

**LİBYA TOPRAK ÖRNEKLERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNİN  
SAPTANMASI**

**THE STUDY OF THE SOME ASPECTS OF LIBYAN SOIL  
SAMPLES**

**MOFTAH MASSAUD BENNAMA**

Hacettepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2006

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Başkan** :.....  
(Prof. Dr. Rukiye Tıpırdamaz)

**Üye(Danışman)** :.....  
(Prof. Dr. A. Cemal Saydam)

**Üye** :.....  
(Doç. Dr. Gülen Güllü)

**Üye** :.....  
(Y.Doç.Dr. Ayşegül Latifoğlu)

**Üye** :.....  
(Y.Doç.Dr. Selim Sanin)

**ONAY**

Bu tez, ..... /..... / ..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

**Prof. Dr. Ahmet R. ÖZDURAL**  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



Aileme...

## **LİBYA TOPRAK ÖRNEKLERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI**

**Moftah Mesud Bennama**

### **ÖZ**

Kuzeybatı Libya'dan toplanan toprak örneklerinin olası uzun mesafeli atmosferik taşınım sürecinde, tozların içerdiği bakteri ve mantarların su ile teması sonrasında ortama çıkardıkları okzalatin, kil mineralinin yapısında bulunan demiri, belirli koşullar altında, bulut içerisinde güneş enerjisinin de etkisi ile fotokimyasal indirgenmeye sokup kullanılabilir demir üretilip üretmeyeceği incelenmek istenmiştir. İyon Kromatografi ve Atomik Absorpsiyon cihazları kullanılarak yapılan analizler ile örneklerdeki element ve anyonların dağılımı incelenmiştir. Bölgedeki toprakların yüksek oranlardaki sülfat içeriği bu bölge üzerinden geçerek Orta Doğu'ya ulaşan hava kütleleri içerisinde gözlenen yağışların ve nedeni hakkında şüpheler olan sülfatın da kaynağı olabileceğini hakkında ön bilgiler vermiştir. Toprak örneklerinin ıslanması sonrasında bakteri ve mantarlar tarafından üretimi beklenen okzalatin sadece eser miktarlarda ölçülmesi örneklerdeki kil fraksiyonunun azlığı ile açıklanmaktadır. Elde edilen sonuçların Google Earth aracılığı ile elde edilen hassas yer görüntüleri üzerine yerleştirilmesi sonuçların görsel olarak nasıl değiştiği hakkında yeni bilgiler vermektedir. Ayrıca, 90 metre çözünürlükteki Sayısal Yükseklik Haritalarının kullanılması ile bundan sonra hangi bölgelerden örnekleme yapılması, o bölgenin özellikleri ve coğrafi konumu hakkında detaylı bilgilere ulaşılması da olanaklı hale gelmiştir. Yapılan deneyler çöl kökenli toprakların bitki gelişimini, besin çözeltisi kadar destekleyebileceğini bir kez daha göstermiştir. Az bulunan yeraltı su kaynaklarını devreye alan Libya'da bu yeni yaklaşım ile "organik" tarımı destekleyebilecek toprakların bulunması ve ekonomiye kazandırılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Libya, çöl tozları, atmosferik taşınım

Danışman: Prof.Dr. A. Cemal SAYDAM, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

## **THE STUDY OF THE SOME ASPECTS OF LIBYAN SOIL SAMPLES**

**Moftah Mesud Bennama**

### **ABSTRACT**

The possibility of producing reduced iron out of desert dust collected from the Northwest Libya has been investigated. It has been proposed that during the course of atmospheric transport the bacterial and fungal content of the dust can produce oxalate that can be used to reduce iron as to form bioavailable iron within the clouds by the assistance of solar radiation. The elemental and ionic composition of samples has been investigated by the use of Ion Chromatography and Atomic Absorption Spectroscopy. Relatively high sulfate levels observed within the soil samples may explain the unaccounted source of sulfate that has been detected within the rain samples at Eastern Mediterranean having trajectories swept through the non-industrialized Northern Africa. Trace levels of oxalate observed within the soil samples may be explained by the high sand content. The use of high resolution satellite images for the presentation of the results enhanced understanding of the soil parameters. In addition by the use of 90 meter resolution Digital Elevation Maps it was possible to gather detailed information about the possible sampling location with great geographical accuracy. The vegetative growth experiments carried out by desert soil samples has confirmed once again that desert soil can support the healthy growth of vegetation as fertilizer solution. This soil property can be a real asset for Libyan economy as to develop true “organic farming” while aiming to utilize its scarce underground water resources.

**Keywords:** Libya, desert dust, atmospheric transport,

Advisor: Prof.Dr. A. Cemal SAYDAM, Hacettepe University, Department of Environmental Engineering

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesinde eleştiri ve yardımlarıyla bana yön veren hocam prof. Dr. A. Cemal Saydam'a, laboratuvar çalışmaları ve analizlerimin tamamlanmasında yardımcı olan Araştırma Görevlilerinden Ahmet Kılıç, Sibel Menetşe'ye ve yardımlarını esirgemeyen Çevre Mühendisliği Bölümü elemanlarına şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, tez süresince şahsıma gösterdikleri anlayış ve analizlerde kullandığım cihazların gerektiği gibi çalışması için maddi yardımlarını esirgemeyen Libya Halk Cumhuriyeti Büyükelçisi Sayın Muhamed El Manguş'a ve çalışmam süresince anlayış ve desteğini gördüğüm Libya Büyükelçiliğinde görevli olan Ağabeyim Farag M. Benaama'ya teşekkürü borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1.GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmaya temel olacak yayınların irdelenmesi.....	1
1.1. Geçmişte çöl tozlarına bakış.....	1
1.2. Demir eksikliği ve alg patlamaları.....	2
1.3. Tozun bulut içerisindeki davranışları.....	4
1.4. Yeni yaklaşım .....	10
1.5. Çöl alanlarının Sayısal Yükseklik Haritaları ile değerlendirilmesi.....	12
1.6. Çöl tozları ile yapılan bazı uygulamalar.....	15
1.7. Geçmişteki iklim değişim süreçleri.....	19
1.8. Saydam tarafından öne sürülen iklim teorisine yeni destekleyici unsurlar.....	29
1.9. Yeni iklim teorisine göre Sahradaki çöl alanlarının uydu verileri aracılığı ile tesbiti.....	31
1.10. Uydu Verileri ile toz taşınımı.....	33
2. Libya'ya genel bakış.....	66
2.1. Bölgenin coğrafi konumu ve özellikleri.....	66
3. Materyal ve Metod.....	68
3.1. Standartların Hazırlanması.....	68
3.1.1. Ultra saf su .....	68
3.1.2. İyon Kromatografi (IC) analizleri için hareketli faz hazırlanması.....	69

3.1.3. Standart çözeltilerin hazırlanması.....	69
3.1.4. Kalibrasyon eğrilerinin çizilmesi.....	69
3.2. Toprak çözeltilerinin hazırlanması.....	69
3.2.1. Toprak örneklerinde pH belirlenmesi.....	70
3.3. IC (İyon Kromatograf) ile anyon analizi.....	71
3.3.1.Deneysel çalışmalarda kullanılan IC cihazı özellikleri.....	71
3.4. Toprak örneklerinde metal analizleri.....	75
3.4.1.Atomik absorpsiyon analizleri.....	75
3.5. TOC ve TON analizleri.....	76
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	77
4.1. Libya'ya Genel Bakış .....	77
4.2. Toprak örneklerinin fiziki yapısı.....	81
4.3. Libya Topraklarındaki pH Değişimi.....	83
4.4. Libya Topraklarında Organik Karbon ve Azotun değişimi.....	86
4.5. Libya Topraklarında Okzalal.....	89
4.6. Libya Topraklarındaki Nitrit değişimi.....	90
4.7. Libya toprak örneklerinde Nitrat ve Fosfat'ın dağılımı.....	91
4.8. Libya topraklarında Sülfatın dağılımı.....	92
4.9. Libya topraklarında Fe dağılımı.....	98
4.10. Libya toprak örneklerinde Mg dağılımı.....	100
4.11. Libya toprak örneklerindeki Mn dağılımı.....	101
4.12. Libya toprak örneklerinde Cu dağılımı.....	102
4.13. Libya örneklerinde Co dağılımı.....	103
4.14. Libya toprak örneklerinde Ni dağılımı.....	104
4.15. Libya toprak örneklerinde Zn dağılımı.....	105
5. SONUÇLAR.....	107
REFERANSLAR DİZİNİ.....	118
ÖZGEÇMİŞ.....	125

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Libyadaki çalışma alanının 90 metre hassasiyetli sayısal yükseklik haritasındaki (Digital Elevation Map,DEM) görünümü.....	13
Şekil 1.2. Sayısal yükseklik hartiası kullanılarak çalışma bölgesinin hemen güneyinde yer alan çöl alanındaki siyaht hat boyunca yükseklik değişiminin hesaplanması.....	14
Şekil 1.3. Hewitt besin çözültisi (solda) ve Sahra tozu ile beslenen buğday bitkileri.....	16
Şekil 1.4. Grönland GISP2 buz karotu toz akışı bulgusu.....	20
Şekil 1.5. Grönland GISP2 buz karotu sıcaklık değişimi.....	21
Şekil 1.6. GISP2 buzulunda aynı zaman dilimleri içerisinde izlenen sıcaklık ve toz değişimleri.....	22
Şekil 1.7. Güney kutbunda Vostok buzulundan alınan örneklerdeki, toz, nss Sülfat ve MSA değişimleri.....	23
Şekil 1.8. Buzulların jeolojik geçmişteki sınırlarını gösteren bu şekillerde (1-11) o dönemlerde etkili olduğu varsayılan yağmur kuşakları, seçilmiş görüntülerin üstüne işlenmiştir.....	28
Şekil 1.9. Sahra çölünün Google earth aracılığı ile alınan genel görünür dalga boyunda birleştirilmiş görüntüsü.....	32
Şekil 1.10. 1-6 Nisan 2005 tarihlerine ait meteogram.....	35
Şekil 1.11. 1 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık Değişimleri.....	36
Şekil 1.12. 1 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü. ....	37
Şekil 1.13. 5 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri.....	38
Şekil 1.14. 5 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü. ....	39

Şekil 1.15. 5 Nisan 2005 tarihinde TOMS uydu verilerine göre aerosollerin dağılımı. .....	40
Şekil 1.16. 6 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü. ....	41
Şekil 1.17. 7-12 tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram .....	42
Şekil 1.18. 9 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri.....	43
Şekil 1.19. 9 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü. ....	44
Şekil 1.20. 10 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.....	45
Şekil 1.21. 10 Nisan 2005 tarihinde TOMS uydu verilerine göre aerosollerin dağılımı.. .....	46
Şekil 1.22. 13-15 tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram.....	47
Şekil 1.23. 16 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri.....	48
Şekil 1.24. 16 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.....	49
Şekil 1.25. 16 Nisan 2005 tarihinde TOMS uydu verilerine göre aerosollerin dağılımı.	
Şekil 1.26. 16-21 tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram.....	50
Şekil 1.27. 22-27 tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram.....	52
Şekil 1.28. 25 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri.....	53
Şekil 1.29. 25 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.....	54
Şekil 1.30. 25 Nisan 2005 tarihinde TOMS uydu verilerine göre aerosollerin dağılımı.....	55
Şekil 1.31. 28-30 Nisan tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram.....	56

Şekil 1.32. 28-29 Nisan'a ait MODİS uydu görüntüleri ve 28 Nisana ait 850 hPa sıcaklık isotermleri.....	57
Şekil 1.33. 12 Nisan 1990-2005 tarihlerinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesinde etkili olan hava durumunua genel bir bakış.....	60
Şekil 1.34. 1997/2000 tarihleri arasındaki 5 Nisan 2005 tarihili TOMS uydu verilerine göre aerosollerin dağılımı.....	62
Şekil 1.35. 2000/2004 tarihleri arasındaki 5 Nisan 2005 tarihili TOMS uydu verilerine göre aerosollerin dağılımı.....	63
Şekil 2.1. Libya'nın Google Earth'ten alına genel görüntüsü.....	66
Şekil 3.1. İyon Kromatoğrafi (IC) cihazı görünümü.....	70
Şekil 3.2. İyon Kromatografi cihazındaki akışın şematik gösterilişi.....	73
Şekil 3.3. Libya toprak örneğinin IC' de analiz anında nitrit, sülfat, okzalot, ve nitratın kromatogramı.....	74
Şekil 4.1. Libyanın kuzey doğu bölgesinde yer alan ve 29 09K 21 25 D konumunda bulunan bölgenin hassas uydu görüntüsü .....	78
Şekil 4.2. 31 09 K 7 58 D konumundaki çöl bölgesinin hassas görüntüsü.....	79
Şekil 4.3. Libya toprak örneklerinin Google Earth görüntüsü üzerinde işaretlenmiş hali.....	80
Şekil 4.4. Libya toprak örneklerine genel bakış.....	81
Şekil 4.5. Libya toprak örneklerinin yakın plan fotoğrafı. Daha kırmızı renge sahip örnek.....	82
Şekil 4.6. Libya toprak örneklerinin yakın plan fotoğrafı. Daha açık renge sahip toprak.....	82
Şekil 4.7. Libya toprak örneklerinde pH değişimi.....	84
Şekil 4.8. Ghadamis, Wadi Sharshof, Wadi Zuzam, Sinawn ve Nalut istasyonlarının DEM üzerindeki konumları ve pH değerleri.	85
Şekil 4.9. Nalut, Kabw, Arr Hayabat, Azzintan, Yafran ve Gharyan istasyonlarının DEM üzerindeki konumları ve pH değerleri.....	86
Şekil 4.10 Mizdah, Alhamada Bir alhamam ve Bir Tilksin istasyonlarının DEM üzerindeki konumları ve pH değerleri.....	84
Şekil 4.11. Libya toprak örneklerinde Toplam Organik Karbon miktarları (TOC)..	87

Şekil 4.12. Libya toprak örneklerinde ölçülen Toplam Organik Azot (TON) miktarları (ppm).....	88
Şekil 4.13. Libya toprak örneklerindeki Sülfat'ın dağılımı.....	93
Şekil 4.14. Doğu Akdeniz'e gelen ve yağmur taşıyan bulutların takip ettiği genel yollar.....	94
Şekil 4.15. Doğu Akdeniz'e ulaşan hava akımlarının neden olduğu yağmurların hacim olarak farklılığı.....	95
Şekil 4.16. Bazı toprakların sülfat üretme kapasiteleri.....	96
Şekil 4.17 Libya toprak örneklerinde ölçülen Fe(mg/g) miktarları.....	98
Şekil 4.18 Libya toprak örneklerinde ölçülen Mg(mg/g) miktarları.....	100
Şekil 4.19 Libya toprak örneklerinde ölçülen Mn (mg/g) miktarları.....	101
Şekil 4.20 Libya toprak örneklerinde ölçülen Cu (mg/g) miktarları.....	102
Şekil 4.21 Libya toprak örneklerinde ölçülen Co (mg/g) miktarları.....	103
Şekil 4.22 Libya toprak örneklerinde ölçülen Ni (mg/g) miktarları.....	104
Şekil 4.23 Libya toprak örneklerinde ölçülen Zn (mg/g) miktarları.....	105
Şekil 5.1 Prof Dr Mehmet Ekmekçi tarafından örneklenen 27 32K 31 34 D noktasının uydu görüntüsü.....	108
Şekil 5.2. Mehmet Ekmekçi tarafından getirilen Libya toprak örneğini kil Fraksiyonu yakın fotoğrafı.....	109
Şekil.5.3 Işınlandırılan Sahra çözeltisinin sonik yöntemle üretilen Soğuk buhar sistemi ile bitki besleme.....	112
Şekil 5.4. Zabol ve sahra toprağının su içerisinde 20. gün görüntüsü.....	116

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Libya toprak örneklerindeki TOC,TON, TOC/TON pH ve Sülfat miktarları.....	97
Çizelge 4. 2. Libya toprak örneklerindeki metallerin dağılımı.....	120

## SİMGELER VE KISALTMALAR

AQUA	MODIS programının Ekvatoru güneyden kuzeye öğleden sonra geçen uydusu
ARL	Atmosferik Araştırma Laboratuarı- Gerçek Zamanlı Çevresel Uygulamalar ve Gösterme Sistemi
AVHRR	Gelişmiş Yüksek Çözünürlüklü Radyometre
DEM	Sayısal Yükseklik Haritası
DLR	Alman Uzay Ajansı
ENVISAT	Çevre Uydusu
ERS	Küresel İzleme Uyduları
ESA	Avrupa Uzay Ajansı
EUROTRAC	Avrupa Troposferik Atmosferik İzleme Ağı
GPS	Küresel Yer bulma Sistemi
HNLC	Yüksek Besin Tuzu Düşük Klorofil
hPa	Hektopaskal
IC	İyon Kromatografi
IR	Kızılötesi
IRONEX	Demir Tohumlama Deneyi
MODIS	Orta Çözünürlüklü Görüntü Spekraradyometre
MSA	Metan Sülfonik Asit
NAO	Kuzey Atlantik Salınımı
NOAA	Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosferik İdaresi
NASA	Amerikan Havacılık ve Uzay Ajansı
SEAWIFS	Geniş Bant Aralıklı Deniz İzleme Uydusu
SOFeX	Güney Pasifik Okyanusu demir Tohumla Deneyi
TERRA	MODIS' programının Ekvatoru kuzeyden güneye sabah geçen uydusu
TIROS_N	Televizyon Kızılötesi İzleme Uydusu
TOC	Toplam Organik Karbon
TOMS	Trofosferik Ozon Haritalama Spektrometresi
TON	Toplam Organik Azot

## **1.GİRİŞ**

Bu çalışmanın ana hedefi geniş çöl alanları ile kaplı olan Libya'nın her sene atmosferik taşınım yolu ile kaybetmekte olduğu yüzey topraklarının yeni bir bakış açısı ile özelliklerini saptamak ve ileride yapılması planlanan detaylı çalışmalara ışık tutmaktır. Çalışma Libya'nın kuzey batısında yer alan Yafran, Gharyan ve Ghadamis Alhamada bölgelerinden alınan yüzey toprak örneklerinin bulut içerisindeki davranışlarını incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın ana temel kaynağı Saydam ve Senyuva(2002)'nin çalışmalarında gösterilen çöl kökenli tozların belirli koşullarda bulut içerisinde kullanılabilir demir üretebilmeleri esasına dayanmaktadır. Bu amaçla toplanan toprak örneklerinin atmosferik taşınım sürecinde bulut içerisindeki su ile temas etmeleri sonucunda ortaya çıkabilecek olan iyonlar ve topraktaki bazı elementlerin dağılımı enstrümantel olarak incelenmiş ve sonuçlar bu yeni bakış kapsamında irdelenmiştir.

### **1.1 ÇALIŞMAYA TEMEL OLAN YAYINLARIN İRDELENMESİ;**

#### **1.1.Geçmişte çöl tozlarına bakış**

Çöl kökenli tozların atmosferik taşınımına girdiği ve 10 mikrondan ufak parçacıkların binlerce kilometre uzaklara taşındığı uzun zamandan beri bilinen bir olgu idi. Grönland adasındaki buzul örnekleme sitelerinden veya Antartika'da yapılan buzul örnekleme yerlerinden de tozların özellikle buzul çağları döneminde kutuplara kadar taşındığı ve kutup atmosferlerinin geçmişte yaşanan o dönemlerde zamanımıza oranla çok daha fazla tozlu olduğu bilinmektedir.

1970'li yıllarda araştırma gemileri kullanılarak yapılan ölçümler teknolojinin gelişmesi ile uydular aracılığı ile bulgu toplanması aşamasına gelmiş ve Sahra kaynaklı tozların küresel dağılımı çok daha belirgin olarak saptanabilmiştir. Atmosferdeki toz taşınımı ile ilgili ilk yayınlar tozun ne kadar yayılım gösterdiği, belirli bir noktaya hangi zamanlarda daha yoğun olarak geldiği, gelen tozların mineralojisi, elementel dağılımı, manyetik özelliklerinin incelenmesi şeklinde olmuştur. Uzun süreli atmosferik toz

izleme programlarının gelişmesi ile tozların zaman içerisindeki dağılımları hakkında daha net bilgilere ulaşılmış ve atmosferdeki toz taşınım olayının boyutları hakkında önemli bilgiler edinilmiştir.

Husar et al(1997) tarafından, NOAA Television Infrared Observing Satellites (TIROS-N) serisi uydularda bulunan Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) aracılığı ile ve yer çözünürlüğü 1 km olan uydu verileri ile yapılan ölçümlerde Akdeniz'in yerküredeki en tozlu atmosfere sahip denizlerden birisi olduğu gösterilmiştir. Aynı olgu Moulin et al.,(1997) tarafından da kanıtlanmış olup Akdeniz üzerinde ölçülen Aerosol Optik Derinliğinin Kuzey Atlantik Salınımı - Northern Atlantic Oscillation (NAO) ile yakın ilgisi olduğu da gösterilmiştir. Yoğun toz taşınımı araştırmacıları sadece tozun jeokimyasal yapısı ile ilgilenmelerinin yanı sıra diğer bazı özelliklerinin de incelenmesi aşamasına getirmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar Akdeniz atmosferindeki aerosollerin (toz, karbon siyahı, ve sülfat) atmosferde yarattığı yansıtıcı etkinin Akdeniz atmosferinde metrekarede 3-4 Watt gücünde olduğunu ve bu negatif etkinin sera gazları ile aynı seviyelerde etki yarattığını da göstermiştir. Bir başka deyişle Akdeniz üzerindeki aerosoller sera gazları ile yaratılan ısınmanın etkisini sıfıra indirebilecek kadar yansıtma özelliğine sahip olabilmektedirler (Jacobson,2001).

## **1.2. Demir eksikliği ve alg patlamaları**

Yoğun toz taşınımının deniz ortamındaki etkilerinin incelenmesi de ayrı bir konu olmuştur. Çöllere komşu olan deniz ortamlarının bu tozlardan çok etkilenmesi kadar çöl kaynaklarından çok uzaklarda olan okyanus alanlarındaki alg patlamalarının oluşmamasına da bu tozların eksikliğinin neden olabileceği öne sürülmüştür. Bu olguyu ilk defa ortaya atan Martin et al., (1994) Pasifik Okyanusu'nun açıklarında High Nutrient Low Chlorophyll (HNLC) olarak adlandırılan ve ortamda alg patlaması için gerekli olan besin tuzları ve bol ışık varken beklenen alg patlamasının oluşmamasını bu alanların karalardan uzak olmasına ve yeterli demir almamasına bağlamıştır. Bu tezin doğruluğu günümüze kadar yapılan pek çok deneyle kanıtlanmış

bulunmaktadır. (Martin et al.,1994; Timmermans et al.,1998; Boyd et al.,2000; Tsuda et al.,2003; Coale et al.,2004). En son gerçekleştirilen SOFEX, ve daha önce yapılmış olan IRONEX deneyleri ile okyanuslarda demir eksikliğinin yapay şekilde giderilmesi ile alg patlamalarının oluştuğu ve hatta bu oluşumun uydular aracılığı ile de tesbit edilebildiği gösterilmiştir (Boyd et al.,2000). Ancak burada altı çizilmesi gereken konu demir analizlerinin özellikle Fe(III)'e yoğunlaşmış olması halbuki tabiattaki kullanılabilir demirin ise Fe(II) oksidasyon halindeki demir olduğu olgusudur. Yukarıda bahsedilen ve okyanuslarda son senelerde yapılan deneyler de demir eksikliği nedeni ile alg patlamalarının oluşmamasını denerken denize +3 oksidasyon halindeki demir değil de indirgenmiş demir (demir sülfat) katılması ile sınınmıştır. Bu gayet doğal bir olgudur çünkü demir tabiatta + 3 oksidasyon halinde bulunmasına rağmen kullanılabilir demir +2 oksidasyon halindeki demirdir.

Gelişen teknoloji denizlerdeki çözülmüş demir miktarının çok daha hassas seviyelerde tesbit edilebilmesine olanak tanımış ve eskiden hiç bahsedilemeyen nanogram seviyelerinde demir ölçümleri yapılabilmıştır (Martin et al.,1994; de Baar et al.,1999). Bu sonuçtan eskiden denizlerde demir ölçülmüyordu anlamını çıkarmamalıdır. Demir örnekleme ve analiz sürecinde çok çabuk kirletilebilen bir element olduğu için eski teknolojiler ile yapılan örnekleme sonucunda denizlerdeki demir miktarının kirlenme nedeni ile olduğu miktarlardan çok daha fazla ölçüldüğü ancak asıl seviyelerin bugün sadece çok gelişmiş örnekleme ve laboratuvar koşullarında yapılan analizler sonucunda izlenebilen (ng/l) seviyelerde olduğu bilinmektedir. Ancak yukarıda da bahsedildiği gibi ölçülen bu demir, demirin kararlı hali olan +3 oksidasyon halidir ve bu haldeki demir biyolojik yaşam tarafından hemen kullanılamaz. Demir birçok organizmanın enzim proseslerinde kullanılan önemli bir mikrobesein maddesidir. Eksikliği halinde tarımsal üretimde (Marschener,1986) veya denizlerdeki (Martin and Fitzwater,19889 üretimde azalmalar olduğu gösterilmiştir. Çevremizdeki demir eksikliği demirin az olmasından değil demirin biyolojik ortamın kullanabileceği formda olmamasından kaynaklanmaktadır. Yoksa toprağın yapısındaki en önemli minerallerden birisi de demir içeren minerallerdir, dolayısı ile toprakta demir eksikliğinden bahsedilemez. Aynı olgu deniz atmosferinde de atmosfer

yolu ile denizlere taşınan demir mineralinin deniz suyundaki çözünürlüğü ve demir içeren minerallerin yavaş çözünmesi ve bu süreçte de derinlere taşınması şeklinde açıklanmaktaydı (Zhuang et al.,1990; Fung, 2000)

Günümüze kadar gerçekleştirilen deneylerde denizlerdeki alg patlamalarının denize yapay olarak eklenen demir ile tetiklenebildiğini ve alg patlamaları ile atmosferdeki karbondioksitin azaltılabileceğini göstermiştir. Burada dikkat edilmesi gereken konu denize ilave edilen demirin Fe(II) formunda olması gerçeğidir. Saydam ve Senyuva(2002) da çöl kökenli tozların hangi şartlarda Fe(II) üretebildiklerini göstermiştir.

### **1.3. Tozun bulut içerisindeki davranışları**

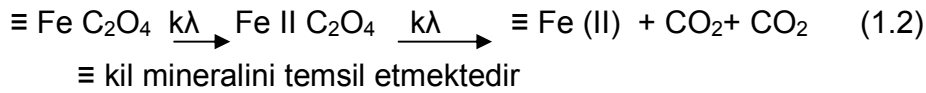
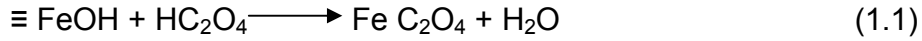
Çöllerde yapılan çalışmalar örnekleme ve ölçüm teknikleri nedeni ile doğal olarak hep toplam demir üzerinde yoğunlaşmış Saydam ve Senyuva(2002) tarafından ileri sürülen hipotez de hep bu açıdan değerlendirilmiş ve çöllerdeki toprakların demir içeriği fazla gibi yanlış bir varsayımla olaya yaklaşılmıştır. Halbuki öne sürülen hipotez çöllerdeki toprakların demir mineral içeriğinden çok çöllerde bulunan bakteri ve mantarların ortamdaki kil minerali üzerindeki etkisini esas almakta ve bu olayın bulut içerisindeki evrimine bakarak ortaya çıkan indirgenmiş demir üzerinde yoğunlaşmaktadır (Griffin et al., 2001 ve Saydam and Şenyuva,2002).

Çöl tozlarının, atmosferde taşınım sürecinde kuru olarak değil de bulut içerisine girdikten sonraki taşınımı süresince uğrayabileceği değişiklikler Saydam'ın (2005,kişisel görüşme) ilgisini çekmiş ve 1994 senesinden bu yana üzerinde uğraştığı konu ile ilgili olarak aşağıda detayları verilen temel yayını bilim dünyasına tanıtmıştır.

Çöl kökenli tozların bulut içerisinde kullanılabilir demir üretebilmesi için gerekli olan mekanizmanın tabiat tarafından nasıl gerçekleştirildiğini bilim dünyasında ilk kez Saydam ve Şenyuva, (2002) göstermiştir. Daha önce, Sulzberger and Laubsherrer, (1995) tarafından gösterilen reaksiyon mekanizmasında demir oksitlerden Hematit,

Geotit ve Lepidokrosit kullanılmış ve indirgeyici olarak da atmosferde bol bulunan okzalit seçilmiştir. Okzalatin atmosferde varlığı bilinmekte ve kaynağı da endüstriyel kirlilik olarak verilmektedir. Saydam ve Şenyuva (2002) ise okzalatin çöl kökenli tozlar tarafından üretildiğini ve bunun nedeninin de çöl kökenli tozların içeriğinde bulunan bakteri ve mantarlardan ileri geldiğini göstermişlerdir. Çöllerin toz taşınımı sürecinde atmosfere çok miktarda bakteri ve mantar çıkardığı Griffin et al., (2001) tarafından gösterilmiştir. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmada, Atlantik Okyanusu'nun batı tarafında yer alan Barbados adasında toplanan örneklerde çöl kökenli havalarda kuzeyden gelen tozsuz havaya göreceli olarak birkaç kat fazla bakteri ve mantar sporlarına rastlandığı bildirilmiştir. Saydam ve Şenyuva (2002) ise Sahra çölünün kendi okzalatinı dolaylı yoldan üretebildiğini göstererek bu alanda önemli bir buluşa imza atmışlardır. Çöl ortamında gerektiğinde binlerce sene kendi kimliklerini kuru olarak saklayabilen bakteri ve mantarlar bulut içerisinde bir damla su ile temas etmeleri halinde aktif hale gelmekte ve 15 dakika gibi kısa bir süreçte ortama okzalit çıkarmaktadırlar. Bugün dahi endüstriyel boyutlarda okzalik asit *Aspergillus niger* kullanılarak elde edilmektedir (Sushil et al.,2005). Saydam (2005, sözlü görüşme) bu olayın bakteri ve mantarlar tarafından bilinçli bir şekilde yapıldığını çünkü, çöl ortamından kil minerali ile birlikte kalkıp atmosferik taşınımına giren bakteri ve mantarların atmosferi kuru olan kaynak noktasından uzaklaştıkça bulutla buluşabilme ihtimallerinin artmakta olduğunu varsaymaktadır. Saydam ve Şenyuva (2002) bunu deneylerle kanıtlamışlar ve çöl tozunun ıslatılmasından 15 dakika gibi kısa bir zaman sonra okzalatinı üretebildiğini ve reaksiyon (1.1)'i tetikleyebildiğini göstermişlerdir. Okzalatinı üretmiş olan bakteri ve mantar atmosferik taşınım sürecinde aynı ortamda bulunan kil mineralinin yüzeyine bu nedenle yapışabilmekte ve kil mineralinin kristal yapısına girebilmektedir. Kil mineralinin yapı taşında bulunan demir ile demir okzalit yapmakta ve bundan sonraki taşınımına bu şekilde devam edebilmektedir. Aradan geçen bu süreçte, örneğin Sahra çölü için, o dönemdeki meteorolojik olayın yönüne bağlı olarak kaynak noktasından daha kuzeye veya batıya bulut içerisinde taşınmış olan demir okzalit eğer yeterli güneş enerjisi ile buluşursa ligandan metale yük transferi yapmakta ve Reaksiyon (1.2)'de gösterildiği gibi dekarboksilasyon reaksiyonu ile parçalanmaktadır. Reaksiyon (1.2) sonucunda oluşan karbonil radikali

bir başka geri kazanım mekanizmasını daha tetikleyebilmekte ve yeni bir yüzeyle veya oksijen ile veya yeni bir Fe(III)'ü çözebilmektedir (Zhuang et al., 1992). Bu radikal çok önemli olmakla birlikte henüz üzerinde detaylı çalışmalar yapılmamıştır ancak yeni bir indirgenmiş demir üretme potansiyeli açısından çok önemlidir.



Bulut içerisinde bu mekanizma ile yeterli güneş enerjisi olması halinde gündüz vakti indirgenmiş demir üretilebilmektedir. Saydam ve Şenyuva (2002) yaptıkları deneylerde dekarboksilasyon reaksiyonunun sürücüsü olan ışığı ortadan kaldırdıklarında indirgenmiş demirin zaman içerisinde azaldığını yani Fe(III) e okside olduğunu göstermişlerdir. Tabiatta güneş enerjisi deneylerde olduğu gibi ışığın kapanması ile bir anda yok olmamakta ve zaman içerisinde azalan bir grafik çizmektedir. Bu nedenle tabiatta gündüz vakti oluşan kullanılabilir demirin güneş enerjisinin belirli bir seviyenin altına inmesi ile bir anda azalması yerine çok daha uzun bir zaman içerisinde azalması beklenir.

Saydam ve Şenyuva (2002) yaptıkları deneylerde çöl tozunu Co-<sup>60</sup> gama radyasyonu ile ışınlamışlar ve ortamda bulunan bakteri ve mantarın sterilizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Sterilizasyon işleminin kil mineraline zarar vermeden gerçekleştirilebilmesi için çeşitli ıslak sterilizasyon yöntemleri yerine Co-<sup>60</sup> gama radyasyon kaynağı özellikle seçilmiştir. Yapılan deneylerde bu şekilde ışınlandırılan toprak örneklerinin indirgenmiş demir üretemediği gösterilmiştir. Bu sonuçlar bize toprak örneklerinde bulunan bakteri ve mantarların indirgenmiş demir oluşumunda reaksiyon zincirini kontrol eden adım olduğunu göstermiştir.

Atmosferdeki sülfatın ise yakın zamana kadar hatta halen dahi büyük bir oranda endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı varsayılmış ve de biyogenik üretim açısından

denizlerin çölü sayılan Akdeniz'den de kaynaklanabileceği neredeyse hiç hesaba katılmamıştı. Yapılan araştırmalar özellikle gelişmiş ülkelerin atmosferindeki sülfat miktarlarının ve dolayısı ile asit yağmurlarının arttığını kesin bir şekilde ortaya koymakla beraber yine de denizden gelen kaynağın varlığı her zaman gösterilmiştir. Gieray et al., (1997) EUROTRAC projesi kapsamında İngilterenin kuzeyinde bulunan Great Dunn Fell izleme kampanyası sürecinde izleme noktasına gelen hava kütleleri ve bulutlar izlenmiş ve geri izleme teknikleri ile endüstriyel kirlilikten uzak Kuzey Atlantik Okyanusu kaynaklı havanın içerisinde dahi bol miktarda amonyum veya sodyum tuzları halinde sülfat ve düşük moleküler ağırlıklı karbon örneklerinin olduğu tespit edilmiştir. Metan sulfonik asit (MSA) içeren örneklerde, MSA yanısıra karbonatlı maddelerin de bulunduğu gösterilmiştir. Sülfatın büyük oranda endüstriyel kirlilikten kaynaklandığını öne süren araştırmacılar bulut içerisinde yapılan bu ölçümler hakkında tam bir açıklama getirememişler hatta bulut içerisinde varlığı tesbit edilen karbonat parçacıkları hakkında ise hiç bir açıklama yapmamışlardır.

Yakın bir geçmişte yapılan çalışmalar ise (Ganor et al.,2000; Kouvarakis and Mihalpulos,2002) Doğu Akdeniz'deki sülfür bütçesine biyogenik kökenli sülfürün önemli katkılar yapabileceğini de göstermiştir. Kubilay et al.,(2002) Doğu Akdeniz'in kuzeyinde yer alan Erdemli örnekleme istasyonuna Karadeniz'den gelen hava kütlelerinin Karadeniz'de meydana gelen *Emiliana huxleyi* patlamalarına bağlı olduğunu ve Sahradan gelen toz kütlelerinin yağmurla denize inmesini takip eden günlerde MSA konsantrasyonlarında artışlar olduğunu göstermiştir.

Kreamer, (2004) ise demiroksitin çözünebilmesi için gerekli aşamaları anlatırken, küçük moleküler ağırlıktaki bu organik liganların demir bağlama kapasiteleri yüksek olup demiri bağlamaları için öncelikle sidereforları hücre içerisinde biyosentezle üretmeleri, bu sidereforları hücre dışına çıkarmaları; demir içeren minerallerdeki demir ile kompleks yapmaları; demir(II) sidereforu gelişmiş bir transfer sistemi aracılığı ile kullanmaları veya siderefordan demiri serbest hale getirip kullanıma hazır hale getirmesi şeklinde açıklamaktadır. Bu çalışmada anlatılan basamaklar Saydam ve Şenyuva(2002)nin çalışmalarında anlatılan yaklaşımla birbirlerine çok benzemekte

olup bundan sonra yapılması gereken çalışmalarda çöl kökenli toprakların da sidereforları üretme kapasitesine sahip olup olmadıkları da detaylı olarak incelenmelidir.

Mace et al.,(2003) tarafından yapılan çalışma ise Saydam ve Şenyuva(2002) ve Kraemer (2004) tarafından ileri sürülen yaklaşımları tamamen destekler yeni bulgular ortaya koymuş ve çöl kökenli toprakların bulut içerisindeki davranışlarının çok daha detaylı bir şekilde araştırılması gerektiğini destekleyen çok önemli deliller sunmuştur. Bu çalışmada Sahra'dan geldiği kesinlikle tesbit edilen hava örneklerinde yağmur suyu ve toplam aerosol örnekleri toplanmış ve bu örneklerde ölçülen toplam organik azot ile kalsiyum, magnezyum, sülfat ve nitrat arasında kuvvetli korelasyon olduğu tesbit edilmiştir. Yapılan çalışmada yağmur suyu ve aerosollerde ölçülen organik azotunun toplam azotun %13 ve %17 si kadar olduğu tesbit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen önemli bulgulardan birisi de toplam amino azota katkı yapan serbest amino asitlerin (Glycine, Arginine, Proline ve Valine) toplam amino azot miktarına katkısının %75'lere ulaşan oranlarda olmasıdır. Glavin et al.,(2001) ve Nagata et al.,(2001) çalışmalarında gösterildiği üzere glycine, proline ve valine gibi amino asitler ortamda biyolojik bir etkinin olduğunun delili olmaktadır. Çünkü bu amino asitler en fazla bakteri gibi basit oranizmalarda yoğunlaşmaktadır. Bu sonuçlar ise Mace et al.,(2004)'e göre atmosferik örneklerin içerisindeki basit biyolojik organizmaların aktivitelerinin fazlalığının delili olarak gösterilmektedir. Bir başka deyişle Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından önerilen mekanizma sonucu oluşan, kararsız bir yapıya sahip olan ve hemen kullanılmaması halinde tekrar demirin kararlı hali olan +3 oksidasyonlu haline dönecek olan bu ürün ortamdaki bakteri ve mantarlar tarafından kullanılmaktadır. İşte bu nedenledir ki yağmur suyunda bol miktarda bulunan ve basit mikroorganizmalarca üretilen amino asitler ölçülebilmektedir Mace et al.,(2003). Bir başka deyişle Sahra çöl tozu ile yüklü bulutlar atmosferik taşınım sürecinde yeterli güneş enerjisi olması halinde organik açıdan zenginleşebilmekte ve yağmur olarak yere indiğinde içeriğinde sadece su veya sahradan kaynaklanan maddelerin de ötesinde zenginlik taşıyabilmektedir.

İngiltere’de yapılan ve yukarıda bahsedilen Great Dunn Fell deneyinde de Atlantik’ten gelen ve endüstriyel kirlilikten etkililenmediği saptanan bulutların içerisinde sülfat MSA ve kalsiyum karbonat bulunmuştur (Gieray et al.,1997). Atmosferde bu parçacıkların sadece endüstriyel kirlilikten geldiğini varsayan araştırmacılar bu parçacıkların varlığını yine de endüstriyel kirlilikle açıklamışlardır. Halbuki, bulutların içerisinde var olan bakteri ve mantarların kil minerallerinin bulut içerisinde yeni biyolojik oluşumları da destekleyebilecekleri Kapur et al.,(1999) tarafından ileri sürülmüş ve elde edilen bulgular da bu varsayımları desteklemektedir. Bir başka deyişle yerkabuğunda nereden geldiği belli olmayan pedojenik karbonat formasyonlarının atmosfer kaynaklı olabileceği olgusu ve bunun nedeninin de çöl kökenli toprakların bulut içerisindeki reaksiyonları sonucu olabileceği varsayımının arkasında artık belirgin bilimsel destekleri bulmak mümkün olmaktadır. Mace et al.,(2003) tarafından yapılan ve Sahra kökenli tozların içerisinde basit mikroorganizmaların varlığı ve bu yağmurların basit mikroorganizmaların içeriğinde bulunan basit aminoasitleri içerdiği ile de kanıtlanmış olmaktadır. Dolayısı ile bu mikroorganizmaların kalsiyum karbonatlı kabuklar oluşturması için gerekli olan reaksiyonu bulut içerisinde gerçekleştirmeleri ve Great Dunn Fell deneyinde bulut içerisinde nereden geldiği belli olmayan oluşumlara neden olması doğal kaşınabilir.

Özetle, çöl tozlarının bulut içerisinde 1.1 ve 1.2 deki reaksiyonlar sonucunda bakteriyolojik yaşamı destekleyici tüm unsurları üretebileceklerini ileri sürmek olasıdır. Bir başka deyişle yararsız olarak adlandırılan çöl tozlarının bulut içerisindeki su ile teması sonrasında buluta yepyeni bir anlam katabilecekleri öne sürülebilir.

#### **1.4 Yeni yaklaşım**

Tüm bu veriler çöl kökenli tozların bundan böyle daha başka boyutlarda değerlendirilmesi gereğini ortaya koyan somut veriler olmaktadır. Dolayısı ile bundan sonra yapılacak çalışmaların tozları sadece bir yerden bir yere taşınan kil mineralleri, bakteri ve mantarlar olarak değerlendirmenin ötesinde bu kil minerallerinin ve organik içeriklerinin bulut içerisinde geçirdikleri adımlar çok daha önemli olmaktadır.

Örneğin Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından öne sürülen yaklaşımda belirtilen ve kil mineralinin yapısındaki demirin kilin kristal yapısı içerisinde alınıp güneş enerjisi ile indirgenmiş demir haline getirilmesinde bahsedilen ara basamaklar ile Kraemer (2004) de demir hidroksitlerdeki demirin kullanılabilir demire indirgenmesinde kullanılan yöntemlerin benzerliği hayli dikkat çekicidir. Bu nedenele ileride yapılacak olan çalışmalarda sidereforların demiri indirgemesinde kullanıldığı varsayılan kompleks reaksiyon mekanizmalarına ışık şiddetinin etkisinin incelenmesinin yanı sıra bakteri ve mantarın su ile teması sonucunda ortama okzalat çıkarması ile başlayan mekanizmanın da okzalatın yanı sıra oluşabilecek sidereforlar aracılığı ile mi oluştuğu da araştırılmalıdır.

Çöl kökenli tozlara yönelik olarak yapılan araştırmalar ve buna bağlı yayınların neredeyse tamamı tozun kaynağında değil de örnekleme yapılan yere göre yapılagelmiştir. Örneğin Sahra tozunun Barbados'a taşınımı izlenmiş örnekleme yapılmış gelişen teknoloji ile önceleri tüm atmosferik parçacıkların tutulabildiği filtre düzenekleri kullanılırken daha sonra toz taşınımında kirliliğin küçük parçacıklarda yoğunlaştığının anlaşılması üzerine öncelikle PM10 olarak adlandırılan ve 10 mikrondan daha küçük parçacıkların örneklendiği filtrasyon sistemlerine geçilmiştir. Gelişen analiz teknikleri 10 mikron büyüklüğün altında daha da detaylı ayrıştırma yapılması gerektiğini ortaya çıkarmış ve son senelerde atmosferik örnekleme teknikleri 2.5 mikron ve altı büyüklükleri örneklemeye başlamıştır. Günümüzde tartışılan konu ise bu sınırlamanın da yapay olduğu, asıl örneklemenin 1 mikron ve altında olması gerektiği şeklinde olmaktadır. Bu sınırlamaların olmasının doğal olduğu çünkü, örnekleme yapılan atmosfer fraksiyonundaki parçacıkların boyutlarındaki küçülme ile yüzey alanı arasında doğrusal bir bağlantı vardır. Ancak yine de yapılan örnekleme atmsferdeki toz parçacıkları her ne boyutta olursa olsun kaynakla ölçüm yeri arasındaki taşınım sürecinde çeşitli atmosferik etkilere maruz kalmaktadır. Geçmişte bunun önemi bilimsel olarak ortaya konmamıştı ancak yapılan yayınlar ve bu süreçte nelerin olduğunu dikkate almayan çalışmalar

atmosferik taşınım sürecinde toz ve beraberinde taşınan materyalin geçirdiği süreçleri hep göz ardı etmişler veya elde edilen sonuçlar bilinenler ile açıklanamaz olmuştur.

Bunun en çarpıcı örneği atmosferde en fazla bulunduğu bilinen okzalattır. Çöl kökenli tozların içerdiği demirin indirgenmesinde en önemli ara basamaklardan olduğu Saydam and Şenvuya(2002) tarafından saptanmış olan ve çöl kökenli topraklarda bulunan bakteri ve mantarların ıslanması sonucu hücre içerisinde üretilip dışarı çıkarılan maddenin okzalat olduğu gösterilmiştir. Demir oksitlerin indirgenmesi ile yayınlar veya atmosferde bulunan oksitleyici maddelerin sıralanmasında okzalat en bol bulunan bileşik, kaynağı olarak ta endüstriyel faaliyetler neden gösterilmektedir. Halbuki bakteri ve mantarlar da atmosfer içerisinde varlığı bilinen bir olgudur ve okzalat bakteri ve mantarlar tarafından üretilmektedir. Öyle ki günümüzde *Aspergillus niger* türü mantarlar endüstriyel boyutta okzalik asit üretiminde kullanılmaktadır.

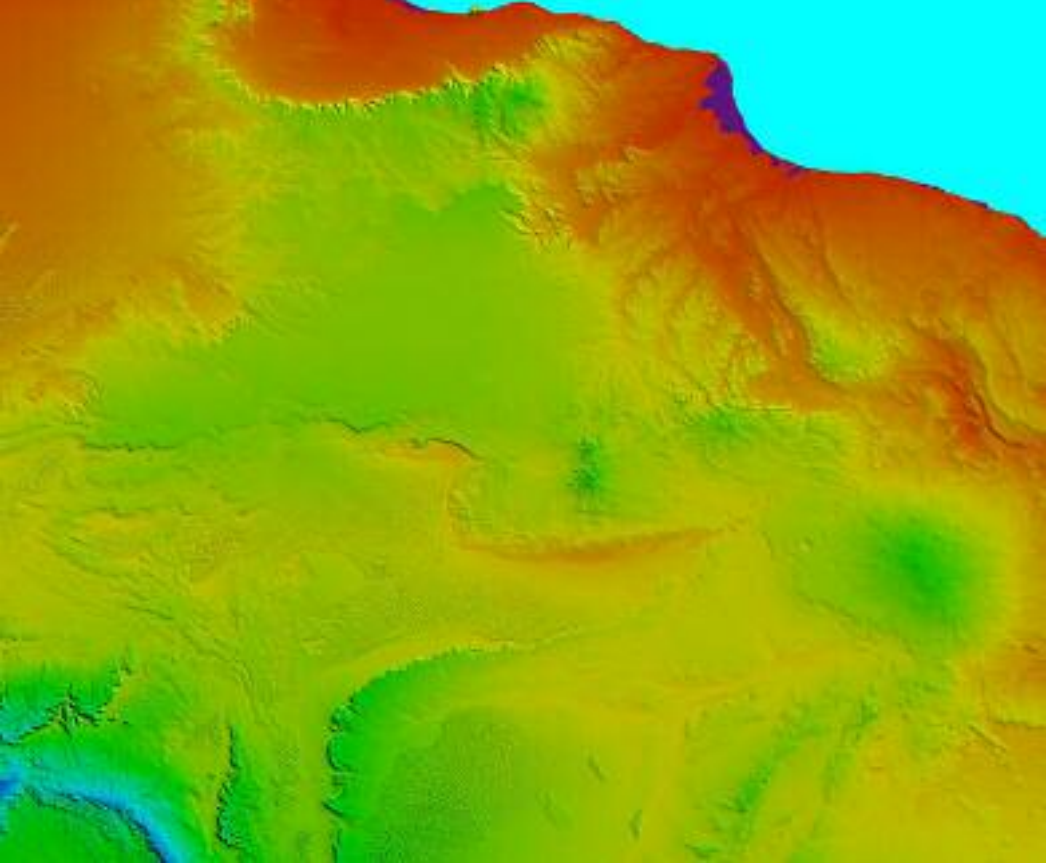
Yapılan araştırmalar okzalatın bulut içerisinde daha fazla ölçüldüğünü de ayrıca ortaya koymaktadır (Xiaohong et al., 2002). Bu aşamada tozun atmosferik taşınım sürecinde büyük değişikliklere uğradığı ve bulut içerisinde su ile teması sonrasında okzalatın üretilebileceği ve güneş enerjisinin de yardımı ile Fe(III)'ün Fe(II) haline dönüşebileceği gösterilmiştir. Bu nedenlerden dolayı atmosferik taşınım süreci sonucunda her türlü örnekleme cihazı ile toplanan örnekler sadece o ortama gelen tozların o döneme ait özelliğini ortaya koyabilir. Toplanan bu tozların kaynaktaki tozların içeriğini yansıtmaması beklenemez. Bir başka deyişle Saydam(2005,kişisel görüşme) tarafından ortaya atılan ve "Bulutlu Tozlamak" olarak adlandırılan olayın da belirli bir yerde toplanan tozlarla değil kaynaktan alınan tozun bulut içerisinde direkt olarak saçılması ile gerçekleşebileceği anlaşılmaktadır. Tüm bu veriler bizi bundan sonra çöl tozları ile yapılacak olan çalışmalarda örneklerin yerinden toplanması gerekliliğini göstermektedir.

Baudet et al.,(1990) ve Bertrand (1973) tarafından Fildişi Sahili'nde yapılan çalışmalarda bulut içerisinde yoğunlaşma çekirdeği olarak okzalatın yer aldığı ve bunun bulut içerisinde gerçekleşen bir dizi reaksiyon sonucunda ve kalsiyum okzalat

olarak gerekleŖtiđi ve bunun da bulut içerisindeki sıcaklıđın -7 dereceye dūŖmesi ile birlikte aktif bir bulut oluŖturma çekirdeđi olacađı gōsterilmiŖtir. Bu araŖtırmacılar Saydam(kiŖisel gōrūŖme,2005) tarafından ōne sūrūlen ve ōl tozu ile bulut tohumlamanın arkasında yatan gerçeđi ortaya koymuŖlardır ancak yanılıđları okzalatin kaynađı olarak sadece o bōlgede yaygın olan çalı yangınlarını gōstermek olmuŖtur.

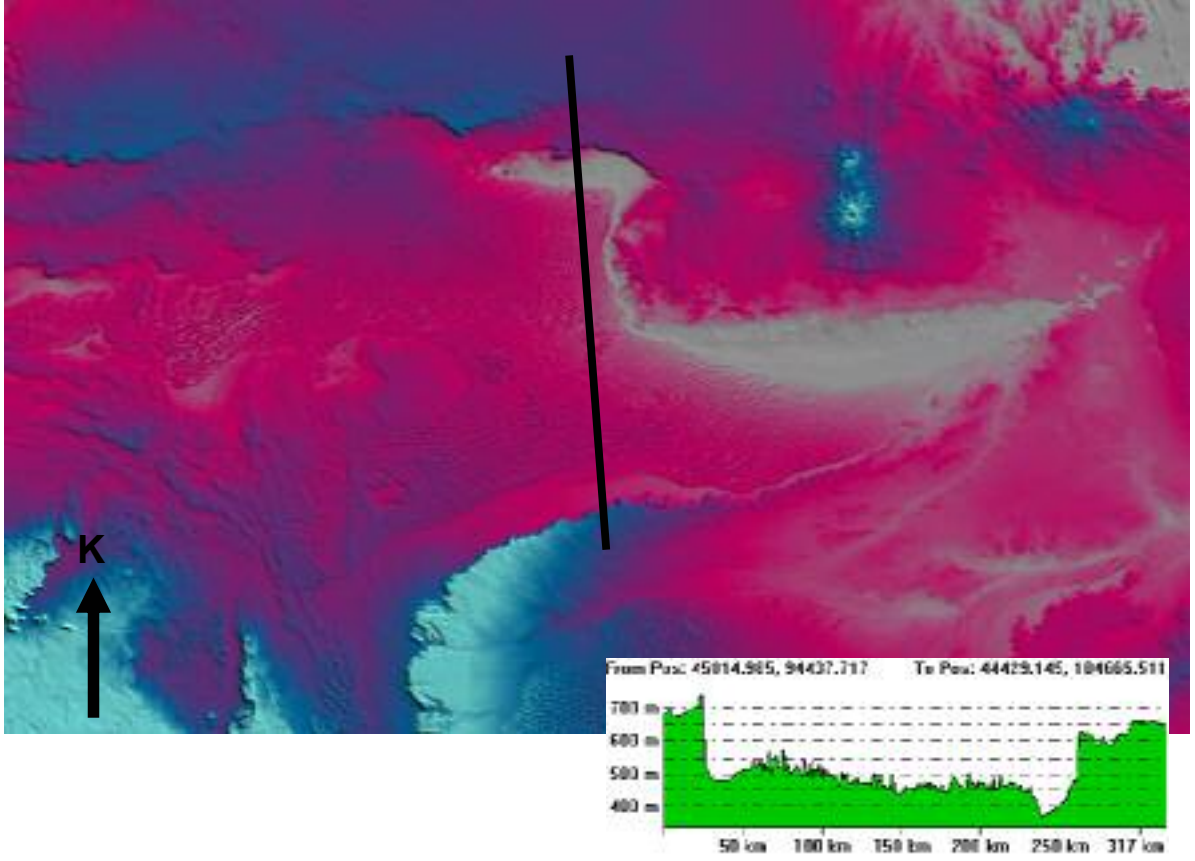
### **1.5. ōl alanlarının Sayısal Yūkseklilik Haritaları ile deđerlendirilmesi**

ōlde yapılması gereken alıŖmaların da ayrıca ele alınması ve mevcut teknolojiler kullanılarak nerelerin toz kaynađı olarak izlendiđi uydu verilerinden tesbit edilmeli ve bu alanların yapısal ōzellikleri ōncelikle ele alınmalıdır. Uydu verileri toz ūretme kapasitesine sahip alanları net bir Ŗekilde ortaya koymaktadır. Yine internet aracılıđı ile yerkūrenin 90 metre ōzūnūrlükteki sayısal haritalarının da elde edilmesi mūmkūn olabilmektedir. Dolayısı ile hem gōrūntū hem de sayısal haritalar birleŖtirilerek ōl alanlarının gūnūmūze nasıl toz ūrettikleri sayısal yūkseklilik haritaları aracılıđı ile de yakın jeolojik gemiŖte gōl alanı olup olmadıkları ve eđer eski bir gōl alanı ise burayı besleyen muhtemel nehirleri gōrsel hale getirebilmek mūmkūn olabilmektedir.



Şekil 1.1. Libyadaki çalışma alanınının 90 metre hassasiyetli sayısal yükseklik haritasındaki (Digital Elevation Map,DEM) görünümü. Bu görüntüde mavi, en yüksek bölgeyi; yeşil daha alçak bölgeyi; kırmızı ise deniz seviyesinden hemen sonraki yüksekliği göstermektedir.

90 metre hassasiyetli sayısal yükseklik haritasından (DEM) çalışma alanı ve yakın çevresine ait yükseklik bulguları Şekil 1.1. de gösterildiği gibidir. Burada kırmızı alanlar deniz seviyesine yakın alanları yeşiller daha yüksek, resmin sağ alt ucunda yer alan mavi bölge ise yöredeki en yüksek yer olmaktadır. Global Mapper adlı program aracılığı ile İnternette ücretsiz indirilen bulgular ile çok çeşitli işler yapılabilmektedir. Örneğin çölde veya başka bir yerde kurulacak bir mobil telefon yer istasyonu için en ideal bakı haritaları sayısal haritalar kullanılarak yapılmaktadır.



Şekil 1.2. Sayısal yükseklik hartiası kullanılarak çalışma bölgesinin hemen güneyinde yer alan çöl alanındaki siyah hat boyunca yükseklik değişiminin hesaplanması.

Sayısal yükseklik verileri kullanılarak geçmişte olası göl alanları, ve nehir yataklarının bölgeye gidilmeden izlenebilmesi ve en ideal örnekleme alanlarının tesbiti mümkün olmaktadır. Örneğin Şekil 1.2. de gösterilen hat boyunca kuzeye çıkılırken geçilecek yükseklikleri tesbit etmek ve eğer isteniyor ise bölgedeki en düşük kodlu alan olan ve yüksekliği 380 metre civarında olan bölgeden örnekleme yapmak ve geçmiş jeolojik zaman dilimleri içerisinde Sahranın yağışlı bir iklime sahip olduğu dönemlerde doğudan gelmesi muhtemel bir nehir yatağından örnek alma ihtimali yüksektir.

## 1.6. Çöl tozları ile yapılan bazı uygulamalar

Yerkürenin geniş alanlarını kaplayan ölller günümüze kadar vasıfsız, işe yaramayan ve onu bulunduran ülkeler için ise neredeyse bir şansızlık olarak adlandırılmaktadır. Bu geniş çöl alanlarının altında petrol bulunduran ülkeler ekonomik refah içerisine girebilme şansını yakalarken, bu zenginlikten yararlanamayan ülkeler için bu geniş çöl alanları o da bazı şanslı ülkeler için hiç olmazsa senede bir defa yapılan araba yarışları için bir test alanı halinde idi, öyle ki bu yarışlar sürecinde dahi olabilen toz fırtınaları yarışı da engelleyen kötü bir şansızlık olarak değerlendirilmekte idi. Halbuki fırtınalar ile kaynaktan kalkarak her iki yarı kürede de daha ılıman enlemlere taşınan tozların bulut ile temas etmesi ve yukarıda bahsi geçen reaksiyonlar zincirini başlatması ile Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen iklim teorisinin ilk basamağı gerçekleşmekte idi.

Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yürütülen çalışmalar bu tezin gerçekleştiği süreç içerisinde de devam etmiş ve elde edilen sonuçlar ve yapılan yayınlar konunun daha geniş boyutlarda da ele alınması gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu tezin başlamasından bu yana bitirilen tezlerden birincisi Yücekutlu, (2004) tarafından gerçekleştirilmiş ve Sahra öl tozu çözültüsü ile büyütülen buğday bitkisindeki büyümenin Hewitt besin özültüsünde büyütülen buğdaylar kadar olduğu gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Soldan sıra ile: Su; Hewitt besin çözeltisi; ışıklandırılmış Sahra tozu; ve ışıklandırılmamış Sahra tozu ile beslenen buğday bitkileri (Yücekutlu,2004)

Elde edilen bu sonuç Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından önerilen pek çok denemenin ilk bilimsel uygulama sonucudur. Bir başka deyişle ışıklandırılmış Sahra tozu gübre çözeltisi kadar etkili olmuştur. Bundan da öte elde edilen bazı sonuçların Hewitt besin çözeltisine eşdeğer ve belki de daha fazla olumlu sonuçlar verdiği de gözlenmiş ve Sahra çözeltisinde bulunduğu boyutlarda toksik etki yapması beklenen bazı bileşiklerin (sülfat gibi) de toksik etki yapmadığı gözlemlenmiştir.

Sanin et al.,(2005) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise Sahra tozu ile hazırlanan çözeltilerin beyaz çürükçüllerin üremesi üzerindeki etkisinin yapay besin ortamında büyütülenlerinkine benzer olduğu gösterilmiştir. Çalışma sonucunda araştırmacılar yapay besin ortamı yerine Sahra tozu ile hazırlanan çözeltinin kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Elde edilen bu sonuçların pratik alandaki etkileri çok büyüktür. Öncelikle Sahra çözültisi kullanılarak en azından besin çözültisi kullanılarak elde edilen büyümeye eşdeğer bir büyüme sağlamak günümüzde daha değerli olamaya başlayan “organik tarım”ın en tabii şeklide gerçekleştirilebileceği fikrini desteklemektedir. Ayrıca içerdiği bazı bileşiklerin toksik etki göstermesi gerekirken bitki büyümesinde hiçbir toksik etkinin izlenmemiş olması bazı varsayımlarımızın yanlışlığını da göstermiştir. Saydam (kişisel görüşme,2005) Sahra tozlarının taşınımının buzullardan alınan örneklerle kesin bir şekilde 400 000 sene öncesine kadar gösterildiğini, Atlantik Okyanusundan alınan örnekler yardımı ile de bu etkinin milyonlarca sene öncesine kadar olan tarihçesinin izlenebildiğini net bir şekilde ortaya koymuştur. Bu gerçekler ışığında Saydam (kişisel görüşme,2005) toz taşınımı ve bulut içerisindeki değişimin milyonlarca seneden bu yana süregeldiği ve tabiatta bulunan her canlının yer kürenin her neresinde olursa olsun o bölgeyi etkileyen oranlarda bu toz taşınımına alıştığını ve genetik olarak adapte olduğunu öne sürmekte ve örneğin bölgemizdeki bir buğday tohumunun ışınlanmış Sahra çözültisinden gelebilecek oranlardaki minerallere, elementlere şartlanmış olduğunu öne sürmektedir. Bilimin geliştiği son birkaç yüzyıldan bu yana yapılan ilerlemeler bitkilerin gereksinim duyduğu tüm besin maddelerini ortaya koymuş ancak bunların oranları hakkında sadece varsayımlar ile hareket edilmiştir. Yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar Sahra içerisindeki örneğin sülfat miktarının toksik seviyelerde olması gerekliliğini gösterirken uygulamada öyle bir bulguya rastlamanın ötesinde bitkinin büyüme parametrelerinde daha da iyileşme gözlenmiştir.

Burada doğal olan Sahra çözültisi ile buğdayın gösterdiği büyüme davranışı, yapay olan ise örneğin Hewitt besin çözültisi ile beslenen bitkide yapay olarak beklenen büyüme parametreleridir. Bölümümüzde yürütülen çalışmalar doğal oranlara göre yeniden düzenlenecek olan Hewitt besin çözültisi oranları bitki yetiştirmek ve belki de bu oranları yapay olarak arttırarak bitkinin daha fazla büyümesine olanak tanımak üzerinde yoğunlaşmaktadır (Ezzati, kişisel görüşme2006).

Yine bu süreçte tamamlanmış olan bir çalışmada ise yerkürenin başka yerlerinden getirilen ve atmosfere toz pompalama özelliğine sahip toprak örneklerinin bulut içerisindeki davranışları izlendiğinde çok daha başka etkilerin izlenebileceği gözlemlenmiştir. Örneğin Afgan İran sınırında kalan ve Arap Denizine olağanüstü oranlarda toz katabilen bölgeden alınan örneklerde yüksek oranlarda nitrat ve nitrite rastlanmıştır. Tozların etkisinde kalan deniz alanlarında belirli süre sonra olağan üstü alg patlamaları izlenmiştir (Göral, 2004).

Doğal şartlarda birleşmeleri çok nadir belki de imkansız olan bu tozların birleştirilmesi ile belki de beklentilerin ötesinde biyolojik gelişmelerin izlenmesi hayal olmak çizgisinden de yakındır.

Doğa, sınırlı da olsa gizemlerini ortaya koymakta ancak bizler çoğu zaman bunları göz ardı edebilmekteyiz. Örneğin Sahra çölünde bulunan ve Vaha olarak adlandırılan ağaçlı alanların hepsi nadir su kaynaklarının etrafında kümelenmiştir. Yani çöl toprağı bir şekilde su ile temas ederse beklenen gelişmeleri doğal olarak göstermektedir. Burada göz ardı edilen olgu suyun olduğu yerde hayat beklemenin getirdiği doğallık kaspamında erimiş bulunmaktadır, halbuki bu olaya detaylı bir şekilde bakılsa belki de doğanın bu gizemi çok daha uzun seneler önce bulunabilecekti.

Sahra çölünde bulunan tarihi kalıntılara bakıldığında bu acımasız toprakların belirli bir zaman önce göller nehirler ve ormanlarla kaplı olduğu görülmektedir. Bu çelişki zamanımızda öne sürülen çeşitli iklim teorileri ile açıklanmakta ise de Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen yaklaşıma tam uygun bir davranış şekli olmaktadır. Günümüzün acımasız çöl alanlarının bir zamanlar göllerle kaplanmış olması kabullenilemez bir olgu olsa da Saydam (kişisel görüşme,2005) öne sürdüğü iklim teorisinin temellerini bu göl alanlarında biriken bakteri mantarlar ve kil minerallerine bağlamaktadır.

## 1.7. Geçmişteki iklim değişim süreçleri

Atmosferik tozların güneş ışığını veya yerkürenin yansıttığı radyasyonu Mie Şaçınımı esasına göre yansıtmaları nedeni ile radyasyon bütçesini ve dolayısı ile iklimlerle ilişkisi olduğu bilinmektedir Miller ve Tegen, 1998, Penner et al.,2001. Mineral tozlarının atmosferde bulut oluşturma çekirdeği olarak da davranış gösterebildikleri ve dolayısı ile bulut özelliklerini değiştirmeleri nedeni ile de iklimsel etkileri olabileceği Rosenfeld et al., (2001) ve Mahowald ve Kiehl (2003) tarafından öne sürülmüştür.

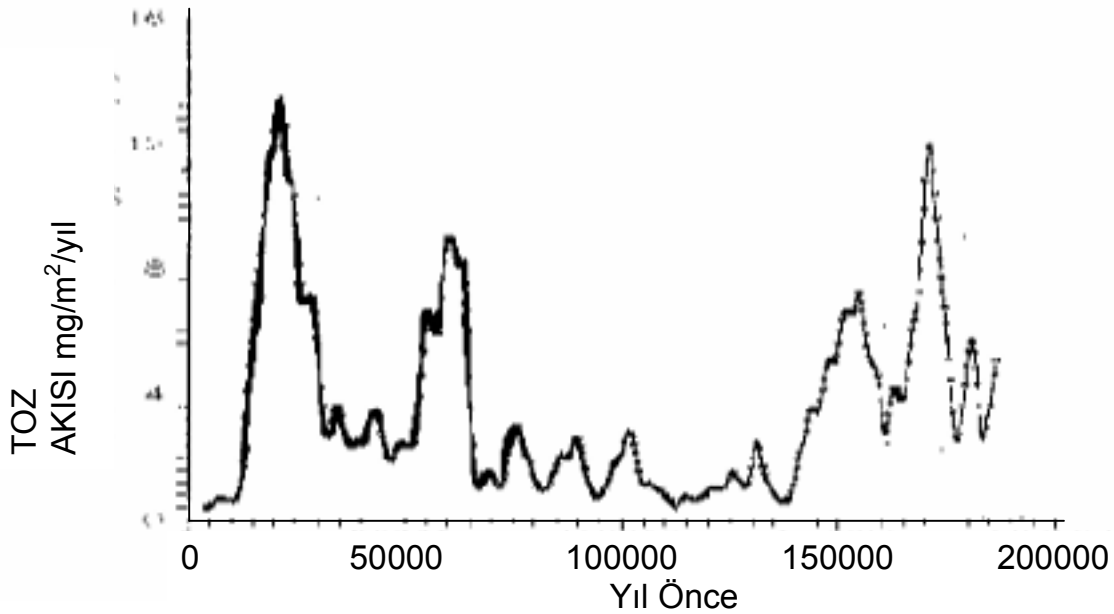
Mineral aerosollerin içerdikleri demir ve diğer besin elementlerinin okyanus biyokimyasını değiştirebileceği ve oluşumuna neden olacağı alg patlamaları sayesinde okyanusların karbondioksit çökme alanları olarak davranmalarına neden olabileceği, ayrıca tropik ormanlara gübre etkisi yapabileceği de Chadwick,et al., (1999), Swap,et al.,(1992) ce Okin,et al., (2004) tarafından öne sürülmüştür. Mineral aerosollerin biyojeokimyasal etkileri nedeni ile geçmişte yaşanan iklim değişikliği dönemlerinde izlenen 80 ppm lik bir karbon dioksit oynamasına neden olabileceği de Martin et al, (1994) ve Watson, et al., (2000) tarafından öne sürülmüştür.

İklim senaryolarını öne sürerken izlenmesi gereken en anlamlı yaklaşım geçmişte olan iklim değişikliği sürecinde neler olduğunu anlamak ve buna göre en mantıklı yaklaşımı ortaya sürebilmektir. Geçmişte olan iklim değişiklikleri hakkında en gerçekçi bilgilere buzullardan alınan karot örnekleri aracılığı ile ulaşılabilir. Bunun nedeni karın depolanması sürecinde olduğu andaki atmosferin izlerini de beraberinde depolayabilme özelliğine bağlanmaktadır. Zamanla yeni kar yağışı eski karın sıkışmasına ve buz tabakasının oluşmasına yol açmaktadır. Buzullardan alınan örneklerin çeşitli parametreleri incelenerek buzulun yaşı, depolandığı andaki ortam sıcaklığı, askı katı madde içeriği hakkında bilgi edinilebilmektedir. Bu parametrelerin analizi ile atmosferik toz ile sıcaklık arasında ters bir bağlantı olduğu ve bu dönemde atmosferde denizdeki alg patlamalarından geldiği bilinen MSA ve bunun oksidasyonu sonucunda oluşan sülfatın çıktığı bilinmektedir (Legrand et al., 1991).

Jeolojik geçmişte olan iklim değişikliklerinin en güzel kalıntıları buzulların yerkürede bozulmadan saklanabildiği yerlerden Grönland ve Antarktika'dan alınan buzul örneklerinde görülmektedir. Daha önce kutuplarda yapılan araştırma sonuçlarına sadece yayınlar ve belirli ölçüde de raporlar aracılığı ile ulaşılabilirken günümüzde bu bulgulara Internet yolu ile de ulaşılabilmekte ve bilgi bankasındaki parametreler kişisel isteğe göre yeniden çizilebilmektedir.

“(http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/icecore/current.html)” adresi bu bulgulara ulaşılacak ve istenilen kişisel değişikliklerin yapıp grafiksel çıktı alınabileceği bir sitedir.

Bu adreslerden temin edilen bulgularla Saydam (2005, kişisel görüşme) tarafından yeniden yapılandırılan grafiklere (Şekil 1.4) göre kutupların geçmişte zamanımıza göre çok daha fazla tozlu zaman dilimleri geçirdiği anlaşılmaktadır (Jouzel et al., 1987).

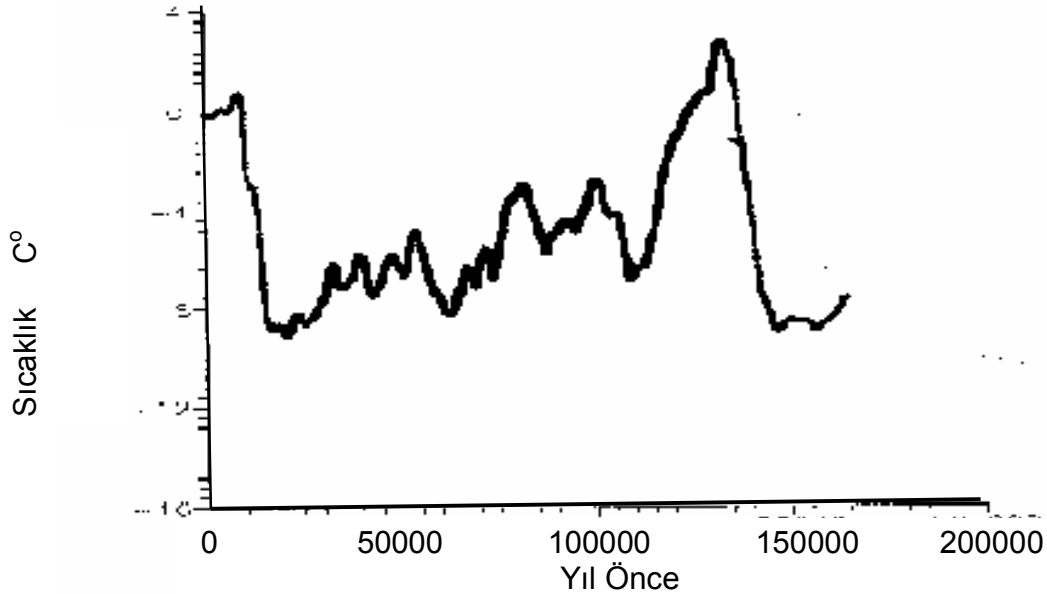


Şekil 1.4. Grönland GISP2 buz karotu toz akısı bulgusu.

[http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/vostok/vostok\\_dust.html](http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/vostok/vostok_dust.html)

Jouzel et al, (1987)

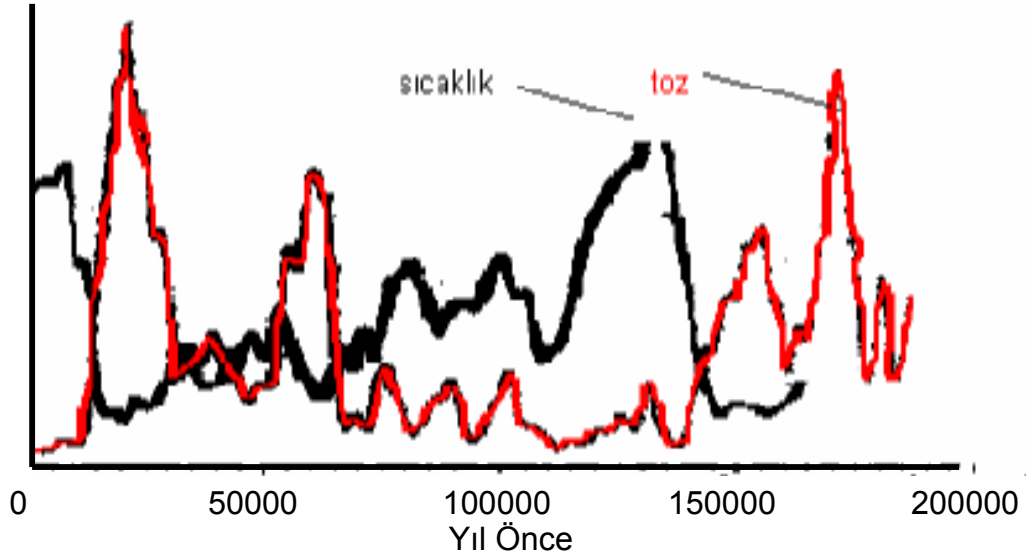
Şekil 1.4 zaman zaman sahra tozunun sadece yerel olabileceği veya yakın çevrelere taşınabileceği hakkında ileri sürülen tartışmaların da gerçeklerle bağdaşmadığını göstermektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere tozun atmosferik taşınımı son 200 000 seneden bu yana var olan ve kimi zaman olağan üstü artan ve kutuplarda dahi derin izler bırakan bir tabiat olayıdır. Burada dikkat edilmesi gereken husus ölçümü yapılan bu tozların veya burada gösterileceği gibi toz akısı olarak verilen olayın kaynağının kutuplardan çok daha uzak ekvatora yakın yerlerde yer alan çöl alanları olduğudur.



Şekil 1.5. . Grönland GISP2 buz karotu sıcaklık değişimi. A.C.Saydam tarafından çizilmiştir Saydam (2005, kişisel görüşme) kaynak:  
“<http://hurricane.ncdc.noaa.gov/pls/paleo/ftpsearch.general>”

Yine aynı buzul örneklerindeki sıcaklık değişimine Şekil 1.5'te bakıldığında yerkürenin geçmişte günümüze göreceli olarak daha sıcak ve daha soğuk zaman dilimleri geçirdiği görülebilir. Bir başka deyişle yerküre geçmişte de endüstriyel kirlenmenin

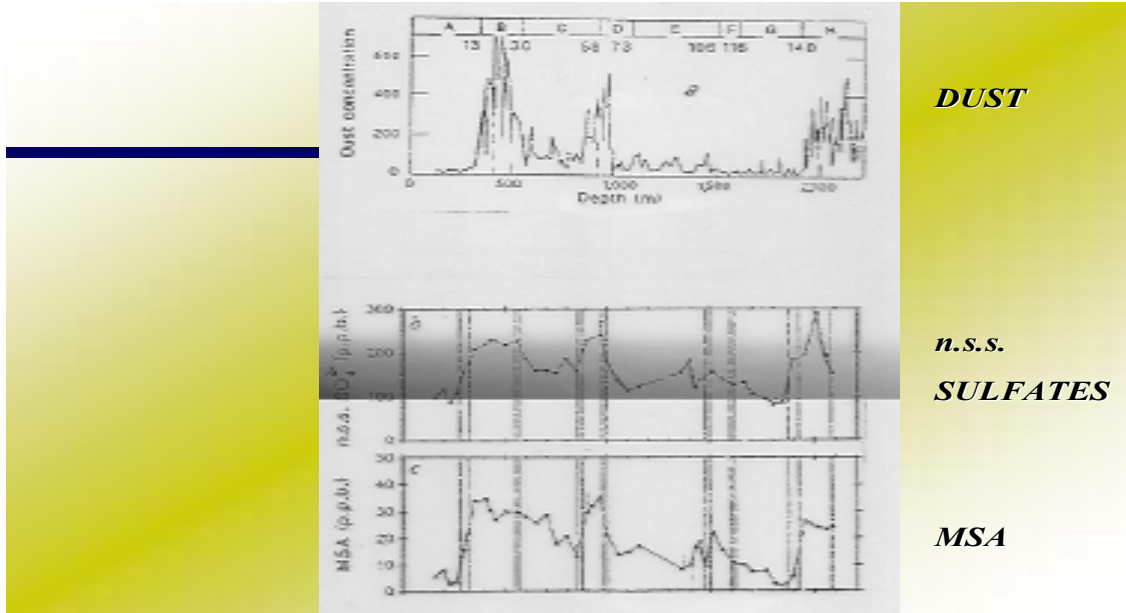
veya sera gazlarının endüstri kaynaklı olmadığı dönemlerde dahi günümüze göre daha sıcak veya çok daha soğuk zaman dilimleri geçirmiştir.



Şekil 1.6. GISP2 buzulunda aynı zaman dilimleri içerisinde izlenen sıcaklık ve toz akısı değişimlerinin üst üste getirilmiş hali

Anı bölgeden alınan bu örneklerdeki toz ve sıcaklık değişimlerini aynı grafik üzerinde birleştirince ortaya sıcaklıkla toz arasında enteresan bir bağlantı ortaya çıkmıştır. Buzul örneklerindeki toz miktarlarının arttığı dönemlerde yerkürenin ortalama sıcaklığı azalmış veya toz miktarları azaldıkça yerkürenin ortalama sıcaklığı artmıştır. Halbuki tozların çöllerden kaynaklandığı düşünülür ise tam ters bir ilişki beklemek doğal olur. Bir başka deyişle günümüzdeki gibi ortalama sıcaklığın arttığı bir dönemde veya ileriye dönük tahminlerin yapıldığı ve ortalama sıcaklığın artması ile çöl alanlarının genişleyeceği, yağışların azalacağı ve dolayısı ile kutuplara kadar ulaşabilecek atmosferik tozların artmasını beklemek doğaldır. Halbuki geçmişten alınan izler bizi

tam ters bir olguya doğru yönlendirmektedir; ozların artmaya başlaası ile yerkabuğunun sıcaklığının azalması. Bu aşamada şu öneri yapılabilir. Tozların fazlalaşması atmosferde Rayleigh ve Mie yansıma faktörünü arttırabilir ve salt bu nedenle tozların fazlalaşması ile iklim değişikliği arasında bir bağ olduğu öne sürülebilir. Winckler et al.,(2004) küresel tozların 100 bin yıllık bir periyotta buzul çağını tetikleyip tetiklemediğini de sorgulamışlardır. Ancak aynı buzul örneklerinde yapılan diğer bazı kimyasal analizler buzul örneklerinde Şekil 1.7’de verildiği gibi tozun fazla olduğu dönemlerde deniz tuzundan arındırılmış sülfatın ve aynı örneklerde Metan Sülfonik Asit’in (MSA) de fazla olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 1.7. Güney kutbunda Vostok buzulundan alınan örneklerdeki, toz, nss Sülfat ve MSA değişimleri

Buzullardan alınan verilerin yeniden derlenmesi ile ortaya daha değişik bir atmosferik kompozisyon çıkmaktadır. Geçmişte yaşanan buzul dönemlerinde kutupların şimdiye göreceli olarak kat be kat tozlu olduğu bir gerçektir. Aynı zaman dilimi içerisinde atmosferde tozun yanı sıra sülfat ve beraberinde MSA'nın da fazla olması bize iklim

değişiklikleri ile toz arasında bir ters bağlantı olduğunu ve bu iki parametrenin, sülfat ve MSA ile de bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Bundan 100 hatta 200 bin sene öncesinde sülfatın tek kaynağı volkanik aktiviteler olacağı için iklim değişiklikleri ile volkanik aktiviteler arasında bir bağlantı kurulabilir. Ancak bu dönemde sülfatın yanı sıra MSA'nın varlığı bize başka bir olayın daha aynı dönemde aktif olduğunu göstermektedir. MSA'nın kaynağı sadece denizlerden kaynaklanmakta ve oluşan bir tür algin üretiminden kaynaklanmaktadır. Bir başka deyişle denizlerde DMSP olarak üretilen bir kimyasal atmosferde önce DMS'e daha sonra MSA'ya ve daha sonra da sülfata oksitlenmekte ve sülfat parçacığını üreterek sonlanmaktadır.

Deniz ortamında *Phaeocystis pouchetii* ve *Emiliana huxleyi* adlı alglerin su için DMS, dip çamuru için ise kalsiyum karbonat üreticisi oldukları bilinmektedir ve özellikle kuzey enlemlerinde yaz aylarında bunların çok geniş alanlarda patlama yaptıkları bilinmektedir (Brown and Yoder, 1994).

Atmosferde daha fazla toz olması kaynak bölgelerde daha fazla kuraklık olması anlamına gelmektedir. Yani çöllerdeki toz kaynaklarının daha aktif olduğu bir dönem. Peki o zaman tozun artışı ile sıcaklık arasındaki ters ilişki nasıl izah edilebilecek? Bir başka deyişle atmosferdeki tozun artışı için kaynak olan bölgede sıcaklık artışı olmalı, alıcı bölgede ise sıcaklıklar önemli ölçekte azalmalı ki buzul çağı başlayabilsin. Yani aynı anda yer kürede ekvatora yakın bölgeler daha sıcak iken kutuplar daha soğuk olmalı şeklinde pek de mantıklı olmayan bir yaklaşım akla gelmektedir. Yerkürenin ayrı bölgelerinden alınan örneklerin aynı dönemlerde bıraktıkları izler incelendiğinde Saydam (kişisel görüşme, 2005) tarafından öne sürülen iklim değişikliği senaryosunu destekleyici bir yaklaşımı izlemem mümkün olmaktadır.

Yerkürede Venezuela önlerinde bulunan Cariaco çukurundan, Kuzey Denizi'nden ve Grönland Adası buzullarından alınan karot örnekleri incelendiğinde yerkürenin aynı jeolojik zaman dilimi içerisindeki davranışlarının farklı izler bıraktığı anlaşılmaktadır.

Buna göre, yerküre Grönland buzul örneğine göre Younger Drayas olarak adlandırılan buzul çağını yaşarken; Kuzey denizi dip çamurlarında biriken çökeller yüzey suyunda 6-7 derecelik soğumanın olduğunu belirtmektedir.

Cariaco basenindeki dip çamurların renk tonu griden, açık griye doğru sapmıştır. Bunun anlamı dip çamurlarında biriken beyaz çökellerin artması anlamını taşımakta, bu da sadece ve sadece karbonatlı çökellerin artması ile gerçekleşebilmektedir. Beklentimiz ise buzul çağında yerkürenin tamamında bir soğuma şeklindedir.

Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen iklim teorisine göre; yerkürenin ortalama sıcaklığının artması sonucunda çöl bölgelerinden normal atmosferik koşullar altında kalkan tozların daha da artması ve her iki yarıkürede de kuzeye ve güneye daha fazla taşınmasına yol açmaktadır. Toz, bulut ve yeterli güneş enerjisinin buluşması ile oluşan kullanılabilir demir içeren yağışlar daha fazla deniz yüzeyine inmekte ve burada *Emilianai huxleyi* oluşumuna yol açmaktadır. Alg patlamaları sonucunda atmosfere daha fazla DMS çıkmakta ve aynı zamanda oluşumun derinliklerine daha fazla kalsiyum karbonat içeren kabuk depolanmakta ve deniz dip çamurlarının rengi değişmektedir. Oluşan DMS atmosferik taşınım ile daha da kuzeye veya güneye gitmekte ve bu süreçte MSA ara basamağından sonra sülfat parçacığı ile sonlanmaktadır. Sülfat parçacığı ise bilinen en iyi bulut oluşturma çekirdeği olduğundan bulut oluşumuna yol açmakta ve güneş ışığını ve dolayısı ile enerjisinin daha fazla uzaya yansımaya neden olmaktadır.

Bulutların yoğunlaştığı bölgelerde yeryüzü daha da soğumakta ve kutuplarda buzullar ilerlerken deniz yüzeyinde ise daha fazla soğumalar olmakta ve dolayısı ile farklı sıcaklıklarda yaşam sürdüren deniz canlıları oluşmakta ve dip çamurlarında bıraktıkları izler değişim göstermektedir.

İşte bu nedenle Venezuela önlerindeki Cariaco baseni dip çamurları yüzeydeki sularda kalsiyum karbonatlı alglerin üremesi nedeni ile açık renge doğru renk

değiştirirken Kuzey Denizi dip çamurları daha soğukta yaşayabilen canlıların izlerini taşımakta, Grönland ise Younger Drayas buzul dönemini yaşamaktadır. Bir başka deyişle ekvator atmosfere daha fazla toz atarken, yani daha sıcakken, kutuplar buzul çağını yaşamaktadır.

Brown ve Yoder (1994) tarafından yapılan ve CZCS (Coastal Zone Color Scanner) uydu verilerinin 1979-85 arasında topladığı verileri derleyen yayınlarında *E.huxleyi* patlamalarının kuzey enlemlerde olduğunu göstermişlerdir. Brown ve Yoder,( 1994). Younger Dryas döneminde ise *E.huxleyi* depolanmasının Venezuelalla önlerinde olması da Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen iklim teorisi ile tam anlamı ile çakışmaktadır. Buzul çağının yaşandığı bir dönemde yağmur kuşağının ekvatora doğru ilerlemesi doğal olarak toz, bulut ve ekvatorda her zaman yeterli olan güneş enerjisinin birleşmesine olanak vermekte ve böylece *E. hux* oluşumları günümüzde Brown and Yoder (1994) tarafından gösterildiği şekilde değil de daha güneyde oluşabilmektedir. Yağmur kuşağının en güney sınıra ulaşması beklenen bu dönemde ekvatora yakın bölgelerde hala *E. huxleyi* patlamalarının olması çöllerden halen toz kalktığına delili de olmaktadır. Ilıman denizlerde oluşan *E.huxleyi* ve sonrasında atmosfere çıkan DMS, MSA ve en sonunda sülfat parçacığına dönüşme aşamasında muhtemelen daha kuzeye Meksika Körfezine ve Kuzey Atlantik Okyanusuna doğru taşınmaktadır. Böylece kuzey enlemlerde buzul çağının yaşandığı dönemlerde, Kuzey Denizi'ne güneyden taşınan sülfat miktarı artmakta ve daha yoğun bulutlar oluşmakta ve örneğin Kuzey Denizi soğumakta ve tabii olarak kutup bölgesindeki buzullar daha da ilerlemektedir.

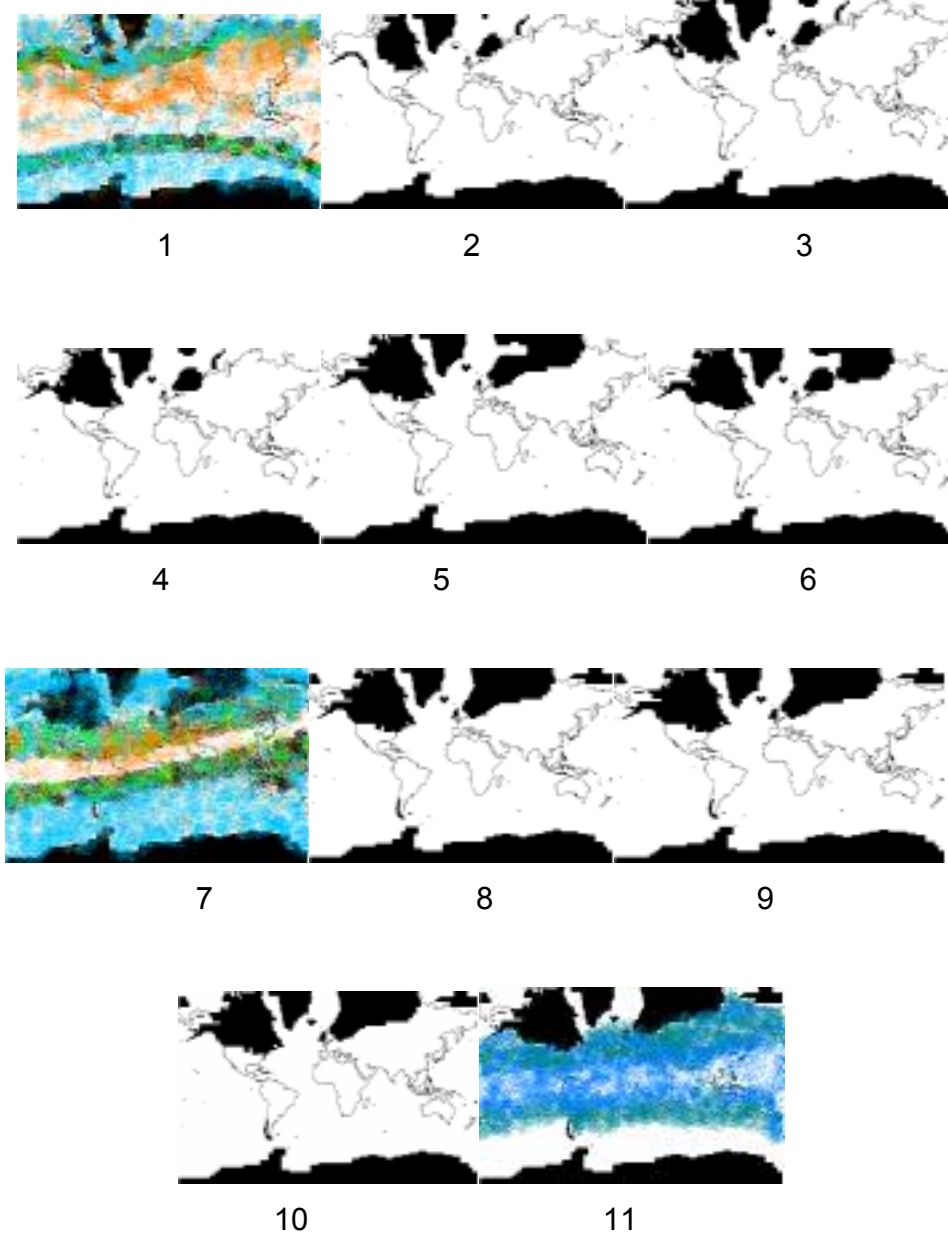
Buzul çağının başlaması aşamasını böyle açıklamak mümkün olabilmektedir. Bilim dünyasının iklimlerle uğraşı veren dalındaki kişiler öne sürdükleri her türlü teorinin bütünü tamamlaması ve buzul çağının başlamasına belirli bir yaklaşım getirirken neden buzulların tüm yerküreyi sarmadığını ve buzul çağını sonlandıran olayların da ne olabileceği açıklaması gerekmektedir. Geçmişte yaşanan buzul çağı dönemlerinde buzulların kapladığı alanların canlandırılması Şekil 2.14'de verilmiştir.

Buzul döneminin başlangıcında kutuplarda bugüne göreceli olarak çok daha fazla toz olduğu biliniyordu (Şekil 1.7).

Şekil 1.8.1 de gösterildiği ve günümüzdeki buzul sınırlarını temsil ettiği varsayılan bulguya göre halen toz üreten bölgeler ekvator kuşağının biraz güney ve kuzeyi olarak algılanabilir. Toz, bulut ve güneş enerjisi birleşip daha fazla *E.huxleyi* oluşturup kuzey ve güney yarı kürede atmosferdeki MSA ve sonucunda sülfat arttıkça atmosferdeki bulutluluk oranı daha fazla artacak ve artan Albedo sayesinde güneş enerjisi daha fazla yansıtılıp yerkürenin kutuplarda soğuması ama aynı anda ekvatora yakın yerlerde toz üreten bölgelerin de halen aktif olduğu bir döneme girmesi sağlanacaktır.

Buzulların sınırları her iki yarı kürede ve de özellikle kuzey yarı kürede ekvatora doğru ilerledikçe doğal olarak yağmur kuşağının sınırlarının da ekvatora doğru ilerlemesine neden olacaklardır. İşte bu dönemde öncelikle kuzey ve güney enlemlerden başlamak kaydı ile yerküre daha yeşil daha sulak alanlarla kaplanacak, ilerleyen buzulların önünde de hem atmosferik hem de erezyon sonucunda biriken toprak kümeleri yani (loesses) Lös'ler oluşacaktır.

Buzulların ilerlemesinin en tepe noktasında ise doğal olarak yağmur kuşağı da her iki yarı kürede ekvatora en yakın sınıra ulaşmaktadır. Yani toz üreten alanların üzerinde etkili yağışlı bir dönem başlamaktadır (Şekil 1.8.7). Bu yaklaşım Sahranın buzul çağı dönemlerinde sulak, nehirler göllerle kaplı bir alan olması olgusu ile ve jeolojik geçmişinde pek çok defa bu dönemleri geçirmiş olması ile de desteklenmektedir. Buzul çağının sonunda çöl alanlarının tamamen sulak bölgelere dönüşmesi ile toz tamamen yok olmakta ve giderek azalan *E.huxleyi* oluşumu ve dolaysı ile azalan sülfat nedeni ile bulut yoğunluğu azalmakta ve güneş enerjisi yerküreye daha fazla ulaşabilmekte ve buzullar geri çekilmektedir Saydam (kişisel görüşme,2005)



Şekil 1.8. Buzulların jeolojik geçmişteki sınırlarını gösteren bu şekillerde (1-11) o dönemlerde etkili olduğu varsayılan yağmur kuşakları, seçilmiş görüntülerin üstüne işlenmiştir. Şekilde Toz (turuncu), Yağmur (Yeşil), Bulut (Mavi), Buzul (siyah) olarak gösterilmiştir.

(<http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/icecore.html>).

## 1.8. Saydam tarafından öne sürülen iklim teorisine yeni destekleyici unsurlar

Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen yaklaşıma göre buzullar genişleme dönemlerinde doğal olarak o dönemde mevcut yağmur kuşağını da ekvatora doğru itmektedir. Yağmur kuşağının doğal olarak ekvatora doğru kayması buzul çağıının sonlanmasını da beraberinde getirmektedir. Şöyle ki; yağmur kuşağı buzulların ilerlemesine bağlı olarak buzul çağıının en tepe noktasında ekvatora en yakın seviyeye gelmekte ve bu dönemde büyük bir olasılıkla yerküredeki çöl kaynaklarının üzerine bol ve sürekli yağış bırakmaktadır.

Bu nedenle yerkürede kullanılabilir demir oluşumuna neden olan yağışlar büyük oranda azalmakta ve denizlerdeki alg patlamasının sonlanması nedeni ile bulut oluşumu da otomatik olarak azalmaktadır. Bu olgu yerküreye ulaşan güneş enerjisinin artmasına ve buzulların zaman içerisinde erimesine neden olmaktadır.

Saydam (kişisel görüşme, 2005) tarafından öne sürülen bu senaryoya göre buzul çağı dönemleri sonrasında çöllerin yağış nedeni ile verimli alanlar olması gerekmektedir. YD dönemi sonrasında özellikle kuzey Sahra'nın göller nehirler ormanlarla kaplı olduğu ve bu nedenle de medeniyetlerin beşiği olduğu bilinmektedir. Ancak bundan 9000 sene önce Sahra'da iklim değişmeye başlamış, yağmurlar azalmış ve kuraklık kendini hissettirmeye başlamıştır (<http://ragz-international.com/africa1.htm>). Sahra adlı kitapta Tersiyer zamanından sonra tropik Sahranın tamamen kurduğu ve Sahra'nın belki üç dört defadan fazla tropik ve çöl dönemleri yaşadığı bilinmektedir. 1.6 Milyon yıl ile 12000 sene öncesi olan uzun Pleistosen döneminde de Sahranın tropik dönemler yaşadığı halen Libya ve Cezayirin derinliklerinde olan akiferlerden anlaşılmaktadır. Yani Sahra üzerinde son 35 000 ila 10 000 yıl öncesi aralıkta olağan üstü yağmur yağdığı bilinmektedir. Bu verilere göre nemli periyodu çöl dönemi takip etmiş ve kabaca on bin senelik dönemler içerisinde çöller kendini göstermiştir.

En son buzul döneminin sonu olan 15 000 sene öncesinde Sahra'nın her yanında olağanüstü yağmurların izleri kaydedilmiştir. Halosen döneminde Sahra üzerindeki

muson yağmurları artmıştır. Sahranın, Sahel olarak adlandırılan güney sınırı bugünkü sınırından 4-5 derece daha kuzeyde yer almakta idi. Burada yer alan göller ve nehirler Sahra'nın yükseklerinden gelen sular ile beslenmekte idi. Sahra'nın düzlüklerinde otluk alanlar mevcuttu. Örneğin Çad Gölü şimdiki alanının onbeş katı kadar büyüktü, geniş orman arazisi mevcuttu.

Burada önemli olan tarihçelerin Sahra'nın buzul döneminde geniş göl alanları ile kaplı olarak kaldığının belirlenmesidir. Zamanımızdan 12000 yıl öncesi ile 10000 yıl öncesi arası dönemde Sahra çölünde düzenli insan yerleşmeleri başlamıştır. Ancak zamanımızdan 7-8 bin sene öncesine dayanan bir dönemde ise Sahra yeniden çölleşmeye başlamış en son üç bin seneden bu yana da zamanımızda olduğu gibi sıcak kuru hale dönüşmüştür.

Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen iklim teorisine göre, buzulların en yaygın olduğu dönem aynı zamanda yağmur kuşağının da ekvatora en yakın olduğu zamanla çakışmalıdır (Stute et al.,1995). Younger Drayas döneminde tropik Brezilya'da 5-7 derecelik soğuma olduğunu göstermişlerdir. Tüm bu bulgular Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen iklim teorisi ile tam bir uyum içerisindedir. Avrupa kıtasında ise YD bitişine rastlayan dönemlerde Alp Dağları'ndaki göllerde 200-300 senelik kısa göl seviyesi yükseklikleri kaydedilmiştir ki bu dönem Onoz 3 dönemi olarak adlandırılmıştır (Magny et al., 2001).

Broecker et al., (1998) ve Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen iklim teorisini destekleyen bulguları Younger Drayas buzul döneminin aksine Bølling-Allerød ısınma dönemini inceleyen yayınlarında vermektedirler. Bu ısınma döneminde Grönland buzullarında olağanüstü  $\delta^{18}O$  artışı, tozlu yağışlarda olağanüstü azalma ve atmosferdeki metan gazlarında da olağanüstü bir artış izlenmiştir. Aynı dönemde Norveç denizlerinde ani ısınma ve küresel yağışlarda da önemli değişimler izlenmiştir. Bu dönemde ekvatorda kuru halde bulunan Viktorya gölü tekrar dolmaya başlamış, hiper tuzlu olan Kızıldeniz tatlılaşmış, Nevada'da bulunan ve bu dönem öncesi en geniş alana ulaşan buzul gölü Lahontan ise kurumuştur (Broecker et al., 1998).

Yerküredeki birbirinden çok uzak ve kapalı basenlerde aynı döneme ait bu değişik yansımaları birbiri ile ilişkilendirmede zorluk çeken bilim adamları bu oluşumların daha yakından incelenmesi gereğini işaret etmektedirler. Geçmişte yaşanan bu olaylar Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından öne sürülen senaryoyu tam anlamı ile desteklemektedir.

Bir başka deyişle, buzul çağının sonlanması buzulların ilerlemesi sonucunda doğal olarak ekvatora yaklaşan yağmur kuşağının o dönemin etken çöl bölgelerinin üzerinde etkili olması ve toz kaynağının ıslanma nedeni ile kesilmesine dayanmaktadır. Yağışların o dönemlerde çoğalması toz kaynaklarının ıslanması ve giderek o bölgelerde yağışların artması nedeni ile göllerin oluşmasına neden olabilmektedir. Bu nedendir ki Ekvatorda kurumuş halde bulunan Viktorya gölü aşırı yağışlar nedeni ile tekrar dolmaya başlamış, hiper tuzlu Kızıldeniz'in tuzluluğu azalmış, Norveç denizlerinde ısınma kaydedilmiş ve Kuzey Amerika kıtasında bulunan iç buzul gölü Lahontan Gölü boşalmış, Sahra çölü ise yeniden nemli dönemlerine geri dönmüştür. Saydam (kişisel görüşme,2005) o dönemlerde göllerin diplerinde biriken organik madde açısından zengin dip çamurlarının bugünkü bakteri mantar ve toz kaynakları olduğunu öne sürmektedir. Dolayısı ile bundan sonra yapılacak çalışmalar günümüz teknolojisi ile kolaylıkla tesbit edilen bu yörelerde yoğunlaşmalıdır. En azından bu yörelerden alınacak olan örneklerde yapılacak olan ve C<sup>14</sup>'e dayalı yaş tesbitleri ile buradaki bakteri ve mantarların veya fosillerin yaş tayini yapılmalı ve öne sürülen yaklaşım doğrultusunda bunların yaşlarının öngörüldüğü üzere 10 bin veya daha fazla yaşta olup olmadığı araştırılmalıdır.

### **1.9. Yeni iklim teorisine göre Sahradaki çöl alanlarının uydu verileri aracılığı ile tesbiti**

Bu tez çalışmasına başlandığı tarihlerde çöl alanları ile ilgili görsel verilere çeşitli şekillerde ulaşmak mümkündür. Google Earth'ün hizmete girmesi ile birlikte çöl alanlarına genel bakış çok daha anlamlı olarak değişmiş ve uydular aracılığı ile

tesbit edilen toz taşınımlarının kaynakları hakkında belirgin fikirler edinmek mümkün olmuştur.



Şekil 1.9. Sahra çölünün Google Earth aracılığı ile alınan genel görünür dalga boyunda birleştirilmiş görüntüsü. (Kaynak: [http:// google earth](http://googleearth))

Şekil 1.9da verilen çeşitli uydu görüntülerinin birleştirilmesi ile elde edilmiş olan Google earth görüntüsü Sahra da bulunan çöl alanlarını başka hiç bir anlatıma gerek duymadan net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Bu görüntülere ilave olarak yine Internet aracılığı ile <http://srtm.csi.cgiar.org> sitesinden yerküreye ait 90 metre çözünürlüklü yer bulgularını bulmak mümkündür. NASA'nın Uzay Mekiği tarafından yürütülen Radarla Topografya Görevi kapsamında elde edilen bu veriler Internette ücretsiz elde edilebilmektedir ve yer çözünürlüğü 90 metre yükseklik çözünürlüğü ile 16 metreden daha düşüktür. Eğer öne sürülen senaryo doğru ise günümüz teknolojisi ile o dönemlerde göl olması muhtemel alanların masa başından saptanması da mümkündür.

### **1.10. Uydu Verileri ile toz taşınımı**

Gelişen teknoloji yakın bir geçmişte sadece belli başlı kuruluşların tamamen askeri ve istihbarat amacı ile ellerinde bulundurdukları uydu verilerini isteyen herkesin kullanımına açmış bulunmaktadır. Türkiye'nin ilk uydu istasyonu olan ve Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından ODTÜ Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsünde kurulan ve yer çözünürlüğü 1 km olan ve sadece 5 kanalda görüntü alabilen NOAA AVHRR alıcısı istasyonu 1994 yılında işletilmeye başlamıştır. Alınan görüntülerin işlenmesi saklanması ise ayrıca bir külfet ve maliyet getirmekte ve bu nedenle devamlı olarak artan sorunlar yaratmakta idi. Aradan geçen zaman içerisinde artık çok kanallı ve 250 metre yer çözünürlüğüne sahip uydu verilerine uydunun geçişini takip eden birkaç saat içerisinde Internet aracılığı ile ulaşmak ve verileri işlenmiş şekilde almak ve kullanmak yakın bir zamana kadar hayal dahi edilemeyecek görüntülere Internet üzerinden ulaşmak ve illeyen meteorolojik koşullar hakkında görsel bilgiler almanın yanı sıra bu hava olayları sonucunda atmosfere taşınan tozların da takibini olası kılmaktadır. Bahsi geçen bu uydular; MODIS ve TERRA uyduları küresel toz taşınımının net bir şekilde takibini sağlayan verileri Internet aracılığı ile ve uydu geçişinden çok kısa bir zaman sonra yayınlamaktadırlar (<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>). Tüm bu gelişmeler ilgili sitelerin arşivlerinde de saklanmakta ve istenilen her an Internet aracılığı ile bulgulara ulaşmak mümkün

olmaktadır. Dolayısı ile yerküre ile uğraş veren her bilim dalında artık hassas yer görüntüleri kullanılmak durumundadır.

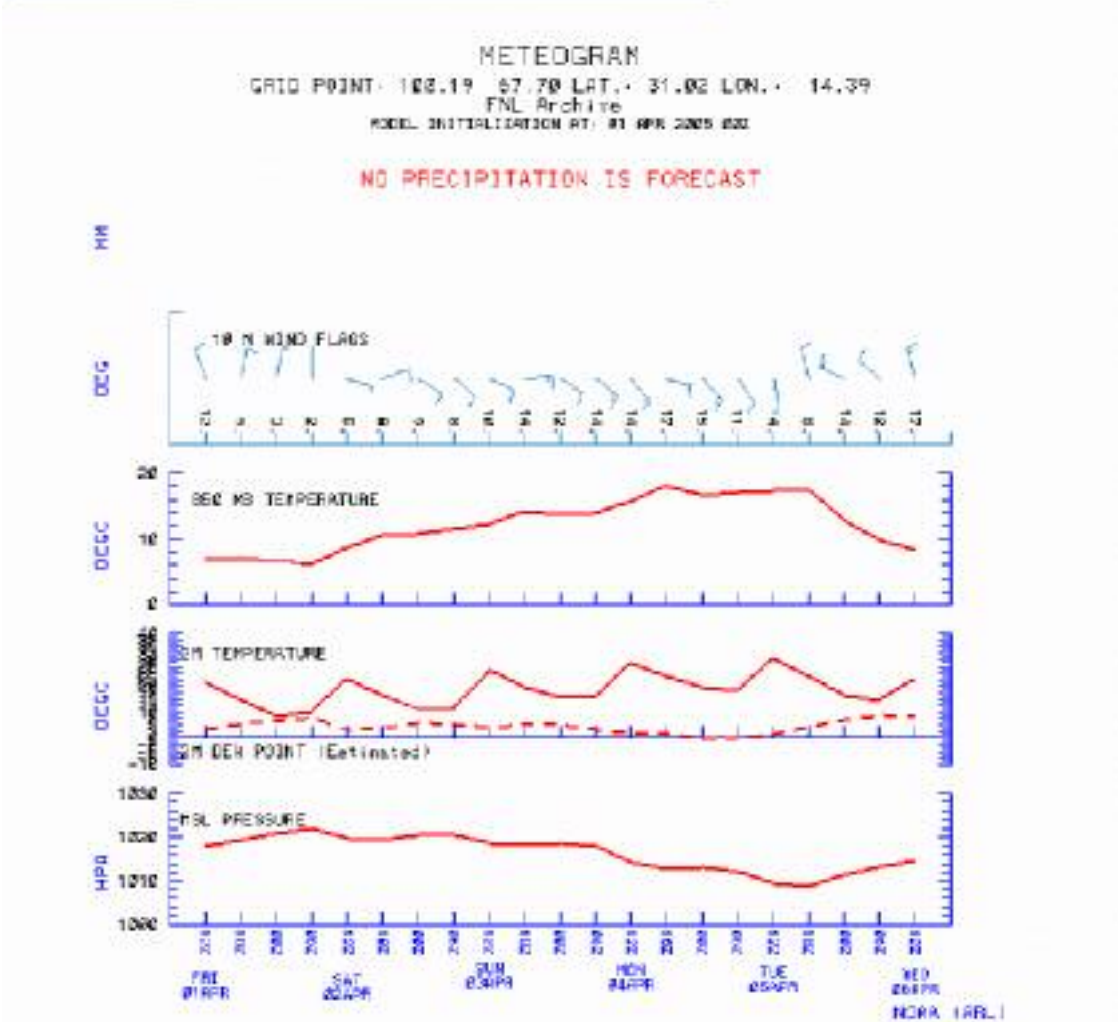
Atmosferik yolla taşınan çöl kökenli tozların boyutları hakkında da daha net görsel bilgiler sunabilmekte ve eskiden sadece modeller veya gözlem istasyonları aracılığı ile tesbit edilebilen toz taşınımı olayları artık günlük olarak gerçek zamana yakın bir zaman aralığında izlenebilmektedir.

Toz taşınımına örnek olarak 2005 yılının Nisan döneminde Libya'dan kaynaklanan ve Akdeniz üzerinden Avrupa'ya taşınan tozların MODIS ve AQUA uyduları tarafından alınan görüntüleri, aynı döneme ait NOAA ARL sitesinden alınmış meteorolojik veriler ve "<http://wetterzentrale.de>" sitesinden elde edilen 850 hPa seviyesindeki sıcaklık isotermleri bu bölümde gösterilecektir. Uydu verileri toz taşınımının boyutlarını ve toz taşınımı olmayan dönemlerdeki atmosferin görüntülerini net bir şekilde gözler önüne sermektedir.



NOAA Air Resources Laboratory

This product was produced by an Internet user on the NOAA Air Resources Laboratory's web site. See the disclaimer for further information (<http://www.arl.noaa.gov/ready/gisdisclaimer.html>).

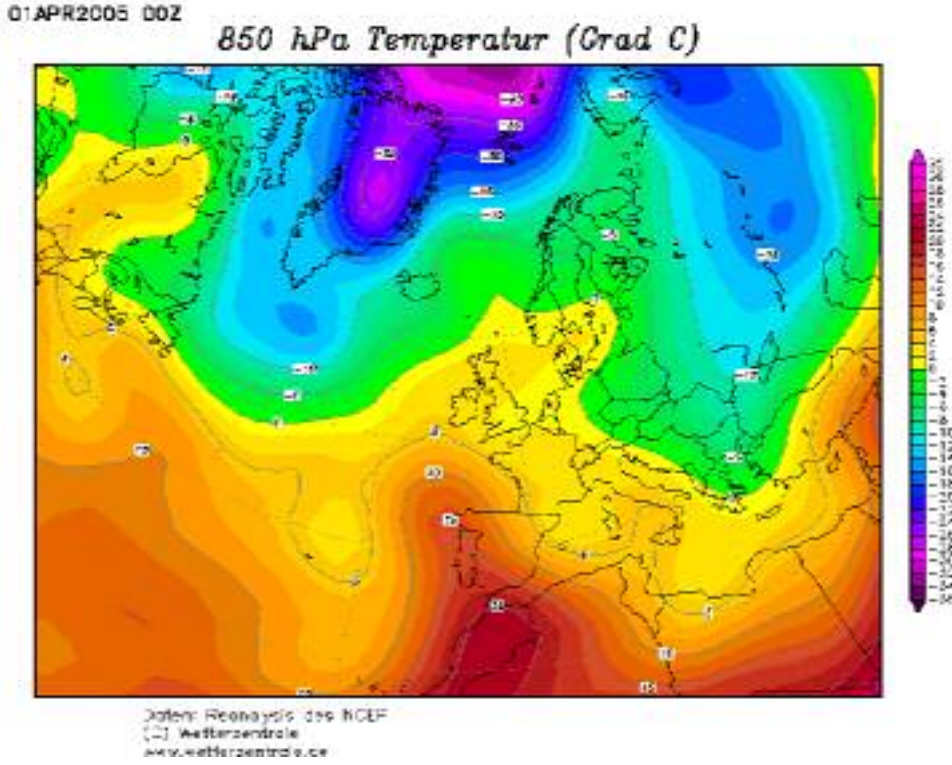


Şekil 1.10. 1-6 Nisan 2005 tarihlerinde Libyanın kuzey batısına ait meteogram.

Kaynak <http://www.noaa.gov>

Şekil 1.10'da verildiği üzere 1-6 Nisan tarihleri arasında örnekleme bölgesi üzerindeki hava koşulları incelendiğinde özellikle 4 ve 5 Nisan günlerinde hava basıncında bir düşüş yaşandığı ve buna bağlı olarak güney doğulu rüzgarların hızını arttırdığı ve daha sonradan da güneye döndüğü ve 850 MB seviyesindeki sıcaklığın da tedrici olarak arttığı gözlemlenmektedir. 5 Nisan akşamına doğru ise rüzgarların aniden kuzeye döndüğü 850 MB sıcaklığının aniden azaldığı ve hava basıncında da artış trendine girildiği izlenmektedir. Bu atmosferik koşul tipik bir toz taşınımı hadisesine

olanak tanıyacak şekildedir ve Sahradan 4 ve 5 Nisan günlerinde gelen sıcak hava ile birlikte atmosfere toz çıkışı kuvvetle muhtemeldir.



Şekil 1.11. 1 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri. Kaynak <http://wetterzentrale.de>

Bu döneme ait 850 MB veya hPa sıcaklık isotermleri incelendiğinde de (Şekil 1.11) 1 Nisan da Sahranın batısından İberya yarımadasına doğru bir toz çıkışı olduğu Libyanın ise Avrupadan sarkan serin bir hava kütesinin etkisinde kaldığı ve meteogramlarda izlenen kuzeyli rüzgarları almakta olduğu görülmektedir.



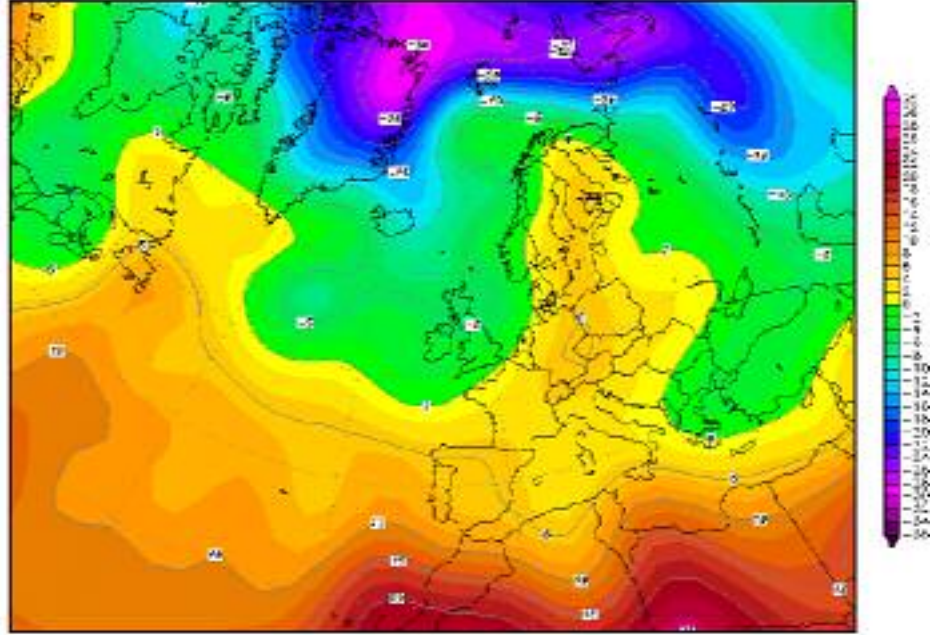
Şekil 1.12. 1 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.

Kaynak:<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

Şekil 1.12. de verilen 1 Nisana ait MODIS uydu görüntüsü de herhangi bir toz hareketini gösteren bir bulgu içermemekte ve kuzeyli rüzgarlarla bölgeye ulaşan bulutları göstermektedir.

05APR2005 00Z

### 850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP  
Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

Şekil 1.13. 5 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri. Kaynak <http://wetterzentrale.de>

5 Nisana ait 850 hPa sıcaklık eğrileri (Şekil 1.13) incelendiğinde sıcaklık isotermlerinin Libyanın güneyinden gelmekte olduğu ve Cezayir üzerinde ise serin bir hava kütlesi olduğu gözlemlenmektedir.

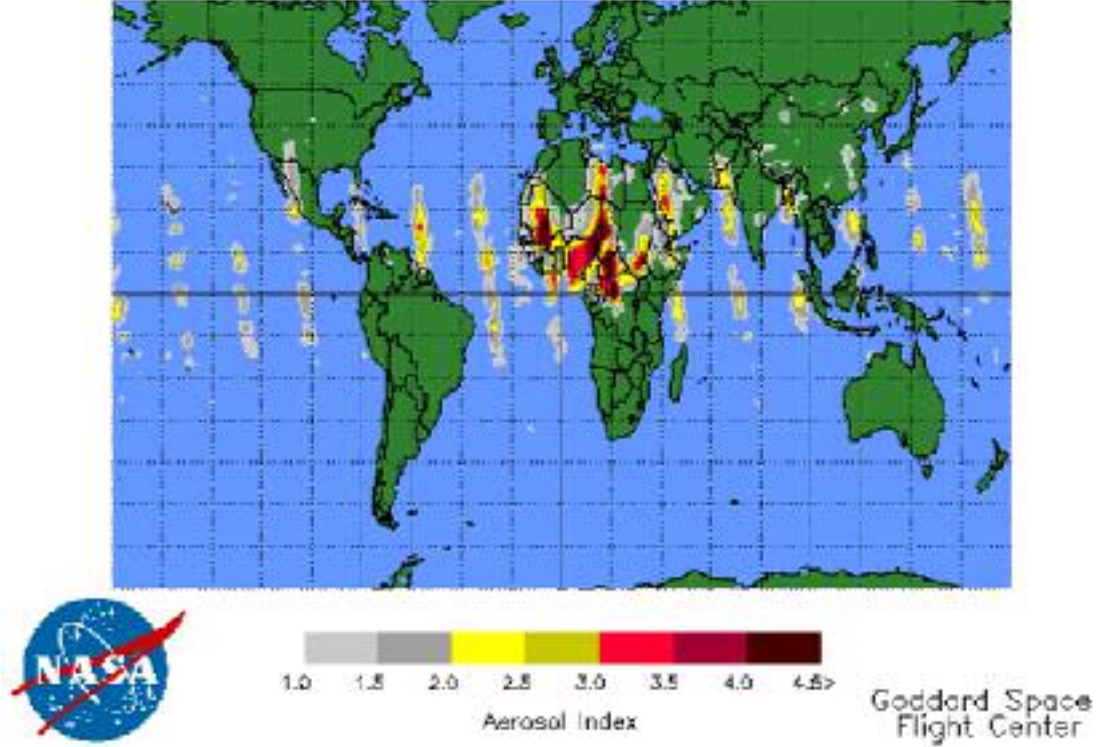


Şekil 1.14. 5 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.

Kaynak:<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

5 Nisan'a ait uydu görüntüsüne bakıldığında (Şekil 1.14) bölge üzerinde yoğun bulut tabakası ve resmin sağ alt köşesinde de yoğun toz kümeleri izlenebilmektedir.

Earth Probe TOMS Version 8 Aerosol Index  
on April 05, 2005



Şekil 1.15. 5 Nisan 2005 tarihinde TOMS uydu verilerine göre aeresollerin dağılımı.  
Kaynak <http://toms.gsfc.nasa.gov>

5 Nisan 2005 tarihine ait TOMS Aeresol görüntüsünde (Şekil 1.15) ise Libya üzerinde yoğun bir toz aktivitesi olduğu gözlenmekle birlikte Şekil 1.14'te verilen MODIS görüntüsünde Akdeniz üzerinde mevcut bulutlardan dolayı tozun deniz üzerindeki boyutu belli olmamaktadır. Ancak bu görüntülerden de toz taşınımının ve de özellikle Sahra ve Gobi gibi büyük toz kaynaklarının küresel etkilerini anlamak mümkün olabilmektedir.



Şekil 1.16. 6 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.

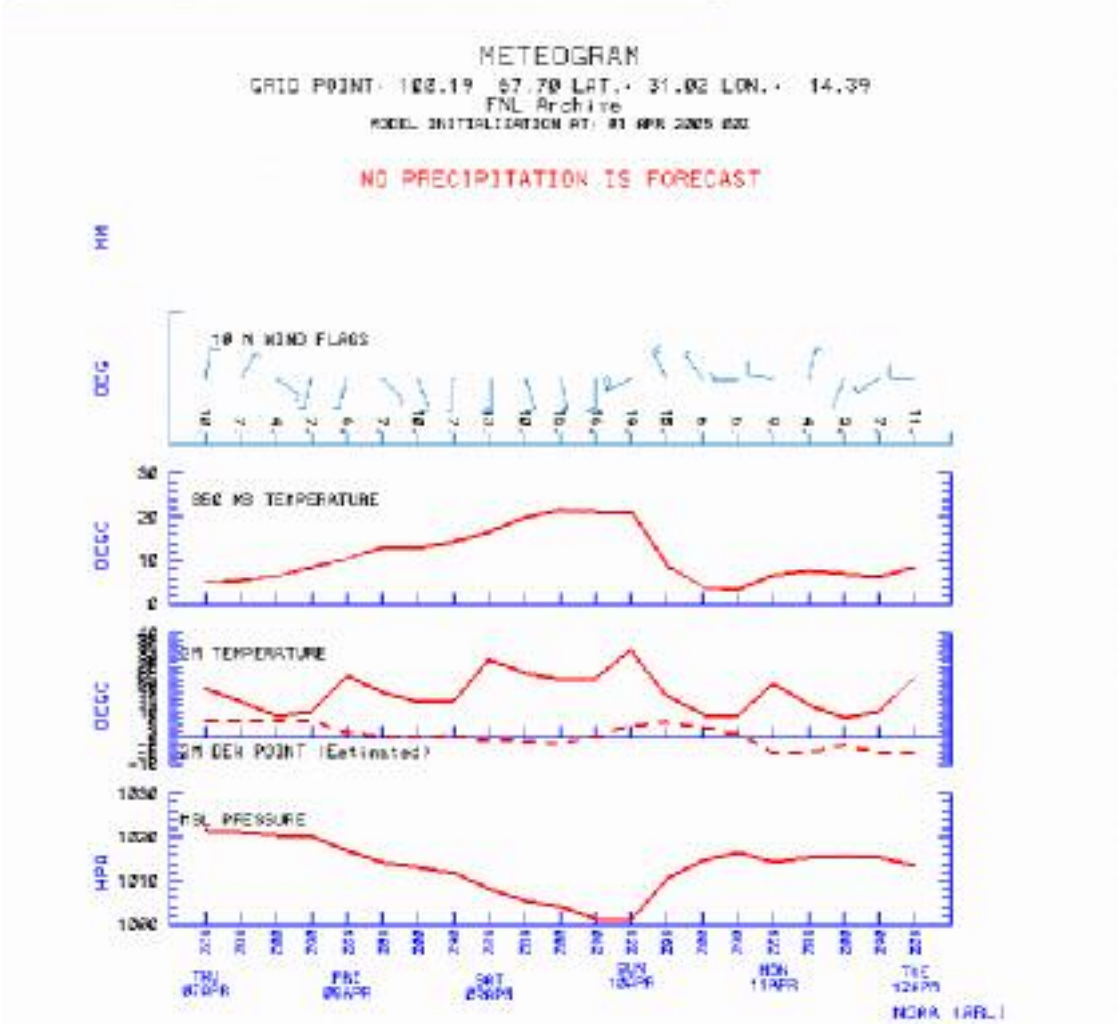
Kaynak:<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

6 Nisan'da alınan MODIS uydu görüntüsünün de gösterdiği gibi (Şekil 1.16) bölgeye hakim olan kuzeyli rüzgarların da etkisi ile atmosferdeki toz yükü dağılmış ve parçalı bulutlu bir hava yöreye hakim olmuşsa da görüntünün sağ alt kesiminde yine de toz izi görmek mümkündür.



NOAA Air Resources Laboratory

This product was produced by an Internet user on the NOAA Air Resources Laboratory's web site. See the disclaimer for further information (<http://www.arl.noaa.gov/headq/Disclaimer.html>).

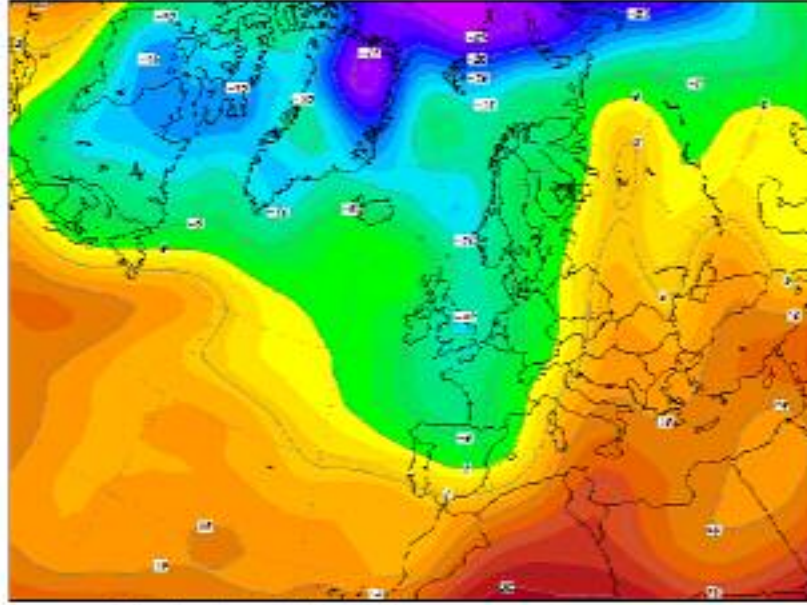


Şekil 1.17. 7-12 tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram Kaynak: <http://www.arl.noaa.gov>

Şekil 1.17 da verilen ve 7-12 Nisan 2005 tarihlerindeki atmosferik koşulları kapsayan döneme ait meteogram incelendiğinde 9-10 Nisan günlerinde de güneyli rüzgarlar, 850 MB daki sıcaklık artışı ve deniz seviyesindeki basınçta azalma izlenebilmektedir. Bu durum da tipik bir toz taşınımına neden olabilecek bir koşulu yansıtmaktadır.

09APR2005 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) WetterZentrale  
www.wetterzentrale.de

Şekil 1.18. 9 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri. Kaynak <http://wetterzentrale.de>

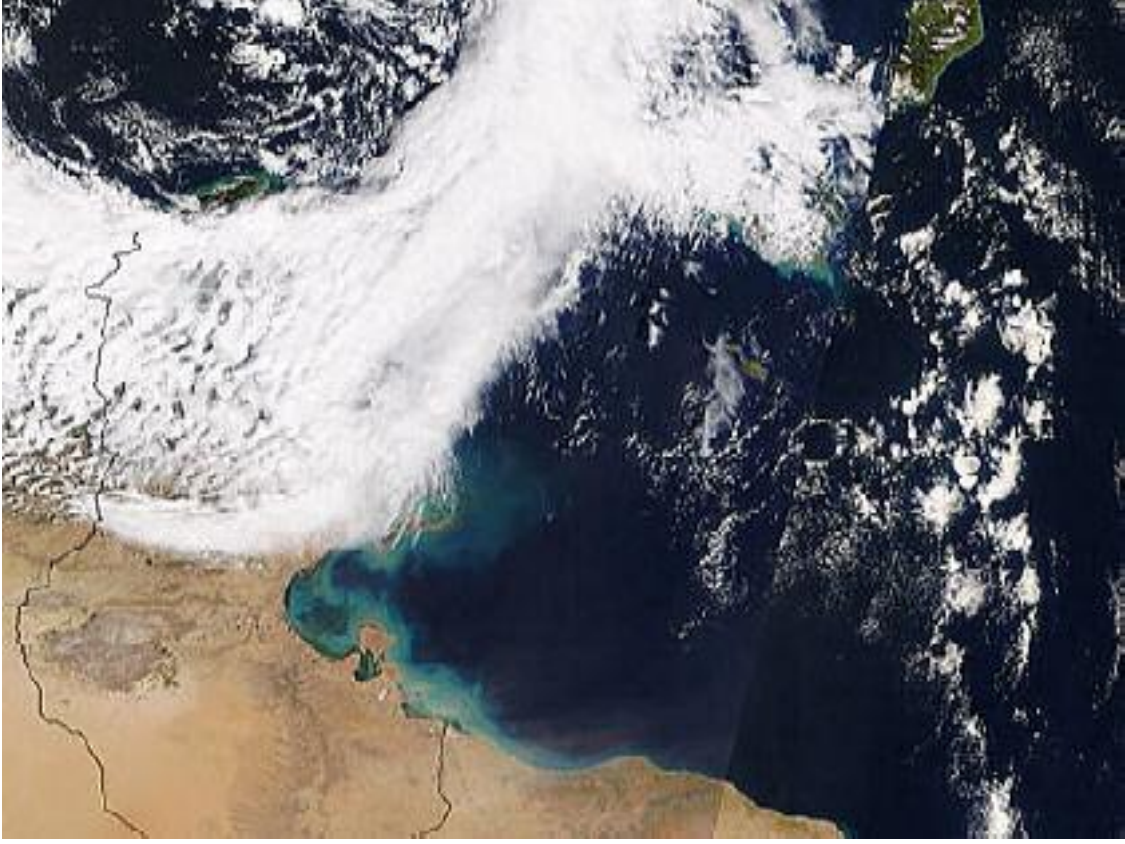
Şekil 1.18’de gösterilen 850 hPa sıcaklık isotermlerine bakıldığında yine Batı Avrupa’dan yaklaşan serin bir hava kütesinin önünde Cezayir Tunus ve Libya ekseninde hareket eden sıcak hava kütesi izlenmektedir ve bu hava olayı tipik bir toz kaldırma eğilimindedir.



Şekil 1.19. 9 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.

Kaynak:<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

9 Nisan tarihinde alınan uydu görüntüsüne bakıldığında (Şekil 1.19) da Libya önlerinden Akdeniz'e doğru taşınımına giren yoğun tozları izlemek mümkündür. Tunus üzerinde bulut nedeni ile izlenemeyen bölgede de muhtemelen yoğun toz taşınımı mevcuttur.

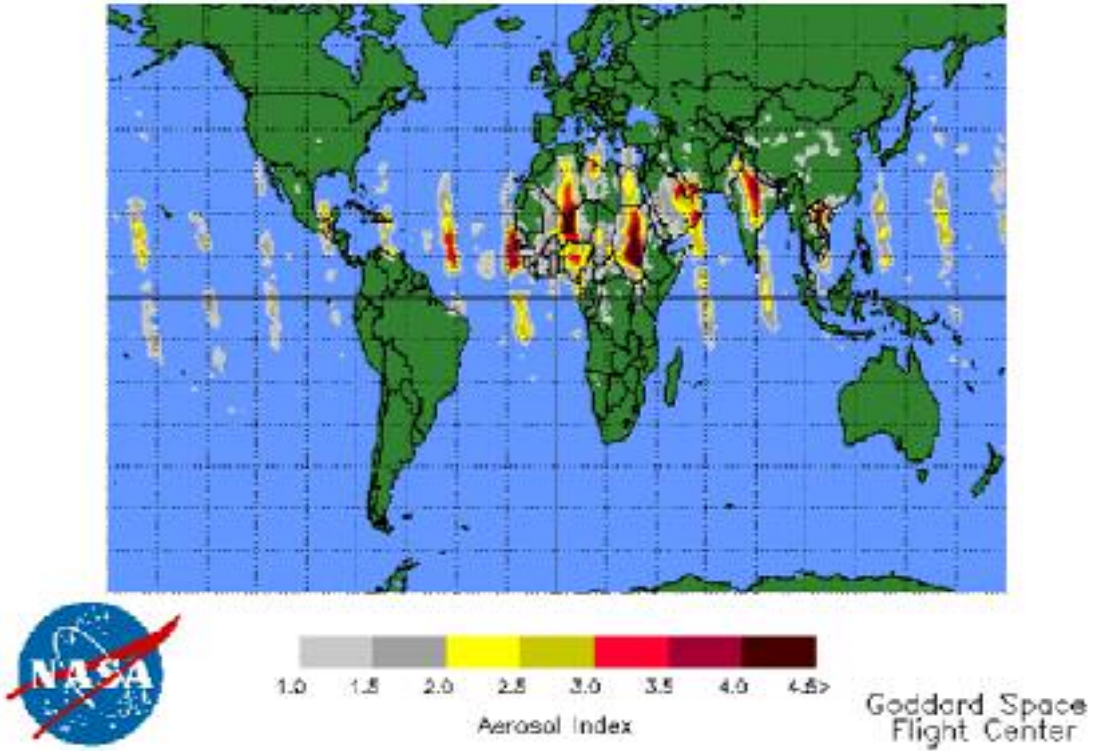


Şekil 1.20. 10 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.

Kaynak:<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

Meteogramlarda 10 Nisan günü (Şekil 1.17) rüzgarların yeniden kuzeye döndüğü izlenmektedir. Uydu görüntüsünde de 10 Nisan günü (Şekil 1.20) Tunus ve Libya sahil kesimi önlerinde hafif te olsa toz taşınımının devam ettiğini gösteren bir gün olarak kayda geçmektedir ancak deniz üzerinde bulut olmaması bu sefer de TOMS uydu verileri için eğer varsa tozun izlenebilmesi için bir fırsat yaratmaktadır.

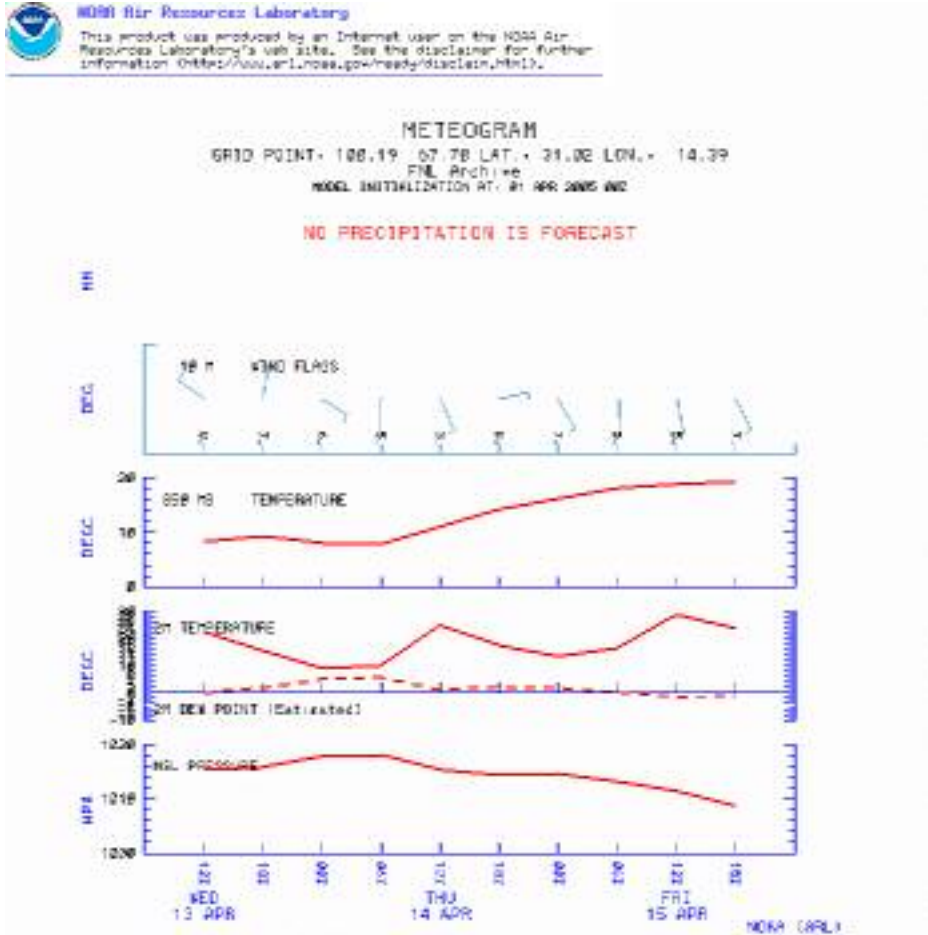
Earth Probe TOMS Version 8 Aerosol Index  
on April 10, 2005



Şekil 1.21. 10 Nisan 2005 tarihinde TOMS uydu verilerine göre aeresollerin dağılımı.  
Kaynak <http://toms.gsfc.nasa.gov>

10 Nisan 2005 tarihine ait TOMS uydu verisinde (Şekil 1.21) tozun Libya önlerindeki devamlılığını izlemek mümkün olmaktadır. Bu da eğer havada bulut olmaması halinde toz taşınımının devamlılığını bu uydu verisi ile takip etmenin mümkün olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak bahsedildiği üzere bunlar Saydam ve Şenyuva(2002) tarafından toz bulut ilişkisi gösterilmeden önce geçerliliği olan ve sadece tozun yayılımını ve çöktüğü alanlara etkisini kanıtlayabilecek bir olgu idi. Halbuki

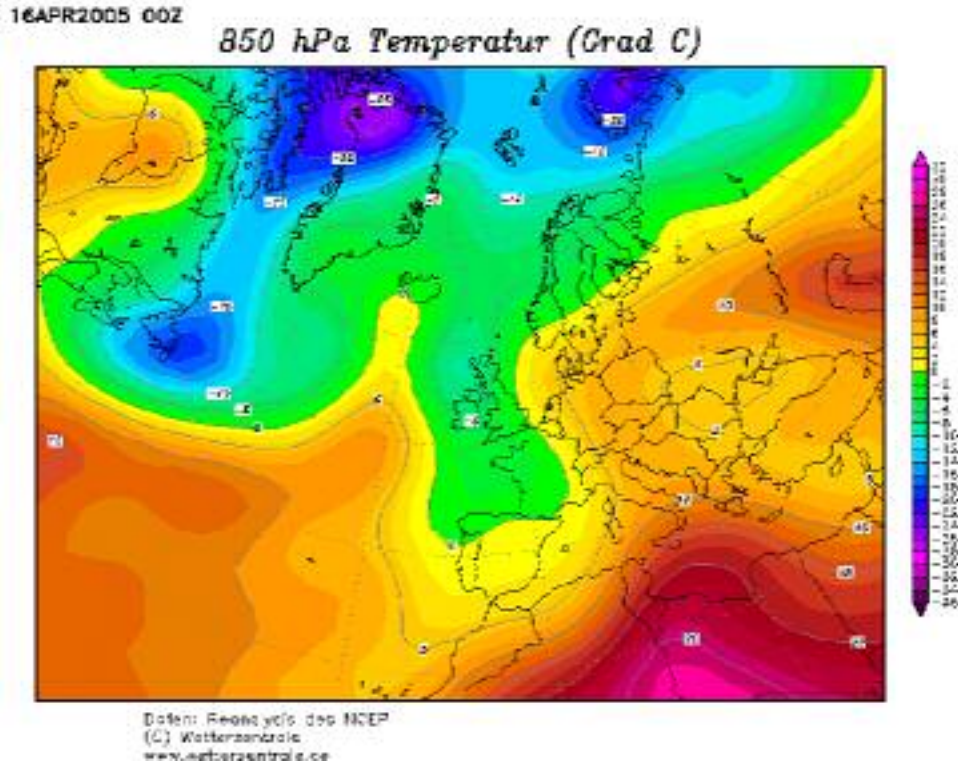
günümüzde tozun bulut içerisindeki davranışları çok daha önemli hale gelmiştir. Bu nedenle ileride yapıyeni bir anlayış ile toz bulut karışımını da inceleyebilecek polarize ışığın analizine olanak verecek şekilde tasarlanmış uydu algılayıcılarına gereksinim olacaktır.



Şekil 1.22. 13-15 tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram Kaynak: [http:// www.arl.noaa.gov](http://www.arl.noaa.gov)

Şekil 1.22.de gösterilen meteogramdan da anlaşılacağı gibi 13-15 Nisan günleri güneyli rüzgarların hakim olduğu bir gün olsa da yoğun bir toz çıkışına neden olabilecek hava koşullarının beklenmediği bir zaman dilimidir. Ancak 16 Nisan günü

meteogramlarda belirgin bir sıcaklık artışı ve basınç düşüklüğü gözlenmekte ve uydu görüntüsü (Şekil 1.23) net bir toz fırtınası olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.23. 16 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri. Kaynak <http://wetterzentrale.de>

Şekil 1.23'de verilen 16 Nisan gününe ait 850 hPa sıcaklık eğrileri izlendiğinde toz taşınımına neden olabilecek bir serin havanın İber yarımadası üzerinden geldiği ve bunun önündeki sıcak cepheye bağlı isotermlerin Libyanın güneyinden hareketle Akdeniz'e ulaştığını göstermektedir.

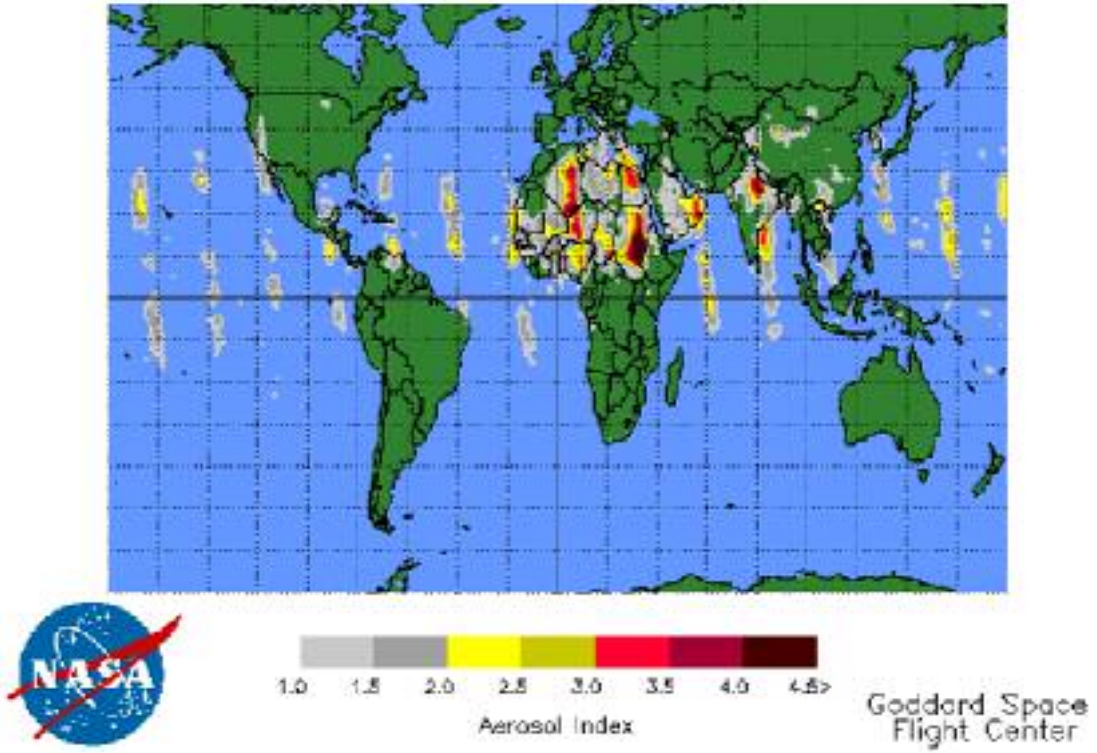


Şekil 1.24. 16 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.

Kaynak:<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

Şekil 1.24'te gösterilen 16 Nisan 2005 e ait bu uydu verisi net bir toz taşınım hadisesi olduğunu kanıtlamaktadır.

Earth Probe TOMS Version 8 Aerosol Index  
on April 16, 2005



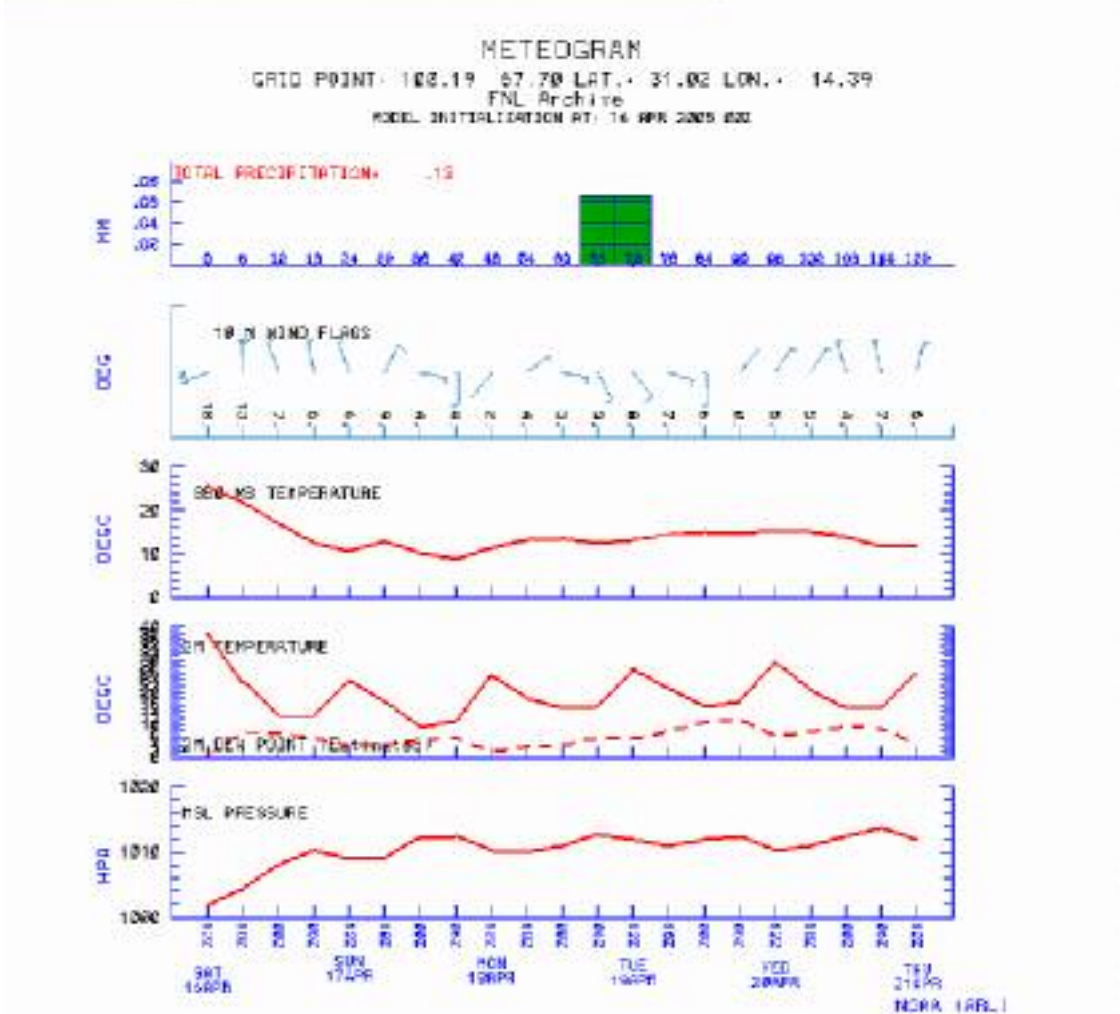
Şekil 1.25. 16 Nisan 2005 tarihinde TOMS uydu verilerine göre aeresollerin dağılımı.  
Kaynak <http://toms.gsfc.nasa.gov>

Şekil 1.25 te gösterilen TOMS uydu verisi de bu toz taşınımı olayını o bölgede bulut olmaması nedeni ile net bir şekilde görüntülemektedir.



NOAA Air Resources Laboratory

This product was produced by an Internet user on the NOAA Air Resources Laboratory's web site. See the disclaimer for further information (<http://www.arl.noaa.gov/ready/disclaim.html>).



Şekil 1.26. 16-21 Nisan tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram Kaynak: <http://www.arl.noaa.gov>

Şekil 1.26'da gösterilen meteogramdan da anlaşılacağı gibi 16-21 Nisan zaman dilimi bölgede nadir görülen ve yağışın kaydedildiği bir dönem olmuştur. Yağışa neden olan hava bölgede genel olarak düşük seyreden hava sıcaklıkları ve enteresandır ki yine güneyli rüzgarların olduğu bir döneme rastlamaktadır. Bu dönemde atmosfere toz taşınımı beklenmemektedir.



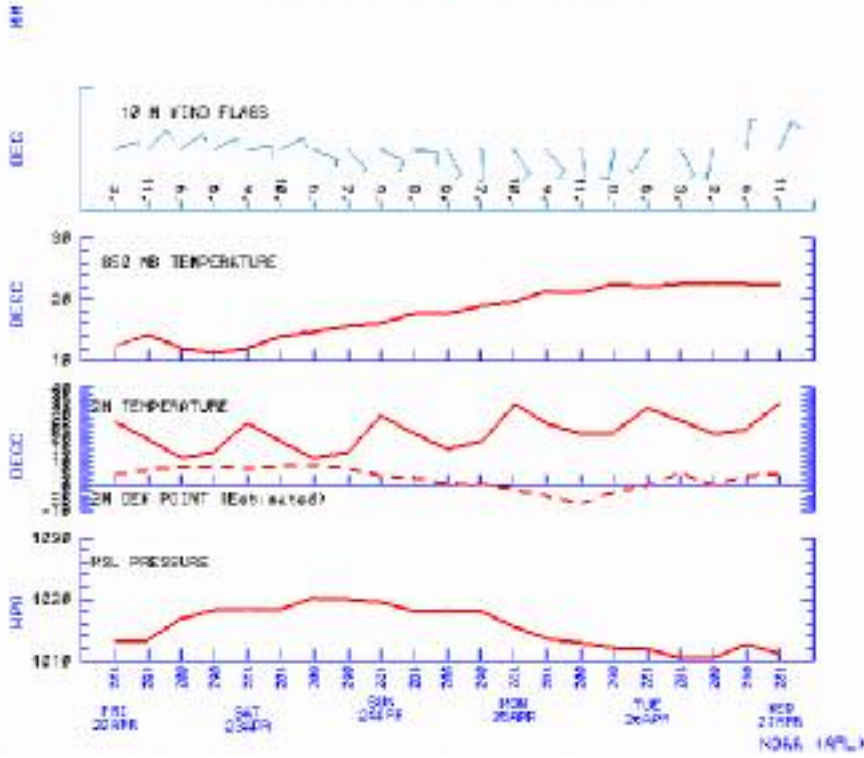
NOAA Air Resources Laboratory

This product was produced by an Internet user on the NOAA Air Resources Laboratory's web site. See the disclaimer for further information (<http://www.arl.noaa.gov/ready/fssd14k.html>).

### METEOGRAM

GRID POINT • 102.19 67.70 LAT • 31.02 LON • 14.39  
FNL Archive  
MODEL INITIALIZATION AT: 10 APR 0005 UTC

NO PRECIPITATION IS FORECAST

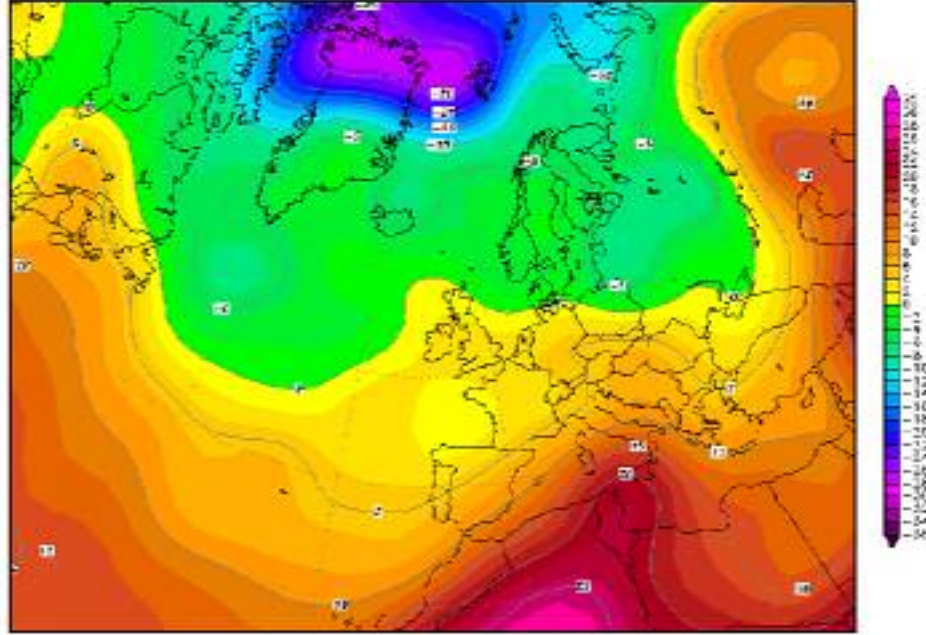


Şekil 1.27. 22-27 tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram Kaynak: <http://www.arl.noaa.gov>

22-27 Nisan döneminde de (Şekil 1.27) yoğun bir toz taşınımına neden olabilecek bir atmosferik koşul gözlenmemekle beraber 24, 25 ve 26 Nisan tarihlerinde devamlı olarak esen güneyli rüzgarların yerden toz kaldırması da muhtemeldir.

25APR2005 00Z

### 850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP  
Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

Şekil 1.28. 25 Nisan 2005 tarihinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesindeki sıcaklık değişimleri. Kaynak <http://wetterzentrale.de>

25 Nisan tarihli 850 hPa sıcaklık isotermleri incelendiğinde (Şekil 1.28) meteogramlarda izlenen güneyli rüzgarların Atlantik Okyanusu üzerinden yaklaşan serin havanın önünden Cezayir içlerinden Tunus Akdeniz ekseninde sıcak bir hava kütesini taşıdığı izlenmektedir.

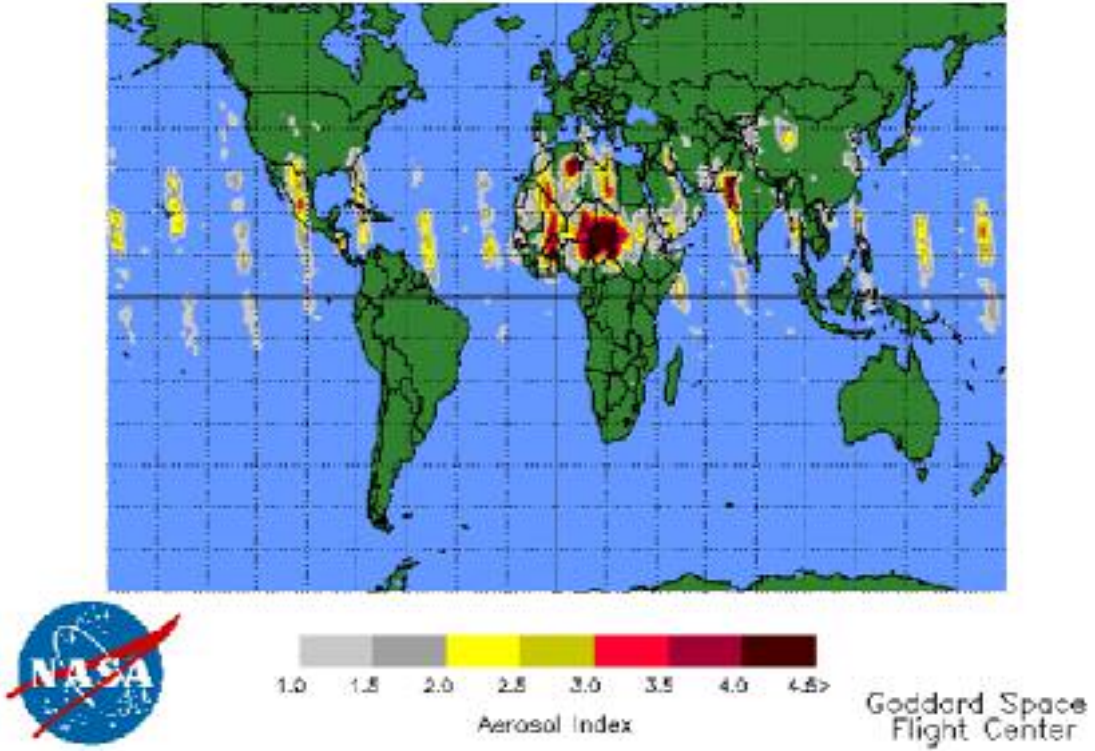
Şekil 1.29'da gösterilen 25 Nisana ait uydu görüntüsü incelendiğinde ise hava ile taşınımaya giren tozların varlığı Akdeniz üzerinde net bir şekilde izlenmektedir.



Şekil 1.29. 25 Nisan 2005 tarihine ait MODIS uydu görüntüsü.

Kaynak:<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

Earth Probe TOMS Version 8 Aerosol Index  
on April 25, 2005



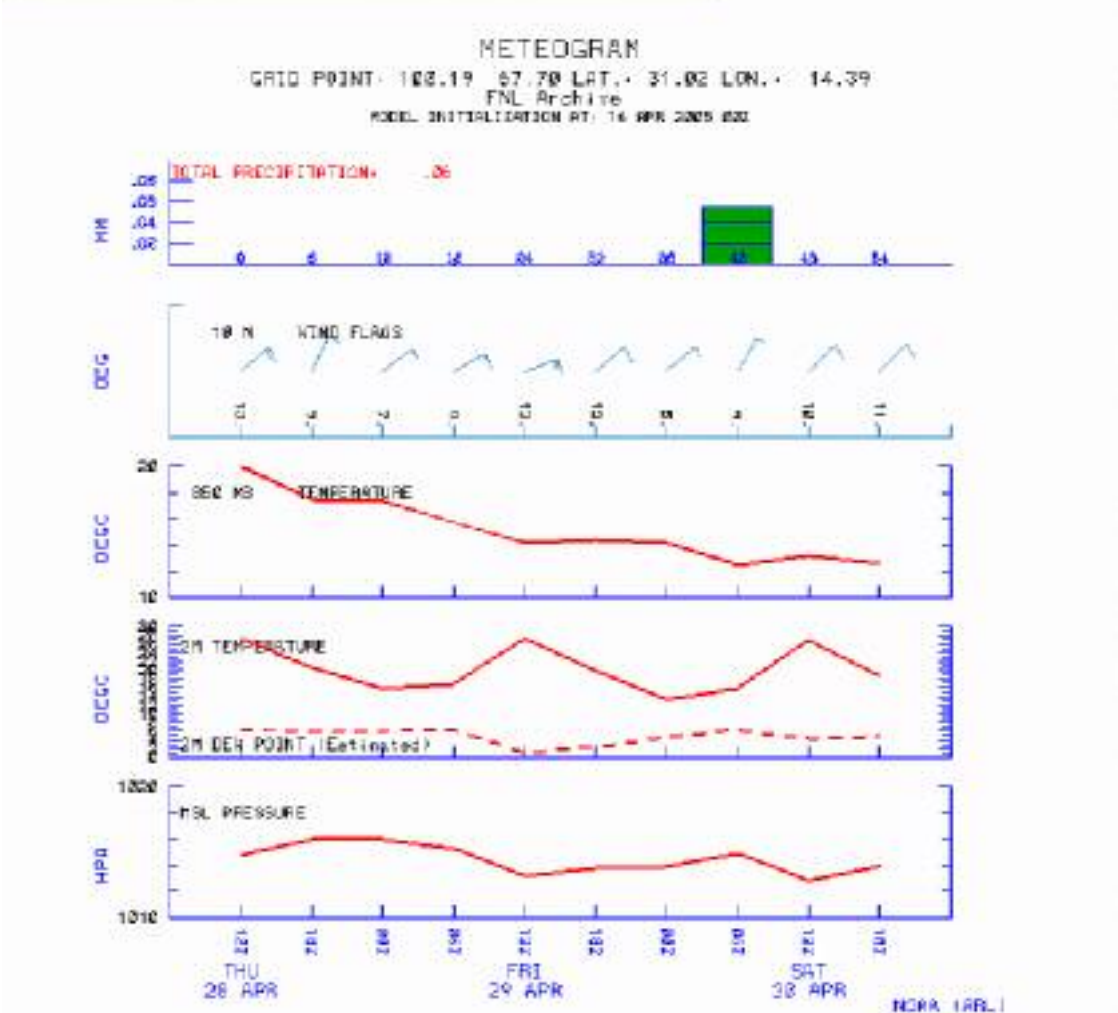
Şekil 1.30. 25 Nisan 2005 tarihinde TOMS uydu verilerine göre aeresollerin dağılımı.  
Kaynak <http://toms.gsfc.nasa.gov>

25 Nisana ait MODIS ve TOMS uydu verileri (Şekil 1.29 ve 30) tozun varlığını görsel olarak kanıtlamaktadırlar.



NOAA Air Resources Laboratory

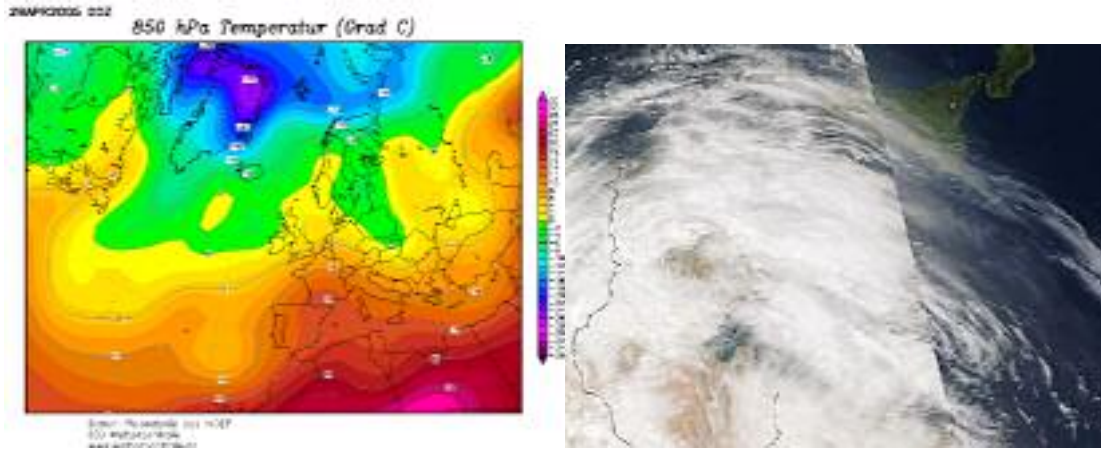
This product was produced by an Internet user on the NOAA Air Resources Laboratory's web site. See the disclaimer for further information (<http://www.arl.noaa.gov/ready/gisdisclaimer.html>).



Şekil 1.31. 28-30 Nisan tarihlerinde bölge üzerindeki hava koşullarının değişimini gösteren meteogram Kaynak: <http://www.arl.noaa.gov>

Şekil 1.31'da gösterilen ve 28-30 Nisan dönemi de bölgede kuzeyli rüzgarların hakim olduğu ve ender yağışlardan birisinin daha izlendiği bir dönem olmuştur ve bu dönem içerisinde atmosfere toz taşınımı beklenmemektedir.

29 Nisan tarihinde izlenen bu yağışa neden olan hava kütlelerinin varlığı Şekil (1.32) 850 hPa sıcaklık isotermlerinden belirgin olmasa da Şekil 1.32'de gösterilen 28 ve 29 Nisana ait uydu görüntüleri bölgede bulutların varlığını net bir şekilde göstermektedir.



Şekil 1.32. 28-29 Nisan'a ait MODIS uydu görüntüleri ve 28 Nisana ait 850 hPa sıcaklık isotermleri. Kaynak:<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov> ve [wetterzentrale.de](http://wetterzentrale.de)

2005 Nisan ayına ait meteorolojik koşullar, 850 hPa sıcaklık izotermi ve uydu verileri incelendiğinde verilerin herbirine bakılarak toz tahmini yapılabileceği görülmektedir. Elbette ki en ideali yukarıda açıklandığı şekilde her üç kaynağı da kullanarak tozun nereden kalkıp nereye doğru gittiğini saptayabilmek ve Internet ortamında zaman içerisinde ulaşılabilen görsel verilerle de taşınımı doğrulamaktır. Örneğin hem NOAA ARL hemde “<http://wetterzentrale.de>” sitelerindeki arşiv verileri yenidir veya bu arşivlere olası bir toz fırtınası izlemesi amacı ile bakılmamıştır. Elbetteki yine NOAA TOMS verileri ile de toz fırtınalarının izlenmesi olasıdır ancak bu veriler sadece belirli bir ölçekten büyük fırtınaları kaydedebilmekte ve olası bir bulutluluk halinde ise tozu ayırt edememektedir. <http://icod.org.mt> sitesinden de hem toz öngörülerine hem de arşiv bulgulara ulaşmak mümkün idi ancak bu site malesef faaliyetine son vermiş ve arşiv bulgulara ulaşamaz olmuştur. Alman Uzay Ajansı, DLR, ile Birleşik Krallık Dundee Uydu istasyonu bölgemiz için geçmişe yönelik en detaylı verilere sahip iki uydu verilerine sahiptir ancak yine de sadece 850 hPa verilerine bakılarak geçmişe ait toz taşınım olayları hakkında da detaylı bir bilgi sahibi olmak mümkündür.

850 hPa sıcaklık izotermine bakıldığında atmosferik olaylar Kuzey Afrika çöllerinden şartların uygun olması halinde toz üretme kapasitesine sahip bölgelerden kaldırdığı tozları uzun dönemli taşınımına sokabilmektedir. Ülkelerin siyasi sınırları toz taşınımı için herhangi bir engel teşkil etmemekte ve toz taşınımına neden olabilecek meteorolojik olaylar yukarıdaki şekillerden de görüleceği üzere binlerce kilometrelik alanları kontrol edebilmektedir. Burada önemli olan olgu toz taşınımının sadece o döneme ait özel şartlarda gerçekleştiği ve kaynaktan kalkan tozların kısa bir zamanda taşınımına girdiği ve sistemin geçişi ile birlikte kısa bir sürede sonlandığı gerçeğidir. Kaynakta sonlanan olay sonrasında atmosfere taşınan toz buradaki meteorolojik olayların da etkisi ile kaynaktan binlerce kilometre uzaklara ve her iki yarı kürede de daha soğuk bölgelere doğru taşınmakta ve bulut ile temas etme olasılığı artmaktadır. Ancak bu sefer de yeterli seviyedeki güneş enerjisi ile temas etme olasılığı azalmaktadır.

Kubilay ve Saydam (1995) te de gösterildiği üzere toz taşınımı kaynaktan ani hareketler ile oluşmakta ve her bir seferinde milyonlarca ton toz taşınımına girmekte ancak bu taşınımına neden olan olayların bitiminde de toz miktarları neredeyse sıfıra yakın seviyelere inebilmektedir. İşte bu nedenle toz taşınımı hakkında senelik ortalamalarla ifade edilen değerler vermenin pek de doğru bir yaklaşım olmayacağı aşikardır.

<http://wetterzentrale.de> tarafından kullanıma sokulan Meteorolojik arşivler aracılığı ile aynı tarihe ait geçmiş verilerin de istenirse 1948 yılına kadar ulaşan bir zaman dilimi içerisinde en azından görsel olarak analiz edilmesine olanak tanımaktadır. 2005 yılının Nisan ayınının 5'inde görülen toz taşınımına neden olan meteorolojik koşulların benzeri olaylara geçmiş 16 sene içerisinde nasıl olmuştu şeklinde yaklaşıldığında toz taşınım olaylarına neden olabilecek atmosferik koşulların sıklıkla görüldüğü anlaşılmaktadır. Burada incelenen gün herhangi bir nedene bağlı olmaksızın seçilen 12 Nisan günü olmuştur. Şekil 1.33'te verilen sinoptik ölçekli 850 hPa verilerine bakıldığında;

1990 yılında; 12 Nisan öncesinde büyük bir toz taşınımı olduğu ve 12 nisan günü bu tozun Türkiyenin doğusuna ulaştığı;

1991 yılında; Sahranın Libya üzerinde aktif bir durumda olduğu;

1992 yılında; belkide 10 11 nisan günlerinde aktif olarak çıkan tozun Türkiye üzerinde olduğu,

1993 yılında; Libya üzerinde büyük bir toz aktivitesinin olduğu,

1994 yılında; Libya üzerinden çok yoğun bir tozun Akdenize doğru çıkmakta olduğu,

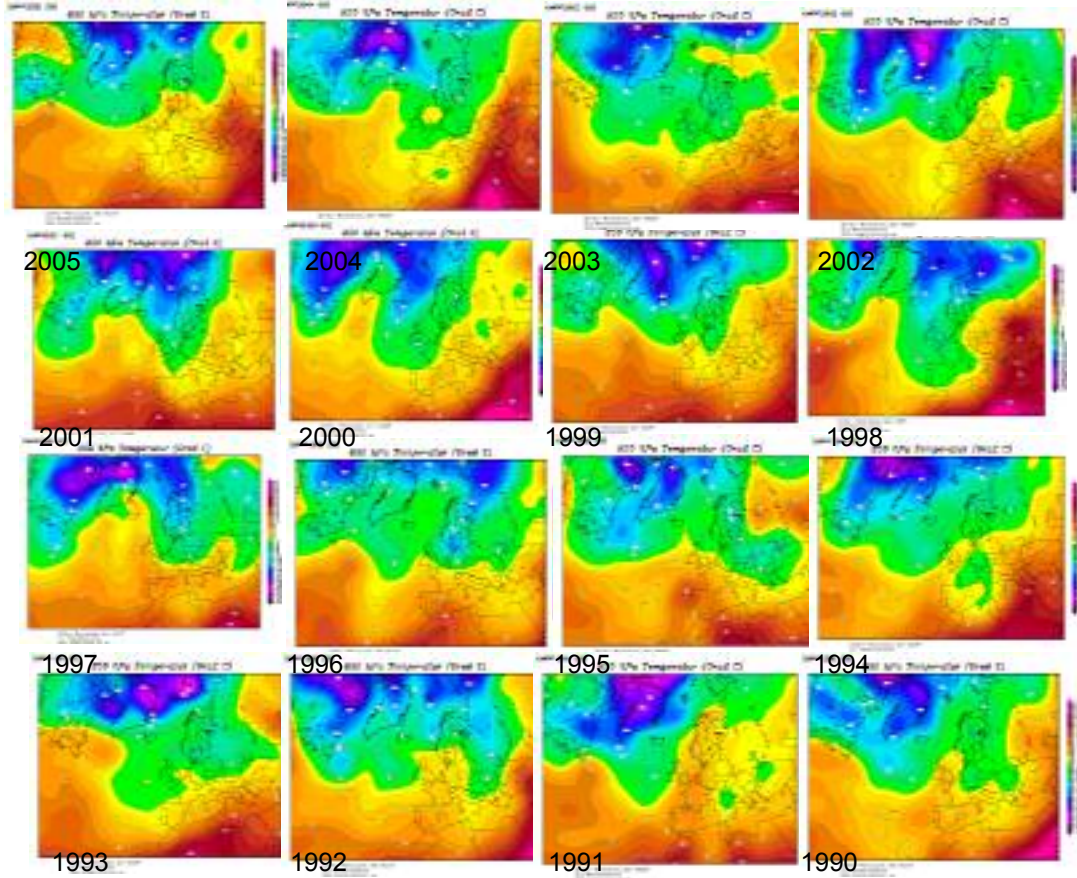
1995 yılında; Tozlu havanın yerini Avrupadan sarkan serin havanın almış olduğu ve tozun Akdenizin güneyinde olduğu,

1996 yılında; Afrikanın batısında yoğun bir aktivite olduğu ancak Libya üzerindeki tozlu havanın yerini aynen 1995 senesinde olduğu gibi Avrupadan sarkan serin havanın almış olduğu ve tozun Akdenizin güneyinde olduğu

1997 yılında; tozlu havanın Libya üzerinde oluşmakta olduğu,

1998 yılında; Libya üzerinde oluşmuş olan çok yoğun bir tozlu havanın doğu Akdenize çıkmış olduğu,

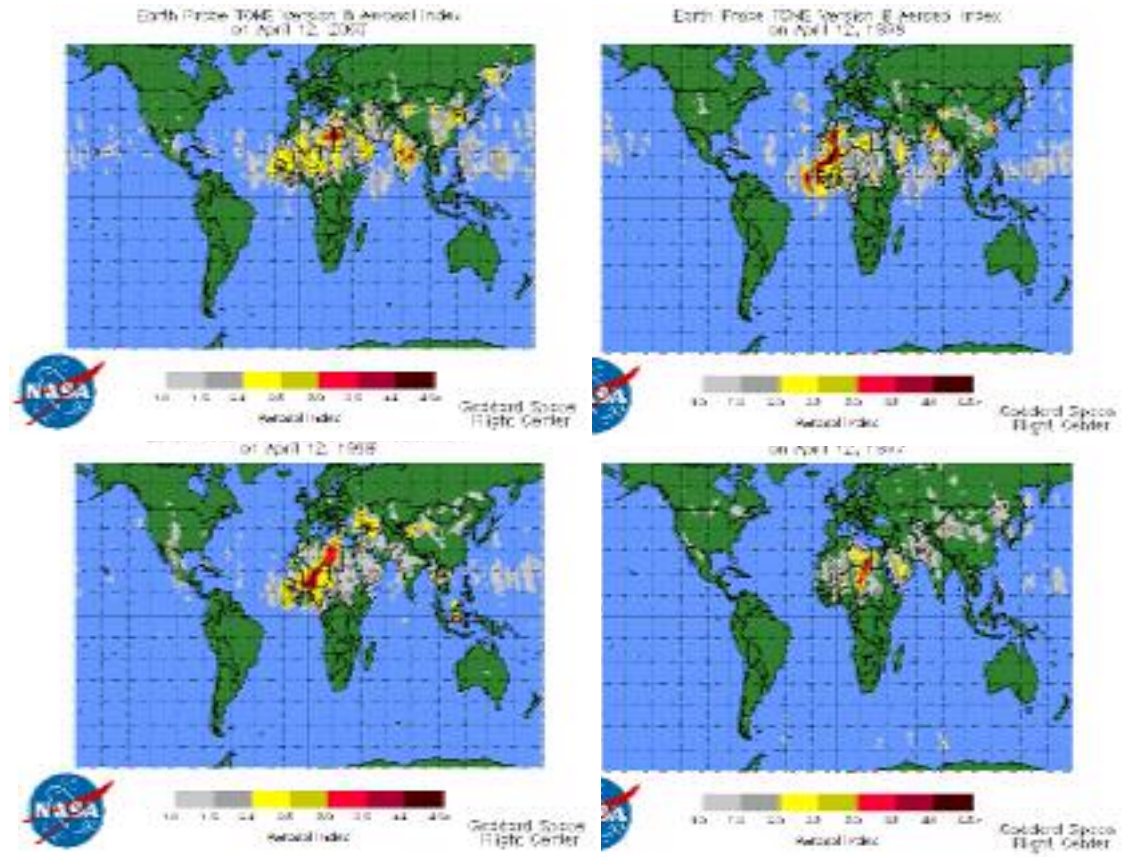
1999 yılında; Birkaç gün önce oluşan tozlu havanın yerini serin bir hava kütesinin almış olduğu,  
2000 yılında; yoğun bir tozlu havanın Doğu Akdeniz'e doğru ilerlemekte olduğu,  
2001 yılında; herhangi bir toz aktivitesinin varlığından söz edilemeyeceği,  
2002 yılında; Libya üzerinde çok yoğun bir tozlu tabakanın var olduğu,  
2003 yılında; atmosferde çok yoğun olmasa da tozlu bir tabaka olabileceği,  
2004 yılında; çok yoğun bir tozun Libya Türkiye hattı üzerinde hareket halinde olduğu,  
2005 yılında; yoğun tozlu bir havanın doğuya kaymış olduğu ve bölgenin Avrupadan sarkan serin havanın etkisinde olduğu söylenebilir.



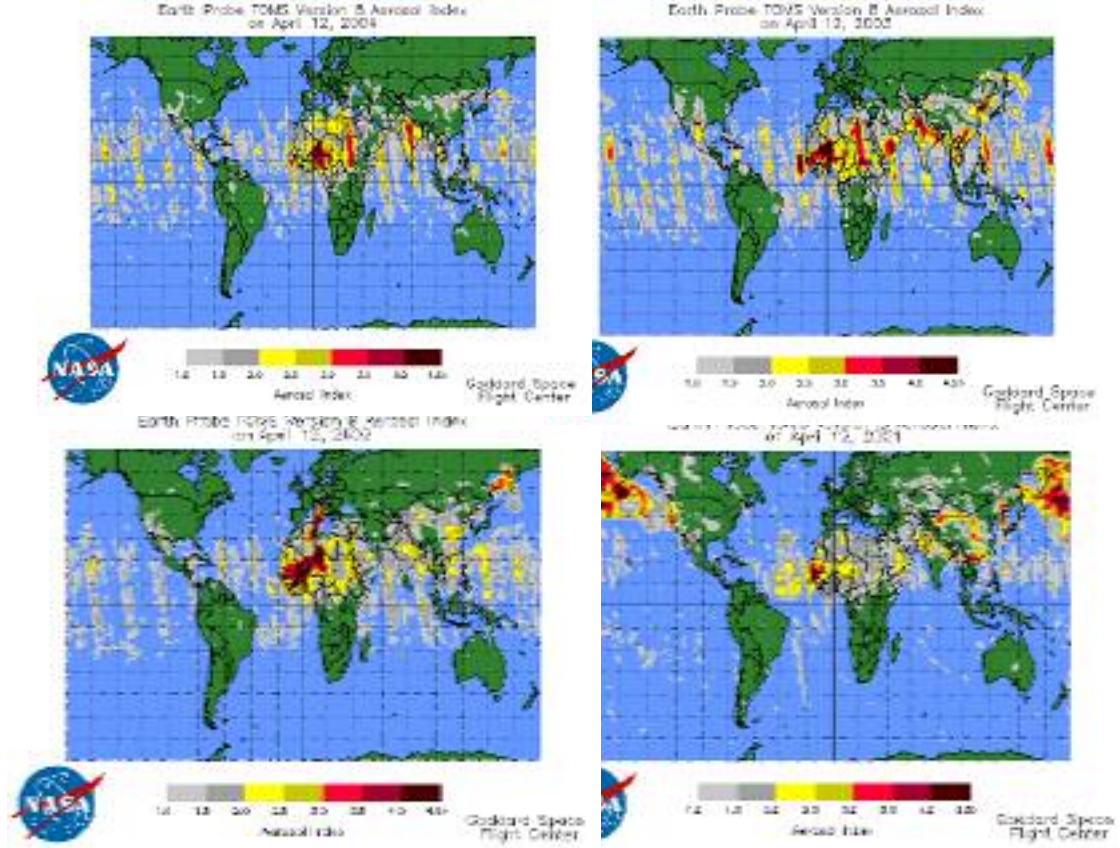
Şekil 1.33. 12 Nisan 1990-2005 tarihlerinde bölge üzerinde 850 hPa seviyesinde etkili olan hava durumunua genel bir bakış. Kaynak <http://wetterzentrale.de>

Kubilay ve Saydam (1995) tarafından da bahsedildiği üzere Sahranın en aktif olduğu dönemlerden birisi de Nisan ayıdır ve geçmiş 16 senelik bulgulara bakıldığında 2001 yılının belirli bir dönemi haricinde Sahranın bölge üzerindeki etkisi net bir şekilde anlaşılabilir.

Aynı bakış ile Şekil 1.34 ve 1.35'te gösterilen ve arşivleri sadece 1997 yılına kadar giden TOMS uydu verilerine 12 Nisan tarihi esas alınarak bakıldığında ise atmosferdeki toz yükü hakkında 850 hPa seviyesi ile ilgili görüntülerin yorumlarında ne söylendi ise aynen burada da tekrar edilebilir.



Şekil 1.34. 1997/2000 tarihleri arasındaki 5 Nisan 2005 tarihli TOMS uydu verilerine göre aerosollerin dağılımı. Kaynak <http://toms.gsfc.nasa.gov>



Şekil 1.35. 2000/2004 tarihleri arasındaki 5 Nisan 2005 tarihli TOMS uydu verilerine göre aerosollerin dağılımı. Kaynak <http://toms.gsfc.nasa.gov>

1997-2000 tarihlerindeki 12 Nisan a ait uydu verileri incelendiğinde;

1997 yılında; tozlu havanın Libya üzerinde ve güneyinde oluşmakta olduğu  
 1998 yılında; çok yoğun bir tozlu havanın Libyadan akdenize doğru çıktığı ve daha önce çıkmış olan bir tozlu kütleinin de Karadeniz'in doğusunda Kafkaslar üzerinde yer aldığı, Gobide hareketlenmeler olduğu  
 1999 yılında; Birkaç gün önce oluşan tozlu havanın yerini serin bir hava kütleinin almış olduğu, İran Afganistan Pakistan üzerinde yoğun toz varlığının izlenebildiği;  
 2000 yılında; yoğun bir tozlu havanın Doğu Akdeniz'e doğru ilerlemekte olduğu, ayrıca Kamçatka yarımadası üzerinde de yoğun toz tabakası olduğu izlenebilmektedir.  
 2001-2004 12 Nisan tarihlerine ait TOMS uydu verilerine bakılarak;

2001 yılında; herhangi bir toz aktivitesinin varlığından söz edilemeyeceği, ancak Gobi çölünden kalkan olağanüstü yoğun bir tozlu havanın da kuzey Pasifik üzerinden Alaska ya ulaşmış olduğu;

2002 yılında; Libya üzerinde oluşmuş olan çok yoğun bir tozlu havanın doğu Akdenize çıkmış olduğu ve bir ucunun Avrupaya ulaşmış olduğu. Ayrıca Gobi kaynaklı bir tozun da Japonya'nın kuzeyinden Pasifik okyanusuna çıkmakta olduğu;

2003 yılında; atmosferde çok yoğun olmasa da tozlu bir tabaka olabileceği, Gobi çölünün de çok aktif olduğu ve yoğun bir toz tabakasını hem üretmekte hem de Pasifik üzerine yeni ulaşmış bir toz tabakası olduğu;

2004 yılında; çok yoğun bir tozun Libya Türkiye hattı üzerinde hareket halinde olduğu, Gobi çölünün de çok yoğun olmamakla birlikte toz ürettiği, söylenebilir.

Saydam ve Şenyuva(2002) tarafından gösterilen olgu ise bu muazzam kaynağın hangi şartlarda tabiata kullanılabilir demir ve demirin kilin yapısından ayrılması sonucunda kristal yapısı bozulan kil minerallerinin açığa çıkardığı diğer bazı ana besin elementlerini vereceği olgusudur. Ancak burada bahsedilmesi gereken diğer bir konunun da bu kaynağın varlığının arkasındaki jeolojik geçmiş ve alıcı ortamdaki her şeyin de genetik olarak bu kaynaktan gelebilecek olan elementel oranlar karşısında geliştirmiş olduğu uyumdur. Coğrafi olarak da farklı yerlerde bulunan çöllerin etki alanında bulunan tabiatın da kaynaktan gelen oranlara göre uyum sağlaması da beklenir. Bir başka deyişle Gobi çölü etkisi altında bulunan Alaska tabiatının genetik adaptasyon sağladığı kullanılabilir demir ve diğer bazı besin elementleri oranları ile Sahra etkisinde kalan bölgelerdeki veya İran Afganistan etkisinde kalan bölgelerdeki etkilerin de aynı olması beklenemez. İşte bu nedenle bu tezde ve daha sonra yapılması önerilen çalışmalarda tozların etkilerine sadece mineral yükü olarak değil bulut içerisinde geçirdikleri yapısal değişiklik sonrası bakmak gereklidir.

Uydu verileri tozun kaynak noktasında yapılması gereken çeşitli araştırmalarda ışık tutmakta ve taşınımın bu derece yoğun olduğu bölgelerde yüzey örneklerinin yanıltıcı

olacağını ve mutlaka alınacak karot örneklerinde analizler yapılması gereğini ortaya koymaktadır.

Dolayısı ile küresel anlamda artık çöl tozlarının nereye ne zaman ve nasıl taşındığı hakkında şimdiye kadar olmadığı kadar kesin ve detaylı bilgilere anında ulaşmak mümkün olmaktadır. Bunlara ilaveten TOMS (Tropospheric Ozone Mapping Spectrometer Sistemi) aracılığı ile de küresel anlamda ozon ve aerosol miktarını takip etmek mümkün olmaktadır Torres et al.,(2002) (<http://toms.gsfc.nasa.gov>). Çöl alanlarından kalkıp atmosferik taşınımaya giren büyük boyutlardaki tozları bu uyduya ilaveten halen devrede olan SEAWIFS veya Avrupa Uzay Ajansı (ESA-ENVISAT) tarafından işletilen ERS serisi uydular ile de bulutsuz ortamda kesin olarak takip etmek mümkün olmaktadır.

Yakın bir tarihte Goggle tarafından Internet kullanıcılarının hizmetine sunulan Google earth aracılığı ile de yerkürenin hassas görüntülerine ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu veriler özellikle çöl alanları üzerinde atmosferin temiz olması nedeni ile çok daha net görüntüler almakta ve uydu verilerine statik olmakla beraber renk ve çözünürlük olarak yepyeni bir boyut katmaktadır. Bu verilerin sayısal yükseklik haritası ile birlikte kullanılması toz üreten alanlarda yapılacak yer tesbit çalışmalarına büyük destek olabilecek ve toz üretme kapasitesi olan alanlardaki en düşük kodlu bölgeden alınacak örneklerin yerlerinin GPS (Global Positioning System) aracılığı ile hem olabildiğince hassas hem de yer koşullarının nasıl olacağını önceden görerek tesbit edilmesine ve gidilecek bölgeye nasıl ve nereden daha kolay gidilebileceğine veya gidilmeyeceğine çok daha kolay karar verilebilecektir.

## 2. LİBYA'YA GENEL BAKIŞ

### 2.1. Bölgenin coğrafi konumu ve özellikleri



Şekil 2.1. Libya'nın Google Earth'ten alınan genel görüntüsü.

Geniş yüzey alanları çöllerle kapalı bulunan Libya'nın yüzölçümü 1.760.000 kilometre karedir. 4348 kilometre kara sınırı olan Libya'nın 1770 kilometre de deniz kıyısı mevcuttur. Ülkenin komşuları ve sınır uzunlukları şöyledir. Cezayir (982km); Çad (1055km), Nijerya (354km); Sudan (383km) ve Tunus (459km). İnternet aracılığı ve Google Earth kullanılarak elde edilen ve Libya'nın genel coğrafyasını gösteren bu uydu resmi Şekil 2.1'de verilmiştir. Bu uydu resmi ülkedeki genel toprak yapısını ve geniş çöl alanlarını en güzel şekilde göstermektedir.

Akdeniz kıyısındaki dar verimli alanların haricinde ülkenin tamamı kurak, kayalık ve geniş kum çölleri ile kaplıdır. Ülkenin güneyindeki Tibesti tek dağlık bölgedir ve ülkenin güneyindeki çöllerin içerisinde yar alır. Ülkenin birkaç tuz gölüne karşı tatlı su alanı yoktur. Bu genel tablo içerisinde ülkenin sadece %5'inden daha az bir kesimi ekonomik olarak kullanılabilir durumdadır.

Toplumun %80'i kıyı bölgelerde yaşamaktadır ve bu bölgelerde sıcak yaz ılıman kış mevsiminin hakim olduğu Akdeniz iklimi hakimdir. İç bölgelerdeki çöl bölgelerinde ise çok zıt günlük sıcaklık değerlerinin hüküm sürdüğü çöl iklimi hüküm sürmektedir. Ortalama yağış miktarı ise yok denecek seviyelerdedir, kaydedilen yağış ise sadece kış döneminde ve ülkenin kuzey kesimlerinde gerçekleşmektedir. 2001 verilerine göre tarıma elverişli alan %1.03, ağaçlı alan %0.19 ve diğer alanlar %98.78 dir. Ülke topraklarının en düşük seviyesi denizden 47 metre daha derinde olan Sabkhat Ghuzayyil bölgesi en yüksek yeri ise deniz eviyesinden 2267 metre yükseklikte olan Bikku Bitti dağıdır. Ülke nüfusu Temmuz 2005 tahminlerine göre 5 765 563 kişidir. Nüfusun %33.9'u 0-14 yaş arasında %62'si 15-16 yaş arasında sadece %4.2 si 65 yaş ve üstündedir. Ortalama yaş 22.68 yaşama süresi beklentisi ise 76.5 yıl dir. Erkekler için ortalama yaş 22.8 yaşam süresi beklentisi 74.29 yıl bayanlar için ortalama yaş 22.56, yaşam süresi beklentisi ise 78.82 yıl dir. Ülke 25 şehirden oluşmuştur. Günümüzde Libya ekonomisi büyük bir oranda petrol gelinine dayanmaktadır. Petrol ihracatı Libya ekonomisinin ¼'nü oluşturmaktadır. Petrolün haricindeki endüstriyel sektör milli gelirin %20 sini oluşturmakta ve son senelerde tarımsal ürün üretiminden petrokimyasal üretime, demir ve çelik endüstrisine doğru kayma göstermiştir. İklimsel koşullar ve toprağın verimli olmayışı nedenleri ile Libya yiyeceğinin %75'e varan kesimini ithal etmek durumundadır. Ülkenin Gayri Safi Milli Hasılatı 37.84 milyar dolardır ve bunun %45.6 sı servis sektörünce, %45.7 si endüstri tarafından %8.7 si de tarımsal faaliyetlerden sağlanmaktadır, yıllık büyüme oranı 2004 tahminlerine göre %4.9 dur. Ülkenin en önemli gelir kaynağı olan petrol üretimi 2004 tahminlerine göre günde 1.518 milyon varil seviyesindedir. Ülkedeki petrol rezervlerinin 38 milyar varil, doğal gaz rezervlerinin ise 6.18 milyar metreküp olduğu tahmin edilmektedir. Ülkenin ihracatı 18.65 milyar dolardır ve ticaret yapılan belli başlı

lkeler sıralamasına göre İtalya %37 ile birinci, Almanya %16.6 ile ikinci, İspanya %11.9 ile nc, Türkiye %7.1 ile dördüncü ve Fransa % 6.2 ile beşinci sırada yer almaktadır. Ülkenin senelik ithalatı ise 7.224 milyar dolardır ve en önemli kalemleri makina, taşıma araçları, yarı tamamlanmış ürünler, gıda ve tüketici ürünleridir. İthalat İtalya(%25.5); Almanya (%11); Güney Kore (%6.1); İngiltere (%5.4); Tunus (%4.7); ve Türkiye (%4.6) şeklindedir.

<http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/geos/ly.html>

([http://www.countrywatch.com/cw\\_country.asp?vcountry=1](http://www.countrywatch.com/cw_country.asp?vcountry=1)).

### **3. MATERYAL VE METOD**

Bu tez çalışmasında; Libya toprak örneklerinin bulut içerisindeki davranışlarını incelemek amacı ile toprak örnekleri suda çözülmüş ve suyun pH, nitrit, nitrat, sülfat TOC ve TON dağılımları araştırılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan toprak örneklerinin alındığı yerler Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Toprak örnekleri 2003 yaz döneminde Libya'dan alınmıştır. Libyanın kuzeybatı kesiminde yer alan Gharyan bölgesindeki anayol güzergahı etrafındaki bölgeden 14 adet örnek toplanmıştır. Toprak örnekleri ile ilgili tüm analizler Çevre Mühendisliği laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

#### **3.1. Standartların Hazırlanması**

Standart çözeltilerin hazırlanması için Analar marka kimyasallar kullanılmıştır.

##### **3.1.1. Ultra saf su**

Standart solüsyonların ve numunelerin hazırlanmasında reçine kullanılarak ön artımadan geçirilmiş musluk suyu ile beslenen Human Corp. Innovation sistemi ile elde edilen 18 mmho'luk su kullanılmıştır.

##### **3.1.2. İyon Kromatografi (IC) analizleri için hareketli faz hazırlanması**

IC analizlerinde hareketli faz olarak kullanılan 38  $\mu\text{M}$  NaOH çözeltisi hazırlamak için 500  $\mu\text{M}$  'lık stok NaOH çözeltisinden 76 ml NaOH alıp üzeri 1 lt'ye tamamlanmış veya 1.52 g Analar NaOH tartılmış ve 1 lt'ye tamamlanmıştır. Seyreltme için havası emilmiş ( $\text{CO}_2$ 'i alınmış) saf su kullanılmış ve sudaki  $\text{CO}_2$ 'in analiz edilen anyonların alıkonma zamanlarını etkilemesi engellenmiştir.

### 3.1.3. Standart çözeltilerin hazırlanması

$\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Okzalot analizleri için kullanılan kimyasalın formül ağırlığına göre belirli miktarlarda tartılarak 100 ml'lik balon jöjelere alınmış ve üzerleri saf su ile tamamlanmıştır. Böylece 1000 ppm'lik stok solüsyonlar hazırlanmıştır. 1000 ppm'lik stok standart çözeltilerden, 100 ppm'lik çalışma stokları hazırlandı ve her bir katyonun analiz limitleri dahilinde önce tek kimyasal içeren solüsyonlar hazırlandı ve IC kolonunun hangi katyona hangi zamanda cevap verdiği saptanmıştır.

Daha sonra standart kalibrasyon grafiği çizmek için standart karışımlar hazırlanmıştır. Bu hazırlanan standart karışımlarla kalibrasyon eğrileri hazırlanmıştır.

### 3.1.4. Kalibrasyon eğrilerinin çizilmesi

IC analizlerinde AS 15 kromatografik kolon kullanılmıştır. Libya toprak örneklerindeki katyon konsantrasyonlarını hesaplamak için, 0.1 ppm-6 ppm arasında çeşitli çözeltiler hazırlanmıştır. Analiz edilen katyona göre örnekler kolonun o katyona karşı optimum çalışma limitleri dahilinde seyreltilmiştir. Örnekler 0.45 mikron gözenekli filtreden süzülerek kolona enjekte edilmiştir.

### 3.2. Toprak çözeltilerinin hazırlanması

DeneySEL çalışmalarda kullanılan toprak örnekleri, kuru olarak, 63  $\mu\text{m}$  (250 mesh) 'lik elekten geçirilmiştir. Libya'dan gelen toprak örneklerinin tamamı bu elekten geçmiş ancak yine de kum fraksiyonunun varlığı gözlenmiştir. Yapılması planlanan analizlerin gereği olarak kil fraksiyonunun ıslak çökeltme yöntemi ile ayrılması gibi bir yöntem uygulanmıştır. IC analizleri için 10 gram örnek tartılmış ve 50 ml ye tamalanmıştır. Bu karışım ultrasonik su banyosunda 15 dakika sonik dalgaların etkisinde çalkalanmıştır. Daha sonra 3000 dev/dakika'da santrifüj edilen çözeltilerden belirli miktar alınmış ve gerektiği kadar seyreltilmiş ve bu örnekten steril plastik şırınga ile alınan 1 ml örnek 0.45  $\mu\text{M}$  filtre kağıdı içeren özel teflon filtreden geçirilerek cihaza enjekte edilmiş ve IC analizleri gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.1. Toprak örneklerinde pH belirlenmesi**

pH ölçümlerinde kullanılan toprak örnekleri, 63 µm (250 mesh)'lik elekten geçirilerek aynı fraksiyona getirildi. Toprak örnekleri 105°C'de 2 saat kurutulup, desikatörde 1 saat soğutuldu.

Alternatif yöntemlerden 'Toprak-Su (1:2.5'luk) Karışımında pH Belirlenmesi' yöntemi kullanıldı (Kacar,1993). Soğuyan numunelerden 10 gr. tartılarak 50 ml 'lik beherlere aktarıldı. Üzerleri 25 ml saf su ile tamamlandı. Çalkalayıcıya konularak 5 dakika karıştırıldı.

Analiz için; pH 320 / SET-1 WTW pH meter kullanılmıştır. pH metrede okuma yapılmadan önce pH=4,01 ve pH=7,00 standart tampon çözeltiler ile pH metre kalibre edilmiş ve daha sonra pH metre elektrotları, karıştırılan numunelerin üst kısmındaki çözelti içerisine daldırılıp, çözelti yatay şekilde hafifçe çalkalanmak suretiyle ölçüm yapılmıştır. Her toprak numunesinin, pH ölçümünden önce elektrotlar saf su ile yıkanmıştır.

### **3.3 IC (İyon Kromatograf) ile anyon analizi**

İnorganik anyon ve katyonların hesaplanmasında IC uygulaması çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda geliştirilen metotlar, daha yüksek kapasiteli kolonlar, daha büyük hacim enjeksiyonlar, ve çok kompleks örnek hazırlama gibi, IC alanında genel ilerlemeleri ifade etmektedir.

#### **3.3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan IC cihazı özellikleri**

Toprak örneklerinin anyon analizleri için kullanılan iyon kromatografın görünümü Şekil 3.2.'de verilmektedir.



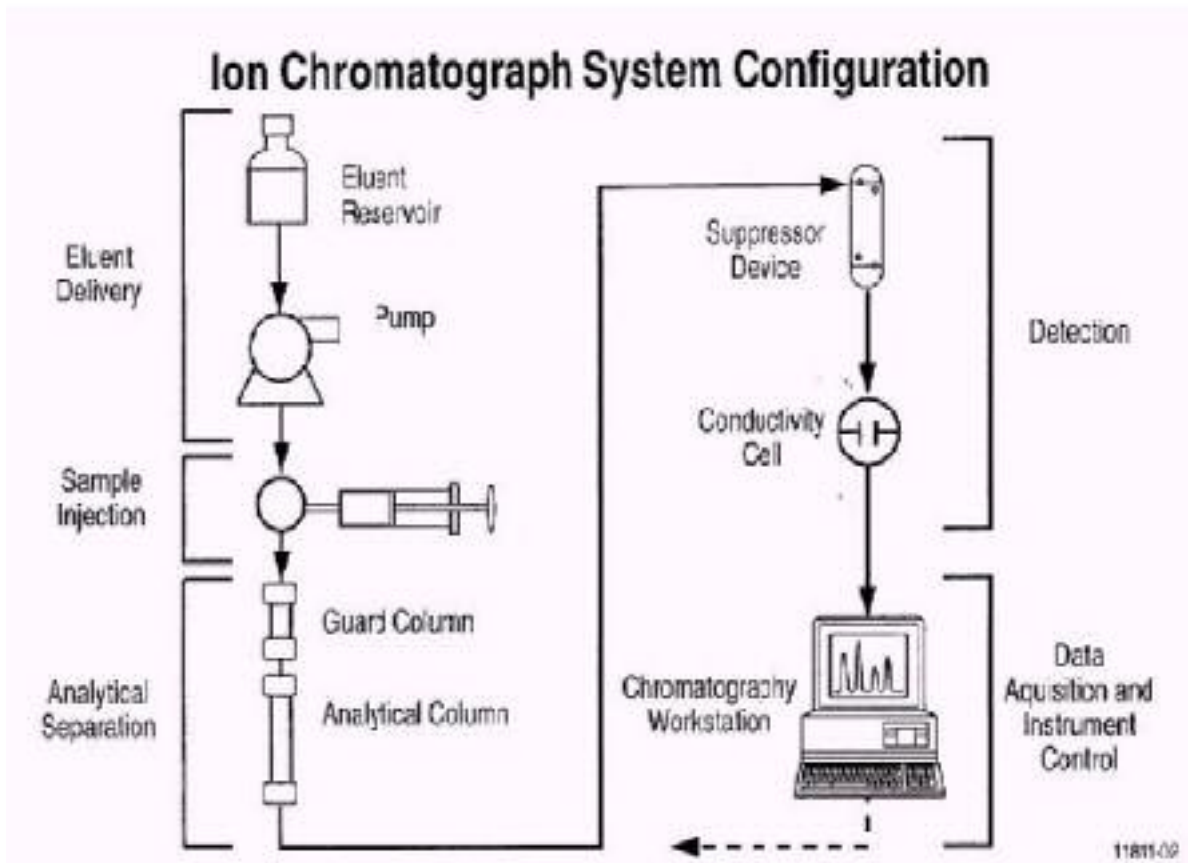
Şekil 3.2. İyon Kromatografi (IC) cihazı görünümü

Deneysel çalışmalarda anyon analizi için kullanılan IC cihazı özellikleri;

- a) Cihaz: Dionex 100 ION CHROMATOGRAPHY
- b) Kolon: Dionex AS 15-4 mm IonPac
- c) Detektör : Elektrikli (basıncılı) iletkenlik detektörü
- d) Suppressor: ASRS-Ultra-4 mm
- e) Mobile Phase: 30  $\mu$ M NaOH
- f) Akış Hızı: 1.2 mL / dakika
- g) Enjeksiyon Hacmi: 1 ml
- h) Kolona Verilen Hacim: 25  $\mu$ L
- h) Detektör Range:1-3  $\mu$ S
- i) Sıcaklık: Oda sıcaklığı

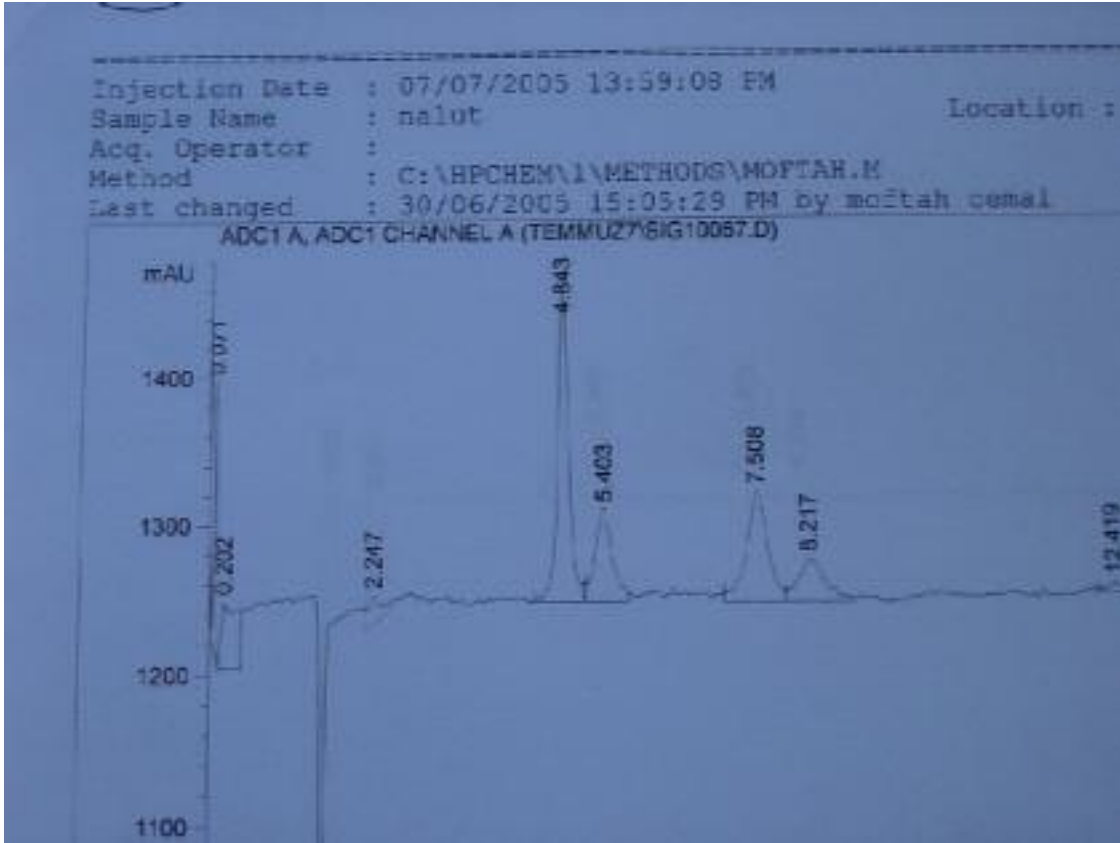
Anyon analizleri, Dionex DX 100 ION CHROMATOGRAPHY ( AS 15 column, 30 $\mu$ M NaOH, 1.2 mL/dakika akış hızı) ile yapılmıştır ve Libya toprak örneklerinde anyon ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ve okzalot ) miktarları tespit edilmiştir.

Toprak örneklerindeki anyonlar, Dionex AG15A 4-mm ön koruyucu kolon ve AS15A 4-mm anyon kolon ile analiz edilmiştir. Koruyucu kolon anyon kolondan önce, örneklerden ileri gelecek tıkanmaları önlemek için kullanılır. Çünkü anyon kolona göre koruyucu kolonun temizlenmesi ve değiştirilmesi daha kolay ve ucuzdur.



Şekil 3.3 İyon Kromatografi cihazındaki akışın şematik gösterilişi. 38  $\mu$ M NaOH içeren depo kolondaki maddelerin sürülüşü amacı ile pompa tarafından itilerek kullanılmaktadır. Kolona enjekte edilen yaklaşık 1 ml örneğin sadece 25  $\mu$ l kesimi kolona girmekte ve supressörden geçtikten sonra iletkenlik ölçerde algılanmaktadır.

Kullanılan IC sistemi şematik olarak Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Numunelerin analizinden önce anyonların alıkonma zamanlarını görmek için daha önce hazırlanan standart solüsyonlar enjekte edilmiştir. Bu cihazın en belirgin özelliği her kromatografi cihazında olduğu gibi ölçülmesi istenen anyonun kolona tek olarak verilmesi ile tepe noktasının ve dolayısı ile kolondaki alıkonma süresinin hesaplanması esasına dayanmaktadır. Yeterli deneyim kazanıldıktan sonra ölçümü yapılacak anyonların hepsini içeren standart solüsyonlar kolona verilmiş, kullanılan kolona göre IC'de anyon tepelerinin geliş sırası veya anyonların alıkonma süreleri Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Libya toprak örneğinin (Nalut) IC' de analiz anında nitrit, sülfat, okzalit, ve nitratın kromatogramı. Kolon: AS 15 anyon kolon, 250 \* 4 mm iç çap; hareketli faz; 30µM NaOH, akış hızı; 1,2 ml/dakika, iletkenlik detektörü.

Bir başka değişle kolona her örnek basılması sonrasında bir sonraki analize geçmek için en az 20 dakika beklenmiştir. Bu kolonun ayrıştıracağı söylenen ve bizim de analiz etmek istediğimiz anyonların tamamının kolonu terk etmesi ve sinyalin tekrardan en alt seviyeye inmesi için geçen zaman dilimidir. Çalışmaların bitiminde de kolona en az iki kez saf su enjekte edilmiş ve kolonun içersinde o güne ait herhangi bir kalıntının kalması engellenmiştir. Yeni bir çalışmaya da öncelikle kolona su verilerek başlanmış ve analiz edilmesi istenen ve beklenen yerlerde tepelerin gelmediğine emin olduktan sonra kalibrasyonlar ile yeni deney setine başlanmıştır. Deney sürecinde IC cihazında bulunan kolon ve supresör ekonomik ömrünü tamamladığı için devre dışı kalmış ancak Libya Elçiliğinden sağlanan destek ile kısa zamanda yeni kolon ve önkolon ile sapresör temin edilmiş ve deneylere devam edilmiştir.

### **3.4 Toprak örneklerinde metal analizleri**

Elenmiş ve 60 derecede 24 saat süre ile kurtulmuş toprak örneklerinden alınan yaklaşık 0,5-0,8 gram toprak bu amaç için imal ettirilmiş olan teflon kaplara konulmuştur. Jeoloji laboratuvarı asit ile parçalama odasında mevcut asit buharlarına dayankılı çeker ocak içerisinde örneklerin üzerlerine önce nitrik asit konulmuş ve 24 saat süre ile kapalı vaziyette kaynatılmıştır. Örneklerin üzerlerine daha sonra hidroflorik asit ilave edilmiş ve içerdikleri silikat minerallerinin parçalanması sağlanmıştır. Aletli analiz için cihazlara herhangi bir zarar vermemek amacı ile örneklerde kalan hidroflorik asit buharlaştırma yöntemi ile ortamdan uzaklaştırılmıştır. Kurumaya yakın hale gelen örnekler 0.1 N HNO<sub>3</sub> ilavesi ile belirli hacime kadar seyreltilmiştir. Aynı uygulamalar şahit numuneler için de tekrarlanmıştır.

### 3.4.1 Atomik absorpsiyon analizleri

Metal analizleri Perkin Elmer AA800 model cihaz ile ve alevli yöntemle gerçekleştirilmiştir. Her element için üretici firma tarafından bu alet için tavsiye edilen sınır değerler içerisinde analizler yapılmış ve kalibrasyon eğrisi limitleri dışında kalan numuneler programın da uyarısı ile gerektiği kadar seyrelilerek ölçülmüştür. Kalibrasyon eğrileri 1000 ppm Certified Standart solüsyonlar kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan 100ppm lik çalışma stoklarından her elementin gereksinim duyduğu limitler dahilinde kalibrasyon çözeltileri hazırlanmıştır.

### 3.5. Toplam Organik Karbon (TOC) ve Toplam Organik Azot (TON) analizleri

Bölümümüzde yeni devreye alınan bu cihaz yardımı ile Libya toprak örneklerinde bulunan çözünmüş Toplam Organik Karbon (Total Organic Carbon-TOC) ve Toplam Organik Azot (Total Organic Nitrogen-TON) seviyeleri Teledyne Tekmar cihazı kullanılarak yapılmıştır. Apollo 9000 TOC analiz ünitesi ile örneklerdeki TOC miktarları ölçülmüştür. Metod örnek içerisindeki organik karbonun oksitlenmesi ile (680<sup>0</sup>-1000<sup>0</sup> C) karbon dioksite dönüşmesini ve oluşan gazın infrared analizör aracılığı ile algılanması ile ölçülmektedir. Ölçülen miktar daha önce hazırlanmış olan standart kalibrasyon eğrisi ile ppm cinsinden hesaplanmaktadır.

Örneklerdeki TON miktarları da Apollo 9000 e bağlı olan azot ünitesi aracılığı ile ölçülmüştür. Burada da örnek katalitik bir oksitlenme ile her türlü azot bileşiği azot monoksit (NO) ve karbon dioksite oksitlenmektedir (CO<sub>2</sub>). Oluşan gazlar taşıyıcı gaz ile birlikte önce karbon dioksit analizi için IR algılayıcıya gider. Daha sonra aynı gazlar cihazın azot algılayıcısı kesimine taşınırlar ve burada ozon ile karıştırılırlar. Azot mono oksit burada azot diokitin ekzite edilmiş haline dönüşmekte yani elektronları bir üst seviyeye çıkmaktadır. Reaksiyon çemberinden sonra ekzite olan azot dioksinin kararlı enerji seviyesine inmesi ile birlikte ortama enerji salınımı olmakta ve bu enerjiye kimyasal enerji boşalması adı verilmektedir. Bu ışınım salınımına hassas bir algılayıcı ile (cehmluminescence photodiode detecetor) oksitlenme sonucu oluşan

azot monoksit miktarı hesaplanmaktadır. Cihaz ölçümler yapılmadan önce örnekte bulunması beklenen karbon ve azot miktarlarına göre organik karbon için potasyum hidrojen fitalat ile, azot için ise potasyum nitrat ile kalibre edilmektedir.

## **4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

### **4.1 Libya'ya Genel Bakış**

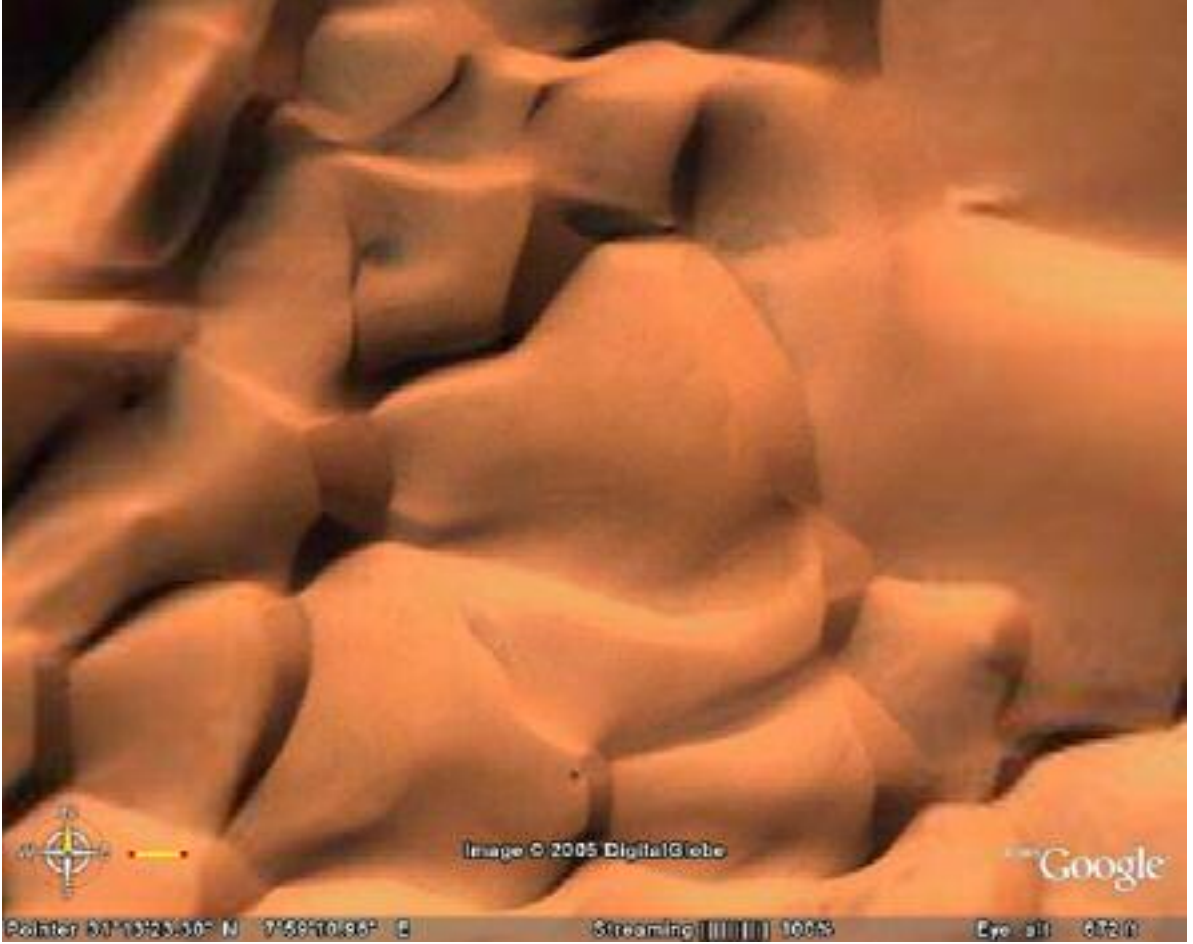
Google Earth aracılığı ile Internet'ten alınan genel görüntü Şekil 2.1 de verilmişti. Bu veriler ile geçmişte ancak büyük emek ve maddi olanaklar sayesinde ulaşılabilen bilgilere anında ve ücretsiz olarak ulaşmak mümkündür. Bu veriler örneklerin toplanması ile ilgili görüşmeler yapıldığında mevcut değildi ve ancak 2005'in ilk yarısında bilim dünyasının hizmetine girmiştir. Çöl alanları üzerlerindeki atmosferin tozsuz günlerde çok açık olması nedeni ile genellikle uydu verileri çöl üzerinde çok net görüntülerin elde edilmesine olanak tanımaktadır. Google Earth te bulunan ve örneğin, Libya üzerinde bazı bölgelere ait çok daha net ve ayrıntılı görüntülere ulaşmak da mümkündür. Bu tip veriler ileride yapılacak araştırmalar için çok önemli ön bilgiler verebilmektedir.

Örnek olarak Google Earth'te bulunan bir detaylı bir görüntüsü Şekil 4.1'de verilmektedir. Genellikle çölde bulunan petrol üretim noktalarına ait olan bu uydu görüntülerindeki yer hassasiyeti bundan sonra yapılacak örneklemelerin artık metre bazındaki hassasiyetlerde yapılabileceğini de açıkça göstermektedir.



Şekil 4.1 Libyanın kuzey doğu bölgesinde yer alan ve 29 09K 21 25 D konumunda bulunan bölgenin hassas uydu görüntüsü Kaynak: [http:// earth.google](http://earth.google)

Şekil 4.1 'de verilen görüntüde 29 09 K ve 21 25 D konumunda yer alan ve yerden 2462 feet yükseklikten görüldüğü şekilde resimlenen alanda bulunan ve muhtemelen tuzlu su deposu olarak kullanılan bölgedeki iç havuzun boyunun 491 metre eninin ise 248 metre olduğu ve havuzun sağ alt köşesinde bulunan ve iç havuzdan dış havuza su boşaltılan yerdeki açıklığın ise 18.82 metre olduğu tesbit edilmektedir. Teknolojinin sağladığı bu olanaklar ile bundan sonra yapılacak örneklemelerin çok daha anlamlı yapılabilmesi de olanak dahilinde olabilecektir. Ghadamis bölgesinde ve Tunus içlerinde bulunan çöl alanına ait diğer bir hassas görüntüde ise çöldeki kum tepeleri olduğu varsayılan bir bölgede neredeyse santimetre bazında ulaşılan hassasiyet gösterilmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Ghadamis bölgesinde ve Tunus içlerinde 31 09 K 7 58 D konumundaki çöl bölgesinin hassas görüntüsü Kaynak <http://earth.google>



Şekil 4.3 Libya toprak örneklerinin Google Earth görüntüsü üzerinde işaretlenmiş hali.

Libya'nın kuzeybatı bölgesinden çeşitli yerlerden alınan örnekler Şekil 4.3'te verilen Google Earth'ten sağlanan görüntü üzerinde işaretlenmiştir. Görüldüğü üzere örnekler özellikle bölgenin kuzey ve batısında daha yoğundur. Güneydeki Al hamada bölgesinden az sayıda örnek toplanmasının nedeni bu bölgenin geniş ve düz bir alan olması ve toplanan örneklerin geniş bir alanı temsil edebileceği nedenine dayanmaktadır. Yukarıda bahsedildiği üzere İnternet üzerinden ulaşılabilen Google Earth uydu verileri örneklerin toplandığı dönemde kullanımda olmadığı için örneklemeler Libyanın iç bölgelerine kadar uzanan ana yol güzergahında gerçekleştirilmiştir. Ancak bu bölge uydu verilerinden de anlaşılacağı üzere erezyon sonucunda toprak fraksiyonunu büyük ölçüde kaybetmiş ve daha çok kayalık bir

bölgedir ve belki de toz kaynaklarının araştırılması için en son seçilecek bir bölge özelliği taşımaktadır. Ancak çöl bölgelerinden yapılması planlansa dahi istenilen yerden örnekleme yapılması da ulaşım nedenleri ile çoğu zaman da imkansız olabilmektedir. Bunlara ilave olarak bölgenin yerel özellikleri ve hassasiyetleri de ayrı bir engel teşkil etmektedir. Ancak burada önemli olan temel konu araştırmaların bundan sonraki aşamaları için yol göstermek ve ileride çöl alanlarından alınması planlanan karot örneklerinde hangi tür analizin neden yapılması gerektiğine ışık tutabilmektir.

#### 4.2 Toprak örneklerinin fiziki yapısı

1.760.000 kilometre kare gibi geniş bir coğrafyaya sahip olan Libya'dan alınan toprak örnekleri Gharyan bölgesinden ve bölgede mevcut ana yol güzergahı üzerinden alınmıştır. Google earth gibi bir görsel olanak örnekleme tarihinde mevcut olmadığı için toplanan örneklerde genellikle kum fraksiyonun fazlalığı dikkat çekmektedir.(Şekil 4.4)



Şekil 4.4. Libya toprak örneklerine genel bakış

Toprak örneklerine genel olarak bakıldığında kırmızımsı renk net bir şekilde görülmekle beraber bazı örnekler çok daha koyu kırmızı bazıları ise daha sarımsı renge kaymaktadır. Bu örneklerin yakın plan çekimlerinde örneklerdeki kum fraksiyonu daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.5 Libya toprak örneklerinin yakın plan fotoğrafı. Daha kırmızı renge sahip örnek.



Şekil 4.6 Libya toprak örneklerinin yakın plan fotoğrafı. Daha açık renge sahip toprak.

Yakın çekim fotoğraflardan da görüleceği üzere örneklerde bölgelere göre bariz bir renk farklılığı olsa da kum fraksiyonunun ağırlığı ortadadır ve örneklerin elimizde mevcut olan en ince elekten geçirilmesi ile de elek üstünde kalan bir parça da olmamıştır. Bu da örneklerin en azından homojen olduğunun kanıtı olmaktadır. Bu nedenle bundan sonra bahsedilecek analizlerin, örneklerin bu durumu göz önüne alınarak irdelenmesi gerekmektedir. Bu sınırlayıcı faktör nedeni ile örneğin; örneklerdeki metal analizleri sonuçları literatürde verilen toprak örnekleri ile karşılaştırılamamıştır. Literatürde mevcut diğer toz örnekleri de havadan tozun filtrasyon yöntemi ile toplanması nedeni ile metreküp havada miktar olarak verilmekte ve yine bir karşılaştırma yapma olanağı tanımamaktadır.

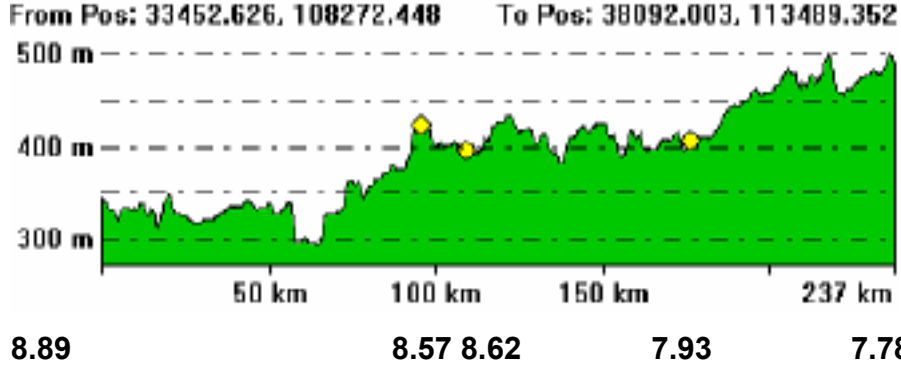
### **4.3. Libya Topraklarındaki pH Değişimi**

Şekil 4.7'de yer haritası üzerinde verilen ve Libya toprak örneklerindeki pH dağılımı gösteren bu haritadan, Libya topraklarının genelde toprakta bulunan karbonatlı bileşenlerin tamponlama özelliklerine sahip olduğu görülmekte ve pH 6,8 - 8 arasında bulunmaktadır (De Connick and Von Ronst, 1993). Bu genellemeden tek ayrışma Ghadamis toprak örneğinde görülmektedir ve bu toprağın pH değeri 8.89 değerindedir. Ancak tüm bu değerler yukarıda bahsedildiği üzere alışlagelmiş bir toprak için değil kum fraksiyonu ağırlıklı olan örnekler için geçerli kabul edilmelidir.

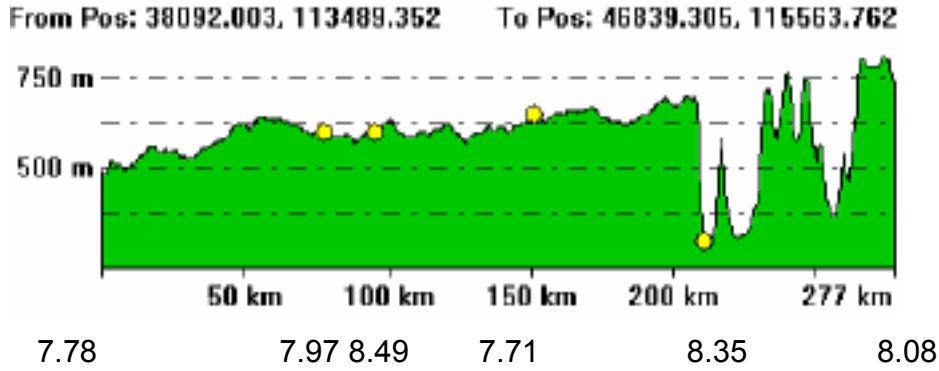


Şekil 4.7 Libya toprak örneklerinde pH değişimi.

Genel olarak gösterilen istasyonlardan çalışma alanının batısında kalan bölgede bulunan Ghadamis Wadi Sharshof, Wadi Zuzam, Sinawn ve Nalut'a kadar uzanan bölgelerden alınan örneklerin pH değerlerinin Şekil 4.8'de gösterilen sayısal yükseklik haritasından incelenmesi sonucunda; genelde yükseklikle pH değerlerinde azalma gözlemlenmiştir

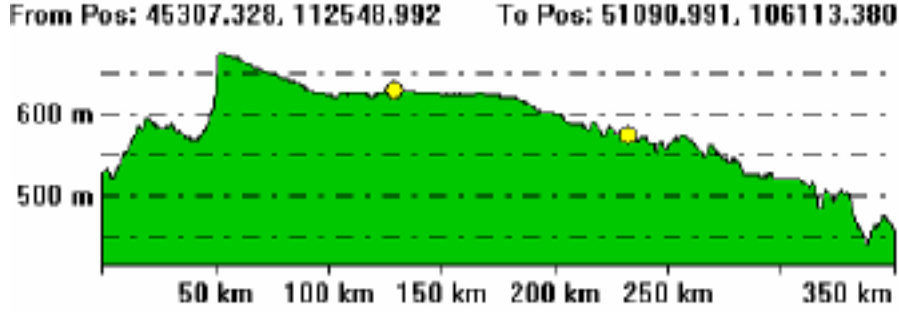


Şekil 4.8. Ghadamis, Wadi Sharshof, Wadi Zuzam, Sinawn ve Nalut istasyonlarının DEM üzerindeki konumları ve pH değerleri.



Şekil 4.9. Nalut, Kabw, Arr Hayabat, Azzintan, Yafran ve Gharyan istasyonlarının DEM üzerindeki konumları ve pH değerleri.

Çalışma alanının kuzeyinde yer alan ve Nalut Kabw Arr Hayabat Azzintan Yafran ve Gharyan istasyonlarını kapsayan bölgedeki Şekil 4.9'da verilen pH dağılımına bakılınca pH değerlerinin yükseklikle belirgin bir değişim göstermediği görülmektedir



8.11

8.15

8.12

8.24

Şekil 4.10 Mizdah, Alhamada Bir Alhamam ve Bir Tikshin istasyonlarının DEM üzerindeki konumları ve pH değerleri.

Çalışma bölgesinin doğu tarafında bulunan ve Mizdah, Alhamada Bir Alhamam ve Bir Tikshin'e kadar uzanan ve Şekil 4.10'da gösterilen istasyonlardaki pH değişimi ise en kararlı sınırlardadır ve yerküre görüntüsüne bakıldığında Libyadaki örnekleme bölgesindeki en genel yapıdaki toprak parçasını temsil etmektedir ve pH değişimi 8.12 gibi ortalama bir değerdedir.

#### 4.4. Libya Topraklarında Organik Karbon ve Azotun değişimi

Libya toprak örneklerinde Toplam Organik Karbon ve Toplam Organik Azot (TOC ve TON) cihazı ile yapılan karbon ve azot analiz sonuçları yine aynı yöntemle yer görüntüsü üzerine işlenmiştir.



Şekil 4.11. Libya toprak örneklerinde Toplam Organik Karbon miktarları (TOC) ppm.

Örnekleme alanında ölçülen ve Şekil 4.11'de gösterilen toplam organik karbon dağılımına bakıldığında yerleşim bölgeleri haricinde TOC değerlerinin 8-11 ppm arasında değişim gösterdiği gözlemlenmektedir. Alhamada gibi geniş çöl alanlarında ise ortalama değer genellikle 10 ppm civarındadır.

En yüksek değer 46 ppm olarak Arrahaybat ta ölçülmüştür. Tek bir değerle bu bölgeye ait genel bir yorum yapma imkanı olmamakla beraber Gharyan ve Yifran Ghadamis gibi yerleşim bölgelerinden alınan örneklerde daha fazla karbon bulunması bu aşamada sadece nüfusa veya bölgede mevcut anayol güzergahına bağlı bir artış olarak yorumlanmaktadır.



Şekil 4.12. Libya toprak örneklerinde ölçülen Toplam Organik Azot (TON) miktarları (ppm)

Şekil 4.12'de gösterilen Libya toprak örneklerindeki TON dağılımına bakıldığında ise yine çöl topraklarının 4 ppm gibi ortalama bir azot içerdiği gözlemlenmektedir. TOC

değerlerinde görülen sapmaların TON değerlerinde gözlenmemesi de diğer kayda değer bir konudur.

Gözlenen değerlerin TOC/TON değerleri yerleşim olmayan güneydeki Alhamada Bir Tikshin Bir Alhamam ve Mizdah için hesaplandığında TOC/TON=2.60 gibi bir değer hesaplanmaktadır. Kendi başına bu değer hakkında bir yorum yapmanın bir anlamı da yoktur çünkü tezde ele alınan konu Libya topraklarının bulut içerisindeki davranışlarının izlenmesi esasına dayanmaktadır. Örneklemelerin de tozun asıl kaynakları olan alanlardan yapılmış olması da ikinci bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak yapılan çalışma bize çöl topraklarının 1.3'te ileri sürüldüğü yaklaşım ile nasıl ele alınması hakkında bir fikir verecektir.

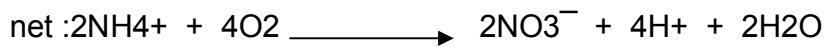
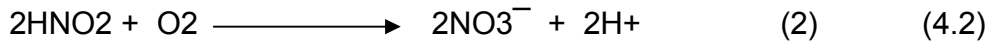
#### **4.5. Libya Topraklarında Okzalit**

Bölüm 1.3 te de açıklandığı üzere çöl topraklarının bulut içerisinde beklenen değişiminde en önemli adım beraberlerinde buldukları bakteri ve mantarların bulut içerisindeki su ile temas etmeleri sonrasında ortama çıkardıkları okzalit ile başlamaktadır. Yapılan örneklemenin Libya'nın çöl alanlarından değil de daha çok erezyon sonucunda fakirleşmiş bölgesinden yapılmış olması nedeni ile örneklerde okzalit sadece kuzeydeki Gharyan, Arahayabat, Azzintan ve Nalut'tan alınan örneklerde aletsel limitler dahilinde ve eser miktarlarda gözlemlenmiştir. Bunun da oradaki topraklardan mı yoksa rüzgar taşınımı sonucu bölgenin batısında yer alan geniş çöl alanlarından gelen bakteri ve mantarlar tarafından mı üretildiği tartışmalıdır. Ancak eğer rüzgar taşınımı ile bakteri ve mantarların dağılımı homojenleşse ve su ile temasları sonucunda ortama okzalit çıkabilse idi bunun her istasyonda belirli bir seviyede izlenmesi gerekmekte idi. İyon Kromatografi yöntemi ile okzalit tayininde limitleyici faktör okzalattan hemen önce tepe noktası veren sülfat olmaktadır. Libya örneklerindeki sülfatın fazlalığı ve cihazın hassasiyeti nedeni ile sülfat kolonu terk etmeden okzalit gelebilmekte ve eğer örnekte varsa dahi izlenmesi imkansız hale gelebilmektedir. Bu sonuçlara göre bundan sonra yörede yapılacak analizlerin alınacak karot örneklerinde gerçekleştirilmesi ve geçmiş zaman içerisinde göl olması

muhtemel alanlardaki değişimlerin göreceli olarak ve muhtemelen bakteriyolojik olarak izlenmesi gerekmektedir.

#### 4.6. Libya Topraklarındaki Nitrit değişimi:

Libya toprak örneklerinde yapılan nitrit analizlerine göre hepsi de eser miktarlarda olmak üzere ve göreceli olarak en yüksek değerden başlamak üzere sadece Kabaw, Mizdah, Wadi Sharshof ve Sinawn örneklerinde nitritin varlığına işret etmektedir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken öge IC analizlerinde kullanılan AS14 kolonunun özellikle nitrite çok hassas olması ancak bu limitlerde dahi gözlemlenen nitritin değerlerinin çok düşük seviyelerde olmasıdır. Toprakta nitrit oluşması amonyumun biyolojik oksidasyonla nitrate dönüşmesi ile oluşmaktadır ve bu olaya nitrifikasyon denilmektedir (Cheng et al.,2004). İki kademeeli olan bu proses çeşitli mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Amonyak önce nitrite (Reaksiyon 4.1), nitrit ise daha sonra nitrate yükseltgenir (Reaksiyon 4.2).



Nitrifikasyon prosesi ototrof bakteriler tarafından gerçekleştirilir (Aktaş, 1991). Bu ekzotermik reaksiyonları, özellikle aerobik bakterilerden Nitrosomonas (Reaksiyon 4.1) ve Nitrobakteri (Reaksiyon 4.2) yürütmektedir ve ortamda moleküler oksijenin varlığı gerekmektedir.

Reaksiyon 4.1'den görüldüğü üzere nitrifikasyon sırasında toprak asitliği de yükselmektedir (Özbek vd., 1993). Bu yüzden su altında kalan topraklarda

nitrifikasyon sınırlanır. Öte yandan nitrifikasyon bakterilerinin çalışması, toprak sıcaklığı, toprak pH'sı ve toprağın su kapsamına da geniş ölçüde bağlıdır. Nitrifikasyon bakterileri kuvvetli asit reaksiyonda çalışamazlar. Nötr ve hafif asit pH nitrifikasyon bakterilerinin tercih ettikleri koşullardır. Toprak sıcaklığı ile nitrifikasyon hızı arasında da yakın bir ilişki vardır. Nitrifikasyonu gerçekleştiren bakteriler donmuş topraklarda çalışamazlar. Donma noktasına yakın sıcaklıklarda ise aktiviteleri oldukça düşüktür. 10-30 ° C arasında nitrifikasyon oranı hızla artar, 35 ° C'nin üzerinde ise bakterilerin aktiviteleri yeniden düşer. pH'nın 5'ten küçük, 8'den büyük olması durumlarında N mineralizasyonu önemli derecede azalmaktadır (Aktaş, 1991). Nitrifikasyon için optimum sıcaklık 25-35 °C'dir. Sıcaklığın düşmesiyle birlikte nitrifikasyon düşmektedir ve bu düşme 0-2 ° C'de daha etkili olmaktadır. Maksimum nitrifikasyon oranı için uygun pH 6-8 arasındadır (Özbek vd., 1993). Bu koşulların çöl ortamlarında günün değişik zamanlarında gerçekleşmesi beklenir. Ancak bu olaylar çöl ortamında sadece geçmiş iklim değişikliği dönemlerinde olası göl alanlarındaki birikim ve sonrasında yaşanması beklenmekte olduğundan aradan geçen binlerce senelik dönemde nitritin nasıl olup da varlığını koruyabildiği araştırılması gereken bir konudur.

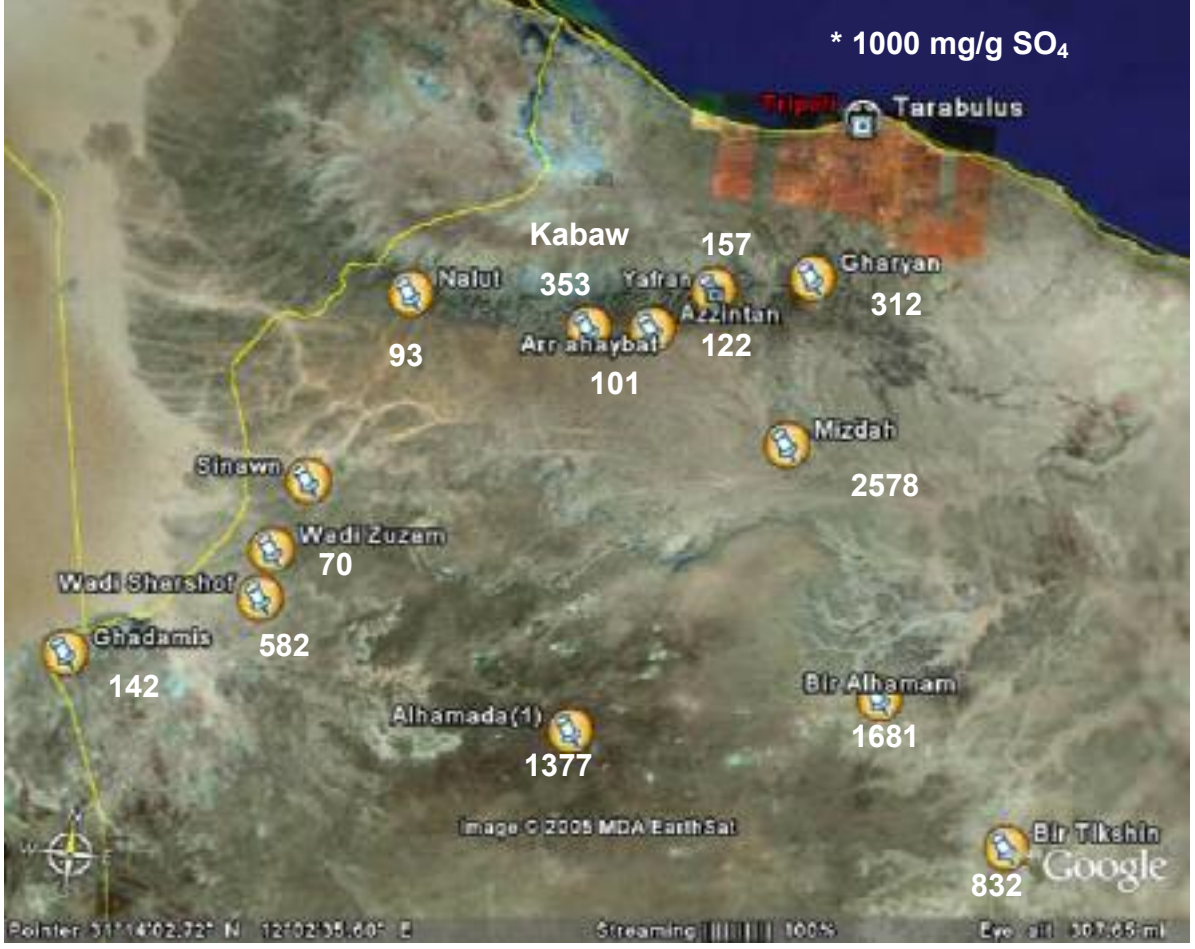
#### **4.7. Libya toprak örneklerinde Nitrat ve Fosfat'ın dağılımı.**

Libya toprak örneklerinde yapılan analizlerde nitrat ve fosfata rastalanamıştır. Bazı örneklerde eser miktarlarda nitrate rastanılmış olsa da olası bir rüzgar taşınımı ile Tunustaki fosfat kayalarından gelmesi muhtemel olan fosfata ise hiç rastalanamıştır. Burada iki olasılıktan bahsetmek mümkündür. Birinci olasılık örneklerdeki kum fraksiyonu nedeni ile nitrat ve fosfatın izlenememesi ikinci olasılık ise seyrelme faktörleridir. Örneklerdeki diğer anyonların fazlalığı nedeni ile kolonun ekonomik ömrünün kısaltılmaması ve analizler arası enjekte edilen örneklerin kolonu tamamen terk edebilmesi amacı ile örneklerin belirli oranlarda seyreltilmesi gerekmektedir. Burada sülfat en önemli parametre olmakta ve belirli bir seyreltme oranı haricinde kolonda doyma sınırına hemen ulaşmakta ve diğer anyonların varlığını

maskelemektedir. Örneklemenin de olması gerektiği gibi yapılmaması nedeni ile IC kolonunun fazla zorlanmaması tercih edilmiştir.

#### **4.8 Libya topraklarında Sülfatın dağılımı**

Libya toprak örneklerindeki sülfat dağılımı şekil 4.13'te gösterilmiştir. Toprak örneklerinin suyla çözünmesi ile toprakta bulunan ve sülfat içeren mineraller aşırı derecede çözünmekte ve belkide iyon kromatografi gerektirmeyecek kadar kaba metodlar ile dahi sülfat tayini yapılabilecek seviyelere gelmektedir. İyon kromatografi ile sülfat tayininde karşılaşılan en büyük zorluk belirlenen kalibrasyon eğrisi limitleri içerisinde ölçüm yapabilmek için örneklerin 250 ve bazı hallerde ise 500 kez seyreltilmesi gereği idi. Burada önemli olan konu bu derece yoğun sülfat içeren bir ortamda örneklerin içerdiği sülfatın kesin doğrulukla ölçülmesi olmayıp örneklerin içerdiği sülfatın bölge içerisindeki dağılımını incelemektir.



Şekil 4.13. Libya toprak örneklerindeki Sülfat dağılımı (mg/g).

Örneklerin içerdiği sülfat dağılımına bakıldığında (Şekil 4.13) çöle yakın veya taşınan tozların direkt etkisi altında kalabilme ihtimali daha yüksek bölgelerden alınan örneklerdeki (Ghadamis, Wadi Zuzam, Nalut) sülfat değerlerinin daha önce Özlem (2004) tarafından rapor edildiği üzere Sahra çölünde ölçülen değerlere (8,70-54.5mg/g)yakın olduğu izlenmektedir. Ancak Alhamada düzlüklerine ilerledikçe ölçülen sülfat değerleri %1,3-2,5 gibi çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. CaSO<sub>4</sub> kökenli olduğu varsayılan bu sülfat kaynağı toprakta pek bir değer taşımazken atmosfere taşınması halinde çok önemli sonuçlar doğurabilmektedir.

Şekil 4.14'te gösterildiği gibi Levin et al.,(1996) tarafından yapılan araştırmalar Doğu Akdeniz'e yağmur bırakan bulutların genellikle yöreye üç ana koldan geldiği

gözlemlenmiştir. Bunlardan kırmızı ve beyaz oklarla gösterilen ikisi kuzeyden ve kuzeybatıdan geçerek bölgeye ulaşmakta yağışlara neden olmaktadır. Yağmur suyunda yapılan analizler sonucunda bu yönlerden bölgeye sülfat taşındığı ve sülfatın kaynağı olarak ta geçtikleri bölgelerdeki endüstriyel faaliyetler sorumlu tutulmakta idi.



Figure 1. Typical air mass trajectories that produce rain clouds in the Eastern Mediterranean.

Şekil 4.14. Doğu Akdeniz'e gelen ve yağmur taşıyan bulutların takip ettiği genel yollar. Siyah ile gösterilen iz Afrikanın kuzey bölgeleri üzerinden, kırmızı ile gösterilen iz ise Balkanlar ve Türkiye üzerinden geçerek bölgeye ulaşmaktadır ( Levin et al.,1996)

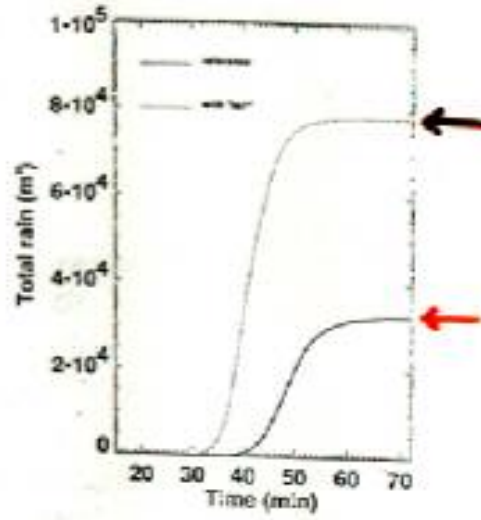


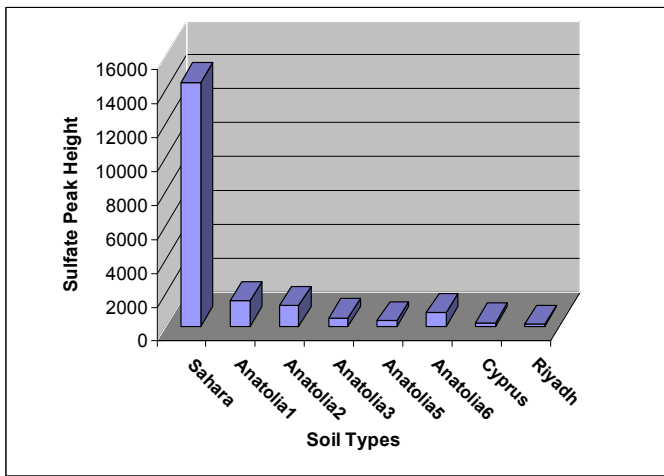
Fig. 7 Total rainfall from two convective clouds with 500 CCN. The reference cloud has a narrow size spectrum. In the second cloud 10% of the CCN are made of larger dust particles coated with sulfate.

Şekil 4.15. Doğu Akdeniz'e ulaşan hava akımlarının neden olduğu yağmurların hacim olarak farklılığı.(Levin et al.,1996)

Şekil 4.14'te kırmızı iz ile gösterilen bir hava akımındaki konvektif bir bulut beraberinde endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı varsayılan sülfat ve diğer kirleticilerle birlikte bölgeye 30 bin metreküp yağış bırakabilirken, Afrika üzerinden gelen ve Şekil 4.15'te siyah iz ile gösterilen hava akımı içerisindeki bir konvektif bulutun ise 75-80 bin metreküp yağış bırakabildiği gösterilmiştir. Wurzler et al.,(2000) atmosferdeki mineral tozların bulut içerisindeki modifikasyonunu ve bulut oluşturma çekirdeği üzerindeki etkisini göstermişlerdi. Ancak burada enteresan olan Kuzey Afrika üzerinden gelen hava kütleindeki yağmurun kuzeyden gelen ve endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı varsayılan hava kütlelerinden çok daha fazla sülfat içermekte olmasıdır. Kuzey Afrika'dan geçen bir hava kütlelerinin endüstriyel kirlilikten dolayı kirlenmeyeceği aşikar olduğu için bu sülfatın kaynağı hakkında yorum yapılmamıştır. Doğu Akdeniz'de yağışa olan gereksinim sülfatın kaynağının o derece de önemli olmadığını ve yağışın her nereden ve nasıl kaynaklanırsa kaynaklansın bölge için hayati önem taşıdığı gerçeği ile pek de önemsenmemiş ancak endüstriyel kirlilikten bahsedilemeyecek Kuzey Afrika'dan kaynaklanan bir yağışın nasıl olup da çok daha fazla sülfat içerdiği merak konusu olmuştur (Levin et al, 1996). Daha öne yapılan çalışmalarda da saptandığı üzere, Sahra, atmosfere taşıdığı tozlar ile ortama bilinen

veya beklenen den çok daha fazla sülfat verebilmekte ve bilinen en iyi bulut oluşturma çekirdeği olan sülfatın yağmur bulutları oluşturmaya neden olabilmektedir. Bir başka deyişle Sahra en ihtiyaç duyduğu madde olan suyun atmosferde oluşabilmesi için gerekli en önemli ögeyi içerisinde taşıyabilmektedir.

Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından daha önce yapılan ve o dönemde araştırmacıların ellerinde olan toprak örneklerinde yapılan sülfat analizlerinde de



Şekil 4.16. Bazı toprakların sülfat üretme kapasiteleri.

Sahra toprağının su ile temas etmesi sonucunda diğer tüm toprak örneklerinden çok daha fazla sülfat üretebildiği Şekil 4.16'da olduğu gibi gösterilmişti. Libya toprak örneklerinde yapılan analiz sonucunda da Alhamada düzlüklerinin toz bütçesine fazla bir katkısı olmamakla beraber sülfat bütçesine katkısının olağanüstü düzeylerde olabileceği de göz ardı edilmemelidir. Kaynağın mineral yapısı bilinmemekle beraber  $\text{CaSO}_4$  in muhtemel kaynak olması belkide rüzgar erozyonu sonucunda çöldeki kum hareketinin de belirli bir amaç doğrultusunda olabileceği ve kum çöllerinden yerel rüzgarlarla taşınımaya giren ancak büyüklükleri nedeni ile kısa mesafelerde taşınımaya girebilen ve sonuçta yerçekimi ile geri düşen taneciklerin hızla  $\text{CaSO}_4$  içeren kayalara veya sert zemine çarpmaları ile kum taneciklerinin buradan koparacakları minyatür  $\text{CaSO}_4$  parçacıklarının atmosferik taşınımaya girebilecekleri ve bulut içerisinde

İslenmeleri sonucunda ortaya çıkacak sülfat parçacıklarının bulut oluşturma çekirdeği olarak rol alabilecekleri öne sürülebilir. Bu varsayım yukarıda bahsedilen ve Doğu Akdeniz'in güneyine Afrikanın kuzeyinden gelen hava kütlelerinin daha fazla yağış oluşturmaya eğilimi ile de uyum içerisinde.

Libya toprak örneklerindeki TOC, TON, TOC/TON, pH ve sülfat miktarları Çizelge 4.1'de toplu olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Libya toprak örneklerindeki TOC,TON, TOC/TON, pH ve Sülfat(x1000) miktarları

	TOC ppm	TON ppm	pH	Sülfat	TOC/TON
Gharyan	45,02	4,21	8,08	312	11
Yafran	38,42	6,13	8,35	157	6
Azzintan	7,44	1,79	7,71	122	4
Arr hayabat	45,92	2,14	8,49	101	21
Kabw	18,61	5,33	7,97	353	3
Nalut	11,63	3,33	7,78	93	3
Sinawn	10,69	3,69	7,93	--	3
Wadi zuzam	7,56	1,42	8,62	70	5
Wadi Sharshof	--	--	8,57	582	--
Ghadamis	20,47	3,00	8,89	142	7
Al hamada	9,45	3,09	8,11	1377	3
Bir Tlkshin	8,25	4,27	8,24	832	2
Bir Alhamam	10,43	4,25	8,12	1681	2
Mizdah	13,72	4,62	8,11	2578	3

#### 4.9 Libya topraklarında Fe dağılımı



Şekil 4.17 Libya toprak örneklerinde ölçülen Fe miktarları (mg/g).

Libya toprak örneklerinde ölçülen demir miktarları Şekil 4.17'de verilmiştir. Demirin dağılımda belirgin bir sistematik değişim izlenmemiştir. Bunun asıl nedeni toplanan örneklerin boyut dağılımı ile ilgilidir. Örneklerin hepsi 63 mikronluk tel elekten geçirilmesine rağmen suyun içerisine alınan örneklerdeki çökeltme ile ayırt edilebilen kil fraksiyonunun çok daha az olduğu gözlemlenebilmektedir dolayısı ile de yapılan analizlerdeki elementel dağılım atmosferik toz örnekleme cihazları ile yapılan örnekleme göre çok daha düşük seviyelerde kalmaktadır.

Burada dikkat edilmesi gereken konu çöl topraklarının ne kadar demir içerdiği de olmamaktadır. Hernekadar rnekleme bölgesindeki atmosfere karışabilecek olan toprak fraksiyonu çok az olmasına rağmen eğer hepsi kil fraksiyonunda olsa dahi tam çözme ile elde edilebilecek olan demir miktarı ile Bölüm 2.2. de bahsedilen yöntem ile elde edilen demir miktarları arasında doğal olarak çok farklılık vardır. Dolayısı ile toprak örneklemlerinin kimyasal olarak tam çözülmesi ile elde edilen demir miktarları ile atmosferde bulut içerisinde fotokimyasal yöntemlerle oluşan demir arasında büyük farklılıklar vardır.

Bu analiz sonucunda elde edilen metaller bize sadece örnekleme bölgesindeki dağılım hakkında kaba bir fikir vermek amacı ile gerçekleştirilmiş olup diğer katyon analizlerinde de bahsedildiği üzere bu tez ileride bölgede yapılacak olan analizler için bir ön araştırma niteliğindedir.

#### 4.10 Libya toprak örneklerinde Mg dağılımı



Şekil 4.18 Libya toprak örneklerinde ölçülen Mg (mg/g) miktarları.

Libya toprak örneklerinde ölçülen magnezyum miktarları (Şekil 4.18) geniş Alhamada bölgesinde belirgin bir fazlalık göstermektedir. Bu göreceli değişimin nedeni bu aşamada bilinmemekle birlikte ileride yapılacak detaylı mineralolojik analizler ile mineral yapısındaki bir farklılığın varlığı araştırılmalıdır.

#### 4.11 Libya toprak örneklerindeki Mn dağılımı



Şekil 4.19 Libya toprak örneklerinde ölçülen Mn miktarları(mg/g).

Şekil 4.19'da gösterildiği gibi Libya toprak örneklerinde ölçülen mangan miktarlarında da belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Sadece Alhamada bölgesinde daha yüksek mangan değerleri olduğu söylenebilir. Uydu görüntülerinden bakıldığında bu toprak örneklerinin renginin daha koyu olduğu da fark edilmekle beraber bunun mineralojik

yapıdan dolayı mı yoksa örnekleme bölgesinin daha kayalık olmasından mı ileri geldiği hakkında detaylı bir yorum yapmak imkanı da yoktur.

#### 4.12 Libya toprak örneklerinde Cu dağılımı



Şekil 4.20 Libya toprak örneklerinde ölçülen Cu miktarları (mg/g).

Şekil 4.20'de dağılımı gösterilen Libya toprak örneklerinde ölçülen bakır miktarları Arrahaybat haricinde genelede homojen bir dağılım göstermektedir.

#### 4.13 Libya örneklerinde Co dağılımı



Şekil 4.21 Libya toprak örneklerinde ölçülen Co miktarları (mg/g).

Libya toprak örneklerinde ölçülen kobalt değerleri Alhamada düz alanında daha düşük seviyelerde gözlemlenirken kuzeyde bulunan örnekleme alanlarında göreceli olarak daha yüksek değerler bulunmuştur.

#### 4.14 Libya toprak örneklerinde Ni dağılımı



Şekil 4.22 Libya toprak örneklerinde ölçülen Ni miktarları (mg/g).

Libya toprak örneklerinde ölçülen nikel dağılımı (Şekil 4.22) de genellikle homojen bir yapı göstermekle birlikte kuzeydeki örnekleme bölgesi göreceli olarak biraz daha fazla nikel içermektedir. Libya gibi geniş bir coğrafyaya yayılmış olan bir ülkede nüfus yoğunluğu kuzeydeki birkaç büyük şehir haricinde çok düşük seviyelerdedir. Bu nedenle kuzeydeki bölgede yer alan örnekleme bölgelerinde nüfusa bağımlı bir metal kirlenmesinden bahsetmek de neredeyse imkansız olmakla beraber alınan örneklerin

bölgeden geçen ana yoldan fazla uzak olmayan alanlardan toplanmış olması yine de zaman içerisinde araç trafiğinden ileri gelebilecek göreceli bir artıştan bahsetmemize olanak tanıyabilir. Yine de bölgedeki rüzgar erozyonu ile meydana gelen aşınma, taşınma olaylarını göz ardı da edemeyiz. Bu nedenle Libya gibi erozyona çok açık bir ülkede toprak yapısının daha net anlaşılabilmesi için dikey örnekleme yapılması gereği ortaya çıkmaktadır.

#### 4.15 Libya toprak örneklerinde Zn dağılımı



Şekil 4.23 Libya toprak örneklerinde ölçülen Zn miktarları (mg/g).

Diğer metaller gibi Libya toprak örneklerinde ölçülen çinko miktarları da (Şekil 4.23) homojen bir dağılım göstermektedir. Belirgin tek farklılık diğer bazı elementlerde de olduğu gibi Arrahayabat örneğinde izlenmekte ve diğer bazı parametreler ile birlikte bakıldığında bu bölgede yerel bir kirlenme olduğu şeklinde yorumlanabilmektedir.

Libya toprak örneklerinde ölçülen metal miktarları toplu olarak Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Libya toprak örneklerindeki metallerin dağılımı (mg/g)  
(-- ölçüm yok)

Bölge	Fe	Mg	Mn	Co	Cu	Zn	Ni
Gharyan	605±8.9	113±0.5	9±0.8	15±0.6	3±0.2	21±0.1	18±1.0
Yafran	541±21.5	170±1.6	11±0.4	9±0.7	3±0.2	20±0.2	16±1.1
Azzintan	211±12.6	136±1.9	9±0.8	15±0.1	3±0.2	21±0.2	18±0.3
Arr hayabat	226±4.3	144±1.0	10±0.8	13±1.0	9±0.2	39±0.3	19±0.4
Kabw	506±4.8	194±1.0	--	--	--	--	--
Nalut	260±22.2	135±1.0	8±0.1	16±0.1	3±0.1	19±0.1	18±1.1
Sinawn	843±8.0	352±2.7	29±1.0	8±0.6	2±0.1	17±0.1	12±0.8
Wadi zuzam	144±13.7	130±1.0	8±1.0	14±0.3	2±0.1	17±0.1	16±0.9
Wadi Sharshof	432±27.1	174±1.0	14±0.4	8±0.1	2±0.2	16±0.2	11±1.2
Ghadamis	297±21.2	422±3.5	13±0.4	11±0.4	3±0.2	22±0.2	12±0.1
Al hamada	623±8.5	453±1.9	19±0.7	6±0.7	3±0.3	20±0.1	12±0.7
Bir Tlkshin	399±4.0	447±3.5	12±0.4	9±0.1	3±0.1	18±0.2	14±1.0
Bir Alhamam	521±18.8	347±2.9	10±0.2	9±1.0	2±0.2	16±0.2	13±1.0
Mizdah	139±18.6	477±0.9	9±1.1	5±0.3	3±0.2	15±0.3	10±0.6

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda Libya'nın kuzey batı bölgesinden alınan toprak örneklerinde bazı analizler yapılmış ve toprakların bulut içersindeki olası davranışları hakkında fikir edinilmiştir. Daha önceden de defalarca bahsedildiği üzere örnekleme yapılan noktalardaki toprakların kum içeriğinin fazla olması nedeni ile elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer sonuçlar ile karşılaştırılmamıştır. Ancak yine de bu bölgedeki çöl topraklarının içeriklerinin yağmur oluşumunda ana etken olan sülfat'ın kaynağı olabileceği gösterilmiştir.

Kasım 2005 tarihinde Libya'ya bir seyahat gerçekleştiren Üniversitemiz Hidrojeoloji Mühendisliği öğretim üyelerinden Prof. Dr. Mehmet Ekmekçi ve Dr Levent Tezcan tarafından enlemi 27 32K 31 34 D noktasından alınan ve yeri Şekil 5.1 de gösterilen toprak örneğinin yakın plan fotoğrafı Şekil 5.2 de verilmiştir. İşin uzmanı kişilerce toplanan örnekler 230 mesh'lik elekten geçirilmiş ve 230 meshten büyük kısım 700 gram gelirken 230 mesh'in altına inen ve kil fraksiyonu olduğu kabul edilen kesim ise sadece 79 gram gelmiştir. Bu elek analizi işin uzmanı kişiler tarafından uygun topraktan alınan yüzey örneğinin dahi belirli oranda silt fraksiyonu içerdiğini göstermektedir.

Bu resimden ve örneğin elek analizi sonuçlarının incelenmesinden de anlaşılacağı üzere ileride üzerinde çalışma yapılması istenen örnekler yüksek oranda kil fraksiyonuna sahip olan topraklar olmalıdır. Ancak örnekleme mutlaka derinlere doğru yapılmalı ve rüzgar erezyonu ile taşınmaya müsait topraklar ile başka kaynaklardan taşınıp yüzey topraklarının yerel özelliğini kaybetmesine neden olan faktör mutlaka ortadan kaldırılmalıdır.



Şekil 5.1 Prof Dr Mehmet Ekmekçi tarafından örneklenen 27 32K 31 34 D noktasının Google earth'teki konumu.

Şekil 5.1'de görünen ve resmin sağ üst tarafında yer alan dairesel alanlar bölgede mevcut yeraltı sularının pompa istasyonlarıdır. Dolayısı ile Libya'da genel kalkınma programı içerisinde ülkenin yeraltı zenginlikleri sadece petrol olarak değil bölge için hayati önem taşıyan suyun da ekonomik kullanım için devreye sokulması şeklinde de gelişmektedir. Bu aşamada çöl tozlarının yukarıda bahsedilen reaksiyon zincirini başlatması için gerekli olan en önemli madde olan sudan bahsetmekteyiz.



Şekil. 5.2. Prof. Ekmekçi tarafından getirilen örneğin kil fraksiyonunun yakın fotoğrafı.

Libya’da güneş enerjisi her zaman yeterli seviyede olduğu için su ile temas eden çöl toprağının her zaman kullanılabilir demir üretmesi ve bu su ile sulanacak alanlarda kelimenin tam anlamı ile “organik” tarıma geçilmesi mümkün olacağı gibi bu ürünlerin ihracı ile yepyeni bir gelir kaynağına da kavuşulmuş olacaktır. Saydam (kişisel görüşme,2005) tarafından tarif edilen en pratik örnekleme şekli, yerden alınan bir avuç toprağın havaya atılması ve etrafa saçılan fraksiyonun yakın bir çevrede yere düşmesi halinde örnekleme için uygun olmaması ve eğer belirgin bir miktarı uzun taşınımaya girip gözden kaybolmakta ise, o bölge toprağının en azından ön inceleme için uygun olduğunun varsayılması şeklindedir. Tunus’un güney bölgesinde Tozeour yakınlarında yapılan örnekleme gezisinde bu yöntem kullanılarak yapılan toprak seçimleri ve yapılan analizler bu yöntemin çöl ortamında geçerli olabileceğini kanıtlamıştır (Saydam and Şenyuva, 2002; Yücekutlu, 2004 ve Göral, 2004).

Şüphesiz ki Google earth gibi görsel kaynaklar ve ayrıca NASA/MODIS programının TERRA ve AQUA uydularından net bir şekilde takip edilebilen toz üretme

kapasitesine sahip bölgelerin önceden saptanması ve örnekleme bölgelerinin önceden seçimi mümkündür. Yine süphesizdir ki yerel şartların da göz önünde bulundurulması ve Google earth ve Sayısal Yükseklik Haritaları aracılığı ile örnekleme bölgesine gidilmeden önce birçok alternatif bölge seçilmesi ve sahada en uygun yerden ve derinlik boyunca örnekleme yapılması gerekmektedir. Bu gereksinim çöl ortamı gibi rüzgar taşınımı ile uzun mesafeli toprak taşınımlarının olduğu ve böylece yüzeyde en azından kaynak ötesi etkenlerin bulunabildiği bir etkiyi ortadan kaldıracak ve o yöreye ait hakiki değerleri ortaya koyabilecektir.

Dolayısı ile şimdiye kadar yağış olmaması nedeni ile faydasız olarak varsayılan çöl alanlarına sahip olan ülkelerin bu alanlarında bu yeni bakış açısı ile detaylı araştırmalar başlatması ve topraklarının bulut içerisindeki davranış özelliklerini saptamaları gerekmektedir. Libya'nın yüzölçümü verilirken, ülkenin %98.97'si kullanıma elverişli olmayan alan olarak adlandırılmaktadır. Daha ileride de bahsedileceği üzere Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliğinde yapılan çalışmalar bulut içerisinde değişim gösteren çöl kökenli tozlar kullanılarak yapılan bitki yetiştirme deneylerinde Sahra toprağı ile gübre çözeltisi kadar verim elde edilebileceğini göstermiştir. Dolayısı ile halen verimiz ve ekonomik hiç bir kullanımı olmayacağı varsayılan geniş çöl alanlarındaki toprakların muhtemel bir "organik tarım" için potansiyel kaynak olabileceği ve dolayısı ile bu alanlara sahip ülkelerin ekonomilerine önemli katkılarda bulabileceğini de öne sürülebilir.

Çöl toprağının yakın bir gelecekte potansiyel bir ekonomik değer olabilmesi öncesinde kaynaklara sahip ülkeler araştırmalarını yoğunlaştırmalı ve kendilerine ait olan ve gelişmiş teknolojilerde "organik" tarımın ana girdisi olabilecek malzemeyi bir an önce değerlendirmelidirler. Aksi halde rüzgar erezyonu nedeni ile ister istemez bu verimli toprakların da zaman içerisinde kaybı kaçınılmazdır.

Tarımsal alanda sağlanabilecek bu gelişmeler kadar belki de ondan da önemli olan olgu ise, çöl kökenli tozların içerdikleri bakteri, mantar ve sülfat nedeni ile bulut içerisindeki bulut oluşturma çekirdeği görevi olmaktadır. Ne yazık ki bu olgunun yılın

belirli dönemlerindeki birkaç günle sınırlı zaman dilimi haricinde Sahra üzerinde kullanılabilmesine olanak bulunmamaktadır. Ancak çöl bölgelerinde başlatılacak çalışmalar bulut oluşturma çekirdeği olarak en ideal bölgelerin de örneğin Şekil 4.13'te gösterildiği gibi işaretlenmesini ve belkide her noktada dikey örnekleme yöntemi ile en elverişli derinliklerin haritalanmasına da olanak tanıyabilecektir. Tabi sülfatın bulut oluşturma çekirdeği olarak etkin olması yanında literatürde tozların yağmur oluşumunu negatif yönden etkilediğini gösteren yayınlarda mevcuttur. (Rosenfeld et al.,2001). Saydam (kişisel görüşme,2005) çöl topraklarının bu özelliğinin belki bulut içerisinde kullanılabilir demir üretme kapasitelerinden daha da önemli olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda bölümümüzde toz üretme kapasitesine sahip bazı diğer ülkelerden getirilmiş olan toprak örneklerinin da sayısı artmaktadır. Afganistan ve İran'dan getirilen toprak örnekleri ile de çalışmalar başlatılmış ve Afganistan İran sınırında yer alan geniş eski göl alanından alınan örneklerin Sahraya göreceli olarak çok daha değişik davranışlar gösterdiği izlenmiştir.

Keza bölümümüzde ışıklandırılmış ve ışıklandırılmamış Sahra çölü topraklarının piyasada nem üreticisi olarak satılan cihazlarla bitkilerin üzerine verilmesi deneyleride sürmektedir. Şekil 5.3 te verilen düzenek ile su zerrecikleri haline getirilen sıvının bitki gelişimine etkilerinin incelenmesi yapılmaktadır. Bu ve benzeri deneylerde takip edilen yol, tabiatın çöl kökenli tozları atmosferik yollar ile taşıdığı ve bulut içerisinde güneş enerjisi ile geçirdiği etkileşimi taklit edip alıcı ortama da atmosferden vermek şeklinde olmuştur. Kısa zaman içerisinde ışınlandırılmış Sahra tozu ile ve su ile beslenen ortamlarda yetiştirilen buğdayların gelişimindeki farklılıklar net bir şekilde izlenmiştir (Yücekutlu, 2004).



Şekil. 5.3. Soğuk buhar yöntemi ile sonik olarak pülverize edilen Sahra tozu çözeltisinin 500 watt ışık enerjisi ile temas edip bitkilere verilmesini gösteren fotoğraf.

Ancak Saydam(kişisel görüşme,2005) burada yine şimdiye kadar yapılan ve her bir bilim dalının olaylara sadece kendi açısından bakma gibi doğal ancak bir bütünü incelerken bütünün ana fonksiyonunu kaybetme gibi bir duruma da düşülmemesi gerektiğine işaret etmektedir.

Saydam (kişisel görüşme,2005) çöl tozu ile başlayan ve bulut içerisinde bir bütün olarak gelişen olayları şöyle anlatmaktadır;

- toz atmosfere içerdiği bakteri ve mantarlar ile birlikte bir bütün olarak taşınmakta;
- hava akımları ile, bölgemizde, kuzeye ilerlerken bulut ile karşılaşabilmekte;

- bakterinin hayata geçip ortaya çıkardığı okzalit ile kil mineraline yapışmakta ve ortama bir mol de su çıkarmakta,
- oluşan reaksiyonlar hem kullanılabilir demir hem de biyolojik yaşam için gerekli olan tüm eser elementleri de ortaya çıkarmakta,
- aynı anda bulut içerisindeki bakteriyolojik yaşamı desteklerken, atmosferik azotu sabitleyip protein'in ana yapısal taşı azotu sabitlemekte
- ortama kullanılabilir demir çıkarırken bir mol de karbondioksit çıkarıp ortamda bir mikro iklim yaratıp oluşan ve gelişen hayatı donmaktan kurtarmakta;
- bulut içerisinde geçen zaman süreci ki bu Sahra Asya ekseninde genellikle bir haftalık bir zaman dilimi veya daha fazla olabilmekte ve bu süreçte bulut içerisinde kalsiyum karbonatlı canlıların oluşabilmesine olanak tanımakta,
- meteorolojik koşullar elverdiğinde ise yağmur olarak yere inmekte ve alıcı ortamdaki canlı varlıklara hazır besin kaynağı sunmakta ve denizlerde alg patlamalarına yol açmakta,
- uygun koşullarda bu alg patlamalarının uydular vasıtası ile takip edilebilmesine olanak tanımakta,
- bulut içerisinde uygun sıcaklık ve nem koşullarında içerdiği sülfat ile bulut oluşturma çekirdeği olarak davranmaktadır.

Bu yağışların deniz ortamına inmesi sonrasında denizlerde özellikle *Emliania huxleyi* patlamalarına sebep olduğu ve bu alglerin ortama salgıladıkları özel bir kimyasal sonucunda sülfatla sonlanan bir dizi reaksiyon başlattığı da ayrıca bilinmektedir.

Çok karmaşık ve nerede ise bilinen her bir basamağı ayrı bilim dallarının kapsamlı uğraşısını gerektiren bir olguyu tek tek ele alırsak bütünü kaybetmiş olmaktadır. Çünkü o zaman her bir bilim dalı kendisi için önemli olan ögenin peşine düşmekte ve bütünden kopmaktadır. Bunun tipik örneği çok önemli bir olguyu 80 li yıllarda yaptığı araştırmalarda ortaya koyan ama bulduğu şeyin önemini varsayımları ile kaybeden Baudet et al., (1990) ve Bertrand (1973) tarafından Fildişi Sahili'nde yapılan çalışmalardır.

Bu araştırıcılar bulut içerisinde yoğunlaşma çekirdeği olarak okzalatin yer aldığı ve bunun bulut içerisinde gerçekleşen bir dizi reaksiyon sonucunda ve kalsiyum okzalat olarak gerçekleştiği ve bunun da bulut içerisindeki sıcaklığın -7 dereceye dūřmesi ile birlikte aktif bir bulut oluşturma çekirdeği olacağını gōstermiřler ancak sūlfatın kaynağı olarak sadece o bōlgede yaygın olan çalı yangınlarını gōstererek iřin ana oğesinden kopmuşlardır.

Örneęin mantar ve bakterilerin gerektięinde hayatiyetlerini binlerce sene devam ettirebildięini ve bir damla su ile temas etmesi sonrasında hayata geçtikleri ve hücre falliyetleri sonucunda ortama okzalik asit çıkardıkları bilinmektedir. Halbuki bu iřlerle ilgilenen atmosfer bilimcileri bu doęal sūreten habersiz oldukları için kimyasal indirgenme için gerekli olan okzalatin kaynaęını endūstriyel kirlenmede aramıřlar ve Sulzberger and Laubshere (1995) tarafından da belirtildięi ūzere okzalatin kaynaęının sadece kirlilik olduęunu varsaymıřlardır.

Keza, Sahranın bulut içerisinde geçirdiği biz dizi reaksiyon sonucu oluşan indirgenmiş demirin yağmurla deniz ortamına inmesini takip eden gūnlerde denizde oluşan *Emiliana huxleyi* patlamaları uydular tarafından tesbit edilmektedir. Bu patlamalar deniz yūzeyindeki yansımayı arttırmakta ve uyduların bu patlamaları parlaklık olarak gōrmesine neden olmaktadır (Ackleson et al.,1989). Bir uzaktan algılamacı için bu olay sadece gūneř yansımasıdır. Bir oşinograf için renk değişikliği *Emiliana huxleyi* patlamasıdır. Bu algerin ortama saldıkları kimyasalların taşınımına girmesi ve alıcı ortama sūlfat olarak ulaşması bir atmosfer bilimcisi için endūstriyel kirlilikten gelen asit yağmurlarıdır.

Bilim dūnyası tozlardan bařlayan bir tetikleme ile denizlerdeki sūlfat artıřı olayını daha yeni yeni kabullenmekte ve oluřan alg patlamaları sonucunda oluřum bōlgesinden bin kilometre uzaklıkta oľūlen sūlfat artıřını açıklayabilmektedir (Kubilay et al., 2002).

Tarımsal alanda çalışan ve temel eğitim alan her kişi Sahra'dan gelebilecek olan demir miktarını öğrenince bunun göle çalınan bir maya misali çok ama çok düşük olduğunu, bitkilerin demir veya diğer elementel ihtiyaçlarının Sahra'dan gelebilecek olandan kat be kat fazla olduğunu, hatta Sahra'dan gelecek olan sülfat miktarının da bitkilerin sağlıklı büyümesini engelleyeceğini rahatlıkla söyleyeceklerdir. Ancak yapılan deneyler bunun böyle olmadığını Sahra toprağının bitkilerin sağlıklı büyümesini destekleyeceğini ve hiç bir toksik etki de yapmayacağını ortaya koymuştur (Yücekutlu, 2004).

Bölümümüzde yapılan bir dizi deneyde aynı miktarlarda Anadolu, Sahra, İran (Bender Abbas) ve İran /Afgan sınırındaki bölgeden alınan topraklar elendikten sonra 50'şer gramlık toprak örnekleri 2000 ml lik mezürler içerisine konulmuş ve üzerlerine 2 litre distile su ilavesi ile 1000 watt lık ışık altında havalandırılmadan bekletilmişlerdir. Aradan geçen iki hafta içerisinde Afgan /İran sınır bölgesinden toprağı içeren örnekte değişimler başgöstermiş ve toprağın etrafını içeride oluşan gazı dışarı bırakmayacak kadar dayanıklı jelimsi bir materyal sarmıştır Şekil. 5.4. Aynı olgu zaman içerisinde az da olsa Sahra toprağı içeren örnekte de izlenmeye başlamış ve toprağın içerisinde oluşan gaz birikimleri izlenmeye başlamıştır. Anadolu toprağını içeren örnekte hiçbir değişim gözlenmemiş ve toprağın konulduğu gibi durmakta olduğu izlenmiştir.



Zabol(Iran/Afganistan)

Sahra (Güney Tunus)

Şekil 5.4 Zabol ve Sahra toprak örneklerinin su içerisinde konulduktan 20 gün sonraki görüntüleri.

Aradan geçen zamanda Afgan/İran sınırından alınan örnekteki oluşum içerisinde oluşan gaz o denli çoğalmıştır ki toprak mazürün dibinden kalkmış ve yüzeye gelmiştir. Yüzeyden alta kadar inen boyda biyofilm olarak adlandırabileceğimiz jelimsi uzantılar suda izlenmiştir. Sahra toprağındaki hava kabarcıkları daha da belirgin hale gelmiş, Anadolu toprağında ise hiç bir değışim gözlenmemiştir.

Bu deneyin “bereketli” olarak adlandırılan Anadolu toprağına ve işe yaramaz olarak vasıflandırılan çöl alanlarına bakışımızı değıştirecek bir olgu olduğu açıktır. İşte bu nedenlerden dolayı günümüzde bizlere açık olan teknolojileri yeni bilgilerimizle birleştirip Sahra içerisinde eskiden göl olması muhtemel alanlar içerisinde en uygun yerden derinlemesine örneklemeler yapılmalı ve bu muazzam kaynak bir an önce değıerlendirmeye sokulmalıdır.

Saydam (kişisel görüşme,2005) bu yeni alana elbette bildiklerimizle ama onların esiri olmadan ve eskiden varsayılan birtakım bilgilerin yanlış varsayımlar üzerine kurgulanmış olabileceğı olgusu ile yaklaşmamız gerektiğine işaret etmekte ve bu

varsayımını Sahra'nın ve ürettiği tozun atmosferik taşınımının milyarlarca yıldan bu yana var olduğunu ve etrafımızda bulunan tüm canlıların gelen bu karışıma karşı genetik olarak adapte olması gerektiği gerçeğinden yaklaşmaktadır.

Bu çalışmada örnekleme doğru bölgelerden yapılmasa dahi en azından Sahra'nın Libya sınırları içerisinde kalan ve Alhamada olarak adlandırılan bölgesinden atmosfere bol miktarda sülfat taşınabileceğini ve uygun koşulların oluşması halinde bulut içerisinde en ideal bulut oluşturma çekirdeği vazifesi görebileceği olgusunu destekleyeceğini göstermiştir.

Gelecekte ve özellikle Orta Doğu'da suyun en önemli stratejik madde olacağı da hesaplanır ise çöllerin bu potansiyelinin araştırılması konusunun önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır ve burada en şanslı ülkeler geniş çöl alanlarına sahip ülkelerdir.

## REFERANSLAR

- Ackleson, S. G. and Holligan, P. M., 1989, AVHRR Observations of a Gulf Maine Coccolithophore bloom, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55, pp: 473-474.
- Aktaş, M., 1991, Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği, Ankara Ziraat Fakültesi Yayınları, 1202, Ders Kitabı: 347, Ankara, pp: 167-189.
- Bertrand, J.J., Baudet, J.G. and Dessens, J., 1973. Seasonal variations and frequency distributions of ice nuclei concentrations at Abidjan, West Africa. *J. Appl. Meteorol.*, 12 ( 7 ): 1191-1195.
- Baudet, J.G.R, Lacaux, J.P, Bertrand,J.J, Desalmand, F, Servant, j and Yobou, V, 1990. Presence of an atmospheric oxalate source in the intertropical zone - its potential action in the atmosphere. *Atmospheric Research*, 25. 465-477.
- Boyd,P. W, Watson, A. J, C.S. Law, E.R. Abraham, T. Trull, R. Murdoch, D.C.E. Bakker, A.R. Bowie, K.O. Buesseler, H. Chang, M. Charette, P. Croot, K. Downing, R.D. Frew, M. Gall, M. Hadfield, J. Hall, M. Harvey, G. Jameson, J. LaRoche, M. Liddicoat, R. Ling, M.T. Maldonado, R.M. McKay, S. Nodder, S. Pickmere, R. Pridmore, S. Rintoul, K. Safi, P. Sutton, R. Strzepek, K. Tanneberger, S. Turner, A. Waite and J. Zeldis, A mesoscale phytoplankton bloom in the polar Southern Ocean stimulated by iron fertilization, *Nature* 407
- Broeckera, W.S., Peteet, D., Hajdas, I., Lin, J. and Clark, E., 1998, Antiphasin between Rainfall in Africa's Rift Valley and North America's Great Basin *Quaternary Research*, 50, pp: 12-20
- Brown. C. W and Yoder.J.A. 1994. Coccolithophorid blooms in the Global Ocean. *Journal of Geophysical Research- Oceans*. 99 (C4): pp. 7467-7482
- Chadwick O, A, Derry L. A, Vitousek P. M, Huebert B. J and Hedin L. O. 1999. Changing sources of nutrients during four million years of ecosystem development. *Nature*. 397 (6719): pp.491-497.
- Cheng, W., Tsuruta, H., Chen, G., Yagi, K., 2004, N<sub>2</sub>O and NO production various. Chinese agricultural soils by nitrification, *Soil Biology&Biochemistry*, 36, pp: 953-963.

- Coale, K.H., Johnson, K.S., Chavez, F.P., Buesseler, K.O., Barber, R.T., Brzezinski, M.A., Cochlan, W.P., Millero, F.J., Falkowski, P.G., Bauer, J.E., Wanninkhof, R.H., Kudela, R.M., Altabet, M.A., Hales, B.E., Takahashi, T., Landry, M.R., Bidigare, R.R., Wang, X., Chase, Z., Strutton, P.G., Friederich, G.E., Gorbunov, M.Y., Lance, V.P., Hilting, A.K., Hiscock, M.R., Demerest, M., Hiscock, W.T., Sullivan, K.A., Tanner, S.J., Gordon, R.M., Hunter, C.L., Elrod, V.A., Fitzwater, S.E., Jones, S., Tozzi, S., Koblizek, M., Roberts, A.E., Herndon, J., Brewster, J., Ladizinsky, N., Smith, G., Cooper, D., Timothy, D., Brown, S.L., Selph, K.E., Sheridan, C.C., Twining, B.S., Johnson, Z.I., 2004. Southern Ocean Iron Enrichment Experiment (SOFeX): carbon cycling in high- and low-Si waters. *Science* 304, pp.408–414.
- de Baar, H. J. W., J.T.M. de Jong, R.F. Nolting, K.R. Timmermans, M.A. van Leeuwe, U. Bathmann, M.R. van der Loeff and J. Sildam. 1999. Low dissolved Fe and the absence of diatom blooms in remote Pacific waters of the Southern Ocean, *Marine Chemistry* 66, pp. 1–34.
- De Coninck, F., Von Ronst, E., 1993, Soils and Their Interaction with Mineral Polluting Substances, Internal Document, University of Gent, 11 p.
- Ezzati, R 2005, kişisel görüşme, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06532, Ankara, ezati2000@yahoo.com
- Fung, I. 2000. Climate change - Variable carbon sinks .*Science*.290. (5495): pp.1313-1313.
- Ganor, E, Foner, H. A, Bingemer, H. G, Udisti, R and Setter, I. 2000. Biogenic sulphate generation in the Mediterranean Sea and its contribution to the sulphate anomaly in the aerosol over Israel and the Eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*. 34 (20): 3453-3462.
- Gieray, R., P. Wieser, T., Engelhardt, E., Swietlicki, H.C. Hansso Mentés, D., Orsini, B. Martinsson, B., Svenningsson, K.J., Noone and J. Heintzenberg, 1997, Phase partitioning of aerosol constituents in cloud based on single-particle and bulk analysis, *Atmospheric Environment*, 31, pp: 2491-2502.
- Glavin, D. P., M. Schubert, O. Botta, G. Kminek, and J. L. Bada, Detecting pyrolysis products from bacteria on Mars, 2001. *Earth Planetary Sci. Lett.*, 185, 1-5.
- Göral, A. Ö., 2004, Afganistan toprak örneklerinin bazı özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Griffin, D.W., Garrison, V.H., Herman, J.R and Shinn, E.A., 2001, African desert dust in the Caribbean atmosphere: Microbiology and public health, *Aerobiologia*. 17, pp. 203–213.

- Husar, R. B, Prospero, J. M and Stowe, L. L. 1997. Characterization of tropospheric aerosols over the oceans with the NOAA advanced very high resolution radiometer optical thickness operational product . *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*. 102 (D14): pp. 16889-16909.
- Jacobson M. Z. Global direct radiative forcing due to multicomponent anthropogenic and natural aerosols. 2001. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 106 (d2) pp.1551-1568
- Jouzel, J.C., Lorius, J.R., Petit, C., Genthon, N. I., Barkov, V.M., Kotlyakov, and Petrov, V.M., 1987, Vostok ice core: A continuous isotope temperature record over the last climatic cycle (160,000 years), *Nature*, 329, pp: 403-408.
- Kacar, B., 1993, Toprak Analizleri, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, ISBN:975-7717-04-5, Ankara.
- Kapur, S., Saydam, A.C., Akça, E., Çavuşgil, C., Karaman, C., Atalay, I., and Özsoy, 1999, T. Carbonate pools in soils of the Mediterranean: A case study from Anatolia *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates*. Eds: R. Lal., J. M. Kimble, H. Eswaran., B. A. Stewart. Lewis Publishers CRC Press llc, Boca Raton, London N.Y., WDC, pp.187- 213.
- Kouvarakis, G and Mihalpulos, N. 2002. Seasonal variation of dimethylsulfide in the gas phase and of methanesulfonate and non-sea-salt sulfate in the aerosols phase in the Eastern Mediterranean atmosphere. *Atmospheric Environment*, 36, 6, pp.929-938.
- Kraemer, S. 2004. Iron oxide dissolution of siderophores. *Aquat. Sci.* 66 (2004) 3–18
- Legrand, M., Feniet-Saigne, C., Saltzman, E.S., Germain, C., Barkov, N.I. and Petrov, V.N., 1991, Ice-core record of oceanic emissions of dimethylsulphide during the last climate cycle, *Nature*, 350, pp: 144-146.
- Levin. Z ,Ganor E and Gladstein V .1996. The effects of desert particles coated with sulfate on rain formation in the eastern Mediterranean. *Journal of Applied Meteorology*. 35 : 1511.
- Kubilay N.N., Saydam A.C., 1996, Trace elements in atmospheric particulate over the Eastern Mediterranean; concentrations, sources, and temporal variability, *Atmospheric Environment*, 29, 2289-2300.
- Kubilay, N.N, Kocak, M, Cokacar. T, Oguz, T, Kouvarakis, G and Mihalopoulos, N. 2002. Influence of Black Sea and local biogenic activity on the seasonal variation of aerosol sulfur species in the eastern Mediterranean atmosphere. *Global Biogeochemical Cycles*, 16, NO. 4, 1079, doi:10.1029/2002GB001880

- Mace, K. A, Kubilay, N and Duce, A.R. 2003. Organic Nitrogen in Rain and Aerosol in the Eastern Mediterranean Atmosphere - An Association with Atmospheric Dust. *Journal of Geophysical research-Atmosphere*. 108 (D10): Art. No. 4320
- Magny, M, Guiot, J and Schoellammer, P. 2001. Quantitative reconstruction of Younger Dryas to Mid-Holocene paleoclimates at Le Locle, Swiss Jura, using pollen and lake-level data, *Quat. Res.* 56 , pp. 170–180
- Mahowald N. M. and Kiehl, L. M. 2003. Mineral aerosol and cloud interactions. *Geophysical Research Letters* 30(9): Art No. 1475. 2003
- Marschner H. 1986. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. *Field Crops Research*. 56 (1-2): 203-207.
- Martin, J. H., Gordon R. M. and Fitzwater, S. E. 1990. Iron in Antarctic waters, *Nature* . 345, pp. 156–158.
- Martin, J. H, K.H. Coale, K.S. Johnson, S.E. Fitzwater, R.M. Gordon, S.J. Tanner, C.N. Hunter, V.A. Elrod, J.L. Nowicki, T.L. Coley, R.T. Barber, S. Lindley, A.J. Watson, K. Vanscoy, C.S. Law, M.I. Liddicoat, R. Ling, T. Stanton, J. Stockel, C. Collins, A. Anderson, R. Bidigare, M. Ondrusek, M. Latasa, F.J. Millero, K. Lee, W. Yao, J.Z. Zhang, G. Friederich, C. Sakamoto, F. Chavez, K. Buck, Z. Kolber, R. Greene, P. Falkowski, S.W. Chisholm, F. Hoge, R. Swift, J. Yungel, S. Turner, P. Nightingale, A. Hatton, P. Liss and N.W. Tindale, 1994. Testing the iron hypothesis in ecosystems of the equatorial Pacific Ocean, 1994. *Nature*, 371, pp. 123–129.
- Martin J. H, Fitzwater S. E. 1988. Iron-deficiency limits phytoplankton growth in the northeast Pacific Subarctic. 1988. *Nature*. 331. pp.341-343
- Miller R. L and Tegen. I. 1998. Climate response to soil dust aerosols. *Journal of Climate*. 11 (12): pp. 3247-3267
- Moulin, C., Lambert, C. E., Dulac, F., and Dayan, U.: 1997. Control of atmospheric export of dust from North Africa by the North Atlantic Oscillation, *Nature*, 387, PP.691-694.
- Nagata, Y., A. Fukuda, M. Sakai, T. Lida, and K. Kawaguchi-Nagata, 2001. D-amino acid contents of mitochondria and some purple bacteria, *J. Mol. Catalysis B: Enzymatic*, 12, 109-113.

- Okin, G. S, Mahowald. N, Chadwick. O. A, Artaxo. P. 2004.  
Impact of desert dust on the biogeochemistry of phosphorus in terrestrial ecosystems .Global Biogeochemical Cycles 18 (2): Art. No. GB2005 APR 21.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaplan, H., 1993, Toprak Bilimi, Schachtschabel, B., Blume, H.P., Brümmer, G., Hartge, K.H., Schwertmann, U.(eds.), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No:73, pp: 185-199, 433-446.
- Penner J.E, Hegg, D, Leaitch, R. 2001.Unraveling the role of aerosols in climate change. Environmental Science & Technology. 35 (15): 332A-340A
- Rosenfeld, D., Rudich Y., and Lahav R., 2001, Desert dust suppressing precipitation: A possible desertification feedback loop, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 98(11), 5975– 5980.
- Sanin S, Arisoy M, Tipirdamaz R, Saydam,C 2005. Effect of Saharan dust on biodegradation of phenol by white rot fungi. Bull.of. Env. Cont and Tox. 75 (3):466-473.
- Saydam,A. C. 2005, kişisel görüşme, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06532, Ankara, saydam@hacettepe.edu.tr; acsaydam@gmail.com
- Saydam, A.C. and Senyuva, H.Z., 2002, Deserts: Can they be the potential suppliers of bioavailable iron? Geophys. Res. Lett., 29 (11), 10.1029/2001GL013562.
- Stute M, Forester. M, Frishkron H, Serejo A, Clark J. F, Schlosser P, Broecker W. S, Bonani G. (1995) Cooling of Tropical Brazil (5-degrees-C) during the last glacial maximum. Science. 269 (5222): pp.379-383
- Sulzberger, B.and Laubscher, H.,1995, Reactivity of various types of iron(III) (hydr) oxides towards light-induced dissolution, Marine Chemistry.50, pp:103-115
- Sushil, M. K and. Banerjee, P. C. 2005. Submerged production of oxalic acid from glucose by immobilized Aspergillus niger. Process Biochemistry, Volume 40, Issue 5, pp. 1605-1610
- Swap. R, Garstang, M. Greco, S. 1992. Saharan Dust in the Amazon Basin. Tellus Series B- Chemical and Physical Meteorology. 44 (2): pp. 133-149.

- Timmermans, K.R. van Leeuwe, V.A. de Jong, J.T.M. McKay, R.M.L. Nolting, R.F., Witte, H.J., van Ooyen, J., Swagerman, M.J.W., Kloosterhuis, H and de Baar, H.J.W. 1998. Iron stress in the Pacific region of the Southern Ocean evidence from Enrichment bioassays, *Marine Ecology Progress Series*. 166, pp. 27–41.
- Torres, O., B. K. Bhartia, J. R. Herman, A. Sinyuk, P. Ginoux, and B. Holben. 2002. A long term record of aerosol optical depth from TOMS observations and comparison to AERONET measurements, *J. Atmospheric Sci.*, 59, 398-413.
- Tsuda, A. S. Takeda, H. Saito, J. Nishioka, Y. Nojiri, I. Kudo, H. Kiyosawa, A. Shiimoto, K. Imai, T. Ono, A. Shimamoto, D. Tsumune, T. Yoshimura, T. Aono, A. Hinuma, M. Kinugasa, K. Suzuki, Y. Sohrin, Y. Noiri, H. Tani, Y. Deguchi, N. Tsurushima, H. Ogawa, K. Fukami, K. Kuma and T. Saino. 2003. A mesoscale iron enrichment in the western Subarctic Pacific induces a large centric diatom bloom. *Science* 300 (2003), pp. 958–961
- Xiaohong Y, Ming F, Chak K. C. 2002. Size distributions and formation of dicarboxylic acids in atmospheric particles. *Atmospheric Environment*. 36. pp.2099–2107
- Watson, A. J, Bakker DCE, Ridgwell AJ, Boyd PW, Law CS. 2000. Effect of iron supply on Southern Ocean CO<sub>2</sub> uptake and implications for glacial atmospheric CO<sub>2</sub>. *Nature*. 407 (6805): pp.730-733.
- Winckler, G. Robert F. A., Stute, M and Schlosser, P. (2004) Does interplanetary dust control 100 kyr glacial cycles? *Quaternary Science Reviews*, 23, 18-19, pp 1873-1878
- Wurzler, S., Reisin, T.G. and Levin, Z. , 2000, Modification of mineral dust particles by cloud processing and subsequent effects on drop size distributions, *J. Geophys. Res.*, 105(D4), 4501– 4512.
- Yücekutlu, A.N., 2004, Sahra Tozunun Elementer Bileşiminin Bazı Buğday Çeşitlerinin Büyüme Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Zhuang G, Duce, .R. A, Kester, D. R. 1990. The dissolution of atmospheric iron in surface seawater of the open ocean. *Journal of Geophysical Research-Oceans*. 95 (C9): pp. 16207-16216.
- Zhuang, G., Yi, Z., Duce, R.A. and Brown, P.R., 1992, Link between iron and sulphur cycles suggested by detection of Fe(II) in remote marine aerosols, *Nature*, 355, pp. 537-539.

**İnternet (www/ftp) kaynakları:**

<http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/geos/ly.html>

[http://www.countrywatch.com/cw\\_country.asp?vcountry=1](http://www.countrywatch.com/cw_country.asp?vcountry=1)

<http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/icecore/current.html>

[http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/vostok/vostok\\_dust.html](http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/vostok/vostok_dust.html)

<http://hurricane.ncdc.noaa.gov/pls/paleo/ftpsearch.general>

<http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/icecore.html>

<http://ragz-international.com/africa1.htm>

[http://googleearth](http://googleearth.com)

<http://srtm.csi.cgiar.org>

<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

<http://toms.gsfc.nasa.gov>

<http://www.arl.noaa.gov>

<http://icod.org.mt>

## **ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Mofteh Mesut Bennama  
DoğumYeri : Trablus/Libya  
Doğum Yılı : 1971  
Medeni Hali : Bekar  
Eğitim ve Akademik Durumu  
Lise 1987- 1990 : Sidisayeh  
Lisans 1990-1994 : El Fatah Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Yabancı Dil : Türkçe/Arapça  
İs Tecrübesi : -