleri çevresindeki antisiklonların oluşturduğu bir inversiyondur. Yüksek basınç merkezi civarında çöken hava kenarlarda yükselir. Bu büyük ölçekli hava sirkülasyonu sırasında merkezde çöken hava sıkışır ve ısınır. Bu ısınma sonucu aşağı doğru hareket eden havanın sıcaklığı altındaki tabakaların üstüne çıkar ve inversiyon oluşur. Oluşum yeri genelde yüzeyden birkaç metre ile birkaç bin metre arasında değişir. Merkezde alçalan ve ısınan hava daha fazla su buharı tutar. Eğer nemi artıracak bir kaynak yoksa bulut oluşumu olmaz ve inversiyon süresince açık parlak hava görülür. Bu nedenle gündüz yerin ısınması ile inversiyonun altında süper adiyabatik koşullar ve iyi bir karışım oluşur. Gece ise kolaylıkla radyasyon inversiyonu ortaya çıkar.

Cephe İnversiyonu :

Soğuk hava kütlesi hareketleri sırasında sıcak hava tabakalarının altından geçerken oluşur. Kısa sürelidir. Çoğunlukla yağış getirir.

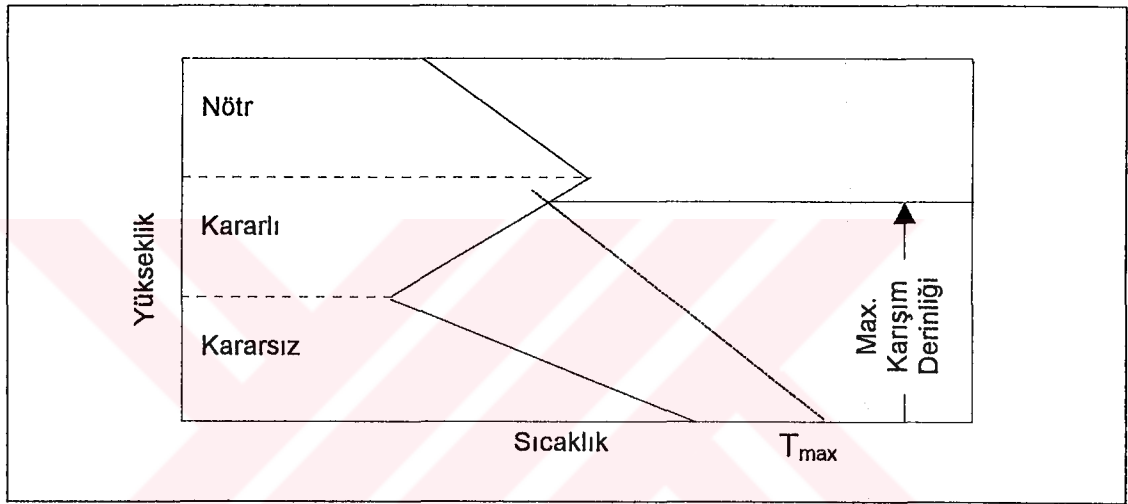
Yersel İnversiyonlar :

Coğrafi özelliklerine bağlı yersel oluşan inversiyonlardır. Örneğin meltem inversiyonu sıcak havanın soğuk su yüzeylerinin üzerinden geçmesi ile oluşur. Bunun dışında vadi ve kanyonlarda yüzeyde ve dipte soğuk hava akımlarının oluşması ile inversiyonlar meydana gelmektedir.

1.5.6. Maksimum Karışma Derinliği

Yere yakın hava tabakalarında karışım, rüzgar hızı ve inversiyon yüksekliğine bağlıdır. Güneşli bir günde yerde ısınan ve yükselen hava tabakası

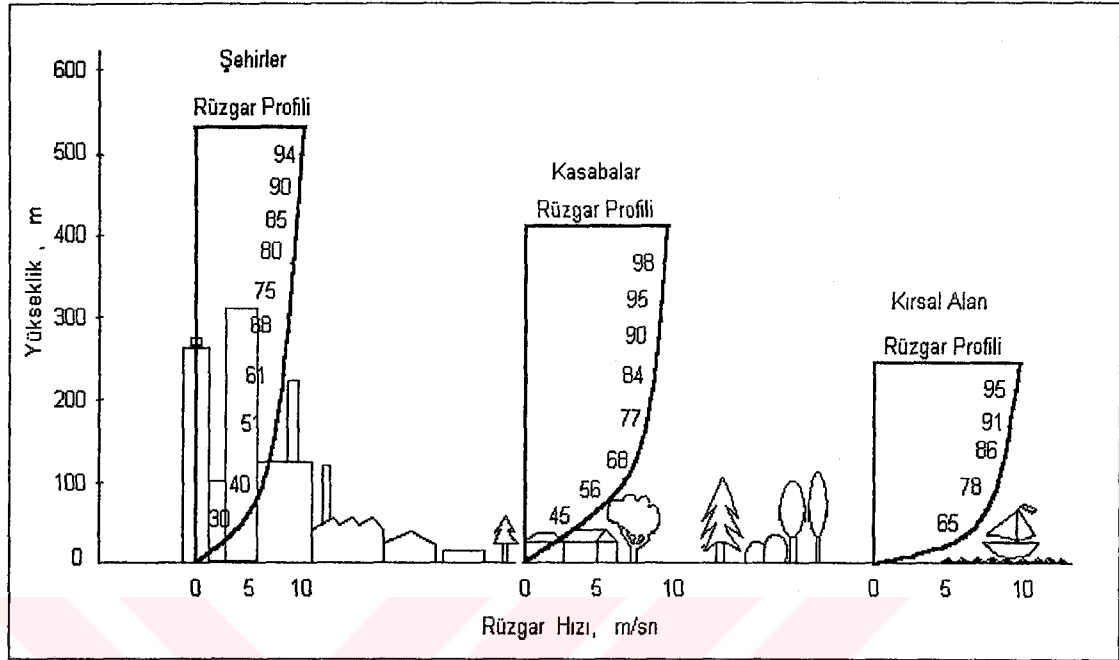
sıcaklığı, çevre havasının sıcaklığına eşit olunca durur. Şekil 1.8.'de görüldüğü gibi adiyabatik düşüm hızı doğrusunun çevre sıcaklık düşüm hızı doğrusunu kestiği nokta bu düşey harekete imkan veren yüksekliği belirler. Bu yüksekliğin altında dağılım ve karışım olabileceğinden belirlenen yükseklik karışım derinliği olarak adlandırılır. Bu derinlikteki karışım düzeyini belirlemek için bazen karışım derinliği ile ortalama rüzgar hızı çarpılarak bir katsayı bulunur. Bu katsayı ventilasyon (havalandırma) katsayısı adını alır.



Şekil 1.8. Maksimum Karışma Derinliği .

1.5.7. Rüzgar Hızı Profili

Hava hareketlerinin yeryüzeyinde sürtünme kuvvetleri ile etkilendiği belirtilmiştir. Yeryüzünün şekli ve örtüsü sürtünmeyi etkileyecek ve bu etki gezegen sınır tabakası boyunca kendini gösterecektir. Tabakanın yüksekliği stabilite arttıkça azaldığından etkinin sürdüğü yükseklik stabiliteye de bağlıdır. Rüzgar hızının yüzeyden itibaren değişimi (rüzgar hızı profili) çeşitli yüzey şekilleri için temsili olarak Şekil 1.9.' da verilmiştir.



Şekil 1.9. Rüzgar Hızı Profili.

1.5.8. Türbülans

Türbülans ısı farkları sonucu oluşan konveksiyon akımları ve rüzgar kayma etkileri sonucu rüzgar dalgalanmaları ile ortaya çıkar. Isı farklılaşması ile oluşan türbülansa ısı (konvektif) türbülans, rüzgar etkileri sonucu oluşan türbülansa mekanik türbülans adı verilir. Türbülansın hareket şekline etkisi ve hangi tip türbülansın hakim olduğu Richardson Sayısı ile tanımlanabilir (Turner, 1994).

$$Ri = \frac{(g/\theta) (d\theta/dz)}{(du/dz)^2}$$

θ = Potansiyel sıcaklık

u = Rüzgar hızı

z = Yükseklik

Richardson sayısına göre türbülans karakteri Çizelge 1.6.'da verilmiştir.

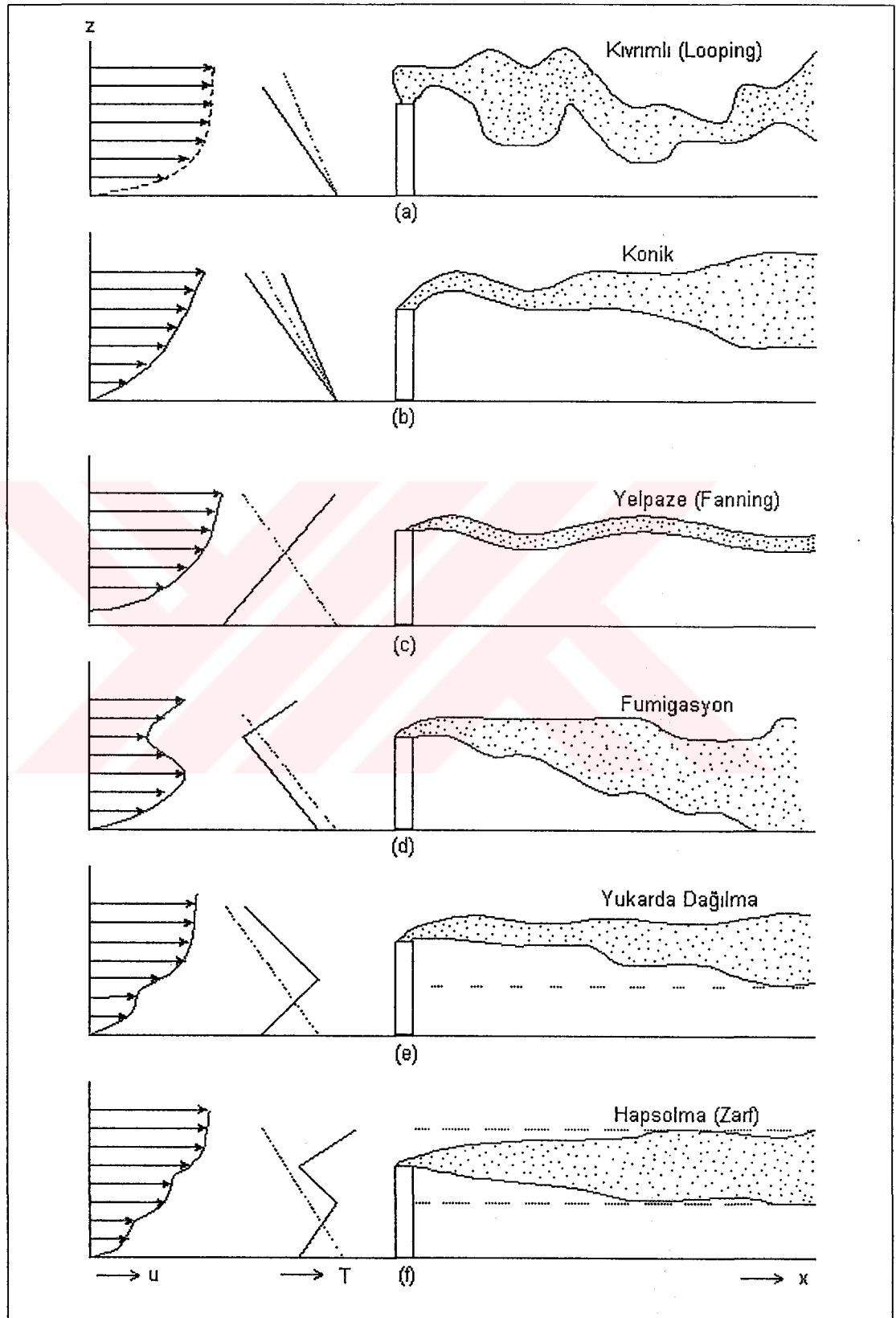
Çizelge 1.6. Türbülans Karakteri.

$0,25 < Ri$	Düşey karışım yok
$0 < Ri <$	Mekanik türbülans tabakalaşma ile zayıflatılmış
$Ri = 0$	Sadece mekanik türbülans var
$-0,03 < Ri$	Her iki tür türbülans da var ancak mekanik türbülans
$Ri < -0,04$	Konvektif türbülans hakim

Çizelgeye göre büyük negatif Ri değerlerinde rüzgarın zayıf, konveksiyonun fazla ve düşey karışımın kuvvetli olduğu görülür. Ri sifıra yaklaştıkça dispersiyon azalır. Ri , 0,25 in üzerinde ise düşey hareket azalır ve sadece yatay çevrimler kalır.

1.5.9. Baca Dumanlarının Dağılımı

Kirleticilerin dağılımında etkili olan rüzgar, türbülans ve türbülansın şekli baca dumanlarının dağılımında etkili olur. Baca dumanlarının çeşitli atmosferik koşullarda dağılımı Şekil 1.10.' da verilmiştir.



Şekil 1.10. Baca Dumanlarının Atmosferin Kararlılığı ile İlişkisi.

Kıvrımlı dağılım konvektif türbülansın hakim olduğu durumlarda oluşur. Bunun için süperadiyabatik koşullar gereklidir. Açık sıcak günlerde rüzgarın hafif olduğu zaman oluşur. Kirleticiler zaman zaman kısa süreli olarak yer seviyesine taşınabilir.

Koni şeklindeki dağılım nötral koşullarda az şiddette mekanik türbülans olduğunda ortaya çıkar. Rüzgar orta şiddette veya kuvvetlidir. Bulutlu günlerde oluşur. Kirleticiler iyice dağıtılarak seyreltilir.

Yelpaze şeklindeki dağılım inversiyonun yüzeyden itibaren baca yüksekliğinin üstüne kadar etkili olması, baca dumanlarının tamamen inversiyon tabakası içinde kalması halinde oluşur. Mekanik türbülans tamamen engellenmiştir. Daha çok açık gecelerde oluşur. Kirleticiler çok fazla dağılmaz ancak yere de ulaşmaz.

Fümigasyon inversiyon tabakasının bacanın hemen üstünde başlaması bunun altında stabil olmayan havanın bulunması halinde oluşur. Açık ve az rüzgarlı günlerde gece hakim olan kuvvetli inversiyon sabah yerin ısınması ile inversiyon tabakası yükselir ve baca üstüne çıktığında fümigasyon oluşur. Genellikle yazın oluşur ve 1 saatten az sürer. Kirleticiler yere doğru yayılacağından tehlikeli bir oluşumdur.

Üstte kalan (yukarıda dağılma) dağılım fümigasyonun tersi, yani inversiyon tabakasının bacanın hemen altında kaldığı halde oluşur. Genelde açık havada ve akşama doğru radyasyonla inversiyonun başlaması ve yavaş yavaş yükselmesi halinde ortaya çıkar, bir geçiş durumu olduğundan kısa sürelidir. Kirleticiler yere ulaşmayacağından avantajlıdır.

Zarf halinde dağılım baca seviyesinin hem altında hem de üstünde inversiyon tabakası halinde ortaya çıkar.

1.6. Dağılım Modelleri

Dağılım modelleri bir kaynaktan atmosfere verilen kirleticilerin atmosferik koşullara ve verecekleri reaksiyonlara bağlı olarak nasıl dağıldığını belirlemeyi amaçlayan matematik modellerdir. Dağılım modelleri bir kirletici kaynağın çevrede meydana getirebileceği etkilerin belirlenmesi, yerde oluşacak kirletici konsantrasyonların hesabı ve bu verilerden hareketle kaynaklara getirilecek kısıtlamalar, örneğin baca yüksekliklerinin belirlenmesi, emisyon standartlarının ve arıtma sistemlerinin şekillendirilmesi, bir bölge veya kentte emisyon kısıtlamalarının planlanması, acil durum planlarının yapılması gibi hava kirlenmesi kontrolündeki bütün temel uygulamalara esas teşkil eder. Bu nedenle dağılım modellemesi büyük önem taşımaktadır. Diğer taraftan modelleme atmosferik taşınım olaylarının son derece karmaşık olması, pek çok sabit ve katsayının tayinindeki güçlükler, kalibrasyon ve verifikasyonda ortaya çıkan sorunlar nedeniyle önemli güçlükler göstermektedir. Bu nedenle genel bir model elde edilmesi mümkün olmaz. Buna karşın temel model yaklaşımlarının uygulama yapılacak kaynak ve bölgenin özelliklerine bağlı olarak çeşitli kabul ve basitleştirmelerle ele alınması yaygındır.

Modellemede çoğunlukla gaz kirleticiler esas alınmaktadır. Ancak partiküler maddelerin $20\ \mu$ dan küçük boyutlu olanlarının çökme hızı çok yavaş olduğu için genellikle bunların gaz gibi davrandıkları kabul edilir. Modellemede reaksiyonlar da ele alınabilmekle birlikte bunlar çözümleri çok karmaşık hale getirdiklerinden çoğunlukla kirleticilerin kısa sürede reaksiyona girmediği kabul edilmektedir (Kiely,1997).

Hava kalitesi birçok ülkeyi ilgilendiren bir sorundur. Yeni emisyon kaynaklarının ortaya çıkmasıyla, bu emisyonlardan kaynaklanan konsantrasyon değişikliklerinin matematik modellemesine ihtiyaç duyulur. Kirleticilerin zemin seviyesindeki konsantrasyonunu tahmin etmek için en basit yaklaşım olarak nokta kaynak yayılma modeli kullanılır (100 m'den 10 km'ye kadar) (Tran,2001). Noktasal olmayan (non-point) kaynakların denetlenmesini sağlayan daha karışık modeller de mevcuttur. Yani noktasal ve noktasal olmayan kaynaklar içeren alanlar için alandaki

bütün kaynakları içeren bir hava kalite modeli kurulabilir. Pratikte böyle modeller gerekli dataların maliyetinin yüksek olmasından ötürü nadiren kullanılır.

Termik santraller asıl kirletici kaynaklar olarak görülmesine rağmen, neredeyse tüm endüstriyel faaliyetler (özellikle kısa bacalı ve meteorolojik şartların uygun olmadığı alanlara lokalize olan) yerleşim alanlarında yaygın hava kirlenmesine sebep olurlar. Yerleşim alanlarında kalitesiz yakıt kullanılması da hava kirliliğine sebep olur.

1.6.1. Yakın Saha Dağılım Modellerinin Kullanılması

Geçmişte hava dağılım modelleri, sadece gelişen ülkelerde hava kirliliğinin ciddi bir problem olarak bilindiği izole edilmiş yerlerde kullanılırdı (Mae Moh/ Tayland). Günümüzde dağılım modellemesi, şehir ve kırsal alanlar olmak üzere hava kirlenmesinin olduğu her yerde emisyon değerlerinin tahmin edilmesine yardımcı olması için kullanılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda kirlenme problemlerinin artışı, hava kalite standartlarının daha önemli olması ve çevreye verilen önemin artmasıyla dağılım modellerinin daha geniş çapta kullanılması beklenmektedir.

Genel olarak hava kirliliği kontrolünde, hava kirleticilerinin yıllık sınır değerleri; 500 ton SO₂ yada NO_x, 50 ton partiküler madde ve hiç tehlikeli atığın olmaması öngörülür (Masters,1991). Aynı alanda bulunan kaynaklar için (10-15 km Çapında bir alanda) yerel hava kalitesi üzerine tüm etkilerin kümülatif toplamı tayin edilebilir.

Model çalışma yapılan alanda yüksek yapıların bulunmasının etkileri önemlidir.

1.6.2. Kirleticilerin Yayılımına Tesir Eden Faktörler

Kirleticilerin dağılımı ve yer seviye konsantrasyonları, tesislerin yada diğer emisyon noktalarının fiziksel karakteristiklerinin etkileşimleri, kirleticilerin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri, alan ve çevresinin meteorolojik şartları ve topografik şartları tarafından belirlenir.

Bir tesisten kaynaklanan zaman ortalama kirlenici konsantrasyonlarını belirlemek için üç farklı hesaplama ihtiyacı duyulur.

- Etkin baca yüksekliği hesabı.
- Meteorolojik şartlar gözönüne alınarak kaynaklar ve ilgili alıcı ortamlar arasında kirlenicilerin dağılımının matematik olarak modellenmesi.
- Yer seviyesinde zaman ortalama konsantrasyonların belirlenmesi

Bu hesaplamaları etkileyen temel faktörler;

1.6.2.1. Topografya

Tesisi çevreleyen alan, düz yada engebeli arazi olarak karakterize edilmelidir. Modelleme yapılırken arazinin topografyasının iyi bilinmesi gerekir. Özellikle baca yüksekliğinden daha yüksek tepelerin yada binaların bulunduğu alanlarda bu tip yükseltiler dağılımının büyük ölçüde etkilenmesine sebep olur.

1.6.2.2. Arazi Kullanımı

Faaliyeti çevreleyen alanın şehir yada kırsal alan olması önemlidir. Çünkü şehir yerleşimleri geniş yapılara ve kirlenicilerin yayılımını etkileyen ısı kaynaklarına sahiptir. Ayrıca nüfusun yoğunluğu göz önüne alınması gereken etkiler yaratabilir.

1.6.2.3. Kirlenici Özellikleri

Kirlenicilerin fiziksel ve kimyasal özellikleri onların taşınımını etkiler. Bir kaynağın 5-10 km içinde SO₂ modellemesi için hiçbir değişimin olmadığı varsayılır. NO_x lerin çoğu NO olarak yayılır. Hava ile buluşan NO kısa süre sonra ortamda ozonun bulunmasına bağlı olarak NO₂ olur. Partiküllerin çökmesi, parçacıkların boyutu ve havada kalma sürelerinin bir fonksiyonudur.

1.6.3. Uygun Modelin Seçilmesi

Model seçiminde alanın özellikleri ile kullanılacak modelin kapasite ve özelliklerinin eşleşmesi gerekir. Model seçimi yapılmadan önce bir uzman görüşü alınmalıdır. Genel prensip; modellemenin mümkün olabilen en basit şekliyle başlaması ve değerleri ispatlanabilecek daha karışık yaklaşımlara doğru gidilmesidir. Temel düzeyde, yeni bir kaynaktan muhtemel bir problem olması halinde bu durum ham kütle dengesinde gösterilebilir. Eleme (Screening) modellerinde kaynak etkilerinin büyüklüğü veya önemi gerçekçi olarak tahmin edilebilir. Modelleme yapılan alanda birçok kaynak yada engebeli arazilerin olması durumunda model datası olarak özel yer dataları ve kompleks modeller içeren geniş çaplı hesaplamalar gerekebilir.

Bazı durumlarda birden fazla model gerekir. Örneğin Mae Moh vadisinde (Tayland) gaz ve partikül emisyonlarının modellemesi sırasında, düz araziler için bir model, üç tarafı vadilerle çevrili dağların bulunduğu vadi zeminlerinde başka bir model kullanımı gerekmiştir (Hao,1999).

1.6.4. En çok Kullanılan Modeller

1.6.4.1. Eleme (Screening) Modelleri

Hava kirliliği probleminin öneminin ön araştırması, basit bir kaynağın etkilerini hızlı ve kolayca belirlemek için dizayn edilen eleme (screening) modellerin kullanımıyla belirlenebilir. Şayet kirliliğin birkaç kaynaktan olduğu belli ise eleme modeli uygun değildir. SCREEN3 kullanışlı bir eleme modelidir. Bu yaklaşım rüzgar hızı ve atmosferik kararlılığın muhtemel uyumunu yapacak hesaplar için alana özgü meteorolojik dataları gerektirmez. Maksimum etkinin olduğu yer seviyesi noktasındaki konsantrasyonlar diğer belirlenmiş mesafelerde olduğu gibi belirlenir. Çıktılar doğrudan yer seviyesi konsantrasyonlarını gösterdiğinden rüzgar yönü gerekli değildir. Bu model Kuzey Amerika şartlarının ortalaması için dizayn edildiğinden farklı iklimsel şartlarda kullanıldığında değişiklikler yapılması önerilir.

Bu model, bir tek yapıya, kaynak ve alıcılar arasındaki arazi farklılıklarına müsaade eder. Kompleks arazilerde tahminleri iyileştirmek için, CTDMPLUS dan alınmış daha ayrıntılı CTSCREEN modeli kullanılabilir.

Arazide birden fazla kaynak olması halinde bu kaynaklardan çıkan emisyonların toplamı tek kaynak olarak düşünülerek eleme yapılabilir. Eleme, kaynakların yada maksimum konsantrasyon noktalarının coğrafik ayrılmalarının etkilerini içermediğinden tahminlerin üzerinde sonuçlar verecektir. Uzun zaman ortalaması için konsantrasyonlar tahmin edilirken (3 , 8 , 24 saat, 1 yıl) küçültme nispeti faktörü kullanılır.

Eğer eleme modelleri kullanılarak belirlenmiş konsantrasyonlar, ölçüm sonuçları ile uyum içerisinde ise ilave modeller gerekmez. Eğer konsantrasyonlarda büyük sapmalar varsa daha geliştirilmiş modelleme yapılmalıdır. Eleme modellerinde basitleştirme tahminleri, yüksek konsantrasyon çıktısı vermeye eğilimli oldukları için geliştirilmiş (refined) modeller eleme modellerine göre daha düşük konsantrasyon tahminleri verir.

1.6.4.2. Geliştirilmiş (Refined) Modeller

Yakın saha dağılımının daha ileri modellemesi bir veya birkaç Gauss dağılım modeli ile yapılabilir. Böyle modellerin çoğunun dizaynı ve gösterdiği performans benzerdir. Bu modeller uzun saha taşınımı ve yüksek reaktif kimyasal emisyonların olduğu kompleks durumlarda kullanılamaz.

Çeşitli modelleri birbirinden ayıran özellik farklı ayarları uygulayabilme kapasitesidir. Bu modellerden ikisi ISC3 ve CTDMPLUS modelleri olup bunlar USEPA gibi kuruluşlar tarafından tercih edilen modellerdir. Çünkü bu modeller minimum teknik kritere ihtiyaç duyar ve arazi testlerini geçtiklerinden ötürü emsallerine nazaran daha geniş çapta uygulanabilir. Bu, tercih edilmeyen modellerin daha az uygun olduğu anlamına gelmez. Ancak tercih edilen modeller geniş tabanlı dokümanter deneyimine sahip olduğundan analizler için daha esnektir ve modelin geçerliliğine olan ihtiyacı elimine eder. Kirletici dağılımını belirlemek için en çok kullanılan modeller ;

- ISC3 (industrial source complex) model, düz yada kompleks arazide noktasal, alan ve hacimsel kaynaklar için kullanılır. Kompleks arazilerde ayrıntılı bir algoritma kullanılamaz. İki versiyonu vardır. ISCST3 (24 saat yada daha kısa sürelerin ortalama periyodu) ve ISCLT3 (30 gün yada daha uzun sürelerin ortalama periyodu)
- CTDMPLUS (Complex Terrain Dispersion) model, Kompleks araziler içindir. Bu modelin screening versiyonu CTSCREEN, 1 yada 2 baca yüksek araziye etkiliyorsa tahmin yapar.

Diğer Modeller:

- UK-ADAMS, The United Kingdom Meteorological Office-Atmospheric Dispersion Modelling system. (Britanya Atmosferik Dağılım Modeli)
- PARADE, Electricite de France, (Fransa Elektrik İdaresi Modeli)
- PLUME 5, Pasific Gas & Electric Co., Şehir ve kırsal alanlar için geliştirilmiş bir model.
- The German TA Luft Procedures, (Alman TAL Modeli)

Çizelge 1.7.'de en çok kullanılan hava kalitesi dağılım modellerinin özellikleri verilmiştir. USEPA tarafından geliştirilen diğer modeller; ERTAQ, COMPTER, MPSDM, MTDDIS, MULTIMAX, LONGZ, SHORTZ, SCSTER, 3141 ve 4141

Çizelge 1.7 En çok kullanılan dağılım modellerinin özellikleri

	Arazi		Arazi Kullanımı		Kirleticiler		Kaynak Konfigürasyonu			Zaman Skalası	
	Düz	Karışık	Şehir	Kırsal	SOx NOx	Partikül	Nokta	Yüksek Nokta	Birçok Nokta	Kısa Dönem	Uzun Dönem
SCREEN3	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
ISCLT	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ISCST	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
PLUME5	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
CTDMPLUS	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-

Bu modeller geliştirilmiş ve asıl olarak sanayi ülkelerinde kullanılmıştır. Bu modellerin kullanımı ülkelerin gelişmişliklerinin bir göstergesidir. Mae Moh,

Krakov ve Srilanka gibi ülkeler buna örnek teşkil eder. Her ne kadar topografya ve hava şartları için bazı adaptasyonlar ve kalibrasyonlar gerekse de, sanayi ülkeleri için bu şart değildir.

1.6.5. Diğer Modeller

Yukarda anlatılan modellere ilave olarak kullanımı fazla olmayan ama özel yerler için daha uygun olan modeller vardır. Çünkü bu modeller, yerel enstitüler tarafından geliştirilmiş ve yerel ihtiyaçları hesaplayabilecek özelliklere sahiptir. Örneğin Dünya Bankası tarafından Krakow, Polanya'da yapılan modelleme çalışmasında Warsaw Üniversitesi tarafından geliştirilen bir model kullanılmıştır (Hao,1999). Şehir merkezinin 200 km etrafındaki faaliyetlerden kaynaklanan smog probleminin boyutları, modelleme ile tahmin edilmiştir. Yeni kaynaklar havada, uçucu organik bileşikler ve NO_x emisyonlarına % 1-2 den fazla ilavede bulunuyorsa Uçucu organik bileşikler ile NO_x ler arasındaki fotokimyasal reaksiyonların etkileri denetlenmelidir. Bu analizler çok miktarda data ve yetenekli modelleme personeli gerektirir. Bu tip modellemeler oldukça pahalıdır. Genelde kullanılan modeller USEPA şehir hava kalite modeli ve bölgesel oksidant modelleridir.

1.6.6. Geliştirilmiş Modellerin Kullanımı

ISCST3 gibi modeller, kapasite olarak ve model oluşturmada basit eleme modellerine göre daha ayrıntılı ve tutarlıdır, ama bu modeller, gerekli dataların elde edilmesi ve belirlenmesi zor olduğunda yada daha fazla data değeri gerektiği zaman temel yöntem olarak uygulanır. Örneğin birkaç kaynağın olduğu farklı meteorolojik şartların hüküm sürdüğü alanlarda, herbir kaynağın bireysel olarak etkilerini hesaplamak için kullanılabilir. Herbir kaynak için basitleştirilmiş meteorolojik şartların kullanımıyla tüm kaynakların etkileri toplanabilir ve birçok kaynak modeli kadar kesin olmayan tahminler üretilir.

Kompleks durumlarda, yerel meteorolojik dataların toplanması ve modellemenin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için profesyonel karar verme gücüne sahip uzman kişiler gereklidir. Örneğin bir sanayi şehrinde, büyük endüstriyel kaynaklar, daha küçük endüstriyel kaynaklar yada şehre ait kaynaklar ve belirsiz kaynak emisyonları kompleks bir durumu gösterir. Kaynakların tanımlanması ve emisyon envanterinin tahmini önemlidir. Asıl kaynaklar için özel detaylar elde edilmelidir. Daha küçük endüstriyel kaynaklar gruplar oluşturularak veya tipik karakteristiklerinin belirlenmesiyle tanımlanabilir. Evsel emisyon kaynakları, nüfus yoğunluğuna yada ev tipine göre birleştirilmiş gruplara ayrılmalıdır. Yerel meteorolojide, inversiyon, gün-gece değişimleri gibi detaylar evsel emisyon kaynaklarının durumunu yansıtmak için belirlenmelidir.

Kompleks durumlarda güvenilir bir modelleme için önemli çalışmalara ihtiyaç vardır. Giriş datalarının toplanması ve açıklanması, modelleme işinin en zor kısmını teşkil eder.

1.6.7. Sonuçları Yorumlanması

Dağılım modellemesinin sonuçları, faaliyeti çevreleyen alandaki düşünülen kirleticilerin (SO_2 , NO_x , Partiküller) konsantrasyonlarını gösteren konsantrasyon haritalarıdır. Haritalarda, kullanıcı tarafından belirlenen alıcı ortam sisteminde herbir alıcı ortam noktası için hesaplanmış konsantrasyonlar görülür. Yer seviyesi konsantrasyonu olarak adlandırılan bu değerler birim hacimdeki kirlilik miktarını ifade eder.

1.7. Portland Çimentosu Üretimi

Çimento temel endüstriyel ürünlerden biridir. Yıllık küresel üretimi 2000 yılı itibariyle 1.8 milyar ton mertebesinde. Gelecekte Çin başta olmak üzere birçok gelişmekte olan ülkede çok hızlı bir kapasite artışı beklenmekte, gelişmiş ülkelerde ise üretimde duraklamalar ve hatta azalmalar beklenmektedir. Bunun yanında çimento çok yüksek sıcaklıklarda çalışan bir üretim sistemi olduğu için yüksek sıcaklıkta imha edilmesi gereken tehlikeli ve zararlı atıklar için gelecekte bir insinerasyon kapasitesi sağlayabilir. Çimento üretiminde başlıca kireçtaşı, marn ve kil hammaddeleri ile kömür, fuel oil, doğal gaz gibi fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Üretim sürecinde enerji atıklarının geri kazanılması ve atık malzemenin de hammadde hattına veya başka üretim tesislerine geri döndürülmesi konusunda çalışmalar sürmektedir. Adana Çimento Fabrikası'nda başta Portland çimentosu olmak üzere değişik özelliklerde çimentolar üretilmektedir.

Portland çimentosu, killi ve kalkerli hammaddelerin pişirilmesi ile elde edilen klinkerin yaklaşık %5 oranında alçıtaşı ile birlikte çok ince parçacıklar oluşturabilecek derecede öğütülmesi sonucunda elde edilen ve su ile birleştiğinde bağlayıcı özellik kazanan bir üründür.

Portland çimento klinkeri esas olarak kalker ve kilin uygun oranlarda karıştırılması ve döner fırında yüksek sıcaklıkta sinterleşmeye kadar ısıtılması ile elde edilmektedir. Dolayısıyla klinker kabaca CaO , SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 bileşenlerinden oluşmaktadır.

Meydana gelen reaksiyonlar basitçe şöyle sınıflandırılabilir.

1. Serbest suyun buharlaşması,
2. Kil bünyesinde bulunan bağlı suyun serbest kalması,
3. MgCO_3 'ün ayrışması,
4. CaCO_3 'ün ayrışması,
5. Kireç ile kilin birleşmesi.

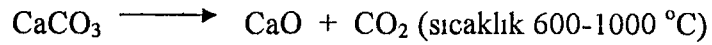
Bu reaksiyonlar tamamen ayrı ayrı olarak meydana gelmezler, 4 ve 5 no'lu reaksiyonlar beraber oluşur, ancak başlangıç birinci reaksiyondur.

Teknoloji başlıca üç grupta ele alınır.

- kuru sistemler (HUMBOLDT sistemi gibi)
- yarı kuru sistemler (LEPOL sistemi gibi)
- ıslak sistemler

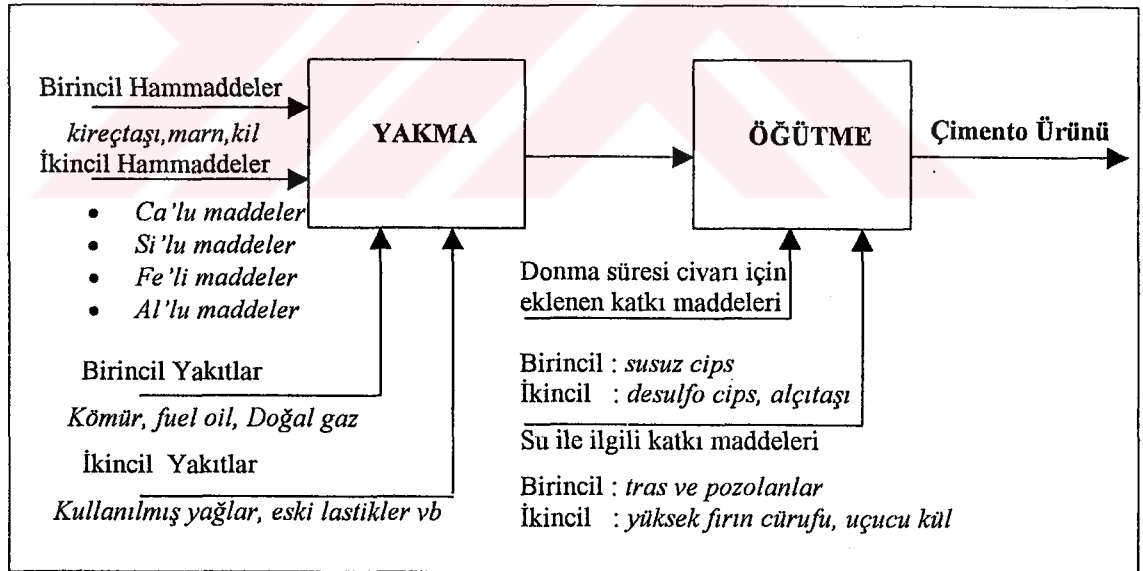
Burada ıslak veya kuru olarak geçen, işletmede kullanılan hammadde karışımlarının nem düzeyidir.

Ana reaksiyon, kalsinasyon olup,

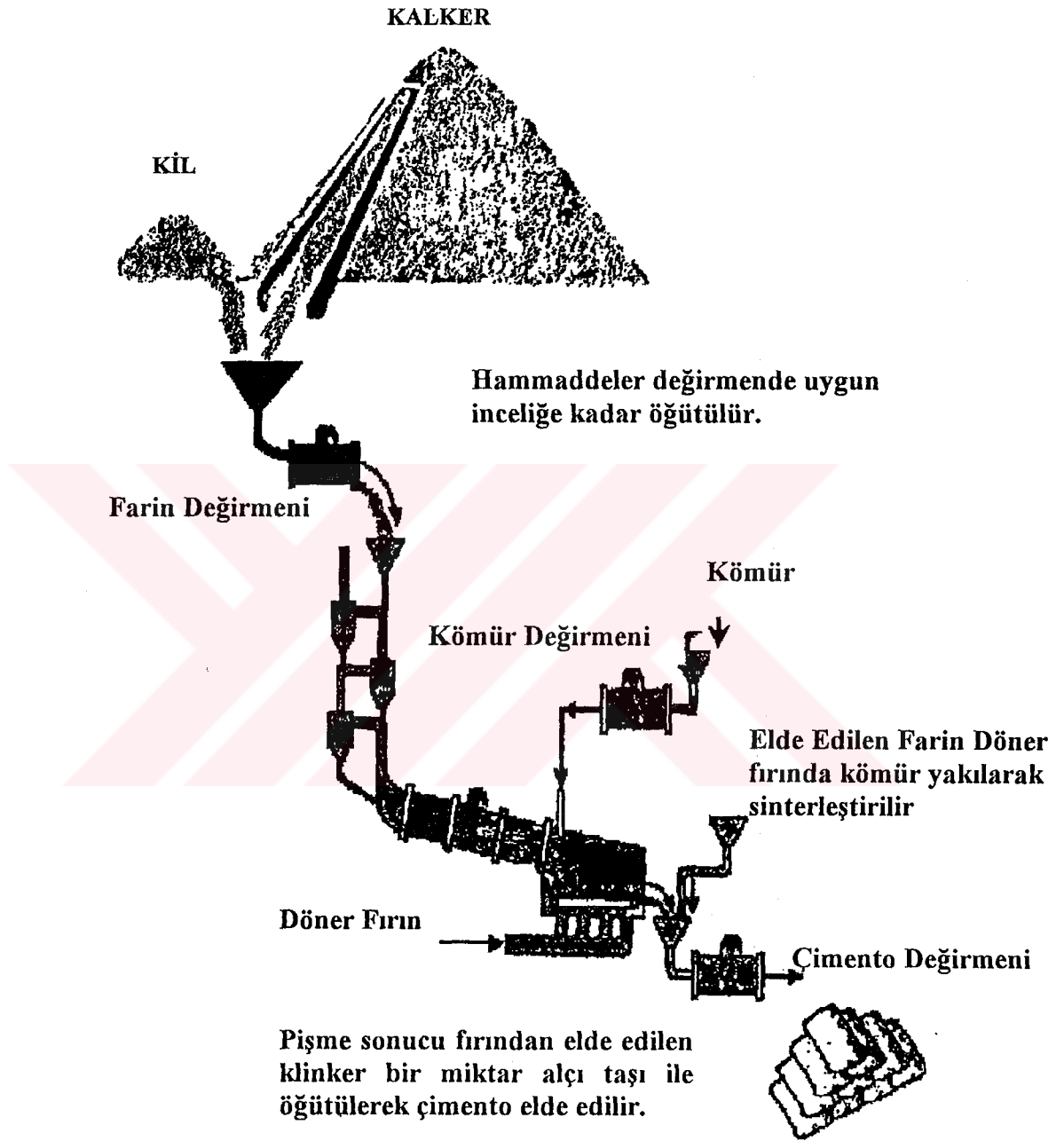


ve klinker oluşumu C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF katı fazlarında, yatak sıcaklığı $1450\text{ }^\circ\text{C}$ ve gaz sıcaklığı yaklaşık $2000\text{ }^\circ\text{C}$ 'de meydana gelir.

Buradaki temel reaktör genellikle yatayla küçük bir açı yapacak şekilde yerleştirilmiş bir döner fırındır. Şekil 1.11. ve Şekil 1.12.'de Portland çimentosu da denen normal çimentoyu üreten bir tesisin akım şemaları gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Portland Çimentosu Üretim Akım Şeması 1



Şekil 1.12. Portland Çimentosu Üretimi Akım Şeması 2

1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kalafatoğlu ve Ark. (2001), Türkiye'nin farklı yerlerinde bulunan 10 çimento fabrikasındaki 18 bacada Hg, Cd, Cr, Pb, Ni, Se, Te, Tl, V, Sb, Ba, Zn, Co, Sr, Cu, Bi, Mo, Be, ve As iz elementlerinin ölçümlerini yapmışlar ve baca gazındaki birim üretim başına iz element konsantrasyonlarını saptamışlardır. Sonuç olarak incelenen çimento fabrikalarındaki iz element konsantrasyonlarının HKKY sınır değerlerinin altında olduğunu saptamışlardır.

ENVY (2000), yapılması planlanan Sugözü Termik Santrali'nin inşaatı ve işletilmesi aşamalarında çevreye vereceği zararların tespit edilmesi için bir ÇED çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada, santralin işletmeye alma ve işletme aşamalarında kullanılacak yakıt türleri ve miktarları belirlenmiş ve santralden kaynaklanacak emisyonlar, bu emisyonların asgari düzeyde tutulmasına yönelik olarak alınacak önlemler ve tesisin bacasından atmosfere atılacak kirleticilerin (SO_2 , NO_x , toz ve CO) belirlenen çalışma alanı içinde, mevcut meteorolojik koşullar altında ne şekilde yayılacağı ve bu yayılma sonucunda sözkonusu kirleticilerin yaratacağı yer seviyesi konsantrasyon (YSK) değerlerini belirlemek amacıyla modelleme çalışmaları yapılmıştır. Yayılım hesaplamaları ISCST3 modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modelleme çalışmaları sonucu kirletici dağılımlarının, hakim rüzgarlar ve mevcut topografyanın etkisi ile santralin kuzeydoğu ve güneybatı yönlerinde olduğu, en yüksek günlük SO_2 YSK değerinin kurulması önerilen termik santralin yaklaşık 10 km kuzeydoğusunda ve en yüksek yıllık SO_2 YSK değerleri ise aynı santralin yaklaşık 8 km kuzeydoğusunda oluşabileceği tespit edilmiştir. Santralden kaynaklanacak en yüksek saatlik, günlük ve yıllık SO_2 YSK değerleri sırasıyla $1539.19 \mu g/m^3$, $123.58 \mu g/m^3$ ve $13.06 \mu g/m^3$ 'dür. Raporda sonuç olarak önerilen SES'nin yerel hava kalitesinde etkisinin önemli bir boyutta olmayacağı belirtilmektedir.

Halefoğlu (1997), Adana'da bulunan primer kirleticilerin düzeyini saptamış, Coğrafik Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla sanayi tesislerinde ölçülen emisyon ve baca verileri ile bir veri tabanı oluşturmuştur. Gauss matematiksel dağılım modelini kullanarak Adana'da sanayiden kaynaklanan SO_2 konsantrasyonu dağılımı haritasını

çıkartmıştır. Gauss matematiksel dağılım modeli ile hesaplanan değerlerin, hava kalitesi ölçüm sonuçları ile uyumlu sonuçlar verdiğini göstermiştir.

San Jeso ve Ark. (2000), ISCST3 modeli ile OPANA modellerinin entegre olduğu GAMA (Gaussian Mesoscale Air Quality) modelini kullanarak Madrid (İspanya) kentinin Mosteles bölgesindeki 10 x 10 km'lik bir alanda, özellikle hareketli kaynaklardan ortaya çıkan emisyonların dağılımını belirlemişlerdir. Çalışmada OPANA modelinin modülleri incelenmiş, model programlarda meteoroloji verilerin önemi üzerinde durulmuştur. Kaynaklardan atmosfere verilen NO_x emisyonlarının dağılım modellemesi yapılmış, model sonuçları ile gözlem istasyon verilerinin birbirlerine uyum gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Hao ve Ark (2000), Çin'in kuzeyinde 1000 km²'lik alana ve 10 milyondan fazla nüfusa sahip olan ülkenin başkenti Pekin (Beijing) kentinde hava kalite modellemesi yapmışlardır. Emisyon dağılımını belirlemek için ISCST3 modelini kullanmışlardır. Mobil kaynakları çizgisel ve alansal olarak incelemişler ve çizgisel kaynakların emisyon hesabında araçların yaşı, katettikleri yol, klima vb özelliklerini gözönüne alarak, alansal kaynaklarda ise şehir gridlere bölünüp herbir griddeki nüfus yoğunluğu, yol uzunluğu gibi özellikler dikkate alınarak emisyon faktörlerini belirlemiş, emisyon envanterini hazırlamışlardır. CO emisyonunun üniform dağılmadığını, şehir merkezinde 1500 kg/sa ile kırsal kesimde 150 kg/sa arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Model sonuçlarının kentin üç farklı hava kalite ölçümü yapılan gözlem istasyonundaki (Qianmen, Chegze ve Olympic) sonuçlar ile uyum gösterdiğini saptamışlardır. Çalışmanın sonucunda şehir merkezinde toplam CO emisyonunun %85'i , kırsal alanda ise %71 'i mobil kaynaklardan ileri geldiğini NO_x konsantrasyonunun şehir merkezinde %71'i , kırsal alanda ise %67 'sinin mobil kaynaklardan meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 2.1. 1995 yılında Pekin’de Araçlardan Kaynaklanan Toplam Emisyon.

Ringler	Çizgisel Kaynaklar (ton/yıl)		Alansal Kaynaklar (ton/yıl)	
	CO	NO _x	CO	NO _x
2. Ring	34962.3	2269.1	140218.9	7170.2
2. ve 3. Ring Arası	46492.1	3192.9	168188.9	9102.1
3. ve 4. Ring Arası	29704.3	2424.5	144958.4	9317.1
4. Ring İlerisi	22465.3	1891.5	341045.4	23684.5
2. Ring	47510.0	4918.0	-	-
3. Ring	52455.3	5436.3	-	-
4. Ring	5482.1	615.2	-	-
Toplam	233589.3	20132.3	794411.6	49273.92

Güllü (2001), ÇED çalışmalarında hava kalitesi modellemesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çevre yönetiminin öncelikle çevre kalitesinin ve bu kaliteyi etkileyen etmenlerin doğru bir şekilde araştırılmasına, irdelenmesine ve planlanmasına dayalı olduğunu ve bunun için de ÇED sisteminin kurumsallaşmasının gerektiğini vurgulamıştır. Hava kalitesini etkileyecek faaliyetlerin ÇED çalışmalarında, faaliyetin hava kalitesini hangi boyutta etkileyeceğini belirlemek için kullanılacak tek yöntemin modelleme olduğunu belirtmiştir. Çalışmada modelleme tekniklerinden bahsedilmiş ve ISCST3 modeli tanıtılmıştır. Modelleme çalışmalarında uygulanan modelin girdilerinde bir takım varsayımlara yer verildiğinden elde edilen sonuçların yüksek hata sınırlarının bulunabileceğini belirtmiştir.

Tran (2001), hava kirliliğinin toksik değerlendirmesini yapabilmek için ISCST3, ISC-PRIME ve AERMOD modellerinin metot ve sonuçlarının karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışma alanı olarak krom kaplama atölyesi ve tehlikeli atık yakma tesislerini seçmiş ve risk değerlendirmesini yapmak amacıyla her üç modeli ACE2588 ve ACEHWCF risk değerlendirme modelleriyle beraber çalıştırmıştır. Herbir modelin toksik değer tahminlerini karşılaştırdığında ISC-PRIME modelinin sonuçlarının ISCST3 modeli sonuçlarından biraz daha yüksek

olduğunu, AERMOD modelinin sonuçlarının ise düşük kanser riski göstermesine rağmen ISCST3 modelinden daha yüksek tahmin sonuçları verdiğini gözlemlemiştir.

Kaya ve Oğuzer (1996), Adana ilindeki hava kirliliği parametreleri ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Kentin sınırları içerisinde bulunan endüstri kuruluşlarının D-400 karayolunun kuzey ve güney kesimlerinde olduğunu ve asıl kirlenmenin bu bölgelerde gerçekleştiğini görmüşlerdir. 1993 ve 1994 yıllarında şehir merkezinde SO₂ ve PM ölçümleri yapmış ve ölçüm sonuçlarını meteorolojik parametreler ile kıyaslamışlardır. Çalışmanın sonucunda yıl içerisinde en yüksek kirliliğin Aralık, Ocak ve Şubat aylarında olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca 1993 ve 1994 yıllarında yapılan ölçüm sonuçları kıyaslandığında kirliliğin en fazla olduğu ve inversiyon olayının en fazla gözlemlendiği ay olarak Ocak ayı saptanmıştır.

Gassman ve Mazzeo (2000), Arjantin’de hava kirliliği olaylarında önem teşkil eden iki atmosfer parametresi; karışma yüksekliği ve taşınım rüzgarı değerlerini belirlemişlerdir. 1979-1982 yılları arasında ülkedeki 8 meteoroloji istasyonunda kaydedilen meteorolojik dataları kullanmışlardır. Maksimum karışma yüksekliğini günlük farklı yüksekliklerdeki sıcaklık değerleri ve maksimum yüzey sıcaklıklarından, taşınım rüzgarlarının değerlerini ise yüzeydeki rüzgar hızları ve meteoroloji istasyonlarının çevresindeki topografik karakteristikleri gözönüne alarak hesaplamışlar ve bu iki parametrenin mevsimsel ortalama değerlerini elde etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda bu iki atmosfer parametresi gözönüne alınarak tüm yıl boyunca Arjantin’in kuzeydoğu ve merkezin doğu kısımlarında yüksek kirliliğin meydana geldiğini, soğuk mevsimlerde ise ülkenin merkeze yakın batı kesimlerinde elverişsiz atmosfer havalanma şartlarının oluştuğunu göstermişlerdir.

Mensink ve Ark. (2000), Antwerp (Belçika) kentinde, 20 x 20 km bir alanda trafikten kaynaklanan CO, NO_x, VOC, PM, SO₂ ve Pb hava kirleticilerinin saatlik emisyonlarını belirlemek amacıyla model çalışma yapmışlardır. Kent trafiğinin işlediği yaklaşık 2000 yolda trafik yoğunluğunu, şehirselleşme modeli ile, emisyon faktörlerini ise araçların tipine, araç motorlarının sıcak veya soğuk çalışma sayısına, kullanılan yakıt tipine, trafik yoğunluğuna, araç sayısına, yol tipine vb faktörleri baz alarak değişim gösteren COPERTII metodu ile belirlemişlerdir. Sonuç

olarak Antwerp kentinde araçların hava sıcaklığına bağlı olarak mevsimsel emisyon değişimini grafiklerle göstermişlerdir.

Kumar ve Ark. (1999), ISCST3 ile ISCLT3 modellerinin karşılaştırmasını yapmak için Lucas (Ohio/USA) bölgesi SO₂ emisyonlarını kullanarak dağılım modellemesi yapmışlardır. SO₂ emisyonlarının aylık ve üç aylık ortalama yer seviyesi konsantrasyonlarını belirlemek için yaptıkları model çalışmada belirsiz kısımları Bootstrap Resampling Metodu kullanarak iyileştirmişlerdir. Sonuç olarak ISCST3 ve ISCLT3 modellerinin, gözlemlenen gerçek konsantrasyon değerlerinden daha düşük sonuçlar verdiğini, ISCST3 modelinin ISCLT3 modeline göre gerçek değerlere daha yakın sonuçlar verdiğini ve uzun dönemli SO₂ konsantrasyon tahminlerinde ISCST3 modelinin daha verimli olduğunu gözlemlemişlerdir.

Temelsu (1999), Göksu Nehri üzerinde yapılması planlanan enerji amaçlı Köprü Barajı ve HES Projesi Çevresel Etki Değerlendirmesi raporunu hazırlamışlardır. Rapor kapsamında kurulması planlanan barajın inşaatı sırasında oluşacak toz kaynakları, toz miktarının hesaplanması ve tozun dağılımı için modelleme çalışmaları yapılmıştır. Dağılım hesaplamalarında ISCST modeli kullanılmış ve iki toz emisyon kaynağının 4500 x 5000 metre alanda meydana gelecek dağılımı tahmin edilmiştir. Model sonuçlarına göre toz konsantrasyon değerleri için elde edilen en yüksek değer 660.7 µg/m³'dür.

Serdar (1998), Adana'nın Yumurtalık ilçesinde kurulması planlanan petrokimya tesisi ve iskelesi için ÇED çalışması yapmıştır. Planlanan tesisten kaynaklanacak hava kirliliğini tespit etmek amacıyla ISCLT2 model programı nı kullanmıştır. Kartezyen alıcı ortam sistemi kullanarak 3 noktadan atmosfere verilen kirleticilerin, 4 x 4 km alan içerisinde oluşturacağı toz, SO₂, NO_x, CO ve HC konsantrasyonlarını tahmin etmiştir. Modelleme sonucunda alıcı ortam kabul edilen 289 noktanın hiç birisinde sınır değerlerin aşılmadığını belirlemişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak Adana Çimento Fabrikası'ndan (AÇF) atmosfere verilen hava kirletici emisyonları ve AÇF'nin çevresinde yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçları kullanılmıştır.

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB), Kalite ve Çevre Kontrol Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalarda öncelikle Adana Çimento Fabrikası'ndaki emisyon kaynakları ve kirletici türleri tespit edilmiş, ölçüm yapılacak emisyon kaynaklarının bacagazı hatlarında uygun örnekleme yerleri hazırlanarak Kasım 2000 ve Şubat 2001 aylarında baca gazı ölçümleri yapılmıştır.

Yapılan ölçümlerde emisyon kaynaklarındaki atık gazların statik ve dinamik basınçları, kuru ve yaş termometre ile sıcaklıkları ölçülmüş, bu yolla nem miktarları, sıcaklıkları, yoğunlukları, hız profilleri ve debileri hesaplanmış, herbir kaynaktan atmosfere atılan gaz ve partikül maddelerin konsantrasyonları ile kütledebileri ve tesisin tümünden atılan kütledebileri, yakıt ısı güçleri, asgari baca yükseklikleri, fiili baca yükseklikleri tespit edilmiştir.

Toz konsantrasyonu ölçümleri ANDERSEN 9096 bacada toz örnekleme seti, SICK GRAVIMAT SHC 5 bacada toz örnekleme seti ve MIE DATARAM DR 2000 toz ölçüm cihazları ile, gaz analizleri VISIT 01-L/LR tipi portatif gaz analiz cihazı ile nem tayinleri yaş termometre metodu ile, gaz debisi ölçümleri SICK GRAVIMAT SHC 502 bacada toz örnekleme seti ve SOLOMAT ZEPHYR bacada gaz hızı, sıcaklığı ve debisi ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

TÇMB, hava kalitesi gözlemleri için, inceleme bölgesi üzerinde inceleme alanları ve ölçüm noktaları belirleyerek gaz kirleticiler ve havada asılı partikül madde (PM₁₀) için Temmuz 2000 – Haziran 2001 tarihleri arasında HKKY doğrultusunda ölçümler yapmıştır.

Dağılım hesapları ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından geliştirilen “ Industrial Source Complex , ISC ” model programı kullanılarak yapılmıştır.

3.1.1. Adana Çimento Fabrikası

Adana Çimento Fabrikası'nda 4 adet üretim hattı bulunmaktadır. 1 No.lu üretim hattında 41 ton/saat, 2 No.lu üretim hattında 45 ton/saat, 3 No.lu üretim hattında 100 ton/saat, 4 No.lu üretim hattında 380 ton/saat olmak üzere toplam 566 ton/saat kapasiteli 4 adet farin değirmeninde hazırlanan hammadde, 1 No.lu üretim hattında 500 ton/gün (21 ton/saat), 2 No.lu üretim hattında 700 ton/gün (29 ton/saat), 3 No.lu üretim hattında 1300 ton/gün (54ton/saat), 4 No.lu üretim hattında 4500 ton/gün (188 ton/saat) olmak üzere toplam 7000 ton/gün (292 ton/saat) kapasiteli ön ısıtıcı ve 1 adedi (4 No.lu üretim hattı) prekalsinatörlü kuru sistem döner fırınlarda 1450 – 1500 °C'de pişirilerek klinker üretilmektedir. Bu üretim hatlarının yıllık kapasitesi toplam 3.750.000 ton/yıl klinkerdir.



Adana Çimento Fabrikası

Proseste pişirme için 1, 2 ve 3 nolu üretim hatlarında tam kapasitede alt ısı değeri 7.600 kCal olan toplam 11.150 kg petrokok, 4 nolu üretim hattında alt ısı

değeri 7.000 kCal olan 21600 kg %70 kömür, %30 petrokok karışımı yakılmakta, proses gazı elektrofiltrelerde tozdan arındırılarak bacalardan atmosfere atılmaktadır.

Tesiste 13 adet elektrofiltre, 53 adet torbalı filtre olmak üzere toplam 66 adet emisyon kaynağı bulunmaktadır. Bu emisyon kaynaklarından, atmosfere verilen emisyon debisi itibariyle 11 tanesi modelleme çalışmalarında kullanılmıştır. üretim hattı emisyonları Çizelge 3.1.'de görülmektedir.

Çizelge 3.1. AÇS Üretim Hattı Toz ve Gaz Emisyonları.

Emisyon Kaynağı	Toz (kg/sa)	NO _x (kg/sa)	CO (kg/sa)	SO ₂ (kg/sa)
1	20	74	36	3
2	14	107	85	-
3	13	361	75	-
4	5	30	121	-
5	4	-	3	-
6	3	-	3	-
7	2	8	7	-
8	0.5	0.6	1	-
9	6	-	-	-
10	5	-	-	-
11	1	-	-	-

3.1.2. Meteorolojik Veriler

Modelleme çalışmaları için gerekli olan uzun dönemli, saatlik meteorolojik veriler Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü İstasyonlarından sağlanmıştır. Meteorolojik veriler rüzgar esme yön ve frekansları, ortalama rüzgar hızları ve ortalama sıcaklıklardır. Meteorolojik veriler ASCII formatında derlenip programa input dosyası olarak girilmiştir.

Çizelge 3.2. Adana’da Rüzgar Ölçümleri . (Devlet Meteoroloji İşleri Bölge Müd.)

AYLAR	Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	En Hızlı Rüzgar		Ortalama Fırtınalı Gün Sayısı	Ortalama Kuvvetli Rüzgar Gün sayısı
		Yönü	Hızı (m/sn)		
Ocak	2.2	S	32.2	0.6	3.5
Şubat	2.2	E	29.6	0.8	3.1
Mart	2.3	E-NE	33.6	0.7	3.9
Nisan	2.3	W	20.9	0.6	3.8
Mayıs	2.3	S-SE	24.6	0.4	4.8
Haziran	2.4	W	23.7	0.2	5.1
Temmuz	2.6	S-SE	22.0	0.2	4.8
Ağustos	2.4	N	25.0	0.0	4.9
Eylül	2.0	S-SW	27.0	0.2	4.2
Ekim	1.6	W-SW	32.5	0.4	1.9
Kasım	1.6	S	25.6	0.3	1.7
Aralık	1.9	W	27.5	0.4	2.7
Yıllık	2.2	E-NE	33.6	4.6	44.5
Rasat Süresi Yıl	61	41	41	34	34

(*) Kuvvetli rüzgar hızı 10.8-17.1 m/sn arası, fırtına hızı >17.2 m/sn kabul edilir.

Çizelge3.3.Adana’da Hava Sıcaklığı Ölçümleri. (Devlet Meteoroloji İşleri Böl.Müd.)

AYLAR	EN YÜKSEK SICAKLIK		EN DÜŞÜK SICAKLIK		ORTALAMA °C
	°C	Gün Sayısı	°C	Gün Sayısı	
Ocak	26.5	5	-8.4	20	9.9
Şubat	26.2	25	-6.6	9	10.4
Mart	30.7	25	-4.9	7	13.1
Nisan	36.8	16	0.1	1	17.1
Mayıs	41.3	27	7.1	1	21.4
Haziran	42.8	20	9.2	7	25.2
Temmuz	44.0	8	11.5	11	27.7
Ağustos	45.6	24	14.8	25	28.1
Eylül	43.2	9	9.3	23	25.4
Ekim	41.5	3	2.5	30	21.0
Kasım	34.3	16	-4.3	29	15.1
Aralık	26.7	3	-4.4	19	11.1
Yıllık	45.6	24	-8.4	20	18.8
Rasat Süresi Yıl	67	67	67	67	67

3.2. Metot

Hava kirleticilerin dağılım hesabı, USEPA (United States Environmental Protection Agency) tarafından geliştirilen (Bowman,1987) “ Industrial Source Complex-Short Term (ISCST3)” modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. ISC3 Modelinin Tanıtımı

Industrial Source Complex (ISC3) modeli, noktasal ve noktasal olmayan kaynaklardan hava ortamına verilen kirleticilerin, zaman içerisinde değişen gerçek zaman verilerini baz alarak kaynak veya kaynaklar grubu etrafındaki dağılımlarını, yer seviyesindeki (YSK) veya istenilen yükseklikteki konsantrasyonlarını ve yer seviyesindeki çökelmeleri hesaplayan gelişmiş bir bilgisayar modelidir.

ISC3 modeli, kullanıcı tarafından tanımlanan kartezyen veya polar alıcı ortam sisteminde rüzgar esme yön ve frekansı, dış ortam sıcaklığı gibi meteorolojik verileri, baca boyu, çapı, emisyon kütsel debisi, baca gazı çıkış hızı gibi kaynak verileri ve alıcı ortamın topografik özelliklerini kullanarak konsantrasyonları belirler.

ISC3 modelinin, ISCST3 (Industrial Source Complex – Short Term) ile ISCLT3 (Industrial Source Complex Long Term) olmak üzere iki versiyonu vardır. ISCST3, 24 saatlik yada daha kısa zaman periyodundaki YSK değerlerinin, ISCLT3 ise 30 günlük yada daha uzun zaman periyodundaki ortalama YSK değerlerinin hesabında kullanılır. Kirleticilerin YSK’larını tahmin edebilmek için her iki model de Gauss dağılım formülünü kullanır.

Atmosferde kirletici yayılma ve saçılmasını simgeleyen ana dispersiyon denklemi zaman ve mekan boyutlarında ikinci dereceden kısmi türev içerir. Bu nedenle de analitik çözümü yapılamamakta, sadece belli sınır koşullarda özel çözümlere ulaşılabilmektedir. Hava kirletici maddenin konsantrasyonunu (χ), zamanı (t), mekan boyutunu ise kartezyen sistemde (x,y,z) ile gösterirsek, anizotropik ortamda x,y,z doğrultularındaki dispersiyon katsayıları zamana bağımlı olarak $K_x(t)$, $K_y(t)$, $K_z(t)$ olmak üzere dispersiyon denklemi ;

$$d\chi/dt = K_x(t) \sigma^2 \chi / \sigma_x^2 + K_y(t) \sigma^2 \chi / \sigma_y^2 + K_z(t) \sigma^2 \chi / \sigma_z^2 \quad (3.1)$$

olur.

Dispersiyon denkleminin $x=0$, $y=0$ ve $z=H$ etkin baca yüksekliğinden zamana bağımlı emisyon şiddeti $q(t)$ fonksiyonu olan kaynağın rüzgarın gittiği tarafta (x,y,z) koordinatlarındaki bir noktada oluşturduğu kirlilik derişimi ; $\sigma_y(x)$, $\sigma_z(x)$ standart sapma ifadeleri kullanılarak yukarıdaki denklemin entegre edilmesiyle bulunur. Kirleticilerin zeminden yansımaları da göz önünde bulundurarak en son ulaşılan eşitlik şöyledir.

$$C(x, y, z) = \frac{10^6}{2\pi 3600 u_h \sigma_y \sigma_z} Q \exp[-y^2/2\sigma_y^2] [\exp[-(z-h)^2/2\sigma_z^2] + \exp[-(z+h)^2/2\sigma_z^2]] \quad (3.2)$$

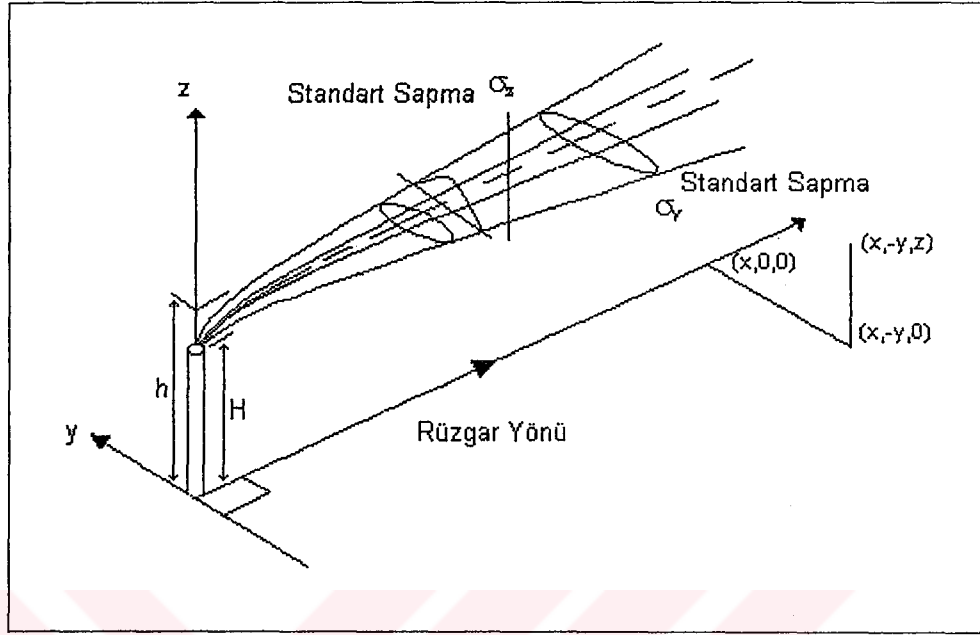
Bu ifadede,

$C(x,y,z)$ = Koordinatları x,y,z olan noktada belirlenen kirletici derişimi. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Q = Kaynaktan yayınlanan kirleticinin kütleli debisi. (kg/sa)

(σ_y) , (σ_z) = Kaynaktan rüzgarın gittiği yönde (x yönü) kaynaktan itibaren uzaklığa bağımlı üstel ifadeler olan $(\sigma = ax^b + c)$ ile bulunulabilen $(y),(z)$ doğrultularındaki derişimlerin standart sapmaları. (m)

u_h = Etkin baca yüksekliğindeki rüzgar hızı. (m/s)



Şekil 3.1. Dağılım Modeline ait Parametre ve Kabullerin Şematik Gösterimi.

3.2.2. ISC3 Modelinin Seçenekleri

ISC3 modeli temelde iki tip input dosyasına ihtiyaç duyar.

- Input Dosyası (Input Runstream File)
- Meteoroloji Dosyası (Meteorological Data File)

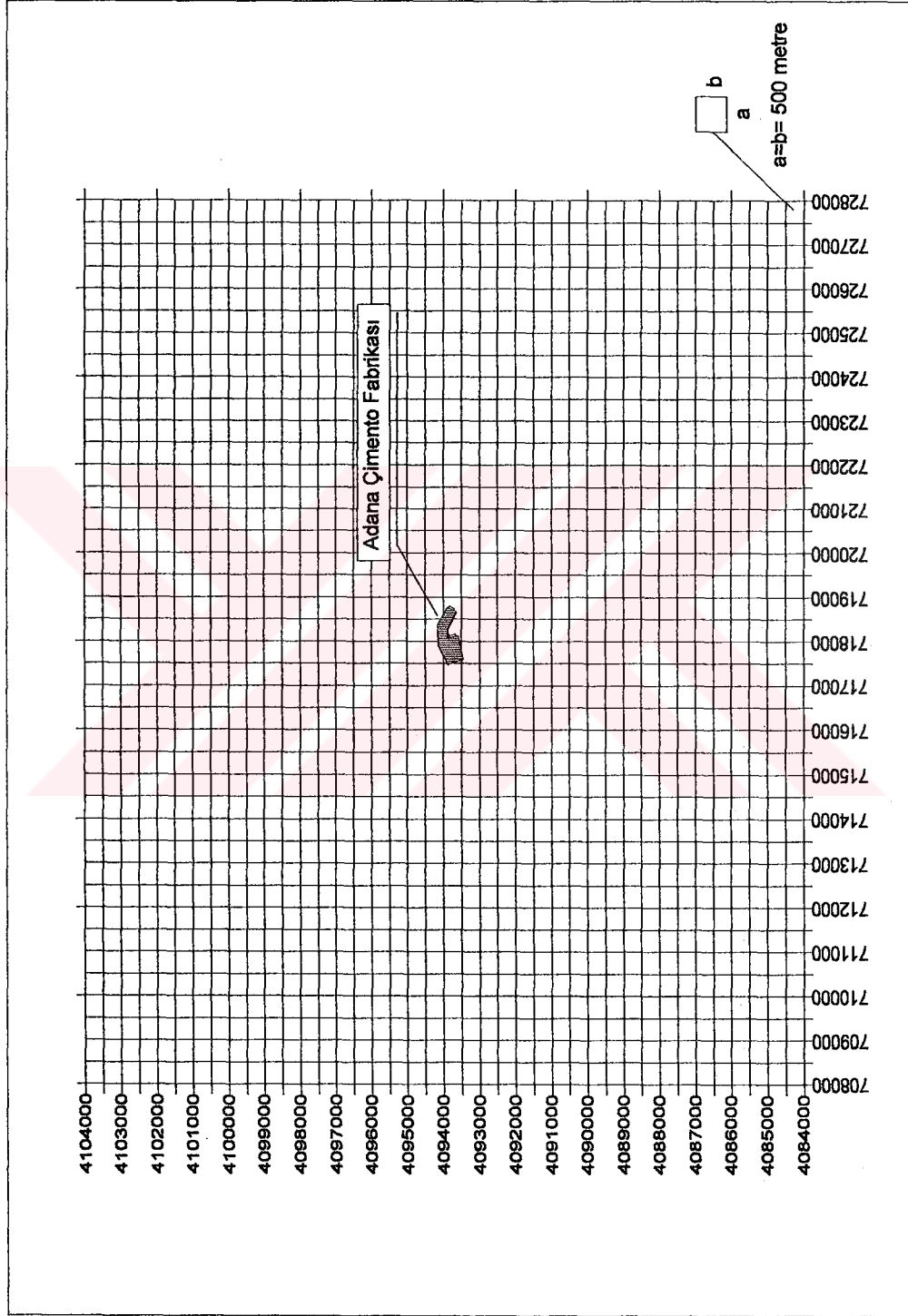
İnput dosyasında ISC3 modelinin kontrol seçenekleri, kaynak veya birden çok kaynağın özelliklerinin yer aldığı kaynak seçenekleri, dağılımın olduğu alanın topografik özelliklerini yansıtan alıcı ortam seçenekleri, yine alıcı ortamın meteorolojik özelliklerini yansıtan meteoroloji seçenekleri ve son olarak model sonuçlarının tanımlandığı çıktı seçenekleri yer alır. Bu parametreler programda aşağıdaki gibi sıralanır.

- Kontrol Seçenekleri (Control Options)
- Kaynak Seçenekleri (Source Options)
- Alıcı Seçenekleri (Receptor Options)
- Meteoroloji Seçenekleri (Meteorological Options)
- Çıktı Seçenekleri (Output Options)

Kontrol seçenekleri (Control Options), ana hatlarıyla modelin çalışma kurallarının belirlendiği kısımdır. Bu kısımda programa, dağılım modellemesi yapılacak kirleticinin yarı ömür veya bozulma hızı, çökme hızı, dağılımın olacağı alandaki binaların çökmeye etkisi, bakanın geri yıkanmasının dağılıma etkisi, düşey sıcaklık gradyanı gibi özellikler tanımlanır. Programın model seçeneği kısmında EPA'nın yaptığı kabulleri seçmek için Default seçeneği kullanılır. Aksi takdirde bu özellikler ve değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Bu kısımda ayrıca YSK değerleri tahmin edilecek kirletici tipi, modelleme yapılan alanın kentsel alan olup olmadığı ve ortalama konsantrasyonların hangi zaman periyodunda istenildiği belirtilmelidir. Bu çalışma kentsel olmayan arazi alanında yapıldığından Rural (kırsal arazi) parametresi seçilmiş, kirletici tipi olarak PM, NO_x, CO ve SO₂ için program ayrı ayrı çalıştırılmış ve ortalama zaman periyodu olarak da saatlik sonuçlar istenmiştir.

Kaynak seçenekleri (Source Options), kaynakla ilgili bilgilerin yer aldığı program parametresidir. Bunlar; kaynak tipi (noktasal, alansal, çizgisel), kaynak koordinatları, kaynağın özellikleri (Baca yüksekliği, çapı, emisyon kütleli debisi, baca gazı çıkış sıcaklığı ve hızı), kaynak gruplandırması gibi bilgilerdir. Bu çalışmada kaynak olarak Adana Çimento Fabrikasında emisyon itibarıyla yüksek kirletici özelliğe sahip 11 baca seçilmiştir. Bu bacaların karakteristikleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Alıcı seçenekleri (Receptor Options), modelleme yapılan arazinin programa tanıtıldığı parametredir. Modelde kartezyen ve polar olmak üzere iki tip alıcı ortam sistemi tanımlanabilir. Kartezyen sistemde YSK değerleri, belirli mesafelerde oluşturulan gridlerin köşe noktaları için hesaplanır. Polar sistemde YSK değerleri, (x,y) orjinli bir dairenin, belirli açılarla teşkil edilen yarıçapları üzerinde istenilen uzaklıklar için hesaplanır. Kartezyen veya polar sistemde teşkil edilen grid noktalarının dışında "Discrete Receptor" adı verilen parametre girilerek istenilen koordinatlarda YSK değerleri tahmin edilebilir. Noktaların yükseklikleri de programa girilmelidir. Bu çalışmada Adana Çimento Fabrikası'nı çevreleyen doğu-batı yönünde 20 km ve kuzey-güney yönünde 20 km'lik (20x20) bir alan, 500 m.'lik aralıklarla gridlere ayrılmış ve toplam 1681 noktada YSK'ları tahmin edilmiştir.



Şekil 3.2. Alıcı Ortam Sistemi

Şekil 3.2.'de alıcı ortam gridlere ayrılmış ve koordinat sistemine oturtulmuş halde görülmektedir.

Meteoroloji seçenekleri (Meteorology Options), modellemede kullanılacak meteorolojik veri setinin, verilerin ait olduğu yıl ve bölgenin programa girildiği parametredir. ISCST3 modeli saatlik meteorolojik verileri kullanır. Programa girecek meteoroloji dosyasında temel olarak rüzgar hız ve yönü, hava sıcaklığı, kararlılık sınıfları ve maksimum karışma yüksekliği değerleri bulunur. Modelleme çalışmalarında çalışma alanına yakın olan Adana Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılmıştır. Meteoroloji dosyasının hazırlanmasında bir meteoroloji ön programı olan PCRAMMET kullanılmıştır.

Çıktı seçenekleri (Output Options), model sonuçlarının gösterim formatının belirlendiği program parametresidir. Modele OUT uzantılı bir çıktı dosyası tanıtlır ve Model sonuçları ayrı bir şekilde bu dosyada verilir. Çıktılar temel olarak üç ayrı şekilde olur.

1. Alıcılara ulaşan herbir ortalama zaman periyodu ve kaynak grubu için yüksek değerler (en yüksek, ikinci en yüksek vs)
2. Alıcılara ulaşan herbir ortalama zaman periyodu ve kaynak grubu için tüm değerler arasındaki maksimum değerler. (maksimum 50 değer)
3. Hergün için aynı zamanda oluşan değerlerin tablosu

Bu çalışmada 1 saatlik ve 24 saatlik zaman periyodları için birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci en yüksek değerler ayrıca tüm yıl için hesaplanan en yüksek 50 değer tespit edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

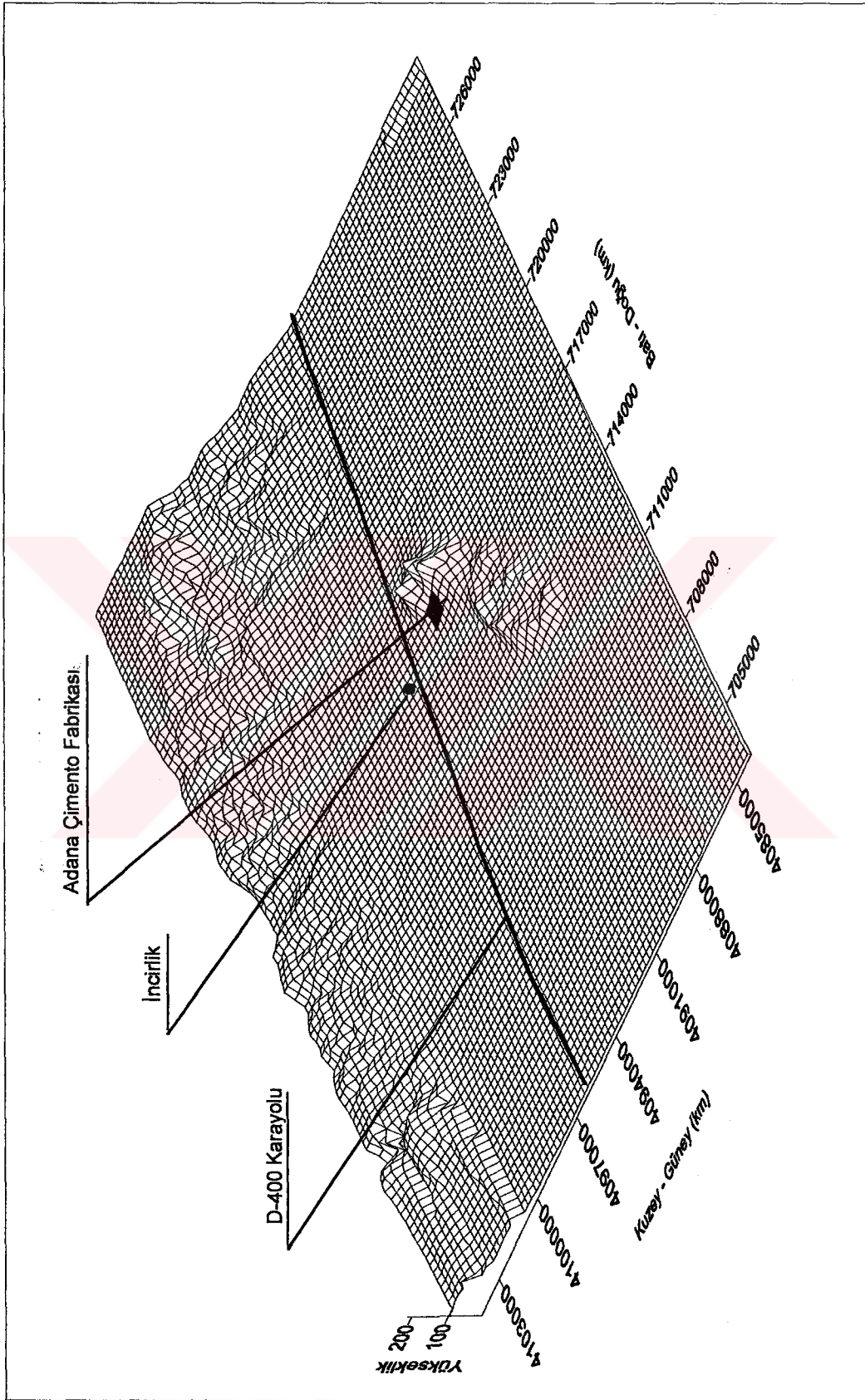
4.1. Araştırma Bulguları

Adana ili Türkiye'nin Güneyinde 35-38 Kuzey enlemleri ile 34-36 Doğu boylamları arasında, Akdeniz bölgesinin doğusunda yer almaktadır. Adana'ya yoğun göç olması sebebiyle hızlı nüfus artışı olmakta, plansız kentleşme, endüstrilerin hatalı yer seçimi ve çarpık gelişmesi dolayısıyla şehir gün geçtikçe artan bir çevre kirliliğine maruz kalmaktadır.

Adana Çimento Fabrikası 1956 yılında, Adana – Ceyhan D-400 karayolu üzerinde kurulmuştur. Fabrikada çimento üretmek amacıyla kireçtaşı, marn ve kil hammaddeleri ile kömür, fuel oil, doğal gaz gibi fosil yakıtlar kullanılarak klinker üretimi yapılmaktadır. Günlük gri klinker üretimi 1320 – 6900 ton, beyaz klinker üretimi ise 220 – 300 ton arasında değişmektedir.

Çimento yüksek sıcaklıklarda çalışan bir üretim sistemi ile elde edilen bir madde olduğundan enerji tasarrufu amacıyla çimento fırınlarında yüksek enerji potansiyeline sahip ama kirletici özelliği fazla olduğu için başka tesislerde yakıt kabul edilemeyecek petrokoklar, plastik atıklar, atık makine yağları, eski lastikler, halojensiz organik solventler, mineral yağ çamuru, evsel atıksu çamuru ve çöp depolama alanı atık gazı gibi maddeler yakılabilmektedir. Bu nedenle çimento fabrikalarının hava kirliliğine olan etkileri önemlidir. Bu çalışmada AÇF'nin hava kirliliğine olan katkıları araştırılmıştır.

AÇF'de 13 adet elektrofiltre, 53 adet torbalı filtre olmak üzere toplam 66 adet emisyon kaynağı bulunmaktadır. Modelleme çalışmalarında, toz dağılım hesabı yapılırken tesisin tümü için toplam toz emisyon değerinin % 98 ' ine tekabül eden 11 emisyon kaynağı, NO_x dağılımı için 6 emisyon kaynağı, CO dağılımı için 8 emisyon kaynağı ve SO₂ için 1 emisyon kaynağı göz önüne alınmıştır. Adana Çimento Fabrikası ve çevresinin yerleşim haritası Ek-1.'de, üç boyutlu topografik haritası Şekil 4.1. 'de görülmektedir. AÇF düzlük arazi üzerinde kurulmuştur. Engebeli arazi fabrikanın 6-7 km kuzeyinden itibaren başlamakta olup maksimum arazi kotu 220 m'dir.



Şekil 4.1. Adana Çimento Fabrikası ve Çevresinin 3D Topografik Haritası.

Çizelge 4.1. AÇF Baca Gazı Toz Konsantrasyonları ve Emisyon Debileri.

Emisyon Kaynağı	Toz		NO ₂ (kg/sa)	CO(kg/sa)	SO ₂ (kg/sa)
	mg/m ³	(kg/sa)			
1	108 (E.F.)	20	74	36	3
2	84 (E.F.)	14	107	85	-
3	28 (D.S.)	13	361	75	-
4	36 (E.F.)	5	30	121	-
5	38 (E.F.)	4	-	3	-
6	62 (T.F.)	3	-	3	-
7	39 (E.F.)	2	8	7	-
8	59 (E.F.)	0.5	0.6	1	-
9	85 (E.F.)	6	-	-	-
10	38 (D.S.)	5	-	-	-
11	12 (E.F.)	1	-	-	-
Sınır Değerler (kg/sa)		15	40	1000	60
Toplam Emisyonlar (kg/sa)		77	581	331	3

(E.F.) Elektrofiltre

(T.F.) Torbalı Filtre

(D.S.) Çimento Sanayi Çevre Deklarasyonu'nun imza tarihinden sonra kurulmuş veya kapasitesi arttırılmış üretim ünitesi.

Çizelge 4.1.'de AÇF'de bulunan kirletici özelliği en fazla 11 bacanın toz konsantrasyonları ve emisyon debileri görülmektedir. Tesiste bulunan emisyon kaynaklarının atık gazlarındaki toz konsantrasyonları H.K.K.Y. ilgili madde gereğince, elektrofiltre ile donatılmış olanlarda 120 mg/m³, torbalı filtre ile donatılmış olanlarda 75 mg/m³, Çimento Sanayi Çevre Deklarasyonu'nun imza tarihinden sonra tesis edilmiş olan ek üretim üniteleri ile kapasitesi arttırılmış olan üretim ünitelerinin emisyon kaynaklarında ise 50 mg/m³ sınır değerini aşmaması gerekmektedir. Tesiste maksimum toz konsantrasyonu içeren emisyon kaynağı 2 Nolu Döner Fırın bacası olup, 108 mg/m³ değerinde olup yönetmelikteki sınır değeri aşmamaktadır. Ancak 2 Nolu Döner Fırın bacasından atmosfere verilen toz emisyonu 20 kg/sa olup yönetmelikte istenen sınır değer olan 15 kg/sa değerini aşmaktadır. Tesisin tümünden atmosfere atılan toplam toz emisyonu 77 kg/sa değerinde olup sınır değeri aşmaktadır. H.K.K.Y. Ek-11.4.3 gereğince sınır değerlerin aşılması halinde, sınır değerleri aşan kirletici konsantrasyonlarının

kaydedicili ölçüm cihazları ile sürekli olarak ölçülmesi ve ölçüm kayıtlarının 5 yıl muhafaza edilmesi gerekmektedir.

Tesisin tümünden atmosfere atılan azot dioksit emisyonları da yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmaktadır. Toz emisyonları gibi azot dioksit emisyonlarının da kaydedicili ölçüm cihazları ile sürekli olarak ölçülmesi ve ölçüm kayıtlarının saklanması gerekir.

AÇF'den kaynaklanan karbon monoksit emisyonları tesisin tümü için 331 kg/sa değerindedir. Bu kirletici için yönetmelikte istenen sınır değer 1000 kg/sa olduğundan tesisten atmosfere atılan karbon monoksit emisyonları sınır değeri aşmamaktadır.

Tesisteki tek kükürt dioksit kaynağı olan 2 Nolu Döner Fırın bacasında SO_2 konsantrasyonu 14 mg/m^3 'tür. Çimento Sanayi Çevre Deklarasyonu gereğince, döner fırında yakıt olarak petrokok kullanılması halinde atık gazlardaki SO_2 konsantrasyonları 400 mg/m^3 sınır değeri aşmamalıdır. Kükürt çimento hammaddelerinde esas olarak sülfat ve sülfürler şeklinde, yakıtta ise organik bileşikler halinde bulunur. Döner fırın içindeki oksitleyici yanma koşullarında hammaddeler ve yakıtla döner fırına beslenen kükürt, kükürt dioksite (SO_2) dönüşür. Sinterleşme sıcaklığında kükürt dioksitin çoğu, oksijen ve alkali bileşiklerin buharlarıyla (Na_2O ve K_2O) reaksiyona girerek alkali sülfatları (Na_2SO_4 ve K_2SO_4) oluşturur. Bu alkali sülfatlar, klinker ve döner fırın tozuna bağlanır. Alkali fazlalığında, kükürt içeriği fazla yakıt kullanılsa bile döner fırının kükürtdioksit emisyonu çok düşük düzeylerde olur. Kükürtdioksit, aynı zamanda bol oksijenli ortamda hammaddedeki kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) ve yanma esnasında oluşan kalsiyum oksit (CaO) tarafından tutularak kalsiyum sülfata ($CaSO_4$) dönüştürülür. Bu reaksiyon döner fırınlarla ön ısıtıcılarda olduğu gibi, bacagazının bunlardan sonra geçtiği öğütücü-kurutucularda ve buharlaştırmalı soğutucularda da sürer. Filtre keki de kükürtdioksitin absorblanmasını sağladığından kontrol edilecek miktar, diğer proseslere göre düşüktür. Sisteme giren kükürtün % 88-100'ü tutulur ve ancak %12'sinden daha azı SO_2 olarak atık gazla atılır. Bu nedenlerle, çimento tesislerinden kaynaklanan SO_2 emisyonları önemsiz denecek kadar düşük olmaktadır ve genelde izlenmez (Kiely,1997).

Çizelge 4.2. AÇF Emisyon Kaynakları Karekteristikleri.

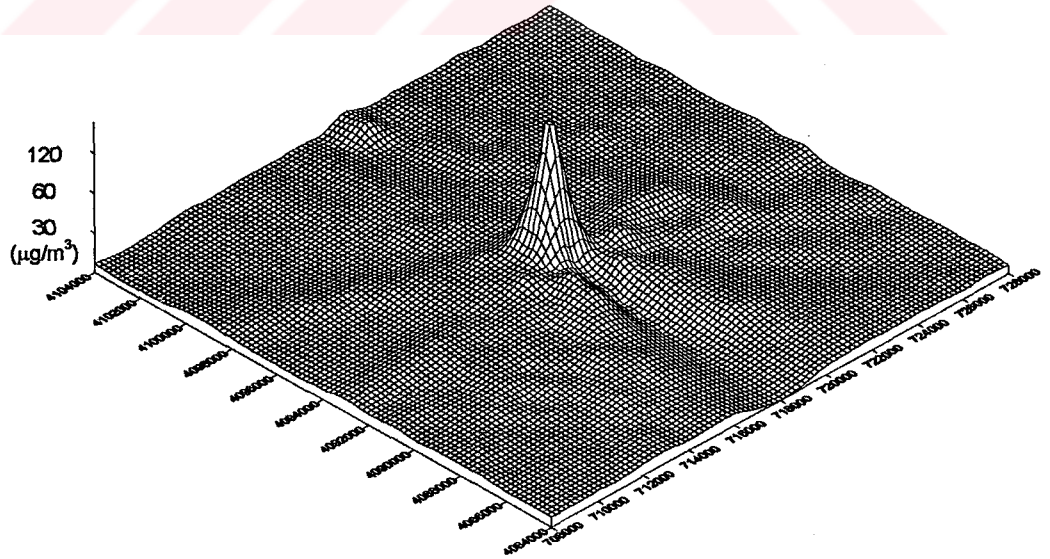
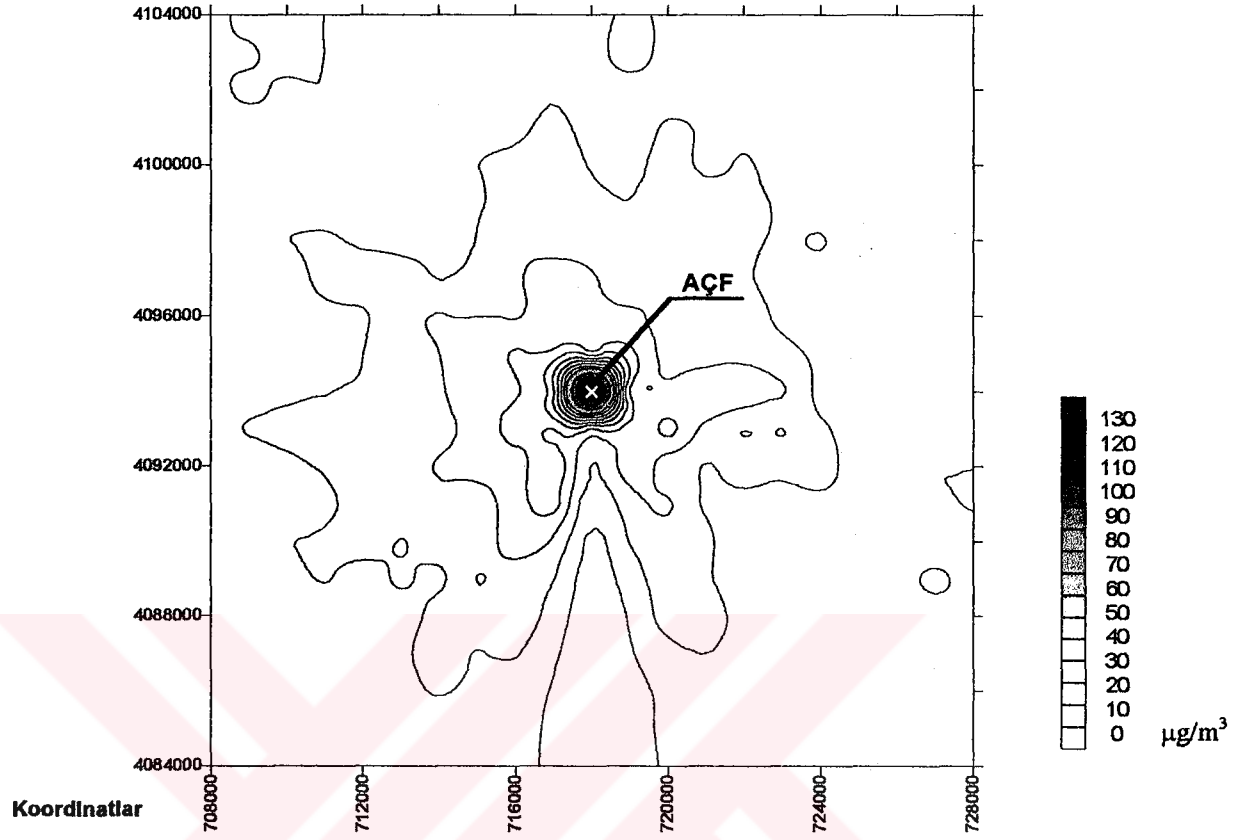
Kaynak No	Baca Yüksekliği (m)	Baca İç Çapı (m)	Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı (°C)	Kirlenici Debileri (g/s)			
					Toz	NO _x	CO	SO ₂
1	66.2	2.5	13.6	61	5.6	20.5	10	0.83
2	54.5	1.8	22.5	62	3.9	29.7	23.6	-
3	93	4.6	11.2	77	3.6	100.3	20.8	-
4	56	2	17.1	74	1.39	8.3	33.6	-
5	20	1.69	13	30	1.1	-	0.83	-
6	20	1.35	14.1	56	0.83	-	0.83	-
7	25	1.8	9.6	85	0.5	2.2	1.9	-
8	25	0.7	6.7	31	0.1	0.1	0.2	-
9	25	1.8	12	227	1.6	-	-	-
10	20	2.6	11	180	1.3	-	-	-
11	45	1.8	15.7	199	0.27	-	-	-

Adana Çimento Fabrikası'ndan kaynaklanan hava kirliliğinin belirlenmesi için yapılan model çalışmada Çizelge 4.2. de görülen kaynak verileri kullanılmıştır. Model çalışmaları PM₁₀, NO_x, CO ve SO₂ için dört bölümde yürütülmüştür. Modelleme çalışmalarının sonuçları 2D ve 3D haritalar ile Şekil 4.2. - 4.5. 'de gösterilmiştir.

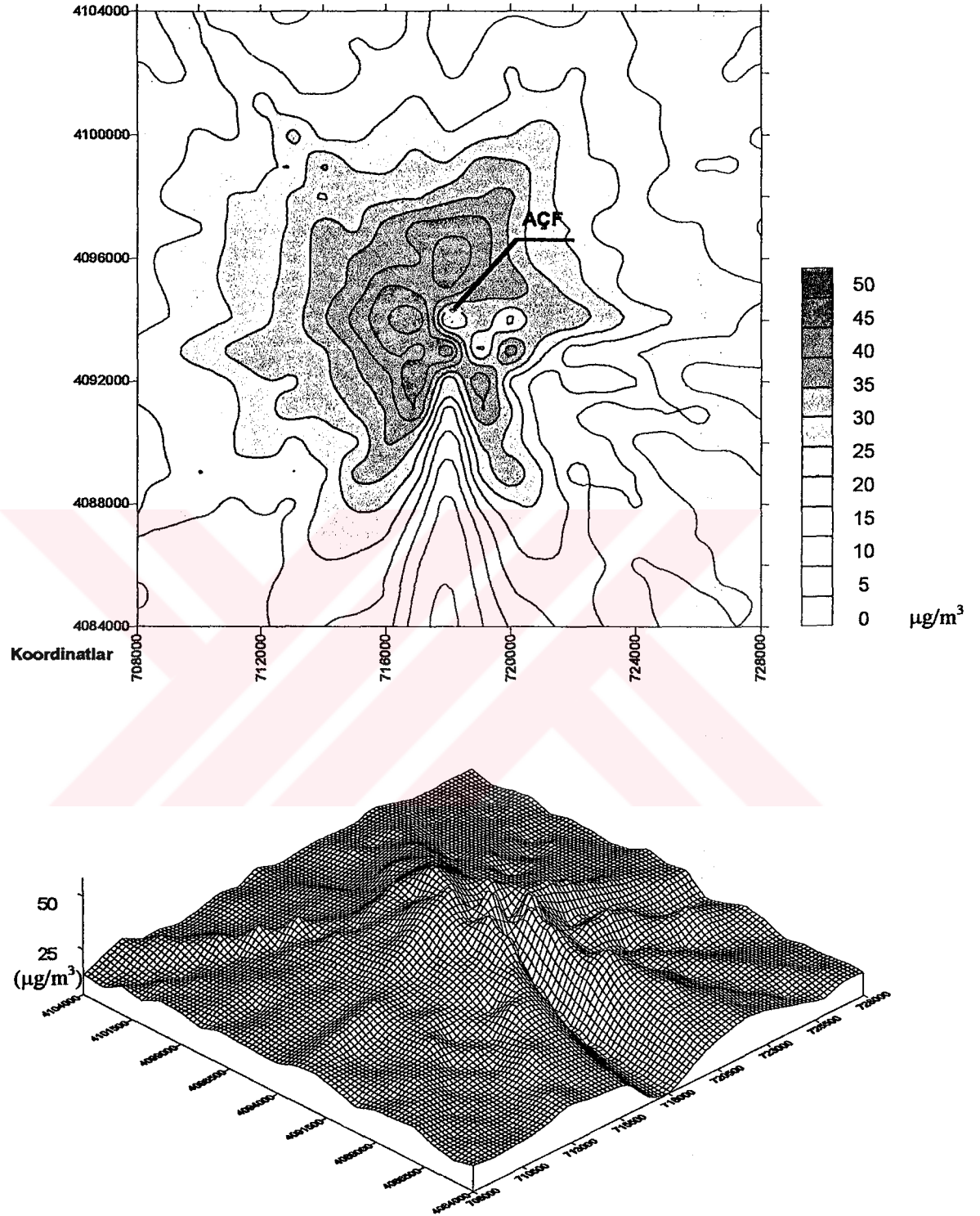
H.K.K.Y.'ne göre hava kirleniciler için hava kalite standardı iki değişik kategoride tanımlanmıştır.

- “Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS) : H.K.K.Y. Ek-2.3.3.a gereğince, inceleme bölgesinde bir ölçüm programı boyunca elde edilen tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasının aşmaması gereken değer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- “Kısa Vadeli Sınır Değer (KVS) : H.K.K.Y. Ek-2.3.3.b gereğince, inceleme bölgesinde bir ölçüm programı boyunca elde edilen tüm ölçüm sonuçları büyükten küçüğe sıralandığında sonuçların %95'inin aşmaması gereken değer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

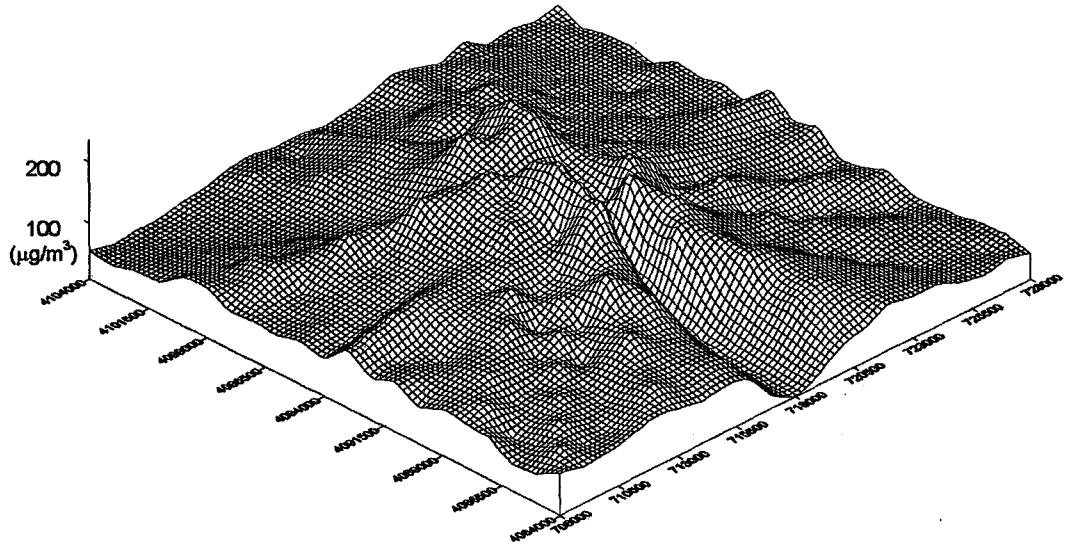
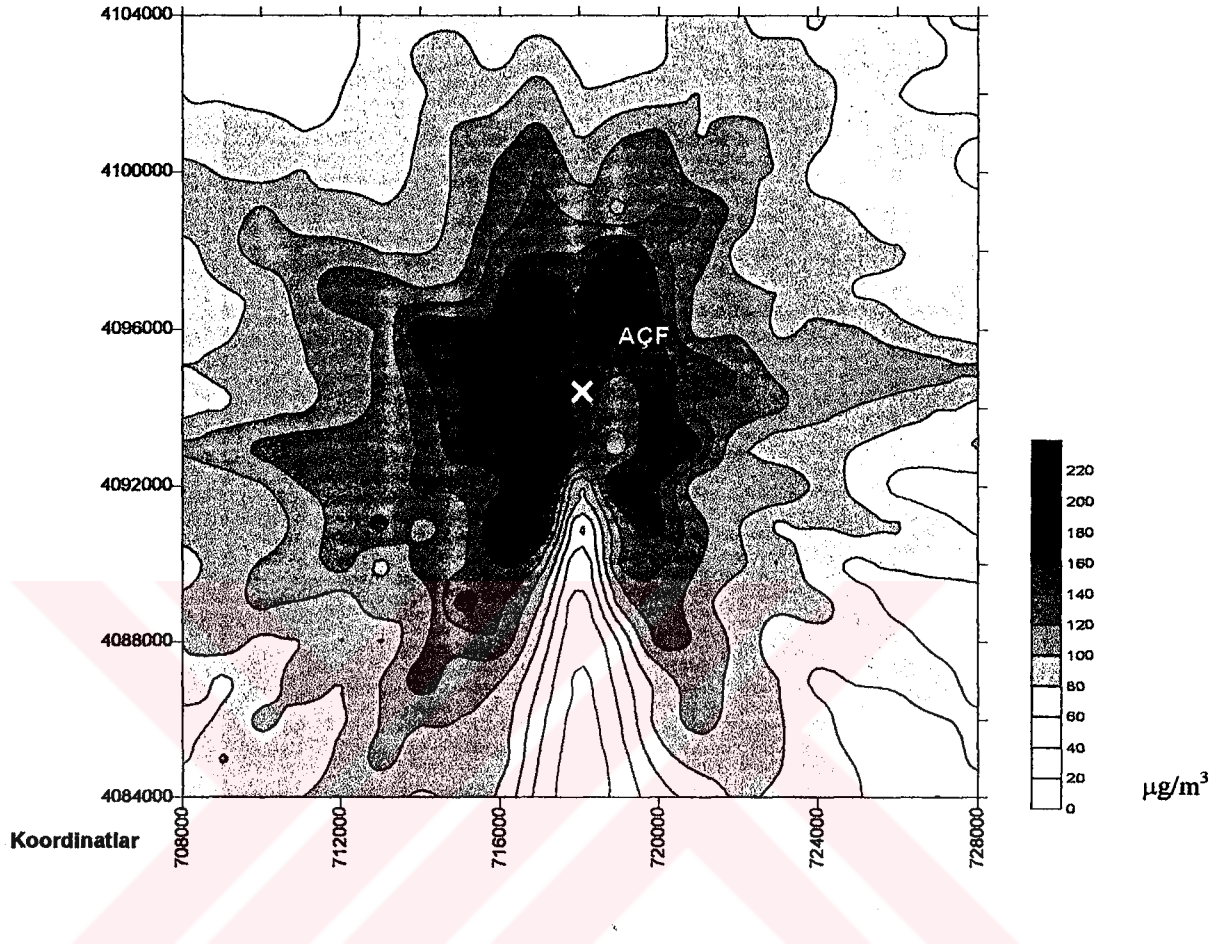
AÇF kaynaklı kirlenicilerin dağılım hesabında kirlenicilerin ISCST3 modeli ile hesaplanan YSK değerleri yıllık ortalama değerler olup H.K.K.Y. 'ne göre UVS değerleri ile karşılaştırılmıştır.



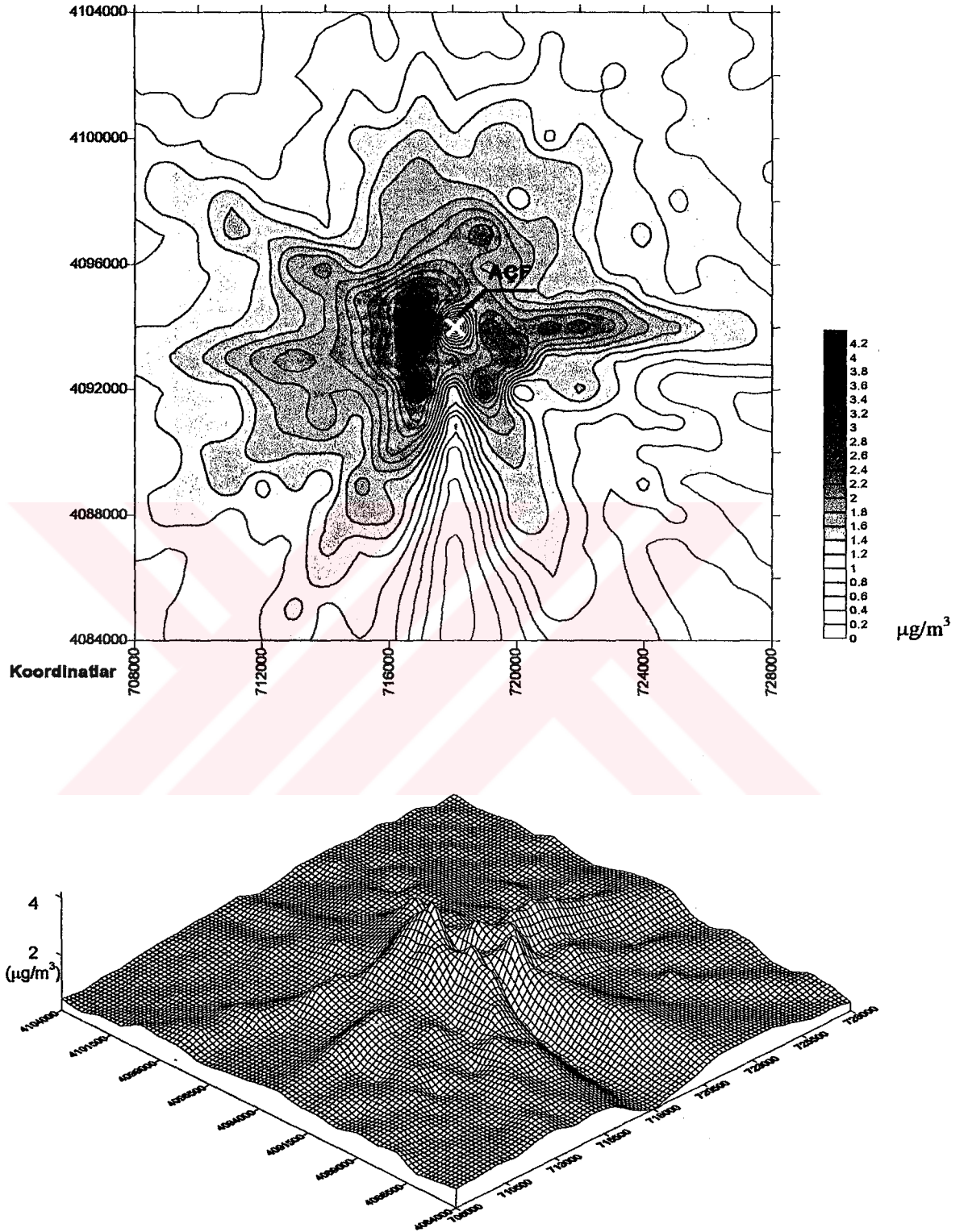
Şekil 4.2. AÇS'den Kaynaklanan PM₁₀ Dağılımının 2D ve 3D Görünümü



Şekil 4.3. AÇS'den Kaynaklanan NO_x Dağılımının 2D ve 3D Görünümü



Şekil 4.4. AÇS'den Kaynaklanan CO Dağılımının 2D ve 3D Görünümü



Şekil 4.5. AÇS'den Kaynaklanan SO₂ Dağılımının 2D ve 3D Görünümü

AÇF'den kaynaklanan PM_{10} emisyonlarının yer seviyesinde oluşturacağı kirlilik değerlerini tahmin etmek için kaynak verileri olarak fabrikada bulunan 11 bacanın emisyon değerleri kullanılmıştır. Model sonuçlarına göre AÇF bacalarından atmosfere bırakılan toz emisyonlarının alıcı ortam olarak belirlenen 20x20 km'lik alan içerisindeki dağılımı 2D ve 3D haritalar ile Şekil 4.2. de görülmektedir. Hakim rüzgar yönünün ve bölgenin topografyasının etkisi ile model ile tahmin edilen maksimum PM_{10} konsantrasyonu $139.84 \mu g/m^3$ değerinde olup fabrika alanı içerisinde oluşmaktadır (Ek.2). Bu değer H.K.K.Y.'ne göre PM_{10} için UVS değeri olan $150 \mu g/m^3$ 'ün altındadır. Tesisten kaynaklanan PM_{10} YSK'ları tesis ve çevresinde en yüksek değerlerde olup tesisten uzaklaştıkça dairesel bir şekilde konsantrasyonlarda azalma görülmektedir. Partiküler madde yer seviyesi konsantrasyonunun tesis çevresinde yüksek değerlerde olmasının en önemli sebebi askıda duran partikül halindeki maddelerin molekül büyüklüğünün fazla olması sebebiyle çökme eğiliminde olmasıdır. Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan rüzgar hızı ölçümlerine göre yıllık ortalama rüzgar hızı 2.2 m/sn'dir. Bölgedeki rüzgar hızının yüksek olmaması PM_{10} konsantrasyonunun fabrika alanı içerisinde yüksek olmasının diğer bir sebebi olarak görülebilir. AÇF baca yüksekliklerinin de dağılım üzerinde etkisi vardır. AÇF baca yüksekliklerinde yapılan değişimlerin kirleticilerin yer seviyesinde oluşturacağı konsantrasyonlar üzerine etkisi Bölüm 4.3. de incelenmiştir.

AÇF'den kaynaklanan NO_x emisyonlarının oluşturacağı YSK 'ları belirlemek amacıyla NO_x kirliliğine sebep olan 6 emisyon kaynağı verileri kullanılarak modelleme çalışması yapılmıştır. Model sonuçları 2D ve 3D haritalar halinde Şekil 4.3. de görülmektedir. Model tahminlerine göre AÇF'den kaynaklanacak maksimum NO_x konsantrasyonu (NO_2 olarak) $55.96 \mu g/m^3$ değeri ile fabrikanın 1 km güneyinde oluşmaktadır (Ek.2). H.K.K.Y. 'de NO_x için sınır değer $100 \mu g/m^3$ 'dür. AÇF'den kaynaklanan NO_x emisyonları yönetmelikte istenen sınır değerinin altındadır.

AÇF'den kaynaklanan CO emisyonları fabrikada bulunan 8 emisyon kaynağından atmosfere atılmaktadır. Bu 8 baca ile yapılan model çalışmalarının sonucunda AÇF'nin oluşturacağı maksimum CO YSK $243.16 \mu g/m^3$ bulunmuştur.

H.K.K.Y.'de CO için sınır değeri 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. AÇF'den kaynaklanan CO emisyonları yönetmelikte istenen sınır değerlerin oldukça altındadır. Şekil 4.4. deki dağılım haritalarında görüldüğü gibi CO dağılımı bölgedeki hakim rüzgar yönü ve topoğrafyanın etkisi ile fabrikanın güneybatı ve kuzey yönlerinde yoğunlaşmaktadır.

Halefoğlu (1997) coğrafik bilgi sistemi yardımıyla Gauss Matematiksel Dağılım modelini kullanarak Adana'da sanayiden kaynaklanan SO_2 dağılım haritasını çıkartmış, model sonuçlarına göre Adana'da kirliliğin en yoğun olduğu bölgelerde SO_2 konsantrasyonunun 100 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiğini tespit etmiştir. AÇF'de tek SO_2 kaynağı 3 kg/sa debili 2 nolu döner fırın bacasıdır. Çimento üretiminde, döner fırın içindeki oksitleyici yanma koşullarında hammaddeler ve yakıtla döner fırına beslenen kükürt, kükürt dioksit (SO_2) dönüşür. Sinterleşme sıcaklığında kükürt dioksitin çoğu, oksijen ve alkali bileşiklerin buharlarıyla (Na_2O ve K_2O) reaksiyona girerek alkali sülfatları (Na_2SO_4 ve K_2SO_4) oluşturur. Bu alkali sülfatlar, klinker ve döner fırın tozuna bağlanır. Bu nedenle AÇF'den kaynaklanan SO_2 miktarı çok düşüktür. Model sonuçlarına göre maksimum SO_2 yer seviyesi 4.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile fabrikanın 1-2 km kuzeybatısında oluşmaktadır. Bu değer H.K.K.Y 'de SO_2 için sınır değeri olan 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altındadır.

Model çalışmalarının sonuçlarının doğruluğunun desteklenmesi amacı ile model çalışma yapılan bölgede emisyon (hava kalitesi) ölçümlerinin yapılması ve model sonuçlarının ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması gerekir.

San Jeso ve Ark. (2000) , Halefoğlu (1997) yaptıkları hava kalitesi model çalışmalarında model sonuçları ile yer seviyesi ölçüm sonuçlarını karşılaştırmışlar ve model sonuçlarının gerçek ölçüm sonuçları ile uyum gösterdiğini belirlemişlerdir.

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (T.Ç.M.B.) Adana Çimento Fabrikasının hava kirliliğine olan etkilerini tespit etmek amacıyla Temmuz 2000-Haziran 2001 tarihleri arasında fabrika sınırları içerisinde 4 farklı gözlem noktası belirlemiş ve H.K.K.Y. 'ne uygun ölçümler yapmıştır. İnceleme alanları ve yıllık ortalama bazında ölçüm sonuçları Çizelge 4.3.' de görülmektedir.

Çizelge 4.3. İnceleme Alanları Yıllık Ortalama Hava Kalitesi Ölçümleri.

İNCELEME ALANI NO	YILLIK ORTALAMALAR						
	SO ₂ µg/m ³	CO µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	NO µg/m ³	O ₃ µg/m ³	H ₂ S µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³
1	17	95	47	5	64	11	53
2	8	107	46	5	67	5	52
3	8	309	46	8	63	6	50
4	8	137	46	9	65	6	49
Ortalama, µg/m ³	10.2	162.0	46.5	6.8	64.7	6.9	51
Sınır Değer, µg/m ³	150	10000	100	200	-		150
Ortalama/Sınır Değer,%	6.79	1.62	46.53	3.41	-		34.03

Çizelge 4.4.'de havada asılı partikül madde (PM₁₀) için günlük ortalamalar bazında 4 farklı gözlem noktasında alınan ölçüm sonuçları ve günlük ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 4.3. ve 4.4.'de AÇF ve çevresinde TÇMB tarafından yapılan hava kalitesi ölçüm çalışmalarına göre hava kirleticilerin (PM₁₀ , NO₂ , NO , CO ve SO₂) HKKY'deki sınır değerleri aşmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.4. Havada Asılı Partikül Madde (PM₁₀) için İnceleme Bölgesi Günlük Ortalamalar.

ÖLÇÜM TARİHİ	İnceleme Alanı No / Saatlik Ortalama (µg/m ³)				Ortalama (µg/m ³)
	1	2	3	4	
3.07.2000	81	100	73	81	84
4.07.2000	57	38	30	66	48
5.07.2000	37	19	22	24	25
6.07.2000	37	23	20	30	27
7.07.2000	34	39	33	30	34
7.08.2000	41	22	32	29	31
8.08.2000	23	32	27	35	29
9.08.2000	47	28	48	38	40
10.08.2000	43	21	23	30	29
11.08.2000	29	17	23	30	24
4.09.2000	47	39	42	49	44
5.09.2000	58	55	49	41	51
6.09.2000	66	54	48	46	53
7.09.2000	46	39	27	32	36
8.09.2000	58	60	53	53	56
2.10.2000	96	106	82	68	88
3.10.2000	91	95	82	76	86
4.10.2000	105	76	75	78	83
5.10.2000	105	102	82	84	93
6.10.2000	121	111	112	124	117
6.11.2000	40	41	48	31	40
7.11.2000	37	39	39	39	39
8.11.2000	53	37	43	41	43
9.11.2000	39	45	58	46	47
10.11.2000	29	35	27	28	30
11.12.2000	48	37	68	46	50
12.12.2000	36	38	18	25	29
13.12.2000	21	18	30	34	26
14.12.2000	17	17	17	16	16
15.12.2000	40	30	23	21	28
SINIR DEĞER , µg/m ³					150

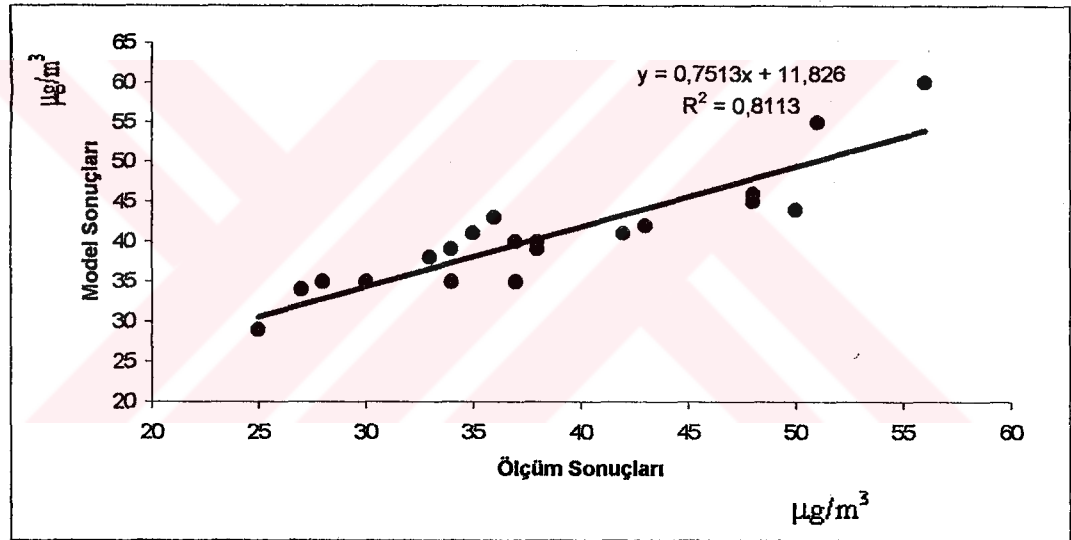
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Ahmet ATLI

ÖLÇÜM TARİHİ	İnceleme Alanı No / Saatlik Ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				Ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	1	2	3	4	
8.01.2001	30	33	35	33	33
9.01.2001	30	37	23	31	30
10.01.2001	48	57	57	57	55
11.01.2001	22	34	29	27	28
12.01.2001	30	28	27	33	29
12.02.2001	71	93	86	64	78
13.02.2001	69	66	72	72	70
14.02.2001	86	81	87	90	86
15.02.2001	71	71	72	75	72
16.02.2001	75	72	73	74	73
12.03.2001	66	61	64	73	66
13.03.2001	43	50	54	51	50
14.03.2001	48	38	42	43	43
15.03.2001	53	39	40	43	44
16.03.2001	54	86	47	45	58
16.04.2001	46	50	52	47	49
17.04.2001	61	51	57	54	56
18.04.2001	59	64	76	71	68
19.04.2001	86	72	61	59	69
20.04.2001	54	61	76	60	62
14.05.2001	54	70	57	38	55
15.05.2001	48	49	42	35	44
16.05.2001	47	50	48	38	46
17.05.2001	43	66	67	30	52
18.05.2001	29	46	49	43	42
25.06.2001	91	79	63	69	76
26.06.2001	70	81	64	65	70
27.06.2001	57	41	53	55	52
28.06.2001	50	19	51	49	50
29.06.2001	29	26	44	40	35
SINIR DEĞER , $\mu\text{g}/\text{m}^3$					150

Model sonuçları ile ölçüm sonuçları eğilim çizgisi grafiğinde karşılaştırmalı olarak görülmektedir (Şekil 4.6). Grafikten de anlaşılacağı üzere model ile bulunan YSK değerleri, TÇMB tarafından yapılan yer seviyesi ölçümleri ile yüksek oranda uyumluluk göstermektedir.

Modelleme çalışmalarında kaynak dataları olarak AÇF emisyonları kullanılmıştır ve model sonuçları AÇF'nin bölgedeki hava kirliliğine olan katkılarını ifade etmektedir. Bununla birlikte yer seviyesinde oluşan toz konsantrasyonları çevrede bu kirleticiyi oluşturan önemli bir sanayi tesisi olmadığı düşünülerek büyük oranda AÇF'dan kaynaklandığı kabul edilebilir.

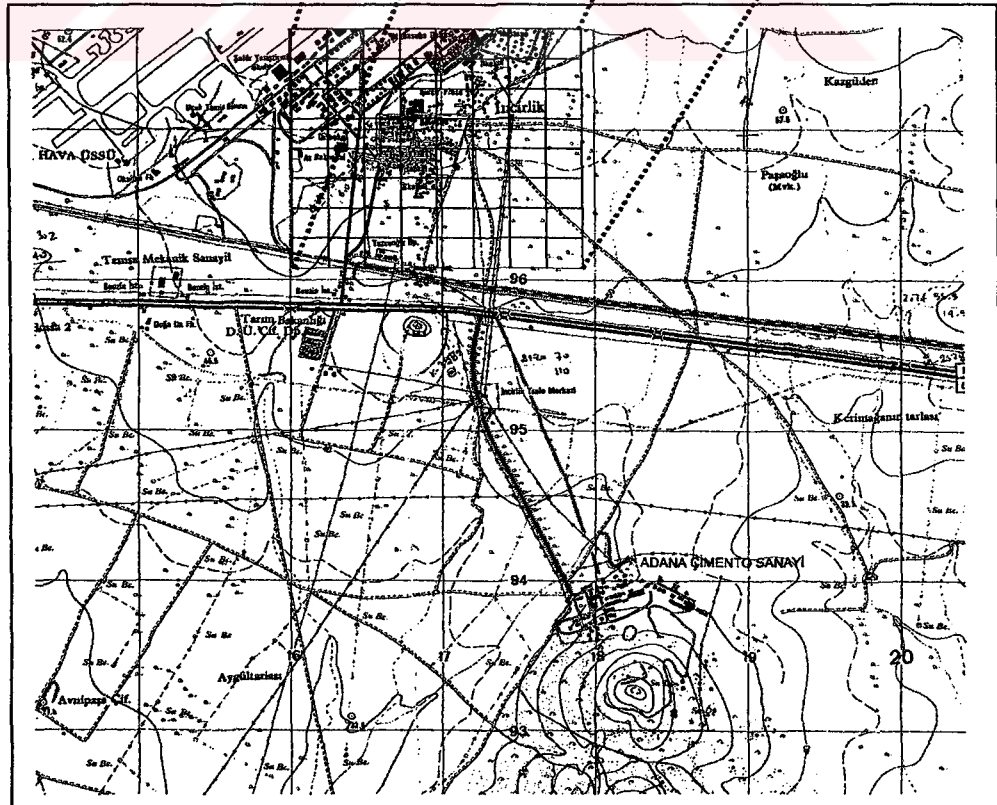
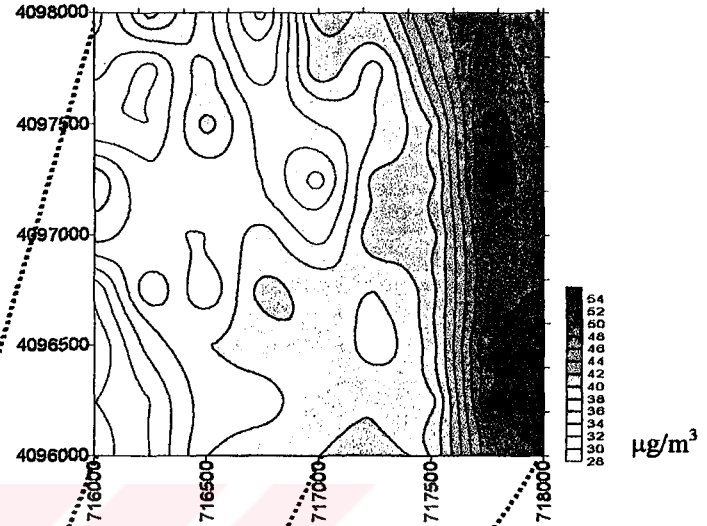


Şekil 4.6. Ölçüm Sonuçları ile Model Sonuçlarının Karşılaştırılması.

4.2. AÇF'nin İncirlik Yerleşim Merkezindeki Hava Kirliliğine Katkıları

AÇF'den kaynaklanan tozların fabrika yakınındaki en büyük yerleşim merkezi olan İncirlik Beldesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla ISC modelinin bir özelliği olan "Discrete Receptor" parametresi kullanılmıştır. İncirlik yerleşim merkezi Şekil 4.7 'deki haritada görüldüğü gibi 250 m aralıklarla bir kartezyen sistem olarak programa tanıtılmış ve kasabanın sınırları içerisinde toplam 81 noktada PM₁₀ YSK'ları belirlenmiştir. İncirlik Kasabası'nın yerleşim planı ve AÇF'nin İncirlik'in hava kirliliğine katkıları Şekil 4.7'de görülmektedir.

AÇF'den kaynaklanan partiküler maddelerin İncirlik Beldesi üzerindeki dağılımının, yerleşim merkezinin doğu kısmında güney-kuzey doğrultusunda en yüksek değerleri aldığı görülmektedir. Model sonuçlarına göre AÇF emisyonlarının İncirlik üzerinde oluşturacağı maksimum PM_{10} yer seviyesi konsantrasyonu $55.46 \mu g/m^3$ değeri ile beldenin kuzeydoğusunda, minimum PM_{10} konsantrasyonu $28.62 \mu g/m^3$ değeri ile beldenin güneybatı kısmında oluşmaktadır.



Şekil 4.7. AÇF'nin İncirlik Yerleşim Merkezinde Oluşturduğu Hava Kirliliği

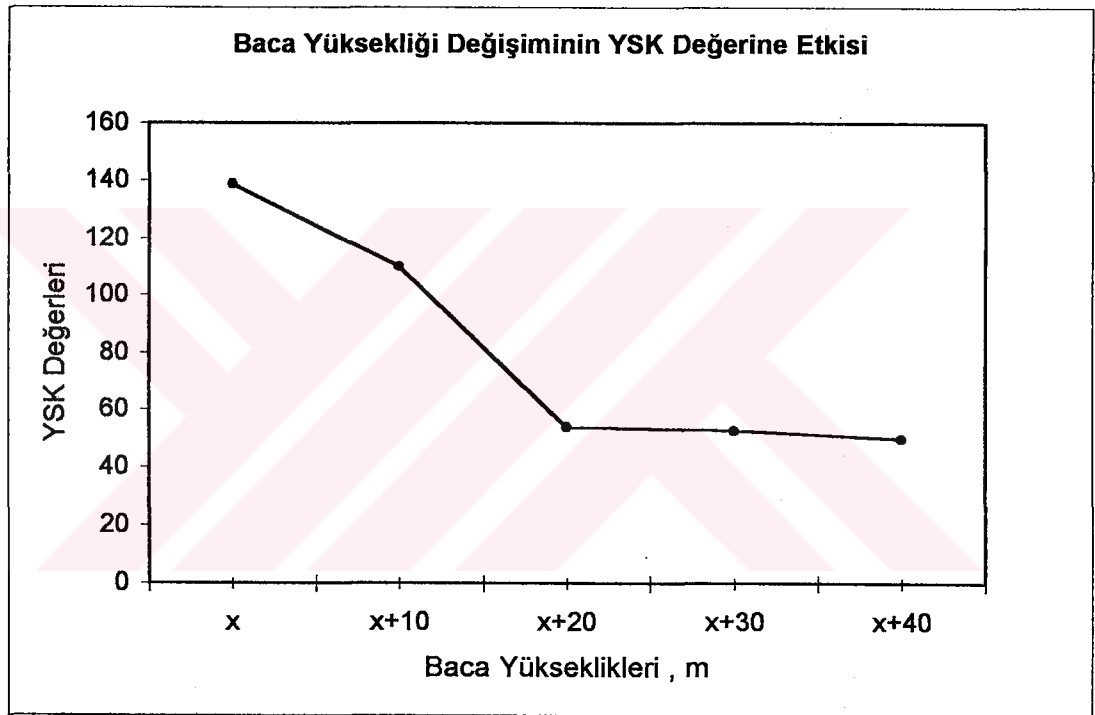
4.3. Baca Yüksekliğinin Hava Kirleticilerin Dağılımına Etkisi

Bacaların başlıca iki tür görevi vardır. Kirletici maddelere hava ortamında yeterli seyrelme imkanı sağlamak ve fırın, kazan vb. ünitelere yeterli hava girişi için gerekli çekişi sağlamak. Kirleticilerin hava ortamında seyrelmesi hava kirlenmesi kontrolünde önem taşır. Bu işlevini gerçekleştirebilmesi için bacanın mümkün olduğunca yüksek olması, baca ağzında gaz çıkış sıcaklığının yüksek olması, baca ağzında gaz yükselme hızının yüksek olması ve atmosferde rüzgar hızının yüksek olması gerekir.

Adana'da sanayi tesislerinin bacalarının yükseklikleri çok düşüktür ve çevreye olan etkileri bundan dolayı bir kat daha artmaktadır. Bunun sonucu olarak yerleşim bölgeleri arasında kalmış olan tesislerin, bacalarından attıkları kirletici emisyonlar, anında tesis çevresine çökmekte ve bölgede önemli bir kirlilik meydana getirmektedir. (Halefoğlu, 1997)

Adana Çimento Fabrikası'nda yapılan incelemeler sonucunda tesisteki döner fırınların ana bacalarının çatısız olduğu ve yerden yüksekliklerinin H.K.K.Y.'de sınır değer olan 19 m'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bacaları alçak olan endüstri tesislerinden atılan kirleticiler, bulunduğu bölgede çok yoğun bir kirlilik oluşturmaktadır. Atmosferde seyrelme miktarının büyük ölçüde bacanın yüksekliğine bağlı olduğu bilinmektedir. İstenilen seviyelerde seyrilmeye yardımcı olabilmesi için baca yüksekliği "İngiliz Temiz Hava Kanunu'na" göre bölgenin tipine bağlı olarak yapılan baca yüksekliği hesabında Adana'da olması gereken baca yüksekliği 74.5 metredir. (Halefoğlu, 1997). H.K.K.Y. Madde-8.4 gereğince; AÇF döner fırınlarının ana bacaları ile döner fırın baca gazı hattından sıcak gaz alan kömür değirmenleri, trommel kurutucu ve kömür kurutucu bacalarının yerden yükseklikleri en az 19 m ve H.K.K.Y. Ek-6 'daki abakla belirlenen asgari baca yüksekliklerinin üzerinde, döner fırınların ana bacalarının çatıdan yükseklikleri ise en az 3 m olmalıdır. Döner fırın baca gazı hattından sıcak gaz alan kömür değirmenleri ile trommel kurutucu ve kömür değirmenindeki kömür kurutucu bacalarının yerden yükseklikleri 19 m'nin ve abakla belirlenen asgari baca yüksekliklerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

Baca yüksekliklerinin duman dağılımına ve YSK'ları üzerine etkisini belirlemek için AÇF baca yükseklikleri 10, 20, 30 ve 40' ar metre arttırılarak herbir artış için model çalıştırılmış ve YSK'ları karşılaştırılmıştır. Fiili baca yüksekliklerinde tespit edilen model sonuçları ve baca yüksekliklerinin 10, 20, 30 ve 40 metre yükseltilmiş haliyle bulunan model sonuçlarının değişimi Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Baca Yüksekliği Değişiminin YSK'ları Üzerine Etkisi.

PM₁₀ yer seviyesi konsantrasyonunun, aynı alıcı ortam noktasında baca yüksekliği değişimi ile ne oranda değişim gösterdiği Şekil 4.8.'de görülmektedir. Fiili baca yüksekliğinde (x) maksimum PM₁₀ konsantrasyonu 139.84 µg/m³, baca yükseklikleri 10'ar metre artırılmış hali ile 110 µg/m³, 20 metre artırılmış hali ile 54 µg/m³ mertebesine düşmüştür. 30 ve 40 metre artırılmış baca yüksekliklerinde PM₁₀ YSK değerlerinde büyük oranda değişim olmadığı görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Adana Çimento Fabrikası'nın çevresindeki hava kalitesine olan etkilerini belirlemek amacı ile yapılan bu çalışmada AÇF'den kaynaklanan toz, NO_x, CO ve SO₂ kirleticilerinin fabrika çevresindeki 20x20 km'lik alanda oluşturacağı kirletici konsantrasyon dağılımını belirlemek amacı ile ISCST3 model programı kullanılmıştır. 500'er m aralıklarla oluşturulan kartezyen alıcı ortam sisteminde toplam 1681 noktada ve fabrikaya en yakın yerleşim merkezi olan İncirlik Beldesi'nde 81 noktada YSK değerleri belirlenmiş, baca yüksekliklerinde yapılan değişikliklerin YSK'lar üzerine etkileri belirlenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Model sonuçlarına göre alıcı ortam olarak belirlenen 400 km²'lik alan içerisinde oluşacak maksimum kirletici yer seviyesi konsantrasyonları Ek-1.a, Ek-1.b, Ek-1.c ve Ek-1.d 'de görülmektedir. Model sonuçları, YSK değerlerinin fabrika alanı ve yakın çevresinde yüksek olduğunu, fabrika alanından uzaklaşıldıkça YSK değerlerinin düştüğünü göstermektedir. Model sonuçlarına göre meteorolojik faktörler ve mevcut topografyanın etkisi ile 1 yıl süre zarfında oluşacak maksimum havada asılı partikül madde (PM₁₀) konsantrasyonu fabrika alanı içerisinde 139.84 µg/m³ (Ek-2.a), maksimum NO_x konsantrasyonu fabrika alanının yaklaşık 1 km güneyinde 55.96 µg/m³ (Ek-2.b), maksimum CO konsantrasyonu fabrikanın 1 km güneybatısında 243 µg/m³ değerinde (Ek-2.c) ve maksimum SO₂ konsantrasyonu 4.5 µg/m³ ile fabrikanın 1 km batısında oluşacağı (Ek-2.d) görülmektedir. H.K.K.Y. 'de hava kirleticileri için uyulması gereken PM₁₀ sınır değeri olan 150 µg/m³ 'tür. Buna göre AÇF'den kaynaklanan toz emisyonlarının sınır değeri aşmadığı görülmektedir. H.K.K.Y.'e göre havada bulunmasına müsaade edilebilecek maksimum NO_x (NO₂ olarak) değerinin 100 µg/m³ olması gerekir. Model sonuçlarına bakıldığında NO_x'in YSK 55.96 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Bu değer yönetmelikteki sınır değerinin oldukça altındadır. CO ve SO₂ için model ile bulunan

sonuçlar yönetmelikteki sınır değerler olan $10000\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ olan değerlerin altındadır.

2. Modelin doğruluğunu saptamak amacıyla PM_{10} YSK'ları için model sonuçları ve TÇMB tarafından fabrika alanı içerisinde yapılan yer seviyesi ölçümleri karşılaştırılmış, yapılan karşılaştırma sonucunda model sonuçları ile ölçüm sonuçlarının büyük oranda yakınlık gösterdiği görülmüştür. Bu karşılaştırma yapılırken göz önünde bulundurulması gereken; modelleme çalışmalarının sadece AÇF'nin baca gazı emisyon değerleri ile yapıldığı, yani dağılımın olduğu alan içerisindeki hava kirliliğine bölgedeki diğer fabrikaların da katkıda bulunacağı hususudur. Ancak bölgede yapılan araştırmaların sonucu yer seviyesinde oluşacak toz konsantrasyonlarının büyük ölçüde AÇF'den kaynaklandığı, diğer sanayi tesislerinin toz emisyon değerlerinin ihmal edilebilecek ölçüde az olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yer seviyesinde ölçülen toz konsantrasyonlarının tamamına yakınının AÇF'den kaynaklandığı kabulü yapılmıştır.

3. AÇF'nin en yakınındaki yerleşim merkezi, 3-4 km uzağındaki İncirlik Beldesidir. İncirlik, konumu itibarıyla AÇF'den etkilenebilecek riskli bölge içerisinde yer almaktadır. Bu yüzden modelleme çalışmaları dahilinde İncirlik'de oluşan PM_{10} yer seviyesi konsantrasyonları hesaplanmıştır. Model sonuçlarına göre Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi PM_{10} konsantrasyonları beldenin doğu kısmında yüksek değerlerdedir. Hesaplanan maksimum PM_{10} YSK değeri beldenin kuzeydoğusunda $55.46\mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyesindedir (Ek-3). Bu değer H.K.K.Y.'de sınır değer olan $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altındadır. AÇF'nin İncirlik Beldesi'ndeki hava kirliliğine katkısı model sonuçları ve yönetmelikteki sınır değerlere göz önüne alındığında insan sağlığına zarar verecek boyutlarda değildir.

4. Atmosferdeki seyrelme miktarı büyük ölçüde baca gazlarının çıkabildiği yüksekliğe bağlıdır. Bu nedenle büyük tesislerde istenilen seviyelerde seyrelmeye yardımcı olacak minimum baca yüksekliği H.K.K.Y. tarafından verilen nomogramlar yardımıyla hesaplanır. AÇF'deki bacaların yükseklikleri artırılarak hesaplanan model sonuçları, baca yüksekliklerindeki artışın atmosferdeki seyrelme üzerinde olumlu yönde etkisinin olduğunu göstermektedir. Fiili baca yüksekliğinde maksimum PM_{10} yer seviyesi konsantrasyonu $139.84\mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, 10'ar metre

artırılmış baca yükseklikleri ile hesaplanan maksimum değer $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e, 20'şer metre artırılmış baca yükseklikleri ile hesaplanan maksimum değer $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. 30 ve 40'ar metre arttırılmış baca yükseklikleri ile hesaplanan model sonuçlarının büyük oranda değişim göstermediği görülmektedir. Bunun sebebi Şekil 1.9.'daki rüzgar hızı profilinde görüldüğü gibi rüzgar hızının yüksekliğin artması ile birlikte logaritmik artış göstermesinden kaynaklanmaktadır.



5.2. Öneriler

İyi ve etkili bir çevre yönetimi öncelikle çevre kalitesinin ve bu kaliteyi etkileyen etmenlerin doğru bir şekilde araştırılmasına, irdelenmesine ve planlanmasına dayalıdır. Çevre yönetiminin ana amacı ise bugünkü ve gelecekteki kuşaklar için var olan kaynakların korunması ve daha kaliteli yaşam koşullarının geliştirilmesidir. Bu amaçlara ulaşmak için çevre yönetiminin temel unsurlarından biri olan ÇED sisteminin yaygınlaştırılması gereklidir. Mevcut tesislerin yada planlanan tesislerin bulundukları bölgede, normal işletme şartları altında veya kaza anında hava kalitesini hangi boyutta etkileyeceğini belirlemek için kullanılacak olan tek yöntem modellemedir. Bu nedenle özellikle henüz plan veya proje aşamasında bulunan tesislerin kurulacakları yörede ne gibi bir hava kalitesi bozulmasına sebep olacaklarını belirlemek için hava kalite modellerinin kullanılması gerekir.

Ülkemizde hava kalitesi kontrolü amacıyla bölgesel ve yerel hava kalitesi yönetim planları yapılmalıdır. Bu doğrultuda sanayi tesislerinin bacaları, emisyonların sınır değerleri aşıp aşmadığını sürekli izlemek amacıyla “ Continuous Emission Monitoring, (Sürekli Emisyon İzleme)” cihazları ile donatılmalıdır. Bu cihazlardan alınan ölçüm sonuçları enformasyon sistemi ile İl Çevre Müdürlüklerinde toplanarak emisyon envanteri oluşturulmalıdır. Böylece İl Çevre Müdürlükleri emisyonların azaltılmasına yönelik faaliyetlerde bulunabilecek ve il sınırlarında meydana gelebilecek herhangi bir hava kirlenmesi olayına zamanında müdahale edebilecektir. Sanayi tesislerinin emisyonlarından oluşturulacak bir veri tabanı sayesinde hem bölge halkı yaşadığı ortamların hava kalitesi hakkında bilgi sahibi olabilecek ve hem de bilimsel araştırmalar yapan kişiler için sanayi ile ilgili veri bulma sıkıntısı ortadan kalkacaktır.

Hava kalitesi kontrol çalışmaları kapsamında kirletici sanayi tesislerine getirilecek kısıtlamaları belirlemek ve hava kalitesi standartlarının oluşturulmasını sağlamak için modelleme çalışmaları yaygınlaştırılmalıdır. ÇED çalışmalarında hava kirletici faaliyet gösterecek projeler için modelleme çalışmaları zorunlu tutulmalıdır. İl Çevre Müdürlükleri kendi il sınırları içerisinde bulunan tüm sanayi tesislerini kapsayan modelleme çalışmaları yapmalıdır. Model çalışmaları ülke çapında

yapılmalı ve bu verilerden hareketle Türkiye Çevre Kirliliği Haritası çıkarılmalıdır. Modelleme sonuçlarının doğruluğunu saptamak ve bölge halkının zarar görmesini engellemek için değişik noktalarda sürekli hava kalitesi ölçümleri yapılmalıdır. Bu çalışmalar ile mevcut sanayi tesislerinin hava kalitesine etkileri tespit edilmiş olup daha sonra yapılacak tesisler için meteorolojik faktörler de göz önünde bulundurularak yer seçimi konusunda doğru tercihler yapılacaktır.



KAYNAKLAR

Adana Çimento Fabrikası Emisyon Raporu. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Kalite ve Çevre Kontrol Müdürlüğü. ANKARA 2001.

Adana Çimento Sanayii T.A.Ş. Hava Kalitesi Raporu. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Kalite ve Çevre Kontrol Müdürlüğü. ANKARA 2001.

Adana İli Çevre Durum Raporu, T.C. Adana Valiliği İl Çevre Müdürlüğü, ADANA 1998.

Adana İli Meteorolojik Verileri. Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, ADANA 2000

BAUMBACH, G., 1996 . Air Quality Control. Springer, German,490s.

GASSMAN, M., MAZZEO, N.A., 2000. Air Pollution Potential : Regional Study in Argentina, Environmental Management Vol 25 No 4 : 375-382

GÜLLÜ G., 2001. ÇED Çalışmalarında Hava Kalitesi Modellemesi, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi Eğitim Seminerleri, ODTÜ Kosgeb Merkezi, ANKARA

HALEFOĞLU, Y.Z., 1997. Adana İli'nde Primer Kirleticilerin Düzeyinin Saptanması ve Coğrafik Bilgi Sistemi ile SO₂ Dağılımının İncelenmesi. Yüksek lisans tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü , ADANA.

HAO, J. Ve Ark., 1999. A Study of The Emission and Concentration Distrubution of Vehicular Pollutants in The Urban Area of Beijing. Atmospheric Environment 34:453-465

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği., 2 Kasım 1986 tarihli ve 19269 Sayılı
Resmî gazete

KALAFATOĞLU, E. ve Ark., 2001. Trace Elements Emissions from Some Cement
Plants in Turkey. Water, Air and Soil Pollution 129:91-100

Kalite Kontrol Teknik Semineri, DSİ VI. Bölge , Kalite Kontrol ve Laboratuar Şube
Müdürlüğü, ADANA 2002.

KAYA, Y., OGUZER, V., 1996. Adana İli Hava Kirliliğinin Meteorolojik Analizi ve
Kirlilik Ölçütlerinin Saptanması . TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası.
İSTANBUL.

KIELY, G.,1997 , Environmental Engineering. McGraw-Hill, ENGLAND.

Köprü Barajı ve HES Projesi Çevresel Etki Değerlendirme Raporu, Temelsu
Uluslararası Müh. Hiz. A.Ş. ANKARA 1999.

KUMAR, A., BELLAM,N.K., SUD,A., 1999. Performance of An Industrial Source
Complex Model : Predicting Long Term Concentrations in An Urban Area.
Environmental Progress 18: 93-100

MASTERS,G.M.,1991. Introduction to Environmental Engineering and Science .
Prentice Hall, USA, 451s.

MENSINK, C., VLIEGER,I.,NYS,J., 2000. An Urban Transport Emission Model
For The Antwerp Area. Atmospheric Environment 34 : 4594-4602.

MONZON, A., 1999. Seasonal Analysis of Air Pollution Levels in Madrid. The
Science of the Total Environment, 235: 343-345 USA

MÜEZZİNOĞLU, A., 2000. Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları. Dokuz Eylül Yayınları, İZMİR, 327s.

OĞUZ, Ö., 1999. Discharge Of Power Plant Stack Gases Through Cooling Towers: A Case Study For Afşin- Elbistan Series. MSc Thesis, METU, ANKARA.

PEAVY, H.S., 1985. Environmental Engineering. McGraw-Hill, USA, 696s.

PCRAMMET USERS GUIDE. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring and Analysis Division Research Triangle Park. North Carolina. EPA 1999, USA

SAN JESO ve Ark., 2000. The Impact of Road Traffic in Madrid Community By Using A Nested Gaussian Mesoscale Air Quality Model (GAMA), Environmental Monitoring and Assesment 65: 469-476

Sanko Petrokimya Tesisi ve İskelesi Projesi Çevresel Etki Değerlendirme Raporu, Serdar İç ve Dış Tic.Ltd.Şti. ANKARA 1998.

Sosyo-Ekonomik Rapor. Adana Güçbirliği Vakfı. ADANA. 1999

Sugözü Termik Santrali Projesi Çevresel Etki Değerlendirme Raporu, ENVY A.Ş. ANKARA 2000.

TRAN, K.T., 2001. Comperative Use of ISCST3, ISC-PRIME and AERMOD in Air Toxics Risk Assesment. A&WMA Conference on Air Quality Models, Newport,RI.

TURNER, D.B., 1994. Atmospheric Dispersion Estimates. Lewis Publishers, USA

TÜNAY, O., ALP, K., 1996. Hava Kirlenmesi Kontrolü . TMMOB , ÇMO. İstanbul Şubesi, Mega Ajans, İSTANBUL, 174s.

USERS GUIDE For The Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models
Volume I-User Instructions. U.S. Environmental Protection Agency, Office of
Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring and Analysis
Division Research Triangle Park. North Carolina. EPA 1995, USA

USERS GUIDE For The Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models
Volume II-Description of Model Algorithms. U.S. Environmental Protection
Agency, Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring
and Analysis Division Research Triangle Park. North Carolina. EPA 1995, USA

*** ISCST3 - VERSION 00101 *** *** PM Emissions ***
 **MODELOPTs: CONC RURAL ELEV GRDRIS

*** THE MAXIMUM 50 VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***
 INCLUDING SOURCE(S): STCK1 , STCK2 , STCK3 , STCK4 , STCK5 , STCK6 ,
 STCK7 , STCK8 , STCK9 , STCK10 , STCK11

** CONC OF PM IN MICROGRAMS/M**3 **

RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE
1.	139.84282	(00031914)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
2.	128.59935	(00091418)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
3.	127.81950	(00031816)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
4.	127.76743	(00091317)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
5.	126.86497	(00071213)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
6.	126.08726	(00101417)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
7.	125.85249	(00100116)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
8.	125.60752	(00091118)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
9.	102.49946	(00091117)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
10.	100.13541	(00091416)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
11.	97.28693	(00091417)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
12.	83.60114	(00061117)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
13.	81.48005	(00062913)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
14.	75.03942	(00052317)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
15.	73.69910	(00041211)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
16.	73.37624	(00092516)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
17.	68.17618	(00091017)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
18.	63.75538	(00101517)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
19.	60.48847	(00050317)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
20.	54.64198	(00100711)	AT	(717000.00, 4094000.00)	GC
21.	53.27923	(00072914)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
22.	52.22644	(00111810)	AT	(717000.00, 4092000.00)	GC
23.	52.11261	(00082916)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
24.	46.69378	(00092410)	AT	(716000.00, 4093000.00)	GC
25.	46.54157	(00082007)	AT	(717000.00, 4091000.00)	GC
26.	45.56962	(00070608)	AT	(719000.00, 4092000.00)	GC
27.	45.47622	(00080708)	AT	(720000.00, 4093000.00)	GC
28.	45.19944	(00070209)	AT	(717000.00, 4094000.00)	GC
29.	44.44811	(00082310)	AT	(719000.00, 4097000.00)	GC
30.	44.06548	(00062808)	AT	(717000.00, 4092000.00)	GC
31.	43.78827	(00110311)	AT	(717000.00, 4092000.00)	GC
32.	43.28074	(00111513)	AT	(717000.00, 4092000.00)	GC
33.	42.58825	(00110812)	AT	(716000.00, 4095000.00)	GC
34.	42.20790	(00092711)	AT	(717000.00, 4095000.00)	GC
35.	42.06244	(00020411)	AT	(717000.00, 4092000.00)	GC
36.	42.01564	(00122713)	AT	(716000.00, 4093000.00)	GC
37.	41.22273	(00051815)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
38.	41.20031	(00070909)	AT	(717000.00, 4094000.00)	GC
39.	40.20634	(00103110)	AT	(717000.00, 4092000.00)	GC
40.	39.83652	(00072308)	AT	(719000.00, 4097000.00)	GC
41.	39.61849	(00070708)	AT	(721000.00, 4094000.00)	GC
42.	39.30606	(00051209)	AT	(716000.00, 4094000.00)	GC
43.	39.18441	(00091120)	AT	(719000.00, 4094000.00)	GC
44.	38.48809	(00010811)	AT	(717000.00, 4092000.00)	GC
45.	38.32082	(00031816)	AT	(718000.00, 4095000.00)	GC
46.	38.21878	(00053018)	AT	(718000.00, 4094000.00)	GC
47.	38.15094	(00100111)	AT	(718000.00, 4095000.00)	GC
48.	38.11671	(00031512)	AT	(717000.00, 4094000.00)	GC
49.	38.06598	(00061108)	AT	(717000.00, 4092000.00)	GC
50.	38.06299	(00031710)	AT	(716000.00, 4093000.00)	GC

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

*** ISCST3 - VERSION 00101 *** *** NOX Emissions ***

**MODELOPTs: CONC RURAL ELEV GRDRIS

*** THE MAXIMUM 50 VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): STCK1 , STCK2 , STCK3 , STCK4 , STCK7 ,
 STCK8

** CONC OF NOX IN MICROGRAMS/M**3 **

RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE
1.	55.96475	(00032212)	AT (	718000.00, 4093000.00)	GC
2.	55.10355	(00100711)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
3.	53.79976	(00111810)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
4.	50.33304	(00100813)	AT (	718000.00, 4096000.00)	GC
5.	49.02451	(00050916)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC
6.	48.08922	(00070209)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
7.	46.66437	(00050809)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
8.	46.64964	(00050713)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC
9.	44.96686	(00050915)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC
10.	43.12703	(00070608)	AT (	719000.00, 4092000.00)	GC
11.	42.94728	(00110311)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
12.	41.87595	(00082311)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
13.	39.20599	(00062808)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
14.	38.16930	(00082007)	AT (	717000.00, 4091000.00)	GC
15.	36.48105	(00072812)	AT (	718000.00, 4095000.00)	GC
16.	35.49097	(00080708)	AT (	720000.00, 4093000.00)	GC
17.	34.24699	(00050713)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
18.	34.12749	(00092410)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
19.	32.69765	(00070412)	AT (	718000.00, 4095000.00)	GC
20.	30.14435	(00060609)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
21.	29.32793	(00100612)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
22.	29.27432	(00061413)	AT (	718000.00, 4095000.00)	GC
23.	28.87447	(00092711)	AT (	717000.00, 4095000.00)	GC
24.	28.47577	(00052910)	AT (	718000.00, 4096000.00)	GC
25.	28.08258	(00081713)	AT (	718000.00, 4095000.00)	GC
26.	26.80890	(00050916)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
27.	25.74686	(00082310)	AT (	719000.00, 4097000.00)	GC
28.	25.47156	(00110812)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
29.	24.31956	(00020411)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
30.	24.13028	(00103013)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
31.	23.33240	(00062709)	AT (	719000.00, 4096000.00)	GC
32.	23.19571	(00100912)	AT (	717000.00, 4097000.00)	GC
33.	22.14612	(00052910)	AT (	718000.00, 4097000.00)	GC
34.	20.82700	(00100813)	AT (	718000.00, 4097000.00)	GC
35.	20.54057	(00021114)	AT (	718000.00, 4095000.00)	GC
36.	20.50558	(00072308)	AT (	719000.00, 4097000.00)	GC
37.	20.42332	(00042711)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
38.	19.14070	(00091211)	AT (	715000.00, 4094000.00)	GC
39.	18.38899	(00072911)	AT (	719000.00, 4092000.00)	GC
40.	18.01855	(00020212)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
41.	17.25986	(00122713)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
42.	17.25102	(00061108)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
43.	16.96800	(00070909)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
44.	16.69498	(00082611)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
45.	15.94713	(00050714)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
46.	15.79060	(00041011)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
47.	15.15251	(00060719)	AT (	719000.00, 4091000.00)	GC
48.	14.08614	(00051810)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
49.	13.72469	(00042817)	AT (	717000.00, 4095000.00)	GC
50.	13.59358	(00092411)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

*** ISCST3 - VERSION 00101 *** *** CO Emissions ***
 **MODELOPTs: CONC RURAL ELEV GRDRIS

*** THE MAXIMUM 50 VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***
 INCLUDING SOURCE(S): STCK1 , STCK2 , STCK3 , STCK4 , STCK5 ,
 STCK6 , STCK7 , STCK8
 ** CONC OF CO IN MICROGRAMS/M**3 **

RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE
1.	243.16786	(00111512)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
2.	231.40268	(00110311)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
3.	230.15904	(00062808)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
4.	228.46567	(00072308)	AT (	719000.00, 4097000.00)	GC
5.	227.14148	(00050409)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
6.	224.21906	(00102012)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
7.	222.87909	(00072109)	AT (	719000.00, 4096000.00)	GC
8.	216.82123	(00111810)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
9.	216.09444	(00082007)	AT (	717000.00, 4091000.00)	GC
10.	213.97816	(00042711)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
11.	211.78731	(00120212)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
12.	211.53278	(00111513)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
13.	210.38794	(00051920)	AT (	717000.00, 4097000.00)	GC
14.	209.00432	(00100111)	AT (	718000.00, 4096000.00)	GC
15.	208.86665	(00110411)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
16.	207.73007	(00091010)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
17.	206.73401	(00061108)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
18.	205.76370	(00051709)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
19.	205.60454	(00082310)	AT (	719000.00, 4097000.00)	GC
20.	203.08276	(00122212)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
21.	203.01617	(00070608)	AT (	719000.00, 4092000.00)	GC
22.	202.66080	(00053010)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
23.	201.81847	(00020411)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
24.	200.00963	(00101815)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
25.	199.51903	(00070409)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
26.	199.38744	(00032719)	AT (	717000.00, 4097000.00)	GC
27.	197.99982	(00052809)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
28.	197.05241	(00082310)	AT (	719000.00, 4098000.00)	GC
29.	195.70081	(00080708)	AT (	720000.00, 4093000.00)	GC
30.	195.02490	(00111712)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
31.	194.83754	(00082007)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
32.	193.83286	(00102011)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
33.	192.52451	(00060209)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
34.	191.01100	(00103010)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
35.	190.82616	(00010915)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
36.	189.79132	(00061309)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
37.	189.74352	(00021212)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
38.	189.65964	(00092009)	AT (	716000.00, 4091000.00)	GC
39.	188.82863	(00101710)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
40.	188.68730	(00052909)	AT (	719000.00, 4097000.00)	GC
41.	188.63820	(00040409)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
42.	187.88062	(00101814)	AT (	715000.00, 4095000.00)	GC
43.	185.18050	(00080419)	AT (	719000.00, 4096000.00)	GC
44.	184.61882	(00092711)	AT (	717000.00, 4096000.00)	GC
45.	183.88396	(00103110)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
46.	183.65121	(00070209)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
47.	181.49217	(00120713)	AT (	717000.00, 4091000.00)	GC
48.	181.05135	(00110612)	AT (	714000.00, 4096000.00)	GC
49.	180.50186	(00081710)	AT (	717000.00, 4096000.00)	GC
50.	179.53978	(00091210)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

*** ISCST3 - VERSION 00101 *** *** SO2 Emissions ***
 ***MODELOPTs: CONC RURAL ELEV GRDRIS

*** THE MAXIMUM 50 VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL
 ***INCLUDING SOURCE(S): STCK1
 ** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3 **

RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE
1.	4.46273	(00100711)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
2.	3.59584	(00111810)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
3.	3.58702	(00092711)	AT (	717000.00, 4095000.00)	GC
4.	3.29173	(00070608)	AT (	719000.00, 4092000.00)	GC
5.	3.28252	(00092410)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
6.	3.03015	(00111513)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
7.	2.99997	(00082007)	AT (	717000.00, 4091000.00)	GC
8.	2.92952	(00070909)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
9.	2.92625	(00082110)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC
10.	2.92498	(00071223)	AT (	719000.00, 4094000.00)	GC
11.	2.91364	(00110812)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
12.	2.91130	(00111312)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC
13.	2.84164	(00080708)	AT (	720000.00, 4093000.00)	GC
14.	2.83085	(00031512)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
15.	2.82097	(00112912)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC
16.	2.81340	(00020312)	AT (	717000.00, 4093000.00)	GC
17.	2.79719	(00101814)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC
18.	2.78727	(00020411)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
19.	2.78470	(00092102)	AT (	718000.00, 4095000.00)	GC
20.	2.76506	(00110311)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
21.	2.76291	(00072609)	AT (	716000.00, 4094000.00)	GC
22.	2.75234	(00100111)	AT (	718000.00, 4095000.00)	GC
23.	2.72652	(00082310)	AT (	719000.00, 4097000.00)	GC
24.	2.72138	(00103110)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
25.	2.70295	(00062808)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
26.	2.65161	(00041113)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
27.	2.64026	(00050409)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
28.	2.63248	(00070708)	AT (	722000.00, 4094000.00)	GC
29.	2.63158	(00101414)	AT (	718000.00, 4093000.00)	GC
30.	2.62377	(00122713)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
31.	2.61714	(00070708)	AT (	721000.00, 4094000.00)	GC
32.	2.60629	(0011212)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
33.	2.58778	(00010811)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
34.	2.57186	(00102012)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
35.	2.52654	(00110612)	AT (	715000.00, 4095000.00)	GC
36.	2.50056	(00120710)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
37.	2.49282	(00060507)	AT (	718000.00, 4093000.00)	GC
38.	2.48596	(00093010)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
39.	2.48567	(00050716)	AT (	717000.00, 4094000.00)	GC
40.	2.46735	(00032719)	AT (	717000.00, 4096000.00)	GC
41.	2.44572	(00110411)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
42.	2.41821	(00082410)	AT (	716000.00, 4095000.00)	GC
43.	2.41467	(00031710)	AT (	716000.00, 4093000.00)	GC
44.	2.41212	(00102010)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
45.	2.40572	(00010424)	AT (	718000.00, 4096000.00)	GC
46.	2.39396	(00063008)	AT (	720000.00, 4094000.00)	GC
47.	2.37121	(00072109)	AT (	719000.00, 4095000.00)	GC
48.	2.36939	(00111712)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
49.	2.36428	(00061108)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC
50.	2.36295	(00040808)	AT (	717000.00, 4092000.00)	GC

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

EK.3 İNCİRLİK BELDESİ PM₁₀ YSK DEĞERLERİ.

Ahmet ATLI

*** ISCST3 - VERSION 00101 ***

*** PM Emissions ***

**MODELOPTs: CONC RURAL ELEV GRDRIS

*** THE 1ST HIGHEST VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): STCK1 , STCK2 , STCK3 , STCK4 , STCK5,
STCK6 , STCK7 ,STCK8 ,STCK9 ,STCK10 ,STCK11

*** DISCRETE CARTESIAN RECEPTOR POINTS ***

** CONC OF PM IN MICROGRAMS/M**3 **

X-COORD (M)	Y-COORD (M)	CONC	(YYMMDDHH)
716000.00	4098000.00	35.85861	(00040223)
716000.00	4097750.00	37.73566	(00030920)
716000.00	4097500.00	34.57254	(00052222)
716000.00	4097250.00	42.01666	(00052222)
716000.00	4097000.00	39.70157	(00110919)
716000.00	4096750.00	30.76667	(00110919)
716000.00	4096500.00	28.62961	(00112915)
716000.00	4096250.00	30.51331	(00100212)
716000.00	4096000.00	29.46037	(00112914)
716250.00	4098000.00	43.31816	(00060923)
716250.00	4097750.00	33.99274	(00060923)
716250.00	4097500.00	34.79594	(00040223)
716250.00	4097250.00	36.77449	(00030920)
716250.00	4097000.00	36.98553	(00052222)
716250.00	4096750.00	40.13287	(00052222)
716250.00	4096500.00	35.59423	(00110919)
716250.00	4096250.00	32.45707	(00092711)
716250.00	4096000.00	32.16708	(00100212)
716500.00	4098000.00	37.93882	(00020419)
716500.00	4097750.00	39.51149	(00110319)
716500.00	4097500.00	41.96425	(00060923)
716500.00	4097250.00	37.92646	(00060923)
716500.00	4097000.00	36.26075	(00071211)
716500.00	4096750.00	34.97095	(00030920)
716500.00	4096500.00	38.49067	(00052222)
716500.00	4096250.00	37.47431	(00092711)
716500.00	4096000.00	38.42119	(00092711)
716750.00	4098000.00	29.09824	(00032719)
716750.00	4097750.00	32.27038	(00032719)
716750.00	4097500.00	35.06674	(00020419)
716750.00	4097250.00	36.00040	(00032719)
716750.00	4097000.00	39.68955	(00110319)
716750.00	4096750.00	41.04515	(00060923)
716750.00	4096500.00	39.07989	(00071211)
716750.00	4096250.00	37.38348	(00071211)
716750.00	4096000.00	39.58261	(00092711)
717000.00	4098000.00	44.47556	(00112720)
717000.00	4097750.00	42.30428	(00112720)
717000.00	4097500.00	36.12736	(00112720)

X-COORD (M)	Y-COORD (M)	CONC	(YYMMDDHH)
717000.00	4097250.00	31.44175	(00032719)
717000.00	4097000.00	35.83767	(00032719)
717000.00	4096750.00	39.16489	(00032719)
717000.00	4096500.00	40.19800	(00032719)
717000.00	4096250.00	39.04090	(00060923)
717000.00	4096000.00	40.62240	(00071211)
717250.00	4098000.00	41.44740	(00040420)
717250.00	4097750.00	37.28520	(00040420)
717250.00	4097500.00	38.31042	(00021220)
717250.00	4097250.00	41.65385	(00112720)
717250.00	4097000.00	42.98908	(00112720)
717250.00	4096750.00	38.55671	(00112720)
717250.00	4096500.00	37.97166	(00112113)
717250.00	4096250.00	40.33936	(00112113)
717250.00	4096000.00	41.46265	(00112113)
717500.00	4098000.00	49.02882	(00081322)
717500.00	4097750.00	46.37224	(00081322)
717500.00	4097500.00	42.17183	(00081322)
717500.00	4097250.00	41.13917	(00040420)
717500.00	4097000.00	41.84270	(00040420)
717500.00	4096750.00	41.65704	(00100211)
717500.00	4096500.00	41.31959	(00100211)
717500.00	4096250.00	39.45255	(00100211)
717500.00	4096000.00	40.96912	(00112113)
717750.00	4098000.00	52.53185	(00073124)
717750.00	4097750.00	54.58866	(00073124)
717750.00	4097500.00	55.74298	(00073124)
717750.00	4097250.00	55.46747	(00073124)
717750.00	4097000.00	53.09852	(00073124)
717750.00	4096750.00	52.56921	(00081322)
717750.00	4096500.00	54.74427	(00081322)
717750.00	4096250.00	54.86599	(00081322)
717750.00	4096000.00	51.50788	(00081322)
718000.00	4098000.00	49.18566	(00080822)
718000.00	4097750.00	50.20722	(00080822)
718000.00	4097500.00	51.30315	(00080822)
718000.00	4097250.00	52.46289	(00080822)
718000.00	4097000.00	53.61016	(00080822)
718000.00	4096750.00	54.49776	(00080822)
718000.00	4096500.00	55.02481	(00080822)
718000.00	4096250.00	55.19773	(00080822)
718000.00	4096000.00	54.74353	(00080822)

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Adana'da doğdum. İlk, Orta ve Lise öğrenimimi Adana'da tamamladım. 1994 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne girdim. 1998 yılında mezun oldum. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansa başladım. 1999 yılında aynı bölümde araştırma görevlisi olarak göreve başladım. 2001 yılında DSİ VI. Bölge Müdürlüğü, Planlama Şube Müdürlüğü'ne mühendis olarak yatay geçiş yaptım. Halen bu görevi devam ettirmekteyim.



**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
HESKİMAN TACVON MERKEZİ**