

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE
ÇÖL KAYNAKLI TOZLAR VE GENEL ÇEVRESEL
ETKİLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

HAZIRLAYAN

Yrd. Doç. Dr. M.Taner ŞENGÜN

Kemal KIRANŞAN

2012

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE ÇÖL KAYNAKLI
TOZLAR VE GENEL ÇEVRESEL ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

HAZIRLAYAN

Yrd. Doç.Dr. M. Taner ŞENGÜN

Kemal KIRANŞAN

Jürimiz, tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonunda bu yüksek lisans /
oy birliği / oy çokluğu ile başarılı saymıştır.

Jüri Üyeleri:

- 1. Prof. Dr. Saadettin TONBUL**
- 2. Prof. Dr. Mehmet YAMAN**
- 3. Yrd. Doç. Dr. M. Taner ŞENGÜN(Danışman)**

F. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve
..... sayılı kararıyla bu tezin kabulü onaylanmıştır.

Prof. Dr. Erdal AÇIKSES
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

ÖZET**Yüksek lisans Tezi****DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE ÇÖL KAYNAKLI
TOZLAR VE GENEL ÇEVRESEL ETKİLERİ****Kemal KIRANŞAN****Fırat Üniversitesi****Sosyal Bilimler Enstitüsü****Coğrafya Anabilim Dalı****Fiziki Coğrafya Bilim Dalı****ELAZIĞ – 2012, Sayfa: XVIII + 169**

Çöl kökenli tozlar, subtropikal çöl bölgeleri ile karaların denizden uzak iç bölgelerinde genel atmosfer dolaşımı ve çeşitli meteorolojik faktörlere (rüzgarlar, konvektif aktivite ve gezici depresyonlar) bağlı olarak yüzeydeki tozların (PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10}) atmosfere dahil olması ve daha sonra bu tozların uzun mesafeli atmosferik taşınımı sonucunda meydana gelmektedir. Türkiye'nin coğrafi konumunun çöl bölgelerine yakın olması ve batı rüzgârları (orta enlem gezici depresyonları) kuşağında yer alması nedeniyle son yıllarda Türkiye'ye bol miktarda çöl tozu taşınmaktadır. Türkiye'ye özellikle Sahra Çölü, Suriye-Ürdün Çölü, Suudi Arabistan çölleri, Irak çölleri ve İran çölleri üzerinden gelen çöl tozları en fazla Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Doğu Anadolu Bölgesi'nde etkili olmaktadır. Söz konusu çöllerden kaynaklanan çöl tozlarının en fazla Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde etkili olmasının nedenleri, bu çöllerin konum itibarıyla Batı Rüzgârları ve Orta Enlem Siklonları'nın etki sahalarında olması, Anadolu Yarımadası'na yakın olması ve bu çöllerden taşınan çöl tozlarının Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde etkisini önleyecek geniş ve yüksek topoğrafik engellerin olmamasıdır.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöllerin her birinin bulundukları yerlerde yaşanan iklim koşullarının tamamen aynı olmaması ve farklı jeolojik yapıya sahip arazilerden oluşmasından dolayı buralardan kaynaklanan ve Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöl tozlarının kimyasal ve mineralojik özellikleri birbirinden farklıdır. Çalışma alanını etkileyen çöl tozlarının mikroanalitik özelliklerinin tespitinde örnekleme (numune alma) ve mikroanaliz yöntemleri kullanılmıştır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının hareketi ve dağılışı doğal ve beşeri faktörler etkili olmaktadır. Doğal faktörler, topoğrafik özellikler (orografya, yükselti, bakı) ve klimatolojik özellikler (sıcaklık, basınç, rüzgâr,

nem ve yağış) dir. Beşeri faktörler ise yoğun ve düzensiz kentleşme, fosil yakıtlar ve motorlu araçlardır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının 2009-2011 yıllarına ait verilerine göre çöl tozları, en fazla İlkbaharda daha çok mart-nisan-mayıs aylarında; yazın, haziran, temmuz aylarında sonbaharda ise eylül-ekim aylarında etkili olmaktadır.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozları, doğal ve beşeri ortam üzerinde çok önemli çevresel etkilerde bulunmaktadır. Bu etkiler doğal ortamda öncelikle iklim elemanları üzerinde, bitki ve toprak örtüsünde, su ekosisteminde, hava kalitesi üzerinde ve buzulların erimesinde olmaktadır. İnceleme alanındaki illerde çöl tozlarının geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbahar aylarında kuru ve yaş olarak çökmesi, özellikle pamuk tarımında ürünün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Çöl tozlarının yoğun şekilde etkili olduğu günlerde hava kalitesi ve görüş mesafesi düşmektedir. Çöl tozlarının kar üzerine birikmesi sonucunda karın hızlı şekilde erimesiyle afet boyutuna varabilecek çığ, sel ve taşkın olayları meydana gelmektedir. Çöl tozları, beşeri ortamda ise insan sağlığını, faaliyetlerini yapıyı ve yerleşmelerini etkilemektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozları, insan sağlığında özellikle göğüs hastalıkları üzerinde olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Tozlu günlerde hastaneye başvuranların sayısı tozsuz günlere göre % 20 daha fazladır. İnsan faaliyetlerinde ise çöl tozları, turizm, ulaşım ve arıcılık faaliyetlerini etkilemektedir. Çöl tozları, ev ve işyerlerinde kullanılan klimaların tıkanmasına ve bozulmasına, metalik eşyaların erken paslanmasına ve otomobillerin boyalarında toz ve kum fırtınaları sonucunda çiziklerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Çöl tozlarının kale, heykel ve anıt gibi tarihi ve kültürel olarak büyük öneme sahip olan yapılar üzerine kuru ve yaş olarak çökmesi sonucunda kimyasal olarak yapılar üzerinde aşınmaya ve ayrışmaya neden olmaktadır.

Bu çalışmada, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl kaynaklı tozların klimatolojik, jeomorfolojik ve mikroanalitik özellikleri, gelişimleri, doğal ve beşeri ortam üzerine etkileri değerlendirilerek ortaya çıkabilecek sorunlara karşı çeşitli çözüm önerileri sunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Çöl kaynaklı tozlar, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Sahra Çölü, Çamurlu yağış, Çevresel etki, Hava kalitesi.

ABSTRACT**Master Thesis****DUSTS ORIGIN OF DESERT IN EASTERN AND SOUTHEASTERN
ANATOLIA REGION AND GENERAL ENVIRONMENTAL EFFECTS****Kemal KIRANŞAN****The University Of Firat****The Institute Of Social Science****The Department Of Physical Geography**

Desert dusts consist of the result of insert into atmosphere and atmospheric transport of dusts on soil cover (such as PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀) to distant regions by effect of various winds and mobil depressions, depending on different meteorological factors and general atmospheric circulation in subtropical desert areas and the inner regions of the land away from the sea. The Sahara Desert, the deserts of Suudi Arabia, Iran and Iraq deserts impact eastern and southeastern Anatolia regions. The eastern and southeastern Anatolia regions were effected during certain times of the year reasons such as by dusts that derive from this deserts to effect westerly winds and mid-altitude cyclones, to be close to the Anatolian peninsula, not to be wide and high topographic barriers that prevent from desert dusts that moved this deserts.

The chemical and mineralogical properties of desert dusts that affect Eastern and Southeastern Anatolia Region are different because of difference climatic conditions of The Sahara Desert, Deserts the Peninsula of Arap and Desert Iran-Irak that affect Eastern and Southeastern Anatolia Region and lands with different geological formation of the structure. Sampling and microanalysis methods were used in the determination of micro-analytical properties of desert dusts that affects work area. Natural and human factors effect on movement and distribution of dust deserts in the Eastern and Southeastern Anatolia Region. Natural factors are topographic features (orografya, elevation, aspect) and the climatological parameters (temperature, pressure, wind, humidity and rainfall). Human factors are dense and irregular urbanization, fossil fuels and motor vehicles. Desert dust are effect in the Eastern and Southeastern Anatolia Region in according to the data for the years 2009-2010 the desert dust the spring March-April-May, June, July in summer months, in fall september,october.

Desert dusts effect too much on natural and human environments. These effects are in natural environment on climate, vegetation and soil cover, water resources and glacial melting and In human environment on structure and activities of human health and settlements. Sedimentation as dry and wet deposition of desert dust in provinces in the study area in spring and autumn effect negative on the quality of cotton agriculture. Air quality and visibility decreases when desert dusts density. Avalanches and flood occur deposition on snow desert dusts with rapid melting of snow. To inform the public taking the necessary measures authorized persons and organizations require preventing loss of life and property in such cases. Desert dust in the Southeastern Anatolia impact negative human health. The number of applicants to the hospital in dusty days are than dust-free days % 20. Desert dusts affect tourism, transport and the beekeeping activities. Desert dusts cause to clogging and deterioration of air conditioners used in homes and businesses the early corrosion of metallic objects, to scratches to occur as a result of dust and sand storms that paints cars. Dust in the desert castles, such as statues and monuments on the historical and cultural structures which are of great importance as the dry and wet deposition as a result of corrosion and decomposition of chemical lead structures.

Climatological, geomorphological and micro-analytical characteristics dust deserts of Eastern and Southeastern Anatolia Region, development, effects on natural and human environment evaluated and solutions versus problems that arise were presented in this study.

KEY WORDS: Desert dust, Eastern and Southeastern Anatolia Region, Sahara Desert, Micro-analytical feature, Muddy rain, environmental impact, air quality.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	XI
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	XV
ÖNSÖZ	XVII
BİRİNCİ BÖLÜM	1
I.GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırma Alanının Yeri, Sınırları Ve Başlıca Coğrafi Özellikleri.....	1
1.2. Araştırmanın Amacı	5
1.3. Metod Ve Malzeme.....	6
1.4. Önceki Çalışmalar	9
İKİNCİ BÖLÜM.....	14
II. ÇÖL KAYNAKLI TOZLAR VE GENEL ÖZELLİKLERİ	14
2.1. Tozun Tanımı ve Sınıflandırılması	14
2.2. Hava Kirliliği ve Kaynakları	14
2.3. Çöl İklimi	17
2.4. Kum Fırtınaları.....	19
2.5. Çöl Kökenli Tozlar ve Kaynak Bölgeleri.....	21
2.5.1. Afrika Bölgesi	23
2.5.1.1.Sahra Çölü (Sahra-Sahel Toz Koridoru).....	24
2.5.1.2. Somali-Chalbi Çölü	27
2.5.1.3. Güney Afrika Çölleri (Karoo, Kalahari ve Namib Çölleri)	27
2.5.2. Asya Bölgesi.....	28
2.5.3. Amerika Bölgesi.....	28
2.5.4. Avustralya Bölgesi	29
2.6. Çöl Tozlarının Taşınımında Etkili Olan Faktörler	30
2.6.1. Hava Kütleleri	30
2.6.2. Cepheler.....	33
2.6.3. Rüzgârlar	39

2.6.3.1. Sirokko.....	39
2.6.3.2. Hamsin	40
2.6.3.3. Gece Oluşumlu Alçak Seviye Jetleri	41
2.6.4. Kuzey Atlantik Salınımının Etkisi.....	41
2.7. Çöl Kaynaklı Tozların Global Sistemde Atmosferik Taşınımı.....	43
2.8. Çöl Kaynaklı Tozların Atmosferdeki Durumları	49
2.9. Çöl Tozu Taşınım Tahmin Modelleri	50
2.10. Kuaterner’de Çöl Kaynaklı Tozlar	52
2.11. Çöl Kaynaklı Tozların Mikroanalitik Özellikleri.....	56
2.12. Çöl Kaynaklı Tozların Mikroanalitik Özelliklerinin Tesbitinde Kullanılan Yöntemler.....	61
2.12.1. Örnekleme Yöntemleri	61
2.12.1.1. Atmosfer Tozu Örneklemesi (Kuru Çökelme)	61
2.12.1.2 Yağmur Suyu Örneklemesi (Yaş Çökelme)	62
2.12.1.3. Kaynak Örneklemesi.....	62
2.12.2. Mikroanaliz Yöntemleri	62
2.12.2.1. Ağır Metal Analizleri.....	63
2.12.2.2. XRD Analizleri (X-Işınlari Difraksiyonu).....	64
2.12.2.3. Elementel Analiz.....	65
2.12.2.4. Tane (Parçacık) Boyutu Analizleri	65
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	67
III. DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ’NDE ÇÖL KAYNAKLI TOZLAR.....	67
3.1. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ni Etkileyen Çöller.....	67
3.1.1. Sahra Çölü	69
3.1.2. Arabistan Yarımadası Çölleri	72
3.1.2.1. Negev-Sina Çölleri	73
3.1.2.2. Suriye-Ürdün Çölleri	73
3.1.2.3. Suudi Arabistan Çölleri	74
3.1.2.4. Irak Çölleri.....	74
3.1.3. İran Çölleri.....	76

3.2. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Kaynaklı Tozların Mikro Analitik Özellikleri.....	76
3.2.1. Örnekleme Yöntemi	77
3.2.2. Mikroanaliz Yöntemleri	78
3.3. Toz Örneklerine Yapılan Analizler.....	79
3.4. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Tozlarının Hareketini ve Dağılımını Etkileyen Faktörler	87
3.4.1. Doğal Faktörler.....	88
3.4.2. Beşeri Faktörler	99
3.5. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Tozlarının Etkili Olduğu Dönemler.....	99
3.6. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Görülen Çamurlu (Kızıl) Yağışlar	105
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	109
IV. DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE ÇÖL KAYNAKLI TOZLARIN GENEL ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	109
4.1. Doğal Ortama Etkisi.....	109
4.1.1. İklim Olan Etkisi.....	110
4.1.2. Bitki ve Toprak Örtüsüne Olan Etkisi	115
4.1.3. Su Kaynaklarına Olan Etkisi	123
4.1.4. Hava Kalitesine Olan Etkisi	126
4.1.5. Buzullara ve Kar Erimelerine Etkisi.....	129
4.2. Beşeri Ortama Etkisi	133
4.2.1. İnsan Sağlığına Etkisi	133
4.2.2. İnsan Faaliyetlerine ve Eşyalara Etkisi.....	139
4.2.3. Yapı ve Yerleşmelere Etkisi	142
BEŞİNCİ BÖLÜM.....	147
V. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	147
KAYNAKÇA.....	158
ÖZGEÇMİŞ	169

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 Dünya Geneline Çöl Tozlarının Bölgelere Göre Dağılışı.....	23
Tablo 2 TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer-Nasa) Tarafından Belirlenen Global Çöl Tozu Kaynaklarının Maksimum Aerosol İndeksi Ortalama Değerleri	26
Tablo 3 Türkiye’yi Etkileyen Hava Kütleleri	31
Tablo 4 Uzun Mesafeli Toz Taşınım Örnekleri	44
Tablo 5 Çöl Tozlarında Bulunan Yaygın Elementler	57
Tablo 6 Çöl Tozlarında Bulunan Temel Bileşikler	58
Tablo 7 Tane Boyutu Analizi Yöntemleri ve Düzenekleri	66
Tablo 8 Sahra Çölü’nün Topoğrafik Özellikleri	71
Tablo 9 Çeşitli İllere ve Kaynak Bölgesine Ait Çöl Tozu Numunelerini Ağır Metal Analizleri	80
Tablo 10 Örnekleme Bölgeleri ve Kaynak Bölgelerine Ait Çöl Tozlarının XRD Analizi Sonuçlarına Göre Mineral Sistemleri	81
Tablo 11 Çöl Tozlarında Bulunan Major (ana) Elementler	82
Tablo 12 Örnekleme İlleri ve Kaynak Bölgelerinin XRF Analizine Göre Major (ana) Elementel Yapıları	83
Tablo 13 Örnekleme İllerinde Çöl Tozu Numunelerinin Tane Boyutu Dağılışı	85
Tablo 14 Kaynak Bölgelerinde Bulunan Çöl Kumlarının Tane Boyutu Dağılışı.....	86
Tablo 15 Doğu Anadolu Bölgesi PM ₁₀ Maksimum Ortalama Aylık Değerleri (2009-2010).	92
Tablo 16 Güneydoğu Anadolu Bölgesi PM ₁₀ Maksimum Ortalama Aylık Değerleri (2009-2010).	93
Tablo 17 Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Çöl Tozlarının Etkili Olduğu Gün Sayıları (2009-2010)	94
Tablo 18 Doğu Anadolu Bölgesi’nde Çöl Tozlarının Etkili Olduğu Gün Sayıları (2009-2010).	94
Tablo 19 Türkiye’de PM ₁₀ Max. Ort. Değerleri (2010).	97
Tablo 20 Çeşitli Bölgelerde Çöl Tozlarının Mevsimlik Aktiviteleri	100
Tablo 21 Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Çöl Tozlarının Mevsimlik Dağılışı (2009-2010)	104
Tablo 22 Diyarbakır’da Karpuz Üretiminin Karşılaştırmalı Durumu	121

Tablo 23 Diyarbakır ve Adıyaman’da Arıcılık Faaliyetlerinin Karşılaştırılması	122
Tablo 24 İnsanlarda Hastalık Oluşturan Bazı Mikroorganizmalar	136
Tablo 25 Diyarbakır’da Haziran ve Temmuz Aylarında Acil ve Göğüs Polikliniklerine Başvuran Hasta Sayıları (2009).	138
Tablo 26 Diyarbakır’da Tozlu ve Tozsuz Günlerde Acil ve Göğüs Polikliniklerine Başvuranların Karşılaştırmalı Tablosu (2009 Mart).	138

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Çalışma Alanının Lokasyon Haritası	1
Şekil 2: Doğu Anadolu Bölgesi'nin Fiziki Haritası	2
Şekil 3: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Fiziki Haritası	4
Şekil 4: Başlıca Hava Kirliliği Kaynakları	14
Şekil 5: Güney Kaliforniya'da Meydana Gelen Büyük Orman Yangınları (26 Ekim 2003 MODİS)	15
Şekil 6: Mersin'in Gülnar İlçesinde 7 Temmuz 2008'de Çıkan Orman Yangını.....	15
Şekil 7: Hava Kirliliği Sonucunda Ortaya Çıkabilecek Durumlar	16
Şekil 8: Partikül Maddelerin Karşılaştırmalı Tane Boyutları.....	17
Şekil 9: Dünya Üzerinde Çöllerin Dağılımı	18
Şekil 10: Yeryüzünde Çöl Tozlarının Coğrafi Dağılışı.....	22
Şekil 11: Çöl Tozlarının Taşınım Yolları ve Depolanma Zonları.....	23
Şekil 12: Sahra-Sahel Toz Koridoru	24
Şekil 13: Bodele Depresyonu'ndaki Diatomite Depoları	25
Şekil 14: Somali-Chalbi Çölü	27
Şekil 15: Güney Afrika'da Bulunan Çöller.....	28
Şekil 16: Amerika Kıtası'nda Bulunan Çöller	29
Şekil 17: Avustralya Kıtası'nda Bulunan Çöller.....	29
Şekil 18: Yeryüzünde Başlıca Hava Kütlelerinin Küresel Kızılötesi Uydu Görüntüsü Üzerinde Gösterimi.....	30
Şekil 19: Kışın Türkiye'de Etkili Olan Hava Kütleleri.....	32
Şekil 20: Yazın Türkiye'de Etkili Olan Hava Kütleleri.....	33
Şekil 21: Orta Enlem ve Tropikal Siklonların İzlediği Yolların Yerkürede Dağılışı..	35
Şekil 22: Avrupa ve Akdeniz Havzası Üzerinde Görülen Gezici Orta Enlem Siklon ve Antisiklonların Konumu ve Oluşturduğu Hava Koşulları	35
Şekil 23: Sahra Çölü'nde Çöl Tozlarının Oluşum Mekanizması.....	36
Şekil 24: Akdeniz Siklonların Oluşma- Toplanma Alanları ve Siklon Yolları.....	37

Şekil 25: 35-70° Paralelleri Arasında Oluşan Orta Enlem Siklonları	38
Şekil 26: 30° Paralelleri veya Daha Güneyde Oluşan Orta Enlem Siklonları.....	39
Şekil 27: Akdeniz ve Türkiye Çevresinde Etkili Olan Rüzgârlar	40
Şekil 28: KAS'ın Pozitif ve Negatif Dönemi.....	42
Şekil 29: Beer Sheba (İsrail) 'de Eylül-Mayıs Arasındaki Yıllık Çöl Tozu Değişimi ve KAS'ın Aralık-Mart Dönemindeki Yıllık Değişimleri	43
Şekil 30: Çöl Bölgelerinde Çöl Tozlarının Taşınım Mekanizmasının Gösteren Şekil	45
Şekil 31: Türkiye'ye ve Karadeniz'e Taşınan Çöl Tozları.....	46
Şekil 32: Doğu Akdeniz'e ve Türkiye'ye Taşınan Çöl Tozları.....	46
Şekil 33: Türkiye'ye Farklı Tarihlerde Taşınan Çöl Tozları	47
Şekil 34: Yeryüzünün Çeşitli Bölgelerinde Çöl Tozlarının Taşınımını Gösteren Uydu Görüntüleri.....	48
Şekil 35: MOMA Toz Taşınım Modeli	52
Şekil 36: Vistok (Antartika) Buzul Karotunun Analizi Sonucunda Sıcaklık, Karbondioksit ve Çöl Tozları Arasındaki İlişkiler	55
Şekil 37: Buzul Dönemlerinde ve Günümüzde Çöl Tozlarının Aktivitesinin Karşılaştırılması	55
Şekil 38: Doğu Akdeniz'e Taşınan Çöl Tozlarının Tane Boyutu Dağılışı	59
Şekil 39: X Işınları Kırınım Analiz Yöntemiyle Sahra Çöl Toprağının Mineral Analizi	61
Şekil 40: XRD Cihazı ve XRD Tekniğiyle Elde Edilen Veriler	65
Şekil 41: Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni Etkileyen Çöller	68
Şekil 42: Sahra Tozunun Taşınımından Genel Görünüm 24 Mart 2008 NASA Modis	68
Şekil 43: Sahra Çölü Uydu Görüntüsü	69
Şekil 44: Sahra Çölü ve Sahel Bölgesi	70
Şekil 45: Sahra Çölü'nde Çöl Tozu Kaynak Bölgeleri, Taşınım Yönleri ve Çöl Tozu Kaynak Bölgelerinde Bulunan Mineraller	71
Şekil 46: Çeşitli Avrupa Ülkelerinde Sahra Çölü Tozlarının Mevsimlere Göre Ortalama Durumu	72

Şekil 47: Arabistan Yarımadası Çölleri.....	73
Şekil 48: Suriye Kökenli Çöl Tozlarının Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Etkili Olması.....	74
Şekil 49: Irak ve Çevresinin Topoğrafik Durumu.....	75
Şekil 50: Mezopotamya'da Çöl Tozlarının Kaynaklarının Dağılışı	75
Şekil 51: İran Çölleri	76
Şekil 52: Örnekleme İlleri Haritası	77
Şekil 53: Kuzey Afrika ve S. Arabistan Çöl Kökenli Tozların Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) Analizi Sonucunda Ortaya Çıkan Minerallerin Durumu.....	79
Şekil 54: Örnekleme İllerinden Alınan Çöl Tozlarının Tane Boyutu Dağılışı Haritası	85
Şekil 55: Örnekleme İllerinde Çöl Tozlarının Tane Boyutu Grafikleri	86
Şekil 56: Kaynak Bölgesinden Alınan Çöl Kumlarının Tane Boyutu Analizi Grafikleri	87
Şekil 57: Güneydoğu Torosların Görünümü	89
Şekil 58: Arabistan Yarımadası çöllerinden Doğu ve G. Doğu Anadolu Bölgesi'ne Taşınan Çöl Tozları (12 Haziran 2010)	89
Şekil 59: Çöl Tozlarının Taşınımına Orografi ve Yükseltinin Etkisi.....	91
Şekil 60: Doğu Anadolu Bölgesi'nde 2009-2010 Yılları PM10 Maksimum Değerlerinin Aylık Dağılışı.....	92
Şekil 61: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2009-2010 Yılları PM10 Maksimum Değerlerinin Aylık Dağılışı	93
Şekil 62: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl tozlarının Etkili Olduğu Gün Sayıları (2009-2010)	94
Şekil 63: Doğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl tozlarının Etkili Olduğu Gün Sayıları (2009-2010).....	95
Şekil 64: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2009-2010 PM10 Değerlerinin İllere Göre Dağılışı.....	95
Şekil 65: Türkiye'de PM10 Max. Ortalama Değerlerinin Dağılışı Haritası (2010)	96
Şekil 66: Kuzey Afrika ve Akdeniz Çevresinde Çöl Tozlarının Taşınım Yönleri ve Mevsimsel Dağılışı	101
Şekil 67: Türkiye'de Çöl Tozlarının Mevsimlik Dağılışı	102

Şeki 68: Türkiye'de Çöl Tozlarının Mevsimlik Dağılışı (2009)	103
Şekil 69: Türkiye'de Çöl Tozlarının Mevsimlik Dağılışı (2010)	103
Şekil 70: Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl tozlarının Mevsimlik Dağılışı (2009-2010)	104
Şekil 71: Türkiye'de Çöl Tozlarının Bölgelere Göre Dağılışı (2009-2010).....	105
Şekil 72: Palma de Mallorca'da (İspanya) Kızıl Yağmurların Aylık Dağılışı (1982-2003)	106
Şekil 73: Çöl Tozu-Ekosistem İlişkileri	109
Şekil 74: Çöl Tozlarının Atmosfer Olaylarına Etkisi	111
Şekil 75: Son 1000 Yıl İçerisinde Atmosferdeki Karbondioksit Miktarının Durumu	114
Şekil 76: Bulut İçerisinde Demirin Fotokimyasal İndirgenmesini Gösteren Şekil	115
Şekil 77: Çöl Tozu Suyuyla Büyütülen Dev Asma Yapağı ve Normal Boyutlardaki Asma Yapağının Karşılaştırılması.....	116
Şekil 78: Haziran 2008 Tarihinde Karadeniz'de Gerçekleşen Fitoplankton Patlamalarının Nasa'nın Aqua Uyduyu Tarafından Çekilmiş Uydu Görüntüsü	117
Şekil 79: Çöl Tozlarının Yapraktaki Stoma ve Epidermis Hücrelerin Yapısına Etkisi	120
Şekil 80: Şanlıurfa'da Tozlu ve Normal Günlerde İç ve Dış Ortam Hava Kalitesinin Karşılaştırılması	128
Şekil 81: Sahra Çölü ve Arabistan Yarımadası Çölleri Kökenli Tozların Himalayalar'daki Buzullara Etkisi	129
Şekil 82: Türkiye'nin Güncel Buzul Alanları	130
Şekil 83: Buzul Dağı'ndaki Buzulların (Cülo) 1990 - 2000 Yılları arasındaki alansal Değişimi.....	131
Şekil 84: Türkiye'de Toplanan Çöl Tozları Örnekleri İçerisinde Bakteri ve Mantarların Dağılımı (2002).....	136
Şekil 85: Çeşitli Boyutlardaki Partiküllerin İnsan Sağlığına Etkileri.....	137

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Fotoğraf 1 Irak ve Sudan’da Görülen Kum Fırtınaları.	20
Fotoğraf 2 Aksaray (Türkiye) ve Teksas (ABD)’da Kum Fırtınaları.....	20
Fotoğraf 3 Çöl Tozlarının Kuru ve Yaş Çökelme Örneklemeleri	78
Fotoğraf 4 Mardin ve Siirt’te Etkili Olan Çöl Tozları.	90
Fotoğraf 5 Elazığ (29 Temmuz 2011)’da Etkili Olan Çöl Tozları	90
Fotoğraf 6 Van ve Elazığ’da Çöl Tozları.	91
Fotoğraf 7 Şırnak ve Batman’da Kızıl Yağmurlar.	98
Fotoğraf 8 Diyarbakır ve Mardin’de Etkili Olan Çöl Tozları.....	99
Fotoğraf 9 Çeşitli İllerde Çöl Tozu Taşınımı	102
Fotoğraf 10 Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Çamurlu Yağışlar.	108
Fotoğraf 11 Diyarbakır’da Pamuk Tarlası (30 Ekim 2011).	119
Fotoğraf 12 Mardin’de Hava Kalitesinin Tozlu ve Tozsuz Günlerde Karşılaştırılması.	126
Fotoğraf 13 Elazığ’da Tozlu ve Tozsuz Günlerin Karşılaştırılması.....	127
Fotoğraf 14 Şanlıurfa ve Mardin’de Etkili Olan Çöl Tozları.	128
Fotoğraf 15 Buzul (Cilo) Dağı’nda buzulların üzerinde biriken çöl tozları	132
Fotoğraf 16 Kurucaova (Malatya)’da Dağlarda Kar Üzerine Biriken Çöl Tozları	132
Fotoğraf 17 Maden (Elazığ)’de Kar Üzerine Biriken Çöl Tozları.	133
Fotoğraf 18 Mardin’de Görülen Çöl Tozları.	137
Fotoğraf 19 Çöl Tozlarının Turistik Plajlarda Güneşlenme Üzerindeki Etkisi.	139
Fotoğraf 20 Siirt’te Etkili Olan Çöl Tozları.....	140
Fotoğraf 21 Çöl Tozlarının Ulaşımına Etkisi	141
Fotoğraf 22 Çöl Tozlarının Demiryolu Ulaşımına Etkisi (www.env.go.jp).....	141
Fotoğraf 23 Mardin (29 Temmuz 2011).....	142
Fotoğraf 24 Mardin’de Tarihi Binaların İç ve Dış Cephelerinin Karşılaştırmalı Durumu	143
Fotoğraf 25 Çöl Tozlarının Kale Yapıları Üzerindeki Ayrıştırıcı Etkisi (Mardin Kalesi 05.10.2011)	144
Fotoğraf 26 Çöl Tozlarının Tarihi Yapılar Üzerindeki Ayrıştırıcı Etkisi (Mardin 05.10.2011)	144

Fotoğraf 27 Çöl Tozlarının Binaların Dış Cephe Üzerine Etkisi (Mardin 05.10.2011)	145
Fotoğraf 28 Taşbaşı Kilisesi(Ordu) ve Mardin Müzesi dış cephelerinin karşılaştırmalı durumu	145
Fotoğraf 29 Mardin’de Bulunan Sabancı Müzesi.....	146

ÖNSÖZ

Coğrafya, insanın içinde yaşadığı çevrenin doğal özelliklerini, insan-doğal çevre etkileşimini ve bu etkileşim sonucu insanın ortaya koyduğu beşeri ve ekonomik etkinliklerini kendi prensipleri çerçevesinde inceleyerek sonuçlarını açıklayan bilimdir. Coğrafya'nın bir altı dalı olan Klimatoloji, yeryüzünde meydana gelen iklim olaylarını incelemektedir. İklim olayları, beşeri faaliyetleri etkileyen en önemli doğal faktörlerdendir.

Çöl kökenli tozlar, subtropikal çöl bölgeleri ile karaların denizden uzak iç bölgelerinde genel atmosfer dolaşımı ve çeşitli meteorolojik faktörlere (rüzgarlar, konvektif aktivite ve gezici depresyonlar) bağlı olarak yüzeydeki tozların(PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_{10}) atmosfere dahil olması ve daha sonra bu tozların uzun mesafeli atmosferik taşınımı sonucunda meydana gelmektedir. Türkiye'de özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl kökenli tozlar, çeşitli meteorolojik ve jeomorfolojik faktörler ile coğrafi konumun etkisiyle son yıllarda yoğun şekilde görülmektedir. Çöl kökenli tozlar, çeşitli kimyasal ve mineralojik özelliklere sahip olduğundan doğal ve beşeri ortam üzerinde önemli derecelerde çevresel etkilerde bulunmaktadır.

Literatürde farklı bilim dalları tarafından çöl tozlarının taşınım yolları, kaynak bölgeleri ve çeşitli mikroanalitik özellikleriyle ilgili birçok çalışma yapılmışken, ancak çöl tozlarının çevresel etkileriyle ilgili araştırma alanımızda özellikle Coğrafi bir çalışma yapılmamıştır. “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Kaynaklı Tozlar ve Genel Çevresel Etkileri” adlı bu tez konusunun seçilmesinin en büyük nedeni, Coğrafi olarak çöl kökenli tozların genel bir etüdünü ortaya koymaktır. 2009 yılı sonlarında başlanılan bu çalışmada literatür araştırmalarıyla önce ihtiyaç duyulan bilgi ve belgeler gerekli yerlerden temin edilmiş, arazi çalışmalarıyla numune alımları, fotoğraf çekimleri yapılmış, analiz ve büro çalışmalarıyla çalışma tamamlanmıştır. Böylece, gerek araziden ve gerekse literatürden elde edilen bilgi ve bulgular, çeşitli şekillerde değerlendirilerek; kullanılan farklı görsel açıklama biçimleri ile çalışmanın daha anlaşılır olması için çaba harcanmıştır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl kaynaklı tozların ve genel çevresel etkilerinin ortaya konulduğu bu çalışmada çöl kökenli tozların genel özellikleri ve doğal ve beşeri ortam üzerindeki çevresel etkileriyle ilgili önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Kuşkusuz, bu kadar geniş bir çalışma alanında çöl tozlarının doğal ve beşeri ortam üzerine olan etkilerini böyle kısa bir süre içerisinde

detaylıca ortaya koymak mümkün değildir. Ancak inceleme alanında çöl tozlarıyla ilgili yapılacak detay çalışmalarına yaptığımız çalışmanın rehber olacağı kanaatindeyiz. Bu alışmalar yürütölürken üniversitemizin ve bölölümölözölün sağlamış olduğu imkânlar, yapılan bu işleri kolaylaştırmıştır. Ayrıca bu tez alışması Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Yönetim Birimi (FÜBAP) 'nce İSBF.11.08 no 'lu proje ile desteklenmiştir.

*Tez çalışmasının her kademesinde bir rehber ve yol gösterici olarak engin bilgilerinden faydalandığım, arazi gezilerine katılma nezaketinde bulunan ve hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen danışman hocam, **Yrd. Doç.Dr. M. Taner şENGÖN'e** sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yine, bu tezi proje haline getirip, sağladığı katkıdan dolayı **FÜBAP** yönetim birimine, literatölür temininde farklı yönlerden tezime yardımları bulunan Fırat Üniversitesi Coğrafya bölölümölündeki diğer hocalarıma ve çeşitli harita ile verilerin temin edilmesine yardımcı olan Meteoroloji Genel Müdürlölölölüne, bazı illerin (Malatya, Adıyaman, şanlıurfa, Mardin, Diyarbakır) Tarım ve Sağlık müdürlölüklerine, çeşitli fotoğraf çekimleri ve haritaların çiziminde yardımlarını esirgemeyen adını burada zikretmediğim birçok Coğrafyacı meslektaşlarıma ayrıca teşekkür ederim.*

Kemal KIRANşAN

2012- ELAZIğ

BİRİNCİ BÖLÜM

I.GİRİŞ

1.1. Araştırma Alanının Yeri, Sınırları Ve Başlıca Coğrafi Özellikleri

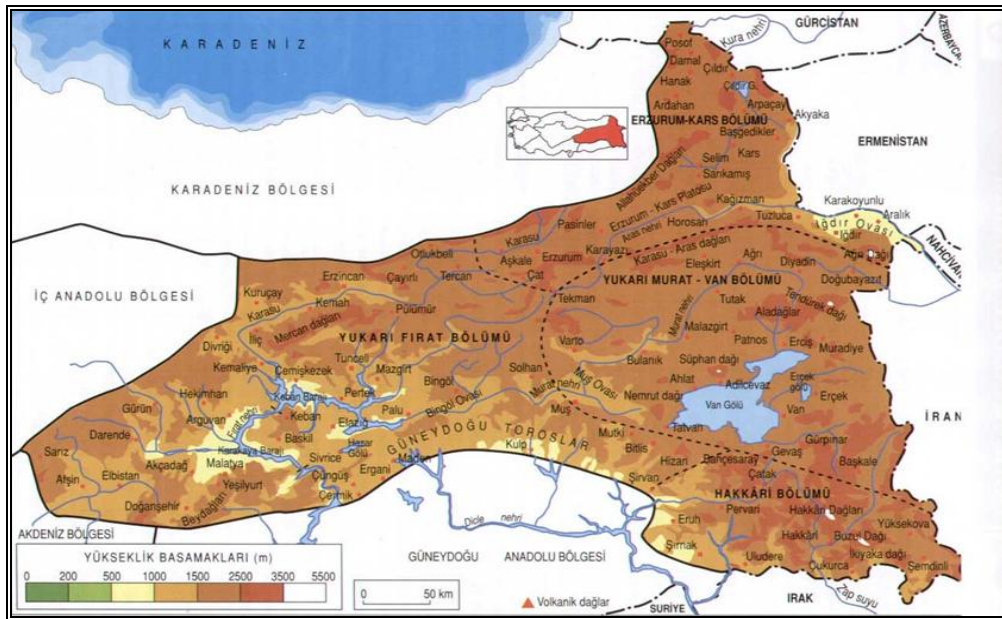
İnceleme alanı Doğu Anadolu Bölgesi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni kapsamaktadır (Şekil 1). İnceleme sahasının kuzey sınırı, Kuzey Anadolu Dağları'nın güney kesiminden, batı sınırı, Kızılırmak ve Fırat nehirlerinin kabaca su bölümü çizgisini takip ederek Tahtalı Dağları ve Uzunyayla'dan geçer. İnceleme alanının güney sınırı, Güneydoğu Toros Dağları'nın Anadolu'da dışbükey kıvrım yaptığı alanının güney kesimi ve Türkiy-Suriye sınırı ile Irak sınırı arasında yer alır. İnceleme sahasının doğu sınırı ise Türkiye'nin Gürcistan, Ermenistan, Nahçıvan ve İran ile olan devlet sınırlarından geçmektedir. İnceleme sahası, Türkiye'nin % 28,5'ini kaplamaktadır (Atalay ve Mortan, 2006: 441).



Şekil 1: Çalışma Alanının Lokasyon Haritası.

Doğu Anadolu Bölgesi, 163.200 km²'lik alanı ile Türkiye coğrafi bölgelerinin en büyüğü olup, ülke arazisinin % 21'ini oluşturmaktadır. Bölgenin sınırları, milli sınırlarımızın dışına taşan kısmı istisna tutulduğu takdirde, büyük ölçüde coğrafi esaslara bağlı kalınarak çizilmiştir. Türkiye sınırları içinde kalan Doğu Anadolu Bölgesi, kabaca Fırat Nehri ile Karadeniz ve Kızılırmak'a su gönderen sahaları ayıran çizgiler arasında kalmış, Güneydoğu Toroslar ile güneyden kuşatılmış, İç Anadolu'ya

bir kama gibi sokulmuş, tabanı İran, Nahçıvan (Azerbaycan), Ermenistan ve Gürcistan'a dayanmış bir üçgeni andırmaktadır (Arınç, 2011: 1) (Şekil 2).



Şekil 2: Doğu Anadolu Bölgesi'nin Fiziki Haritası (Atalay ve Mortan, 2007: 442).

Doğu Anadolu Bölgesi, Türkiye'nin en yüksek ve engebeli bölgesidir. Bölgenin ortalama yükseltisi 1500 m'nin üzerindedir. Türkiye'nin en yüksek dağları bu bölgede bulunur. Birer volkan konisi görünümünde olan bazı dağların yüksekliği 3500 m'nin üzerindedir. Ayrıca kıvrılma ile oluşmuş en yüksek dağlar da yine bu bölgede bulunmaktadır (Atalay ve Mortan, 2006: 447).

Bölgenin en önemli dağ kuşağı, Güneydoğu Toroslar'dır. Malatya-Elazığ-Bingöl-Muş ve Van Gölü çukurluğunun güneyinde yükselen bu dağların zirveleri 3000 m'yi aşar. Diğer önemli dağ kuşağı, Toros sisteminin Doğu Anadolu'daki bir uzantısı olan Mercan (Munzur) Dağları'dır. Üçüncü kuşağı ise kuzeyde Kuzey Anadolu dağlarının iç kısımdaki kolu oluşturmaktadır. Bu dağlar, Kargapazarı, Kop, Yalnızçam ve Allahüekber Dağları'dır (Atalay ve Mortan, 2006: 448).

Doğu Anadolu Bölgesi, Türkiye'nin volkan topografyası açısından en zengin bölgesini oluşturmaktadır. Bölgedeki belli başlı volkanik alanlar Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı Dağı'dır (Atalay ve Mortan, 2006: 449). Doğu Anadolu Bölgesi'nde akarsularla yarılmış çevresine göre alçakta ve yüksekte olan çok değişik tipte platolara rastlanır. En önemli platoları, Uzunyayla ile Erzurum-Kars Platosu'dur. Bölgedeki önemli ova ve havzalar; Van Gölü Havzası, Muş Havzası ve Ovası, Bingöl Havzası,

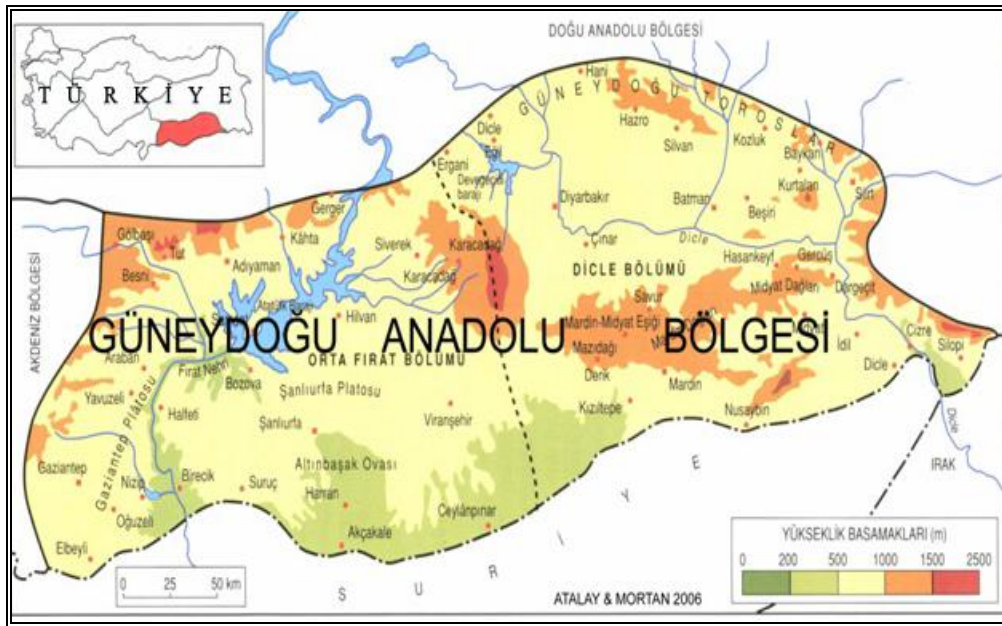
Elazığ Ovası, Uluova, Hazar Havzası ve Gölü, Malatya Havzası, Göle Havzası, Ardahan Havzası, Çıldır ve Aktaş Havzası, Erzurum-Pasinler-Horasan Havza ve Ovalarıdır (Erinç, 1953: 6-7). Doğu Anadolu Bölgesi'nin sınırları içinde Türkiye'nin asıl idari bölümleri olan illerden Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Şırnak, Tunceli ve Van illeri yer alır (Arınç, 2011: 9).

Doğu Anadolu, kışları çok soğuk geçen karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgedir. Bölgenin iklimi üzerinde hava kütleleri ile fiziki coğrafya faktörleri etkili olur. Bölge yaz ve kış durumuna göre farklı hava kütlelerinin ve atmosfer olaylarının etkisi altında kalır. Bölgede yükseklik, dağların uzanışı ve denize uzaklık, yağış ve sıcaklık üzerinde etkili olur (Erinç, 1953: 20). Bölgede kışlar çok uzun, şiddetli ve karlıdır. Yaz mevsimi çok kısa olmakla beraber, bölgenin en kuzeyindeki platolarda bile, oldukça sıcak geçmektedir. Bunun sonucunda yıl içindeki aylık ortalama sıcaklık farkları (termik genlik) 25°C'nin üzerine çıkmaktadır (Arınç, 2011: 26).

Doğal bitki örtüsü her şeyden önce iklimin etkisindedir. Ayrıca toprak şartları da bu örtüde yerel farklar oluşturmaktadır. Bölgede relief, iklimin üzerinde çeşitlilik meydana getirdiği gibi, bitki örtüsünde de çeşitliliğe neden olmuştur. Reliefin engebeli olduğu yerlerde, hem yükselti farkları nedeniyle çeşitli seviyelerde doğal bitki örtüsünün değişmeye uğradığı görülmekte, hem de dağların Güneş'e veya yağış getiren rüzgârlara karşı olan ve olmayan yamaçları arasında bitki örtüsü açısından farklar bulunmaktadır. Bölgede orman, yüksek sıcaklık ve su yetersizliği nedeniyle alt sınır, sıcaklık yetersizliği nedeniyle de üst sınır olmak üzere iki doğal sınır arasında yer almaktadır (Arınç, 2011: 47). Doğu Anadolu Bölgesi, hidrografik bakımdan bir su dağıtım alanıdır. Karadeniz, Basra Körfezi ve Hazar Denizi'ne dökülen bazı akarsular kaynaklarını bu bölgeden almaktadır. Yükseklik nedeniyle de komşu sahalara oranla bir su deposu özelliği taşımaktadır. Bölgede akarsu ağı sık olup, rejimleri genellikle karmaşıktır. Bölgede bulunan akarsular, Kura, Murat, Fırat ve Aras'tır. Bölgede bulunan göller ise Van Gölü, Erçek Gölü, Nazik Gölü, Haçlı Gölü, Balık Gölü, Nemrut Gölü ve Hazar Gölü'dür (Arınç, 2011: 45).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Türkiye'nin Güneydoğu Toroslar ile Türkiye-Suriye sınırı arasında uzanan ve Fırat ile Dicle ırmakları tarafından sulanan en küçük

bölgesidir. Yüzölçümü 57.210 km² olup, Türkiye arazisinin % 7'sini oluşturmaktadır (Arınç, 2011: 377) (Şekil 3).



Şekil 3: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Fiziki Haritası.

Geniş ovaların ve düzlüklerin yer aldığı bu bölgede, önemli yükseltiyi Mardin-Midyat Eşiği ile kalkan şeklinde uzanan Karacadağ bazalt konisi oluşturmaktadır. Yapısal yönden Güneydoğu Toros Dağları ile Mezopotamya düzlüğü arasında bulunan bölge fazla engebeli değildir. Türkiye'nin en büyük ve geniş düzlükleri, Toros Dağları yayının eteğinde uzanır. (Atalay ve Mortan, 2006: 385-388). Bölgenin güney kesiminde yer alan ovaların dışında Torosların eteklerinden başlayarak Suriye sınırına kadar devam eden alanlar platolara karşılık gelir. Belli başlı platoları, Gaziantep, Şanlıurfa, Adıyaman platolarıdır. En önemli ovaları ise, Altınbaşak (Harran) ve Ceylanpınar ovalarıdır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, bir yandan yüksek dağlarla kuşatılmış olması, diğer yandan Suriye Çölleri'nin yakınında yer alan Güneydoğu Anadolu düzlüklerinde deniz etkisinden uzak kalışın bir sonucu olarak Akdeniz ikliminin yarı kurak stepik tipi olarak da tanımlanabilecek geçiş tipi iklim şartları yaşanmaktadır (Erinç, 1993: 6). Güneydoğu Anadolu Bölgesi, kış ve yaz mevsimlerinde farklı hava kütlelerinin etkisi altında kalır. Bu hava kütleleri, bölgenin yağış ve sıcaklık durumunu doğrudan etkiler. Bölgenin basık yüzey şekilleri göstermesi, topografya şartlarına bağlı olarak iklimde çok önemli değişmeye neden olmamaktadır. (Atalay ve Mortan, 2006: 385-391).

Kuzeyden Güneydoğu Toroslar ve güneyden de Suriye-Irak kurak bölgesiyle sınırlandırılan Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yaz kuraklığının en şiddetli biçimde hissedilmesi nedeniyle Türkiye'nin bitki örtüsü bakımından en zayıf bölgesidir. Özellikle Diyarbakır Havzası ve daha güneyde olan ovalarda iklim ve toprak şartlarına bağlı olarak geniş step alanları göze çarpmaktadır. Relief ve iklim şartları, bölgede yer alan doğal ormanın alt sınırını da belirlemektedir. Step kenarlarında görülen ve genellikle saf meşe topluluklarından ibaret olan ormanlar, bölgede Akdeniz iklimine yaklaşan karasal bir iklim tipi hüküm sürmesiyle kurakçıl orman karakterindedir (Arıncı, 2011: 394).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi, coğrafi konum ve çeşitli meteorolojik faktörlerin etkisiyle çöl kaynaklı tozlardan yılın belli dönemlerinde yoğun olarak etkilenmektedir. Dünyadaki çöller, çöl tozu kaynaklarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Özellikle subtropikal çöller en önemli çöl tozu kaynaklarıdır. Çöl tozlarının kaynaklarını oluşturan çöller, yerkürede özellikle karaların daha çok olduğu kuzey yarıkürede toplanmıştır. Sahra Çölü, bilinen en büyük çöl tozu kaynağı olmakla beraber, Gobi, Taklamakan, Meksika çölleri, Arabistan Yarımadası çölleri gibi diğer bazı büyük kaynaklar da kuzey yarımkürede etkili olmaktadır. Büyüklük açısından diğerlerine göre çok küçük olan İran'ın Zabol ve Afganistan'ın Farah bölgesi tozları dahi çevre bölgeleri üzerinde etkili olabilmektedir (Ezzati, 2009: 120).

Yeryüzünde Sahra Çölü'nden Türkiye'ye ve diğer alanlara yılın belli dönemlerinde yoğun olarak çöl tozları taşınmaktadır. Türkiye'ye Sahra Çölü'nden Doğu Akdeniz ve Avrupa üzerinden çöl tozları taşınmaktadır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöller Sahra Çölü, Arabistan Yarımadası çölleri (Sina-Negev Çölü, Suriye-Ürdün Çölü, Suudi Arabistan çölleri, Irak çölleri) ve İran çölleri.

1.2. Araştırmanın Amacı

Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla çöl bölgelerine yakın olması ve batı rüzgârları (orta enlem gezici depresyonları) kuşağında yer alması nedeniyle son yıllarda bol miktarda çöl tozu taşınımına uğramaktadır. Türkiye'de özellikle Sahra Çölü, Suriye Çölü, Suudi Arabistan çölleri, Irak çölleri ve İran çölleri üzerinden gelen çöl tozları en fazla Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Doğu Anadolu Bölgesi'nde etkili olmaktadır. Sahra Çölü'nden kaynaklanan çöl tozları daha çok Doğu Akdeniz üzerinden Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Doğu Anadolu Bölgesi'ni etkilemektedir. Arabistan Yarımadası ve

İran çöllerinden kaynaklanan çöl tozları ise Güneydoğu Anadolu ile Doğu Anadolu bölgelerinin bu çöllere yakın olması ve çöl tozlarının etkilerini önleyecek yüksek topografik engellerin olmaması nedeniyle doğrudan etkili olmaktadır. Bu nedenle tezin çalışma alanını Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi oluşturmaktadır. Çöl tozları, Doğal ve Beşeri ortam üzerinde çok önemli çevresel etkilerde bulunmaktadır. Bundan dolayı son yıllarda Dünya genelinde sempozyumlar düzenlenmekte ve birçok bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye’de ise bu konu daha çok Çevre ve Meteoroloji Mühendisleri ile Kimyacılar tarafından yeni yeni çalışılmaya başlanmıştır. Ancak çöl tozlarının oluşumunda ve taşınımında Coğrafi faktörlerin etkili olması çöl tozlarının Coğrafi bir bakışla incelenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmadaki esas amaç, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde son yıllarda ortaya çıkan çöl kökenli tozların özelliklerinin belirlenmesi ve genel çevresel etkilerinin ortaya konulmasıdır. Bu çalışmada, çöl kökenli tozların kaynak bölgeleri, mikroanalitik özellikleri, geçmiş jeolojik dönemlerdeki durumu, dünya genelinde taşınım yönleri, doğal ve beşeri ortamda oluşturabileceği genel çevresel etkileri (iklim, bitki ve toprak, su kaynakları, insan sağlığı ve hava kalitesi açısından) ve çöl tozlarının Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde etkili olduğu dönemlerin coğrafi bir perspektifle değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

1.3. Metod Ve Malzeme

Yüksek lisans tezi olarak “**Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Çöl Kaynaklı Tozlar ve Genel Çevresel Etkileri**” adlı bu çalışmada Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde çöl tozlarının yoğun olarak görülmesinin klimatolojik değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ni etkileyen çöllerin genel özellikleri, çöl tozlarının mikroanalitik özellikleri, çöl tozlarının dağılışını etkileyen doğal ve beşeri faktörler, çöl tozlarının bölgede etkili olduğu dönemler ve kıvıll (çamurlu) yağmurlar Coğrafyanın prensipleri olan dağılış, bağlantı, sebep ve sonuç ilişkisi çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Tezin başlığından da anlaşıldığı gibi bu bir salt klimatoloji çalışması olmayıp aynı zamanda klimatolojik özelliklerin insan yaşamını etkilemesinden dolayı bu çalışmada çöl tozlarının doğal ve beşeri ortam üzerinde meydana getirdiği çevresel etkiler de ele alınmıştır. Bu bölümde ise çöl tozlarının doğal ortam üzerinde iklimle, bitki ve toprak örtüsüne, su kaynaklarına, hava kalitesine, buzullara ve kar erimelerine

olan etkileriyle; beşeri ortam üzerinde insan sağlığına, faaliyetlerine, eşyalara, ulaşım, yapı ve yerleşmelere olan etkileri Coğrafya biliminin prensipleri ışığında değerlendirilmiştir.

Yapılan bütün bu çalışmalar hazırlık, arazi çalışmaları ile bilgi ve belgelerin değerlendirildiği büro çalışmalarını kapsayan başlıca üç aşamada tamamlanmıştır.

Çalışmanın başlangıç safhasında; çalışma alanının sınırları belirlenirken, çöl tozlarından en fazla etkilenen alanlar dikkate alınmıştır. Bunda çöl bölgelerine yakınlık, jeomorfolojik özellikler, rüzgârların esiş yönleri ve gezici depresyonların oluşum ve hareket yönleri esas alınmıştır.

Tez çalışmasının ilk aşamasını, çalışma sahası ve çalışma evreni ile ilgili literatür çalışmaları ve hazırlık aşaması oluşturmuştur. Araştırma sahası ve konusu ile ilgili farklı bilim dallarına ait tezler, makaleler, raporlar, dergiler, istatistikler, bültenler, projeler taranarak gerekli dökümanlar elde edilmiştir. Bu dökümanlar ayrıntılı şekilde incelenerek gerekli alıntılar yapılmıştır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden tozlu günlere ait toz konsantrasyon haritaları temin edilerek bu haritalardan çöl tozlarının Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde aylık dağılışı grafikleri ve tabloları ile çöl tozlarının bölgede yıllara göre yoğunluğunu gösteren haritalar çizilmiştir. Ayrıca inceleme alanındaki illerin Çevre müdürlüklerinden Hava Gözlem Raporları temin edilerek PM₁₀ değerlerinin bölgede aylık dağılışıyla ilgili tablolar, grafikler ve haritalar çizilmiştir. Çöl tozlarının insan sağlığı üzerindeki etkileri nedeniyle bazı illerin sağlık müdürlüklerinden gerekli veriler alınarak tablolar oluşturulmuştur. Çöl tozlarının tarım ve hayvancılık üzerinde önemli etkileri olmasından dolayı İl Tarım müdürlüklerinden gerekli veriler temin edilerek tablo ve grafikler oluşturulmuştur.

Çalışmanın ikinci safhasını arazi çalışmaları oluşturmuştur. İlk arazi çalışması ön arazi etüdü şeklinde tozlarının etkili olmadığı günlerde yapılmış ve çalışmanın amacına uygun olarak çeşitli noktaların tozsuz açık dijital fotoğrafları çekilmiştir. Daha sonraki arazi çalışmalarında önceden belirlenen yerlerden bölgenin tozlu günlerde dijital fotoğrafları çekilmiş ve çöl tozlarının çeşitli mikroanalitik analizlerinin yapılabilmesi için gerekli numuneler alınmıştır. Ancak inceleme alanında tüm illere ait çöl tozu örneklemeleri yapılamamıştır. Bunun nedeni, inceleme alanını oluşturan illerin sayısının fazlalığı nedeniyle 2009-2011 yılları arasında Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne

taşınan çöl tozlarının geldiği dönemlerde tüm illerde aynı anda numune alma imkânının olmamasıdır. Yine kendi imkânlarımızla çöl tozlarının kaynak bölgelerinin tespiti için Cezayir, Tunus ve Suudi Arabistan'daki çöllere ait kaynak bölgesi toprak örneklemeleri yapılmıştır. Ayrıca inceleme alanında yaşayan insanlarla çöl tozlarının yoğun görülmesin nedenleri ve çöl tozlarının etkilediği alanlar hakkında görüşmeler yapılmış ve gerekli olan notlar alınmıştır.

Arazi çalışmalarından sonra üçüncü aşamayı oluşturan büro çalışmalarına geçilmiştir. Bu dönemde yoğun bir masa başı çalışması yapılmıştır. Öncelikle arazide çeşitli dönemlerde temin edilen numuneler analize hazır hale getirilmiştir. Çalışma alanında temin edilen numuneler ile kaynak bölgesine ait numunelerin karşılaştırmalarının yapılabilmesi için bu numunelerin mineral içerikleri, tane boyutu dağılışı ve kristal yapıları XRD (X Işınları Difraksiyonu) ve XRF (X Işını Floresans Spektrometresi) analizi ve Tane boyutu analizi yöntemleriyle belirlenmiştir.

Numunelerin XRD analizleri Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda bulunan XRD cihazıyla yapılmıştır. XRF analizleri ise İnönü Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda (Akaryakıt Petrol Analiz Laboratuvarı) bulunan XRF cihazıyla yapılmıştır. Yine çöl tozlarının tane boyutlarının dağılışı ODTÜ Merkez Laboratuvar'nda Parçacık Boyut Analizörü (Malvern Mastersizer 2000) ile yapılmıştır. Ayrıca çöl tozu numunelerinde bulunan ağır metallerin tespiti için Fırat Üniversitesi Kimya Mühendisliği Laboratuvar'nda Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) yöntemiyle ağır metal analizleri yapılmıştır. Çamurlu (kızıl) yağmurların PH analizi ise Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Elazığ Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Temin edilen literatür, Toz Konsantrasyon haritalarından elde edilen grafikler, Hava Kalitesi İzleme Ağı verilerine göre oluşturulan grafikler ile İl Tarım ve Sağlık müdürlüklerinin verilerine göre oluşturulan grafikler ışığında tezde kullanılacak çeşitli dağılışı haritaları çizilmiştir. Tezde kullanılan haritalar CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tabanlı programlar (ArcGis) ve Adobe Photoshop 6 programı kullanılarak çizilmiştir. Böylece CBS ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak çalışmanın daha sağlıklı olmasına azami hassasiyet gösterilmiştir. Oluşturulan haritalar, kimyasal analiz sonuçları, alınan notlar, çizilen kesitler, grafik, tablo ve belgelerle ulaşılan bilgiler değerlendirilerek tezin yazım aşamasına geçilmiş, eldeki verilerin ve arazide yapılan incelemelerin de katkısıyla tez tamamlanmıştır.

Sonuçta, **“Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Çöl Kaynaklı Tozlar ve Genel Çevresel Etkileri”** ortaya konulmuş, geleceğe yönelik planlama ve öneriler getirilerek tez tamamlanmıştır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Çöl tozlarının bilim dünyasında fark edilmesi ilk defa Charles Darwin 1830’larda HMS Beagle gemisi ile Kanarya adalarına yanaştığında gemisini kaplayan kırmızı tozları fark etmesi ve bunların Kuzey Afrika’dan kaynaklandığını belirtmesiyle olmuştur. (Darwin, 1846: 2). Dünya ölçeğinde çöl tozlarıyla ilgili ilk çalışmalar 1970’li yıllara dayanmaktadır. Bu dönemdeki çalışmalarda araştırma gemileri kullanılarak Sahra tozlarının küresel dağılımı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Atmosferdeki toz taşınımı ile ilgili ilk yapılan çalışmalar tozun ne kadar yayılış gösterdiği, belirli bir noktaya hangi zamanlarda daha yoğun olarak geldiği, gelen tozların mineralojisi, elementel dağılımı, manyetik özelliklerinin incelenmesi şeklinde olmuştur (Ezzati, 2009: 26). 1970’li yıllardan günümüze kadar çöl tozlarıyla ilgili çok çeşitli çalışmalar bilim insanları tarafından yapılmıştır.

Bu bölümde inceleme konusu ve alanıyla ilgili olarak doğrudan ve dolaylı olarak yapılmış çalışmalar değerlendirilmiştir. İnceleme alanı ve konusuyla doğrudan ve dolaylı ilgili olan pek çok çalışma mevcut olduğundan bu bölümde bunların tamamı bu bölümde verilmemiştir. Literatür içerisinde seçilmiş bazı önemli çalışmalar eskiden yeniye doğru kısaca açıklanmıştır.

Saydam ve diğerlerinin (1991) “Atmosferik Kirleticilerin Taşınımı” adlı projede Doğu Akdeniz atmosferinde çöl tozlarının tanımlanması, kaynak bölgelerinin tespit edilmesi ve atmosferden denize giren sedimentlerin miktarı araştırılmıştır.

Guerzoni ve diğerlerinin (1996) “The Impact Of Desert Dust Across the Mediterranean” adlı kitabında Akdeniz çevresinde çöl tozlarının iklim üzerine etkileri ve modellemesi, jeolojik özellikleri ve kaynak bölgeleri, kimyasal bileşimleri ile ilgili yapılmış çalışmalar tek kitapta birleştirilmiştir.

Dursun ve diğerlerinin (1998) “Hava Kirliliğinin Bahçe Bitkileri Yetiştiriciliği Üzerine Etkileri” adlı derlemesinde hava kirliliğinin nedenleri, hava kirliliği kaynakları ve hava kirliliğinin bahçe bitkilerinin yetiştirme koşulları üzerine olumsuz etkileri araştırılmıştır.

Özsoy (1999) “Kilikya Baseni Kıyusal Sistemine Taşınan Atmosferik Kirleticilerin Kaynaklarının Belirlenmesi ve Atmosferik Girdilerin Deniz Ekosistemi Üzerine Olan Etkileri “ adlı doktora tezinde Akdeniz Havzası’na taşınan çöl tozlarının kaynaklarının belirlenmesi ve bunların deniz ekosistemine olan etkileri araştırılmıştır.

Goudie ve Middleton (2001) “Saharan Dust Storms: Nature and Consequences” adlı makalede çöl tozlarının kaynak bölgeleri, taşınım yörüngeleri ve iklim değişikliği üzerine olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca çöl tozlarında bulunan büyük elementler, kil mineralleri, tane boyutu gibi analitik çalışmalar da yapılmıştır.

Fiol ve diğerlerinin (2005) “Dust Rains İn Mallorca (West Mediterranean): Their Occurance and Role İn Some Recent Geological Processes” adlı makalesinde Mallorca’da 1982-2003 yılları arasında yağan kızıl (çamurlu) yağmurların örnekleme ile SEM, XRD ve tane boyutu analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre kızıl yağmurların oluşumları belirlenmiş ve bunların bazı jeolojik süreçlere olan etkileri ortaya konulmuştur.

Engelstaedter ve diğerlerinin (2006) “North African Dust Emission And Transport” adlı makalesinde Kuzey Afrika’daki en önemli çöl tozu üretim bölgeleri, çöl tozu taşınımlarının mevsimsel dağılışı ve çöl tozlarının meteorolojik nedenleri incelenmiştir.

Yılmaz (2006) “Değişik Toprak Kökenli Doğal Besin Ortamlarının Spirulina Üretimine Etkilerinin Kesikli Reaktörler Kullanılarak İncelenmesi” çalışmasında Spirulina denilen alglerin üretiminde çöl tozlarından oluşan alternatif doğal büyüme ortamların kullanılabileceğini göstermiştir.

İlkılıç ve Behçet (2006) “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi” adlı makalede motorlu araçların sayısı ile enerji ve ısı üretim tesislerinin artması sonucu hava kirliliğinin hızlı bir şekilde arttığı belirtilmektedir. Ayrıca bütün canlıların hayat şartlarının yükselen hava kirliliği ile olumsuz yönde etkilendiği, motorlu araçlar ile enerji ve ısı üretim tesislerinde kaynaklanan hava kirliliğinin canlıların hayat şartlarını, özellikle insanların sağlığını olumsuz etkilemesinin sürekli olarak büyük bir problem haline gelmekte olduğu belirtilmiştir.

Doğanay (2006) “Atmosferik Toz İçeren Hava Koşullarının Migren Başağrısını Tetikleyici Etkisinin İncelenmesi” adlı uzmanlık tezinde Sahra çöl

tozunun atmosferik hava akımları ile taşınması ve beraberinde getirdiği mikroorganizmaların doğrudan veya dolaylı olarak deney hayvanlarında trigeminovasküler sistemi aktive ettiği ilk kez olarak gösterilmiştir.

Alp ve Sarı (2007) “Sahra Tozlarının Kar Depolanması Üzerine Olan Etkileri” adlı çalışmada Sahra tozlarının kar depolanmaları üzerine olan etkileri araştırmıştır.

Bulut ve diğerlerinin ‘Toz Bulutlarının İç ve Dış Ortam Hava Kalitesine Etkileri: Şanlıurfa Örneği’ (2008) adlı makalesinde 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.

Özsoy ve Örnektekin (2008) “Kuzeydoğu Akdeniz’deki Kızıl (çamurlu) Yağmurlar” adlı çalışmada kızıl yağmurların çeşitli kimyasal özellikleri ile çevreye etkilerini araştırmıştır.

Ezzati (2009) “Atmosferik Taşınım Giren Değişik Kaynaklı Toprakların Bitki Gelişimlerine Etkilerinin Araştırılması” adlı doktora çalışmasında değişik bölgelerden alınan çöl toprakların bitki gelişimlerine etkilerini araştırmıştır.

Develi (2009) “Denizel Fitoplankton Ekolojik Önemi ve Küresel İklim Değişikliğindeki Rolü” adlı derleme çalışmasında bitkisel planktonların ekolojik önemi ve iklim değişikliğindeki rolü incelenmiştir.

Kalderon ve diğerlerinin (2009) “Mineralogical and Chemical Characterization of Suspended Atmospheric Particles Over The East Mediterranean Based on Synoptic-scale Circulation Patterns” adlı makalede çöl tozlarının yapısını ve iklimatik faktörlerle ilişkisini belirlemek için İsrail’de çeşitli yerlerde numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin tane boyutu, ağır metal analizleri ve mineralojik analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre çöl tozlarında bulunan temel elementler illite–smectite ve calcite olmuştur.

Ganor ve diğerlerinin (2009) “A Method to Determine the Effect of Mineral Dust Aerosols on Air Quality” adlı makalesinde Kuzey Afrika çöllerinden gelen çöl tozlarının İsrail’de hava kalitesini düşürdüğü belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada bölgeye gelen çöl tozlarının mikroanalitik analizleri yapılarak çeşitli özellikleri araştırılmıştır.

Bristow ve diğerlerinin (2009) “Deflation in the Dustiest Place on Earth: The Bodélé Depression, Chad” adlı çalışmada yeryüzünün en yoğun tozlu bölgesinin Bodele Depresyonu olduğu belirtilmektedir. Ayrıca bu depresyonun yoğun şekilde toz üretmesinin jeolojik, iklimik ve jeomorfolojik nedenleri açıklanmaktadır.

Solmaz (2010)’ın “Çöl Topraklarının İndirgenmiş Demir Üretme Kapasitesinin İncelenmesi ve Geliştirilen Yarı Otomatik Sistemin Kullanılabilirliğinin Araştırılması” adlı yüksek lisans çalışmasında Büyük Sahra ve Zabol (İran) çöl topraklarının indirgenmiş demir üretme kapasitesi laboratuvar ortamında yapay olarak bulut ortamının sağlanması ve geliştirilen yarı otomatik kullanılmasıyla araştırılmıştır.

Doğan ve diğerlerinin (2010) “In-cloud Alteration of Desert-dust Matrix and its Possible Impact on Health: A Test in Southeastern Anatolia, Turkey” adlı makalede çöl tozlarının bulut içerisindeki geçirdiği değişimler ile çöl tozlarının Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde sağlık üzerindeki etkileri grafiklerle ortaya konulmuştur.

Gasso ve diğerlerinin (2010) “Interactions Between Mineral Dust, Climate, and Ocean Ecosystems” adlı çalışmada çöl tozlarının yapısında bulunan temel elementler, çöl tozu-bulut etkileşimleri ve çöl tozlarının bulut içerisinde geçirdiği aşamalardan sonra okyanuslar üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Karaca ve diğerlerinin (2010) “Sahra Tozunun İstanbul’da Gözlenen Yağış Olaylarının Kimyasal Yapısına Etkileri” adlı makalede İstanbul’da gözlenen yağış olaylarına Sahra çölü üzerinde yükselen yüksek mineral içerikli tozları etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla İstanbul’un kentsel (Davutpaşa) ve yarı kentsel (Büyükçekmece) bölgelerinde ardışık örnekleme yöntemi ile yağış numuneleri (144 örnek) toplanmıştır. Toplanan bu örneklerin kimyasal içeriği anyon (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) ve katyon (Ca, Mg, Al, Na, K, Cu, Zn, Co, Ni, Pb, Cd, Cr, V, As, Hg, Sb ve Se) tayinleri yapılmak sureti ile belirlenmiştir.

Maher ve diğerlerinin (2010) “Global Connections Between Aeolian Dust, Climate and Ocean Biogeochemistry at the Present Day and at the Last Glacial Maximum” adlı makalesinde atmosfere salınan çöl tozlarının buzul dönemlerindeki miktarının buzul sonrası dönemlerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Çöl tozlarının iklim doğrudan ve dolaylı yollarla etkilediği çeşitli deneysel yöntemlerle açıklanmıştır.

Özdemir ve Ertaş (2011)’ın “Çöl Tozu Taşınımının Partikül Madde Konsantrasyonu Üzerine Etkisi: Ankara İli Örneği” adlı makalede çöl tozlarının Ankara ilinin hava kalitesi üzerinde olumsuz etkilerde bulunduğu ve bunun sonucunda sağlık ve ekonomik zararların ortaya çıktığı belirtilmiştir.

Prasad ve diğerlerinin (2011) “Melting of Major Glaciers in Himalayas: Role of Desert Dust and Anthropogenic Aerosols” adlı makalede Himalayalar ve Tibet’te bulunan buzulların 1970’den beri çöl tozları ve antropojenik aerosollerin artmasıyla erimeye başlaması ve geriye çekilmesi ASTER ve LANSAT görüntüleriyle ortaya konulmuştur.

Kallos (2011)’un “The Desert Dust and its Impacts: General Considerations” adlı sempozyum bildirisinde çöl tozlarının iklim üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri, bulut içerisindeki etkileşimleri ve kimyasal bileşimleri incelenmiştir. Ayrıca çöl tozlarının insan sağlığında solunum, kalp-damar hastalıkları ve kansere neden olduğu belirtilmiştir.

Yücekutlu ve diğerlerinin (2011) “Sahra Çöl Toprağının Buğday Çeşitlerinin Gelişimi Üzerine Etkisi” adlı bildiride farklı büyüme ortamlarının ekmeklik buğday ve makarnalık buğdayın bazı çeşitlerinin gövde gelişimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

Gerivani ve diğerlerinin (2011) “The Source of Dust Storm in İran: A Case Study Based On Geological Information and Rainfal Data” adlı makalede Sahra Çölü ve Arabistan Yarımadası çöllerinden İran’a taşınan çöl tozlarının gittikçe etkisini arttırdığı belirtilmektedir. Ayrıca bu durumun pek çok çevresel ve sosyo-ekonomik problemlere neden olduğu ortaya konulmuştur.

Ayrıca D.M.İ. Genel Müdürlüğü tarafından 2009 yılından itibaren toz taşınımıyla ilgili olarak toz tahminleri yapılmaktadır. Bu tahminler Akdeniz Havzası için 3’er günlük (72 saatlik) ve 6’şar saatlik aralarla yapılmaktadır. Toz taşınımının Türkiye’de son yıllarda artması ve birçok alanda etkisinin olmasından dolayı D.M.İ. Genel Müdürlüğü tarafından toz tahminleriyle ilgili taşınım tahmin modelleri geliştirilmesi zorunlu olmuştur.

İKİNCİ BÖLÜM

II. ÇÖL KAYNAKLI TOZLAR VE GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Tozun Tanımı ve Sınıflandırılması

Toz, genel anlamda çapı 1mm'den küçük, hava içinde asılı kalabilen veya zamanla çökelen parçacıklardır. Toz, tane boyutuna göre 3'e ayrılabilir.

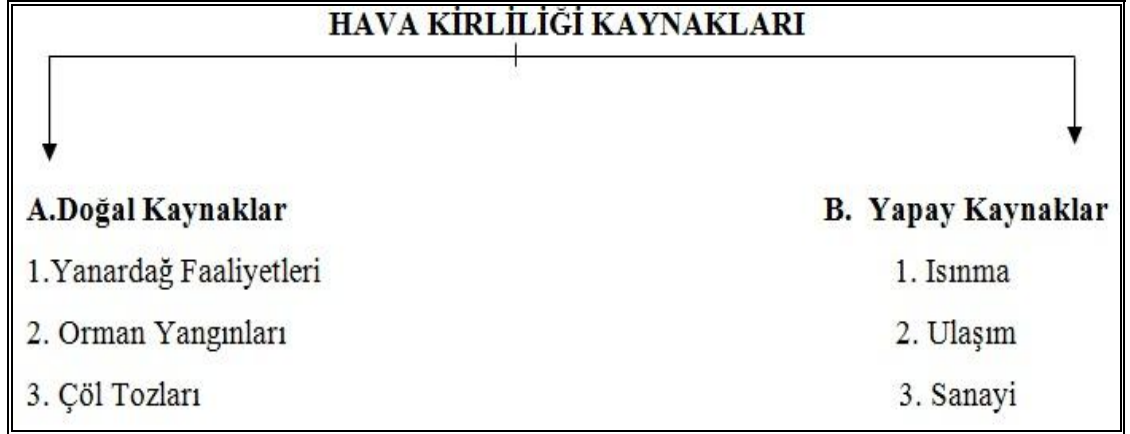
1.Normal Toz: Çapı 10 µm'den büyük olan tozlardır. Durgun havada gittikçe artan bir hızla yere doğru hareket ederler.

2.İnce Toz: Çapı 0,1-10 µm arasında olan tozlardır. Durgun bir havada sabit bir hızla yere doğru hareket ederler.

3.Çok İnce Toz: Çapı 0,1 µm ve daha küçük olan tozlardır. Hava içindeki hareketleri gaz moleküllerinin hareketine benzer. Devamlı hareket halinde olup, yere çökmezler (www.maden.org.tr).

2.2. Hava Kirliliği ve Kaynakları

Hava kirliliği; doğal olaylar, sosyal ve ekonomik etkinlikler sonucu oluşan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol biçimindeki kirleticilerin havanın doğal bileşimi ve yapısını olumsuz yönde etkileyerek, insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunması olayıdır. Hava kirliliği kaynaklarına göre doğal kaynaklar ve yapay kaynaklar olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır (www.havaizleme.gov.tr) (Şekil 4).



Şekil 4: Başlıca Hava Kirliliği Kaynakları (www.havaizleme.gov.tr).

Volkanik patlamalar sonucunda yeryüzüne katı, sıvı ve gaz maddeler yayılmaktadır. Tüm bu yayılan maddelerle beraber volkanik tozlar da atmosfere karışmakta ve volkanik toz bulutları oluşmaktadır. Bu bulutlar küresel anlamda çok yoğun hale geldiklerinde Güneş'ten gelen ışınları tutarak yeryüzünün soğumasına neden

olmaktadır. Uzun bir süre bu toz bulutları atmosferde etkili olursa küresel anlamda bir iklim değişikliğine neden olmaktadır. Ayrıca orman yangınları sonucunda da atmosfere büyük oranda toz karışmaktadır. Bu tozlar da çöl tozları ve volkanik tozlar gibi yeryüzüne gelen Güneş ışınlarını azaltmaktadır. Bu durum da güneşlenme süresinin azalmasına neden olmaktadır. Orman yangınları sonucunda atmosfer yoğun olarak kirlenmekte ve kirlilik kuvvetli rüzgârlarla başka yerlere taşınmaktadır (Şekil 5).



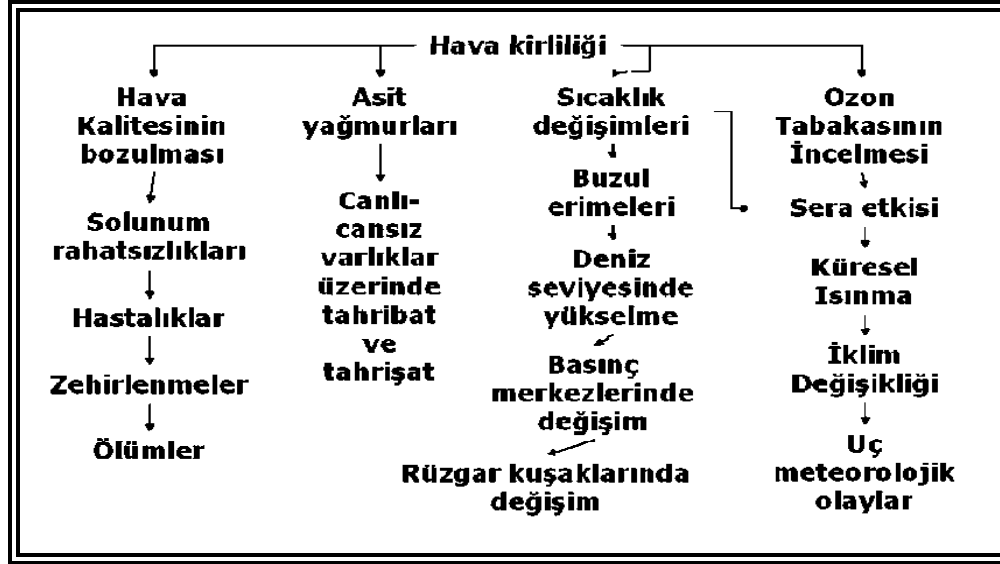
Şekil 5: Güney Kaliforniya’da Meydana Gelen Büyük Orman Yangınları (26 Ekim 2003 MODİS)(Nasa, 2009: 7).

Türkiye’de Mersin’in Gülnar ilçesinde 7 Temmuz 2008’de çıkan yangın sonucunda atmosfere yayılan duman ve toz uzaydan Nasa’nın Terra uydusu tarafından çekilmiştir. Uydu görüntüsünde atmosfere yayılan duman ve toz görülmekte ve kuzeyden esen kuvvetli rüzgârlarla Kıbrıs’a doğru taşınmaktadır (Akoğlu, 2010: 23) (Şekil 6).



Şekil 6: Mersin’in Gülnar İlçesinde 7 Temmuz 2008’de Çıkan Orman Yangını (Akoğlu, 2010: 23).

Hava kirliliği doğal ve beşeri ortam üzerinde birçok problemlere neden olmaktadır. Bunlar hava kalitesinin bozulması, asit yağmurları, küresel ısınma ve ozon tabakasının delinmesidir (Şekil 7).

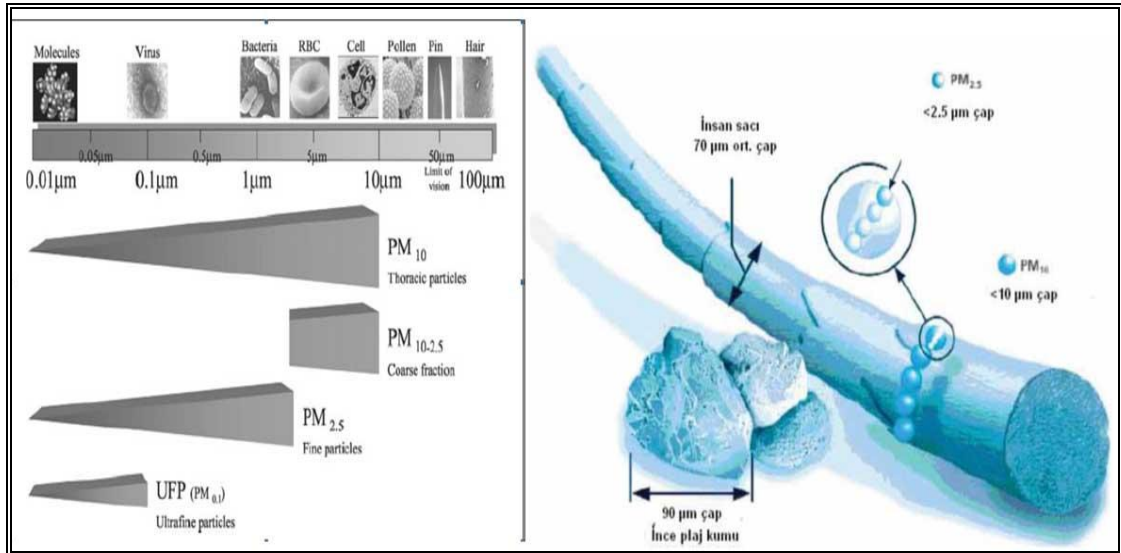


Şekil 7: Hava Kirliliği Sonucunda Ortaya Çıkabilecek Durumlar (Varınca vd., 2008:3).

Hava kirliliğinin birçok zararlı etkisinin, atmosferdeki aerosollerden dolayı olduğu iyi bilinmektedir. Aerosoller (partikül maddeler) atmosfere dağılmış yüzer (askı) halde olan ince katı ve sıvı parçacıklardır. Partikül madde konsantrasyonu genellikle “ μg (mikrogram) / m^3 ”, büyüklüğü “ μm (mikrometre)”, iyonik (pozitif ya da negatif elektron yüklü parçacık) aerosollerin konsantrasyonu ise “ppb” olarak ifade edilmektedir. Bunlar, Güneş’ten gelen sıcaklık enerjisini dağıtarak ve tutarak yeryüzüne ulaşan enerjiyi azaltırlar. Buna aerosollerin doğrudan etkisi denir. Bu etki atmosferde aerosollerin hem yoğunluğu hem de boyutuna bağlı olarak meydana gelir. Aerosollerin dolaylı etkisi havadaki nemin tutulmasını sağlayan çekirdekleri oluşturmasıdır. Bu çekirdekler aynı zamanda suyun tutulmasına yol açarak bulut oluşumunda da etkili olmaktadır (Atalay, 2007: 12).

Aerosoller, atmosferde bulut oluşumu, görüş alanının azalması ve Güneş ışınması transferi gibi birçok olayı etkilerler. Bundan başka bulutların, yağmurun ve sisin asitleşmesinde de çok önemli rol oynarlar. Arerosollerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen parametrelerin başında atmosferdeki dönüşüm, emisyon oranı ve meteorolojik parametreler gelir (Karakaş ve Tuncel, 1995: 1).

Aerosoller (Partikül maddeler), insanı rahatsız eden ama genellikle zehirlemeyen kurum (yanmadan kaynaklanan ince, katı karbon parçacıkları), toz, duman, polen vb. gibi katı parçacıkları içerir. Partikül madde kirliliğine ilişkin başlıca sorunlardan birisi, uçucu parçacık kirliliğinin, parçacıkların boyutuna ve oluşan yağış tutarına bağlı olarak atmosferde bir süre asılı kalmasıdır. Örneğin çapı yaklaşık $10\mu\text{m}$ 'den daha büyük olan iri ve ağır parçacıklar atmosfere salındıktan sonra havada yaklaşık birkaç gün kalır, sonra yere iner. Buna karşın, çapı yaklaşık $1\mu\text{m}$ 'den ($0,001\text{mm}$) küçük ve hafif parçacıklar alt atmosferde haftalarca asılı kalabilir. Çapı $10\mu\text{m}$ 'den ($0,01\text{mm}$) küçük olan ince parçacıklar PM_{10} olarak adlandırılır. Bu boyuttaki parçacıklar akciğerlerin doğal savunma düzeneklerini geçerek içeriye girecek kadar küçük oldukları için önemli bir halk sağlığı tehdidi ve tehlikesi yaratır. Ayrıca, rüzgâr sistemleri, bu küçük parçacıkları yeryüzüne ulaşmadan önce çok uzaklara taşıyabilir. Çapı $2,5\mu\text{m}$ 'den küçük olan ve $\text{PM}_{2,5}$ olarak adlandırılan parçacıklar özellikle daha tehlikeli olarak kabul edilir. Bu parçacıkların akciğerlerin savunma düzeneklerini aşarak akciğerlere girme, bu yüzden de insan sağlığı açısından daha büyük bir risk oluşturma olasılığı daha yüksektir. Özellikle geniş ölçekli cephesel hava sistemlerine bağlı olarak oluşan yağışlar bu parçacıkları havadan uzaklaştırır, yani yeryüzüne inmesine neden olur (Türkeş, 2010: 523) (Şekil 8).



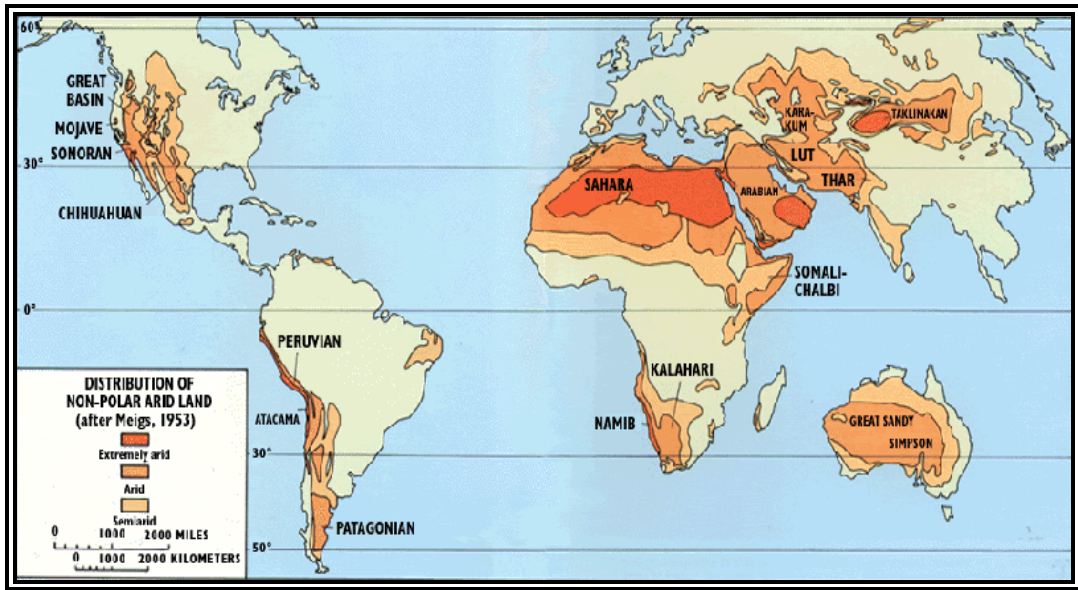
Şekil 8: Partikül Maddelerin Karşılaştırmalı Tane Boyutları (Mccormack, 2011: 5) (Tecer,2011: 21).

2.3. Çöl İklimi

Subtropikal çöl iklimi, üst atmosferde kararlı olan havanın yaklaşık 30° paralellerin bulunduğu yere yığıldığı ve burada oluşan yüksek basınç alanından diverjansa uğradığı

yerlere tekabül etmektedir. Bulutluluğun son derece düşük olduğu çöl alanlarında havanın bağıl nemi ortalama %10-30 arasındadır. Çöllere düşen yağış miktarı, hem son derece düşük hem de düzensizdir. Subtropikal çöller, dünyanın toplam kara sahasının dörtte birinden fazlasını kaplamaktadır. 50° kuzey ve 50° güney paralelleri arasında yer alan çöllerin büyük bölümü 30° kuzey ve güney paralelleri arasında kıtaların batı kesimlerinde Oğlak ve Yengeç dönenceleri üzerinde bulunmaktadır (Atalay, 2010: 316).

Subtropikal çöller düşük bağıl nem ve bulutluluk, düşük frekanslı yağış miktarı, yüksek aylık ve yıllık ortalama sıcaklık, yüksek günlük sıcaklık değişmesi ve şiddetli rüzgârlarla karakterize edilirler (Atalay, 2010: 316). Köppen formülüne göre kurak ve yarı kurak sahalar, karalar üzerinde 39 milyon km²'lik bir sahaya karşılık gelmektedir. Bunun yarısı kurak, diğer yarısı da yarı kurak iklimlere aittir. Asıl çöller karalar yüzeyinin % 17'sine karşılık gelir. Çöller Eski Dünya karalarının ortasında Afrika'da Sahra Çölü ile Atlas Okyanusu kıyısında başlayıp Mısır, Ortadoğu, Orta Asya yönünde vev olarak uzanmaktadır. Bunların dışında diğer çöl alanları Kuzey ve Güney Amerika'nın subtropikal batı kısımları, Afrika'nın güneybatısı ve Avustralya'nın hemen bütün iç ve batı bölgesidir (Erinç, 1960: 12) (Şekil 9).



Şekil 9: Dünya Üzerinde Çöllerin Dağılımı (<http://www.usgs.gov>).

Çöller, genel olarak 3 nedene bağlı olarak oluşmaktadır.

1.Subtropikal Kuşaktaki Yüksek Basınç Koşulları

30° Kuzey ve Güney enlemleri boyunca Genel atmosfer sirkülasyonuna bağlı olarak oluşan dinamik yüksek basınç koşulları sonucunda bu bölgelerde geniş alanları

kaplayan sıcak ve kurak çöllere oluşmuştur. Bu çöllere örnek olarak Büyük Sahra, Kalahari, Arabistan, Atacama ve Sonora ölleri verilebilir.

2. Denizden Uzaklık ve Topoğrafik-Oroğrafik Özellikler (Dışa kapalılık ve hava kütlelerinin sokulamaması)

Şiddetli karasallık ve denize olan uzaklık, topoğrafik şartlar sonucunda denizlerin etkisinin iç kesimlere ulaşamaması neticesinde oluşan kurak öllerdir. Bunlara örnek olarak Gobi, Taklamakan, Karakum ve Kızılum ölleri verilebilir.

3. Tropikal ve Subtropikal Kuşaktaki Soğuk su Akıntıları

Humboldt ve Bengale soğuk su akıntıların G.Afrika ile G. Amerika'nın batısında oluşturdukları öllerdir. Örnek olarak Atacama, Kalahari ölleri verilebilir. Çöl bölgelerinde yıllık yağış 30-40 mm'yi geçmemektedir. Nisbi nem oranı % 5-30 arasındadır (De Martonne'ye göre iklim tasnifi) (Dönmez, 1990: 247).

2.4. Kum Fırtınaları

Literatürde kum fırtınaları ile toz fırtınaları arasında bir karışıklık vardır. Kum fırtınaları, düşük yükseklikte ve sınırlı alanlarda görülürler. Daha çok kum boyutlu materyallerden oluşurlar (Fotoğraf 1). Toz fırtınaları ise daha yükseklerle ulaşırlar ve daha uzun mesafelere kadar taşınırlar. Daha çok silt ve kil boyutlu materyallerden oluşurlar. Toz fırtınaları aynı zamanda görüş mesafesini 1000 m'den daha az bir seviyeye düşürürler (Gouide ve Middleton, 2006: 5). Kum fırtınaları, rüzgâr hızının kum boyutundaki parçacıkları taşımaya yeterli şiddete ulaştığında oluşur. Kumun boyutu ve zeminin ıslaklığı, bitki örtüsüyle kapalılık durumu kumların taşınmasında önemli rol oynar. Orta boyuttaki bir kum tanesi (0,25 mm çapında) nin taşınmasının eşik hızı 5,4 m/sn'dir. Kum taşınması, rüzgar hızının artmasına bağlı olarak artar (Atalay, 2010: 319-320).



Fotoğraf 1 Irak ve Sudan 'da Görülen Kum Fırtınaları.

Subtropikal çöllerde iki çeşit kum fırtınası oluşur. Bunlardan biri yüzeyin ısınmasıyla oluşan türbülanslardır. Böyle türbülanslar, sıcaklığın güneş altındaki yüzeyde 85°C'ye ulaştığında meydana gelir. Bu tip kum fırtınalar, en sıcak aylarda görülür. İkinci tip fırtınalar, düşük basınç dalgalanmasının geçişi sırasında oluşur. Günlük ısınmadan kaynaklanan fırtınalardan daha hızlı esen kum fırtınaları, birkaç gün devam edebilir. Kum fırtınaları muazzam miktarda kumu taşıma gücüne sahiptir. Nüfud Çölü'nde (Suudi Arabistan) fırtınalarla her 1m² lik kumul alanından 80m³ kumun taşındığı tespit edilmiştir (Atalay, 2010: 319-320).

Çöl bölgelerindeki şiddetli kum fırtınaları sonucunda buralardaki çöl tozları büyük rüzgâr sistemleriyle binlerce kilometre uzaklıklara kadar taşınmaktadır. Türkiye'de ve diğer yerlerde görülen çöl tozları, çöl bölgeleri ile kurak alanlardaki kum fırtınaları sonucunda taşınmaktadır (Fotoğraf 2).



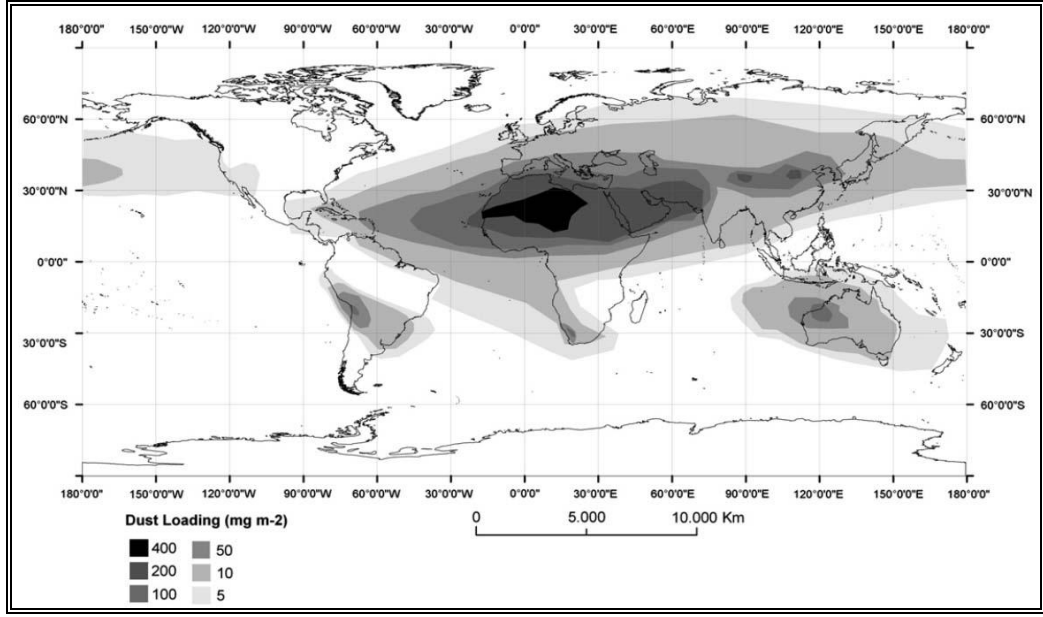
Fotoğraf 2 Aksaray (Türkiye) ve Teksas (ABD)'da Kum Fırtınaları.

2.5. Çöl Kökenli Tozlar ve Kaynak Bölgeleri

Dünyadaki ller, çöl tozlarının kaynaklarını oluşturmaktadır. Özellikle subtropikal çöller en önemli çöl tozu kaynaklarıdır. Çöl tozlarının kaynaklarını oluşturan çöller, yerkürede özellikle karaların daha çok bulunduğu kuzey yarıkürede toplanmıştır. Sahra l, bilinen en büyük çöl tozu kaynağı olmakla beraber, Gobi, Taklamakan, Meksika lleri gibi diğer bazı büyük kaynaklar da kuzey yarımkürede etkili olmaktadır. Büyüklük açısından diğerlerine göre çok küçük olan İran'ın Zabol ve Afganistan'ın Farah bölgesi tozları dahi evre bölgeleri üzerinde etkili olabilmektedir. Güney yarımkürede ise en belirgin toz kaynağı Avustralya, Namibya ve Patagonya lleri'dir. Avustralya kıtasından veya Namibya lleri'nden toz taşınım olayı kabul edilebilir bir olgu olmasına rağmen Patagonya l'nn güney yarımküreye toz taşıyabileceği pek akla gelir bir olgu değildir. Ancak çok yakın zamanlarda alınan uydu görüntülerinde bu bölgenin de toz kaynağı olduğu ve doğal olarak da bu tozların özellikle güney yarımküredeki denizleri etkilediği bilinmektedir (Ezzati, 2009: 120).

Arabistan Yarımadası'ndaki çöller ile İran lleri, Anadolu'ya belli dönemlerde çöl tozu taşımakta ve Anadolu'yu önemli lde etkilemektedir.

Akdeniz Havzası ve Türkiye'ye en fazla çöl tozu Sahra l'nden gelmektedir. Bu olayda Sahra l'nn Akdeniz'e komşu olmasıyla beraber Batı Rzgrlarının esiş güzergâhında bulunması etkilidir. Türkiye'ye en fazla çöl tozu Kuzey Afrika ve Suudi Arabistan üzerinden gelmekte olup, buraların ortalama yıllık aerosol değerleri evre bölgelere göre oldukça yüksektir (şekil 10). Sahra l'nn kaynak tahmini 130 ile 760 Tg yr⁻¹ (1Tg= 1Teragram= 1milyon ton) aralığındadır. Son bir alışma Sahra'nın yıllık toz tahminini yaklaşık 1600 Tg yr⁻¹ olarak sunmaktadır. Ortalama olarak küresel toz emisyonu tahmini 1000 ile 3000 Tg yr⁻¹ aralığındadır (Houghton vd., 2001: 3). Akdeniz'e çökelen çöl tozlarının kaynaklarını belirlemek amacıyla Martin ve arkadaşları (1989) tarafından EROS-2000 projesi yapılmıştır. EROS-2000 projesi kapsamında Kuzeybatı Akdeniz'de 5 yıllık bir zaman diliminde gerçekleştirilen araştırma sonucunda atmosferden denize çökelen materyalin %90'ının Sahra l'nden kaynaklanan mineral toz olduğu bulunmuştur (zsoy, 1999: 18).



Şekil 10: Yeryüzünde Çöl Tozlarının Coğrafi Dağılışı (Longueville vd., 2010: 3).

Bugün dünyada en önemli doğal mineral çöl tozu kaynakları, Kuzey Afrika’da Sahra-Sahel Bölgesi ve Orta Asya’da Gobi-Taklamakan bölgeleridir (Harrison vd., 2001: 45). Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak yapılan global ölçekteki çalışmalar, en aktif toz kaynak bölgelerinin özellikle kumlu alanların ve taşkın ovalarındaki nehirlerin birbirine karıştığı kara drenaj havzalarının en düşük zonlarında olduğunu göstermektedir. Bir alanda çöl tozlarının yoğun şekilde oluşabilmesi için o yerin kurak bir iklime sahip olması, flüvyal süreçlerin yoğun olduğu bir yerde bulunması ve güçlü topoğrafik röliefte sahip ve çoğunlukla plüvyal dönemler boyunca depolanan derin kuaterner alüvyon depolarına sahip olması gerekmektedir (Engelbrecht ve Derbyshire, 2010: 241).

Global ölçekte Kuzey Yarımküre’de bulunan en geniş ve en yoğun toz kaynakları Kuzey Afrika’nın batı sahilleri, Orta Asya ve Ortadoğu’da bir kuşak halinde uzanmaktadır (Tablo 1).

Güney Yarımküredeki kaynaklar daha az öneme sahiptir ama toz çıkışları ve depolanmaları son yıllarda Avustralya’da yoğunlaşmıştır. Dünya atmosferine her yıl en azından 1 milyar ton toz katkıda bulunan Kuzey Afrika, dünyanın en geniş mineral çöl tozu kaynağı olarak düşünülür. Bu muazzam toz miktarı bu bölgedeki arazinin şekillenmesinde deflasyon ve abrazyonun anahtar bir rol oynadığını göstermektedir. Kuzey Afrika’nın iki önemli çöl tozu kaynağından biri, dünyanın en yoğun toz kaynağı olan Bodele Depresyonu, diğeri ise Doğu Moritanya, Batı Mali ve Güney Cezayir’i

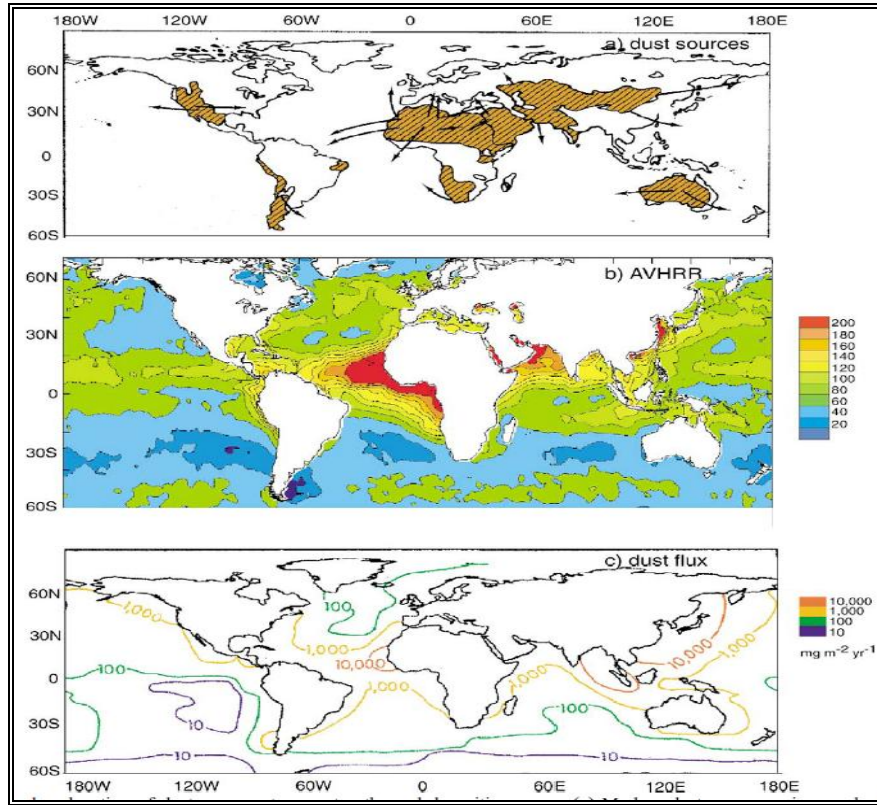
içeren Batı Sahra'dır. Bu bölgeler için toz üretmede doğal faktörler, antropojenik faktörlerden daha fazla öneme sahiptir (Laity, 2008: 236).

Tablo 1 Dünya Geneline Çöl Tozlarının Bölgelere Göre Dağılışı

Bölgeler	Katkı Oranı	Bölgeler	Katkı Oranı
Kuzey Afrika	% 58	Avustralya	% 6
Arabistan Yarımadası	% 12	Güney Afrika	% 3
Doğu Çin	% 8	Güney Amerika	% 2
Orta Çin	% 7	Birleşik Arap Emirlikleri	% 0,1

(Kaynak: Engelbrecht ve Derbyshire, 2010: 241).

Yeryüzünde çöl tozları kaynak bölgeleri Afrika, Asya ve Ortadoğu, Amerika ve Avustralya bölgeleri olarak sınıflandırılabilir (Şekil 11).



Şekil 11: Çöl Tozlarının Taşınım Yolları ve Depolanma Zonları (a. Çöl tozu kaynak bölgeleri, b. Yüksek atmosferde konsantrasyon bölgeleri, c. Okyanuslara toz taşınimleri (Harrison vd., 2001: 45).

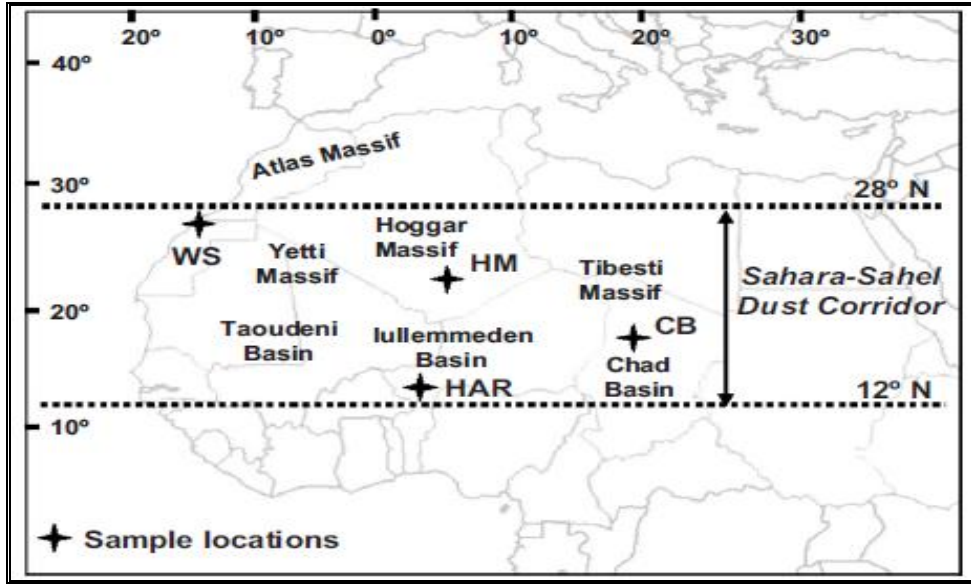
2.5.1. Afrika Bölgesi

Dünyanın en geniş aşırı kurak bölgesi, Afrika'da (% 69) bulunmaktadır. Afrika, dünyanın kurak alanlarının üçte birini barındırmaktadır. Afrika'da çöllere, kuzeyde

(Sahra ölü, Somali-Chalbi ölü) ve güneyde(Karoo ölü, Kalahari ölü, Namib ölü ve Madagaskar ölü) toplanmıştır (Laity, 2008: 14).

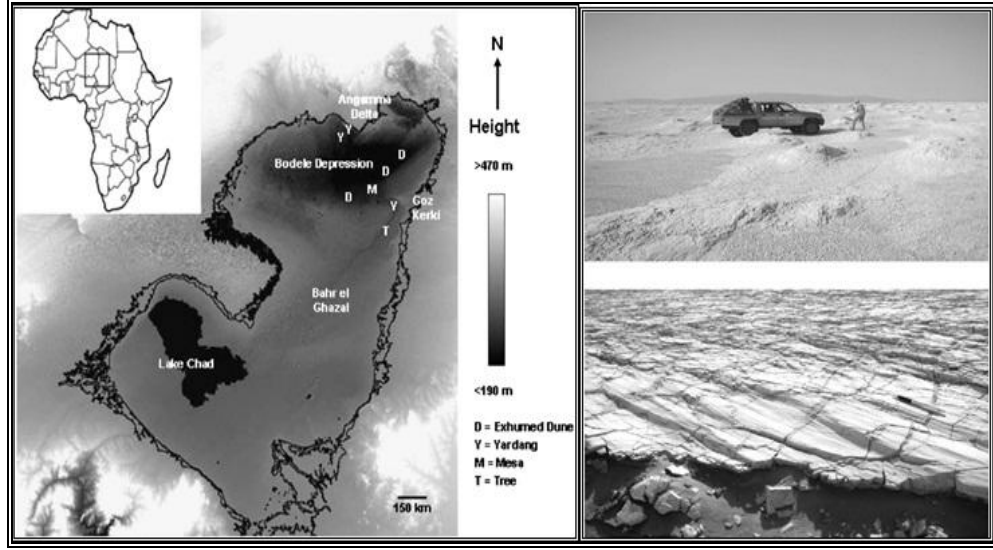
2.5.1.1.Sahra ölü (Sahra-Sahel Toz Koridoru)

Sahra-Sahel toz koridoru, dünyanın en önemli çöl tozu kaynağıdır ve ad'tan Moritanya'ya kadar doğu-batı yönünde 4000 km uzanmaktadır (Şekil 12). Sahra-Sahel toz koridorundan kaynaklanan çöl tozları Afrika kıtasından Atlantik'e kadar taşınmakta ve bir hafta boyunca varlığını devam ettirmektedir (Castillo vd., 2006:1035). Sahra ölü, Bodele Depresyonu, Batı Sahra, Atlas Dağları'nını güneyi ve Libya-Sudan-Mısır bölgesi olmak üzere 4 bölgeye ayrılmaktadır.



Şekil 12: Sahra-Sahel Toz Koridoru (Castillo vd., 2008:1035).

Bodele Depresyonu, sadece Sahra'da değil aynı zamanda dünyadaki en önemli toz emisyon kaynağı olarak düşünülmektedir. ad Gölü'nde Holosen ve Pleyistosen'in ilk zamanlarına ait olan Diatomite depolarının bölgesel olarak geniş yer kapladığı ortaya konulmaktadır (Şekil 13). Diatomite (Tek hücreli deniz algleri) çok yumuşak bir maddedir. Aşındırıldığında toz üretmekte ve kolaylıkla birikim alanlarına taşınabilmektedir (Goudie ve Middleton, 2006: 14).



Şekil 13: Bodele Depresyonu'nda Bulunan Diatomite Depoları (Bristow vd., 2009: 51-52).

TOMS verileri (Total Ozone Mapping Spectrometer-Nasa) (Tablo 2) Bodele Depresyonu'nun sadece Sahra bölgesinde değil aynı zamanda dünyanın en yoğun çöl tozu kaynağı olduğunu doğrulamaktadır. TOMS verileri Batı Sahra'da (24'ü aşan değeriyle) daha az yoğunluklu ama geniş bir bölgenin varlığını da göstermektedir. Bu alan Moritanya'nın Atlantik kıyıları boyunca uzanır. Nispeten yüksek aerosol değerleri aynı zamanda Libya içleride de gözlenir (Goudie ve Middleton, 2006: 84-85).

Tablo 2 TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer-Nasa) Tarafından Belirlenen Global öl Tozu Kaynaklarının Maksimum Aerosol İndeksi Ortalama Değerleri

Yer	Aerosol İndeksi	Ort.Yıl.Yağ (mm)
Bodele Depresyonu	>30	17
Batı Sahra'da Mali ve Moritanya	>24	5-100
Arabistan	>21	< 100
Doğu Sahra (Libya)	>15	22
Güneybatı Asya	>12	98
Taklamakan/Tarım Havz.	>11	<25
Namibia	>11	435-530
Eyre Gölü Havzası (Avust.)	>11	150-200
Mkgadikgadi Havzası (Bostvana)	>8	460
Salar de Uyuni (Bolivya)	>7	178

(Kaynak: Goudie ve Middleton, 2006: 84).

Batı Sahra (Moritanya) toz kaynak bölgesi, birincisine göre daha az yoğunluktadır. Afrika'nın batı kaynak bölgesinde tozların önemi bu bölgeyle ilgili yayınların çok az olmasından dolayı tam olarak anlaşılamamaktadır. Bölgedeki toz çıkışı Çad bölgesinden çok daha geniştir ve yaklaşık 900 km uzunluğunda geniş bir kapalı depresyonu temsil eder. Taşınabilir tozlar eski nehir yatakları ya da kurak Holosen göl yataklarındaki küçücük materyal depolarıdır (Engelstaedter vd., 2006:5).

Atlas Dağları'nın güneyinde toz çıkışı genellikle haziran ve ağustos aylarında meydana gelmektedir.

Libya, Mısır ve Sudan Bölgesi, toz taşınım alanları geçici göller, vadiler, topoğrafik depresyonlar ve drenaj sistemleridir. Genellikle Kuzey Afrika'daki tüm doğal toz kaynakları yılda 200 mm'den daha az yağış alan 15° Kuzey enleminde bulunur. Çoğu kaynaklar birikinti yelpazeleri ya da kumsallar, drenaj sistemleri, vadiler, kurak ya da geçici sel gölleri gibi flüvyal depolarla bağlantılıdır (Engelstaedter vd, 2006: 6).

2.5.1.2. Somali-Chalbi Çölü

Somali-Chalbi Çölü, Sahra Çölü'nden, yüksekliği 4000 m aşan Etiyopya Platosu ile ayrılmaktadır. Ekvatora yakın bir eşsiz sahil çölüdür (Laity, 2008: 18) (Şekil 14)



Şekil 14: Somali-Chalbi Çölü (Laity, 2008: 20).

2.5.1.3. Güney Afrika Çölleri (Karoo, Kalahari ve Namib Çölleri)

Güney Afrika Çölleri, Zambezi Nehri'nin güneyindeki batı ve orta bölgeler boyunca geniş yer kaplamaktadır. Namib Çölü, Güney Afrika'nın Atlantik sahilleri boyunca 80-150 km genişliğinde ve 2000 km uzunluğundadır. Karoo Çölü, Güney Afrika'nın batısında bulunur ve Kalahari ve Namib çölleriyle komşudur (Laity, 2008: 22) (Şekil 15).



Şekil 15: Güney Afrika'da Bulunan Çöller (Laity, 2008: 21).

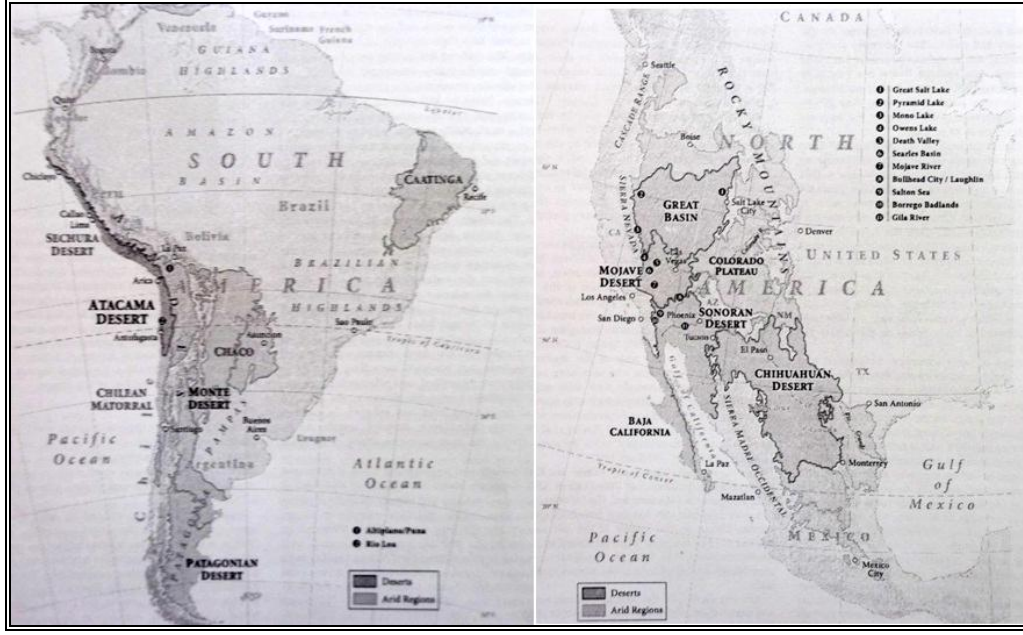
2.5.2. Asya Bölgesi

Asya Kıtası'nda Arap Yarımadası, global olarak toz aktivitelerinin yoğun olduğu önemli bir bölgedir. Toz fırtınaları çoğunlukla ilkbahar ve yaz aylarında yoğunur. Arap Yarımadası'ndan kaynaklanan çöl tozları Hint Okyanusu'na kadar taşınır. Kuzey Çin, dünyanın ikinci en geniş çöl tozları kaynak bölgesidir. Toz fırtınaları Hexi Koridoru, Moğolistan Platosu'nun içbatısı, Taklamakan Çölü ve Moğolistan Platosu'nun orta kısımlarında yoğunlaşmıştır. Asya'dan Orta Pasifik'e ilkbaharda aşırı şekilde çöl tozu taşınımı vardır (Laity, 2008: 236) . Asya'da bulunan en önemli çöller, Arabistan Yarımadası Çölleri, İran Çölleri, Taklamakan, Karakum, Thar Çölü ve Gobi çölleridir (Şekil 14).

2.5.3. Amerika Bölgesi

Amerika Kıtası'nda bulunan çöller güneyde (Atakama, Mojave, Patagonya, Peru-Şili, Sechura çölleri) ve kuzeyde (Chihuahuan, Sonoran, Mojave ve Büyük Havza çölleri) toplanmıştır (Laity, 2008: 40) (Şekil 16).

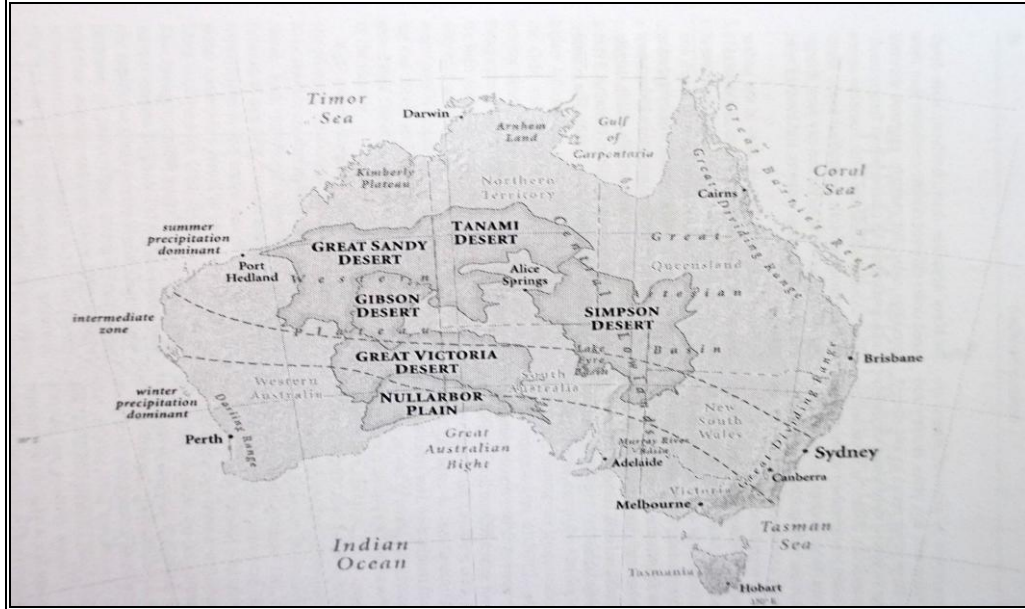
Kuzey Amerika'da maksimum toz, ilkbahar ve yaz aylarında olur. En önemli kaynak bölgesi Texas ve Oklahoma çevresindedir (Laity, 2008:236).



Şekil 16: Amerika Kıtası'nda Bulunan Çöller (Laity, 2008: 38).

2.5.4. Avustralya Bölgesi

Avustralya Kıtası'ndaki çöller, Büyük Kum Çölü, Gibson Çölü, Simpson Çölü, Tanami Çölü ve Büyük Viktorya Çölü'dür (Şekil 17).



Şekil 17: Avustralya Kıtası'nda Bulunan Çöller (Laity, 2008: 44).

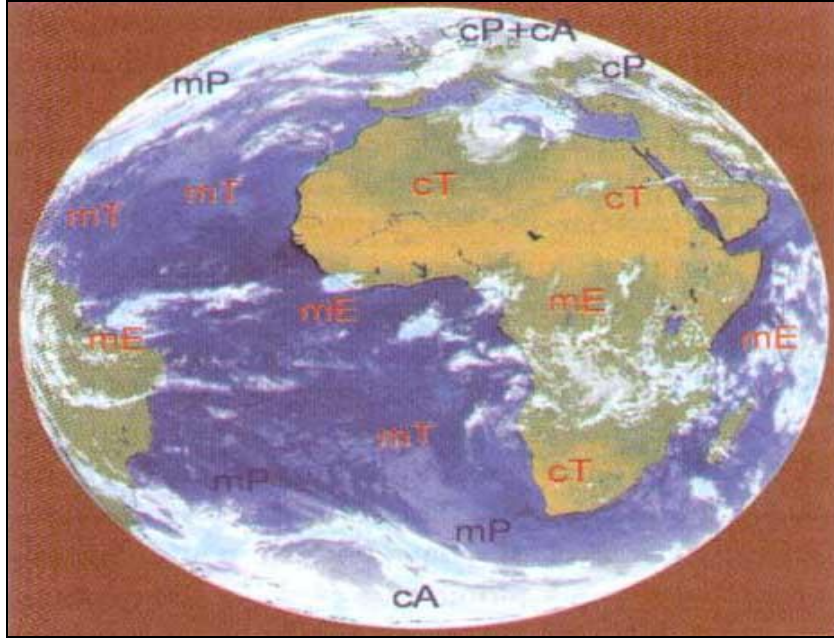
Avustralya'daki toz depoları güneydeki batı rüzgarları ve kuzeydeki doğu alizelerinden kaynaklanır (Laity, 2008: 236).

2.6. Çöl Tozlarının Taşınımında Etkili Olan Faktörler

Kuzey Afrika ve Arabistan Yarımadası üzerinden Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne çöl tozlarının nasıl taşındığını anlayabilmek için öncelikle Türkiye'nin iklimi üzerinde etkili olan planetar faktörleri açıklamak gerekmektedir. Planetar faktörler, Dünya'nın şekli ve hareketlerine bağlı olarak oluşan Genel Atmosfer Dolaşımı'nın sonucunda meydana gelmektedirler. Planetar faktörler, bir yerde makro klima tiplerinin oluşmasına neden olurlar. Bu faktörler, hava kütleleri, cepheler, Orta enlem siklonları ve rüzgarlardır.

2.6.1. Hava Kütleleri

Hava kütlesi, yerkürenin geniş kara ve deniz yüzeyleri üzerinde hareket eden özellikle sıcaklık ve nem gibi fiziksel özellikleri açısından yatay yönde ve farklı yükseklik düzeylerinde görece türdeş olan geniş hava bölümü olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2010: 401) (Şekil 18). Bir hava kütesinin oluşması için havanın sıcaklık ve nem bakımından yeknesak olan geniş bir saha üzerinde yeterli derecede uzun bir zaman sakin halde durması gerekir (Erinç, 1996: 155).



Şekil 18: Yeryüzünde Başlıca Hava Kütlelerinin Küresel Kızılötesi Uydu Görüntüsü Üzerinde Gösterimi (Türkeş, 2010: 405).

Hava kütleleri, geniş alanları kaplayan ve yatay yönde türdeş olan hava kütlelerinin gelişmesine elverişli koşulların bulunduğu yerlerde özellikle de sübsidans, diverjans ve görece sakin hava hareketinin egemen olduğu yüksek basınç alanlarında

oluşur. İdeal bir hava kütesinin doğuş bölgesi iki ana özelliğe sahip olmalıdır. Birincisi fiziksel olarak türdeş özelliklere sahip geniş bir yüzey, ikincisi havanın üzerinde bulunduğu yüzeyin sıcaklık ve nem özellikleri kazanıncaya kadar orada kalmasını sağlayacak nitelikte durgun bir atmosfer dolaşımı. Hava kütesinin kalınlığı, doğuş bölgesindeki kalış süresinin uzunluğuna ve hava ile altındaki yüzey arasındaki sıcaklık farkının büyüklüğüne bağlıdır. Bir hava kütlesi, üzerinde hareket ettiği yüzeyin etkilerine, aldığı ısı enerjisine ve nem tutarına ek olarak içerisindeki katmanların yükselmesi ve alçalması ile de büyük ölçüde değişir (Türkeş, 2010: 402-404).

Türkiye üzerindeki yere yakın egemen hava akımları, kış aylarında Doğu Avrupa'ya kadar geniş alanlı Sibiryas antisiklonu ve polar cephe siklonları ile Akdeniz siklonlarınca denetlenir. Bu durum yazın birçok açıdan farklılık gösterir. Azor antisiklonu etki alanını kuzeye ve doğuya doğru genişletir. Güney ve güneybatı Asya üzerine yerleşen Muson alçak basıncı kışın Orta Asya'da etkili olan Sibiryas antisiklonunun yerini alır (Türkeş, 2010: 413) (Tablo 3).

Tablo 3 Türkiye'yi Etkileyen Hava Kütleleri

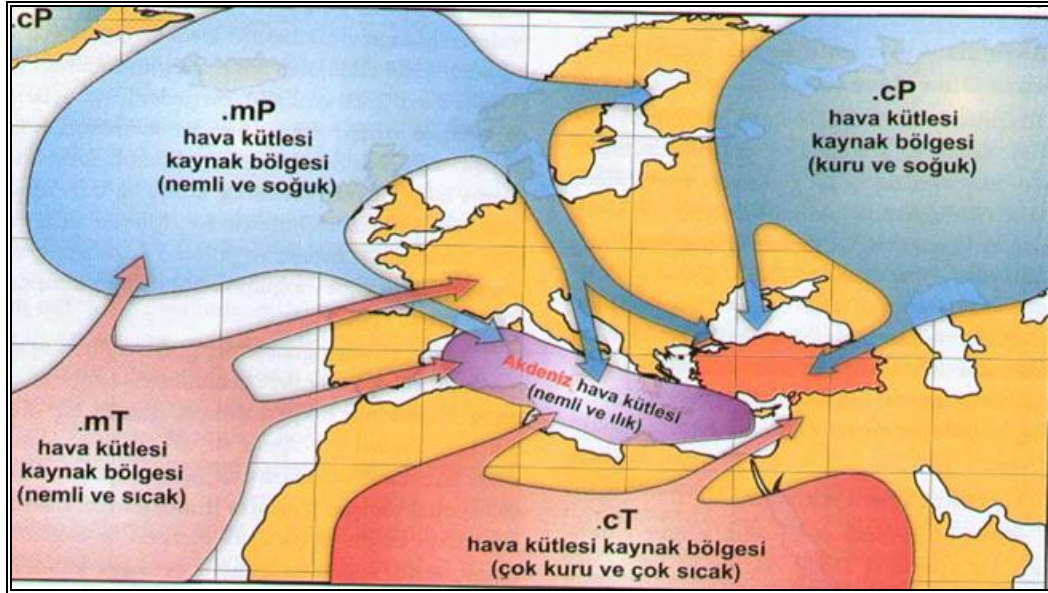
Hava Kütleleri	Kaynaklandığı Yer	Etkili Olduğu Mevsim
cPk	Sibiryas, Rusya, İskandinavya	Soğuk mevsimde
cPw	Güney Rusya ve Balkanlar	Nispeten sıcak mevsimde
mPk	Kuzey Atlantik	Yıl boyunca
mPw	Kuzey Atlantik	Soğuk mevsimde
mTw	Subtropikal denizler (Akdeniz ve Azor)	Yıl boyunca
cTw	Subtropikal bölgelerdeki karalar (Kuzey Afrika, Güney Balkanlar, Ortadoğu)	Yıl boyunca

(*Kaynak: Erinç, 1996: 164*).

Kışın etkili olan hava kütleleri, Atlantik kaynaklı mPk hava, İzlanda'nın güneyindeki bölgeden başlayarak Batı Avrupa üzerinden geçer ve batı-kuzeybatılı hava akımlarıyla Karadeniz havzasına ve Anadolu'ya ulaşır. Kontinental polar (cP) hava kütlesi, Doğu Avrupa düzlük ve platoları üzerinden kuzey ve kuzeydoğulu akımlarla gelir. Akdeniz hava kütlesi (Med) temel olarak polar kaynaklıdır. Ancak Akdeniz Havzası'nda yeni nitelikler kazanacak kadar uzun bir süre kaldığı için bazı yayınlarda ayrı bir hava kütlesi gibi kabul edilmiştir. Akdeniz hava kütesinin en önemli özelliği, uğradığı termodinamik modifikasyonlar sonunda sıcaklığının yükselmesi, nem

içeriğinin artması ve Akdeniz üzerinde uzun süre kaldığında kararsız kalmasıdır (Türkeş, 2010: 414)

Kış mevsiminde mT hava kütesinin Akdeniz Havzası'nın her yanını kaplaması pek yaygın bir durum değildir. Kontinental tropikal hava kütlesi (cT) Akdeniz'in asıl etki alanının dışında kalan Kuzey Afrika ve Büyük Sahra çöllerinden kaynaklanır. Kış mevsiminde cT hava Akdeniz üzerinde ender olarak uzun yol kat eder. Soğuk bir devreden sonra Akdeniz üzerinde kuzeye doğru yavaşça ilerleyerek alt katmanlarında nem toplayan cT hava, orta ve doğu Akdeniz'de etkin bir sıcak cephe oluşumu sağlayabilir. Bazen bu cepheler boyunca bereketli yağışlar ve gök gürültülü fırtınalar oluşur (Türkeş, 2010: 414) (Şekil 19).

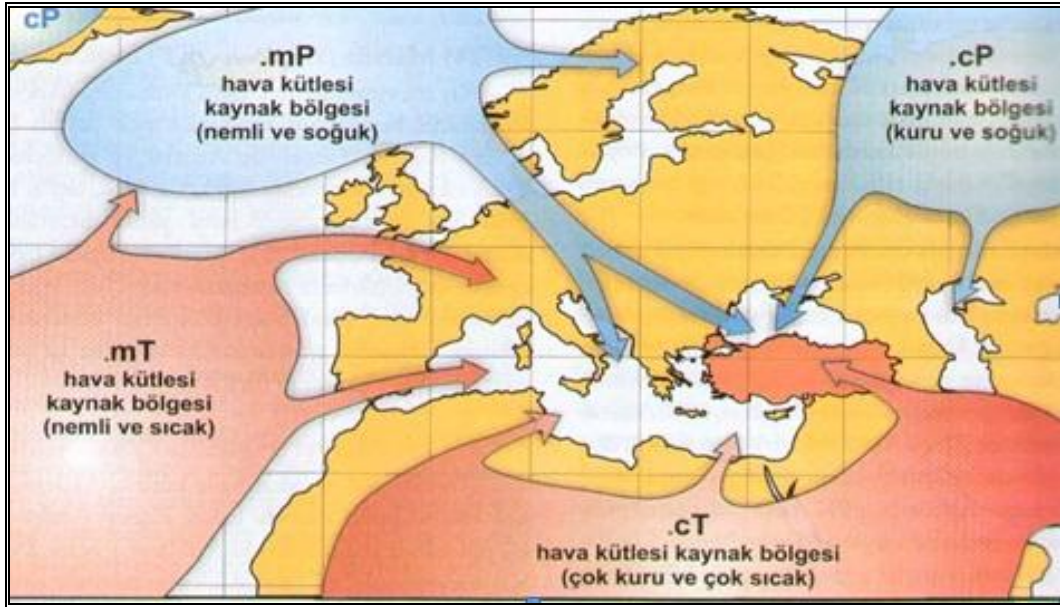


Şekil 19: Kışın Türkiye’de Etkili Olan Hava Kütleleri (Türkeş, 2010: 414).

Yazın etkili olan hava kütleleri, Maritim polar (mP) hava kütleleri genellikle Kuzey Denizi-İskandinavya-Baltık üzerinden kaynaklanarak, çok geniş alçak araziler üzerinden geçer ve Karadeniz’e ulaşır. Doğu Avrupa doğuşlu cP hava Karadeniz Havzası’na ve Türkiye’ye kuzey-kuzeydoğu yönünden yaklaşır. Azorlar antisiklonunun kuzey ve doğuya doğru yayılması, kuvvetlenmesi ve polar cephenin kuzeye çekilmesi, mT havanın Atlantik’ten Karadeniz’e ve Türkiye’ye batılı ve kuzeybatılı akımlarla ulaşmasını sağlar. Yazın, kontinental tropikal hava kütleleri (cT) Güney Asya üzerine yerleşen Muson alçak basıncının siklonik dolaşımının denetiminde Asya anakarasından doğulu ve güneydoğulu akımların yardımıyla Ortadoğuya ve Anadolu’ya ulaşır (Türkeş, 2010: 413-416).

Türkiye'ye kuzeybatıdan gelen hava akımı, Anadolu üzerinde biri kuzeyde Karadeniz, diğeri güneyde Akdeniz olmak üzere iki kola ayrılır. Ege kıyıları boyunca yazın Batı Anadolu kıyıların takip ederek güneye doğru esen Eteziyen denilen rüzgâr, Anadolu'nun batı kıyılarının nispeten serinlemesine yol açar. Karadeniz kıyıları boyunca yönelen hava akımları burada orografik-siklonik yağışlara neden olur.

Yaz mevsiminde Karadeniz üzerinde nemli ve serin ortamda oluşan yüksek basınç alanından sıcak olan Anadolu kara kütlesi üzerindeki alçak basınç sahasına doğru sürekli bir hava akımı görülür. Anadolu'nun güney kıyılarında güneybatıdan kuzeydoğuya doğru esen ayrı bir hava akımı kendini gösterir. Bu hava akımına bağlı olarak Nur Dağları'nın batısı, Çukurova'yı çevreleyen Torosların yüksek kesimleri ve Antalya Körfezi'nin kuzeybatıya bakan yamaçları boyunca yerel orografik yağışlar oluşur (Şekil 20) (Atalay, 2010: 408).



Şekil 20: Yazın Türkiye'de Etkili Olan Hava Kütleleri (Türkes, 2010: 416).

2.6.2. Cepheleler

Cephe, özellikle farklı sıcaklık ve nem özelliklerine sahip olmaları nedeniyle yoğunlukları farklı iki hava kütlesi arasında beliren karşılaşma ya da süreksizlik yüzeyidir. Bir cephenin hareketi, cephenin soğuk yanındaki havanın hareketi ile yönlendirilir. Genel olarak, bir cephenin çevresindeki basınç dağılışı hava kütlelerinden birisinin (çoğunlukla siklonun batı bölümündeki soğuk havanın) ötekinden daha hızlı hareket etmesine elverişlidir. Soğuk hava yaklaştığında oluşan cephe “soğuk cephe”, soğuk hava geri çekildiğinde oluşan cephe “sıcak cephe” ve genellikle ilerleme ya da

geri çekilme göstermeyen soğuk hava ise “durular cephe” adını alır. Oklüzyon cephe ise cephe çeşitlerinden biri başka bir (soğuk ya da sıcak) cephe tarafından kaldırıldığında oluşur (Türkeş, 2010: 420). Cephe sistemleri dünyadaki basınç kuşaklarına bağlı olarak gelişme ve etkinlik gösterir. Genel olarak alçak ve yüksek basınç kuşakları arasında birer cephe sistemi bulunur.

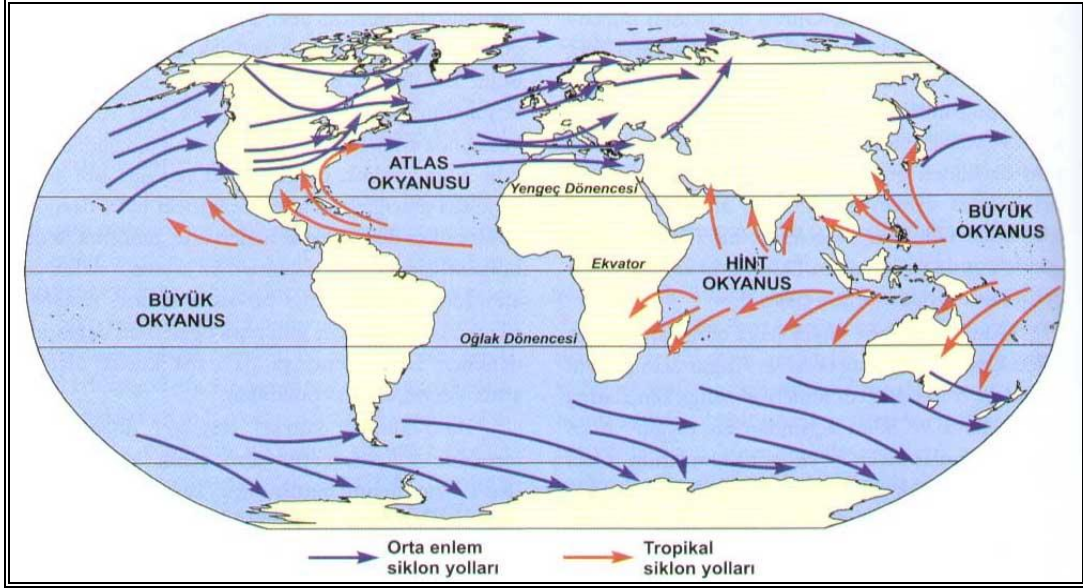
Arktik ve Antartik cepheler, Kuzey Yarımküre’de, kutuplar çevresindeki arktik hava kütlesiyle polar hava kütlelerinin karşılaştığı cepheye **arktik cephe**, Güney Yarımküre’de Antartika buzul kıtası üzerindeki antartik hava kütlesiyle polar hava kütlelerinin karşılaştığı cepheye de **antartik cephe** denir. **Polar cephe**, her iki yarımkürede polar hava ile subtropikal yüksek basınç merkezlerinden gelen tropikal havanın karşılaşmasıyla oluşur. Polar cephe, orta kuşakta yaz ve kış mevsimlerinde göre yağışların oluşumu ve dağılışını kontrol eder.

Tropiklerarası kavuşma kuşağı (ITCZ), Ekvatorial alçak basınç oluğu ya da tropikler arası birleşme kuşağı genellikle ekvator boyunca ve yakınında uzanan sığ bir alçak basınç kuşağıdır. Bu kuşak, mevsimlik sıcaklık değişmelerin çok az olduğu okyanuslar üzerinde oldukça karardır. Ancak kara kütleleri üzerindeki yer değiştirmesi çok farklıdır. Yaz mevsiminde karasal kütleler üzerinde 30° kuzey paraleline, Çin’de ise 40° kuzey paraleline kadar ilerler (Atalay, 2010: 117). Bu kuşak subtropikal antisiklon merkezlerinden ekvatora doğru yönelen alize rüzgârlarının kavuşma hattına tekabül eder. Alçak basınç merkezi olan bu kuşak aynı zamanda konveksiyonel hareketlerin ve buna bağlı olarak konveksiyonel yağışların oluştuğu kavuşma kuşağıdır. Bu kuşak, kışın ekvatorun güneyine, yazın ise ekvatorun kuzeyine doğru kayar (Atalay, 2010: 186).

Orta enlem siklonları (Tropiklerdışı Siklon, Gezici Depresyon, Dalga Siklonu, Cephesel Alçak Basınç), fiziksel özellikleri farklı hava kütlelerinin karşılaşma kuşaklarında oluşan, başka bir deyişle cephelerle birlikte gelişen, rüzgar akışlarının siklonik olduğu batı rüzgarları kuşağında daha belirgin olmak koşuluyla batıdan doğuya doğru hareket eden geniş ölçekli dinamik oluşumlu alçak basınç sistemleridir (Türkeş, 2010: 443)

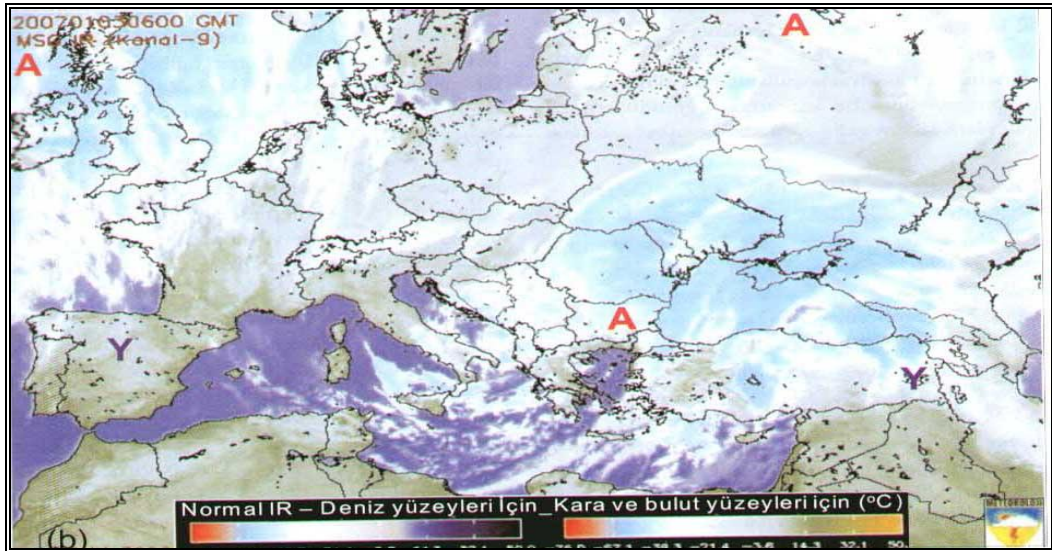
Orta enlem siklonları çoğunlukla hava kütlelerinin yaklaşık 35-70 enlemleri arasındaki yaklaşma ve çarpışma bölgeleriyle bağlantılıdır. Bu siklonlar, ağırlıklı olarak küresel atmosfer dolaşımının yüksek batı rüzgârları ve jet akımları kuşağındaki egemen akışlara uygun olarak genel olarak batı-doğu doğrultusunda bir yol izler. Gelişmiş ya da

olgun tipik bir orta enlem siklonunun çapı, 1600 km ve daha fazla olabilir. Orta enlem siklonları yüksek atmosfer batı rüzgarları kuşağındaki jet akımları ve Rossby dalgaları tarafından denetlendikleri ve taşındıkları için genel olarak batı-doğu doğrultusunda saatin tersi yönünde hareket ederler (Türkeş, 2010: 443) (Şekil 21) .



Şekil 21: Orta Enlem ve Tropikal Siklonların İzlediği Yolların Yerkürede Dağılışı (Türkeş, 2010: 432).

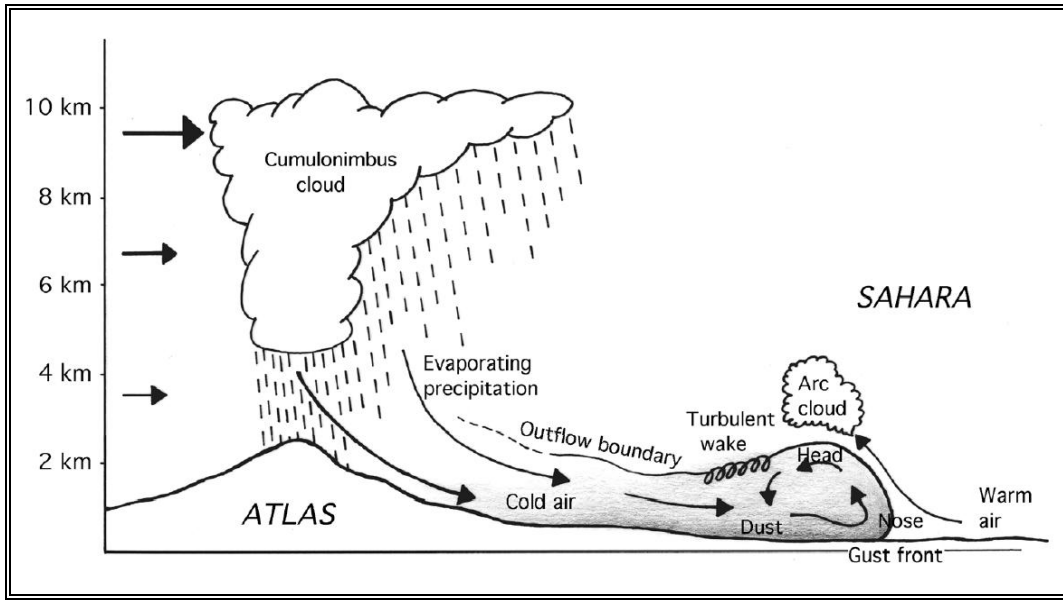
Karakteristik bir orta enlem siklonu, 3-6 gün içinde başlangıcından olgunluğa ulaşır ve yaklaşık olarak olgunluktan ortadan kalkıncaya kadar aynı uzunlukta bir zamanın geçmesi gerekir (Türkeş, 2010: 443) (Şekil 22).



Şekil 22: Avrupa ve Akdeniz havzası Üzerinde Görülen Gezici Orta Enlem Siklon ve Antisiklonların Konumu ve Oluşturduğu Hava Koşulları (Türkeş, 2010: 419).

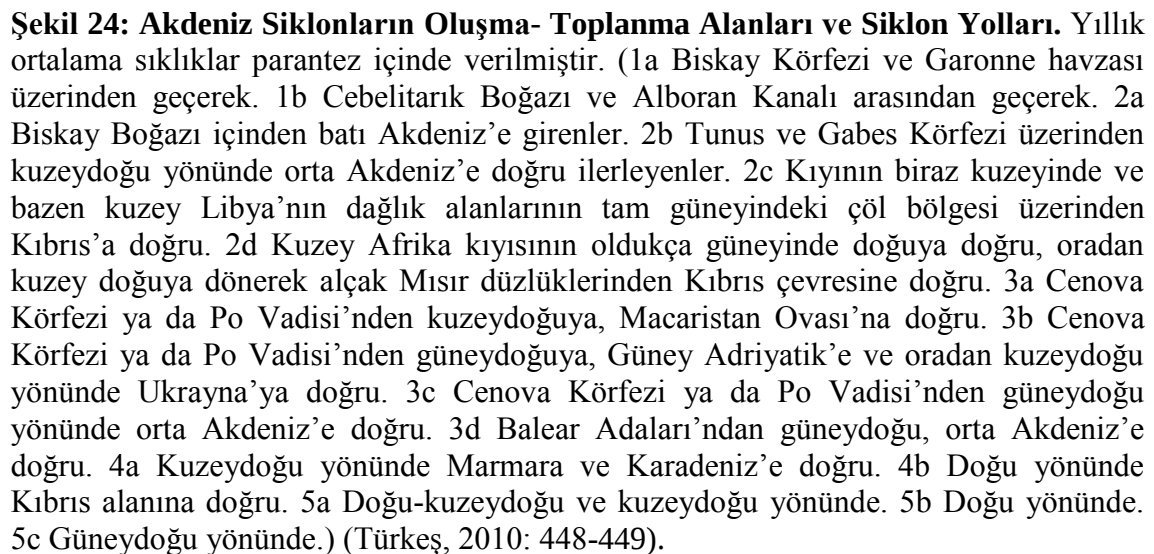
Orta kuşaktaki siklonların gelişmesinde dört safha ayırt edilir. Başlangıçta bir alçak basınç oluşu boyunca kuzeyden ve güneyden gelen hava kütlelerinin karşılaşmaya başlaması, Kuzey yarımküreye özgü koriolis etkisiyle soldan sağa doğru hava akımıyla adeta bir vidanın dönmesi gibi soğuk ve sıcak cephelerin birbirini takip etmesi, sıcak ve soğuk cephenin birleşmesi sonucu sıcak havanın yükselmesiyle oklüzyon (kavuşmuş) cephe oluşumu ve frontal faaliyetin sona ermesi. Kış mevsiminde birbiri ardınca gelen siklonlar bir gün, birkaç günde sıcaklık, yağış, bulutluluk gibi hava olaylarında sürekli değişimleri beraberinde getirir (Atalay, 2010: 212).

Fas, Cezayir ve Libya'da yoğun depresyonlar, Orta Akdeniz ve Atlantik'in doğusuna toz kümelerini sürükleyebilir. Kuzey Afrika sahilleri boyunca bulunan alçak basınç cepheleri, Ortadoğu'ya yoğun ve tozlu havayı taşır. Mısır'da toz fırtınaları, depresyon alanları ve Akdeniz ile Kuzey Afrika'nın batısındaki cephe alanlarıyla ilişkilendirilir (Goudie ve Middleton, 2006: 25) (Şekil 23).

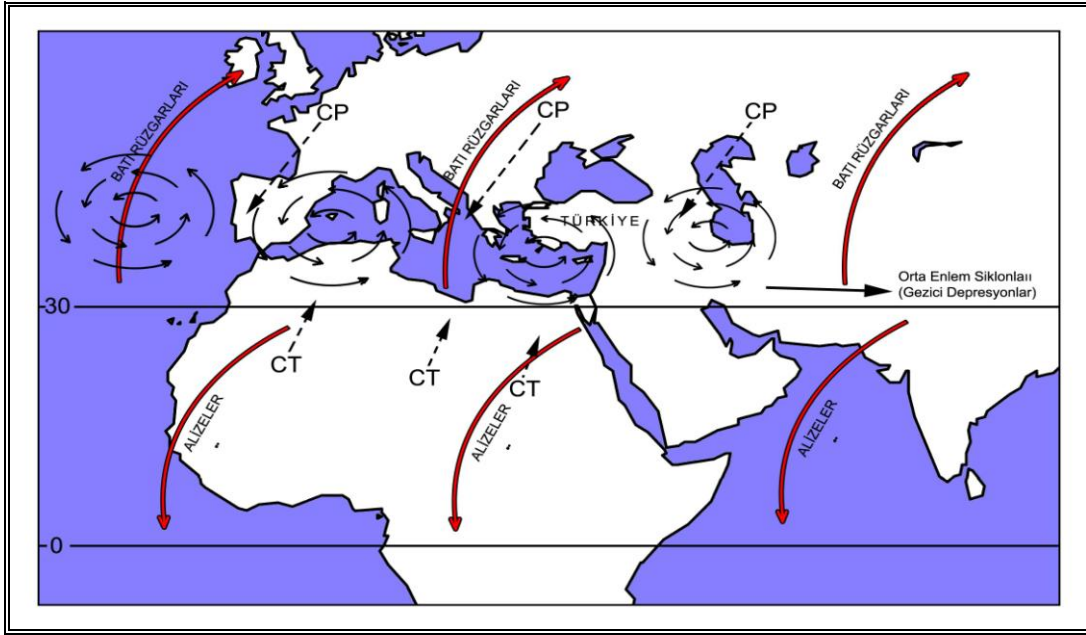


Şekil 23: Sahra Çölü'nde Çöl Tozlarının Oluşum Mekanizması (Kallos, 2011: 13).

Toz olaylarının sıklığı, antropojenik şartlar, iklim ve yüzey şartlarına bağlı olarak, günlük, aylık ve yıllık olarak değişir. İklim olaylarındaki yıllık değişimler tamamen anlaşılmayabilir ama iklimin meridyensel dolaşımının aksine enlemsel dolaşımındaki aktiviteler de değişimlerle ilişkili olabilir (Laity, 2008:233). Uzun mesafeli toz taşınımı yüzey rüzgarları tarafından yüksek troposfere toz taşınımı için uygun meteorolojik şartlar gerektirir. Bu şartlar ya karaların çok fazla ısınmasıyla derin

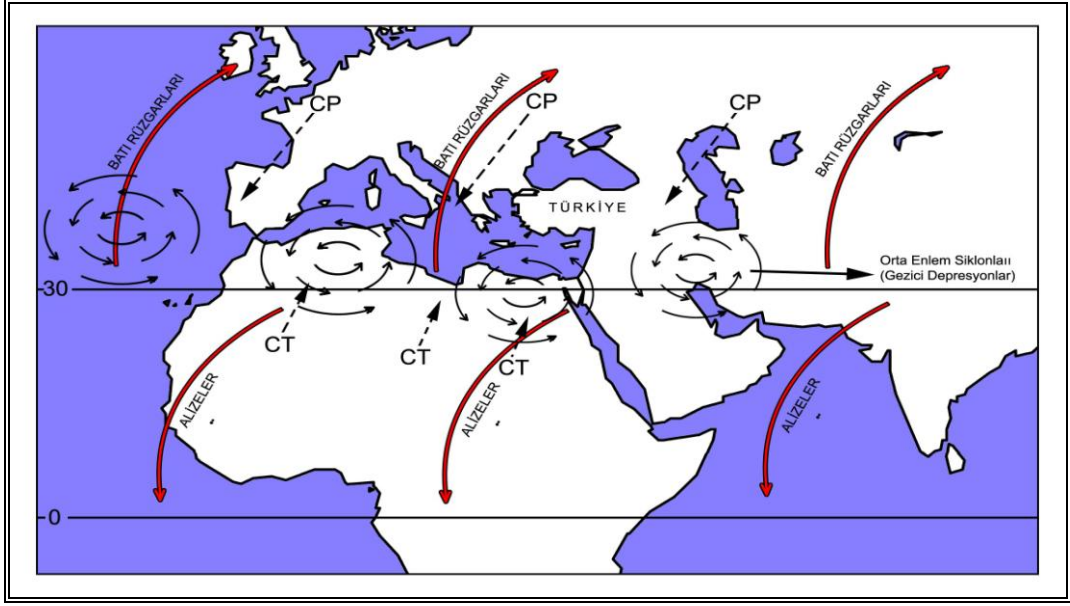


Kuzeydoğu Afrika üzerinden gelen Doğu Akdeniz siklonları Doğu Akdeniz’de basıncın düşmesiyle kendini gösterir. Bu siklonlar, Doğu ve Güneydoğu Anadolu’da yağışlara neden olur. Ayrıca bu siklonlar aracılığıyla Kuzeybatı Afrika ve Suriye çöllerinin tozlarını da zaman zaman Türkiye’ye taşır ve bu sırada kırmızımsı çamur şeklinde hafif yağışlar da meydana gelir (Atalay, 2010: 411) Orta enlem siklonları, temelde 35-70° enlemleri arasında meydana gelmektedir. Bu enlemlerde oluştuğunda Akdeniz’e ve Türkiye’ye fazla çöl tozları taşınmamaktadır (Şekil 25).



Şekil 25: 35-70° Paralelleri Arasında Oluşan Orta Enlem Siklonları.

Ancak orta enlem siklonlarının oluşmasını sağlayan sistem biraz daha güneye 30° enlemlerine indiğinden Sahra Çölü üzerinde çeşitli konvektif hareketler ve türbülanslarla oluşmuş olan çöl tozları, orta enlem siklonları vasıtasıyla Akdeniz’e ve Türkiye’ye yoğun olarak taşınmaktadır (Şekil 26).



Şekil 26: 30° Paralelleri veya Daha Güneyde Oluşan Orta Enlem Siklonları.

2.6.3. Rüzgârlar

Rüzgâr, yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru oluşan hava hareketine denir. Yeryüzünde üç ana rüzgâr kuşağı bulunmaktadır. Birincisi, subtropikal yüksek basınç merkezlerinden Ekvatordaki alçak basınç merkezine doğru esen Alize rüzgârlardır. Alizeler korolis kuvvetine bağlı olarak Kuzey yarımkürede kuzeydoğudan-güneybatıya, Güney yarım kürede güneydoğudan-kuzeybatıya doğru eser. İkincisi subtropikal yüksek basınç merkezlerinden polar bölgelere doğru esen Batı rüzgârlarıdır. Batı rüzgârları, Kuzey yarımkürede güneybatıdan- kuzeydoğuya, Güney yarımkürede ise kuzeybatıdan-güneydoğuya doğru eser. Üçüncüsü Kutuplar çevresinden Subpolar alçak basınç alanına doğru esen Kutup doğu rüzgârlarıdır. Rüzgâr kuşakları Güneş radyasyonunun dünyadaki dağılışıyla doğrudan ilgili olmayıp kuşaklar arasındaki basınç ilişkilerinden ortaya çıkmaktadır (Atalay, 2010: 117). Araştırma alanına çöl kaynaklı tozların taşınmasını sağlayan rüzgarlar hamsin, siroko ve gece oluşumlu alçak seviye jetleridir.

2.6.3.1. Sirokko

Yaz mevsiminde etkili olan bölgesel rüzgârlar, Sahra Çölü ve Arabistan Yarımadası'ndaki karasal tropikal hava kütlelerinin kuzeye doğru ilerlemesiyle oluşurlar (Atalay, 2010: 194). Bunlardan biri olan Sirokko, Büyük Sahra'nın kuzeyinden Cezayir, Tunus, İspanya, Sicilya ve İtalya kıyılarına doğru esen sıcak ve kuru bir rüzgârdır (Şekil 20). Sirokko, Büyük Sahra üzerinde bir antisiklon, buna karşılık Batı Akdeniz üzerinde

2.6.3.3. Gece Oluşumlu Alçak Seviye Jetleri

Atmosferin alt tabakalarında hızlı esen yatay rüzgarlar alçak seviye jetleri olarak bilinmektedir. Bu rüzgarlar, genellikle gece oluşurlar ve yüzlerce kilometrelik alanda etkili olurlar. Açık gökyüzü altında bu rüzgarlar hızlı eserler. Bunlar daha çok Sahra Çölü çevresinde gözlenirler. Bu rüzgarlar kuzeydoğu Harmattan rüzgarları ve güneydoğu muson akımlarıyla birlikte görülebirlirler. Alçak seviye jetlerinin oluşum nedenleri eğimden kaynaklanan basınç farkı, yarma ve kanal şeklindeki topoğrafya ve dağ-vadi rüzgarları olarak sıralanabilir (Akınç, 2005: 17).

Durgun geceler boyunca yüzey rüzgar hızı düşüktür. Bu durum yüzeye yakın yerlerde iyi tabakalanmış hava katmanlarına ve bastırılmış türbülanslarına neden olurlar. Güneşin doğuşuyla hava ısınmaya başlar. Havanın ısınması konvektif türbülanslı mekanizmanın başlamasına olanak sağlar. Gece boyunca iyice tabakalanan yüksek hava katmanları yüzeyde sürtünmeye neden olurlar. Alçak seviye jetlerinin hareketi aşağıya doğru türbülanslıdır. Bu rüzgârların kesilmesiyle beraber hızlı yüzey rüzgarları oluşmaya başlar. Bu hızlı yüzey rüzgârları, çöl tozlarının yerden kaldırılması için gerekli olan başlangıç rüzgar hızının aşılmasına olanak sağlar. Böylece toz taşınımı için gerekli şartlar sağlanır. Alçak seviye jetleri Kuzey Afrika'nın pek çok yerinde oluşmaktadır. Bodele Depresyonu, Alçak seviye jetlerinin görüldüğü en iyi alanlardan biridir (Akınç, 2005: 17)

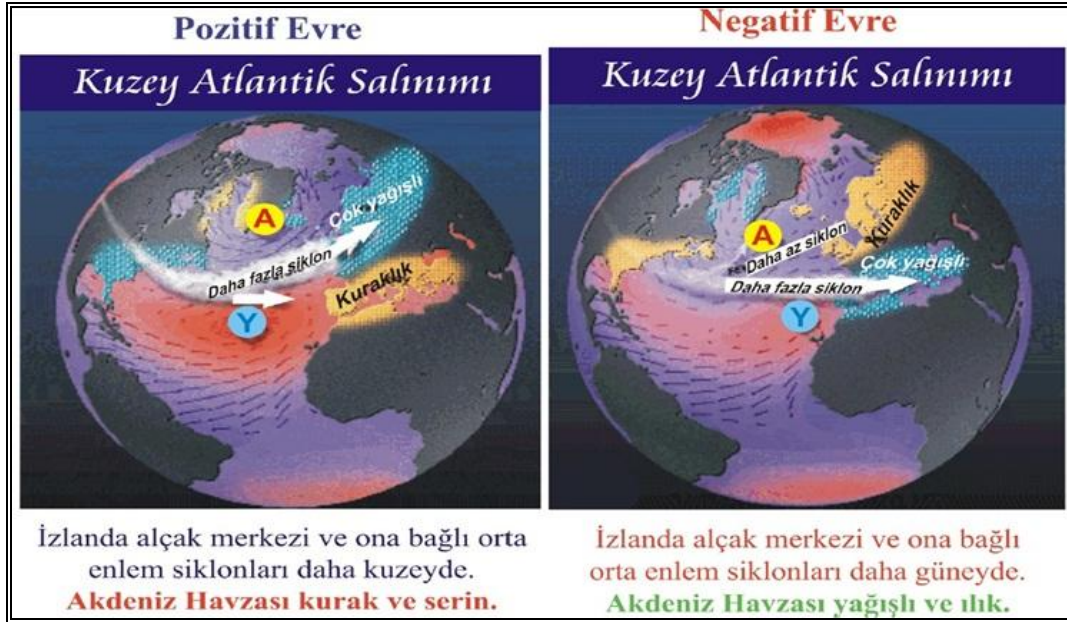
2.6.4. Kuzey Atlantik Salınımının Etkisi

Dünyanın birbirinden uzak bölgelerinde meydana gelen iklimdeki eş zamanlı ve aynı zamanda zıt karakterli değişimlere “**Teleconnections**” denilmektedir. Yeryüzünde çok sayıda teleconnections tespit edilmiş olup, bunlara örnek olarak AO (Arktik Salınım), ENSO (El Nino/Güneyli Salınım), ve NAO (Kuzey Atlantik Salınımı) verilebilir (Yetmen, 2006: 7).

Kuzey Atlantik Salınımı, Kuzey Atlantik'te bulunan Azor antisiklon alanı ile İzlanda siklon alanı arasındaki basınç farkı, özellikle atmosfer etkinliğinin arttığı kış mevsiminde yıllar arası farklılık gösterebilmektedir. Bazı yıllarda kış mevsiminde Azor adaları çevresinde merkezlenen yüksek basınç değerleri normalin üstünde; İzlanda Adası çevresinde merkezlenen alçak basınç değerleri de normalin altında olabilmektedir. Bazı kış mevsimlerinde ise tam tersine Azor yüksek basınç alanında normalin altında basınç değerleri, İzlanda alçak basınç alanında da normalin üstünde

basınç değerleri kaydedilmektedir. Kuzey Atlantik'te meydana gelen bu meridyonel salınım **Kuzey Atlantik Salınımı** (North Atlantic Oscillation-NAO) olarak adlandırılmaktadır (Yetmen, 2006: 10-11).

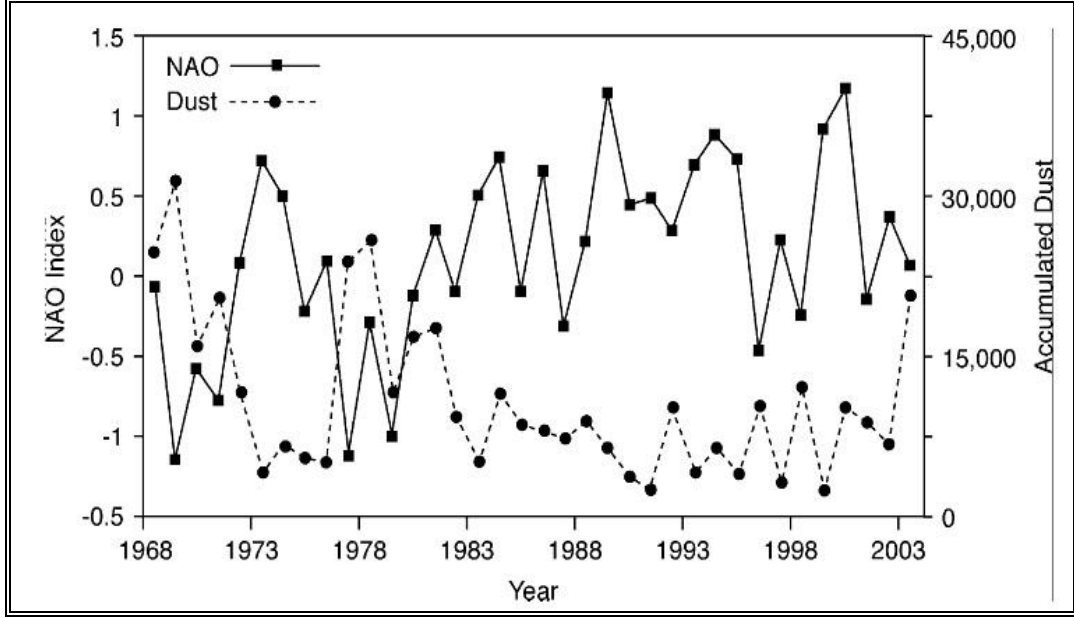
Kuzey Atlantik Salınımı (KAS) pozitif evresindeyken, Azor antisiklon alanında basınç değerleri normalden daha yüksektir. Aynı anda İzlanda siklon alanında ise basınç değerleri normalin altında seyretmektedir. Bu dönemde yer seviyesine yakın Batı Rüzgarları kuvvetlenir ve KAS indisinin negatif evresine oranla yaklaşık 8 m /sn daha hızlı eser. Batı Rüzgarları, Subtropikal Atlantik'teki maritim tropikal (mT) hava kütlelerini Kuzeybatı Avrupa'ya taşıdığından Akdeniz Havzası nemli hava kütlelerinden yararlanamamaktadır. Bunun sonucunda Akdeniz Havzası'na bu dönemde kurak şartlar hakim olmaktadır (Şekil 21). Kuzey Atlantik Salınımı negatif fazındayken, Azor ile İzlanda arasındaki basınç farkı azalmaktadır. Azor normal basınç değerinin altında, İzlanda ise normal basınç değerinin üstündedir. Bu dönemde Batı Rüzgârları zayıflamaktadır. Bu nedenle Akdeniz Havzası, Kuzey Atlantik üzerinden yağış getiren sistemlerin etkisinde kalmaktadır (Şekil 28). Yapılan çalışmalar KAS'ın 2,1 ile 24,8 yıllık periyotlar içinde bir dönemsellığe sahip olduğunu göstermektedir (Yetmen, 2006: 14).



Şekil 28: KAS'ın Pozitif ve Negatif Dönemi (Türkeş, 2008: 43).

Dayan vd. (2007) 'deki çalışmasında Güneydoğu Akdeniz çevresine taşınan ve biriken çöl tozlarıyla Kuzey Atlantik Salınımı arasında önemli ilişkilerin olduğu ortaya

konulmuştur. Çalışmada KAS'ın pozitif evresinde siklonik aktivitelerin Akdeniz çevresinde az olmasından dolayı toz faaliyetlerinin de az olduğu, buna karşılık KAS'ın negatif evresinde Akdeniz çevresinde siklonik aktivitelerin yoğunlaşmasıyla toz taşınımlarının artmaya başladığı belirtilmektedir (Şekil 29).



Şekil 29: Beer Sheba (İsrail) 'de Eylül-Mayıs Arasındaki Yıllık Çöl Tozu Değişimi ve KAS'ın Aralık-Mart Dönemindeki Yıllık Değişimleri (Dayan vd., 2007: 8).

2.7. Çöl Kaynaklı Tozların Global Sistemde Atmosferik Taşınımı

Çöl tozlarının bulundukları bölgeden ayrılıp çok uzak mesafelere kadar taşındığı uzun zamanlardan beri üzerinde çalışılan ve bilinen konulardan biri olmuştur. Çöl tozları atmosferde yatay ve dikey yönde iki türlü taşınımına uğramaktadır. Çöl tozları önce çeşitli meteorolojik faktörlerin etkisiyle dikey olarak atmosfere taşınmaktadır. Daha sonra ise rüzgarlar ve gezici depresyonlarla yatay olarak çok uzun mesafelere kadar taşınmaktadır.

Çöl tozlarının dikey dağılışı ile ilgili araştırmalar (Alpert vd., 2004) Akdeniz'deki çöl tozlarının troposferde çok fazla yüksekliklere ulaşabildiğini göstermektedir. Yaklaşık olarak Akdeniz çevresinde çöl tozları 8 km'ye kadar ulaşabilirken, Atlas Okyanusu çevresinde ise 5 km'ye kadar ulaşmaktadır. 10 ve 30° Kuzey enlemleri çevresinde tozlar, Sahra Çölü'nden Atlas Okyanusu'na Sahra Hava Tabakası (SAL) diye bilinen karma bir hava tabakasıyla taşınmaktadır. SAL genellikle

5 km'ye ulaşmaktadır. Atlas Okyanusu çevresinde toz tabakasının üst sınırı 4,5 - 5,5 km'dedir (Akınç, 2005: 23).

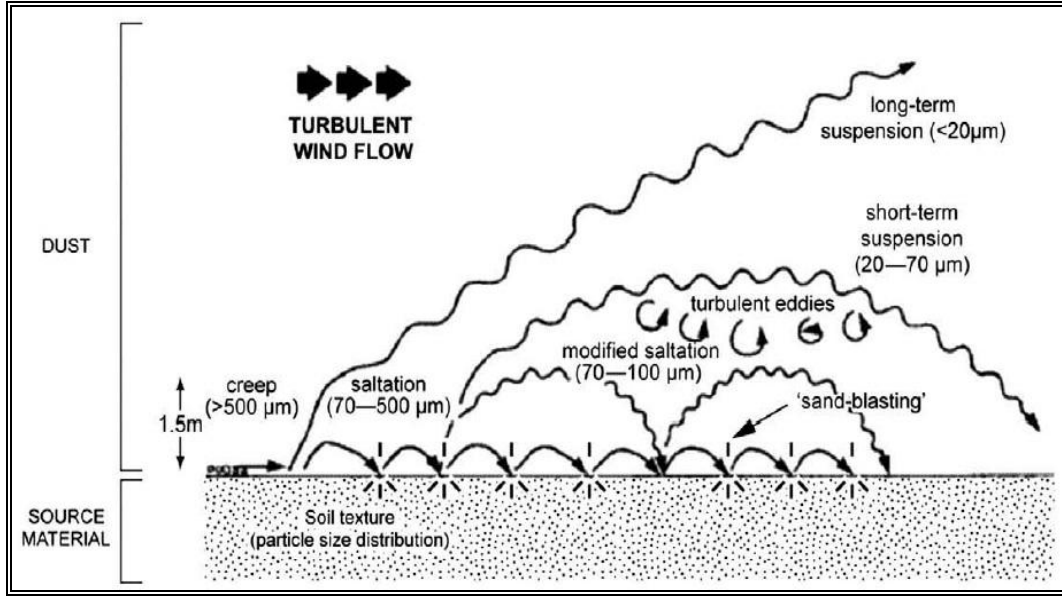
Çoğu atmosferik tozlar, kaynağından çok uzaklaşmadan biraz taşındıktan sonra yere geri inerler. Ama çöl tozları çok uzak mesafelere kadar taşınma kapasitesine sahiptirler. Sahra tozları, ABD, Bermuda, Karayipler ve Amazon'un batısına kadar taşınırlar. Aynı zamanda Avrupa'nın kuzeyine, Ortadoğu'nun doğusuna ve Çin'e bile taşınmaktadır (Goudie ve Middleton, 2006: 30) (Tablo 4). Rüzgârlar, 20 mikron ve daha küçük olan çöl tozlarıyla 1 mikron ve daha ufak olan mantarları çok uzak mesafelere kadar taşıyabilmektedir (Şekil 30).

Çöl tozları, bulundukları bölgelerden 5000 – 6000 km uzaklara kadar taşınabilmektedir. Çöl tozları sadece Sahra Çölü'nden diğer bölgelere taşınmamaktadır. Yeryüzünde bulunan diğer çöllere de çeşitli alanlara tozlar taşınmaktadır. Örneğin Asya'da Gobi, Kuzey Amerika'da Meksika, Güney Amerika'da Arjantin çölleri ve Avustralya'da bulunan çöllere büyük miktarlarda mineral toz taşınmaktadır (Eren 2006: 4'e göre Pease vd., 1998).

Tablo 4 Uzun Mesafeli Toz Taşınım Örnekleri

Yaklaşık Uzaklık(km)	Tozun Kaynak Bölgesi	Tozun Taşınma Bölgesi	Referanslar
6500	Sahra	Barbados (L.Amerika'da bağımsız bir ada ülkesi)	Delany vd. (1967)
8000	Sahra	Miami	Prospero (1981)
10 000	Sahra	Çin	Tanaka vd. (2005)
>16 000	Çin	ABD ve Kanada	Husar vd. (2001),
>20 000	Çin	Fransız Alpleri	Grousset vd. (2003)
4000	Batı Sahra	Kıbrıs	Gordon and Murray (1964)
2000	Libya ve Mısır	Negev, İsrail	Yaalon and Ganor (1975)
2000	Batı Kazakistan	Baltık Denizi	Hongisto and Sofiev (2004)

(Kaynak: Goudie and Middleton, 2006: 28).



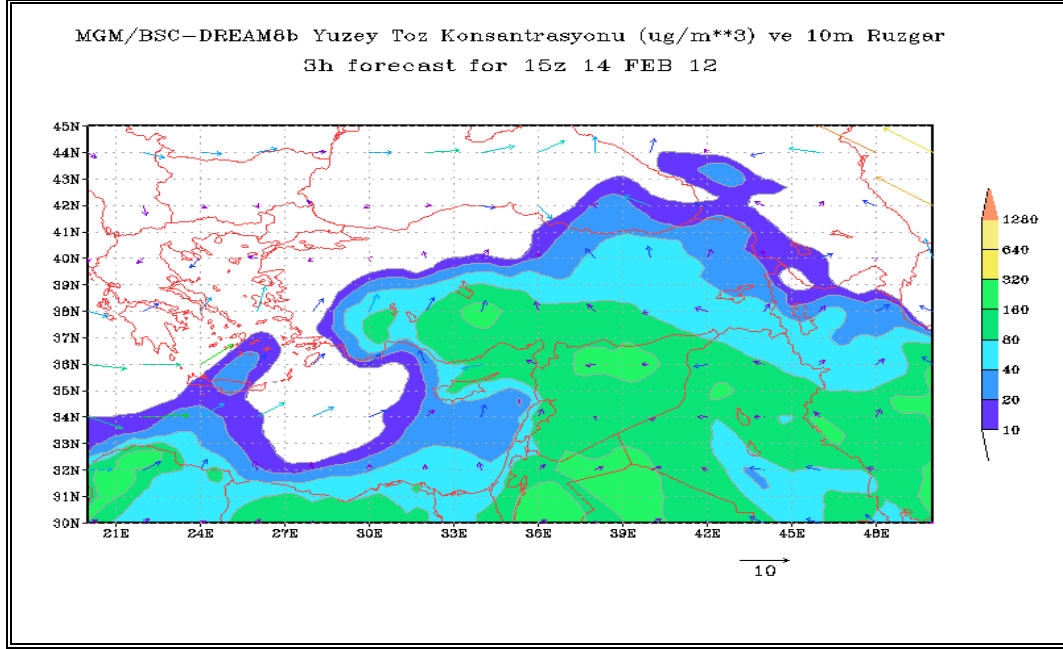
Şekil 30: Çöl Bölgelerinde Çöl Tozlarının Taşınım Mekanizmasının Gösteren Şekil (Maher vd., 2010: 64).

Kuzey Afrika kökenli çöl tozlarının 3 büyük taşınım yolu vardır. Birincisi çöl tozlarının Atlas Okyanusu üzerinden ABD, Karayipler ve Güney Amerika'ya çok uzun mesafeler boyunca taşınması, ikincisi çöl tozların Akdeniz'e ve Avrupa'ya taşınması, üçüncüsü doğu Akdeniz'e ve Ortadoğu'ya taşınmasıdır. Kış mevsiminde ise toz taşınımı kuzeydoğu rüzgarları (Harmattan) nın etkisiyle daha çok güneye doğrudur ve bunun sonucunda Nijerya Gine Körfezi ve hatta Güney Amerika'daki Amazon Havzası'na kadar toz taşınabilmektedir. Ayrıca Sahra Çölü'nden Uzakdoğu Asya'ya da çöl tozları taşınmaktadır (S. Engelstaedter vd., 2006: 8).

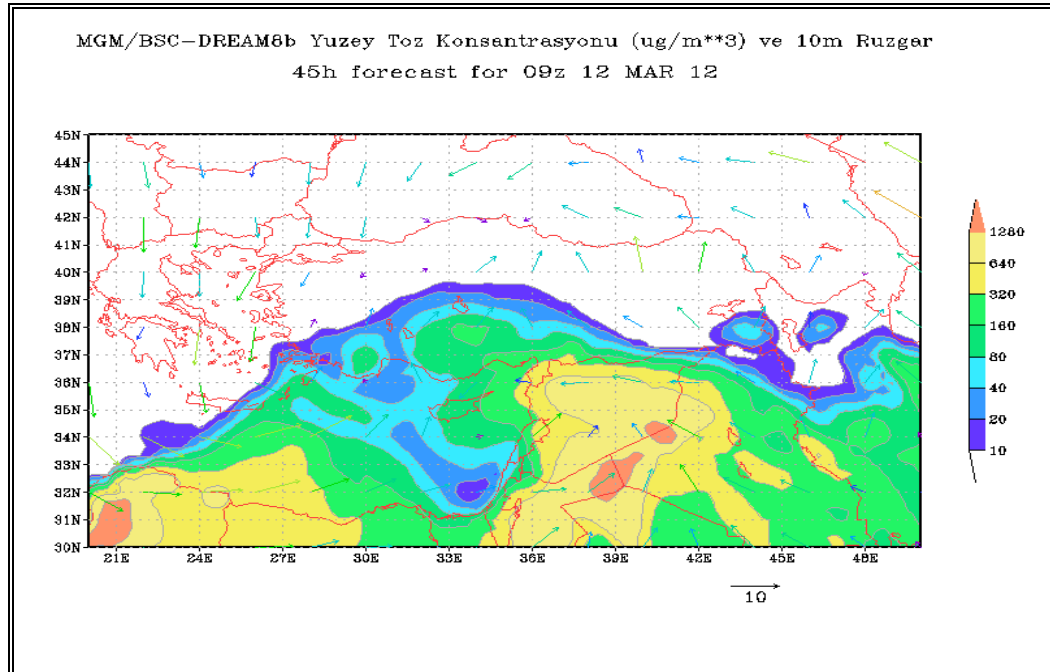
Çöl tozlarının global sistemde geniş alanlara taşındığı ve bu alanlarla ilgili çeşitli bilim insanların çok sayıda araştırmalar yaptığı bilinmektedir. Sahra Çölü tozlarının gerek doğrudan yapılan yer ölçümleri ile gerekse uydudan yapılan gözlemlerle sinoptik ölçekteki hava hareketleri sonucunda kaynağından çok daha uzun mesafelere taşındığını gösteren pek çok çalışma mevcuttur.

Sahra çöl tozlarının atmosferik yollarla Karadeniz'e (Şekil 31) (Kubilay ve ark., 1995), Doğu Akdeniz'e (Şekil 32) (Yaalon ve Ganor, 1979; Ganor ve Mamane, 1982; Ganor ve ark., 1991; Ganor, 1994; Kubilay ve Saydam, 1999) Batı Akdeniz'e (Bergametti ve ark., 1989; Martin ve ark., 1990; Dulac ve ark., 1992) Kuzey Avrupa'ya (Reif ve ark., 1986; Franzen ve ark. 1994) Atlantik Okyanusu'na (Talbot ve ark., 1986)

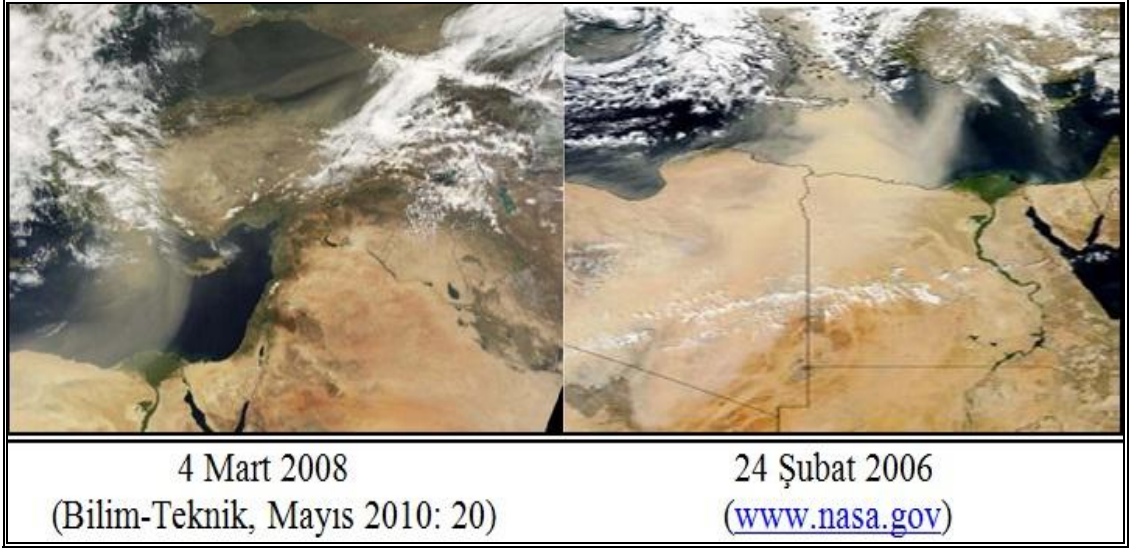
Güney Amerika kıyılarına (Praspero ve ark., 1981; 1987) Amazona bölgesine (Suvap ve ark., 1992) ve Türkiye'ye kadar taşınabildiği gösterilmiştir (Özsoy, 1999: 9) (Şengün ve Kıranşan, 2010) (Şekil 33-34).



Şekil 31: Türkiye'ye ve Karadeniz'e Taşınan Çöl Tozları (www.mgm.gov.tr).

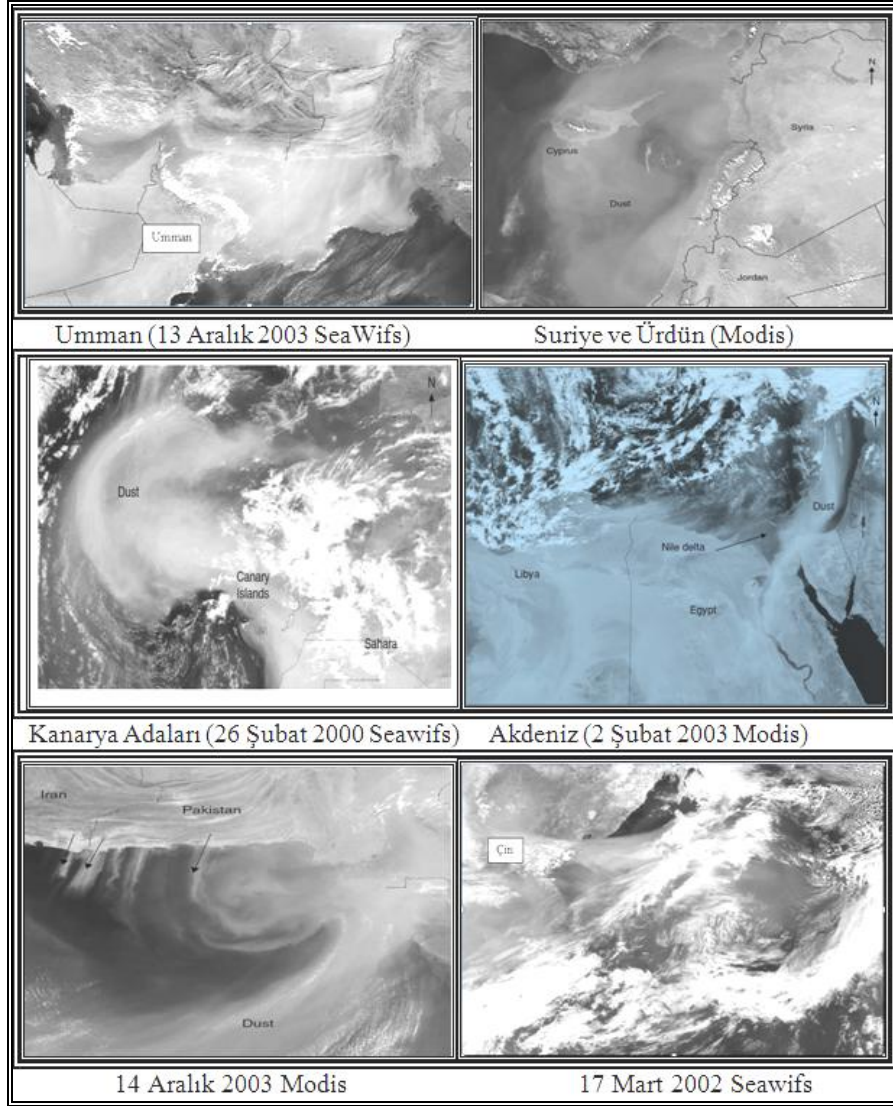


Şekil 32: Doğu Akdeniz'e ve Türkiye'ye Taşınan Çöl Tozları (www.mgm.gov.tr).



Şekil 33: Türkiye'ye Farklı Tarihlerde Taşınan Çöl Tozları.

Çöl tozlarının çok uzak mesafelere taşınmasıyla beraber dünyanın çeşitli bölgeleri çöl tozlarının etkisine girmektedir. Sahra'nın tek başına senede 1,5 milyar ton toz kaybettiği, bunun büyük bir kesiminin Alize rüzgârlarıyla, önce Meksika Körfezine ve Amazon'lara doğru daha sonra da bir kolunun Orta Amerika üzerinden Pasifik'e yöneldiği belirtilmektedir. Diğer kolunun da ABD doğu kıyılarını izleyerek kuzeye yol aldığı uydu verilerinden anlaşılmaktadır (Saydam, 2002: 40).



Şekil 34: Yeryüzünün Çeşitli Bölgelerinde Çöl Tozlarının Taşınımını Gösteren Uydu Görüntüleri (Goudie and Middleton, 2006: 38).

Çöl tozlarının global sistemde taşınımı yılın tüm aylarında gerçekleşen bir olay değildir. Ancak belli dönemlerde bu olay gerçekleşmektedir. Her yıl Nisan ve Ekim ayları arasında yaklaşık 15-30 toz olayının gerçekleştirildiği belirtilmektedir (Güllü vd., 2003'e göre Bergametti ve ark.1989). Sahra Çölü, en önemli çöl tozu kaynak bölgesidir. Çöl tozlarının doğal taşınımı dışında bazen de şiddetli rüzgarların neden olduğu toz fırtınaları da global sistemde etkili olmaktadır. Toz fırtınaları sonucunda havaya dahil olan toz miktarı 1m^3 havada 875 tonu bulmaktadır. 500 km çapında olan bir hava kütleğinde 100 milyondan fazla ton tozun taşındığı belirtilmektedir (Atalay, 2007: 12). Türkiye, bulunduğu coğrafi konumu nedeniyle Kuzey Afrika'ya yakın olması

sonucunda yılın belirli dönemlerinde büyük oranlarda çöl tozu taşınımına maruz kalmaktadır.

2.8. Çöl Kaynaklı Tozların Atmosferdeki Durumları

Çöl bölgelerinden ayrılarak atmosfere taşınan çöl tozları atmosferde su, bulut ve Güneşle beraber çok önemli reaksiyonlar gerçekleştirmektedir. Çöl tozları içerisinde bulunan Fe (III) çeşitli aşamalardan sonra kullanılabilir demir olan Fe (II)' ye dönüşmektedir. Saydam ve Şenyuva 2002'deki çalışmasında çöl kökenli tozların bulut içerisine kullanılabilir demir üretebilmesi için gerekli olan mekanizmanın tabiat tarafından nasıl gerçekleştirildiğini bilim dünyasında ilk defa ortaya koymuşlardır. Saydam ve Şenyuva 2002'deki çalışmasında "Okzalatın" (Oksalik asit tuzları) atmosferde varlığının bilindiği ve kaynağının da endüstriyel kirlilik olduğu belirtilmektedir. Okzalat, endüstriyel kirlilik dışında çöl kökenli tozlar tarafından da üretilmektedir ve bunun nedeni de çöl tozlarının içinde bulunan bakteri ve mantarlardır.

Bakteri ve mantarlar çöl ortamında kuru olarak binlerce sene kendi varlıklarını koruyabilmektedirler. Bir damla su ile temas etmeleri sonucunda 15 dakika gibi kısa bir sürede ortama okzalat çıkarabilmektedir. Çöl tozunun ıslatılmasından 15 dakika içerisinde okzalatı oluşturduğu deneyle ortaya konulmuştur. Okzalatını üreten bakteri ve mantarlar daha sonra aynı ortamda bulunan kil mineralinin yüzeyine yapışmakta ve kil mineralinin kristal yapısına girebilmektedir. Kil mineralinin yapıtaşında bulunan demir ile demirokzalat yapmakta ve bundan sonraki taşınımına bu şekilde devam edebilmektedir. Aradan geçen zaman içinde eğer demirokzalat yeterli Güneş enerjisi ile buluşursa ligandan (bir biyomoleküle bağlanarak oluşan karışık bileşik) metale yük transferi yapmakta ve reaksiyon gösterildiği gibi dekarboksilasyon (indirgenme) reaksiyonu ile parçalanmaktadır. Reaksiyon sonucunda oluşan karbonil radikali bir başka geri kazanım mekanizmasını daha tetikleyebilmektedir. Bulut içerisinde bu mekanizma ile yeterli Güneş enerjisi olması halinde gündüz vakti indirgenmiş demir üretilebileceği belirtilmektedir (Bennama, 2006: 4).

Sahra çöl tozları ile yüklü bulutlar atmosferik taşınım sürecinde yeterli Güneş enerjisi olması halinde organik açıdan zenginleşebilmekte ve yağmur olarak yere indiğinde çok önemli olmaktadır. Ayrıca çöl tozları ile kar yağışı arasındaki ilişkiler eskiden beri bilinmektedir. Tozlarla birlikte taşınan mantarların ve onların ortama

saldığı okzalatin bu ilişki içinde önemli bir payı olduğu düşünülmektedir. Ancak bu ilişkinin mekanizması net olarak bilinmemektedir (Alp ve Sarı, 2007: 10).

Sahra Çölü'nden her yıl birkaç yüz milyon tondan bir milyar tona kadar çöl tozu Kuzey Atlantik Okyanusu'na ve Akdeniz'e taşındığı tahmin edilmektedir. Uzun mesafeli toz taşınımı temelde çöl tozlarının ömürlerinin iki hafta olduğu serbest troposferde gerçekleşmektedir. Papayannis vd. (2005) Doğu Akdeniz bölgesi için çok farklı kalınlıktaki (200-3000 m) toz tabakalarının deniz seviyesinden 1,5 - 6,5 km yükseklikte olduğunu gözlemlemiştir (D.Balis vd., 2006: 808).

Toz fırtınaları genellikle çok uzun süre devam etmemektedir. Örneğin Türkmenistan'da bazen 3 gün devam eden toz fırtınaları gözlemlenmesine rağmen, 12 saat ya da daha fazla süren toz fırtınaları sadece % 3 civarındadır. Moğolistan'da Gobi Çölü'nde toz fırtınalarının ortalama süresi 1,6 – 6 saat arasındadır (Goudie ve Middleton, 2006: 68).

2.9. Çöl Tozu Taşınım Tahmin Modelleri

Türkiye'de Kuzey Afrika, Suriye, Arabistan ve İran çölleri üzerinden gelen çöl tozları yılın belirli dönemlerinde görülmekte ve bu çöl tozları iklim ve bitki örtüsü, toprak, deniz ekosistemi, insan sağlığı ve faaliyetleri gibi alanlar üzerinde çok önemli derecelerde etkilerde bulunmaktadır. Doğal ve beşeri ortam üzerinde çok fazla miktarda etkili olan ve son yıllarda gittikçe etkisini artırmaya başlayan böyle bir doğa olayı için model öngörülerinde bulunmak, günümüz dünyası için çok gerekli bir faaliyet olmaktadır.

Avrupa, Türkiye ve Akdeniz bölgesini içine alan oldukça geniş bir bölgede, hava sirkülasyonunu, iki ve üç boyutlu meteorolojik değişkenleri, hava kirleticilerinin emisyon, derişim ve birikmelerinin saatlik grid değerlerini tahmin etmek ve taşınım yörüngelerini simüle etmek için mezo-ölçek meteorolojik modeli MM5, fotokimyasal model CAMx ve RIP ve HYSPLIT yörünge modellerinden oluşan bir modelleme sistemi kullanılmıştır (Freiwan ve İncecik, 2006: 256). Türkiye'de ilk defa kullanılan bu modelleme sistemiyle hava kirleticilerinin Avrupa'dan Türkiye'ye ve Doğu Akdeniz bölgesine olan uzun menzilli taşınımının tahmini, simülasyonu ve yörüngeleri yüksek bir performansla ortaya konulmuştur.

MM5 (mezoölçek) modeli, PSU/NCAR (Pennsylvania State University/National Center of Atmospheric Research) tarafından geliştirilmiş bir mezoölçek meteorolojik

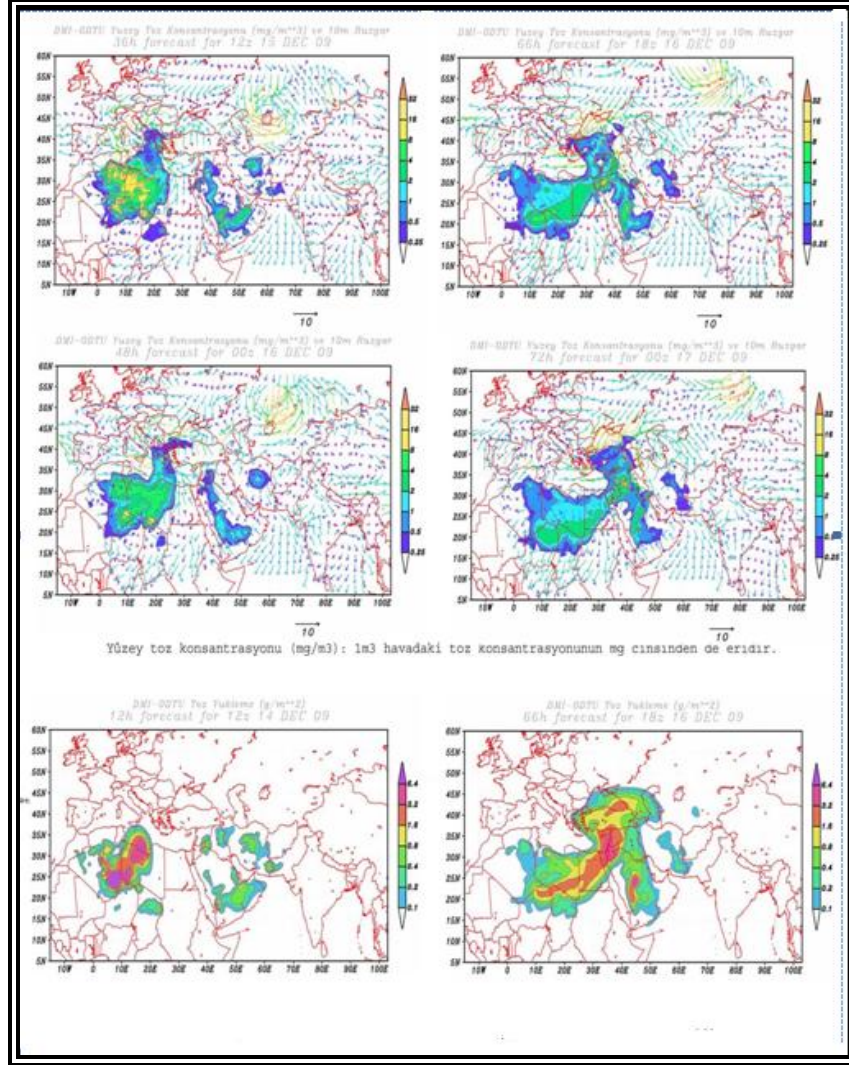
modeldir. Bu model, günlük rutin meteorolojik öngörüsü yanı sıra hava kirliliği model çalışmalarında gerekli olan meteorolojik verilerin tahmininde dünya çapında geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Üç boyutlu hava kalitesi CAMx modeli (Comprehensive Air Quality Model with extension) antropojenik hava kirleticileri için, yatay ve düşey taşınım, kimyasal prosesler ve kuru ve nem birikim terimlerini içeren süreklilik denklemini çözerek kirleticilerin dağılımı, birikimi ve taşınımının simülasyonunu söz konusu alanda tahmin etmektedir (Freiwan ve İncecik, 2006: 256).

Çöl tozlarının taşınımıyla ilgili bir diğer model de DREAM modelidir. DREAM modeli Nickovic ve Dobricic (1996) tarafında gerçekleştirilen NCEP/ETA bölgesel atmosferik dolaşım modelinin geliştirilmesiyle oluşturulmuştur. Toz modelinde ele alınan en önemli süreçlerden biri karasal alanlardan kalkan tozun kaynak teriminin doğru temsil edilmesidir. Modelin dikkate aldığı parçacık büyüklüğü, toprak ve arazi sınıflandırması ve nemi, kuru ve ıslak çökeltme, sınır tabaka yüzey etkileşimleri ve türbülans etkileri gibi fiziksel süreçler giderek geliştirilerek DREAM modeli (Nickovic, 2001) oluşturulmuştur (www.moma.ims.metu.edu.tr).

Bir diğer toz taşınım modeli de DREAM modeline göre geliştirilen MOMA projesidir. Bir TÜBİTAK projesi olan MOMA (Şekil 35) (Meteoroloji ve Oşinoğrafi Mükemmeliyet Ağı) Nickovic ve arkadaşları (2001) tarafından geliştirilen ETA Toz Modeli ile Türkiye'yi etkileyebilecek toz kaynağı alanlarının ve yollarının izlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, oluşacak yayılma, taşınma ve çökelmenin izlenmesi için çalışma alanı olarak Kuzey Afrika ve Asya'nın büyük bir bölümü ile Avrupa'nın tamamını kapsayacak şekilde geniş bir bölge seçilmiştir. Model 6'şar saatlik periyotlarla 72 saatlik tahmin yapmaktadır. Bu model ile yüzey toz konsantrasyonu ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) ve yüzey toz yüklemesi (g / m^2), kuru-yaş çökeltme, 1700m, 3000m, 5800m yükseklikteki tozlar tahmin edilebilmektedir (www.dmi.gov.tr).

Model aynı anda hem ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde hem de Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nde çalışmakta ve her gün 5 günlük öngörüler üretmektedir. Bölgemizde Kuzey Afrika, Arabistan Yarımadası, Suriye, Irak, İran ve Afganistan bölgesi ile Orta Asya'da geniş bir alan çöllerle kaplıdır ve bunun dışında pek çok kurak ve yarı kurak alan toz taşınımına katkı yapmaktadır. Afrika'da Büyük Sahra'dan kalkan toz, Akdeniz üzerinden Türkiye'ye ve Avrasya'ya taşındığı gibi sık sık kuzey Avrupa'ya, Rusya'ya veya Orta Asya'ya ulaşmaktadır ve bununla ilgili pek çok gözlem

ve model öngörülleri şimdiye kadar yapılmıştır. Çöl tozlarında değişik boyutta taneler vardır ve bunlar değişik çökme hızlarıyla ve meteorolojik etkenler altında kuru / ıslak süreçlerle çökelmektedir. Taşınım sinoptik ve orta-ölçekli akımlar ve meteoroloji ile belirlenmekte üç boyutlu, zamansal ve tane boyuna bağlı bir nitelik kazanmaktadır (www.moma.ims.metu.edu.tr).



Şekil 35: MOMA Toz Taşınım Modeli (www.dmi.gov.tr).

2.10. Kuaterner’de Çöl Kaynaklı Tozlar

Kuaterner’in belirli dönemlerinde yeryüzü çok tozlu bir dönem geçirmiştir. Bununla ilgili verilere yoğun lös depoları, okyanus diplerinde çok miktarda çöl tozu çökellerinin varlığı, göl ve turbalık depolarının içleri, kutup bölgelerinde ve yüksek dağların zirvelerinde bulunan buz karotların delinmesiyle bulunan toz miktarlarından ve

mağaralara biriken çöl tozu depolarından ulaşılmaktadır (Goudie ve Middleton, 2006: 201).

Özellikle son buzul döneminde toz birikimindeki artış ve çok geniş bir sediment kaynağının varlığı, hem buzul alanlarına yakın rüzgârlar ve hem de alizeler zonundaki rüzgârların karakterlerindeki değişiklikler ile çöl alanlarının genişlemesiyle ilişkilendirilmektedir. Aynı zamanda rüzgâr sistemlerinin yörüngelerindeki değişiklikler, kaynak bölgelerindeki rüzgarların gücündeki değişiklikler, kuru ve yaş depolanma arasındaki denge, deniz seviyesindeki değişikliklerle ilişkili kıta şevlerinin değişmesi, karalarda tozu engelleyecek uygun vejetasyonun varlığı da etkili olmaktadır (Goudie ve Middleton, 2006: 201).

Atmosferdeki toz yüklenmesi ve depolanmasının glasyal dönemler ile interglasyal dönemlerde farklılık göstermesinin nedenleri, rüzgar hızının artması, hidrolojik yoğunluğun düşmesi ve toz kaynak bölgelerinin genişlemesidir. Rüzgâr hızının artması tozun daha uzak alanlara taşınmasına neden olur. Hidrolojik yoğunluğun azalması ise tozların atmosferde daha uzun süre kalmasını sağlar (Harrison vd., 2001: 59).

Kolla ve Biscaye (1997) son buzul dönemi boyunca Arabistan ve Avustralya'dan Hint Okyanusu'na çok miktarda çöl tozunun dahil olduğunu göstermiştir. Sirocko vd. (1991) Arap Denizi'nde yaptığı çalışmalarda, Akkat İmparatorluğu'nun yıkılışında etkili olan şiddetli bir kurak dönemle ilişkili M.Ö. 4000 yıllarındaki şiddetli toz faaliyetlerine rağmen toz olaylarının buzul dönemlerde Post-Glasyal dönemlerden % 60'dan daha yüksek olduğunu göstermiştir (Goudie ve Middleton, 2006: 202).

Kuzey Atlantik'in derinliklerinde yapılan analizler, Sahra Çölü'ndeki toz ve rüzgar faaliyetlerinde uzun dönemli değişimleri göstermektedir. Bazı tozlar Kretase'nin ilk zamanlarına rastlar ve bazıları da Neojen dönemini temsil eder. Bununla birlikte rüzgâr aktiviteleri Tersiyer'in sonunda belirgin olarak ortaya çıkmaktadır (Goudie ve Middleton, 2006: 205).

Toz artış oranlarında uzun dönemli büyük bir bilgi kaynağı kutuplar ve yüksek dağlık alanlarındaki buz karotlarından sağlanır. Gerçekten de buz karotlarındaki toz gözlemleri Kuaterner'deki ani iklim değişimlerini daha gerçekçi olarak tanıtmada kullanılır. Kutuplar toz kaynak bölgelerinden uzakta bulunduklarından buz

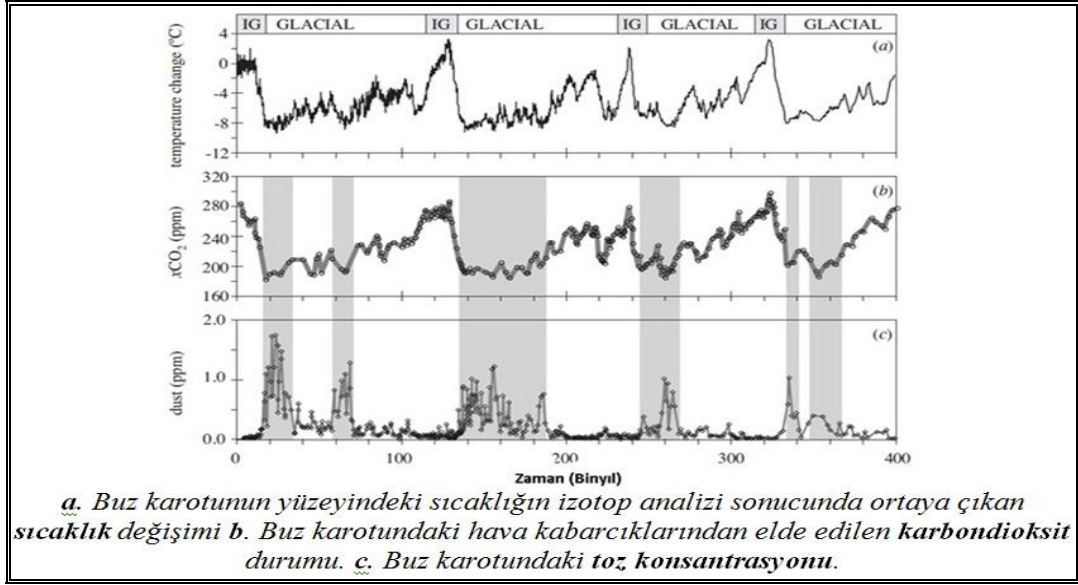
karotlarındaki güncel toz birikim alanları genellikle azdır ama karotların derinliklerinde yapılan çeşitli mikro-partikül konsantrasyon çalışmaları Holosen ve son buzul çağında atmosferdeki toz birikimleriyle ilgili nispeten görüşler sağlamaktadır. Asya'nın yüksek yerlerinde bulunan Dunde karotu son buzul döneminde çok yüksek toz birikimini ve Holosen'e geçişte ise ani bir düşüşü gösterir. Son buzul döneminde Avrupa ve Grönland'taki toz faaliyetleri 1000 yıllık ölçekte iklim olaylarından sorumlu tutulmaktadır (Goudie ve Middleton, 2006: 205-206).

Buzul dönemlerinde orta enlemlerde yoğun toz taşınımıyla bulutlanma ve yağış artmakta ve bunun sonucunda denizlerde alg patlaması meydana gelmektedir. Alg patlaması sonucunda DMSP (Dimetil sülfono propiyonik asit) üretimi artmakta ve yoğun şekilde bulutlar oluşmaktadır. Bulutların her tarafı kaplamasıyla kutuplardaki buzulların alanı genişlemekte ve buzullar daha güneye inmektedir. Bununla birlikte yağmur kuşağı da daha güneye inerek Sahra Çölü'nün olduğu yerlerde nemli ve yağışlı bir iklimin hüküm sürmesine neden olmaktadır. Daha sonra sıcaklık ve kuraklık şartlarına bağlı olarak buzullar çekilmekte ve toz taşınımı tekrar başlamaktadır (Saydam, 2010: 116-117).

1980'li yılların ilk zamanlarında Grönland ve Antartika'da alınan buzul karotlarındaki hava kabarcıkların analizi sonucunda son buzul çağının sonlarında atmosferde bulunan karbondioksit miktarı 190 ppm iken, endüstri devriminin başlamasından önce bu değer 280 ppm olarak ölçülmüştür.

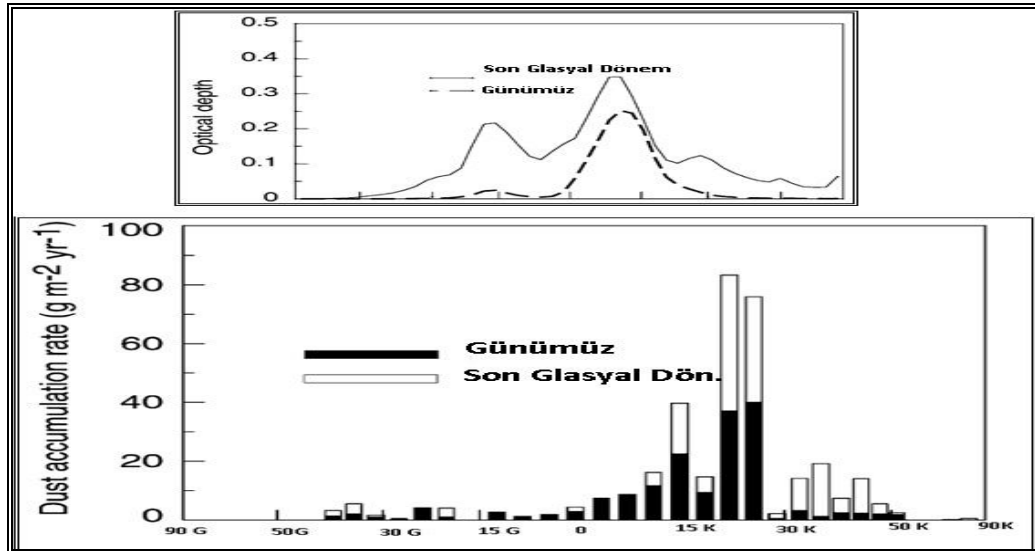
Vistok (Antartika) buzulunda yeryüzünün 420.000 yıllık geçmişine ait izler bulunmuştur. Buna göre Glasyal dönemlerde sıcaklığın ve CO₂ değerlerinin düşük olduğu, bununla birlikte toz miktarının ise yüksek olduğu görülmektedir. İnterglasyal dönemlerde ise sıcaklık ve CO₂ değerlerinin yüksek, toz değerlerinin ise düşük olduğu belirtilmektedir (Ridgwell, 2002: 14) (Şekil 36).

Bundan çıkarılacak sonuç, atmosferde sıcaklık ve CO₂ değerlerinin yüksek olduğu zamanlarda toz miktarının azalmakta, buna karşılık sıcaklık ve CO₂ değerlerinin düşük olduğu zamanlarda ise toz miktarı artmaktadır. Buzul ve buzularası dönemin birbirinin ardı sıra gelmesinde etkili olan temel faktör çöl tozu- CO₂ arasındaki ilişkidir.



Şekil 36: Vistok (Antartika) Buzul Karotunun Analizi Sonucunda Sıcaklık, Karbondioksit ve Çöl Tozları Arasındaki İlişkiler (Ridgwell, 2002: 14).

Çöl tozları günümüz ikliminde radyatif (ışınımsal) bir zorlamaya neden olmaktadır. Son buzul döneminde çöl tozlarının yeryüzünde birikmesi günümüzdekinden 2 ile 20 kat daha yüksektir (Şekil 37). Günümüzde ve geçmişte bulunan çöl tozu depoları, okyanus tortulları ve buz karotları, toz döngüsü ve iklim değişimi konusunda bizlere sayısal simülasyonlar sağlamaktadır (Claguin vd., 2003: 193)



Şekil 37: Buzul Dönemlerinde ve Günümüzde Çöl Tozlarının Aktivitesinin Karşılaştırılması (Claguin vd., 2003: 196).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Kuaterner'de çöl tozlarının durumuyla ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Günümüzde Türkiye'de çöl tozlarının en yoğun görüldüğü alanlarından olan bu bölgelerde bu durumun nedenlerinin açıklanmasında çöl tozlarının geçmiş jeolojik dönemlerde ve Kuaterner'deki özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan, çalışma alanında günümüz ve geçmiş dönemlerdeki doğal ortam şartlarının karşılaştırmalı olarak analiz edilerek çöl tozlarının taşınımının nedenlerinin ortaya konulması ancak Kuaterner araştırmalarının yapılmasıyla mümkün olmaktadır.

2.11. Çöl Kaynaklı Tozların Mikroanalitik Özellikleri

Antropojenik kökenli partiküller temelde karbon içerikli partiküller, sülfürler ve nitratlardan oluşurken; Sahra tozları, kil mineralleri, kuvars, kalsiyum ve magnezyum karbonatlardan oluşur (Longueville vd., 2010: 3). Çöl tozları, genellikle her biri kendine has optik özellikleriyle kuvars, kil mineralleri, kalsit, jps ve demir oksitleri dahil karışık minerallerden oluşur. Sahra tozları, demir bakımından Asya tozlarından daha zengindir ve rengi daha koyudur. Sahra tozlarını Sahel bölgesi tozlarından mineralojik ve renk özellikleriyle ayırt etmek mümkündür (Harrison vd., 2001: 48).

Yeryüzünde bulunan çöller mineralojik özellikler bakımından birbirinden farklılık gösterir. Çöllerin mineralojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla Sahra, Arabistan ve Anadolu'dan alınan çöl tozu örnekleriyle aynı koşullar altında yapılan deneyler sonucunda Sahra'nın 4500 birim indirgenmiş demir ürettiği, Arabistan'ın 800 birim ve Anadolu toprağının ise 100-200 birim indirgenmiş demir ürettiği ortaya konulmuştur (Saydam, 2002: 40).

Çöl tozlarının böyle birbirinden farklı mineralojik yapılarda olması tozların geldiği çöl bölgelerinin jeolojik geçmişte birbirinden farklı deniz ve göl ortamlarına sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Anadolu karasının ve Arabistan çöllerinin geçmişte deniz ortamı olması, Sahra'nın ise nehir, göl ve mümbit (verimli) alanlarla dolu olmasıyla açıklanmaktadır (Saydam, 2002: 40).

Çöl tozları içerisinde demir dışında başka önemli mineraller de bulunmaktadır. Bunlar son yıllarda yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur. Sahra tozunun mineralojik yapısının diğer toprak örneklerinde olduğu gibi kuvars, kalsit, dolomit, feldspat ve jipsten oluştuğu belirlenmiştir (Ezzati, 2009:2'ye göre Ganor ve ark. 2000).

Ridgwell (2002) bir çalışmasında çöl kökenli tozlarda en zengin olarak bulunan elementleri O, Si, Al ve Fe olarak belirlemiştir (Ridgwell, 2002: 3) (Tablo 5).

Çöl tozları içerisinde mineraller dışında önemli ölçüde kimyasal elementler ve bileşikler de bulunmaktadır. Sahra tozu, kil ve kuvars minerallerinin demir oksitlerle birleşmesiyle oluşmaktadır (Eren, 2006: 5-6'ya göre Holmes and Miller 2004).

Avrupa üzerinden alınan Sahra tozu örnekleri içerisinde SiO_2 ve Al_2O_3 çok fazla bulunmuştur (Eren, 2006: 5-6'ya göre Goudie et al. 2001). Çöl tozları içerisinde mikroorganizmalar önemli yer tutmaktadır. Virgin Adaları'nda toplanan hava örneklerinde Afrika'dan toz geldiği dönemlerde hava ile taşınan mikroorganizma sayısının normal atmosfer koşullarındakinden 2-3 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Eren, 2006: 5-6'ya göre Griffin et al. 2001).

Tablo 5 Çöl Tozlarında Bulunan Yaygın Elementler

Element	Oran(Yüzde %)
O	44
Si	31
Al	8
Fe	4
Ca	3
K	3
Na	3
Mg	1
P	1

(Kaynak: Ridgwell, 2002: 3).

Sahra tozu, deniz ortamı için önemli bir fosfat kaynağıdır (Özsoy, 1999: 20'ye göre Graham ve Duce 1979 ve Talbot ve ark. 1986). Çöl tozlarındaki yüksek CaCO_3 içeriği (%5-30) ile asit yağmurlarını nötrleştirici bir etki yapmaktadır (Özsoy, 1999: 20'ye göre Loye-Pilot ve ark., 1986).

Çöl tozları içerisinde çeşitli mineral ve elementlere ek olarak önemli ölçüde bakteri ve mantarlar da bulunmaktadır. Bu bakteri ve mantarlar çöl tozu içerisinde önemli görevler üstlenmektedir. Mantarlar varlıklarını toprakta kuru halde uzun zaman koruyabilme özelliğine sahiptirler. Tozlarla birlikte yeryüzünden kalkan mantarlar atmosferde bulut içindeki suyla temas haline geçtiklerinde kısa sürede aktif hale gelebilmektedir. Toza yapışık demir okzalat yapan mantarlar yeterli güneş ışığında

tozun içerisindeki demir +3'ü demir +2'ye indirgerler. Bu da kullanılabilir demirin ortaya çıkması anlamına gelmektedir (Durukan 2007: 13-14'e göre Saydam 1999).

Atmosferde çöl tozlarının taşınım sırasında yeterli Güneş enerjisi bulunduğu zamanlarda dekarboksilasyon (indirgenme) reaksiyonu sonucunda ortamda indirgenmiş demir, karbondioksit ve karbonil radikali oluşmaktadır. Tabiatta canlılar tarafından demirin indirgenmiş hali kullanılmaktadır. Ancak indirgenmiş haldeki demir çok kararsız bir yapıya sahip olup hemen kullanılamaz ise kararlı hale dönüşmektedir. Tabiatta indirgenmiş demiri hemen kullanabilecek yapı ise yine bakteri ve mantarlardır. Bu koşulların sağlandığı dönemlerde yeryüzüne inen yağmurlar indirgenmiş demir açısından zenginleşmiş haldedir. Sahra tozunun taşındığı dönemlerde gece yağın yağmurlar sırasında yeterli Güneş enerjisi olmadığı için indirgenme reaksiyonu olmamakta ve yağmur içerisinde inen demir +3 (Fe_3) formunda olmakta ve tabiattaki canlılar tarafından kullanılamamaktadır (Eren, 2006: 25).

Çöl tozlarıyla beraber başka ortamlara mineraller ve elementlere ek olarak mikroorganizmalar ve bakteriler de taşınmaktadır. Toz fırtınaları esnasında havalanan tozlarla birlikte mikroorganizmalar bir bölgeden başka bir bölgeye hatta bir kıtadan başka bir kıtaya taşınır. Çöl tozları içerisinde yapılan analizler sonucunda silisyum dioksit (SiO_2), alüminyum dioksit (Al_2O_2), demir oksit (Fe_2O_3), magnezyum oksit (MgO) ve kalsiyum oksitlerinin (CaO) olduğu ortaya çıkmıştır (Goudie ve Middleton, 2006: 161) (Tablo 6).

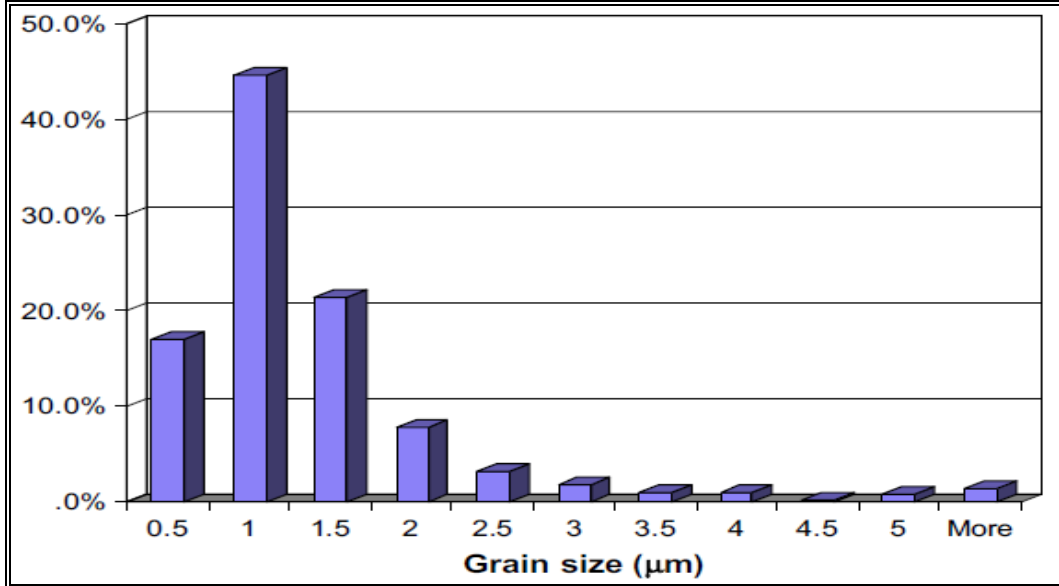
Çöl tozlarının tane boyutlarını belirlemeye yönelik ilk çalışma ABD'de Udden (1898) tarafından yapılmıştır. İlk çalışmalarda tane boyutlarının 15,6 - 62,5 μm arasında değiştiğini bulmuştur. Çöl tozlarının tane boyutu kaynak bölgelerinden uzaklaştıkça düşmektedir. Udden, kaba partiküllerin (31-62 μm) kaynağından 320 km, orta düzeydeki tozların (16-31 μm) kaynağından 1600 km, daha küçük partiküllerin ise (16 μm) dünyanın çok geniş yerlerine ulaşabileceğini göstermiştir (Goudie ve Middleton, 2006: 157).

Tablo 6 öl Tozlarında Bulunan Temel Bileşikler

Bileşikler	Değerler
SiO ₂	% 59,99
Al ₂ O ₃	%14,13
Fe ₂ O ₃	% 6,85
CaO	% 3,94
MgO	% 2,60
K ₂ O	% 2,35

(Kaynak: Goudie ve Middleton, 2006: 161).

Asael vd.,2009’da yaptıkları çalışmada Doğu Akdeniz’deki çöl tozlarının tane boyutu dağılışıında en yüksek değer 1µm tane boyutu olmuştur (Asael vd., 2009: 4) (Şekil 38).



Şekil 38: Doğu Akdeniz’e Taşınan öl Tozlarının Tane Boyutu Dağılışı (Asael vd., 2009: 4)

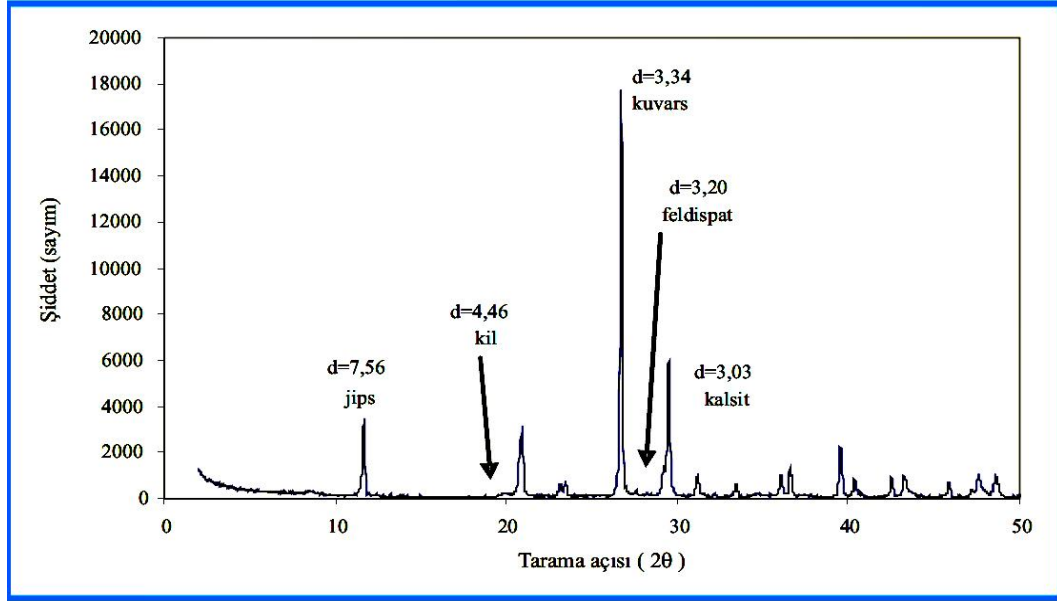
Çöl tozlarında fark edilebilir miktarda organik maddeler bulunmaktadır. Çünkü çöllerde çürümüş bitki yığınları, yerden atmosfere havalanmak için düşük bir yoğunluk ve uygun eşik hızlarına sahiptirler. Çöl tozlarında bulunan organik maddeler önemli miktarda phytolith (bitkiler) ve diatomlar içerirler. Bodele Depresyonu’nda plüvyal göllerin kurumasıyla ortaya çıkan diatomitler, bölgenin en yoğun toz üretilen alanı haline gelmesine neden olmuştur. Bucher ve Lucas (1975) Pirenelerde depolanmış Sahra tozlarında % 20-30 oranında karbonat bulmuşlardır. Khiri vd., (2004) Fas’a ait

Çöl tozlarında % 23-69 arasında değişen kalsit içeriklerini bulmuştur. Madaish (1997) Riyad tozlarında % 31,8 oranında kalsiyum karbonat ve Kukal ve Saadallah (1973) Irak tozlarında % 66,1- 69,5 karbonat bulmuştur (Goudie ve Middleton, 2006:163).

Çöl tozlarının küçük bölümleri, bazen çöl tozlarının kaynak bölgeleri hakkında ipuçları veren çeşitli kil mineralleri içerir. Teksas'ta (Gill vd., 2000) toplanan tozlar üç ana kil minerallerini illite, smectite ve kaolinite içermektedir. Japonya'da Çin'den kaynaklanan çöl tozlarında (Inoue ve Naruse, 1987) kaolinite, illite vermiculite ve montmorillonit baskındır (Singer vd., 2003). Kanarya Adaları'ndaki Sahra tozlarında palygorskite, illite ve kaolinite gibi üç ana kil mineralleri bulunmuştur (Goudie ve Middleton, 2006:164-165).

Kuzey ve Batı Sahra kökenli tozlar çok yüksek miktarda illite içermektedir. İllite miktarı belirlenememesine rağmen Orta ve Güney Sahra kökenli tozlarda kaolinite baskındır. Ekvatora doğru illite düşerken, kaolinite konsantrasyonu artmaktadır. Orta ve Kuzey Sahra'da karbonat yüksek (% 20-50) ve kil mineralleri illite, chlorite, palygorskite ve montmorillonite baskındır. Palygorskite, Sahra tozlarının karakteristik bir minerali olarak tanımlanmaktadır (Goudie ve Middleton, 2006: 164-165).

Sahra-Sahel öl tozu koridorundan kaynaklanan çöl tozlarının kimyasal elementlerindeki değişimler çoğunlukla ana kaya jeolojisi, hava ve taşınım süreçleri tarafından kontrol edilir. Partiküllerdeki ana materyal, kaynak bölgelerindeki ana kaya jeolojisini koruyan çöl kumları ve siltlerden oluşur. Taşınım boyunca ve taşınımından önce ana materyal üzerinde hem fiziksel hem de kimyasal süreçler partiküllerin tane boyutunu etkilemektedir (Castillo vd., 2008: 1042). Rüzgârlarla taşınan çöl tozları, gündüz yağmurlarla yeryüzüne indiğinde yapısındaki koloidal karakterdeki kil ile toprağın tekstürünü, besin ve su depolayan yapısını, sahip olduğu mikro ve makro elementlerle toprağı zenginleştirmektedir (Yücekutlu vd., 2011: 1) (Şekil 39).



Şekil 39: X Işınları Kırınım Analiz Yöntemiyle Sahra Çöl Toprağının Mineral Analizi (d: kristallerin kırınım yüzey indisleri) (Yücekutlu vd., 2011).

2.12. Çöl Kaynaklı Tozların Mikroanalitik Özelliklerinin Tesbitinde Kullanılan Yöntemler

Çöl kaynaklı tozların mikroanalitik özelliklerinin tesbitinde örnekleme ve mikroanaliz yöntemleri kullanılır.

2.12.1. Örnekleme Yöntemleri

Klimatolojik çalışmalarda örnekleme yöntemi çok önemlidir. Örnekleme alanlarının doğru seçilmesi, elde edilen verilerin açıklanması ve yorumlanmasında büyük önem taşımaktadır. Örnekleme, çalışmanın amacına uygun olarak seçilmiş belirli alanlarda bir maddeye ait numune alma yöntemidir. Çöl tozlarının mineralojik yapılarının tespitinde birçok örnekleme yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Atmosfer tozu örnekleme, kaynak örnekleme ve yağmur suyu örnekleme kullanılmıştır.

2.12.1.1. Atmosfer Tozu Örnekleme (Kuru Çökme)

Atmosferik kuru çökme, havadaki partikül kütlelerinin kuru (yağışsız) şartlar altında belirli bir yüzeye çökmesidir (Taşdemir ve Çağlar, 2002: 8). Atmosferde kuru çökme özellikle havada nem oranının az olduğu zamanlarda olmaktadır. Akdeniz Havzası'nda kuru depolanma özellikle tipik olarak toz konsantrasyonlarının maksimum seviyede olduğu ve yağış miktarının düşük olduğu yaz aylarında yoğun olarak ortaya

çıkmaktadır (Goudie ve Middleton, 2006: 30). Atmosferdeki çöl tozlarının kuru olarak yeryüzüne inebilmesi için havada çok güçlü rüzgârların ve hava akımlarının olmaması gerekmektedir.

2.12.1.2 Yağmur Suyu Örnekleme (Yaş Çökelme)

Yaş çökelme, gaz halindeki kirleticilerin yağmur suyu, atmosferik nem (bağıl nemlilik), sis veya bulutların içindeki su damlacıkları ile birleşip, çözülmesini içeren bir kimyasal oluşum olarak tanımlanabilir (Gökaltun, 1999: 136). Atmosferde asılı bulunan partiküllerin yağış yoluyla giderilmesi atmosferik partiküllerin kaynakları ve depolandıkları ortamlar arasındaki denge açısından en önemli mekanizmalardan birisidir. Yağmur ile atmosferik partiküllerin giderilmesi temelde iki mekanizma altında toplanır. Birincisi partiküllerin, yoğunlaşmaya neden olan tanecikler şeklinde, bulut içersindeki su tarafından yakalanarak atmosferden gidermesidir. İkincisi yağmur tanelerinin düşmeleri esnasında bulutların altında kalan tanecikleri yakalayarak atmosferden uzaklaştırmasıdır (Anıl vd., 2009: 35). Çöl tozlarının yaş olarak yere çökmesi kanlı (kızıl) yağmurlar olarak da adlandırılmaktadır. Kuru depolanma, atmosferdeki tozun temizlenmesinde yaş depolanmadan daha az etkilidir. Ortalama atmosferik tozun % 10-20'si kuru depolanmayla temizlenir (Harrison vd., 2001: 54).

2.12.1.3. Kaynak Örnekleme

Çöl tozlarının kaynak bölgeleri, subtropikal çöller ile denizden uzak kara içlerindeki çöllerdir. Bu çöllerden yılın belirli dönemlerinde atmosfere önemli miktarda çöl tozu taşınmaktadır. Taşınan çöl tozları yeryüzüne biriktikten sonra bu çöl tozlarının hangi kaynaktan geldiğini tespit etmek amacıyla depolanan çöl tozu örnekleriyle kaynak bölgelerinden alınan çöl tozlarının analizlerinin yapıp karşılaştırılmasıyla çöl tozlarının kaynak bölgeleri tespit edilmektedir.

2.12.2. Mikroanaliz Yöntemleri

Mikroanaliz, bir ile bir kaç yüz mikron küp hacmindeki alanların mikro ışınlar aracılığı ile analizi olarak tanımlanabilir. Yerbilimleri, materyal bilimleri, metallurji, elektronik, çevre bilimleri, biyoloji ve tıp alanlarında geniş bir kullanım alanı bulan mikroanalitik teknikler küçük alanların analizlerinin yanısıra mikroskopik bölgelerin karakterize edilmesi ve yapısal özelliklerinin incelenmesi gibi amaçlarla da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Minerallerin ve materyallerin mikrometre ve daha düşük

seviyelerde özelliklerinin incelenmesi ve tanımlanabilme gereksinimleri mikroanaliz konusundaki gelişmeleri zorunlu kılmıştır (Paktunç, 1996: 41).

2.12.2.1. Ağır Metal Analizleri

Metal, elektron vererek pozitif (+) değerlikli iyon haline geçebilen, asitlerde yer alan hidrojen $[H^+]$ ile yer değiştirebilen, kendi aralarında bileşik oluşturmeyen fakat ametallerle bileşik oluşturabilen, oksitleri bazik olan, normal şartlar altında Civa (Hg) hariç katı olup, ısı ve elektriği iyi ileten, metalik bir renk parlaklığına sahip elementlerdir. Bu fiziksel ve kimyasal özellikleri taşıyan, atomik sayıları demir (Fe) (56)'den daha yüksek olan ya da 5g/mL'den daha fazla yoğunluğa sahip olan elementler ağır metal olarak isimlendirilmektedir ve bu kategoriye yaklaşık 40 kadar element girmektedir (Olgunoğlu, 2008: 1).

Ağır metaller, esas olarak metal elementlerini içerir. Bu metaller Dünya'nın kabuğundaki doğal bileşenlerdir. Metaller indirgenemez ya da parçalanamazlar, hava aracılığıyla (atmosferik taşıma) taşınıp toprak, su ve insanların besinlerine girebilirler. Bunun yanında metaller yanma ve atıksu tahliyesi gibi çevreye çok çeşitli kaynaklardan girebilmektedirler. Metallerin çok küçük bir kısmı insan vücuduna iz element olarak girer ve bu iz elementler normal metabolik reaksiyonlar için gereklidir. Yine de yüksek konsantrasyonlarda metaller toksik (zehirli) olabilirler. Ağır metaller vücutta biyoakümüle (biyoyöğünlaşma) olurlar. Metabolize edilmeleri ve vücuttan atılmaları çok yavaş olduğundan vücutta hızlı bir şekilde birikirler (Varınca vd., 2008: 2).

Metal ve ağır metaller atmosfer, hidrosfer ve toprak gibi farklı ortamlarla etkileşmekte ve dolayısıyla bilimsel açıdan sürekli önem arz etmektedir. Bu metaller toprak, deniz, volkan ve dünyanın yer kabuğu gibi doğal kaynakların yanı sıra endüstri ve enerji santrallerinden kaynaklanan emisyonlar, ısınma, trafik ve atık yakma gibi insan kaynaklı faaliyetler sonucunda da atmosfere salınabilirler. Atmosfere bırakılan metaller genellikle atmosferde partikül formunda oluşum gösteriler veya mikron altı partiküllerle birleşerek akümüstasyon yoluyla zenginleşirler. Yaş olarak çökelen ağır metallerin toksik özellikleri, kuru olarak çökelen ağır metallerden daha fazladır (Anıl vd., 2010: 35-36). Tozlardaki ağır metallerin tesbitinde kullanılan yaygın analiz yöntemi AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) yöntemidir.

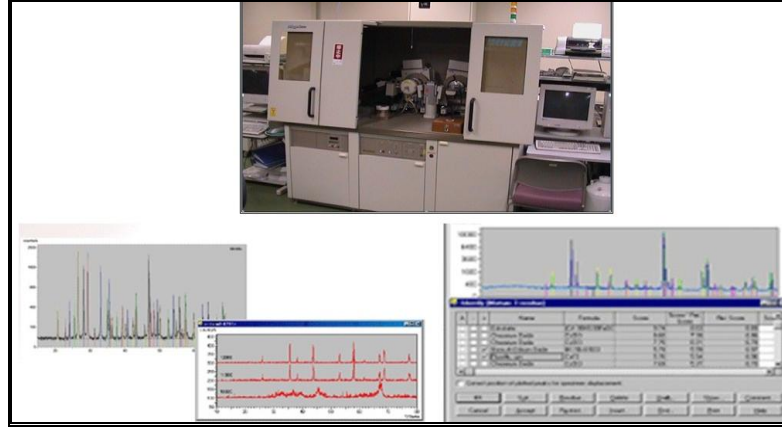
2.12.2.2. XRD Analizleri (X-Işınlari Difraksiyonu)

Günümüz görüntüleme yöntemlerinin temelini oluşturan ve tıp bilminde yeni bir çağ açan X-ışınları 1895 yılında Alman Fizik Profesörü Wilhelm Conrad Röntgen tarafından keşfedilmiştir. X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelen dalga boyları 0.1-100 Å arasında değişen elektromanyetik dalgalardır. (Arslan, 2010: 5).

Kristal yapı, üç boyutlu uzayda düzgün tekrarlanan bir deseni temel alan bir atomik yapıya sahiptir. Bu nedenle, katıların kristal yapısı, yapıda bulunan atom gruplarının ya da moleküllerin katıya özgü olacak şekilde geometrik düzende bir araya gelmesi ile oluşur. İlk kez Max van Laue tarafından kristal yapı ve yapı içerisindeki atomların dizilişleri X-ışını kırınım desenleri kullanılarak incelenmiştir. Bir malzemenin atomik yapısını görüntülemek, yüksek çözünürlüğe sahip çeşitli elektron mikroskopları kullanılarak mümkündür. Fakat bilinmeyen yapıları belirtmek veya yapısal parametreleri tayin etmek için kırınım tekniklerini kullanmak gerekir. Katıların kristal yapılarını incelemek için en çok kullanılan kırınım tekniği X ışını kırınımıdır. Bu tekniğin ince film analizi için uygun olması, temelde iki nedenden dolayıdır. Birincisi, X-ışınlarının dalga boyları, yoğunlaştırılmış maddedeki (condensed matter) atomik mesafeler ölçüsündedir ve bu özellik, yapısal araştırmalarda kullanılmalarını sağlar. İkincisi X ışını saçılım teknikleri, yıkıcı değildir ve incelenen numuneyi değiştirmez (Arslan, 2010: 10).

XRD yöntemi, katı ve toz örneklerin yapılarındaki çeşitli kristal formlar veya fazlar hakkında bilgi veren analitik bir tekniktir. Bu teknik, malzemenin içerdiği fazlar ve bu fazların konsantrasyonu, kristal olmayan fazların miktarı ve kristal boyutu hakkında bilgi vermektedir (www.mam.iyte.edu.tr) (Şekil 40).

Mineral tozlarının analizinde numune 1 damla aseton ile karıştırılarak bir tarafı kapalı cam içine yerleştirilir. Numune yerleştirilirken, üzerine ikinci düz bir cam ile bastırılır. X-ışınları kamerası tarafından farklı θ açılara göre difraksiyonlar pikler halinde alınır. Toz numunesinde yüzeyleri taranarak elde edilen pik boyları ölçülür. Mineral karakteristik cetvellerinden kristal tayini yapılır (Kavak vd., 2004: 72).



Şekil 40: XRD Cihazı ve XRD Tekniğiyle Elde Edilen Veriler
(www.mam.iyte.edu.tr).

X-ışınları difraksiyon yöntemleri ile herhangi bir kristaldeki birim hücrenin kesin boyutlarını ölçmek, hücredeki atom sayısını bulmak ve kristal yapısındaki atomların düzenini saptamak mümkündür. Özellikle üriner sistem taşlarının analizinde X-ışını toz difraksiyonu (XRD) tekniği kullanılmaktadır (Kavak vd., 2004: 72).

2.12.2.3. Elementel Analiz

Herhangi bir maddede bulunan elementlerin nitelik ve niceliklerinin ortaya konulmasına dayalı olan analiz yöntemleridir. Günümüzde elementel analiz teknikleri olarak ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi), SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu), XRF (X Işınları Floresans Spektroskopisi) ve XPS (X Işınları Fotoelektron Spektroskopisi) gibi elementel analiz teknikleri kullanılmaktadır.

2.12.2.4. Tane (Parçacık) Boyutu Analizleri

Aerosoller (Partikül maddeler), insanı rahatsız eden ama genellikle zehirlemeyen kurum(yanmadan kaynaklanan ince, katı karbon parçacıkları), toz, duman, polen vb. gibi katı parçacıkları içerir. PM kirliliğine ilişkin başlıca sorunlardan birisi, uçucu parçacık kirliliğinin, parçacıkların boyutuna ve oluşan yağış tutarına bağlı olarak atmosferde bir süre asılı kalmasıdır. Örneğin çapı yaklaşık $10\mu\text{m}$ 'den daha büyük olan iri ve ağır parçacıklar atmosfere salındıktan sonra havada yaklaşık birkaç gün kalır, sonra yere iner. Buna karşın, çapı yaklaşık $1\mu\text{m}$ 'den ($0,001\text{mm}$) küçük ve hafif parçacıklar alt atmosferde haftalarca asılı kalabilir. Çapı $10\mu\text{m}$ 'den ($0,01\text{mm}$) küçük olan ince parçacıklar PM_{10} olarak adlandırılır. Bu boyuttaki parçacıklar akciğerlerin doğal savunma düzeneklerini geçerek içeriye girecek kadar küçük oldukları için önemli bir halk sağlığı tehdidi ve tehlikesi yaratır. Ayrıca, rüzgar sistemleri, bu küçük

parçacıkları yeryüzüne ulaşmadan önce çok uzaklara taşıyabilir. Çapı 2,5µm'den küçük olan ve PM_{2,5} olarak adlandırılan parçacıklar özellikle daha tehlikeli olarak kabul edilir (Türkeş, 2010: 523).

Partikül boyutlarını ve dağılımlarını belirlemek için değişik yöntemler bulunmaktadır. Bu ölçüm ya yerinde ya da alınan örneklerin bir laboratuarda diğer yöntemlerle analizine dayanmaktadır (www.chem.eng.ankara.edu.tr) (Tablo 7).

Tablo 7 Tane Boyutu Analizi Yöntemleri ve Düzenekleri

Partikül Boyutu (µ)	Genel Yöntem	Uygun Düzenek
37 >	Kuru elek analizi	Tyler Ro-Tap Alpire Jet elek
10>	Islak elek analizi	Buckbea-Mears elekleri
1 - 100	Optik mikroskop Sayıcı ve tarayıcı mikroskop Kuru olarak çöktürme Islak olarak çöktürme Elektriksel direnç değişimi	Zeiss, Bausch-Lomp, Nikon mikroskopları Millipore II M C System Roller analizörü Andreassen pipetleri Coulter sayıcısı
0,2 - 20	Işık kırınımı (saçılım) Cascade yakalayıcısı Islak santrifüjlü çöktürme	Royco Brink, Anderson, Cosella, Lundgren yakalayıcıları M.S.A. _Whitby analizörü
0,01 - 10	Ultrasantrifüj Transmission elektron mikroskobu Elektron mikroskobu ile tarama	Goetz aerosol spektrometresi Phillips,RCA.Hitachi, Zeiss, Siemens mikroskoplar Reist and Burgess sistemi

(Kaynak: www.chem.eng.ankara.edu.tr).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

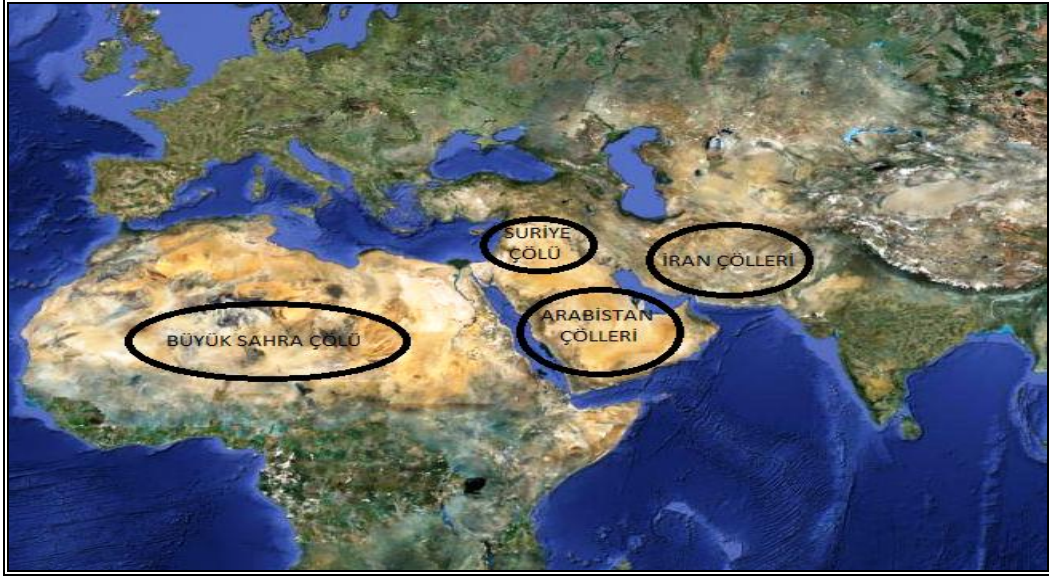
III. DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE ÇÖL KAYNAKLI TOZLAR

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi, bulunduğu coğrafi konum nedeniyle son yıllarda çöl kaynaklı tozlarından çok fazla miktarda etkilenmeye başlamıştır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde etkili olan çöl tozlarının ana kaynak bölgeleri Sahra Çölü, Arabistan Yarımadası çölleri ve İran çölleri'dir. Çöl tozları, birbirinden farklı kimyasal ve mineralojik özelliklere sahiptir. Bu farklılığın oluşmasındaki en önemli faktörler, tozların kaynak bölgelerindeki jeolojik yapı ve iklim şartlarının birbirinden farklı olması, kaynak bölgelerinin jeolojik dönemlerde farklı ekolojik ortamlara sahip olması ve uzun mesafeli taşınım boyunca çöl tozlarına antropojenik kirliliklerin karışmasıdır.

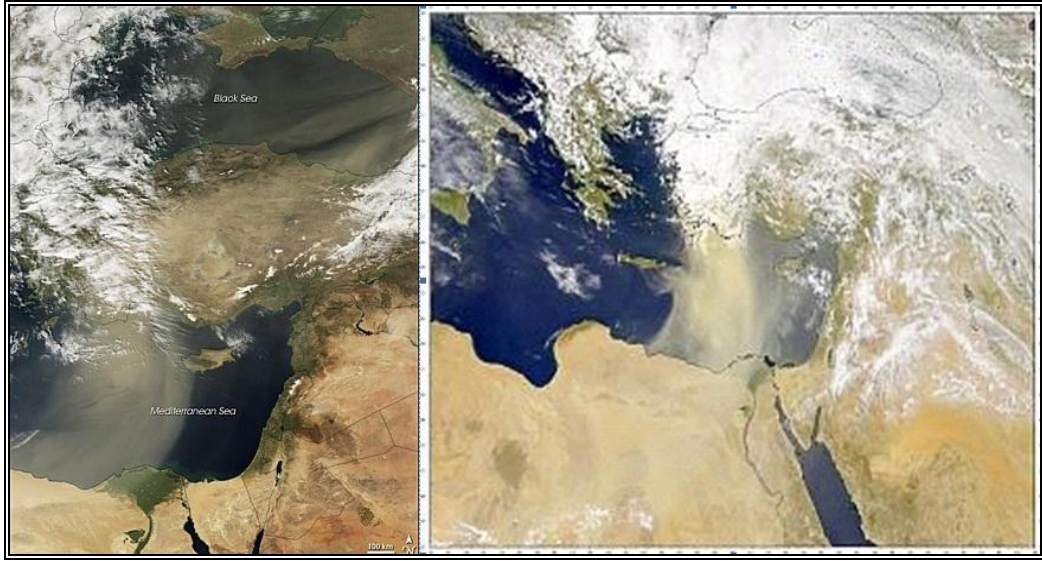
Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının hareketi ve dağılışı üzerinde etkili olan faktörler, topoğrafik yapı, yükselti, iklimatik özellikler ve beşeri faktörlerdir. İnceleme alanında çöl tozları, meteorolojik ve iklimatik faktörlere bağlı olarak yılın geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbahar aylarında yoğunlaşmaktadır. Çöl tozları, özellikle bölgede geçiş mevsimlerinde etkili olduğundan çoğunlukla çamurlu (kızıl yağmurlar) yağışlar şeklinde yeryüzüne çökelmektedir.

3.1. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni Etkileyen Çöller

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi, coğrafi konumu itibariyle birçok çölün etkisindedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöller arasında en önde gelenleri Sahra Çölü, Arabistan Yarımadası çölleri, İran çölleri'dir (Şekil 41). Bu çöllerin konum itibariyle Batı Rüzgârları ve Orta enlem siklonlarının etki sahalarında olması, Anadolu yarımadasına yakın olması ve bu çöllerden taşınan çöl tozlarının etkisini önleyecek geniş ve yüksek topoğrafik engellerin olmaması gibi nedenlerle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi bu çöllerden kaynaklanan tozlardan yılın belli dönemlerinde önemli ölçüde etkilenmektedir (Şekil 42).



Şekil 41: Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ni Etkileyen Çöller (Google Earth, 2011).

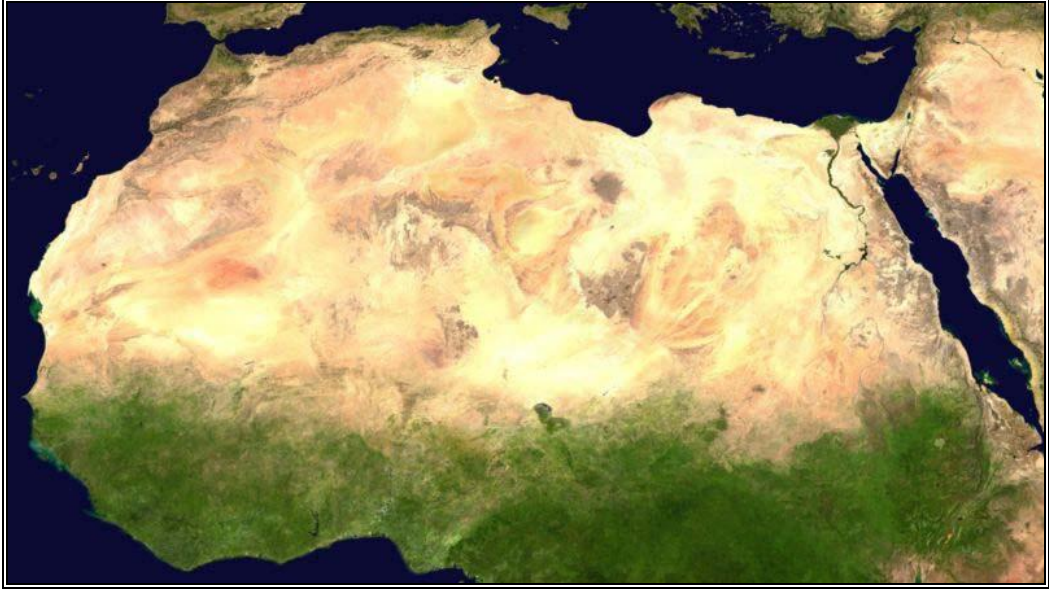


Şekil 42: Sahra Tozunun Taşınımından Genel Görünüm 24 Mart 2008 NASA Modis (Yücekutlu vd., 2011).

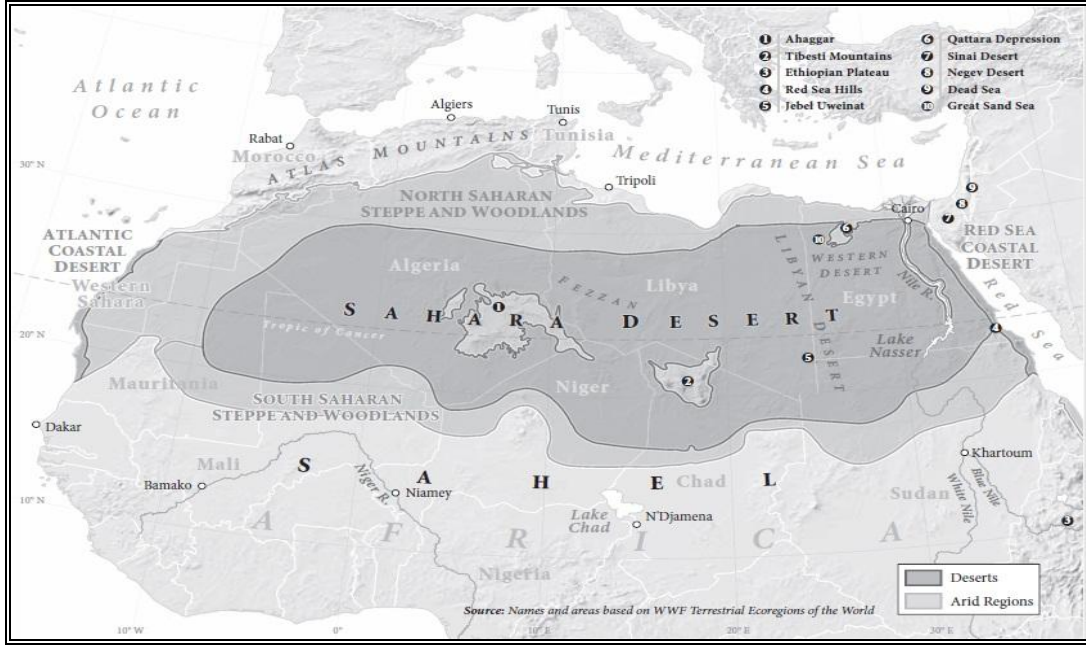
ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü’nde çöl tozlarıyla ilgili yapılan çalışmalarda eşik değeri olarak kabul edilen toz yükü “ $30 \mu\text{g m}^{-3}$ ” tür. Bu değeri aşan günler tozlu günler olarak kabul edilmiş ve tozun olduğu günden 3 günlük geriye dönük hava kütlelerinin yörüngeleri hesaplanarak tozların geldiği kaynaklar belirlenmeye çalışılmıştır.

3.1.1. Sahra ölü

Sahra ölü, 9.149.000 km²'lik alanıyla ABD'den daha geniştir. Doğu-batı yönünde 5000 km, kuzey-güney yönünde 1500 km'lik bir alana sahiptir (şekil 43). Kuzeyinde Akdeniz, güneyinde ise Sahel diye adlandırılan bir geçiş bölgesi bulunur (şekil 44). Bölgede en önemli su kaynağı Nil Nehri'dir. Sahra ölü, güçlü rüzgarlar, düşük nemlilik ve yüksek sıcaklığın olduğu aşırı kurak bir çöl bölgesidir. El Aziza (Libya)'da kaydedilmiş en yüksek sıcaklık 58° C'dir. Kuzeydoğu Alizeler, Sahra ölü çevresinde hakimdir ve aynı zamanda bölgede Harmattan olarak bilinmektedir. Sahra ölü'nde toz oluşumuna neden olan bu rüzgârlar, ITCZ'ye kadar uzanmaktadır. Harmattanın oluşturduğu çöl tozu miktarı, artan basınç gradyanı ve uzun mesafeli hava akımlarından dolayı kışın daha yüksektir (Laity, 2008: 15).



şekil 43: Sahra ölü Uydu Görüntüsü (Google Earth 2011).



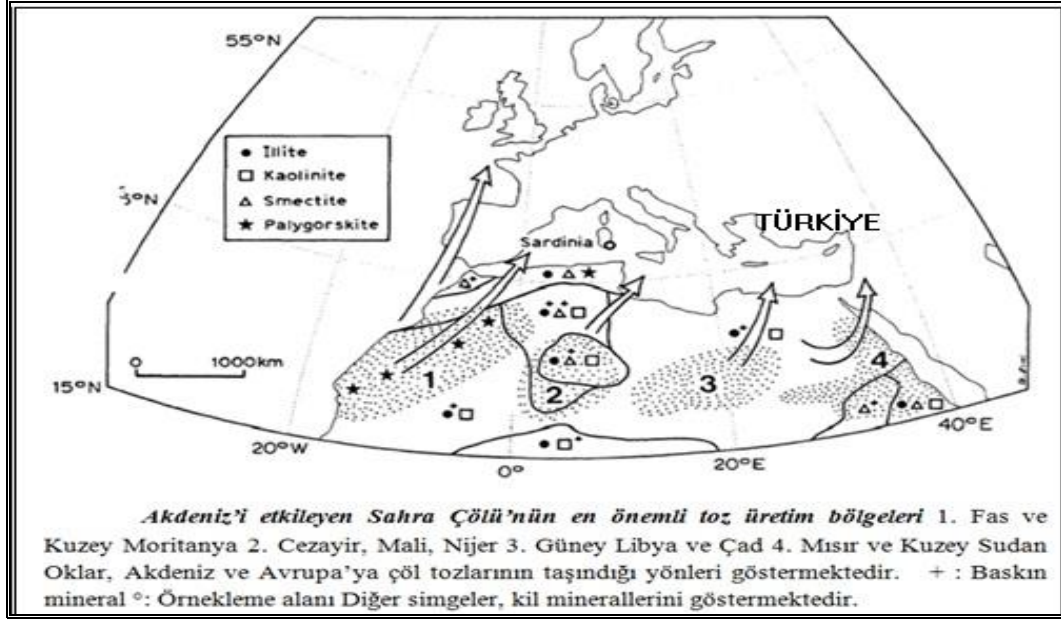
Şekil 44: Sahra Çölü ve Sahel Bölgesi (Laity, 2008: 16).

Sahra Çölü'nün ortasında yıllık yağış ortalaması 100 mm'den daha azdır. Sahra Çölü'nde yağış; ocak ayında yaklaşık 5° kuzeye, temmuz ayında ise 15-20° kuzeye doğru yer değiştiren ITCZ tarafından belirlenmektedir. Batı rüzgârları, kuzey kıyılara polar cepheli yağışlar getirir. Bütün bunların sonucu olarak Sahra Çölü 'nde 3 farklı yağış rejimi vardır. Birincisi, kışları yağışlı Akdeniz iklimli Kuzey Sahra; ikincisi, yağışların yetersiz ve düzensiz olduğu Orta Sahra; üçüncüsü yağışların yazın ITCZ'nin yer değiştirmesiyle ilişkili olan Güney Sahra. Sahra Çölü'nde kuraklığın ilk belirtileri Oligosen ve Pliosen'de başlar ve günümüze kadar devam eder. Sahra Çölü'nde kum tabakaları % 15, kum denizleri (ergler) % 22, çakıllar % 21 ve geriye kalan kısım ise dağlar ve düzlük alanlardan oluşmaktadır (Laity, 2008: 17).

Bölgedeki en önemli dağlar Atlas Dağları (2000-3000 m), Tibesti ve Hoggar masifleridir. Sahra Çölü'ndeki en önemli kapalı havza Mısır'ın batısında bulunan Qattara Depresyonu olup, 134 m deniz seviyesinin altında bulunmaktadır. Sahra Çölü'nün güneyinde 16-17° Kuzey paralelleri arasında yarı kurak bir bölge olan Sahel bulunmaktadır. Sahel bölgesi yaklaşık 400-600 km'lik bir alana karşılık gelmektedir. Kuzeyi 200-500 mm, güneyi ise 600-700 mm yıllık yağış almaktadır. Ortalama yükseltisi 200-500 m'dir. Topografyası düz ya da hafif dalgalıdır (Laity, 2008: 17-18).

Sahra Çölü'nü topraklarında bulunduran ülkeler; Cezayir, Çad, Mısır, Libya, Fas, Moritanya, Mali, Nijer, Sudan ve Tunus'tur. Sahra Çölü'nde 4 tane önemli çöl tozu

kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; Fas ve Kuzey Moritanya bölgesi, Mali, Nijer ve Cezayir bölgesi, Güney Libya ve Çad bölgesi ile Mısır ve Kuzey Sudan bölgesidir (Guerzoni vd., 1997: 23) (Şekil 45).



Şekil 45: Sahra Çölü'nde Çöl Tozu Kaynak Bölgeleri, Taşınım Yönleri ve Çöl Tozu Kaynak Bölgelerinde Bulunan Mineraller (Guerzoni vd., 1997: 23).

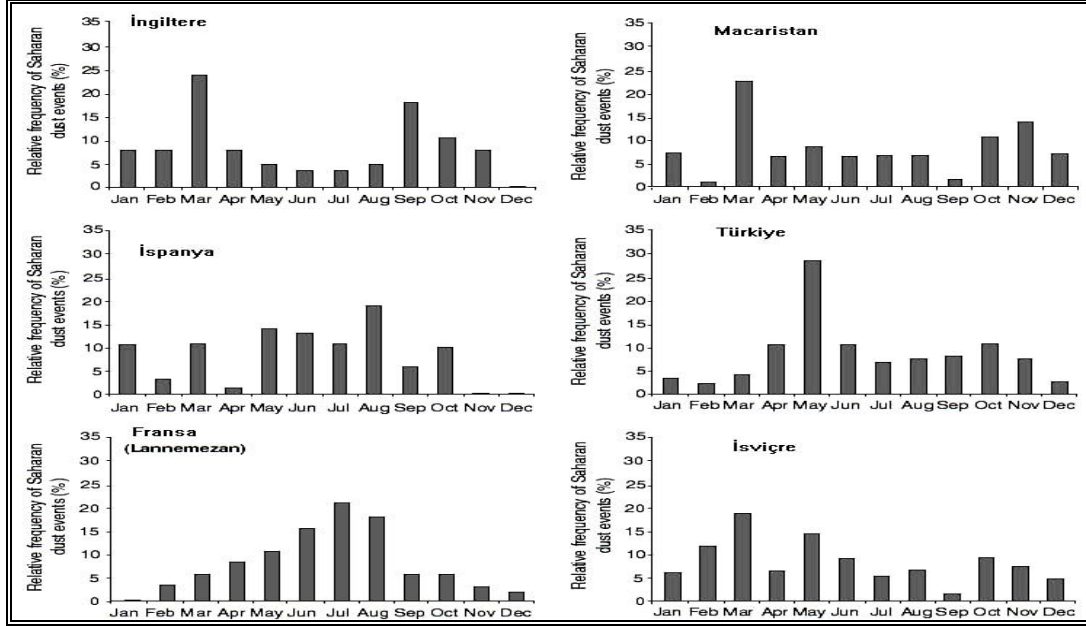
Sahra Çölü'nün yaklaşık % 80'i taş, çakıl ve kum yüzeylerinden oluşur. Kumlar yaklaşık olarak toplam alanın % 15-20'sini oluşturmaktadır (Tablo 8) (Akınç, 2005: 6).

Tablo 8 Sahra Çölü'nün Topoğrafik Özellikleri

Topoğrafik Özellik	Tanımlama
Vadiler	Su kaynaklarının oluşturduğu vadiler
Serir ve Regler (Taşlı çöller)	Doğu ve Batı Sahra'da küçük çakılların çimentolaşmasıyla oluşan düzlükler
Hammada (Kayalık çöller)	Sert çakıl ve kumlarla kaplı platolar
Ergler (Kum çöller)	Kum denizleri

(Kaynak: Akınç, 2005: 2)

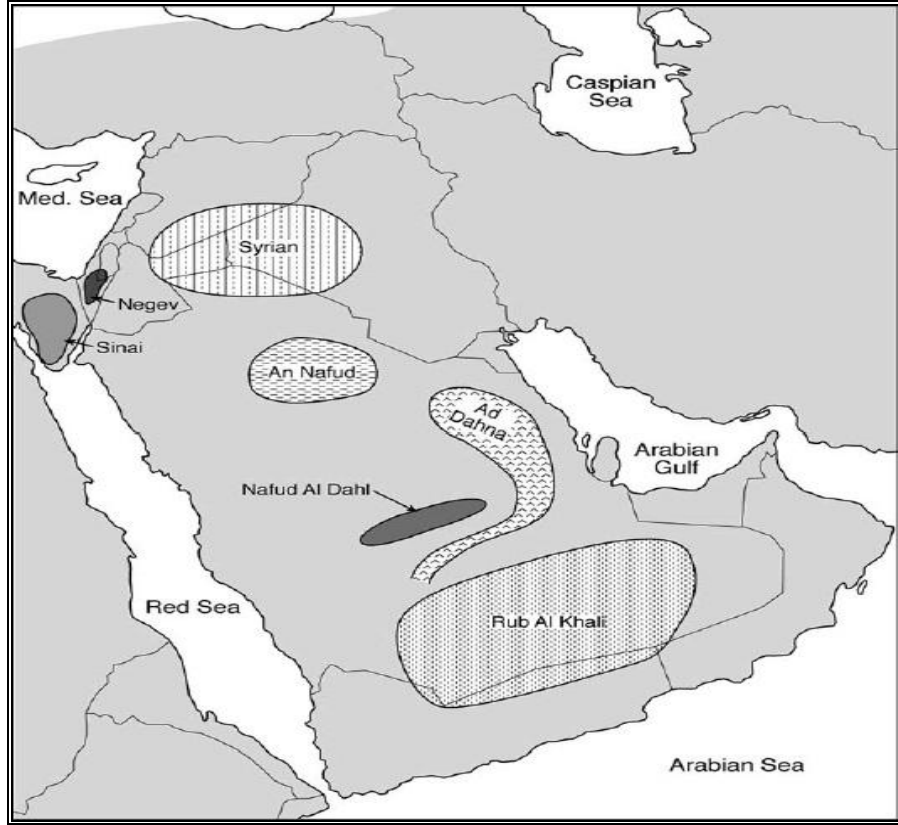
Sahra Çölü'nden kaynaklanan çöl tozları her ülkede farklı mevsimlerde etkili olmaktadır. Türkiye'de Sahra kaynaklı çöl tozları özellikle mart, nisan, mayıs aylarıyla eylül, ekim ve kasım aylarında etkili olmaktadır (Şekil 46).



Şekil 46: Çeşitli Avrupa Ülkelerinde Sahra Çölü Tozlarının Mevsimlere Göre Ortalama Durumu (Goudie ve Middleton, 2006: 103).

3.1.2. Arabistan Yarımadası Çölleri

Arabistan Yarımadası, ormansızlaştırma, mera tahribi ve nehir yatağı değişimleri dahil olmak üzere yaklaşık 8000 yıllık beşeri kaynaklı arazi değişimlerine sahne olmuştur. Günümüzdeki problemleri, hızlı nüfus artışı, politik çatışma ve su yetersizliğidir. Arabistan Yarımadası'nın çoğu bölgeleri ılık kışları ve kurak yazlarıyla bir Akdeniz iklimine sahiptir. Bitki örtüsü stepler ve çöl bitkileridir Arabistan Yarımadası'nda bulunan başlıca çölleri Negev-Sina Çölleri, Suriye-Ürdün Çölleri, Irak Çölleri ve Suudi Arabistan Çölleri'dir (Laity, 2008: 26) (Şekil 47).



Şekil 47: Arabistan Yarımadası Çölleri (Warner, 2004: 143).

3.1.2.1. Negev-Sina Çölleri

Bu çöller Kuzey Afrika, Doğu Akdeniz ve Arabistan kurak bölgeleriyle bağlantılı olan çöllerdir (Şekil 47). İsrail'in Negev Çölü ve Mısır'ın Sina Çölü, yaklaşık 12.500 km²'lik alanıyla coğrafik olarak tek çöl olarak kabul edilmektedir. Bu çöl, 1906'daki politik bir sınır anlaşması yüzünden keyfi olarak bölünmüştür.

Negev Çölü, İsrail'deki kum alanlarının yaklaşık üçte birini oluşturur ve sadece nüfusunun % 9'u burada yaşamaktadır. Negev Çölü, yarı kurak, kurak ve aşırı kurak bölgeleri birleştirir. Negev Çölü'nde çöl kumları toplam çölün % 13'ünü oluşturur. Sina Çölü'nde ise çöl kumları % 21'lik bir alan kaplamaktadır (Laity, 2008: 25).

3.1.2.2. Suriye-Ürdün Çölleri

Suriye-Ürdün Çölleri, Arabistan Yarımadası'nın kuzeyinde bulunmaktadır (Şekil 47). Bu çöller Suriye'nin güneyi, Ürdün'ün kuzeydoğusu ve Irak'ın batısı boyunca uzanan taşlı çakıllı bir plato görünümündedir. Bölgenin topografyası fazla yüksek değildir. Arazisinde Üçüncü zamanın son dönemlerine ait bazalt düzlükleri ve Kuaterner'in ilk dönemlerine ait örtüler yoğun olmasına rağmen tortul kayalar daha baskındır (Laity, 2008: 25).

Suriye'nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne yakın olması ve arada topoğrafik bir engelin olmamasından dolayı Sahra Çölü ve Arabistan çölleri oranla Suriye kökenli çöl tozları inceleme alanını yoğun şekilde etkilemektedir (Şekil 48).



Şekil 48: Suriye ve Irak Kökenli Çöl Tozlarının Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Etkili Olması (www.feww.wordpress.com).

3.1.2.3. Suudi Arabistan Çölleri

2.6 milyon km²'lik bir alana sahip olan Arabistan Yarımadası, orografik yağışların olduğu yüksek yerler hariç, kurak ya da aşırı kurak bir bölgeye karşılık gelmektedir. Batıda Kızıldeniz, güneyde Aden Körfezi ve Arap Denizi, doğuda ise Fars Körfezi'yle çevrilidir (Şekil 47). Bölgenin çoğu yerinde yıllık yağış 100 mm'nin altındadır. Dünyanın en geniş kumullarına sahip olan Rubul Hali Çölü yılda 50 mm'den daha az yağış almaktadır. Bölgede kışları yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır. Bölgenin ortalama yükseltisi genelde düşük olup, 500 m civarındadır. Güneydoğuda bulunan Hicaz-Asir ve Umman Dağları 3000 m yüksekliğe erişir. Arabistan Yarımadası'nda erglerin toplam alanı 795.000 km²'lik bir alan kaplamaktadır (Laity, 2008: 25).

3.1.2.4. Irak Çölleri

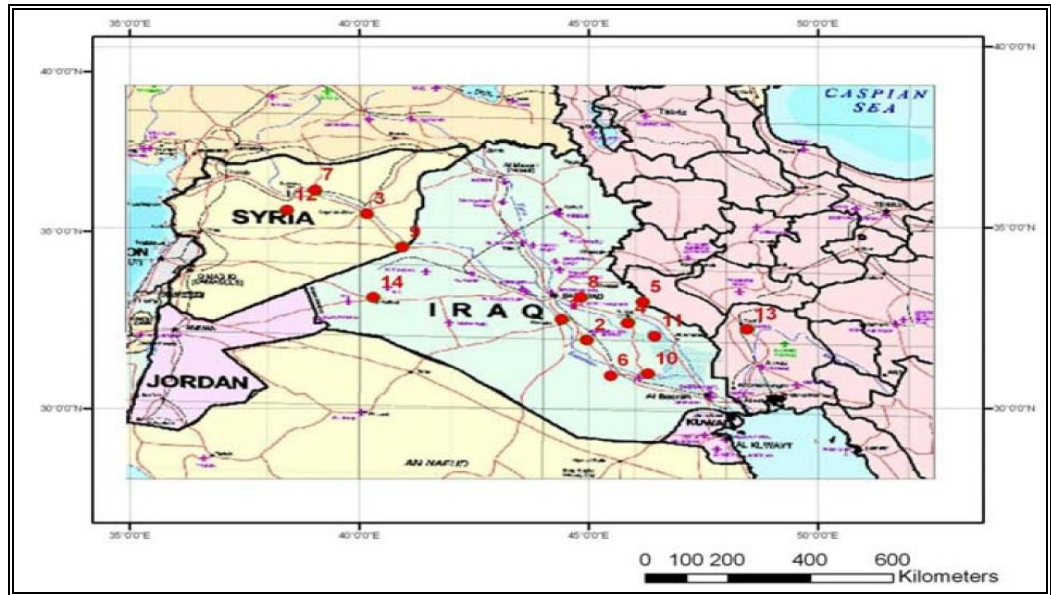
Irak'ta topografya 4 bölgeye ayrılmaktadır. Birincisi, Zagros Dağları'na kadar uzanan kuzeydoğu yüksek bölgeleri, ikincisi Fırat ve Dicle nehirleri arasındaki geniş kurak bölge, üçüncüsü Fırat ve Dicle nehirlerinin birleştiği Şat'ül Arap bölgesi,

dördüncüsü ise güneyde ve batıda Arabistan ve Suriye Çölleri'ne yakın olan çöl bölgesi (Şekil 49). Irak'ta yağışların çoğu Aralık ve Mart arasında düşmektedir. Ortalama yıllık yağış Bağdat'ta 140 mm'dir. Bölgede esen Sirocco, Shargi ve Shamal rüzgârları, Ortadoğu'da yoğun şekilde toz fırtınalarına neden olmaktadır (Laity, 2008: 28).



Şekil 49: Irak ve Çevresinin Topoğrafik Durumu (www.tsk.tr).

Mezopotamya'da çöl tozlarının kaynak bölgeleri, Suriye, Irak, Batı İran ve Kuzeydoğu Arabistan'ı içermektedir. Bu bölgede birbirinden ayrı 14 tane toz kaynak bölgesi bulunmaktadır ve bu bölgeler Walter ve Wilkerson (1991) tarafından ortaya konulmuştur (Şekil 50) (Gerivani vd., 2011: 299).



Şekil 50: Mezopotamya'da Çöl Tozlarının Kaynaklarının Dağılışı (Rakamlar toz kaynak bölgelerini göstermektedir) (Gerivani vd., 2011: 300).

3.1.3. İran Çölleri

İran'ın çoğu bölgesi ve özellikle iç kısımları bir plato görünümündedir. İki önemli dağlık bölgeye sahiptir. Bunlar, Hazar Denizi'nin güneyinde bulunan Elbruz Dağları (5000 m) ve Zagros Dağları (4000 m)'dir. Elbruz Dağları'nda Kuaterner buzullaşmasının izlerine rastlanılmaktadır. İran'da sıcaklık yazın 50°C'yi geçmekte ve kışın ise 0°C'nin altına kadar düşmektedir. En önemli çölleri Deşt-i Kevir ve Deşt-i Lut Çölleri'dir (Şekil 51). Deşt-i Kevir, tuzlu ve yarı kurak şartlara sahip iken, Deşt-i Lut ise tamamen kumlarla örtülüdür (Laity, 2008: 20).

İran çöllerinden kaynaklanan çöl tozlarının Türkiye'ye olan etkileri Büyük Sahra ve Ortadoğu çöllerine göre zayıftır. İran çöllerinden kaynaklanan tozlar ise Türkiye'ye çeşitli dönemlerde oluşan gezici yerel depresyonlarla taşınmaktadır.



Şekil 51: İran Çölleri (Laity, 2008: 20).

Türkiye anakarasında şiddetli rüzgârların etkisiyle yerden havalanan tozlar da az da olsa farklı bölgelere taşınmaktadır. Taşınan bu tozlar bazen çamurlu yağışlara da dönüşmektedir. Buna en iyi örnek eski Konya Gölü tabanına biriken göl tortulları (Karapınar çevresi) verilebilir. Ayrıca Türkiye'de güney sahillerde bulunan plaj kumları da şiddetli rüzgarlar ve fırtınalarla başka bölgelere taşınmaktadır.

3.2. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Kaynaklı Tozların Mikro Analitik Özellikleri

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöllerden Sahra Çölü, Ortadoğu ve İran Çöllerinin her birini bulundukları yerlerde yaşanan iklim koşullarının

tamamen aynı olmaması ve farklı jeolojik yapıya sahip arazilerden oluşmasından dolayı buralardan kaynaklanan ve Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöl tozlarının kimyasal ve mineralojik özellikleri farklı olmaktadır. Çalışma alanını etkileyen çöl tozlarının mikroanalitik özelliklerinin tespitinde örnekleme (numune alma) ve mikroanaliz yöntemleri kullanılmıştır.

3.2.1. Örnekleme Yöntemi

Mikroanalitik çalışmalarda örnekleme yöntemi önemli bir yöntemdir. Örnekleme alanının doğru seçilmesi, elde edilen verilerin açıklanması ve yorumlanmasında büyük önem taşımaktadır. Örnekleme, çalışmanın amacına uygun olarak belirlenmiş belirli alanlarda bir maddeye ait numune alma yöntemidir. İnceleme alanında çalışmanın amacına uygun olarak atmosfer tozu örnekleme, kaynak örnekleme ve yağmur suyu örnekleme yapılmıştır. Atmosfer tozu örnekleme, hem kuru çökme ve hem de yağ çökme şeklinde yapılmıştır. İnceleme alanında belirli illerden (Bingöl, Elazığ, Van, Diyarbakır, Adıyaman, Kilis, Şanlıurfa, Mardin, Siirt, Batman) çöl tozlarının yağ çökme örnekleri alınmıştır (Şekil 52) (Fotoğraf 3). Ancak inceleme alanında tüm illere ait çöl tozu örneklemleri yapılamamıştır. Bunun nedeni, inceleme alanını oluşturan illerin sayısının fazlalığı nedeniyle 2009-2011 yılları arasında Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne taşınan çöl tozlarının geldiği dönemlerde tüm illerde aynı anda numune alma imkânının olmaması ve çöl tozu tahminlerinin çok kısa süreli (En fazla 3 günlük) olmasıdır. İnceleme alanında belirli illerden çöl tozu numuneleri, kuru olarak ya da yağmurlarla beraber atmosferden yeryüzüne çökmesi sonucunda çeşitli tarihlerde araba, güneş enerjisi camları gibi çöl tozlarının birikebileceği alanlardan alınmıştır.



Şekil 52: Örnekleme İlleri Haritası.



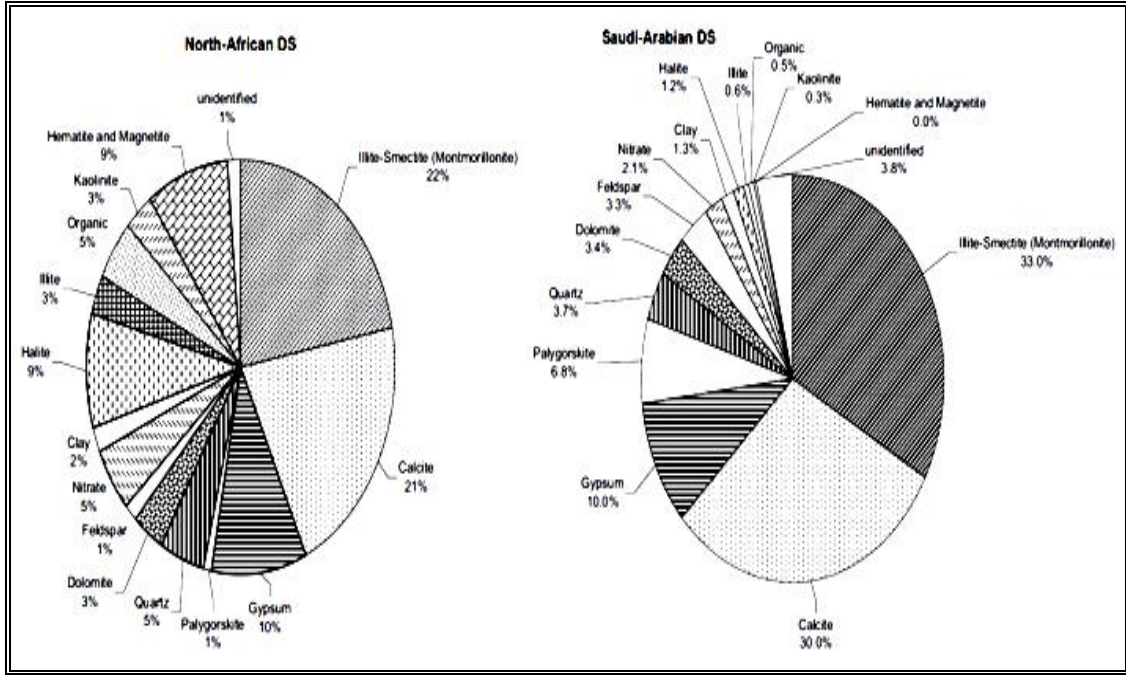
Fotoğraf 3 Çöl Tozlarının Kuru ve Yaş Çökelme örneklemeleri

Çöl tozlarının kaynak bölgeleri, subtropikal çöller ile denizden uzak kara içlerindeki çöllerdir. Bu çöllerden yılın belirli dönemlerinde atmosfere önemli miktarda çöl tozu taşınmaktadır. Taşınan çöl tozları yeryüzüne biriktikten sonra bu çöl tozlarının hangi kaynaktan geldiğini tespit etmek amacıyla depolanan çöl tozu örnekleriyle kaynak bölgelerinden alınan çöl tozlarının analizlerinin yapıp karşılaştırılmasıyla çöl tozlarının kaynak bölgeleri tespit edilmektedir. Bu çalışmada inceleme alanına taşınan çöl tozlarının kaynak bölgeleriyle karşılaştırılmasını yapmak üzere Cezayir ve Tunus'ta Sahra Çölü'ne toprak numuneleri ile Suudi Arabistan çöllerinden çöl toprağı örneklemeleri yapılmıştır.

3.2.2. Mikroanaliz Yöntemleri

Mikroanaliz, bir ile bir kaç yüz mikron küp hacmindeki alanların mikro ışınlar aracılığı ile analizi olarak tanımlanabilir. Yerbilimleri, metallurji, elektronik, çevre bilimleri, biyoloji ve tıp alanlarında geniş bir kullanım alanı bulan mikroanalitik teknikler küçük alanların analizlerinin yanısıra mikroskopik bölgelerin karakterize edilmesi ve yapısal özelliklerinin incelenmesi gibi amaçlarla da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Paktunç, 1996: 41).

Kuzey Afrika ve Suudi Arabistan kökenli çöl tozlarının Taramalı Elektron Mikroskopunda analizi sonucunda en fazla bulunan mineraller, Kuzey Afrika kökenli olanlarda % 22 İllite-Smectite, % 21 Calcite; S. Arabistan kökenli olanlarda ise % 33 İllite-Smectite, % 30 Calcite olmuştur (Ganor vd., 2009: 5466) (Şekil 53).



Şekil 53: Kuzey Afrika ve S. Arabistan Çöl Kökenli Tozların Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) Analizi Sonucunda Ortaya Çıkan Minerallerin Durumu (Ganor vd., 2009: 5466).

3.3. Toz Örneklerine Yapılan Analizler

Bu çalışmada inceleme alanında bulunan çeşitli illere ait çöl tozu numunelerinin AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) yöntemiyle ağır metal analizleri, XRD yöntemiyle kristal yapıları, XRF yöntemiyle elementel analizleri ve Tane (parçacık) boyutu analizleri Türkiye’de bulunan çeşitli laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

Metal ve ağır metaller atmosfer, hidrosfer ve toprak gibi farklı ortamlarla etkileşmekte ve dolayısıyla bilimsel açıdan sürekli önem arz etmektedir. Bu metaller toprak, deniz, volkan ve dünyanın yer kabuğu gibi doğal kaynakların yanı sıra endüstri ve enerji santrallerinden kaynaklanan emisyonlar, ısınma, trafik ve atık yakma gibi insan kaynaklı faaliyetler sonucunda da atmosfere salınabilirler (Anıl vd., 2010: 35-36).

Çalışma alanında çeşitli illere ve kaynak bölgesine ait olan çöl tozu numunelerinin ağır metal analizleri, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünün araştırma laboratuvarında AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) yöntemiyle yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre numune alınan tüm illerde en yoğun oranda bulunan ağır metaller demir (Fe), sodyum (Na) ve Potasyum (K)’dur. Numune alınan iller içerisinde demir miktarının en yüksek olduğu il

Bingöl'dür. Sodyum miktarının en yüksek olduğu il ise Siirt (29.09.2010) 'tır. Örnekleme illerinde düşük miktarda bulunan ağır metaller ise Krom ve Çinko'dur (Tablo 9).

Tablo 9 Çeşitli İllere ve Kaynak Bölgesine Ait Çöl Tozu Numunelerini Ağır Metal Analizleri (mg/kg)

NUMUNE ALINAN YERLER	Fe	Cr	Mn	Na	K	Zn
1)25.02.2010 ADIYAMAN MERKEZ	2,115	0,0312	0,1312	0,295	0,43	0,0254
2)12.02.2010 ADIYAMAN MERKEZ	1,61	0,0195	0,1342	0,616	0,40	0,0214
3)23.04.2010 CİDDE S. ARABİSTAN	3,2275	0,0111	0,1186	0,533	0,44	0,0318
4)22.09.2010 ELAZIĞ MERKEZ	3,23	0,0273	0,1555	26,4	0,42	0,0893
5)28.09.2010 MARDİN KIZILTEPE	2,0675	0,0101	0,1094	2,25	0,5	0,0466
6)29.09.2010 SİİRT MERKEZ	1,485	0,0026	0,01258	27,7	0,53	0,0369
7)15.03.2010 VAN MERKEZ	2,9775	0,0011	0,01325	0,232	0,48	0,27
8)28.04.2010 ADIYAMAN MERKEZ	1,9975	0	0,1326	0,388	0,78	0,0396
9)29.05.2010 SİİRT MERKEZ	1,4675	0	0,1227	0,139	0,30	0,0225
10)12.04.2010 BİNGÖL MERKEZ	3,1275	0	0,1480	0,118	0,26	0,0210

(Kaynak: Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarı)

XRD yöntemi, katı ve toz örneklerin yapılarındaki çeşitli kristal formlar veya fazlar hakkında bilgi veren analitik bir tekniktir. Bu teknik, malzemenin içerdiği fazlar ve bu fazların konsantrasyonu, kristal olmayan fazların miktarı ve kristal boyutu hakkında bilgi vermektedir (www.mam.iyte.edu.tr).

X-ışınları difraksiyon yöntemleri ile herhangi bir kristaldeki birim hücrenin kesin boyutlarını ölçmek, hücredeki atom sayısını bulmak ve kristal yapısındaki

atomların düzenini saptamak mümkündür (Kavak vd., 2004: 72). Çalışma alanına taşınan çeşitli illere ait çöl tozlarının ve çeşitli çöl tozu kaynak bölgelerinin kristal sistemlerinin tespiti için XRD analizleri, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği'nin XRD Analizi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, örnekleme bölgelerinde Heksagonal, Monoklinal, Kübik (İzoklinal), Tetragonal, Ortorombik ve Triklinal gibi tüm mineral sistemleri görülmektedir. Kaynak bölgelerinde ise daha çok Heksagonal, Ortorombik, Monoklinal ve İzoklinal mineral sistemleri bulunmaktadır. Mardin ve Van (15.03.2010) 'a ait olan numunelerin kristal yapıları ile Suudi Arabistan'ın kristal yapıları birbiriyle örtüşmektedir (Tablo10).

Tablo 10 Örnekleme Bölgeleri ve Kaynak Bölgelerine Ait Çöl Tozlarının XRD Analizi Sonuçlarına Göre Mineral Sistemleri

Örnekleme Bölgeleri	Kristal Yapıları
Şanlıurfa (29.10.2011)	Heksagonal, Tetragonal, Ortorombik, Kübik, Triklinal
Kilis (29.10.2011)	Kübik, Tetragonal, heksagonal, Monoklinal
Mardin (28.09.2010)	Kübik, Monoklinal, Ortorombik, Heksagonal, Triklinal
Diyarbakır (25.09.2010)	Tetragonal, Ortorombik, Kübik Monoklinal, Heksagonal
Siirt (27.03.2011)	Monoklininal, Heksagonal, Kübik, Tetragonal,
Batman (13.12.2010)	Heksagonal, Kübik, Ortorombik, , Monoklinal, Tetragonal,
Adıyaman (24.02.2011)	Heksagonal, Kübik Ortorombik, Tetragonal, Triklinal
Elazığ (25.02.2011)	Tetragonal, Ortorombik, Kübik Monoklinal, Heksagonal
Bingöl (12.04.2010)	Ortorombik, Monoklinal, Triklinal Heksagonal, Tetragonal, Kübik
Van (15.03.2010)	Monoklinal, Ortorombik, Triklinal, Kübik, Heksagonal

Kaynak Bölgeleri	Kristal Yapıları
Suudi Arabistan(Cidde)	Heksagonal, Ortorombik, Kübik, Triklinal, Monoklinal
Tunus	Heksagonal, Ortorombik, Monoklinal, Kübik
Cezayir 1	Heksagonal,
Cezayir 2	Heksagonal,

(Kaynak: Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği XRD Analizi Laboratuvarı).

XRF (X Işını Floresans Spektrometresi) yöntemi, sıvı, katı, toz ve her çeşit numunede elementel analiz yapmak için kullanılan en iyi analitik tekniklerden birisidir. Sodyumdan Uranyuma kadar olan element konsantrasyonlarını ppm seviyesinde yüksek hassasiyetle verebilmektedir (www.mam.iyte.edu.tr).

Sahra Çölü'nden Avrupa'ya taşınan çöl tozlarının analiz sonuçlarında baskın elementler Silisyumoksit(SiO_2) ve Alüminyumoksit (Al_2O_3) olmuştur. Silisyumoksitin fazla olması kurak bölgelerde kuvarsın önemini göstermektedir. Sahra Çölü'nün güneyinde bulunan Sahel bölgesindeki tozlarda demir(III)oksit (Fe_2O_3), magnezyumoksit (MgO) ve kalsiyum oksit (CaO) düşük oranda iken Sahra tozlarında bu elementlerin oranı daha yüksektir (Goudie ve Middleton, 2001: 191) (Tablo 11).

Tablo 11 Çöl Tozlarında Bulunan Major (ana) Elementler

Major element analyses of dust (%)															
	Harmattan dust (S Sahara)					Saharan dust over Europe				Harmattan mean	European mean	Chinese mean (10)	Arizona mean (10)	World mean (10)	World rocks (11)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
SiO_2	66.03	57.19	59.05	57.45	65.04	61.33	51.79	54.83	58.0	60.95	56.49	60.26	57.92	59.9	58.93
Al_2O_3	11.08	12.11	11.32	10.64	9.97	15.52	12.79	16.33	11.0	11.02	13.91	11.40	12.21	14.13	14.98
Fe_2O_3	4.45	5.30	4.63	4.34	3.78	8.06	5.32	6.09	6.0	4.50	6.37	2.91	4.72	6.85	6.1
FeO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.37	—	—	—
MgO	0.82	0.81	0.75	0.81	0.62	2.84	3.86	2.90	2.7	0.76	3.08	—	3.01	2.60	3.81
CaO	0.13	3.61	3.01	2.88	1.90	3.47	12.19	10.15	8.6	2.31	8.60	—	2.01	3.94	4.84
Na_2O	0.91	1.46	1.30	2.14	1.12	0.81	1.16	0.98	1.6	1.39	1.14	1.72	1.93	—	—
K_2O	2.04	2.95	2.87	3.26	2.95	3.26	3.26	2.18	1.8	2.81	2.63	2.13	2.63	2.35	2.99
TiO_2	0.73	0.83	0.81	0.82	0.92	0.74	1.01	1.22	1.2	0.82	1.04	0.65	0.74	—	—
P_2O_5	0.17	0.25	0.22	0.18	0.18	0.18	0.42	0.13	—	0.20	0.24	0.19	—	—	—
MnO	0.10	0.08	0.08	0.09	0.08	—	—	0.05	1.6	0.09	—	—	—	—	—
SO_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.20	—	—	—
CO_2	—	4.99	5.47	6.38	4.18	—	—	—	—	5.26	—	—	—	—	—
H_2O	—	9.74	8.94	9.00	7.30	—	—	—	—	8.75	—	0.80	2.14	—	—
LOI	12.79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.64	—	—
Total	99.25	99.32	98.45	97.99	98.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1 = Kano (McTainsh and Walker, 1982).
2 = Kano (Wilke et al., 1984).
3 = Kano (Wilke et al., 1984).
4 = Zaria (Wilke et al., 1984).
5 = Zaria (Wilke et al., 1984).
6 = Italy/Central Mediterranean (Tomadin et al., 1984).
7 = Italy/Central Mediterranean (Tomadin et al., 1984).
8 = Pyrenees (Bücher and Lucas, 1984).
9 = Europe (Bücher, 1986).
10 = Goudie (1978).
11 = Clarke (1916).

(Kaynak: Goudie ve Middleton, 2001: 191).

Bu çalışmada çöl tozlarının elementel analizleri, İnönü Üniversitesi Akaryakıt/Petrol Analiz Laboratuvarı'nda XRF yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre örnekleme bölgelerinde en fazla oranda bulunan elementler SiO_2 (Silisyum Oksit) ve CaO (Kalsiyum Oksit) tir. Çok az oranda bulunanlar ise Na_2O (Sodyum Oksit) ve P_2O_5 (Difosfor Pentaoksit)'tir. Kaynak bölgelerinde ise en yüksek oranda bulunan elementler ise SiO_2 ve CaO 'dur. Çok az oranda bulunanlar ise Na_2O , P_2O_5 ve TiO_2 'dir (Tablo 12).

Tablo 12 Örneklem İlleri ve Kaynak Bölgelerinin XRF Analizine Göre Major (ana) Elementel Yapıları

Ör n No	Başlıca Elementler													
	Birim	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	MnO	Diğ er.
1	% m/m	0.94	4.53	8.39	28.8	0.58	1.16	1.44	45.8	1.25	7.12			0.61
2	% m/m	0.9	5.79	8.29	36.58	0.49	6.83	1.78	30.4	1.183	7.18			0.58
3	% m/m	0.42	6.06	10.97	37.63	0.73	0.531	2.20	31.36	1.40	8.11			0.59
4	% m/m		6.36	10.27	40.25	0.59	0.20	1.95	26.58	1.32	7.79			4.69
5	% m/m		6.56	9.60	41.21	0.54	0.51	1.95	29.47	1.23	7.59			1.34
6	% m/m	0.57	6.03	11.03	41.38	0.65	0.79	1.74	24.43	2.04	10.53		0.16	0.65
7	% m/m		5.65	8.515	37.97			1.561	32.75	1.375	8.71	1.731		1.738
8	% m/m		5.89	10.0	41.1	0.47	0.72	1.8	30.24	1.22	7.42			1.14
9	% m/m		6.15	5.72	28.19	0.55	1.35	1.41	47.88	1.3	6.82			0.48
ÖRNEKLEME İLLERİ														
1.Şanlıurfa 2.Siirt 3. Batman 4. Elazığ 5. Adıyaman 6. Diyarbakır 7. Kilis 8. Van 9. Mardin														
KAYNAK BÖLGELERİ														
Örn No.	Başlıca Elementler % m/m													
	Birim	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	MnO	Diğ er.
10	% m/m	0.23	2.29	6.57	38.61	0.26	14.59	1.16	32.69	0.60	2.46			0.31
11	% m/m	0.75	5.61	12.32	51.94	0.43	1.93	1.84	11.79	1.70	10.17			0.37
12	% m/m		1.0	6.51	89.55			0.31	1.78		0.43			0.42
10. Tunus 11. Suudi Arabistan (Cidde) 12. Cezayir														

(Kaynak: İnönü Üniversitesi Akaryakıt/Petrol Analiz Laboratuvarı).

Çöl bölgelerinde çeşitli iklimatik ve topoğrafik faktörlerin etkisiyle atmosfere dahil olan çöl tozları, atmosfer içerisinde uzun mesafeli taşınım sonucunda başka bölgelerde bulunan çöllerden atmosfere dahil olan diğer çöl tozlarıyla ve diğer endüstriyel partikül maddelerle karışarak kaynak bölgelerine uzak alanlarda yeryüzüne çökmektedir. Bu taşınan çöl tozları sadece tek bir kaynak bölgesine olmayıp birçok çöl bölgelerine ait malzemeleri içermektedir. Dolayısıyla çökelen çöl tozlarının kaynak bölgelerinin belirlenmesi için çalışma alanını etkileyen tüm çöllerin farklı bölgelerinin çok miktarda toz örneklemelerinin yapılması ve bunların kristal yapıları ve elementel analizlerinin çok iyi yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada imkânların kısıtlı olmasından dolayı kaynak bölgesi örneklemeleri iyi yapılamamış ve dolayısıyla çalışma alanına taşınan ve biriken çöl tozlarının kristal sistemlerine ve elementel analizlerine göre kaynak bölgesi tanımlamaları için kesin ve net değerlendirmeler mümkün olmamıştır.

Aerosoller (Partikül maddeler), insanı rahatsız eden ama genellikle zehirlemeyen kurum(yanmadan kaynaklanan ince, katı karbon parçacıkları), toz, duman, polen vb. gibi katı parçacıkları içerir. PM kirliliğine ilişkin başlıca sorunlardan birisi, uçucu parçacık kirliliğinin, parçacıkların boyutuna ve oluşan yağış tutarına bağlı olarak

atmosferde bir süre asılı kalmasıdır. Örneğin çapı yaklaşık $10\mu\text{m}$ 'den daha büyük olan iri ve ağır parçacıklar atmosfere salındıktan sonra havada yaklaşık birkaç gün kalır, sonra yere iner. Buna karşın, çapı yaklaşık $1\mu\text{m}$ 'den ($0,001\text{mm}$) küçük ve hafif parçacıklar alt atmosferde haftalarca asılı kalabilir (www.chem.eng.ankara.edu.tr). Çöl tozlarının tane boyutlarını belirlemeye yönelik ilk çalışma ABD'de Udden (1898) tarafından yapılmıştır. İlk çalışmalarda tane boyutlarının $15,6 - 62,5\mu\text{m}$ arasında değiştiğini bulmuştur. Çöl tozlarının tane boyutu kaynak bölgelerinden uzaklaştıkça düşmektedir. Udden, kaba partiküllerin ($31-62\mu\text{m}$) kaynağından 320 km , orta düzeydeki tozların ($16-31\mu\text{m}$) kaynağından 1600 km , daha küçük partiküllerin ise ($16\mu\text{m}$) dünyanın çok geniş yerlerine ulaşabileceğini göstermiştir (Goudie ve Middleton, 2009:157).

İnceleme alanında çeşitli illere ve kaynak bölgelerine ait çöl tozlarının tane boyutu analizleri ODTÜ Merkez Laboratuvar'nda Parçacık Boyut Analizörü (Malvern Mastersizer 2000) ile yapılmıştır. Çöl tozlarının tane boyutu dağılımları, genellikle kaynak merkezinden tozların ulaştığı bölgelere göre bir derecelenme şeklinde olmaktadır. Analiz sonuçlarına göre örnekleme illerinde de çöl tozlarının tane boyutu dağılımlarında bir derecelenme (iri unsurlardan ince unsurlara doğru dizilme) görülmektedir. En güneyde bulunan Mardin'de tane boyutu $43.0\mu\text{m}$ iken, daha kuzeyde bulunan Elazığ'da tane boyutu $11.0\mu\text{m}$ 'dir. Ancak Van ve Batman gibi illerde bu düzenin bozulduğu görülmektedir. Bu durum, numunelerin her birinin farklı tarihlerde farklı kaynaklardan taşınan çöl tozlarından alınması ve her bir döneme ait çöl tozlarının taşınımına neden olan meteorolojik faktörlerin farklı olmasıyla açıklanabilir (Tablo 13) (Şekil 54-55).

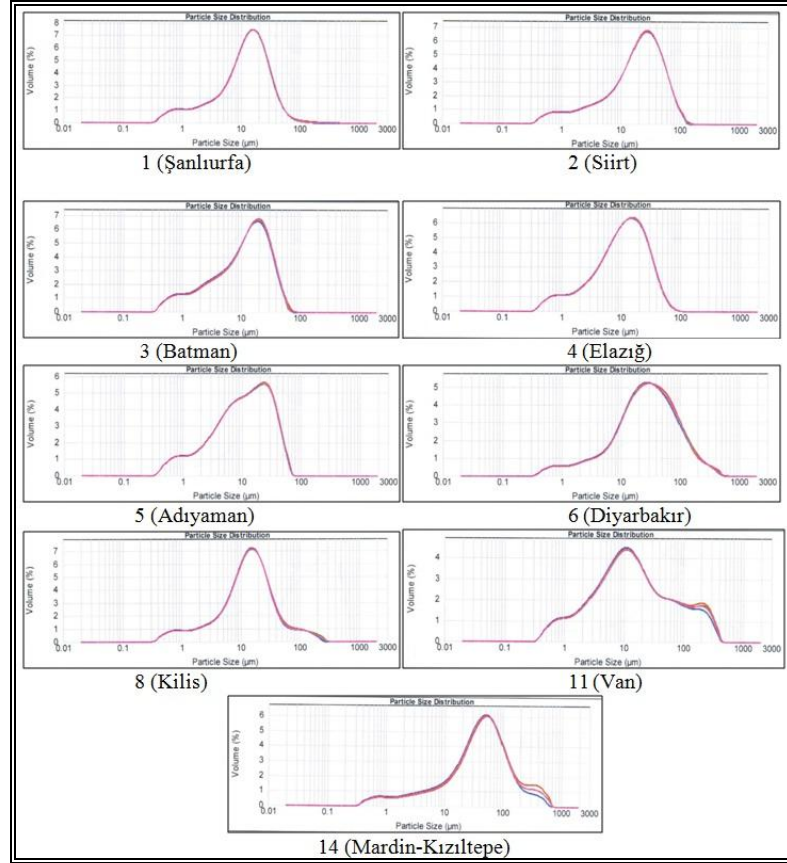
Tablo 13 Örnekleme İllerinde Çöl Tozu Numunelerinin Tane Boyutu Dağılışı

Örnekleme İlleri ve Tarihleri	Tozların Kaynak Bölgeleri	Tane Boyutları (µm)
Van (15.03.2010)	Sahra Çölü, Suriye Çölü	12.8
Elazığ (25.02.2011)	Suriye, Irak ve Ürdün çölleri	11.0
Diyarbakır (25.09.2010)	Suriye ve Irak çölleri	27.8
Siirt (27.03.2011)	Suriye ve Irak çölleri	20.8
Batman (13.12.2010)	Irak ve Suriye çölleri	12.2
Adıyaman (24.02.2011)	Irak ve Suriye çölleri	11.1
Şanlıurfa (29.10.2011)	Suriye Çölü	12.7
Mardin (28.09.2010)	Suriye ve Irak çölleri	43.0
Kilis (29.10.2011)	Suriye Çölü	13.9

(Kaynak: ODTÜ Merkez Laboratuvarı Parçacık Boyut Analizörü (Malvern Mastersizer 2000).



Şekil 54: Örnekleme İllerinden Alınan Çöl Tozlarının Tane Boyutu Dağılışı Haritası.



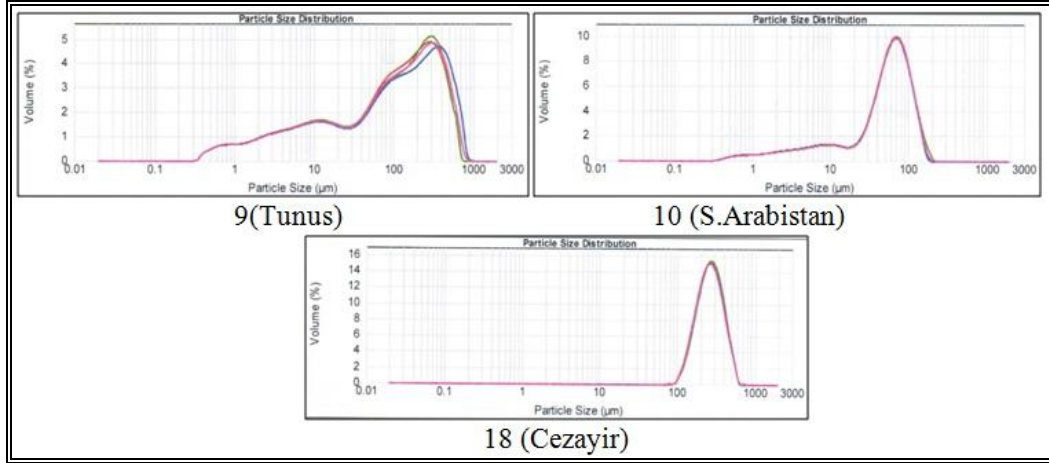
Şekil 55: Örnekleme İllerinde Çöl Tozlarının Tane Boyutu Grafikleri (ODTÜ Merkez Laboratuvarı Parçacık Boyut Analizörü (Malvern Mastersizer 2000).,

Kaynak bölgesinden alınan çöl topraklarının tane boyutu analizi sonuçlarında ise 50 ile 300 μm arasındaki taneler daha yoğun bulunmaktadır (Tablo 14) (Şekil 56).

Tablo 14 Kaynak Bölgelerinde Bulunan Çöl Kumlarının Tane Boyutu Dağılımları

Kaynak Bölgeleri ve Tarihleri	Tane Boyutları (μm)
Tunus	99.4
S. Arabistan	55.7
23.04.2010	
Cezayir	257.8
01.01.2012	

(Kaynak: ODTÜ Merkez Laboratuvarı Parçacık Boyut Analizörü (Malvern Mastersizer 2000).



Şekil 56: Kaynak Bölgesinden Alınan Çöl Kumlarının Tane Boyutu Analizi Grafikleri (ODTÜ Merkez Laboratuvarı Parçacık Boyut Analizörü (Malvern Mastersizer 2000)).

İnceleme alanına taşınan çöl tozlarının farklı özelliklerde olmasına ek olarak taşınan toz miktarı da önem arz etmektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne her yıl milyonlarca ton toz taşındığı çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar taşınan çöl kökenli toz miktarının Türkiye için milyonlarca tonla ifade edilebilen rakamlara ulaştığını göstermektedir. Uzun dönemli çalışmalar yıllık ortalama toz yükünün 20 milyon ton seviyesine ulaşabileceği ancak bunun %80'e varan kısmının Mart-Nisan ayları içerisinde ve her biri birkaç günlük periyotlar halinde Anadolu'ya ulaştığını göstermektedir (Eren, 2006: 4'e göre Kubilay ve Saydam, 1995; Kubilay ve diğerleri, 2000). Akdeniz Havzası'nda her yıl Nisan - Ekim döneminde 15–30 çöl tozu olayı gerçekleşmektedir (Güllü vd., 2003: 24).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi, orta enlem siklonları ve rüzgârların geçiş güzergâhında olması nedeniyle Sahra Çölü'nden yıl boyunca çok miktarda çöl tozu almaktadır. Akdeniz'deki tozların kaynaklarıyla ilgili olarak Saydam vd. 1994'te yaptıkları çalışmada Akdeniz'in kuzeydeki endüstrileşmiş ülkeler ile güneydeki Kuzey Afrika ve Arabistan Yarımadası çöllerinden gelen toz ve aerosollerin etkisi altında olduğu belirtilmiştir (Feyzioğlu ve Ögüt, 2001: 269).

3.4. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Tozlarının Hareketini ve Dağılımı Etkileyen Faktörler

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının hareketi ve dağılımında doğrudan ve dolaylı olarak birçok faktör etkili olmaktadır. Bunlar, doğal ve beşeri faktörler olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Doğal faktörler, topoğrafik özellikler

(orografya, yükselti, bakı) ve klimatolojik özellikler (sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve yağış) dir. Beşeri faktörler ise yoğun ve düzensiz kentleşme, fosil yakıtlar ve motorlu araçlardır.

3.4.1. Doğal Faktörler

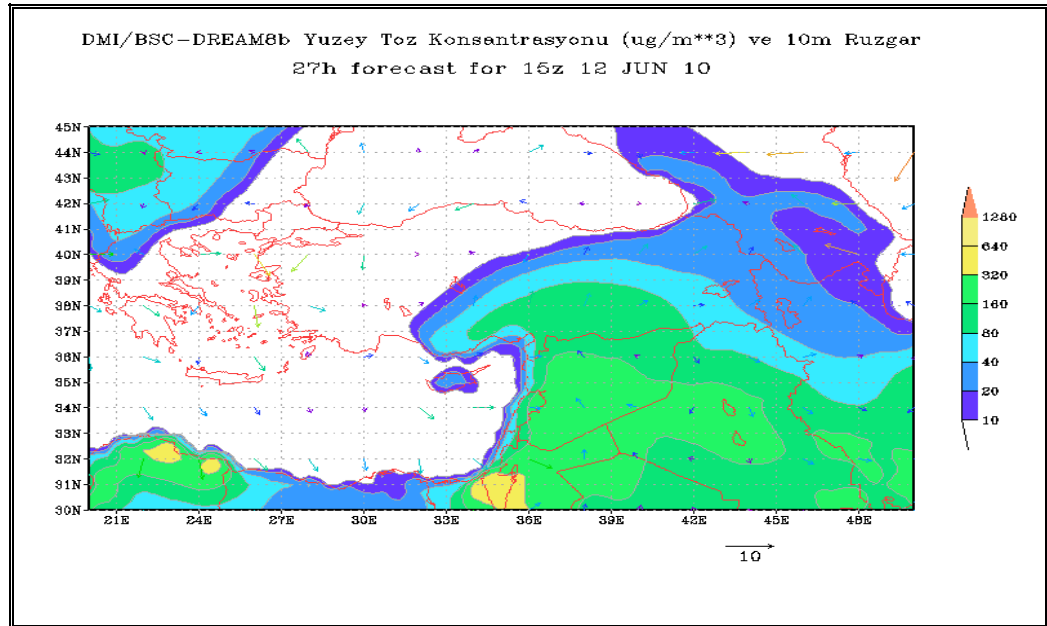
Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Türkiye'nin Güneydoğu Toroslar ile Suriye sınırı arasında uzanan ve Fırat ile Dicle ırmakları tarafından sulanan en küçük bölgesidir. Yüzölçümü 57210km² olup Türkiye arazisinin %7'sine karşılık gelmektedir. Bölge arazisi platolar, çanaklaşmış havzalar ve orta yükseklikte kubbeleşmiş dağlar ve tepelerden oluşmuştur. Relief kuzeyden güneye doğru kademeli bir alçalma gösterir ve Mezopotamya düzlüklerine kavuşur (Arınç, 2011: 375-380) (Şekil 3).

Doğu Anadolu Bölgesi ise Türkiye'nin en yüksek ve engebeli bölgesidir. Bölgenin ortalama yükseltisi 1500m'nin üzerindedir. Türkiye'nin en yüksek dağları da bu bölgededir. Birer volkan konisi görünümünde olan bazı dağların yüksekliği 3500m'nin üzerindedir. Ayrıca kıvrılma ile oluşmuş en yüksek dağlar da yine bu bölgede bulunur. (Atalay ve Mortan, 2006: 447).

Topoğrafik özellik hava kirliliğini doğurucu bir faktör olmayıp, onun derecesini, ortamın kirli kalma süresini etkilemektedir. Topoğrafik olarak bir çanak özelliği gösteren veya hakim rüzgar yönüne dik doğrultuda uzanan yerleşim alanlarında kirlilik daha da etkili olmaktadır (Şahin, 1989: 33). Güneydoğu Anadolu Bölgesi, konum itibarıyla Suriye ve Arabistan çöllerine yakın olması ve çöl bölgelerinin etkisini önleyecek ciddi topoğrafik engellerin olmaması nedeniyle çöl kaynaklı tozlardan yılın belli dönemlerinde etkilenmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin kuzeyinde bir sıra halinde uzanan Güneydoğu Toroslar eğer bulunmasaydı çöl tozlarının etki alanı daha da genişleyebilirdi. (Şekil 57-58).



Şekil 57: Güneydoğu Torosların Görünümü (Harita Genel Komutanlığı, 2011).



Şekil 58: Arabistan Yarımadası çöllerinden Doğu ve G. Doğu Anadolu Bölgesi'ne Taşınan Çöl Tozları (12 Haziran 2010) (www.dmi.gov.tr)

Çöl tozları, özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne topoğrafik engellerin olmadığı yerlerden sokulmaktadır. Buna örnek olarak Gaziantep Platosu ile Şanlıurfa Platosu arasındaki oluk ile yükseltisi 1000m 'yi aşmayan Şanlıurfa Platosu verilebilir. Yine 1000-2000 m yüksekliklerde havada asılı kalabilen ve taşınan çöl tozları Karacadağ ve Mardin Eşiği'ni geçerek Diyarbakır Havzası'na taşınmakta ve kuzeydeki Güneydoğu Toroslar yüksek engelinden dolayı burada havuzlanmaktadır. Güneyde ve

sınırdaki bulunan Şanlıurfa ile Mardin şehirleri çöl bölgelerine yakın olmaları ve aralarında topoğrafik engellerin olmamasından dolayı çöl kökenli kum ve toz fırtınalarından yoğun şekilde etkilenmektedir (Şekil 3).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde güneyden kuzeye doğru gidildikçe orografi ve yükseltinin etkisiyle çöl tozları farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır. En güneyde olan yerlerde çöl tozları, daha çok toz ve kum fırtınaları şeklinde etkili olmakta hava kalitesi ve görüş mesafesi çok olumsuz şekilde etkili olmaktadır (Fotoğraf 4).



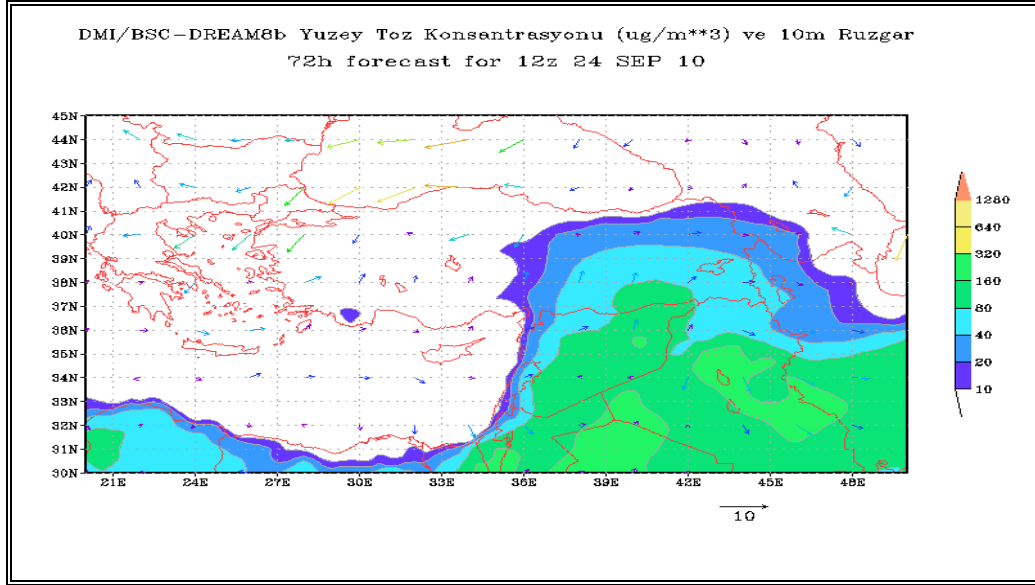
Fotoğraf 4 Mardin ve Siirt'te Etkili Olan Çöl Tozları.

Biraz daha kuzeye doğru gidildikçe çöl tozları kum ve toz fırtınası şeklinde değil de daha çok atmosferde yoğunlaşma şeklinde ortaya çıkmaktadır. En güneyde kum ve toz fırtınası etkili olduğunda yükseltinin az olmasının da etkisiyle hava kırmızı bir renge bürünürken, daha kuzeyde olan yerlerde havanın rengi hafif sarımsı ve gri bir renk almaktadır (Fotoğraf 5).



Fotoğraf 5 Elazığ (29 Temmuz 2011)'da Etkili Olan Çöl Tozları

2000 m ve daha yukarılara kadar havada asılı kalabilen çöl tozları Güneydoğu Toroslar engelini aşarak Doğu Anadolu Bölgesi'nin orta ve hatta kuzey bölümlerini etkileyebilmektedir (Şekil 59) (Fotoğraf 6).



Şekil 59: Çöl Tozlarının Taşınımına Orografi ve Yükseltinin Etkisi (24 Eylül 2010 tarihinde Suriye ve Arabistan ölllerinden gelen tozların Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'e etkisi) (www.dmi.gov.tr).



Fotoğraf 6 Van ve Elazığ'da öl Tozları.

Dikey yönlü hava hareketlerinin bulunmadığı yerlerde ve zamanlarda yatay yönlü hava akımları kirli havanın uzaklaşmasına yardımcı olmaktadır (Şahin, 1989: 196). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının havuzlanması önleyecek şekilde rüzgâr alan yerlerin ve bakının uygun olduğu yerlerde çöl tozları

fazla birikmezken, uygun rüzgar almayan Diyarbakır Havzası, Elazığ Ovası, Erzurum Ovası gibi yerlerde çöl tozları günlerce etkili olmaktadır.

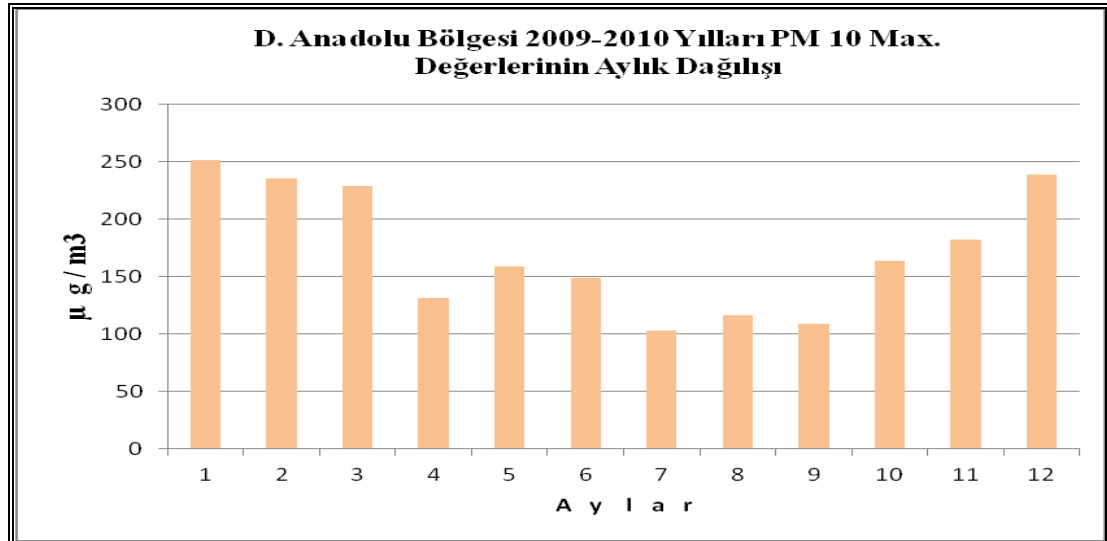
Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’de çöl tozlarının dağılışı ile sıcaklık, nem, yağış, basınç ve rüzgârlar arasında önemli bağlantılar vardır. Klimatik şartlar havadaki kirletici konsantrasyonunu arttırabileceği gibi, kirli havanın etrafa yayılmasında da önemli bir etkindir (Sungur ve Gönençgil, 1997: 340).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında fosil yakıtların kullanılmasına bağlı olarak ortaya çıkan kirlilik düzeyi çok düşük seviyelerdedir. Kış mevsiminde ise Doğu Anadolu Bölgesi’nde sıcaklık şartlarının çok düşük olması nedeniyle ısınmak için fosil yakıtların yoğun kullanılması sonucunda bölgede Partikül madde oranı çok yüksek seviyelere çıkmaktadır (Tablo 15) (Şekil 60).

Tablo 15 Doğu Anadolu Bölgesi PM₁₀ Maksimum Ortalama Aylık Değerleri (2009-2010).

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM ₁₀ Max.Değ.	251	235	229	131	159	149	103	116	109	164	182	239

(Kaynak: T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İstasyonları verileri).



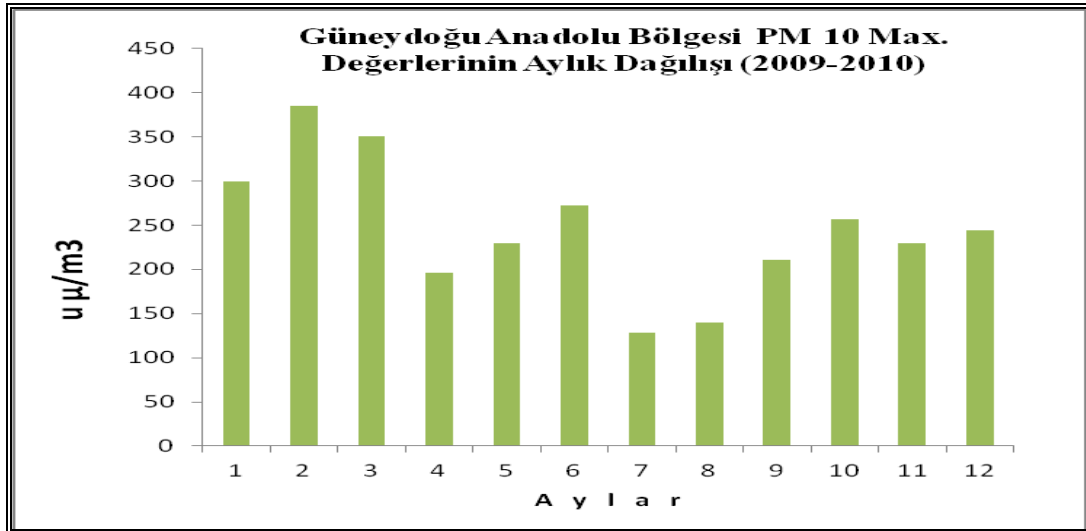
Şekil 60: Doğu Anadolu Bölgesi’nde 2009-2010 Yılları PM10 Maksimum Değerlerinin Aylık Dağılışı (T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İstasyonları Verilerine Göre Oluşturulmuştur).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ise kışın sıcaklığın çok düşük olmamasına bağlı olarak fosil yakıt kullanımının düşük olması nedeniyle partikül madde oranı Doğu Anadolu Bölgesi kadar çok yüksek seviyelere çıkmamaktadır. Ancak kış aylarında çöl tozları da etkili olduğunda havadaki PM₁₀ seviyesi çok yüksek seviyelere çıkmaktadır (Tablo 16) (Şekil. 61).

Tablo 16 Güneydoğu Anadolu Bölgesi PM10 Maksimum Ortalama Aylık Değerleri (2009-2010).

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM ₁₀ Max.Değ.	299	385	351	196	230	272	128	140	211	257	229	244

(Kaynak: T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İstasyonları verileri).



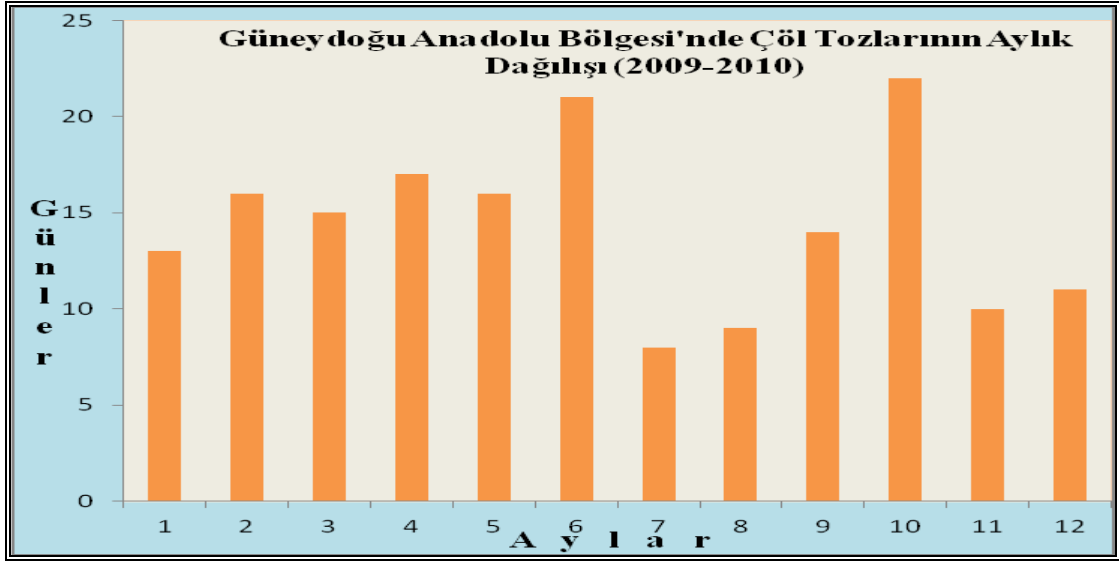
Şekil 61: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2009-2010 Yılları PM10 Maksimum Değerlerinin Aylık Dağılışı (T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İstasyonları Verilerine Göre Oluşturulmuştur).

Dolayısıyla yazın ve diğer geçiş mevsimlerinde hava kalitesini etkileyen en önemli faktör çöl tozlarıdır. Çöl tozları en fazla Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ilkbahar, sonbahar ve yaz aylarında görülmektedir (Tablo 17-18) (Şekil 62-63).

Tablo 17 Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Tozlarının Etkili Olduğu Gün Sayıları (2009-2010)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tozlu Günler	13	16	15	17	16	21	8	9	14	22	10	11

(Kaynak: Barselona Süper Bilgisayar Merkezi Çöl Tozları Konsantrasyon Haritalarına göre oluşturulmuştur).

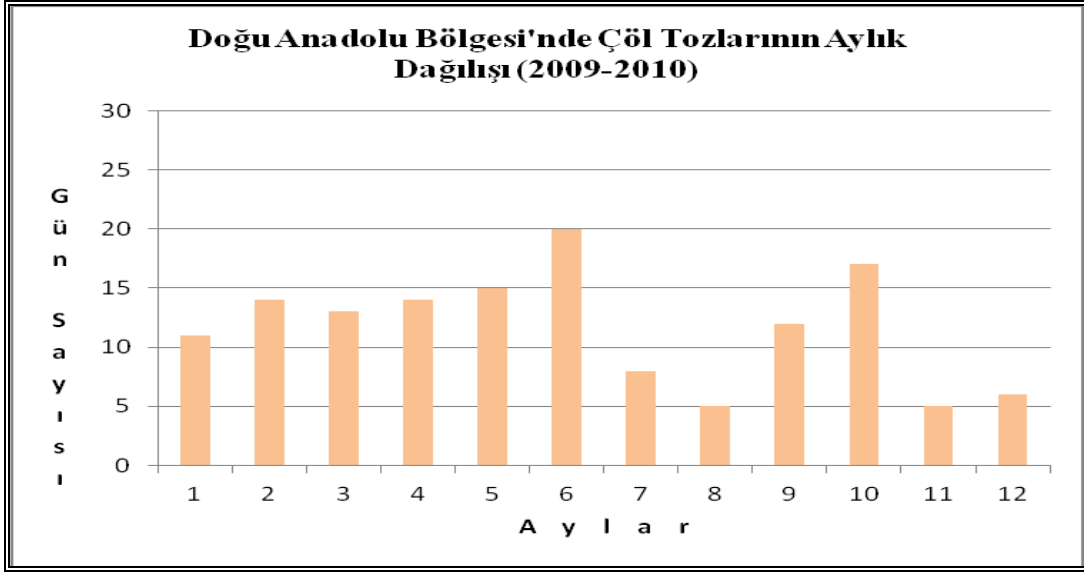


Şekil 62: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl tozlarının Etkili Olduğu Gün Sayıları (2009-2010).

Tablo 18 Doğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Tozlarının Etkili Olduğu Gün Sayıları (2009-2010)

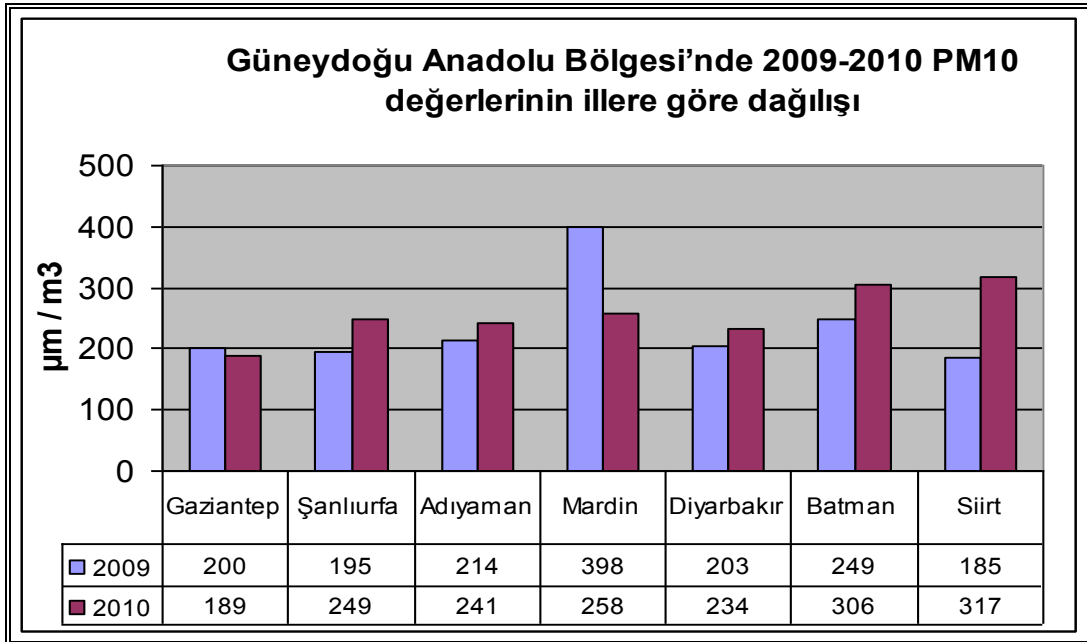
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tozlu Günler	11	14	13	14	15	20	8	5	12	17	5	6

(Kaynak: Barselona Süper Bilgisayar Merkezi Çöl Tozları Konsantrasyon Haritalarına göre oluşturulmuştur).



Şekil 63: Doğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl tozlarının Etkili Olduğu Gün Sayıları (2009-2010).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde PM_{10} değerlerinin 2009-2010 yılları arasında en yüksek olduğu iller Mardin ve Batman'dır (Şekil 64).



Şekil 64: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2009-2010 PM_{10} Değerlerinin İllere Göre Dağılışı (Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı Verilerine göre oluşturulmuştur).

Kış mevsiminde fosil yakıtların ısınmada kullanılması sonucunda bölgenin hava kalitesi düşmektedir. Ayrıca kış mevsiminde zaman zaman etkili olan çöl tozları havanın kirlilik derecesini iyice düşürmektedir. Yüksek basınç şartlarına bağlı olarak ortaya çıkan sübsidans söz konusu olduğu için atmosferin alt tabakalarında bulunan kirli

hava yükselememektedir. Antisiklonlar etkili olduğu zaman kirlilik yönünden olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Alçak basınç alanlarında ise yükselici bir hava hareketi vardır. Böylece alt katlardaki kirli hava yukarıya doğru çıkarak dağılmaktadır. Bu ise olumlu bir ortam doğurmaktadır (Şahin, 1989: 38).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde özellikle kış mevsiminde yüksek basınç şartları, çöl tozları ve fosil yakıtlarının kullanımına bağlı olarak oluşan kirli havanın yükselmesini engelleyerek çökmesine neden olmaktadır. Yaz ve bahar mevsimlerinde ise alçak basınç şartları hava kalitesi açısından olumsuz sonuçlar oluşturmamaktadır. Rüzgârın varlığı, kirli havayı taşıması yönünden önemli bir faktördür. Ancak bu yöndeki etkisi topoğrafik özelliklerle sıkı sıkıya bağlıdır. Rüzgâr olayının görülmemesi (dikey yönlü hava akımları da yoksa) kirli havanın olduğu yerde kalması demektir (Şahin, 1989: 41). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde topoğrafik özelliklere bağlı olarak rüzgârlara kapalı yerlere en iyi örnek Diyarbakır havzası verilebilir. Bu tür yerlerde çöl tozları havuzlanmakta ve çöl tozlarının etki süreleri uzamaktadır.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki PM₁₀ maksimum ortalama değerleri 2010 yılında Türkiye'nin diğer bölgelerine oranla çok yüksek seviyelere çıkmıştır. Bu durumun oluşmasında Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2010 yılında çöl tozlarının diğer bölgelere oranla daha fazla görülmesi etkili olmuştur (Şekil 65) (Tablo 19).



Şekil 65: Türkiye’de PM10 Max. Ortalama Değerlerinin Dağılışı Haritası (2010).

Tablo 19 Türkiye’de PM₁₀ Max. Ort. Değerleri (2010).

İl Adı	PM ₁₀ Max. Ort.	İl Adı	PM ₁₀ Max. Ort.	İl Adı	PM ₁₀ Max. Ort.	İl Adı	PM ₁₀ Max. Ort.
Artvin	57	Isparta	174	Kırşehir	145	Batman	306
Bolu	208	Kilis	267	Konya	169	Siirt	317
Giresun	52	K.Maraş	152	Nevşehir	148	Ağrı	171
Sinop	69	Osmaniye	279	Niğde	141	Ardahan	141
Bartın	114	Afyon	187	Sivas	157	Bingöl	137
Bayburt	153	Aydın	187	Yozgat	140	Hakkari	181
Çorum	213	Denizli	208	Balıkesir	162	Elazığ	210
Düzce	174	İzmir	87	Bilecik	80	Erzincan	133
Gümüşhane	105	Kütahya	149	Bursa	114	Erzurum	175
Kastamonu	85	Manisa	144	Çanakkale	58	Iğdır	265
Ordu	110	Muğla	129	Edirne	136	Malatya	187
Rize	92	Uşak	129	İstanbul	89	Muş	246
Samsun	64	Aksaray	156	Kırklareli	93	kars	107
Tokat	98	Amasya	119	Kocaeli	136	Bitlis	256
Trabzon	200	Ankara	144	Sakarya	131	Yalova	95
Zonguldak	111	Çankırı	106	Tekirdağ	165	Karabük	163
Adana	173	Eskişehir	80	G.Antep	189	Şırnak	275
Antalya	143	Karaman	189	Şanlıurfa	189	Van	223
Burdur	158	Kayseri	133	Adıyaman	241		
Hatay	172	Kırıkkale	161	Mardin	258		
İçel	203	D.bakır	234	Tunceli	136		

(Kaynak: Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı Verilerine Göre Oluşturulmuştur).

Yağış çeşitleri içerisinde atmosferdeki kirliliği temizlemesi bakımından en etkili olanı yağmurdur. Yağmur taneleri havadaki katı ve gaz kirleticilerin birçoğunu atmosferden alarak yeryüzüne indirmektedir. Böylece katı ve küçük zerreler yağmur taneleri tarafından tutulmakta ve havadan uzaklaştırılmaktadır (Şahin, 1989: 41). Atmosferik tozlar, yeryüzüne hem kuru ve hem de yaş olarak çökelirler. Yaş çökeltme bazen “**kanlı-kızıl (çamurlu) yağmurlar**” şeklinde tanımlanır. Kuru ve yaş çökeltmenin dağılışı mevsimlere, yağışa ve coğrafi konuma bağlı olarak değişir. Akdeniz Havzası’nda kuru depolanma özellikle olarak toz konsantrasyonun yüksek olduğu zamanlarda yoğundur (Middletton ve Gouide, 2006: 30).

Kızıl (çamurlu) yağmurların karakterleri toz miktarına, tane boyutuna ve tozların kimyasal bileşimine göre değişmektedir. Kızıl yağmurları kuzey ve orta Avrupa’da iyi bilinmektedir ve çoğunlukla bir yılda ortalama 3 gün kızıl yağmurların yağdığı İspanya gibi Akdeniz ülkelerinde yaygındır (Laity, 2008: 228). Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde ise kızıl yağmurları özellikle geçiş mevsimleri ve bazen de kış aylarında yoğunlaşmaktadır (Fotoğraf 7).



Fotoğraf 7 Şırnak ve Batman’da Kızıl Yağmurlar.

İnceleme alanında 12 Ekim 2011 tarihinde Mardin şehrine yağ olarak çökelen çöl tozlarının örnekleme yapılmıştır. Yağmurla beraber çökelen çöl tozlarının PH analizi Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Elazığ Mikrobiyoloji Laboratuvarı’nda yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ph 6.35 asidik, Koliform bakteri 1.93ml’den fazla, Nitrat 8, sertlik ise 9 olarak bulunmuştur.

Çöl tozlarının kuru ve yaş çökmesinde orografi ve yükselti çok etkili olmaktadır. Rüzgar yönüne dönük yamaçlar (orografik uzanış) ve yükselti fazlalığı, çöl tozlarının rüzgarların esiş şiddetine ve yönüne bağlı olarak yön değiştirmesine, kuru ya da yaş olarak çökmesine neden olmaktadır. Özellikle güneybatıdan Akdeniz üzerinden gelen çöl tozu içeren rüzgarlar, denizdeki nemi alarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ne girmekte ve Güneydoğu Toroslar engeliyle karşılaşmaktadır. Bu karşılaşma sonucunda orografik yağışlar oluşmakta ve çöl tozları yaş olarak çökelmektedir. Rüzgârların güneyden yani karadan geldiği durumlarda ise çöl tozları daha çok kuru olarak çökelmektedir.

3.4.2. Beşeri Faktörler

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının hareketi ve dağılışı etkileyen beşeri faktörlerin başında yoğun nüfuslanma ve plansız kentleşme gelmektedir.

Yoğu nüfuslanma ve plansız kentleşmenin çöl tozlarının hareketi üzerine etkisi özellikle büyük şehirlerde olmaktadır. Yoğun nüfuslu şehirlerde topoğrafik ve iklimatik şartların olumsuz etkisiyle çöl tozları ve diğer partikül maddeler şehir nüfusu üzerine çökmektedir. Yoğun nüfuslu ve plansız kentleşmenin olduğu yerlerde doğal hava sirkülasyonu yoğun ve plansız binalar tarafından engellenmektedir. Özellikle çöl bölgelerine yakın konumda bulunan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki büyük şehirlerde çöl tozları etkili olduğunda ve hava sirkülasyonu da tam anlamıyla gerçekleşmediğinde çöl tozları uzun bir süre şehir üzerinde etkili olmaktadır (Fotoğraf 8).



Fotoğraf 8 Diyarbakır ve Mardin'de Etkili Olan Çöl Tozları

Çöl tozlarının inceleme alanında hareketi ve dağılışı üzerinde etkili olan diğer beşeri faktör ise fosil yakıtların kullanımı ve motorlu araçlardan salınan gazlardır. Şehirlerde antropojenik kirlilik kaynakları ile çöl tozları aynı zamanlarda etkili olduklarında yoğunlaşma süreleri ve zararlı etkileri artmaktadır.

3.5. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Tozlarının Etkili Olduğu Dönemler

Uydu verileri ve meteorolojik gözlemler, hem toz oluşumunda ve hem de atmosferik toz yükünde yazın Afrika'da, ilkbaharda ise Asya'da toz üretimi ve

taşınımında güçlü bir mevsimsel dönemin olduğunu göstermektedir (Tablo 20). Bununla birlikte toz taşınımları karakteristik olarak dönemselidir. Bu, atmosferdeki toz taşınımının meteorolojik olaylar tarafından güçlü bir şekilde etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Harrison vd., 2001: 47).

Tablo 20 Çeşitli Bölgelerde Çöl Tozlarının Mevsimlik Aktiviteleri

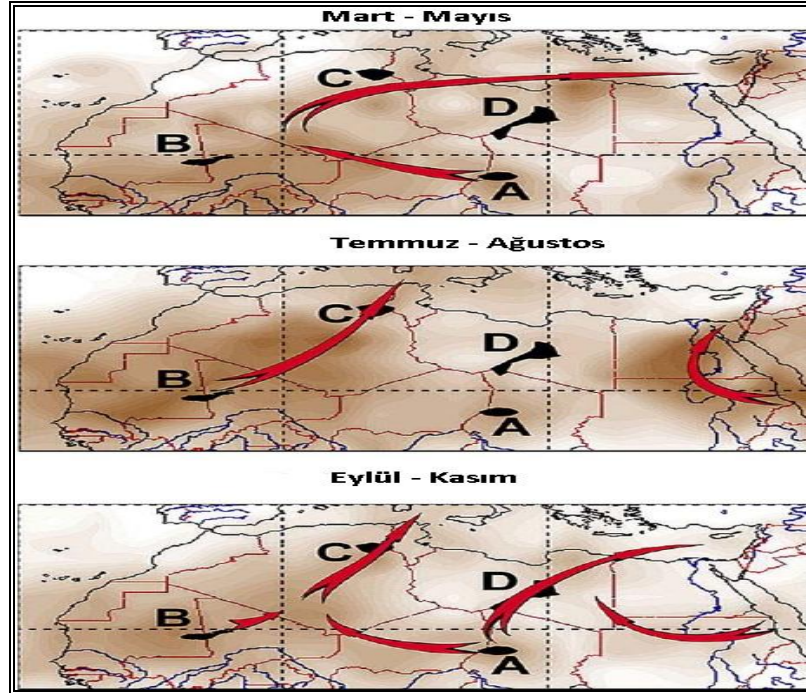
Yer	Mevsimler (Aylar)
Arjantin	Kış (Nisan-Ağustos)
Arizona	Yaz
Bahreyn	Yaz (Mart-Temmuz)
Belarus	İlkbahar (Nisan-Mayıs)
Bodele	Yazın
Kanada	İlkbahar
Şili	Kış / İlkbahar
Mısır	Kış / İlkbahar
Hindistan	Yaz
Meksika	İlkbahar
Kuzey Sahra	Yaz (Nisan-Ağustos)
Sahel	Kış
Taklamakan	Kış sonu / İlkbahar

(**Kaynak:** Goudie ve Middleton, 2006: 67).

İsraelevich vd. (2002) Akdeniz Havzası'na çöl tozlarının taşınım yollarını bulmak için TOMS AI (Total Ozone Mapping Spectrometer-Nasa) verilerini kullanmışlardır. Bu verilere göre Kuzey Afrika'dan ilkbahar ve yaz aylarında hemen hemen her gün önemli miktarda çöl tozunun Sharav siklonları diye bilinen gezici alçak basınçlarla Akdeniz'in kuzeyi ve doğusuna taşınmaktadır. Çöl tozlarının Akdeniz'in batısından doğusuna taşınması yaklaşık 7-8 gün almaktadır.

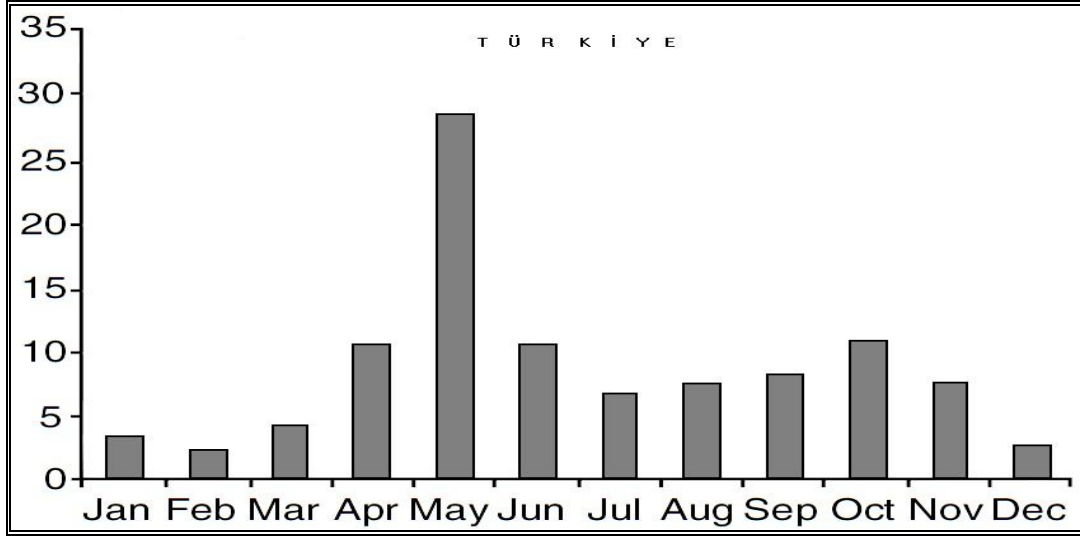
İsraelevich vd. (2003) çöl tozların Sahra Çölü'nden Doğu Akdeniz'e taşınmasında üç dönemin olduğunu bulmuşlardır. Bunlar, ilkbahar (Mart-Mayıs), yaz, (Temmuz-Ağustos) sonbahar (Eylül-Kasım) olup, bu her üç dönemde de taşınan çöl tozlarının tane boyutu dağılımları birbirinden farklılık göstermektedir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde taşınan çöl tozlarının tane boyutları (3µm) ilkbaharinkinden (1.5 µm) iki kat fazladır. Aynı zamanda bu üç dönemde taşınan çöl tozlarının mineralojik bileşimleri

de farklıdır. Tüm bunların nedeni bu çöl tozlarının farklı kaynak bölgelerine ve farklı taşınım yollarına sahip olmasıdır. Israelevich vd. (2003) TOMS AI verilerine göre Akdeniz bölgesi için üç farklı kaynak bölgesi ve taşınım yollarını ortaya koymuşlardır. Birincisi ilkbaharda çöl tozları, Sharav siklonlarıyla Çad ve Cezayir'den Doğu Akdeniz'e taşınmaktadır. İkincisi, yazın çöl tozları Kızıldeniz civarından Doğu Akdeniz'e taşınmaktadır. Üçüncüsü, sonbaharda çöl tozları hem Çad kökenli taşınım ile Libya üzerinden hem de Kızıldeniz yakınlardan taşınmaktadır (Engelstaedter vd., 2006: 9) (Şekil 66).



Şekil 66: Kuzey Afrika ve Akdeniz Çevresinde Çöl Tozlarının Taşınım Yönleri ve Mevsimsel Dağılışı (Koyu renkteki harfler Ana Toz Kaynak Bölgelerini Göstermektedir) (Engelstaedter vd., 2006: 9).

Türkiye'de genelde çöl tozları en fazla geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbahar aylarında yoğunlaşmaktadır. Geçiş mevsimlerinde ise en fazla Mayıs, Nisan, Ekim ve Eylül aylarında çok fazla etkili olmaktadır (Şekil 67).



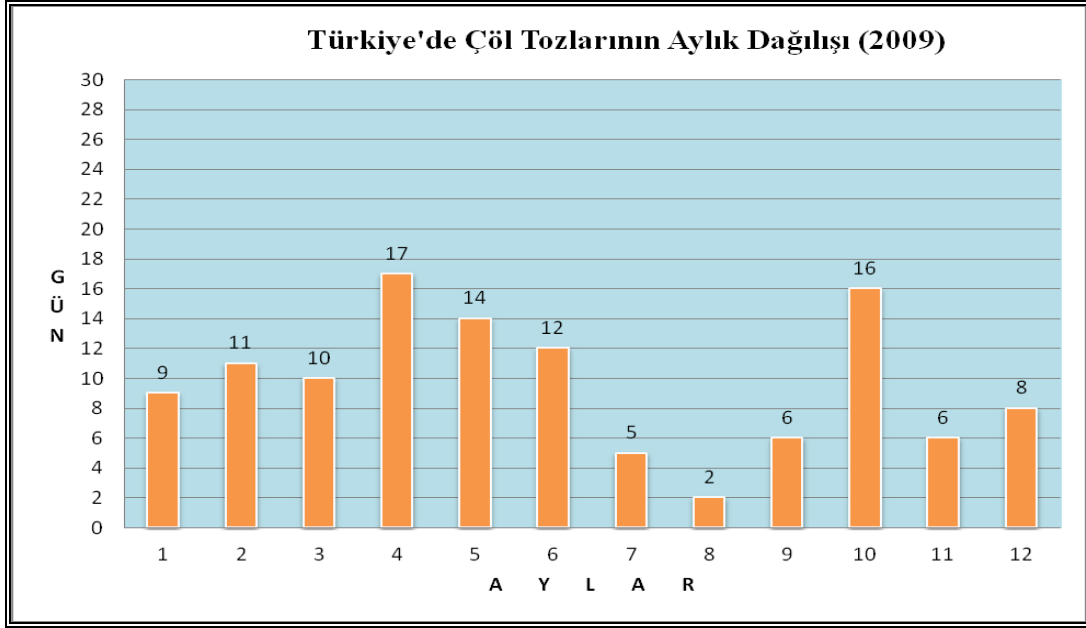
Şekil 67: Türkiye’de Çöl Tozlarının Mevsimlik Dağılışı (Goudie ve Middleton, 2006: 103).

Türkiye’de bazen istisnai olarak bazı yıllarda çöl tozları yaz ve kış aylarında da etkili olabilmektedir (Fotoğraf 9)



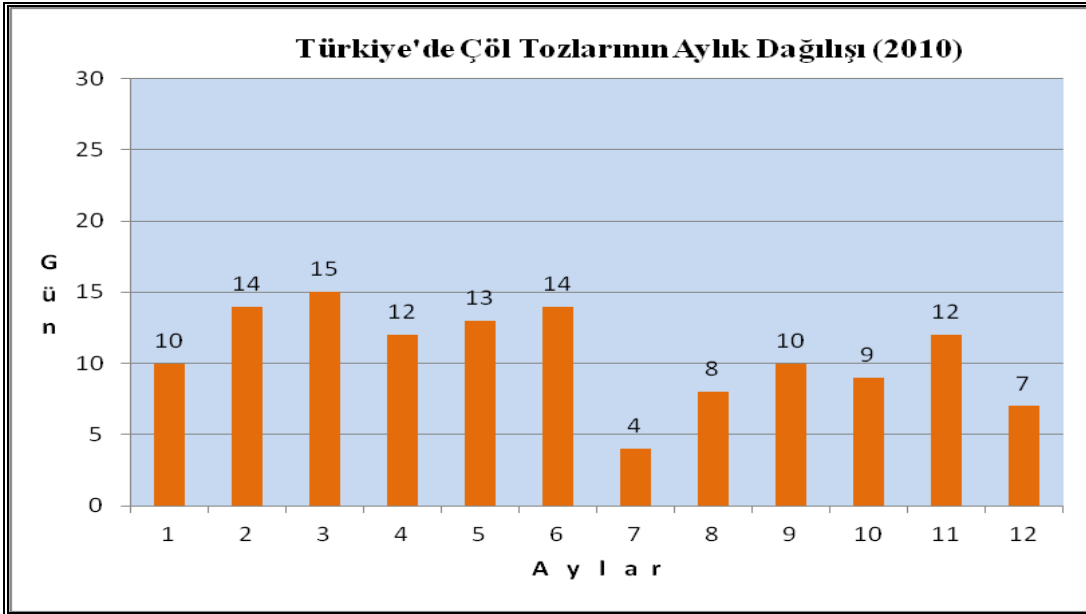
Fotoğraf 9 Çeşitli İllerde Çöl Tozu Taşınımı

Türkiye’de 2009 yılında ise kış sonu Şubat ayı, ilkbaharda Mart, Nisan ve Mayıs aylarında; sonbaharda ise özellikle Ekim ayında yoğunlaşmıştır (Şekil 68).



Şeki 68: Türkiye’de Çöl Tozlarının Mevsimlik Dağılışı (2009) (Barselona Süper Bilgisayar Merkezi Çöl Tozları Konsantrasyon Haritalarına göre oluşturulmuştur).

Türkiye’de 2010 yılı bir önceki yıla göre çöl tozlarının yoğunluğunun arttığı bir yıl olmuştur. 2009 yılında çöl tozları, özellikle geçiş mevsimlerinde yoğun iken, 2010 yılında ise neredeyse tüm aylarda görülmüştür (Şekil 69).



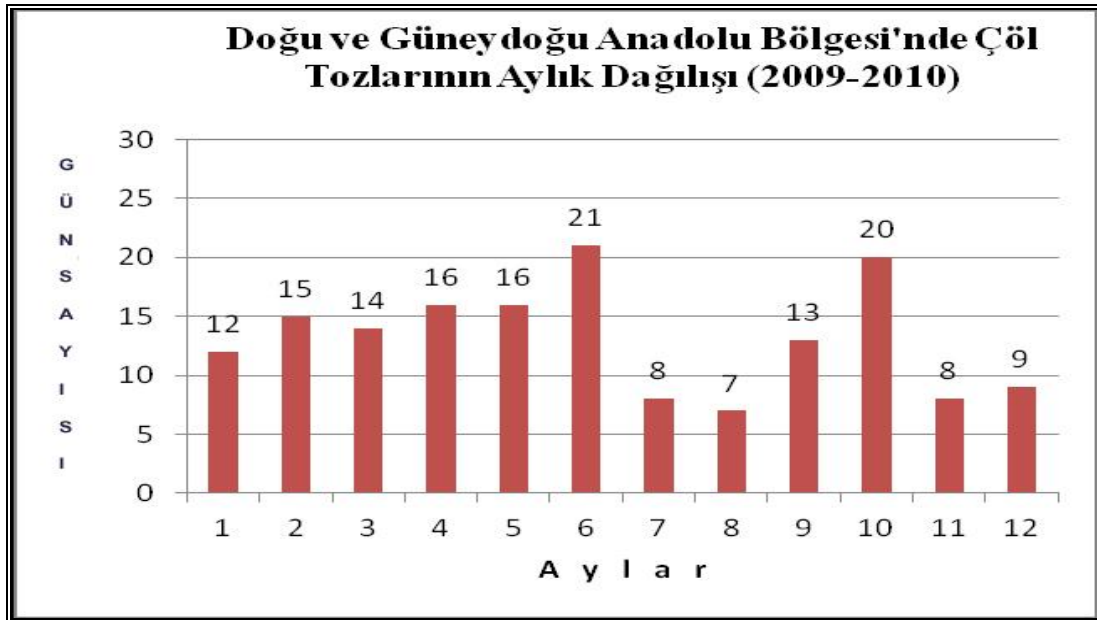
Şekil 69: Türkiye’de Çöl Tozlarının Mevsimlik Dağılışı (2010) (Barselona Süper Bilgisayar Merkezi Çöl Tozları Konsantrasyon Haritalarına göre oluşturulmuştur).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının 2009-2010 yıllarına ait verilerine göre çöl tozları, en fazla İlkbaharda daha çok mart-nisan-mayıs; yazın, haziran, temmuz aylarında sonbaharda ise eylül-ekim aylarında etkili olmaktadır (Tablo 21) (Şekil 70).

Tablo 21 Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Tozlarının Aylık Dağılışı (2009-2010)

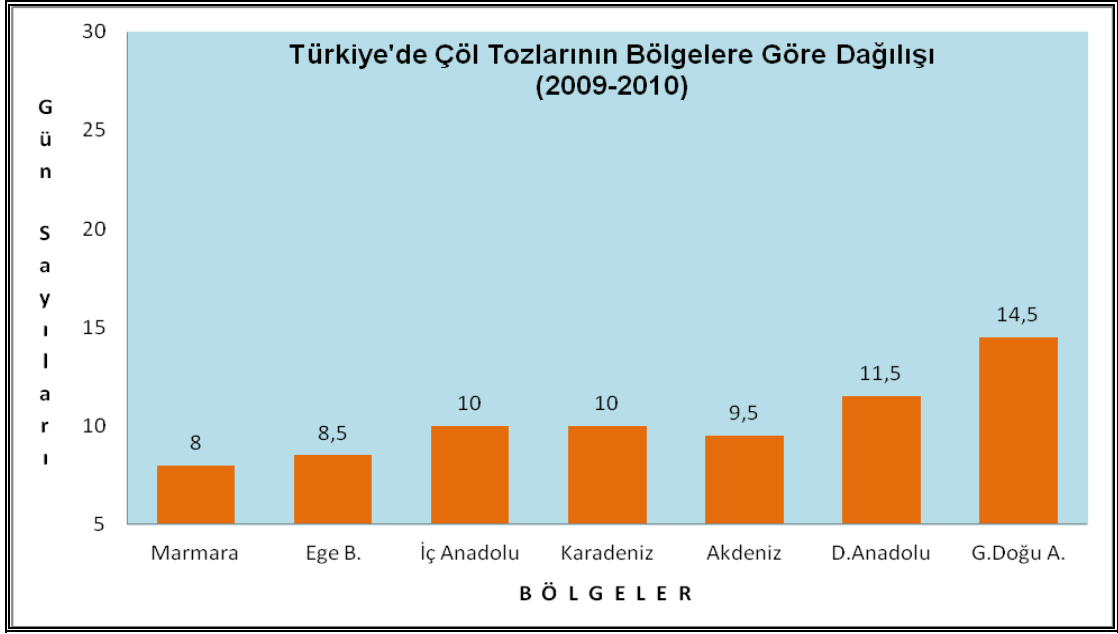
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Toplam
Tozlu Günler	12	15	14	16	16	21	8	7	13	20	8	9	139

(Kaynak: Barselona Süper Bilgisayar Merkezi Çöl Tozları Konsantrasyon Haritalarına göre oluşturulmuştur).



Şekil 70: Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl tozlarının Aylık Dağılışı (2009-2010).

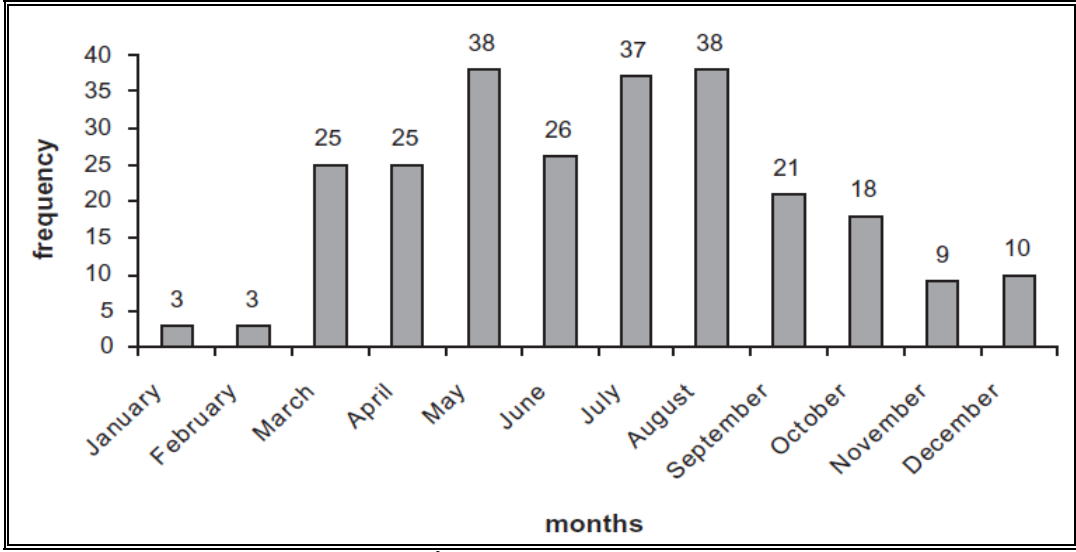
Türkiye'de çöl tozları 2009-2010 yılında diğer bölgelerle karşılaştırıldığında Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi ilk sırada gelmektedir (Şekil 71). Bunda bu bölgelerin çöl tozu kaynak bölgelerine yakın olması, bu bölgelerin sahip olduğu topoğrafik özellikler ve bu iki bölgenin coğrafi konumunun çöl tozu taşıyan gezici depresyonların taşınım güzergahı üzerinde bulunması etkili olmuştur.



Şekil 71: Türkiye’de Çöl Tozlarının Bölgelere Göre Dağılışı (2009-2010)
(Barselona Süper Bilgisayar Merkezi Çöl Tozları Konsantrasyon Haritalarına göre oluşturulmuştur).

3.6. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Görülen Çamurlu (Kızıl) Yağışlar

Beklenmedik yoğun toz fırtınaları, yağmur ya da bazen karla birleştiğinde kızıl yağışlara neden olmaktadır. Bu durum kızıl yağmurların karakterleri, toz miktarına, aerosol boyutuna ve onların kimyasal bileşimine bağlıdır. Bu tür yağışlar, kuzey ve orta Avrupa’da iyi bilinmektedir ama çoğunlukla bir yılda ortalama 3 gün kızıl yağmurların yağdığı İspanya gibi Akdeniz ülkelerinde yaygındır (Laity, 2008: 228). Mallorca Adaları (İspanya)’nda çamurlu yağışların çoğu % 83’lük oranla Mart ve Eylül arasında ve özellikle de Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında yoğundur (Şekil 72).



Şekil 72: Palma de Mallorca’da (İspanya) Kızıl Yağmurların Aylık Dağılışı (1982-2003) (Fiol vd., 2005: 68).

Türkiye’de toz taşınımının yoğun olduğu Mart-Nisan-Mayıs ile Eylül-Ekim dönemlerinde tozlar hava sıcaklığının düşmesine bağlı olarak bulutların yoğunlaşması sonucunda yağmurlarla beraber yeryüzüne inmekte, evlerin camları ve arabaların üzerlerine çamur izleri bırakmaktadır. Kızıl yağmurlar ya da çamur yağmurları Avrupa’da oldukça uzun zamandan beri bilinen bir konudur ve çıplak gözle tespit edilebilmektedir (Özsoy ve Örnektekin, 2008: 21). Colom (1948) ve Jansa (1948), temelde mineralojik bileşimleri demiroksit, kalsit ve kuvarstan oluşan 1947 ilkbaharında Balearic Adaları’ndaki çamur yağmuru üzerine ilk bilgileri rapor etmişlerdir. Fiol (1985) bazı bioclastik bileşimlerin varlığını gösteren daha fazla detaylı mineralojik sonuçları sağlayan 1979-1985 boyunca 22 çamur yağmurunu tanımlamıştır. Fornes vd., (1997) çamur yağmurlarının temelde kuvars ve kaolinitten oluşan bir silt yapıya sahip olduğunu göstermiştir (Fiol vd., 2005: 66).

Türkiye’de çöl tozlarıyla ilgili ilk örneklerin görüldüğü yerlerden biri Ankara’dır. Ankara’da elde edilen kayıtlara göre saptanmış ilk kızıl (çamurlu) yağmuru 16 Nisan 1957’e olmuştur. Bu tarihten sonra da Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nce saptanan iki önemli toz yağmuru daha olmuştur. Bunlardan birisi 27 Mart 1969, diğer ise 16 Nisan 1976’dır. Akalan, 16 Nisan 1957’de yaşanan toz olayını şöyle anlatılmaktadır. “Ankara ile birlikte Orta Anadolu’da yaşayan halk bulut bulunmadığı halde bütün gün güneşi göremediler. Hatta otomobiller farlarını yakarak hareket edebildiler. Sokaktan eve dönenler adeta toz toprak içinde kaldıkları için banyo

yapmak zorunda kaldılar”. Bu olay Orta Anadolu’da sık sık rastlanan olayların en şiddetlisi olarak nitelenmiştir. Olay günü rüzgâr hızının 80-100 km olduğu bildirilmektedir. Aynı günkü D.M.İ Genel Müdürlüğü rasatlarına göre Ankara’da 9.10-21.30 arasında şiddetli toz fırtınası olmuş, aynı gün saat 5:35- 6:15 arası toz fırtınası Isparta’da görülmüştür (Mermut vd., 1976: 109).

Halk arasında çamur yağışları olarak da adlandırılan bu yağışlar gece yağarlarsa bitki ve toprak açısından fazla bir öneme sahip olmazken; gündüz yağdıklarında bitki ve toprak açısından adeta bir doğal gübre özelliğine sahip olmaktadırlar. Çamurlu yağışların kimyasal yapıları ile normal yağışların kimyasal yapıları birbirinden farklıdır. Çamurlu (kızıl) yağışların ortalama iletkenlik değerleri, toz içermeyen normal yağmurlardan yaklaşık yedi kat; hacim ağırlık ortalama alüminyum derişimleri ise yaklaşık beş kat daha yüksek bulunmuştur (Özsoy ve Örnektekin, 2008: 20). Kızıl yağmurları, normal yağmurlara kıyasla daha yüksek oranda çözünmüş iyon içermektedir (Özsoy ve Örnektekin 2008: 28’e göre Avila ve ark. 1998). Türkiye’de Kuzeydoğu Akdeniz bölgesine düşen yağışların yaklaşık 1/4’ü Kızıl yağmur niteliğindedir. Normal yağmurların PH değeri 6,09 iken, kızıl yağmurlarda bu değer 7,27’ye kadar yükselmektedir. Çöllerden taşınan yüksek demir oksitli tozların renkleri kızıl, sarı-kızıl, kahve renkli olması sonucunda yağın yağmurlar da kızıl renktedir (Özsoy ve Örnektekin, 2008: 22).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde çamurlu yağışlar en fazla toz taşınımının yoğun olduğu Mart, Nisan, Mayıs aylarıyla Eylül ve Ekim aylarında gerçekleşmektedir. Bu durumun oluşmasında toz taşınım mevsimiyle yağış mevsiminin aynı döneme denk gelmesi etkili olmuştur (Fotoğraf 10).



Elazığ (12 Mart 2010)



Midyat (Mardin 10 Şubat 2009)
(www.midyatsesi.com)



Siirt (7 Nisan 2010)
(www.nethabercilik.com)



Şanlıurfa (Bulut vd., 2008:372)

Fotoğraf 10 Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çamurlu Yağışlar.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

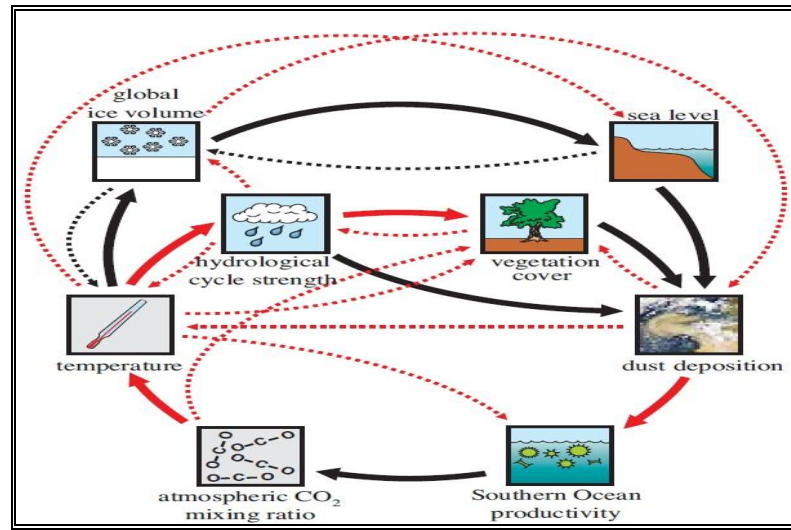
IV. DOĞU VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE ÇÖL KAYNAKLI TOZLARIN GENEL ÇEVRESEL ETKİLERİ

Çöl tozları, toz olaylarının büyüklüğüne, taşınım mesafesine, taşınım anındaki tozların kimyasal bileşimine bağlı olarak hem olumlu ve hem de olumsuz pek çok çevresel etkilere sahiptir. Bu etkiler lokal ve global etkiler olmak üzere sınıflandırılabilir. Lokal olarak, bitkilerin fotosentez olaylarına, uçak ve araba kazalarına, canlılarda sağlık sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır. Global ölçekte ise karasal ve denizel ekosistemleri, toprak gelişimini, iklimi, hava kalitesini ve görüş mesafesini etkilemektedir (Laity, 2008: 227).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl bölgelerinden rüzgârlar vasıtasıyla taşınan çöl tozları doğal ve beşeri ortam üzerinde çok önemli etkilerde bulunabilmektedir. Bu etkiler doğal ortamda öncelikle iklim elemanları üzerinde, bitki ve toprak örtüsünde, su ekosisteminde, hava kalitesi üzerinde ve buzulların erimesinde olmaktadır. Beşeri ortamda ise insan sağlığını ve faaliyetleriyle yapı ve yerleşmeleri etkilemektedir.

4.1. Doğal Ortama Etkisi

Çöl bölgelerinden rüzgârlar aracılığıyla taşınan çöl tozlarının oluşumu tamamen doğal bir olay olup aynı zamanda doğal ortam üzerinde de önemli çevresel etkilerde bulunmaktadır. Çöl tozları doğal ortam üzerinde iklim, bitki örtüsü, toprak ve su kaynaklarını, hava kalitesini ve buzulları etkilemektedir (Şekil 73).



Şekil 73: Çöl Tozu-Ekosistem İlişkileri (Ridgwell, 2002: 17).

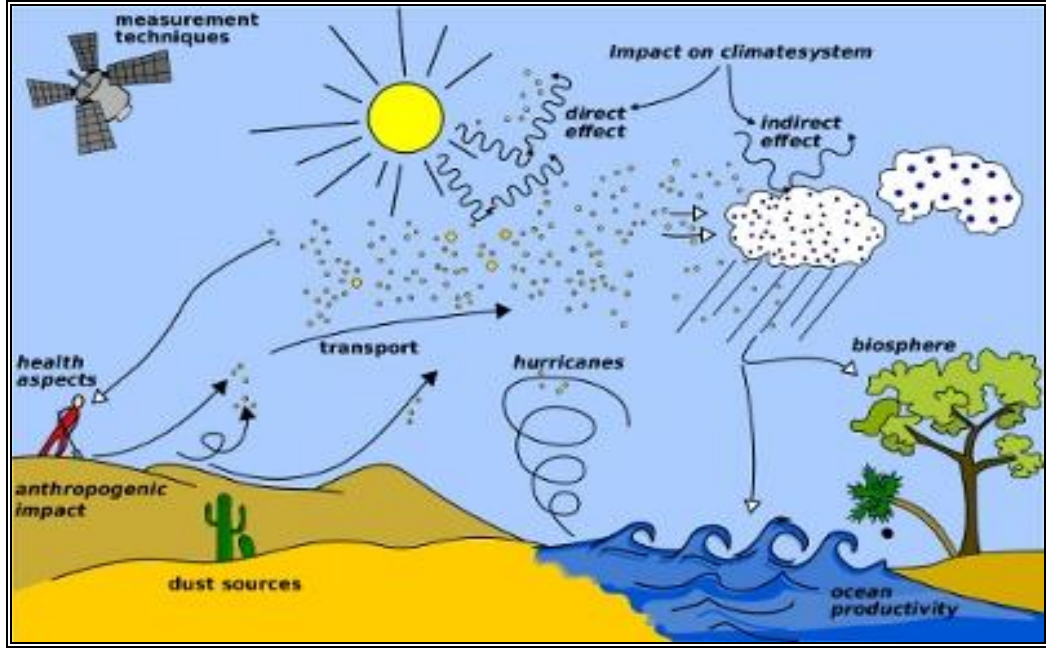
4.1.1. İklim Olan Etkisi

Çöl tozları, Dünya atmosferi ve iklim sisteminin önemli bir parçasıdır. Atmosferde çöl tozlarının rolü, toz konsantrasyonu, mineralojik bileşim, tane boyutu dağılışı ve çöl tozlarının dikey dağılışı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Laity, 2008: 228). Çöl tozları, öncelikle iklim elemanlarından sıcaklık üzerinde çok önemli etkilerde bulunmaktadır. Çöl tozları Güneş'ten gelen ışınları tutarak yeryüzüne ulaşmasını engellemektedir. Bunun sonucunda yeryüzü yeterince Güneş ışığı alamadığından soğumaktadır. Yani çöl tozları global anlamda çok yaygın hale gelirse küresel bir soğuma gerçekleşecektir. Doğu Akdeniz atmosferinde artan mineral toz yükü Güneş ışınlarını doğrudan yansıtmasıyla radyasyon dengesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Özsoy, 1999: 19'a göre Levin1993, Gilman ve Garretti 1994).

Çöl tozları, etkili oldukları dönemlerde Güneş'ten gelen ışınlarını tutmaları nedeniyle güneşlenme sürelerini de etkilemektedir. Güneşlenmenin olmadığı günler bulutlu veya kapalı gün, bulutlanmanın olmadığı açık günler ise güneşli günler olarak kabul edilmektedir. Çöl tozlarının güneşlenme sürelerini etkilemesi sonucunda sıcaklık ve ısınma süreleri de değişmektedir. Çöl tozları, hem gelen Güneş radyasyonu ve hem de giden karasal radyasyonu dağıtma ve absorbe etme yoluyla radyasyonu düzenlemektedir. Atmosferde çöl tozlarının konsantrasyonu, dikey dağılışı, partiküllerin tane boyutu dağılışı ve mineralojik bileşimine bağlı olarak kara yüzeylerinde hem ısınma ve hem de soğuma meydana gelmektedir (Harrison vd., 2001: 47)

Çöl tozları, dünyanın radyasyon dengesini ve iklimi temelde iki şekilde etkilemektedir. Birincisi gelen ve giden Güneş ışığını absorbe etmesi ve yansıtmasıdır. Bu, çöl tozlarının doğrudan etkisidir. İkincisi, albedo, yağış oluşumu, bulutların ömrü ve yoğunluk damlacıkları ile bulut yoğunlaştırma çekirdeği olarak etkisidir. Bu da çöl tozlarının dolaylı etkisidir (Şekil 74). Bu iki etkiyi ölçmek zordur ve bundan dolayı çöl tozlarının iklim üzerine olan etkileriyle ilgili büyük bir belirsizlik vardır (Balis vd., 2006: 807).

Çöl tozlarının sıcaklık üzerindeki etkisinin yanında yağış ve bulut oluşumu üzerinde de etkileri mevcuttur. Çöl tozları, sülfat aerosolleri gibi bulut yoğunlaştırma çekirdeği şeklinde fonksiyon görerek bulut albedosunu değiştirmekte ve dolaylı yoldan soğumaya neden olmakta bunun sonucunda yağış oluşma ihtimali yükselmektedir.



Şekil 74: Çöl Tozlarının Atmosfer Olaylarına Etkisi (www.wmo.int).

Saydam tarafından geliştirilen “Akıllı Bulut Yönetimi” isimli projede, bulutların çöl tozlarıyla tohumlanması sonucunda kar ve yağmur elde edilebileceği laboratuvar ortamında kanıtlanmıştır. Projede, bulutların içinde buhar ve buz kristallerinin bulunduğu ve bunların kar ve yağmur yağışlarını belirlediği, çöl tozlarının bulutlarla birleştiğinde yağışları tetiklediği belirtilmiştir. Ayrıca aşırı kar yağışının bulutların güneyden gelen çöl tozlarıyla birleştiğinde gerçekleştiğini tespit ettiklerini belirtmişlerdir (Saydam, 2010: 35). Çöl tozları, bulut oluşum süreçlerini kolaylaştıran yoğunlaştırma çekirdeği olarak etkili olurlar. Böylece çöl tozları, yağışın miktarı, yağmur damlası boyutunu düzenleme, yağış oluşumu gibi etkileriyle konveksiyonel aktiviteyi düzenlemektedir (Laity, 2008: 228). Çöl tozlarının yağış oluşumlarına olan etkisi buz çekirdeği vazifesini görmesi şeklinde olmaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan deneylerin sonucunda çöl tozu parçacıklarının -12°C 'nin altında etkin buz çekirdeği vazifesi gördüğü ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum göz önüne alınırsa atmosferde -12°C 'nin altındaki sıcaklıklara ve deneylerde kullanılan üstün doyumlara rastlanma sıklığının çok fazla olduğu dikkate alınarak, çöl tozu transferinin bulut çekirdekleme yolu ile buz kristali oluşturma ihtimali çok yüksek görülmektedir (Oraltay vd., 2005: 20).

Çöl tozlarının soğutma etkisinin sonucunda sıcaklığa bağlı olarak oluşan basınç merkezleri ve rüzgârlar da çöl tozlarından etkilenmektedir. Çöl tozlarıyla kasırgalar

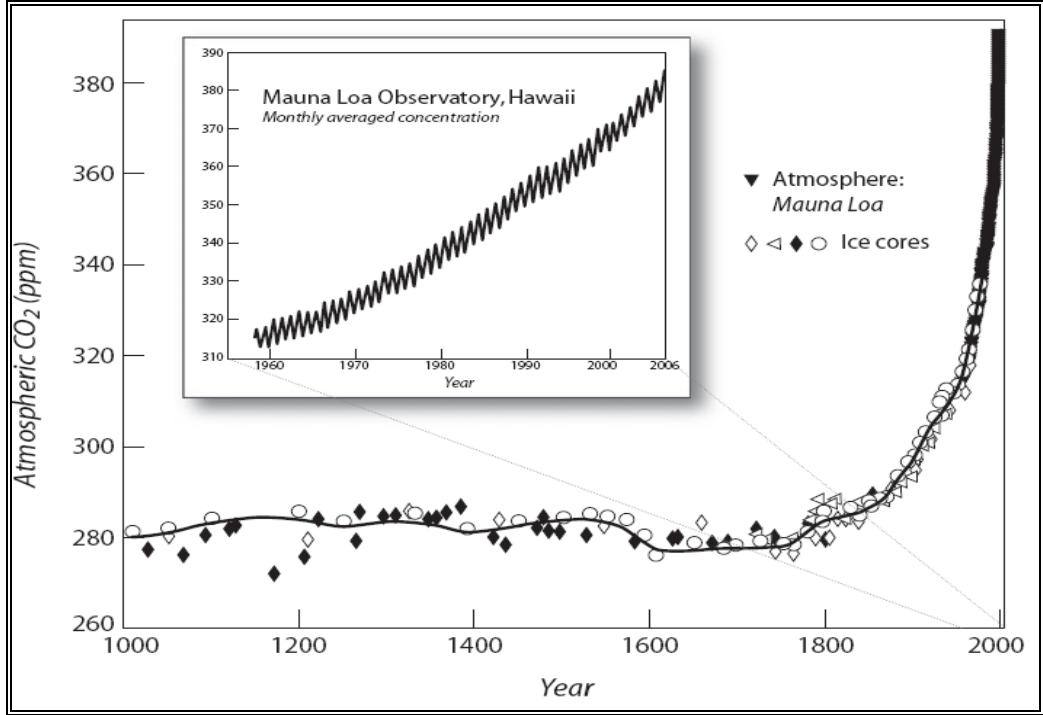
arasında önemli ilişkiler olduğu son yıllarda yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur. Bunlardan biri Bilim-Teknik dergisinin Kasım 2006 sayısında yayımlanan Wisconsin-Maddison Üniversitesi araştırmacılarının ortaya attıkları düşüncelerdir. Bu çalışmada 1981-2006 yılları arasını kapsayan 25 yıllık uydu verilerini inceleyen araştırmacılar Atlas Okyanusu'ndaki kasırğa sıklığıyla Sahra Çölü'nden kalkıp Afrika'nın batı kıyısından yola çıkan kalın toz bulutları arasında şaşırtıcı bir ilişkinin olduğunu söylemektedirler. Kasırğa hareketinin yoğun ve güçlü olduğu dönemlerde atmosferdeki tozun görece az, toz fırtınalarının daha güçlü olduğu dönemlerde de okyanusu süpüren kasırgaların az olduğunu belirtmektedirler (Bilim-Teknik, 2006: 9). Sahra üzerinden gelen çöl tozları Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki yağışlar üzerinde çok önemli etkilerde bulunmaktadır. Sahra tozları Doğu Akdeniz'deki yağışların PH'ını artırmaktadır. Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki yağışların PH'ını etkileyen faktörün Ca olduğu ve bunun CaCO_3 olarak Kuzey Afrika'dan gelen Sahra tozlarından kaynaklandığı belirtilmektedir (Işıkdemir vd., 2005: 426).

Çöl tozlarıyla fitoplanktonlar arasında önemli ilişkiler vardır. Çöl tozlarının deniz ve okyanuslara taşınmasıyla deniz ve okyanuslarda fitoplankton denilen tek hücreli deniz bitkilerinde patlamalar olmaktadır. Bu patlamalar dolaylı olarak iklim değişikliği üzerinde etkili olmaktadır. Fitoplankton türlerinden olan kokkolitler su yüzeyinden atmosfere geçen “**dimetil sülfür**”(CH₃-S-CH₃) denilen kimyasal maddeyi üretmektedir. Bu madde oksijenle birleşerek **sülfat** (SO₄) haline geçer. Sülfatlar okyanus üzerindeki su buharı için yoğunlaşma çekirdekleri oluşturarak bulutları meydana getirirler ve belirli koşullar altında yağmura neden olurlar. Dimetil sülfürler dolaylı olarak bulutların Güneş ışınlarını yansıtma emme derecesini yani albedoyu etkiler. Bunun sonucunda Güneş'ten gelen enerji miktarı azalmakta ve soğuma gerçekleşmektedir. Dolayısıyla çöl tozlarının küresel atmosferik taşınımı soğumaya neden olmaktadır (Saydam, 2010: 99).

Denizlerde besin zincirinin en alt halkasını oluşturan fitoplanktonların karbon üretimi dünya birincil üretiminin yarısını karşılamaktadır. Fitoplanktonlar yeryüzündeki oksijenin de yarısını üretmektedir. Bitkisel plankton hücreleri atmosferdeki sera gazı etkisi yapan karbondioksiti alıp organik karbona (hayvanların besin maddesine) çevirmektedir. Yani atmosferik karbondioksit (CO₂) seviyesini azaltmaktadır. Prymnesiofitler ve dinoflagellatlar denen fitoplankton grupları

dimetilsülfoniopropionat denen, osmoregülasyonda (organizmadaki tuz-su dengesi) görev yapan bir bileşik üretir, bu da organizmaların ölmesi sonucunda **dimetilsülfat** ($C_2H_6O_4S$) denen bir gaz olarak atmosfere salınır. Atmosferde **metan sülfonik asit** (CH_4O_3S), **sülfirik asit** (H_2SO_4) gibi **sülfat** (SO_4) aerosollerine (bir katının veya bir sıvının gaz ortamı içerisinde dağılması) yükseltgenen dimetilsülfat (DMS) bulut yoğunlaştırma çekirdeği ($0,2 \mu m$ çaplı partiküller) olarak görev yapar. Bu da bulut oluşumuna ve yağmurlara neden olur. **Sülfirik asit** (H_2SO_4) sulu yüzeylere adsorbe olmaya meyillidir ve ıslak mineral aerosol yüzeylerine bağlanır. Böylece sülfirik asit atmosferde bulunan Fe^{3+} formundaki demir mineralini indirgeyerek çözünmüş hale getirir. İndirgenmiş demir (Fe^{2+}) denizdeki fitoplanktonun kullanabileceği türden demirdir. Çamurlu yağmurlarla denize inen indirgenmiş demir fitoplankton üretkenliğini artırır. Dimetilsülfat (DMS) üretimini sağlayan fitoplankton grupları bulut oluşumuna yol açarak güneş ışınlarının bir kısmının yerküre üzerine ulaşmadan bulutlara çarpıp atmosfere geri yansımaya neden olacaktır. Bu da küresel bir soğuma etkisi yaratmaktadır (Develi, 2009: 288).

Buzul çağlarında atmosferdeki CO_2 seviyelerinin 200 ppm civarında, buzul sonrası dönemlerde 280 ppm civarında olduğu belirtilmektedir. Bu da soğuk dönemlerde güçlü rüzgarlar ve şiddetli su karışımı ile besin elementlerinin fitoplanktona daha kolay ulaştığını ve üretimin artarak atmosferdeki CO_2 seviyelerinin düştüğüne işaret etmektedir. CO_2 seviyelerinin düşük olduğu buzul çağlarda atmosferdeki toz demir miktarının sıcak dönemdekilerden 50 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (Develi, 2009: 290) (Şekil 75).



Şekil 75: Son 1000 Yıl İçerisinde Atmosferdeki Karbondioksit Miktarının Durumu (Develi, 2009: 288).

Çöl tozları, kurak ve yarıkurak bölgelerdeki toprakların yüksek karbonat içeriğinden dolayı yüksek alkalın bir içeriğe sahiptir. Son gözlemler ve çöl tozları modelleme çalışmaları mineral tozun troposferde fotokimyasal oksidant dönemlerinde özellikle troposferik ozonun verimliliği ve hidroksil radikali üzerinde önemli bir role sahip olduğunu göstermiştir. Bu etkiler çoğunlukla toz bölgelerine yakın bölgelerle sınırlanmıştır. Mineral toz aynı zamanda atmosferik nitrojen ve sülfür dönemlerini de etkilemektedir. Gözlemler ve laboratuvar çalışmaları önemli miktarda nitrat ve sülfatın toz partiküllerinin yüzeylerinde absorbe edilebildiğini göstermektedir (Harrison vd., 2001. 49).

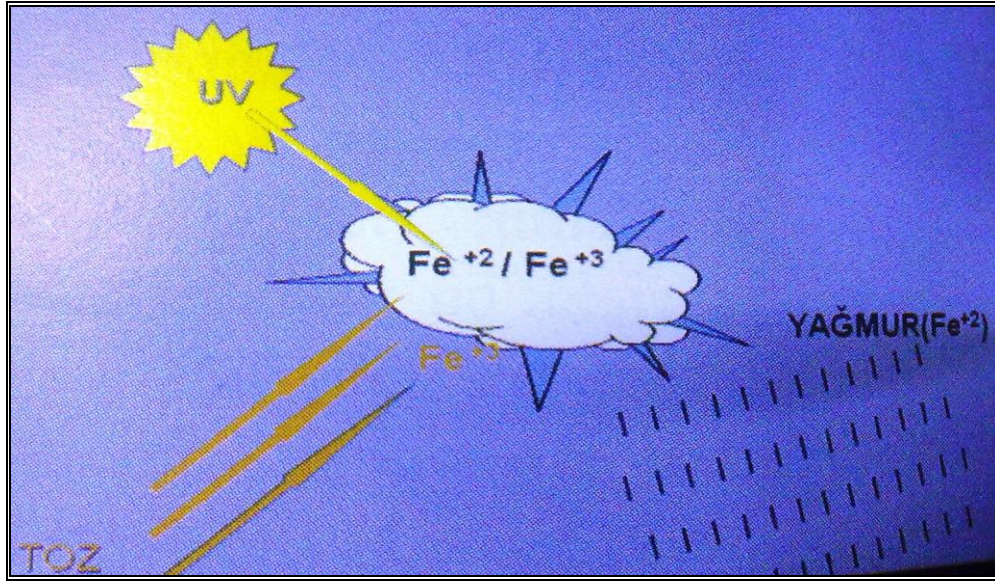
Çöl tozlarının partikül boyutları da aynı zamanda iklim üzerinde etkili olmaktadır. Daha küçük partiküller, Güneş enerjisini dağıtmada daha büyük partiküllerden çok fazla etkilidirler. Atmosferde uzun mesafeler boyunca taşınan çöl tozu partiküllerinin boyutu 0,1'den 20 μm 'ye kadar değişmektedir. Bununla birlikte çöl tozlarının kaynak bölgesine yakınlığı tane boyutunu 50 μm 'ye kadar artırabilir. Enerjiyi dağıtımındaki etkisi aynı zamanda partiküllerin biçimine (özellikle yuvarlak biçimde olma derecesine) ve yoğunluğuna bağlıdır (Harrison vd., 2001: 47). Çöl tozlarının iklim üzerindeki etkileri, deniz tabanından ve kutuplardan sütun şeklinde alınan (core) çamur

ve buz örneklerinin analizi ile paleoiklimsel koşulların tahmin edilmesinde önemli ipuçları oluşturmaktadır (Özsoy, 1999: 11'e göre Mayewski ve ark. 1999).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının iklim üzerindeki etkileri şöyle açıklanabilir. İnceleme alanında çöl tozlarının etkisi uzun süre devam ederse bölgenin radyasyon dengesi ve albedosunda önemli değişiklikler meydana gelecektir. Bu değişiklikler sıcaklık, basınç, nem, yağış ve rüzgar gibi iklim elemanlarını etkileyerek inceleme alanının ikliminde değişimlere neden olacağı düşünülmektedir. Çalışma alanında çöl tozlarının iklim üzerindeki etkilerinin net olarak ortaya konulması uzun dönemli ve detaylı Kuaterner çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bunun için çalışma alanında göl depoları, buzul alanları ve tozların birikim alanlarından çeşitli numunelerin alınarak mikroanalitik yöntemlerle incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca mikroanalitik yöntemlerle elde edilen verilerin klimatolojik verilerle karşılaştırılarak değerlendirilmesi yapılmalıdır.

4.1.2. Bitki ve Toprak Örtüsüne Olan Etkisi

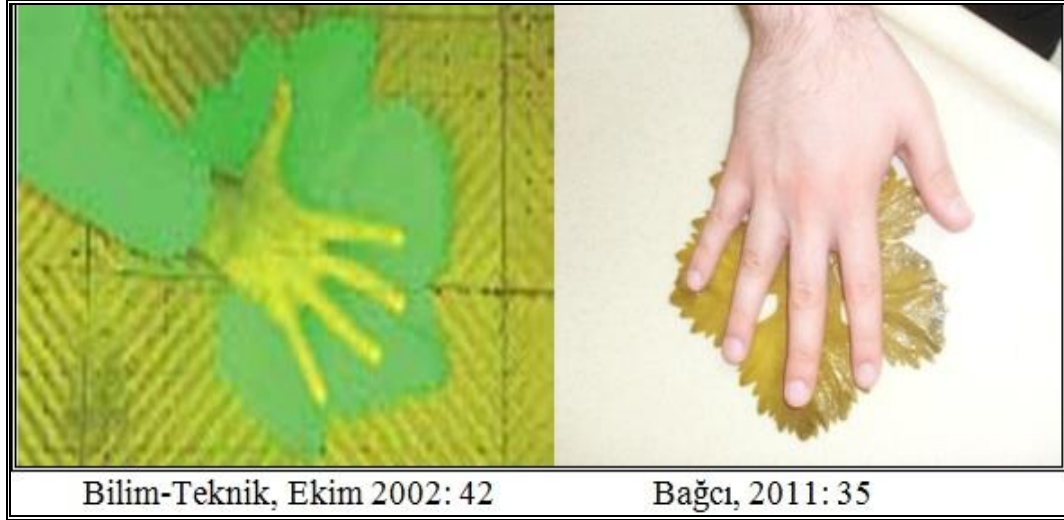
Çöl tozları içerisinde bulunan Fe (III) bulut içerisinde indirgenme sonucunda Fe (II)'ye dönüşmektedir (Şekil 76).



Şekil 76: Bulut İçerisinde Demirin Fotokimyasal İndirgenmesini Gösteren Şekil (Bilim-Teknik, Ekim 2002: 40).

Fe (II) tabiatta canlılar için kullanılabilen demirdir ve tabiatta çok az bulunur. Tabiatta Fe (III) ise çok bulunmasına rağmen canlılar tarafından kullanılamaz. Fe (II) eğer yağışlarla gündüz vakti toprağa düşüp bitki örtüsüne ulaştıncaya bitkiler Fe (II)

açısından zenginleşmekte, büyümeleri hızlanmakta ve verimlilikleri artmaktadır. Sahra Çölü'nden Amazonlara 80 milyon toz ulaştığı ve bu toz yükünün Amazonlarda bitki büyümesinde önemli rol oynadığı belirtilmektedir (Alp ve Sarı, 2007: 13'e göre Griffin ve ark. 2002). Çöl tozlarıyla hazırlanmış karışım belli aralıklarla asma yaprağına püskürtülerek asma yaprağındaki gelişmeler laboratuvar ortamında gözlemlenmiştir (Saydam, 2002: 42) (Şekil 77).



Şekil 77: Çöl Tozu Suyuyla Büyütülen Dev Asma Yapağı ve Normal Boyutlardaki Asma Yapağının Karşılaştırılması

Çöl tozları ayrıca deniz ve okyanuslardaki bitkiler olan Algler üzerinde de önemli etkilerde bulunmaktadır. Çöl tozları içerisindeki Fe (II) okyanuslara ve denizlere ulaştığında buralarda alglerin patlamalarına ve çoğalmalarına neden olmaktadır. *Emiliana huxleyi* adı verilen alg türü toz taşınımı sonucunda okyanuslarda patlamalar göstermektedir. Bu durum uydular tarafından ortaya konulmuştur (Şekil 78).



Şekil 78: Haziran 2008 Tarihinde Karadeniz’de Gerçekleşen Fitoplankton Patlamalarının Nasa’nın Aqua Uyduyu Tarafından Çekilmiş Uydu Görüntüsü (Akoğlu, 2010: 21).

Bitkilerin yaprakları üzerine çöl tozlarıyla taşınan bakteri ve mantarlar, yaprağın terlemesiyle ıslanarak 15 dakika içerisinde oksalat üretir. Oksalat, çöl tozlarında bulunan kil mineraliyle birleşerek su oluşturmakta ve demir oksalata dönüşmektedir. Güneş ışığının da etkisiyle demir oksalat parçalanarak kullanılabilir Fe (II) üretmektedir. Ayrıca demirle birlikte diğer besleyici amino asitler de ortaya çıkmaktadır (Saydam, 2010: 204). Çöl tozlarının buğday üretimine etkisi önemli ölçüde olmakta; buğdaylar için önemli fonksiyonlar görmekte ve belirli koşullarda doğal organik gübre olarak kullanılabilir (Ezzati, 2009: 137).

Çöl tozları, bitki gelişimlerine olan etkilerinin yanında toprağın zenginleşmesini de sağlamaktadır. Çöl tozları, yağmurlarla beraber toprağa karıştığında demir, kil, mantar ve bakteriler toprağın yapısını zenginleştirmektedir. Yine çöl tozlarının *Spirulina* denilen ve ticari amaçlı üretilen bir mikro alg türünün üretimine olan katkıları olduğunu Yılmaz 2006’daki çalışmasında ortaya koymuştur. Düzenli çöl tozu taşınımları özellikle nemli tropikler ve subtropiklerdeki karasal ekosistemler için önemli olmaktadır. Gana’da Volta Havzası’ndaki toprakların üst kısımlarındaki potasyum ve kalsiyumunu kış boyunca Harmattan toz fırtınalarından kaynaklandığı çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur (Harrison vd., 2001: 50).

Sahra çöl tozlarının Amazon ormanlarında bitki örtüsünün zenginleşmesi üzerinde etkileri olduğu bilim adamları tarafından son yıllarda ortaya çıkarılmıştır. Bunlardan biri Bilim-Teknik dergisinin Şubat 2007 sayısında İsrail'deki Weizman Enstitüsü'ndeki araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Çalışmada Sahra'dan Amazon Havzası'na her yıl milyonlarca tonluk mineral tozun taşındığı ve bunun Brezilya yağmur ormanlarının topraklarını zenginleştirdiği belirtilmektedir. Weizman Enstitüsü araştırmacılarının keşfi, tozun % 56'sının tek bir yerden, Çad'taki Bodele çukurundan kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Bir diğer bulguları da Sahra'dan Amazonlara gelen toz miktarının daha önce düşünülenin üç katı kadar, yani 40 milyon tonun üzerinde olmasıdır. Toz taşınımının izlediği yolu ortaya çıkarmak için hem uydu verileri ve hem de jeolojik verilerden yararlanılmıştır. Bodele Vadisi, Amazon Havzası'ndan 200 kat daha küçüktür ve Sahra'nın da ancak % 0,2 kadarını oluşturmaktadır. Vadinin bu kadar çok tozun kaynağı olmasının nedeni, iki dağ sırtı arasında kalmasıdır. Bu konumuyla hava akışını hızlandıran bir tünel oluşturarak daha fazla tozun taşınmasına aracılık etmektedir. Kış mevsimlerinde vadiden kaynaklanan tozun miktarı, günde 700.000 tona ulaşmaktadır

Çöl tozlarının bitki gelişimleri üzerine olan etkileriyle ilgili olarak Ezzati, 2009'daki çalışmasında atmosferik taşınımına giren değişik kaynaklı toprakların bitki gelişimlerine olan etkilerini laboratuvar ortamında incelemiştir. Bu çalışmada Sahra Çölü, Zabol (İran) ve Ankara gibi değişik coğrafyalardan alınan toprakların buğday bitkisine olan etkileri iklim dolaplarında incelenmiştir.

Çöl tozlarının tarıma olan etkileriyle ilgili olarak Harran'da TÜBİTAK'ın deneme tarlasında çöl tozlarının pamuk üretimine olan etkisi bir sezon boyunca uygulanmıştır. Bir metreküplük tankta çözölen çöl tozu gün boyunca güneş altında bekletilmiş ve deneme tarlasına verilmiştir. Kontrol tarlasına ise Atatürk Barajı'ndan gelen normal su verilmiştir. Sezon sonunda her iki tarladan örnekler toplanmış ve elde edilen ürünler tartılmıştır. Yapılan tahliller ve analizler sonucunda % 11 lik bir fark ortaya çıkmıştır. Çöl tozlarıyla sulanan deneme tarlasında demir oranı % 300 artmış ve ayrıcı organik madde ve fosfat miktarlarında da artışlar olmuş, tuzluluk oranı ise bir nebze de olsa düşmüştür (Saydam, 2002: 45).

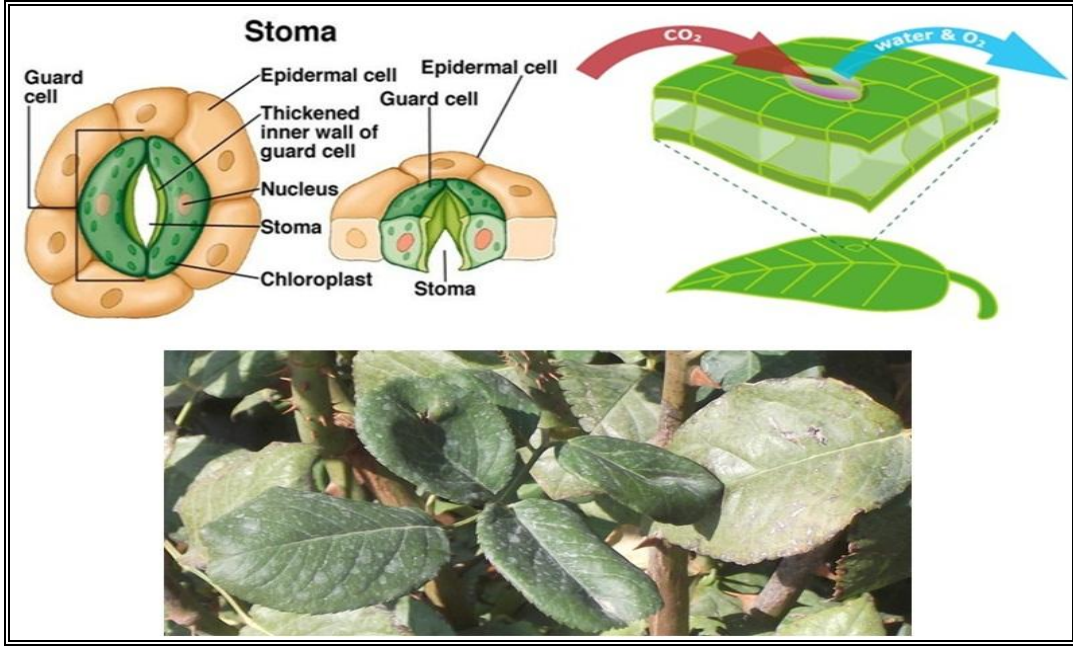
İnceleme alanındaki illerde çöl tozlarının geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbahar aylarında kuru ve yaş olarak çökmesi, özellikle pamuk tarımında ürünün

kalitesi üzerinde olumsuz yönde etkili olmaktadır. Eğer çöl tozları ürünün çimlenme ve yetiştirme döneminde etkili olursa bitkinin büyümesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Ancak pamuğun olgunlaşma ve hasat döneminde çöl tozları etkili olursa üründe renk ve kalite kayıplarına yol açmaktadır (Fotoğraf 11).



Fotoğraf 11 Diyarbakır'da Pamuk Tarlası (30 Ekim 2011).

Çöl tozlarının bitkilere doğrudan olumsuz etkisi; bitki yaprağının yüzeylerinde bulunan ve *stomata* denilen deliklerden girmeleri neticesinde meydana gelir. Dolaylı etkisi ise; toprak ve su kanalı ile bitki köklerini etkilemeleri suretiyle belirir (Bursa Çevre Merkezi, 2003: 3). Toz zerrecikleri, bahçe bitkilerine fide ve fidan döneminde daha fazla zararlı olmaktadır. Rüzgârın da etkisiyle toz, toprak yüzeyine yakın bitki epidermis hücrelerinin aşınmasına neden olmaktadır. Toz, bitkinin yaprak yüzeyini kapladığı zaman fotosentez, terleme, stomanın açılıp kapanması ve yaprak sıcaklığı gibi fizyolojik özellikleri olumsuz yönde etkilemektedir (Şekil 79).



Şekil 79: Çöl Tozlarının Yapraktaki Stoma ve Epidermis Hücrelerin Yapısına Etkisi (www.anjungsainssmkss.wordpress.com).

Toz zerrecikleri küçük ise, etki daha da şiddetli olmaktadır. Atmosferdeki toz zerrecikleri, marul ve pazı gibi yaprağı yenilen sebzelerde kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Aynı şekilde bu olumsuz etki diğer sebze ve meyveler ve süs bitkiler için de geçerlidir (Dursun vd., 1998: 13). İnceleme alanında çöl tozlarının etkileri özellikle büyük bir tarım yatırımı olan GAP bölgesinde olmaktadır. GAP bölgesinde tarım ürünlerinin ekim, büyüme ve hasat dönemlerinde çöl tozları yoğun şekilde etkili olmaktadır. Çöl tozları, kuru olarak özellikle geniş yapraklı bitkiler üzerine çöktüğünde yaprağın stoması ve epidermis hücrelerini olumsuz etkilemektedir. Özellikle bölgede tarımı yoğun olarak yapılan karpuz, üzüm ve yaprağı yenilen ürünlerde verimin ve kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Çöl tozları içerisinde bulunan minerallerin ve besinlerin bitkiler tarafından kullanılabilmesi için çöl tozlarının yaş olarak bitkilerin doğrudan köklerine ulaşması gerekmektedir. Bu durum daha önce yapılan bilimsel deneylerle de kanıtlanmıştır (Yücekutlu vd., 2011).

Çöl tozları tarımsal üretime olan olumsuz etkisi ile ilgili bir örnek Diyarbakır'da 2009'da görülmüştür. Diyarbakır'da üretilen karpuzun büyüklüğünde küçülmelere neden olduğuyla ilgili 7 Ekim 2009'da internet haberinde Diyarbakır karpuzlarındaki küçülmenin nedeni olarak çöl tozları gösterilmektedir. Diyarbakır'da geleneksel olarak yapılan 2008 yılındaki yarışmada birinciliği 55 kilo 80g ağırlığındaki karpuz kazanırken, 2009 yılındaki yarışmada birinciliği kazanan karpuzun kilosu 39 kilo 720

grama inmiştir. Uzmanlara göre küçülmenin nedeni yaz mevsiminde yaşanan çöl tozu bulutlarının yol açtığı mantarlardır. Büyüklüğünün yanı sıra lezzeti ile de ünlü Diyarbakır karpuzunun yetiştirilmesini teşvik etmek amacıyla her yıl geleneksel olarak düzenlenen “Geleneksel Karpuz Yarışması”na 2009 yılında Suriye’den gelen toz bulutları damgasını vurdu. Karpuz yarışmasını düzenleyen Diyarbakır Tarım İl Müdürlüğü Çiftçi Eğitim Şube Müdürü Ramazan Yaman, yaz boyu yaşanan çöl tozu bulutları yüzünden karpuzları etkileyen bir mantar hastalığının gözlemlendiğini belirtmiştir (www.nethaber.com).

Diyarbakır’da 2009-2010 yıllarındaki toplam karpuz üretimleri karşılaştırıldığında 2009 yılındaki toplam karpuz alanı 2010 yılında artış göstermesine rağmen, üretimde alanın genişlemesine paralel olarak artış yaşanmamış aksine düşüş görülmüştür (Tablo 22).

Tablo 22 Diyarbakır’da Karpuz Üretiminin Karşılaştırmalı Durumu

İL ADI	2009		2010	
	Toplam Alan(da)	Üretim(ton)	Toplam Alan(da)	Üretim(ton)
Diyarbakır (Karpuz)	47.040	210.001	51.435	187.622

(Kaynak: Diyarbakır İl Tarım Müdürlüğü Verilerine göre oluşturulmuştur).

Bu durum 2010 yılında Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin genelinde etkili olan yoğun çöl tozu taşınımının 2009 yılına göre çok fazla olmasıyla açıklanabilir (Şekil 67). 2010 yılında Diyarbakır’da çöl tozlarının özellikle karpuzun çiçek açma döneminde kuru olarak çökmesi karpuz üretiminde verimin düşmesine neden olmaktadır.

Çöl tozları yaş olarak çökeldiğinde bitki ve toprak için olumlu özellikler gösterirken ilkbaharın sonu ve yaz başlarında kuru olarak çökeldiğinde özellikle bitkiler ve dolayısıyla arılar üzerinde olumsuz etkilerde bulunmaktadır. 19 Ağustos 2009 tarihinde Malatya’ya Suriye üzerinden gelen çöl tozlarının kuru çökmesiyle arıcılık faaliyetleri olumsuz etkilenmiştir. Normalde her yıl kovan başına 20 kg alınan bal bu dönemde 1kg’a düşmüştür. Bu düşüşte çöl tozların kuru olarak bitkilerin yaprakları ve çiçekleri üzerine çökmesi etkili olmuştur (www.haberler.com).

İnceleme alanında özellikle Diyarbakır ve Adıyaman’da 2009 ve 2010 yıllarındaki arıcılık faaliyetleri karşılaştırıldığında 2010 yılında her iki ilde de kovan

sayılarında artış olmasına rağmen bal üretimi artmamış ve 2009 yılındaki üretimin altında üretimler olmuştur. 2010 yılında bal üretimindeki düşüşün en büyük nedeni çöl tozlarının 2009 yılına oranla 2010 yılında çok fazla görülmesidir (Tablo 23).

Tablo 23 Diyarbakır ve Adıyaman’da Arıcılık Faaliyetlerinin Karşılaştırılması

İL ADI	2009		2010	
	Kovan Sayısı (Adet)	Üretim(ton)	Kovan Sayısı (Adet)	Üretim(ton)
Diyarbakır	67.254	1119	73.023	846
Adıyaman	42.232	541	44.316	501

(Kaynak: Diyarbakır ve Adıyaman Tarım İl Müdürlükleri verilerine oluşturulmuştur).

Çöl tozlarının deniz ve okyanuslarda fitoplankton ve algler üzerindeki artışına paralel olarak balık miktarında da artışlar olmaktadır. Çöl tozlarının yağmurlarla denizlere inmesiyle denizlerde alg patlamaları olmakta ve bu algler deniz ekosisteminde balıklar için önemli bir besin olmaktadır.

Çöl tozlarının denizlerde alg patlamalarına neden olduğuyle ilgili literatürde çalışmalar olmasına rağmen, çöl tozlarının göl, baraj ve akarsu gibi tatlı sularda aynı şekilde alg patlamalarına neden olduğu ile ilgili yayınlar çok azdır. İnceleme alanında bulunan Van Gölü, Hazar Gölü, Fırat ve Dicle gibi önemli tatlı su kaynakları, çöl tozlarına yoğun şekilde maruz kalmasına rağmen, çöl tozlarının bu kaynaklarda bulunan canlılar üzerindeki etkileri henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu konuda bölgede ilgili bilim dalları ve kuruluşları tarafından araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Topraktaki ağır metaller, bitkilerin hem yeşil bölümlerinde hem de köklerinde birikmektedir. (Güzel, 2006: 1). Çöl tozları içerisinde bulunan demir, bakır, krom, manganez ve çinko gibi ağır metaller, çöl tozlarının kuru olarak çökmesi sonucunda bitkilerde önemli zararlara neden olmaktadır. Ağır metallerin bitkiler tarafından alınması sonucunda bitkilerde büyüme ve gelişmede yavaşlama, enzim aktivitesinde bozulma, kökte zararlar, depolama faaliyetlerinde bozulma, fotosentez aktivitesinde gerileme, diğer besin elementlerinin alımında yavaşlama ve verimde düşme gibi zararlara neden olmaktadır (Güzel, 2006: 2’ye göre Yağdı vd., 2000).

4.1.3. Su Kaynaklarına Olan Etkisi

Çöl tozlarının taşındığı ve depolandığı en önemli ortamlardan biri deniz, göl, akarsu ve okyanuslardan oluşan su kaynaklarıdır. Su ekosisteminde çok çeşitli canlılar yaşamaktadır. Bu canlılar doğada meydana gelen olaylardan önemli ölçüde etkilenmektedir. Çöl tozlarının bulundukları ortamlardan ayrılıp su ekosistemleri üzerine taşınarak birikmesi sonucunda su ekosisteminde çok önemli olaylar meydana gelmektedir. Bunlardan biri deniz bitkileri olan fitoplanktonlara (alglerin serbest yüzen formları) olan etkileridir. Çöl tozlarının fitoplankton patlamalarına neden olduğunu ilk defa ortaya atanlar Martin vd. (1994) olmuşlardır. Günümüzde uydu teknolojileri ile çöl kökenli tozların renk özellikleri ve alg patlamalarının olduğu dönemler SeaWifs uydu verileri ile gözlemlenebilmektedir (Şekil 78).

Çöl tozlarının taşınımının olduğu zamanı takiben 1 hafta veya 10 gün içerisinde denizlerde ve okyanuslarda “algbloom” denilen alg patlamaları olmaktadır. Bu alg patlamalarına neden olan tür “*Emiliania huxleyi*” olarak adlandırılmaktadır. Çapları en fazla 10 mikrondur. Normal mikroskopla görülmeyip ancak elektron mikroskopla görülürler. 15 günlük yaşam süreleri vardır. Oluşmaya başladıktan 6-7 gün sonra sudaki yoğunlukları en üst düzeye çıkmaktadır. En yoğun oldukları dönemde denizin rengini turkuaz rengine dönüştürürler. Bu rengin oluşmasının nedeni kokolitofor döneminden (Kalsiyum karbonat oluşturma) sonra bu canlılar ölmesi, etrafa kabuklarını yani kokolitlerini tek tek saçması ve bunların da Güneş ışığını yansıtmasıdır. Oluşuma başladıktan 6-7 gün sonra aynı zamanda bir koku da yayılmaktadır. Bu koku alglerin deniz içerisine salgıladıkları Dimetil sülfono propiyonik asitten (CH_3SCH_3) ileri gelmektedir. Bu kimyasal madde denizde önce Dimetil sülfata (DMS) dönüşmekte ve daha sonra da atmosfere çıkmaktadır. Atmosferde de Metil Sülfonik Asit (MSA) ara basamağından sonra sülfata dönüşmektedir. Sülfat ise bilinen iyi bulut oluşturma çekirdeğidir (Saydam, 2010: 35).

Fitoplanktonlardan yayılan **Dimetilsülfat** (CH_3SCH_3) (DMS) deniz troposferinde bulut yoğunlaştırma çekirdeğini üretir. Bu, önce bulut albedosunu artırır ve böylece atmosferin soğumasına neden olur (Goudie ve Middleton, 2006: 35).

Çöl tozları, deniz ve okyanus ortamındaki mikroskobik canlılara önemli etkilerde bulunmaktadır. Çöl tozlarının okyanuslara çökmesiyle yüzeydeki

mikroskobik deniz canlıları için bir besin tuzu kaynağı olmaktadır (Özsoy, 1999: 30'a göre Duce 1986, Martin ve Fitzwater 1988).

Okyanuslara atmosfer yoluyla taşınan demir (Fe) nehirler yoluyla taşınan miktarın yaklaşık olarak 3 katı kadardır (Feyzioğlu ve Ögüt, 2001: 267'e göre Eker-Develi ve ark., 2003). Çöl tozlarının taşındığı deniz ve okyanuslarda alg patlamaları gerçekleşirken, taşınımın olmadığı okyanus ve denizlerde ise gerekli şartlar olduğu halde alg patlamaları olmamaktadır. Pasifik okyanusu açıklarında yeterince besin tuzu ve bol ışık olmasına rağmen beklenen alg patlamalarının olmaması bu yerlerin karalardan uzak olmasına ve yeterli Fe (II) almamasına bağlanmaktadır (Bennama, 2006: 2-3'e göre Martin et al. 1994). Toz taşınımının olmadığı deniz ve okyanuslarda alg patlamalarının olmamasıyla ilgili yapılan deneyler de bu konuyu ispatlamaktadır. En son gerçekleştirilen SOFEX (Güney Pasifik Okyanusu demir tohumlama deneyi) ve daha önce yapılmış olan İRONEX (Demir tohumlama deneyi) deneyleri okyanusların demir eksikliğinin yapay şekilde giderilmesi ile alg patlamalarının oluştuğu ve hatta bu oluşumun uydular aracılığıyla de tespit edilebildiği gösterilmiştir (Bennama, 2006: 3'e göre Boyd et al. 2000).

2001 yılının Temmuz ayında Güneydoğu Karadeniz'de *Gymnodinium Sanguineum* adı verilen bir bloom (Alg patlaması) meydana gelmiştir. Bloomun olduğu tarihlerden 3 günlük geriye dönük hava yörüngelerinin izlenmesi sonucunda bloomun ana nedeninin Sahra Çölü'nden gelen çöl tozları olduğu anlaşılmıştır (Feyzioğlu ve Ögüt, 2001: 268).

Özsoy 1999'daki çalışmasında Doğu Akdeniz kıyusal sistemine taşınan atmosferik kirleticilerin kaynaklarının belirlenmesini ve bunların deniz ekosistemi üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Kuzeydoğu Akdeniz bölgesine ulaşan hava kütlelerinin ve bunların taşıdığı tozların kaynağı 1991 yılında araştırılmış ve bu tozların Kuzey Afrika (Sahra) ve Asya'dan (Suriye ve Arap Yarımadası) kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Akdeniz ve Karadeniz havzalarında etkili olan hava kirleticilerinin kaynakları bu bölgelere üst atmosfer taşınım frekansları ile buraları etkileyen kaynak bölgeleri bulunması şeklinde olmuştur. Akdeniz ve Karadeniz havzaları daha çok kuzey ve kuzeybatı yönünden gelen rüzgarlar vasıtasıyla kirletici ve toz taşınımına uğramakla beraber Kuzey Afrika ve Ortadoğu kökenli rüzgarlar tarafından da taşınımına uğramaktadır (Güllü vd., 2003: 24).

Çöl tozları vasıtasıyla su ekosistemine taşınan maddeler ortamdaki biyolojik aktiviteyi hem olumlu hem de olumsuz yönde etkilemektedir. Olumsuz etkisi, Kadmiyum(Cd), Nikel(Ni), Bakır(Cu) ve Kurşun(Pb) gibi bazı ağır metaller, hidrokarbonlar(C_nH_{2n+2}) ve pestisitler gibi bazı organik maddeler, çöl tozlarıyla beraber taşınarak su ekosistemlerine dahil olduklarında deniz organizmaları üzerinde toksik (zehirli) etki göstermektedir. Olumlu etkisi ise su ekosistemindeki organizmaların varlıklarını sürdürebilmek için ihtiyaç duydukları fosfat ve nitrat gibi belli başlı besin tuzları ile fitoplanktonların enzim sistemlerinin ihtiyaç duyduğu demir, mangan, çinko, kobalt ve molibdenum gibi bazı iz elementlerinin çöl tozları içerisinde bulunmasıdır(Saydam vd.,1995: 2).

Çöl tozlarının su ekosistemi üzerindeki etkileri ile ilgili olarak Martin vd.(1991-1994) kıtalardan uzak okyanuslarda yeterli miktarlarda besin tuzlarının olmasına rağmen alg patlamalarının olmamasının nedenini, buralara çöl tozlarıyla ulaşan demirin yetersiz olmasına bağlamışlardır. Bu görüş, yapılan bir seri deneyle kanıtlanmıştır. Gerçekleştirilen çeşitli deneylerde okyanusa eklenen demirin alglerin oluşmasını başlattığı ve bu alglerin oluşumu ile atmosferden çekilen karbonun atmosferik karbondioksiti azaltacağı ve böylece iklim değişikliklerine neden olabileceği tezi de kanıtlanmış olmaktadır (Doğanay, 2006: 11).

Büyük çöl bölgeleriyle ilgili mineralojik çalışmalar, mineral çöl tozunun okyanus sedimentlerinin büyük bir unsuru olduğunu göstermektedir. Kuzey Pasifik'in orta kısımlarında okyanus zeminindeki sedimentlerin % 75 ile % 98'i rüzgâr kaynaklı materyallerden oluşmaktadır. Bunun için mineral çöl tozları deniz ve okyanus ekosistemleri için önemli bir besin kaynağı sağlamaktadır. Kuzey Pasifik'te çözülebilir bir demir kaynağı olarak atmosferik girdilerin nehir girdilerinden 3 kat daha önemli olduğu tahmin edilmektedir (Laity, 2008: 227).

İnceleme alanında çöl tozlarının doğal ortam üzerindeki etkileri aynı zamanda göl, akarsu ve baraj sularında da olmaktadır. Çöl tozlarının deniz ve okyanuslardaki canlılar için besin kaynağı olarak oluşturduğu alg patlaması bölgede bulunan tatlı su kaynakları üzerinde de olacağı düşünülmektedir. Ancak bu konuda gerekli ve yeterli araştırmalar yapılmamıştır. Çöl tozları, inceleme alanında bulunan içme suyu arıtma tesisleri için büyük riskler içermektedir. Çöl tozları içerisinde bulunan kadmiyum, bakır, kurşun, arsenik gibi ağır metaller ile mantar ve virüsler kuru ve yağ çökmeyle arıtma

tesislerinde bulunan su yüzeylerine çökeildiğinde insan sağlığı için büyük tehditler oluşturmaktadır.

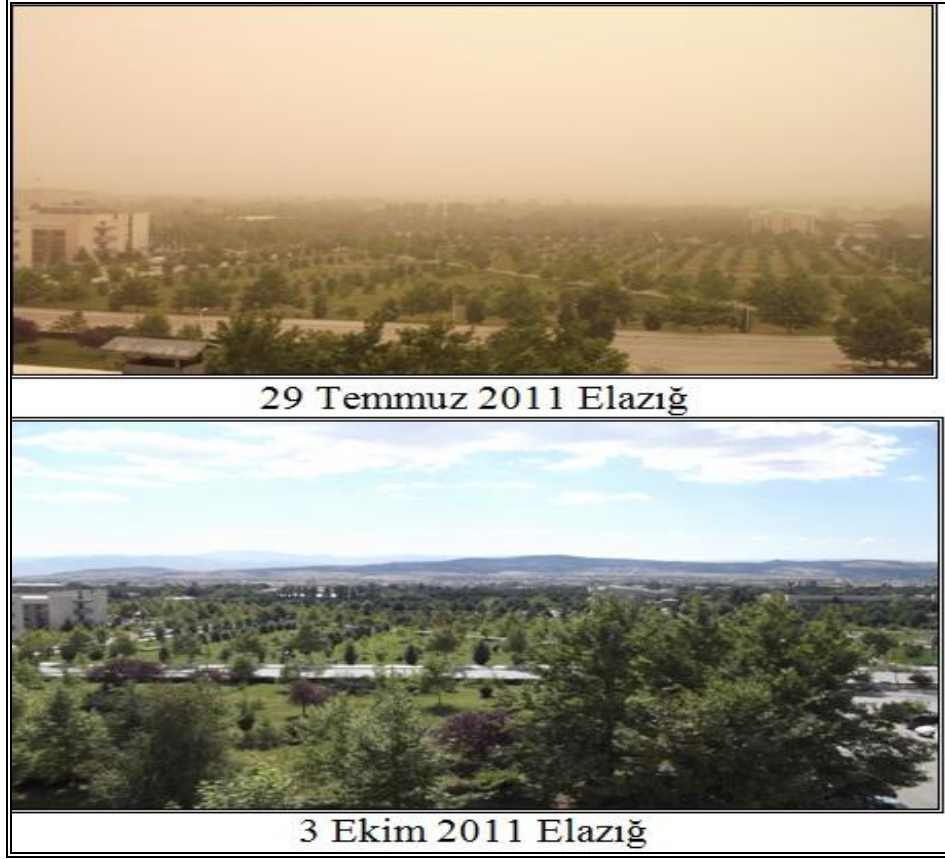
4.1.4. Hava Kalitesine Olan Etkisi

Hava kalitesi üzerine dünyada yapılan çalışmalar temelde SO_2 , NO_2 , O_3 toplam asılı partiküller ve partikül madde konsantrasyonları gibi değişik göstergelere dayanır. Boyut kriterlerine dayalı olan pek çok PM grupları vardır. Çoğunlukla literatürde PM_{10} ve $PM_{2.5}$ den bahsedilir. Bu terimdeki sayılar mikrometre olarak açıklanmış olup partiküllerin üst boyut limitlerini temsil eder. Bu partiküllerin bileşimleri kaynaklarına bağlı olarak değişiklik gösterir (Longueville vd., 2010: 3).

Çöl tozları, atmosferde yüksek konsantrasyonda olduğu zamanlarda hava kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Fotoğraf 12-13). Toz miktarı yüksek olduğu zamanlarda kara, hava, deniz ve demir yolları ulaşımı aksamaktadır. Çok yüksek derecede toz, sisin görüş mesafesini düşürmesi gibi görüş mesafesini sıfıra kadar düşürmekte ve bunun sonucunda ulaşım zorlaşmaktadır.



Fotoğraf 12 Mardin’de Hava Kalitesinin Tozlu ve Tozsuz Günlerde Karşılaştırılması.



Fotoğraf 13 Elazığ'da Tozlu ve Tozsuz Günlerin Karşılaştırılması

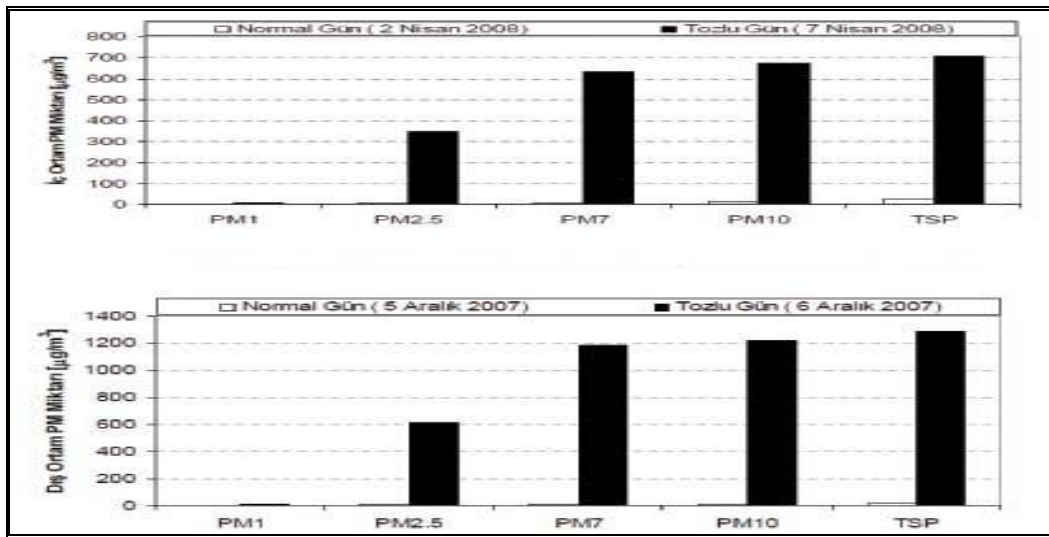
21 Mayıs 2009 ve 10 Şubat 2009 tarihinde Suriye üzerinden gelen çöl tozları Güneydoğu illerinde etkili olmuştur (Fotoğraf 14). Bunun sonucunda görüş mesafesi 300 metreye kadar düşmüş, havadaki partikül oranı (günlük üst sınır $150\mu\text{g}$) Diyarbakır'da 1087, Mardin'de 2500 mikrogram olarak ölçülmüştür. Mardin-İstanbul, Mardin-Ankara, Diyarbakır-Ankara arası olan uçak seferleri iptal edilmiştir. Saat 09.54'te İstanbul'dan havalanan uçak, 11.35'te geldiği GAP Uluslararası Havalimanı'nda görüş mesafesinin düşmesi nedeniyle Gaziantep'e yönlendirilmiştir (www.cumhuriyet.com.tr).



Fotoğraf 14 Şanlıurfa ve Mardin 'de Etkili Olan Çöl Tozları.

10.02.2009 tarihinde Antalya-Diyarbakır seferini yapan yolcu uçağı toz fırtınası nedeniyle Adana'ya zorunlu iniş yapmış bir süre bekleyip tozların dağılmasından sonra Diyarbakır'a normal olarak inebilmiştir (www.radikal.com).

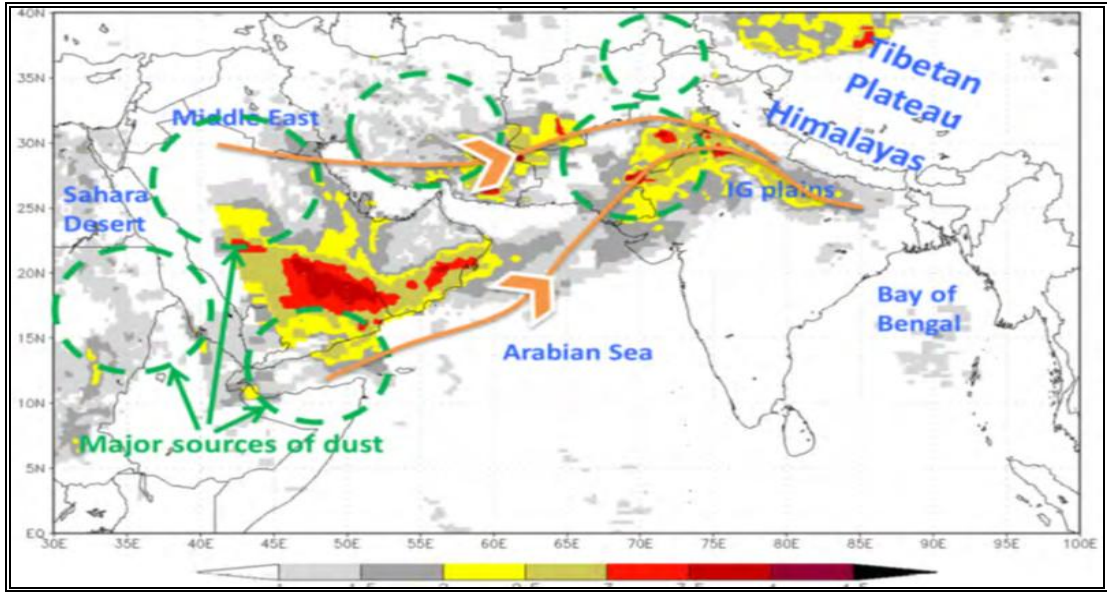
Çöl tozları, dış ortam hava kalitesine etki ettiği gibi iç ortam hava kalitesine de etki etmektedir (Şekil 80). Tozlar genelde iç ortama pencere ve kapı aralıklarından girmektedirler. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının etkili olduğu günlerde tozlar, ev ve işyerlerinin pencere ve kapılarından girerek tabakalar halinde birikimler oluşturmaktadır. İç ve dış ortam hava kalitesinin çöl tozları tarafından düşürülmesi özellikle canlı hayatı açısından büyük riskler oluşturmaktadır. Ayrıca inceleme alanında hava kalitesinin çöl tozlarından dolayı zayıflaması görüş mesafesini düşürmekte ve bunun sonucunda ulaşım güçleşmektedir.



Şekil 80: Şanlıurfa'da Tozlu ve Normal Günlerde İç ve Dış Ortam Hava Kalitesinin Karşılaştırılması (Bulut vd., 2008: 374-375).

4.1.5. Buzullara ve Kar Erimelerine Etkisi

Sahra ölü ve Arabistan Yarımadası ölllerinden kalkan çöl tozları, kıtalararası taşınım yoluyla Orta Asya ve Sibirya'ya kadar ulaşmakta ve buralarda bulunan buzulların erimesine ve geri çekilmesine neden olmaktadır. Antropojenik kirlilikler ile çöl tozlarının buzulların hareketi ve erimesi üzerine etkisi Tibet ve Himalaya bölgelerinden alınan buz karotlarının analiziyle belgelenmiştir. Paleoklimatik kayıtlar, Güney Asya musonları ve orta enlem siklonlarının Himalayalardaki buzulların hareketini etkilediğini göstermektedir (Prasad vd., 2011: 91) (Şekil 81).



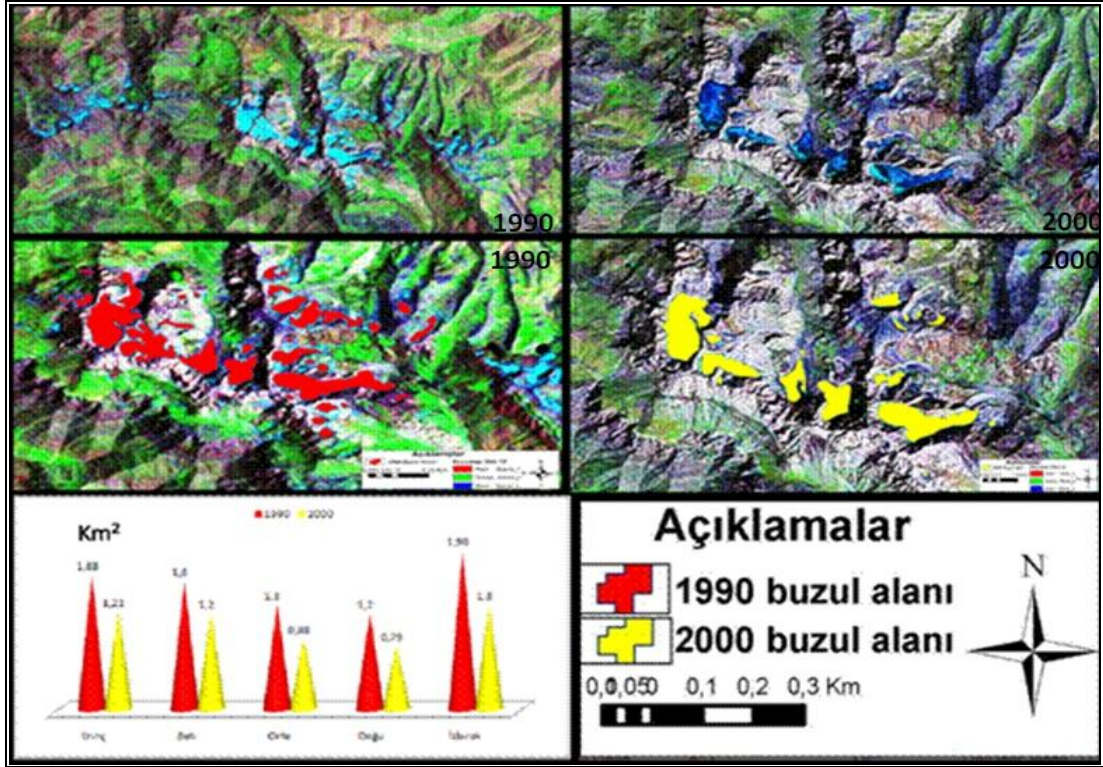
Şekil 81: Sahra ölü ve Arabistan Yarımadası ölleri Kökenli Tozların Himalayalar'daki Buzullara Etkisi (Prasad vd., 2011: 101).

Türkiye’de en önemli güncel buzul alanları, Toroslar, Doğu Karadeniz ve yüksek volkan konilerinde bulunmaktadır (Şekil 82). İnceleme alanında bulunan en önemli buzullar ise Cilo Dağı, Sat Dağı, Munzur Dağları, Süphan Dağı, Ağrı Dağı ve Kavuşşahap Dağı’nda bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda Cilo Dağı, Süphan Dağı ve Ağrı Dağı’ndaki buzulların toplam alanın 1990-2000 yılları arasında ortalama % 20-30 gerilediği ortaya çıkmıştır(Bahadır ve Dikbaş, 2011: 9).



Şekil 82: Türkiye’nin Güncel Buzul Alanları (Bahadır ve Dikbaş, 2011: 9)

Bu gerilemede dünya ölçeğinde meydana gelen küresel iklim değişikliği etkili olmuştur. Özellikle Buzul Dağı’ndaki gerileme 1990-2000 yılları arasında % 30-40 olmuştur (Bahadır ve Dikbaş, 2011: 9) (Şekil 83).



Şekil 83: Buzul Dağı'ndaki Buzulların (Cülo) 1990 – 2000 Yılları arasındaki alansal değişimi (Bahadır ve Dikbaş, 2011: 5).

İnceleme alanında yer alan ve hızlı şekilde gerileyen buzullar Cilodağı, Süphan Dağı ve Satdağı'nda bulunmaktadır. Süphan Dağı'nda 19. yüzyılın sonlarında 2.5-3 km uzunluğunda, 400 m eninde ve 70-100 m derinliğindeki Süphan kalderasını neredeyse tamamen dolduran buzullar geçen zaman içinde % 97 oranında eriyerek, bugün bütünüyle yok olma tehlikesine gelmiştir (Kesici, 2005: 7). Özellikle Cilodağı ve Satdağı'nın konum olarak Suriye ve Irak çöllerine yakın olması ve Batı Rüzgarları kuşağı üzerinde bulunması çöl kökenli tozların bu dağlarda bulunan buzullar üzerine çökmesindeki en büyük faktörü oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki buzulların hızlı şekilde gerilemesindeki en önemli faktörün küresel iklim değişikliğiyle birlikte bölgeye yoğun şekilde taşınan 3000-5800 m yüksekliklerdeki çöl tozlarının olduğu düşünülmektedir (Fotoğraf 16). Ancak bu buzulların erimesinde ve gerilemesinde çöl tozlarının payının ne olduğu bilimsel olarak bilinmemektedir.



Fotoğraf 15 Buzul (Cilo) Dağı'nda buzulların üzerinde biriken çöl tozları
(www.googleearth.com)

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde etkili olan çöl tozları karın üzerine depolandığında karın sarı bir renk alarak kirlenmesine ve daha çabuk erimesine neden olmaktadır (Fotoğraf 16-17). Bu durum özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nin yüksek dağlarında görülmektedir. Çöl tozlarının kar üzerine birikmesi sonucunda karın hızlı şekilde erimesiyle afet boyutuna varabilecek çığ, sel ve taşkın olayları meydana geleceği düşünülmektedir. Bu tür durumlarda can ve mal kayıplarının yaşanmaması için yetkili kişi ve kuruluşların gerekli tedbirleri alarak kamuoyunu bilgilendirmesi gerekmektedir.



Fotoğraf 16 Kurucaova (Malatya)'da Dağlarda Kar Üzerine Biriken Çöl Tozları (Z. Karataş, 2011).



Fotoğraf 17 Maden (Elazığ)'de Kar Üzerine Biriken Çöl Tozları (Şengün, 2008).

4.2. Beşeri Ortama Etkisi

Çöl tozları, beşeri ortamda en fazla insan sağlığını, faaliyetlerini, araç-gereçlerini, yapı ve yerleşmelerini etkilemektedir. İnsan sağlığına etkileri, nefes darlığı, öksürük ve soluk borusunun tıkanması gibi solunum rahatsızlıklarında artışın olması, akciğer fonksiyonlarında düşüşün görülmesi, astım kötüleşmesi, kronik bronşit gelişimi, düzensiz kalp atışları, öldürücü olmayan kalp krizleri ile kalp ve akciğer hastalarında erken ölümler şeklinde sıralanabilir (Akınç, 2005: 1-2). İnsan faaliyetlerinde ise çöl tozları, turizm, ulaşım ve arıcılık faaliyetlerini etkilemektedir. Çöl tozları, ev ve işyerlerinde kullanılan klimaların tıkanmasına ve bozulmasına, metalik eşyaların erken paslanmasına ve otomobillerin boyalarında toz ve kum fırtınaları sonucunda çiziklerin meydana gelmesine neden olmaktadır.

4.2.1. İnsan Sağlığına Etkisi

Günümüzde pek çok medikal şartlar çöl tozlarının etkileriyle ilişkilendirilmektedir. Hava kaynaklı partiküllerin insan sağlığına etkileri son zamanlarda önemli şekilde dikkat çekmektedir. 9 Ağustos 2005'te Bağdat'taki bir toz fırtınası Yermük Şehir Hastanesi tarafından rapor edilen yaklaşık 1000 tane boğulma

olaylarına neden olmuştur. Küçük partiküllerin doğrudan solunumu bronşit, emphysema (akciğer hastalığı) ve silicosis (akciğer iltihabı) gibi hastalıklara neden olmaktadır. Batı Sahra'daki toz partikülleri ülkedeki yerliler arasında yaygın olan konjonktiv iltihabından sorumlu tutulmaktadır. Suudi Arabistan'daki çöl tozları, çeşitli solunum hastalıklarını tetikleyen bir dizi aeroalerjenler ve antijenleri içermektedir. Şubat-Mayıs arasında 200.000 kişiyi etkileyen Batı Afrika'daki yıllık menenjit vakaları bölgede esen ve çöl tozları taşıyan Harmattan rüzgarıyla ilişkilendirilmektedir (Goudie ve Middleton, 2006: 51-52).

Kaba partiküller (PM_{10}) bronşlarda depolanabilir ve bu yüzden astım, kronik problemlili akciğer hastalığı, zatürre ve öteki solunum sistemi enfeksiyonlarına yol açan solunum şartları üzerinde etkili olmaktadır. Daha ince partiküller ($PM_{2.5}$) ise daha çok kardiovasküler problemlerle bağlantılıdır. Aynı zamanda ince partiküller akciğer alveollerine ulaşabilir. (Longueville vd., 2010:4).

Çöl tozlarının içerisinde bulunan çeşitli maddeler insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Toz miktarının yüksek olduğu zamanlarda akciğer ve solunum yolları hastaları, kalp-damar hastaları ve migren hastaları havadaki tozdan olumsuz etkilenmekte ve hastalıkları tetiklenmektedir. Çöl tozlarının içerisinde bulunan mikroorganizmalar menenjit hastalığına yol açmaktadır (Eren 2006: 8'e göre Afeti and Resh 2000).

Çöl tozları içerisinde bulunan maddeler bazı canlılar için besin sağlamasının yanında bazı organik maddelerin biyolojik olarak parçalanmasına da neden olmaktadır. Sahra tozları mikroorganizmalar için besin sağlamakta aynı zamanda tehlikeli organik maddelerin biyolojik olarak parçalanması için doğal bir ortam oluşturmaktadır (Eren 2006: 8'e göre Sanin et al. 2005). Çöl tozlarıyla birlikte taşınan mikroorganizmaların % 25'inin bitkilerde, % 10'unun da insan ve hayvanlarda hastalık yapan patojen canlılardan oluşmaktadır (Alp ve Sarı, 2007: 16'ya göre Spieksma 1991).

Çöl tozlarının etkili olduğu dönemlerde tozların insanlarda yaygın olarak bulunan migren hastalığını tetiklediği bilim adamları tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hayrunnisa Bolay ile Haccetepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Prof. Dr. A. Cemal Saydam'ın ortak olarak yaptıkları çalışmalarda rüzgârla taşınan ve atmosferde su ve Güneşle değişime uğrayan çöl tozlarının migrene

neden olduğu ve bunların belli dönemlerde hastalığı tetiklediğini ortaya koymuşlardır. Bolay bu konuda şunları söylemektedir. “Bahar dönemlerinde lodosun artmasıyla birlikte baş ağrısı, yüksek tansiyon, astım ve halsizlik gibi yakınmalarda artışlar olmaktadır.” İnsanlarda migren gibi hastalıklara neden olan faktörün tozun kendisinin değil mikroorganizmalar olduğu Bolay tarafından belirtilmektedir (Doğanay vd., 2008: 1065).

Çöl tozları, çocuk ve hastalarda sağlık riskleri oluşturmaktadır. İran’da tozların etkili olduğu dönemlerde insanların hastanelere başvuruları % 20 ile % 60 arasında artmaktadır (www.cembit.dmi.gov.tr).

Tozlar ve minerallerin insan sağlığı üzerinde önemli derecede olumsuz etkileri vardır. Tozların zararları daha çok toz büyüklüğüne bağlıdır. Tozların ve minerallerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileriyle ilgili Kavak ve arkadaşlarının yaptıkları ve Dicle Tıp Dergisi’nde 2004 yılında çıkan çalışmada $0,5\mu\text{m}$ ’den küçük olan taneciklerin geri atılmasının tozun kimyasal yapısına ve özgül ağırlığına bağlı olduğu bildirilmiştir. Slikoz hastalığından ölen hastalar üzerinde yapılan araştırmada akciğerde boyutu $5\mu\text{m}$ ’a kadar olan toz tanecikleri bulunmuştur. Yine aynı çalışmada tozların ve minerallerin çeşitli hastalıklara neden olduğu bildirilmiştir. Bu hastalıklar Pnömokanyozlar, Jinekolojik hastalıklar, Gastroenteroloji hastalıkları ve Ürolojik hastalıklarıdır.

Çöl tozlarındaki demir oksitin akciğer yüzeyinde hidroksil radikalleri oluşumuna yol açarak akciğer dokusunu tahrip edebileceği ileri sürülmektedir. Virjin adalarındaki St. John’da yapılan çalışmalarda, bu bölgeye gelen Sahra çöl tozları miktarıyla astım atakları sıklığı arasında doğru orantılı bir ilişki gösterilmiştir (Doğanay, 2006: 10).

Çöl tozu taşınımı sürecinde, atmosferdeki mikroorganizma sayıları, Sahra çöl tozu içeriği az olan atmosferik havada bulunan mikroorganizma sayılarına oranla çok belirgin olarak daha fazla olduğu gösterilmiştir. Ayrıca 1973 ile 1996 yılları arasında Barbados’ta (Orta Amerika) izlenen astım vakalarında 17 kat artış olduğu ve Kraliçe Elizabeth Hastanesi’nin 1999 yılında akut astım ataklarının acil başvurularının % 22,3’nü teşkil ettiği gösterilmiştir (Doğanay, 2006: 10).

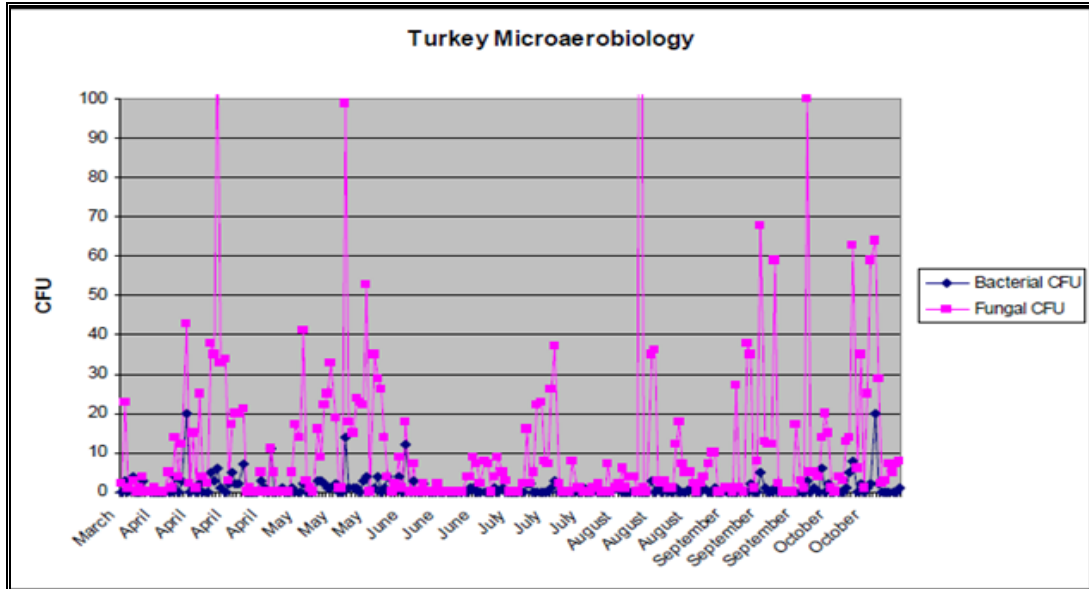
Çöl tozları, zehirli bileşikler uzun mesafeli taşınım boyunca başka alanlara taşınmaktadır. Bakteriler, virüsler ve mantarlar da aynı şekilde taşınarak insan ve çevre sağlığı için büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Tablo 24).

Tablo 24 İnsanlarda Hastalık Oluşturan Bazı Mikroorganizmalar

Table 1. Human airborne pathogens	
Agent	Disease
Bacteria	
<i>Yersinia pestis</i>	the 'Black Plague' which killed off ¼ of Europe's population in the 14 th century
<i>Bacillus anthracis</i>	Anthrax
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosis
<i>Legionella pneumophila</i>	Legionnaires' Disease
<i>Bordetella pertussis</i>	Whooping Cough
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Diphtheria
<i>Chlamydia psittaci</i>	Psittacosis
<i>Haemophilus influenza</i> <i>Streptococcus pneumonia</i> <i>Neisseria meningitidis</i>	Bacterial flu, bacterial meningitis
Fungi	
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Cryptococcosis
<i>Aspergillus</i> sp.	Aspergillosis
<i>Coccidioides immitis</i>	Coccidiomycosis – desert dust storms
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmosis
<i>Blastomyces dermatitidis</i>	Blastomycosis
Virus	
Rhinoviruses	The 'common cold'
Influenza viruses	Viral flu
Herpes virus -3	Chicken pox
Hantavirus	Hantavirus pulmonary syndrome – dust cont. w/mice urine/feces
Poxvirus - Variola virus	Smallpox

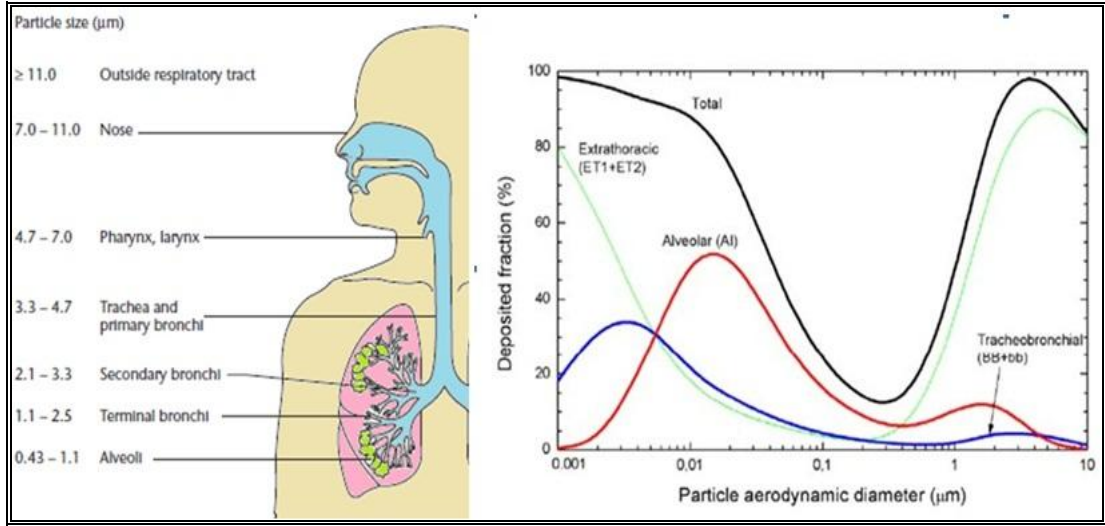
(Kaynak: Griffin vd., 2005: 9).

2002 yılında mart-ekim döneminde Türkiye’de toplanan çöl tozları içerisinde en fazla mantar baskın çıkmıştır. Mantarlar içerisinde ise en yaygın türler *Cladosporium* ve *Alternaria* olmuştur (Griffin vd., 2005: 22) (Şekil 84).



Şekil 84: Türkiye’de Toplanan Çöl Tozu Örnekleri İçerisinde Bakteri ve Mantarların Dağılımı (2002) (Griffin vd., 2005: 22).

Çöl tozları, insan sağlığı için büyük riskler içermektedir. Bu riskler, nefes alma ve solunum problemleri, kanser, iltihaplanma ve ciltlerde tahriştir. Çöl tozları içerisinde bulunan Kuvars partikülleri ($1\mu\text{m}$ 'den daha büyük olanlar) üst solunum sistemlerinde depolanırken, daha küçük partiküller akciğerin derinliklerine kadar ulaşmaktadır (Kallos, 2011: 22) (Şekil 85) (Fotoğraf 19)



Şekil 85: Çeşitli Boyutlardaki Partiküllerin İnsan Sağlığına Etkileri (Kallos, 2011: 22).



Fotoğraf 18 Mardin'de Görülen Çöl Tozları (www.gazete5.com).

Diyarbakır İl Sağlık Müdürlüğü'nün verilerine göre Diyarbakır'da çöl tozlarının yoğun olarak görüldüğü 2009 yılının Haziran ayında hastanelerin Acil ve Göğüs polikliniklerine günlük olarak başvuranların ortalaması 281 kişidir. Yine aynı yılda çöl tozlarının çok az görüldüğü Temmuz ayında ise Acil ve Göğüs polikliniklerine

günlük başvuruların ortalaması ise 248.1 kişidir. Tozlu günler ile tozsuz günlerde başvurular arasındaki fark 33 kişidir. Çöl tozlarının göğüs hastalıkları üzerindeki etkisi yaklaşık olarak % 10-15 arasındadır (Tablo 25).

Tablo 25 Diyarbakır'da Haziran ve Temmuz Aylarında Acil ve Göğüs Polikliniklerine Başvuran Hasta Sayıları (2009).

Ay	G ü n l e r																																	
Haz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
Hasta sayısı	441	388	345	320	355	531	528	431	337	334	350	400	444	429	332	334	366	339	330	336	440	500	325	237	256	251	555	444	457	368				
Toz. Gün.			x	x	x		x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x					x				x	x					
2009 Haziran Ayı Göğüs ve Acil Polikliniklerine Gelen Toplam Hasta sayısı: 8439. Günlük Ortalama: 281 (Diyarbakır)																																		
Ay	G ü n l e r																																	
Temm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Hasta sayısı	320	359	376	257	266	362	338	280	281	508	319	337	332	331	326	337	333	373	375	308	358	265	233	258	335	339	309	258	257	267	281			
Tozlu Gün.													x		x	x									x	x								
2009 Temmuz Ayı Göğüs ve Acil Polikliniklerine Gelen Hasta sayısı: 7692. Günlük ortalama: 248.1																																		

(Kaynak: Diyarbakır İl Sağlık Müdürlüğü Verileri) (Kırmızı renkler hafta sonlarını göstermektedir).

Diyarbakır'da 7-14 Mart 2009 tarihi arasında etkili olan çöl tozları sonunda Acil ve Göğüs Polikliniklerine başvuruların günlük ortalaması 414. 75 kişidir. Tozsuz günlerde (16-23 Mart 2009) ise günlük ortalama 345.25 kişidir. Tozlu günlerde artış oranı % 20 'dir (Tablo 26) İnceleme alanında çöl tozlarının göğüs hastalıklarını tetikleyerek insanların hastanelere başvurmalarına etkisi % 10 ile % 20 arasında artmıştır.

Tablo 26 Diyarbakır'da Tozlu ve Tozsuz Günlerde Acil ve Göğüs Polikliniklerine Başvuranların Karşılaştırmalı Tablosu (2009 Mart).

	Tozlu Günler									Tozsuz Günler									
Günler Mart 2010	7	8	9	10	11	12	13	14	Tozlu 4 gün ort. - xxxxx	16	17	18	19	20	21	22	23	Tozsuz 4gün ort. xxxxx	Artış Oranı
Gelen Hasta Sayısı	78	492	400	402	365	360	68	52	414.75	425	321	350	285	59	50	379	341	345.25	% 20

(Kaynak: Diyarbakır İl Sağlık Müdürlüğü Verileri) (Kırmızı renkler hafta sonlarını göstermektedir).

4.2.2. İnsan Faaliyetlerine ve Eşyalara Etkisi

Çöl tozları, ulaşım, turizm, sanayi ürünleri ve hayvancılık gibi insan faaliyetlerini de etkilemektedir. Özellikle turizm üzerinde çöl tozlarının çok önemli etkileri vardır. Doğu ve Güneydoğu Bölgeleri'nin çöl bölgelerine yakın olması ve rüzgârların esiş güzergâhında olması yoğun toz taşınımına neden olmaktadır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan göl ve baraj kıyılarında toz konsantrasyonun yüksek olduğu Nisan, Mayıs ve bazı yaz aylarında turistler açık havaya çıkamamakta ve Güneşten faydalanamamaktadırlar. Çöl tozları, göl ve baraj kıyılarında güneşlenme süresini olumsuz etkilemektedir (Fotoğraf 19).



Fotoğraf 19 Çöl Tozlarının Turistik Plajlarda Güneşlenme Üzerindeki Etkisi ((Griffin vd., 2005: 31).

Büyükölük ve kimyasal içeriğine bağılı olarak partiköl maddeler eşyalar üzerinde de ciddi tahribata sebebiyet vermektedir. Metal yüzeyler kuru havada partiköllerle karşı dayanıklı olmalarına rağmen, nemli havalarda bileşimindeki çeşitli asidik karakterli kimyasallar nedeni ile dayanıklı değildirler ve kısa zamanda korozyona uğrarlar. Metallerle etki koroziif yapıdaki partiköler maddelerin doğrudan etkisi ile oluşur. Bu etki nemin artması ile artar. Tekstil ürünleri partiköler maddelerden kirlenme, erozyon vb. şekilde etkilenirken, yapı elemanları kirlenme ve aşınma şeklinde zarar görürler (Kahramantekin, 2006: 28'e göre Karpuzcu 1994). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozları, metalik eşyaları olumsuz etkilemektedir. Çöl tozları içerisinde demir oksitlerin yüksek oranda bulunması bu olumsuzluğun en büyük nedenidir.

Özellikle inceleme alanında sanayinin yoğun olduğu Gaziantep, Malatya, Elazığ gibi illerde çöl tozları, açık ve kapalı ortamlarda bulunan metalik aletlerin ve makinelerin oksitlenerek çabuk paslanmasına, yıpranmasına ve bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca çöl tozları inceleme alanında insanların kullandığı giysilerin ve kuruması için balkonlara asılan çamaşırların özellikle çamurlu yağışlarla kirlenmesine neden olmaktadır.

İnceleme alanında çöl tozları ve çamurlu yağışlar, araç, ev ve işyeri klima sistemlerinin bozulmasına, fanların tıkanmasına ve filtrelerin erken dolmasına neden olmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinde camların kirlenmesine, çamurlu yağışlarla metallerin paslanmasına sebebiyet verirler. Ayrıca binaların dış cephelerindeki boyaları çabuk soldururlar ve rengini değiştirirler. Yoğun şekilde çöl tozu taşınımı, insanların psikolojisini olumsuz etkileyerek çalışma gücünün ve verimin düşmesine neden olmaktadır. Çöl tozlarının atmosferdeki yoğunluğunun artması sonucunda iç ve dış ortamdaki aydınlanma seviyesi düşmektedir. Bu durum ev ve sokak lambalarının gündüz vakti kullanılmasına sebebiyet vererek enerji sarfiyatını artırmaktadır (Fotoğraf 20)



Fotoğraf 20 Siirt'te Etkili Olan Çöl Tozları (12 Nisan 2011: 14:30) (E. Sadık, 2011).

Çöl tozları, kara, deniz, hava ve demir yolu ulaşımlarında görüş mesafesini düşürerek ulaşımda problemlere neden olmaktadır (Fotoğraf 21-22).



Fotoğraf 21 Çöl Tozlarının Ulaşımına Etkisi

Çöl tozları, motorlu araçlar için potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır. Çöl tozları sonucunda meydana gelen kazaların oranı diğer kazalara göre % 68 daha yüksektir. Toz fırtınası sırasında görüş mesafesinin neredeyse sıfıra yakın olması sürücülerin yavaşlama, yön değiştirme ve hızlanma şartlarını etkilemektedir. Çöl tozlarıyla ilişkili kazalar çoğunlukla trafiğin yoğun olduğu saatlerde meydana gelmektedir (Laity, 2008: 229).



Fotoğraf 22 Çöl Tozlarının Demiryolu Ulaşımına Etkisi (www.env.go.jp).

Çöl tozları inceleme alanında özellikle Diyarbakır, Gaziantep, Malatya, Şanlıurfa ve Mardin gibi nüfusun yoğun olduğu şehirlerde kara, hava ve demiryolu ulaşımını olumsuz etkilemektedir. (Fotoğraf 23). Özellikle tozların etkili olduğu zamanlarda hava yolu seferleri iptal edilmektedir. Ayrıca tozlu günlerde büyük şehirlerde şehiriçi trafikte kaza oranları artmaktadır.



Fotoğraf 23 Mardin (29 Temmuz 2011).

Çöl tozları, kaynak bölgelerine yakın yerlerde yaşayan insanlar için çeşitli problemler oluşturmaktadır. Bunlardan birçoğu zararlı ekonomik etkilere sahiptir. Çöl tozları, çok eski zamanlardan beri kurak bölgelerdeki insanları olumsuz olarak etkilemektedir. Milattan önce 400 ile milattan sonra 400 arasında yaşayan antik Makedon Stobi kasabasının şiddetli toz fırtınasından terk edildiği söylenmektedir (Goudie ve Middleton, 2006: 49).

4.2.3.Yapı ve Yerleşmelere Etkisi

Hem Türkiye’de, hem de diğer ülkelerde, tarihsel ve kültürel niteliklere sahip birçok yapıda ve anıta yapı malzemesi olarak kullanılmış olan doğal taşlar, günümüz yapılarında da geniş bir kullanım alanına sahiptir. Atmosferik kirleticiler, meteorolojik faktörlerle birleştiğinde yapıların bütününe veya dış kabuğunu meydana getiren doğal taşları, çok farklı biçimlerde etkiler ve taşın cinsine bağlı olarak da büyük çeşitlilik ve değişkenlik gösteren hasar ve bozulmaları ortaya çıkartırlar (Gökaltun, 1999: 138).

Doğal taşlar içerisinde önemli bir yer tutan ve yapılarda yoğun biçimde kullanılan kireçtaşı mermerleri, atmosferik kirleticilerden en çok etkilenen yapı taşlarıdır. Özellikle, SO_x (kükürtoksitler), NO_x (azotoksitler) gibi birinci derecede

önemli olan ve atmosferik ortamda çok yüksek oranlarda bulunan kirleticiler ile kimyasal etkilerin sonucunda meydana gelen kireçtaşı hasar oluşumları, kirleticilerin, taşın yüzeyine iki farklı yoldan kuru ve yaş çökelme ile ulaşması şeklinde gelişirler (Gökaltun, 1999: 138).

Hava kirliliği, kireçtaşları üzerinde meydana gelen parlaklık kaybında birincil faktör olup, hem kuru çökelme, hem de ıslak çökelme mekanizmaları ile etkili olmaktadır. Kuru çökelme, taşların daha çok parlaklıkları üzerinde etkili olurken, yaş çökelme ise taşlarla kimyasal reaksiyona girerek taşların yapıları ve şekilleri üzerinde daha fazla tahrip edici etki bırakmaktadır (Gökaltun, 1999: 138).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan tarihi yapılar genelde beyaz kalkerden yapılmıştır. Bu binalarda kullanılan taşlar, çöl tozları içerisinde bulunan demir, bakır, kurşun gibi ağır metallerin yaş olarak çökmesi sonucunda bu metallerle kimyasal reaksiyona girerek renk değişimine ve şekil kaybına uğramaktadırlar. Bu duruma en iyi örnek olarak Mardin şehrinde bulunan tarihi binalar verilebilir. Mardin'de bulunan tarihi binaların iç cephelerinde duvar rengi beyaz iken, dış cephelerdeki duvarların rengi ise çöl tozlarının kuru ve yaş olarak çökmesinin sonucunda sarı ve kızılımsı bir renge dönüşmüştür. (Fotoğraf 24).

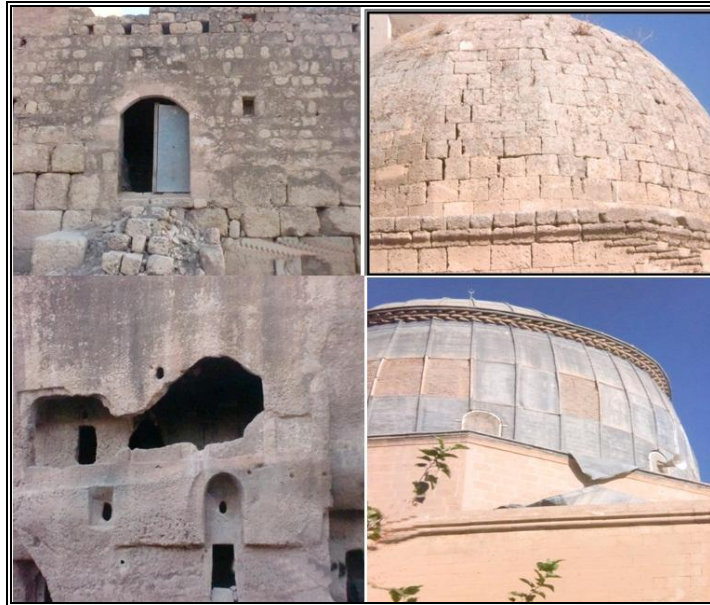


Fotoğraf 24 Mardin 'de Tarihi Binaların İç ve Dış Cephelerinin Karşılaştırmalı Durumu.

Çöl tozları, kale, heykel ve anıt gibi tarihi ve kültürel olarak büyük öneme sahip olan nesnelere zarar verebilirler. Çöl tozları içerisinde bulunan mineraller kuru ve yaş olarak heykel ve anıtlar üzerine çökeldiğinde çeşitli kimyasal yollarla yapılar üzerinde aşınmaya ve ayrışmaya neden olurlar. Böylece bu yapıların kısa süre içerisinde bozularak ortadan kalkmasına sebep olmaktadır (Fotoğraf 25-26). Çöl tozları, ayrıca tarihi yapıların çeşitli yerlerine birikerek oralarda çeşitli otların yeşermesine neden olmaktadır. Bu durum tarihi yapılar için olumsuz bir durum oluşturmaktadır.



Fotoğraf 25 Çöl Tozlarının Kale Yapıları Üzerindeki Ayrıştırıcı Etkisi (Mardin Kalesi 05.10.2011) (M. Şeran, 2011).



Fotoğraf 26 Çöl Tozlarının Tarihi Yapılar Üzerindeki Ayrıştırıcı Etkisi (Mardin 05.10.2011) (M. Şeran, 2011).

Çöl tozları, aynı zamanda binaların dış cephe renklerinin çabuk solmasına ve kirlenmesine neden olmaktadır (Fotoğraf 27). Bu durum özellikle özellikle çöl tozlarının yoğun olarak taşındığı cephelerde görülmektedir.



Fotoğraf 27 Çöl Tozlarının Binaların Dış Cephe Üzerine Etkisi (Mardin 05.10.2011)
(M. Şeran, 2011).

Çöl tozlarının yoğun olmadığı yerlerde bulunan tarihi binalarda binaların rengi fazla bozulmamakta ve ayrıca ömürleri de çöl tozlarının yoğun görüldüğü yerlere göre daha uzun olmaktadır (Fotoğraf 28).



Fotoğraf 28 Taşbaşı Kilisesi(Ordu) ve Mardin Müzesi dış cephelerinin karşılaştırmalı durumu (www.karalahana.com).

İnceleme alanında çöl tozlarından yoğun etkilenebilecek alanlarda bulunan heykel, anıt ve tarihi yapıların çeşitli araç-gereçler ve yöntemler kullanılarak koruma altına alınması gerekmektedir. Bu koruma yöntemlerine bir örnek Mardin’de bulunan Sabancı Müzesi verilebilir. Müzesinin giriş kısmı saydam camekânlarla kapatılarak tozların iç ortama girişi engellenmeye çalışılmaktadır (Fotoğraf 29).



Fotoğraf 29 Mardin’de Bulunan Sabancı Müzesi.

BEŞİNCİ BÖLÜM

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyadaki çöller, çöl tozlarının kaynaklarını oluşturmaktadır. Çöller, yerkürede özellikle kuzey yarıkürede toplanmıştır. Kuzey yarıküredeki en önemli çöller, Sahra Çölü, Arap Yarımadası çölleri, Gobi, Taklamakan, Meksika çölleri, Kuzey Amerika çölleridir. Güney yarımküredeki çöller, Avustralya, Namibya ve Patagonya Çölleri'dir.

Global ölçekte çöl tozlarının taşınımında etkili olan faktörler, hava kütleleri, cepheler, Orta enlem siklonları ve rüzgârlardır. Kuzey Afrika ile Arabistan Yarımadası üzerinde bulunan continental Tropikal (cT) hava kütlelerinin kuzeye doğru hareketleri sonucunda önemli miktarda çöl tozu Akdeniz'e ve Türkiye'ye taşınmaktadır.

Continental tropikal hava kütlesi ile continental polar hava kütlelerinin karşılaşmalarıyla Akdeniz polar cephesi boyunca oluşan Orta enlem siklonları tarafından Türkiye'ye, Akdeniz'e ve Avrupa'ya yoğun miktarlarda çöl tozları taşınmaktadır. Sahra kökenli Sirokko ve Arabistan Yarımadası kökenli Hamsin rüzgarları tarafından yılın belirli dönemlerinde Türkiye'ye ve Akdeniz'e çöl tozları taşınmaktadır. Atmosferin alt tabakalarında hızlı ve yatay esen alçak seviye jetleri, Sahra Çölü çevresinden diğer alanlara doğru yoğun çöl tozu taşınımlarına neden olmaktadır.

Yeryüzünün çeşitli yerlerinde eş zamanlı ama zıt karakterli olarak meydana gelen iklim salınımlarından olan Kuzey Atlantik Salınımı (KAS) ile çöl tozları arasında ilişkiler olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda KAS'ın pozitif evresinde siklonik aktivitelerin Akdeniz çevresinde az olmasından dolayı toz faaliyetlerinin de az olduğu, buna karşılık KAS'ın negatif evresinde Akdeniz çevresinde siklonik aktivitelerin yoğunlaşmasıyla toz taşınımlarının artmaya başladığı belirtilmektedir.

Çöl tozlarının global sistemde atmosferik taşınımı, yatay ve dikey yönde iki türlü olmaktadır. Çöl tozları önce çeşitli meteorolojik faktörlerin etkisiyle dikey olarak atmosfere taşınmaktadır. Daha sonra ise rüzgarlar ve gezici depresyonlarla yatay olarak çok uzun mesafelere kadar taşınmaktadır. Çöl tozları, dikey olarak en fazla 8 km'ye kadar yükselmekte iken, yatay olarak taşınımı ise 6000 km'ye kadar olmaktadır.

Çöl bölgelerinden ayrılarak atmosfere taşınan çöl tozları atmosferde su, bulut ve Güneşle beraber çok önemli reaksiyonlar gerçekleştirmektedir. Çöl tozları içerisinde bulunan demir₃ (Fe₃) çeşitli aşamalardan sonra kullanılabilir demir olan demir₂ (Fe₂)'ye dönüşmektedir.

Kuaterner'in belirli dönemlerinde yeryüzü çok tozlu bir dönem geçirmiştir. Bununla ilgili verilere yoğun lös depoları, okyanus diplerinde çok miktarda çöl tozu çökellerinin varlığı, göl ve turbalık depolarının içleri, kutup bölgelerinde ve yüksek dağların zirvelerinde bulunan buz karotların delinmesiyle bulunan toz miktarlarından ve mağaralara biriken çöl tozu depolarından ulaşılmaktadır.

Vistok (Antartika) buzulunda yeryüzünün 420.000 yıllık geçmişine ait izler bulunmuştur. Buna göre Glasyal dönemlerde sıcaklığın ve CO₂ değerlerinin düşük olduğu, bununla birlikte toz miktarının ise yüksek olduğu görülmektedir. İnterglasyal dönemlerde ise sıcaklık ve CO₂ değerlerinin yüksek, toz değerlerinin ise düşük olduğu belirtilmektedir. Bundan çıkarılacak sonuç, atmosferde sıcaklık ve CO₂ değerlerinin yüksek olduğu zamanlarda toz miktarının azalmakta, buna karşılık sıcaklık ve CO₂ değerlerinin düşük olduğu zamanlarda ise toz miktarı artmaktadır. Buzul ve buzularası dönemin birbirinin ardı sıra gelmesinde etkili olan temel faktör çöl tozu- CO₂ arasındaki ilişki olduğu düşünülmektedir.

Yeryüzünde bulunan çöllerin jeolojik yapılarının birbirinden farklı olması ve çöl tozlarının atmosferik taşınım sırasında başka alanlardaki çöl tozlarıyla karışmasından dolayı çöl tozlarının kimyasal ve mineralojik yapıları çeşitlilik göstermektedir. Antropojenik kökenli partiküller temelde karbon içerikli partiküller, sülfürler ve nitratlardan oluşurken; Sahra tozları, kil mineralleri, kuvars, kalsiyum, demir oksitler ve magnezyum karbonatlardan oluşur. Çöl tozları içerisinde çeşitli mineral ve elementlere ek olarak önemli ölçüde bakteri ve mantarlar da bulunmaktadır. Bu bakteri ve mantarlar çöl tozu içerisinde önemli görevler üstlenmektedir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi, coğrafi konumu itibarıyla birçok çölün etkisindedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çölleri arasında en önde gelenleri Sahra Çölü, Arabistan Yarımadası çölleri ve İran çölleri. Bu çölleri konum itibarıyla Batı Rüzgârları ve Orta enlem siklonlarının etki sahalarında olması, Anadolu yarımadasına yakın olması ve bu çöllere taşınan çöl tozlarının etkisini önleyecek geniş ve yüksek topoğrafik engellerin olmaması gibi nedenlerle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi bu çöllere kaynaklanan tozlardan yılın belli dönemlerinde önemli ölçüde etkilenmektedir. İran çölleri kaynaklanan çöl tozlarının Türkiye'ye olan etkileri Büyük Sahra ve Arabistan Yarımadası çölleri göre zayıftır. İran çölleri

kaynaklanan tozlar ise Türkiye'ye çeşitli dönemlerde oluşan gezici yerel depresyonlarla taşınmaktadır.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöllerden Sahra Çölü, Arabistan Yarımadası çölleri ve İran Çöllerinin her birini bulundukları yerlerde yaşanan iklim koşullarının tamamen aynı olmaması ve farklı jeolojik yapıya sahip arazilerden oluşmasından dolayı buralardan kaynaklanan ve Doğu - Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöl tozlarının kimyasal ve mineralojik özellikleri farklı olmaktadır.

Çalışma alanını etkileyen çöl tozlarının mikro analitik özelliklerinin tespitinde örnekleme (numune alma) ve mikroanaliz yöntemleri kullanılmıştır. İnceleme alanında belirli illerden (Bingöl, Elazığ, Van, Diyarbakır, Adıyaman, Kilis, Şanlıurfa, Mardin, Siirt, Batman) çöl tozlarının yaş çökeltme örnekleri alınmıştır. Ancak inceleme alanında tüm illere ait çöl tozu örneklemeleri yapılamamıştır. Bunun nedeni, inceleme alanını oluşturan illerin sayısının fazlalığı nedeniyle 2009-2011 yılları arasında Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne taşınan çöl tozlarının geldiği dönemlerde tüm illerde aynı anda numune alma imkânının olmamasıdır. Belirlenen bu illerde çöl tozu numuneleri, kuru olarak ya da yağmurlarla beraber atmosferden yeryüzüne çökmesi sonucunda çeşitli tarihlerde araba, güneş enerjisi camları gibi çöl tozlarının birikebileceği alanlardan alınmıştır.

Bu çalışmada inceleme alanına taşınan çöl tozlarının kaynak bölgeleriyle karşılaştırılmasını yapmak üzere Cezayir ve Tunus'ta Sahra Çölü'ne toprak numuneleri ile Suudi Arabistan çöllerinden çöl toprağı örneklemeleri yapılmıştır.

Bu çalışmada inceleme alanında bulunan çeşitli illere ait çöl tozu numunelerinin AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) yöntemiyle ağır metal analizleri, XRD yöntemiyle kristal yapıları, XRF yöntemiyle elementel analizleri, çamurlu yağmurların Ph analizi ve Tane (parçacık) boyutu analizleri Türkiye'de bulunan çeşitli laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında çeşitli illere ve kaynak bölgesine ait olan çöl tozu numunelerinin ağır metal analizleri sonuçlarına göre numune alınan tüm illerde en yoğun oranda bulunan ağır metaller demir (Fe), sodyum (Na) ve Potasyum (K)'dur. Numune alınan iller içerisinde demir miktarının en yüksek olduğu il Bingöl'dür. Sodyum miktarının en yüksek olduğu il ise Siirt (29.09.2010) 'tır. Örnekleme illerinde düşük miktarda bulunan ağır metaller ise Krom ve Çinko'dur.

Çalışma alanına taşınan çeşitli illere ait çöl tozlarının ve çeşitli çöl tozu kaynak bölgelerinin kristal sistemlerinin tespiti için yapılan XRD analizleri sonuçlarına göre, örnekleme bölgelerinde Heksagonal, Monoklinal, Kübik (İzoklinal), Tetragonal, Ortorombik ve Triklinal gibi tüm mineral sistemleri görülmektedir. Kaynak bölgelerinde ise daha çok Heksagonal, Ortorombik, Monoklinal ve İzoklinal mineral sistemleri bulunmaktadır. Mardin ve Van (15.03.2010) 'a ait olan numunelerin kristal yapıları ile Suudi Arabistan'ın kristal yapıları birbiriyle örtüşmektedir.

İnceleme alanında yapılan örneklemelemlerin elementel analizleri sonuçlarına göre en fazla oranda bulunan elementler SiO_2 (Silisyum Oksit) ve CaO (Kalsiyum Oksit) tir. Çok az oranda bulunanlar ise Na_2O (Sodyum Oksit) ve P_2O_5 (Difosfor Pentaoksit)'tir. Kaynak bölgelerinde ise en yüksek oranda bulunan elementler ise SiO_2 ve CaO 'dur. Çok az oranda bulunanlar ise Na_2O , P_2O_5 ve TiO_2 'dir.

İnceleme alanında çeşitli illere ve kaynak bölgelerine ait çöl tozlarının tane boyutu analizleri sonuçlarına göre çöl tozlarının tane boyutu dağılışı, genellikle kaynak merkezinden tozların ulaştığı bölgelere göre bir derecelenme (iri unsurlardan ince unsurlara doğru dizilme) şeklinde olmaktadır. En güneyde bulunan Mardin'de tane boyutu $43.0 \mu\text{m}$ iken, daha kuzeyde bulunan Elazığ'da tane boyutu $11.0 \mu\text{m}$ 'dir. Ancak Van ve Batman gibi illerde bu düzenin bozulduğu görülmektedir. Bu durum, numunelerin her birinin farklı tarihlerde farklı kaynaklardan taşınan çöl tozlarından alınması ve her bir döneme ait çöl tozlarının taşınımına neden olan meteorolojik faktörlerin farklı olmasıyla açıklanabilir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının hareketi ve dağılışı doğrudan ve dolaylı olarak birçok faktör etkili olmaktadır. Bunlar, doğal ve beşeri faktörler olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Doğal faktörler, topoğrafik özellikler (orografya, yükselti, bakı) ve klimatolojik özellikler (sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve yağış) dir. Beşeri faktörler ise yoğun ve düzensiz kentleşme, fosil yakıtlar ve motorlu araçlardır.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının 2009-2010 yıllarına ait verilerine göre çöl tozları, en fazla İlkbaharda daha çok mart-nisan-mayıs; yazın, haziran, temmuz aylarında sonbaharda ise eylül-ekim aylarında etkili olmaktadır.

Türkiye'de çöl tozları 2009-2010 yılında diğer bölgelerle karşılaştırıldığında Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi ilk sırada gelmektedir. Bunda

bu bölgelerin çöl tozu kaynak bölgelerine yakın olması, bu bölgelerin sahip olduğu topoğrafik özellikler ve bu iki bölgenin coğrafi konumunun çöl tozu taşıyan gezici depresyonların taşınım güzergahı üzerinde bulunması etkili olmuştur.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çamurlu yağışlar en fazla toz taşınımının yoğun olduğu Mart, Nisan, Mayıs aylarıyla Eylül ve Ekim aylarında gerçekleşmektedir. Bu durumun oluşmasında toz taşınım mevsimiyle yağış mevsiminin aynı döneme denk gelmesi etkili olmuştur.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl bölgelerinden rüzgârlar vasıtasıyla taşınan çöl tozları doğal ve beşeri ortam üzerinde çok önemli etkilerde bulunabilmektedir. Bu etkiler doğal ortamda öncelikle iklim elemanları üzerinde, bitki ve toprak örtüsünde, su ekosisteminde, hava kalitesi üzerinde ve buzulların erimesinde olmaktadır. Beşeri ortamda ise insan sağlığını ve faaliyetleriyle yapı ve yerleşmeleri etkilemektedir.

Çöl tozlarıyla fitoplanktonlar arasında önemli ilişkiler vardır. Çöl tozlarının deniz ve okyanuslara taşınmasıyla deniz ve okyanuslarda fitoplankton denilen tek hücreli deniz bitkilerinde patlamalar olmaktadır. Bu patlamalar dolaylı olarak iklim değişikliği üzerinde etkili olmaktadır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının iklim üzerindeki etkileri şöyle açıklanabilir. İnceleme alanında çöl tozlarının etkisi uzun süre devam ederse bölgenin radyasyon dengesi ve albedosunda önemli değişiklikler meydana gelecektir. Bu değişiklikler sıcaklık, basınç, nem, yağış ve rüzgar gibi iklim elemanlarını etkileyerek inceleme alanının ikliminde değişimlere neden olacağı düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki illerde çöl tozlarının geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbahar aylarında kuru ve yaş olarak çökmesi, özellikle pamuk tarımında ürünün kalitesi üzerinde olumsuz yönde etkili olmaktadır. Eğer çöl tozları ürünün çimlenme ve yetiştirme döneminde etkili olursa bitkinin büyümesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Ancak pamuğun olgunlaşma ve hasat döneminde çöl tozları etkili olursa üründe renk ve kalite kayıplarına yol açmaktadır.

Diyarbakır'da 2009-2010 yıllarındaki toplam karpuz üretimleri karşılaştırıldığında 2009 yılındaki toplam karpuz alanı 2010 yılında artış göstermesine rağmen, üretimde alanın genişlemesine paralel olarak artış yaşanmamış aksine düşüş görülmüştür.

İnceleme alanında çöl tozlarının doğal ortam üzerindeki etkileri aynı zamanda göl, akarsu ve baraj sularında da olmaktadır. Çöl tozlarının deniz ve okyanuslardaki canlılar için besin kaynağı olarak oluşturduğu alg patlaması bölgede bulunan tatlı su kaynakları üzerinde de olmaktadır. Ancak bu konuda gerekli ve yeterli araştırmalar yapılmamıştır.

Çöl tozları, inceleme alanında bulunan içme suyu arıtma tesisleri için büyük riskler içermektedir. Çöl tozları içerisinde bulunan kadmiyum, bakır, kurşun, arsenik gibi ağır metaller ile mantar ve virüsler kuru ve yaş çökeltmeyle arıtma tesislerinde bulunan su yüzeylerine çökeldiğinde insan sağlığı için büyük tehditler oluşturabilir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının etkili olduğu günlerde tozlar, ev ve işyerlerinin pencere ve kapılarından girerek tabakalar halinde birikimler oluşturmaktadır. İç ve dış ortam hava kalitesinin çöl tozları tarafından düşürülmesi özellikle canlı hayatı açısından büyük riskler oluşturmaktadır. Ayrıca inceleme alanında hava kalitesinin çöl tozlarından dolayı zayıflaması görüş mesafesini düşürmekte ve bunun sonucunda ulaşım güçleşmektedir.

İnceleme alanında özellikle Cilodağı ve Satdağı'nın konum olarak Suriye ve Irak ölllerine yakın olması ve Batı Rüzgarları kuşağı üzerinde bulunması çöl kökenli tozların bu dağlarda bulunan buzullar üzerine çökmesindeki en büyük faktörü oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki buzulların hızlı şekilde gerilemesindeki en önemli faktörün küresel iklim değişikliğiyle birlikte bölgeye yoğun şekilde taşınan 3000-5000 m yüksekliklerdeki çöl tozlarının olduğu düşünülmektedir. Ancak bu buzulların erimesinde ve gerilemesinde çöl tozlarının payının ne olduğu bilimsel olarak bilinmemektedir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde etkili olan çöl tozları karın üzerine depolandığında karın daha çabuk erimesine neden olmaktadır. Bu durum özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nin yüksek dağlarında görülmektedir. Çöl tozlarının kar üzerine birikmesi sonucunda karın hızlı şekilde erimesiyle afet boyutuna varabilecek çığ, sel ve taşkın olayları meydana geleceğı düşünülmektedir.

Çöl tozları, beşeri ortamda en fazla insan sağlığını, faaliyetlerini, araç-gereçlerini, yapı ve yerleşmelerini etkilemektedir. İnsan sağlığına etkileri, nefes darlığı, öksürük ve soluk borusunun tıkanması gibi solunum rahatsızlıklarında artışın olması,

akciğer fonksiyonlarında düşüşün görülmesi, astım kötüleşmesi, kronik bronşit gelişimi, düzensiz kalp atışları, öldürücü olmayan kalp krizleri ile kalp ve akciğer hastalarında erken ölümler şeklinde sıralanabilir.

Diyarbakır İl Sağlık Müdürlüğü'nün verilerine göre Diyarbakır'da çöl tozlarının yoğun olarak görüldüğü 2009 yılının Haziran ayında hastanelerin Acil ve Göğüs polikliniklerine günlük olarak başvuranların ortalaması 281 kişidir. Yine aynı yılda çöl tozlarının çok az görüldüğü Temmuz ayında ise Acil ve Göğüs polikliniklerine günlük başvuranların ortalaması ise 248.1 kişidir. Tozlu günler ile tozsuz günlerde başvuranlar arasındaki fark 33 kişidir. Çöl tozlarının göğüs hastalıkları üzerindeki etkisi yaklaşık olarak % 10-15 arasındadır.

Diyarbakır'da 7-14 Mart 2009 tarihi arasında etkili olan çöl tozları sonunda Acil ve Göğüs Polikliniklerine başvuranların günlük ortalaması 414. 75 kişidir. Tozsuz günlerde (16-23 Mart 2009) ise günlük ortalama 345.25 kişidir. Tozlu günlerde artış oranı % 20 'dir. İnceleme alanında çöl tozlarının göğüs hastalıklarını tetikleyerek insanların hastanelere başvurmalarına etkisi % 10 ile % 20 arasında değişmektedir.

İnsan faaliyetlerinde ise çöl tozları, turizm, ulaşım ve arıcılık faaliyetlerini etkilemektedir. Çöl tozları, ev ve işyerlerinde kullanılan klimaların tıkanmasına ve bozulmasına, metalik eşyaların erken paslanmasına ve otomobillerin boyalarında toz ve kum fırtınaları sonucunda çiziklerin meydana gelmesine neden olmaktadır.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan göl ve baraj kıyılarında toz konsantrasyonunun yüksek olduğu Nisan, Mayıs ve bazı yaz aylarında turistler açık havaya çıkamamakta ve Güneşten faydalanamamaktadırlar. Çöl tozları, göl ve baraj kıyılarında güneşlenme süresini olumsuz etkilemektedir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozları, metalik eşyaları olumsuz etkilemektedir. Çöl tozları içinde demir oksitlerin yüksek oranda bulunması bu olumsuzluğun en büyük nedenidir. Özellikle inceleme alanında sanayinin yoğun olduğu Gaziantep, Malatya, Elazığ gibi illerde çöl tozları, açık ve kapalı ortamlarda bulunan metalik aletlerin ve makinelerin oksitlenerek çabuk paslanmasına, yıpranmasına ve bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca çöl tozları inceleme alanında insanların kullandığı giysilerin ve kuruması için balkonlara asılan çamaşırların özellikle çamurlu yağışlarla kirlenmesine neden olmaktadır.

İnceleme alanında çöl tozları ve çamurlu yağışlar, araç, ev ve işyeri klima sistemlerinin bozulmasına, fanların tıkanmasına ve filtrelerin erken dolmasına neden olmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinde camların kirlenmesine, çamurlu yağışlarla metallerin paslanmasına sebebiyet verirler. Ayrıca binaların dış cephelerindeki boyaları çabuk soldururlar ve rengini değiştirirler. Yoğun şekilde çöl tozu taşınımı, insanların psikolojisini olumsuz etkileyerek çalışma gücünün ve verimin düşmesine neden olmaktadır.

İnceleme alanında özellikle Diyarbakır ve Adıyaman'da 2009 ve 2010 yıllarındaki arıcılık faaliyetleri karşılaştırıldığında 2010 yılında her iki ilde de kovan sayılarında artış olmasına rağmen bal üretimi artmamış ve 2009 yılındaki üretimin altında üretimler olmuştur. 2010 yılında bal üretimindeki düşüşün en büyük nedeni çöl tozlarının 2009 yılına oranla 2010 yılında çok fazla görülmesidir.

Çöl tozlarının denizlerde alg patlamalarına neden olduğuyle ilgili literatürde çalışmalar olmasına rağmen, çöl tozlarının göl, baraj ve akarsu gibi tatlı sularda aynı şekilde alg patlamalarına neden olduğu ile ilgili yayınlar çok azdır. İnceleme alanında bulunan Van Gölü, Hazar Gölü, Fırat ve Dicle gibi önemli tatlı su kaynakları, çöl tozlarına yoğun şekilde maruz kalmasına rağmen, çöl tozlarının bu kaynaklarda bulunan canlılar üzerindeki etkileri henüz tam olarak bilinmemektedir.

Çöl tozları inceleme alanında özellikle Diyarbakır, Gaziantep, Malatya, Şanlıurfa gibi nüfusun yoğun olduğu şehirlerde kara, hava ve demiryolu ulaşımını olumsuz etkilemektedir. Özellikle tozların etkili olduğu zamanlarda hava yolu seferleri iptal edilmektedir. Ayrıca tozlu günlerde büyük şehirlerde şehiriçi trafikte kaza oranları artmaktadır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan tarihi yapılar genelde beyaz kalkerden yapılmıştır. Bu binalarda kullanılan taşlar, çöl tozları içerisinde bulunan demir, bakır, kurşun gibi ağır metallerin yaş olarak çökmesi sonucunda bu metallerle kimyasal reaksiyona girerek renk ve şekil kaybına uğramaktadırlar. Bu duruma en iyi örnek olarak Mardin şehrinde bulunan tarihi binalar verilebilir.

Mardin'de bulunan tarihi binaların iç cephelerinde duvar rengi beyaz iken, dış cephelerdeki duvarların rengi ise çöl tozlarının kuru ve yaş olarak çökmesinin sonucunda sarı ve kızılımsı bir renge dönüşmüştür.

Araştırma alanımızın yukarıda belirtilen klimatolojik, jeomorfolojik ve mikro analitik özellikleri, gelişimleri, doğal ve beşeri süreçlerin etkileriyle birlikte değerlendirilmeye çalışılmıştır. Ancak bu mevcut durumda çöl tozlarının doğal ve beşeri ortam üzerinde meydana getirdiği bazı sorunlar dikkati çekmektedir. Aşağıda belirlenen bu sorunlara çeşitli çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- Çöl tozları sadece çöllerden yayılmamaktadır. Aynı zamanda yarı kurak bölgelerdeki arazilerden ve eski kurumuş göl tabanlarından da yayılmaktadır. Bunun için global ölçekte atmosfere toz salan çöllerin ve diğer alanların tespit edilmesi, taşınım bölgelerinin günümüz teknolojisiyle belirlenmesi ve bunun sonucunda elde edilen bilgilerin belli merkezlerde toplanması gerekmektedir.
- Günümüzde çöl tozları ve diğer endüstriyel tozların artmasıyla beraber bunları inceleyen bilim dalı olan Aerobioloji'nin (Hava Biyolojisi) önemi gittikçe artmakta ve Aerobioloji ile ilgili çalışmaların hızlandırılmasının gereği ortaya çıkmaktadır.
- Kuraklığın olduğu yerlerde uygun zamanlarda uygun yöntemler kullanılarak bulutların özellikle Sahra kökenli çöl tozlarıyla tohumlanması sonucunda kar ve yağmur yağdırılabileceğiyle ilgili çalışmalar daha da geliştirilip denenmelidir. Ayrıca bu konuyla ilgili devlet desteğinin de sağlanması gerekmektedir.
- Çöl tozlarının özellikle kuru olarak çökeldiği zamanlarda çöl tozlarının akciğer, kalp-damar, solunum yolları, enfeksiyon hastalıkları ve nörolojik rahatsızlıkları olumsuz yönde etkilemesinden dolayı bu hastalığa sahip olan kişilerin, yaşlıların ve çocukların mecbur kalmadıkça dışarıya çıkmaması gerekmektedir.
- Çöl tozu tahmin modellerine göre tozların geleceği günler önceden belirlenerek çöl tozlarının zararlarından korunmak amacıyla ilaçlar kullanılarak mevsimsel tedaviler uygulanmalıdır.
- Gözlere takılan göz merceklelerinin çöl tozları içerisinde bulunan kuvars minerali tarafından çizilme riski olduğundan tozlu günlerde dikkatli olunmalı ve kullanılmamalıdır.
- Türkiye'de güncel buzul alanlarının hızlı şekilde gerilemesinde çöl tozlarının rolünün ne olduğu net olarak bilinmediğinden bu konuda gerekli araştırmaların ilgili bilim dalları tarafından yapılma zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

- Çöl tozu taşınımının olduğu günlerde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından haber kaynaklarında halk bilgilendirilmeli ve uyarılmalıdır. Ayrıca televizyonlarda çöl tozları ile ilgili programların yapılması ve sık sık yayınlanması yapılarak halkın dikkati bu konuya çekilmelidir.
- Çamur(kızıl) yağmurları, içerisindeki besleyici maddelerden dolayı potansiyel bir kaynak olarak görülmeli ve biyolojik sistemler ile birincil üretime olan katkısı araştırılıp sonuçları hemen uygulanmalıdır.
- Çöl tozlarından yoğun şekilde etkilenen illerde yapılan tarım faaliyetlerinde toprağa verilecek gübre kompozisyonunun çöl tozlarının içerisinde bulunan elementelere göre ayarlanması gerekmektedir. Bunun için İl Tarım müdürlüklerinde çöl tozlarının tarımsal ürünlere olan etkileriyle ilgili çalışmalara hız verilmeli ve ulaşılan bilimsel sonuçlar hemen uygulamaya konulmalıdır.
- Çöl tozlarının etkili olduğu günlerde iç ortam hava kalitesinin düşmemesi için kapı ve pencereler açılmamalıdır.
- Çöl tozları, uçakların havalandırma, hidrolik, elektronik sistemlerinin bozulmasına; uçaklardaki hava radarlarının gece şartlarında algılayamamasına, motordaki filtrelerin tıkanmasına neden olduğundan aşırı tozlu günlerde (PM₁₀ değerinin 300µg'ın üzerine çıktığı zamanlarda) hava yolunun hiçbir şekilde ulaşımına açılmaması gerekmektedir.
- Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozları güneşlenme sürelerini de etkilemektedir. D. M. İ. Genel Müdürlüğü tarafından Güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmadığı günler "Bulutlu" veya "Kapalı Günler" olarak değerlendirilmektedir. Çöl tozlarının etkili olduğu günlerin de kapalı günler olarak değerlendirilmesi doğru değildir. Bizce yanlış olduğu düşünülen bu durumun; verilerin doğruluğu ve konunun açıklığa kavuşturulması açısından yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.
- İnceleme alanında, çöl tozlarının geçmiş jeolojik dönemlerdeki durumu ve iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin ortaya konulması için Kuaterner çalışmalarının yapılması gerekmektedir.
- Çöl tozlarının etkili olduğu ilkbahar mevsiminde tozların karın üzerine birikmesi karda çığ olaylarına ve hızlı erimelere neden olduğundan kırsal yerleşmelerde taşkın ve çığ riskine karşı koruyucu tedbirlerin devlet tarafından alınması gerekmektedir.

- İnceleme alanında çöl tozlarının yoğun olarak görüldüğü Gaziantep, Kilis, Mardin, Şanlıurfa, Diyarbakır gibi illerde çöl tozlarının tarihi binalar ve anıtlar üzerine kuru ve yağ olarak çökelmesi sonucunda yapılarda ve anıtlarda meydana gelen bozulmalara karşı tedbirler alınmalıdır. Tozlu günlerde tozların iç ve dış ortamda zararlarına karşı koruyucu araç-gereç ve teknikler geliştirilmelidir.
- İnceleme alanında bulunan içme suyu arıtma tesislerine çöl tozlarının birikmesi sonucunda ağır metaller, mantarlar, virüsler, bakteriler içme suyuna karışacağından tozlu günlerde tozların suya girişini önleyecek tedbirler alınmalıdır.
- İnceleme alanında sanayinin yoğun olduğu illerde açık ve kapalı ortamlarda bulunan makine ve aletlerin, tozların içinde bulunan demiroksitlerle teması sonucunda paslanmalar ve bozulmalara karşı gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Çöl tozlarının deniz ve okyanuslarda alg patlamalarına neden olduğu bilinmesine rağmen, göl ve nehir sularında alg patlamalarına olan etkisi bilinmemektedir. İlgili bilim dalları tarafından çöl tozlarının tatlı su kaynakları üzerine olan etkileri detaylıca incelenmesi gerekmektedir.
- Kum ve toz fırtınalarının yoğun olduğu ülkelerde araçların kum ve toz fırtınalarının zararlarından korumak için koruyucu boya sürülmektedir. İnceleme alanında da tozların yoğun olduğu illerde buna benzer teknikler kullanılarak araçların zarar görmesi önlenabilir.

KAYNAKÇA

- Akınç, G.**, “*Analysis Of Saharan Desert Dust Transport To The Anatolia Peninsula: A Megacity Perspective*”, Boğaziçi University (Submitted to the Institute of Environmental Sciences in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Environmental Technologies), İstanbul, 2010, S. 107.
- Akoğlu, A.**, “Uzaydan Türkiye”, *Bilim-Teknik Dergisi*, Mayıs 2010, s. 18-23.
- Alp, Ş., Sarı, M.** “Sahra Tozlarının Kar Depolanmasındaki Etkilerinin İncelenmesi”, Tübitak Proje No.199Y117, 2002,, Van.
- Anıl, İ., Karaca, F., Alagha, O.**, “İstanbul’a Uzun Mesafeli Atmosferik Taşınım Etkilerinin Araştırılması: Solunabilen Partikül Madde Epizotları”, *Ekoloji* 19, 76, 2009, s.86-97
- Anıl, İ., Karaca, F., Ağa, Ö.**, “Kentsel ve Yarıkentsel Bölgelerde Yaş Depolanan Atmosferik Metallerin Çözünürlüğü”, 2010, İstanbul, S. 8.
- Arslan, T.**, “*X Işınları ve Kullanım Alanları*” Gazi Ü. (Gazi Eğitim Fakültesi Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi Anabilim Dalı Lisans Tezi), Ankara, 2010, S.24.
- Arınc, K.**, *Doğal, İktisadi, Sosyal ve Siyasal Yönleriyle Türkiye’nin İç Bölgeleri*, Eser Ofset Matbacılık, 2011, Erzurum.
- Asael, B.K., Erel, Y. Sandler , A., Dayan, U.**, “Mineralogical and Chemical Characterization of Suspended Atmospheric Particles over the East Mediterranean Based on Synoptic-scale Circulation Patterns”, *Atmospheric Environment*, 2009, S.1–8.
- Atalay, İ.**, *Uygulamalı Klimatoloji*, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 2010, s.600.
- Atalay, İ.**, “Küresel Ölçüde İklim Değişmesinin Nedenleri ve Türkiye Üzerindeki Olası Etkileri”, *TMMOB Dergisi*, Yıl 44, 2007 Sayı 7-8-9.
- Atalay, İ., Mortan, K.**, “*Resimli ve Haritalı Türkiye Bölgesel Coğrafyası*”, İnkılap, İstanbul, 2007, s.632.
- Bahadır, M., Dikbaş, E. D.**, “Türkiye’deki Aktüel Buzul Alanlarının CBS ve UA ile Değişim Analizi (1990-2000)”, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, (31 Ekim- 4 Kasım 2011 Antalya), S.1-9.

- Bağcı, H.R.**, “Çöl Tozlarının İnsan ve Bitki Üzerindeki Etkileri”, (Fırat Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Semineri), Elazığ, 2011, s. 54.
- Balis, D., Amiridis, V., Kazadsiz, S., Papayannis, A., Tsaknakis, G., Tzortzakis, S., Kalivitis, N., Vrekoussis, M., Kanakidou, M., Mihalopoulos, N., Chourdakis, G., Nickovic, S., Perez, C., Baldasano, J., Drakakis, M.**, “Optical Characteristics of Desert Dust Over the East Mediterranean During Summer: A Case Study”, *Annales Geophysicae*, 2006, S. 807-821.
- Bennama, M.M.**, *Libya Toprak Örneklerinin Bazı Özelliklerinin Saptanması*, (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2006, s.125.
- Bristow, C. S., Drake, N., Armitage, S.**, “Deflation in the Dustiest Place on Earth: The Bodélé Depression, Chad”, *Geomorphology* 105 ,2009, S. 50–58.
- Bulut, H., Yeşilnacar, M.İ., Rastgeldi, T., Aslan, M., Uçar, D.**, “Toz Bulutlarının İç ve Dış Ortam Hava Kalitesine Etkileri: Şanlıurfa Örneği”, *Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu*, (30-31 Mayıs 2008-Konya), s.369-377.
- Castillo, S., Moreno, T., Querol, X., Alastuey, A., Cuevas, E., Hermann, L., Mounkaila, M., Gibbons, W.**, “Trace Element Variation In Size-Fractionated African Desert Dusts”, *Journal of Arid Environments* 72, 2008, s. 1034–1045.
- Claquin, T., Roelandt, C., Kohfeld, K.E., Harrison .S.P., Tegen, I.C., Prentice, Y., Balkanski, G., Bergametti, M., Hansson, N., Mahowald, H., Rodhe, M., Schulz, M.**, “Radiative Forcing of Climate by Ice-age Atmospheric Dust”, *Climate Dynamic* 20, 2003, 193–202.
- Darwin, C.**, “An account of the fine dust which often falls on vessels in the Atlantic Ocean” *Q. J. Geol. Soc.*, London, 1846, S. 26–30.
- Dayan, U., Ziv, B., Shoob, T., Enzel, Y.**, Suspended Dust Over Southeastern Mediterranean and its Relation to Atmospheric Circulations, *International Journal Of Climatology*, 2007, 1-10.
- Demir, M.**, “Mardin İli’ndeki Çöl Tozları ve Çevresel Etkileri, Lisans Tezi, 2011, S. 80.

- Develi, E.E.,** “Denizel Fitoplanktonun Ekolojik Önemi ve Küresel İklim Değişikliğindeki Rolü *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 5, Sayı 2, 2009, S. 285-293.
- Doğanay, H., Akçali, D., Göktaş, T., Çağlar, K., Erbaş, D. Saydam, C., Bolay, H.,** “African Dust-laden Amospheric Conditions Activate Thetrigeminovascular System”, *Cephalalgia*, 2008, S. 1059-1068.
- Dönmez, Y.,** *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları* ,İstanbul Üniversitesi Yayınları, 3.Baskı, İstanbul, 1990, s.425.
- Dursun, A., Aslantaş, R., Pırlak, L.,** “Hava Kirliliğinin Bahçe Bitkileri Yetiştiriciliği Üzerine Etkileri”, *Çev-Kor*, Cilt:7, Sayı:27, 1998, s.11-14.
- Durukan, İ.,** *Yağmur Sularında İndirgenmiş Demir (Fe+2) Ölçümü İçin Otomatik Analiz Sisteminin Geliştirilmesi*, (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2007, s.84.
- Ediger, V., Türkmenoğlu, A., Tuğrul, S., Yemenicioğlu, S., Kubilay, N., Kuzeydoğu Akdeniz'in Atmosfer Tozlarının Sedimentolojik, Minerolojik ve Jeokimyasal Yapılarının Saptanması**, TÜBİTAK, Proje No: YDABAG-100Y101, Mersin, 2005, s.93.
- Engelstaedter, S., Tegen, I.,Washington, R.,** “North African Dust Emissions and Transport”, *Earth-Science Reviews*, 2006, S.1-28.
- Engelbrecht, J. P., Derbyshire, E.,** “Airborna Mineral Dust” Elements, Vol. 6, Pp. 241-246, 2010.
- Eren, S.,** *Sahra Tozunun Biyolojik Arıtım Prosesine Olan Etkilerinin Araştırılması*, (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2006, s.80.
- Erinç, S.,** *Doğu Anadolu Coğrafyası*, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, İstanbul, 1953, s. 124.
- Erinç, S.,** Türkiye Fiziki Coğrafyası'nın Ana Çizgileri, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni, Sayı:10, 1993, İstanbul.
- Erinç, S.,** *Klimatoloji ve Metodları*, Alfa Basım Yayım Dağıtım 4.Baskı, İstanbul, 1996, s.538.
- Ezzati, R.,** *Atmosferik Taşınım Giren Değişik Kaynaklı Toprakların Bitki Gelişimlerine Etkilerinin Araştırılması*, (Hacettepe Üniversitesi Fen

- Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2009, s.137.
- Feyzioğlu, A.M., Ögüt, H.**, “Sahra Tozları: Güneydoğu Karadeniz’de Temmuz 2001 Yılındaki *Gymnodinium Sanguineum* Bloomundan Sorumlu Olabilirmi ?”, *Ulusal Su Günleri*, 2005, Trabzon.
- Fiol, L.A. Forno, J.J., Gelabert, B. Guijarro. J.A.**, “Dust Rains in Mallorca (Western Mediterranean): Their Occurrence and Role in Some Recent Geological Processes”, *Catena* 63, 2005, S. 64–84.
- Freiwan, M., İncecik, S.**, “Avrupa Hava Kirleticilerinin Doğu Akdeniz Bölgesi’ne Taşınımının Modellenmesi”, *İTÜ Dergisi*, Cilt:5, Sayı:3, Kısım:2, 2006, s.255-266.
- Ganor, E., Stupp, A., Alpert, P.**, “A Method to Determine the Effect of Mineral Dust Aerosols on Air Quality”, *Atmospheric Environment* 43 ,2009, S. 5463–5468.
- Gerivani, H., Lashkaripour, G.R., Ghafoori, M., Jalali, N.**, “ The Source Of Dust Storm In Iran: A Case Stud, Based On Geological Information and Rainfall Data”, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2011, Vol. 6, No. 1, p. 297 – 308.
- Griffin, D.W., Kubilay, N., Koçak, M., Gray, M.A., Borden, T.C., Shinn, E.A.**, “Airborne Desert Dust and Aeromicrobiology Over The Turkish Mediterranean Coastline”, *Atmospheric Environment*, 41, 2007, 4050–4062.
- Griffin, D.W., Kellogg, C., Shinn, E., Gray, M., Garrison, G.**, “Desert Storms and Their Ability to Move Microorganisms and Toxins Around the Globe”, *U.S. Geological Survey*, St. Petersburg, Florida, 25-28 July 2005,
- Goudie, A.S., Middleton, N.J.**, “Saharan Dust Storms: Nature and Consequences”, *Earth-Science Reviews*, 56, 2000, 179–204.
- Goudie, A.S.**, “Dust Storms: Recent Developments”, *Journal of Environmental Management*, 90, 2009, 89-94.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J.**, *Desert Dust in the Global System*, Springer, Printed in the Germany, 2006, s.287.

- Gökaltun, E.**, “Atmosferik Kirleticilerin Kuru ve Islak Çökelme Mekanizmalarının Kireçtaşlarındaki Parlaklık Kaybına Etkisi”, *BAÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1999, S. 134-156.
- Guerzoni, S., Molinarolit, E., Chester, R.**, “Saharan Dust Inputs To The Western Mediterranean Sea: Depositional Patterns, Geochemistry and Sedimentological Implications”, *Deep-Sea Reasearch II*, Vol. 44, No. 3-4, 1997, 631-654.
- Guerzoni, S., Chester, R.**, “*The Impact Of Desert Dust Across the Mediterranean*”, Kluwer Academic Publishers, 1996, Netherlands, s. 387.
- Güllü, G., Ulutaş, F., Belli, D., Erduran, S., Keskin, S., Tuncel, G.**, “Karadeniz Aerosolü ve Uzak Mesafeli Atmosferik Taşınım”, *TÜBİTAK 22*, 1998, s.289-303.
- Güllü, G., Günaydın, G., Tuncel, G.**, “*Akdeniz ve Karadeniz’deki Kirletici Düzeylerini Etkileyen Kaynak Bölgelerin Belirlenmesi*”, *TÜBİTAK 25*, 2000, s.471-485.
- Güllü, G., Ölmez, İ., Öztaş, N.B., Tuncel, G.**, “Doğu Akdeniz’deki Atmosferik Eser Element Konsantrasyonları: Zamana Bağlı Değişimleri Etkileyen Faktörler”, *Çevre Bilim&Teknoloji*, Cilt:1, Sayı:3, 2003, s.23-38.
- Güzel, E.U.**, “*Ağır Metallerin Kil mineralleri tarafından Tutulması ve Bitkilerce Alınması*”, K.Maraş S. İ. Ü. Fen Bil. Ens. Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,, 2006, K.Maraş.
- Harrison, S. P., Kohfeld, K. E., Roelandt, C., Claquin, T.**, “ The Role Of Dust In Climate Changes Today, At The Last Glacial Maximum And In The Future”, *Earth-Science Rewievs*, 54, 2001, S. 43-80.
- Inyang HI, Bae S.**, “Impacts Of Dust On Environmental Systems and Human Health”, *Journal of Hazardous Materials*,132, 2006, v–vi.
- Işıkdemir, Ö., Pekey, H., Tuncel, G.**, “Doğu Akdeniz Bölgesi Yağışlarının Kimyasal Kompozisyonunun İncelenmesi”, *6.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, (24-26 Kasım 2005), s.421-427.
- Kahramantekin, T.A.**, “Atmosferik Partiküllerde İyon Analizi ve İstatiksel Değerlendirme”, (Anadolu Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi), 2006, Eskişehir, S. 88.

- Kallos, G.**, “Sand/Dust Storms and Associated Dustfall”, 7-9 September 2011, Athens, Greece.
- Kavak, O., Dalgıç, A., Şenyiğit, A.**, “İnsan Sağlığına Etki Eden Mineraller ve Analiz Yöntemleri”, *Dicle Tıp Dergisi*, Cilt 31, Sayı 1, 2004, s.69-75.
- Karakaş, Y.S., Tuncel, S.G.**, “Uludağ Milli Parkı’nda Aerosol Kimyası”, *Türk Kimya Dergisi*, Sayı 20, 1996, s.1-10.
- Kesici, Ö.**, “Küresel Isınma Çerçevesinde Süphan ve Cilo Dağlarında Buzul Morfolojisi Araştırmaları” TÜBİTAK Proje No: 101Y131, Gaziantep, 2005, s. 61.
- Kıranşan, K.**, “Türkiye’yi Etkileyen Çöl Tozları”, (Fırat Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Semineri), Elazığ, 2010, s. 86.
- Kubilay, N., Koçak, M., Özsoy, E., Saydam, A.C.**, “Mineral Tozun Doğu Akdeniz Atmosferindeki Değişimi: Afrika Çöllerinden Uzun Mesafeli Atmosferik Taşınımın Gösterilmesi”, *IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, (7-11 Kasım 2001 İçel), s.480-509.
- Laity, J.**, *Desert and Desert Environments*, Wiley-Blackwell, 2008, USA.
- Longueville, F.D., Hountondji, Y.C., Henry, S., Ozer, P.**, “What do we know about effects of desert dust on air quality and human health in West Africa compared to other regions?”, *Science of the Total Environment* 409, 2010, S.1-9.
- Maher, B.A., Prospero, J.M., Mackie, D., Gaiero, D., Hesse, P.P., Balkanski Y.**, “Global Connections Between Aeolian Dust, Climate and Ocean Biogeochemistry at the Present Day and at the Last Glacial Maximum”, *Earth-Science Reviews* 99, 2010, S.61–97.
- Maher, B.A.**, “The Magnetic Properties of Quaternary Aeolian Dusts and Sediments, and Their Palaeoclimatic Significance, *Aeolian Research*, 2011, S.1-58.
- McCormack, M. C.**, “Respiratory Health Effect Of Global Transport Of African Dust”, John Hapkins University, 2011.
- Menteşe, S., Rad, A.Y., Arısoy, M., Güllü, G.**, “Ankara Şehir Atmosferinde Biyoaerosol Seviyelerinin Mekansal Değişimi”, *Ekoloji* 19, 2009, s.21-28.

- Mermut, A., Cangir, C., Kapur, S.,** “Ankara’da Periyodik Olarak Yağışla Birlikte Yağan Toprakların (Tozların) Özellikleri ve Kökeni Üzerinde Bir Çalışma”, Ankara Ü. Ziraat Fakültesi, 1976, s. 109-116.
- Nicolas, J., Chiari, M., Crespo, J., Orellana, İ.G., Lucarelli, F., Nava, S., Pastor, C., Yubero, E.,** “Quantification of Saharan and Local Dust Impact In An Arid Mediterranean Area By The Positive Matrix Factorization (PMF) Technique”, *Atmospheric Environment*, 42, 2008, 8872–8882.
- Olgunoğlu, M.P.,** “İskenderun Körfezi Kıyısındaki Bazı Makroalg Türleri ve Çökeline Ağır Metal Birikimlerinin Mevsimsel Değişimi” (Çukuruova Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Doktora Tezi), Adana, 2008, S. 106.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı,** Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin Toz Tahmini Verileri, T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2011, Ankara.
- Oraltay, R., G., Keskin, S., Fersiz, N.,** *Sahra Toz Transferinin Türkiye Yağışlarına Etkisi: Buz Çekirdeklenme ve Diğer Toplama Mekanizmalarının Laboratuvar İncelenmesi*, TÜBİTAK PROJE KOD NO: ÇAYDAG-199Y019, İstanbul, 2005, 22.
- Özsoy, T.,** *Kilikya Baseni Kıyısı Sistemine Taşınan Atmosferik Kirleticilerin Kaynaklarının Belirlenmesi Atmosferik Girdilerin Deniz Ekosistemi Üzerine Olan Etkileri*, (Mersin Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi), Mersin Üniversitesi, Mersin, 1999, s. 209.
- Özsoy, T., Örnektekin, S.,** “Kuzeydoğu Akdeniz’de Kızıl Yağmurlar”, *Ekoloji* 18, 69, 2008, s.20-31.
- Paktunç, A.B.,** “Yerbilimlerinde Mikroanalitik Yöntemler”, Canmet Min. And Mineral Sei., 1996, Ottova, s. 41-48.
- Pirasad, A.K., Elaskary, H.M., Asrar, G.H., Kafatos, M., Jaswal, A.,** “Melting of Major Glaciers in Himalayas: Role of Desert Dust and Anthropogenic Aerosols”, *Planet Earth*, 2011, S. 89-122.
- Ridgwell, A. J.,** “Dust in the Earth System: the Biogeochemical Linking of Land, Air and Sea”, *Phil. Trans. R. Soc.* 360, Londra, 2002, S.1–21.

- Saydam, A.C., Yemenicioğlu, S., Kubilay, N.,** *Ulusal Deniz Ölçme ve Araştırma Programı Atmosferik Kirleticilerin Taşınımı*, TÜBİTAK PROJE KOD NO: DEBAG-10/G 1991 YILI NİHAİ RAPORU DEBÇAĞ 137/G, Mersin, 1994,63.
- Saydam, A.C., Yemenicioğlu, S., Kubilay, N., Şenhan, M., Sayın, A.,** *Ulusal Deniz Ölçme ve Araştırma Programı Atmosferik Kirleticilerin Taşınımı*, TÜBİTAK PROJE KOD NO: DEBAG-72G1992 YILI NİHAİ RAPORU, Mersin,1995, 92.
- Saydam, A. C., Şenyuva, H. Z.,** “Desert: Can They Be The Potential Suppliers Of Bioavailable Iron?”, *Geographical Research Letters*, Vol. 29, No. 11, S. 1-3.
- Saydam, A.C.,** “İklim Kontrolü”, *Bilim-Teknik Dergisi*, Ekim 2002, s.39-48.
- Saydam, A.C.,** “*Havadan Tozdan*”, Heyemola Yayınları, 2010, s. 416.
- Selcen, P.,** “İklim Bilmecesi”, *Atlas Dergisi*, Ağustos 2006, s.32-34.
- Sundar, A.C., Jones, T.A.,** “Satellite and Surface-based Remote Sensing of Saharan Dust Aerosols”, *Remote Sensing of Environment*, 2010.
- Sungur, K.A., ve Gönençgil, B.,** “Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri”, *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 6,1997, S. 337- 345.
- Söğüt, B., Saydam, C., Demirel, M., Çelik, İ.,** *Bir Demir Kaynağı Olarak Sahra Çölü Tozunun Kanatlı Hayvan Verim Özellikleri Üzerine Etkisi*, TÜBİTAK, Proje No: VHAG-1554, Van, 2002, s.13.
- Şahin, C.,** “Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri”, *Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Araştırmaları Dergisi* 1(1), 1989, S.194-208.
- Şengün, M.T., Kıranşan, K.,** Türkiye'yi Etkileyen Çöl Tozları, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2010 (Prof. Dr. Oğuz EROL Onuruna), 11-13 Ekim Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2010, Sayfa: 367-379, Afyonkarahisar
- Şengün, M.T., Bağcı, H.,** Çöl Tozlarının Beşeri Çevre ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi (04-07 Ekim 2011) 2011, Sayfa 247, Çanakkale

- Şengün, M.T., Kıranşan, K.,** Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Hava Kalitesinde Çöl Tozlarının Zamansal ve Mekansal Değişimi, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi (04-07 Ekim 2011) 2011, Sayfa 15, Çanakkale
- Tafuro, A.M., Barnaba, F., Tomasi, F.D., Perrone, M.R., Gobbi, G.P.,** “Saharan Dust Particle Properties Over The Central Mediterranean”, *Atmospheric Research* ,81, 2006, 67– 93.
- Tecer, L.H.,** “Hava Kirliliği ve Sağlığımız”, *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, S. 135, 2011, S. 15-29.
- Turmanova, S.,** *Kazakistan (Aral Havzası) Toprak Örneklerinin Bazı Özelliklerinin İncelenmesi*, (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2007, s.73.
- Türker, P.,** *Mersin’de Yağmur Suyunun Temel İyonik Bileşimi- Asit Yağmurları*, (Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Mersin Üniversitesi, Mersin, 2005, s. 62.
- Türkeş, M.,** *Klimatoloji ve Meteoroloji*, Kriter Yayınevi, İstanbul, 2010, s. 650.
- Varınca, K.B., Güneş, G., Ertürk, F.,** “Hava Kirleticilerinin İnsan Sağlığı ve İklim Değişikliği Üzerine Etkileri”, *Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu UHAKS 2008*, Konya Büyükşehir Belediyesi, 30-31 Mayıs, Konya, 2008, s. 8.
- Warner, T.T.,** “*Desert Meteorology*”, Cambridge University Press, 2004, S. 612.
- Wang, X., Xia, D., Xue, X., Li, J.,** “Dust Sources İn Arid and Semiarid China and Southern Mongolia: Impacts of Geomorphological Setting and Surface Materials”, *Geomorphology*, 97, 2008, 583–600.
- Yaalon, D.H.,** Comments On The Source, “Transport and Deposition Scenario Of Saharan Dust To Southern Europe”, *Journal of Arid Environments*, 1997, 36, 193–196.
- Yetmen, H.,** *GAP Alanında Kuzey Atlantik Salınımına Bağlı Yağış ve Akım Değişimleri* (Ankara Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Ankara, 2006, s. 54.
- Yılmaz, G.,** *Değişik Toprak Kökenli Doğal Besin Ortamlarının Spirulina Üretimine Etkilerinin Kesikli Reaktörler Kullanılarak İncelenmesi*, (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2006, s.93.

Yücekutlu, N., Terzioğlu, S., Saydam, A.C., Bildacı, I., “Sahra Çöl Toprağının Buğday Çeşitlerinin Gelişimi Üzerine Etkisi”, *5.Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, (27-29 Nisan 2011), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

İklim-Çevre, New Scientist, Bilim-Teknik Dergisi, Şubat 2007

M. Şeran, 2011 (Fotoğraf)

Z. Karataş, 2011 (Fotoğraf)

M. T. Şengün, 2008 (Fotoğraf)

Emin SADIK, 2011 (Fotoğraf)

Harita Genel Komutanlığı, 2011 (Harita)

İl Tarım ve Sağlık Müdürlüğü Verileri (Malatya, Adıyaman, Şanlıurfa, Mardin, Diyarbakır, Kilis) (2009-2011).

Googleearth, 2011

İnternet Siteleri

www.havaizleme.gov.tr 12.06.2010 tarihli erişim.

www.dmi.gov.tr 12.06.2010 tarihli erişim.

www.mgm.gov.tr 12 Mayıs 2012 tarihli erişim.

www.moma.ims.metu.edu.tr 12.06.2010 tarihli erişim.

www.mam.iyte.edu.tr 12.11.2011 tarihli erişim.

www.wmo.int 10 Mart 2012 tarihli erişim.

www.genbilim.com 12.06.2010 tarihli erişim.

www.3ayak.org 30.05.2010 tarihli erişim.

www.netteyim.net 20.04.2010 tarihli erişim.

www.turkiyegazetesi.com 07.06.2010 tarihli erişim.

www.kenthaber.com 07.06.2010 tarihli erişim.

www.radikal.com 12.06.2010 tarihli erişim.

www.24haber.com 12.06.2010 tarihli erişim.

www.cumhuriyet.com.tr 13.06.2010 tarihli erişim.

www.olayhaber.com 13.06.2010 tarihli erişim.

www.arsiv.ntvmsnbc.com 13.06.2010 tarihli erişim.

www.milliyet.com 16.06.2010 tarihli erişim.

www.nethabercilik.com 14.06.2010 tarihli erişim.

www.maden.org.tr 13.06.2010 tarihli erişim.

www.sanliurfagazetesi.com. 13.06.2010 tarihli erişim.
www.turkmedya.com 14.06.2010 tarihli erişim.
www.midyatsesi.com 13.06.2010 tarihli erişim.
www.nethaber.com. 13.06.2010 tarihli erişim.
www.haberbilgi.net. 13.06.2010 tarihli erişim.
www.haberler.com. 13.06.2010 tarihli erişim.
www.aktifhaber.com 10 Mart 2011 tarihli erişim.
www.bilgihaber.com 15 Nisan 2011 tarihli erişim.
www.trafikhaber.com 15 Aralık 2010 tarihli erişim.
www.batmanpostasigazetesi.com 17 Aralık 2010 tarihli erişim.
www.chem.eng.ankara.edu.tr 12.11.2011 tarihli erişim.
www.aktuelbilgi.com 29 Eylül 2011 tarihli erişim.
www.feww.wordpress.com 10 Ocak 2012 tarihli erişim.
www.anjungsainssmkss.wordpress.com 10 Ocak 2012 tarihli erişim.
www.haberler.gen.al 15 Şubat 2012 tarihli erişim.
www.gazete5.com 15 Şubat 2012 tarihli erişim.
www.webilgi.com 10 Mart 2012 tarihli erişim.
www.tsk.tr 10 Mart 2012 tarihli erişim.
www.karalahana.com 21 Mart 2012 tarihli erişim.
www.sanliurfaolay.com 15 Şubat 2012 tarihli erişim
www.bilgihaber.com 15 Şubat 2012 tarihli erişim
www.presstürk.com 15 Şubat 2012 tarihli erişim
www.satheraffent.af.mil.com 15 Şubat 2012 tarihli erişim
www.nasa.gov.tr 1 Mayıs 2012 tarihli erişim.
www.env.go.ip 1 Mayıs 2012 tarihli erişim.
www.chem.eng.ankara.edu.tr 1 Mayıs 2012 tarihli erişim.
www.usgs.gov. 14 Mayıs 2012 tarihli erişim

ÖZGEÇMİŞ

Kemal KIRANŞAN, 1 Nisan 1980’de Elazığ’ın Baskil ilçesinde dünyaya geldi. İlk ve orta öğrenimini 1986- 1997 yılları arasında Baskil’de tamamladı. 1998-2002 yılları arasında yükseköğrenimini Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü’nde tamamladı.

2002-2011 yılları arasında Milli Eğitim Bakanlığı’na bağlı çeşitli okullarda Sınıf öğretmeni, Sosyal Bilgiler Öğretmeni ve Coğrafya Öğretmeni olarak görev yaptı. 2009 yılında Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Fiziki Coğrafya bilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2012 yılında **“Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Çöl Kaynaklı Tozlar ve Genel Çevresel Etkileri”** adlı tez çalışmasıyla Yüksek Lisans eğitimini tamamladı.

25 Ağustos 2011’de Bingöl Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı’na Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen bu görevine devam etmektedir.

Kemal KIRANŞAN

Elazığ- 2012