

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL BÖLGELERİN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN
CALPUFF DİSPERSİYON MODELİ İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SABRİYE ÖZGE GÖKMEN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL BÖLGELERİN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN
CALPUFF DİSPERSİYON MODELİ İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SABRİYE ÖZGE GÖKMEN

501091753

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. KADİR ALP

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091753 numaralı Yüksek Lisans / ~~Doktora~~ Öğrencisi **Sabriye Özge GÖKMEN** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“ENDÜSTRİYEL BÖLGELERİN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN CALPUFF DİSPERSİYON MODELİ İLE İNCELENMESİ ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kadir ALP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kadir ALP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İsmail TORÖZ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Selahattin İNCECİK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **06 Haziran 2012**

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan, beni destekleyen, bilgisini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Kadir ALP'e,
Kendisini geç tanıma fırsatı bulduğum, ama tanıdığımı çok mutlu olduğumu rahatlıkla söyleyebildiğim, danışman hocam kadar benle yakın ve ilgili davranan, hiçbir konuda arkamda olmaktan çekinmeyen saygıdeğer hocam Burçak KAYNAK'a,
Karşılaştığım her türlü sorunda görüşlerini aldığım, fikir danıştığım Arş. Gör. Edip AVŞAR'a,
Tez çalışmalarımda bana yardımını esirgemeyen Metin TINAY'a,
Yaşamımdaki varlığından ötürü mutluluk duyduğum, yardıma ihtiyaç duyduğum her an yanımda bulduğum değerli arkadaşım Uğur ŞAHİNKAYA'ya,
Hayatım boyunca her konuda en büyük destekçim olan, yaşamıma kattıkları tüm güzelliklerle birlikte çok sevdiğim ve değer verdiğim aileme teşekkürü borç bilirim.

Haziran 2012

S.Özge GÖKMEN
Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Hava Kirliliği	2
1.2 Hava Kirliliği Kaynakları.....	2
1.2.1 Doğal kaynaklar	3
1.2.1.1 Orman, bitki örtüsü ve anız yangınları	3
1.2.1.2 Yanardağ/volkan faaliyetleri.....	3
1.2.1.3 Okyanus spreyleri	4
1.2.1.4 Buharlaştırma ve biyogenik kaynaklar.....	4
1.2.2 Antropojenik (Yapay) kaynaklar.....	4
1.3 Hava Kirlleticileri.....	5
1.4 Hava Kalitesi Yönetimi ve Mevzuattaki Yeri	6
1.5 Hava Kalitesi Modelleri	8
1.5.1 Yaygın kullanılan hava dağılım modelleri.....	10
1.5.1.1 ISCST-3 (Industrial Source Complex Short Term-3).....	10
1.5.1.2 AERMOD	11
1.5.1.3 CALPUFF (California Puff Model).....	11
1.6 EGEMER Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali.....	11
1.6.1 Santralin konumu	12
1.6.2 Proje yeri ve etki alanının çevresel özellikleri	12
1.6.2.1 Nüfus özellikleri	14
1.6.2.2 İklim ve bitki örtüsü.....	14
1.6.2.3 Meteorolojik durum	14
1.6.2.4 Depremsellik.....	14
1.7 Faaliyetin Açık Bir Şekilde Anlatımı.....	15
1.7.1 Konsantrasyon bilgileri	18
2. MATERYAL METOD	21
2.1 Model Alanı	21
2.2 CALPUFF	25
2.2.1 CALMET Modülü.....	26
2.2.2 CALPUFF Modülü	34
2.2.3 CALPOST Modülü	34
3. EGEMER DGKÇ SANTRALİNİN HAVA KALİTESİNE ETKİSİNİN	
CALPUFF MODELİ İLE BELİRLENMESİ.....	37

4. ARTAN METEOROLOJİK VERİLERİN CALPUFF MODEL SONUÇLARINA ETKİSİ	57
5. ARAZİ KULLANIMI VE TOPOGRAFIK YÜKSEKLİK VERİLERİNİN MODEL SONUÇLARINA ETKİSİ	69
5.1 Arazi Kullanım Değeri Farklılıklarının Model Sonuçlarına Etkisi.....	73
6. CALPUFF ve ISCST3 DAĞILIM MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	77
7. BİRDEN FAZLA NOKTASAL KAYNAĞIN HAVA KALİTESİNE KÜMÜLATİF ETKİSİNİN CALPUFF MODELİ İLE BELİRLENMESİ.	87
7.1 EGEMER, İSKEN, İSDEMİR Tesislerinin Hava Kalitesine Etkileri.....	91
7.2 EGEMER ve İSKEN Tesislerinin Hava Kalitesine Etkisi	94
8. CALPUFF MODEL SONUÇLARININ HAVA KALİTE GÖZLEM İSTASYONUNDAN ÖLÇÜLEN DEĞERLERLE KIYASLANMASI.....	97
9. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....	103
KAYNAKLAR.....	105
ÖZGEÇMİŞ.....	111

KISALTMALAR

CO	: Karbon monoksit
CO₂	: Karbon dioksit
CH₄	: Metan
Cl	: Klor
CALPUFF	: California Puf Model
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
DGKÇ	: Doğalgaz Kombine Çevrim
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
HKKD	: Hava Kirlenmesine Katkı Değeri
HKGİ	: Hava Kalite Gözlem İstasyonu
H₂S	: Hidrojen Sülfür
HC	: Hidro Karbon
ISCST3	: Industrial Source Complex Short Term
KVD	: Kısa Vadeli Değer
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değer
NO₂	: Azot Oksit
PM	: Partiküler Madde
SKHKKY	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
SO₂	: Kükürt dioksit
UVD	: Uzun Vadeli Değer
UVS	: Uzun Vadeli Sınır Değer
TKD	: Toplam Kirlenme Değeri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1-1 : Doğal kaynakların hava kirliliğine katkısı.	4
Çizelge 1-2 : Birincil ve ikincil hava kirleticilerinin genel sınıflandırılması.	5
Çizelge 1-3 : Hava kirleticileri.	5
Çizelge 1-4 : Atmosfere atılan toplam kütleli debi sınır değerleri (SKHKKY-Ek-2).	7
Çizelge 1-5 : Tesis Etki Alanında Uzun Vadeli, Kısa Vadeli Sınır Değerler ve Kademeli Azaltım Tablosu.	8
Çizelge 1-6 : Proje alanı koordinatları.	12
Çizelge 1-7 : Hatay iline ait ilçe ve köy nüfusları.	14
Çizelge 1-8 : Erzin DGKÇ Santrali Projesi teknik özellikler.	18
Çizelge 1-9 : Egemer Kombine Çevrim Santralin'den kaynaklanan hava kirleticileri kütleli debileri.	19
Çizelge 1-10 : Baca boyutları ile ilgili bilgiler.	19
Çizelge 2-1 : Çalışma alanı koordinatları.	21
Çizelge 2-2 : Çalışma alanı içerisinde yer alan hava kalite gözlem istasyonları.	23
Çizelge 2-3 : Yapılması planlanan çalışmaların genel özeti.	25
Çizelge 2-4 : CALMET için gerekli veriler.	27
Çizelge 2-5 : Çalışma alanında yer alan meteoroloji gözlem istasyonlarında durum.	28
Çizelge 2-6 : <i>Surf.dat</i> dosyası için seçilen meteoroloji istasyonları ve özellikleri.	28
Çizelge 2-7 : Rüzgar yön sembolleri ve derece karşılıkları.	29
Çizelge 2-8 : Calmet.inp dosyası verileri.	33
Çizelge 2-9 : Egemer DGKÇ Santrali ait baca ve konsantrasyon bilgileri.	34
Çizelge 3-1 : Uzun vadeli, kısa vadeli sınır değerler ve kademeli azaltım tablosu.	41
Çizelge 3-2 : SO ₂ için UVD ve KVD değerleri (µg /m ³).	41
Çizelge 3-3 : SO ₂ için UVD ve KVD değerleri (µg /m ³).	42
Çizelge 3-4 : 24 saatlik Maksimum konsantrasyon değerleri ve tarihi.	42
Çizelge 3-5 : NO ₂ için UVD ve KVD değerleri (µg /m ³).	48
Çizelge 3-6 : PM ₁₀ için UVD ve KVD değerleri. (µg/m ³).	52
Çizelge 3-7 : Maksimum konsantrasyon değerleri ve tarihi.	53
Çizelge 4-1 : 130×140km'lik alan için KVD değerlerinin karşılaştırılması.	62
Çizelge 4-2 : 130×140km'lik alan için UVD değerlerinin karşılaştırılması.	63
Çizelge 4-3 : Dört adet meteorolojik istasyon kullanıldığında elde edilen sonuçların tek istasyona göre kıyaslanması (%).	64
Çizelge 5-1 : Arazi kullanımı ve yükseklik verisinin model sonuçlarına etkisi.	70
Çizelge 7-1 : Model alanı içerisinde yer alan ve yer alması planlanan bazı tesislerin listesi.	89
Çizelge 7-2 : Modellemede kullanılan emisyon kaynakları ve değerleri.	90

Çizelge 7-3 : Yaz mevsimine ait günlük maksimum SO ₂ , NO ₂ ve PM ₁₀ konsantrasyon değerleri.	91
Çizelge 7-4 : Yaz mevsimine ait günlük maksimum SO ₂ , NO ₂ ve PM ₁₀ konsantrasyon değerleri.	93
Çizelge 7-5 : Egemer, İsken, Egemer-İsken için kısa vadeli SO ₂ değerleri (µg/m ³).	94
Çizelge 7-6 : Egemer, İsken, Egemer-İsken için KVD değerlerinin karşılaştırılması (NO ₂ için) (µg /m ³).	95
Çizelge 7-7 : Egemer, İsken, Egemer-İsken için KVD değerlerinin karşılaştırılması (PM ₁₀ için) (µg /m ³).	96
Çizelge 8-1 : Çalışma alanı içerisinde yer alan hava kalite gözlem istasyonları.	97
Çizelge 8-2 : Hava kalite gözlem istasyonları ölçüm tarihleri.	99
Çizelge 8-3 : Adana-Doğankent istasyonunda ölçülen 24 saatlik ortalama konsantrasyon değerleri (µg/m ³).	100
Çizelge 8-4 : Adana-Çatalan istasyonunda ölçülen 24 saatlik ortalama konsantrasyon değerleri (µg/m ³).	100
Çizelge 8-5 : Osmaniye istasyonunda ölçülen 24 saatlik ortalama konsantrasyon değerleri (µg/m ³).	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Çizelge 8-6 : Hatay 1 istasyonunda ölçülen 24 saatlik ortalama konsantrasyon değerleri (µg/m ³).	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Çizelge 8-7 : EGEMER DGKÇ Santrali 24 saatlik maksimum konsantrasyon değerleri (µg/m ³).	102
Çizelge 8-8 : İSKEN+İSDEMİR tesislerine ait 24 saatlik maksimum konsantrasyon değerleri (µg/m ³).	102
Çizelge 8-9 : EGEMER+İSKEN+İSDEMİR tesislerine ait 24 saatlik maksimum konsantrasyon değerleri (µg/m ³).	102

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1-1 : Proje alanının topografik harita üzerinde gösterimi.....	13
Şekil 1-2 : Proje alanı ve çevresinin uydu görüntüsü.	13
Şekil 1-3 : Hatay iline ait deprem haritası (Deprem Araştırma Dairesi).	15
Şekil 2-1 : Proje alanı ve proje alanı içerisinde yer alan meteoroloji istasyonları. ...	22
Şekil 2-2 : Sıcaklık ve bağıl nem arasındaki ilişki (Schulman vd.,1979).	30
Şekil 2-3 : Karışım yüksekliği ve zaman arasındaki ilişki (Charles vd.).....	31
Şekil 2-4 : Zamana göre karışım yüksekliği dağılımı.....	32
Şekil 3-1 : Çalışma alanı arazi kullanım sınıfları.	38
Şekil 3-2 : Çalışma alanı topografik yükseklik haritası.....	38
Şekil 3-3 : Kullanılan meteorolojik istasyonların lokasyonları.	39
Şekil 3-4 : Dörtöl (17962) istasyonuna ait yıllık ve mevsimsel rüzgar diyagramları.	40
Şekil 3-5 : 22 Mart 2004 tarihine ait rüzgar yönü haritası.....	43
Şekil 3-6 : 22 Mart 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	43
Şekil 3-7 : 15 Eylül 2004 tarihine ait rüzgar yönü haritası.....	44
Şekil 3-8 : 15 Eylül 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	44
Şekil 3-9 : 17 Aralık 2004 tarihine ait rüzgar yönü haritası.	45
Şekil 3-10 : 17 Aralık 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g} / \text{m}^3$).	45
Şekil 3-11 : SO_2 kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Ocak– Haziran) ($\mu\text{g} / \text{m}^3$).	46
Şekil 3-12 : SO_2 kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Temmuz-Aralık) ($\mu\text{g} / \text{m}^3$).	47
Şekil 3-13 : 15 Eylül 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	49
Şekil 3-14 : NO_2 kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Ocak-Haziran) ($\mu\text{g} / \text{m}^3$).	50
Şekil 3-15 : NO_2 kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Temmuz-Aralık) ($\mu\text{g} / \text{m}^3$).	51
Şekil 3-16 : 15 Eylül 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	53
Şekil 3-17 : PM_{10} kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Ocak-Haziran) ($\mu\text{g} / \text{m}^3$).	54
Şekil 3-18 : PM_{10} kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Temmuz-Aralık) ($\mu\text{g} / \text{m}^3$).	55
Şekil 4-1 : Modelleme çalışmasında kullanılan meteorolojik istasyonlar.	58
Şekil 4-2 : Adana (17351) istasyonuna ait yıllık ve mevsimsel rüzgar diyagramları.	59

Şekil 4-3 : Osmaniye (17355) istasyonuna ait yıllık ve mevsimsel rüzgar diyagramları.....	60
Şekil 4-4 : Antakya (17984) istasyonuna ait yıllık ve mevsimsel rüzgar diyagramları.	61
Şekil 4-5 : 17 Aralık 2004 tarihine ait rüzgar dağılım haritaları (soldan sağa 4 istasyon -1 istasyon) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	65
Şekil 4-6 : 17 Aralık 2004 tarihine ait SO_2 , NO_2 ve PM_{10} dağılım haritaları (soldan sağa 4 istasyon -1 istasyon) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	66
Şekil 5-1 : 27 Aralık 2004 tarihine ait rüzgar yönü dağılım haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	71
Şekil 5-2 : 27 Aralık tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon dağılım haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	71
Şekil 5-3 : 17 Aralık tarihine ait NO_2 konsantrasyon dağılım haritaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	72
Şekil 5-4 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak SO_2 konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (UVD).....	73
Şekil 5-5 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak SO_2 konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (KVD).....	74
Şekil 5-6 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak NO_2 konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (UVD).....	74
Şekil 5-7 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak NO_2 konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (KVD).....	75
Şekil 5-8 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak PM_{10} konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (UVD).....	75
Şekil 5-9 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak PM_{10} konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (KVD).....	76
Şekil 6-1 : 6×6km’lik alan için topografik yükseklik haritası.	79
Şekil 6-2 : CALPUFF ve ISCST3 modelinde ölçülen NO_2 konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (UVD).	80
Şekil 6-3 : CALPUFF ve ISCST3 modelinde ölçülen NO_2 konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (KVD).	80
Şekil 6-4 : CALPUFF ve ISCST3 modelinde ölçülen PM_{10} konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (UVD).	81
Şekil 6-5 : CALPUFF ve ISCST3 modelinde ölçülen PM_{10} konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (KVD).	81
Şekil 7-1 : Modelleme kullanılan tesisler ve konumları.	90
Şekil 8-1 : Hava kalite gözlem istasyonlarının çalışma alanı içerisindeki konumları.	98

ENDÜSTRİYEL BÖLGELERİN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN CALPUFF DİSPERSİYON MODELİ İLE İNCELENMESİ

ÖZET

Ülkemizde enerji ihtiyacı hızla artmakta olup, bu ihtiyacı karşılamak amacıyla çeşitli enerji yatırımları da hız kazanmıştır. Yatırım maliyetlerinin düşük olması, hammadde temininin kolay olması vb. faktörler bir araya geldiğinde ülkemizde yatırımların başında kömür ve/veya doğalgaz ile çalışan santrallerin geldiği görülmektedir. Bu yatırımlar yapılırken konum olarak daha çok deniz kıyısına şeridi olan şehirler tercih edilmektedir. Ülkemizdeki durum incelendiğinde enerji santral yatırımlarının yoğunlaştığı bölgelerin başında Yalova, Hatay-İskenderun vb. deniz kıyısına şeridi olan bölgelerin geldiği görülmektedir. Özellikle Hatay-İskenderun bölgesindeki mevcut durum incelendiğinde bölgede çok sayıda termik santralin faaliyette olduğu ve yine birçok termik santral kurulması amacıyla Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Raporu, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) lisans başvurularının yapıldığı görülmektedir.

Hatay ili, Erzin İlçesinde, 900 MWm / 882 MWe kurulu güce sahip Egemer Doğalgaz Kombine Çevrim (DGKÇ) Santrali yapılması planlanmaktadır. Santralde yakıt olarak doğalgaz kullanılacaktır.

Tez çalışması kapsamında Egemer DGKÇ Santrali emisyonlarının, seçilen bir hava kirliliği modelleme programı yardımıyla ortam havasında meydana getireceği kirletici dağılım konsantrasyonu hesaplanmış olup, hava kalitesi katkı değeri belirlenmiştir. Ayrıca, bu bölgede faaliyet gösteren diğer önemli noktasal kirletici kaynaklar da göz önünde bulundurularak bölgenin toplam hava kalite değerine Egemer DGKÇ Santrali'nin katkısı belirlenmiştir. Bu çalışmanın yapılabilmesi amacıyla geniş alanlarda etkin çalıştığı bilinen CALPUFF dispersiyon modeli seçilmiştir.

Tez kapsamında birinci bölümde, hava kirliliği ve hava kirliliği kaynaklarından bahsedilmekte olup ülkemizde hava kalitesinin değerlendirilmesi ve korunması ile ilgili mevzuat detaylı olarak anlatılmaktadır. Yine ayrıca bu bölümde hava kalitesinin belirlenmesinde kullanılan çeşitli modellerden bahsedilmiştir.

İkinci bölüme gelindiğinde ise, seçilen modelin uygulanacağı model alanından bahsedilmiş, bu alan seçilirken göz önünde bulunduran unsurlar detaylı olarak anlatılmıştır. Model alanıyla ilgili gerekli bilgi verildikten sonra bu alanda kullanılmak üzere seçilmiş CALPUFF modeli hakkında detaylı teknik bilgi verilmiştir. Modelin çalışması için ihtiyaç duyduğu verilerden bahsedilerek bu verilerin nasıl temin edildiği yine bu bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

EGEMER DGKÇ Santrali'ne ait emisyonların CALPUFF modeli yardımıyla simule edilmesi sonucu ortaya çıkan konsantrasyon değerleri çeşitli çizelge ve şekillerle ortaya konmuş ve elde edilen değerlerin yönetmelikte belirtilen sınır değerlerle

mukayesesi yapılmıştır. EGEMER DGKÇ Santrali'ne ait konsantrasyon değerlerinin yönetmelikteki yeri ve ilgili değerlendirmeler üçüncü bölümde verilmiştir.

Dördüncü bölüme geçildiğinde artan meteorolojik verilerin model sonuçlarına etkisinin gözlemlenebilmesi amacıyla aynı çalışma alanı içerisinde farklı konumlarda yer alan üç adet daha meteorolojik istasyon çalışma kapsamına dahil edilmiş ve toplam dört adet yüzey istasyonu ve bir adet radyosanda istasyonu kullanılarak EGEMER DGKÇ Santrali emisyonları bir kez daha modellenmiştir. İki durum arasındaki fark çeşitli tablo ve grafiklerle ortaya konmuş ve iki durum arasındaki farkın nedenleri detaylı olarak incelenmiştir.

Beşinci bölümde, konsantrasyon dağılımını etkileyen önemli parametrelerden biri olan çalışma alanına ait topografik yapının model sonuçlarına olası etkilerini görebilmek amacıyla model topografik yükseklik verileri olmadan, topografik yükseklik verileri mevcut fakat arazi kullanımı tek tip (şehir) alınarak ve aynı anda hem topografik yükseklik verisi olmadan hem de arazi kullanımı tek tip (şehir) alınarak modellenmiş olup model sonuçları ilk durumla karşılaştırılmıştır. Bu bölümde bu çalışmaya ek olarak arazi kullanımının yalnız şehir ve yalnız kırsal alan şeklinde alındığında konsantrasyon sonuçlarına etkisinin görülebilmesi için model bu iki durum için ayrı ayrı çalıştırılmış ve elde edilen değerler karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

EGEMER DGKÇ Santrali'ne ait emisyonlar daha önce ISCST3 modeli yardımıyla modellenmiştir. Tez çalışması kapsamında ISCST3 modeli ile CALPUFF modelinin karşılaştırılabilmesi amacıyla ISCST3 modelinde kullanılan veriler ile CALPUFF modeli çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar ISCST3'den elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Modellerin birbirinden farklı sonuçlar vermesinin nedenleri altıncı bölümde incelenmiş olup, modeller hakkında detaylı teknik bilgi bu bölümde verilmiştir.

Kirlilik kaynaklarının tespiti, etkin hava kalitesi yönetiminin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Ülkemizde uygulanan yasal mevzuat gereği herhangi bir tesisinin faaliyete başlayabilmesi amacıyla hazırlanan Çevresel Etki Değerlendirme raporlarında tesise ait hava kirleticileri ile ilgili bilgi verilmekte ve bu tesisten kaynaklanan emisyonlar yine yönetmelikte belirtildiği şekilde modellenerek elde edilen değerler yönetmelikteki sınır değerlerle mukayese edilmektedir. Bu çalışmalar yapılırken sadece kurulması planlanan tesis tek bir noktasal kirleticilik kaynağı olarak ele alınmakta olup tesis etkisinin tek başına değerlendirilmesi gerçekçi olmamaktadır. Çünkü tesisin kurulacağı bölgedeki hava kalitesi zaten içinde barındırdığı diğer fabrikalar gibi noktasal kaynaklar, trafik vb. alan kaynakları ve yine ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklanan kirleticilere bağlı olarak belli bir düzeydedir ve tesisin tek başına hesaplanan hava kalitesine etkisi, diğer kirleticiler göz önünde bulundurularak hesaplanan değerden farklı olacaktır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında yedinci bölümde modelleme alanı içerisinde yer alan diğer noktasal kirleticilik kaynakları belirlenmiş, bunlardan kendi kategorisi dahilinde maksimum üretim gücüne sahip olan iki tane ek noktasal kaynak seçilerek kirleticilerin kümülatif etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Dokuzuncu bölüme gelindiğinde ise; modelden elde edilen sonuçların hava kalite gözlem istasyonlarından elde edilen sonuçlarla mukayese edilebilmesi amacıyla bölgede yer alan hava kalite gözlem istasyonları, ölçülen kirleticiler ve ölçüm yılları belirlenerek uygun bir zaman aralığı seçilmiş ve model o zaman aralığında yeniden

alıştırılarak elde edilen değerler hava kalite gözlem istasyonlarında ölçülen değerlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma neticesinde; her bir tesisin seçilen her bir hava kalite gözlem istasyonunda ölçülen değere yüzde olarak katkısı belirlenmiş, yapılması planlanmakta olan Egemer DGK Santrali'nin bu değere ek olacak katkısı ortaya konmuştur. Ayrıca yine bu bölümde her bir kaynak için maksimum konsantrasyon değerinin ölçüldüğü noktalar belirlenmiş, bu noktaların hali hazırda kurulu olan hava kalite gözlem istasyonlarının mevcut oldu yerlerle karşılaştırması yapılmıştır. Çalışma sonucunda hava kalitesinin belirlenmesinde önemli bir rolü olan hava kalite gözlem istasyonları kurulurken dikkat edilmesi gereken unsurlar detaylı olarak anlatılmıştır.

Yapılan çalışmaların tamamında CALPUFF dispersiyon dağılım modeli kullanılmıştır. Ayrı başlık altında yapılan çalışmalarla ilk olarak CALPUFF modelinin meteorolojik verilere, arazi kullanım çeşitliliğine, topografik yükseklik bilgilerine bağlı olarak hesaplama hassasiyeti irdelenmiştir.

Tez çalışmasının asıl amaçlarından olan CALPUFF dispersiyon modelinin ISCST3 modeli ile karşılaştırılması çalışması kapsamında her iki model ile ilgili yapılan teknik araştırmalar, iki modelin karşılaştırılması amacıyla ortaya konmuş çeşitli tez ve makaleler incelenmiş yapılan incelemelerde CALPUFF dispersiyon modelinin ISCST3 modeline oranla daha güvenilir sonuçlar verdiği kanısına ulaşılmıştır. Bunun nedenleri tez çalışması kapsamında detaylı olarak anlatılmıştır.

Bu tez çalışmasıyla ülkemizde en yaygın kullanılan modellerden biri olan ISCST3 modelinin eksik yanları ortaya konmuş ve herhangi bir kaynağın hava kalitesine etkisinin belirlenmesinde bu modelin güvenilir tarafta yer almadığı sonucuna varılmıştır. Ülkemizde yasal mevzuat gereği izlenen izin verme sürecinde ISCST3 modelinden vazgeçilmesi bunun yerine daha sağlıklı sonuçlar veren CALPUFF gibi "puff" modellerin tercih edilmesi gerekliliği üzerine değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Ayrıca; yine CALPUFF dispersiyon modeli ile ISCST3 modelinin karşılaştırılması amacıyla CALPUFF modeli 6×6 km'lik bir alanda çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Yapılan bu çalışma neticesinde CALPUFF modelinin kısa mesafeli alanlarda doğru sonuçlar vermediği, CALPUFF modelinden en iyi verimin alınabilmesi için uzun menzilli ve uzun zamanlı modelleme seçeneklerinin kullanılması gerektiği ortaya konmuştur.

Tüm bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelenerek gerek CALPUFF modelinin artı özelliklerinden dolayı kullanımının tercih edilmesi gerekliliği, gerekse model sonuçlarını etkileyen parametreler göz önünde bulundurularak karar verici niteliğindeki kurumların nelere dikkat etmesi gerektiği ile ilgili ıkarımlarda bulunulmuştur.

INVESTIGATION OF INDUSTRIAL AREAS' EFFECTS ON AIR QUALITY WITH CALPUFF DISPERSION MODEL

SUMMARY

Since energy demands are rapidly increasing in Turkey, energy investments are escalating in order to meet this huge demand.

Comparing, investments on natural gas or coal combined cycle power plants are very common among all areas due to factors such as low investment cost, easy way of obtaining raw materials and etc. Seaside cities are mostly preferred for establishment natural gas or coal combined cycle power plants. They are mainly established in seaside cities such as Yalova, Hatay-iskenderun and etc.

Especially in Hatay-İskenderun, there are so many thermal power plants and EIA reports and applications to EPDK in order to build up new thermal power plants.

Egemen Elektrik A.Ş. is planning to build up a natural gas combined cycle plant which has 900 MWm / 882 MWe in Erzin Hatay.

Within the scope of this thesis, the emissions caused by Egemen Natural Gas Combined Cycle (NGCC) Plant are calculated with a selected air quality modelling program. With the help of the selected program, the contributions of pollutants to air pollution are determined.

Moreover, the contribution of Egemen DGKÇ to total air quality in this region is determined by using CALPUFF dispersion model which works effectively in wide regions.

In the first part of thesis, air pollution, its sources, estimation of air quality and the legislation for protection of air quality will be stated. Besides, some model types to estimate the air quality will be explained.

In the second part of thesis, the chosen model and model area, the factors that influence my area choice will be explained in a very detailed way. After giving information about the model area, calpuff model will be stated with all technical aspects.

The data which require to run the model and how they were obtained will be explained. Concentration values which were ensured by using EGEMER DGKÇ's emissions in CALPUFF model are proven with some statistical tables and figures. These outcomes and the concentration values stated in legislation are compared in the third part of the thesis.

In the fourth part of this thesis, in order to observe increasing meteorologic data's effects to model results I have added three new meteorologic stations at different locations within same area.

EGEMER NGCC plants' emissions are calculated using four surface stations and one upper air station. The differences between the two conditions are listed in various tables and graphics. Reasons for the difference are explained in this chapter.

One of the factors affecting the distribution of concentration is topographic height. To understand the effects of this parameter; in model working area, the model are runned two different mode. One is no topographic height input, second is regional topographic data is available. The results of these two conditions are explain detaily. After that, to see the effect of land use categories to distrubition of concentration and the values. The model are runned with a urban land use categories and rural land use categories data. The differences between the two conditions are listed in various tables and graphics. Reasons for the difference are explained in fifth chapter.

EGEMER NGCC Plants's emissios were calculated before by using the ISCST3 air quality modelling program. By running all inputs which are used in ISCST3 in CALPUFF model, I have compared both models. In the sixth part of this thesis, these two models and reasons of taking different outcomes with these two models will be explained. Also the technical information about the two models are given in this chapter.

Determination of pollution sources is the first phase of the management of air quality. Accordance with legal regulations applied in our country, for the establishment of a facility, EIA reports are prepared. EIA is an obligatory report including the the impacts on environment of the plant which is planned to be built up.

One of the environmental parameters whose effects should be examined is air pollution. Emissions from the facility are calculated and the calculation results are compared the regulation values. After the comparision, the decision makers allow the facility to build up if the values atre under the legislation values.

It is a fact that assuming the plant as the only polluting source is not realistic. Air quality of the area where the plant is going to be built up are affected by some elements such as other fabrics, traffic, heating fuels and etc.

Nobody cannot deny that estimating the air quality by not considering the other factors is totally different than estimating the air quality by considering the other factors.

Therefore, two most powerful polluting factors among all polluting factors which exist in the area where the plant is going to be built up will be taken into consideration in order to determine their cumulative effects.

Estimating the effect of point sources, which emit high magnitudes of pollutants, on air quality is essential and effective air quality management practices are required for Turkey. This is especially important in the environmental impact analysis of the planned power plants.

The emissions of a single power plant can be minor, however this effect should be evaluated with caution for the selected region, especially where there are other significant emissions and meteorological conditions resulted in high pollution episodes which can result in non-attainment.

In this context, the effect on the local air quality of a natural gas combined cycle power plant which is planned to be located in the district of Hatay-Erzin is investigated here. The modeling domain covers an area of 130km×140km with grid

size of 2km×2km. CALPUFF Dispersion Model is used to simulate the pollutant concentrations (NO₂, SO₂ and PM₁₀) in the region for the year 2010 for the proposed power plant only and with other significant point sources. By this way, the single and cumulative effect of the proposed power plant will be investigated. The effect of the meteorological data will be investigated. The results will also be compared with ambient air pollution monitoring sites available in the domain in order to determine the contribution of the proposed power plant.

CALPUFF dispersion model are used in the distribution of all the work done. Scope of work, first the effects of using more meteorological data were determined, then how was the effect of land use categories and topographic heights were searched. At the end of these studies CALPUFF model calculation accuracy examined.

With the main purpose of the thesis is comparison of CALPUFF dispersion model and ISCST3 model, it is proven that CALPUFF dispersion model gives more accurate results than ISCST3 model by examining and reading technical research, articles, journals and academic publications about both models.

Moreover, this thesis shows that CALPUFF model should be preferred comparing to ISCST3 model since puff models gives more accurate results

ISCST3 is one of the most widely used models in our country. In my thesis, technical information about ISCST3 model are given very detaily. At the end of the research, It is concluded that, ISCST3 model is not very sensitive of calculating the air pollution concentration. Because of the giving more reliable results than ISCST3, CALPUFF model should be preferred. CALPUFF model is an ideal model for legal legislation since it has a lot of advantages.

Additionally, CALPUFF model was run in a 6×6 kms land in order to compare both models. The results show that, the CALPUFF model are more reliable when it runs in wide areas or long-term.

CALPUFF is a non-steady-state Lagrangian Gaussian puff model containing modules for complex terrain effects, overwater transport, coastal interaction effects, building downwash, wet and dry removal and simple chemical transformation.

Model which can simulate the effects of time and space varying meteorological conditions on pollutant transport, transformation and removal.

CALPUFF can use the three dimensional meteorological fields. Also CALPUFF contains algorithms for near source effects such as a building downwash, transitional plume rise, partial plume penetration, subgrid scale terrain interactions as well as longer range effects such as pollutant removal, chemical transformation, vertical wind shear, overwater transport and coastal interaction effects. It can accommodate arbitrarily-varying point source and gridded area source emissions. Because of having positive features , CALPUFF model is preferable to use.

.

1. GİRİŞ

Günümüzde her geçen gün artan çevre sorunlarının başında gelişmekte olan sanayi sonucunda önemi artan hava kirliliği konusu gelmektedir. Dünya nüfusunun hızla artmasına paralel olarak artan enerji kullanımı, endüstrinin gelişimi ve şehirleşmeyle ortaya çıkan hava kirliliği, insan sağlığı ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Saf atmosfer, az veya çok miktarda büyük bölümü suni olan yabancı maddelerin havaya karışmasıyla kirlenir.

Hava kirletici yabancı maddelerin atmosferdeki dağılımlarını çeşitli modeller kullanarak bilimsel çalışmalarla belirlemek oldukça önemlidir. Hava kirleticilerin dağılımının belirlenmesinde çok çeşitli modeller kullanılmaktadır. Bu modellerin seçimi, uygunluğu kirletici kaynağının türüne, çalışma alanına vb. parametrelere göre değişiklikler göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında, ülkemizde artan enerji ihtiyacına karşılık yatırımı hızla artan enerji santrallerinin en yoğunlaştığı bölgelerden biri olan Hatay-İskenderun çevresinde yapılması planlanmakta olan Egemer Doğalgaz Kombine Çevrim (DGKÇ) Santrali emisyonlarının, seçilen bir hava kirliliği modelleme programı yardımıyla ortam havasında meydana getireceği kirletici dağılımı hesaplanmış olup, hava kalitesi katkı değeri belirlenmiştir. Ayrıca, bu bölgede faaliyet gösteren diğer önemli noktasal kirletici kaynaklar da göz önünde bulundurularak bölgenin toplam hava kalite değerine Egemer DGKÇ Santrali'nin katkısı belirlenmiştir.

Tez çalışmasında; EPA (Çevre Koruma Ajansı) tarafından kabul görmüş karasız hal Langrangien kabarık duman (PUFF) dispersiyon modeli olan CALPUFF modeli kullanılmıştır. Daha önce EGEMER DGKÇ Santrali'nin kararlı hal Gauss dispersiyon modeli olan ISCST ile modelleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın amaçlarından biri de CALPUFF modeli ile ISCST modelinin karşılaştırılmasıdır.

1.1 Hava Kirliliği

Kirlilik; en genel tanımıyla herhangi bir ortam veya bileşenin doğal yapısının bozulması, değışmesi ve bu bozulma ve/veya değışmenin çevre ve/veya insanlar üzerinde olumsuz etkilere neden olacak düzeyde olması şeklinde tanımlanabilir.

Varınca'ya göre hava kirliliği “Havanın doğal içeriğinin değışmesi, dengenin bozulmasıdır” (Varınca, 2007).

“Atmosferde bulunan kirleticilerin insan sağlığı, bitki, yapı ve malzemelerde zararlı etkiler meydana getirecek miktar ve sürede bulunması” şeklinde tanımlanabilir (Ertürk,1993).

“Atmosferde toz, gaz, duman, koku, su buharı şeklinde bulunabilecek kirleticilerin insan ve diğer canlılar ile eşyaya zarar verici miktara yükselmesi” olarak da ifade edilebilir (Öztan, 1985)

Hava kirlenmesi, temiz ya da normal olarak adlandırılan hava bileşiminde yer almayan maddelerin yada normal bileşen konsantrasyonunun üzerindeki maddelerin insan, hayvan, bitki, malzeme ve diğer çevre unsurlarına zarar verebilecek sürelerde hava içinde yer almasıdır (Alp, 1998).

Geniş tanımıyla hava kirliliği; genel tanım üzerinden yapılan çıkarımla havadaki katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin ekolojik dengeye ve insan sağlığına zarar verecek miktar ve yoğunlukta bulunması ve/veya yapısına yabancı maddelerin girmesi sonucu yine insan sağlığını ve ekolojik dengeyi olumsuz biçimde etkilenmesi olarak tanımlanabilir.

1.2 Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliğine neden olan kaynaklara baktığımızda bu kaynakları iki ana grup altında toplamak gerektiği görölmektedir. Bunlar;

- Doğal Kaynaklar
- Antropolojik Kaynaklar

1.2.1 Doğal kaynaklar

Doğada gerçekleşen doğal olaylar sonucu ortaya çıkan maddeler hava kirlenmesine sebebiyet verebilmektedir. Doğal hava kirliliği kaynakları, insan etkisinin içinde yer almadığı doğal olaylar sonucu ortaya çıkan kirleticilerdir. Hava kirlenmesine neden olan doğal kaynakları şöyle sıralayabiliriz;

- Orman, bitki örtüsü ve anız yangınları
- Yanardağ/volkan faaliyetleri
- Okyanus spreyleri
- Buharlaşıma ve biyogenik kaynaklar

1.2.1.1 Orman, bitki örtüsü ve anız yangınları

Ülkemizde orman arazileri çeşitli nedenlerle çok sık yangınlara maruz kalmaktadır. Orman yangınları asılı partikül madde olarak oldukça yüksek bir kirletici özelliğe sahiptir. Orman yangınları nedeniyle atmosfere yüksek yoğunlukta kirletici salınımı gerçekleşmektedir.

Ülkemizde anız yangınları da çok sık karşımıza çıkan bir olgudur. Çoğu yerde resmi makamlarca yakılması yasaklanmasına rağmen anız yakmak; ikinci ürün ekmek, üst üste tahıl ekilişinde daha kolay sürüm yapmak gibi nedenlerle arazi sahipleri tarafından sıklıkça başvurulmuş bir yöntemdir. Anız yangınları tıpkı orman yangınları gibi atmosfere yüksek konsantrasyonda kirletici yayılmasına sebep olan bir faaliyettir.

1.2.1.2 Yanardağ/volkan faaliyetleri

Volkan ve yanardağlar önemli miktarda kükürt dioksit (SO₂) ve partikül madde (PM) yayan doğal kirleticilerdir. Patlamalar yoluyla ortaya çıkan zengin ve çeşitli gazlar atmosfere katılarak geniş alanlara yayılır. Rastgele zamanlarda ya da sürekli kirletici gaz yayma potansiyeli bulunan volkan ve yanardağlar atmosferin dengesini olumsuz yönde etkilediği için doğal kirletici kaynaklar arasında yerini alır.

1.2.1.3 Okyanus spreyleri

Okyanus ve denizler üzerinde tuz spreyleri meydana gelir ve bu tuz spreyleri hava akımının etkisi ile atmosfere karışarak hava kirliliğine neden olur.

1.2.1.4 Buharlaşma ve biyogenik kaynaklar

Buharlaşma yolu ile havaya karışan eser gazlar atmosferde yayılarak hava kirliliğine neden olmaktadır. Biyogenik kaynaklar ise hidrojen ve karbon temelli gazlar olup fotosentez vb. metabolik faaliyetlerden salınabilmektedir.

Aşağıda Çizelge 1-1’de doğal kaynakların hava kirliliğine katkısı belirtilmiştir.

Çizelge 1-1 : Doğal kaynakların hava kirliliğine katkısı.

Kaynak	Katkısı
Orman, bitki örtüsü ve anız yangınları	Karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO ₂), azot oksit, partiküler madde
Yanardağ/volkan faaliyetleri	Kükürt dioksit (SO ₂), partiküler madde (PM)
Okyanus spreyleri	Partiküler madde (PM)
Buharlaşma ve biyogenik kaynaklar	Kükürt dioksit (SO ₂), hidrojen sülfür (H ₂ S), metan (CH ₄), karbon dioksit (CO ₂), klor (Cl)

1.2.2 Antropojenik (Yapay) kaynaklar

Yapay kaynaklar; insanların faaliyetleri sonucu oluşan kaynaklardır. Yapay kaynakları; sabit kaynaklar ve hareketli kaynaklar olarak ikiye ayırmak mümkündür.

Sabit Kaynaklar: Katı, sıvı, gaz yakıtların yakılması sonucu emisyon kirliliğine neden olan eylemler ile herhangi bir üretim prosesinden bir baca yardımıyla atmosfere kirleticilerin salındığı faaliyetler sabit kaynaklar arasında sayılabilir. Konutların ısıtılması, sanayi kuruluşları sabit kaynaklara örnek olarak verilebilir. Konutların ısıtılması amacıyla kullanılan yakıtların yanmasıyla SO₂, CO, hidrokarbon (HC)’lar ve PM’ler atmosfere salınan ana kirleticilerdir. Sanayi kuruluşlarına bakıldığında ise; sanayi kuruluşları çeşitli kirletici gazları baca aracılığıyla atmosfere salmaktadır. Önemli derecede hava kirliliğine neden olan sanayi kuruluşlarının başında termik santraller, kömür üretimi, çimento fabrikaları, demir çelik ve metal endüstrisi yer almaktadır.

Hareketli Kaynaklar: Kara, deniz ve hava taşımacılığında çıkan kirleticiler yapay kirletici kaynaklar arasında önemli bir yere sahiptir. Taşımacılıkta mazot, benzin veya jet yakıtı gibi yakıtlar tüketilmekte, taşıtların egzozları aracılığıyla atmosfere verilen kirleticiler yanma ürünlerinin benzeridir.

1.3 Hava Kirleticileri

Hava kirleticilerini atmosferde yer alış durumları ve fiziksel özelliklerine göre ayrı ayrı sınıflandırmak mümkündür. Atmosferde yer alış durumlarına göre kirleticiler; birincil ve ikincil kirleticiler olarak kategorilendirilir. Birincil kirleticiler olarak adlandırdığımız kirleticiler kaynaktan direk olarak atmosfere verilen kirleticilerdir. İkincil kirleticiler ise; birincil kirleticilerle atmosferde bulunan birtakım kimyasal maddelerin reaksiyonu neticesinde ortaya çıkanlardır (Wark vd; 1998). Aşağıda Çizelge 1-2’de birincil ve ikincil hava kirleticilerinin genel tasnifi görülmektedir.

Çizelge 1-2 : Birincil ve ikincil hava kirleticilerinin genel sınıflandırılması.

Sınıf	Birincil kirleticiler	İkincil kirleticiler
Kükürtlü bileşikler	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , sülfatlı bileşikler
Organik bileşikler	C ₁ -C ₅ bileşikler	Ketonlar, aldehytler, asitler
Azot bileşikler	NO, NH ₃	NO ₂ , NO ₃ bileşikler
Karbonun oksitleri	CO, CO ₂	Yok
Halojenler	HCl, HF	Yok
		Fotokimyasal Oksidantlar (Ozon, PAN, NO ₂)

Fiziksel durumlarına göre ise kirleticiler; gaz ve partikül halindeki kirleticiler olmak üzere yine ikiye ayrılmaktadır. Aşağıda Çizelge 1-3’de hava kirleticileri görülmektedir.

Çizelge 1-3 : Hava kirleticileri.

Hava Kirleticileri	
Gazlar	Kükürtdioksit (SO ₂), azot oksit (NO _x), hidrokarbonlar, karbonmonoksit (CO)
Partiküler Maddeler	Toz, duman, fume, uçucu kül, mist, aerosoller

Gaz halindeki kirleticiler; yanma, sanayi tesisleri ve doğal kaynaklardan kaynaklanmaktadır. Gaz kirleticilerden en önemlileri kükürtlü bileşikler, azotlu bileşikler, karbonlu bileşikler ve halojen bileşiklerdir.

Partiküler halindeki kirleticiler ise; yanma, sanayi prosesleri ve doğal kaynaklardan atmosfere verilen katı veya sıvı halde bulunabilen maddelerdir.

1.4 Hava Kalitesi Yönetimi ve Mevzuattaki Yeri

Türkiye’de hava kalitesi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 3 Temmuz 2009 tarih ve 27277 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “*Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği*” (SKHKKY) hükümlerine göre sağlanır. Bu yönetmeliğin amacı, sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır (SKHKKY, 2009). Ayrıca 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “*Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği*” ile hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini önlemek için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak amaçlanmıştır.

Yönetmelikte yer alan bazı önemli tanımlar şu şekildedir;

Tesis Etki Alanı: Emisyonların merkezinden itibaren SKHKKY Ek 4’te verilen esaslara göre tespit edilmiş baca yüksekliklerinin 50 (elli) katı yarıçapa sahip alan, tesis etki alanıdır. Zeminden itibaren emisyonların efektif yüksekliği ($\Delta h + h$) 30 m’den daha az olan tesislerde, tesis etki alanı, bir kenar uzunluğu 2 km olan kare şeklindeki alandır. Baca dışı emisyon kaynaklarının (alan kaynak) yüzey dağılımı $0,04 \text{ km}^2$ ’den büyükse, tesis etki alanı, alan kaynak karenin ortasında olmak üzere bir kenar uzunluğu 2 km olan kare şeklindeki alandır. Emisyon kaynaklarının yüzeydeki dağılımının tespitinde tesisin etki alanı esas alınır.

Kısa Vadeli Değer (KVD): Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının % 95 ine tekabül eden değeri, çöken tozlar için farklı olarak aşılması gereken maksimum aylık ortalama değerleri,

Kısa Vadeli Sınır Değer (KVS): Maksimum günlük ortalama değerleri veya sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, istatistik olarak bütün ölçüm

sonuçlarının % 95 ine tekabül eden değer olan ve SKHKKY Ek-2 Tablo 2.2 de verilen değeri aşmaması gereken değeri,

Kritik Bölge: Bir yıl boyunca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre kısa vadeli sınır değerlerin en az on beş gün aşıldığı yerleri,

Uzun Vadeli Değer (UVD): Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değeri,

Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS): Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan, SKHKKY Ek-2 Tablo 2.2’de verilen değeri aşmaması gereken değeri

Toplam Kirlenme Değeri (TKD): Tesis etki alanı içinde hesaplanmış Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKKD) ile ölçüm veya hesaplama bulunan Uzun Vadeli Değerin (UVD) toplamından, yeni kurulacak tesisler için teşkil edilir.

$$TKD = HKKD + UVD$$

Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKKD): Tesis etki alanı içinde her bir inceleme alanındaki tüm tepe noktalarında ve bütün yayılma durumları için hesaplanan değer aritmetik ortalamasıdır. Bu değer, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden saatlik meteorolojik verilerin alınabilmesi halinde saatlik, yoksa günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır.

SKHKKY Ek.2 Tablo 2.1’e göre tesisten atmosfere atılan toplam kütleli debiler aşağıda Çizelge 1-4’de yer alan sınır değerleri aşmamalıdır.

Çizelge 1-4 : Atmosfere atılan toplam kütleli debi sınır değerleri (SKHKKY-Ek-2).

Karbonmonoksit (bacalardan)	500 kg/saat
Kükürtdioksit (bacalardan)	60 kg/ saat
Azotdioksit (bacalardan)	40 kg/saat
Toz (bacalardan)	10 kg/saat

Eğer; işletmede bulunan ve/veya yeni kurulacak tesislerin bütünü için yukarıdaki sınır değerlerin aşılması halinde tesis etki alanında işletmenin kirleticiliğinin değerlendirilmesi amacıyla uluslararası kabul görmüş bir dağılım modeli kullanılarak, hava kirlenmesine katkı değerinin hesaplanması gerekmektedir.

Tesis etki alanında emisyonların Hava Kirlenmesi Katkı Değeri (HKKD) mümkünse saatlik, aksi takdirde, günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır. Mevcut tesis için aylık olarak hesaplanmış Hava Kirlenmesine Katkı Değerlerinin (HKKD) en yüksek olduğu farklı inceleme alanlarında her bir inceleme alanında bir istasyon olmak üzere en az iki istasyon kurularak bir ay süre ile sürekli olarak hava kalitesi ölçümleri yapılır.

Aşağıda Çizelge 1-5’de SKHKKY’ne göre tesis etki alanında uzun vadeli, kısa vadeli sınır değerler ve yıllara göre kademeli azaltım tablosu gösterilmektedir.

Çizelge 1-5 : Tesis Etki Alanında Uzun Vadeli, Kısa Vadeli Sınır Değerler ve Kademeli Azaltım Tablosu.

Parametre	Süre	Sınır değer [µg/m ³]	YIL					
			2008	2009	2010	2011	2012	2013
SO ₂	Saatlik	900	900	900	900	900	900	900
	KVS	400*	400	370	340	310	280	250
	Hedef Sınır Değer (Yıllık Aritmetik Ortalama)	60	60	60	60	60	60	60
	UVS	150	150	150	150	150	150	150
	UVS	60**	60	52	44	36	28	20
NO ₂	KVS	300	300	300	300	300	300	300
	UVS	100*	100	92	84	76	68	60
Havada Asılı Partikül Madde (PM ₁₀)	KVS	300*	300	260	220	180	140	100
	UVS	150*	150	132	114	96	78	60
	UVS	10	10	10	10	10	10	10
	UVS	350*	350	322	294	266	238	210

Bu değerler 01.01.2014 tarihine kadar geçerlidir.01.01.2014 tarihinden sonra ilgili mevzuata göre tekrar düzenlenecektir.

*Sınır değer 2014 yılı hedeflerine ulaşılana kadar yıllık eşit olarak azaltılacaktır.

** Hassas hayvanların, bitkilerin ve nesnelerin korunması için

1.5 Hava Kalitesi Modelleri

Kurulması planlanan yeni tesislerde ya da kurulu tesislerde faaliyetin genişletilmesi amacıyla üretim hattına yapılacak ek proseslerden kaynaklanan hava kirletici emisyonlarının yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlere uygunluğunun kontrol

edilebilmesi amacıyla hava kirliliği etki değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir. Çeşitli kaynakların hava kirliliği etki değerlendirilmesi, hava kalitesi modeller yardımıyla tahmin edilebilir (Ertürk, 2003). Modeller kurulması planlanan yeni bir kaynağın o ortamdaki hava kalitesi standartlarının aşılmasına neden olup olmayacağını belirlemek amacıyla kullanılmasının yanı sıra gelecekteki kirleticiler konsantrasyonlarının öngörülmesine de olanak verir.

Modeller yardımıyla kirleticilerin bir yerden bir yere gidişi kütle korunumu yasası göz önünde bulundurularak izlenebilmektedir. Kirleticilerin atmosfer içerisinde dağılımları birden fazla parametreye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Modeller kirleticilerin dağılımı hesaplayabilmek için genelde iki tür veriye ihtiyaç duyarlar. Bunlardan ilki, dağılımı hesaplanacak olan kirleticiler kaynaktan gelen kirleticinin emisyon miktarıdır. İkincisi ise; kirleticinin yayılımı boyunca maruz kalacağı atmosferik koşullardır. Atmosferik koşulların sağlıklı bir biçimde ele alınabilmesi için rüzgar, sıcaklık, yağış miktarı vb. meteorolojik parametreleri tahmin edecek bir meteorolojik modelin yanı sıra dağılacak olan kirleticilerin kimyasal oluşumunu tahmin edecek bir atmosferik kimya modeli ile meteorolojik model birleştirildiğinde etkin bir hava kalitesi modeli elde edilmiş olur.

Meteorolojik ve emisyon verilerinin modele girdi olarak verilmesinden sonra, matematik ifadelerle kirleticilerin atmosferdeki taşınım ve dispersiyonu veya kimyasal ve fiziksel dönüşümleri ve uzaklaştırılma prosesleri model vasıtası ile simüle edilir. (Ertürk, 2003).

Modellemede 5 temel yaklaşım bulunmaktadır (Demirarslan vd., 2008). Bunlar;

1. Kutu (Box) Modellemesi: Hava kalite modellemesinde kullanılan en basit modelleme çeşididir. Bu model, kirleticilerin, sabit hacimdeki üç boyutlu bir kutu (dikdörtgen) için üniform olarak karıştığı varsayımına dayanmaktadır (Ertürk; 2003). Bu yaklaşımda atmosfer bir kutu olarak düşünülmekte olup, bu model atmosferin tamamında yapılan modellemeye nazaran daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Çünkü kutu modellemesinde atmosfer olayları bir kutu içerisinde birleştirilmiştir. Bu yaklaşımda kutu içerisinde gazların üniform olarak dağıldığı ve homojen bir şekilde karıştığı kabul edilmektedir. Bu varsayımlar modeli basit ve sınırlı hale getirmektedir.

2. Gauss Modellemesi: Bu modelleme türü hava kalite modelleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan modeldir. Bu yaklaşımda kirleticilerin Gaussian dağılım eşitliği ile dağıldığı varsayılmaktadır. Gaussian Dağılımı, izin verilen proseslerde, emisyon kaynağının çevresindeki kirletici konsantrasyonunu tahmin etmede kullanılır Bu model, kaynaktan verilen kirleticinin atmosferde yayılımını karakterize etmek için matematiksel formülasyonlardan yararlanır. Gauss modelinde kirleticilerin adveksiyonu ve difüzyonu incelenebilmekte ve kirleticilerin yaş ve kuru depozisyonları ile hızlı kimyasal reaksiyonları gözlenebilmektedir.

3. Lagrangian Modellemesi: Lagrangian modellemesi genel olarak kutu modellemesine benzemekte olup, tıpkı kutu modellemelerinde de olduğu gibi kirletici konsantrasyonlarını bir kutu içinde varsayarak modellemektedir. Kararlı olmayan meteorolojik durumlar ile, değişkenlik gösteren rüzgar yön ve hızları Lagrangian modeli yardımıyla çözülebilir.

4. Eulerian Modellemesi: Euler Yaklaşımı, sabit bir koordinat sistemi içinde kirleticilerin hareketleri ile ilişkilidir. Isının hareketi ve kütle transfer fenomeninin belirlenebildiği en yaygın yol Euler Yaklaşımı'dır. Euler yaklaşımında da kirleticilerin hava kutusu adı verilen özel bir hacme sahip bir kutuda üniform olarak dağılmasıdır.

5. Yoğun Gaz Modellemesi: Kirletici gazların çok yoğun olduğu durumlarda kullanımı tercih edilen bir modelleme yaklaşımıdır.

1.5.1 Yaygın kullanılan hava dağılım modelleri

Hava kalite belirleme çalışmalarında yaygın olarak EPA tarafından onaylanmış modeller kullanılmaktadır. Bu modellerin başlıcaları şöyledir;

1.5.1.1 ISCST-3 (Industrial Source Complex Short Term-3)

EPA tarafından geliştirilmiş olan bu model; endüstriyel kaynaktan yayılan emisyonların geniş bir alanda dağılımını hesaplayan hava kalitesi dağılım modelidir. Model; Gauss dağılımı esasına dayanmaktadır ve her kaynak ve her alıcı nokta için konsantrasyon değerlerini meteorolojik verilerin zaman aralığında verebilmektedir.

1.5.1.2 AERMOD

AERMOD modeli; bir kararlı hal Gaussian dağılım modelidir. Model sabit bir kaynaktan hava kirleticilerin dağılımını hesaplamak amacıyla geliştirilmiştir. Modelin çalışması için meteorolojik veriler ve emisyon envanterine ihtiyaç duyulmaktadır. Model; 3 bölümden oluşmaktadır. Bunların ilki dağılım modeli için gerekli olan atmosferik parametreleri hesaplayan AERMET'tir. Daha sonra AERMOD, AERMET aracılığıyla elde edilen meteorolojik verileri kullanarak kirletici dağılımlarını simüle eder. AERMAP modülü ise dağılımın haritalandırılmasını sağlayan bölümdür.

1.5.1.3 CALPUFF (California Puff Model)

CALPUFF; Gaussian dağılım esasına dayanan bir Lagrangian puff modelidir. Kirletici taşınımı, ıslak-kuru çökme prosesleriyle kirleticilerin uzaklaştırılması ve kirleticilerin kimyasal reaksiyonlarla dönüşümü sırasında geçici ve mekansal olarak çeşitlilik gösteren meteorolojik koşulların etkilerinin simülasyonunu yapabilen çok tabakalı bir dağılım modelidir.

CALPUFF modeli 3 temel modülden oluşmaktadır. Bu modüller sırasıyla; CALMET, CALPUFF ve CALPOST'tur. CALMET: üç boyutlu hücrelere ayrılmış alan üzerinde, saatlik rüzgar ve sıcaklık alanı (haritası) oluşturan meteorolojik bir modeldir. Karışım yüksekliği, yüzey karakteristiği ve yayılım özellikleri gibi veriler de CALMET tarafından oluşturulan dosyada mevcuttur. CALPUFF ise bir taşınım ve yayılım modeli olup kaynaktan itibaren kirleticinin yayılımını simüle etmektedir. CALPUFF sonuç dosyasında her bir alıcı noktadaki konsantrasyon değerleri bulunmaktadır. Üçüncü ve son modül olan CALPOST yardımıyla bu konsantrasyonlar eş konsantrasyon eğrilerine çevrilerek harita üzerinde görsel hale getirilir.

1.6 EGEMER Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali

Egemer Elektrik Üretim A.Ş. tarafından Hatay ili, Erzin ilçesi, Aşağı Burnaz mevkiinde doğalgaz yakıtlı bir enerji santrali kurulması planlanmaktadır. Planlanan santralin ÇED süreci tamamlanmış olup Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'ndan (EPDK) enerji üretimiyle ilgili gerekli lisanslar alınmıştır.

1.6.1 Santralin konumu

Kurulması planlanan santral Erzin ilçesi sınırları içerisinde yer alıp toplam inşaat alanı 15.5 ha'dır. Alan, il merkezine karayolu ile 108 km, Erzin ilçesine ise 13 km mesafededir. Proje alanının kuzey kısmı kırsal alan olup, kuzeybatı yönünde 900 metre mesafede yerleşim yeri olan Aşağı Burnaz köyü yer alır. Ayrıca alanın güneydoğusunda 3.5 km uzaklıkta tatil siteleri olarak bilinen yerleşim yeri bulunmaktadır. Tesis, Yumurtalık Serbest Bölgesi'nin doğusunda yer almaktadır. Aşağıda Çizelge 1-6'da proje alanı koordinatları verilmiştir. Ayrıca Şekil 1-1'de bölgeye ait topografik harita üzerinde proje alanı işaretlenmiş olup yine proje alanı ve çevresinin gösterildiği uydu fotoğrafı Şekil 1-2'de verilmiştir.

Çizelge 1-6 : Proje alanı koordinatları.

No	Coğrafi Koordinatlar		LAMBERT	
	WGS 84		WGS 84	
	Enlem	Boylam	X	Y
Nokta 1	36° 55' 27.89"	36° 02' 54.35"	- 4991.58686	1237.23488
Nokta 2	36° 55' 53.80"	36° 03' 04.50"	- 4990.85687	1237.60324
Nokta 3	36° 55' 29.59"	36° 03' 44.95"	-4990.69701	1236.39433
Nokta 4	36° 55' 12.70"	36° 03' 29.78"	-4991.31716	1236.30225
Nokta 5	36° 55' 18.78"	36° 03' 22.13"	-4991.31502	1236.56244
Nokta 6	36° 55' 25.81"	36° 03' 05.84"	-4991.43805	1236.99222

1.6.2 Proje yeri ve etki alanının çevresel özellikleri

Yukarıda da bahsedildiği üzere söz konusu santralin Hatay İli, Erzin İlçesi, Aşağı Burnaz mevkiinde kurulması planlanmaktadır. Santralin kurulması planlanan bölgeyle ilgili sosyal ve çevresel özellikler detaylı olarak alt bölümlerde anlatılmaktadır.



Şekil 1-1 : Proje alanının topografik harita üzerinde gösterimi.



Şekil 1-2 : Proje alanı ve çevresinin uydu görüntüsü.

1.6.2.1 Nüfus özellikleri

Hatay İli toplam on iki adet ilçe merkezinden oluşmaktadır. Tüm ilçe ve köylerde kadın-erkek nüfus oranı yaklaşık bir (1)'dir. Çizelge 1-7'de 2011 yılına ait ilçe ve köy nüfusları verilmiştir.

Çizelge 1-7 : Hatay iline ait ilçe ve köy nüfusları.

	İl/İlçe Merkezleri			Belde / Köyler		
Hatay	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın
Merkez	213.296	107.648	105.648	251.651	127.297	124.354
Altınözü	7.379	3.957	3.422	52.819	26.380	26.439
Belen	22.588	11.254	11.334	6.961	3.545	3.416
Dört Yol	72.769	36.529	36.240	76.702	38.868	37.834
Erzin	30.571	15.188	15.383	9.657	4.888	4.769
Hassa	9.467	4.865	4.602	44.794	22.763	22.031
İskenderun	184.593	93.072	91.521	133.158	67.003	66.155
Kırıkhan	72.888	36.587	36.301	31.891	16.125	15.766
Kumlu	4.879	2.437	2.442	8.277	4.017	4.260
Reyhanlı	62.360	31.131	31.229	25.517	12.593	12.924
Samandağı	45.199	21.989	23.210	84.225	41.735	42.490
Yayladağı	6.813	3.745	3.068	15.769	8.079	7.690
Toplam	732.802	368.402	364.400	741.421	373.293	368.128

1.6.2.2 İklim ve bitki örtüsü

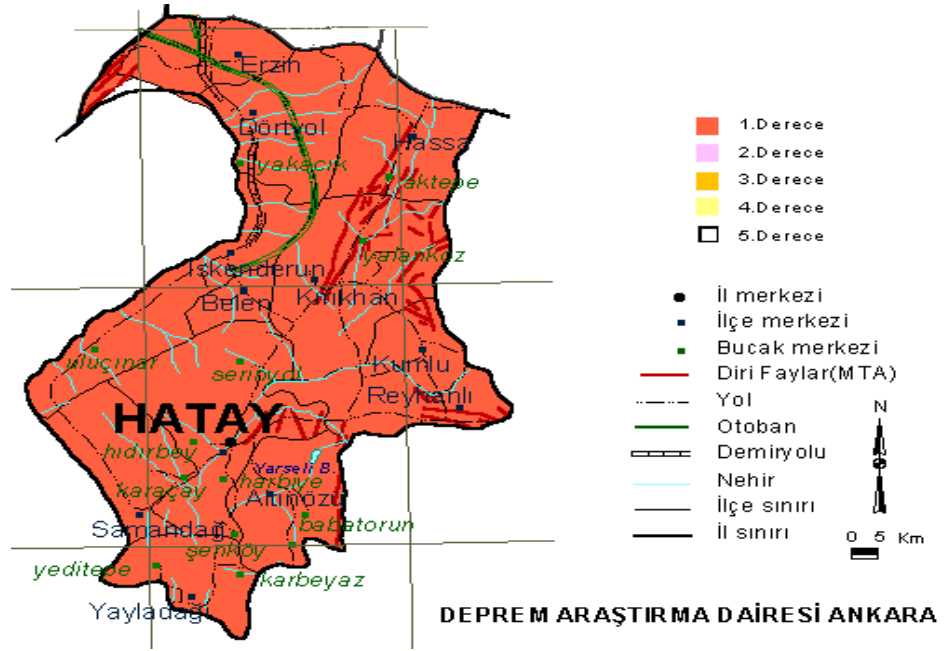
Bölgede Akdeniz iklimi hakimdir. Dağların yüksek noktalarındaki sıcaklık ovalara nazaran oldukça düşüktür. Yaşanılan iklim özelliğine bağlı olarak bölgede hakim süren bitki örtüsü maki ve doğal ormanlar olarak karşımıza çıkar. Ovalık alanlarında özellikle kıyı ovaları ile Amik Ovası'nda her çeşit bitki türü hakimdir.

1.6.2.3 Meteorolojik durum

Hatay ilinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Meteorolojik veriler incelendiğinde sıcaklık ve yağış ortalamalarının yıllara göre değiştiği görülmektedir.

1.6.2.4 Depremsellik

Proje alanı, Deprem Araştırma Dairesi tarafından hazırlanan deprem bölgeleri haritasına göre 1. Derece Deprem Bölgesi içerisinde yer almaktadır. Aşağıda Şekil 1-3'de bölgeye ait deprem haritası verilmiştir.



Şekil 1-3 : Hatay iline ait deprem haritası (Deprem Araştırma Dairesi).

1.7 Faaliyetin Açık Bir Şekilde Anlatımı

Egemer Üretim A.Ş tarafından Erzin ilçesinde kurulması planlanan Erzin DGKÇ Santrali 900 MWm / 882 MWe kurulu güce sahip olacaktır. Santralin yılda toplam 6750 GWh brüt elektrik enerjisi üretecektir.

Santralde yakıt olarak doğalgaz kullanılacaktır ve planlanan teknolojiye tesiste saatte yaklaşık 178.300 m³ doğalgaz yakılacaktır. Kullanılması planlanan doğalgazın kalorifik değeri 8200-9155 KCal/Nm³'tür.

Doğalgaz sisteme boru hatlarıyla beslenmekte ve yanmanın gerçekleşmesi için hava ile karışması sağlanmaktadır. Doğalgaz ve hava karışımı yakma odasında yanarak sıcak yanma gazları oluşmaktadır. Bu gazların türbinlerden genişlererek geçmesi ile türbin kanatları dönmekte, kanatların dönmesi ise türbine bağlı olan mili ve bu da bağlı olan jeneratörü döndürmekte ve bu şekilde elektrik üretimi sağlanmaktadır. Her bir gaz türbininin çevriminden ortaya çıkan egzoz gazı ısısı, kendisine ait atık ısı kazanında tekrar kazanılarak değerlendirilmektedir. Sıcak egzoz gazlarının ısı enerjisi ile atık ısı kazanı içinde bulunan suyun buharlaşması sağlanmaktadır. Her iki atık ısı kazanından yüksek basınçta elde edilen su buharı, buhar türbininin kanatlarının dönmesini sağlamakta ve elektrik üretilmektedir. Buhar türbininin son kademesinden sonra kondensere giren ve kondensat suyu olarak çıkan buharın

enerjisi, soğutma suyu sistemi ile kombine çevrim sisteminden alınmakta olup, iki ayrı çevrim yapıldığı için bu tür sistemler kombine çevrim olarak adlandırılmaktadır.

Erzin DGKÇ Santrali'nde buhar türbini ve gaz türbini ayrı şaftlara bağlı olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Her iki türbinin bağlı olduğu bu şaftlar buhar türbini ve gaz türbini proseslerine münhasır olan jeneratörü çalıştırmaktadır.

Multi-Şaft Gaz Türbin-Buhar Türbin Jeneratörü, Atık Isı Kazanı ve Buhar Türbini

Tercih edilen gaz türbini çeşidine göre azot oksitleri emisyonunun kontrol edildiği kuru, düşük NO_x üreten bir Dry Low NO_x (DLN) sistemi veya yakma odasına su enjekte edilerek sıcaklığı belli bir seviyede tutan ve bu sayede düşük miktarda NO_x üreten bir su enjeksiyon (Water Injection) sistemi, gaz türbininin yakma sisteminde bulunacaktır. Gaz Türbininin ana kısımları; türbine bağlı jeneratör, türbin, yanma odaları ve hava kompresöründen oluşmaktadır.

Beslenen doğal gazı yakmak için kompresörde sıkıştırılarak basıncı ve sıcaklığı yükseltilecek hava kullanılmaktadır. Yanma sonucu oluşan sıcak gaz karışımı kademeli türbinin içinden geçerek türbin rotorunu döndürmekte ve dönme hareketi ile türbin ile aynı şaftta bulunan jeneratörde elektrik üretilmektedir. Böylece mekanik enerji, elektrik enerjisine çevrilmektedir.

Gaz Türbini kısmına bağlı diğer sistemler aşağıda belirtilmektedir:

- Alış sistemi
- Filtrasyon ve ayırıştırma istasyonu,
- Basınç kontrol bloğu,
- Kontrol sistemi vb.
- Egzoz sistemi
- Egzoz bacası,
- Kompansatörler.

Önerilen projede iki adet atık ısı kazanı bulunacaktır. Gaz türbinlerinden yüksek sıcaklıkta çıkan atık gazlar buhar üretmek üzere farklı basınç seviyelerinde atık ısı kazanının eşanjörlerinden geçirilecektir.

Atık ısı kazanının ana bölümleri aşağıda listelenmiştir;

- Yüksek basınç, orta basınç ve alçak basınç ekonomizörleri
- Yüksek basınç, orta basınç ve alçak basınç evaporatörleri
- Kızdırıcı ve tekrar kızdırıcı bölümler.

Buhar türbini ünitesi, atık ısı kazanından gelen buharın ısı enerjisinin dönme enerjisine çevrilmesi amacıyla sistem dahilinde bulunmaktadır.

Buhar türbin ünitesinin ana bölümleri;

- Tank ve pompalar için kontrol ve yağlama sistemi,
- Drenaj sistemi,
- Değişik basınçlarda buhar by-pass sistemleridir.

Su-buhar çevrimi içinde yer alan ekipmanlar;

- Sirkülasyon suyu pompası ve su türbin grupları,
- Kondensat pompası, besleme suyu ve transfer pompaları,
- Kondenser,
- Buhar ve su enjektörü,
- Degazör ve besleme suyu tankı,
- Depolama tankları,
- Elektrik ve ana soğutma kontrol sistemidir.

Atık ısı kazanından gelen kızgın buhar, yüksek, orta ve düşük basınç türbinlerine yönlendirilmektedir. Türbin kanatları arasından geçen kızgın buhar, enerji dönüşümünü sağlamakta ve kızgın buharın ısı enerjisi, mekanik enerjiye, bu mekanik enerji, buhar türbin jeneratöründe elektrik enerjisine çevrilmektedir.

Türbin çıkışındaki buharın enerjisi alınmış durumdadır. Bu buhar su soğutmalı kondenserde yoğunlaştırılarak atık ısı kazanına geri dönmekte, buhar kondensat suyu halinde tekrar buharlaştırılmak üzere işleme tekrar alınmakta, böylece çevrimin devamı sağlanmaktadır. Yoğuşurmada kullanılan soğutma suyu, ısı alımı amacıyla deniz suyu ile soğutma sisteminde çevrimlenmektedir.

Su Hazırlama ve Arıtma Ünitesi: Su içindeki çözünmüş minerallerden dolayı yüksek iletkenliğe, korozif ve kazan taşı yapıcı bir yapıya sahiptir. Sistemlerde yüksek saflıkta su kullanılmaması, türbin ve kazanların bakım maliyetlerini

yükseltmesi nedeniyle, sürekli ekipman değiştirme ihtiyacını doğurmaktadır. Bu nedenle; arıtma ünitelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Su hazırlama ve arıtma işlemi önerilen santral için gerekli olup, tesis dahilinde mevcut olacaktır. Su hazırlama ve arıtma sistemi içinde ham su, besleme sistemi ve demineralizasyon ünitesi yer alacaktır.

Deniz Suyu Soğutma Sistemi

Soğutma sisteminde kullanılacak deniz suyunun debisinin yaklaşık 53.000 m/saat olacağı hesaplanmaktadır.

Önerilen Erzin DGKÇ Santrali Projesi'ne ait teknik özellikler, Çizelge 1-8'de verilmektedir.

Çizelge 1-8 : Erzin DGKÇ Santrali Projesi teknik özellikler.

Parametreler	Değer
Kurulu Güç (MW)	900
Net Verimlilik (%)	58
Doğalgazın Kalorifik Değeri (KCal/Nm ³)	8200-9155
Kullanılacak Doğalgaz (m ³ /saat)	170.000
Buhar Sıcaklığı (°C)	565
Bacadaki Gaz Sıcaklığı(°C)	89
Baca Gazı Debisi Kuru (Nm ³ /saat)	3.986.482
Baca Gazı Debisi Islak (Nm ³ /saat)	4.317.794
Soğutma Suyu Debisi Giriş m ³ /saat	74.000– 76.000

1.7.1 Konsantrasyon bilgileri

Önerilen Erzin DGKÇ Santrali Projesi tasarımında %58,47 gibi yüksek bir termik santral net verimlilik değeri hedeflenerek, ileri teknoloji yakma sistemi kullanılması planlanmaktadır. Kullanılacak yakma sistemi ile azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x) ve karbon monoksit (CO) emisyon değerleri mevcut benzer tesislerin emisyon değerlerinden çok daha düşük olacaktır.

Erzin DGKÇ Santrali dahilinde oluşacak hava kirletici emisyonlar; baca gazı emisyonları, toz emisyonlarıdır. Baca gazı emisyonlarının karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO₂), ve azotoksitler (NO_x) gibi maddelerden oluşması

beklenmektedir. Santral sadece doğalgaz yakacağı için işletme aşamasında kükürtdioksit (SO₂), organik madde ve partikül madde emisyonları ihmal edilebilir düzeyde olacaktır. Tesiste sıvı yakıt kullanımı söz konusu değildir. Aşağıda Çizelge 1-9'da Egemer Kombine Çevrim Doğalgaz Santralinden kaynaklanan kirleticilerin toplam kütleli debileri, Çizelge 1-10'da ise baca boyutları ile ilgili özellikler verilmiştir.

Çizelge 1-9 : Egemer Kombine Çevrim Santralin'den kaynaklanan hava kirleticileri kütleli debileri.

Kirletici Parametreler	Toplam Kütleli Debiler (kg/saat)
Karbonmonoksit (CO)	431.8
Kükürtdioksit (SO ₂)	37.0
Azotoksitler (NO ₂)	215.9
Bacalar Toz (PM ₁₀)	21.6
Soğutma Kulesi Toz (PM ₁₀)	29.7

Çizelge 1-10 : Baca boyutları ile ilgili bilgiler.

	Baca	Soğutma Kulesi
Baca Çapı (m)	7.1	9
Yerden Baca Yüksekliği (m)	60	18
Baca Gazı Hızı (m/s)	20	7.5
Baca Gazı Sıcaklığı (°C)	89	35

2. MATERYAL METOD

Hatay ili, Erzin ilçesi, Aşağı Burnaz mevkiinde yapılması planlanan EGEMER DGKÇ Santrali'nden kaynaklanacak olan hava emisyonlarının dağılımını göstermek ve tesisin hava kalitesine olan etkisini belirlemek amacı ile CALPUFF dağılım modeli ile simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

2.1 Model Alanı

Çalışma alanı 130 km×140 km büyüklüğünde seçilmiş olup çalışma alanına ait koordinatlar aşağıda Çizelge 2-1'de verilmiştir.

Çizelge 2-1 : Çalışma alanı koordinatları.

Numara	Coğrafi Koordinatlar WGS 84		Lambert WGS 84	
	Enlem	Boylam	X	Y
Nokta 1	36 ⁰ 04' 47.62"	36 ⁰ 06' 03.75"	-5054.000	1170.000
Nokta 2	36 ⁰ 55' 56.95"	37 ⁰ 83' 08.58"	-4924.000	1170.000
Nokta 3	37 ⁰ 50' 25.80"	35 ⁰ 59' 24.83"	-4924.000	1310.000
Nokta 4	36 ⁰ 58' 26.60"	34 ⁰ 56' 52.91"	-5054.000	1310.000

Çalışma alanı seçilirken;

Bölgede yer alan meteoroloji istasyonların yerleri belirlenerek en fazla sayıda meteoroloji istasyonunu içine alan en büyük alan seçilmeye çalışılmıştır.

Modelin daha hassas sonuç verebilmesi için model alanında en az bir adet radyosonda istasyonu olma gerekliliği göz önünde bulundurularak alan koordinatları ona göre şekillendirilmiştir.

Model doğrulamasının mümkün olduğunca en fazla hassasiyetle yerine getirilebilmesi için bölgede yer alan ve tüm kirletici parametrelerin ölçüldüğü hava kalite gözlem istasyonlarının çalışma alanı içerisinde kalmasına dikkat edilmiştir.

Aşağıda Şekil 2-1’de proje alanı ve proje alanı içerisinde yer alan meteoroloji istasyonları işaretlenmiş olup buna ait uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2-1 : Proje alanı ve proje alanı içerisinde yer alan meteoroloji istasyonları.

Ayrıca çalışma alanı içerisinde yer alan hava kalite gözlem istasyonları, bu istasyonların koordinatları ve bu istasyonlarda ölçüm yapılan parametreler Çizelge 2-2’de verilmiştir.

Çalışma alanının belirlenmesinin ardından amaca yönelik uygun hava kalite model programının seçilmesi için araştırmalar yapılmıştır. Uygun modelin seçilmesinde dikkat edilen parametrelerden biri seçilecek olan modelin geniş alanlarda hassas çalışabilmesidir.

Çizelge 2-2 : Çalışma alanı içerisinde yer alan hava kalite gözlem istasyonları.

İstasyon Adı	Coğrafi		Lambert		Ölçülen Parametreler
	Enlem	Boylam	X	Y	
Adana-Valilik	36.99	35.31	-5030.1926	1288.92565	NO ₂ , O ₃ , CO, SO ₂ , PM ₁₀
Adana Meteoroloji	37.00	35.34	-5027.90669	1287.31077	SO ₂ , PM ₁₀
Adana Dogankent	36.85	35.34	-5039.31516	1275.78368	NO ₂ , O ₃ , CO, SO ₂ , PM ₁₀
Adana Catalan	37.18	35.26	-5018.55077	1306.10484	NO ₂ , O ₃ , CO, SO ₂ , PM ₁₀
Osmaniye	37.07	36.24	-4968.3326	1236.5086	SO ₂ , PM ₁₀
Hatay 2	36.71	36.22	-4997.22142	1210.36823	SO ₂ , PM ₁₀
Hatay1	36.20	36.15	-5040.89271	1176.46752	SO ₂ , PM ₁₀

CALPUFF modelinin geniş alanlarda daha doğru sonuçlar verdiği neticesine varılmıştır (Scire et al., 2000). Model seçiminde etkili olan bir diğer parametre ise; bilindiği üzere modelleme çalışması yapılacak EGEMER DGKÇ Santrali deniz kıyısında yer alan bir tesis olup deniz kıyısındaki bir alanda hava kalitesini doğruya en yakın sonuçlarla hesaplayabilmek hava kalite modellerinin birbiriyle karşılaştırılmasında en dikkat çekici unsurlardandır. ISCST, HYSPLIT gibi yaygın olarak kullanılan birçok model sahil kıyısında yüzey konsantrasyonlarının belirlenmesinde doğruya yakın sonuçlar vermemektedir (Fisher vd., 2002).

Fisher ve arkadaşları (2002) tarafından sahil kıyısında yapılan bir çalışmada kirletici konsantrasyonlar CALPUFF modeli yardımıyla belirlenmiş ve CALPUFF modeli ile elde edilen sonuçların gerçek ölçüm sonuçlarına oldukça yakın değerler olduğu görülmüştür. Ayrıca; Model alanımızda yer alan Dört Yol (17962) istasyonuna ait rüzgar gülü verileri incelendiğinde sakin bir rüzgar dağılımı olduğu görülmektedir (%25). CALPUFF modelinin sakin rüzgar şartlarında (< 1.0 m/s) da etkin

alışabilmesi yapılacak tercihi etkilemektedir (He,1999). Tek istasyon kullanılarak yapılacak ilk çalışmada tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak EGEMER DGK Santrali'ne ait SO₂, NO₂ ve PM₁₀ kirletici konsantrasyon dağılımlarının hesaplanmasında CALPUFF modeli tercih edilmiştir.

CALPUFF modeli üzerinde sürekli çalışılıp yenilenen, ihtiyaa göre revize edeilen bir modeldir. Çalışma kapsamında kullandığımız CALPUFF model versiyonu 5.8 numaralı versiyon olup bu EPA tarafından ilk olarak Temmuz 2004 tarihinde onaylanmış versiyondur. CALPUFF modelini ücretsiz olarak www.src.com adresinden indirmek mümkündür.

Çalışma yılı olarak ilk etapta 2004 yılı baz alınmış olup bunun temel nedeni; daha önce aynı santralin ISCST modeli yardımıyla 2004 yılı meteorolojik verileri kullanılarak modellenmesidir. Ayrıca son otuz yılın meteorolojik verileri incelendiğinde meteorolojik parametrelerdeki değişimin 2004 yılı için maksimum seviyede olduğu görülmüştür. Bu alışma kapsamında;

1. ISCST3 modelinde kullanılan aynı meteorolojik veriler kullanılarak CALPUFF modeli çalıştırılacak, çıkan sonuçlar ISCST3 ile karşılaştırılarak CALPUFF-ISCST arasında bir karşılaştırma analizi yapılması,
2. Bölgede yer alan diğer meteorolojik istasyon verileri de modelleme çalışmasına dahil edilerek modelin meteorolojik verilere hassasiyeti ile ilgili çıkarımlar elde edilmesi hedeflenmektedir.
3. Hassasiyet analizi kapsamında CALPUFF modelinde kullanılmakta olan yükseklik verisi ve arazi kullanım çeşitliliğinin model sonucuna etkisinin gözlemlenebilmesi amacıyla üç ayrı senaryo çalışması yapılacaktır. Birinci çalışmada tüm yükseklik verileri sıfır olarak alınıp model çalıştırılacak ve sonuçlar karşılaştırılacak, ikinci senaryo çalışmasında arazi kullanım çeşitliliği sıfır olarak alınıp arazi türünün model sonucuna etkisi görülecektir. nc ve en son aşamada ise hem yükseklik hem de arazi kullanım değerleri sıfır olarak alınacak olup, alan bilgilerinin emisyon modellemedeki yeri hakkında çıkarımların elde edilmesi planlanmaktadır.

Yapılması planlanan çalışmalar aşağıda izelge 2-3'de özetlenmiştir.

Çizelge 2-3 : Yapılması planlanan çalışmaların genel özeti.

Model Uygulamaları	Model Alanı	Zaman aralığı	Arazi kullanımı	Topografik Yükseklik	Emisyon kaynakları	Met istas.
V.1.0	130×140km	2004 (12 ay)	Var	Var	EGEMER	1 adet
V.1.1	130×140km	2004 (12 ay)	Var	Var	EGEMER	4 adet
V.2.0	6×6km	2004 (12 ay)	Var	Var	EGEMER	1 adet
V.2.1	6×6km	2004 (12 ay)	Var	Var	EGEMER	4 adet
V.3.0	130×140km	2004 (Yaz)	Var	Var	İSDEMİR	4 adet
V.3.0.a	130×140km	2004 (Yaz)	Var	Var	İSDEMİR (%50 azaltım)	4 adet
V.3.1	130×140km	2004 (Yaz)	Var	Var	İSKEN	4 adet
V.3.2	130×140km	2004 (Yaz)	Var	Var	EGEMER İSKEN	4 adet
V.3.3	130×140km	2004 (Yaz)	Var	Var	EGEMER İSKEN İSDEMİR	4 adet
V.3.3.a	130×140km	2004 (Yaz)	Var	Var	EGEMER İSKEN İSDEMİR (%50 azaltım)	4 adet
V.4.0	130×140km	2004 (Aralık)	Var	Yok	EGEMER	4 adet
V.4.1	130×140km	2004 (Aralık)	Tek tip	Var	EGEMER	4 adet
V.4.2	130×140km	2004 (Aralık)	Tek tip	Yok	EGEMER	4 adet
V.4.0.a	130×140km	2004 (12 ay)	Tek tip (şehir)	Var	EGEMER	4 adet
V.4.0.b	130×140km	2004 (12 ay)	Tek tip (kırsal)	Var	EGEMER	2 adet

2.2 CALPUFF

CALPUFF; Gaussian dağılım esasına dayanan bir Lagrangian puff modelidir. Kirletici taşınımı, ıslak-kuru çökme prosesleriyle kirleticilerin uzaklaştırılması ve kirleticilerin kimyasal reaksiyonlarla dönüşümü sırasında geçici ve mekansal olarak çeşitlilik gösteren meteorolojik koşulların etkilerinin simülasyonunu yapabilen çok tabakalı bir dağılım modelidir.

CALPUFF modeli üç temel modülden oluşmaktadır. Bu modüller sırasıyla; CALMET, CALPUFF ve CALPOST'tur. CALMET: üç boyutlu hücreler ayrılmış

alan üzerinde, saatlik rüzgar ve sıcaklık alanı (haritası) oluşturan meteorolojik bir modeldir. Karışım yüksekliği, yüzey karakteristiği ve yayılım özellikleri gibi veriler de CALMET tarafından oluşturulan dosyada mevcuttur. CALPUFF ise bir taşınım ve yayılım modeli olup kaynaktan itibaren kirleticinin yayılımını simüle etmektedir. CALPUFF sonuç dosyasında her bir alıcı noktadaki konsantrasyon değerleri bulunmaktadır. Üçüncü ve son modül olan CALPOST yardımıyla bu konsantrasyonlar eş konsantrasyon eğrilerine çevrilerek harita üzerinde görsel hale getirilir.

Yukarıda da bahsedildiği üzere, Egemer DGKÇ Santralinden kaynaklanan emisyonların dağılımının CALPUFF modeli yardımıyla modellenmesine karar verilmiştir. Bu kapsamda; modelde kullanılacak verilerin neler olduğu, nasıl elde edildiği ile ilgili bilgiler modelin her bir modülüyle ilgili verilen bilgilendirmelerin altında yer alacaktır.

2.2.1 CALMET Modülü

Bir önceki bölümde de bahsedildiği üzere CALMET; CALPUFF modelinin ilk modülü olup bir meteorolojik modelleme programıdır. Model; Ulusal İklim Veri Merkezi'nin dosya formatındaki verileri okuyabilecek şekilde programlanmıştır. Ayrıca, modelin çalışması için gerekli girdiler, modelin istediği formatta kullanıcı tarafından el ile hazırlanabilmektedir.

CALMET modelinin çalışması için gerekli temel veriler aşağıda Çizelge 2-4'de verilmiştir.

Surf.dat dosyası içerisinde yer alan verilerden bir meteorolojik istasyona ait sıcaklık, bulutluluk, karışım yüksekliği, yüzey basıncı ve nem verilerinde eksik bir veri olduğu takdirde model eksik olan değeri o istasyona en yakın istasyondaki değer ile yer değiştirmektedir. Modelin çalışabilmesi için en az bir istasyondaki tüm verilerin tam olması gerekir.

Up.dat dosyası içerisinde yer alan verilerden rüzgar hızı, rüzgar yönü ya da sıcaklık verilerinden herhangi biri eksik olduğunda, CALMET interpolasyon yardımıyla eksik olan veriyi hesaplayabilmektedir. Fakat, rüzgar veri interpolasyonları u ve v bileşenleri ile gerçekleştirilmekte olup bu nedenle interpolasyon yapmak için kullanılacak veride rüzgar hızı ve yönünün mevcut olması gerekmektedir.

Çizelge 2-4 : CALMET için gerekli veriler.

Gerekli veriler	Dosya adı	Zorunluluk	İçerik
Yüzey meteoroloji verileri	Surf.dat	Zorunlu	En az saatlik ölçüme dayalı rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, bulutluluk, karışım yüksekliği, yüzey basıncı, nem
Radiosonde meteoroloji verileri	Up.dat	Zorunlu	En az günde iki ölçüme dayalı rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, basınç, yükseklik
Su üzerinde alınan meteorolojik ölçümler	Sea.dat	Tercihe bağlı	Hava-deniz sıcaklık farkı, hava sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü, su yüzeyi karışım yüksekliği
Model alanı fiziksel verileri	Geo.dat	Zorunlu	Zorunlu olarak; Arazi yüksekliği, arazi kullanım kategorileri. Tercihe bağlı olarak; yüzey pürüzlülüğü, albedo, bowen oranı, toprak ısı akısı sabiti, antropojenik ısı akısı ve vejetatif yaprak alan indeksi

Tüm bu bilgilerden yola çıkarak bölgede yer alan meteoroloji istasyonları incelenmiş olup, mevcut meteoroloji istasyonlarındaki verilerin sıklığı ile ilgili bilgiler aşağıda Çizelge 2-5’de verilmiştir.

Çizelge 2-5’de görüleceği üzere proje alanında yer alan meteorolojik istasyonlardan ilk üç tanesinde *Surf.dat* dosyasında kullanılmak üzere gerekli olan verilerin bir kısmı ilk altı ay için hiç olmayıp, sonraki zamanlar için ise saatlik değil üç saatlik şeklinde vardır. Son dört istasyona bakıldığında ise modellemede gerekli olan bilgilerin birçoğu az eksikle bu istasyonlardan sağlanabilmektedir. Bu nedenle modelleme çalışmasında bu dört istasyon seçilmiştir. Aşağıda Çizelge 2-6’da seçilen bu istasyonlara ait özellikler belirtilmiştir.

Çizelge 2-5 : Çalışma alanında yer alan meteoroloji gözlem istasyonlarında durum.

İstasyon No:	İncirlik 17350	Adana 17352	İskenderun 17370	Antakya 17984	Dörttyol 17962	Adana 17351	Osmaniye 17355
RH ve RY	İlk 3 ay için veri yok.	İlk 3 ay için veri yok.	İlk 3 ay için veri yok.	Var (saatlik)	Var (saatlik)	Var (saatlik)	Var (saatlik)
Sıcaklık	Var (3 saatte bir)	İlk 3 ay için veri yok.	Var (3 saatte bir)	Var (saatlik)	Var (saatlik)	Var (saatlik)	Var (saatlik)
Basınç	İlk 6 ay veri yok.	İlk 6 ay veri yok.	İlk 6 ay veri yok.	Var (saatlik)	Var (saatlik)	Var (saatlik)	Var (saatlik)
Bulutluluk	3 saatte bir	Düzensiz aralıklarda veri mevcut	Düzensiz aralıklarda veri mevcut	Var (07:00, 14:00 ve 21:00)	Var (07:00, 14:00 ve 21:00)	Var (07:00, 14:00 ve 21:00)	Var (07:00, 14:00 ve 21:00)
Nem	Yok	Yok	Yok	Var (07:00, 14:00 ve 21:00)	Var (07:00, 14:00 ve 21:00)	Var (07:00, 14:00 ve 21:00)	Var (07:00, 14:00 ve 21:00)
Karışım Yüksekliği	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Var (Minimum ve Max)	Yok

Çizelge 2-6 : Surf.dat dosyası için seçilen meteoroloji istasyonları ve özellikleri.

İstasyon No / Adı	İstasyon türü	Coğrafi Koordinatlar		LAMBERT	
		Enlem	Boylam	X	Y
Adana (17351)	Yüzey+Radiosonde	37.03	35.21	-5023.95667	1290.37349
Hatay (17355)	Yüzey	37.06	36.15	-4965.73669	1237.98895
Dörttyol (17962)	Yüzey	36.51	36.13	-4987.13157	1221.1178
Antakya (17984)	Yüzey	36.12	36.10	-5040.62858	1174.97032

Modelde kullanılmasına karar verilen dört adet meteorolojik istasyona ait veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş olup, modele konmak üzere meteorolojik verilerin nasıl hazırlandığı ile ilgili bilgiler sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Rüzgar Yönü ve Hızı: Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan verilerde rüzgar hızı ve yönü verileri aynı dosyada yer almakta olup rüzgar hızı verileri m/s olarak modelin istendiği birimdedir. Rüzgar yönü verilerine gelindiğinde ise; meteorolojiden alınan rüzgar yönü verileri rüzgarın estiği yönü vermektedir. Modelde kullanılan rüzgar yönü verileri ise, model kullanım kılavuzunda verilen bilgiye göre batıdan doğuya doğru esen rüzgarın 270 derece olarak alınması gerektiği yönündedir. Bu bilgiden yola çıkarak var olan rüzgar yönü veri sembolleri aşağıda yer alan Çizelge 2-7’deki derece değerleri ile değiştirilmiştir.

Çizelge 2-7 : Rüzgar yön sembolleri ve derece karşılıkları.

Sembol	Derece	Sembol	Derece
N	0	S	180
NNE	22.5	SSW	202.5
NE	45	SW	225
ENE	67.5	WSW	247.5
E	90	W	270
ESE	112.5	WNW	292.5
SE	135	NW	315
SSE	157.5	NNW	337.5

Sıcaklık: Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan sıcaklık verilerinde sıcaklık birimi derece olup, model; verilerin Kelvin cinsinden olmasını istemektedir. Bu nedenle tüm veriler Kelvine çevrilerek istenilen formata getirilmiştir.

Basınç: Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan basınç verileri istenilen birimde olup, modelin istediği formata çevrilip doğrudan kullanılmıştır.

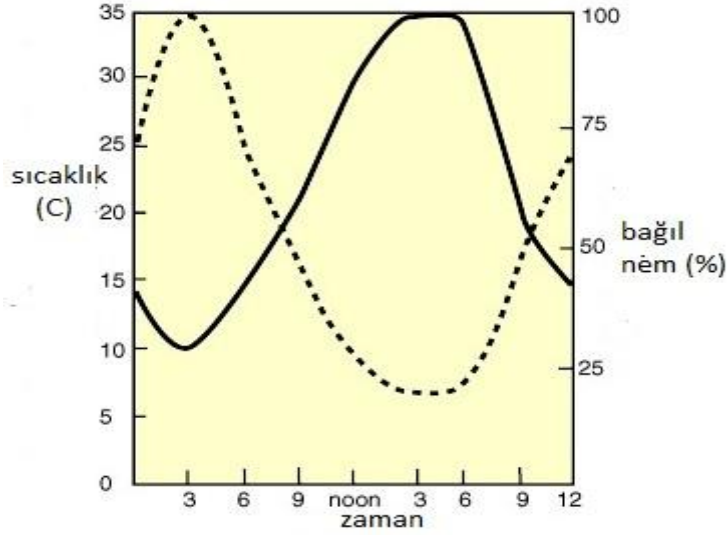
Bulutluluk: Bulutluluk verisi, herhangi bir zamanda gökyüzünün ne ölçüde bulutlarla örtülü olduğunu belirten bir oran olup, değeri 0-10 arasında değişmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan verilerde bulutluluk değeri günün yalnız 07:00, 14:00 ve 21.00 saatleri için mevcuttur. Surf.dat dosyası verileri saatlik istediğinden bulutluluk verisi;

- 00:00 – 07:00 saatleri için 07:00 ‘deki değer
- 07:00 – 14:00 saatleri için 14:00’deki değer ve
- 14:00 – 23:00 saatleri için 21:00’deki değer olarak yazılmıştır.

Bağıl Nem: Havanın neme doyma oranı bağıl nem olarak adlandırılır. Bağıl nem; havadaki mutlak nemin maksimum neme oranıdır. Mutlak nem; 1 m³ hava içerisinde

bulunan su buharının gram olarak ağırlığına denir. Maksimum nem ise; 1 m³ havanın belli sıcaklıkta taşıyabileceği en fazla nem miktarı olarak tanımlanır.

Bağıl nem ile sıcaklık ters orantılı olarak değişir. Sıcaklık düştükçe maksimum nem azalacağından bağıl nem yükselir. Aşağıda Şekil 2-2’de sıcaklık ile bağıl nem arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 2-2 : Sıcaklık ve bağıl nem arasındaki ilişki (Schulman vd.,1979).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından alınan bağıl nem verileri; 07:00, 14:00 ve 21:00 saatleri için mevcut olup, model 00:00-23:00 saatleri arasındaki tüm zamanlar için bir değer olmasını istemektedir.

$$RH = \frac{E}{E_s} * 100$$

$$E_s = 6.11 * 10^{\left(\frac{7.5 * T_c}{237.7 + T_c}\right)}$$

$$E = \frac{(RH * E_s)}{100}$$

RH: bağıl nem

E: gerçek buhar basıncı

E_s: buhar basıncı

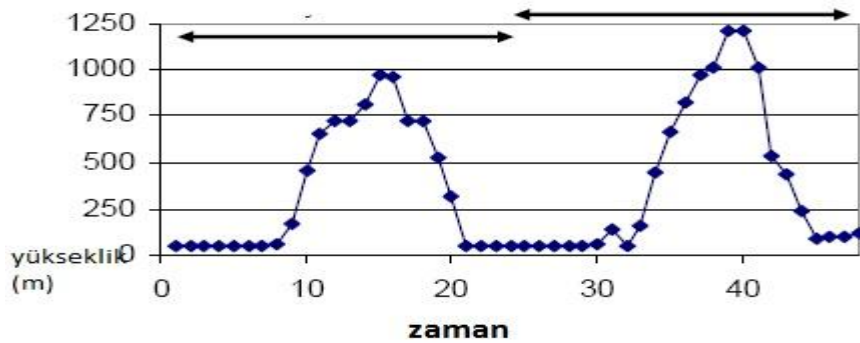
T_c : Sıcaklık (derece)

Bu formüllerden yola çıkarak; önce bağıl nemi bilinen veriden yola çıkılarak o sıcaklıktaki E_s buhar basıncı değeri hesaplanmıştır. Buhar basıncı hesaplandıktan

sonra denklemlerden yararlanılarak gerçek buhar basıncı değeri bulunur. Daha sonra E değeri sabit tutularak değişen sıcaklıkta E_s değeri hesaplanıp bu değerden de bağıl neme gidilmiştir. Hesabın doğruluğunu kontrol etmek amacıyla hesaplanan sıcaklık-bağıl nem verileri grafik yardımıyla çizilmiş ve ters orantılı olduğu görülmüştür.

Karışım Yüksekliği: Karışım tabakasının yüksekliği veya karışım yüksekliği yer seviyesinden atmosfere yayılan kirletici maddelerin dağılımının gerçekleştiği atmosferik ortamdır (Karaca vd., 2010). Karışım yüksekliği değeri birkaç değişkene bağlıdır ve bu nedenle genelde doğrudan ölçülemez. Karışım yüksekliği tahmini atmosfer bilimleri açısından her zaman ilgi çeken ve üzerinde çalışılan bir konu olmuştur (Schulman vd., 1979).

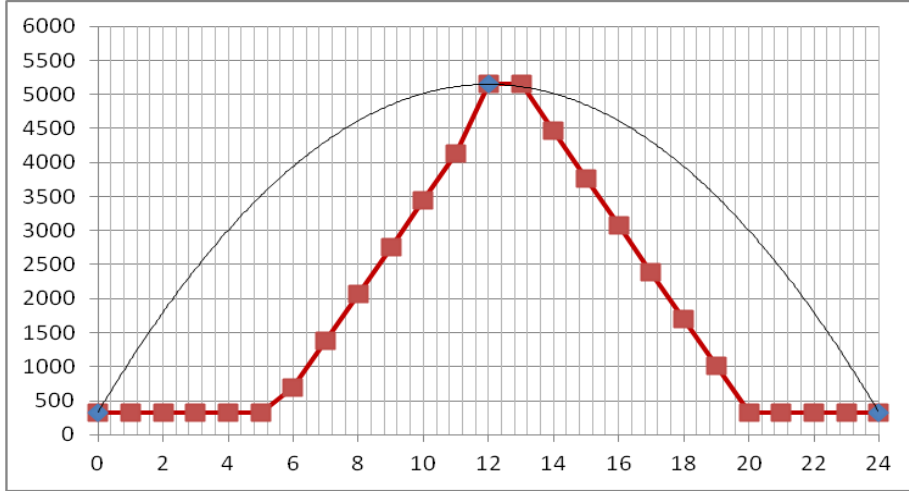
Charles ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmaya göre “karışım yüksekliği değeri 08:00 ila 10:00 saatleri arasında hızlı bir büyüme gerçekleştirmekte olup 12:00-14:00 saatleri arasında maksimum değerine ulaşır. Bunun ardından 08:00-10:00 saatleri arasındaki artış hızına paralel olarak karışım yüksekliği değeri azalır”. Yapılan başka bir çalışmaya ait sonuç grafiği de aşağıda Şekil 2-3’de verilmektedir.



Şekil 2-3 : Karışım yüksekliği ve zaman arasındaki ilişki (Charles vd.).

Meteoroloji işleri genel müdürlüğü tarafından 4 istasyon için talep edilen karışım yüksekliği verileri, yalnızca Adana (17351) radyosonda istasyonu için verilmiş olup, yüzey istasyonlarının hiç birinde karışım yüksekliği parametresi ölçüm sonuçları bulunmamaktadır. Adana (17351) istasyonunda yer alan karışım yüksekliği değerleri yalnızca günün minimum ve maksimum karışım yüksekliği değerini belirtmektedir. Kullandığımız model diğer meteorolojik verilerde olduğu gibi karışım yüksekliği verilerini de günün her saati için istemektedir. Bu nedenle yukarıdaki bilgilerden yola çıkarak maksimum karışım yüksekliğini günün 12:00 ve 13:00 saatleri için olduğu kabul edilmiş, aynı şekilde minimum yükseklik değerleri de Şekil 2-3’den

yola çıkarak 00:00-06:00 ve 19:00-23:00 saatlerine karşılık gelen veri olarak kullanılmıştır. Bu veriler doğrultusunda Gaussian profil dağılımı uygulanarak diğer veriler hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerde gün içerisinde zamana göre karışım yüksekliği dağılımı aşağıda Şekil 2-4’de verildiği gibidir.



Şekil 2-4 : Zamana göre karışım yüksekliği dağılımı.

Tüm bu meteorolojik verilerin yanı sıra CALMET modeli, modelin çalıştırılacağı alana ait fiziksel bazı özelliklerin zorunlu olarak geo.dat dosyasının içerisinde verilmesini istemektedir. Zorunlu olarak istediği veriler sırasıyla arazi yüksekliği ve arazi kullanım kategorisidir. Buna ek olarak tercihe dayalı yüzey pürüzlülüğü, albedo, Bowen oranı, toprak-ısı akısı sabiti, antropojenik ısı akısı ve vejetatif yaprak alan indeksidir.

Model alanına ait yükseklik ve arazi kullanım kategorisi değerleri coğrafi bilgi sistemi (GIS-CBS) yardımıyla belirlenmiştir. Arazi kullanım verilerinin belirlenmesi amacıyla *vdstech.com* internet adresinden ArcGIS’te kullanılmak üzere hazırlanmış Türkiye arazi kullanım haritaları temin edilmiştir. Bu veriler GIS’de kendi model alanımızla ve hücrelerimizle mekansal olarak kesiştirilmiştir. Her bir hücreye karşılık gelen arazi kullanım değerini belirlerken o hücrenin %50’sinden fazlası hangi kategoride kalıyorsa o kategori hücrenin arazi kullanımı olarak belirlenmiştir.

Yükseklik verileri ise; *diva-gis.org* web adresinden alınan yine Türkiye için hazırlanmış yükseklik haritaları GIS’de kendi model alanımızla çakışacak şekilde yerleştirilmiştir. Aynı model hücre içinde kalan yükseklik verileri; ağırlıklı alan ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

CALMET; kullanıcı tarafından girilen verileri “calmet.inp” adında oluşturulan kontrol dosyası aracılığıyla okumaktadır. Bu dosyada kullanıcının tercihlerine bağlı modelleme seçenekleri, yine tercihe bağlı olarak girmeyi düşündüğü veriler ve bu verilerin değerleri ve aynı şekilde elde edilecek sonuç dosyasının içerikleri ile ilgili tercihler girilmektedir.

Yapılan modelleme çalışmasına ait calmet.inp dosya verileri aşağıda Çizelge 2-8’de verilmiştir.

Çizelge 2-8 : Calmet.inp dosyası verileri.

Çalışma Yeri	Çalışma Alanı	Koordinatlar		Çalışma periyodu	Hücre Boyutu	Kullanılan istasyonlar
		X	Y			
Hatay	130km*140km	-5054.000 -4924.000 -4924.000 -5054.000	1170.000 1170.000 1310.000 1310.000	1 yıl (2004)	2 km (65*70)	4 adet yüzey istasyonu 1 adet radiosonde istasyonu
Çalışma 1 (ISCST ile karşılaştırma) için kullanılan meteorolojik veriler						
İstasyon No	Tipi	Koordinatları		Yükseklik (m)	Parametreler	
		X	Y			
Dörtüyl (17962)	Yüzey	-4987.13157	1221.1178	10	Rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, basınç, bulutluluk, bağıl nem, karışım yüksekliği*.	
Adana (17351)	Radiosonde	-5023.95667	1290.3734	Katman yükseklikleri 0, 20, 50, 100, 500, 1500, 7000, 8500, 9500	Basınç, ölçüm yüksekliği, sıcaklık, rüzgar yönü ve rüzgar hızı	
Çalışma 2						
İstasyon No	Tipi	Koordinatları		Yükseklik (m)	Parametreler	
Adana (17351)	Yüzey + radiosonde	-5023.95667	1290.3734	Katman yükseklikleri 0, 20, 50, 100, 500, 1500, 7000, 8500, 9500	Rüzgar hızı, rüzgar yönü, karışım yüksekliği, sıcaklık, basınç, bağıl nem	
Osmaniye (17355)	Yüzey	-4965.73669	1237.9899	10	Rüzgar hızı, rüzgar yönü, bulutluluk, sıcaklık, bağıl nem, basınç	
Dörtüyl (17962)	Yüzey	-4987.13157	1221.1178	10	Rüzgar hızı, rüzgar yönü, bulutluluk, sıcaklık, bağıl nem, basınç	
Antakya (17984)	Yüzey	-5040.62858	1174.9703	10	Rüzgar hızı, rüzgar yönü, bulutluluk, sıcaklık, basınç	

* Karışım yüksekliği verisi sadece 17351 no’lu yüzey istasyonu için bulunmaktadır. Bu nedenle bu değerler 17962 no’lu istasyon için de kullanılmıştır

2.2.2 CALPUFF Modülü

CALPUFF modülü, modelin ikinci. aşaması olup bu bölümde konsantrasyonların taşınımı ve dağılımı hesaplanarak modellenir. CALPUFF modeli girdi verisi olarak CALMET dosyasının çalışması sonucu elde edilen Calmet.dat isimli dosyayı kullanır. Ayrıca tıpkı calmet'te olduğu gibi calpuff için de bir calpuff.inp dosyası hazırlanması gerekmektedir. Calpuff.inp dosyasında, çalışma alanı koordinatları, hücre boyutları, hesaplanması istenilen kirleticiler, modellenmesi istenen kaynak türü (noktasal, alansal vb.) ve sayısı, kaynağa ait özellikler (koordinatları, baca yüksekliği, baca çapı vb.) gibi bilgiler istenmektedir.

Yürütülen tez çalışması kapsamında ilk olarak Egemer Doğalgaz Çevrim Santrali'nin emisyonları modellenmiştir. Daha sonra bölgede yer alan diğer emisyon kaynakları modele dahil edilerek modelleme çalışması yapılmıştır. Dahil edilen diğer kaynaklarla ilgili bilgiler bir sonraki bölümlerde detaylandırılacak olup, Egemer DGKÇ Santrali'ne ait Calpuff.inp dosyasına da konulan kütleli debiler ile ilgili bilgileri aşağıda Çizelge 2-9'da verilmiştir.

Çizelge 2-9 : Egemer DGKÇ Santrali'ne ait baca ve konsantrasyon bilgileri.

Koordinatlar	- 4991.00 / 1237.00.
Baca Yüksekliği (m)	60
Baca Çapı (m)	7.1
Baca çıkış hızı (m/s)	20
Baca gazı çıkış sıcaklığı (K)	362
Kirleticiler	SO ₂ : 37.0 NO ₂ : 215.9 PM ₁₀ :21.6

2.2.3 CALPOST Modülü

CALPUFF modülü yardımıyla hesaplanan konsantrasyon değerleri, CALPOST modülü yardımıyla görsel hale getirilir. Bu modülde kullanıcı tarafından konsantrasyon sonuçlarının gösterim periyodu (saatlik, üç saatlik, yirmi dört saatlik veya kullanıcının belirtebileceği herhangi bir periyot), belirlenerek sonuçlar yazdırılabilir. Buna ek olarak konsantrasyon değerleri hesaplanan her bir ızgaraya ait maksimum ilk on konsantrasyon değeri txt dosyası şeklinde elde edilebilir. Ayrıca model çalışma periyodu boyunca pik konsantrasyon değerleri ve bu değerlerin elde

edildiği zaman ve koordinatlar yine tercihe bağlı olarak txt dosyası şeklinde elde edilebilir.

Elde edilen konsantrasyon değerleri CALPOST modşlşyle birlikte şalışan “surfer” programı yardımıyla haritalandırılabilir.

3. EGEMER DGKÇ SANTRALİNİN HAVA KALİTESİNE ETKİSİNİN CALPUFF MODELİ İLE BELİRLENMESİ

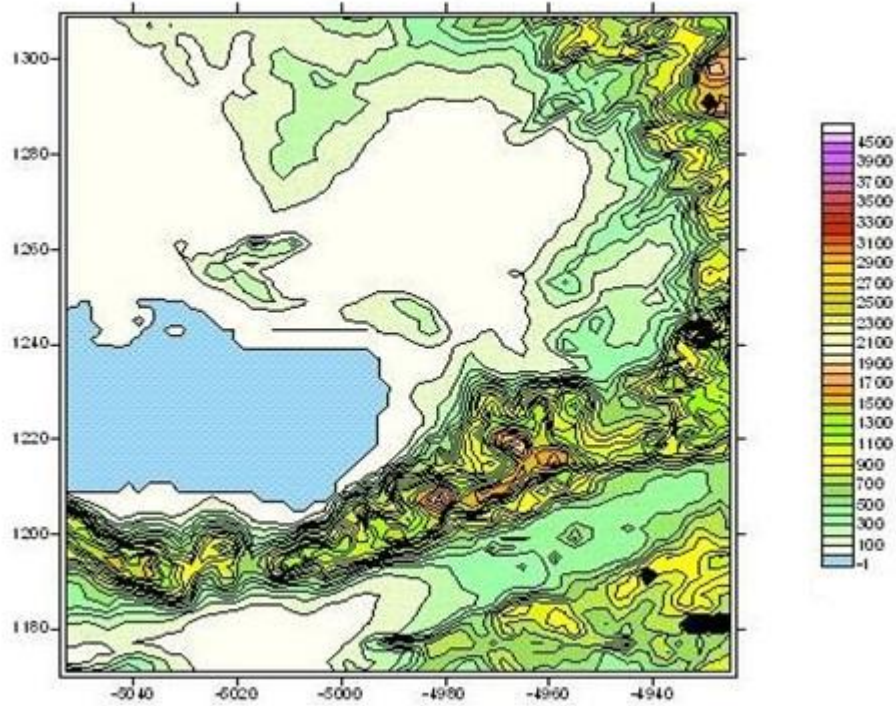
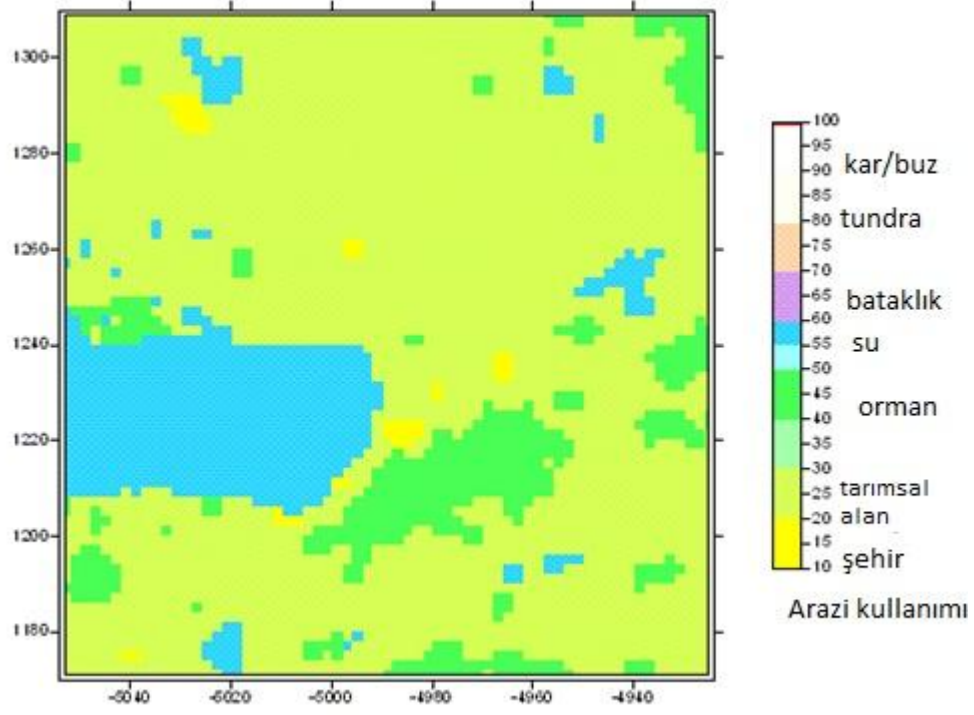
Hatay ili, Erzin ilçesinde 900 MW kurulu güce sahip kombine çevrim santrali kurulması planlanmaktadır. Planlanan bu tesiste yakıt olarak doğalgaz kullanılacak olup, tesisten kaynaklanan SO₂, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının CALPUFF modeli yardımıyla dağılımları belirlenmiştir.

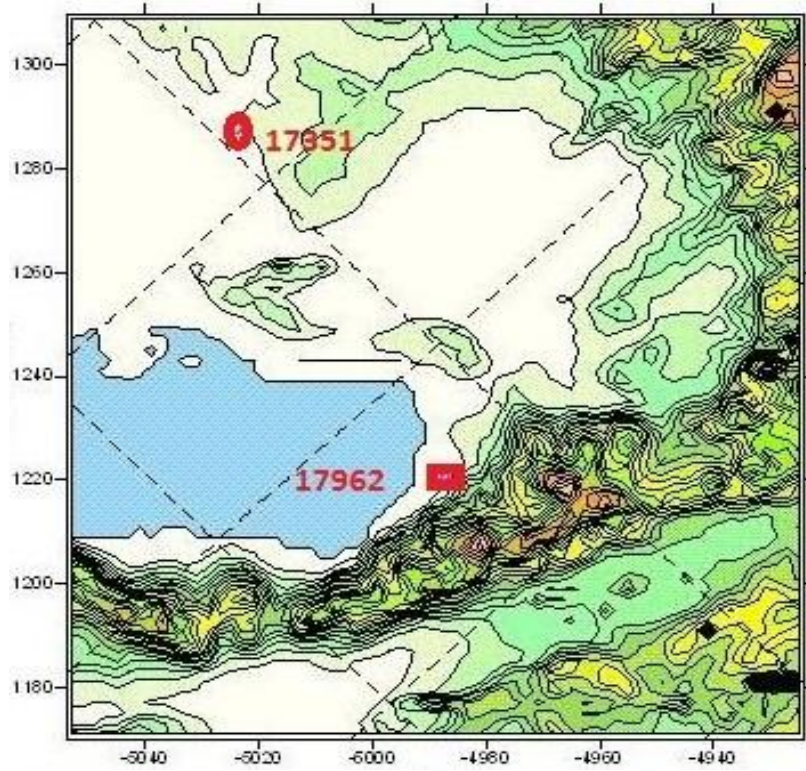
Ülkemizde daha önce CALPUFF modeli kullanılarak belli başlı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin 2004 yılında Im U ve Yenigün O tarafından Yatağan Termik Santrali'nde CALPUFF dispersiyon modeli yardımıyla SO₂ konsantrasyon değerleri hesaplanmış olup sonuçlar hava kalite gözlem istasyonları tarafından ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır. Yine Elbir (2003) tarafından yapılan bir çalışmada ise CALPUFF dispersiyon modeli yardımıyla İzmir'de endüstriden ve ısınmadan kaynaklanan SO₂ kirleticisi konsantrasyon değerleri hesaplanmış olup, ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma sonucunda ölçüm değerleri ile model sonuçlarının karşılaştırmasında kabul edilebilir, yakın değerler elde edildiği gözlemlenmiştir.

Çalışma alanı olarak 130×140km ve 6×6km olmak üzere iki farklı alan seçilmiş olup, 130×140 km'lik model alanına ait topografik yüksekliklerin ve arazi kullanım sınıflarının gösterildiği haritalar Şekil 3-1 ve Şekil 3-2'de verilmiştir.

CALPUFF modeli yardımıyla dağılımı incelenen EGEMER DGKÇ Santraline ait emisyonlar; 130km×140km'lik bir alanda 2004 yılına ait Dört Yol (17962) istasyon verileri kullanılarak hesaplanmıştır.

CALPUFF modelinin çalışabilmesi için en az bir radyosonda istasyonuna ihtiyaç duyulduğundan (Bölüm 2) Dört Yol (17962) yüzey istasyonunun yanı sıra modelin çalışması amacıyla çalışma alanı içerisinde yer alan Adana (17351) istasyonu da modelleme çalışmalarında kullanılmıştır. Dört Yol (17962) yüzey istasyonu ve Adana (17351) radyosonda istasyonunun yeri Şekil 3-3 'de gösterilmiştir.



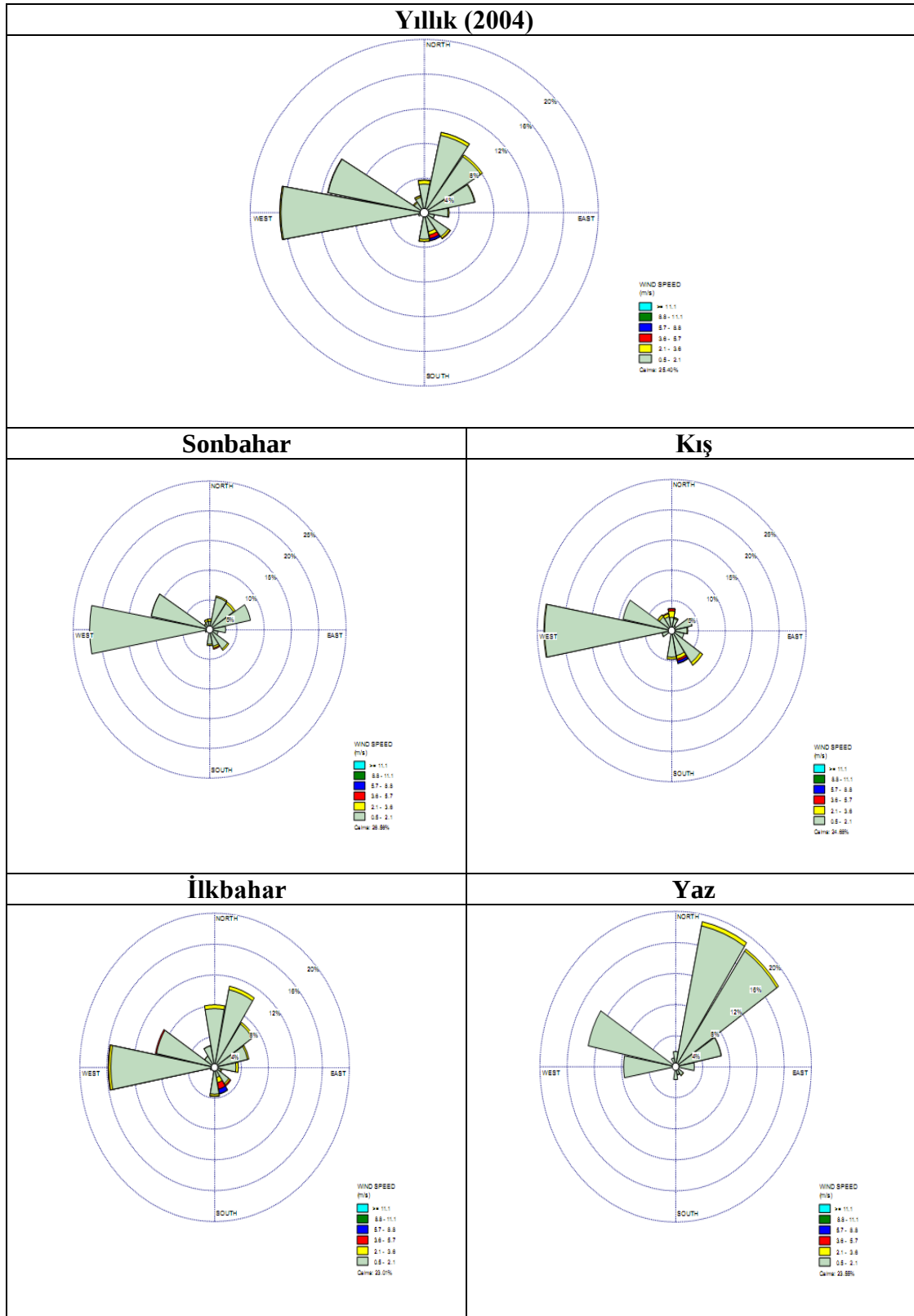


Şekil 3-3 : Kullanılan meteorolojik istasyonların lokasyonları.

Model sonuçlarına geçmeden önce 2004 yılı için Dört Yol (17962) istasyonuna ait meteorolojik veriler ile ilgili bilgiler şu şekildedir;

Dört Yol (17962) istasyonuna ait rüzgar hızı ve yönleri incelendiğinde yıllık ortalama rüzgar hızının 0.83 m/s olduğu ve rüzgarın yoğunluklu olarak estiği yönün batı yönü olduğu görülmüştür.

Mevsimsel olarak veriler incelendiğinde ise, rüzgar hızının en yüksek ortalama 0.93 m/s ile ilkbahar mevsiminde ulaştığı görülmüştür. Bu mevsimde hakim rüzgar yönünün yine batı doğrultusunda olduğu görülmektedir. En düşük rüzgar hızı ortalaması 0.73 m/s ile sonbahar mevsiminde görülmektedir. 2. Bölüm’de belirtildiği üzere CALPUFF modeli rüzgar hızı ortalaması 1 m/s olduğu durumlarda bile sağlıklı sonuçlar vermektedir. Görüldüğü üzere; Dört Yol (17962) istasyonuna ait rüzgar hızı ortalamaları da 1 m/s’nin altındadır. Bu mevsimde hakim rüzgar yönü yine batı doğrultusundadır. Aşağıda Şekil 3-4’de Dört Yol (17962) istasyonuna ait rüzgar diyagramları verilmektedir.



Şekil 3-4 : Dört Yol (17962) istasyonuna ait yıllık ve mevsimsel rüzgar diyagramları.

EGEMER DGKÇ Santraline ait emisyonlar yukarıda belirtilen meteorolojik veriler kullanılarak SO₂, NO₂ ve PM₁₀ kirleticileri için CALPUFF modeli yardımıyla modellenmiş ve çıkan sonuçların değerlendirilmesi ülkemiz yasal mevzuatı uyarınca emisyonlarla ilgili izin koşulları ve sınır değerlerin belirtildiği SKHKKY hükümlerine göre değerlendirilmiştir. SKHKKY’nde belirtilen sınır değerler aşağıda Çizelge 3-1’de verilmiştir.

Çizelge 3-1 : Uzun vadeli, kısa vadeli sınır değerler ve kademeli azaltım tablosu.

Parametre	Süre	Sınır değer (µg /m ³)	YIL					
			2008	2009	2010	2011	2012	2013
NO ₂	KVS	300	300	300	300	300	300	300
	UVS	100	100	92	84	76	68	60
SO ₂	KVS	400	400	370	340	310	280	250
	UVS	150	150	150	150	150	150	150
PM ₁₀	KVS	300	300	260	220	180	140	100
	UVS	150	150	132	114	96	78	60

EGEMER DGKÇ santraline ait SO₂, NO₂ ve PM₁₀ kirletici emisyonları CALPUFF modeli ile 130×140 km’lik alanda modellenmiş olup elde edilen sonuçlar çizelgeler halinde verilmiştir

a) SO₂ için;

EGEMER DGKÇ santraline ait SO₂ emisyonları için CALPUFF modeli yardımıyla elde edilen 24 saatlik UVD ve KVD değerleri ile SKHKKY.’nde 2012 yılı için belirlenmiş sınır değerler verilmiştir (Çizelge 3-2, Çizelge 3-3).

Çizelge 3-2 : SO₂ için UVD ve KVD değerleri (µg /m³).

Aylar	24 saatlik UVD	KVD ⁽¹⁾	Aylar	24 saatlik UVD	KVD ⁽¹⁾
Ocak	0.0151	1.7703	Temmuz	0.0120	1.7766
Şubat	0.0134	2.7936	Ağustos	0.0148	1.7756
Mart	0.0157	3.1920	Eylül	0.0154	3.5616
Nisan	0.0123	1.4757	Ekim	0.0156	2.8077
Mayıs	0.0121	2.6210	Kasım	0.0139	1.1354
Haziran	0.0112	1.4095	Aralık	0.0142	3.0307

1: Maksimum günlük ortalama değer

2: SKHKKY 2012 yılı için uzun vadeli sınır değer 150 µg/m³ olarak belirtilmiştir.

3: SKHKKY 2012 yılı için kısa vadeli sınır değer 280 µg/m³ olarak belirtilmiştir.

Çizelge 3-3 : SO₂ için UVD ve KVD değerleri (µg /m³).

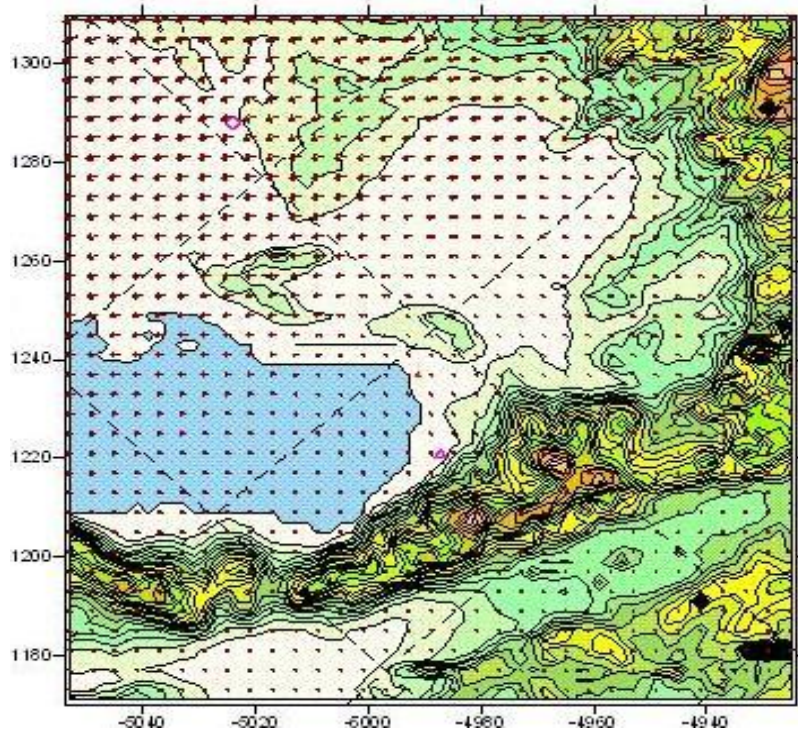
Aylar	24 saatlik UVD	KVD ⁽¹⁾
Ocak	0.0151	1.7703
Şubat	0.0134	2.7936
Mart	0.0157	3.1920
Nisan	0.0123	1.4757
Mayıs	0.0121	2.6210
Haziran	0.0112	1.4095
Temmuz	0.0120	1.7766
Ağustos	0.0148	1.7756
Eylül	0.0154	3.5616
Ekim	0.0156	2.8077
Kasım	0.0139	1.1354
Aralık	0.0142	3.0307

Bu aylardaki maksimum konsantrasyon değerleri ve günü aşağıda Çizelge 3-3’de verilmiştir. Maksimum günlere ait konsantrasyon dağılım haritaları ve o günlere ait rüzgar dağılımını gösteren haritalar aşağıda verilmiştir (Şekil 3-5 – Şekil 3-10).

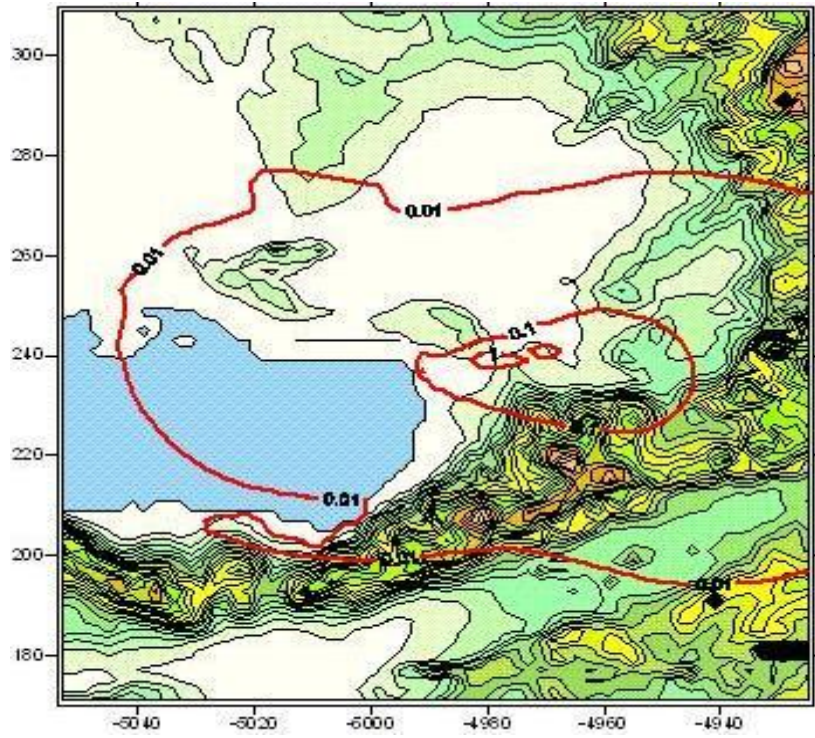
Çizelge 3-4 : 24 saatlik Maksimum konsantrasyon değerleri ve tarihi.

Gün	Konsantrasyon değeri (µg /m³)
22 Mart 2004	3.1920
15 Eylül 2004	3.5616
17 Aralık 2004	3.0307

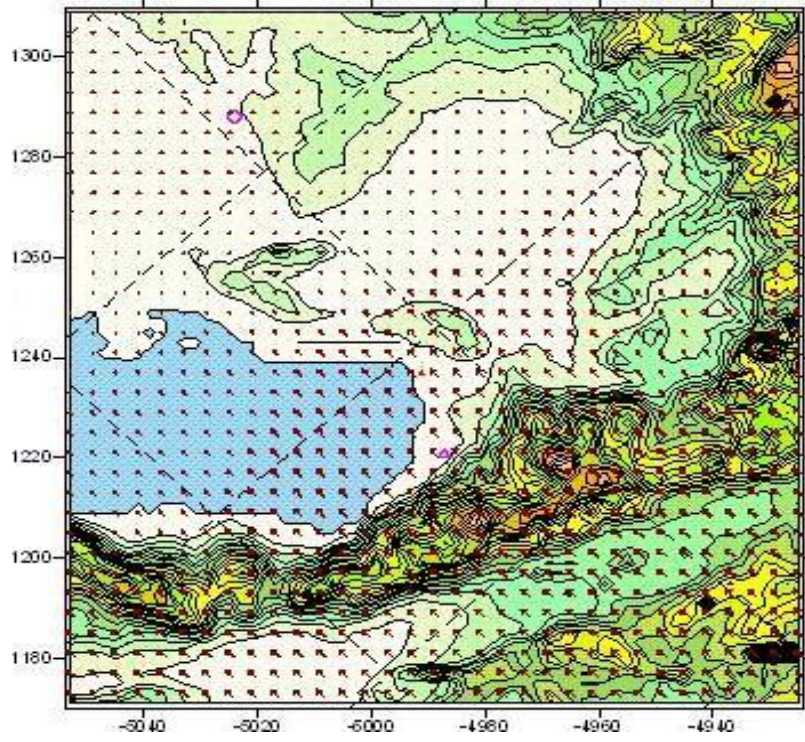
Aylık konsantrasyon dağılımını gösteren haritalar ise Şekil 3-11 ve Şekil 3-12’de verilmiştir.



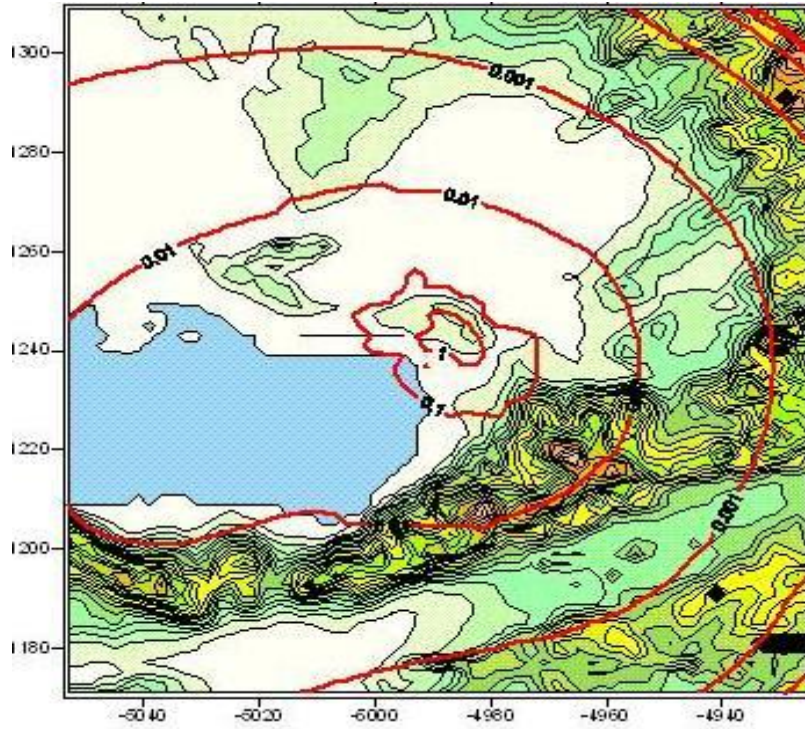
Şekil 3-5 : 22 Mart 2004 tarihine ait rüzgar yönü haritası.



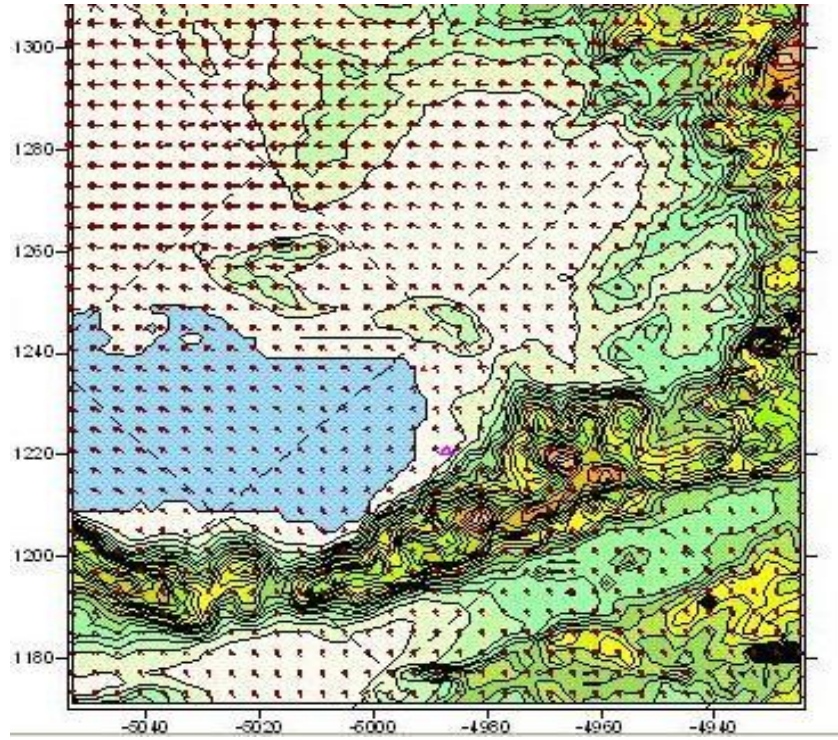
Şekil 3-6 : 22 Mart 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g} /\text{m}^3$).



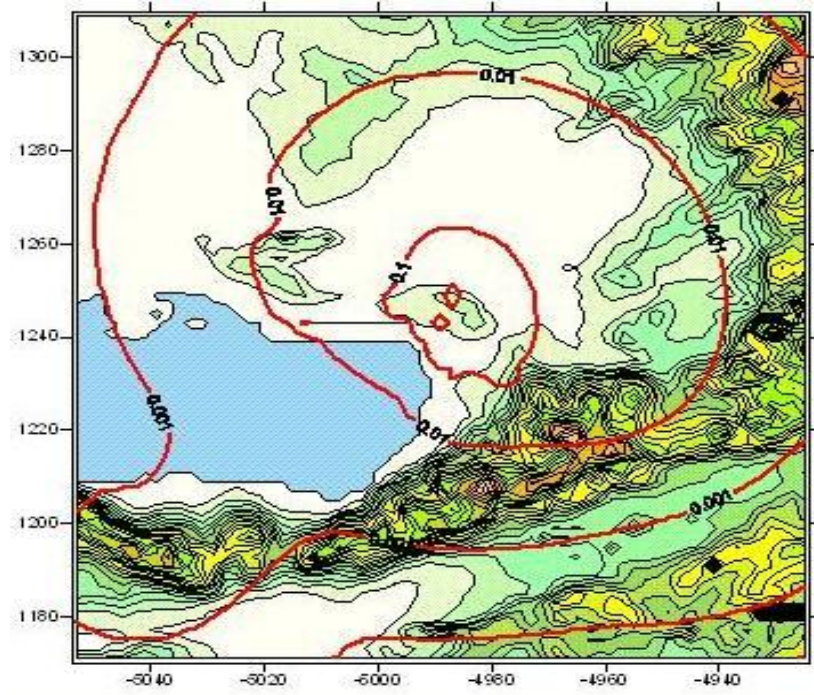
Şekil 3-7 : 15 Eylül 2004 tarihine ait rüzgar yönü haritası.



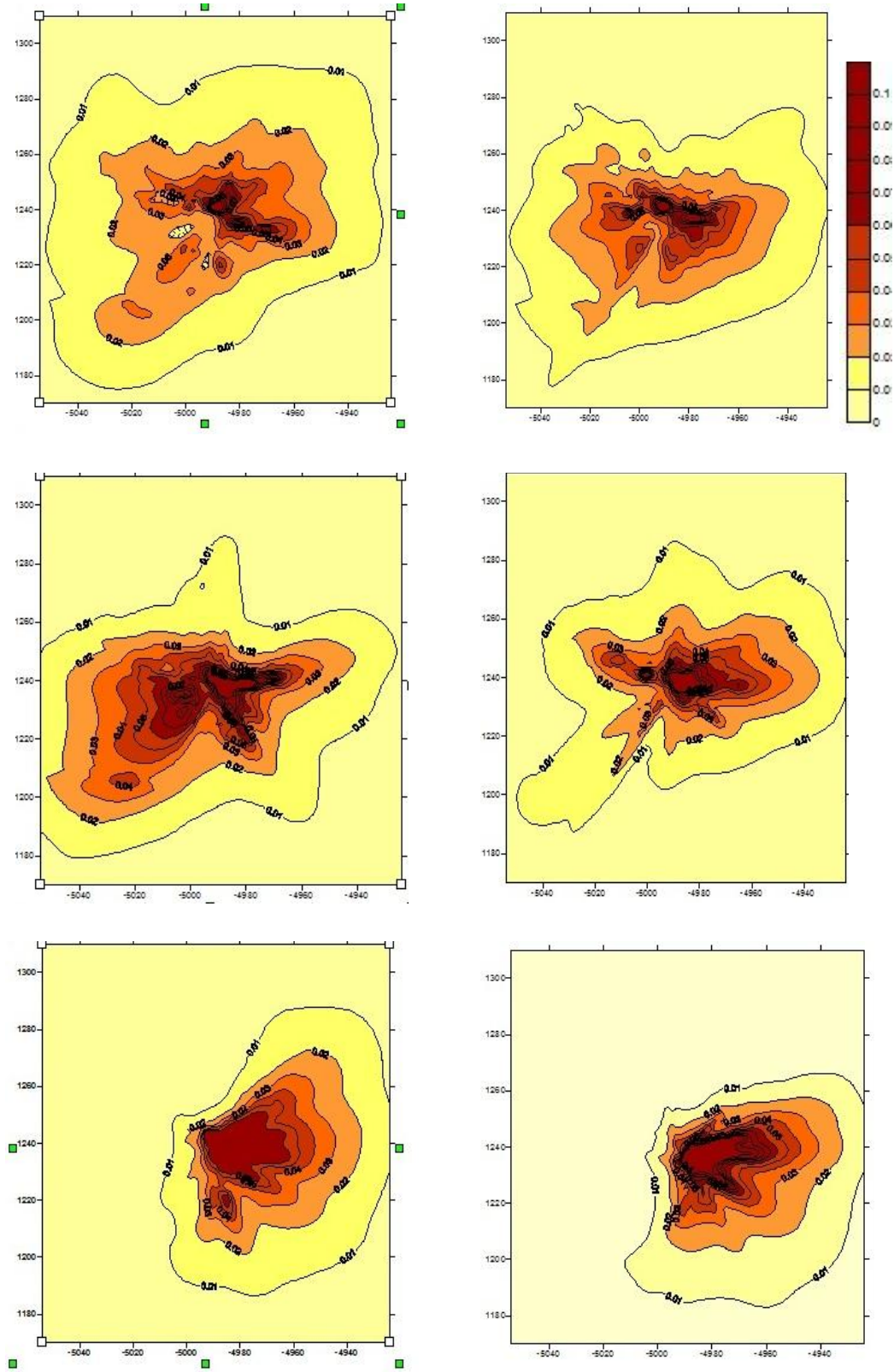
Şekil 3-8 : 15 Eylül 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



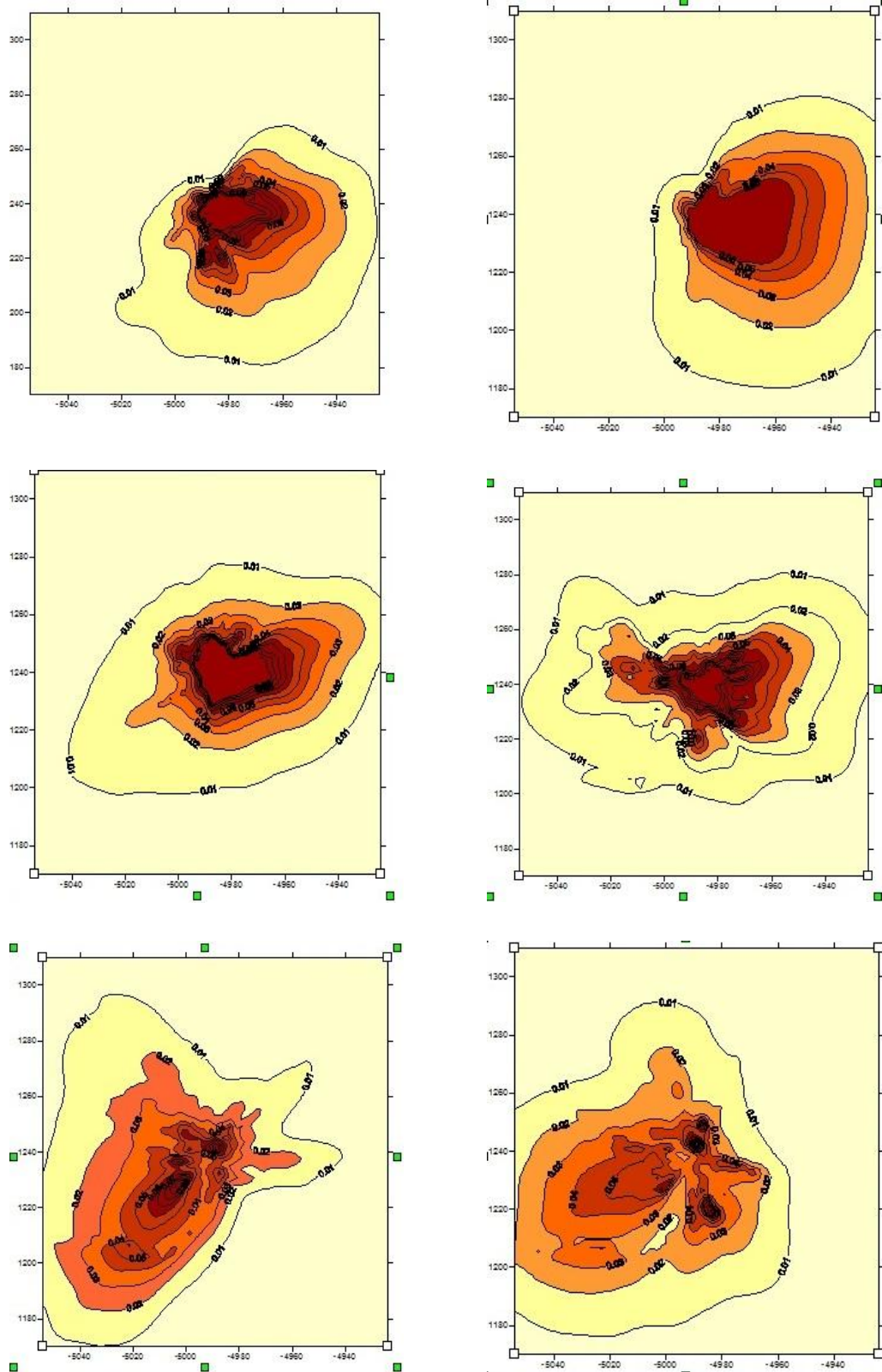
Şekil 3-9 : 17 Aralık 2004 tarihine ait rüzgar yönü haritası.



Şekil 3-10 : 17 Aralık 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 3-11 : SO_2 kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Ocak– Haziran) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 3-12 : SO₂ kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları
(sırasıyla Temmuz-Aralık) (µg /m³).

Tez çalışması kapsamında EGEMER DGKÇ Santrali'nde CALPUFF dispersiyon modeli yardımıyla SO₂ konsantrasyonları simule edilmiş olup sonuçlar incelendiğinde; SKHKKY'nde belirtilen sınır değerlerin oldukça altında olduğu görülmektedir. Yönetmelikte 2012 yılı için KVS değeri 280µg/m³ olarak belirtilmiştir. Modelleme süresi boyunca ulaşılan maksimum konsantrasyon değerine bakıldığında ise bu değer 15 Eylül tarihinde 3.5616µg/m³ değeriyle oldukça altında olduğu görülmektedir. UVD değerine bakıldığında ise; UVD değerinin Mart ayında en yüksek değerine sahip olduğu ve 0.0157µg/m³ olduğu görülmüştür. Yönetmelikte 2012 yılı için belirtilen UVS değeri ise 150µg /m³ olup, EGEMER DGKÇ Santraline ait SO₂ emisyon değerleri yönetmeliğin oldukça altındadır.

b) NO₂ için;

EGEMER DGKÇ santraline ait NO₂ emisyonları CALPUFF modeli yardımıyla hesaplanmış olup, aşağıda Çizelge 3-4'de modelleme sonucu elde edilen 24 saatlik UVD ve KVD değerleri verilmiştir.

Çizelge 3-5 : NO₂ için UVD ve KVD değerleri (µg /m³).

Aylar	24 saatlik UVD	KVD ⁽¹⁾
Ocak	0.0881	10.3301
Şubat	0.0785	16.3013
Mart	0.0917	18.6260
Nisan	0.0716	8.6107
Mayıs	0.0708	15.3937
Haziran	0.0655	8.2246
Temmuz	0.0699	10.3669
Ağustos	0.0862	10.3607
Eylül	0.0901	20.7823
Ekim	0.0910	16.3834
Kasım	0.0809	6.6252
Aralık	0.0827	17.6848

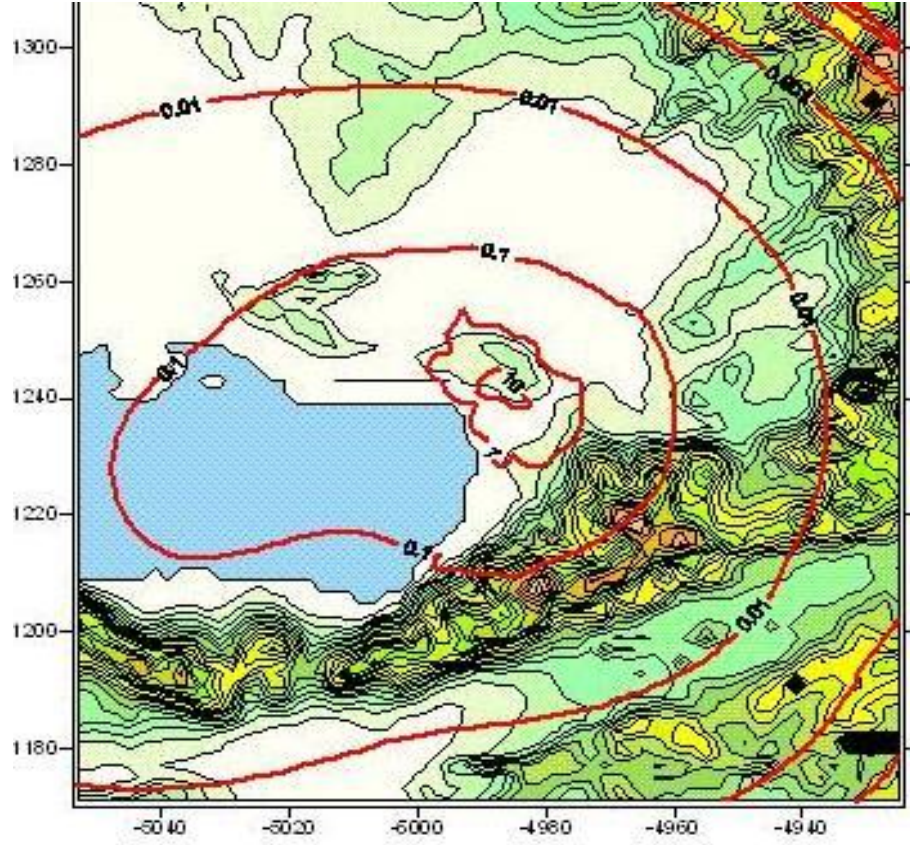
1: Maksimum günlük ortalama değer

2: SKHKKY 2012 yılı için uzun vadeli sınır değer 68 µg/m³ olarak belirtilmiştir.

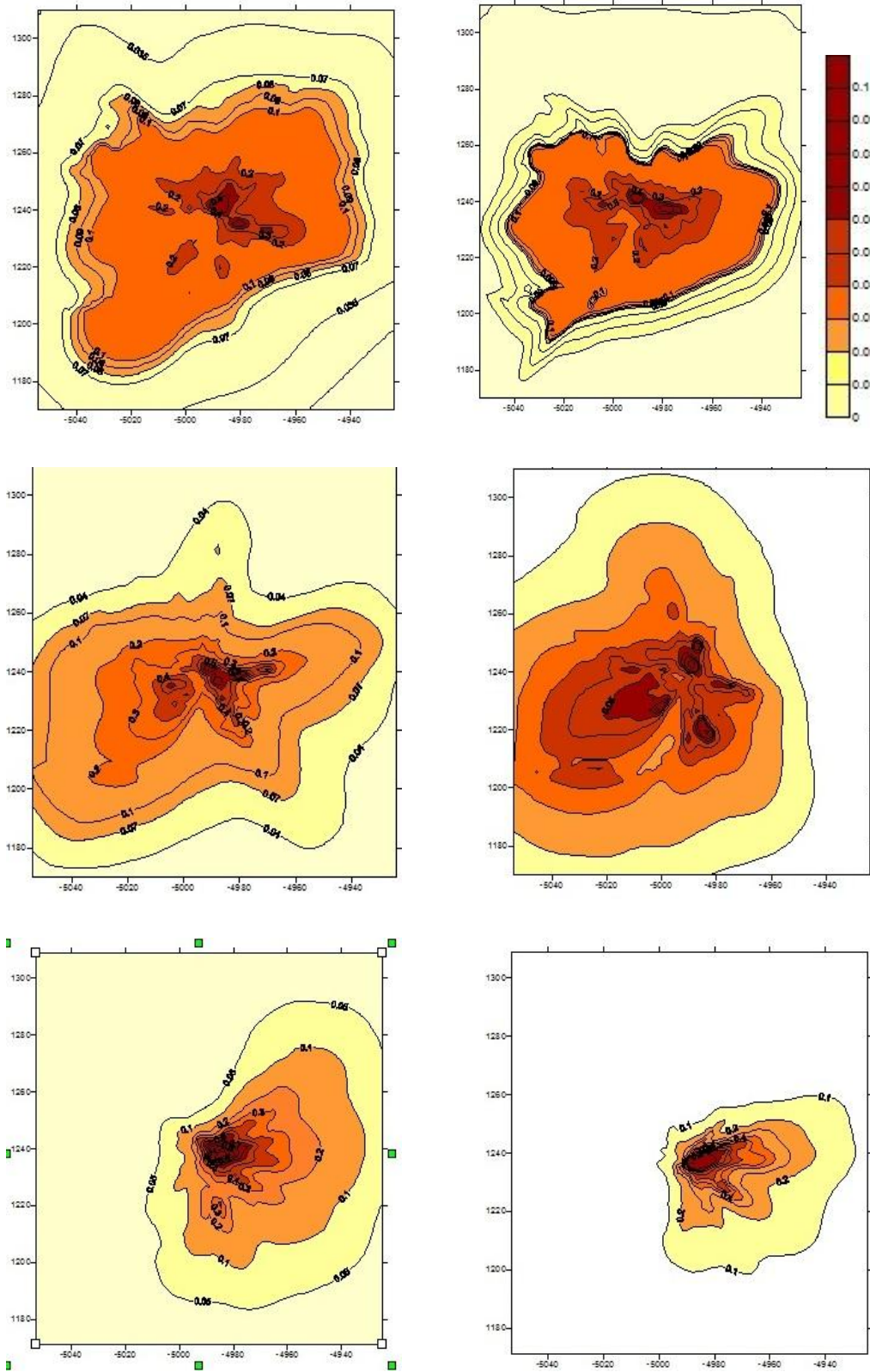
3: SKHKKY 2012 yılı için kısa vadeli sınır değer 300 µg/m³ olarak belirtilmiştir.

Günlük maksimum konsantrasyon değerlerine bakıldığında en yüksek konsantrasyonların Mart, Eylül ve Aralık aylarında maksimum değere ulaştığı görülmüştür. Bu aylardaki konsantrasyonlar sırasıyla 22 Mart günü 18.6260 µg/m³,

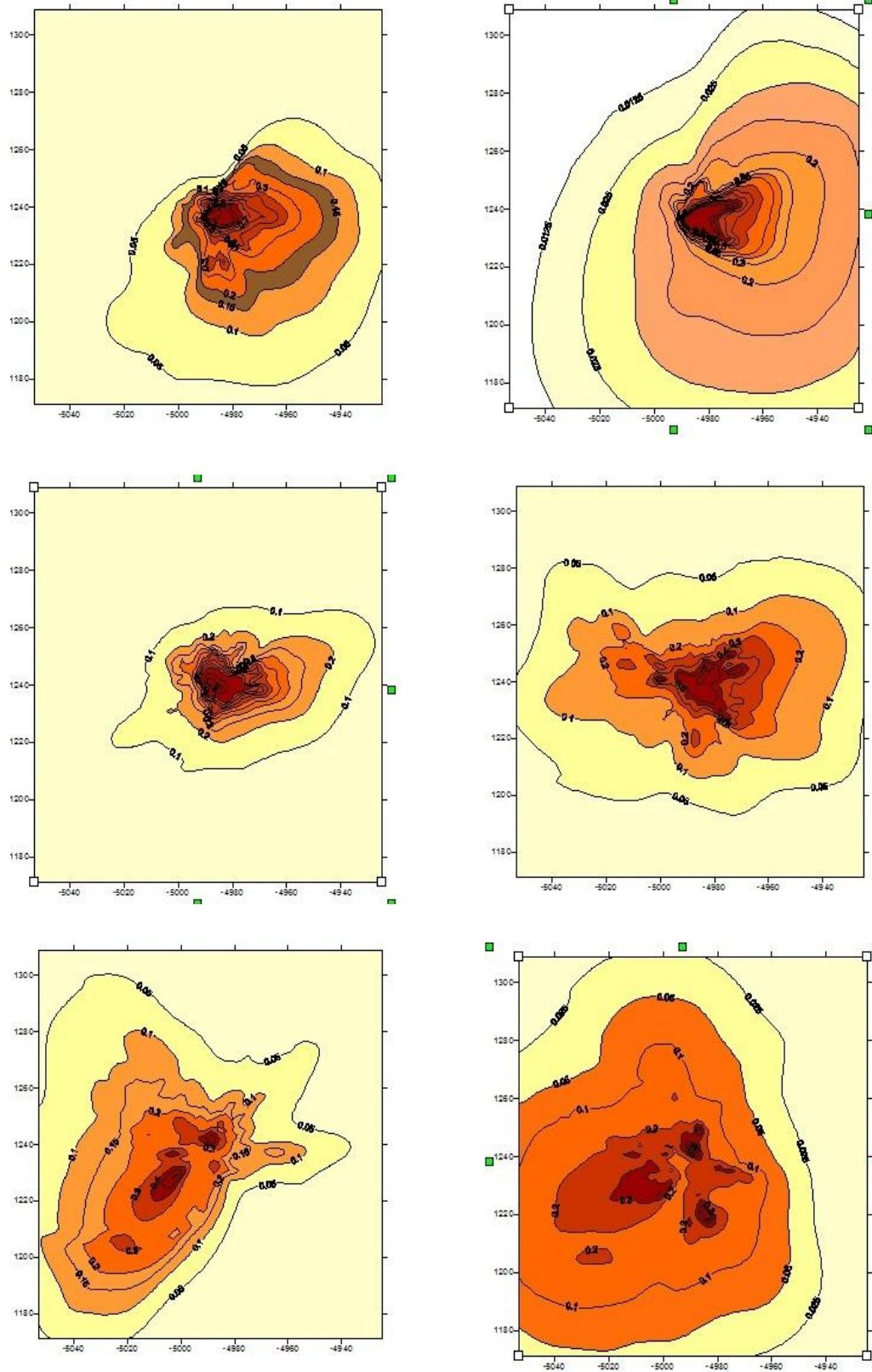
15 Eylül günü $20.7823 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 17 Aralık günü $17.6848 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Aşağıda Şekil 3-13'de bu aylar içerisinde en yüksek konsantrasyon değerlerine sahip günün haritası verilmektedir. Ayrıca tüm aylara ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları da aşağıda verilmiştir (Şekil 3-14; Şekil 3-15).



Şekil 3-13 : 15 Eylül 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g} /\text{m}^3$).



Şekil 3-14 : NO₂ kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Ocak-Haziran) (µg /m³).



Şekil 3-15 : NO₂ kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Temmuz-Aralık) (µg /m³).

Tez çalışması kapsamında EGEMER DGKÇ Santrali'nde CALPUFF dispersiyon modeli yardımıyla NO₂ konsantrasyonları simule edilmiş olup sonuçlar incelendiğinde; SKHKKY'nde belirtilen sınır değerlerin oldukça altında olduğu görülmektedir. Yönetmelikte 2012 yılı için KVS değeri 300 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Modelleme süresi boyunca ulaşılan maksimum konsantrasyon değerine bakıldığında ise bu değer 15 Eylül tarihinde 20.7823µg/m³ değeriyle oldukça altında olduğu görülmektedir. UVD değerine bakıldığında ise; UVD değerinin Mart ayında en yüksek değerine sahip olduğu ve 0.0917µg/m³ olduğu görülmüştür. Yönetmelikte 2012 yılı için belirtilen UVS değeri ise 68µg /m³ olup, EGEMER DGKÇ Santraline ait NO₂ emisyon değerleri yönetmeliğin oldukça altındadır.

c) PM₁₀ için;

Aşağıda Çizelge 3-5'de modelleme sonucu elde edilen 24 saatlik UVD ve KVD değerleri verilmiştir.

Çizelge 3-6 : PM₁₀ için UVD ve KVD değerleri.(µg/m³).

Aylar	24 saatlik UVD	KVD ⁽¹⁾
Ocak	0.0880	1.0334
Şubat	0.0079	1.6308
Mart	0.0092	1.8634
Nisan	0.0072	0.8614
Mayıs	0.0071	1.5300
Haziran	0.0066	0.8228
Temmuz	0.0070	1.0371
Ağustos	0.0086	1.0365
Eylül	0.0090	2.0791
Ekim	0.0091	1.6390
Kasım	0.0081	0.6628
Aralık	0.0083	1.7693

1: Maksimum günlük ortalama değer

2: SKHKKY 2012 yılı için uzun vadeli sınır değeri (UVS)

78 µg/m³ olarak belirtilmiştir.

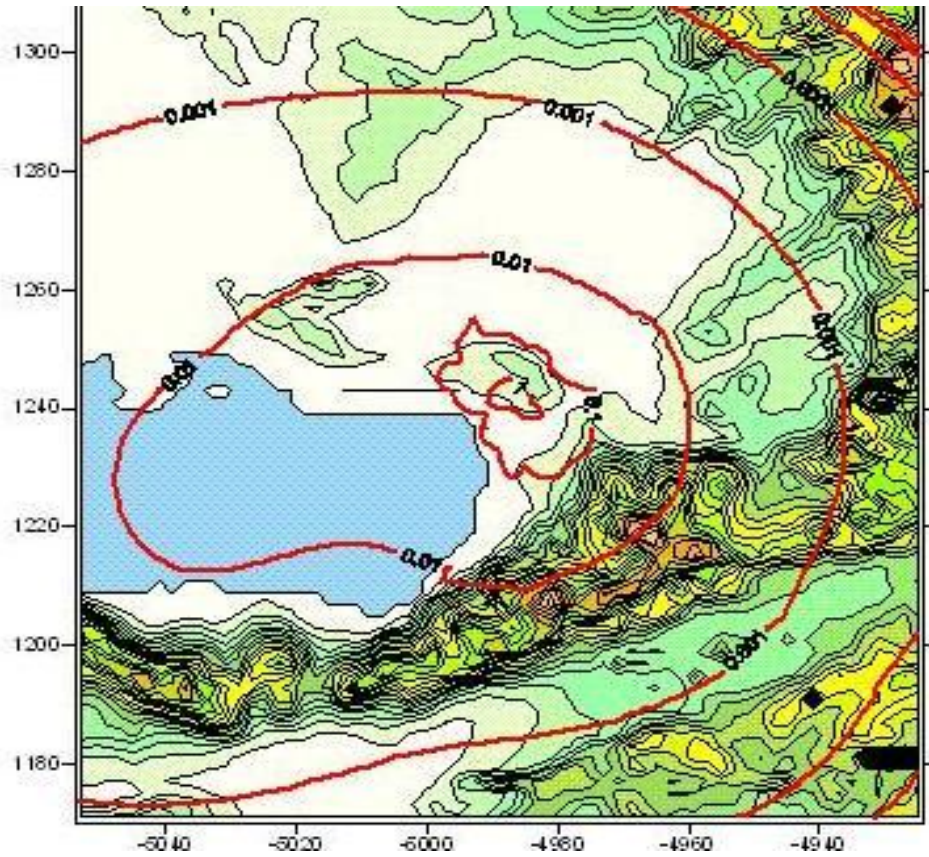
3: SKHKKY 2012 yılı için kısa vadeli sınır değeri 140 µg/m³ olarak belirtilmiştir.

Günlük maksimum konsantrasyon değerlerine bakıldığında en yüksek konsantrasyonlara Eylül, Mart ve Aralık aylarında ulaşıldığı görülmüş olup, bu dönem yaz mevsimine tekabül etmektedir. Bu aylardaki maksimum konsantrasyon değerleri ve günü aşağıda Çizelge 3-6'da verilmiştir.

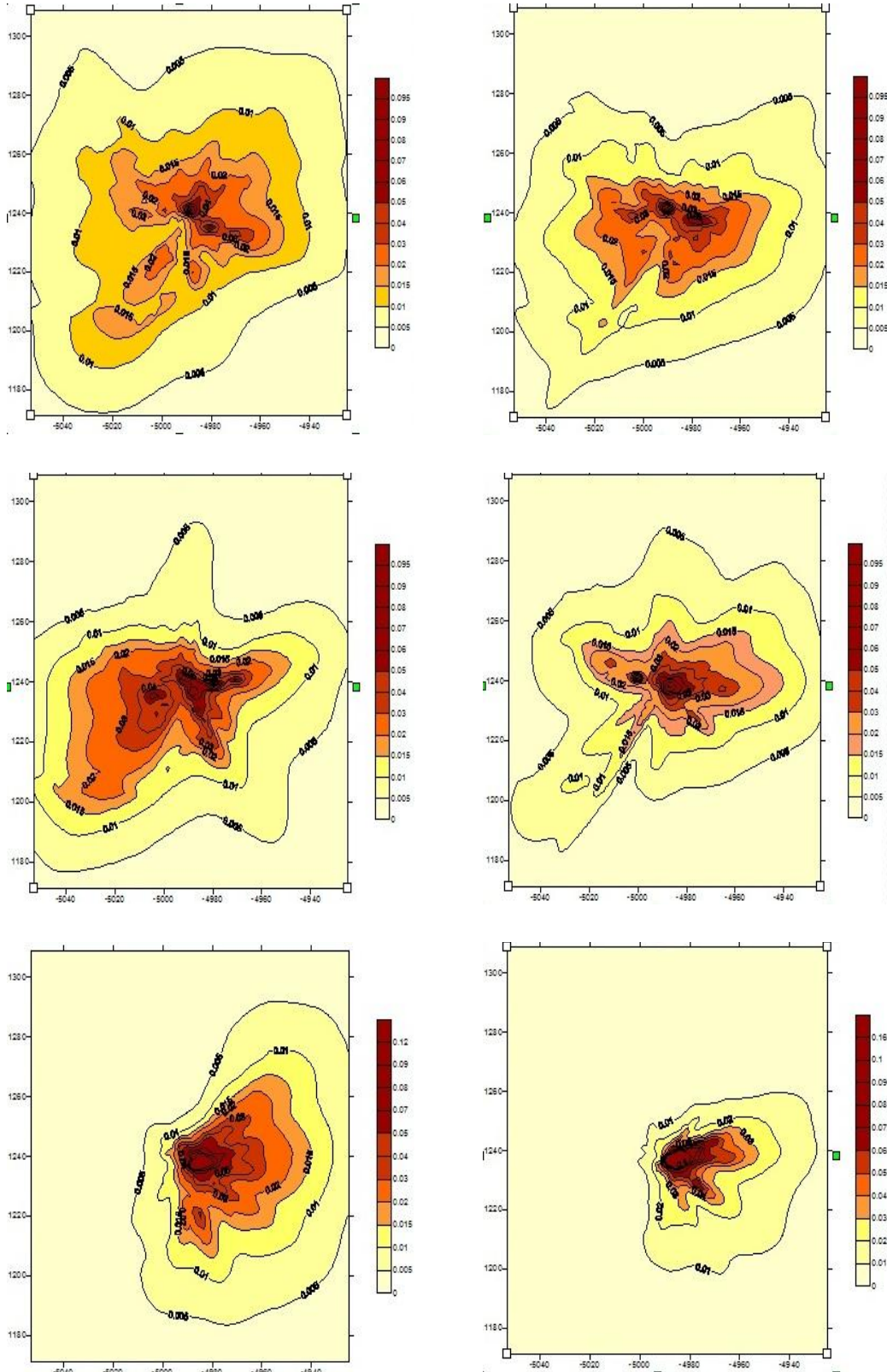
Çizelge 3-7 : Maksimum konsantrasyon değerleri ve tarihi.

Gün	Konsantrasyon değeri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
22 Mart 2004	1.8634
15 Eylül 2004	2.0791
17 Aralık 2004	1.7693

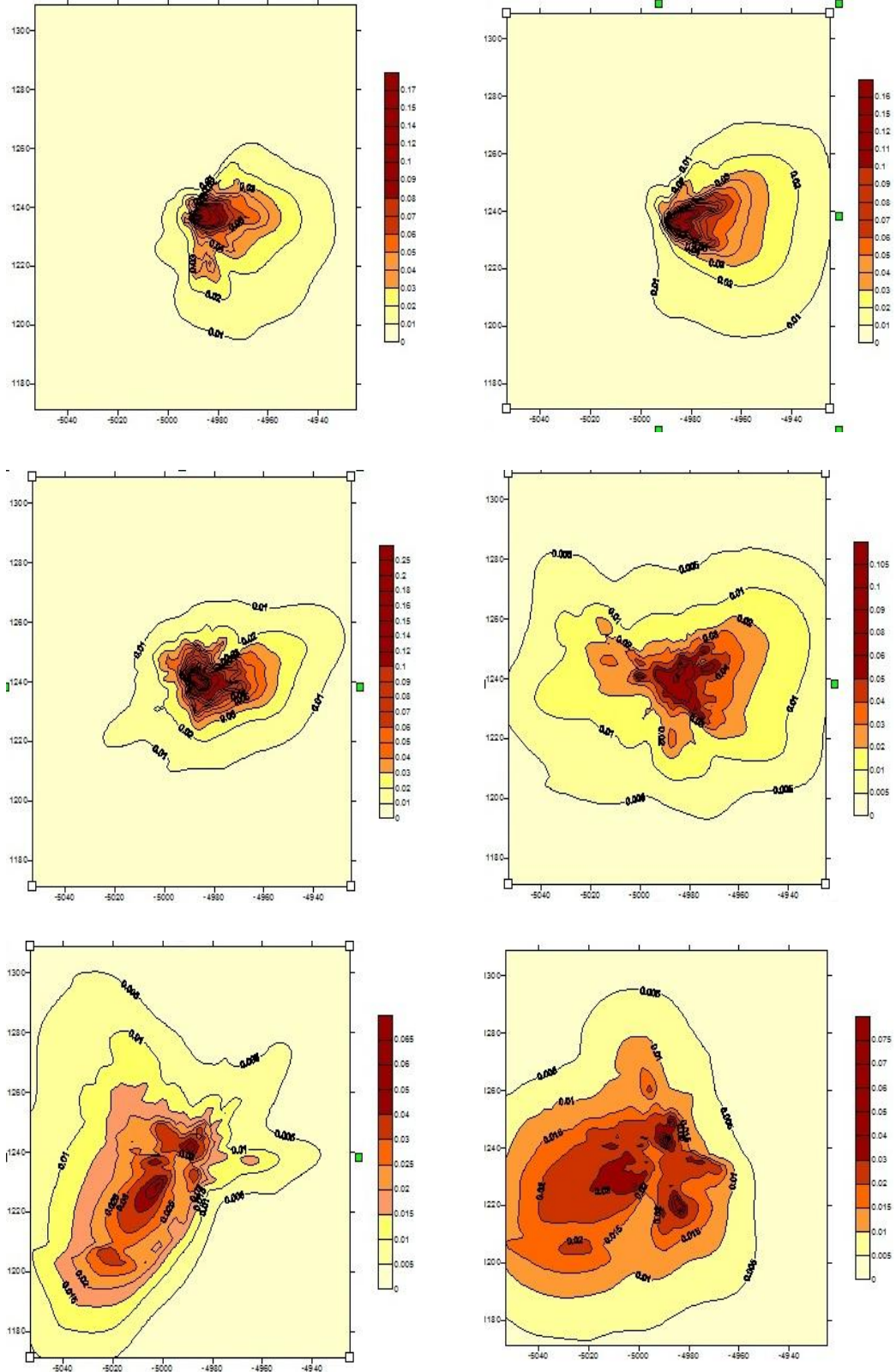
Aşağıda Şekil 3-16’da maksimum konsantrasyon değerine ulaşılan 15 Eylül gününe ait konsantrasyon haritası verilmiştir. Ayrıca her aya ait aylık konsantrasyon haritaları da aşağıda verilmiştir (Şekil 3-17, Şekil3-18).



Şekil 3-16 : 15 Eylül 2004 tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 3-17 : PM₁₀ kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Ocak-Haziran) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 3-18 : PM₁₀ kirleticisine ait aylık konsantrasyon dağılım haritaları (sırasıyla Temmuz-Aralık) (µg /m³).

EGEMER DGKÇ Santrali'ne ait PM₁₀ emisyonları proses bacası ve soğutma kulesinden kaynaklanmaktadır. Bu iki kaynaktan göz önünde bulundurularak CALPUFF modeli yardımıyla PM₁₀ emisyonları modellenmiş olup sonuçlar detaylı olarak yukarıda verilmiştir. PM₁₀ konsantrasyonları için yönetmelikte verilen sınır değerler sırasıyla uzun vadeli değer için 78 µg/m³, kısa vadeli değer için ise 140 µg/m³'tür. Her ay için 24 saatlik UVD ve KVD değerleri incelendiğinde yönetmeliğin altında kaldığı görülmektedir.

CALPUFF modeli yardımıyla 130×140km'lik alanda SO₂, PM₁₀ ve NO₂ konsantrasyonları modellenmiş olup yukarıda model sonuçları ile ilgili detaylı bilgi verilmiştir. Maksimum konsantrasyona erişildiği günlere ait haritalar incelendiğinde sırasıyla 15 Eylül, 22 Mart ve 17 Aralık tarihlerinde maksimum değere ulaşıldığı görülmüştür.

15 Eylül 2004 tarihinde tüm kirleticiler için maksimum konsantrasyon değerine EGEMER DGKÇ Santral bacasından 4 km doğu 4 km kuzey yönünde (5.6 km uzaklıkta) bir noktada erişildiği görülmüştür. 22 Mart tarihine bakıldığında ise maksimum değere 12 km doğu 2 km kuzey yönünde (12.2 km uzaklıkta) erişilmiştir. 17 Aralık tarihi incelendiğinde ise maksimum değere kaynağın 2 km doğu 6 km kuzey yönünde (6.3 km uzaklıkta) erişildiği görülmüştür. Bölge alanı incelendiğinde EGEMER DGKÇ Santrali'nin kuzey tarafının kırsal alan olduğu görülmektedir. Sahanın 1 km kuzeyinde E9 Ceyhan-İSKENDERUN otoyolu geçmektedir.

Model kapsamında kullanılan meteorolojik istasyon verileri incelendiğinde hakim rüzgar yönünün batı doğrultusunda olduğu görülmektedir. Genellikle konsantrasyon dağılımının da batı yönünde etkili olması beklenmesine rağmen yıllık modelleme sonucunda maksimum konsantrasyonun güney doğu yönünde olduğu belirlenmiştir. Bölgenin dağlık bir bölge olması dağılım yönünü etkilemiştir. Doğal ortam özellikleri kirliliğin kent atmosferinde kolayca birikmesine ya da dağılıp daha az zararlı hale gelmesine yardımcı olmaktadır (Özdemir, 2002). Konsantrasyon dağılımı ve rüzgar yönü haritaları incelendiğinde rüzgarların güney doğrultusundan gelerek dağlara çarpmasının ardından savrularak kuzey-doğu yönüne doğru döndüğü görülmektedir (Şekil 3-5, Şekil 3-7, Şekil 3-9). Topografik yüksekliklerin model sonuçlarına etkisi Bölüm 5'de detaylı olarak incelenecektir.

4. ARTAN METEOROLOJİK VERİLERİN CALPUFF MODEL SONUÇLARINA ETKİSİ

Hava kirliliğinde, kirleticilerin dağılımı büyük önem taşımaktadır. Dağılımı belirleyen faktörler; rüzgar, basınç, hava kütlesinin kararlılığı veya inversiyon olayı gibi meteorolojik koşullardır (Kara, 1991). Atmosferik kirleticilerin hava içerisinde dağılımı, izledikleri yol, maksimum seviyeye ulaştıkları zaman vb değerler, kirleticinin etkisi altında kaldığı atmosferik koşullara göre değişiklik göstermektedir.

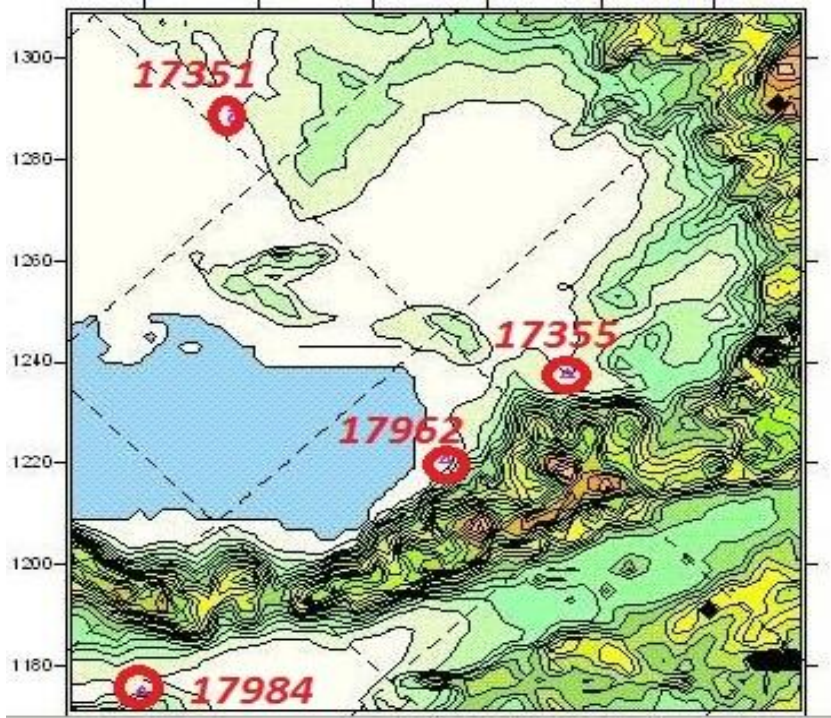
Hava kalitesi modelleme çalışmalarında kullanılan meteoroloji parametreleri sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü, nem, basınç vb. parametrelerdir. İklim koşullarını tayin eden sıcaklık, nem, yağış, basınç ve rüzgar gibi iklim elemanları ile şehir hava kalitesi arasında yakın bir ilişki vardır (Kopar vd., 2009). Sıcaklık, nem, yağış miktarı, dikey ve yatay hava akımları gibi meteorolojik koşulların hava kirliliği üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Eser vd.,1999).

CALPUFF modeli meteorolojik parametrelerin hesaplanmasında alt bir modülü olan CALMET modelini kullanmaktadır (Bölüm 2). Meteorolojik veri olarak rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, basınç, bağıl nem, karışım yüksekliği ve bulutluk parametrelerine ihtiyaç duyan model, bu verileri saatlik değerler olarak istemekte olup, kullanılan en az bir istasyon için bu verilerin tüm çalışma periyodunda tüm saatler için eksiksiz olmasını istemektedir. Ancak birden fazla istasyon olduğunda en az bir istasyonda tam olan veriler üzerinden yola çıkarak diğer istasyonlarda eksik olan verileri interpolasyon yardımıyla bulur. Model; yüzey istasyonunun yanı sıra çalışmak için en az bir üst seviye ölçümüne de ihtiyaç duymakta olup meteorolojik veriler noktasında oldukça hassas çalışmaktadır.

CALPUFF modelinin meteorolojik parametrelere karşı hassasiyeti ve bunun yanı sıra meteoroloji verilerinin kirletici dağılımları ve değerleri üzerinde etkisinin bilinmesi nedeniyle meteorolojik veri miktarı artırılarak farklı sayıda meteorolojik istasyon kullanılarak model sonuçları kıyaslanmak istenmiştir.

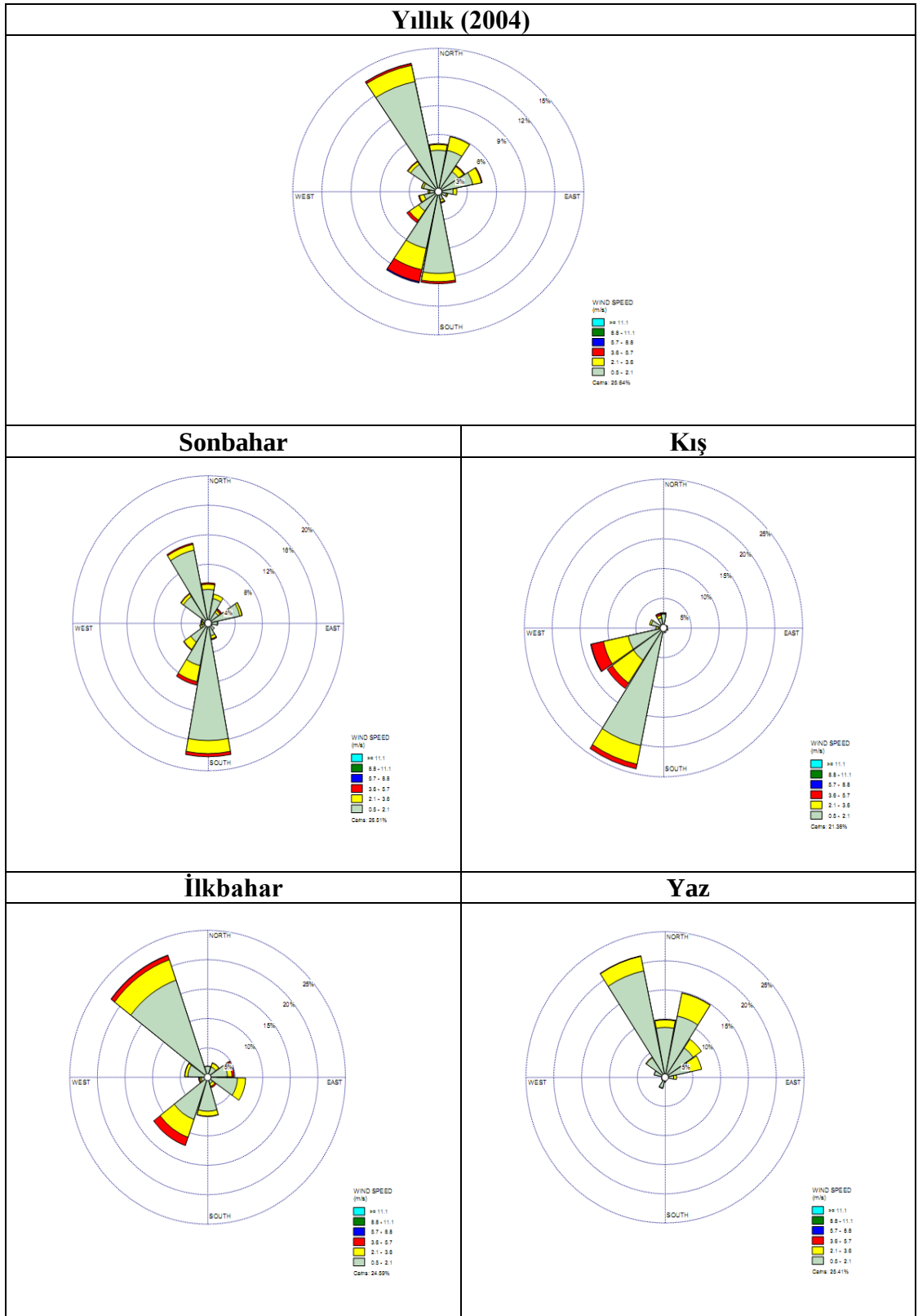
Kirletici dağılımlarının yönünü değiştireceği düşünülerek çalışma alanı içerisinde Egemer DGKÇ Santralini dört bir yandan çevreleyecek şekilde ilk kullanılan yüzey istasyonuna ek olarak üç adet yüzey istasyonu meteorolojik verileri modelleme çalışmasına eklenerek 130×140km alanda model çalıştırılmıştır. Meteoroloji istasyonları seçilirken kirletici kaynağın farklı yönlerinde yer alan istasyonların kullanılmasına dikkat edilmiştir. Bu sayede; kirleticinin dağılım hızını ve yönünü etkileyecek rüzgar hızı ve hakim yönü tek istasyon kullanılmasına oranla daha doğru bir şekilde tayin edilebilecek ve rüzgarın kirleticinin dağılımı üzerindeki etkisi gözlemlenebilecektir.

Modelleme çalışması kapsamında kullanılan tüm meteoroloji istasyonları harita üzerinde işaretlenmiş olup Şekil 4-1’de verilmiştir.

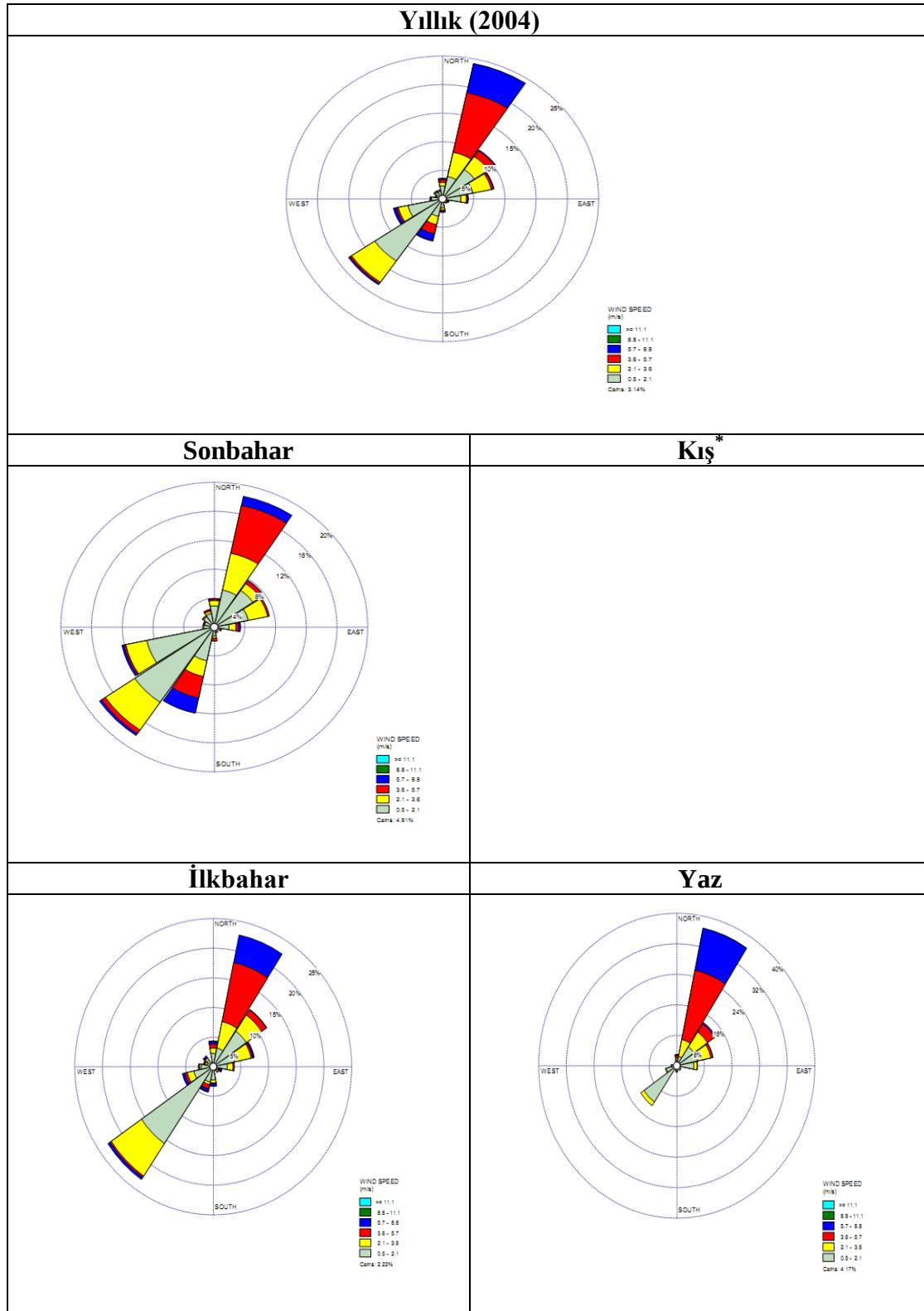


Şekil 4-1 : Modelleme çalışmasında kullanılan meteorolojik istasyonlar.

Model sonuçlarına geçmeden önce ilk kullanılan istasyona artı olarak eklenmiş diğer üç yüzey istasyonu için rüzgar dağılımları incelenmiştir (Şekil 4-2, 4-3 ve 4-4).

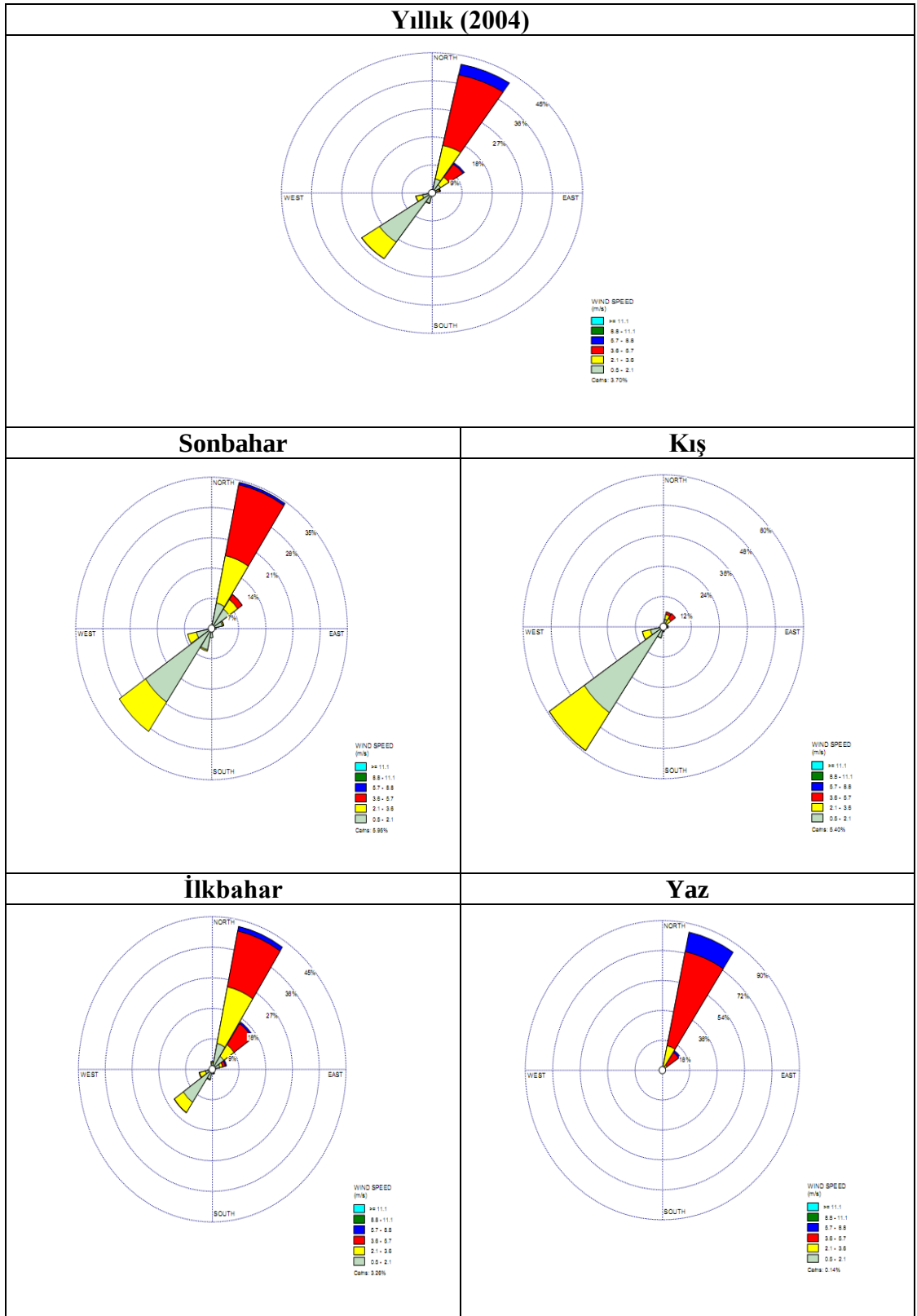


Şekil 4-2 : Adana (17351) istasyonuna ait yıllık ve mevsimsel rüzgar diyagramları.



Şekil 4-3 : Osmaniye (17355) istasyonuna ait yıllık ve mevsimsel rüzgar diyagramları

*kış ayında ölçüm istasyonunda rüzgar hızı ve yönü verisi mevcut değildir



Şekil 4-4 : Antakya (17984) istasyonuna ait yıllık ve mevsimsel rüzgar diyagramları.

Rüzgar hızı verileri incelendiğinde bu bölümde eklenen üç yüzey istasyonundaki rüzgar hızının ilk kullanılan istasyona göre çok daha hızlı olduğu görülmektedir. Hız da meydana gelecek bu artış kirleticilerin daha geniş bir alanda yayılmasına ve daha uzak bir noktada maksimuma ulaşmasının beklenmesine neden olmaktadır. Rüzgarlar kirleticilerin yatay doğrultudaki taşınması üzerine en tesirli meteorolojik parametrelerdir.

Elde edilen sonuçlar tek istasyon kullanıldığında elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış olup 130×140km için Çizelge 4-1 ve Çizelge 4-2’de sonuçlar karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4-1 : 130×140km’lik alan için KVD değerlerinin karşılaştırılması.

Aylar	NO ₂ KVD ⁽¹⁾ (µg /m ³)		SO ₂ KVD ⁽¹⁾ (µg /m ³)		PM ₁₀ KVD ⁽¹⁾ (µg /m ³)	
	V.1.0	V.1.1	V.1.0	V.1.1	V.1.0	V.1.1
Ocak	10.3301	11.5181	1.7703	1.9739	1.0334	1.1524
Şubat	16.3013	14.0380	2.7936	2.4057	1.6308	1.4045
Mart	18.6260	12.4343	3.1920	2.1309	1.8634	1.2440
Nisan	8.6107	9.6710	1.4757	1.6574	0.8614	0.9675
Mayıs	15.3937	7.5029	2.6210	1.2858	1.5300	0.7506
Haz.	8.2246	3.7702	1.4095	0.6461	0.8228	0.3772
Tem.	10.3669	8.8948	1.7766	1.0102	1.0371	0.5898
Ağu.	10.3607	3.7874	1.7756	0.6490	1.0365	0.3789
Eylül	20.7823	14.2722	3.5616	2.4459	2.0791	1.4279
Ekim	16.3834	15.2136	2.8077	2.6072	1.6390	1.5221
Kas.	6.6252	7.0531	1.1354	1.2087	0.6628	0.7056
Ara.	17.6848	18.2248	3.0307	3.1232	1.7693	1.8233

1:Maksimum değer

V.1.0 : 130×140km, 1 adet met.istasyonu

V.1.1 : 130×140km, 4adet met. istasyonu

Çizelge 4-2 : 130×140km’lik alan için UVD değerlerinin karşılaştırılması.

Aylar	NO ₂ UVD' ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		SO ₂ UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM ₁₀ UVD' ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	V.1.0	V.1.1	V.1.0	V.1.1	V.1.0	V.1.1
Ocak	0.0881	0.0882	0.0151	0.0151	0.088	0.0088
Şubat	0.0785	0.0692	0.0134	0.0119	0.0079	0.0069
Mart	0.0917	0.0764	0.0157	0.0131	0.0092	0.0076
Nisan	0.0716	0.0592	0.0123	0.0101	0.0072	0.0059
Mayıs	0.0708	0.0420	0.0121	0.0072	0.0071	0.0042
Haz.	0.0655	0.0296	0.0112	0.0051	0.0066	0.0030
Tem.	0.0699	0.0337	0.0120	0.0058	0.0070	0.0034
Agu.	0.0862	0.0322	0.0148	0.0055	0.0086	0.0032
Eylül	0.0901	0.0622	0.0154	0.0107	0.0090	0.0062
Ekim	0.0910	0.0748	0.0156	0.0128	0.0091	0.0075
Kas.	0.0809	0.0670	0.0139	0.4918	0.0081	0.0067
Ara.	0.0827	0.0706	0.0142	0.0121	0.0083	0.0071

V.1.0 : 130×140km, 1 adet met.istasyonu

V.1.1 : 130×140km, 4adet met. istasyonu

Sonuçlar incelendiğin tüm kirletici parametreler için bir adet meteoroloji istasyonu ve dört adet meteoroloji istasyonu kullanıldığında hem UVD, hem de KVD değerlerinde kayda değer değişiklikler olduğu görülmektedir. Bu değişiklik yılın farklı aylarına göre artan ya da azalan şeklinde olup, o aya ait rüzgar, sıcaklık vb. parametreler kirliliğin artmasında ya da azalmasında etkindir.

Aşağıda Çizelge 4-3’de; dört adet istasyon kullanıldığında elde edilen sonuçların tek istasyon kullanıldığında elde edilen sonuçlara göre oransal olarak nasıl değiştiği gösterilmiştir.

Çizelge 4-3 : Dört adet meteorolojik istasyon kullanıldığında elde edilen sonuçların tek istasyona göre kıyaslanması (%).

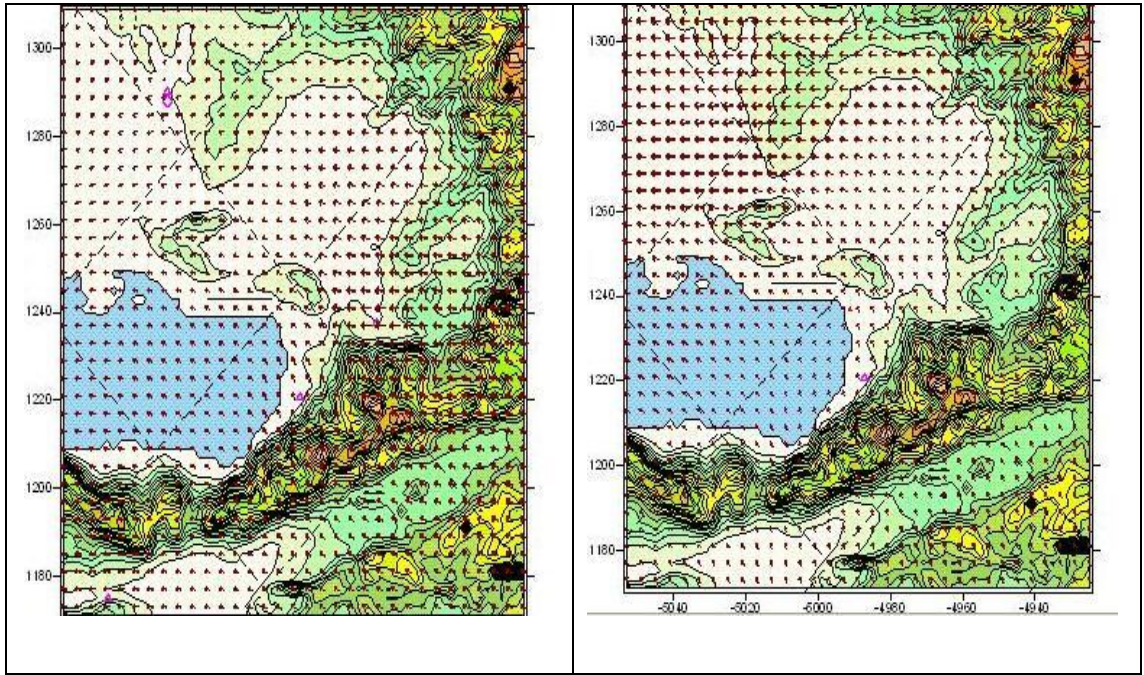
Aylar	NO ₂ UVD' ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		SO ₂ UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM ₁₀ UVD' ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	UVD	KVD	UVD	KVD	UVD	KVD
Ocak	+0.11	+10.31	0.00	+10.31	-900.00	+10.32
Şubat	-13.43	-16.12	-12.60	-16.12	-14.49	-16.11
Mart	-20.03	-49.79	-19.85	-49.79	-21.05	-49.79
Nisan	-20.95	+10.96	-21.78	+10.96	-22.03	+10.96
Mayıs	-68.57	-105.17	-68.05	-103.84	-69.05	-103.84
Haziran	-121.28	-118.15	-119.61	-118.15	-120	-118.34
Temmuz	-107.42	-16.55	-106.90	-75.86	-105.88	-75.84
Ağustos	-167.70	-173.55	-169.09	-173.59	-168.75	-173.55
Eylül	-44.85	-45.61	-43.93	-45.61	-45.17	-45.61
Ekim	-21.66	-7.69	-21.87	-7.69	-21.33	-7.68
Kasım	-20.75	+6.07	97.17	+6.07	-20.90	+6.07
Aralık	-17.14	+2.96	-17.36	+2.96	-16.90	+2.96

Genel olarak bakıldığında ise; dört adet istasyon kullanıldığında erişilen konsantrasyon değerleri tek adet istasyon kullanıldığında erişilen konsantrasyon değerlerinin altındadır. Artan rüzgar hızına bağlı olarak kirleticinin atmosferde daha çok karışması ve buna bağlı olarak yer seviyesinde neden olacağı kirleticiler konsantrasyonunun da düşük olması beklenir. Çünkü artan rüzgar hızı ile kirleticilerin taşınımı ve seyrelmesi daha çok olmaktadır. Rüzgar hızının artmasıyla konsantrasyon seviyelerinin azalması beklenir (Erbaşlar vd.,2007).

Tüm kirleticiler için dört adet istasyon kullanıldığında ölçülen maksimum konsantrasyon değeri 17 Aralık tarihinde ölçülmüş olup, NO₂, SO₂ ve PM₁₀ kirleticileri için sırasıyla 18.2248 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3.1232 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 1.8233 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup bu konsantrasyonlara kirleticiler kaynağın 12.65 km ötesinde kuzey yönünde rastlanmaktadır. Bölüm 3'de de belirtildiği üzere tek istasyon kullanımında ise

maksimum değerler 15 Eylül tarihinde ve yine sırasıyla $20.7823\mu\text{g}/\text{m}^3$, $3.5616\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $2.6791\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kirletici kaynağından 5.6 km kuzeydoğusunda ölçülmüştür. 17 Aralık tarihinde ise maksimum konsantrasyon değerine 6.3 km kuzeydoğu yönünde rastlanmaktadır.

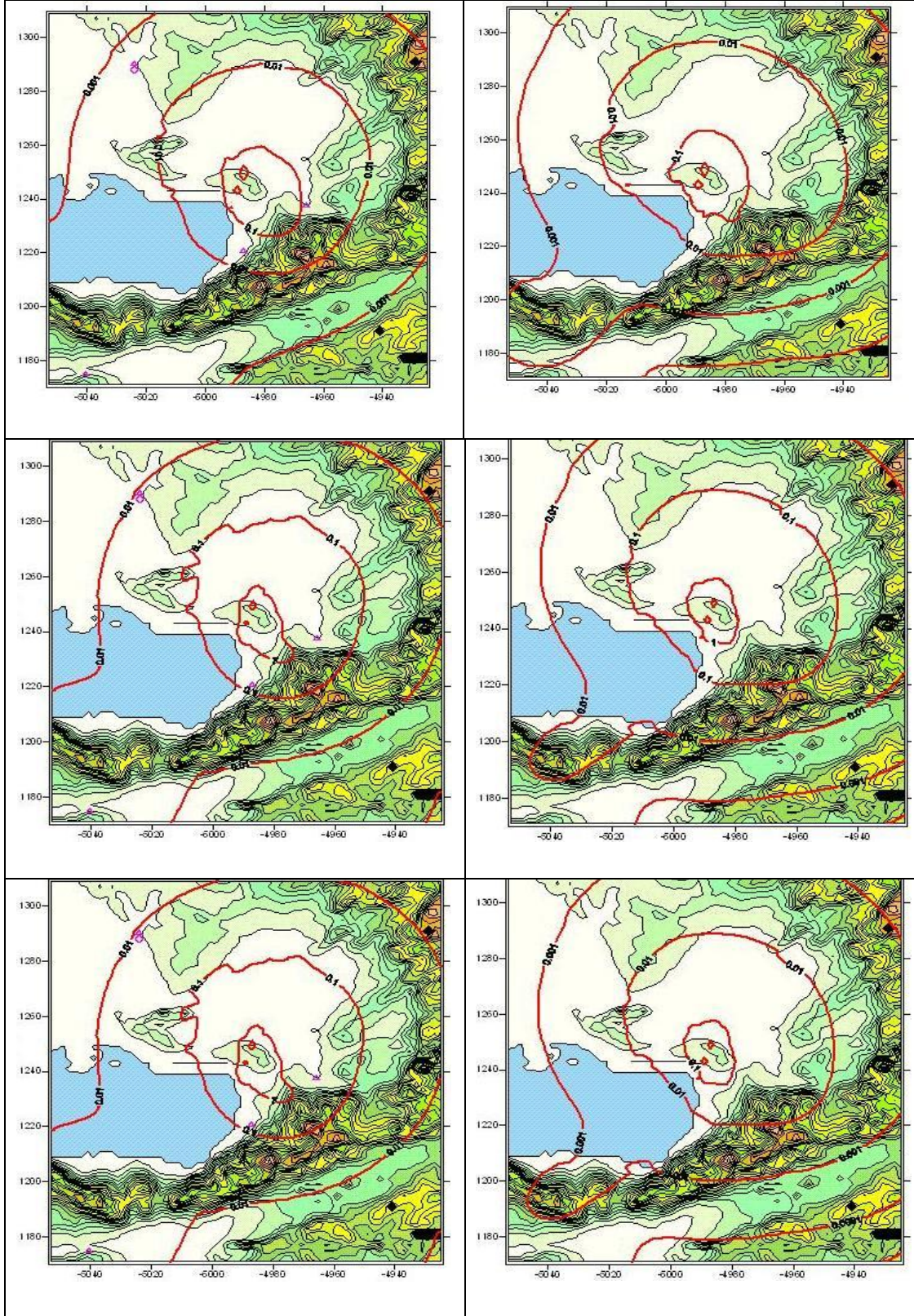
Dört adet istasyon ile ölçülen maksimum konsantrasyon değerinin ölçüldüğü güne ait rüzgar dağılım haritası aşağıda Şekil 4-5’de verilmiştir. Ayrıca bu güne ait konsantrasyon dağılım haritası, o güne ait tek istasyonla belirlenen konsantrasyon dağılım haritası ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4-6’da verilmiştir.



Şekil 4-5 : 17 Aralık 2004 tarihine ait rüzgar dağılım haritaları (soldan sağa 4 istasyon -1 istasyon) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Karşılaştırmalı olarak konsantrasyon dağılım haritalarını incelediğimizde fazla sayıda meteorolojik istasyon kullanımının kirleticinin dağılım yönünü çok az miktarda etkilediği, fakat kirleticinin maksimum konsantrasyona eriştiği noktaları etkileyerek değiştirdiği görülmektedir. Şekil 4-6 incelendiğinde her üç kirletici için de kirletici dağılımları aynı yönde olup, eş konsantrasyon eğri noktaları kirletici kaynağa göre farklı mesafelerde olmuştur.

İklim koşullarını tayin eden sıcaklık, nem, yağış, basınç ve rüzgar gibi iklim elemanları ile şehir hava kalitesi arasında yakın bir ilişki vardır (Kopar vd., 2009).



Modelleme çalışmasına eklenen üç adet yüzey istasyonu ile birlikte bölgede daha önce belirlenen iklim koşullarında farklılıklar meydana gelmesi beklenen bir durumdur. Sıcaklık, nem, yağış miktarı, dikey ve yatay hava akımları gibi meteorolojik koşulların hava kirliliği üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Eser vd.,1999).

Rüzgarların esme hızı ve hakim yönü, şehir üzerinde yoğunlaşan kirli havanın uzaklaştırılması bakımından son derece önemli bir faktördür (Türkeş, 1996). Model sonuçları incelendiğinde kirlilik konsantrasyonunda artış olan dönemlerin rüzgar hızının daha düşük olduğu dönemler olduğu görülmüştür. Rüzgar hızının arttığı durumlarda konsantrasyonun azalması beklenen bir durumdur.

Meteorolojik koşullara bağlı olarak kirletici konsantrasyonlarındaki değişim farklı meteorolojik parametrelere bağlı olarak farklı yöndedir. Kirletici konsantrasyonların sıcaklık ve rüzgar hızı ile ters, basınç ve nem ile doğru orantılı olarak değişimi beklenmektedir (Erbaşlar vd., 2007).

Yapılan bir çalışmada; tek tek kirletici konsantrasyonlar üzerinde tek istasyon ve birden fazla istasyon kullanıldığında değerlerdeki değişim oranı incelenmiş olup, tüm kirleticiler için aynı oranlarda olmadığı görülmektedir. Örneğin Erbaşlar ve Taşdemir (2007) tarafından bazı hava kirleticilerin meteorolojik parametrelerle ilişkilendirilmesi ile ilgili bir çalışma yapılmış ve SO₂ ve PM₁₀ kirleticilerinin çeşitli meteorolojik faktörlere bağlı değişimi incelenmiştir. Çalışma sonucunda PM₁₀ kirleticisinin meteorolojik parametrelere bağlı değişimi daha düşük korelasyon değerleri vermiştir. Yine Beyazıt ve Bali (1996) tarafından Sivas'ta hava kirliliği ile meteorolojik parametreler arasında ilişki belirlenmeye çalışılmış ve SO₂'nin sıcaklık ve nispi neme bağlı değişiminin eksponansiyel model, partikül madde miktarının sıcaklığa bağlı değişiminin lineer regresyon model, nispi neme bağlı değişiminin eksponansiyel regresyon model ile en yüksek korelasyon değerleri verdiği görülmüştür.

5. ARAZİ KULLANIMI VE TOPOGRAFİK YÜKSEKLİK VERİLERİNİN MODEL SONUÇLARINA ETKİSİ

CALPUFF modelinin çalıştırılabilmesi için gerekli girdi dosyalarından biri de geo.dat olup, geo.dat dosyası arazi kullanımı ve topografik yükseklikler ile ilgili veri içermektedir. CALPUFF model programı için olmazsa olmaz parametrelerden ikisi olan arazi kullanım değerleri ve topografik yüksekliklerin hassas çalışmalarla belirlenmesi önem arz etmektedir.

Herhangi bir bölgenin topografik yapısı, hava hareketlerinde ve dolayısıyla bacalardan çıkan kirleticilerin atmosfere dağılmasında etkili olur. Topografik şekiller atmosferde türbülans oluşumunda önemli bir faktör olup, türbülans da kirleticilerin atmosferde yayılımını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Model alanı olarak seçilen bölgenin topografik özellikleri, orada oluşacak hava kirliliğinin derecesini ve kirli havanın yerleşim birimi üzerindeki kalış süresini etkilemektedir.

Wahab ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada seçilen bir tesis için SO₂ konsantrasyon değerleri CALPUFF modeli ve alınan gerçek ölçüm sonuçları ile kıyaslanmış ve model sonucu ile ölçüm sonucunun birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Model sonuçlarının farklı olmasında neden olarak arazi kullanım verilerinin yeterli çözünürlükte olmadığı görülmüş olup, yüksek çözünürlüklü arazi kullanım verileri ve mekana özgü meteorolojik veriler kullanılarak aradaki farkın giderilebileceği öngörülmüştür. Bu yaklaşımdan yola çıkarak arazi kullanımı ve topografik yükseklik verilerinin model sonuçlarında değişikliğe neden olabileceği düşünülmüş ve sırasıyla EGEMER DGKÇ Santrali için 130×140km’lik alanda en yüksek konsantrasyon sonucunun görüldüğü aralık ayında;

1. Topografik yükseklik verileri sıfır alınarak
2. Arazi kullanımı tek tip alınarak (yalnız şehir)
3. Topografik yükseklik sıfır ve arazi kullanımı tek tip (şehir) alınarak

CALPUFF modeli yardımıyla SO₂, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Aşağıda Çizelge 5-1’de arazi kullanımı ve yükseklik verilerinin konsantrasyon sonuçlarına etkisi karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 5-1 : Arazi kullanımı ve yükseklik verisinin model sonuçlarına etkisi.

Aralık	V.1.1	V.4.0	V.4.1	V.4.2
SO₂ (24 Saatlik) (µg /m³)				
UVD	0.0121	0.0103	0.0165	0.0158
KVD⁽¹⁾	3.1232	1.6456	4.5457	4.5487
NO₂ (24 Saatlik) (µg /m³)				
UVD	0.0706	0.0598	0.0964	0.0919
KVD⁽¹⁾	18.2248	9.6022	26.5245	26.5421
PM₁₀ (24 Saatlik) (µg /m³)				
UVD	0.0071	0.0060	0.0096	0.0092
KVD⁽¹⁾	1.8233	0.9607	2.6537	2.6554

1: Maksimum günlük ortalama değer

V.1.1 : 130×140km, haziran ayı, 4 adet met.istasyon, arazi kullanımı çeşitli, topografik yükseklikler mevcut.

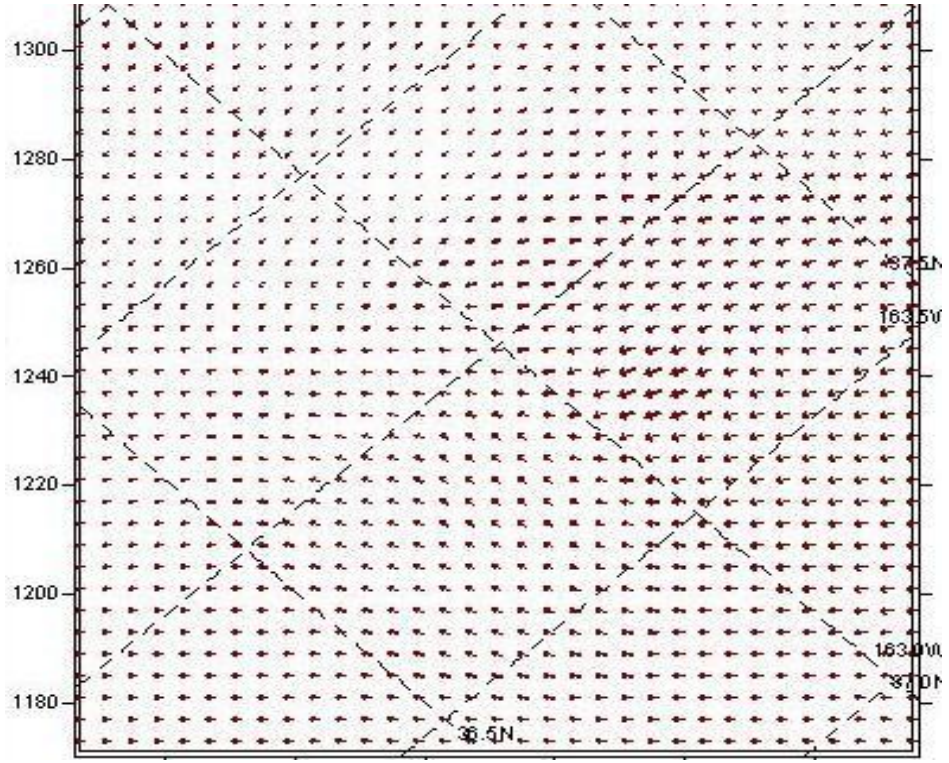
V.4.0 : 130×140km, haziran ayı, 4 adet met.istasyon, arazi kullanımı çeşitli, topografik yükseklikler sıfır.

V.4.1 : 130×140km, haziran ayı, 4 adet met.istasyon, arazi kullanımı tek tip, topografik yükseklikler mevcut.

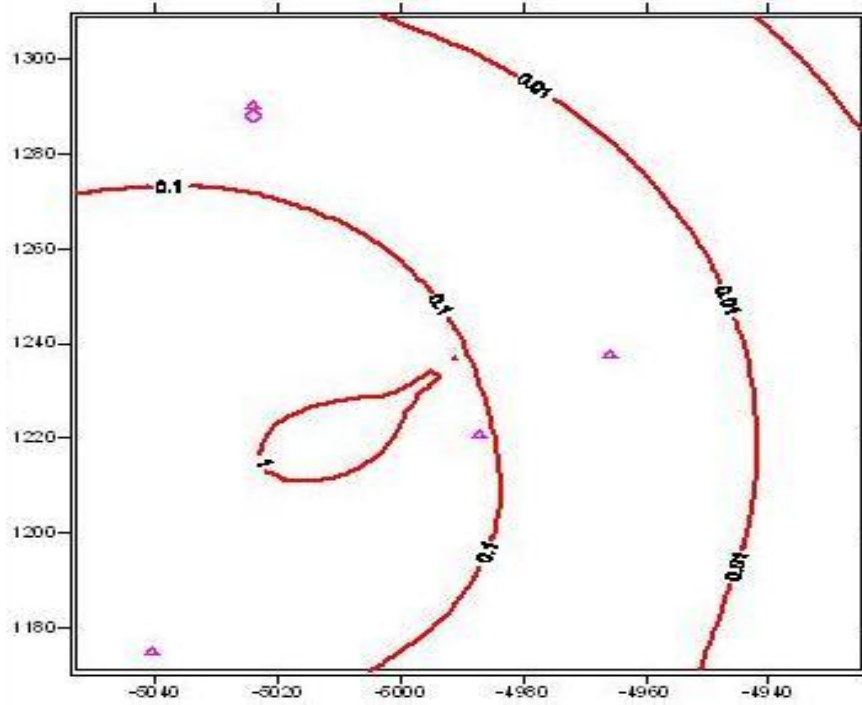
V.4.2 : 130×140km, haziran ayı, 4 adet met.istasyon, arazi kullanımı tek tip, topografik yükseklikler sıfır.

Model sonuçları incelendiğinde yükseklik verileri sıfır olarak alındığında (V.4.0) her üç kirletici için de hem UVD hem de KVD değerlerinde azalmalar olduğu görülmüştür. Bölgenin dağlık bir bölge olması da göz önünde bulundurularak bu azalmaya temel sebep olarak yükseklik verileri mevcut olduğunda kirleticilerin dağılırken dağlık alanla karşılaştığında dağılım hızının yavaşlaması ve meteorolojik verilere de bağlı olarak dağlık alana çarptıktan sonra ters yönde ilerlemeye devam etmesi olarak tanımlanabilir. Kirleticilerin yön değiştirip dağılmaya devam etmesi, kirleticilerin daha küçük bir alanda toplanmasına neden olmakta bu da ölçülen konsantrasyon değerlerinin ilk duruma oranla daha yüksek çıkmasını sağlamaktadır.

Topografik yükseklik verileri kullanılarak elde edilen model sonuçları incelendiğinde kirleticilerin maksimum konsantrasyona 17 Aralık tarihinde kirletici kaynaktan 12 km kuzey, 4 km doğu yönü noktasında ulaştığı belirtilmişti (Bölüm 4). Topografik yükseklik verileri sıfır olarak alındığında ise; maksimum konsantrasyona 27 Aralık tarihinde kaynağın 10 km batı, 10 km güney yönü doğrultusunda olduğu görülmüştür. 27 Aralık gününe ait rüzgar yönü dağılım haritası ve en yüksek kirletici konsantrasyonuna sahip NO₂ kirleticisi için konsantrasyon dağılım haritası verilmiştir (Şekil 5-1, Şekil 5-2).



Şekil 5-1 : 27 Aralık 2004 tarihine ait rüzgar yönü dağılım haritası ($\mu\text{g} /\text{m}^3$).

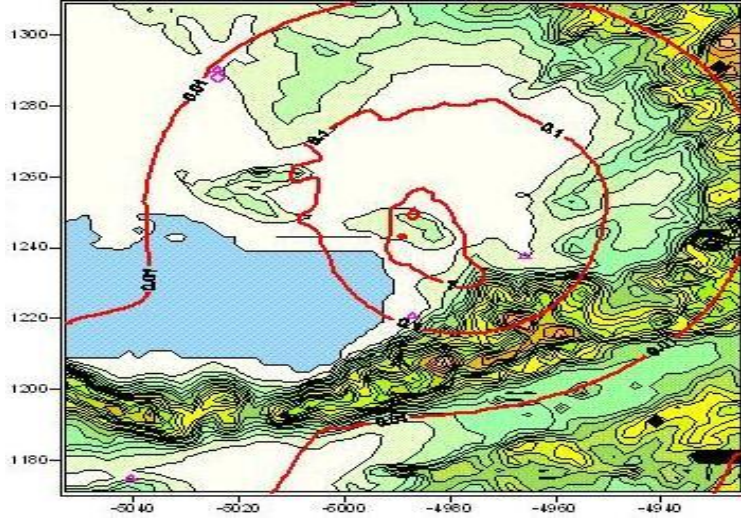


Şekil 5-2 : 27 Aralık tarihine ait 24 saatlik ortalama konsantrasyon dağılım haritası ($\mu\text{g} /\text{m}^3$).

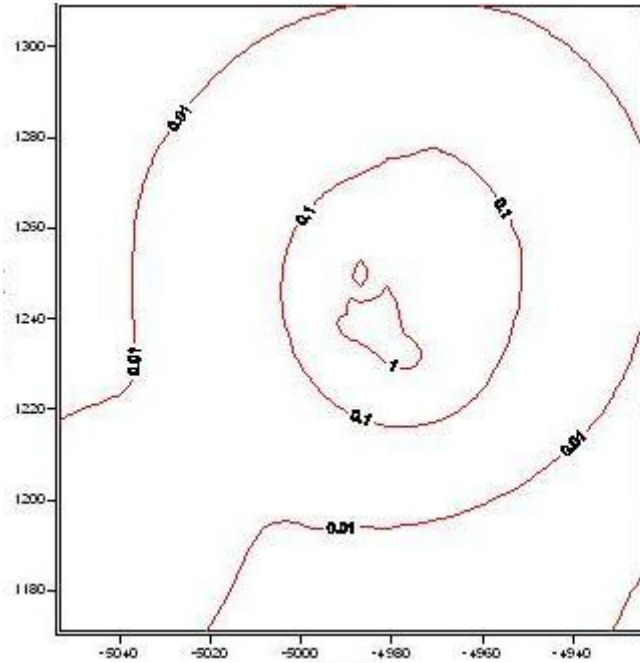
Topografik yüksekliklere bağlı olarak konsantrasyon dağılımının nasıl etkilendiğini görebilmek amacıyla topografik yükseklik verileri kullanıldığında maksimum güne

ulaşılan 17 Aralık tarihine ait konsantrasyon dağılım haritası ile topografik yükseklik verileri olmadığında aynı güne ait konsantrasyon dağılım haritası aşağıda şekil 5-3 'de verilmiştir.

V.2.0



V.4.0



şekil 5-3 : 17 Aralık tarihine ait NO₂ konsantrasyon dağılım haritaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

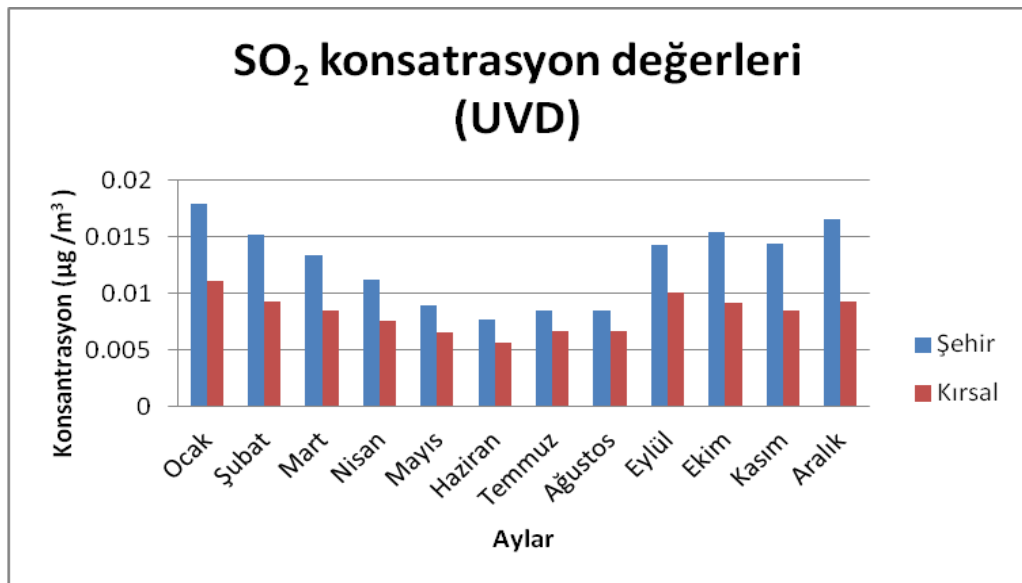
Arazi kullanım türüne bağlı olarak konsantrasyonlardaki değişim incelendiğinde ise çalışma alanına ait arazi kullanım kategorisini sadece şehir olarak ele aldığımızda hesaplanan konsantrasyon değerlerinin  kirletici trmz için de artış gösterdiği görülmektedir.

V.4.1 ve V.4.2 model uygulamalarına ait sonuçlar incelendiğinde, her iki çalışma için de kirletici konsantrasyon değerlerindeki değişim miktarının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

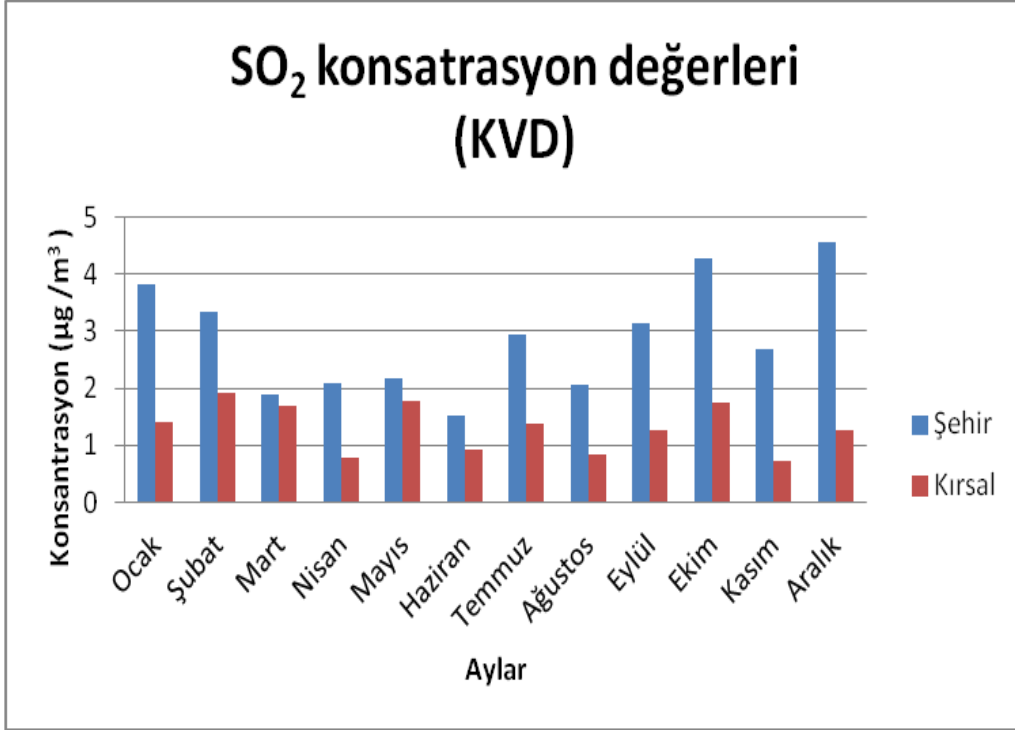
Arazi kullanım kategorisinin şehir olarak ele alınmasına bağlı olarak konsantrasyonlarında meydana gelebilecek olası değişimi daha anlaşılır kılmak amacıyla 130×140km’lik çalışma alanında arazi kullanım türü yalnız şehir ve yalnız kırsal alan olarak alınarak model yeniden çalıştırılmıştır. Model sonuçları ve bu konuyla ilgili detaylı bilgi Bölüm 5.1’de verilmiştir.

5.1 Arazi Kullanım Değeri Farklılıklarının Model Sonuçlarına Etkisi

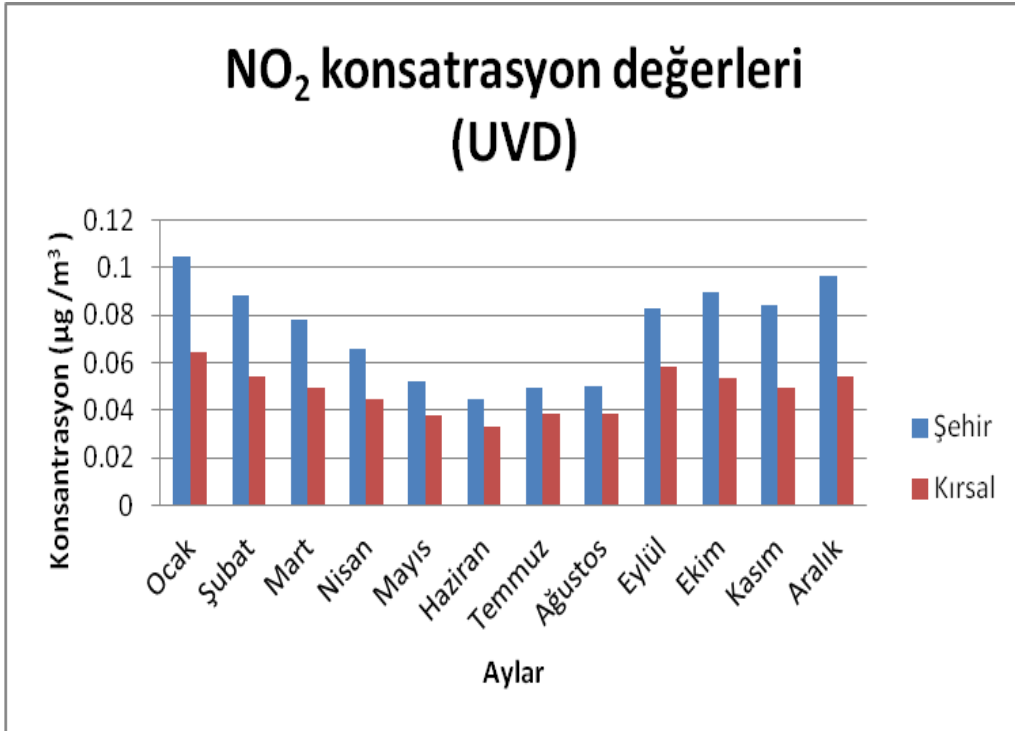
Arazi kullanımı ve topografik yükseklik verilerinin model sonuçlarına etkisinin görülebilmesi amacıyla, arazi kullanımı çeşitli ve tek tip (şehir) alınarak bir karşılaştırma yapılmaya çalışılmıştır. Arazi kullanımı çeşitli olarak alındığında bu çeşitli alan içerisinde “şehir” alanlarının miktarı, oranı ne olduğu bilinmediğinden, model sonuçlarına doğrudan etkinin belirlenebilmesi amacıyla arazi kullanım türünün emisyon dağılımına ve konsantrasyon değerlerine etkisinin daha net görülebilmesi amacıyla EGEMER DGKÇ Santrali’ne ait NO₂ ve PM₁₀ emisyonları yalnız şehir ve yalnız kırsal alan olarak 130×130 km’lik alanda iki farklı arazi kullanım türüne göre ayrı ayrı modellenmiş olup, sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmektedir (Şekil 5-4, Şekil 5-5, Şekil 5-6, Şekil 5-7, Şekil 5-8, Şekil 5-9).



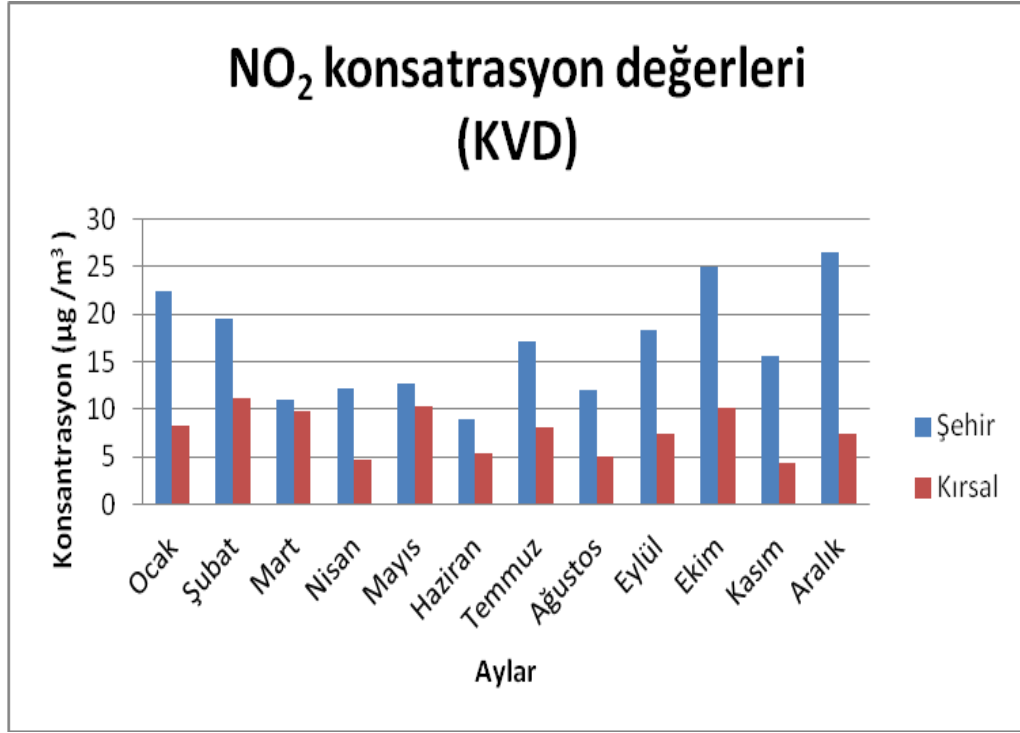
Şekil 5-4 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak SO₂ konsantrasyon değerleri (µg/m³) (UVD).



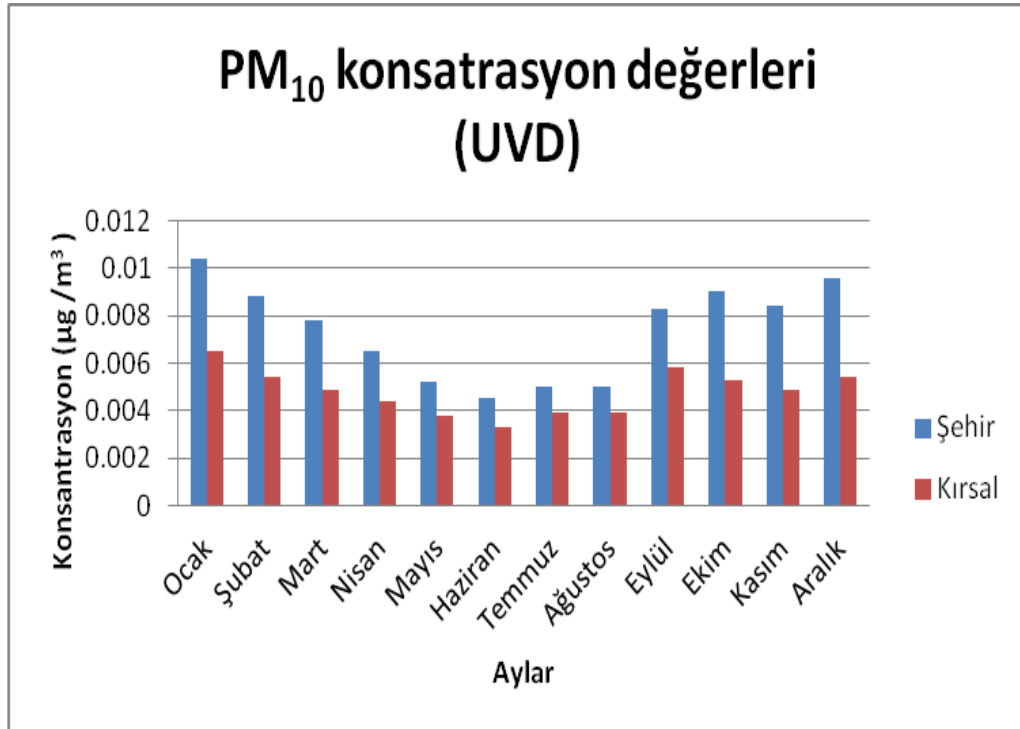
Şekil 5-5 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak SO₂ konsantrasyon değerleri (µg/m³) (KVD).



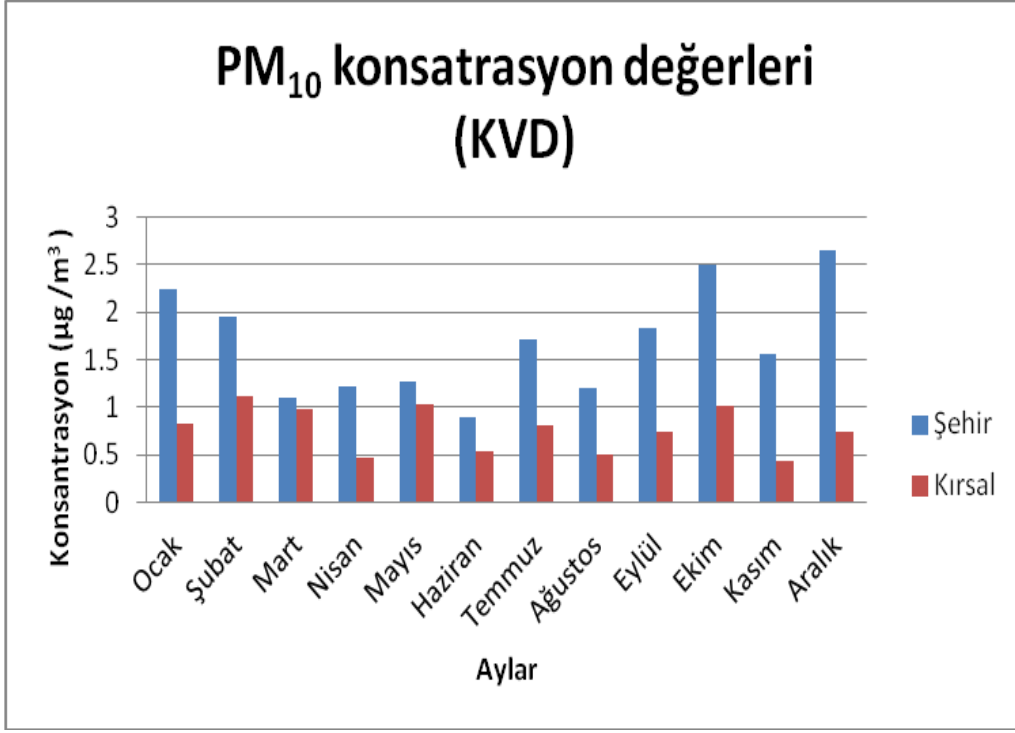
Şekil 5-6 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak NO₂ konsantrasyon değerleri (µg/m³) (UVD).



Şekil 5-7 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak NO₂ konsantrasyon değerleri (µg/m³) (KVD).



Şekil 5-8 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak PM₁₀ konsantrasyon değerleri (µg/m³) (UVD).



Şekil 5-9 : Arazi kullanım türüne bağlı olarak PM₁₀ konsantrasyon değerleri (µg/m³) (KVD).

Arazi kullanımının şehir ve kırsal alan olarak ele alındığında her üç kirletici için de elde edilen UVD ve KVD değerleri incelendiğinde hem UVD değerleri için hem KVD değerleri için arazi kullanımı şehir olarak ele alındığında elde edilen değerler arazi kullanımı kırsal olarak ele alındığında elde edilen değerlerden fazladır.

Arazi kullanımının tarımsal alandan şehirsal alana dönüşümü çevredeki meteorolojik durumu doğrudan etkiler. Etkilenen meteorolojik parametrelerin başında rüzgar ve stabilite sınıfı gelmektedir. Ahrens'e (2003) göre rüzgar, stabilite, inversiyon ve topografya hava kirliliğini doğrudan etkiler. Doğal ortam özellikleri kirliliğin kent atmosferinde kolayca birikmesine ya da dağılıp daha az zararlı hale gelmesine yardımcı olmaktadır (Özdemir, 2002). Sıcaklık, nem, yağış miktarı, dikey ve yatay hava akımları vb. meteorolojik koşulların hava kirliliği üzerinde etkisi vardır. Bu nedenle yerleşim merkezlerinin planlanmasında şehre hakim rüzgarların kesilmemesi amaçlanmalıdır (Eser vd., 1999). Rüzgarın hızını kesecek yüksek yapılar ve doğal engeller, rüzgar yönüne dik sokak ve caddeler hava kirliliğini arttırmaktadır (Şahin, 1989).

6. CALPUFF ve ISCST3 DAĞILIM MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tez çalışması kapsamında yapılması planlanan çalışmaların amaçlarından bir tanesi de ISCST3 modeli ile CALPUFF modelinin kıyaslanması olmuştur. Kıyas model için ISCST3 modelinin seçilmesinde etkin olan birçok parametre vardır. ISCST3 yakın alan analizleri için EPA tarafından onaylanmış düzenleyici modeldir (US.,EPA). Bunun yanı sıra daha az meteorolojik veriyle de çalışabilmesi, model alanı küçük yerlerde etkili olması gibi sebeplerden dolayı ülkemizde de yaygın olarak tercih edilen bir modeldir. Ülkemizde herhangi bir tesisin faaliyete başlaması için alması gereken ÇED Belgesi verilirken, tesisin hava kirliliğine olan etkisi incelenen parametrelerden olup, bu etki ISCST3 modeli kullanılarak belirlenmektedir.

Atımtay ve Kayım (1997) yaptıkları bir çalışmada Ankara şehrindeki hava kirliliğini hesaplamışlardır. Çalışmanın amacı ısınmadan kaynaklanan SO₂ emisyonlarının konsantrasyonlarının belirlenmesidir. SO₂ emisyonlarının hesaplanmasında ISCST2 modeli kullanılmıştır.

Abdul-Wahab (2002) tarafından OMAN sıvı doğalgaz depolama tesisinden kaynaklanan NO₂ emisyonlarının izin verilebilir seviyelerde olup olmadığını belirlemek amacıyla ISCST modelini kullanmış ve model sonuçlarını gerçek ölçüm değerleri ile kıyaslamıştır.

Zanetti (1983) Shaubia endüstri bölgesinde (Kuveyt) SO₂ konsantrasyon değerlerini belirlemek amacıyla ISCST ve farklı bir gauss dispersiyon modeli kullanmıştır.

Abdul Wahab (1999) aynı alanda ISCST modelinin performansını belirleyebilmek amacıyla modelde hesaplanan ve ölçüm yöntemiyle bulunan SO₂ konsantrasyonlarını karşılaştırmıştır.

Yine Abdul-Wahab ve arkadaşları tarafından (2002) seçilen bir rafineri istasyonunda SO₂ konsantrasyon değerleri ISCST model sonuçları ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

ISCST dünyada ve ülkemizde bu derece yaygın kullanılan bir model olmasına rağmen model sonuçlarının gerçek sonuçlara yakınlığı ile ilgili çalışmalar sıkça yapılmakta ve ISCST modelinin eksik yanları ortaya konulmaktadır.

Abdul Wahab (1999) tarafından yapılan bir çalışmada ISCST modeli yardımıyla modelde hesaplanan ve ölçüm yöntemiyle bulunan SO₂ emisyonları karşılaştırılmış ve ISCST model sonuçlarının ölçüm sonuçlarının oldukça altında değerler verdiği görülmüştür.

ISCST3 modeli kullanılarak Amerika'nın Lucas kentinde SO₂ emisyonları modellenmiştir. Çıkan sonuçlar ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında değerlerin gerçek değerlerin oldukça altında olduğu görülmüştür (Kumar vd.,1999).

Yine Abdul-Wahab (2002) tarafından yapılan başka bir çalışmada seçili tesisin emisyon değerlerinin yasal sınırlamalara uygunluğunun denetlenebilmesi amacıyla NO₂ kirleticisi için ISCST model sonuçları ve ölçüm sonuçları karşılaştırılmış model sonuçlarının ölçüm sonuçlarına göre çok daha az değerler verdiği görülmüştür.

ISCST modelinin belli başlı eksiklerinin keşfedilmesiyle birlikte ISCST modeli kullanımı yerini yeni geliştirilen modellere bırakmış olup CALPUFF dispersiyon modeli de bu modellerden biridir.

Williams havzasında kirletici miktarı ve dağılımın görülebilmesi amacıyla 45×41 km'lik bir çalışma alanında SO₂, NO₂ ve PM₁₀ kirleticileri CALPUFF dispersiyon modeli yardımıyla hesaplanmıştır (Ostermann vd.,2004).

Deltaport projesi kapsamında yapılan başka bir çalışmada ise; 30×30 km'lik çalışma alanı seçilerek 250 metre ızgara boyutlarıyla CALPUFF modeli çalıştırılmış ve SO₂ ve NO₂ kirleticileri modellenmiştir.

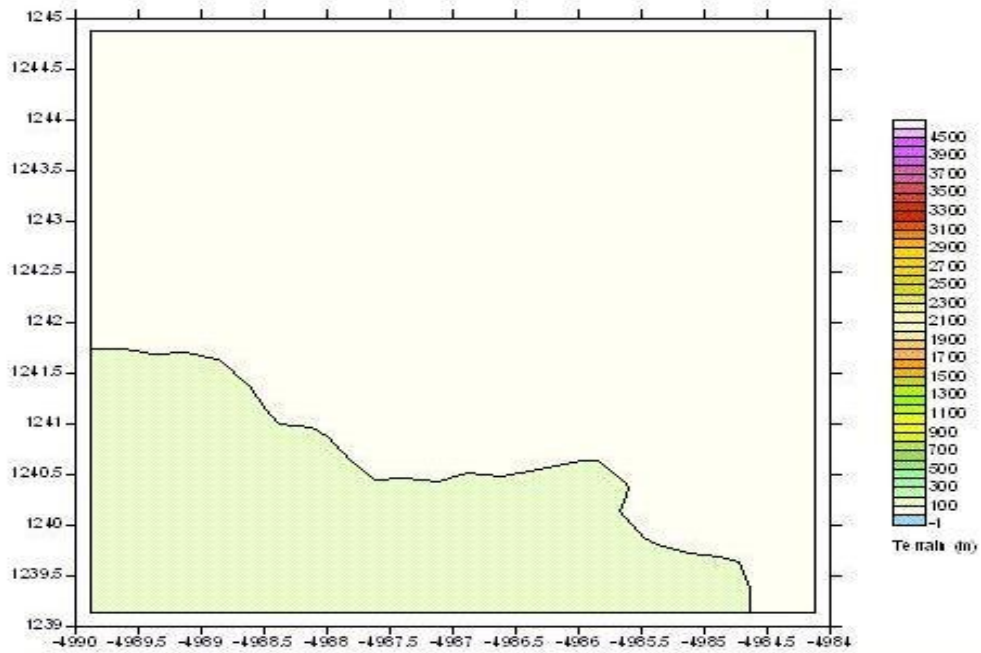
Elbir (2003) tarafından yapılan bir çalışmada CALPUFF dispersiyon modeli yardımıyla İzmir'de endüstriden ve ısınmadan kaynaklanan SO₂ kirleticisi konsantrasyon değerleri hesaplanmış olup, model sonuçları ölçüm sonuçları ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda ölçüm değerleri ile model sonuçlarının karşılaştırmasında kabul edilebilir, yakın değerler elde edildiği gözlemlenmiştir.

Daha önce yapılan başka bir çalışmada EGEMER DGKÇ santralinden kaynaklanan NO₂ ve PM₁₀ kirleticileri ISCST3 modeli yardımıyla 6×6 km'lik alanda modellenmiştir. (EGEMER Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu, 2009). Model

alanı olarak 6×6km’lik bir alanın seçilmesinin temel nedeni; SKHKY’de modelleme yapılırken çalışma alanının mevcut bacalardan en uzun bacanın 50 katı uzunluğunda olacak şekilde alınmasının yeterli görülmesidir.

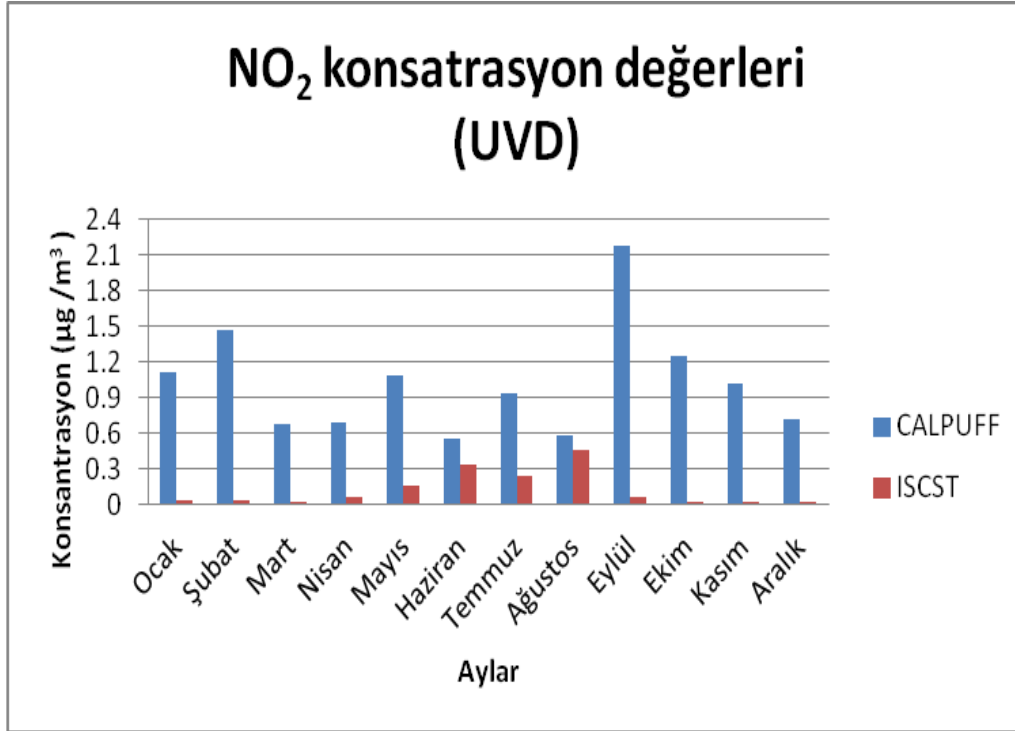
Mevcut modelleme çalışması 2004 yılı için yapılmış olup, çalışma alanı 250m’lik ızgara boyutlarıyla toplam 576 (24*24) adet ızgaradan oluşacak şekilde tasarlanmış ve modellenmiştir. Girdilerin uyumlu olması açısından, ISCST3 modelinin çalıştırıldığı koordinat bilgileri elde edilmiştir. Buna göre çalışma alanı koordinatı X= -4990.000; Y= 1239.000 olarak alınmıştır.

Modelde çalışma alanı arazi kullanım değerleri bölge için yalnız şehir olarak alındığından CALPUFF modelinde de o şekilde alınmıştır. Buna göre; aşağıda Şekil 6-1’de topografik yükseklik haritası verilmiştir. Arazi kullanımı sadece “şehir” olarak alındığından arazi kullanım sınıfı haritasına yer verilmemiştir.

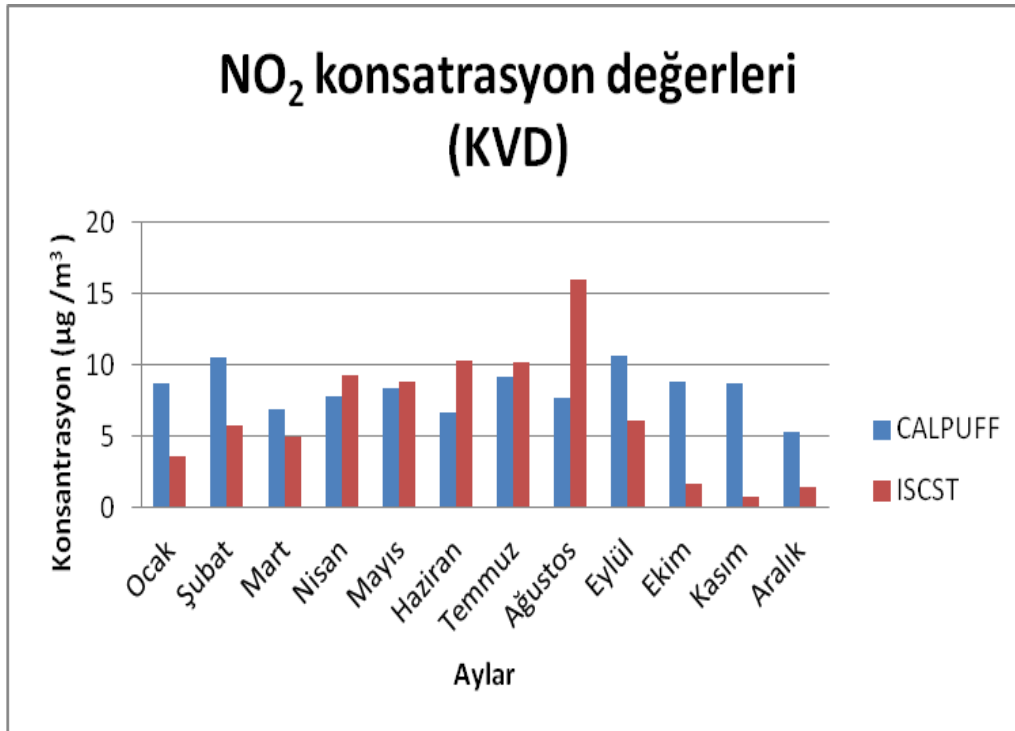


Şekil 6-1 : 6×6km’lik alan için topografik yükseklik haritası.

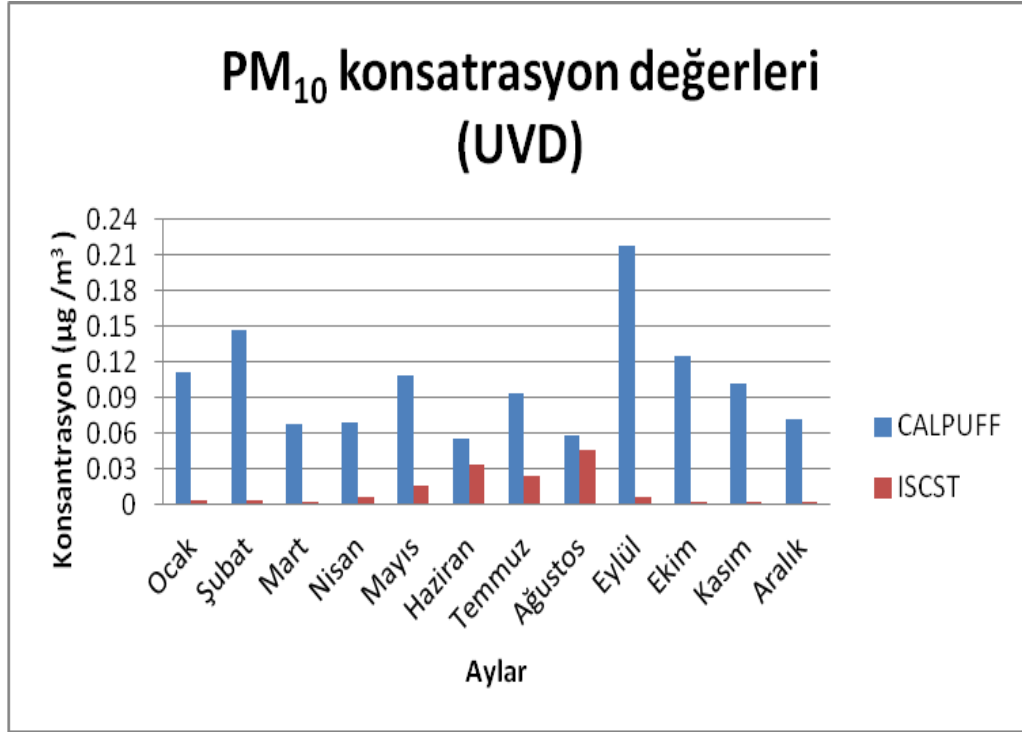
Her iki model kullanılarak elde edilen NO₂ ve PM₁₀ kirletici konsantrasyonlarının birbiri ile kıyaslanarak modeller arasındaki benzerlik ve farklılıklar incelenmiş olup sırasıyla Çizelge 6-1 ve 6-2’de NO₂ ve PM₁₀ kirleticilerine ait UVD ve KVD değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



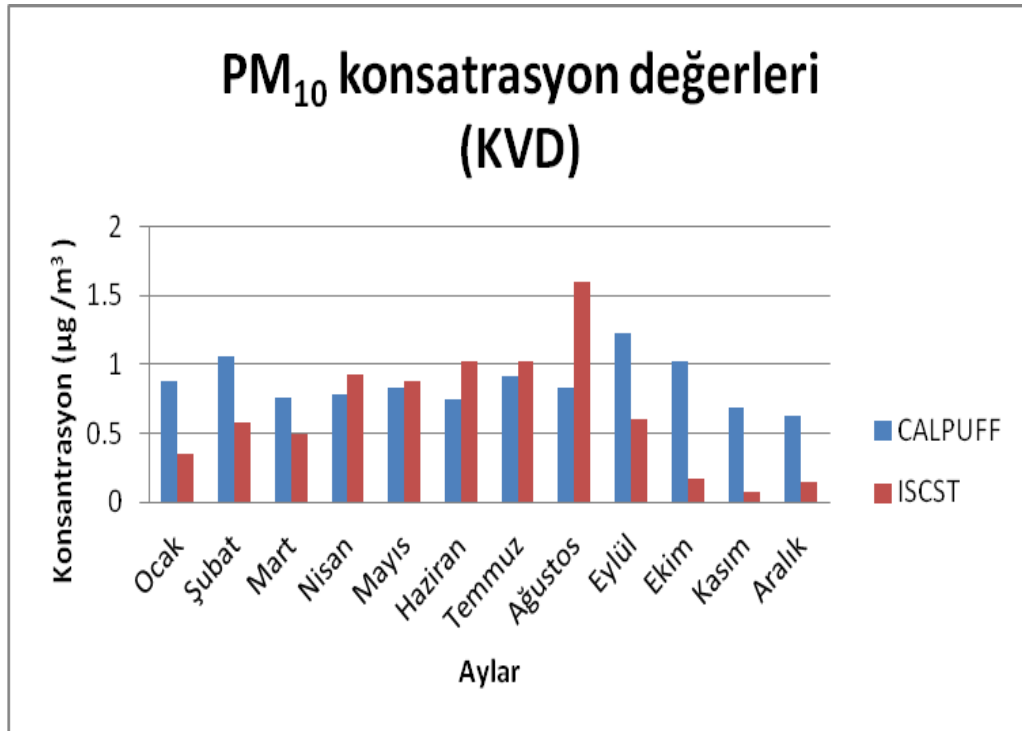
Şekil 6-2 : CALPUFF ve ISCST3 modelinde ölçülen NO₂ konsantrasyon değerleri (µg /m³) (UVD).



Şekil 6-3 : CALPUFF ve ISCST3 modelinde ölçülen NO₂ konsantrasyon değerleri (µg /m³) (KVD).



Şekil 6-4 : CALPUFF ve ISCST3 modelinde ölçülen PM₁₀ konsantrasyon değerleri (µg /m³) (UVD).



Şekil 6-5 : CALPUFF ve ISCST3 modelinde ölçülen PM₁₀ konsantrasyon değerleri (µg /m³) (KVD).

Hem NO₂ hem de PM₁₀ kirleticisi için aylık uzun vadeli değerler (UVD) CALPUFF ve ISCST3 modeli için kıyaslandığında her iki model sonucunda da değerler SKHKKY’de 2012 yılı için belirtilen sınır değerleri aşmamakta ve CALPUFF modeli ISCST3 model sonuçlarına oranla kayda değer miktarda yüksek sonuçlar vermektedir (Şekil 6-2, Şekil 6-3, Şekil 6-4, Şekil 6-5).

Bilindiği üzere tez çalışması kapsamında güvenli tarafta kalabilmek amacıyla KVD değerleri hesaplanırken maksimum konsantrasyonlar esas alınmıştır. CALPUFF modeli yardımıyla 6×6 km’lik alanda yapılan modelleme çalışmasında elde edilen maksimum konsantrasyon değerlerine bakıldığında değerlerde ciddi pikler olduğu görülmüş olup 6×6 km’lik alanda CALPUFF modeli yardımıyla yapılan çalışmada KVD değerleri “değerler büyükten küçüğe sıralandığında maksimum değerlerin %95’ine tekabül eden değerler” olarak alınmıştır. CALPUFF modeli yardımıyla yapılan çalışmalar incelendiğinde modelin küçük alanlarda maksimum konsantrasyonda pikler yaptığı görülmüştür.

Huiling CUI ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada CALPUFF modelinin kompleks arazi kullanımının olduğu bölgelerde güvenilirliği değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı; model alanı geniş yerlerde veya dar alanlarda fakat uzun süreli emisyonların hesaplanmasında doğru sonuçlar verdiği bilinen CALPUFF modelinin kısa süreli (short-term) emisyonlarının kompleks arazi yapısına sahip bir yerde modellenerek hesaplanması ve ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmasıdır. CALPUFF modelinden elde edilen sonuçlar ile ölçüm sonuçları ortalaması karşılaştırıldığında modelin gerçek ölçüm sonuçlarına oldukça yakın değerler verdiği görülmüştür. Kısa menzilli alanlarda CALPUFF modeli ile hesaplanan pik konsantrasyon değerlerine bakıldığında ise elde edilen değerlerin ölçüm sonuçlarının oldukça üstünde olduğu görülmüştür. Bunun temel nedeninin CALPUFF modelinin uzun menzilli ve kısa menzilli ama uzun süreli ortalama dağılımı simüle etmede iyi bir performansa sahip olması ve kısa vadeli, kısa menzilli uygulamalarda özellikle karmaşık arazi yapısına sahip bölgelerde bazı belirsizliklerin fazlalığıdır. Karmaşık arazi bölgesinde konsantrasyon değişiklikleri keskin alanlar şeklinde olabilir ve bu değişim kısa menzilli alanda bir çok kez olabileceği için dağılım modelleri bu değişimi proses etmede güçlük yaşar (Cui, 2011).

Çalışma kapsamında Bu nedenle KVD değeri hesaplanırken maksimum değerlerin %95’ine tekabül eden değer alınmıştır. ISCST3 ve CALPUFF modelinden elde

edilen KVD sonuçlarına bakıldığında ise genel olarak CALPUFF modelinden elde edilen KVD değerleri ISCST3 model sonuçlarına göre daha fazladır.

CALPUFF modeli ile ISCST3 modeli karşılaştırıldığında genel olarak aralarında oluşan konsantrasyon farklılıkları kirleticinin nasıl taşındığı ve nasıl yayıldığına bağlı olarak farklılaşmaktadır (EPA, 1998).

Meteorolojik parametreler kirleticilerin taşınımını ve yayılımını etkileyen önemli faktörlerden biridir. CALPUFF modeli; ISCST3 modelinden farklı olarak en az bir üst meteorolojik istasyon verilerine de ihtiyaç duymaktadır. Bu sebepten kullanılan yüzey meteoroloji istasyonuna ek olarak bir adet radyosonda istasyonu da modelleme aşamasında kullanılmıştır. Kullanılan radyosonda istasyonu verilerinin de katkısıyla CALPUFF modelini daha ayrıntılı meteorolojik veri kullandığı için gerçeğe daha yakın sonuçlar vermesi beklenmektedir. Keza; CALPUFF modelinin çalışabilmesi için ISCST3 modelinden farklı olarak modellenecek süre içerisinde en az bir istasyondaki tüm verilerin tam olması gerekmektedir (Scire vd., 2000).

CALPUFF rüzgar hızına bağlı olarak kirleticinin yatay taşınımına sınır koyabilirken ISCST3 modelinde böyle bir limit söz konusu değildir. Rüzgar yönünden sakin hava koşullarında CALPUFF kirletici dağılımını hesaplama metodolojisiyle gerçekleştirmeye devam etmesine rağmen ISCST3 modelinde rüzgar hızı 1 m/s ve daha az olduğunda keyfi konsantrasyon dağılımları görülür (EPA,1998). Buna ek olarak CALPUFF rüzgar değişimleri ve iptalleri sırasında ve sonrasında önceden yayılmış “puff” dağılımını izlemeye devam ederken ISCST3 modeli sadece o saatteki dağılım ile ilgilenir.

EPA tarafından CALPUFF ve ISCST3 modelinin karşılaştırılması amacıyla hazırlanan rapor verilerine göre; ISCST3 ve CALPUFF modellerinin her ne kadar kararlı halde aynı konsantrasyon sonuçlarını üretmesi beklense de değişken durumlu bir ortamda CALPUFF modelinin ISCST3 modeline oranla daha yüksek konsantrasyon sonuçlarına eriştiği görülmüştür (EPA,1998).

İklim özellikleri karşısında gösterdikleri hassasiyet bu iki model arasında farklılıklar oluşmasına neden olsa da, CALPUFF ve ISCST3 modeli arasındaki en büyük temel fark CALPUFF modelinin kirleticilerin taşınımını hesaplarken saatlik meteorolojik koşullara göre oluşturduğu “puff” ları birbirine ekleyerek devam eden (continuous) bir dağılım oluşturabilmesidir.

CALPUFF modeli ISCST3 ve AERMOD modeliyle kıyaslandığında özellikle meteoroloji verilerinin simülasyonu ve kompleks arazi kullanımlı alanlarda gösterdiği performans bakımından daha gerçekçi sonuçlar verdiği söylenebilir (Carper, 2003).

ISCST3 modeli arazi yapısı ile ilgili hesaplamalar için herhangi bir ayar yapabilmek özelliğine sahip değildir. CALPUFF modeline baktığımızda ise; CALMET modülü yardımıyla arazi kinematik etkileri, eğim akışları vb. hesaplamalar için gerekli ayarlar yapılabilir.

CALPUFF ve ISCST3 modelinin karşılaştırılması amacıyla yapılan çalışmalar incelendiğinde ise; Wang ve arkadaşları tarafından kaynak emisyon oranları CALPUFF ve ISCST3 modeli ile belirlenmeye çalışılmış ve bu değerler gerçek ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda CALPUFF modelinin aynı emisyon değerleri ve meteorolojik verilerle ISCST3 modeline oranla daha yüksek ve ölçüm sonuçlarına daha yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Wang vd., 2006).

Wahab ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada SO₂ konsantrasyon değerleri CALPUFF, ISCST3 ve gerçek ölçüm sonuçları ile kıyaslanmıştır. Değerler incelendiğinde CALPUFF modelinin ISCST3 modelinden daha iyi sonuçlar verdiği fakat CALPUFF tarafından bulunan değerler ile ölçülen değerlerin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Bu farkın yüksek çözünürlüklü arazi kullanım verileri ve mekana özgü meteorolojik veriler kullanılarak giderilebileceği öngörülmüştür. (Wahab vd.,2010).

2003 yılında Fisher ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise bir petrol rafinerisinden kaynaklanan SO₂ emisyonları ISCST3, AERMOD ve CALPUFF programları yardımıyla modellenmiştir. Model sonuçları incelendiğinde CALPUFF dispersiyon modelinin diğer iki modele kıyasla daha güvenilir olduğu neticesine varılmıştır (Fisher vd., 2003).

Tayanç ve Bercin tarafından CALPUFF modeli yardımıyla İzmit'te yapılan bir çalışmada SO₂ emisyon dağılımı modellenmiş olup konsantrasyon sonuçları sekiz farklı istasyondan ölçülmüş sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Değerler incelendiğinde aynı alıcı noktalar için modelin yakın sonuçlar verdiği görülmüş ve model sonuçlarının ISCST3 modeline oranla daha doğru olduğu görülmüştür. Bu çalışma karmaşık topografik ve meteorolojik koşullara sahip bir bölge için yapılmıştır.

Gerek EPA tarafından CALPUFF ve ISCST3 modelinin karşılaştırılması ile ilgili yapılan çalışmalar ve yayınlanan raporlar, gerek bu konuda yayınlanmış çeşitli makaleler incelendiğinde CALPUFF modelinin ISCST3 modeline oranla daha yüksek sonuçlar verdiği ve güvenilirlik anlamında verilen sonuçların doğruya yakın sonuçlar olduğu görülmüştür.

7. BİRDEN FAZLA NOKTASAL KAYNAĞIN HAVA KALİTESİNE KÜMÜLATİF ETKİSİNİN CALPUFF MODELİ İLE BELİRLENMESİ

Kirlilik kaynaklarının tespiti, etkin hava kalitesi yönetiminin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Ülkemizde hava kalitesinin korunması ve kontrolü ile ilgili düzenlemeler Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve Hava Kalitesi Değerlendirme Yönetmeliği hükümlerine göre yapılmaktadır. SKHKKY’de yeni kurulacak tesisler için hava kalitesine etkisinin belirlenebilmesi amacıyla yapılması gereken çalışmalar belirtilmiş, hali hazırda mevcut olan tesisler için ise kirleticileri izleme ve değerlendirme periyotları kaynak türüne göre ayrı ayrı belirlenip belirtilmiştir.

Yasal mevzuat uyarınca yeni kurulacak bir tesis için faaliyete başlamadan önce ÇED ile ilgili bir karar alınması zorunludur (ÇED Olumlu Kararı, ÇED Gerekli Değildir Kararı veya ÇED Kapsam Dışı Yazısı). ÇED raporu kapsamında, yapılacak olan tesisin hava kirliliğine etkisi de incelenen parametrelerden biri olup bu bölümde SKHKKY hükümlerine göre tesis baca boyu esas alınarak birim olarak alanı belirlenen çalışma alanında modelleme çalışması yapılmaktadır. Modelleme sonuçlarına göre elde edilen değerler SKHKKY’nde belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elde edilen değerlerin sınır değerlerin altında olması durumunda tesisin kurulması hava kalitesi yönünden sakıncalı bulunmamaktadır.

Bu çalışmalar yapılırken sadece kurulması planlanan tesis tek bir noktasal kirletici kaynak olarak ele alınmakta ve hava kalitesine etkisi diğer kirletici kaynaklar göz önünde bulundurulmadan hesaplanıp uygunluğuyla ilgili karara varılabilmektedir. Oysaki tesis etkisinin tek başına değerlendirilmesi gerçekçi olmamaktadır. Çünkü tesisin kurulacağı bölgedeki hava kalitesi zaten içinde barındırdığı diğer fabrikalar gibi noktasal kaynaklar, trafik vb. alan kaynakları ve yine ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklanan kirleticilere bağlı olarak belli bir düzeydedir ve tesisin tek başına hesaplanan hava kalitesine etkisi, diğer kirleticiler göz önünde bulundurularak hesaplanan değerden farklı olacaktır.

Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı araştırmamızın bu kısmında önceden sadece kurulması planlanan Egemer DGKÇ santrali emisyonlarının modellenmesinin (Bölüm 3) yanı sıra çalışma alanında (Hatay, Adana, İskenderun, Şekil 2.1) yer alan diğer kayda değer noktasal kirletici kaynakları da modellemeye katılarak kümülatif etki belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma, artan enerji ihtiyacı karşısında bölgede ciddi yatırımlar yapılmış ve yapılmakta olduğu için önem arz etmektedir. Çalışma alanımız içerisinde şu an faaliyet halinde, ÇED sürecini tamamlamış ya da başvuru sürecinde olan belli başlı sanayi tesisleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 7-1).

Çalışma alanında yer alan belli başlı demir-çelik endüstrisi tesislerinden üretim kapasitesi en yüksek olan İskenderun Demir Çelik (İSDEMİR, Kapasite: 5 300 000 ton, üretim: 4 092 320 ton) tesisi örnek olarak modellemeye katılmak üzere seçilmiştir. Yanı sıra, bölgede ÇED sürecini tamamlayarak EPDK lisansını almış, şu an bölgede faaliyet gösteren Su Gözü Termik Santrali (İSKEN, 1210 MW) de örnek olarak modellemeye katılmak üzere seçilmiştir.

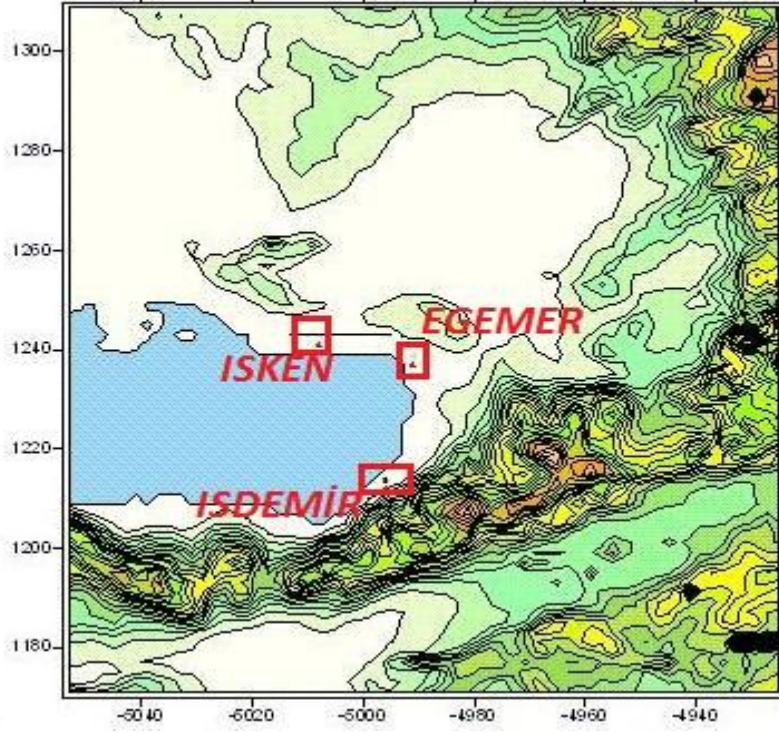
Aşağıda verilen model sonuçları EGEMER DGKÇ Santrali emisyonlarının yanı sıra İSDEMİR tesisi ve İSKEN Termik Santrali emisyonlarını da kullanılarak elde edilmiş olup, ayrı ayrı tüm aylar için Egemer, İSDEMİR ve İSKEN tesisleri emisyonları kullanılarak kirletici dağılımları incelenmiş ve bu kaynakların çalışma alanındaki hava kalitesine kümülatif etkisi modellenmiştir. Bu kaynakların çalışma alanı içerisindeki konumları Şekil 7-1’de verilmiştir.

Seçilen tesislerden İSDEMİR için verilen baca sayısı 43 olup, SO₂, NO₂ ve PM emisyonlarının %90’ını içeren on baca emisyonları (Çizelge 7-2) modelleme çalışmasında kullanılmak üzere seçilmiştir (İSDEMİR Environmental Status Report, 2005).

Seçilen diğer kaynak olan İSKEN Termik Santrali için ise emisyon değerleri doğrudan elde edilememiş olup santralin kurulu gücü kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7-1 : Model alanı içerisinde yer alan ve yer alması planlanan bazı tesislerin listesi.

	No	Firma Adı	Adresi	Kapasitesi
DEMİR-ÇELİK FİRMALARI	1	Ekinciler Demir Çelik ve Sanayi A.Ş.	Organize Sanayi Bölgesi PK:240 31200 İSKENDERUN	HAM ÇELİK (2011) Kapasite: 1.000.000 ton Üretim: 824.696 ton
	2	İSDEMİR	İskenderun	HAM ÇELİK (2011) Kapasite: 5.300.000 ton Üretim: 4.092.320 ton
	3	Nursan Metalurji A.Ş.	Payas Organize Sanayi Bölgesi No:3, 31900 Payas-HATAY	HAM ÇELİK (2011) Kapasite: 1.200.000 ton Üretim: 1.056.921 ton
	4	Platinum Demir Çelik A.Ş.	Organize San. Böl. 118-5 Ada Toprakkale-OSMANİYE	HAM ÇELİK (2011) Kapasite: 200.000 ton Üretim: 65.338 ton
	5	Tosçelik Profil ve Toz Endüstrisi A.Ş.	Organize Sanayi Bölgesi Sarıseki - İSKENDERUN - HATAY	HAM ÇELİK (2011) Kapasite: 2.000.000 ton Üretim: 1.570.187 ton
	6	Yazıcı Demir Çelik San. Ve Tic. A.Ş.	Organize Sanayi Bölgesi P.K.61, 31200 Sarıseki-İSKENDERUN	HAM ÇELİK (2011) Kapasite: 1.000.000 ton Üretim: 1.060.406 ton
	7	Yolbulan Baştuğ Metalurji San. A.Ş.	Osmaniye Organize Sanayi Bölgesi - Toprakkale - OSMANİYE	HAM ÇELİK (2011) Kapasite: 2.000.000 ton Üretim: 1.433.482 ton
YÜRÜRLÜK TE OLAN LİSANSLAR	8	Atlas Enerji Üretim A.Ş.	Hatay-İSKENDERUN	Termik-Kömür / 1200 MW
	9	ISKEN	İskenderun	Termik-Diğer / 1210 MW
UYGUN BULUNAN LİSANS BAŞVURUSU	10	Selena Elektrik Üretim A.Ş.	Erzin - Hatay	Termik - Kömür / 936 MW
ÇED BAŞVURUSU YAPANLAR	11	Sanko Yumurtalık Termik Santral Projesi	Yumurtalık-Adana	Termik-Kömür / 650 MW



Şekil 7-1 : Modelleme kullanılan tesisler ve konumları.

Bu tesislere ait emisyon bilgileri aşağıda Çizelge 7-2’de verilmiştir.

Çizelge 7-2 : Modellemede kullanılan emisyon kaynakları ve değerleri.

Tesis Adı	Kaynak Sayısı	CO (kg/sa)	SO ₂ (kg/sa)	NO ₂ (kg/sa)	PM (kg/sa)
EGEMER	1	431.8	37.0	215.9	21.6 (baca) 29.7(soğutma kulesi)
ISKEN	1	-	1545.83	2511.97	193.22
ISDEMİR	1	485.79	120.97	42.99	1.68
	2	647.59	125.90	42.48	2.44
	3	552.58	167.36	61.34	5.59
	4	636.61	62.73	33.08	1.22
	5	-	-	-	2.95
	6	22162.99	9153.35	376.41	6.67
	7	-	-	-	24.99
	8	-	-	-	4.59
	9	-	-	-	5.13
	10	4.8103	88.44	15.51	1.01

7.1 EGEMER, İSKEN, İSDEMİR Tesislerinin Hava Kalitesine Etkileri

Her bir tesis tek başına 2004 yılı meteorolojik verileri kullanılarak CALPUFF modeli ile modellenmiş olup, kümülatif etkiyi incelemek için yaz mevsimi seçilmiştir. SO₂, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyon değerleri karşılaştırmalı çizelgeler halinde verilmiştir (Çizelge 7-3).

Çizelge 7-3 : Yaz mevsimine ait günlük maksimum SO₂, NO₂ ve PM₁₀, konsantrasyon değerleri.

SO ₂				
(24 saatlik) (µg /m ³)	V.1.1	V.3.1	V.3.0	V.3.3
HAZİRAN				
UVD	0.0051	0.3135	2.4593	2.7778
KVD	0.6461	46.7934	618.2634	618.6096
TEMMUZ				
UVD	0.0058	0.3590	2.7967	3.1615
KVD	1.0102	47.6818	693.1867	693.3823
AĞUSTOS				
UVD	0.0107	0.3697	2.9497	3.3249
KVD	0.6490	40.8887	741.0417	741.5538
NO ₂				
(24 saatlik) (µg /m ³)	V.1.1	V.3.1	V.3.0	V.3.3
HAZİRAN				
UVD	0.0296	0.5094	0.1570	0.6960
KVD	3.7702	76.0415	39.6842	76.1201
TEMMUZ				
UVD	0.0337	0.5835	0.1758	0.7929
KVD	5.8948	77.4852	43.8157	77.4852
AGUSTOS				
UVD	0.0322	0.6008	0.1872	0.8202
KVD	3.7874	66.4462	46.5191	66.4462
PM10				
(24 saatlik) (µg /m ³)	V.1.1	V.3.1	V.3.0	V.3.3
HAZİRAN				
UVD	0.0030	0.0392	0.0217	0.0638
KVD	0.3772	5.8493	6.5137	6.5206
TEMMUZ				
UVD	0.0034	0.0449	0.0242	0.0724
KVD	0.5897	5.9604	12.0682	12.1011
AGUSTOS				
UVD	0.0032	0.0462	0.0261	0.0755
KVD	0.3789	5.1112	9.7688	9.7753

V.1.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER

V.3.0 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, İSDEMİR

V.3.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, İSKEN

V.3.3 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER-İSDEMİR-İSKEN

Kirletici kaynakların tek başına ve diğer kaynaklarla bir arada modellenmesi sonucu elde edilen konsantrasyon değerlerinin karşılaştırılması ve yorumlanmasına geçmeden önce üç tesisten ayrı ayrı oluşan kirletici konsantrasyonlarına bakıldığında İSDEMİR'e (V.3.0) ait değerlerin SKHKKY'nde 2012 yılı için belirtilmiş sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Öncelikle modelleme çalışmasında kullanılmak üzere elde edilen İSDEMİR emisyon bilgilerinin 2005 yılına ait veriler olduğu hatırlanmalıdır. İSDEMİR'e ait 2006-2007 Sürdürülebilirlik Raporu incelendiğinde yüksek fırınlarda yenileme işlemi gerçekleştirilmiş olup verimlilik seviyesi arttırılmıştır (İSDEMİR Sürdürülebilirlik Raporu, 2006). Ayrıca 2011 yılı faaliyet raporu incelendiğinde ERDEMİR Grubu şirketlerinin çevre performansı ile örnek gösterilen tesisler arasında yer aldığı görülmektedir (Erdemir Faaliyet Raporu, 2011). Bütün bu gelişmeler göz önünde bulundurularak İSDEMİR tesisine ait kirletici emisyon değerleri güvenli tarafta kalmak amacıyla %50 azaltılarak modelleme çalışması yenilenmiştir. Elde edilen konsantrasyon sonuçları aşağıda verilmiştir.

Model sonuçları incelendiğinde; İSDEMİR'e ait SO₂ konsantrasyon değerlerinin yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin az miktarda üzerinde olduğu görülmektedir. Emisyon değerlerinin tahmini olarak %50 azaldığı göz önünde bulundurulduğunda ve bu azalma oranı belirlenirken seçilen teknoloji, kullanılan yakıt içeriğindeki değişim vb. parametrelerin göz önünde bulundurulmadığı düşünüldüğünde emisyon değerindeki artışın %50'den fazla olması beklenebilir.

Konsantrasyon sonuçları incelendiğinde üç adet kirletici kaynağın bir arada modellendiği durumda elde edilen UVD değerlerinin, ayrı ayrı üç kaynağın modellenmesi sonucu elde edilen UVD değerlerinin toplamı olduğu görülmüştür. Bu beklenen bir durum olmakla birlikte tek başına sınır değer altında olan bir tesisin diğer kirleticiler eklendiğinde sınır değer üzerine çıkma durumunun olduğunun göstergesidir.

KVD değerleri incelendiğinde ise; üç adet kirletici kaynağın bir arada modellendiği durumda elde edilen KVD değeri, ayrı ayrı üç kaynağın modellenmesi sonucu elde edilen KVD değerlerinden maksimum değere yakındır.

Çizelge 7-4 : Yaz mevsimine ait günlük maksimum SO₂, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyon değerleri.

SO ₂				
(24 saatlik) (µg /m ³)	V.1.1	V.3.1	V.3.0.a	V.3.3.a
HAZİRAN				
UVD	0.0051	0.3135	1.2314	1.5499
KVD	0.6461	46.7934	309.5661	309.9122
TEMMUZ				
UVD	0.0058	0.3590	1.4002	1.7650
KVD	1.0102	47.6818	347.0597	347.2552
AĞUSTOS				
UVD	0.0107	0.3697	1.4769	1.8521
KVD	0.6490	40.8887	371.0107	371.5226
NO ₂				
(24 saatlik) (µg /m ³)	V.1.1	V.3.1	V.3.0.a	V.3.3.a
HAZİRAN				
UVD	0.0296	0.5094	0.0784	0.6174
KVD	3.7702	76.0415	19.8166	76.1006
TEMMUZ				
UVD	0.0337	0.5835	0.0878	0.7049
KVD	5.8948	77.4852	21.8805	77.4852
AGUSTOS				
UVD	0.0322	0.6008	0.0935	0.7265
KVD	3.7874	66.4462	23.2309	66.4462
PM ₁₀				
(24 saatlik) (µg /m ³)	V.1.1	V.3.1	V.3.0.a	V.3.3.a
HAZİRAN				
UVD	0.0030	0.0392	0.0108	0.0530
KVD	0.3772	5.8493	3.2570	5.8682
TEMMUZ				
UVD	0.0034	0.0449	0.0121	0.0603
KVD	0.5897	5.9604	6.0343	6.0672
AGUSTOS				
UVD	0.0032	0.0462	0.0130	0.0625
KVD	0.3789	5.1112	4.8847	5.1112

V.1.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER

V.3.0.a : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, İSDEMİR,emisyon değerleri %50 azaltılmış

V.3.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, İSKEN

V.3.3.a : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER-İSDEMİR (emisyon deg. %50 azaltılmış) –İSKEN

7.2 EGEMER ve İSKEN Tesislerinin Hava Kalitesine Etkisi

Bir önceki bölümde, EGEMER, İSKEN ve İSDEMİR tesislerine ait emisyonlar bir arada modellenmiş olup sonuçlar verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere İSDEMİR firmasının konsantrasyon değerleri oldukça yüksek olduğundan toplam kümülatif etki de İSDEMİR konsantrasyonlarının neredeyse birebir aynısı olmuştur.

Bu nedenle kirleticilerin ayrı ayrı ve kümülatif etkilerinin nasıl değiştiğinin daha net anlaşılabilmesi amacıyla kütleli kirletici debileri birbirine yakın olan EGEMER ve İSDEMİR'in emisyon değerleri bir arada modellenmiş ve sonuçlar ilgili başlık altında sırasıyla karşılaştırmalı olarak çizelgelerle sunulmuştur.

a) SO₂ için;

Kirleticilerin kümülatif etkisinin daha net anlaşılabilmesi amacıyla aşağıda Çizelge 7-5'de UVD ve KVD değerleri için ayrı ayrı EGEMER, İSKEN ve İSKEN + EGEMER'den kaynaklanan kirleticilerin emisyon değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 7-5 : Egemer, İsken, Egemer-İsken için kısa vadeli SO₂ değerleri (µg/m³).

Aylar	V.1.1	V.3.1	V.3.2	V.1.1	V.3.1	V.3.2
	KVD ⁽¹⁾			UVD		
Ocak	1.9739	16.6376	16.6377	0.0151	0.3168	0.3319
Şubat	2.4058	25.1649	25.3181	0.0119	0.2999	0.3117
Mart	2.1309	19.3876	19.4358	0.0131	0.3839	0.3970
Nisan	1.6574	24.6717	24.6811	0.0101	0.3409	0.3511
Mayıs	1.2858	38.2548	38.2565	0.0072	0.3132	0.3511
Haziran	0.6461	46.7934	618.2634	0.0051	0.3135	0.3204
Temmuz	1.0102	47.6818	693.1867	0.0058	0.3590	0.3648
Ağustos	0.6491	40.8887	741.0417	0.0055	0.3697	0.3752
Eylül	2.4459	36.9126	36.9128	0.0107	0.4406	0.4512
Ekim	2.6072	30.9296	31.014	0.0128	0.4167	0.4295
Kasım	1.2087	19.8171	19.8368	0.4918	0.3013	0.3127
Aralık	1.8233	25.0445	25.1318	0.0121	0.2810	0.2931

1: Maksimum günlük ortalama değer

2: Sayısal değerler büyüklüğüne göre dizildiğinde, istatistik olarak tüm sonuçların %95'ine tekabül eden değer

V.1.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER

V.3.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, İSKEN

V.3.2 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER-İSKEN

b) NO₂ için;

Aşağıda Çizelge 7-6 ve 7-7’de sırasıyla NO₂ emisyonları için UVD ve KVD değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 7-6 : Egemer, İsken, Egemer-İsken için KVD değerlerinin karşılaştırılması (NO₂ için) (µg /m³).

Aylar	V.1.1	V.3.1	V.3.2	V.1.1	V.3.1	V.3.2
	KVD			UVD		
Ocak	11.5182	27.0369	27.0372	0.0882	0.5147	0.6030
Şubat	14.0380	40.8942	41.7881	0.0692	0.4873	0.5566
Mart	12.4343	31.5058	31.7873	0.0764	0.6238	0.7003
Nisan	9.6710	40.0928	40.1472	0.0592	0.5540	0.6132
Mayıs	7.5029	62.1659	62.1763	0.0420	0.5090	0.5510
Haziran	3.7702	76.0415	76.0812	0.0296	0.5094	0.5390
Temmuz	5.8948	77.4852	0.0775	0.0337	0.5835	0.6171
Ağustos	3.7874	66.4462	66.4462	0.0322	0.6008	0.6330
Eylül	14.2722	59.9847	59.9863	0.0622	0.7159	0.7782
Ekim	15.2136	50.2621	50.7546	0.0748	0.6771	0.7519
Kasım	7.0531	32.2037	32.3190	0.0670	0.4895	0.5566
Aralık	18.2248	40.6986	41.2078	0.0706	0.4566	0.5272

1: Maksimum günlük ortalama değer

2: Sayısal değerler büyüklüğüne göre dizildiğinde, istatistik olarak tüm sonuçların %95’ine tekabül eden değer

V.1.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER

V.3.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, İSKEN

V.3.2 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER-İSKEN

c) PM₁₀ için

Çizelge 7-7 : Egemer, İsken, Egemer-İsken için KVD değerlerinin karşılaştırılması
(PM₁₀ için) (µg /m³).

Aylar	V.1.1	V.3.1	V.3.2	V.1.1	V.3.1	V.3.2
	KVD ⁽¹⁾			UVD		
Ocak	1.1523	2.0798	5.6293	0.0088	0.0396	0.0707
Şubat	1.4044	3.1457	6.7207	0.0069	0.0375	0.0616
Mart	1.2440	2.4235	3.2799	0.0076	0.0480	0.0728
Nisan	0.9675	3.0840	4.1052	0.0059	0.0426	0.0594
Mayıs	0.7506	4.7820	4.7892	0.0042	0.0392	0.0514
Haziran	0.3772	5.8493	5.8593	0.0030	0.0392	0.0483
Temmuz	0.5898	5.9604	12.0682	0.0034	0.0449	0.0555
Ağustos	0.3789	5.1112	5.9604	0.0032	0.0462	0.0566
Eylül	1.4279	4.6142	4.9044	0.0062	0.0551	0.0762
Ekim	1.5221	3.8663	5.0649	0.0075	0.0521	0.0768
Kasım	0.7056	2.4772	3.9339	0.0067	0.0377	0.0648
Aralık	1.8233	3.1306	6.3704	0.0071	0.0351	0.0638

1: Maksimum günlük ortalama değer

2: Sayısal değerler büyüklüğüne göre dizildiğinde, istatistik olarak tüm sonuçların %95'ine tekabül eden değer

V.1.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER

V.3.1 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, İSKEN

V.3.2 : 130×140km, 4 adet met. İstasyonu, EGEMER-İSKEN

8. CALPUFF MODEL SONUÇLARININ HAVA KALİTE GÖZLEM İSTASYONUNDAN ÖLÇÜLEN DEĞERLERLE KIYASLANMASI

Çalışma kapsamında 130×140 km’lik alanda EGEMER DGKÇ Santrali’ne ait SO₂, NO₂ ve PM₁₀ emisyonları modellenmiş olup yönetmelikte yer alan sınır değerler ile mukayase edilmiştir. Buna ek olarak bölgede yer alan diğer noktasal kirletici kaynaklar da çalışmaya dahil edilerek bölgedeki kümülatif kirlilik belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanı olarak belirlediğimiz alan içerisinde yedi adet hava kalite gözlem istasyonu (HKGİ) yer almakta olup, bu istasyonlarda farklı kirleticilerin ölçümü yapılmaktadır (Çizelge 8-1).

Çizelge 8-1 : Çalışma alanı içerisinde yer alan hava kalite gözlem istasyonları.

İstasyon Adı	Coğrafi Koordinatlar		Lambert		Ölçülen Parametreler
	Enlem	Boylam	X	Y	
Adana-Valilik (1)	36.99	35.31	-5030.1926	1288.92565	NO ₂ , O ₃ , CO, SO ₂ , PM ₁₀
Adana Meteoroloji (2)	37.00	35.34	-5027.90669	1287.31077	SO ₂ , PM ₁₀
Adana Dogankent (3)	36.85	35.34	-5039.31516	1275.78368	NO ₂ , O ₃ , CO, SO ₂ , PM ₁₀
Adana Catalan (4)	37.18	35.26	-5018.55077	1306.10484	NO ₂ , O ₃ , CO, SO ₂ , PM ₁₀
Osmaniye (5)	37.07	36.24	-4968.3326	1236.5086	SO ₂ , PM ₁₀
Hatay 2 (6)	36.71	36.22	-4997.22142	1210.36823	SO ₂ , PM ₁₀
Hatay1 (7)	36.20	36.15	-5040.89271	1176.46752	SO ₂ , PM ₁₀

HKGİ çalışma alanı içerisindeki yeri ve kirletici kaynaklarımıza göre olan konumları aşağıda Şekil 8-1’de gösterilmiştir.



Şekil 8-1 : Hava kalite gözlem istasyonlarının çalışma alanı içerisindeki konumları.

Bu bölümde model alanının farklı yönlerinde konumlanmış hava kalite gözlem istasyonlarının CALPUFF modeline göre girdiği ızgara (grid) belirlenecek ve sırasıyla;

1. Henüz faaliyetine başlamamış olan EGEMER DGKÇ Santralinden kaynaklanan emisyonların o ızgarada hangi değerlere ulaştığı ve mevcut ölçüm değerine katkısının ne olacağı
2. Hali hazırda faaliyet halinde olan İSKEN ve İSDEMİR tesislerinin HKG istasyonlarında ölçülen kirlilik yükündeki payının ne olduğu
3. İSKEN ve İSDEMİR tesislerine ilave olarak EGEMER DGKÇ Santrali eklendiğinde HKG istasyonlarında ölçülecek değerlerin ne olacağı belirlenecektir.

Mevcut HKG istasyonlarının kuruluş tarihleri ve ölçüm yaptığı zaman aralıkları incelendiğinde bizim çalışma yılımız olarak ele alınan 2004 yılında bu istasyonlarda herhangi bir ölçüm gerçekleştirilmediği görülmüştür (Çizelge 8-2). Bu nedenle bu çalışma yapılırken 2010 yılı seçilmiş ve 2010 yılında istasyonlarda maksimum kirliliğin ölçüldüğü 24-25-26 Aralık tarihleri çalışma periyodu olarak alınarak model çalıştırılmıştır.

Çizelge 8-2 : Hava kalite gözlem istasyonları ölçüm tarihleri.

İstasyon	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Adana Valilik	x	x	x	x	x	√	√	√	√
Adana Meteoroloji	x	x	x	x	x	√	√	√	√
Adana Doğankent	x	x	x	x	x	√	√	√	√
Adana Cātalan	x	x	x	x	x	√	√	√	√
Osmaniye	x	x	x	√	√	√	√	√	√
Hatay2 İskenderun	x	x	x	x	x	x	x	x	√
Hatay1	x	x	x	x	x	x	x	x	√

Çalışma kapsamında kullanılmak üzere farklı yönlerde konumlanmış dört adet HKG istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonlar sırasıyla Adana Doğankent, Adana-Çātalan, Osmaniye ve Hatay 1'dir. Adana Valilik ve Adana Meteoroloji istasyonları Adana-Doğankent ve Adana-Çātalan istasyonlarına oldukça yakın olduğundan bu iki istasyon çalışmaya dahil edilmemiştir. Hatay 2 istasyonunda ise sadece 2011 yılı için ölçüm verileri olduğundan bu istasyon çalışmaya dahil edilememiştir.

SO₂, PM₁₀ ve NO₂ konsantrasyonları için sırasıyla HKG istasyonlarında ölçülen değerler ve model sonuçları çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir (Çizelge 8-3, Çizelge 8-4, Çizelge 8-5 ve Çizelge 8-6).

Çizelge 8-3 : Adana-Doğankent istasyonunda ölçülen 24 saatlik ortalama konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tarih	3	A	B	C
SO₂				
24 Aralık	7.670	0.006	0.024	0.030
25 Aralık	6.670	0.002	0.007	0.009
26 Aralık	8.540	0.0001	0.003	0.003
NO₂				
24 Aralık	39.263	0.037	0.002	0.039
25 Aralık	29.292	0.010	0.0003	0.010
26 Aralık	41.522	0.001	0.005	0.005
PM₁₀				
24 Aralık	62.363	0.004	0.007	0.011
25 Aralık	56.291	0.001	0.002	0.003
26 Aralık	88.625	0.00006	0.001	0.001

Çizelge 8-4 : Adana-Çatalan istasyonunda ölçülen 24 saatlik ortalama konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tarih	4	A	B	C
SO₂				
24 Aralık	0.625	0.001	0.005	0.006
25 Aralık	0.583	0.0001	0.0004	0.0005
26 Aralık	0.458	0.00001	0.0000	0.00001
PM₁₀				
24 Aralık	19.095	0.001	0.001	0.002
25 Aralık	20.047	0.00006	0.0001	0.0002
26 Aralık	20.579	0.000006	0.0000	0.000006

Çizelge 8-5 : Osmaniye istasyonunda ölçülen 24 saatlik ortalama konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tarih	5	A	B	C
SO₂				
24 Aralık	6.292	0.007	0.011	0.019
25 Aralık	4.333	0.002	0.009	0.011
26 Aralık	4.375	0.014	0.443	0.458
PM₁₀				
24 Aralık	253.476	0.001	0.002	0.003
25 Aralık	257.045	0.001	0.001	0.002
26 Aralık	266.875	0.008	0.055	0.063

Çizelge 8-6 : Hatay 1 istasyonunda ölçülen 24 saatlik ortalama konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tarih	7	A	B	C
SO₂				
24 Aralık	38.667	0.002	2.338	2.340
25 Aralık	41.833	0.027	2.180	2.206
26 Aralık	33.875	0.005	0.154	0.159
PM₁₀				
24 Aralık	130.792	0.001	0.032	0.033
25 Aralık	127.583	0.016	0.122	0.138
26 Aralık	97.167	0.003	0.022	0.025

Tablolar incelendiğinde hava kalite gözlem istasyonlarında ölçülen değerlerin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Bu fark ölçüm istasyonlarının yer aldığı konumdan kaynaklı olup, hakim rüzgar yönü doğrultusunda yer alan istasyonlarda ölçülen değerlerin yüksek olduğu görülmektedir. Rüzgarın tesisten çıkan emisyonları sürüklediği noktaya gözlem istasyonlarının kurulması önemlidir. Bu sayede bölgede erişilebilecek maksimum konsantrasyon değerleri daha sağlıklı ölçülebilecek olup hava kalitesinin korunması, hava kirliliğinin insan sağlığı üzerinde yaratabileceği olumsuz etkilerin önüne geçilmesi sağlanabilir.

25-26 ve 27 Aralık tarihlerinde sırasıyla Egemer, İskender+İsdeir ve Egemer+İskender+İsdeir noktasal kirletici kaynakları için maksimum konsantrasyon değerleri ve bu değere ulaştıkları koordinatlar verilmiştir (Çizelge 8-7, Çizelge 8-8, Çizelge 8-9). Sonuçlar incelendiğinde her üç durum ve her üç kirletici için de erişilen maksimum konsantrasyon değerleri HKG istasyonlarının olduğu noktalarda ölçülen konsantrasyon değerlerinden yüksektir. Maksimum konsantrasyon değerlerine ulaşılan noktalar ise, çalışma alanının güney-batı doğrultusunda kalmaktadır.

Çalışma alanındaki hakim rüzgar yönü incelendiğinde rüzgarın güney doğrultusundan gelip bölgedeki dağlık alana ulaştığında batıya doğru kıvrıldığı görülmektedir. Maksimum konsantrasyon değerlerine ulaşılan noktalar beklenen noktalar olmakla birlikte, HKG istasyonları kurulurken hakim rüzgar yönünün detaylı bir şekilde incelenerek istasyonun kurulacağı noktaların bu verilere göre seçilmesi önemlidir.

Çizelge 8-5 : EGEMER DGKÇ Santrali 24 saatlik maksimum konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tarih	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	Koordinat
	Pik konsantrasyon değerleri			
25 Aralık	0.412	2.403	0.240	-4987.000 1231.000
26 Aralık	0.202	1.177	0.117	-5003.000 1233.000
27 Aralık	0.654	3.816	0.382	-4989.000 1227.000

Çizelge 8-6 : İSKEN+İSDEMİR tesislerine ait 24 saatlik maksimum konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tarih	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	Koordinat
	Pik konsantrasyon değerleri			
25 Aralık	339.175	54.003	28.129	-4991.000 1213.000
26 Aralık	44.216	12.204	5.600	-4999.000 1211.000
27 Aralık	29.598	26.426	3.034	-4995.000 1211.000

Çizelge 8-7 : EGEMER+İSKEN+İSDEMİR tesislerine ait 24 saatlik maksimum konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tarih	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	Koordinat
	Pik konsantrasyon değerleri			
25 Aralık	339.201	54.352	28.141	-4991.000 1213.000
26 Aralık	44.263	12.483	5.628	-4999.000 1211.000
27 Aralık	29.630	26.822	3.046	-4995.000 1211.000

9. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Türkiye, geçen on yıllık dönem içerisinde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke konumundadır. Gelişen teknoloji ve artan enerji açığı bütün ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de yeni enerji kaynakları üzerinde daha fazla düşünülmesini ve hızlı bir şekilde alternatiflerin üretilmesini gerekli hale getirmiştir. Ülkemize bir yandan enerji talebini karşılamak amacıyla yeni alternatif teknoloji arayışları devam ederken, bir yandan da gerek kömür gerekse doğalgaz ile çalışan termik santral yatırımları hızla artmıştır. Artan yatırımlara karşı, tercih ettiğimiz enerji üretim yöntemimize bağlı olarak atmosfere saldıığımız emisyonlar hava kirliliğini arttırmakta, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Enerji talebinin artmasıyla birlikte ülkemizde belli başlı bölgelerde termik santrallerle ilgili ciddi yatırımlar söz konusudur. Bu yatırım taleplerinin sağlıklı bir şekilde değerlendirilerek izne dönüştürülmesi önemlidir. Kirlilik kaynaklarının tespiti, etkin hava kalitesi yönetiminin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Hava kirliliğinin belirlenmesinde SKHKKY hükümlerine göre tesis baca boyu esas alınarak birim olarak alanı belirlenen çalışma alanında modelleme çalışması yapılmaktadır. Modelleme sonuçlarına göre elde edilen değerler SKHKKY’nde belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elde edilen değerlerin sınır değerlerin altında olması durumunda tesisin kurulması hava kalitesi yönünden sakıncalı bulunmamaktadır. İzin verme sürecinde, izin başvurusu yapan tesis tek bir noktasal kirleticisi kaynak olarak ele alınmakta ve hava kalitesine etkisi diğer kirleticisi kaynaklar göz önünde bulundurulmadan hesaplanıp uygunluğuyla ilgili karara varılabilmektedir. Oysaki tesis etkisinin tek başına değerlendirilmesi gerçekçi olmamaktadır. Çünkü; tesisin kurulacağı bölgedeki hava kalitesi zaten içinde barındırdığı diğer fabrikalar gibi noktasal kaynaklar, trafik vb. alan kaynakları ve yine ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklanan kirleticilere bağlı olarak belli bir düzeydedir ve tesisin tek başına hesaplanan hava kalitesine etkisi, diğer kirleticiler göz önünde bulundurularak hesaplanan değerden farklı olacaktır. Bu nedenle ülkemizde yasal mevzuat gereği uygulanan izin verme süreci gözden

geçirilmeli ve kümülatif etkinin önemi fark edilerek ülkemizde emisyon envanterlerinin çıkarılma çalışmaları hız kazanmalıdır.

Bunun yanı sıra, konsantrasyon dağılımlarının belirlenmesinde kullanılacak olan modelin doğru seçilmesi, elde edilen verilerin doğruluğu ve hassasiyeti açısından önem taşımaktadır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan ISCST3 modeli geniş alanlarda çalışmada yetersiz kalmakta olup, model kirletici konsantrasyonlarını hesaplamak için çok az miktarda veriye ihtiyaç duymaktadır. Verilerin azlığı, konsantrasyon sonuçlarını olumsuz yönde etkilemekte ve model hata yüzdesini arttırmaktadır. Tez çalışması kapsamında aynı bölge CALPUFF ve ISCST3 modelleriyle modellenmiş, elde edilen sonuçlara bakıldığında ise CALPUFF modelinin ISCST3 modeline oranla daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. CALPUFF modelinin ISCST3 modeline oranla daha yüksek sonuçlar vermesi doğrudan modellerin çalışma prensibine bağlı olup, CALPUFF modelinde ISCST3 modelindeki aksine kirletici konsantrasyonları devam eden bir “plume” içerisinde birbirini takip eden şekilde dağılmaktadır. Karar vericiler tarafından bu durum göz önünde bulundurularak daha hassas sonuçlar veren modeller izin sürecinde kullanılmalıdır. Buna ek olarak çalışma alanının topografik özelliklerine bağlı olarak o alanda daha hassas çalışabilecek hava kalite modellerinin seçilmesi önemlidir. Örneğin karmaşık topografik yapısına sahip ve özellikle kara-deniz-kara geçişinin bulunduğu yerlerde pek çok hava kalite modelinin sağlıklı sonuçlar vermediği yapılan araştırmalarda görülmüştür. ISCST3 modeli de bu modellerden biri olup, ISCST3 ülkemizde bölge alanına bakılmaksızın her bölgede uygulanan bir model konumundadır. Oysaki araştırmalar CALPUFF modelinin karmaşık topografik yapılarda ISCST3 modeline oranla gerçeğe daha yakın değerler verdiğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Abdul-Wahab, S. A., Al-Alawi, S. M., El-Zawahry, A., (2002). Patterns of SO₂ emissions: a refinery case study, *Environmental Modelling Software* 17, 563-570

Abdul-Wahab, S. A., Sappurd, A., Al-Damkhi, A., (2011). Application of California Puff (CALPUFF) Model: a case study for Omman, *Clean Techn Environ Policy*.

Abdul-Wahab, S.A., Sappurd, A., Sardar S., Irfan, N., Al-Damkhi, A., (2011). Evaluating the performance of an integrated CALPUFF-MM5 modeling system for predicting SO₂ emission from a refinery, *Clean Techn Environ Policy*.

Ahrens, C.D. (2003). Meteorology today: An introduction to weather, climate and the environment. Brooks/Cole-Thomson Learning, USA. 7th edition.

Alp, K., (1998). Hava Kirliliği Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Çevre Mühendisliği Bölümü*.

Arar, S., (2007). Eskişehir'deki Sanayi Kaynaklı NO₂ ve CO Emisyonları ve Modelleme, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Atılğan, İ., (2000). Türkiye'de Enerji Potansiyeline Bakış, Gazi Üniversitesi, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31-47.

Atımtay, A., Yetiş, U., (1993). Preperation of Emission Inventory in Environmentally Sensitive Regions: Ankara Sub Project, The Middle East Technical University Ankara, Turkey.

Başara, R., (1996). Sivas İline ait Hava Kirliliği Verileri ile Meteorolojik Veriler için Çoklu Lineer Regrasyon Uygulaması, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 38-55.

Beyazıt, N., Bali, U., (1996). Sivas'ta Hava Kirliliği ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkisinin Araştırılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, *I.Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, 551-559.

Carper, A.H., Ottersburg, E., (2003). Significance of a CALPUFF Near-Field Analysis, A&WMA's 96th Annual Conference and Exhibition.

Coskun, M., (2010). Fundamental Pollutants in the European Union (EU) Countries and Their Effects on Turkey, GEOMED.

Cui, H., Yao, R., Xu, X., Xin, C., Yang, J., (2011). A tracer experiment study to evaluate the CALPUFF real time application in a near-field complex terrain setting, *Atmospheric Environment*, 45, 7525-7532.

Çuhadaroğlu, B., Demirci, E. (1997). Sivas'ta Hava Kirliliği ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkisinin Araştırılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, *I.Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, 551-559.

Demirarslan O., Çetin Ş., Ayberk S., (2008). Hava Kirliliği Belirlemelerinde Modelleme Yaklaşımı ve Modelleme Aşamasında Karşılaşılabilecek Sorunlar, *Çevre Sorunları Sempozyumu*, Kocaeli.

Deprem Araştırma Daire Başkanlığı, (2008). Hatay ili Deprem Haritası.

Elbir T., (2003). Comparision of model predictions with the data of an urban air quality monitoring network in İzmir, Turkey, *Atmospheric Environment* V:37, 2149-2157

Environmental Protection Agency, (1998). A Comparision Of CALPUFF with ISC3, EPA-454/R-98-020.

Erbaşlar T., Taşdemir Y., (2007). Kentsel Bir Atmosferdeki Bazı Hava Kirleticilerin Meteorolojik Parametrelerle İlişkilendirilmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 12, Sayı 2.

Ertürk, F., (1993). Hava Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri, Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, Marmara Araştırma Merkezi, Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü, Gebze-Kocaeli, S.15-47.

Ertürk, F., (2003). Sabit Kaynaklardan Oluşan Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Eser, E., Dinç, G., Özcan, C., Tartan, M., (1999). Rutin hava kirliliği ve meteoroloji verileri ile bir gün sonraki hava kirliliğinin tahmini üzerine bir deneme, *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, İzmir, 105-114.

Fisher, A.L., Parsons, M.C., Roberts S.E., Shea, P.J., Khan, F.I., Husain, T., (2002). Long-Term SO₂ Dispersion Modelling Over a Coastal Region, *Environmental Technology*, 24, 399-409.

He, D.Q., (1999). Study on Urrban Vehicle Pollution Assesment System and Emission Control Target. Ph.D dissertation, Tshinghua University.

Im, U., Yenigun O., (2004). Modelling of SO₂ emissions from Yatağan power plant- a case study, Germany.

İskenderun Demir Çelik Fabrikası, (2006). İSDEMİR Sürdürülebilirlik Raporu.

Kara, S., Kaytakoğlu, S., Döğeroğlu, T., Var, F., (1991). Sabit Emisyon Kaynaklarında Hava Kirleticilerinin Ölçüm Yöntemleri, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 132-158.

Karaca, F., Anıl, İ., (2010). Hava Kirliliği Yönetimi ve Modelleme Çalışmalarında Karışım Yüksekliği Parametresinin Önemi ve Hesaplanması, Fatih Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.

Kopar, İ., Zengin, M., (2009). Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekansal Değişiminin Belirlenmesi, *Türk Coğrafya Dergisi*, 53, 51-68, İstanbul.

Kumar, A., Bellam, N.K., Sud, A., (1999). Performance of an Industrial Source Complex Model: Predicting long-term concetrations in an urban area, *Environmental Progress*, 18,2,93-100.

Müezzinoğlu, A., (2000). Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, 86-120.

Okutan, H., Tırıs, M., Ertürk, F., Kalafatoğlu, E., (1993). Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, TÜBİTAK Yayınları, 243-264.

Ostermann, K., Schutte, A., (2004). CALMET Modelling fort he Williams Lake Airshed, Ministry of Environment Cariboo Region, File:1504-0043.

Öner, B., (2000). Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy Termik Santrallerinin bacalarından çıkan gaz ve partiküllerin dağılımının modellenmesi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Özdemir, A., Boyraz, Z., (t.y.). Elazığ Şehir Merkezinde Hava Kirliliğini Doğuran Nedenler ve Kirlilik Parametrelerinin Zaman İçindeki Değişimine Coğrafi Bir Yaklaşım, *Doğu Coğrafya Dergisi* 8, 165-182.

Özlü, T., (1995). Samsun ve Yakın Çevresinin Coğrafi Yönden Hava Kirliliği, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Öztan, Y., (1985). Çevre Kirlenmesi, Karadeniz Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayınları NO:94.

Roberts Bank Container Expansion Program, (t.y.). “Deltaport Third Berth Project” RWDI File: W04-127, 2005.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (2009). 03.07.2009, 27277 sayılı Resmi Gazete.

Schulman, L.L., Benkley, C.W., (1979). Estimating Hourly Mixing depth from historical meteorological data, American Meteorological Society, *Journal Applied Meteorology*, 18.

Scire, J.S., Robe, F.R., Fernau, M.E., Yamartino, R.J., (2000). A User’s Guide for The CALMET Meteorological Model (Version 5).

Sungur, K. A., Gönençgil, B. (1997). Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri, Ankara Üniversitesi *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 6, 337-345.

Şahin, C., (1989). Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri *G.Ü.Coğr. Arş.* Cilt:1 Sayı:1, Ankara.

Tayanç, M., Berçin, A., (2007). SO₂ Modelling in İzmit Gulf, Turkey during the winter of 1997: 3 cases, *Environ Model Assess* 12, 119-129.

Turalıoğlu, F. S., Nuhoglu, A., Bayraktar, H. (2005). Impacts of some meteorological parameters on SO₂ and TSP concentrations in Erzurum, Turkey, 1633-1642

Tünay, O., İpekçioğlu, N., (1991). Hava Kirliliğinin Tanımı ve Temel Kavramlar

Türkeş, M., (1996). Kent ve Bölge Planlamasında Topografyaya Bağlı Yerel Rüzgarlar, Ankara Üniversitesi *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 5, 213-227.

Wang, L., Parker, D.B., Parnell, C.B., Lacey, R.E., Shaw, B.W., (2006). Comparision of CALPUFF and ISCST3 Models for Predicting Downwind Odor and Source Emission Rates, *Atmospheric Environment*, 40, 4663-4669.

Wark, K., Warner, C.F., Davis, W.T., (1998). Air Pollution, An Imprint of Addison Wesley Longman, Inc. Editions, 109-177.

Varınca, K. B., (2007). Hava Kirliliği ve Sonuçları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Ders Notları.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: S. Özge GÖKMEN
Doğum Yeri ve Tarihi: Tekirdağ, 1987
Lisans Üniversitesi: Yıldız Teknik Üniversitesi