

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞANLIURFA HAVA KİRLİLİĞİNİN CHIMERE MODELİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra AYDINÖZ

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

EYLÜL 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞANLIURFA HAVA KİRLİLİĞİNİN CHIMERE MODELİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Esra AYDINÖZ
511111013**

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Hüseyin Toros

EYLÜL 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 511111013 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Esra AYDINÖZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ŞANLIURFA HAVA KİRLİLİĞİNİN CHIMERE MODELİ İLE İNCELENMESİ** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. Hüseyin TOROS**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof.Dr. Selahattin İNCECİK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mete TAYANÇ
Marmara Üniversitesi

Teslim Tarihi : **01 Eylül 2015**
Savunma Tarihi : **08 Eylül 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Çalışmamda önemli katkılarından dolayı başta Doç. Dr. Hüseyin TOROS olmak üzere, verileri ve grafikleri düzenlemede yardımlarından dolayı Hüseyin Sefa Hızlı'ya, tez yazımı süresince nasihatlarıyla motivasyonumu daima arttıran abim Metin Birçek'e, tezimin yazılmasında her türlü desteğini esirgemeyen sevgili arkadaşım Vural Yarangümeli'ye, bir çok konuda danıştığım ve yardımlarını eksik etmeyen Aylin Ünal, Aslı Gönülel, İlknur Süpürkeci, Gamze Tuna, Cihat Ağan ve Deniz Diren'e daima destekleriyle yanımda olan sevgili aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Çalışmada Şanlıurfa ilindeki araç sayıları verilerinde yardımcı olan Sayın Enver Türkme'e ve ayrıca çalışmaya katkılarından dolayı TÜBİTAK Cost 111Y319 No'lu projeye ve verilerin sağlanmasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığına teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2015

Esra Aydınöz
Meteoroloji Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	23
1.1 Tezin Amacı	25
1.2 Literatür Araştırması	25
1.3 Hipotez	27
2. HAVA KİRLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	31
2.1 Topografik Özellik	31
2.2 Rüzgarın Etkisi	31
2.3 Atmosferik Kararlılık ve Enverziyon	32
3. ŞANLIURFA	35
3.1 Şanlıurfa'nın İklimi	35
3.2 Şanlıurfa'nın Hava Kirliliği	35
3.2.1 Sanayiden kaynaklanan hava kirliliği	36
3.2.2 Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği	37
3.2.3 Toz taşınımından kaynaklı hava kirliliği	37
3.2.4 Anız yakmalarından kaynaklanan hava kirliliği	38
3.2.5 Motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği	38
4. CHIMERE MODELİ	41
4.1 Hava Kalitesi Modelleri	41
4.2 CHIMERE Modeli Gelişimi.....	43
4.3 CHIMERE Modeli Temel Özellikler	44
5. VERİ ve YÖNTEM.....	51
6. DEĞERLENDİRME	53
6.1 8-10 Şubat Episod Dönemi	53
6.1.1 Meteorolojik durum değerlendirmesi.....	53
6.1.2 Uzun mesafeli kirletici taşınım modeli sonuçları-hysplit	57
6.1.3 CHIMERE Modeli Çıktıları.....	58
6.2 10-12 Ekim Episod Dönemi	60
6.2.1 Meteorolojik durum değerlendirmesi.....	60
6.2.2 Uzun mesafeli kirletici taşınım modeli sonuçları-Hysplit	63
6.2.3 CHIMERE model sonuçları	64
6.2.4 Yerel kaynaklı toz taşınımı haberi	67
7. BULGULAR ve ÖNERİLER.....	69
7.1 8-10 Şubat Episod Dönemi	70
7.2 10-12 Ekim Episod Dönemi	72
7.3 Çalışmadaki Belirsizlik Kaynakları	74
KAYNAKLAR.....	75
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

GAP	: Güneydoğu Anadolu Bölgesi
U.S. EPA	: Amerika Çevre Koruma Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Organizasyonu
AB	: Avrupa Birliği
LMD	: Laboratoire de Météorologie Dynamique
EMEP	: European Monitoring and Evaluation Programme
WRF	: Weather Research & Forecasting Model
GLCF	: Global Land Cover Facility

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Şanlıurfa ilinde trafiğe kayıtlı ve egzoz emisyonu yaptıran araç sayısı.....	39
Çizelge 3.2 : Şanlıurfa ilinde tüvtürk istasyonlarında 2014 yılında egzoz emisyon yakıt cinsine göre araç dağılımı.....	39
Çizelge 3.3 : Şanlıurfa 2014 yılına ait motorlu kara taşıtları sayısı.....	39
Çizelge 4.1 : CHIMERE modelinin Şanlıurfa için kullanılan özellikleri	47
Çizelge 4.2 : CHIMERE modeli arazi sınıflandırması.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: 2014 yılı 24 saatlik PM10 konsantrasyonları ve limit değerler.....	28
Şekil 1.2 : 2014 yılı 24 saatlik SO2 konsantrasyonları ve limit değerler.	29
Şekil 1.3: 2014 yılı saatlik PM10 konsantrasyonları ve limit değerler.....	29
Şekil 2.1 : Enverziyon ve karışım tabakası.....	33
Şekil 3.1: Şanlıurfa ili 2009-2014 yılları kış dönemi PM10-SO2 değerleri.	37
Şekil 3.2: Şanlıurfa'yı etkileyen çöl bölgeleri.	38
Şekil 4.2: CHIMERE modeli genel ilkeleri.	46
Şekil 4.3: Şanlıurfa bölgesi için CHIMERE modeli domain alanı.....	47
Şekil 4.4: İnsan kaynaklı emisyonun CHIMERE modeli ölçek küçülme şeması.....	48
Şekil 4.5: GlobCover arazi kullanım haritası.	49
Şekil 5.1: Şanlıurfa'da bulunan hava kirliliği ölçüm cihazlarının yerleri	51
Şekil 6.1: 8-10 Şubat dönemi rüzgar gülü.	54
Şekil 6.2: 9 Şubat 2014 03Z Skew T-Log P diyagramı.....	54
Şekil 6.3: 9 Şubat 2014 21Z için Skew T-Log P diyagramı.....	55
Şekil 6.4: 8-10 Şubat dönemi saatlik sıcaklık-PM10-SO2 ilişkisi.	56
Şekil 6.5: 8-10 Şubat dönemi saatlik PM10-SO2-rüzgar hızı ilişkisi.	56
Şekil 6.6: 9 Şubat 06Z yüzey sıcaklığı-basınç-rüzgar haritası.	57
Şekil 6.7: 9 ve 10 Şubat 23 UTC'de sonlanan geri yörünge haritası.....	58
Şekil 6.8: 9 Şubat 06Z için PM10 CHIMERE model çıktısı.....	58
Şekil 6.9: 9 Şubat 00Z için SO2 CHIMERE model çıktısı.	59
Şekil 6.10: 9 Şubat 06Z için SO2 CHIMERE model çıktısı.	59
Şekil 6.11: 10-12 Ekim dönemi rüzgar gülü.....	60
Şekil 6.12:11 Ekim 2014 00Z için Skew T-Log P diyagramı.	61
Şekil 6.13:11 Ekim 2014 18Z için Skew T-Log P diyagramı.	61
Şekil 6.14: 10-12 Ekim sıcaklık-PM10-SO2 ilişkisi.	62
Şekil 6.15: 10-12 Ekim rüzgar hızı-PM10-SO2 ilişkisi.....	62
Şekil 6.16: 11 Ekim 06Z yüzey sıcaklığı-basınç-rüzgar haritası.....	63
Şekil 6.17: 10 ve 11 Ekim 23 UTC'de sonlanan geri yörünge haritası.	64
Şekil 6.18: 11 Ekim 06Z için PM10 CHIMERE model çıktısı.	64
Şekil 6.19: 11 Ekim 12Z için PM10 CHIMERE model çıktısı.	65
Şekil 6.20: 12 Ekim 00Z için PM10 CHIMERE model çıktısı.	65
Şekil 6.21: 11 Ekim 06Z için SO2 CHIMERE model çıktısı.....	66
Şekil 6.22: 11 Ekim 00Z için SO2 CHIMERE model çıktısı.....	66
Şekil 6.23: 11 Ekim 12Z için SO2 CHIMERE model çıktısı.....	67
Şekil 6.24: 11 Ekim 2014 Şanlıurfa'da toz bulutu.	67
Şekil 7.1: Kış dönemi PM10 model-istasyon değerleri.....	71
Şekil 7.2: Kış dönemi SO2 model-istasyon değerleri.....	71
Şekil 7.3: Sonbahar dönemi PM10 model-istasyon değerleri.	73
Şekil 7.4: Sonbahar dönemi SO2 model-istasyon değerleri.....	73

ŞANLIURFA HAVA KİRLİLİĞİNİN CHIMERE MODELİ İLE İNCELENMESİ

ÖZET

Hava kirliliği, gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkeleri etkileyen, çevresel tesirlerinin yanı sıra sağlıkta da ciddi ve ölümcül sonuçlara neden olan küresel bir sorundur. 1952 yılının Aralık ayında dört gün içinde binlerce kişinin hastalanması ve ölümüyle sonuçlanan, Londra Episodu olarak tarihe geçen felaket ile hava kirliliğinin ne boyutta sonuçlar doğuracağı görülmüştür. Günümüzde ise , hızla artan kentleşme, sanayileşme, motorlu araç sayısı, ısınmada kullanılan yakıtlar gibi insan kaynaklı etkenler hava kirliliğinin artmasında önemli rol oynamaktadır. Önüne geçilemeyen endüstri ve hızlı nüfus artışıyla artan bu kaynakların oluşturduğu hava kirliliğine karşın, birçok hükümet, ulusal ve uluslararası kurumlar hava kirleticilerin kontrol altına alınmasına yönelik yönetmelikler getirmiştir. Bu yönetmelikler ile hava kirleticilerinin emisyonunun kontrol altına alınması, insanın ve çevresinin hava kirliliğinin etkilerinden korunmasını amaçlanmaktadır.

Bir bölgede hava kirliliği, insan kaynaklı kirleticilerin dışında meteorolojik ve topografik gibi etkenlere de bağlıdır. Kirleticilerin bölgeye nasıl ve hangi kaynaklardan ulaştığının bilgisine, meteorolojik parametreler ve topografyanın beraber incelenmesi ile varılabilir. Bu sayede, hangi hava koşullarının, hava kirliliğini ne kadar etkileyebileceği önceden bilinebilir ve buna göre kontrol mekanizması geliştirilip önlemler uygulanabilir.

Türkiye’de hava kirliliği nüfus artışı, hızlı kentleşme ve sanayileşme ile birlikte birçok ülkede olduğu gibi halen mücadele edilen bir konudur. Özellikle kış aylarında, ısınma ve meteorolojik koşullar ile birlikte episot günleri yaşanabilmektedir. Gelişen şehirlerde artan kentleşme ve sanayi ile hava kirliliği sorun haline gelmeye başlamıştır. Nüfusu ve endüstrisi hızla büyüyen büyük şehirlerimizden olan Şanlıurfa’da da hava kalitesi bakımından değişim yaşanmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin hava kalitesini etkileyen en önemli unsurlar ulaşım ve sanayi faaliyetleri sonucunda oluşan beşeri kaynaklı kirlilikler, ısınma ve doğal yollarla meydana gelen çöl tozlarının taşınımıdır.

Çalışma bölgesi olan Şanlıurfa ili çok sektörlü entegre bir bölgesel kalkınma projesi olan Güneydoğu Anadolu Projesinde yer almaktadır. GAP, Cumhuriyet tarihimizin en kapsamlı ve maliyetli projesi olup, bugüne kadar hazırlanan bölgesel kalkınma plan ve programları arasında en etkin olarak uygulananıdır. Türkiye’nin en kalabalık 9. ili olan Şanlıurfa, GAP Projesi içerisinde gerek nüfus gerekse yüzey alanı ile en önemli illerden birini temsil etmektedir. Bunun yanı sıra, Şanlıurfa, dinler tarihi ve inanç turizmi yönüyle de dünya kültüründe hızla önemli bir yere gelmektedir. Dolayısıyla başta şehirdeki canlıların sağlığı, turizm ve tarımsal faaliyetler açısından da Şanlıurfa’daki hava kalitesi önem arz etmektedir. Fakat artan nüfusu, sanayi ve motorlu taşıtlardan gelen kirleticiler hava kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Bölgedeki kirletici kaynaklara ek olarak meteorolojik parametreler ve zaman zaman coğrafi konumundan ötürü Suriye’den gelen toz bulutları episod yaşanmasına neden olabilmektedir.

Bu çalışmada, Şanlıurfa’daki kirlilik kaynaklarının ve kirlilik günlerinin detaylıca araştırılabilmesi için biri sonbahar biri kış olmak üzere iki farklı mevsime ait episod dönemi incelenmiştir. Bir dönemin kış diğerinin sonbahar seçilmesindeki neden ise

bölgede genel olarak bahar aylarında yaşanan toz taşınımı etkisinin incelenmesi ve kış döneminde ise atmosferik koşulların şehirdeki kirliliğe etkisinin ne derecede olduğunu ortaya koyabilmektir. Böylece, meteorolojik parametrelerin kirleticiler ile olan ilişkisi daha net ortaya çıkmış olacak ve episod dönemlerinin incelenmesinde yardımcı olacaktır. Bunlara ek olarak, episod dönemlerindeki kirlilik durumu CHIMERE modeli ile simüle edilerek modelin kirliliği yansıtırma performansı ortaya konmuştur. İki farklı dönem olması yine modelin performansını değerlendirmede avantajlı olacaktır. Çalışmada ayrıca, episod dönemlerindeki kirlilik durumu daha detaylı araştırılarak, toz taşınımı, yerel kirletici kaynaklar ve meteorolojik parametreler etkenleri altında ne derecede kaldıklarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, bu dönemler için NOAA HySplit model çıktıları ile geri yörünge analizi yapılmış ve toz taşınımının etkisi ortaya konmuştur. Atmosferik şartların kirlilik durumunun oluşmasındaki payı ise sinoptik haritalar, meteorolojik parametrelerin grafikleri ve yukarı atmosfer haritaları ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Hava kirliliği verileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığının kurmuş olduğu Şanlıurfa Hava Kalitesi Gözlem İstasyonundan elde edilmiştir. Saatlik ve günlük olarak elde edilebilen veriler, kirletici olarak PM10 ve SO2 verilerini ölçmektedir. Sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü gibi meteorolojik parametreler yine aynı istasyondan temin edilmiştir. Episod dönemleri, AB limit değerlerine göre seçilmiştir. AB limit değerlerinin gözetilmesindeki amaç, 2019 itibarı ile aynı limit değerlere sahip olmamızın planlanmasıdır. Böylece, Şanlıurfa ilinin kirlilik durumunda nasıl bir gidişat içerisinde olduğu belli olacaktır. Çalışma ayrıca Şanlıurfa ili için hava kirliliği modeli çalıştırılarak yapılan ilk çalışma olmasından dolayı önem arz etmektedir.

EVALUATION OF AIR POLLUTION FOR ŞANLIURFA WITH CHIMERE MODEL

SUMMARY

Air pollution, affecting all developed and developing countries, is a global problem that may cause serious and fatal consequences not only in health but also in environment. It is seen that air pollution may result in catastrophic consequences with London episode in December 1952 by reason of the fact that thousands of people got sick and died within four days. Nowadays, however, increasing urbanization, the number of motor vehicles, human-induced factors such as fuels used for heating play a major role in the increase of air pollution. Many governments and national and international institutions have made regulations towards controlling air pollution caused by irrepressible increase of industry and population growth. It is aimed to protect all living creatures and environment from effects of air pollution by means of these regulations controlling air pollution emissions. Air quality standards are determined by a number of organization and institutions like U.S. EPA, WHO, EU Air Quality Framework and additional directives, World Bank.

Effect of meteorological parameters is pretty significant in terms of distribution and transport of pollutants because the environment they release is atmosphere. Air pollution in a region also depends on topographical factors except anthropogenic contaminants. The information of how and which pollutants reached to region can be acquired by examining meteorological parameters and topography together. In this way, it can be known which weather conditions affect air pollution in advance. Thus, a control mechanism can be developed and can be taken precaution.

Air pollution in Turkey came to the fore with air pollution episodes in big cities such as Istanbul, Ankara and İzmir where demand increased to oil and coal by population growth and rapid urbanization in 1950s. Air pollution in Turkey is still a struggling issue as in many country with population increase and rapid urbanization and industrialization. Principally in winter months, episode days can occur with heating and meteorological conditions. Air pollution has begun to become a problem with increasing urbanization and industry in developing cities. Air quality also has been changed in Şanlıurfa with increase of its population and industry day by day. The most important factors affect air quality of Southeastern Anatolia are human based pollutants by transportation and industry, heating and dust transportation occurs naturally.

Southeastern Anatolia Project (GAP) which has been implemented most actively among regional development plan and programs prepared up to today, is the most extensive and highest cost project in Turkish Republic history. Şanlıurfa which is the most crowded ninth city of Turkey represents one of the most important cities of GAP because of its overpopulation and surface area. Şanlıurfa has rapidly become significance in that history of religions and belief tourism in world culture. Consequently, air quality has important in terms of living's health, tourism and agricultural activities in the city. Increasing population and pollutants due to composed from industry and motor vehicles induce to lower air quality. In addition, meteorological parameters and dust clouds flitting from Syria in additional to pollutant sources in region cause to form episode periods. In this study, episode periods will be analysed in winter and summer season throughout 2014 and will be compared with

observation data of air quality and outcomes of CHIMERE model. Episode periods will be investigated together with synoptic charts thus correlation of air pollution with meteorological parameters will be studied as seasonal.

In addition to meteorological parameters and pollution sources in the region, dust clouds from time to time due to the geographical location of Syria is experiencing can cause episodes.

In this study, two different episode periods belong two different season as winter and autumn to investigate pollution days and sources in detail in Şanlıurfa. The reason choosing two different season is to examine dust transformation effect which is common in autumn and spring months and to reveal how much atmospheric conditions affect of city's pollution in winter months. Therefore, the relationship between pollutants and meteorological parameters will be clearly come to light and analysing of episode periods will be gotten easy. In addition, performance of CHIMERE model is revealed by simulated pollution situation in episode periods with CHIMERE chemistry model. Also, having two different season is advantageous in evaluation of model performance. The study also is aimed to exhibit to what extent episode periods remain in effect of dust transformation, local pollutant sources and meteorological parameters by searching detailed pollution situations. For this purpose, dust transformation effect is revealed with back trajectory analysis using NOAA Hysplit model outputs for these periods. Proportion of atmospheric conditions in pollution situations is studied to determine with synoptic maps, graphs of meteorological parameters and upper atmosphere maps provided by WRF. Air pollution data is provided by Şanlıurfa Air Quality Monitoring Station which is established by Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanisation. Hourly and daily data consist from PM₁₀ and SO₂ pollutants. Meteorological parameters as temperature, wind speed and wind direction also is provided from same station. Episode periods is selected according to EU limit values. The purpose of considering EU limit values is the plan of having same limit values in Turkey by 2019 year. Thus, it will be apparent how going has Şanlıurfa in pollution situation in general. Study also becomes more of an issue by being the first study which execute air pollution model for Şanlıurfa.

Pearson correlation coefficient is accounted for PM₁₀ and SO₂ data to test model outputs and observation data. Also, time series are given in graphic. Thus, model's performance is seen more clearly. Model considerably underestimated pollutant observation concentrations. However, model relatively captured high concentration values in Şanlıurfa when examining Turkey outputs in general. For PM₁₀ concentrations, pearson correlation coefficient is accounted as $r=0.3$ between CHIMERE model outputs and observation data considering 8-10 February hourly data. The signal of correlation coefficient shows direction of relationship as numerical value shows relationship's strength. Accordingly, it can be said there is a weak relationship between observation data and model forecasts for PM₁₀ concentrations.

For SO₂ concentrations, pearson correlation coefficient is accounted as $r=0.82$ between CHIMERE model outputs and observation data considering from 8 February 00Z during 12 hour data. Even if it is difficult to deduce a certain result due to inadequate data, it can be said that model represents SO₂ concentrations better in comparison with PM₁₀ concentrations.

For PM10 concentrations, pearson correlation coefficient is accounted as $r = -0.064$ between CHIMERE model outputs and observation data considering 11-12 October hourly data. Hence, it can be said there is too weak relationship between observation data and model forecasts for PM10 concentrations. This result which is especially seen in dust transport term shows that model is weaker in dust transport terms. In addition, this result for episode periods is radically overlaps other studies' outcomes. For SO2 concentrations, pearson correlation coefficient is accounted as $r = 0.31$ between CHIMERE model outputs and observation data considering 11-12 October hourly data. It can be said that model represents SO2 data better in comparison with PM10 data like in winter period.

It is aimed that the study demonstrate to guide and to bring light for a similar issue in the future. CHIMERE model's outputs substantially underestimated observation data especially for PM10. The most important cause of this result can be said to not specialised the WRF and CHIMERE model according to study area. Furthermore, many parameters which are given in CHIMERE model's general features in this study are run according to CHIMERE model's algorithm adoption. CHIMERE model which is especially initiated for Europe based studies can be understood for parameterization importance in model by running for other regions the model. It is obvious that adoption based parameters will be problem for model run. Model is quite underestimated observation data in episode periods for PM10 concentrations. It becomes more of an issue to run model providing meteorological data and emission data for study region.

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, sanayileşme hareketleri sonucu 20. yüzyılda hayatı tehdit eden bir oluşum haline gelmiştir. Hava kirleticilerine özellikle tehlikeli episod dönemlerinde maruz kalma ciddi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Patz ve diğ., 2000). Örneğin, Hindistan’da her yıl hava kirliliği nedeni ile 40.000’e yakın kişi hayatını kaybetmektedir (World Bank, 1997). Ayrıca, hava kirliliği, insanın sosyo-ekonomik yaşamdaki üretkenliğini, psikolojik ve fiziksel dayanımını, ve ekonomik gelişmeyi olumsuz şekilde etkiler (Taş, 2006).

Hava kirliliği çeşitli şekilde tanımlanmaktadır. Bunlardan biri, hava kirliliğini atmosferde canlıların sağlığına zarar verecek miktar ve sürede kirleticilerin birinin ya da daha fazlasının bir arada bulunması şeklinde olarak tanımlar (İncecik, 1994). Hava kirliliği sınır tanımayan, boyutları ve etkileri giderek artan, bir ülke üzerinden hava kütleleri ile yüzlerce ve binlerce kilometre uzaklardaki diğer ülkelerin atmosferine taşınarak zararlı etkisini gösteren küresel bir sorun halini almıştır. Başta karbon dioksit (CO₂) olmak üzere atmosferdeki konsantrasyonları sürekli artan hava kirleticiler, yaşadığımız gezegeni en önemli sorunu olan iklim değişikliği ve kuraklık sorununu doğurmuştur. Doğrudan ve dolaylı etkilerine bakıldığında, bugün olduğu kadar, gelecek yıllarda da, canlı ve cansız varlıkları olumsuz olarak etkileyebilecek bir özellik taşımaktadır (Alınaner, 2010). Sürekli olarak artan bu etkiler göz önüne alındığında hava kalitesini korumak hükümetler arasında terfi politikası olmuştur. Kirleticilerin, hangi miktarının zararlı olduğu gerek uluslararası kuruluşlar, gerekse çeşitli ülkeler tarafından “Hava Kirliliği Standartları” ile tespit edilmektedir (Toros, 2000). Hava kalitesi standartları U.S. EPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı), WHO (Dünya Sağlık Organizasyonu), Avrupa Birliği Hava Kalitesi Çerçeve ve Ek Direktifleri, Dünya Bankası (World Bank) gibi birçok organizasyon ve kurum tarafından belirlenmektedir (Erdun ve diğ., 2015).

Türkiye’de hava kirliliği, 1950’li yıllarda nüfus artışı ve hızlı kentleşme sonucu özellikle kömür ve petrole talebin arttığı İstanbul, Ankara, İzmir gibi başta büyük kentlerde olmak üzere şiddetli hava kirliliği episodları yaşanması ile gündeme

gelmiştir (Ulusal Çevre Eylem Planı, 1997). Hava kirliliği ile mücadele çerçevesinde yapılan bugünkü düzenlemeler 1983' te yürürlüğe giren Çevre Yasası ile başlamıştır. Buna bağlı olarak 1986'da 2872 sayılı Türkiye Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği hazırlanmış, bu yönetmelikle hava kirlleticilerinin emisyonunun kontrol altına alınması, insanın ve çevresinin hava kirliliğinin etkilerinden korunmasının amaçlandığı belirtilmiştir. Bu yönetmelik çerçevesinde, Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği standartları göz önünde bulundurularak, kısa dönem, uzun dönem ve hedef sınır değerlerinden oluşan SO₂, NO₂ ve PM₁₀ gibi ana kirleticiler için sınır değerleri konmuştur. Yine bu yönetmelik çerçevesinde yerel bazda gerekli tedbirleri almak üzere uyarı kademeleri belirlenmiştir. Kirleticiler, bu kademeleri aştığında yerel otoriteler gerekli önlemleri almaları konusunda sorumlu tutulmuşlardır (Bayram ve ark, 2006).

Kirleticilerin dağılımı daha çok rüzgar hızı ve rüzgar yönü gibi meteorolojik parametrelere, emisyon kaynaklarının dağılımı ve yoğunluğuna, topografya ve ozon gibi oluşumu yüksekliğe bağlı olarak değişen parametreler ile ilgilidir (Ünal ve diğ., 2012). Kirleticilerin salındığı ortam atmosfer olduğu için dağılımları ve taşınımalarında meteorolojik parametrelerin etkisi oldukça önemlidir (EPA, 2005). Diğer yandan, kirleticilerin uzun menzilli dağılım etkilerinin bilinmesi ve taşınma yollarının belirlenmesi amacı ile kimyasal taşınım modelleri önem arz etmektedir (The National Research Council, 2009). Bu çalışmada da HySplit ve CHIMERE kimyasal modellerinin çıktıları ile kirleticilerin dağılımı ve taşınımı hakkında yorum yapılabilmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ilkbahar, sonbahar ve yaz aylarındaki PM₁₀ değerleri Suriye, Arabistan ve Kuzey Afrika çölleri üzerinden taşınan çöl tozlarının etkisiyle çoğu zaman kış mevsimindeki değerlerin üzerine çıkabilmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi coğrafi konumundan dolayı, çöl bölgelerine yakın olması, orta enlem siklonlarının geçiş güzergâhı üzerinde bulunması ve Batı rüzgârları kuşağında bulunması nedeniyle son yıllarda fazla bir şekilde çöl tozu taşınımına uğramaktadır (Şengün ve Kıranşan, 2013). Şanlıurfa ilinde Mehmet Akif İnan Hastanesi ve Göğüs hastalıklarıyla ortaklaşa yapılan çalışmada tozlu günlerde hasta sayılarının arttığı tespit edilmiştir (Şanlıurfa THEP, 2014). Bu çalışmada, Şanlıurfa'da iki farklı episod dönemi HySplit, CHIMERE modelleri ve sinoptik haritalar yardımıyla incelenerek kirleticiler kaynak ve dağılımları hakkında daha detaylı bilgiye varılmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Şanlıurfa bölgesinde sonbahar, ilkbahar ve yaz aylarındaki PM10 değerleri Suriye, Kuzey Afrika ve Arabistan çölleri üzerinden taşınan çöl tozlarının etkisiyle sık sık kış mevsimindeki değerlerin üzerine çıkabilmektedir (Şengün ve Kıranşan, 2013). Bu çalışmada, toz taşınımının gerçekleştiği sonbahar ve kirlilik emisyonlarının etken olduğu kış mevsimi olmak üzere 2014 yılı için iki farklı episod dönemi seçilmiş ve episod günlerindeki kirlilik durumu atmosferik koşullarla birlikte ortaya koyulmuştur. Böylece, meteorolojik parametrelerin episod dönemlerindeki etkileri, toz taşınımındaki rolü ve kirliliğe neden olan kaynaklar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada, CHIMERE modeli performansının iki farklı mevsimde farklı nedenlerle gerçekleşmiş olan episod dönemleri için analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bunlara ilaveten, hava kirliliğini ele alan bu tez çalışması Şanlıurfa ili için hava kirliliği modeli kullanılarak yapılan ilk çalışma olmasından dolayı da önem arz etmektedir. Çalışmanın ilerleyen yıllarda konu ile ilgili yapılacak araştırmalara yol göstermesi de amaçlanmaktadır.

1.2 Literatür Araştırması

Hem dünyada hem de Türkiye’de meteorolojik parametreler ile kirleticiler arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çok çalışma mevcuttur. Bazı çalışmalar ise detaylı olarak episod dönemlerini incelemiştir. Modelleme ile çalışılan çalışmalar ise son yıllarda giderek artmış olup, CHIMERE modeli ile çalışılan bazı çalışmalara örnek verilmiştir. Aşağıda tüm bu benzer konularda çalışılmış çalışmalara örnekler verilmiştir.

Bölgede yapılmış çalışmalara örnek olarak Uçar (1996) çalışmasında Şanlıurfa’nın kirletici kaynaklarının neler ve hangi boyutta olduğunu, bölgenin GAP’ın merkezi olmasından dolayı gelecekte Şanlıurfa’yı hava kirliliği açısından nasıl bir durumun beklediğini ortaya koymaya çalışmıştır. Şehrin coğrafi yapısından ötürü de kararlı atmosfer yapısının ve Atatürk Baraj Gölünden kaynaklanacak nem artışının hava kirliliğinin için sorun teşkil edeceği sonucuna varmıştır. Bulut ve diğ. (2008) çalışmalarında çöl tozlarının taşınım nedenleri, bölgenin meteorolojik, jeomorfolojik, jeolojik ve pedolojik özellikleri açısından değerlendirilerek çöl tozlarının iç ve dış ortam hava kalitesine olan etkileri Şanlıurfa ili için değerlendirilmiştir. Şengün ve Kıranşan (2013) yılında yaptıkları Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Çöl Tozlarının

Hava Kalitesi Üzerine Etkisi başlıklı makalede de bölgede son yıllarda çok sık görülmeye başlayan çöl tozlarının bölgenin hava kalitesi üzerindeki yeri, önemi ve dağılışını etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Meteorolojik parametrelerin kirleticilerle olan analizlerini inceleyen çalışmalara ise en eski tarihlerden Şahin (1994) yaptığı çalışma örnek verilebilir. Şahin, İstanbul'da kış periyodunda, bazı bölgelerde ölçülen kükürtdioksit ve partiküler maddenin meteorolojik parametrelerden; sıcaklık, basınç ve basınç sistemleri, nem, rüzgar, yağış, enversiyon ve kararsızlık indeksleri ile olan ilişkilerini araştırmıştır. Bunu araştırırken, dağılımdan bağımsız Spearman Rank Korelasyonu, sınıflandırma ve grafiksel yöntemler kullanılmıştır. Rank korelasyonu kullanılmasının nedeni verilerin bir kısmının normal dağılıma uymuyor olmasındandır. Kullanılan yöntemlere göre kirletici parametreler ile sıcaklık, basınç ve rüzgar arasında kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir. Başka çalışmada Erzurum kenti için Çevre İl Müdürlüğü tarafından hava kirliliği mobil ölçüm cihazından alınan (hava kirleticilerle, meteorolojik parametrelere ilişkin) veriler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme için hava kirletici maddeler (CO, SO₂, NO_x, Partikül) üzerinde üç farklı regresyon analiz denemesi yapılmıştır. Mevcut veriler "Stepwise İstatistiksel Regresyon Metodu" kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda sırasıyla birinci yaklaşımda meteorolojik parametrelerden sıcaklık ve rüzgar hızının SO₂ 'i azalttığı, SO₂ 'e ait bir önceki gün konsantrasyonunun kirliliği arttırdığı belirlenmiştir. İkinci yaklaşımda partiküler maddede miktarını yine meteorolojik parametreler (sıcaklık, nem, rüzgar hızı) azaltmıştır. Ayrıca partikül maddeye ait bir önceki gün konsantrasyonu ve SO₂ konsantrasyonunun da bu kirleticiyi arttırdığı belirlenmiştir. Üçüncü yaklaşımda ise O₃ ve NO_x miktarları arasında ters bir ilişki bulunduğu gözlenmiştir (Ocak, 1997). Bir diğer çalışmada Şahin (1999) Ankara'da 1989-1994 kış aylarında gerçekleşmiş episode günlerini SO₂ ve PM kirleticilerinin dönemin Türkiye'deki kirletici limit değerleri en az iki gün süreyle aşması kapsamında belirleyerek, bunların yerel meteorolojik parametreler ve sinoptik ölçekli olaylar arasındaki bağıntıları analiz edilmiştir. Episod günlerinin 850 hPa seviyesindeki (0000 GMT) sıcaklık değerleri analiz edilmiştir. Episodların birinci gününe kadar sıcaklığın azaldığı ve episodun birinci gününden itibaren sıcaklığın arttığı belirlenmiştir. Burada, episodların belirlenmesinde bu seviye sıcaklığının önemli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, negatif bağıl vortisiti ile yüksek hava kirliliği seviyeleri arasında bağıntı olduğu

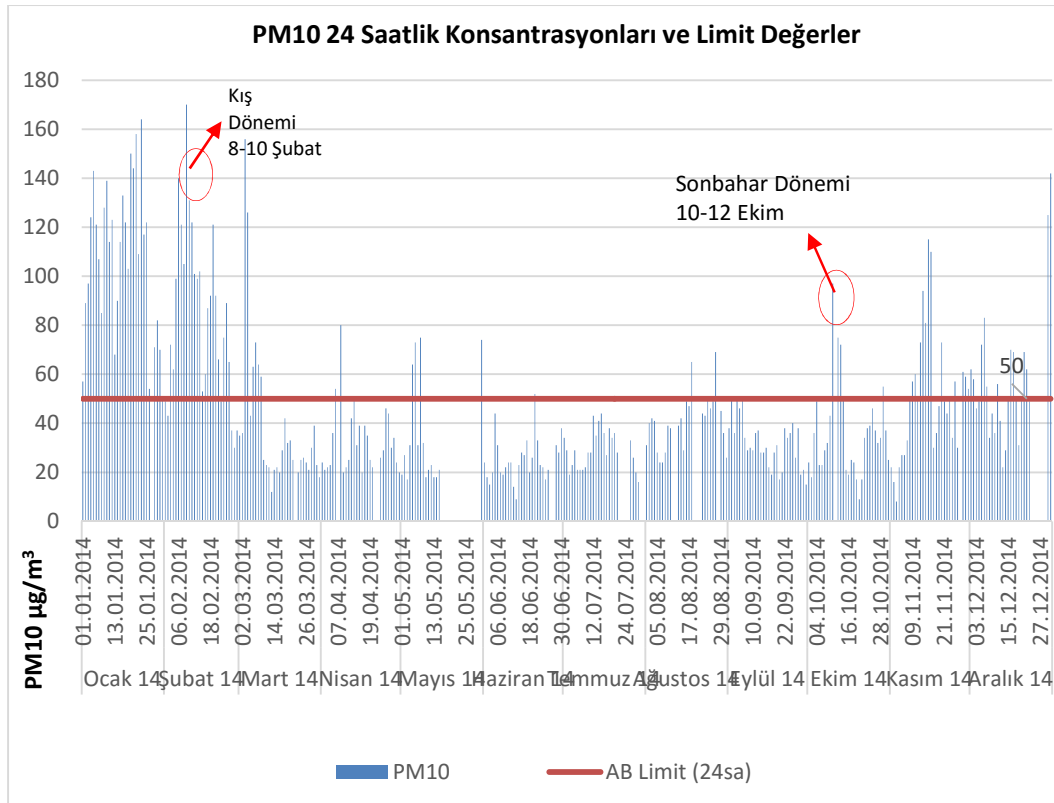
belirlenmiştir. Özellikle hava kirliliği analizlerinde bağıl vortisitinin önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada Trabzon kent merkezinde, 2006-2011 yılları arasındaki 5 farklı ısınma dönemleri için günlük ortalama SO₂ ve PM verileri ile günlük ortalama basınç, sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr hızı ve yönü verileri arasındaki ilişkiler SPSS yazılımı kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre Trabzon kent merkezinde rüzgâr hızı, bağıl nem ve alçak basınç kirlenici konsantrasyonları azaltıcı etki gösterirken yüksek basınç ve sıcaklık artırıcı etki göstermekte yağışın ise etkisi bulunmamaktadır (Akyürek, 2012).

CHIMERE modelinin özellikle episod dönemleri için yapılmış çalışmalarına şunlar örnek verilebilir. Flaounas ve diğ. (2009) Akdeniz bölgesinde görülen PM episod dönemleri için eksik şehir kaynaklarının etkisini ortaya koymak için toz taşınımını çeşitli modeller ile simüle etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda CHIMERE modeli gaz kirlenicileri için iyi bir tahmin verirken PM₁₀'in gözlenmiş verilerinin altında tahmin yapmıştır. Ayrıca insan kaynaklı oluşan yoğun PM₁₀ değişkenliğini iyi bir şekilde yakalayamamıştır. Bir başka çalışmada Menut (2007) CHIMERE-Dust modelini kullanarak Sahra çöl tozu olaylarının öngörülebilirliğini araştırmıştır. Modelin validasyonunu uydu görüntülerindeki toz taşınımına göre yapmıştır ve sonuçlar modelin iyi bir öngörü yaptığını ortaya koymuştur. Başka bir çalışmada ise aerosol (PM₁₀, Toz, Siyah Karbon) konsantrasyonlarını simüle edebilmesinde CHIMERE modelinin performansı araştırılmıştır. Bunun için Hindistanda gerçekleşen toz fırtınası zamanı seçilmiş ve aerosol konsantrasyonlarında toprak parametreleri ile meteorolojik verinin grid çözünürlüğündeki değişimlerin etkileri incelenmiştir. Modelin toz fırtınasını iyi yakaladığı görülürken, toprak parametreleri ve meteorolojik verinin çözünürlüğü için yapılan hassasiyet testi aerosol dağılımında bu parametrelerin önemli bir etkiye sahip olduklarını göstermiştir (Srivastava, 2014).

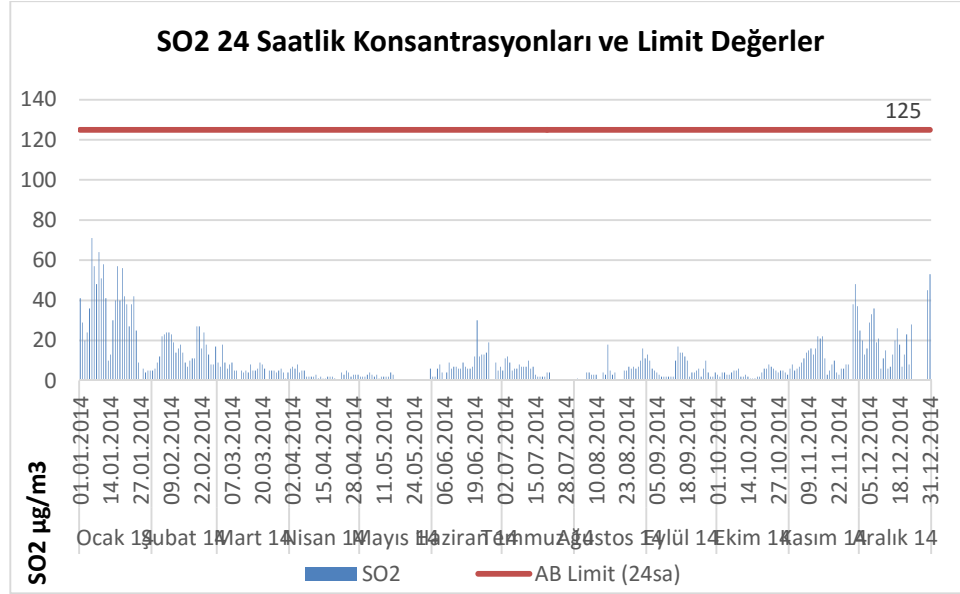
1.3 Hipotez

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kış sıcaklıklarının çok düşük olmamasından dolayı ısınmada çok fazla fosil yakıtları kullanılmamakta ve bunun sonucunda da havadaki partikül madde oranında fosil yakıtların etkisi çok ciddi bir düzeyde olmamaktadır. Bu bölgede ilkbahar, sonbahar ve yaz aylarındaki kirlenici değerleri çöl tozlarının etkisiyle çoğu zaman kış mevsimindeki değerlerin üzerine çıkabilmektedir. Çalışmada incelenen ve özellikle kış dönemi dışında gerçekleşen episod günlerinin Kuzey Afrika,

Arabistan ve Suriye çölleri üzerinden gelen toz taşınımından etkilenmesi beklenir. Ayrıca, CHIMERE modelinin bu episod günlerini yakalamış olması beklenmektedir. Hava kirliliği nedenlerinin detaylıca araştırılması ve Şanlıurfa'daki kirleticiler kaynaklarının belirginleşmesi için iki farklı mevsimden episod dönemi belirlenmiştir. Kış mevsiminden 8-9-10 Şubat 2014 ve sonbahar mevsiminden 10-11-12 Ekim 2014 tarihleri incelenmiştir. Bir dönemin kış diğerinin sonbahar seçilmesi ise, sonbahar döneminde toz taşınımı etkisini görmek ve kış döneminde ise atmosferik koşulların, şehrin yapısıyla birlikte değerlendirilmesidir. Dönemler seçilirken kirleticiler için AB limit değerleri dikkate alınmıştır. PM10'un AB için 24 saatlik limit değeri yılda 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü 35 kez aşacak şekilde belirlenmiştir. SO2'nin AB için 24 saatlik limit değeri yılda 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü 3 kez aşacak şekilde, Saatlik kıstas için limit değerler ise aynı sırayla, 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24kez/yıl) ve 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ şeklindedir (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008). Şekil 1.1'de PM10 konsantrasyonlarının 24 saatlik ortalama verileri 2014 yılı için grafik halinde gösterilmiştir. Şekil 1.2'de SO2 konsantrasyonlarının 24 saatlik ortalama verileri 2014 yılı için grafik halinde gösterilmiştir. Limit değerini aşan veriler mevcut olmasa dahi diğer aylara nispeten daha yüksek konsantrasyonların PM10'de olduğu gibi Kasım ayında başlayarak Mart ayına kadar devam ettiği gözlemlenmiştir.

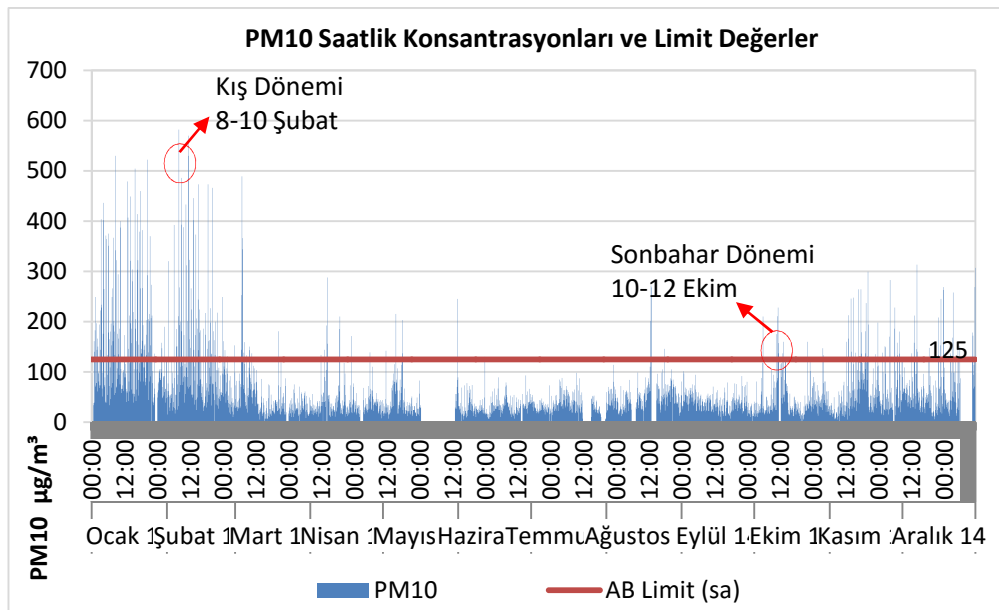


Şekil 1.1: 2014 yılı 24 saatlik PM10 konsantrasyonları ve limit değerler.



Şekil 1.2 : 2014 yılı 24 saatlik SO2 konsantrasyonları ve limit değerler.

Bu durumun her iki kirleticide de (özellikle SO₂) olması kirlilik sebebinin ısınma kaynaklı olduğunu göstermektedir. PM₁₀'in ısınma kaynaklarının etkisi dışında kaldığı aylardan Mart, Nisan ve Ekim aylarında gözlenen pik değerler, toz taşınımının etkenini göstermektedir. SO₂ konsantrasyonlarında ise ısınma dışı aylardan diğer aylara göre nispeten yüksek olan değerler Haziran ayında görülmektedir. Şekil 1.3'te PM₁₀ konsantrasyonlarının saatlik ortalama verileri 2014 yılı için grafik halinde gösterilmiştir. PM₁₀'in ısınma kaynaklarının etkisi dışında kaldığı aylardan Mart, Nisan, Ağustos ve Ekim aylarında zaman zaman gözlenen pik değerler, yine Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde görünen toz taşınımının etkenini göstermektedir.



Şekil 1.3: 2014 yılı saatlik PM10 konsantrasyonları ve limit değerler.

2. HAVA KİRLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.1 Topografik Özellik

Topografik koşullar hava kirliliğini iki farklı yönden etkiler. Bunlardan ilki bu koşulların yarattığı iklime bağlı etkidir. Topografik özellikler, hava akımının engellenmesine, dikey ve yatay hava hareketlerinin oluşumuna, çanak biçiminde oluş nedeniyle hakim rüzgarların etkisi dışında kalmasına neden olmaktadır. Diğer ise, topografik koşulların yerleşim yeri yayılımına ve sanayi tesislerinin kurulmasına olan etkisidir (Taş, 2006).

Topografik özellikler, oradaki hava kirliliğinin derecesini, kirli havanın yerleşim birimi üzerinde kalış süresini etkilemektedir. Örneğin, gece saatlerinde yukarı seviyelerden aşağı seviyelere inerek alçak havza ve vadilere yerleşen soğuk havanın, hava kirliliği üzerinde önemli etkileri olabilmektedir. Soğuk hava, önceden bulunan bir yüzey enverziyonunu kuvvetlendirebilmekte ve tepe yamaçlarında bulunan kirleticileri aşağı seviyelere taşıyabilmektedir. Yüksek kirlilik seviyelerinin oluşması için en uygun yerler, dağlar ve tepeler ile tamamen çevrelenmiş olan vadilerdir. Topografik olarak bir çanak özelliği gösteren veya hakim rüzgar yönüne dik doğrultuda uzanan bir oluk biçimindeki çukurluk içinde bulunan yerleşim alanlarında kirlilik daha da etkili olmaktadır (Şahin, 1989).

Dağ vadilerindeki en yüksek hava kirliliği konsantrasyonlarına kışın soğuk aylarında rastlanılır. Yazın sıcak aylarda gün içersindeki ısınmaya bağlı olarak vadi yamaçları ısınmakta ve böylece vadinin aşağısından yukarıya doğru esen vadi rüzgarları oluşmaktadır. Bu rüzgarlar, vadinin içersindeki kirleticileri yukarıya taşıyarak vadinin temizlenmesini sağlarlar. (Çapraz, 2013).

2.2 Rüzgarın Etkisi

Rüzgar, kirli havanın taşınması ve yoğunluğunun azalmasından önemli etkenlerden biridir. Rüzgarın olmaması (düşey yönlü hava hareketlerinin de olmamasıyla) kirli havanın dağılımını imkansız kılar. Topografya rüzgarın bu etkisini önemli derecede

etkiler. Eğer yerleşim yeri rüzgar hareketini kolaylaştıran ve rüzgar yönüne paralel bir eksen üzerinde kurulu kirli hava şehirden uzaklaşır. Ancak, rüzgar yönünde rüzgarın hareketini kesici doğal veya yapay engeller var ise kirli hava hareketsiz bir şekilde kalmaktadır.

Rüzgarın temizleyici etkisinin şehirlerde verimli bir şekilde kullanmak için şehir planlarında “hava koridorları”nın bırakılması gerekir. Bu koridorların başlangıcında veya sonunda rüzgarı engelleyici yapılar bulunmamalıdır.

Rüzgar, şehirlerin dışında veya kenarında plansızca yapılan fabrikaların çıkardığı kirleticileri şehirlere de taşıyarak şehirlerdeki hava kirliliğinin artmasına neden olur (Şahin, 1989).

2.3 Atmosferik Kararlılık ve Enverziyon

Atmosferin kararlılık vaziyeti, hava kirleticilerinin yayılımını atmosferin dispersif gücünceki değişime bağılı olarak kalitatif ve kantitatif bir şekilde açıklar (İncecik, 1994). Atmosferik kararlılık, hava parselinin düşey olarak yükselebileceği seviyedir. Düşey hava hareketlerinin oluşumunu kararsız atmosfer desteklerken, kararlı atmosfer düşey hava hareketlerinin oluşumunu engelleyici yapıdadır. Kararlı bir atmosferde kirletici yatay hareket izler (Çapraz, 2013).

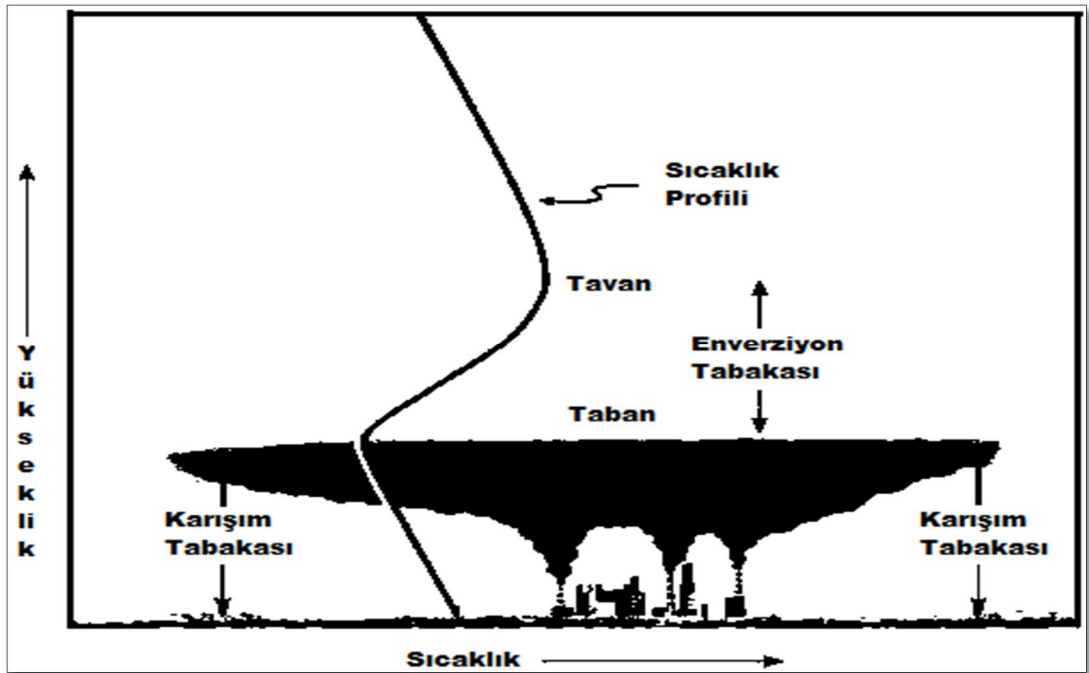
Sıcaklığın düşey değişimi (lapse rate) atmosferin kararlılığını belirler. Hava sıcaklığı, atmosferin yukarı seviyelerine doğru çıkıldıkça hızla düşüyorsa, atmosfer kararsız bir yapıda demektir ve bu durum kirleticilerin düşey olarak karışabileceği anlamına gelir. Ancak atmosferin yukarı seviyelerine doğru çıkıldıkça hava sıcaklığı çok düşük miktarda azalıyor veya yükseklikle artıyorsa (enverziyon) atmosfer kararlı bir yapıda demektir. Enverziyon tabakasının içerisinde yükselmeye çalışan herhangi bir hava parselinin sıcaklığı kendisini çevreleyen havanın sıcaklığından daha düşük olurken, yoğunluğu ise havanın yoğunluğundan daha fazla olur. Buna bağılı olarak enverziyon tabakası atmosferdeki düşey hava hareketlerini engelleyen bir kapak görevi görmüş olur.

Gökyüzünün açık ve rüzgarların zayıf olduğu gecelerde, günün en erken saatlerinde Radyasyon (yüzey) enverziyonu oluşur. Kararlı enverziyon tabakasının altındaki kısa bacalardan yükselen dumanlar çok fazla yükselemeyerek etrafa dağılır ve bölgenin kirlenmesine neden olur. Radyasyon enverziyonu normalde yalnızca birkaç saat

sürmesine rağmen, çökme (subsidence) enverziyonları birkaç gün veya daha uzun bir süre bulundukları yerde kalabilmektedir. Bu nedenle ciddi hava kirliliği episodları ile ilişkili olan enverziyon tipi genel olarak çökme enverziyonlarıdır. Çökme enverziyonu, derin bir yüksek basınç merkezinin (antisiklon) üzerinde bulunan havanın çökerek ısınması sonucu oluşmaktadır.

Enverziyon tabakasının kararlı yapısı düşey karışımları engeller ve böylece tabakanın altında kalan kirleticilerin enverziyon tabakasının üzerine yükselmesini engelleyen bir kapak görevi görür.

Şekil 2.2 Enverziyon ve karışım tabakasını göstermektedir. Soldaki yön yüksekliği verir iken yataydaki yön ise sıcaklığı vermektedir. Yine enverziyon tabakasının sınırları tavan ve taban olarak verilerek belli edilmiştir. Sıcaklık profili ile sıcaklığın ve yüksekliğin değişimi anlaşılabilir. Enverziyon tabakasının altındaki alan karışım tabakası olarak gösterilmiştir. Enverziyon tabakasında şekil 2.2’den de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça yüksekliğin azaldığı görülmektedir. Bu enverziyon tabakası nedeni ile altında kalan atmosferde karışım olayı minimuma inmiş olacaktır. Enverziyon tabakası yükseldiği takdirde karışım derinliği artacak ve kirleticiler daha geniş bir hacim içerisinde dağılacaklardır. Bununla birlikte, enverziyon tabakası alçaldığı takdirde karışım yüksekliği düşecek ve kirleticiler daha fazla yoğunlaşarak sağlığa zararlı seviyelere ulaşabilecektir (Çapraz, 2013).



Şekil 2.1 : Enverziyon ve karışım tabakası (Çapraz, 2013).

3. ŞANLIURFA

Şanlıurfa, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, 37° 08' kuzey enlemleri ve 38° 46' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Şanlıurfa'nın nüfusu, 2014 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 1.845.667 olup, Türkiye de nüfusu yüksek iller arasındadır (TÜİK, 2014). Onüç ilçeye sahiptir. Batıda Gaziantep, doğuda Mardin, kuzeyde Adıyaman, kuzeydoğuda Diyarbakır ve güneyde Suriye illeri ile çevrilidir. Şanlıurfa'nın ortalama yükseltisi 518 metre'dir ve 19.451 km²'lik yüz ölçümü ile Türkiye'nin en büyük yedinci ilidir.

3.1 Şanlıurfa'nın İklimi

Bir yandan yüksek dağlarla kuşatılmış olması, diğer yandan Suriye Çölleri'nin yakınında yer alan Güneydoğu Anadolu Bölgesi düzlüklerinde deniz etkisinden uzak kalışın bir sonucu olarak Akdeniz ikliminin yarı kurak stepik tipi olarak da tanımlanabilecek geçiş tipi iklim şartları yaşanır. Şanlıurfa ilinde kışları soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer. Gece ile gündüz sıcaklıkları arasındaki fark büyüktür. Yağışın mevsimsel dağılımı düzensiz ve azdır, yağışların çoğu kış mevsiminde düşmektedir. En fazla yağış Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında düşmektedir (Erinç, 1993).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi coğrafi konumu nedeni ile çöl bölgelerine yakındır. Orta enlem siklonlarının geçiş güzergâhında bulunması ve Batı rüzgârları kuşağında yer alması nedeniyle son yıllarda bol miktarda çöl tozu taşınımına uğramaktadır (Şengün ve Kıranşan, 2013).

3.2 Şanlıurfa'nın Hava Kirliliği

Şanlıurfa'nın hava kirliliği mevsimsel özellik gösterebilmektedir. Kış ayları, sonbaharın geç zamanları ile ilkbaharın erken dönemlerinde hissedilen ve tespit edilen kirlilik mevcuttur. Bu durum Şanlıurfa'da hava kirliliği kaynağının sanayiden ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan bir kirliliğe nazaran daha çok ısınmadan kaynaklanan bir hava

kirliliğin etkin olduğunu göstermektedir. Şanlıurfa'da özellikle geçtiğimiz son 5 yıllık periyotta konutlarda kömür kullanımının artmış olmasından dolayı hava kalitesi bozulmuştur. Aynı zamanda son 5 yıllık zamanda şehirde bulunan motorlu kara taşıtları sayısında da önemli bir artış olmuştur.

Şanlıurfa'da nüfus yoğunluğu ile birlikte özellikle Akçakale, Harran ve Ceylanpınar kent merkezindeki düşük rakımlı bölgeler ve şehrin özellikle doğu ve güneydoğusunda bulunan kenar semtlerde çok fazla kullanılan kömür hava kirliliğinin birinci derecedeki nedenidir. Buna bağlı olarak, şehir merkezinde özellikle kış aylarında hava sirkülasyonunun az olması ve basınç etkisiyle kirletici gazlar şehrin alçak bölgelerinde yoğunlaşmaktadır.

Son yıllarda şehirde meteorolojik enversiyon olayı ile de karşılaşmaktadır. Rüzgâr olmadığı zaman, kirleticilerin dağılması olanağı bulunamamakta ve hava bir nevi asılı kalmaktadır. İnversiyon olayının olduğu günlerde havada bulunan partikül ve kirleticiler sabit durumda kalmaktadır. Bu durum da hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Şanlıurfa THEP, 2014).

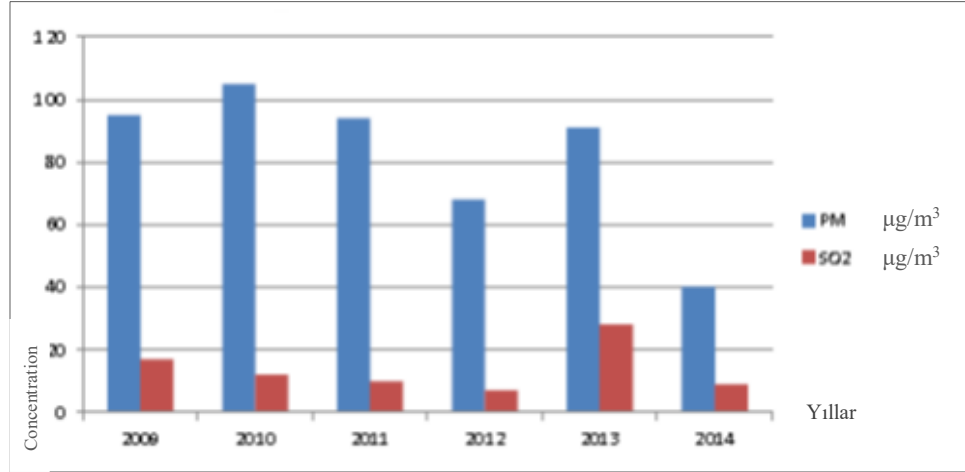
Çöl tozları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne özellikle topoğrafik engellerin olmadığı yerlerden gelmektedir. Buna örnek olarak Gaziantep Platosu ile Şanlıurfa Platosu arasında Fırat Nehri'nin de içerisinden aktığı oluk ile yükseltisi 1000m'yi aşmayan Şanlıurfa Platosu verilebilir. Türkiye'nin güney sınırında bulunan Şanlıurfa ile Mardin illerinin çöl bölgelerine yakın olması ve çöl bölgeleriyle aralarında topoğrafik engellerin olmamasından dolayı çöl kökenli toz ve kum fırtınalarından yoğun şekilde etkilenmektedir (Şengün ve Kıranşan, 2013). Şanlıurfadaki hava kirliliği önem sırasına göre; sanayi, ısınma, toz taşınımı, anız yakmaları ve motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır (Şanlıurfa THEP, 2014).

3.2.1 Sanayiden kaynaklanan hava kirliliği

Şanlıurfa nüfus artışı ve endüstrisi ile hızlı bir şekilde büyüme gösteren Türkiye'nin büyük şehirlerinden birisidir. Artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte bölgenin hava kalitesi de önemli oranda etkilenmektedir. Organize Sanayi Bölgesi, Evren Sanayi Bölgesi, Taş Ocakları, Çimento Fabrikaları, Konutlar ve Motorlu taşıtlar, Şanlıurfa'da hava kalitesi üzerine etkisi olan başlıca kaynaklardır. Türkiyede ki pamuğun yaklaşık yarısı Şanlıurfa'da üretilmektedir ve 170 tane çırçır fabrikasına sahiptir. Bu da hava kirliliğine önemli oranda neden olmaktadır (Şanlıurfa THEP, 2014).

3.2.2 Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği

Şanlıurfa’da hava kirliliğinin özellikle kış ayları, sonbaharın geç dönemleri ile ilkbaharın erken dönemlerinde meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu durum diğer kirliliğe sebep olan kaynakların yanı sıra Şanlıurfa’da ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin de etkin olduğunu göstermektedir (Şanlıurfa THEP, 2014). Şekil 3.1’de Şanlıurfa İli 2009-2014 yılları kış dönemi PM10-SO2 değerleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Şanlıurfa ili 2009-2014 yılları kış dönemi PM10-SO2 değerleri (Şanlıurfa THEP, 2014).

3.2.3 Toz taşınımından kaynaklı hava kirliliği

Yeryüzünün yaklaşık beşte biri çöllerle kaplı olup, başta Sahra olmak üzere Suriye, İran ve Arap Yarım adasındaki çöllerden yılda milyon ton mertebesinde toz taşınmaktadır. Şanlıurfa’da ülkemizin yakın çevresinde bulunan bu çöllerden kaynaklı toz taşınımından önemli oranda etkilenmektedir. Taşınan çöl tozları özellikle hava kalitesi üzerinde çok etkili olmaktadır. Bu taşınımın özellikle geçiş mevsimi olan ilkbahar ve sonbahar’da rastlanılması olayın tamamen doğal bir süreç olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Çöl tozlarının taşınım sonrasında çökeldiği ortamlarda çevresel etkileşimlere yol açmaktadır. Ayrıca çevre, hava kalitesi, insan sağlığı, toprak ve bitkilere etkisi gibi birçok konuda karşı karşıya gelmektedir (Şanlıurfa THEP, 2014). Başlıca Şanlıurfa’yı etkileyen çöl bölgeleri Şekil 3.2’de verilmiştir. Bu bölgeler şu şekilde tanımlanabilir; Türkiye’nin güneyinde özellikle çalışma bölgesinin hemen altında yer alan Suriye çölü, bu bölgenin biraz daha güneyinde ve doğusuna yer alan Arabistan çölleri, bu bölgelere nazaran Türkiye’nin güneydoğusunda kalan İran çölleri ve Türkiye’nin güneybatısında Akdeniz’in güneyinde yer alan diğer tüm bölgelere nazaran çok daha büyük Sahra çöl bölgesidir.



Şekil 3.2: Şanlıurfa'yı etkileyen çöl bölgeleri (Şengün ve Kıranşan, 2013).

3.2.4 Anız yakmalarından kaynaklanan hava kirliliği

Hava kirliliğine neden olan bir diğer etkende tarla üzerinde kalan anızların yakılmasıdır. Hasat sonrası böcek ve diğer zararlıları yok etmek, çeşitli hastalıkları önlemek ve toprak işlemede kolaylık sağlamak amacıyla tarla üzerinde kalan anızlar yakılmaktadır. Bu durumda hava kalitesini etkilemektedir (Şanlıurfa THEP, 2014).

3.2.5 Motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği

Şanlıurfa'nın büyük şehirlerinden biri olması ve nüfusun hızla artış göstermesi nedeniyle motorlu taşıtlarda her geçen gün artış göstermektedir. Özellikle sabah ve

akşam iş ve okul nedeniyle gidiş –dönüş saatlerinde toplu taşıma ve özel araçların egzozlarından çıkan dumanlar havayı olumsuz derecede etkilemektedir (Şanlıurfa THEP, 2014). Çizelge 3.1’de Şanlıurfa ilinde trafiğe kayıtlı ve egzoz emisyonu yaptıran araç sayısı verilmiştir. Giderek artan araç sayısının da kirliliğe olan payı azımsanmamalıdır.

Çizelge 3.1 Şanlıurfa ilinde trafiğe kayıtlı ve egzoz emisyonu yaptıran araç sayısı (Şanlıurfa THEP, 2014).

Yıl	Egzoz Emisyon Ölçümü Yaptıran Araç Sayısı	Trafiğe Kayıtlı Araç Sayısı
2009	16.870	175.392
2010	49.177	194.193
2011	59.859	213.782
2012	68.917	228.449
2013	87.004	237.559

Çizelge 3.2’de ise 2014 yılında Egzoz Emisyon ölçümü yaptıran araçlara göre Şanlıurfa ilindeki araçların yakıt cinsine göre dağılımı ilçeleri de kapsayacak şekilde verilmiştir. Bu dağılıma göre 2014 yılı için Şanlıurfa’daki araçlarda Dizel yakıt tüketiminin yaygın olduğu görülmektedir. Çizelge traktör ve motorsikletler hariç tutularak hazırlanmış olup genel olarak şehirdeki yakıt tipine göre araç kullanımı hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır. Bu istasyon tam temsili olmamasına rağmen şehirdeki araçlardan birçoğunun burada ölçüm yaptırdığı bilinmektedir.

Çizelge 3.2 Şanlıurfa ilinde tüvtürk istasyonlarında 2014 yılında egzoz emisyon yakıt cinsine göre araç dağılımı (Polçak Taşıt Muayene İstasyonları, 2015).

	Merkez	Hilvan	Viranşehir	Siverek	Akçakale	Birecik	Toplam
Benzin+LPG	13193	1292	4120	4119	2638	3069	28431
Benzin	3614	397	433	531	973	1099	7047
Dizel	22354	1044	6725	7199	3544	8269	49135
Toplam	39161	2733	11278	11849	7155	12437	84613

Çizelge 3.3’de ise Şanlıurfa’da 2014 yılına ait araç sayıları türlerine göre verilmiştir. Çizelge 3.2’de dahil olmamış olan traktör ve özellikle otomobil sayısına yakın olan motorsiklet sayısı da, motorlu araçlardan yayılan emisyon payında şehirde önemli bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 3.3: Şanlıurfa 2014 yılına ait motorlu kara taşıtları sayısı (TÜİK, 2015).

Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet	Özel Amaçlı Taşıtlar	Traktör	Otomobil Sayısı /Bin Kişi
90019	7969	1271	26906	15067	67867	490	32913	49

4. CHIMERE MODELİ

4.1 Hava Kalitesi Modelleri

Hava kirliliği kapsamında yapılan bilimsel çalışmalarda çeşitli amaçlara ulaşabilmek için geliştirilen ve kullanılan tekniklerin bazıları modelleme olarak isimlendirilmişlerdir. Bu amaçla emisyon modellemesi, kimyasal modelleme, birikim modellemesi, alıcı ortam modellemesi gibi çeşitli model kavramları geliştirilmiştir (Tayanç, 2013). Hava kalitesi modelleri, kimyasal ve fiziksel prosesleri matematiksel ve sayısal teknikleri kullanarak simüle eder. Bu fiziksel ve kimyasal süreçte önemli olan nokta, atmosferde bulunan hava kirleticilerinin yayılımının incelenmesi ve nasıl bir tepkime verdiğidir (Ay ve diğ., 2010). Ancak modelleme ile, model tahminlerine dayanan değişik tipteki hava kirleticilerin davranışlarının kontrolü ve de hava kirliliğinin önlenmesi konusunda uygun kararların alınabilmesi mümkün hale gelebilecektir (İncecik, 1994).

Aşağıda belirtilen süreçler hava kalitesini etkiler ve kirletici konsantrasyon tahmini yapan modellerde bulunmalıdır.

- Kaynak emisyonları
- Yatay ve düşey taşınım
- Yatay ve düşey dispersiyon
- Kimyasal dönüşümler
- Birikim süreçleri (Tayanç, 2013).

En sık kullanılan hava kalitesi modelleri şu şekildedir;

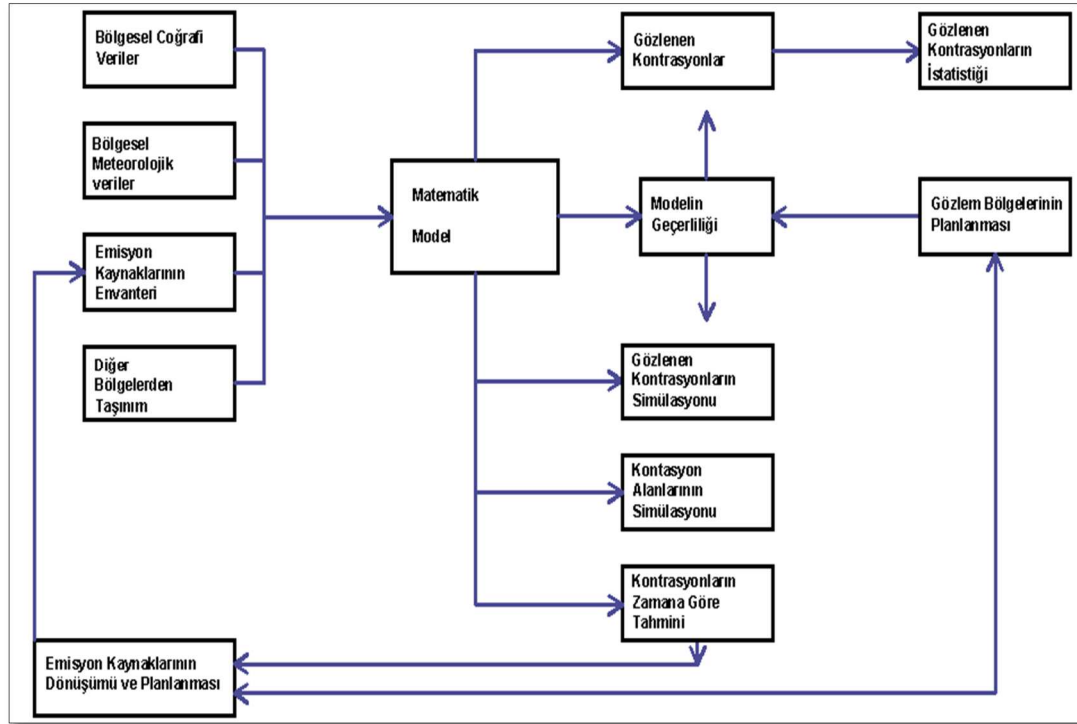
Dispersiyon modellemesi; bu modeller tipik olarak izin alma prosesi sürecinde, yer-seviyesi reseptörlerinde kirletici konsantrasyonlarının tahmini için emisyon kaynağı etrafında kullanılmaktadır.

Fotokimyasal modelleme; bu modeller genellikle politika değerlendirmelerinde veya düzenleyici, tüm kaynaklardan çıkan kirletici konsantrasyonları tahmin edilerek

etkileri ve büyük mekânsal ölçekler üzerinde kimyasal reaktif ve inert kirleticilerinin her ikisi de miktarının simule edilmesi için kullanılmaktadır.

Reseptör modelleme; gözlem teknikleri olarak adlandırılır ki bu teknikler, kaynaktan ölçülen partikül ve gazların kimyasal ve fiziksel karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılır ve reseptör konsantrasyonlarına kaynak katkılarını ölçmek için ve reseptör varlığı tanımlamak için kullanılır (Ay ve diğ., 2010).

Atmosfere yayılan ve hava kalitesini etkileyen maddeler fotokimyasal / kimyasal reaksiyonlarla dönüşüme uğrayabilir ve basınç, bağıl nem, rüzgar vektörü, sıcaklık, sıcaklığın yükseklikle değişimi, yağış gibi meteorolojik faktörler; yatay / düşeyde taşınım (adveksiyon / konveksiyon), dispersiyon ve birikimi etkileyebilir. Emisyon ortaya çıktıktan sonra kirleticilerin çevredeki konsantrasyonlarını belirleyebilmek için hava kalitesi modelleri kullanılır (Tayanç, 2013). Bu atmosferik modeller, girdi verisi olarak bölgesel coğrafi veriler, bölgesel meteorolojik verileri ve emisyon bazlı bilgileri kullanırlar (İncecik, 1994). Sonrasında ise sayısal teknikleri işleterek atmosferdeki taşınım, dispersiyon gibi fiziksel süreçleri çalıştırabildiği gibi kimyasal tepkimeleri işleyen kimya algoritmaları ile birlikte kullanıldığında kirletici tür dönüşümlerini de gerçeğine uygun bir şekilde üretebilir (Tayanç, 2013). Hava kirliliği modelinin oluşmasında gerekli olan sistem Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Hava kirliliği modelinin oluşmasında gerekli olan sistem (İncecik, 1994).

Hava kalitesi değerlendirmelerinde kullanılan iki tip foto-kimyasal hava kalitesi modeli vardır; hareketli bir koordinat sistemi kullanan Lagrange yörünge modeli ile yeryüzü üzerinde sabit bir koordinat sistemi kullanan Euler grid modelidir. Lagrange yaklaşımında koordinat sistemi hava parseli ile birlikte hareketli yapıda olup hava parselindeki zamana bağlı değişimler yerinde ifade edilirken, Euler yaklaşımda hava parselindeki zamana bağlı fiziksel ve kimyasal değişimler sabit koordinat sistemi ile takip edilip ifade edilmektedir. Birinci nesil modelleme çabaları kirletici taşınım ve oluşumunda hesaplamada kolaylık sağlaması nedeniyle Lagrange yaklaşımını kullanmışlardır. Ancak fiziksel ve kimyasal süreçleri tam olarak tanımlayamaması Lagrange yaklaşımının dezavantajı olarak belirtilebilir. Evrensel düzeyde günümüzde yaygın olarak kullanılan fotokimyasal hava kalitesi modellerinin birçoğu tüm model alanı üzerinde kirletici konsantrasyon-larını yüksek çözünürlük ve hassasiyette belirleyebilen ve atmosferdeki fiziksel süreçleri daha iyi karakterize edebilen üç boyutlu Euler grid yaklaşımını kullanmaktadır (Tayanç, 2013). Çalışmada kullanılan CHIMERE modeli de Euler yaklaşımını kullanan bir kimyasal-taşınım modelidir.

Hava kirliliği modelleri hava kalitesi yönetimi sisteminde çok önemlidir çünkü birçok büyük kuruluş, zararlı hava kirleticilerin azaltılmasına yönelik etkili stratejiler geliştirmek için hava kalitesi problemlerinde kaynakların belirlenmesi ile birlikte hava kirliliğinin kontrolünde yaygın olarak modelleri kullanmaktadırlar. Örneğin, hava kalitesi modelleri, izin prosesleri esnasında yeni kaynakların ortam hava kalitesi standartları aşmaması için kullanılabilir ya da gerekirse, ek kontrol şartlar belirler. Ek olarak, hava kalitesi modelleri ile, yeni bir düzenleme programının uygulanmasından sonra, insan ve çevrenin zararlı etkilere maruziyetinin önlenmesi amacıyla programlar geliştirilebilmekte, birden fazla kaynaktan gelecek kirletici konsantrasyonun tahmini için kullanılabilirler (Ay ve diğ., 2010).

4.2 CHIMERE Modeli Gelişimi

CHIMERE modelinin ilk versiyonu 1997 yılında sadece Paris şehri için gaz-fazındaki kimyasal kapsayan kutu model olarak ortaya çıkmıştır (Honoré ve Vautard, 2000; Vautard ve ark., 2001). 1998 yılında ilk tahmin versiyonu Paris bölgesi için uygulanmıştır (Vautard ve ark., 2000). Aynı zamanda tüm parametreler için konsantrasyonların hassasiyetini tahmin etmek için geliştirilmiştir (Menuet ve ark., 2000). 2001 yılında coğrafi alan Avrupa üzerine kartezyan ızgara olarak

genişletilmiştir (Schmidt ve ark., 2001). 2004 yılında ise aerosol modülü, doğal kaynaklı toz emisyonları ve Avrupa üzerindeki süspansiyon gibi daha sonraki geliştirmeler (Vautard ve ark., 2005; Hodzic ve ark., 2006; Bessagnet ve ark., 2008) düşünölerek uygulanmış (Bessagnet ve diğ., 2004) ve uzun-dönem ve arazi ölçölmlerine karşın değerlendirilmiştir (Hodzic ve ark., 2005; Hodzic ve ark., 2006). Mineral toz versiyonun gelişimi 2005'te başlamış, kimya bu versiyonun içinde yer almamıştır (Menut ve ark., 2005). Buna ek olarak, yeni bir yatay bölęe tüm Kuzey Atlantik ve Avrupayı Sahra Çölü ve rüzgaraltı bölgesini de kapsayacak şekilde tanımlanmıştır. 2006 yılında çok büyük ölçekte paralel bilgisayar ile paralel versiyonun gelişimi önemli bir adım olarak gerçekteştirilmiştir (Documentation of the chemistry-transport model, 2014).

CHIMERE modeli mevcut hali ile gelişmiş bir model olarak düşünöllebilir. Yerel ölçekten kıtalar arası ölçeğe kadar ozon ve PM10 kirleticilerine odaklanan bir çok karşılaştırmalı çalışma içermektedir (Vautard ve ark., 2007; Van Loon ve ark., 2007; Schaap ve ark., 2007; Solazzo ve diğ., 2012; Zyryanov ve diğ., 2012). Bunun yanısıra, model büyük oranda Avrupa üzerinde, fakat son zamanlar için Afrika ve Kuzey Atlantik'de de toz simölasyonları için çalıştırılmaktadır. Aynı zamanda, MILGARO Projesi boyunca organik aerosolleri çalışmak için Orta Amerika ve AQMEII projesi için de Amerika'da çalıştırılmaktadır (Hodzic ve ark., 2009; Hodzic ve ark., 2010; Solazzo ve diğ., 2012). Sonuç olarak, Chimere gelişimi üç ana kuralları izler. İlk olarak, ana kirleticilerin konsantrasyonları iyi değerlendirilmiş ve son gelişmişlikte olan parametrizasyonları kullanarak olası en iyi doğrulukta hesaplanır. İkincil olarak, tüm geliştirici ve ilgili model kullanıcıları tarafından kodlarda düzeltme ve eklemeler yapmaya izin vermek adına bir modöl çerçevesi sürdürölmemektedir. Üçölncü olarak, uzun-dönem simölasyonları, klimatolojik çalışmalar ve operasyonel tahminleri hesaba katmak adına kod yapısı sayısal olarak verimli tutulur (Documentation of the chemistry-transport model, 2014).

4.3 CHIMERE Modeli Temel Özellikler

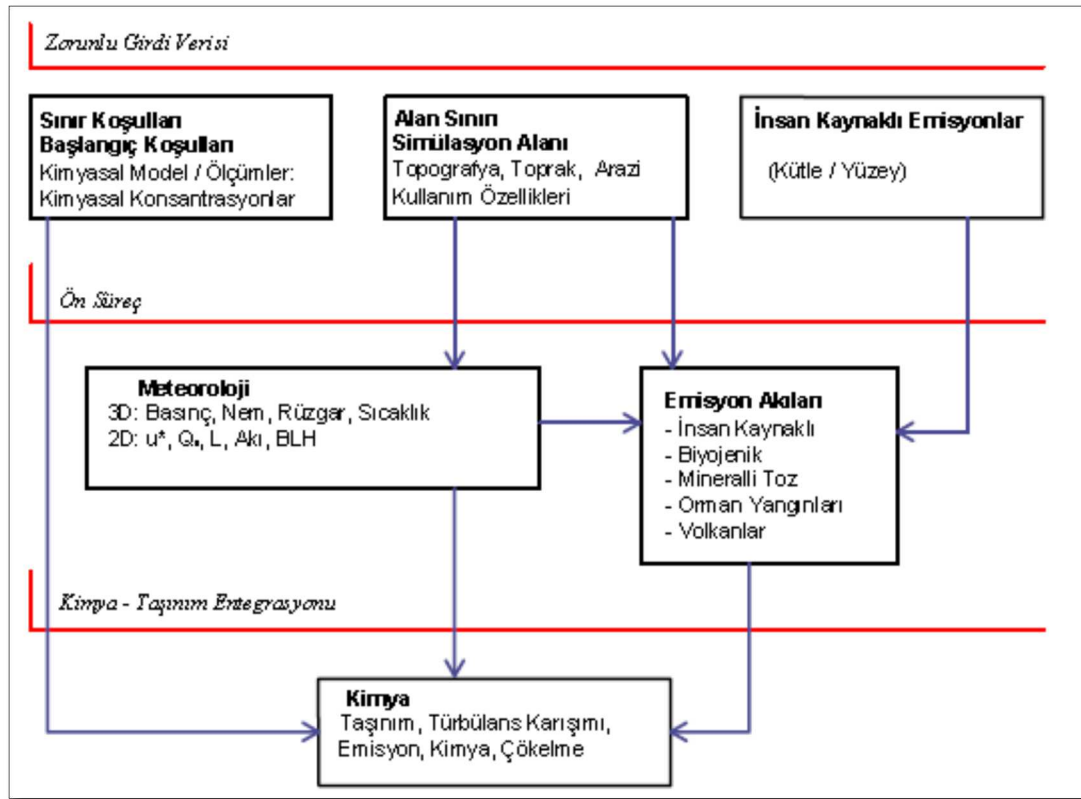
CHIMERE çok ölçekli modeli öncelikle ozon, aerosol ve diğer kirleticilerin günlük tahminlerini üretmek ve emisyon kontrol senaryoları için uzun dönem simölasyonlarını oluşturmak amaçlı tasarlanmıştır. CHIMERE 1-2 km'den 100 km'ye kadar ulaşan çözölürlüğü ile bölęesel ölçekten (binlerce kilometre) şehir ölçeğine

(100-200 km) kadar uzanan mekansal ölçek aralığında çalışır. CHIMERE sunucusunda dökümantasyon ve kaynak kodları tüm çoklu ölçek modeli için sunulmuştur. Fakat, çoğu veri sadece Avrupa için geçerli olup, diğer kıtalar için revize edilmelidir.

CHIMERE, simülasyonlar için birçok farklı seçenek sunmaktadır bu da onu parametreleri ve hipotezleri test etmede güçlü bir araştırma aracı yapan özelliğidir. Girdi verileri doğru bir şekilde sağlandığı takdirde kullanımı nispeten kolaydır. Birçok düşey çözünürlük ve geniş bir karmaşa ile çalışabilir. Birçok kimyasal mekanizmayı, basit veya kompleks ya da aerosol etkili ve etkisiz olarak yürütebilir. Hali hazırda model aşağıdaki koşullar için kullanılabilir.

- Fiziksel ve kimyasal süreçler araştırması
 - Taşınım ve karıştırma, türbülans
 - Aerosol kimyası
 - Toz ve yangın emisyonları ve taşınım
 - Partikül birikimi
 - Bulutlar, radyasyon ve kimya
 - Bitki örtüsü ve kimyasal etkileşimler
- Senaryolar ve klimatoloji
 - Geçmiş ve gelecek emisyon etkileri
 - Ensemble analiz
- Tahmin
 - LMD'de deneyimli tahmin
 - Operasyonel tahminler

CHIMERE çevrimdışı olarak çalışan bir Euler kimyasal taşınım modelidir. Bir simülasyonu çalıştırmak için dış zorlamalar gerekmektedir. Bu zorlamalar meteorolojik alanlar, birincil kirletici emisyonları, kimyasal sınır koşulları olarak söylenebilir. Bu girdi verilerini kullanarak CHIMERE modeli yerel alanlardan kıtalar arasına kadar onlarca gaz ve aerosol türünün atmosferik konsantrasyonlarını sağlar ve hesaplar (Documentation of the chemistry-transport model, 2014). CHIMERE'de kimyasal konsantrasyonları etkileyen emisyonlar, taşınım (adveksiyon ve karışım) kimya ve birikim gibi temel süreçler Şekil 4.2'de verilmiştir. Burada zorunlu girdi verisi, ön süreç ve kimya-taşınım entegrasyonu ile 3 aşama görülmektedir. Zorunlu girdi verisi olarak sınır koşulları, insan kaynaklı emisyon ve arazi verisi söylenebilir.



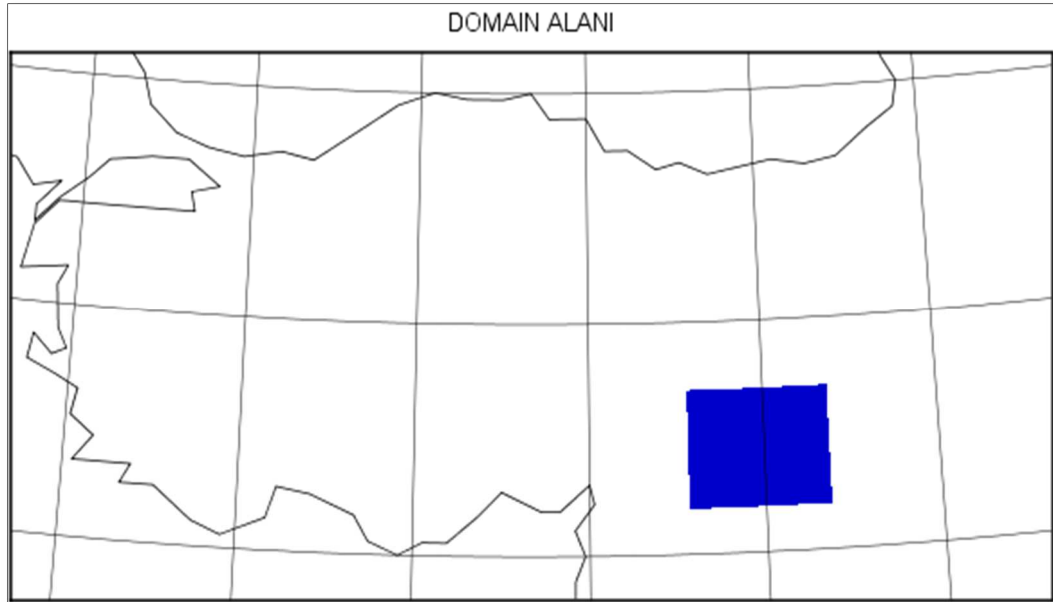
Şekil 4.2: CHIMERE modeli genel ilkeleri (Documentation of the chemistry transport model, 2014).

Dış zorlamaların (emisyon, meteoroloji vs. envanterisi) kimyasal-taşıma simülasyonundaki gibi zaman adımı ve gride sahip olmaları gerektiği unutulmamalıdır. Bu anlamda, CHIMERE sadece kimyasal bir model olmakla kalmayıp, simülasyonu hazırlayabilen bir çok ön hazırlık yapan programlar takımıdır. Model şuan kirlilik olayı analizi, senaryo çalışmaları, operasyonel tahmin ve son zamanlarda da sağlık ve bitkiler üzerindeki etkilere yönelik çalışmalarda kullanılmaktadır (Documentation of the chemistry-transport model, 2014). CHIMERE modelinde Şanlıurfa bölgesi için çalıştırılan simülasyonda genel özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Burada verilen çoğu parametre, CHIMERE modelinin kabulüne dayanmaktadır. Ayrıca, WRF modelinden almış olduğu meteorolojik girdilerde de model için gerekli olan verilerin eksik kalması halinde yine kendi kabul ettiği algoritmalara göre, bu eksik verileri tamamlayacağını söylemektedir (Documentation of the chemistry-transport model, 2014). Bu çizelgede seçilebilen parametreler için direk olarak seçilen yöntem girilmiştir. Örneğin meteorolojik zorlama kısmında yazılan WRF yöntemi, ECMWF, GFS ve MM5 alternatiflerine yönelik olarak seçilmiştir. Yine, Chimere modelinin yatay çözünürlüğü 5x5 km olarak belirlenmiştir. İnsan kaynaklı emisyon olarak küresel veri seti kullanılmıştır.

Çizelge 4.1 CHIMERE modelinin Şanlıurfa için kullanılan özellikleri.

İşlem	Yöntem
Meteorolojik Zorlama	WRF (9x9)km
Arazi Kullanımı	GLCF ve GlobCover global veri setleri
Yatay Çözünürlük	Chimere (5x5)km
Yatay Adveksiyon	Van Leer, upwind
Düşey Adveksiyon	Van Leer, upwind
Düşey Tabaka Sayısı	8
Karmaşık Konveksiyon	Tiedke Şeması
Sınır-Tabaka Türbülansı	Troen ve Mahrt Şeması
Üst Tabaka (Basınç)	500 mb
Alt Tabaka (Basınç)	997 mb
İnsan Kaynaklı Emisyonlar	EMEP
Biyojenik Emisyonlar	Online MEGAN Modeli
Sınır Şartları	GOCART
Kimyasal Mekanizma	SAPRC ve MELCHIOR
İkincil Organik Aerosoller	Pun Şeması
Aerosol Temsilleri	bins
Fotolitik Oranlar	Online FastJX Radyatif Transfer Model
Sayısal Çözücü	TwoStep Çözücü
Aerosol Termodinamik Denge	Online ISOROPIA
Kuru Çökelme	Wesely Parametrizasyonu

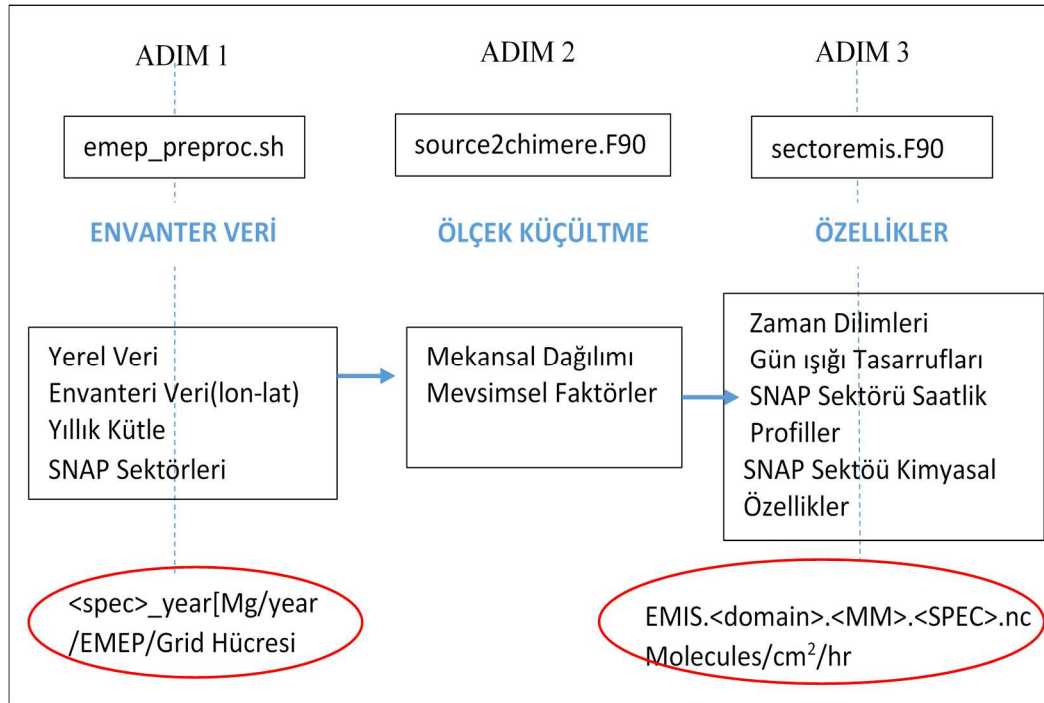
CHIMERE modelinin Şanlıurfa ili için uygulanan domain alanı Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Mavi renkle gösterilen alanın çözünürlüğü Şanlıurfa bölgesini temsil etmekte olup 5x5 km çözünürlüktedir.



Şekil 4.3: Şanlıurfa bölgesi için CHIMERE modeli domain alanı.

Bölgede hava kalitesi dağılımı hakkında bilgi için atmosferik sayısal model WRF 9x9 km çözünürlükte çalıştırılmıştır. Kimyasal model Chimere ise 5x5 km çözünürlükte

çalıştırılmıştır. Modele insan kaynaklı ısınma, sanayi ve ulaşım emisyon envanterisi EMEP aracılığı ile 0.5x0.5 derece çözünürlükte ve Gocart verileri 0.1x0.1 derece çözünürlükte emisyon envanteri girilmiştir. Şekil 4.4’de insan kaynaklı emisyonları CHIMERE modeline hazır veriseti haline getiren işlemler akışı verilmiştir. İşlem akışı üç adım olarak gösterilmiştir. Birinci adımda envanter veri aşaması, ikinci adımda ölçek küçültme, üçüncü adımda özellikler ile düzeltmelerin yapılması şeklinde ayarlanmıştır. Bu özellik düzeltmeleri için, enlem farkından kaynaklanan zaman dilimi ve gün ışığı tasarruf ayarlamaları örnek verilebilir. Buna göre, ölçek küçültme mekansal dağılım ve mevsimsel faktörler gibi etkenler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilir.



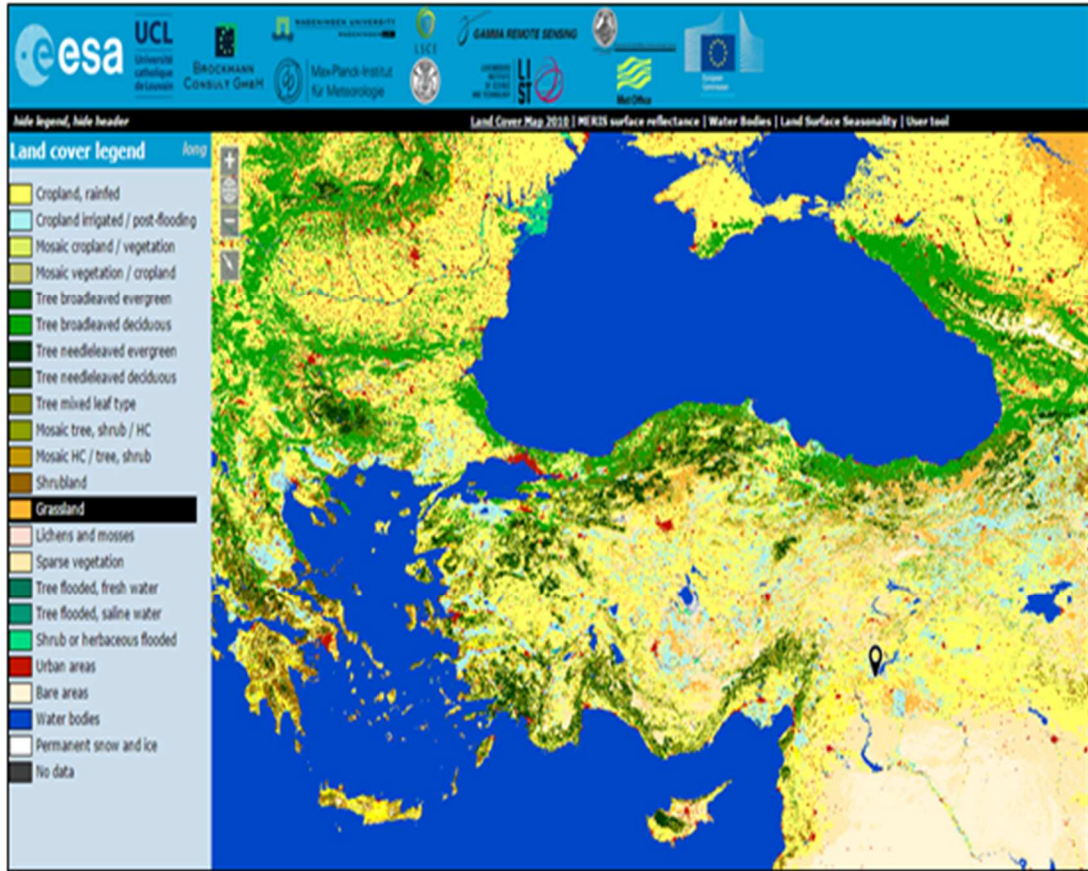
Şekil 4.4: İnsan kaynaklı emisyonun CHIMERE modeli ölçek küçültme şeması (Valari ve Khvorostyanov, 2014).

Arazi kullanımında, emisyon envanteri verisi emiSURF’ın son versiyonunda kullanılarak hesaplanmaktadır. Maryland Üniversitesinin Coğrafya Bölümünde geliştirilen GLCF ,Global Land Cover Facility verisi 1 km çözünürlükte ve Avrupa Uzay Ajansı tarafından GlobCover verisi ise 300 m çözünürlüğünde olup, iki veri setinde de emiSURF arazi verisini şehir, orman, tarım arazisi ve su olarak tahsis eder. GLCF arazi verisi 14 sınıf GlobCover arazi verisi ise 22 sınıftan oluşmaktadır. CHIMERE modelinin en güncel versiyonuna denizden uzak su yapısı eklenerek tatlı su ve tuzlu ayrımının yapılması amaçlanmıştır. Böylece GLCF 15, GlobCover arazi

verisi ise 23 sınıfa yükselmiştir. Bu sınıf türlerini kullanarak CHIMERE modeli ise arazi verisini 9 kategori olarak ayırmıştır. CHIMERE modelinin ayırdığı arazi sınıfı 9 kategori olarak Çizelge 4.2’de verilmiştir. GLCF arazi sınıflandırmasının bölgedeki dağılımını göstermek için Şekil 4.5 arazi kullanım haritası verilmiştir. Genel olarak bölgedeki arazi tipini resmetmek için bu iki şekil verilmiştir.

Çizelge 4.2: CHIMERE modeli arazi sınıflandırması (Documentation of the chemistry-transport model, 2014).

Kategori Numarası	Tanım
1	Tarımsal Arazi/Ürün
2	Çayır
3	Çorak Arazi / Çıplak Alan
4	İç Sular
5	Şehir
6	Çalılar
7	İğne Yapraklı Orman
8	Geniş Yapraklı Orman
9	Okyanus



Şekil 4.5: GlobCover arazi kullanım haritası (Url-2, 2015).

5. VERİ ve YÖNTEM

Şanlıurfa’da yaşanan 8-10 Şubat 2014 ve 10-12 Ekim 2014 günlerinden oluşan kış ve sonbahar olmak üzere iki farklı episod dönemleri Şanlıurfa Hava Kalitesi İzleme İstasyonuna ait hava kirliliği verileri ile belirlenmiştir. Bu dönemler için WRF atmosferik modeli çalıştırılmış ve oluşturulan emisyon envanteri CHIMERE kimyasal modelinde kullanılarak episod dönemleri için CHIMERE modeli çalıştırılmıştır.

Yine NOAA HySplit modeli kullanılarak hava kirliliğinin dağılımı geriye yönelik olarak gözlemlenmiştir. Episod dönemlerindeki meteorolojik parametreler, yukarı atmosfer haritaları ve sinoptik haritaların incelenmesi ile hava kirliliğinin nedenleri detaylıca araştırılmıştır. Hava kalitesi verileri, Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na bağlı İl Çevre Müdürlüklerinin PM ve NO₂ ölçümü yapan Şanlıurfa Hava Kalitesi İzleme İstasyonundan temin edilmiştir. Şekil 5.1’de Şanlıurfa’da bulunan hava kalitesi izleme istasyonuna ait fotoğraf verilmiştir. Bu istasyon, Şanlıurfa Meteoroloji Müdürlüğü’nün içinde yer alan meteoroloji istasyonu içerisinde yer almaktadır. NOAA Hysplit modeli kullanılırken bu istasyonun koordinatları girilerek, bölgeye ait geri yörünge analizi yapılmıştır.



Şekil 5.1: Şanlıurfa’da bulunan hava kirliliği ölçüm cihazlarının yerleri (Şanlıurfa THEP, 2014).

Meteorolojik parametreler (rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık) yine Şanlıurfa’da bulunan hava kalitesi istasyon verilerinden sağlanmış, bölgeye ait sinoptik haritalar ve yukarı atmosfer seviyesini gösteren haritalar episod dönemleri için ise WRF modelinden elde edilmiştir.

6. DEĞERLENDİRME

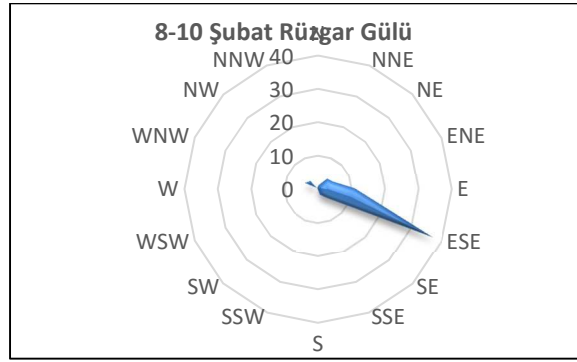
Şanlıurfa ilinde yaşanan episod dönemleri çevredeki tüm canlıların hayatı için önem teşkil etmektedir. Bu episod dönemlerindeki hava kirliliği kaynaklarının detaylıca araştırılması ve Şanlıurfa'daki etkenlerin belirginleşmesi için iki farklı mevsimden episod dönemi belirlenmiştir. Kış mevsiminden 8-9-10 Şubat 2014 ve sonbahar mevsiminden 10-11-12 Ekim 2014 tarihleri incelenmiştir. Episod dönemlerinin rüzgâr hızı ve sıcaklık olarak meteorolojik parametreler ile grafikleri çizdirilmiş, ayrıca o dönemlere ait rüzgârgülü ile de, hava kirliliğinin taşınımında hem yön hem de hızı açısından çok önemli etkiye sahip olan rüzgâr parametresinin durumu ortaya konmuştur. WRF model çıktıları, yukarı atmosfer ve sinoptik haritaların incelenmesine imkân sağlamış olup, episod dönemlerinde yine belirleyici olabilecek atmosferin kararlılığı ve bölgede etkin olan hava sistemlerini anlamada yardımcı olmuştur. Atmosferik şartları gösteren tüm bu meteorolojik parametreler, Hysplit modelinin yardımıyla hava parsellerinin geri yörünge bilgileri ve CHIMERE modelinin çıktıları ile birlikte değerlendirilip, sonbahar dönemindeki toz taşınımı kaynaklı hava kirliliği ve kış dönemindeki episod periyodu detaylı bir şekilde incelenerek, açıklanabilecektir. Değerlendirme bölümünde, her bir episod dönemi tüm veri ve çıktı sonuçlarını kullanmak üzere kendi dönemleri içerisinde değerlendirmeye alınmıştır. Atmosferik şartları sunan haritalar ve veriler “Meteorolojik Durum Değerlendirilmesi” alt başlığı altında, Hysplit model sonuçlarının çıktıları “Uzun Mesafeli Kirletici Taşınım Modeli Sonuçları-HySplit” alt başlığı altında ve CHIMERE modeli çıktıları ise “CHIMERE Modeli Çıktıları” alt başlığı altında her bir episod dönemi içerisinde değerlendirilecektir.

6.1 8-10 Şubat Episod Dönemi

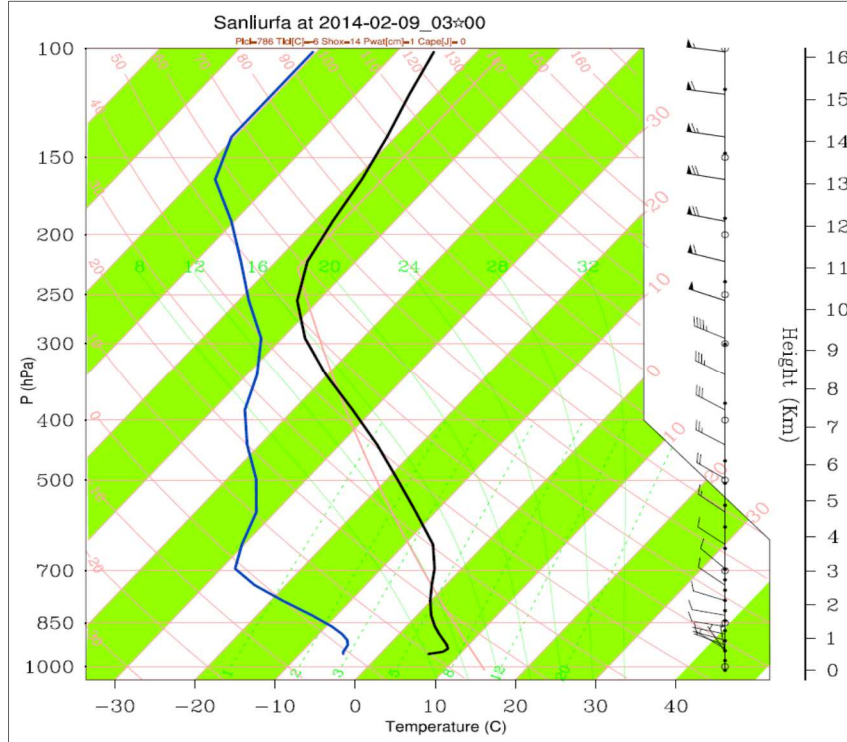
6.1.1 Meteorolojik durum değerlendirmesi

Kirletici olarak PM10'in SO₂'ye göre limit değenlerini nispeten çok daha sıklıkta aştığı Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'te aşıkardır. Bu yüzden genelleme yapılacak durumlarda PM10 konsantrasyonları dikkate alınmıştır. Yukarı atmosfer verileri ve hava sistemini

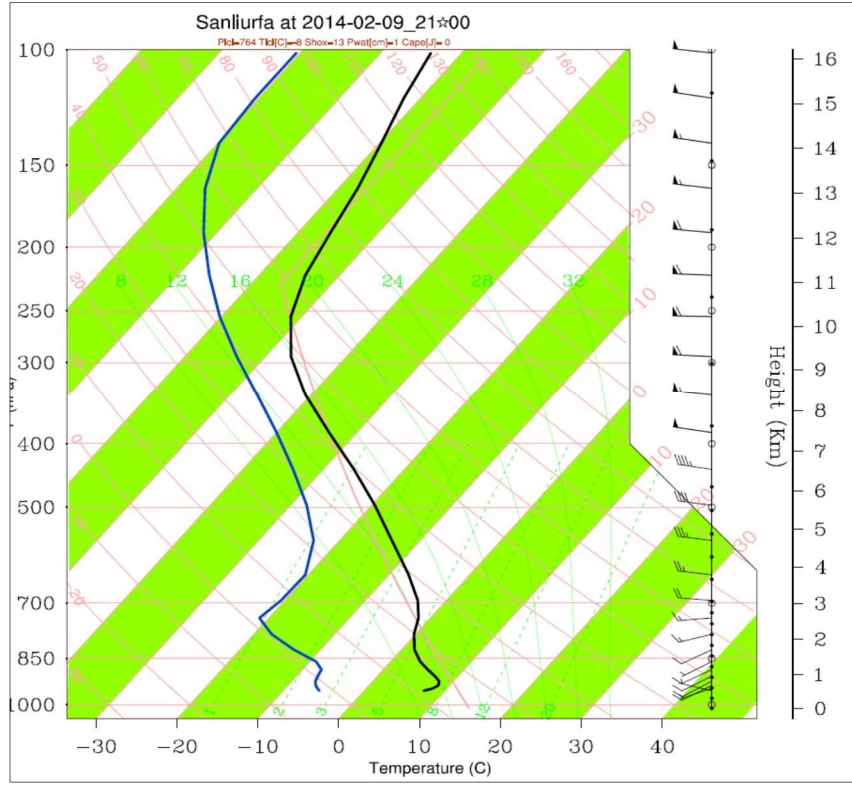
gösteren basınç, yüzey sıcaklığı ve rüzgar parametrelerini içeren sinoptik haritalar WRF modelinden sağlanmıştır. Yukarı atmosfer haritaları ile rüzgar yönü, şiddeti, sıcaklık gibi kirleticilerin konsantrasyon ve dağılımlarını etkileyen meteorolojik parametrelerin profili kirliliğin etkilerini ortaya koyacaktır. Ayrıca, atmosferin kararlılık yapısı ortaya çıkacak, enverziyon durumuna göre kirliliğin şehir üzerinde kalarak episoda neden olup olmadığı gibi sonuçlara varılabilecektir. Şekil 6.1’de 10 metrede ölçülmüş rüzgar verilerinden oluşan 8-9-10 Şubat’a ait rüzgar gülü verilmiştir. Hakim rüzgar yönü ESE olup rüzgar şiddeti genellikle 0-10 km/sa arasındadır. Şekil 6.2’de 9 Şubat 2014 03Z için ve Şekil 6.3’de 9 Şubat 2014 21Z için Skew T-Log P diyagramı verilmiştir.



Şekil 6.1: 8-10 Şubat dönemi rüzgar gülü.



Şekil 6.2: 9 Şubat 2014 03Z Skew T-Log P diyagramı.

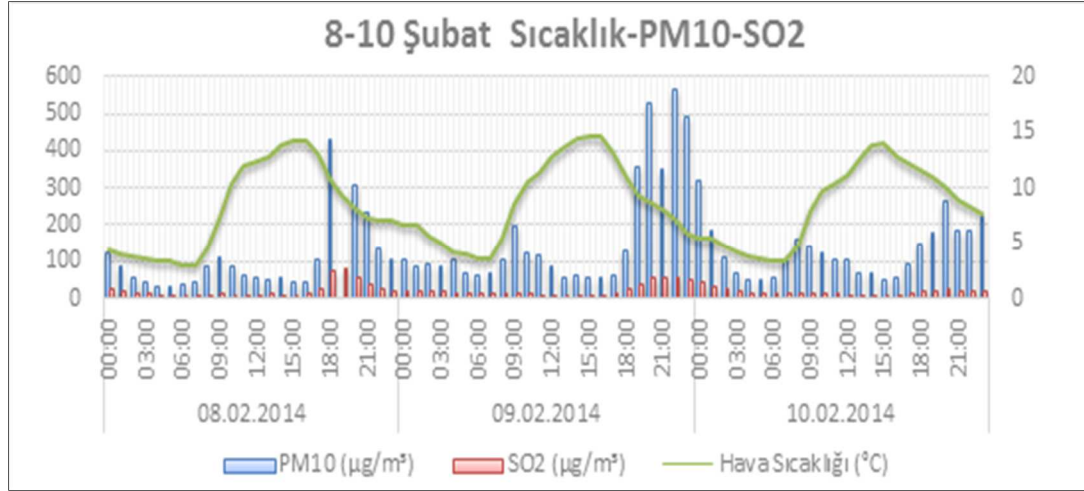


Şekil 6.3: 9 Şubat 2014 21Z için Skew T-Log P diyagramı.

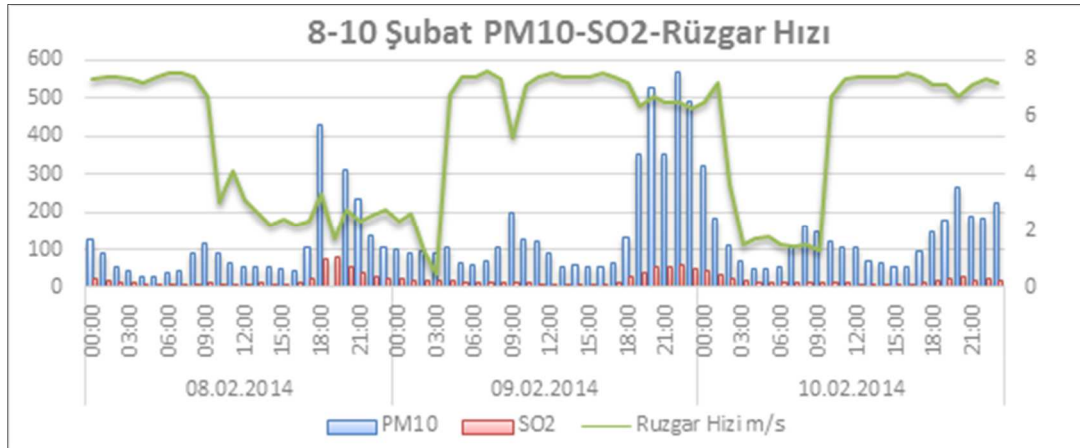
Şekil 6.2’te verilen 9 Şubat 03Z ve Şekil 6.3’te verilen 9 Şubat 21Z’ye ait yukarı atmosfer verileri hakim rüzgar yönünün atmosferin üst katmanlarında batı-kuzeybatı yönünde olduğunu göstermiştir. Bu yönde esen rüzgarlar toz taşınımı ihtimalinin düşük olduğunu göstermekte ve bu durum da kış dönemi episod döneminde beklenen bir sonucu vermektedir. Yine, Skew T-Log P sonuçları 8-10 Şubat dönemi için yer enverziyonun olduğunu ve yine yer seviyesinde rüzgar şiddetinin sakin olduğu gözlemlenmektedir. Bu koşullar atmosferin kirlilik için elverişli ortam sağladığını göstermektedir.

Hava sıcaklığı ısınma ihtiyacını doğrudan etkiler ve kış ayları ısınma nedeniyle kirliliğin oluşumu söz konusudur. (Korkmaz ve Yıldırım, 1998). Özellikle kış aylarında kirlilik kaynakları artmakta bu durum ise sıcaklıkla kirliliğin ters orantılı olduğunu göstermektedir. Şekil 6.4’de 8-10 Şubat dönemi saatlik sıcaklık-PM10-SO2 ilişkisi gösterilirken Şekil 6.5’de 8-10 Şubat dönemi saatlik PM10-SO2-rüzgar hızı ilişkisi verilmiştir. Şekil 6.4’de sıcaklık PM10 ve SO2 ilişkisine bakıldığında ise bu durum günlük salınımda nispeten görülmektedir. Sıcaklığın düştüğü özellikle 17.00-18.00 saatleri itibari ile PM10 ve SO2 verileri nispeten artmıştır. Rüzgar ise kirliliğin taşınımında rol oynadığı gibi dağılmasında da önemli etkindir (Çuhadaroğlu ve

Demirci, 2003). Şekil 6.5'te 8 Şubatta görülen pik değerlerin zaman diliminde rüzgar hızı düşük iken , 9 Şubattaki pik değerlerde rüzgar hızı nispeten fazladır. Kararlı bir atmosfer yapısı ve ısınma ayı olması nedeni ile yüksek SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları 8-10 Şubat Kış dönemi için episod şartlarına uygun bulunmaktadır.



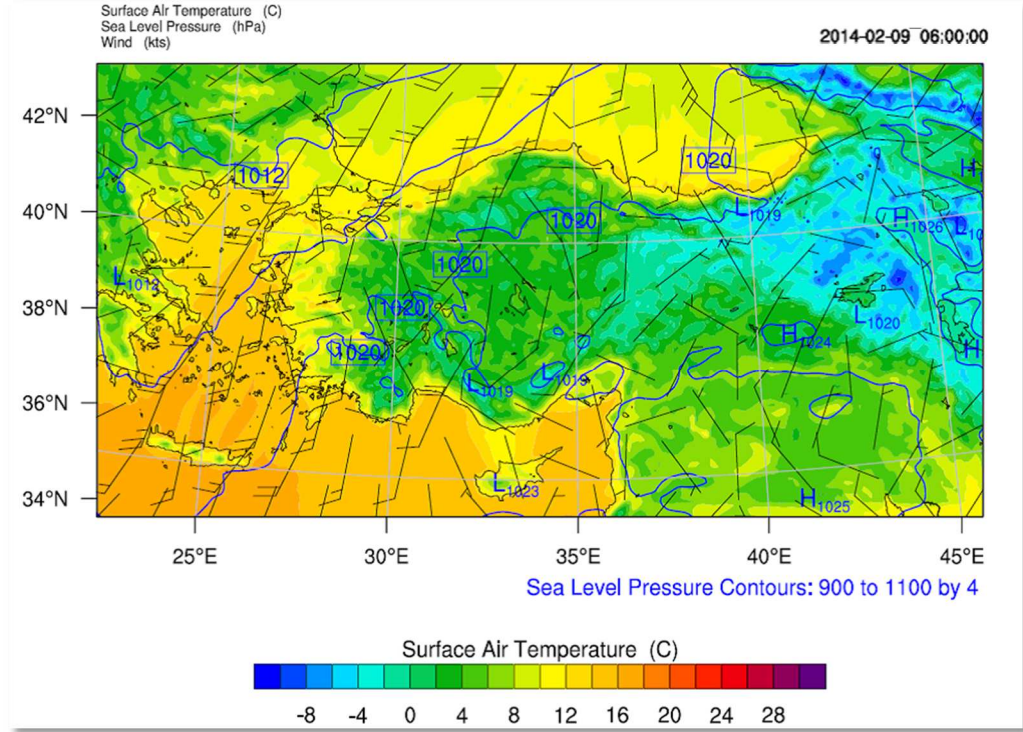
Şekil 6.4: 8-10 Şubat dönemi saatlik sıcaklık-PM10-SO2 ilişkisi.



Şekil 6.5: 8-10 Şubat dönemi saatlik PM10-SO2-rüzgar hızı ilişkisi.

Şekil 6.6 9 Şubat 06Z'e ait basınç, yüzey sıcaklığı ve rüzgar şiddeti ile yönünü gösterir. Şanlıurfa bölgesinin yüksek basınç merkezinin etkisi altında kaldığı görülmektedir. Yüksek basınç merkezlerinde havanın düşey doğrultudaki hareketi aşağı doğrudur ve hava kirliliği açısından bu durum oldukça tehlikelidir. 8-10 Şubatta gözlenen pik değerler için ısınma kaynaklı kirleticilerin yüksek basınç etkisiyle bölgede durağan hale geldiği söylenebilir. Yüzey sıcaklığı 4-6 °C arasında değişmekte olup, rüzgar hızının sakin olduğu yine bu haritadan da görülmektedir. Kış şartlarında, ısınma kaynaklı kirlilik emisyonları, enverziyon ve yüksek basınç etkisinde şehir üzerinde

uzun süreler kalabilir. Sakin rüzgar koşulları ise kirleticinin bölgeden uzaklaşmasına engel olmuş ve diğer atmosferik şartlarla birlikte hava kirliliği episodunun yaşanmasına neden olmuştur.

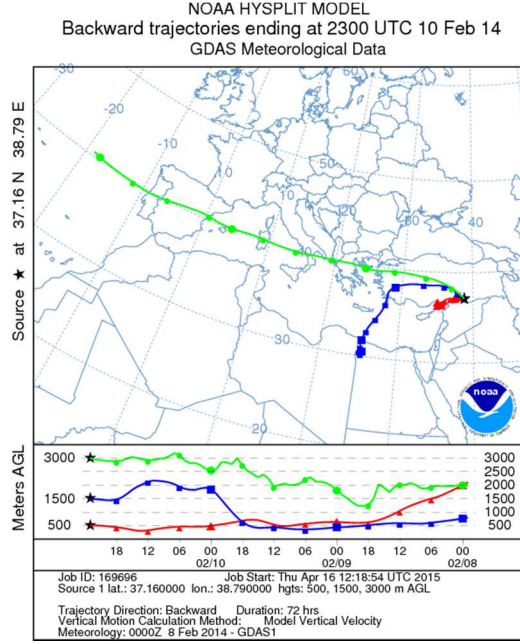
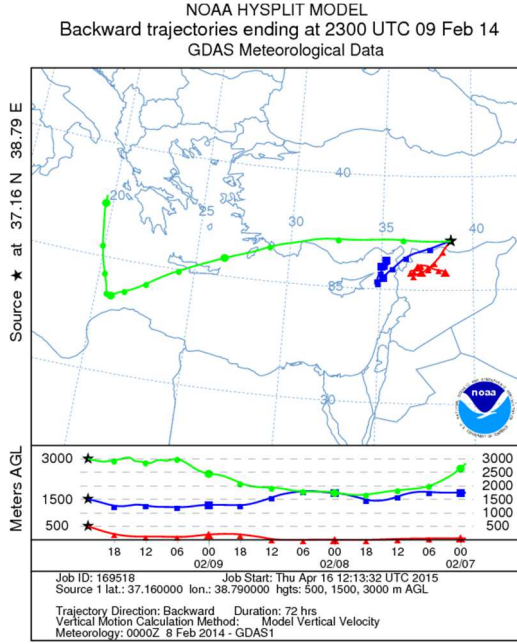


Şekil 6.6: 9 Şubat 06Z yüzey sıcaklığı-basınç-rüzgar haritası.

6.1.2 Uzun mesafeli kirletici taşınım modeli sonuçları-hysplit

8-10 Şubat 2014 tarihleri için geri yörüngenin 10 şubat 23.00 UTC'de biteceği şekilde 72 saat süre ile HySplit modeli çalıştırılmıştır. Episod günlerinde Şanlıurfa'ya ulaşan hava parsellerinin üç gün boyunca hangi rotaları izlediğini bulabilmek için HySplit modeli 500, 1500, 3000 m başlangıç yüksekliği için çalıştırılmıştır. Modeli çalıştırmadan önce geri yörüngelerin bitiş saati olarak 23.00 UTC saati ve bitiş koordinatları olarak da 37.16 Kuzey ve 38.79 Doğu koordinatları (Şanlıurfa Hava Kalitesi İstasyonu) sisteme girilmiştir.

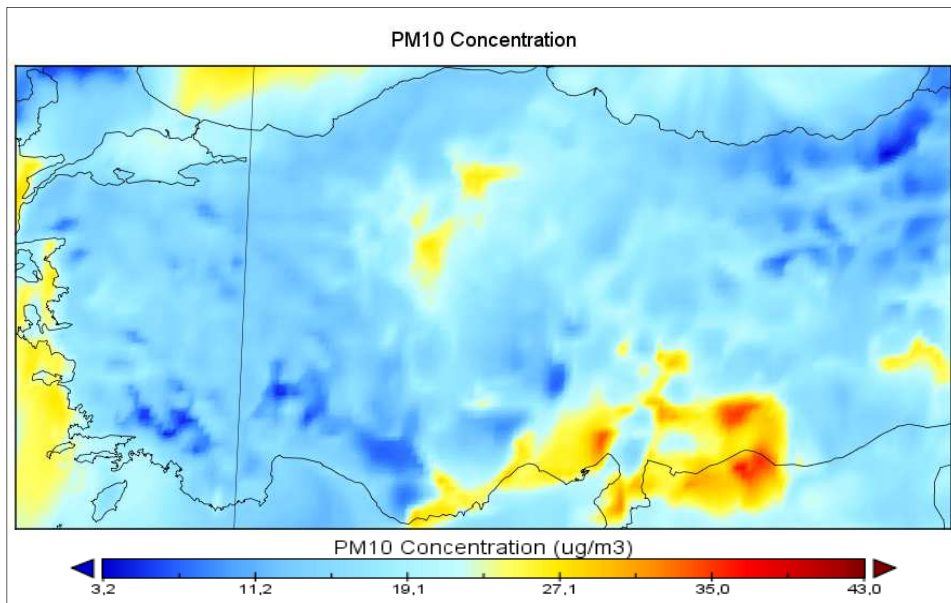
Şekil 6.7'da 9 ve 10 Şubat tarihlerinde 23.00 UTC'de bitecek şekilde 72 saat geriye yönelik çalıştırılan HySplit model çıktıları, 500, 1500 ve yukarı seviyeyi daha iyi gözlemleyebilmemiz için 3000m başlangıç yükseklikleri için çalıştırılmıştır. Her iki güne ait 3000 metredeki geri yörüngeler Şanlıurfa'yı etkileyebilecek çöl bölgelerinden (Kuzey Afrika, Suriye, Arabistan Çölleri) ziyade Avrupa üzerinden hava akımının olduğunu göstermektedir. Bu durum kış mevsiminde görülen episod döneminin toz taşınımının dışında olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.7: 9 ve 10 Şubat 23 UTC'de sonlanan geri yörünge haritası.

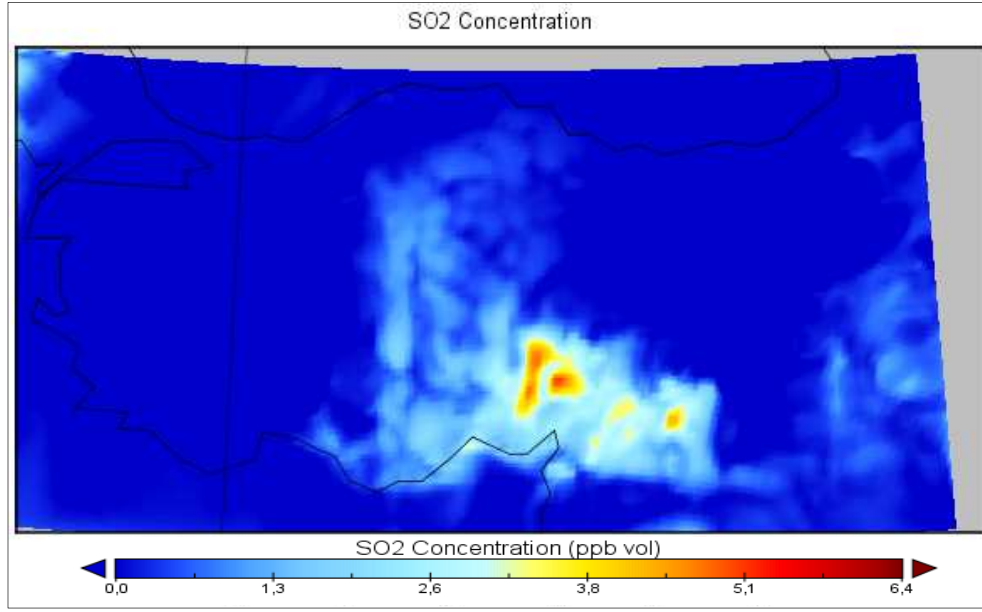
6.1.3 CHIMERE Modeli Çıktıları

8-10 Şubat episod dönemi için 9 Şubat 06Z'e ait PM10 konsantrasyonunun dağılımını gösteren model çıktısı Şekil 6.8'de verilmiştir. Şekil 6.8 9 Şubat 06Z zaman diliminde Şanlıurfa ili için PM10 konsantrasyonunun yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. PM10 verilerinin model sonuçları ile uyuştugu söylenebilir. Ayrıca, bölgede diğer alanların dışında yoğunlaşan yüksek konsantrasyon değerleri kış dönemi için o bölgedeki atmosferik şartların episod yaşanmasına uygun ortam hazırladığını göstermektedir.

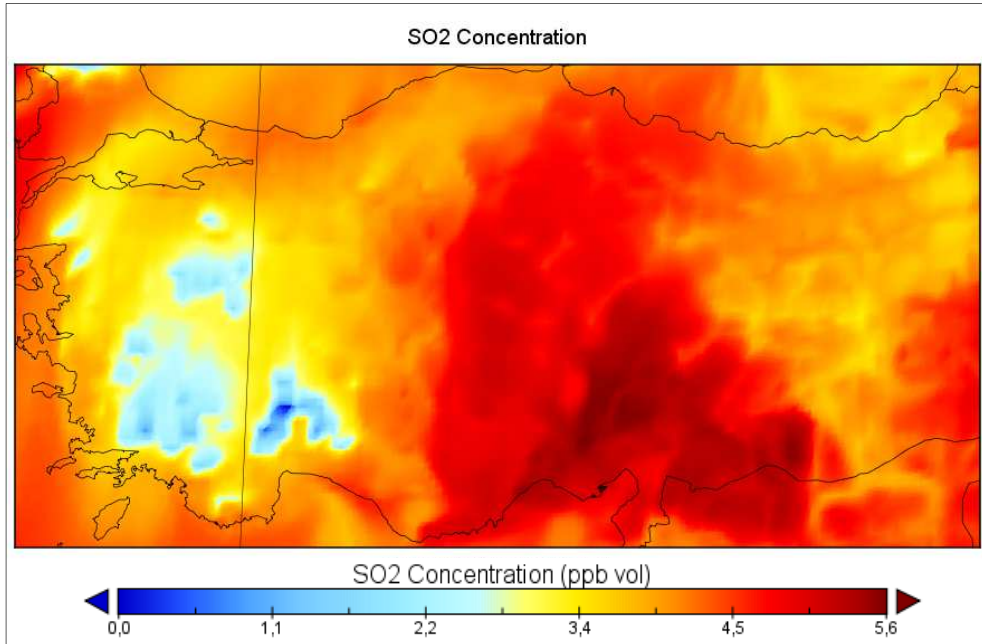


Şekil 6.8: 9 Şubat 06Z için PM10 CHIMERE model çıktısı.

9 Şubat 00Z ve 06Z tarihlerindeki SO₂ konsantrasyonunu gösteren model çıktıları ise sırasıyla Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da verilmiştir. SO₂ konsantrasyonları da kış dönemi olması nedeni ile 9 Şubat 06Z zaman diliminde özellikle ısınma ihtiyacının ve trafiğin fazla olduğu saat diliminde diğer bölgelere olarak yüksek konsantrasyonlara sahiptir. Kış mevsimi içerisinde ısınma kaynaklı emisyonun tüm Türkiye bölgesinde hakim olmasından dolayı, Şanlıurfa bölgesinde görülen yüksek konsantrasyon değerlerinin, enverziyon ve sakın rüzgar ile birlikte episod yaşanmasına neden olduğu aşkar olmuştur.



Şekil 6.9: 9 Şubat 00Z için SO₂ CHIMERE model çıktısı.

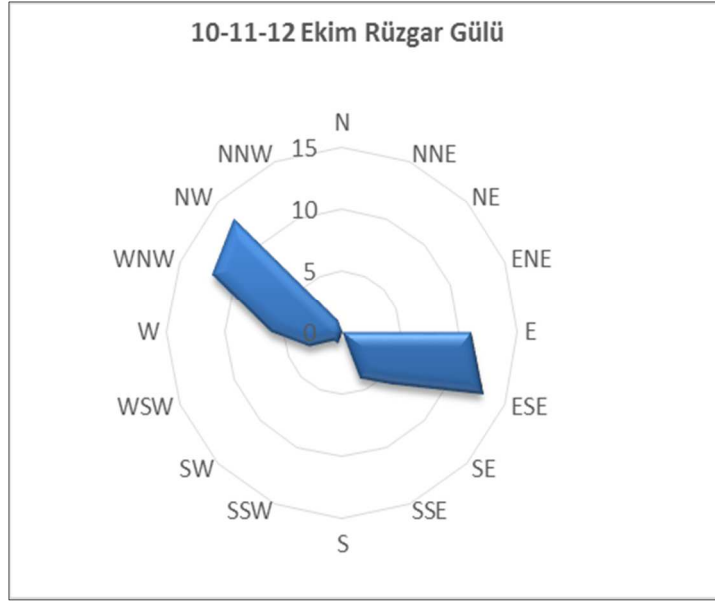


Şekil 6.10: 9 Şubat 06Z için SO₂ CHIMERE model çıktısı.

6.2 10-12 Ekim Episod Dönemi

6.2.1 Meteorolojik durum değerlendirmesi

Şekil 6.11’de 10 metrede ölçülmüş rüzgar verilerinden oluşan 10-12 Ekime ait rüzgar gülü verilmiştir. Hakim rüzgar yönü yer seviyesi için ESE ve NW olup rüzgar şiddeti genellikle 0-13 km/sa arasındadır.

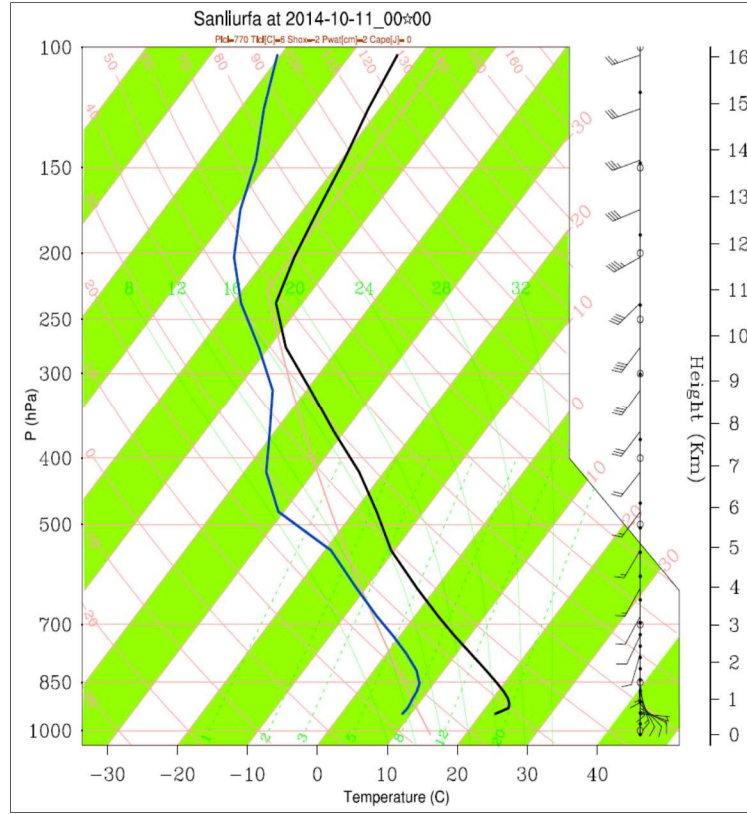


Şekil 6.11: 10-12 Ekim dönemi rüzgar gülü.

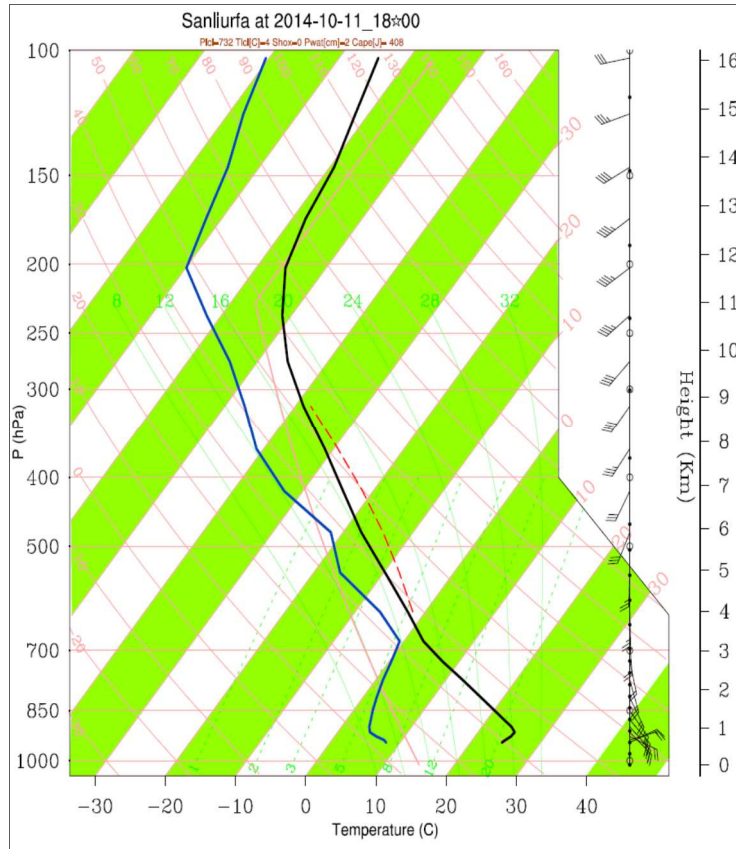
Şekil 6.12’de verilen 11 Ekim 00Z’e ait yukarı atmosfer verileri hakim rüzgar yönünün atmosferin üst katmanlarında 750 mb’den itibaren güney batılı olduğunu göstermiştir. Bu yönde esen rüzgarlar toz taşınımının varlığını desteklemektedir.

11 Ekim 18Z tarihine ait yukarı atmosfer verileri ise yer seviyesinden 700 mb’a kadar rüzgar yönünü güneydoğu-güneybatılı göstermekte, 700mb-500mb arası rüzgar güneyli olmakta ve daha üst katmanlarda güneybatıya dönmektedir. Rüzgarın güney yönlerinden esmesi toz taşınımını göstermektedir. Yine Şekil 6.12, bölgede 11 Ekim 00Z ve Şekil 6.13 11 Ekim 18Z zaman dilimleri için enverziyon olduğunu göstermektedir. Atmosfer kararlı bir profil oluşturmuş ve bu durum da kirleticilerin alt katmanlarda sabit kalmasında etki göstermektedir.

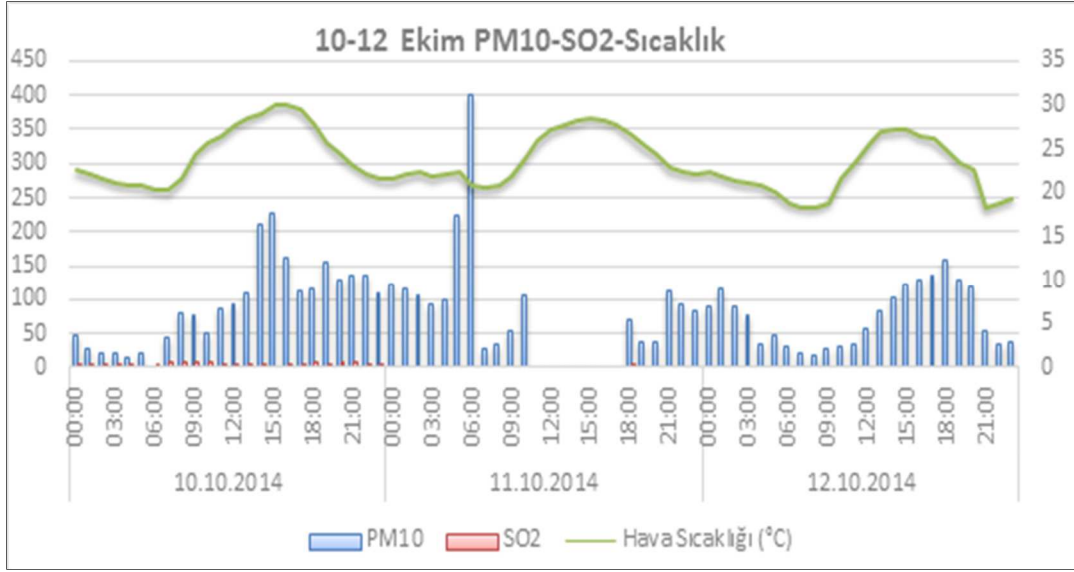
Sonbahar mevsiminde yaşanan bu episod dönemi, atmosferin kararlı yapısı ile episod ortamının etkisini arttırmakta ve rüzgar hızının nispeten şiddetli olması toz taşınımı kaynaklı bir kirliliğin olduğunu desteklemektedir. Şekil 6.12 ve 6.13’de sırasıyla 10-12 Ekim dönemine ait sıcaklık ve rüzgar hızının PM10 ve SO2 ile grafikleri verilmiştir.



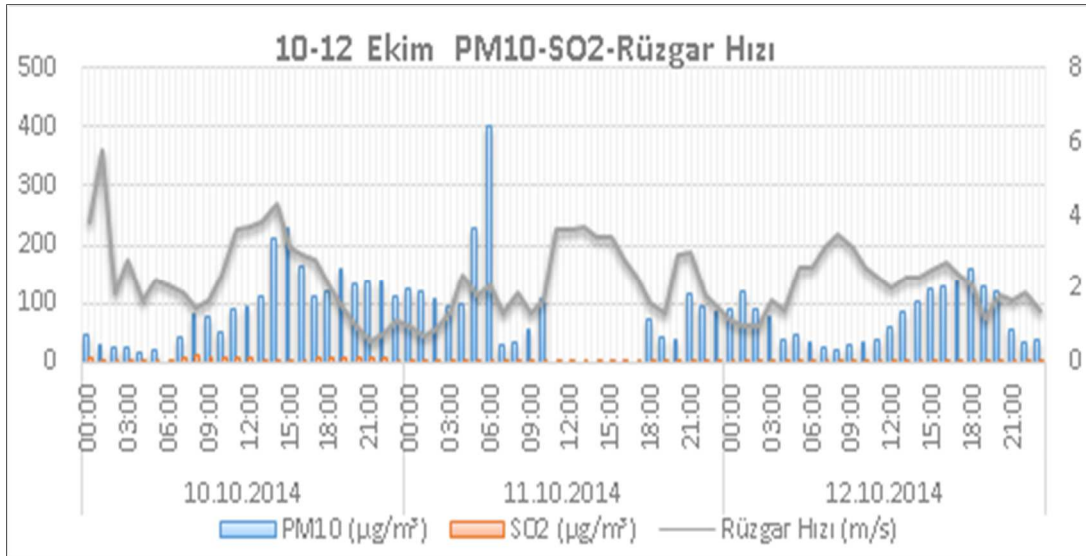
Şekil 6.12:11 Ekim 2014 00Z için Skew T-Log P diyagramı.



Şekil 6.13:11 Ekim 2014 18Z için Skew T-Log P diyagramı.



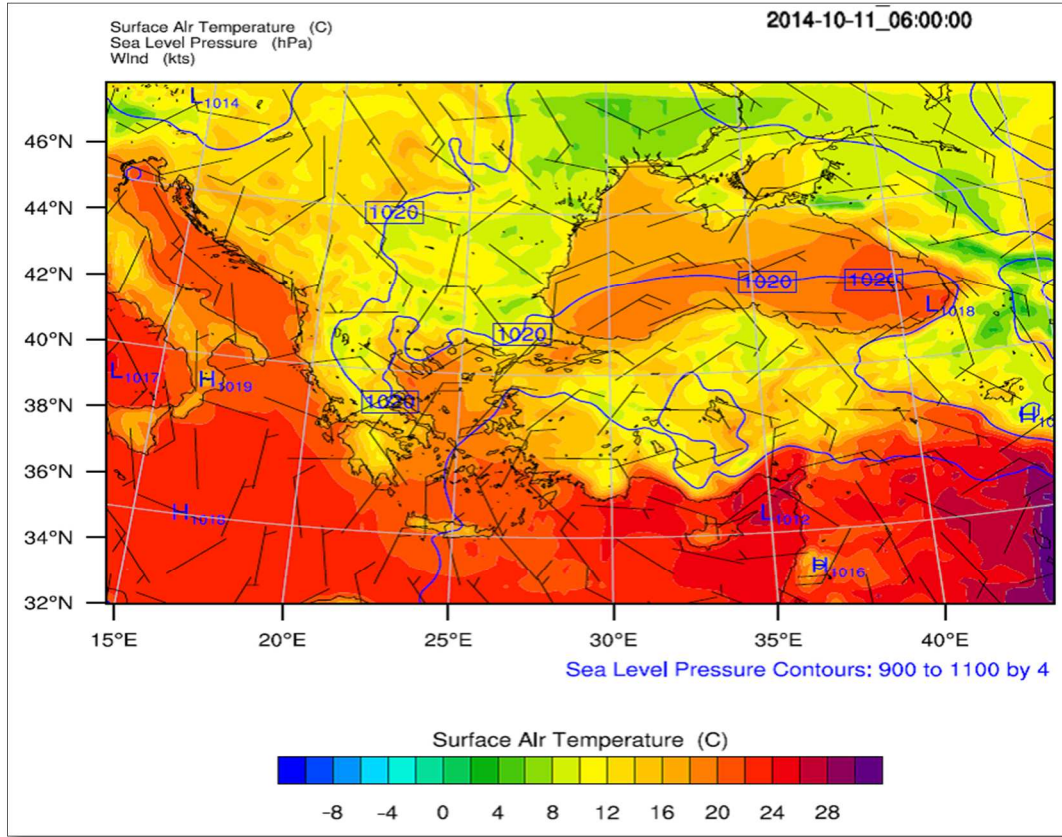
Şekil 6.14: 10-12 Ekim sıcaklık-PM10-SO2 ilişkisi.



Şekil 6.15: 10-12 Ekim rüzgar hızı-PM10-SO2 ilişkisi.

Sıcaklık-PM10-SO2 ilişkisine bakıldığında ise, Şekil 6.14'de Ekim ayında Şanlıurfa'da ısınma kaynaklı emisyon olmayacağından ters orantı görülmemekte, aksine sıcaklığın nispeten kirlilik konsantrasyonları ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Şekil 6.15'de 11 Ekimde görülen pik değerlerinde rüzgar hızı nispeten normal değerlere göre daha düşük şiddettedir.

Şekil 6.16 11 Ekim 06Z'e ait basınç, yüzey sıcaklığı ve rüzgar şiddeti ile yönünü gösteren sinoptik haritayı göstermektedir. Yüzey sıcaklığı çalışma bölgesinde 20-24 °C arasında değişmekte olup, rüzgar hızının göreceli olarak fazla olduğu yine bu haritadan da görülmektedir.

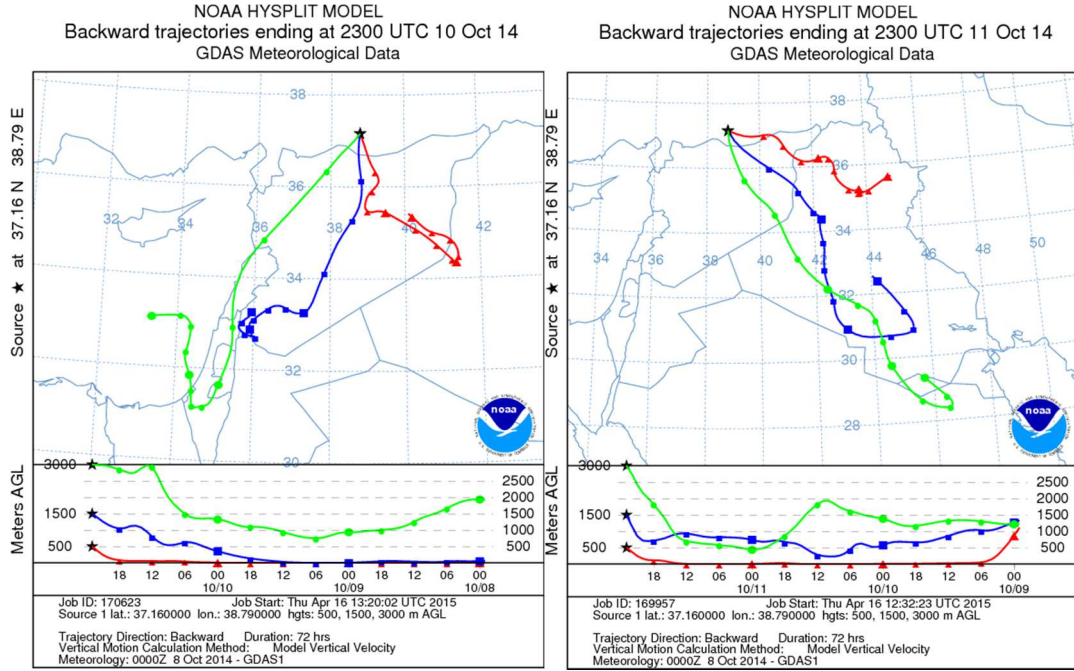


Şekil 6.16: 11 Ekim 06Z yüzey sıcaklığı-basınç-rüzgar haritası.

6.2.2 Uzun mesafeli kirletici taşınım modeli sonuçları-Hysplit

10 ve 11 Ekim 2014 tarihlerinde 23.00 UTC’de bitecek şekilde 72 saat geriye yönelik çalıştırılan HySplit model çıktıları, 500 metre 1500 metre ve yukarı seviyeyi daha iyi gözlemleyebilmemiz için 3000 metre başlangıç yükseklikleri için çalıştırılmıştır ve Şekil 6.17’de verilmiştir. Model çalıştırılmadan önce çalışma bölgesi olan ve Şanlıurfa’da yer alan hava kalitesi gözlem istasyonunun koordinatları girilmiştir. Yeşil renkli geri yörünge 3000 metredeki havanın hareketini, mavi renkteki geri yörünge 1500 metredeki hava hareketini ve kırmızı renkteki geri yörünge 500 metredeki hava hareketini temsil etmektedir.

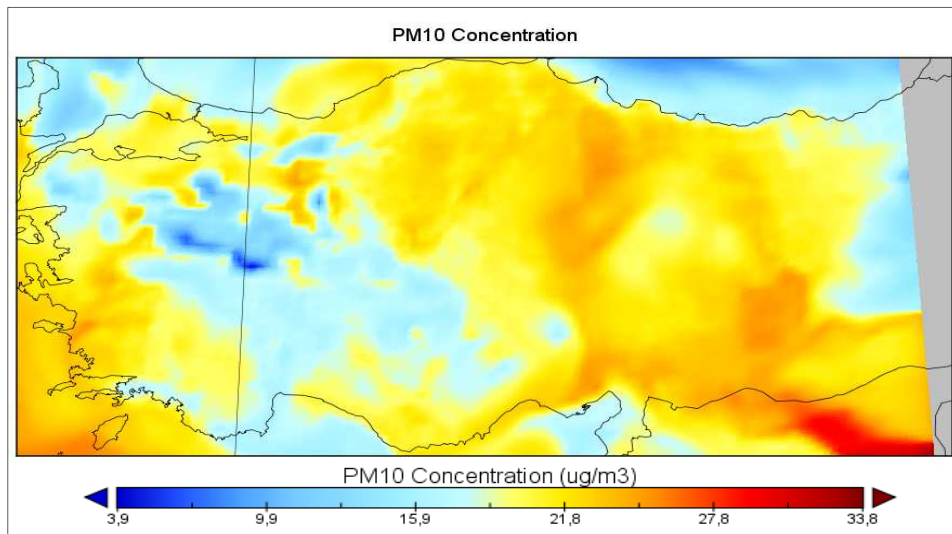
Her iki güne ait 3000 metre, 1500 metre ve 500 metreye ait geri yörüngeler Şanlıurfa’yı etkileyebilecek çöl bölgelerinden (Kuzey Afrika, Suriye, Arabistan Çölleri) hava akımının olduğunu göstermektedir. Rüzgar yönleri bu tarihlere ait WRF modelinden elde edilen Skew T-Log P diyagramları ile uyuşmakta olup güneyli yönlerden esmektedir. Bu durum sonbahar mevsiminde görülen episod döneminin toz taşınım kaynaklı olduğunu göstermektedir.



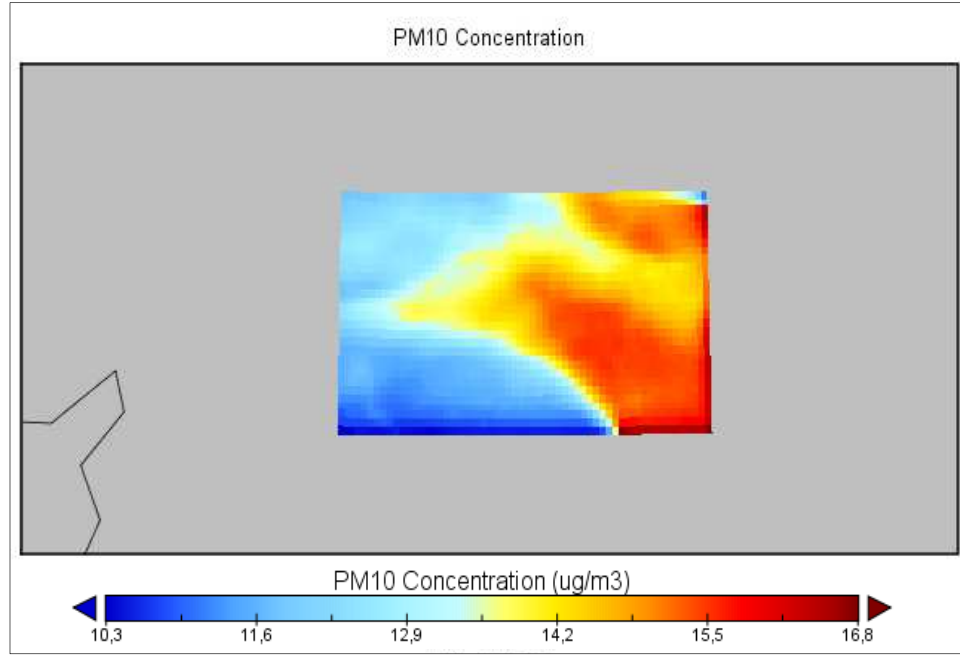
Şekil 6.17: 10 ve 11 Ekim 23 UTC’de sonlanan geri yörünge haritası.

6.2.3 CHIMERE model sonuçları

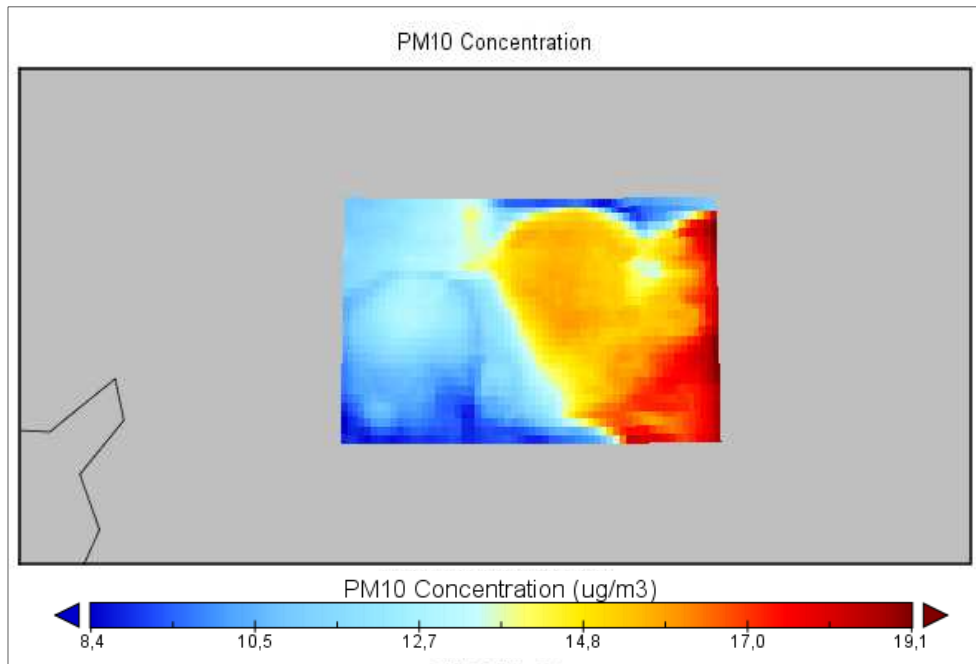
10-12 Ekim episod dönemi için 11 ekime ait 06Z, 12Z ve 12 Ekime ait 00Z zaman dilimlerindeki PM10 konsantrasyonlarının dağılımını gösteren model sonuçları sırasıyla Şekil 6.18, Şekil 6.19 ve Şekil 6.20’de verilmiştir. Şekillere bakıldığında, PM10 konsantrasyonunun yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmektedir. PM10 yüksek konsantrasyona sahip veri gözlemi ile model sonuçlarının uyduğu söylenebilir. Aynı zamanda, Şekil 6.18’de güneyde gözükten yüksek PM10 konsantrasyonları, güney yönünden toz taşınımını göstermektedir.



Şekil 6.18: 11 Ekim 06Z için PM10 CHIMERE model çıktısı.

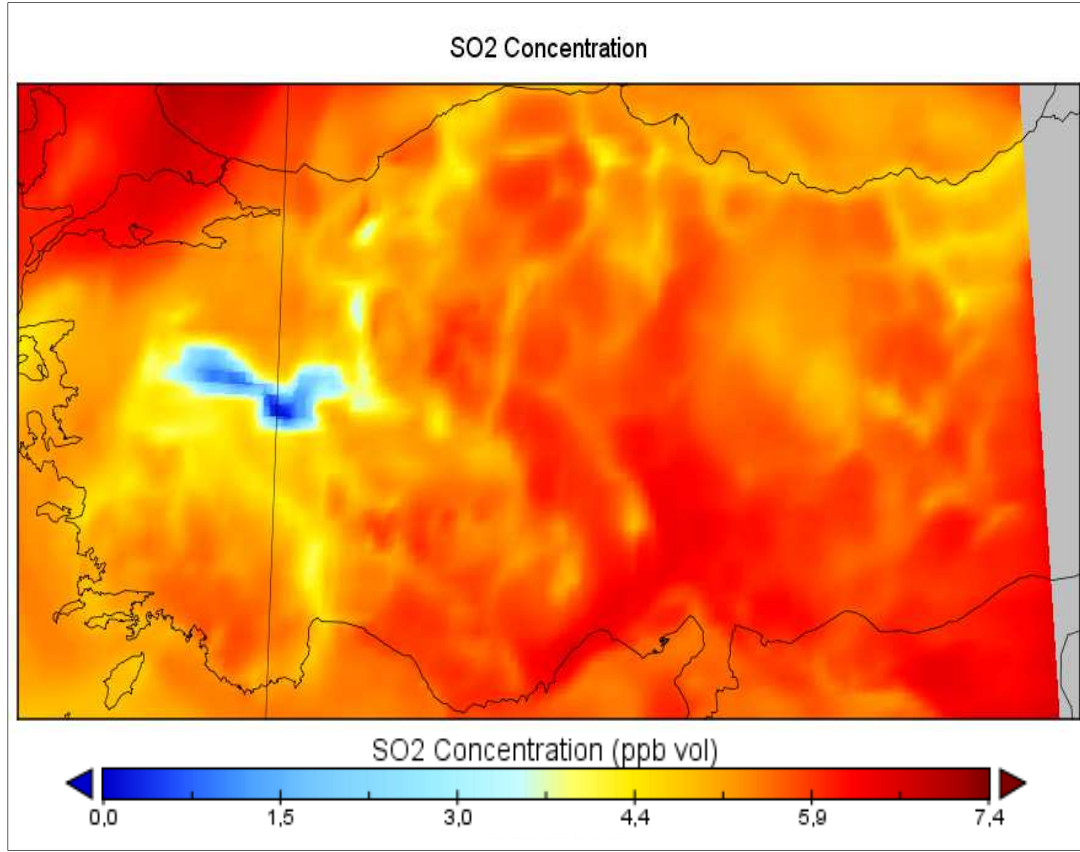


Şekil 6.19: 11 Ekim 12Z için PM10 CHIMERE model çıktısı.

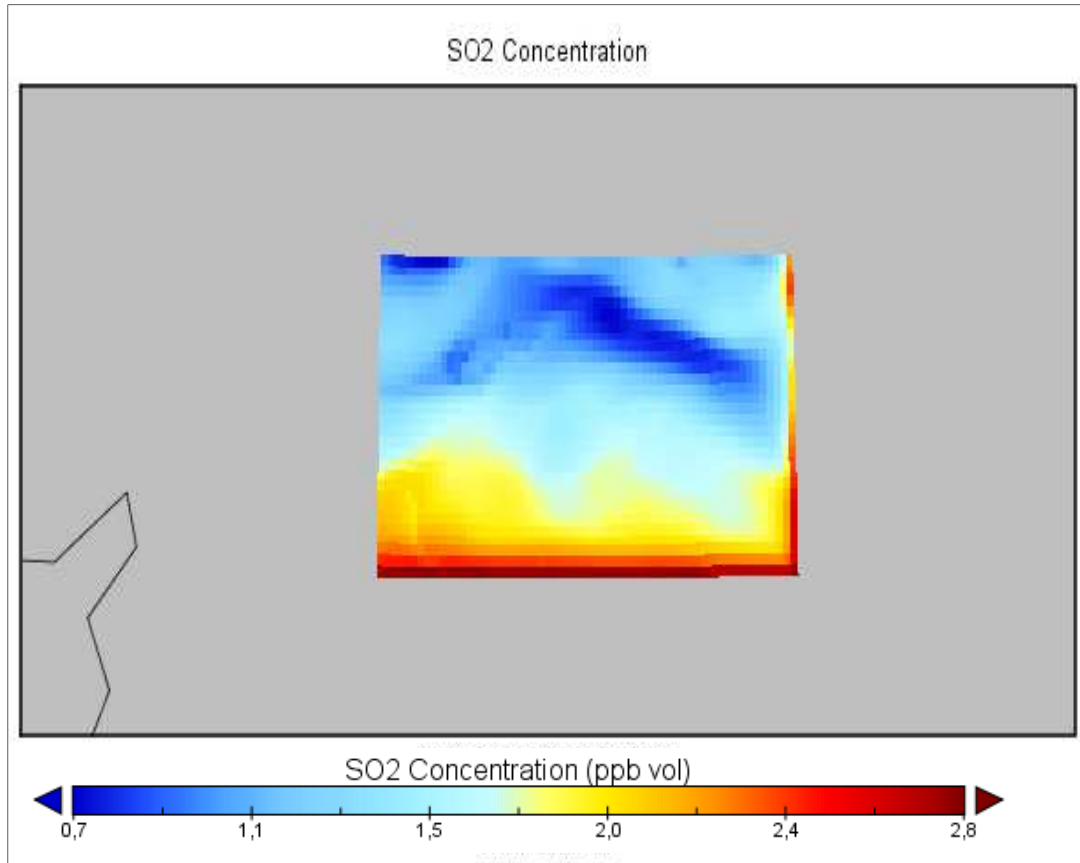


Şekil 6.20: 12 Ekim 00Z için PM10 CHIMERE model çıktısı.

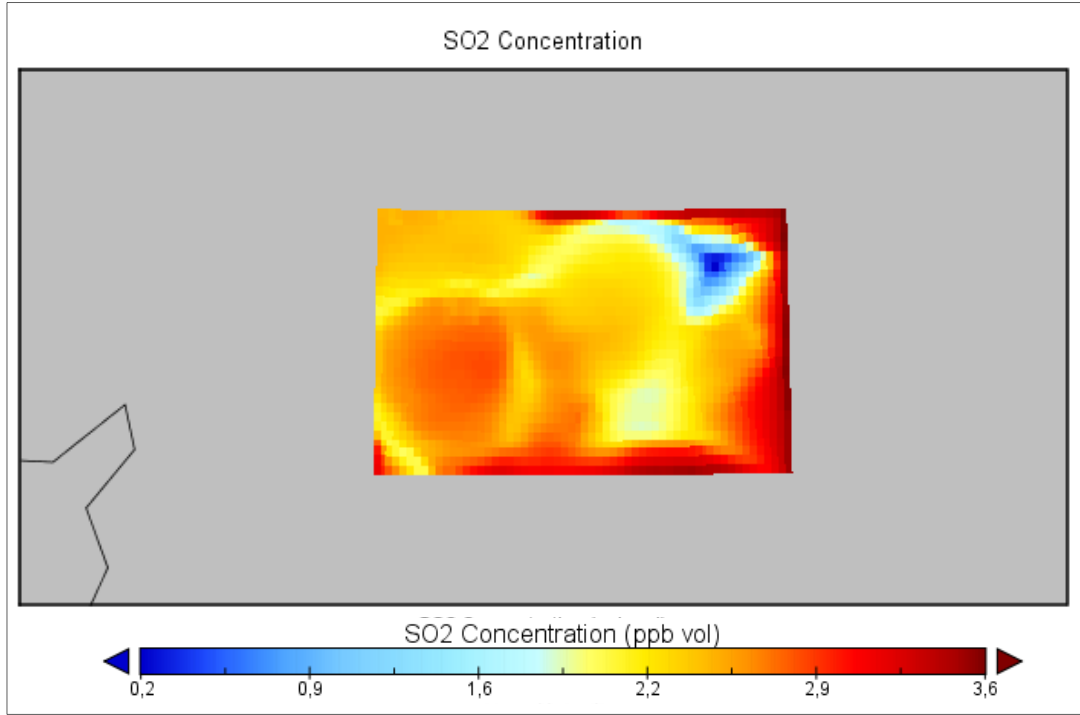
10-11-12 Ekim episod dönemi için 11 ekime ait 06Z, 00Z ve 12Z zaman dilimlerindeki SO₂ konsantrasyonlarının dağılımını gösteren model sonuçları sırasıyla Şekil 6.21, Şekil 6.22 ve Şekil 6.23’de verilmiştir. SO₂ konsantrasyonları da kış döneminin başlangıcı olması nedeni ile Şekil 6.22’de 11 Ekim 00Z’de düşük değerlere sahip iken Şekil 6.21 ve Şekil 6.23 11 Ekim 06Z-12Z zaman diliminde özellikle ısınma ihtiyacının ve trafiğin fazla olduğu saat diliminde göreceli olarak daha yüksek konsantrasyonlara sahiptir.



Şekil 6.21: 11 Ekim 06Z için SO2 CHIMERE model çıktısı.



Şekil 6.22: 11 Ekim 00Z için SO2 CHIMERE model çıktısı.



Şekil 6.23: 11 Ekim 12Z için SO2 CHIMERE model çıktısı.

6.2.4 Yerel kaynaklı toz taşınımı haberi

Yerel kaynaklı haber siteleri bu döneme ait toz taşınımı haberleri vermişlerdir. Şekil 6.24'de 11 Ekim 2014 tarihinde yaşanan toz taşınımının şehir merkezinde etkisini gösteren fotoğraf verilmiştir.



Şekil 6.24: 11 Ekim 2014 Şanlıurfa'da toz bulutu (Url-1, 2015).

7. BULGULAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada amaç, Şanlıurfa ilinde 2014 yılında gerçekleşen iki farklı episod dönemini CHIMERE modeli ile inceyerek modelin nasıl bir performans gösterdiğini ortaya koymaktır. Bunun yanı sıra, episod günlerinde yaşanan hava kirliliği durumunun detayli analizi için CHIMERE modelinin çıktıları, WRF sayısal modelinden elde edilen atmosferik haritalar ile incelenmiştir. Şanlıurfa ili için biri kış diğeri sonbahar olmak üzere iki farklı episod dönemi belirlenmiştir. Bu iki farklı dönemin seçilmesindeki amaç, CHIMERE modelinin kış döneminde atmosferik koşullarla birlikte oluşan emisyon kaynaklı kirliliği, sonbaharda ise Şanlıurfa ilini etkileyen çöl bölgelerinden taşınan toz taşınımı kaynaklı kirliliği analiz edebilmektir.

Modelin sonuçları ile gözlem verilerinin arasındaki uyumu test etmek için, PM10 ve SO2 kirlleticileri verilerine yönelik pearson korelasyon katsayısı hesaplanmış ve zaman serisinde grafikleri verilmiştir. Böylece modelin performansı daha net görülmüştür. Model, kirlilik verilerini gözlem değerlerinin çok daha altında tahmin etmiştir. Fakat, Türkiye geneli modeli çıktılarında, Şanlıurfa bölgesindeki yüksek konsantrasyon değerlerini nispeten yakalayabilmiştir.

Yine, Menut ve ark., 2009 yılında yaptıkları çalışmada, aerosol optik kalınlığını yani aerosol konsantrasyonlarını gösteren parametreyi, CHIMERE modeli gözlem verilerine göre oldukça altında tahmin edebilmiştir. Rüzgar parametresinin bu tahminde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat Şanlıurfa ili için yapılan çalışmanın sonucuna benzer olarak, model tahminleri gözlem verilerinin altında kalmış olmasına rağmen, yapılan çalışmada kirlilik dağılımı şekil ve yoğunluk yönünden tahmin edilebilmiştir.

Bir başka çalışmada, Flaounas ve arkadaşları 2009 yılında PM10 kaynaklı episod dönemlerindeki CHIMERE model çıktıları, toz taşınımı ve eksik emisyon kaynaklarının göz önünde tutularak temsil edebilmesine bakmışlardır. CHIMERE modelinin episod dönemi ve doğasını gösterebildiğini fakat toz taşınımını temsil etmede yetersiz kaldığını ortaya koymuşlardır. Yani, bölgesel modellemede emisyon

envanterinin ve toz taşınımının hava kalitesi tahminlerinde önemli rol oynadığını sonucuna varmışlardır. CHIMERE modelinin toz taşınımını temsil etmedeki yetersizliği, bu çalışmanın da sonuçları ile uyumludur.

Sterna ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları çalışmada uzun dönemli modellerin episod zamanlarında PM10 konsantrasyonlarını tahmini üzerinde çalışmışlar ve CHIMERE dahil bir çok modelin gözlem değerlerinin altında tahmin verdiği sonucuna ulaşmışlardır. Bunun nedeni eksik kalan işlenmemiş emisyonlar ve enverziyon için önemli olan sınır tabaka parametrelerinden kaynaklanan nedenlerle bağdaştırmışlardır. Bu çalışmada da model gözlem verilerinin çok daha altında tahminlerde bulunmuş ve modelin bölgeyi temsil eden parametreleri özelleştirmedeki eksikliği ile bu sonuçlar bağdaştırılabilir.

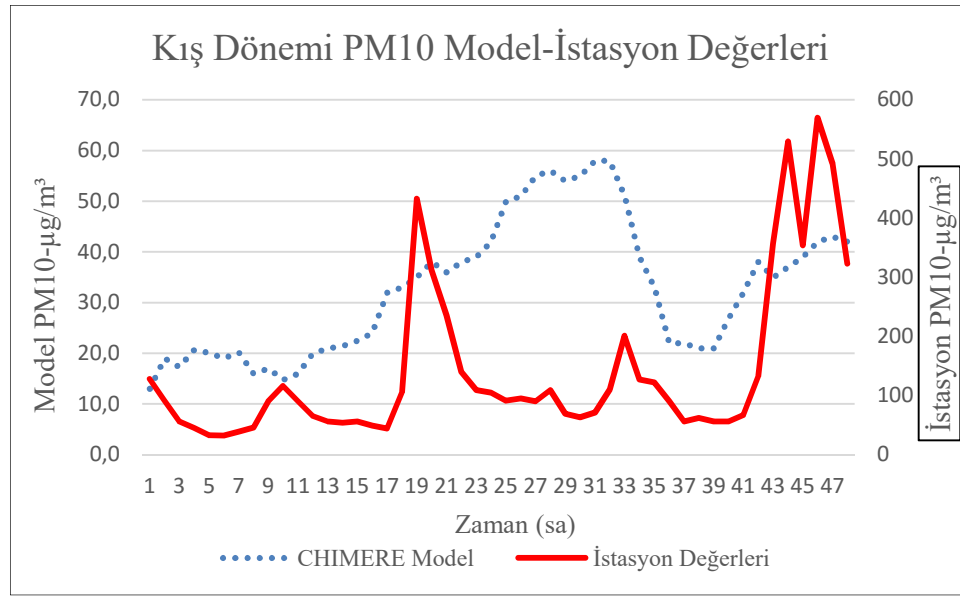
Menut ve arkadaşlarının (2015) de yaptıkları çalışmada PM10'in model ve gözlem verileri arasında açık bir ilişkinin olmadığını göstermiştir. Model bir çok bölge için çalışmış ve PM10 verilerini hem gözlem verilerinin altında hem de üstünde tahmin etmiştir. Fakat ozon verilerinde model genellikle gözlem verilerinin üzerinde tahminde bulunmuştur.

7.1 8-10 Şubat Episod Dönemi

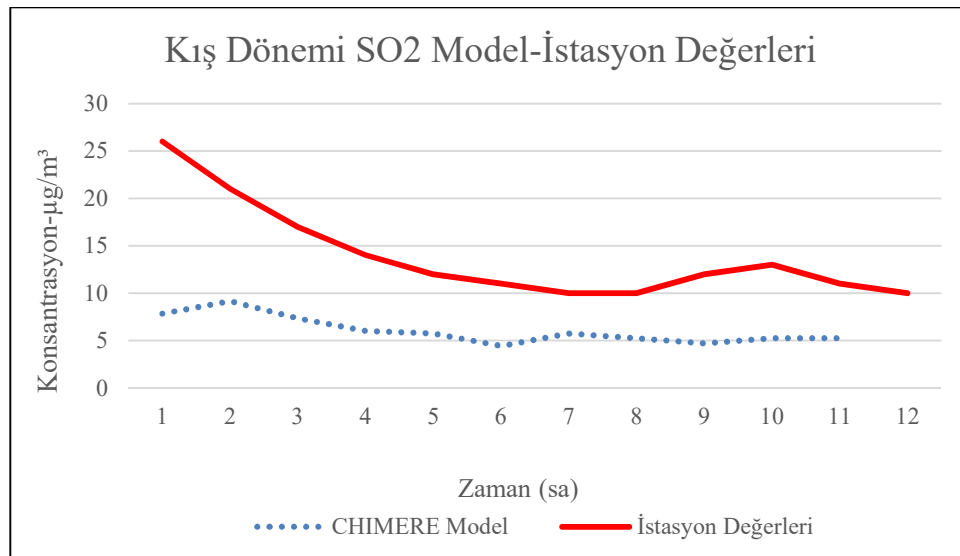
Bu dönemdeki sinoptik haritayı veren Şekil 6.9'dan bölgede yüksek basınç merkezinin olduğu görülmektedir. Rüzgar hızı sakindir. Atmosferin kararlı yapısı ve yer enverziyonu WRF modelinden sağlanan Skew-T Log P haritalarında gözükmemektedir. Tüm bu veriler, Hysplit model sonuçlarından da anlaşılacağı üzere toz taşınımının gerçekleşmediği bu dönemde meteorolojik olarak hava kirliliğine sebep olacak atmosferik şartların bölgede mevcut olduğunu göstermektedir. Bu dönemde yaşanan episod durumunun bölgedeki ısınma ve motorlu araçlardan kaynaklı olabileceği çıkarımına varılabilir. Model sonuçları bu emisyonların etkileri düşünülerek yorumlanmıştır.

PM10 konsantrasyonları için, 8 Şubat-10 Şubat arasında saatlik veriler göz önünde bulundurularak CHIMERE model çıktıları ve gözlem verileri arasında pearson korelasyon katsayısı hesaplanmış ve $r=0.3$ olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısının işareti ilişkinin yönünü, rakam değeri ise ilişkinin gücünü gösterir. Buna göre, PM10 verileri için gözlem verileri ile model tahminleri arasında güçlü olmayan

pozitif ilişki vardır denilebilir. SO₂ konsantrasyonları için, 8 Şubat 00Z'den itibaren 12 saat boyunca saatlik veriler göz önünde bulundurularak CHIMERE model çıktıları ve gözlem verileri arasında pearson korelasyon katsayısı hesaplanmış ve $r=0.82$ olarak bulunmuştur. Bu katsayının daha çok veri ile uygulanamaması kesin bir sonuca varmayı güçleştirse de PM₁₀'a göre modelin SO₂ verilerini temsil edebilmesinin daha güçlü olduğu söylenebilir. Şekil 7.1 ise Kış dönemi PM₁₀ model çıktıları ve gözlem verilerinin zaman çizelgesini göstermektedir. Şekil 7.2 ise SO₂ model çıktıları ve gözlem verilerinin zaman çizelgesini göstermektedir. PM₁₀ verileri için modelin tahmin kapasitesinin SO₂ verilerine göre çok daha zayıf kaldığı gözükmemektedir. Model pik değerleri yakalamada yeterli olamamıştır.



Şekil 7.1: Kış dönemi PM₁₀ model-istasyon değerleri.



Şekil 7.2: Kış dönemi SO₂ model-istasyon değerleri.

7.2 10-12 Ekim Episod Dönemi

Bu dönemdeki sinoptik haritayı veren Şekil 6.16'dan bölgede alçak basınç merkezinin olduğu görülmektedir. WRF modelinden sağlanan ve atmosferin düşey profilini gösteren haritalarda özellikle sabah saatlerinde yer enverziyonu olduğu ve rüzgar hızının yer seviyesinde yaklaşık 20-40 km/sa arasında olduğu gözükmemektedir. Toz taşınımının yaşandığı bu dönem için, rüzgar hızının şiddetli olması beklenmektedir ki bu durumu WRF modeli verebilmiştir.

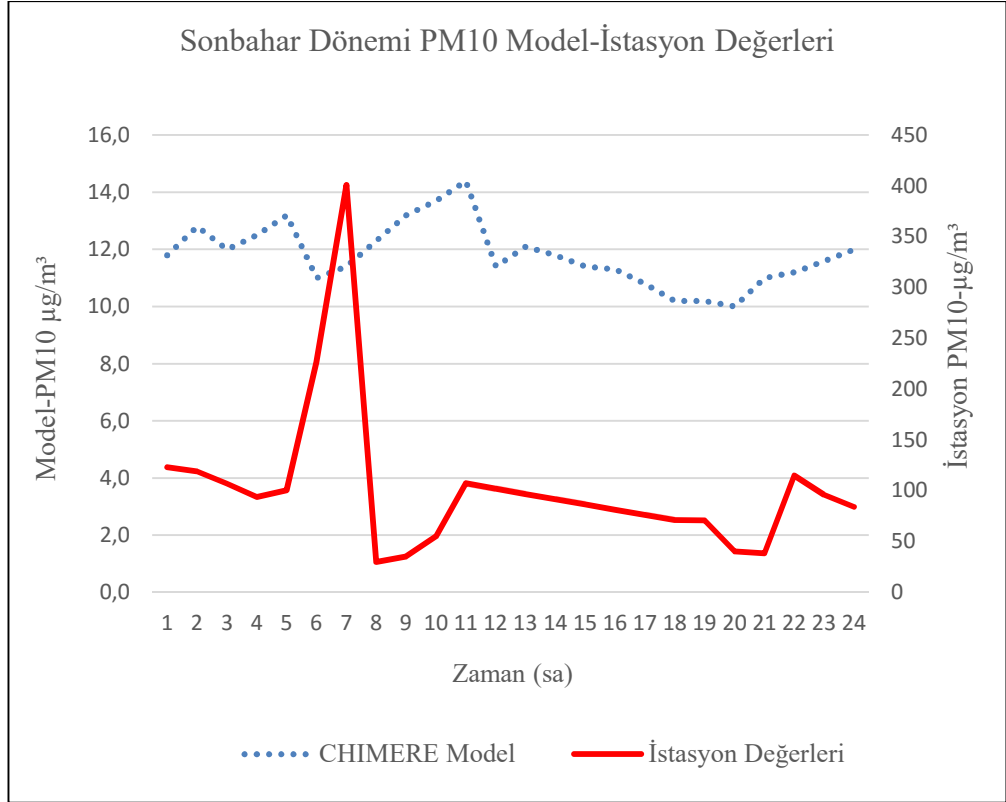
Bunlara ek olarak, rüzgarın atmosferin düşey profili boyunca güneyli yönlerden olduğu anlaşılmaktadır. Hysplit model sonuçları da bölgede geriye yönelik hava hareketlerinin güneyli yönlerden olduğunu desteklemekte ve toz taşınımının gerçekleştiğini göstermiştir. Toz taşınımı kaynaklı yaşanan bu episod dönemine yer enverziyonun da etkisi göz ardı edilmemelidir.

PM10 konsantrasyonları için, 11 Ekim-12 Ekim arasında saatlik veriler göz önünde bulundurularak CHIMERE model çıktıları ve gözlem verileri arasında pearson korelasyon katsayısı hesaplanmış ve $r = -0.064$ olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısının işareti ilişkinin yönünü, rakam değeri ise ilişkinin gücünü gösterir. Buna göre, PM10 verileri için gözlem verileri ile model tahminleri arasında çok zayıf negatif ilişki vardır denilebilir.

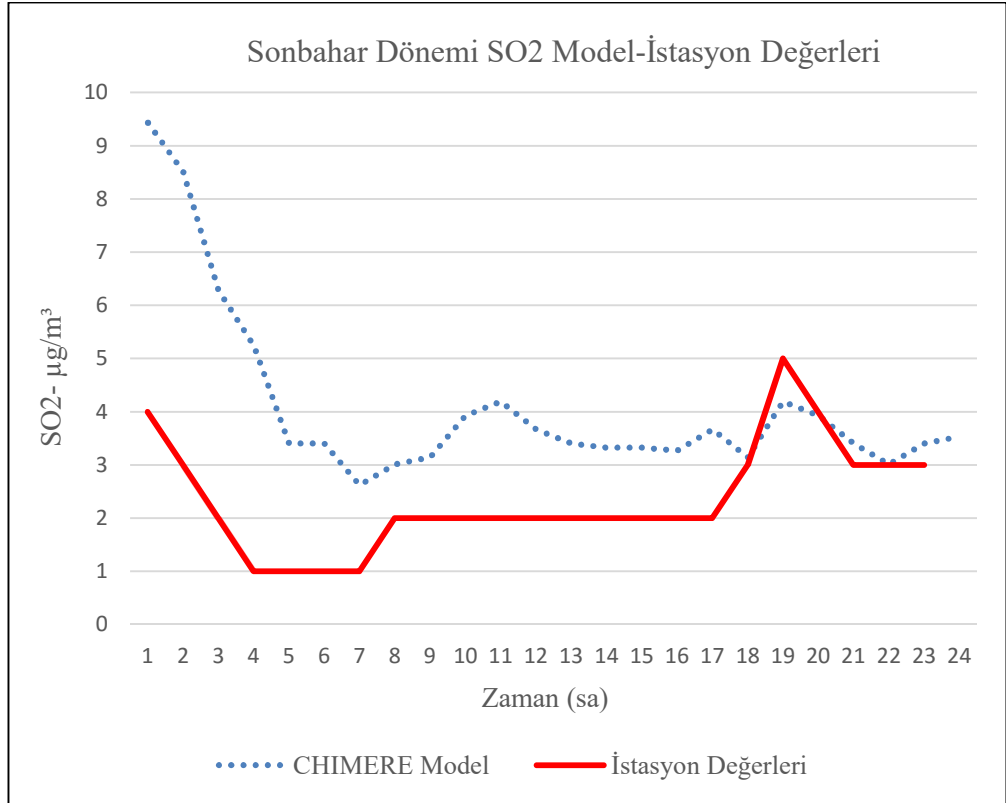
Özellikle toz taşınımı döneminde görülen bu sonuç, modelin özellikle toz taşınımı zamanlarında daha zayıf kaldığını göstermiş ve bulunan bu sonuç Flaounas ve arkadaşlarının 2009 yılında toz taşınımı episod dönemleri için buldukları sonuç ile örtüşmektedir.

SO₂ konsantrasyonları için, 11 Ekim-12 Ekim arasında saatlik veriler göz önünde bulundurularak CHIMERE model çıktıları ve gözlem verileri arasında pearson korelasyon katsayısı hesaplanmış ve $r = 0.31$ olarak bulunmuştur. PM10'a göre modelin SO₂ verilerini temsil edebilmesinin daha güçlü olduğu söylenebilir. Yine de daha çok veri ile çalışılması daha doğru sonuç verecektir.

Şekil 7.3 ise sonbahar dönemi PM10 model çıktıları ve gözlem verilerinin zaman çizelgesini göstermektedir. Şekil 7.4 ise sonbahar dönemi SO₂ model çıktıları ve gözlem verilerinin zaman çizelgesini göstermektedir. Model PM10 verilerindeki düşüş ve artışı yakalayabilse de pik değerleri göstermekte ve gözlem verilerinin gerçek değerlerini yansıtmada yetersiz kalmıştır.



Şekil 7.3: Sonbahar dönemi PM10 model-istasyon değerleri.



Şekil 7.4: Sonbahar dönemi SO2 model-istasyon değerleri.

7.3 Çalışmadaki Belirsizlik Kaynakları

Çalışmanın gelecekte benzer konuda yapılacak çalışmalara ışık tutması ve yol göstermesi amacı ile sonuçların bu bölümde tartışılarak ele alınması amaçlanmıştır. CHIMERE modelinin sonuçları özellikle PM10 kirleticisi için gözlem verilerinin oldukça altında çıkmıştır. Bunun en büyük nedeni olarak çalışmada kullanılan WRF modeli ve CHIMERE modelinin bölgeye göre özelleştirilememesi söylenebilir. Örneğin, bölgenin episod dönemlerinde önemli rol oynayan meteorolojik girdiler WRF modelinden prognostik olarak CHIMERE modeline verilmiştir.

Yani, bölgedeki gerçek zamanlı veriler WRF modelinde kullanılmamıştır. Bu yüzden, özellikle episod dönemlerinde önemli rol oynayan enverziyonunun gerçek zamanlı veri kullanımı eksikliğinden CHIMERE modelinin ne derece yansıttığı bilinmemektedir. Birkaç noktada bu verilerin modele girilerek çalıştırılması bölgeyi meteorolojik olarak daha iyi yansıtabilir. WRF model çıktılarının doğruluk değerlerinin yapılmaması da yine model sonuçlarını etkileyen belirsizlik kaynağı olarak söylenebilir. Bölgenin insan kaynaklı emisyon verisi EMEP veri setinden sağlanmıştır. Küresel olarak bu veri seti homojen bir dağılım sağlamasına rağmen, bölgeye yönelik emisyon verilerinin modele verilmesi ile daha doğru sonuçlar alınacağı beklenebilir.

Buna ek olarak, CHIMERE modelinin genel özelliklerinde verilen bir çok parametre, CHIMERE modelinin kullandığı algoritma kabulüne göre çalışmaktadır. Özellikle Avrupa bazlı çalışmalar için başlatılan bu model, diğer bölgelerdeki uygulamaları daha çok bölge için çalıştırılarak parametrezisasyonun modeldeki önemi anlaşılabilir. Kabule dayalı parametrelerin sorun model çıkaracağı aşıkardır. Flaounas ile arkadaşlarının 2009'da ve Sterna ile arkadaşlarının 2008 yılında PM10 verisine yönelik episod dönemlerini incelemek için yapılan çalışmaların sonucu ile bu çalışmanın sonucu uyuşmaktadır.

En önemli sonuç olarak, modelin özellikle PM10 kaynaklı episod günlerini gözlem verilerinin oldukça altında tahmin ettiği söylenebilir. Bu da toz taşınımı olan günleri etkilemekte ve bu çalışmada da modelin toz taşınımı dönemi olan 10-12 Ekim döneminde PM10 verilerini gözlem verilerinin oldukça altında tahmin ettiği açıktır. Bölgedeki hem meteorolojik hem de emisyon verilerinin modele verilerek çalıştırılması daha doğru sonuçlar bulmakta önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Akyürek, Ö.**, (2012). *Trabzon kent merkezi için hava kirliliği ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişkinin 2006-2011 arası verilerine dayalı olarak incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı
- Alınaner, Y.** (2010). *Emisyon ölçümleri ve sonuçların ulusal-uluslararası mevzuata göre değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ay E.F., Balta, M., Çolak, M., ve Semercioğlu, H.**, (2010). Hava Kirliliği ve Modellemesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Bayram, H., Dörtbudak, z., Evyapan Fişekçi, F., Kargın, M., Bülbül B.**, (2006). Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu, Dicle Tıp Dergisi, Cilt:33, Sayı:2, (105-112)
- Bessagnet, B., Hodzic, A., Vautard, R., Beekmann, M., Cheinet, S., Honoré, C., Liousse, C., ve Rouil, L.**, (2004). Aerosol modeling with CHIMERE: preliminary evaluation at the continental scale. Atmospheric Environment, 38:2803–2817.
- Bessagnet, B., Menut, L., Aymoz, G., Chepfer, H., ve Vautard, R.**, (2008). Modelling dust emissions and transport within Europe: the Ukraine March 2007 event. Journal of Geophysical Research, 113:D15202
- Bulut, H., Yeşilnacar, İ., Rastgeldi, T., Aslan, M., Uçar, D.**, (2008). Toz Bulutlarının İç Ve Dış Ortam Hava Kalitesine Etkileri: Şanlıurfa Örneği, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, 30-31 Mayıs 2008, Konya.
- Çapraz, Ö.**, (2013). *İstanbul'da 2007-2012 yılları arasında hava kirliliğinin ölümler üzerindeki etkilerinin modellenmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çuhadaroğlu, B., ve Demirci, E.**, (2003). Meteorolojik Koşulların Hava Kirliliği Üzerindeki Etkisi, Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 23.
- Documentation of the chemistry-transport model**, (2014). LMD, <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/>, Erişim Tarihi: 01.05.2015
- EPA**, (2005). Basic Air Pollution Meteorology, Self Instructional Manual APTI Course SI: 409 (Rev. April, 2005) Air Pollution Training Institute, www.epa.gov/apti
- Erdun, H., Öztürk, A., Çapraz, Ö., Toros, H., Dursun, Ş., ve Deniz, A.**, (2015). ATMOS, Spatial Variation of PM10 in Turkey.
- ERİNÇ, S.**, (1993). Türkiye Fiziki Coğrafyası'nın Ana Çizgileri, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni, Sayı:10, İstanbul.
- Flaounas, E., Coll, I., Armengaud, A., ve Schmechtig, C.**, (2009). The representation of dust transport and missing urban sources as major

issues for the simulation of PM episodes in a Mediterranean area, Atmos. Chem. Phys., 9, 8091–8101.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. (2008). T. C. Resmi Gazete, 26898, 06 Haziran 2008.

Hodzic, A., Vautard, R., Chazette, P., Menut, L., ve Bessagnet, B., (2006). Aerosol chemical and optical properties over the Paris area within ESQUIF project. Atmospheric Chemistry and Physics, 6:3257–3280.

Hodzic, A., Jimenez, J. L., Madronich, S., Aiken, A. C., Bessagnet, B., Curci, G., Fast, J., Lamarque, J.-F., Onasch, T. B., Roux, G., Schauer, J. J., Stone, E. A., ve Ulbrich, I. M., (2009). Modeling organic aerosols during milagro: importance of biogenic secondary organic aerosols. Atmospheric Chemistry and Physics, 9(18):6949–6981.

Hodzic, A., Jimenez, J., Madronich, S., Canagaratna, M., DeCarlo, P., Kleinman, L., ve Fast, J., (2010). Modeling organic aerosols in a megacity: potential contribution of semi-volatile and intermediate volatility primary organic compounds to secondary organic aerosol formation, Atmos. Chem. Phys., 10.

Honoré, C. ve Vautard, R., (2000). Photochemical regimes in urban atmospheres: The influence of dispersion, Geophys. Res. Letters, 27:1895–1898.

İncecik, S., (1994), Hava Kirliliği, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.

Menut, L., Vautard, R., Flamant, C., Abonne, C., Beekmann, M., Chazette, P., Flamant, P., Gombert, D., Guédalia, D., Lefebvre, M., Lossec, B., D., M., Mégie, G., Perros, P., Sicard, M., ve Toupance, G., (2000). Measurements and modelling of atmospheric pollution over the Paris area: an overview of the ESQUIF Project, Annales Geophysicae, 18(11):1467–1481.

Menut, L., Schmechtig, C., ve Marticorena, B., (2005). Sensitivity of the sandblasting fluxes calculations to the soil size distribution accuracy, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 22, No. 12:1875–1884.

Menut L., Chiapello I., ve Moulin, C., (2009). Predictability of mineral dust concentrations: The AMMA SOP0 forecasted with CHIMERE-DUST Predictability of mineral dust during the AMMA SOP0 experiment.

Menut, L., Mailler, S., Siour, G., Bessagnet, B., Turquety, S., Rea, G., Briant, R., Mallet, M., Sciare, J., Formenti, P., ve Meleux, F., (2015). Ozone and aerosol tropospheric concentrations variability analyzed using the ADRIMED measurements and the WRF and CHIMERE models, Atmos. Chem. Phys., 15, 6159–6182, doi:10.5194/acp-15-6159-2015.

Ocak, S., (1997). *Erzurum'da hava kirliliği, değerlendirilmesi ve atmosferik parametrelerle ilişkilendirilmesi.* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Patz, J.A., M.A. McGeehin, S.M. Bernard, K.L. Ebi, P.R. Epstein, A. Grambsch, D.J. Gubler, and P. Reiter, (2000): The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive

summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. Environmental Health Perspectives, 108, 367–376.

Polçak Taşıt Muayene İstasyonları İletişim A.Ş., (2015). Paşabağı Mah.Cumhuriyet Cad.No:13 Polat Akaryakıt A.Ş. İdari Binası Şanlıurfa

Puliafito, S.E., Allende, D., Fernández, R., Castro, F., ve Cremades, P., (2011). New Approaches for Urban and Regional Air Pollution Modelling and Management, Advanced Air Pollution, Dr. Farhad Nejadkoorki (Ed.), ISBN: 978-953-307-511-2, InTech, <http://www.intechopen.com/books/advanced-air-pollution/new-approaches-for-urban-and-regional-airpollution-modelling-and-management> Erişim Tarihi: 10.05.2015

Schmidt, H., Derognat, C., Vautard, R., ve Beekmann, M., (2001). A comparison of simulated and observed ozone mixing ratios for the summer of 1998 in western Europe, Atmospheric Environment, 35:6277–6297.

Solazzo, E., Bianconi, R., Vautard, R., Appel, K. W., Moran, M. D., Hogrefe, C., Bessagnet, B., Brandt, J., Christensen, J. H., Chemel, C., Coll, I., van der Gon, H. D., Ferreira, J., Forkel, R., Francis, X. V., Grell, G., Grossi, P., Hansen, A. B., Jericevic, A., Kraljevic, L., Miranda, A. I., Nopmongcol, U., Pirovano, G., Prank, M., Riccio, A., Sartelet, K. N., Schaap, M., Silver, J. D., Sokhi, R. S., Vira, J., Werhahn, J., Wolke, R., Yarwood, G., Zhang, J., Rao, S., ve Galmarini, S., (2012). Model evaluation and ensemble modelling of surface-level ozone in Europe and North America in the context of AQMEII. Atmospheric Environment, 53:60–74.

Sterna, R., Builtjesa, P., Schaapb, M., Timmermansb, R., Vautardc, R., Hodzicd, A., Memmesheimere, M., Feldmannf, H., Rennerg, E., Wolkeg, R., ve Kerschbaumera A., (2008). A model inter-comparison study focussing on episodes with elevated PM10 concentrations, Atmospheric Environment, Volume 42, Issue 19, June 2008, Pages 4567–4588.

Şahin., C., (1989). Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri, Coğrafya Araştırmaları (Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu Yayını) Cilt 1, Sayı 1, Ankara.

Şahin, F., (1994). *İstanbul'da bazı hava kirliliği parametrelerinin meteorolojik parametrelerle ilişkisi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şahin, M., (1999). *Ankara'da hava kirliliği episodları esnasında atmosferik şartların analizi.* (Doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şanlıurfa THEP, (2014). Şanlıurfa İli Temiz Hava Eylem Planı, T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Şanlıurfa Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü.

Şengün, M.T., ve Kıranşan, K., (2013). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Tozlarının Hava Kalitesi Üzerine Etkisi, Elektronik ISSN 1308-9773, Sayı 59: 59-68, İstanbul.

- TAŞ, F.**, (2006) *Hava Kirliliği Ve Kastamonu Şehir Merkezi İçin Değerlendirme*. (Yüksek lisans tezi), Çevre Bilimleri, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tayanç, M.**, (2013). Türkiye’de Hava Kalitesi Modellemesi, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2 (2013) 112 – 122.
- The National Research Council: Committee on the Significance of International Transport of Air Pollutants**, (2009). Global Sources Of Local Pollution: An Assessment of Long-Range Transport of Key Air Pollutants to and from the United States, Board on Atmospheric Sciences and Climate, Division on Earth and Life Studies, 248 p., National Academies Press.
- Toros, H.**, (2000). *İstanbul’da asit yağışları kaynakları ve etkileri*. (Doktora tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TUİK**, (2015). <http://tuikapp.tuik.gov.tr/Bolgesel/tabloOlustur.do>, Erişim Tarihi: 20.07.2015
- Uçar, A.**, (1996). *Şanlıurfa’da hava kirliliği ve kontrolü*. (Yüksek lisans tezi), Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Ulusal Çevre Eylem Planı**, (1997). Enerji sektöründen kaynaklanan hava kirliliği, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Ünal, Y.S., Deniz, A., Toros, H., İncecik, S.**, (2012). Temporal and spatial patterns of precipitation variability for annual, wet, and dry seasons in Turkey. *International Journal of Climatology*, 32(3), 392–405. DOI: 10.1002/joc.2274.
- Valari, M., ve Khvorostyanov, D.**, (2014). Anthropogenic Emissions Top-down approach: Temporal and spatial allocation and chemical speciation of annual, data at national level for SNAP sectors, CHIMERE Training Course, Laboratoire de Météorologie Dynamique IPSL Ecole Polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex, <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/docs/Emissions1.pdf>, Erişim Tarihi:10.09.2015
- Van Loon, M., Vautard, R., Schaap, M., Bergstrom, R., Bessagnet, B., Brandt, J., Builtjes, P., Christensen, J. H., Cuvelier, K., Graf, A., Jonson, J., Krol, M., Langner, J., Roberts, P., Rouil, L., Stern, R., Tarrason, L., Thunis, P., Vignati, E., White, L., ve Wind, P.**, (2007). Evaluation of longterm ozone simulations from seven regional air quality models and their ensemble average, *Atmospheric Environment*, 41:2083–2097.
- Vautard, R., Beekmann, M., ve Menut, L.**, (2000). Applications of adjoint modelling in atmospheric chemistry: sensitivity and inverse modelling. *Environmental Modelling and Software*, 15:703–709.
- Vautard, R., Beekmann, M., Roux, J., ve Gombert, D.**, (2001). Validation of a hybrid forecasting system for the ozone concentrations over the Paris area. *Atmos. Environ.*, 35:2449–2461.
- World Bank**, (1997). Clear water, blue skies. World Bank, Washington, DC, USA.

Zyryanov, D., Foret, G., Eremenko, M., Beekmann, M., Cammas, J.-P., M.D'Isidoro, Elbern, H., Flemming, J., Friese, E., Kioutsioutkis, I., Maurizi, A., D.Melas, Meleux, F., Menut, L., Moinat, P., Peuch, V.-H., Poupkou, A., Razingier, M., Schultz, M., Stein, O., Suttie, A. M., Valdebenito, A., Zerefos, C., Dufour, G., Bergametti, G., ve Flaud, J.-M., (2012). 3D evaluation of tropospheric ozone simulations by an ensemble of regional Chemistry Transport Model. *Atmos Chem Phys*, 12:3219–3240.

Url-1 <[http://www.haberler.com/sanliurfa-da-toz-bulut-etkili-oldu-657544 haberi](http://www.haberler.com/sanliurfa-da-toz-bulut-etkili-oldu-657544-haberi)>, erişim tarihi 20.04.2015.

Url-2 <<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/landcover>>, erişim tarihi 11.09.2015.

EKLER

EK A: 8-10 Şubat Dönemine ait chimere.par dosyasına ait içerik

EK A

```
#=====
=====

# CHIMERE Modeling System Configuration file
# For model code & data downloads, updates, news, and documentation
# see http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere
#=====
=====

# => The variables mentioned here with the '$' sign (e.g., $dom) can be further used
in expressions # - given they have been defined BEFORE they are used ! Otherwise -
> empty string instead!
#
# => For dates arithmetic, you can use expressions like (($di + 1)) or (($deb - 1)).
# They will be replaced by valid bash "date" commands with the %Y%m%d format
#
# => Valid bash commands can also be used, e.g., $(date -u -d "${di} ${ndays}
days" +%Y-%m-%d)
#
# => ${chimere_root} is where your source chimere files are
#
# List the simulations to run separated by whitespace in the next line:
#-----
runs : 1
#-----
#-----
# Separate parameters for multiple runs with commas, e.g., Nested... : no, yes
# If there are less values than run number (e.g., 2 columns but run 3 is requested) ->
last given # So be careful!
#-----
# Date/Time management
[$forecast] Forecast(1) or analysis(0) run : 0
[$di] CHIMERE run Start Date : 20140208 # Overridden
by chimere.sh
[$ndays] CHIMERE run Duration (0 = auto) : 3
[$de] CHIMERE run End Date (0 = auto) : 0
[$dib] CHIMERE prev. run Start Date (0 = auto) : 0
[$deb] CHIMERE previous run End Date (0 = auto) : 0
[$dim] Meteo driver Start Date (0 = auto) : (($di - 1))
[$dem] Meteo driver End Date (0 = auto) : (($de + 1))
[$dibm] Meteo drv prev run Strt Date (0 = auto) : (($dib - 2))
[$debm] Meteo drvr prev run End Date (0 = auto) : (($deb + 2))

# CHIMERE Simulation Domain
[$nested] Nested run? (yes/no) : no, no
[$tonest] Output will be used for nesting? : yes, no
[$dom] CHIMERE domain : URF02
[$nzdoms] Number of parallel zonal subdomains : 5
[$nmmdoms] Number of parallel merid subdomains : 3
[$nlayer_chimere] Number of vertical layers : 8
```

[\$top_chimere_pressure]	Top layer pressure (mbar)	: 500
[\$first_layer_pressure]	First layer pressure (sigma * 1e3)	: 997
# Meteorology Driver		
[\$online]	on-line [1] or off-line [0] modeling	: 0
[\$meteo]	Meteo driver (WRF,MM5,ecm)	: WRF
[\$metdom]	Meteo driver domain	: d01, d02
# Simulation Output Files		
[\$lab]	Simulation label	: Test,
TestNest		
# Test case for winter-time PM pollution episode		
[\$clab]	Coarse domain label	: none, Test
[\$lab1]	Simulation label (to use its data)	: #
[\$levout]	Number of layers in output file	: 8
[\$accur]	Output species detailed (low/full)	: full #low
[\$nsconcs]	Conc. save freq. (hr), file end...	: 24
[\$nsdepos]	- Cumulated deposition, file dep...	: 12
[\$sim]	Current run label (output files' ending)	:
\$_{di}_\$_{de}_\$_{lab}		
[\$sim1]	Label of the run to use its data	: \$_{di}_\$_{de}
[\$psim]	Previous run label	: \$_{dib}_\$_{deb}_\$_{lab}
# Emissions		
[\$emis]	Anthropogenic emission source	: emep, emep
[\$surface_emissions]	Use surface emissions? (1/0)	: 1, 1
[\$point_emissions]	Use point emissions? (1/0)	: 1
[\$fire_emissions]	Use fire emissions? (1/0)	: 0
[\$iusebemis]	Need biogenic emissions? (1/0)	: 1
[\$allow_afr]	Africa: dust by wind erosion? (1/0)	: 1
# Warning: the European dust production model was fit using MM5 meteo files.		
Becareful when using		
[\$iopt_eros]	Europe: dust by wind erosion? (1/0)	: 0
[\$icuth]	u* threshold estimation	: 1
[\$ifluxv]	saltation/sandblasting scheme	: 2
# Boundary conditions		
[\$iusebound]	Use and build Initial & Boundary conditions? : 1 # 0 - do not use; 1- use # 2 - check if files exist	
# Chemistry Options		
[\$mecachim]	Chemistry mechanism (0..3)	: 2, 2
[\$aero]	Chemically-active aerosols (1/0)	: 1
[\$nbins]	Number of aerosol size sections	: 10
[\$seasalt]	Include sea salts? (1/0)	: 1
[\$pops]	Include POPs? (1/0)	: 0
[\$carb]	Include carboneaceous species?	: 1
[\$iusedust]	Include dust species and emissions? (1/0)	: 1
[\$soatyp]	Secondary organic aerosol scheme (0..2)	: 2
[\$trc]	Include tracers?	: 0
[\$nequil]	ISORROPIA coupling (1) / tabulation (0)	: 0

[<i>\$npeq</i>]	- equilibrium calc freq (phys steps, < 5)	: 1
# Numerical solution parameters		
[<i>\$phys</i>]	Physical time steps per hour	: 6
[<i>\$step</i>]	Chemical steps per 1 phys. step	: 2, 4
[<i>\$ngs</i>]	Number of Gauss-Seidel iterations	: 1, 1
[<i>\$nsu</i>]	- during spinup	: 5
[<i>\$irs</i>]	- number of spinup hours	: 1
[<i>\$iadv</i>]	Advection scheme (0..2)	: 2
[<i>\$iadvv</i>]	Vertical advection scheme (0..1)	: 1
# Radiative processes		
[<i>\$ifastj</i>]	0 for old photorates 1 for fastj	: 1
# CHIMERE Subgrid Processes		
[<i>\$ideepconv</i>]	Deep convection activation (1/0)	: 1
[<i>\$urbancorr</i>]	Urban correction [1] or not [0]	: 0
# Flags whether to run individual dynamic interfaces and the Core		
[<i>\$imakecompil</i>]	Compile dynamic interfaces & core ?	: 1 #
Attention: if you change nzdoms or		
[<i>\$imakemeteo</i>]	Run meteo interface? (0-2) : 1 # 0 - do not run; 1 - run; 2 - run only	
[<i>\$imakeaemis</i>]	Build anthropogenic emissions? (0-2) : 1 # 0 - do not build; 1 - build; 2 - build	
[<i>\$imakefemis</i>]	Build fire emissions? (0-2) : 0 # 0 - do not build; 1	
		-
	build; 2 - build	
[<i>\$imakedust</i>]	Build dust emissions? (0-1) : 1 # 0 - do not build; 1 - build	
[<i>\$imakerun</i>]	Run Chemistry-Transport? (0-1) : 1	

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Esra AYDINÖZ

Doğum Yeri ve Tarihi: BURSA– 10.01.1988

Lisans: Meteoroloji Mühendisi

İŞ DENEYİMLERİ

Çalışma Süresi : 15.05.2012- 15.07.2013

Firma : TÜBİTAK

Görevi : Proje Asistanı/Bursiyer

Proje : Hava Kalitesi ve Meteorolojik Modellerin Online Entegrasyonu

Çalışma Süresi : 12.08.2013- Halen Devam Etmekte

Firma : Devlet Su İşleri 15.Bölge Müdürlüğü/ ŞANLIURFA

Görevi : Meteoroloji Mühendisi

E-Posta: esraflying@gmail.com

