

**ARAP DENİZİ'NDEKİ ALG PATLAMALARI VE ÇÖL
TOZLARININ İLİŞKİSİ**

**THE RELATIONSHIP BETWEEN DESERT DUST AND THE
ALGAL BLOOM IN THE ARABIAN SEA**

ALMİLA NUR ARSUNAR

PROF. DR. AHMET CEMAL SAYDAM
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

ALMİLA NUR ARSUNAR' ın hazırladığı "**Arap Denizi'ndeki Alg Patlamaları ve Çöl Tozlarının İlişkisi**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayşen YILMAZ
Başkan



Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM
Danışman



Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ
Üye



Prof. Dr. Aydın AKBULUT
Üye



Doç. Dr. Selim L. SANİN
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin / raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma ama iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren Ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

27/8/2018



Almila Nur ARSUNAR

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. Şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü ve fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7. 2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

22/8/2018



ALMİLA NUR ARSUNAR

ÖZET

Sanayi devrimiyle beraber artan sera gazları ve buna bağlı olarak yükselen ortalama sıcaklık nedeniyle hem sera gazı salınımlarının önlenmesine/azaltılmasına yönelik teknolojik iyileştirmeler, hem de atmosferdeki CO₂ miktarının azaltılmasına yönelik bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma kapsamında da fitoplanktonların CO₂ tutum potansiyelleri göz önüne alınarak Arap Denizi'nde özellikle kuzeydoğu muson döneminde yaşanan alg patlamaları ve bu patlamalarla çöl tozlarının ilişkisinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda Amerika Birleşik Devletleri'nin Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)'nin erişime sunduğu SeaWiFS, Aqua ve Terra MODIS uydu verilerinden 1997'den itibaren Aerosol Optik Derinliği (AOD) ve klorofil-a verileri derlenmiş, her bir Kuzeydoğu Muson (KDM) dönemi için zaman serileri incelenmiş ve korelasyonları hesaplanmıştır. Ayrıca, 2013 yılından bu yana KDM dönemlerinde Arap Denizi'nde yaşanan toz taşınımı ve alg patlamaları gerçek renkli uydu görüntüleriyle analiz edilmiştir. Buna göre bazı dönemlerde orta veya yüksek pozitif korelasyon (2000-01 KDM'de $r=0,55$ ($p<.001$), 2008-09 KDM'de $r=0,48$ ($p<.001$), 1999-2000 ve 2005-06 KDM'de $r=0,41$ ($p<.001$), 2013-14 KDM'de $r=0,39$ ($p<.001$)) elde edilse de genel olarak Arap Denizi'nde KDM dönemi için AOD ve klorofil a verileri arasında anlamlı düzeyde korelasyon tespit edilememiştir. Bununla birlikte, KDM dönemlerinde tek tek ele alınan toz taşınımı vakalarından 10 ila 20 gün sonra alg patlamalarının oluştuğu uydu görüntüleriyle ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çöl tozu, alg patlamaları, Arap Denizi, uydu verileri, AOD, klorofil-a, MODIS, SeaWiFS

ABSTRACT

Since the industrial revolution increase in the amount of greenhouse gases and average temperature thereof resulted in efforts to prevent/mitigate greenhouse gas emissions and researches on reducing CO₂ present in the atmosphere. It is also intended with this study to put forward the relationship between the algal blooms in the Arabian Sea especially in north eastern monsoon period with desert dust taking into consideration the CO₂ uptake potential of phytoplanktons. In this regard, Aerosol Optical Depth (AOD) and chlorophyll-a data since 1997 from The National Aeronautics and Space Administration (NASA)'s SeaWiFS, Aqua and Terra MODIS instruments collected, analyzed their time series and correlated for each Northeast Monsoon (NEM) period. Additionally, dust transport and algal blooms in Arabian Sea since 2013 are analyzed by true color satellite images. There obtained medium or high positive correlations in a few NEM periods (2000-01 NEM period $r=0,55$ ($p<.001$), 2008-09 NEM period $r=0,48$ ($p<.001$), 1999-2000 and 2005-06 NEM periods $r=0,41$ ($p<.001$), 2013-14 NEM period $r=0,39$ ($p<.001$)). However, no significant correlation found in general between AOD and chlorophyll-a for NEM periods of Arabian Sea in general. On the other hand, analysis of individual episodes in NEM by satellite images revealed that algal blooms take place 10 to 20 days on average after dust transport events.

Keywords: Desert dust, algal bloom, Arabian Sea, remote sensing data, AOD, chlorophyll-a, MODIS, SeaWiFS

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın en başından beri değerli katkı ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, uzun yıllara yayılan bu çalışmanın bütün aşamalarında titizlikle ve sabırla bana rehberlik eden, ilgisi ve desteğiyle danışman hocam Sayın Prof. Dr. A. Cemal Saydam'a;

Çalışmamın daha etkin ve verimli olmasına imkân tanımak adına değerli görüş ve önerilerini benimle paylaşan jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Gülen Güllü, Sayın Prof. Dr. Ayşen Yılmaz, Sayın Prof. Dr. Aydın Akbulut ve Sayın Doç. Dr. Selim Sanin'e;

Son olarak varlıklarından her zaman güç ve destek bulduğum eşim Mustafa Kemal, oğullarım Ilgaz ve Pamir ve tüm aileme;

Teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Küresel CO2 Emisyonları ve Denizel Karbon Döngüsü	4
2.2. Atmosferik Aerosoller	6
2.3. Fitoplanktonlar	10
2.3.1. Trichodesmium.....	13
2.4. Toz ve Fitoplankton Patlamaları İlişkisi	14
2.5. Besin Tuzları	16
2.5.1. Demir.....	17
2.5.2. Azot / Fosfor	18
2.6. Karbon Bütçesi	20
2.7. Konuyla İlgili Benzer Çalışmalar	22
2.8. Arap Denizi'nde Daha Önce Yapılan Çalışmalar	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM	27
3.1. Çalışma Alanı	27
3.2. Gereç	30
3.3. Çalışma Yöntemi	35
3.3.1. İstatistiksel Analizler	35
3.3.2. Görsel Analizler	36
4. ARAP DENİZİ'NDE TOZ-ALG İLİŞKİSİNE GENEL BAKIŞ	39
5. KDM DÖNEMİ TOZ-ALG İLİŞKİSİ	44
5.1. 1997-1998 KDM Dönemi	45
5.2. 1998-1999 KDM Dönemi	46
5.3. 1999-2000 KDM Dönemi	47
5.4. 2000-2001 KDM Dönemi	48
5.5. 2001-2002 KDM Dönemi	50
5.6. 2002-2003 KDM Dönemi	51
5.7. 2003-2004 KDM Dönemi	52

5.8. 2004-2005 KDM Dönemi	54
5.9. 2005-2006 KDM Dönemi	55
5.10. 2006-2007 KDM Dönemi	56
5.11. 2007-2008 KDM Dönemi	58
5.12. 2008-2009 KDM Dönemi	60
5.13. 2009-2010 KDM Dönemi	62
5.14. 2010-2011 KDM Dönemi	63
5.15. 2011-2012 KDM Dönemi	64
5.16. 2012-2013 KDM Dönemi	65
5.17. 2013-2014 KDM Dönemi	66
5.18. 2014-2015 KDM Dönemi	67
5.19. 2015-2016 KDM Dönemi	69
5.20. 2016-2017 KDM Dönemi	70
5.21. 2017-2018 KDM Dönemi	71
5.22. Değerlendirme	72
6. TOZ ALG PATLAMALARI İLİŞKİSİNİN EPİZOT BAZINDA İNCELENMESİ.....	76
6.1. 2013-14 KDM Dönemi	76
6.2. 2015-16 KDM Dönemi	104
6.3. 2016-17 KDM Dönemi	108
6.4. 2017-18 KDM Dönemi	110
6.5. Değerlendirme	114
7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	117
KAYNAKLAR.....	123
EKLER	132
ÖZGEÇMİŞ	168

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 2.1. Arap Denizi'nde bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında tespit edilen fitoplankton türleri	11
Çizelge 2.2. Model sonuçlarına göre N, P ve Fe birikimi Tg/yıl	20
Çizelge 2.3.Arap Denizi karbon akıları	22
Çizelge 3.1.Çalışmada kullanılan veriler	34
Çizelge 4.1 KDM Dönemi korelasyon katsayıları.....	75
Çizelge 5.1. 25 Ocak-5 Mart tarihleri arası alg yoğunluğu	98
Çizelge 5.2. Toz taşınımı ve alg patlaması olayları özeti.....	115



ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1.1. Arap Denizi 1998-2010 yılları klorofil dağılımı	2
Şekil 2.1. Atmosferik CO ₂ konsantrasyonu (ppm).....	5
Şekil 2.2.Denizel karbon döngüsü	6
Şekil 2.3.Trichodesmium büyüme eğrisi.....	14
Şekil 2.4.Arap Denizi'ne atmosfer ve nehirler vasıtasıyla oluşan azot ve fosfor girdisi	19
Şekil 2.5.KDM döneminde Arap Denizi (11-21 °N ve 64 °E'nin doğusu) için karbon bütçesi (Tg C dönem ⁻¹).....	21
Şekil 3.1.Arap Denizi	27
Şekil 3.2.Hint Okyanusu'nda KDM (üstte) ve GBM (altta) dönemlerinde akıntılar	29
Şekil 3.3.Worldview'den alınan 11 Aralık 2015 tarihli Terra/MODIS uydu görüntüsünde toz gelişi	31
Şekil 3.4.GIOVANNI portalı ekran görüntüsü	35
Şekil 3.5. Worldview aracı ekran görüntüsü	37
Şekil 3.6.Ocean Color portalı – Level 3 tarayıcısı.....	38
Şekil 3.7.2-9 Şubat 2018 tarih aralığına ait Aqua MODIS 4 km 8 Günlük kompozit klorofil-a verisi	38
Şekil 4.1. Arap Denizi'nde 1997-2018 yılları arası AOD değişimi	40
Şekil 4.2. Arap Denizi'nde 1997-2018 yılları arası klorofil-a konsantrasyonu değişimi	41
Şekil 4.3. 1997-2018 Aralık Nisan ayları arası Arap Denizi'nde AOD ve klorofil a konsantrasyonu değişimi.....	43
Şekil 5.1. KDM'de 2002-2017 yılları Aralık-Nisan ayları için AOD değerleri	44
Şekil 5.2. KDM'de 2002-2017 yılları Aralık-Nisan ayları için klorofil-a değerleri ...	44
Şekil 5.3. 1997-1998 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	45
Şekil 5.4.Solda 13 Ocak sağda 14 Ocak 1998 tarihli SeaWiFS gerçek renkli uydu görüntüsü.	46
Şekil 5.5.1998-1999 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	46
Şekil 5.6. 15.01.1999 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntü.....	47
Şekil 5.7. 1999-2000 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	47

Şekil 5.8. 10.02.2000 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntü.....	48
Şekil 5.9. 2000-2001 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	48
Şekil 5.10. Solda 23.01.2001, sağda 13.02.2001 tarihli SeaWiFS uydu görüntüleri	49
Şekil 5.11. 2001-2002 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	50
Şekil 5.12. Solda 26.01.2002, sağda 02.02.2002 tarihli SeaWiFS uydu görüntüleri	51
Şekil 5.13. 2002-2003 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	51
Şekil 5.14. Solda 05.12.2002, sağda 03.02.2003 tarihli SeaWiFS uydu görüntüleri	52
Şekil 5.15. 2003-2004 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	52
Şekil 5.16. 13 Aralık 2003 Arap Denizi üzerine çöl tozu taşınımı	53
Şekil 5.17. 9 Şubat 2004 Arap Denizi üzerine çöl tozu taşınımı (SeaWiFS gerçek renkli görüntü)	53
Şekil 5.18. 2004-2005 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	54
Şekil 5.19. 01.12.2004 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntü	54
Şekil 5.20. 17 Şubat 2005 Arap Denizi üzerine kuzeyden gelen çöl tozları	55
Şekil 5.21. 2005-2006 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	55
Şekil 5.22. Solda 03.12.2005 tarihli sağda 01.01.2006 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntü.....	56
Şekil 5.23. 2006-2007 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	56
Şekil 5.24. 23.12.2006 tarihli, Terra uydusundan alınan gerçek renkli görüntü	57
Şekil 5.25. 4 Ocak 2007 tarihli, Aqua uydusundan alınan gerçek renkli görüntü [98]	57
Şekil 5.26. 2007-2008 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	58
Şekil 5.27. 4-6 Aralık 2007 tarihleri arasında L1B gerçek renkli görüntüler	59
Şekil 5.28. 2 Şubat 2008, Terra MODIS L1B Granül	60

Şekil 5.29. 2008-2009 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	60
Şekil 5.30. 16.12.2008 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntüsü	61
Şekil 5.31. 13.02.2009 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntüsü	61
Şekil 5.32. 2009-2010 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	62
Şekil 5.33. 8 Şubat 2010-İran ve Pakistan'dan gelen çöl tozları	62
Şekil 5.34. 2010-2011 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	63
Şekil 5.35. Solda 05.12.2010 sağda 06.12.2010 - Kuzeyden gelen çöl tozları	63
Şekil 5.36. 2011-2012 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	64
Şekil 5.37. Solda 21 Aralık 2011, sağda 31 Ocak 2012 tarihli Terra MODIS L1B görüntüleri	64
Şekil 5.38. 2012-2013 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	65
Şekil 5.39. Solda 28 Aralık 2012, sağda 13 Ocak 2013 tarihli görüntüler (Aqua MODIS)	65
Şekil 5.40. 2013-2014 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	66
Şekil 5.41. Solda 22 Aralık 2013, sağda 13 Ocak 2014 tarihli uydu görüntüleri ..	66
Şekil 5.42. 2014-2015 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	67
Şekil 5.43. 20 Ocak 2015 tarihli uydu görüntüsü (Terra MODIS).....	68
Şekil 5.44. 2015 - 2016 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	69
Şekil 5.45. 11 Aralık 2015 tarihli uydu görüntüsü	69
Şekil 5.46. 2016 - 2017 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	70
Şekil 5.47. 4 Şubat 2017 tarihli uydu görüntüsü	71
Şekil 5.48. 2017 - 2018 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi	71
Şekil 5.49. 11 Ocak 2018 tarihli uydu görüntüsü	72
Şekil 6.1. 15 Aralık 2013 tarihli uydu görüntüsü	77

Şekil 6.2. 16 Aralık 2013 tarihli uydu görüntüsü	77
Şekil 6.3. 17 ve 18 Aralık 2013 tarihli toz taşınımı	78
Şekil 6.4. 1-9 Ocak 2014 tarihleri arası klorofil –a konsantrasyonları	79
Şekil 6.5. 22 Aralık 2013 tarihli toz taşınımı ve sağda aynı tarihli AOD katmanı ..	80
Şekil 6.6. 9-12 Ocak 2014 tarihlerinde klorofil-a konsantrasyonları	81
Şekil 6.7. 30 Aralık 2013 tarihli Aqua uydusu görüntüsü	82
Şekil 6.8. 12 Ocak 2014 tarihli AOD	82
Şekil 6.9. 13 Ocak 2014 tarihli AOD	83
Şekil 6.10. 14 Ocak 2014 tarihli AOD	83
Şekil 6.11. 15 Ocak 2014 tarihli AOD	84
Şekil 6.12. 16 Ocak 2014 tarihli AOD	84
Şekil 6.13. 17 Ocak 2014 tarihli AOD	85
Şekil 6.14. 9-16 Ocak 2014 tarihleri arasında Arap denizi klorofil dağılımı (Terra MODIS)	85
Şekil 6.15. 17-24 Ocak 2014 tarihleri arasında Arap denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı	86
Şekil 6.16. 25 Ocak -1 Şubat 2014 tarihleri arasında Arap Denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı.	86
Şekil 6.17. 2-9 Şubat 2014 tarihleri arasında Arap Denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı	87
Şekil 6.18. 10-17 Şubat 2014 tarihleri arasında Arap Denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı	87
Şekil 6.19. 18 Şubat- 21 Mart 2014 tarihleri arasında Arap Denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı	88
Şekil 6.20. 1 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme	89
Şekil 6.21. 2 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme	89
Şekil 6.22. 3 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme	90
Şekil 6.23. 4 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme	90
Şekil 6.24. 5 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme	91
Şekil 6.25. 6 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme	91
Şekil 6.26. 18 Şubat – 13 Mart 2014 tarihleri arasındaki kalsit (CaCO_3) konsantrasyonları	92
Şekil 6.27. Solda 8 Aralık 2014 sağda 9 Aralık 2014 tarihli toz taşınımı	92
Şekil 6.28. 8 Aralık 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme	93

Şekil 6.29. 9 Aralık 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme	93
Şekil 6.30. 8 Aralık 2014 Arap Denizi yağış	94
Şekil 6.31. 3-10 Aralık 2014 ve 11-18 Aralık 2014 arasında klorofil –a (Aqua MODIS)	94
Şekil 6.32. 19-26 Aralık 2014 ve 27-31 Aralık 2014 arasında 8 günlük kompozit klorofil a (Aqua MODIS)	95
Şekil 6.33. 1 Ocak-1 Şubat 2015 tarihleri arasında 8 günlük kompozit klorofil a (Terra MODIS).....	96
Şekil 6.34. 2-17 Şubat 2015 tarihleri arasında 8 günlük kompozit klorofil a	96
Şekil 6.35. 18-25 Şubat 2015 tarihleri arasında Arap denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı.....	97
Şekil 6.36. 26 Şubat-5 Mart 2015 tarihleri arasında Arap denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı	97
Şekil 6.37. 25 Ocak-5 Mart tarihleri için klorofil a konsantrasyonu grafiği.....	98
Şekil 6.38. 20 Ocak 2015 tarihli uydu görüntüsü ve AOD değerleri.....	99
Şekil 6.39. 21 Ocak 2015 tarihli uydu görüntüsü ve AOD değerleri.....	99
Şekil 6.40. 20 Ocak 2015 Arap Denizi üzerinde yağış.....	100
Şekil 6.41. 7 Mart 2015 tarihinde toz gelişi	100
Şekil 6.42. 7-8 Mart 2015 tarihlerinde AOD	101
Şekil 6.43. 6-13 Mart 2015 tarihleri arası 8 günlük kompozit klorofil a (Terra MODIS)	102
Şekil 6.44. 14-21 Mart 2015 tarihleri arası 8 günlük kompozit klorofil a (Terra MODIS)	102
Şekil 6.45. 22-29 Mart 2015 tarihleri arası 8 günlük kompozit klorofil a (Terra MODIS)	103
Şekil 6.46. Emiliana Huxleyi'nin büyüme eğrisi	103
Şekil 6.47. 14-29 Mart 2015 tarihleri arası 8 günlük kompozit kalsit konsantrasyonu (Terra MODIS).....	104
Şekil 6.48. 23 Aralık 2015 tarihli toz taşınımı.....	105
Şekil 6.49. 19-31 Aralık arası klorofil a konsantrasyonları	105
Şekil 6.50.. 1-8 Ocak tarihi arası klorofil a konsantrasyonları	106
Şekil 6.51. 5 Ocak 2016 tarihinde klorofil a konsantrasyonu	106
Şekil 6.52. 11 Şubat 2016 tarihli uydu görüntüsü	107
Şekil 6.53. 2 Şubat – 4 Mart tarihleri arası klorofil a konsantrasyonu	108

Şekil 6.54. 4 Şubat tarihli uydu görüntüsü	109
Şekil 6.55. 2 Şubat – 5 Mart 2017 tarihleri arası klorofil a konsantrasyonu	110
Şekil 6.56. 3-6 Aralık 2017 tarihleri arası toz taşınımları	111
Şekil 6.57. 18 Aralık tarihli klorofil dağılımı	112
Şekil 6.58. 20-23 Aralık 2017 tarihleri arası klorofil dağılımı.....	112
Şekil 6.59. 24-27 Aralık 2017 tarihleri arası klorofil dağılımı.....	113
Şekil 6.60. 28 Aralık 2017 tarihinde klorofil dağılımı	114



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$p\text{CO}_2$	Kısmi karbondioksit basıncı
r	Korelasyon katsayısı

Kısaltmalar

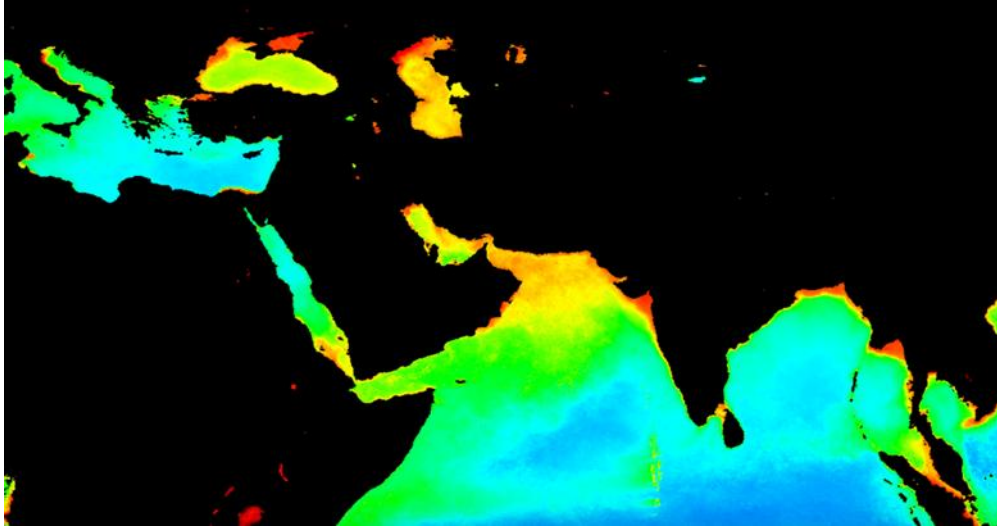
AOD	Aerosol Optik derinliği
CCN	Bulut yoğunlaşma Çekirdeği
DMS	Dimetil Sülfat
EHUX	Emiliana Huxleyi
FLH	Işınım Çizgisi Yüksekliği
GB	Güneybatı
INDOEX	Hint Okyanusu Deneyi
JGOFS	Ortak Küresel Okyanus Çalışması
KD	Kuzeydoğu
KDM	Kuzeydoğu Muson
L1B	Level 1B
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MSA	Metan Sülfonik Asit
Mt	Megaton
NASA	Amerika Birleşik Devletleri'nin Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
Pg	Petagram
ppm	Milyonda bir birim
SeaWiFS	Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor
Tg	Teragram

1. GİRİŞ

Dünya karasal alanının yaklaşık üçte birini kaplayan çöllerden sürekli olarak kilometrelerce mesafeye toz taşınımı olmaktadır. Taşınan tozların bir kısmı denizler üzerinde birikmektedir. Çöl tozlarının denizlerdeki fitoplanktonların üremesi için gerekli olan Fe gibi mikrobelerin içerdiği bilinmektedir. Denizel üretimdeki artış ile atmosferden daha fazla miktarda CO₂ emilimi öngörüldüğünden, çöl tozlarının denizel üretim üzerindeki olası etkisi merak uyandırmaktadır.

Ondokuzuncu yüzyıldaki sanayi devrimi öncesi 280 ppm civarında olan atmosferdeki CO₂ seviyesi artarak günümüzde 411 ppm seviyelerine kadar çıkmıştır. Atmosferde bulunan CO₂ büyük oranda okyanuslar tarafından emilmekte ise de artan nüfus, sanayileşme ve kentleşmeyle birlikte günümüzde yeryüzünün ortalama sıcaklığı 2⁰C artmış bulunmaktadır. Bu gidişata bir önlem olarak 12 Aralık 2015'te düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21. Taraflar Konferansı'nda Paris İklim Değişikliği anlaşması kabul edilmiştir. Anlaşmanın uzun dönemli hedefi, endüstriyelleşme öncesi döneme kıyasla küresel sıcaklık artışının 2⁰C'nin olabildiğince altında tutulması olarak belirlenmiştir.

Küresel anlamda bu tez çalışmasına konu olan Arap Denizi ile ilgili olarak alg yoğunluğunun en fazla olduğu Şubat ayına ait 1998-2010 yıllarına ait klorofil verisine bakıldığında (Şekil 1.1.) Arap Denizinin küresel anlamda neden ilgi çektiği daha iyi anlaşılabilir. Nehir girdileri önemli miktarda olmayan ve sadece Güney Batı muson rüzgârları sürecinde dip suların yüzeye taşınabildiği bir yerde Şubat ayında izlenen klorofil yoğunluğu alg gelişiminin küresel iklim değişikliği ile olan alakası nedeni ile bilim dünyasının ilgisini çekmektedir.



Şekil 1.1. Arap Denizi 1998-2010 yılları klorofil dağılımı

Bugüne kadar Arap Denizi'ni kapsayan iki önemli ve büyük ölçekli saha çalışması yürütülmüştür. Bunlardan biri 1989-1997 yılları arasında gerçekleştirilen Ortak Küresel Okyanus Çalışması (JGOFS) olup, bu kapsamda birçok ülke Atlantik, Pasifik, Güney ve Hint okyanusuna seferler düzenlemiş atmosfer ile okyanus yüzeyi ve içerisi arasındaki karbon akılarını araştırmışlardır. Bir diğer çalışma ise 1999 yılı Ocak-Mart ayları arasında gerçekleştirilen Hint Okyanusu Deneyi (INDOEX)'dir. Çalışma ile Hint okyanusunda aerosoller, bulutlar ve kimya-iklim etkileşimleri araştırılmıştır.

Arap Denizi, araştırmacılar tarafından bölgedeki birincil üretimin fazlalığıyla dikkat çekici bulunmaktadır. Bu fazlalık, genel olarak güneybatı muson dönemi için dip sularının yüzeye çıkması (upwelling) ile kuzeydoğu muson dönemi için ise konvektif karışım (convective mixing) ile açıklanmıştır [1]. Ancak son dönemlerde yapılan bazı çalışmalar, fitoplanktonların gelişimi için gereken mikrobelerin, özellikle demirin, çöl tozları tarafından sağlandığına ilişkin veriler yansıtmaktadır [2]–[4]. Fitoplanktonların üremek için demire gereksinim duyduğu Martin [5] tarafından çok bilinen demir hipotezi ile ortaya konulmuştur. Bu hipoteze göre güney okyanusundaki yeni üretim demir eksikliği ile sınırlanmaktadır ve hipotez buzul/buzullararası dönemde atmosferdeki CO_2 miktarındaki farklılığın (200 ppm/280 ppm) nedeninin son buzul maksimumunda atmosferik tozdan kaynaklı Fe temininin 50 kat fazla olması ve bu sayede artan fitoplanktonların atmosferdeki CO_2 seviyesini aşağı çekmesi olabileceğini ifade etmektedir. Çöl tozlarının demirden farklı olarak azot, fosfor gibi mineraller taşıdıkları da bilinmektedir [4].

Göral ve diğ. [6] tarafından yapılan çalışma ile Afganistan'dan alınan toprak örneklerinde bazı bölgelerde yüksek oranda NO_3^- içerdiği tespit edilmiştir.

Arap Denizi üzerine gelen mineral tozların içinde bulunan mikroblesinler, özellikle de demir, fitoplanktonların gelişimi için gerekli koşulların sağlanıp konsantrasyonlarının artmasına yol açmaktadır. Fitoplanktonların fotosentetik yapısı göz önünde bulundurulduğunda, bu durumun iklimsel olarak pozitif bir etki oluşturmaları beklenmektedir. Denizel alg miktarındaki artışın iklime olan etkisini iki ana başlıkta değerlendirmek mümkündür. Bunlardan ilki fotosentez yoluyla havadaki CO_2 'in emilmesiyle doğrudan oluşması öngörülen katkıdır. İkinci ve dolaylı olarak, CLAW hipotezi [7] ile öngörülen, fitoplanktonlar tarafından salınan dimetilsülfatın atmosferde oksitlenerek sülfat aerosolü ve dolayısıyla bulut çekirdeği oluşturmaları ve bu sayede albedo artışı sağlanmasıdır.

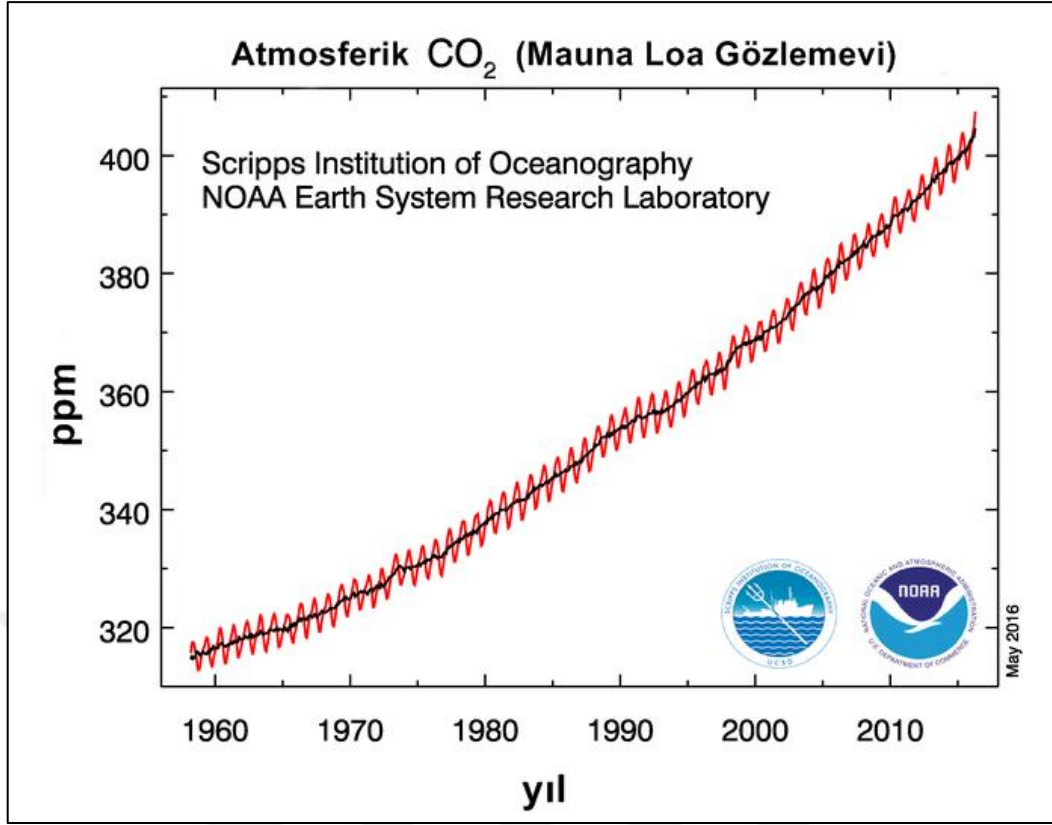
Gelişen uydu teknolojileri sayesinde elde edilen veriler, yerinde çalışma yapılması zor ve maliyetli olan okyanus gibi büyük ölçekli alanlarda çalışmalar yapmayı kolay hale getirmiştir. Yine uydu verileri sayesinde toz taşınimleri gibi büyük ölçekli doğa olaylarının izlenmesi kolaylaşmıştır [8], [9]. Bu vasıtaıyla Arap Denizi gibi çöl tozu taşınımının ve üretkenliğin fazla olduğu yerlerde uydu verilerini kullanarak bu tozların fitoplanktonlar üzerindeki etkisinin araştırılması daha anlamlı hale gelmektedir. Bu tez çalışması kapsamında da bu çerçevede çalışma bölgesi olarak seçilen Arap Denizi'nde yaşanan alg patlamalarına, çevresinde bulunan çöl alanlarından taşınan tozların etkisi olup olmadığı sorusunun cevabı ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Küresel CO₂ Emisyonları ve Denizel Karbon Döngüsü

Sera etkisine yol açan başlıca gazlar arasında yer alan karbondioksitin geçmiş zamanlarda buzul ve buzullar arası döngüye uygun olarak konsantrasyonlarının değiştiği bilinmektedir. Buzullar arası dönemlerde atmosferik CO₂ konsantrasyonu 280 ppm civarında iken buzul çağlarında, örneğin son buzul maksimumunda CO₂ konsantrasyonunun 180-200 ppm dolaylarında olduğu Antartika'dan alınan Vostok buz karotu ölçümleriyle açığa çıkmıştır [10]. Endüstrileşme sonrası dönemde atmosfere salınan karbondioksit miktarında önemli bir artış gerçekleşmiştir. Mauna Loa (Hawaii) Gözlemevi'nde yapılan ölçümlerde (Şekil 2.1.) 1960'lı yıllarda 320 ppm altında olan CO₂ konsantrasyonlarının günümüzde 400 ppm'in üzerine çıktığı görülmektedir. 1750-2011 yılları arasındaki antropojenik CO₂ emisyonlarının neredeyse yarısının son 40 yılda gerçekleştiği bilinmektedir. Bu antropojenik emisyonların yaklaşık %40'ı (880 Gt CO₂) atmosferde kalırken geriye kalan kısım yutaklar (kara ve deniz) tarafından tutulmuştur [11]. Fosil yakıtların yanması veya ormansızlaşma ile atmosfere salınan karbondioksit ya karasal ekosistem veya okyanuslar tarafından emilmekte ya da atmosferde birikmeye devam etmektedir. Atmosferdeki karbondioksitin %26'sı okyanuslar, kalan kısmı ise kara tarafından emilmektedir. Bu nedenle okyanusların karbon döngüsünde önemli bir rolü olduğu düşünülmektedir [11],[12].

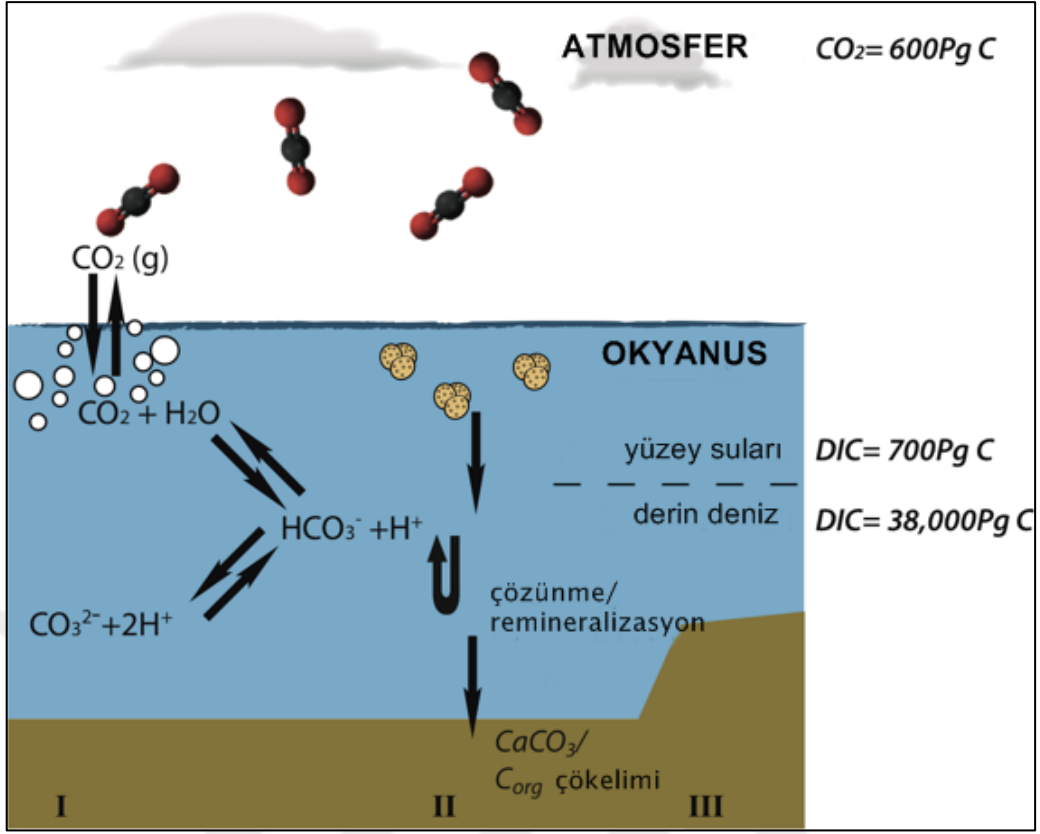
Küresel yüzey sıcaklığının (kara ve deniz) 1880 yılından 2012'ye 0,85⁰C artış gösterdiği rapor edilmiştir [11]. Atmosferdeki CO₂ ve diğer sera gazlarının artışının engellenmesi için çeşitli teknolojik iyileştirmeler veya değişiklikler yapılması yoluna gidilmiş ve uluslararası protokoller (örneğin Kyoto protokolü) imzalanmıştır. Bunun yanı sıra atmosferdeki CO₂ miktarının azaltılmasına yönelik bilimsel çalışmalar da yapılmaktadır [13].



Şekil 2.1. Atmosferik CO₂ konsantrasyonu (ppm) [14]

Okyanuslar ısıyı alma ve depolama özelliğine sahip olmaları ile iklimi etkilemektedir. Ayrıca karbondioksit gibi gazları düzenleyerek küresel iklime doğrudan veya dolaylı etkileri bulunmaktadır [15]. Denizlerdeki birincil üretim üzerine yerinde çalışmaların küresel veya bölgesel ölçekte kısıtlı olması nedeniyle okyanusların karbon döngüsündeki rolü halen tartışmalıdır [16]. Buzul dönemlerinde toz birikiminde 30 kattan fazla artış gözlemlenmesi küresel ve buzul ölçekte deniz yüzeyinde iklimsel salınımlar ve karbon döngüsü arasında bir bağıntı olduğu izlemine uyandırmaktadır [17].

Atmosfer ve deniz arasında CO₂ alışverişi fiziksel ve biyolojik süreçlere (Şekil 2.2.) bağlıdır. Fiziksel olarak yüzey sularının kısmi CO₂ basıncı ($p\text{CO}_2$) alışverişin yönünü belirlemekte, $p\text{CO}_2$ ise sıcaklıktan ve denizin kimyasal bileşiminden etkilenmektedir. Soğuk suda CO₂ daha çok çözünmektedir [10].



Şekil 2.2. Denizel karbon döngüsü [18] (Çözünmüş İnorganik Karbon (DIC) miktarları endüstri öncesi döneme tekabül etmektedir.)

Biyolojik olarak fitoplanktonlar fotosentez vasıtasıyla havadaki CO_2 'i tüketerek organik maddeye dönüştürürler. Bu organik maddenin bir kısmı parçalanarak yüzeyde üretim için gerekli besin elementlerine dönüşürken bir kısmı da derin denize çökmekte ve parçalanma devam etmektedir. Açık denizde $CaCO_3$ genelde kokolitoforlar ve planktonik foraminiferlerin fosillerinde mineral kalsit olarak çöker. Çökelen $CaCO_3$ 'ün %25'i derin deniz sedimanlarına gömülürken %75'i çözünmektedir [10]. Dünya Sistem Modellerine dayanarak iklim değişikliği ve karbon döngüsü arasındaki geri beslemenin küresel ısınmayı arttıracakı rapor edilmiştir [11].

2.2. Atmosferik Aerosoller

Atmosferik aerosoller katı ve sıvı parçacıkların hava içerisinde askıda bulunma durumu olarak tanımlanabilir; toz, bulutlar ve pus bu duruma örnektir [19]. Aerosoller doğal veya antropojenik olarak oluşabilirler. Antropojenik olarak fosil yakıtların ve biyokütlenin yanmasıyla uçucu kül, toz ve siyah karbon gibi birincil aerosoller oluşmaktadır. Bu esnada oluşan SO_2 , NO_x ve uçucu organik bileşikler gibi aerosol öncül gazları ikincil aerosollerin oluşmasına yol açmaktadır. İkincil

aerosoller biyogenik olarak da oluşabilmektedir [20]. Kuzey yarımkürenin aerosol yükü temel olarak mineral tozdan kaynaklanmaktadır [21]. Mineral toz birincil partikül emisyonlarının kütlege ikinci büyük (1000-3000 Mt/yıl) bileşenidir [22]. Fosil yakıt tüketimiyle oluşan siyah karbon gibi maddelerin emisyonları ise 35 Tg/yıl ile bir diğer temel aerosol kaynağıdır [21].

Toz aerosollerinin atmosfer yoluyla taşınımı iklim sistemini birçok yönden etkilemektedir. Rüzgârla taşınan mineral aerosoller Dünya'nın ışınlam dengesinde (radiative balance), troposferin kimyasal bileşiminde ve denizlerdeki biyolojik süreçlerde önemli bir etkiye sahiptir [23]. Aerosoller güneş ışınlarını geri yansıtarak albedo etkisini artırmaktadır [20]. Yine mineral toz parçacıkları küçük ama daha fazla sayıda damlacık üretilmesini sağlayarak bulutluluğu artırmaktadır [22]. Tozların havada solunabilen partikül konsantrasyonun artması veya görüş mesafesinin azalması gibi çevresel ve sağlık etkileri de bulunmaktadır. Toz aerosollerini ayrıca SO_x ve NO_y gibi asidik gazlar için reaktif bir yüzey oluşturmakta, uzun mesafe taşınimleri sırasında antropojenik aerosoller veya deniz tuzu ile karışarak tozun bulut yoğunlaşma çekirdeği (CCN) potansiyelini artırmaktadır [24]. Çöl tozlarının içerdiği demir, azot, fosfor gibi besin öğeleri okyanus biyokimyasını etkileyerek denizel birincil üretimi artırma potansiyeline sahiptir [25]. Fotokimyasal süreçler, ikincil asitlerin ve organiklerin tutulumu, toz parçacığı içerisindeki demirin çözünürlüğünü artırmaktadır. Ayrıca, nitrat ile karışmış mineral tozlar ise denizlerdeki azot gübrelemesi için önemlidir [22]. Bu nedenlerle tozların atmosfer-deniz arasındaki karbondioksit döngüsü ve atmosferik karbondioksit seviyelerinin değişmesinde önemli katkıları olduğu düşünülmektedir.

Yüzeye yakın rüzgârlar belirli bir eşik değeri geçerse toprak taneleri yerden kalkarak yatay harekete başlayacaklardır. Bunun küçük bir kısmı daha uzun atmosferik taşınım için dikey akıyı oluşturacaktır. Yayılan toz içerisindeki madde boyut dağılımı uzun mesafe taşınım için belirleyicidir. Kaynak bölgeleri üzerinde rüzgâr hızı ve toprak özelliklerine bağlı olarak toz taneciklerinin çapları 0.1 ile 100 µm arasında değişmektedir [25]. Çalışma bölgesindeki episodik toz fırtınaları çoğunlukla etrafta bulunan kurak alanlardaki Shamal hava sistemiyle ilişkilidir. Shamallar yazları ve kışları Basra Körfezinden aşağı doğru esen kuzeybatılı rüzgârlardır. Kasım'dan Mart'a kadar esen kış dönemi Shamal rüzgârları batıdan doğuya doğru geçen soğuk cephe sonrasında oluşmaktadır. Bu rüzgârların hızları

20 km/saat'i geçebilmekte ve 1 ila 5 gün sürebilmektedir. Shamal rüzgârları kurak ve yarı kurak bölgelerde geçtiklerinde yerden kalkan tozlar troposferin üzerine kadar yükselebilmektedir [26]. Deniz üzerine toz birikimi kuru veya ıslak (yağmur vasıtasıyla) çökelim yoluyla olabilmektedir [17], [25]. Aerosollerin ışıklı tabakada (euphotic zone) çözünme süreci dakika-saat mertebesinde gerçekleşebileceği gibi günler-haftalar da sürebilmektedir [24].

Hint okyanusu dünya çapındaki okyanuslarda yıllık 450 Tg olan toz birikiminin yaklaşık % 25'ini almaktadır [27]. Toz birikimi kaynağa olan mesafe ile değişmektedir. Kaynaktan 10 ila 1000 km uzakta olan yerlerde yıllık $1-50 \text{ g m}^{-2}$, bu mesafeden daha uzakta bulunan yerlere ise $0.05-1 \text{ g m}^{-2}$ toz birikimi olmaktadır [15]. Hint okyanusunun kuzeybatı kısmını oluşturan Arap Denizi ise Güney ve Güneybatı Asya ile Afrika Boynuzundan gelen mineral tozlar için en önemli yutak bölgesidir. Toz yükü en çok Arap Denizi'nin batısı ve kuzeyinde olmaktadır [28].

Tozun kaynağının tespit edilmesinde mineralojik yapı önemlidir. Mineral toz genelde karbonatlara bağlı kil minerali, feldspat, kuvars gibi silikatların karışımından oluşmaktadır. Toz içerisinde farklı miktarlarda bulunan bu minerallerin durumu kaynağın yapısını ve taşınım sürecindeki değişimini göstermektedir [17]. Arap Denizi'ne gelen kuzeybatılı rüzgârların güney kolu kil mineralleri taşıırken kuzey kolu dolomitçe zengin maddeler taşımaktadır. Arap Denizi ve Bengal Körfezi'ne komşu bulundukları karasal alanlardan ortalama olarak sırasıyla $20 \text{ g m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ ve $10 \text{ g m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ toz taşınımı olmaktadır [29].

Hamza [2], Arap Yarımadası üzerinden Arap Körfezi'ne gelen çöl tozlarına yönelik çalışmasında kuru aylarda (Mayıs-Ağustos) günlük ortalama toz birikimini $9,34 \text{ g m}^{-2}$, yağmurlu aylarda ise bu değeri $3,43 \text{ g m}^{-2}$ olarak tespit etmiştir. Çalışma kapsamında beş noktadan alınan kuru toz örnekleri incelendiğinde sadece mevsimsel değil aylar arasında bile örneklerin mineral içeriklerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Ocak-Mart ayları arasında toz fırtınalarından sonra alınan yağmur suyu örneklerine bakıldığında Mayıs ve Ağustos değerlerine göre düşük Fe içeriğine (ortalama % 8,45) sahip oldukları görülmüştür. Bununla birlikte bu örneklerde yüksek nitrat konsantrasyonu ($1,3-36,7 \text{ NO}_3^- \text{ mg/L}$) ve bazılarında kayda değer düzeyde çözünmüş fosfat (ortalama $0,034 \text{ mg/L}$) ve demir (ortalama $0,03 \text{ mg/L}$) konsantrasyonu tespit edilmiştir [2].

Hint Okyanusu Deneyi (The Indian Ocean Experiment – INDOEX) çalışması kapsamında yapılan ölçümlerde ince aerosollerin ($<1 \mu\text{m}$) genel olarak %32 sülfat, %26 organik bileşikler, %14 siyah karbon, %10 mineral toz, %8 amonyum, %5 uçucu kül, %2 potasyum, % 1 deniz tuzu ve eser miktarda metil sülfonik asit (MSA), nitrat ve diğer çözünmeyen türlerden oluştuğu tespit edilmiştir. Yine çalışma kapsamında Maldivlerde kurulan gözlemvinde yapılan ölçümlerde kaba aerosollerin ($1-10 \mu\text{m}$) %25 sülfat, %11 mineral toz, % 19 organik bileşikler, %12 deniz tuzu, %11 amonyum, %10 siyah karbon, %6 uçucu kül ve %1 potasyum içerdiği görülmüştür. Ayrıca Maldivler’de kaba aerosoldeki nitrat oranı %4 iken daha kuzeyde uçakla yapılan gözlemde nitrat oranının % 7 olduğu tespit edilmiş, bu artış gaz fazında bulunan nitrik asidin daha ziyade kaba parçacıklarda bulunduğu çıkarımıyla açıklanmıştır [20].

Göral ve diğ. [6] tarafından Afganistan’ın çeşitli bölgelerinden alınan toprak örneklerinin analiz edildiği çalışmada Afganistan’ın güneybatısında bulunan mevsimlik göle yakın Farah bölgesinden toplanan örneklerde $2,35 \text{ mg/g NO}_3^-$, bu gölün İran kesimindeki Zabol bölgesinden alınan örnekte ise $3,25 \text{ mg/g NO}_3^-$ tespit edilmiştir. Buna göre bu bölgeden taşınan tozların nitratça zengin olması beklenmektedir. Afgan toprak örneklerinde Göral ve diğ. [6] tarafından yapılan toprak analizlerinde Afgan toprak örneklerinin nitrit (NO_2) açısından da zengin olduğu ve toz üreten Farah bölgesinde bu seviyenin 90 mg/g seviyesine kadar çıktığı görülmüştür. Dolayısı ile Afganistan’da bulunan bu doğal toz kaynakların Arap Denizi’ne olan toz taşınımına katkısı düşünüldüğünde INDOEX çalışmasında bölgenin kuzeyinde nitrat oranının kaba fraksiyonda yüksek tespit edilmesinde bu bölgeye gelen Afganistan kökenli tozların yüksek nitrat içeriğinin etkili olduğu da söylenebilir. Kuzey Arap denizindeki birincil üretim seviyelerinin muson rüzgârları sürecinde yüksek olduğu ve seneden seneye de büyük değişimler gösterdiği gösterilmiştir. Bu değişimlerin GB muson rüzgârları sürecinde deniz dibindeki besince zengin suların yüzeye taşınması ile oluştuğu hakkında genel bir fikir birliği mevcuttur [1], [30]–[33]. Kuzey Doğu Musonlarını takip eden süreçte de kuzey Arap Denizinde fitoplankton oluşması yine okyanussal olaylara bağlanmış ve rüzgârlar ile açık denize sürüklenen deniz suyunun yine derinlerden gelen besin zengini sular ile yenilenmesi esasına dayandırılmıştır [34]–[36]. Ancak Arap denizinde sürdürülen çeşitli araştırmalar yüzey suyunda özellikle KD musonlar

sonrasında izlenen yüksek nitrat seviyesini açıklayamamaktadır [37], [38]. Araştırmacıların raporlarına göre Arap Denizinin açıklanması henüz yapılmamış olan diğer bir enteresan özelliğinin de KD musonları sürecinde yüzey sularında izlenen yüksek miktarda nitrit olduğu vurgulanmıştır [38], [39]. Göral [40] tarafından yapılan yüksek lisans tezi ise Afganistan'dan toplanan yüzey toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda Afgan kaynaklı toz hareketlerinin Arap Denizi yüzeyine özellikle KD musonları ile nitrat ve nitrit taşıyabileceğini göstermiştir.

2.3. Fitoplanktonlar

Fitoplanktonlar su yüzey tabakasında yaygın bulunan mikroskobik boyutlarda canlılar olup deniz ekosisteminin çoğu için temel besini oluşturmakta ve fotosentez yapmaları sayesinde kara-deniz arası karbon değişimini düzenlemektedirler. Fitoplanktonların büyümesi ışık ve azot, fosfor, demir gibi besinlerin varlığına bağlıdır. Nehir deşarjları, atmosferik birikim, dip sularının yüzeye çıkması (upwelling) ve denizlerdeki karışım tabakasında oluşan değişiklikler ile fitoplanktonlar bu besinlere ulaşır. Bu kaynaklar arasında atmosferik birikim çoğu okyanus için temel kaynaktır [41]. Fitoplanktonlar besin ağına sağladıkları katkıları, fotosentez ile çok miktarda oksijen üretmeleri [9] ve organik maddenin temel üreticileri olmaları [42] açısından önemlidirler. Besince zengin sularda bulunan türlerden olan diatom ve dinoflagellatlar karbonun derin sulara taşınmasında temel araçlardır. Dimetil süfat (DMS) üreticileri ise bulut yoğunlaşma çekirdeği (CCN) oluşturma yetileri ile sıcaklık üzerine eksi yönde geri beslemede bulunurlar [12]. Fitoplanktonların ve tüm bitkilerin bünyesinde fotosentez gerçekleştirmeyi sağlayan klorofil-a pigmenti bulunmaktadır. Fitoplanktonların deniz suyunun rengine olan etkisi uzun yıllardır çalışılmış olsa da günümüzde ilerleyen uydu teknolojileri sayesinde gemi veya şamandıra ölçümleri ile elde edilemeyen birçok parametreyi elde etmek mümkün olmaktadır [16].

Arap Denizi'nde bulunan fitoplankton topluluklarının yaklaşık %86'sını diatomlar, %7'sini siyanobakteriler ve %6'sını ise dinoflagellatlar oluşturmaktadır [4]. Arap Denizi'nde bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında tespit edilen türler Çizelge 2.1.'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. Arap Denizi'nde bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında tespit edilen fitoplankton türleri

Tür	Tespit Edilen/Gözlemlenen Bölge	Tarih	Kaynak
<i>Noctulica Scintillans</i>	Gujarat kıyısı açıkları	17.02.2009	[43]
<i>Noctulica Scintillans</i>	Mangalore kıyısı açıkları	12.05.2011	[44]
<i>Noctiluca (green)</i>	Kuzey-orta Arap Denizi	17.02.2009 02.03.2009	[45]
<i>Noctiluca scintillans</i> <i>Cochlodinium polykrikoides</i> <i>Prorocentrum sp.</i>	Umman körfezi ve Arap Denizi	2004	[46]
<i>Noctulica Scintillans</i>	Kuzeydoğu Arap Denizi	12-28.03.2000	[47]
<i>Heterocapsa</i> , <i>Scripsiella</i> <i>Gymnodinium</i>	Goa kıyısı	27 ve 29.01.2005	[48]
<i>Trichodesmium</i>	Doğu Arap Denizi	3,5.04.2007	[49]
<i>Trichodesmium</i>	Doğu Arap Denizi	1-7.04.2008	[50]
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Arap Körfezi	Ağustos, 2008- Mayıs, 2009	[51]
<i>Noctiluca miliaris</i>	Hindistan'ın batı kıyısı	Eylül-Ekim 2004	[52]
<i>Noctiluca miliaris</i>	Arap Denizi	2003-2006 Mart ve Nisan ayları	[53]
<i>Holococcolithophore</i>	Kollam and Vizhinjam kıyısı	4-7 Ekim 2004	[54]
<i>Noctiluca millaris</i>	Kuzey Arap Denizi	26 Şubat-7 Mart 2003 21 Şubat-11 Mart 2004	[55]
<i>Rhizosolenia spp.</i> <i>Guinardia striata</i> <i>Corethron sp.</i> <i>Dactyliosolen sp.</i> <i>Nitzschia closterium</i> <i>Haslea gigantea</i> <i>Pseudo-nitzschia spp.</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Thalassiothrix spp.</i> <i>Rhizosolenia spp.</i>	Kuzeybatı Arap Denizi	17 Ağustos – 15 Eylül 1995	[56]
<i>Chaetoceros spp.</i> <i>Nitzschia spp.</i> <i>Coscinodiscus spp.</i>	Miani Hor Lagünü ve Pakistan Kıyısı	Eylül 2003- Ağustos 2004	[57]

Latif ve diğ., [57] Pakistan kıyısında bir lagünde ve kuzey Arap Denizi'nde yaptıkları çalışmada açık denizde en çok diatom ve dinoflagellat türlerinin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Diatomlar besin zincirinin ilk basamaklarındaki temel üreticiler olup, küresel karbon akısına olan katkıları önemlidir. Patlamalarını takiben büyük miktarda birincil üretimin deniz dibine inmesini ve sedimana çökmesini sağlamaktadırlar [58]. Hindistan kıyısında alg patlamaları sık görülmekle birlikte en çok rapor edilenler *Trichodesmium* ve *Noctiluca* patlamalarıdır [54]. Tropik, alt tropik ve ılıman denizlerde yaygın olarak bulunan *Trichodesmium spp.* gözlenen en büyük fitoplankton yığınlarından bazılarını (Arap Denizi'nde 350.000 km²) oluşturmaktadır [59].

Bugüne kadar yapılan çalışmaların birçoğunda ([1], [9], [16], [28], [32] vd.) Arap Denizi'nde oluşan alg patlamalarının bölgenin belirleyici özelliklerinden olan GB Musonu dönemindeki kuvvetli rüzgârların etkisiyle oluşan dip sularının yüzeye çıkması (upwelling) ve KD Musonu döneminde esen serin ve kuru rüzgârların yüzey suyunu buharlaştırarak soğutması ve bunun etkisiyle açık denizde oluşan konvektif karışım (convective mixing) etmenleriyle yüzeye taşınan besinler sayesinde oluştuğu ifade edilmiştir. Bir çalışmada Kasım 1996 yılında Umman Körfezi'ndeki alg patlamaları siklonik ve antisiklonik girdap oluşumu ile ilişkilendirilmiştir [60]. Biyolojik üretim için fotosentetik aktif radyasyon ve nitrat, fosfat, silikat gibi besinlerin yanı sıra demir gibi diğer temel mikrobeseinlerin ortamda bulunması gerekmektedir [3].

Tholkapiyan [43], uzaktan algılama verileri kullanarak yaptığı çalışmada Hindistan çevresindeki kıyı suları ve açık denizde alg patlamalarının kapladığı alanın kış mevsiminde yazıya göre daha geniş olduğunu ve 2003-2011 yılları için zaman serilerinde alg patlamalarının tüm yıllar için Şubat ayında zirveye ulaştığını görmüşlerdir. Özellikle 2008 yılı Şubat ayında oluşan patlama 40.000 km²'lik bir alana yayılmıştır. Son yıllarda alg patlamalarının kapladıkları alanın genişlemesini değişen su döngülerine, deniz seviyesindeki yükselme ve çöl tozlarının atmosferik birikimi ile ilişkilendirilmiştir.

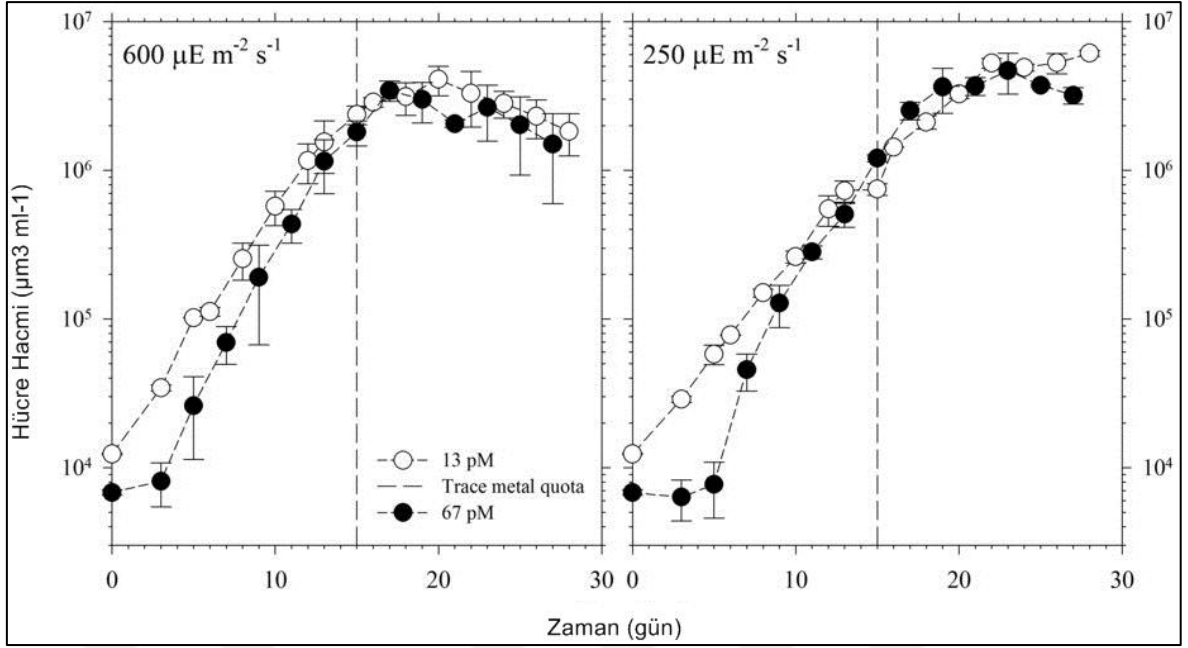
Alg patlamalarının bazı olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Son yıllarda Arap Körfezi'nde artan kızıl gelgitler (red tide) büyük miktarda balık ve deniz kabuklusunun ölümüne ve kimi durumlarda deniz suyu arıtım tesislerinin devre dışı kalıp kapanmasına yol açmıştır [19].

2.3.1. Trichodesmium

Trichodesmium tropik ve ılıman ortamlarda bulunan planktonik filamentli bir siyanobakteridir [61]. *Trichodesmium* patlaması gerçekleştirdiği fotosentezin bir parçası olarak atmosferdeki azotu (N_2) tutabilme kabiliyetine sahiptir [62]. Diazotrofların büyümeleri için bir hammadde olarak havadaki azotu kullanma yetileri azot döngüsü ve iklim değişikliği etkileyen diğer faktörler üzerinde doğrudan etkilidir [12]. Dünyadaki denizlerde azot tutulumu bölgesel ve küresel karbon ve azot döngülerine önemli katkıları nedeniyle ilgi çekmiştir. *Trichodesmium* ise söz konusu azot tutulumunun büyük bir bölümünden sorumludur [63]. *Trichodesmium* tarafından tutulan azotun yaklaşık %50'si geri salınmaktadır. Bu sebeple *Trichodesmium* denizde bulunan fitoplanktonlar için önemli bir yeni azot kaynağı oluşturmaktadır [61]. *Trichodesmium*'un azot tutumu özelliği denizel ve küresel azot döngüsüne önemli bir girdidir [62]. Azot tutulumu ile oluşan birincil üretimin yüzey sularından derin denize net karbon aktarımı sağlaması nedeniyle küresel karbon döngüsü açısından önemlidir [64].

Trichodesmium çok hızlı büyüyebilir ve deniz yüzeyinde yoğun, görünür yamalar şeklinde oluşur [62]. Patlama dönemlerinde fitoplankton biyokütlesi 100 $\mu g/L$ 'yi geçebilmektedir, bu değer ise diğer türlerin oluşturdukları biyokütleden yüksektir [61]. *Trichodesmium* için üreme eğrisi Şekil 2.3.'de verilmiştir. Bu türlerin oluşturduğu alg patlamaları otoburlar ve onları tüketen etoburlar tarafından besin olarak tüketilen diatomların ve dinoflagellatların büyümelerini teşvik etmektedir [62].

Denizel diazotroflar sıcaklık nedeniyle tropik bölgelerle sınırlı olarak bulunurlar ve yüksek miktarda demire ihtiyaç duyarlar [4]. Bir biyojeokimyasal model simülasyonu ile kuzey Hint Okyanu'nda diazotrofların büyümesinin demir ve fosfat ile; buna karşın diatom ve küçük fitoplanktonların büyümesinin azot ile sınırlı olduğu öne sürülmüştür [29]. Her ne kadar havadaki toz, demirin yanı sıra çeşitli diğer besinleri de içerisinde barındırsa da bunların miktarı dipten gelen demirle kıyasla azdır. Bu nedenle havadaki tozun içerisindeki demir ile gübrelenen suların, dipten çıkan demirle beslenen sulara nazaran daha çok azot yoksunu olduğu düşünülebilir ve bu koşul *Trichodesmium spp.* gibi diazotrofların üremesini teşvik eder [21].



Şekil 2.3. *Trichodesmium* büyüme eğrisi [65] (600 ve 200 mE m⁻² s⁻¹ ışık yoğunluğunda)

Trichodesmium patlamaları mevsimsel olarak Arap Denizi'nin doğu ve güney kısımlarında Mart ile Mayıs ayları arasında görülmektedir [50]. Parab ve Matondkar [61] Arap Denizi'nde *Trichodesmium* üzerine gerçekleştirdiği çalışmada, klorofil a konsantrasyonlarının KD Muson döneminin ortasında 0,173 – 2,6 mg/m⁻³ arasında olduğunu, çoğunluğunu diatom ve dinoflagellatların oluşturduğunu ve geç KD Muson döneminde *Trichodesmium* patlamasını takiben bir *Noctulica* patlaması olduğunu rapor etmiştir.

Trichodesmium uzaktan algılama verileri ile tanımlanabilen bir siyanobakteridir. Bu anlamda *Trichodesmium* patlamalarıyla ilişkilendirilen özellikler; yüzey suyunda oluşan patlamaya özgü altın sarısı renk ve açığa çıkan renkli çözünmüş organik maddenin renk tayfinin morötesi yakını ve mavi kısımlarında soğurulmayı artırmasıdır [12]. Uzaktan algılama verileriyle *Trichodesmium* patlamalarının tespitine yönelik yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır [62]–[64].

2.4. Toz ve Fitoplankton Patlamaları İlişkisi

Denizel fitoplankton üretimi ve toz aerosoller arasındaki ilişki ve buna bağlı karbon emiliminin tartışıldığı Demir Hipotezi ilk olarak Martin [5] tarafından ortaya konulmuştur. Bu hipoteze göre buzul/buzullararası dönem atmosferik CO₂ miktarındaki farklılığın nedeni, denizel üretimin Fe yetersizliği ile sınırlı olmasından yola çıkılarak Son Buzul Maksimumunda atmosferik tozlara bağlı Fe kaynağının ve

buna bağılı fitoplankton büyümesinin artması ve böylece atmosferik CO₂ miktarının 200 ppm seviyesinin altına inmesi olarak açıklanmıştır.

Toz girdisini simgeleyen yapay demir gübrelemesi deneyleri ile bazı denizel ekosistemlerde üremenin bölgesel olarak tetiklendiği gözlenmiştir [25]. Pasifik Okyanusu ve Güney Okyanusu gibi bölgelerde yapılan yapay gübreleme deneylerinde fitoplankton biyokütlesinde ve klorofil konsantrasyonlarında artış izlenmiştir [3]. Ancak, toz kullanılarak yapılan çalışmalarda doğrudan demir veya fosfor eklenmesi ile gerçekleştirilen deneylerde ortaya çıkan klorofil konsantrasyonu ve üretim değişimlerinden daha farklı sonuçlar elde edilmiştir [25]. Birçok çalışma çöl tozlarının denizel üretimin artışıdaki etkisine işaret etmiştir [2], [3], [41].

Charlson ve diğ. tarafından 1987 yılından yayınlanan bir makalede [7] denizel fitoplanktonlar tarafından salınan dimetilsülfatın (DMS) atmosferde oksitlenerek sülfat aerosolü oluşturduğu ve bununda açık denizdeki en önemli bulut yoğunlaştırma çekirdeği (CCN) kaynağı olduğu ifade edilmiştir. Daha sonra yazarların baş harflerinden oluşan kısaltmayla anılacak olan CLAW hipotezi ile denizel biotanın salımlarıyla oluşan sülfat aerosollerinin bulut albedosu ve dolayısıyla iklim için önemli belirleyiciler oldukları ve denizel DMS salınımlarının iklimsel değişikliklerden etkilenecek bir geri besleme döngüsü oluşturduğu öne sürülmüştür. Özellikle bazı fitoplankton türleri (örneğin *Emiliana huxleyi*) esaslı DMS üreticileri olarak bilinirler [66].

Çöl tozu ile bulut içerisindeki nemin teması ile toz içerisinde bulunan mantarların açığa çıkardığı oksalat vasıtasıyla demirin biyoelverişli hale (Fe⁺²) geldiği Saydam ve Şenyuva [67] tarafından gösterilmiş ve bu sayede özellikle kokolitoforların patlamasına katkı sağladığı öne sürülmüştür.

Açık denizlere olan toz girdisinin buzul çağına karşı buzullararası dönemde atmosferik CO₂'in 10 ila 20 ppm düzeyinde baskıladığı savı öne sürülmüştür [25]. Tozların önemli bir N kaynağı olduğu Kuzeybatı Akdeniz gerçekleştirilen mikrokozmoz çalışmalarında vurgulanmıştır [68]. Bonnet ve diğ., [69] yaptıkları çalışmada Fe ile birlikte azot içermeyen antropojenik parçacıkların ilavesiyle sadece piko ve nano planktonların konsantrasyonlarında artış görülürken Sahra

tozu eklendiğinde daha büyük ökaryotik kütlede artış görülmüş ve tozun muhtemel bir azot kaynağı olduğu değerlendirilmiştir.

Uzaktan algılama ile tozların fitoplankton patlamaları ile ilişkisi araştırılırken dikkate alınması gereken bir nokta ise klorofil verisi elde edilirken atmosferik düzeltme işlemlerinde tozların yapay olarak klorofil a konsantrasyon değerini artırması olasılığıdır. Yapaylık (artifact) hipotezi çok miktarda tozun açık denizin üzerine sıklıkla geldiği yerlerde toz ve klorofil a konsantrasyonları arasında pozitif korelasyon bulunacağını ancak toz taşınım yolunda olmayan diğer bölgelerde korelasyon bulunmayacağını öngörmektedir [21]. Bir çalışmada Arap Denizinin orta kesiminde aerosollerin hem klorofil a ile hem de ışınım çizgisi yüksekliği (Fluorescence line height – FLH) ile yüksek pozitif korelasyon oluşturduğu ancak kuzey kesiminde klorofil a ile bu ilişki devam ederken FLH ile önemli korelasyon elde edilmediği görülmüştür. Bu durumun askıdaki partikül maddelerin aldatıcı bir korelasyon değerine sebep vermesinden kaynaklanabileceği öngörülmüştür [28].

Toz birikimi gerçekleştiğinde bunun denizel üretime olan etkisi denizde biriken toz miktarı ve tozun içerisinde bulunan elementlerin biyo-elverişliliğine bağlı olacaktır. Fakat bu elementleri biyo-elverişli yapan özellikler net değildir [25]. Burada dikkate alınması gereken en önemli nokta çöl tozu taşınımlarının doğası gereği episodik/vaka temelli oluşudur. Bu nedenle tek bir toz taşınımı olayının anlık etkisi güçlü iken yıllık etkisi zayıf olabilmektedir [15].

2.5. Besin Tuzları

Karadan açık denize taşınan partiküllerin en temel doğal kaynağı rüzgârla taşınan çöl tozlarıdır. Atmosferik demirin öncelikli kaynağını çöl tozları oluşturmaktadır. Atmosferik azot genelde yoğun nüfuslu bölgelerden kaynaklı antropojenik yanma veya tarımsal kaynaklardan türemektedir. Fosfor ise hem çöl tozlarından hem de antropojenik kaynaklardan ortaya çıkabilmektedir. Deniz yüzeyine çözünmüş bileşenlerin atmosfer yoluyla sağlanması parçacık derişimi, boyut dağılımı ve çözünürlük etkenlerine bağlıdır. Bu etkenler taşınım sürecinde atmosferik süreçlerden etkilenmektedir [15].

Okyanusların yüzde 60'ı temel makro besinler olan nitrat ve fosfat açısından yoksundurlar. Bu durum fitoplankton ve diğer denizel organizmaların üretimini sınırlandırmaktadır [15]. Son zamanlarda uydu verileri kullanılarak yapılan

alışmalar yüzeydeki klorofil konsantrasyonunun uzun dönemdeki değişimini göstermektedir. Yapılan bu çalışmalarda bazı bölgelerdeki klorofil artışları azalan yüzey suyu sıcaklığı ve bunun sebebi olarak soğuk dip sularının yüzeye çıkmasıyla (upwelling) ilişkilendirilmiştir. Ancak, klorofil konsantrasyonunda artışın bütün sebepleri çoğunlukla bilinmemektedir [70].

2.5.1. Demir

Biyolojik retim fotosentetik aktif radyasyon ve nitrat, fosfat, silikat gibi besinlerin yanı sıra demir gibi diğer mikrobeseinlerin erişilebilirliğinden etkilenmektedir [29]. Demir temel olarak fitoplanktonlar için fotosentezde bir katalist vazifesi görmektedir [28] ve fitoplaktonların üremesinde sınırlayıcı bir etkiye sahiptir [21]. Demirin hangi kısmının biyo-erişilebilir olduğu bilinmese de çoğu zaman çözünebilir kısmının biyo-erişilebilir olduğu öngörülmektedir [29]. Toz parçacıklarındaki toplam demir içeriğinin aksine çözünebilir demir miktarı açık denizlerin üretkenliğini yönlendirmektedir [22]. İçinde bulunduğu mekanizmaya göre demirin çözünme zamanı saatler ile haftalar mertebesinde değişebilmektedir [28]. Toprakta bulunan demir genelde çözünmez ferrik (Fe^{3+}) formdadır. Tarımsal topraklarda ortalama çözünürlük %0,1'den az iken aerosollerde demirin çözünürlüğü %80'e ulaşabilmektedir. Aradaki bu farkın atmosferik taşınım sürecinde toz parçacıklarının güneş işığı, SO_2 , NO_x gibi reaktif gazlar ve bunların asidik oksidasyon rnleri (H_2SO_4 , HNO_3 gibi) ile geçirdikleri süreçlere bağlı olduğu düşünülebilir. Toz parçacıklarının yüzeyinde veya bulut içerisinde süregelen kimyasal reaksiyonlar ile tozda bulunan elementlerin çözünürlükleri değişebilir [25]. Oksalat veya diğer organik maddeler ile tetiklenen fotoindirgeyici süreçler, bulut içi süreçler [25], partiküllerin atmosferik süreçte asitlenmesi ve ikincil asitlerin birikimi [22] ile aerosol demirin çözünürlüğü artabilmektedir. Bu süreçler tozda bulunan diğer maddelerin de çözünürlüğünü artırabilir [25].

Küresel olarak kıyı bölgelerine nehirler vasıtasıyla oluşan Fe girdisi 1,5 Tg/yıl olup Arap Denizi'ne nehirler aracılığıyla yılda 0,013 Tg demir girdisi olmaktadır. Arap Denizi ve Bengal Körfezi yüzey sularına alan ağırlıklı atmosferik znebilir Fe akısı sırasıyla 0,0002 Tg/yıl ve 0,009 Tg/yıl'dır. Arap Denizi zerindeki aerosollerde bulunan demirin %0,02 ila 0,43' znebiliridir [4]. Toz içerisindeki demirin biyo-erişilebilirliği düşük olsa da atmosferik süreçler dikkate alındığında demirin çözünürlüğü geniş bir aralıktadır. Örneğin, yılda ortalama 12 g/m^2 toz

birikimi olan kuzeybatı Arap Denizi'nde çözünmüş demir akısı yılda 300 ila 15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ arasında değişmektedir. Çöl tozu kaynaklarından daha uzak mesafede olan güney Arap Denizi'nde ise 1 g/m^2 -yıl toz birikimi, yıllık 25 ila 1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ çözünmüş demir akısı oluşturabilmektedir [28].

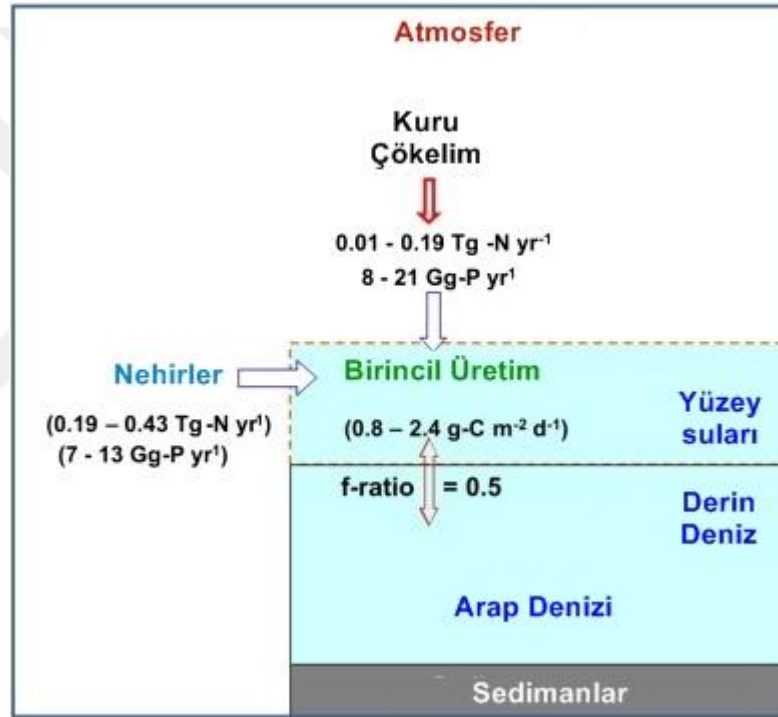
Sahra çölü tozu kullanarak yaptıkları çalışmada Saydam ve Şenyuva [67] bulut içi fotokimyasal tepkimeler ve ortamda bulunan mantarların açığa çıkardığı oksalat vasıtasıyla çöl tozlarının bünyesinde bulunan demirin biyoelverişli forma geldiğini göstermişlerdir. Oksalatın asidik yapısı uzun mesafeli taşınım esnasında mantarların çöl tozuna tutunmasını ve değişik demir oksalat bileşikleri oluşturmasını kolaylaştırmaktadır. Belirli bir seviyede güneş ışığı varlığında başlayan dekarboksilasyon tepkimeleri ile biyolojik olarak kullanılabilen Fe^{2+} açığa çıkmaktadır. Çalışmada ayrıca demirle birlikte çinko ve mangan açığa çıktığı görülmüştür [67].

2.5.2. Azot / Fosfor

Atmosferik azot girdisi ışıklı tabaka içerisinde geri dönen besinlerle oluşan birincil üretimin aksine yeni üretimin oluşmasına katkı sağlamaktadır. Atmosferde bulunan azotlu bileşikler için toprak (NO_3^-) ve sulak alanlar (NH_3) gibi birçok doğal kaynak olmasına rağmen kuzey yarımkürede bu kaynaklar çoğunlukla araç trafiği (NO_x , HNO_3), endüstriyel yanma (NO_x) ve tarım faaliyetleri (NH_3) gibi antropojenik kökenlidir [17]. Atmosferik süreçler vasıtasıyla mineral tozlarda biriken nitrat açık denizler için önemli bir çözünebilir besin kaynağıdır [22]. Temel besin kaynaklarına bakıldığında Arap Denizi'nde azotun fosfora göre plankton üretimini sınırlandırması daha olasıdır [39]. Bir çalışmada Güneybatı Musonu dönemi haricinde kalan dönemlerde Arap Denizi'nde ışıklı tabakaya besin taşınması için bariz bir mekanizma olmamasına rağmen birincil üretimin beklenenden yüksek olduğu ifade edilmiştir [1]. Mart ila Mayıs ayları arasındaki dönemde tabakalaşma dolayısıyla Arap Denizi'nin orta kesimlerinde yüzey suları besin elementlerinden yoksun kalmaktadır. Ancak bu dönemde *Trichodesmium* patlaması gözlenmiştir. Bu nedenle çöl tozları ile taşınan demir ve fosforun fitoplankton üremesinde ve C ve N tutulumunda önemli bir rol üstlendiği değerlendirilmektedir [4].

Arap Denizi ve etrafında deniz suyunda ve atmosferde yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır. US JGOFS çalışmasının bir parçası olarak gerçekleştirilen bir çalışmada KD musonun sonlarına doğru azotlu besinlerin konsantrasyonlarının

arttığı gözlemlenmiştir [39]. Kuzeydoğu Arap Denizi'nde yapılan bir çalışmada erken KDM döneminde nitrat konsantrasyonunun tespit edilemeyecek kadar düşük olduğu ancak fosfat ve silikat gibi besinlerin bulunduğu görülmüştür. Fitoplanktonların besin maddelerinin çoğunu tükettiği için olduğu öngörülen bu durum azotu tutabilen *Trichodesmium* için bir avantaj oluşturmaktadır [61]. Pakistan kıyısında gerçekleştirilen bir başka çalışmada farklı dönemlerde nitrit, amonyum ve fosfat konsantrasyonlarının benzer olduğu ancak nitrat konsantrasyonunun musonlar arası dönemde ($4,209 \mu\text{g/L}$) ve KDM döneminde ($1.740 \mu\text{g/L}$) yüksek olduğu rapor edilmiştir [57]. Arap Denizi'ne atmosfer ve nehirler vasıtasıyla oluşan azot ve fosfor girdisi Şekil 2.4.'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Arap Denizi'ne atmosfer ve nehirler vasıtasıyla oluşan azot ve fosfor girdisi (Srinivas ve Sarin [4]'den Türkçeleştirilmiştir)

Göral ve diğ., [6] Afganistan'ın çeşitli noktalarından aldıkları toprak örneklerinin iyonik bileşenlerini incelemişler ve özellikle Farah bölgesinden alınan örnekte yüksek miktarda NO_3^- ($2,35 \text{ mg/g}$) tespit edilmiştir. Örneğin alındığı yer olan mevsimlik gölün Zabol/İran tarafından alınan toprak örneğinde ise $3,25 \text{ mg/g}$ NO_3^- tespit edilmiştir. Bu bölgeden taşınan tozların Arap Denizine nitrat, nitrit gibi besinleri sağlaması olasıdır. Çalışma bölgesi ve civarında çeşitli çalışmalarda tespit edilen azot, fosfor ve demir miktarları Çizelge 2.2.'de sunulmuştur.

Çizelge 2.2. Model sonuçlarına göre N, P ve Fe birikimi Tg/yıl (Srinivas ve Sarin [4]'den Türkçeleştirilmiştir.)

Çalışma Alanı	N	P	Fe	Kaynak
Bengal Körfezi	0,12	0,021	0,009	Srinivas ve Sarin, 2013
Arap Denizi	0,09	0,014	0,0002	Srinivas ve Sarin, 2013
Kuzey Hint Okyanusu	0,21	0,035	0,009	Srinivas ve Sarin, 2013
Kuzey Hint Okyanusu	4,10	0,043	0,040	Okin ve diğ., 2011
Kuzey Hint Okyanusu	5,7-8,6			Duce ve diğ., 2008
Kuzey Hint Okyanusu		0,014	0,046	Mahowald ve diğ., 2008, 2009
Kuzey Hint Okyanusu	0,79	0,003		Kanakidou ve diğ., 2012

Hindistan'ın batı kıyısında bulunan Goa'da bir toz fırtınası esnasında yapılan örneklemede NO_3^- konsantrasyonu 20 mg/g toz olarak tespit edilmiştir [28]. Srinivas ve Sarin [4] Arap Denizi ve Bengal Körfezi'nde yaptıkları çalışmada bölgeye azot, fosfor ve demirin atmosferik girdisini ortaya koymuşlardır. Arap Denizi için 2016 yılı Nisan-Mayıs aylarında gerçekleştirilen aerosol örneklemesinde alan ağırlıklı kuru çökeltme akısı inorganik N için 0,01–0,19 Tg-N yıl^{-1} ve inorganik P için 8–21 Gg-P yıl^{-1} olarak tespit edilmiştir. Nehirsel girdiler ve sonuçlar kıyaslandığında N ve P için atmosferik girdinin önemli olduğu ifade edilmiştir [4].

2.6. Karbon Bütçesi

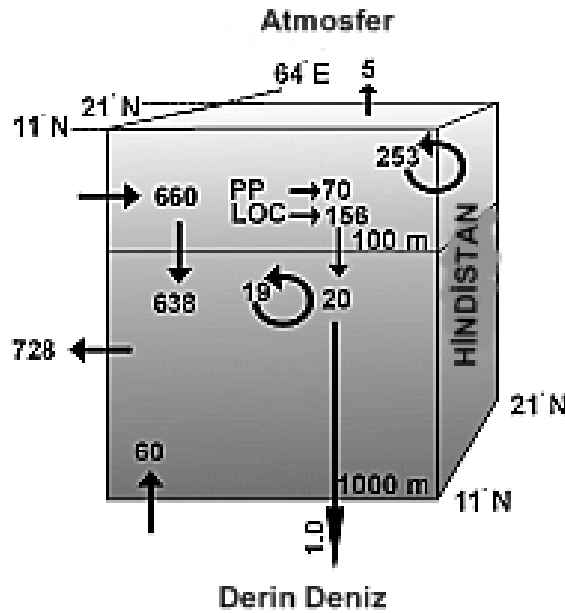
Denizler tarafından karbon tutulumu karbon kimyası, hava-deniz arasındaki değişim, yüzey ve dip sularının karışımı, deniz biyolojisi gibi süreçlerden etkilenmektedir. Uzun dönemde atmosferdeki CO_2 konsantrasyonu karbondioksitin kısmi basıncı ($p\text{CO}_2$) ile kontrol edilmektedir. Denizlerde bulunan çözünmüş inorganik karbonun %1'inden azı çözünmüş karbondioksit olarak bulunmakta olup geri kalan kısım bikarbonat ve karbonat anyonları şeklindedir [71]. KDM döneminde hava-deniz arasındaki CO_2 değişimi genelde konvektif karışımla kontrol edilir. Kıyı bölgelerinde daha hızlı rüzgârlar olması dolayısıyla CO_2 akısı da yüksektir. KDM dönemi için denizden atmosfere ortalama akı 5 Tg C olarak hesaplanmıştır [72].

Fitoplanktonlar tarafından üretilen organik maddenin yüzeyden dip sularına taşınması biyolojik pompa yoluyla olmaktadır. Atmosferik karbondioksitin düzenlenmesinde önemli olan biyolojik pompa vasıtasıyla fotosentezle üretilen partikül organik ve inorganik karbon ile çözünmüş organik karbon yaklaşık 10 Pg-C yıl^{-1} hızla 100 m altındaki derinliğe aktarılmaktadır [73]. Birincil üretim sırasında

üretilem organik maddenin bir kısmı daha üst trofik seviyedeki canlılara aktarılmakta veya yeniden oluşmakta çok az bir kısmı derine çökmektedir. Arap Denizi'nde birincil üretim esnasında tutulan karbonun ortalama olarak %4,3 ila 8,2'si derinlere aktarılmakta bununla çoğunluğu Güneybatı Musonu döneminde gerçekleşmektedir [72].

Hindistan JGOFS programı verileri kullanılarak gerçekleştirilen modelleme çalışmasında Sarma ve diğ, [72] tarafından Arap Denizi'nin orta ve doğu kesimi için karbon bütçesi KDM döneminde Şekil 2.5.'teki gibi hesaplanmıştır.

Arap Denizi'nde aerosol demirin çözünürlüğü %0,5'den az olduğu için birincil üretimde demirin kuru çökelimine bağı karbon tutulumunun 0,03 Pg-C yıl⁻¹ı geçmemesi beklenmektedir [4]. JGOFS sırasında 130 m'de gerçekleştirilen sediman tuzağı çalışmasında KDM, musonlararası ve Güneybatı Muson (GBM) dönemleri için batan karbon akıları sırasıyla 18,17 ve 27 mg-C m² gün⁻¹ (Çizelge 2.3.) olarak tespit edilmiştir [72].



Şekil 2.5.KDM döneminde Arap Denizi (11-21 °N ve 64 °E'nin doğusu) için karbon bütçesi (Tg C dönem⁻¹) [72] (Sol taraftaki oklar fiziksel pompa, sağ taraftaki oklar ise biyolojik pompa ile ilişkili alışverişleri (PP: Birincil üretim, LOC: Yaşayan organik karbon) göstermektedir. Dairesel ok yeniden üretilen (rejenere) karbon miktarını göstermektedir.)

Patra [70] atmosferik toz birikiminin deniz-atmosfer CO₂ akısı üzerindeki etkilerini modelleyerek gerçekleştirdikleri çalışmada deniz tarafından atmosferden CO₂ çekim hızının toz birikimi arttıkça anlamlı bir biçimde arttığı gözlemlenmiştir. Model sonuçlarına göre denizlere demir girdisinin artması onar yıllık zaman ölçeği içerisinde denizler tarafından atmosferik karbondioksit alımının artmasını tetikleyebilecektir. Demir girdisi artışı ile bağlantılı olarak azot tutulumu ve denitrifikasyon oranları da artış göstermiştir. Bu değişimin nitrus oksit (N₂O) metan (CH₄) gibi sera gazları ve iklime etkisi olan DMS gibi kimyasal bileşenler üzerine etkisi olması muhtemeldir [70].

Çizelge 2.3.Arap Denizi karbon akıları [72]

	KDM	Musonlararası Dönem	GBM
Batan karbon akısı (mg-C m ²)	18	17	27
Batan karbon akısı (TgC dönemsel)	20,1	19,1	30,6
Batan karbon akısı >1000m (TgC dönemsel)	1	0,9	1,3

2.7. Konuyla İlgili Benzer Çalışmalar

Bishop ve diğ., [73] Kuzey Pasifik Okyanusu'nda 2001 yılı Nisan-Aralık ayları arasında deniz yüzeyinden 1000 m derinliğe kadar olan alanda karbon biyokütlesindeki değişimleri incelemişler ve Gobi çölü tozlarının geçişini takiben 2 hafta sonra yüzeydeki biyokütlenin neredeyse iki katına çıkmış olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışma sonucunda çöl tozu geçişinin doğal bir demir aşılması oluşturduğu sonucuna varmışlardır.

Eker-Develi ve diğ. [74], yaptıkları çalışmada sahra tozu taşınımlarının Akdeniz'deki fitoplankton patlamalarıyla ilişkisini araştırmışlar ve atmosferik tozun fitoplankton üzerindeki etkisini sınırlı bulmuşlar, ancak yaz aylarında atmosferik birikimin besin ve fitoplankton biyokütlesinde bir artış sağladığı sonucuna varmışlardır.

Volpe [68] Akdeniz'de toz ve klorofil konsantrasyonlarında buna bağlı artışı uzaktan algılama verileri ile incelemiştir. Buna göre AOD ve klorofil konsantrasyonu arasında mevsimsel değil sadece haftasal ölçekte yüksek

korelasyon elde edilmiştir. Ancak haftalık yapılan analizlerde gerçek fitoplankton artışı ile atmosferde kalan tozdan kaynaklı yapay değer artışının ayırt edilemeyeceği ifade edilmiştir. Çalışmada Akdeniz'deki fitoplankton dinamiklerinde toz girdisinin önemli bir rol oynamadığı çıkarımında bulunulmuştur.

Fernandez ve diğ., [75] tarafından yapılan çalışmada Trichodesmium patlamalarıyla ilgili olarak Kuzey Atlantik'te aerosol optik derinliği ile yerinde gözlemler arasında önemli bir korelasyon bulunduğu rapor edilmiştir. Bu sonuçların çöl tozlarının atmosferik birikimi ile sağladığı demirin azot tutulumundan sorumlu olduğunun kanıtı olduğu ifade edilmektedir.

Al-Shhehhi [19] çalışmasında MODIS verileriyle Arap Körfezinde yağış, aerosol, rüzgâr hızı ve klorofil ilişkisini incelemiş ve incelediği altı bölgenin tümünde yağış oranı artıp aerosol azaldığı zaman klorofil konsantrasyonlarının arttığını gözlemlemiştir.

Tan ve Wang [24] Sarı Deniz'de yaptıkları çalışma ile 19–22 Mart 2010 tarihli toz taşınımından 10-13 gün sonra fitoplankton patlaması tespit etmişlerdir.

Guieu ve diğ. [15] gerçekleştirdikleri model çalışmasında düşük besin düşük klorofil (LNLC) bölgelerde N,P ve Fe'in atmosferik birikimi ve karışma tabakasına dikey girdisini karşılaştırmışlar ve atmosferik birikimin özellikle N (>%50) ve Fe (%10-90) için oligotrofik döngülere yeni besin girişinde önemli bir orana sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Yapılan bu çalışmada ayrıca atmosferik birikimin aralıklı (epizodik) oluşunun önemi ve bugüne kadar yapılan çalışmaların genelinde bunun dikkate alınmayıp geniş bir zaman diliminin kullanılması sebebiyle önceki model sonuçlarıyla atmosferik etkinin oldukça eksik değerlendirildiği vurgulanmıştır.

2.8. Arap Denizi'nde Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Arap Denizi'nde bugüne kadar gerçekleştirilmiş en kapsamlı çalışmalardan biri Ortak Küresel Okyanus Çalışması (The Joint Global Ocean Flux Study-JGOFS) içerisinde gerçekleştirilmiştir. Uluslararası Jeosfer-Biyosfer Programı'nın bir projesi olan JGOFS dahilinde Arap Denizi, Süreç Çalışmaları için seçilen bölgelerin arasından biridir [72]. JGOFS projesinin hedefi okyanus içerisinde zamana bağlı değişen karbon akılarını kontrol eden etkenlerin tespit edilmesi ve iklim değişikliğine karşı denizel biyojeokimyasal süreçlerin tepkisinin incelenmesidir [1],

[72]. Çalışma kapsamında GB ve KD muson dönemleri süresince Arap Denizi'nin batısında ve orta kesimlerinde yüksek oranda birincil üretim olduğu gösterilmiştir [61]. 1994-1996 yılları arasında gerçekleştirilen JGOFS programından sonra Arap Denizi'nde geniş ölçekli alan çalışmaları yapılmamıştır [76].

Çalışma alanında gerçekleştirilen bir diğer kapsamlı çalışma Hint Okyanusu Deneyi (The Indian Ocean Experiment (INDOEX))'dir. INDOEX çalışması 1998 - 1999 yıllarında Ulusal Atmosferik Araştırmalar Merkezi'nin (NCAR) Dünya Gözlem Laboratuvarı (EOL) tarafından yürütülmüştür. Çalışmada Hint Okyanusundaki aerosoller, bulutları ve kimyasını incelemek üzere karada, havada ve denizde yoğun bir alan çalışması gerçekleştirilmiştir [77].

Arap Denizi'nde denizden sağlanan besinlerle tetiklenen fitoplankton patlamalarına yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar nitrat ve fosfat gibi makro besinlerin dip sularının yüzeye çıkması (upwelling) veya kış konveksiyonu yoluyla sağlanması üzerine yönelmişlerdir. Ancak, fitoplankton patlamalarında toz birikiminin etkisi pek çalışılmamıştır [28]. Bu alandaki bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Cropp ve diğ. [21] 5 yıllık (1998-2002) SeaWiFS AOD ve klorofil verilerini "Demir Hipotezi", "CLAW Hipotezi" ve "Yapaylık (Artifact) Hipotezi" bağlamında dünya genelindeki okyanuslarda değerlendirmiş ve özellikle dönencealtı/alt-tropikal bölgelerde AOD ve klorofil verileri arasında güçlü korelasyonlar bulmuştur. Çalışma kapsamında Hint Okyanusu'nun Suudi Arabistan'ın güneydoğusu ve Somali kıyısı kesimlerinde yüksek pozitif korelasyona sahip bir bölge tespit edilmiş ancak Arap Denizi'nde anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır.

Patra ve diğ. [29] SeaWiFS'ten aldıkları klorofil a ve aerosol indeksi (TOMS) verileri ile Arap Denizi'nde 1997-2004 yılları arası iki dönemde (Haziran-Temmuz-Ağustos ve Ekim-Kasım-Aralık) yaptıkları analizde, bu bölgedeki klorofil bolluğunda atmosferik girdilerin önemli olduğunu değerlendirmişlerdir. Ekim-Kasım-Aralık aylarında besin konsantrasyonunun Haziran-Temmuz-Ağustos dönemine göre daha fazla olmasına rağmen yaz aylarında klorofil-a konsantrasyonlarının daha fazla olmasını, bu aylarda atmosferik taşınımın fazla olmasından kaynaklı Fe girdisiyle ilişkilendirmişlerdir.

Singh ve diğ. [41], Aralık 2003-Aralık 2006 tarihleri arasında Arap Denizi'nde ele aldıkları 7 olayda MODIS Aqua verileriyle AOD ve klorofil verilerini kıyaslamışlar, deniz yüzey suyu sıcaklığı ve rüzgâr hızını da dikkate alarak toz taşınımalarını takiben 1-2 gün ila 3-4 gün arası bir gecikme sonrası yine uydudan aldıkları klorofil düzeylerinde artış tespit etmişlerdir. Çalışmaları sonrasında Arap Denizi'nde mevsimsel ve bölgesel farklılıklara bağlı kalmadan toz taşınımalarının biyolojik aktiviteyi artırttığı çıkarımında bulunmuşlardır.

Sarangi [3], Arap Denizi ve Bengal Körfezi'nde aerosol ve klorofil arasındaki ilişkiyi uydu verisi (MODIS-Aqua) kullanarak 2002-2010 yılları arasındaki 8 yıllık dönem için incelemiştir. Çalışmada 5 alt bölge ele alınmış ve 8 yıl boyunca iki değişkenin aylık kompozit verileri arasındaki ilişki bazı alt bölgeler için kayda değer (r^2 0.663 ve 0.584) bulunmuştur. Bengal körfezinin Batı Bengal kıyısında 2002-2009 yıllarında aylık aerosol ve klorofil değişimi benzerlik göstermiştir. Bu nedenle, kuzeybatı Bengal Körfezi'nde aerosollerin denizel üretimle doğrudan ilişkili olduğu ifade edilmiştir.

Srinivas ve Sarin [4], kış döneminde azot, fosfor ve demirin Arap Denizi ve Bengal körfezine atmosferik kuru çökelişini incelemişler ve buna bağlı olarak C-tutulumunu ve N-tutulumunu araştırmışlardır. Çalışmada ayrıca, 2009 yılı Ocak ayı ve 2006 yılı Nisan-Mayıs ayları için MODIS ve SeaWifs'ten alınan AOD ve klorofil-a verileri analiz edilmiş ve Bengal körfezinde geç KDM dönemi için iyi bir korelasyon elde edilirken ($r > 0.70$; $P = 0.05$), Ocak ayı için korelasyonu daha zayıf bulmuşlardır. Yazarlar aradaki bu farkı Mart-Nisan ayları arasında Bengal Körfezi üzerinde ağırlıklı olarak çöl tozlarının bulunmasına rağmen Ocak ayında atmosferik sınır tabakasında antropojenik kökenli suda çözünebilir bileşenlerin konsantrasyonu yüksek olan ince fraksiyon partikül maddenin baskın olmasıyla yorumlamışlardır. Arap Denizi üzerinde anlamlı bir korelasyon elde edilememiştir.

Banerjee ve Kumar [28], Arap Denizi'nde 2002-2011 yılları arasında, Kuzey Doğu Muson döneminde uydu verileri ve basılı verilerden faydalanarak çöl tozu taşınımından kaynaklı fitoplankton patlamalarını araştırmışlardır. Ele aldıkları sekiz adet fitoplankton patlamasının dördünün çöl tozu tarafından tetiklendiği sonucuna varmışlardır. Çalışmada, kış musonu döneminde Arap Denizi'nin orta kesiminde çöl tozu için hesaplanan optik derinlik ile klorofil a (ortalama değer: 0,45) ve FLH (ortalama değer: 0,40) değerleri arasında yüksek pozitif korelasyon elde edilmiştir.

Çalışmada ayrıca toz fırtınası olmadığı günler karışım tabakası derinliğinin kış konveksiyonu veya rüzgârlar nedeniyle arttığı ancak klorofil a değerlerinde kayda değer bir gelişme gözlenmediği belirtilmiştir. Bu gözlemin sonucunda tek başına karışım tabakası derinliğinin artmasının besin kısıtlamasını ortadan kaldıramadığı çıkarımında bulunmuşlardır.

Göral ve diğ. [6] yaptıkları çalışmada Afganistan'ın çeşitli bölgelerinden alınan toprak örneklerindeki nitrat, nitrit ve oksalat seviyelerine bakmışlar ve özellikle Farah bölgesinden alınan örnekte yüksek miktarda NO_3^- (2,35 mg/g) ve NO_2^- (0,9 mg/ g) tespit etmişlerdir. Ayrıca, çalışma kapsamında uydudan alınan AOD ve klorofil a verileriyle çeşitli epizotlar incelenmiş ve KDM döneminde hem klorofil konsantrasyonlarında gözlenen artıştan hem de yüzey suyundaki nitrat ve nitrit seviyesinin fazlalığından Arap Denizi'ne bu bölgeden taşınan tozların sorumlu olduğu çıkarımında bulunmuşlardır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak belirlenen Arap Denizi (Şekil 3.1.), Orta Asya'nın kıtasal etkisi altında olan ve kara ve deniz arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle yıl içerisinde değişen muson rüzgârlarına sahip benzersiz bir tropik basendir [53]. Arap Denizi üç tarafından, özellikle de kuzeyinden, çöl tozu kaynağı olan kurak ve yarı-kurak bölgelerle çevrilidir [78]. Bölgeye gelen tozların başlıca kaynakları Nubian Çölü, Arap yarımadası, İran, Pakistan, Afganistan ve kuzey-batı Hindistan olarak sıralanabilir [23]. Arap Denizi'ne nehirler vasıtasıyla gelen taze su miktarı (başta İndus nehri için 238×10^9 m³ olmak üzere Narmada, Tapi, Mahi, Sabarmati, Vishwamitiri and Mandovi nehirleri için sırasıyla 47, 19, 12, 4, 1 and 16×10^9 m³ olmak üzere) yıllık 3×10^{11} m³'tür [4], [79]. Aşırı buharlaşma nedeniyle tuzluluk oranı 35–37 psu arasında olup yüzey suyu sıcaklığı ise Hindistan kıyısı boyunca 23–29°C arasında değişmektedir [79].



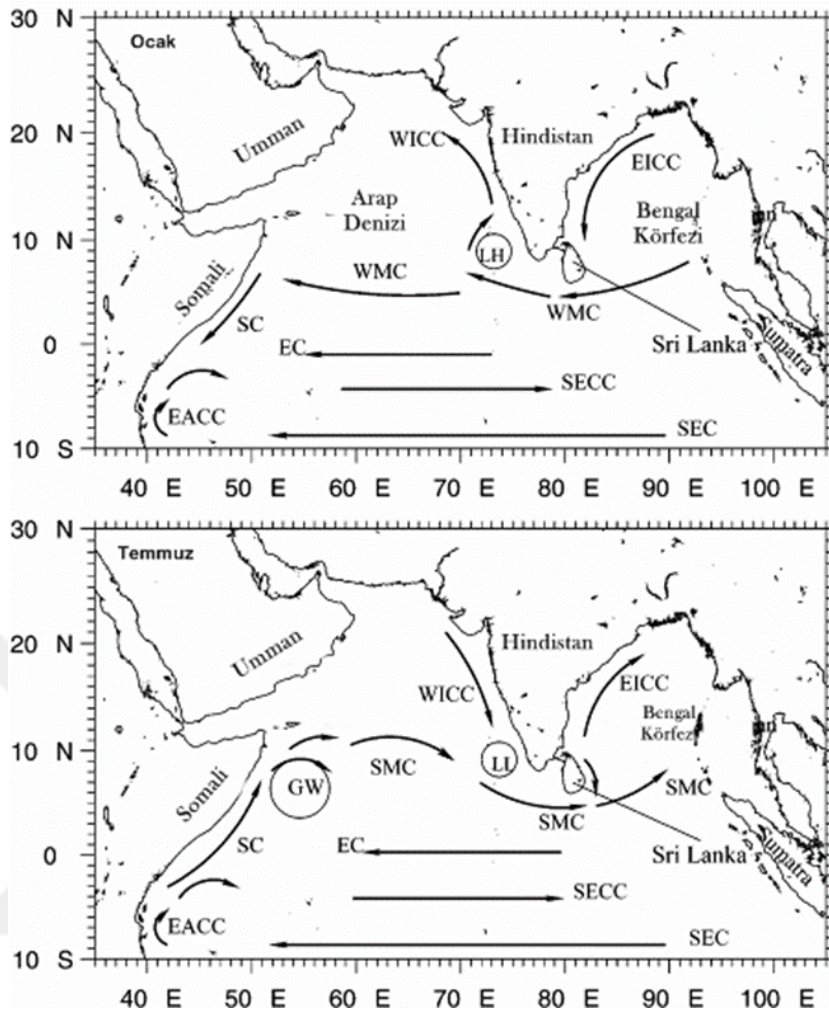
Şekil 3.1.Arap Denizi

Arap Denizi dünya okyanusları içerisinde en üretken bölgelerinden biridir [16], [79]. Bu bölge görece sabit güneş ışınması altında atmosferik muson baskısının (atmospheric monsoonal forcing) etkisiyle birincil üretimde mevsimsel değişiklikler yaşanan bir ekosistemdir [80]. Muson dönemlerindeki kuvvetli rüzgârlar okyanus

akıntılarını tersine çevirmekte, yüzey suyu karışımını artırarak üretimi etkilemektedir [78].

Muson sistemi Kuzeydoğu Musonu (KDM) ve Güneybatı Musonu (GBM) olarak iki kısımdır. KD musonu Kasım ve Şubat ayı arasındaki dönemi kapsamaktadır [46]. Haziranda başlayan ve Ağustos sonu-Eylül ortası gibi sona eren GB veya yaz musonu Hint yarımadasına gerekli olan yağışları taşıdığından uzun süre ilgi odağı olmuştur. GBM dönemi kuvvetli rüzgârlar, devamlı bulutluluk, yüksek nem ve okyanusun ısı kazandığı bir dönem iken KDM istikrarlı orta şiddetli rüzgârlar, açık gökyüzü, düşük nem ve okyanustan ısı kaybı ile karakterizedir [1]. Bu iki muson dönemi bölgenin iklimine hakimken bu dönemlerin arasında kalan geçiş ayları musonlar arası dönem olarak adlandırılmaktadır [78]. Hint Okyanusunda her iki muson döneminde etkin olan akıntılar Şekil 3.2.'de verilmektedir.

Yaz mevsiminde GB musonunun kuvvetli rüzgârları Arap Denizi'nin batısında dip sularının yüzeye çıkmasını sağlarken, kış mevsiminde yüzey suyunun soğuması (cooling) dikey karışımı artırmaktadır. Her iki durumda da besinler yukarı çıkarak üretimin artmasına yol açmaktadır [16]. Arap Denizi'nin kuzeyinde fitoplankton biyokütle konsantrasyonları ve birincil üretim hızı her iki muson döneminde de yüksektir [38]. Arap Denizi'nde son yıllarda fitoplankton konsantrasyonlarında artış olduğu bilinmektedir [79]. Bu tez çalışmasında bölgeye çevresindeki çöllerden – özellikle Pakistan ve Afganistan üzerinden – taşınan tozların Arap Denizi'nde yaşanan alg patlamalarına etkisi incelenecektir.



Şekil 3.2.Hint Okyanusu'nda KDM (üstte) ve GBM (altta) dönemlerinde akıntılar [81] (Kısaltmalar: SC, Somali Akıntısı; EC, Ekvator Akıntısı; SMC, Yaz Musonu Akıntısı; WMC, Kış Musonu Akıntısı; EICC, Doğu Hindistan Kıyı Akıntısı; WICC, Batı Hindistan Kıyı Akıntısı; SECC, Güney Ekvator Ters Akıntısı; EACC, Doğu Afrika Kıyı Akıntısı; SEC, Güney Ekvator Akıntısı; LH, Lakshadweep high; LL, Lakshadweep low; ve GW, Büyük döngü.)

Arap Denizi'ne Kuzey Afrika'dan ve Körfez bölgesinden taşınan aerosollerin büyük bir kısmını doğal olarak oluşmuş toprak veya çöl tozu oluşturmaktadır. Bengal Körfezi'ne ise genelde Hindistan yarımadasından antropojenik kökenli aerosoller taşınmaktadır [3]. İran ve Pakistan üzerinden ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde toz taşınımı olmaktadır. Toz oluşumu en çok İran'da bulunan büyük kuru bir tuz gölünden (Hamun¹-i Jaz Murian) kaynaklanmaktadır. Ayrıca, İran-Pakistan ve İran- Afganistan sınırlarında bulunan bazı yerlerden kaynaklı yaz ve

¹ Hamun: dönemsel kuru-çöl şeklindeki göller, bataklık bölgeleri

sonbahar mevsimlerinde yoğun toz aktivitesi görülmektedir. Pakistan'da bulunan Hamun-i Maşkel Gölü ise yine önemli bir toz kaynağıdır [23]. Afganistan'da iki bölge rüzgâr ile toz oluşturma potansiyeline sahiptir. Bunlardan biri ülkenin güneydoğusunda bulunmakta diğeri ise Pakistan ve İran sınırına komşu köşesinde yer almaktadır [6]. Batıda ise Arap Yarımadası üzerinden çöl tozları Arap Denizi'ne gelmektedir. Arap Yarımadası'ndan bahar ve yaz aylarında toz gelişi yüksek olmakla birlikte sonbaharda daha ziyade Suudi Arabistan, Umman ve Yemen sınırlarında toz aktivitesi gözlemlenmektedir [23]. Kuzeydoğu Musonu döneminde yağmur çok nadir görülmektedir. Bu nedenle aerosollerin atmosferdeki ömrü 10 gün mertebesinde olabilmekte ve oluşan duman tüm kuzey Hint Okyanusunu sarmaktadır [20].

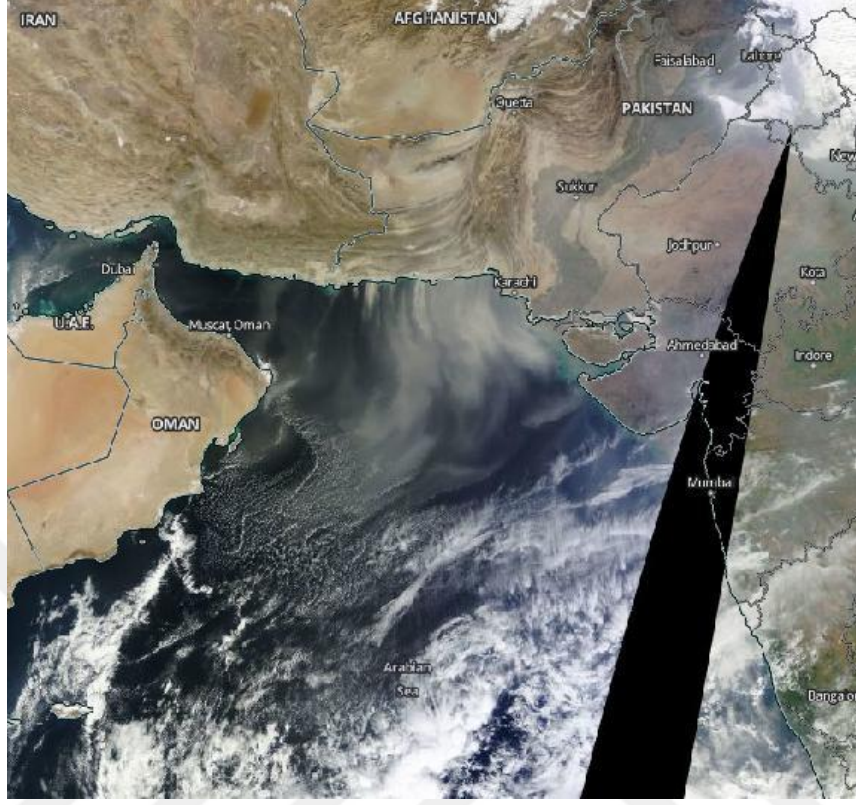
Arap Denizi'nin yıl boyunca çöl tozlarının etkisinde bulunması ve bölgede devamlı olarak alg patlamalarının yaşanması nedeniyle çalışma alanı olarak seçilmiştir.

3.2. Gereç

Çalışmada, Arap Denizi'ne gelen çöl tozlarının bölgedeki alg patlamalarına etkisini incelemek üzere temel olarak uzaktan algılama verilerinden faydalanılmıştır. Uydudan gerekli verilerinin temininde Amerika Birleşik Devletleri'nin Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından ücretsiz ve kamu erişimine açık olarak sunulan Giovanni (Geospatial Interactive Online Visualization AND aNalysis Infrastructure - Geo Uzamsal Etkileşimli Çevrimiçi Görüntüleme ve Çözümleme Altyapısı) isimli araçtan faydalanılmıştır. Giovanni, NASA'ya bağlı Goddard Yerbilimleri Veri ve Bilgi Hizmetleri Merkezi (GES DISC) tarafından geliştirilen ve uydu aracılığıyla uzaktan algılama yöntemi kullanılarak veri erişimi ve analizi yapılabilmesine olanak sağlayan web tabanlı bir yazılımdır [82].

Bunun dışında yine NASA tarafından sunulan farklı portallardan uydu görüntülerine ve çeşitli verilere erişmek mümkün olabilmektedir. Dünya Gözlem Sistemi Veri ve Bilgi Sistemi'nin (EOSDIS - The Earth Observing System Data and Information System) sağladığı Worldview aracı ile dünya haritası üzerinde uydu görüntüleri ve uydulardan elde edilen veriler katmanlar halinde görülebilmektedir [83]. Bu araç ile Arap Denizi üzerine toz taşınımı (Şekil 3.3.) ve toz ve fitoplankton konsantrasyonuna ilişkin veriler harita üzerinden görsel olarak izlenmiş ve değerlendirilmiştir. Yine EOSDIS üzerinden gerçek zamanlıya yakın yörünge görüntülerine ulaşılabilir [84].

Bunlara ilave olarak, Okyanus Rengi (Ocean Color) web sayfası üzerinden fitoplankton ve kalsit konsantrasyonuna ilişkin verilerden faydalanılmıştır [85].



Şekil 3.3. Worldview'den alınan 11 Aralık 2015 tarihli Terra/MODIS uydu görüntüsünde toz gelişi

Fitoplankton biyokütlesinin bir göstergesi olan klorofil konsantrasyonu denizel ekosistemlerin en önemli özelliklerinden biri olup, klorofil, askıda partiküler madde gibi optik olarak aktif biyokimyasal parametreleri izlemek için uzaktan algılama yaygın olarak kullanılan bir araçtır [62]. Araştırma gemisi ölçümleri veya yüzer istasyonlar gibi zaman alan ve masraflı yöntemler yerine geniş ölçekli zamansal ve mekansal kapsamlarıyla uydu ölçümleri bu tür parametreleri izlemek için daha etkilidir [8]. Özellikle Arap Denizi gibi geniş alanlarda fitoplankton konsantrasyonu gibi değişken oşinografik özelliklerin zamansal ve mekansal dağılımlarını gemiler vasıtasıyla incelemek zordur [9]. Uydu ölçümleri ayrıca insanların ulaşamadığı bölgeleri de kapsayabilmektedir [8]. Bu nedenle uzaktan algılama yöntemleri bu tür çalışmalar için daha pratiktir. Fitoplanktonların sahip olduğu klorofil a ve diğer pigmentlerin ışık spektrumunun mavi kısmını soğurması ve bu sayede suyun renginde maviden yeşile doğru değişiklik olması, fitoplankton konsantrasyonunda

oluşan artışın tespit edilmesini sağlamaktadır [86], [87]. Çalışma kapsamında alg biyokütlesindeki artış için uydulardan elde edilen klorofil-a verisi esas alınmıştır.

Bununla birlikte, çöl tozları için yine uydudan alınan Aerosol Optik Derinliği (AOD-Aerosol Optical Depth) ya da Aerosol Optik Kalınlığı (AOT-Aerosol Optical Thickness) verileri esas alınmıştır. AOD havada bir kolon boyunca oluşan partikül yükünün bir ölçümüdür [8]. Çöl tozlarının taşınımı ile ilişkili AOD değerleri genelde kirlilikle ilişkili olanlardan daha yüksektir [21].

Çeşitli uydular üzerinde bulunan aşağıdaki sensörler ile bahsedilen veriler elde edilmektedir.

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), NASA'nın Yeryüzü Gözlem Sistemlerinden biri olup, Aqua (2002 yılı Mayıs ayında fırlatılmıştır) ve Terra (1999 yılı Aralık ayında fırlatılmıştır) uydularının üzerinde bulunan temel araçlardan biridir. MODIS Terra ve Aqua tüm yeryüzünü 1 veya 2 günde kapsayabilmektedir. Benzerlerine göre mekansal, zamansal ve spektral çözünürlükleri daha gelişmiş olan MODIS, 250 m, 500 m ve 1 km mekansal çözünürlüklü 36 banda sahiptir [19], [88]. MODIS üzerinden AOD verileri aylık veya günlük olarak alınabilmektedir. Klorofil-a konsantrasyonu verileri ise 4 km veya 9 km çözünürlükte 8-günlük veya aylık olarak sunulmaktadır.

SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor), okyanus biyokimyası için en önemli küresel gözlem platformları arasındadır [89]. Temel amacı okyanuslar üzerinde yapılacak, atmosfer-okyanus arasındaki gaz ve element değişimleri ve bunların fitoplankton üretimine olan etkisi gibi çeşitli çalışmalar için kritik verileri temin etmek olan SeaWiFS enstrümanı Ağustos 1999'da fırlatılan SeaStar uydusu üzerinde bulunmuştur [85].

Uydu aracılığıyla elde edilen veriler ile yerinde ölçüm sonuçlarını kıyaslayan bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada SeaWiFS aracılığı ile elde edilen klorofil-a konsantrasyonları yerinde (in situ) yapılan ölçümlerle kıyaslanmış ve küresel olarak açık deniz için iyi bir korelasyon ($r^2:0,716$) elde edilmiştir [89]. Sahay ve diğ., [90] Arap Denizi'nde 2011 yılında alg patlamaları olduğu durumlarda yerinde (in situ) yaptıkları ölçüm ve MODIS ile hesapladıkları soğurma katsayılarını karşılaştırmışlar ve katsayıların uyduklarını gözlemlemişler

ve yaptıkları bu çalışma ile uzaktan algılama ile elde edilen optik verilerin açık denizde alg patlamalarının tespitindeki potansiyelini ortaya koymuşlardır.

Bu tez çalışmasında MODIS-Aqua'dan alınan günlük AOD verileri, SeaWIFS (9 km) ve MODIS (4 km) araçlarından alınan 8 günlük kompozit klorofil a verileri (EK-1) ve yukarıda bahsi geçen portallardan AOD, klorofil a ve kalsit konsantrasyonları için elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Kullanılan veriler ve teknik özellikleri Çizelge 3.1.'de listelenmektedir.

Her ne kadar KDM döneminde Arap Denizi'nde yağış beklenmese de, bölgedeki yağış durumu Japon Havacılık ve Uzay Keşif Ajansı - JAXA tarafından sağlanan GSMAP (Global Satellite Mapping of Precipitation) aracı ile değerlendirilmiştir [91].

Toz taşınımlarının değerlendirilmesinde HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) modeli kullanılmıştır. HYSPLIT modeli hava kütlelerinin yörüngelerinin hesaplanabildiği ve taşınım, yayılım, kimyasal dönüşüm ve depolanma simülasyonlarının yapılabildiği web tabanlı bir sistemdir [92]. Bu model kullanılarak yer seviyesinden 500, 1500, 3000 metre olmak üzere üç farklı yükseklikte hava kütlelerinin geri yörüngeleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.1.Çalışmada kullanılan veriler

Sayısal veriler					
Veri	Kaynak	Zamansal Çözünürlük	Mekânsal Çözünürlük	Birim	Portal
AOD 550 nm (Dark Target)	MODIS-Aqua	Günlük	1 ⁰	-	Giovanni
AOD 550 nm (Dark Target)	MODIS-Terra	Günlük	1 ⁰	-	Giovanni
Klorofil-a konsantrasyonu	MODIS-Aqua	8-günlük	4 km	mg m ⁻³	Giovanni
Klorofil-a konsantrasyonu	SeaWiFS	8-günlük	9 km	mg m ⁻³	Giovanni
Uydu görüntüleri					
Veri	Kaynak	Zamansal Çözünürlük	Seviye	Birim	Portal
Düzeltilmiş yansıma (Gerçek Renk)	MODIS-Aqua ve MODIS-Terra	Günlük	L3	-	Worldview
Düzeltilmiş yansıma (Gerçek Renk)	MODIS-Aqua ve MODIS-Terra	Günlük	L1B	-	MODIS Atmosphere
AOD	MODIS-Aqua ve MODIS-Terra	Günlük	L3	-	Worldview
Klorofil-a konsantrasyonu	MODIS-Aqua ve MODIS-Terra	Günlük	L3	mg m ⁻³	Worldview
Klorofil-a konsantrasyonu	MODIS-Aqua ve MODIS-Terra	Günlük/ 8-günlük	L3	mg m ⁻³	Ocean Color
Kalsit Konsantrasyonu (Partikül İnorganik Karbon) (Balch and Gordon)	MODIS-Aqua	Günlük/ 8-günlük (4 km mekansal çözünürlük)	L3	mg m ⁻³	Ocean Color
Giovanni : https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/ Worldview: https://worldview.earthdata.nasa.gov/ MODIS Atmosphere: https://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/ Ocean Color: https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3					

3.3. Çalışma Yöntemi

3.3.1. İstatistiksel Analizler

Çalışma için öncelikli olarak 1997-2018 yılları arası GIOVANNI'den alınan AOD ve klorofil-a verileri muson dönemlerine göre yıl bazında ayrılmış ve düzenlenmiştir. Zaman serileri oluşturulurken Aralık-Mayıs arasındaki aylar temel alınmıştır. Korelasyon analizleri için ise Muson dönemi olarak nitelendirilen Aralık-Şubat ayları ele alınmıştır. Buna göre örneğin 2014-15 KDM dönemi, 2014 yılı Aralık ayı ile 2015 yılı Şubat ayı sonu olarak ele alınmıştır. Her bir dönem için AOD ve klorofil-a için zaman serileri oluşturulmuştur. Çalışma alanı olarak 10-26°K, 56-74°D koordinatları içerisinde yer alan bölge seçilmiştir.

GIOVANNI portalından (Şekil 3.4.) AOD verileri günlük, klorofil-a verileri ise 8-günlük olarak temin edilebilmektedir. Alg patlamalarının belirli bir zamana yayılması ve yoğun toz taşınımalarının oldukça kısa süre (genelde günlük, bazen iki-üç gün devam eder şekilde) içerisinde gerçekleşmesi göz önünde bulundurularak, söz konusu toz taşınım olaylarını göz ardı etmemek için 8-günlük klorofil verileri, ilgili periyodun ortalama değeri olarak ele alınmıştır. Başka bir deyişle 8 gün içerisindeki her gün klorofil-a değerinin aynı olduğu varsayılmış, eksik veriler bu şekilde doldurulmuştur. AOD verileri için ise için uydu verisi olmayan tarihlerde bir gün öncenin verileri esas alınmıştır.

The screenshot displays the GIOVANNI portal interface. At the top, the header includes the logo 'GIOVANNI' and the tagline 'The Bridge Between Data and Science v 4.26'. Below the header, there are links for 'Release Notes', 'Browser Compatibility', 'Known Issues', and 'Earthdata Login'. A yellow banner provides an 'Advisory on Web browsers installed on older operating system versions ... [1 of 2 messages] Read More'. The main content area is divided into several sections: 'Select Plot' with dropdowns for 'Maps', 'Comparisons', 'Vertical', 'Time Series: Area-Averaged', and 'Miscellaneous'; 'Select Date Range (UTC)' with date and time pickers; 'Select Region (Bounding Box or Shape)' with a text input for coordinates; 'Select Variables' with a list of disciplines and measurements; and a table showing the number of matching variables and the total variables included in the plot. The table lists variables such as 'Aerosol Optical Depth 550 nm (Dark Target) (MYD08_D3 v6)' and 'Chlorophyll a concentration (MODISA L3m CHL 8d 4km)'. At the bottom, there are buttons for 'Help', 'Reset', 'Feedback', and 'Plot Data'.

Variable	Units	Source	Temp.Res.	Spat.Res.	Begin Date	End Date
Aerosol Optical Depth 550 nm (Dark Target) (MYD08_D3 v6)	-	MODIS-Aqua	Daily	1 °	2002-07-04	2018-04-30
Aerosol Optical Depth 550 nm (Dark Target) (MOD08_D3 v6)	-	MODIS-Terra	Daily	1 °	2000-02-24	2018-04-30
Chlorophyll a concentration (MODISA L3m CHL 8d 4km) v2018	mg m-3	MODIS-Aqua	8-Daily	4 km	2002-07-04	2018-04-30

Şekil 3.4.GIOVANNI portalı ekran görüntüsü

Toz taşınımlarının alg patlamalarına olan etkisini istatistiksel olarak incelemek amacıyla Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. Bilindiği üzere korelasyon analizi, iki değişken arasındaki ilişkiyi veya bir değişkenin iki veya daha çok değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu analizi gerçekleştirirken dikkat edilmesi gerek nokta her iki değişkenin de sürekli olmaları ve normal dağılım göstermeleri gerekliliğidir. Analiz sonucunda, hesaplanan korelasyon katsayısı ile değişkenler arasında doğrusal ilişki olup olmadığı ve varsa bu ilişkinin derecesi belirlenir. Korelasyon katsayısı “r” ile gösterilir ve -1 ila +1 arası değerler alır. Korelasyon katsayısı yorumlanırken örneklem büyüklüğünü (n) göz önünde bulundurmak gereklidir. Örneklem büyüklüğü yaklaşık 30 ise ana kütleyle temsile ettiği söylenebilir. Örneklem sayısı fazla ise düşük kabul edilen r (örneğin 0.3) değerlerini bile değişkenler arasındaki kuvvetli bir ilişkiye yormak mümkündür. Korelasyon analizinde bir diğer önemli nokta korelasyon katsayısının anlamlılık seviyesidir. Anlamlılık seviyesinin belirlenmesi için bu çalışma kapsamında p-değeri hesaplanmıştır. Genel olarak çalışmalarda anlamlılık düzeyi %5 (güven düzeyi %95) olarak kullanılmaktadır.

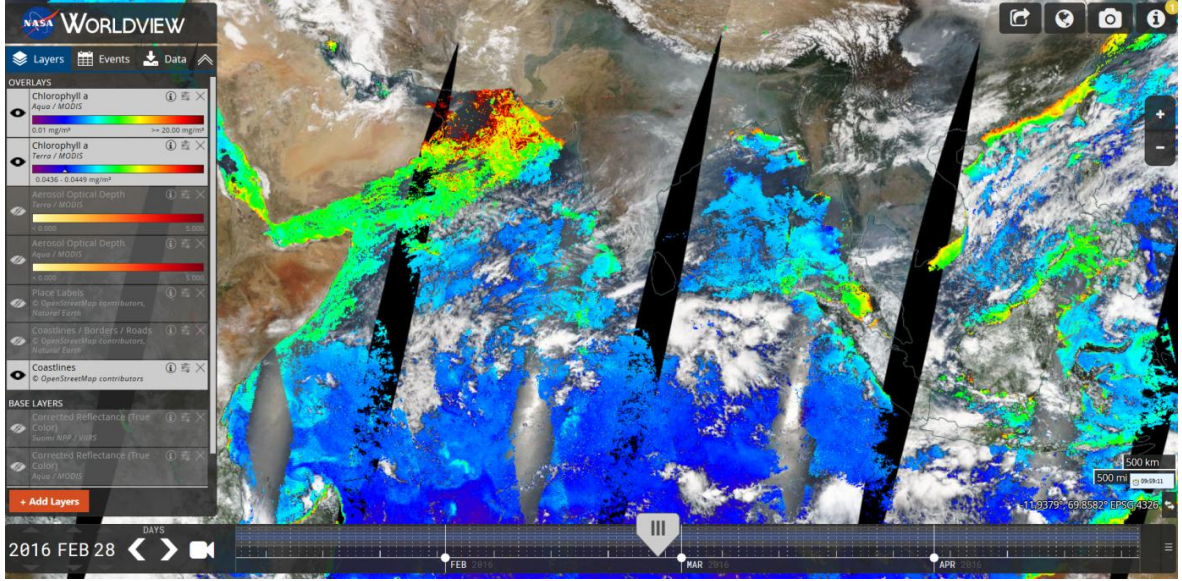
Analizler Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bağımsız değişken AOD ve bağımlı değişken klorofil-a verilerinin dağılımları histogramlarına bakılarak tespit edilmiştir. Buna göre ele alınan iki değişkenin de normal dağılım göstermediği görülmektedir. AOD [93] ve klorofil-a [94] verilerinin doğal dağılımının lognormal olması sebebiyle verilere logaritmik dönüşüm yapılmıştır.

Alg patlamaları biyolojik süreçler olduğundan toz taşınımlarını takiben en az bir hafta veya daha fazla süre sonra ortaya çıkmaları beklenmektedir. Bu bağlamda, AOD ve klorofil-a verilerinin korelasyonlarına bakılırken söz konusu zaman aralığı dikkate alınarak hem aynı tarihlerde hem de klorofil-a verileri 7, 14 ve 20 gün ötelenerek korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Öteleme süreleri belirlenirken çeşitli fitoplankton türlerinin üreme hızları (örneğin EHUX için 7-10 gün, *Trichodesmium* için 18-20 gün gibi) dikkate alınmıştır.

3.3.2. Görsel Analizler

Arap Denizi'ne taşınan tozlar ve taşınımı takip eden günlerdeki alg patlamaları NASA'nın Worldview aracı (Şekil 3.5.) ile görsel olarak da analiz edilmiştir. Buna göre 2002 yılından itibaren her bir KDM dönemi için gerçek renkli uydu görüntüler

tek tek incelenmiş toz taşınımları tespit edilmiştir. Worldview da uydulardan alınan çeşitli verileri katmanlar halinde gerçek renkli görüntüler üzerinde görüntülemek de mümkündür. Bu şekilde Aqua ve Terra uydularından alınan klorofil-a görüntüleri de incelenmiştir. Öncelikli olarak toz taşınımlarını takip eden günlerde yaşanan alg patlamaları değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra yaşanan alg patlamalarından geriye doğru gidilerek önceki günlerde patlamayı tetiklediği düşünülen toz taşınımına ulaşılmaya çalışılmıştır.



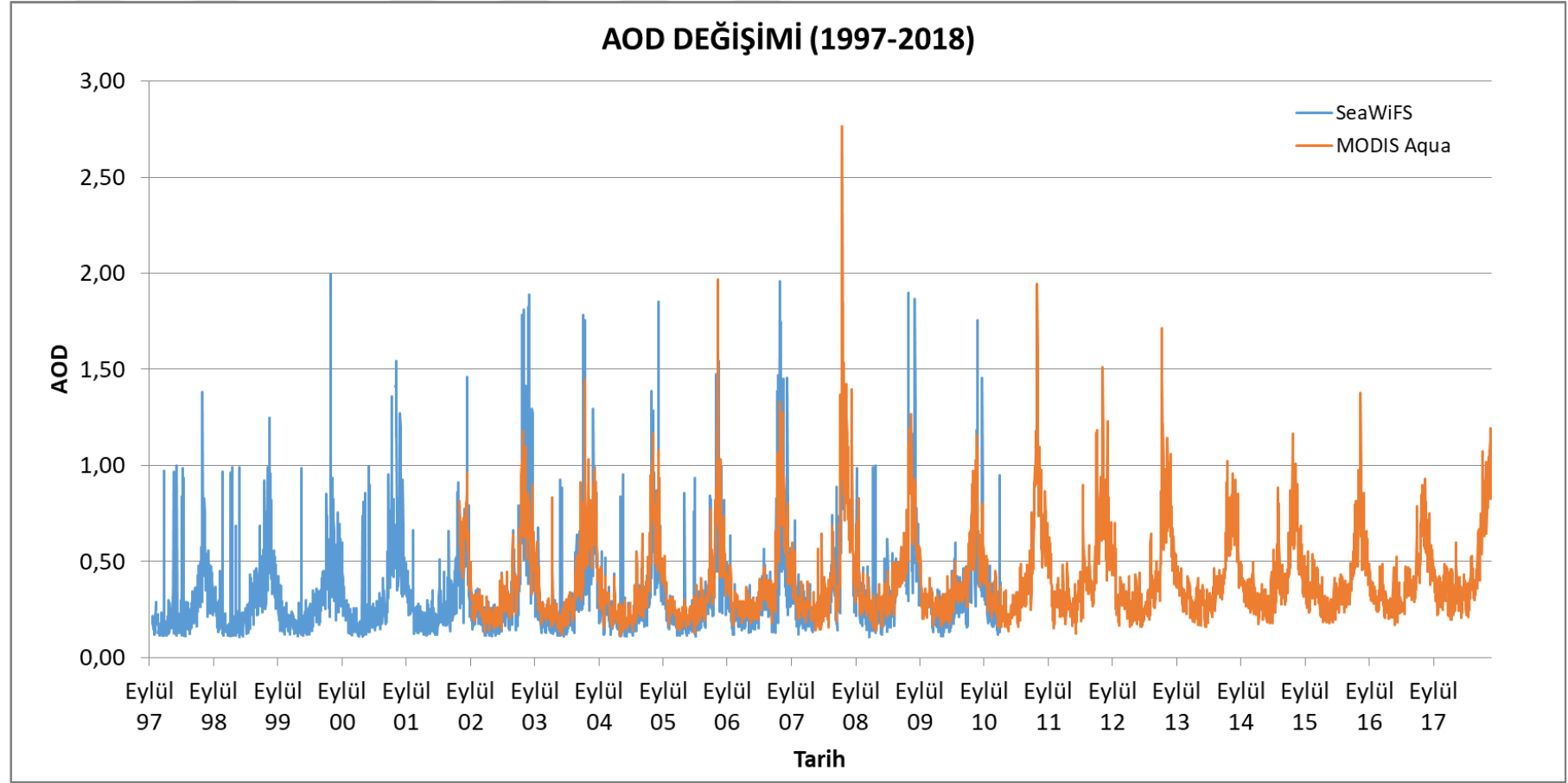
Şekil 3.5. Worldview aracı ekran görüntüsü

Klorofil-a konsantrasyonları aynı zamanda toz taşınımını takip eden günlerde Ocean Color portaldan da (Şekil 3.6.) kontrol edilmiştir. Buranın avantajı, 8 günlük kompozit verilerin (Şekil 3.7.) değerlendirilip bulutluluk etkisinin en aza indirilmesidir.

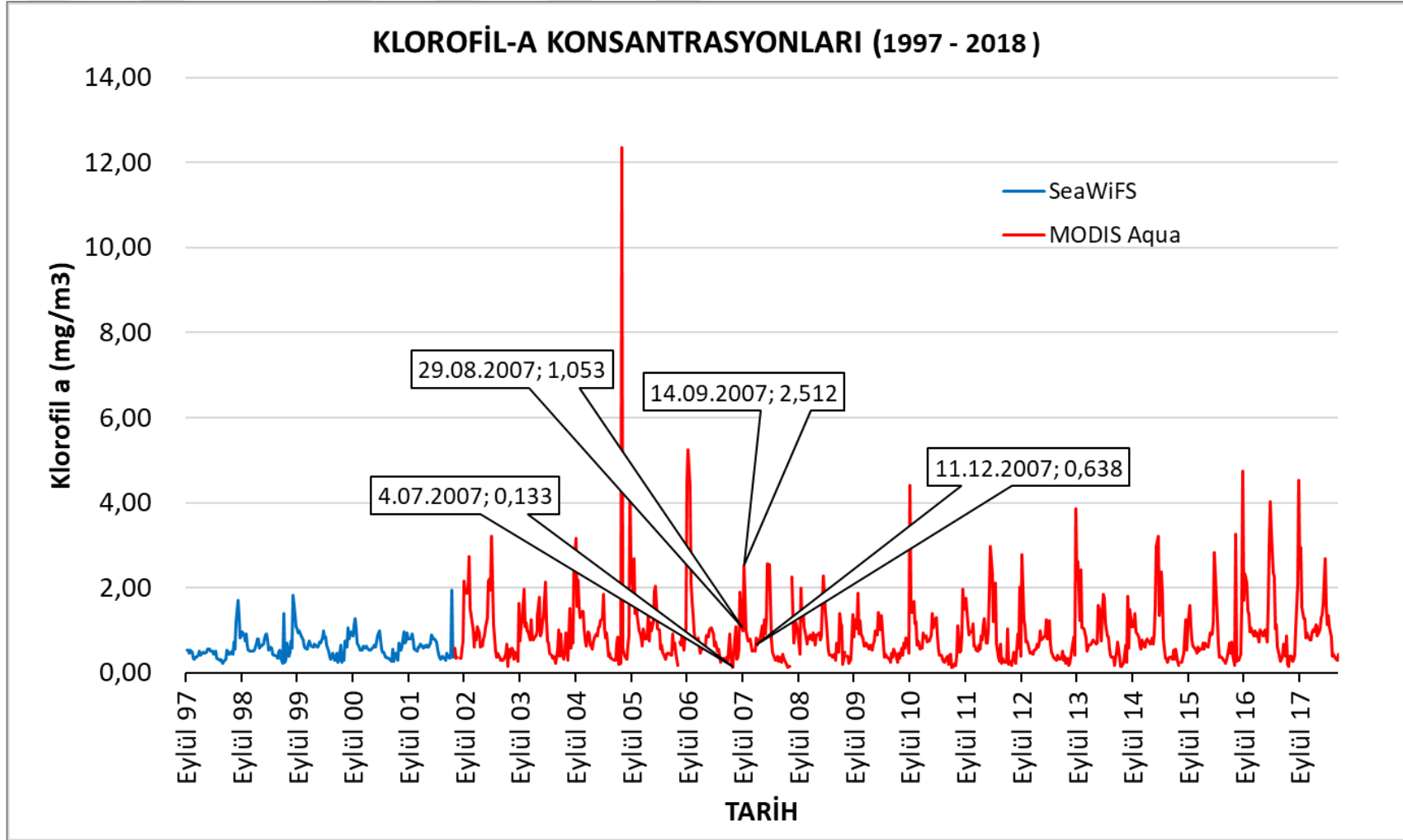
4. ARAP DENİZİ'NDE TOZ-ALG İLİŞKİSİNE GENEL BAKIŞ

Bu bölümde Arap Denizi'nde yıllar içerisinde toz taşınımı ve klorofil-a konsantrasyonu düzeylerinde yaşanan değişimin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 1997'den günümüze kadar olan dönem için AOD zaman serisi grafiği Şekil 4.1.'de verilmiştir. Grafiğe bakıldığında genel itibariyle yaz aylarında AOD değerlerinin arttığı sonbahar-kış döneminde yaza göre daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. 1997 yılından 2003 yılına kadar AOD değerinin ortalama 0,20 ile 0,50 arasında yoğunlaştığı, güneybatı muson dönemine denk gelen Temmuz-Ağustos aylarında ise 0,50-1,00 arası değerlerde olduğu görülmüştür. Tüm yıllar boyunca bazı günlerde yüksek AOD düzeylerine ($>1,0$) ulaşıldığı izlenmektedir. 2003 yılı itibariyle 0,50'den yüksek AOD değerlerinin daha sık izlenmeye başladığı 2010 yılından sonra ise AOD değerlerinin kısmen arttığı ve en düşük AOD düzeyinin yaklaşık 0,30 civarında olduğu söylenebilir. En yoğun aerosol izlenen yıllar 2007, 2008 ve 2009 yıllarıdır. Bu yıllarda 1997'den itibaren görülen en yüksek değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Son 4-5 yıla bakıldığında ise çok yüksek değerler izlenmemesine karşın AOD'nin ortalama olarak 0,30-0,90 arasındaki değerlerde olduğunu söylemek mümkündür. Özetle, özellikle 2011 yılından sonra Arap Denizi üzerindeki aerosollerde ve dolayısıyla toz taşınımında bir artış olduğu görülmektedir.

Klorofil-a konsantrasyonunda yaşanan değişime bakıldığında ise (Şekil 4.2.) 1997-2002 arasında en yüksek $2,0 \text{ mg/m}^3$ 'e ulaşıldığı, 2002 yılından sonra ise yine ağırlıklı olarak $2,0 \text{ mg/m}^3$ 'e kadar olan konsantrasyonlar görülse de bariz bir artış yaşandığı görülmektedir. Ancak, 2002 yılından sonra klorofil-a konsantrasyonunda grafikte görülen artış değerlendirilirken, iki farklı uydudan veri alındığını ve Bölüm 5'te ki detaylı dönemsel grafiklerde görülebileceği gibi aynı tarihlerde MODIS'ten alınan klorofil-a konsantrasyonu değerlerinin SeaWiFS'ten alınanlara göre biraz daha yüksek değerlerde olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bir başka deyişle, 2002 yılından sonra Arap Denizi'ndeki klorofil a konsantrasyonunda düşük seviyede artış yaşandığı söylenebilir.



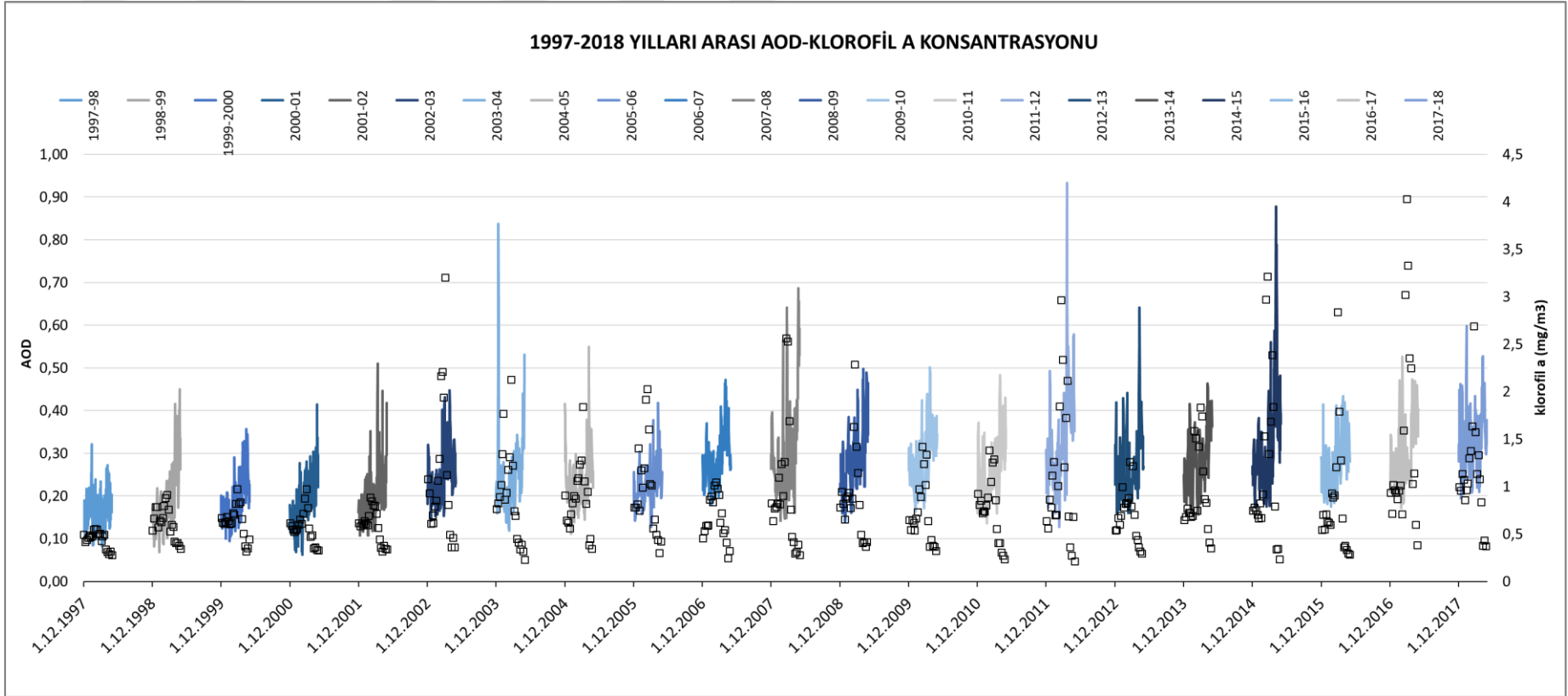
Şekil 4.1. Arap Denizi'nde 1997-2018 yılları arası AOD değişimi



Şekil 4.2. Arap Denizi'nde 1997-2018 yılları arası klorofil-a konsantrasyonu değişimi(Klorofil-a verileri 8 günlük olmakla birlikte izlenirliği kolaylaştırmak adına çizgi grafiği tercih edilmiştir)

Örnek olarak 2007 yılı ele alındığında Haziran'da başlayan GBM dönemiyle klorofil konsantrasyonunda artışın başladığını, GBM döneminin sonuna denk gelen Eylül ayında tepe noktalarına ulaştığını, Ekim-Kasım aylarında (musonlararası dönem) azalma eğilimi gösterdiğini ve Aralık'ta başlayan KDM dönemiyle de yeniden artışa geçtiği görülmektedir. Şekil 4.2.'de görüleceği üzere en yüksek klorofil a konsantrasyonlarının ortaya çıktığı zaman genelde GBM dönemine denk gelen yaz aylarıdır. Arap Denizi'nde birincil üretimin en çok GBM döneminde gerçekleştiği bilinen bir durumdur [1]

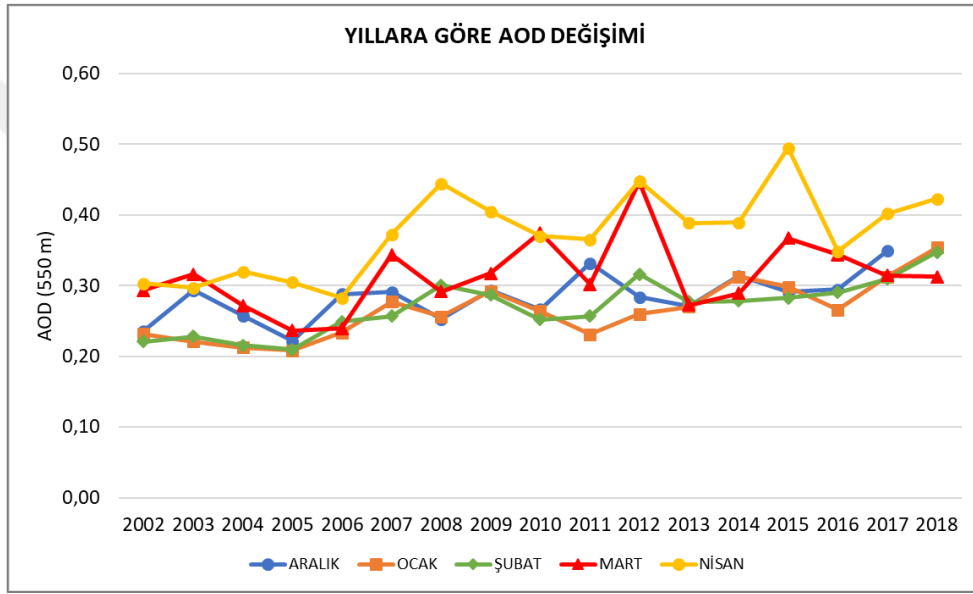
Bu tez çalışmasında ele alınan KDM dönemi Aralık, Ocak ve Şubat aylarını kapsamaktadır. GBM dönemine gelene kadar geçen Mart ve Nisan ayları ise bahar musonlararası dönemi olarak nitelendirilmektedir. Bu çerçevede, KDM dönemi olan Aralık ayı başından GBM dönemine kadar olan 5 aylık sürede yaşanan AOD ve klorofil a konsantrasyonlarındaki değişim grafiği Şekil 4.3.'de verilmektedir. Grafiğe bakıldığında son yıllarda özellikle 2011 yılından itibaren KDM döneminde hem AOD seviyelerinde hem de klorofil a konsantrasyonlarında artış yaşandığı görülmektedir.



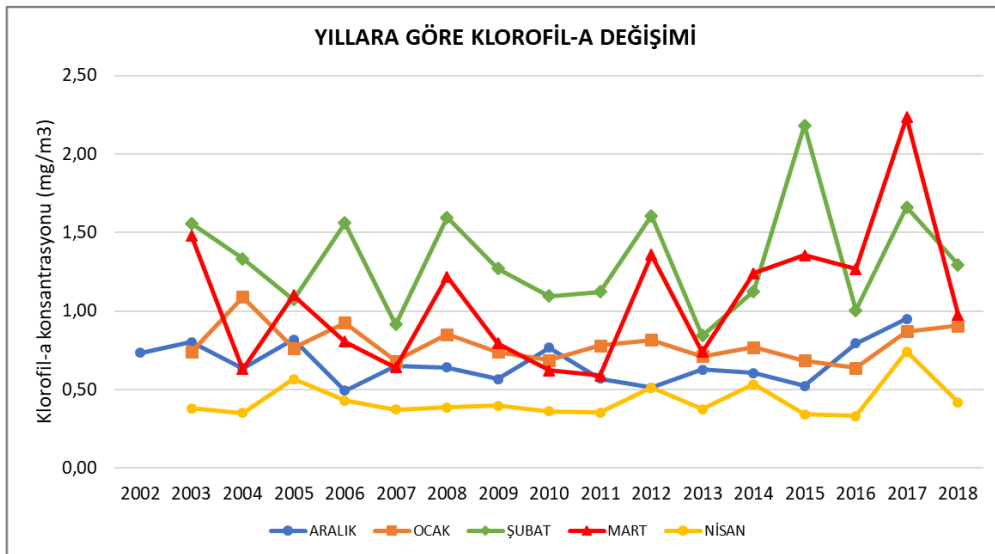
Şekil 4.3. 1997-2018 Aralık-Nisan ayları arası Arap Denizi'nde AOD ve klorofil-a konsantrasyonu değişimi

5. KDM DÖNEMİ TOZ-ALG İLİŞKİSİ

Bu bölümde Kuzeydoğu musonları döneminde Arap Denizi'nin etrafında bulunan kurak ve yarı-kurak alanlardan gelen çöl tozları ile klorofil-a konsantrasyonlarının 1997-2018 yılları arasında zaman serileri çıkarılmıştır. Öncelikle Arap Denizi'nde kuzeydoğu muson döneminde toz yükünün aylık ortalamalarına bakılacak olunursa (Şekil 5.1.) Nisan, Mart ve Kasım aylarında yüksek AOD değerleri görülmektedir. Ayrıca, fitoplankton seviyesini temsil eden klorofil-a konsantrasyonlarına bakıldığında ise (Şekil 5.2.) Şubat, Mart ve Ocak aylarında klorofil-a konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmektedir.



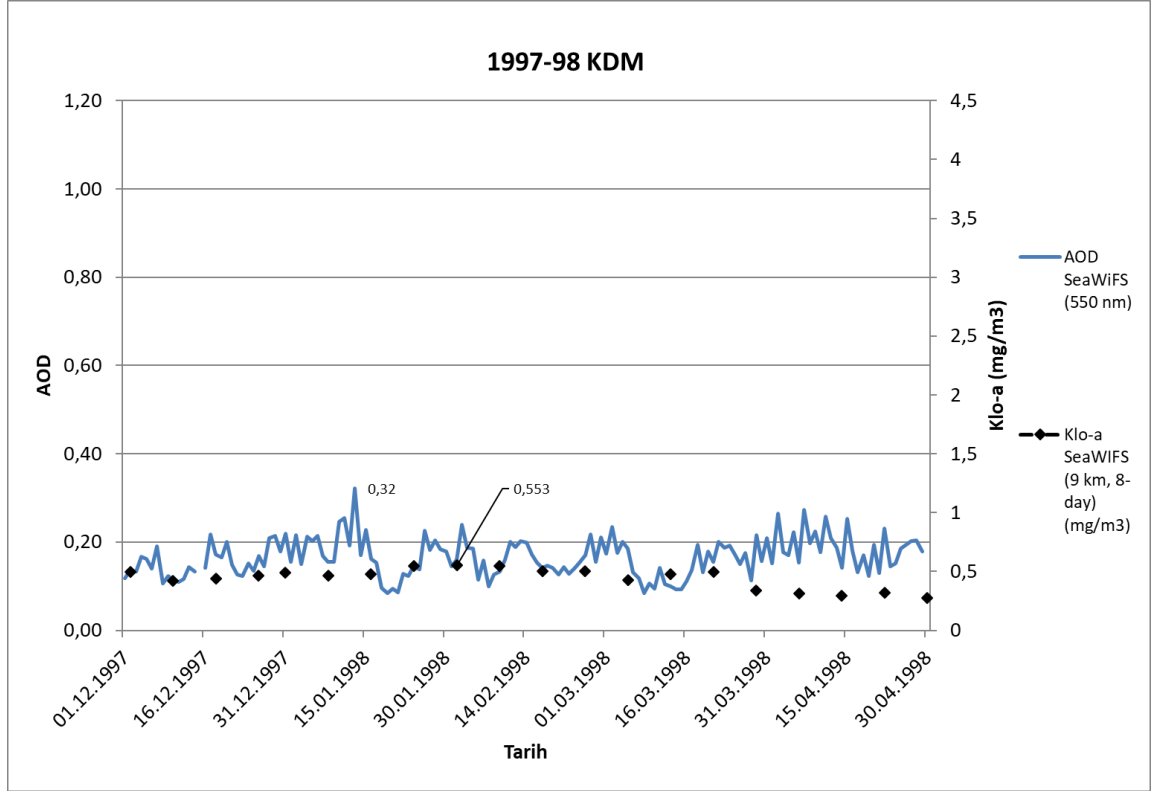
Şekil 5.1. KDM'de 2002-2017 yılları Aralık-Nisan ayları için AOD değerleri [82]



Şekil 5.2. KDM'de 2002-2017 yılları Aralık-Nisan ayları için klorofil-a değerleri [82]

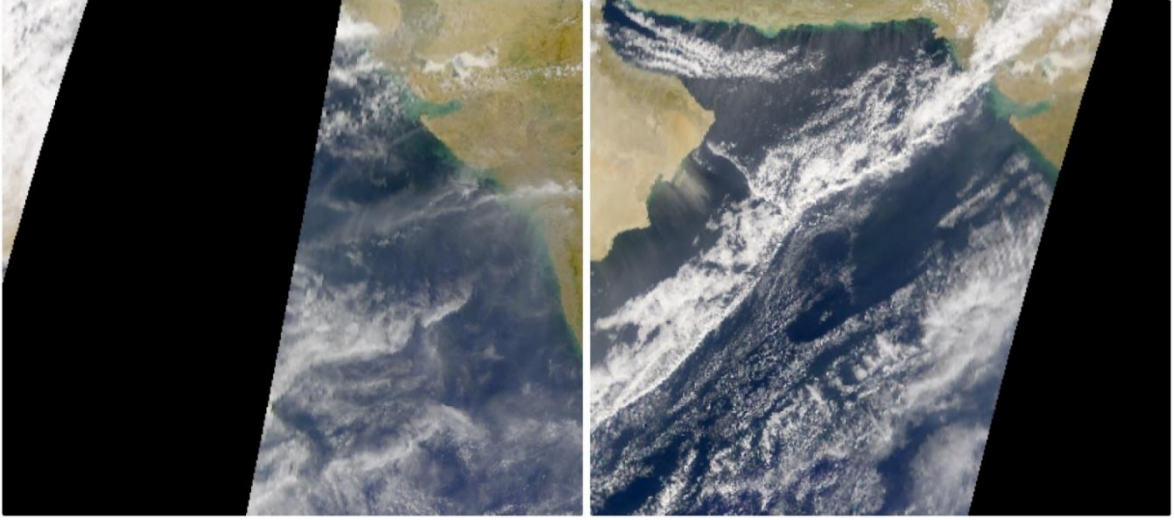
KDM dönemi olarak ele alınan Aralık-Şubat aylarını kapsayacak şekilde Aralık ayı başından Nisan ayı sonuna kadar olan AOD ve klorofil-a verilerinin zamana bağlı değişimleri grafiksel olarak aşağıda sunulmaktadır. Bulut örtüsü veya uydudan kaynaklı sebeplerden ötürü veri alınamayan tarihler boşluk olarak gösterilmiştir. Ayrıca, klorofil-a verileri 8 günlük kompozit veri olarak grafiklerde gösterilmektedir.

5.1. 1997-1998 KDM Dönemi



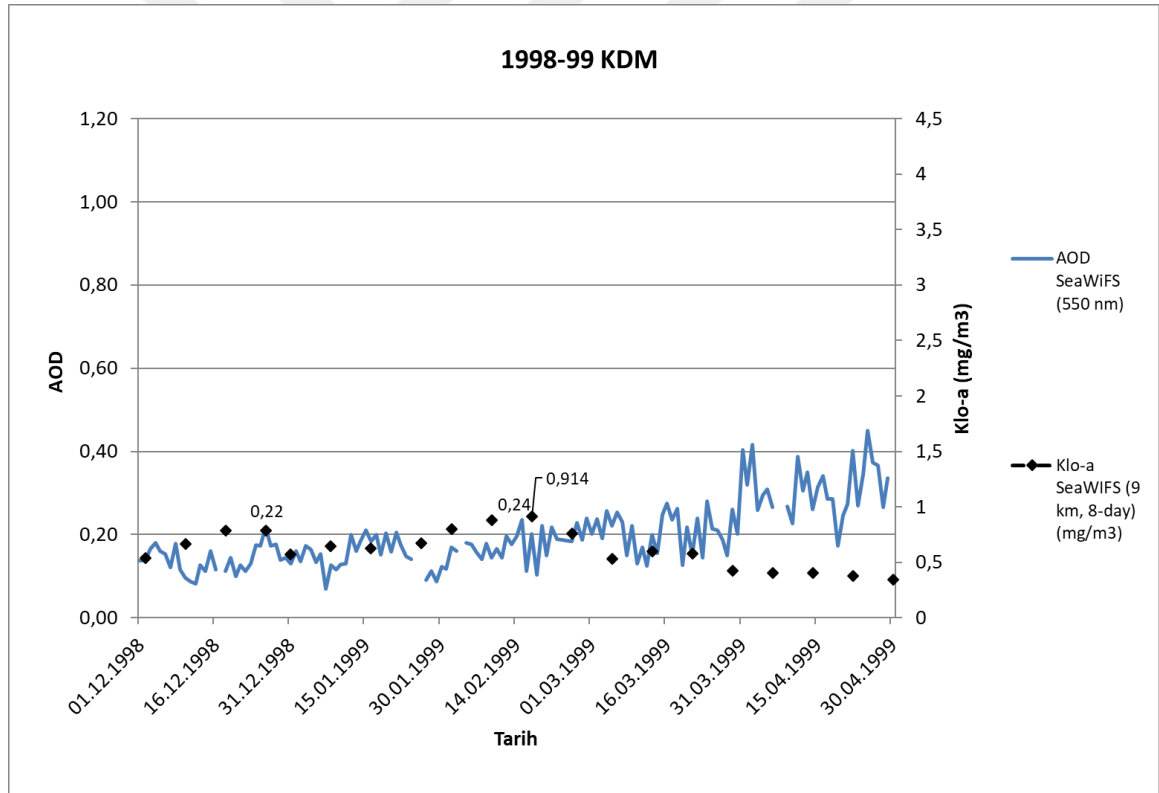
Şekil 5.3. 1997-1998 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemde, 13 Ocak 1998 tarihinde AOD değerinde meydana gelen artıştan (0,32) yaklaşık 20 gün sonra (01-08.02.1998) ise KDM döneminin en yüksek değeri olan 0,553 mg/m³'e ulaştığı görülmektedir. Bu dönemde AOD değeri görülen tarihin uydu görüntüsü Şekil 5.4.'te verilmektedir. Uydudan (siyah bölgeler uydunun yörüngesi dolayısıyla kapsanamayan bölgelerdir) ve bulut örtüsünden kaynaklı görüntüler net olarak izlenemese de 14 Ocak tarihli görüntüde kuzey ve batı yönlerinden çöl tozu geldiği görülmektedir



Şekil 5.4.Solda 13 Ocak sağda 14 Ocak 1998 tarihli SeaWiFS gerçek renkli uydu görüntüsü. [95]

5.2. 1998-1999 KDM Dönemi



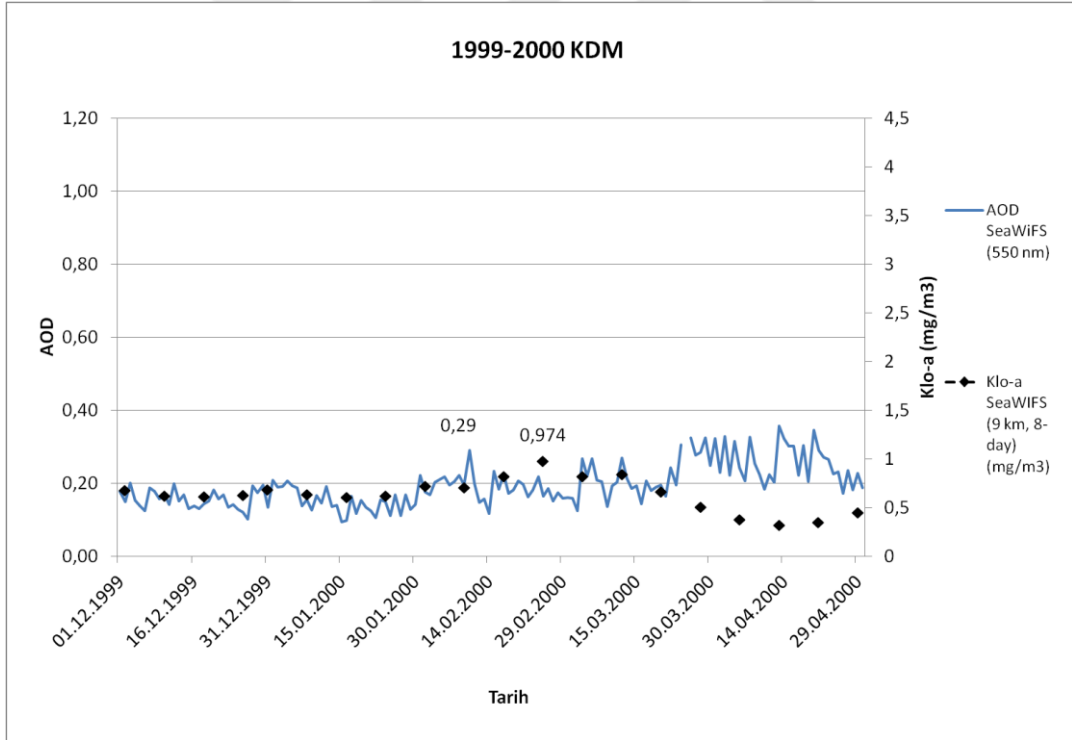
Şekil 5.5.1998-1999 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu KDM döneminde AOD değerleri genelde düşüktür. Grafiğe bakıldığında 26.12.1998 (AOD:0,22) ve 15.02.1999 (AOD:0,24) (Şekil 5.6.) tarihlerinde aerosol optik derinliğinde nispeten artış olduğu görülmüştür. Yine uydudan elde edilen klorofil-a değerlerinde ise en yüksek değer 17-24.02.1999 tarihlerinde 0,914 mg/m³ olarak hesaplanmıştır.



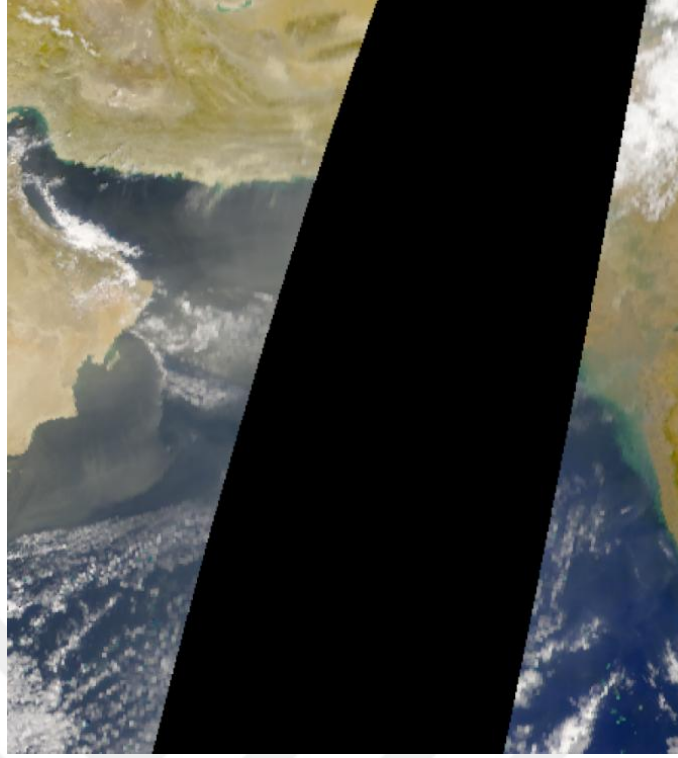
Şekil 5.6. 15.01.1999 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntü [95]

5.3. 1999-2000 KDM Dönemi



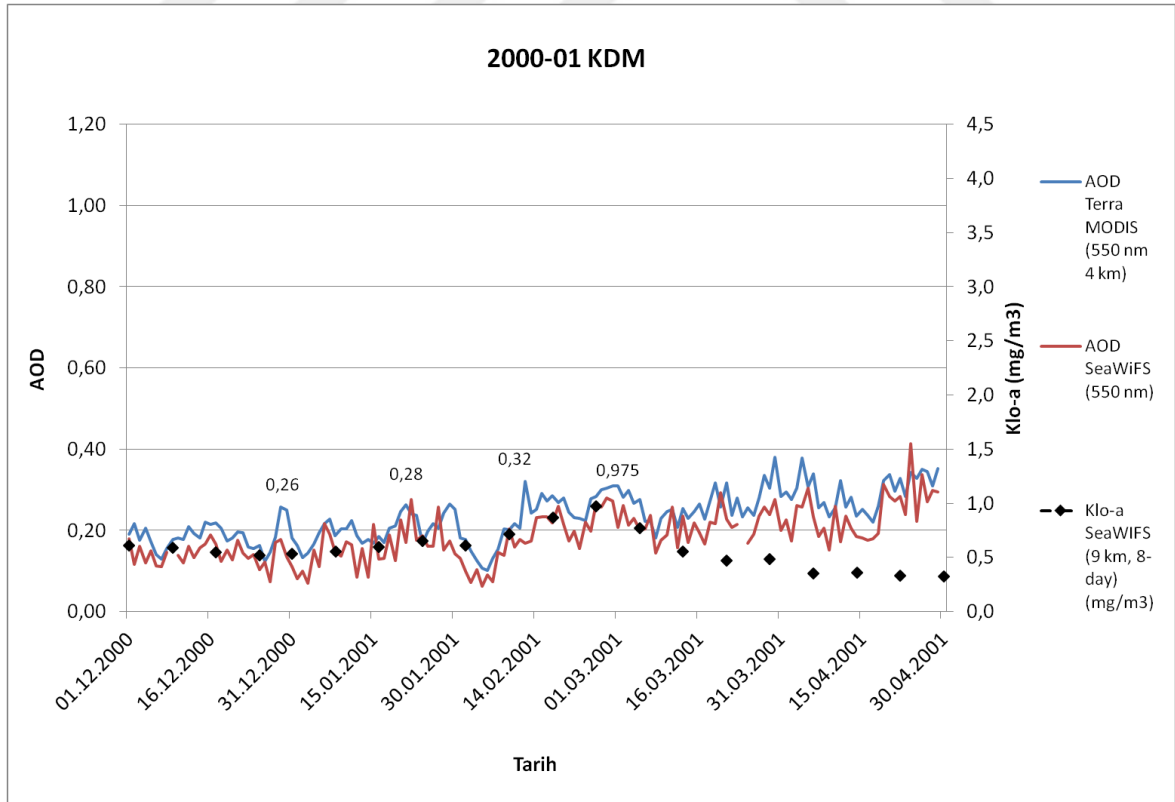
Şekil 5.7. 1999-2000 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

1999-2000 KDM döneminde en belirgin AOD artışı 10.02.2000 tarihinde (0,29) (Şekil 5.8.) izlenmektedir. Bu artışı takiben 25.02-03.03.2000 tarihli kompozit klorofil-a değerinin 0,974 mg/m³'e ulaştığı görülmektedir.



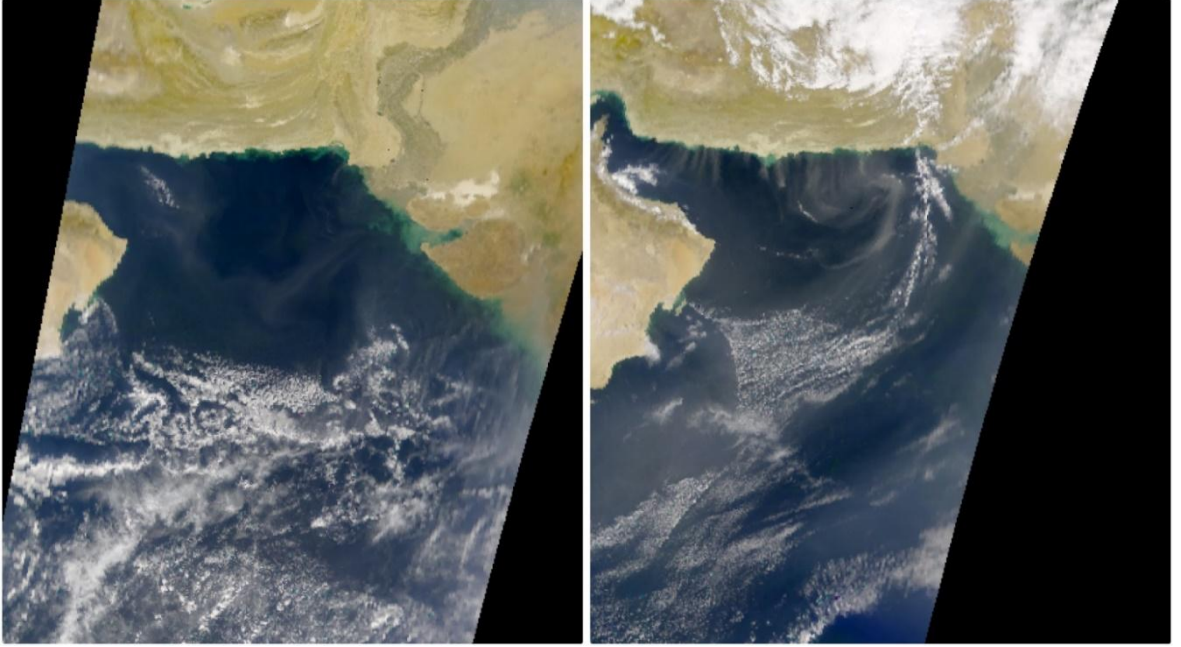
Şekil 5.8. 10.02.2000 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntü[95] (Kuzey ve batı yönünden yoğun çöl tozu geldiği görülmektedir.)

5.4. 2000-2001 KDM Dönemi



Şekil 5.9. 2000-2001 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

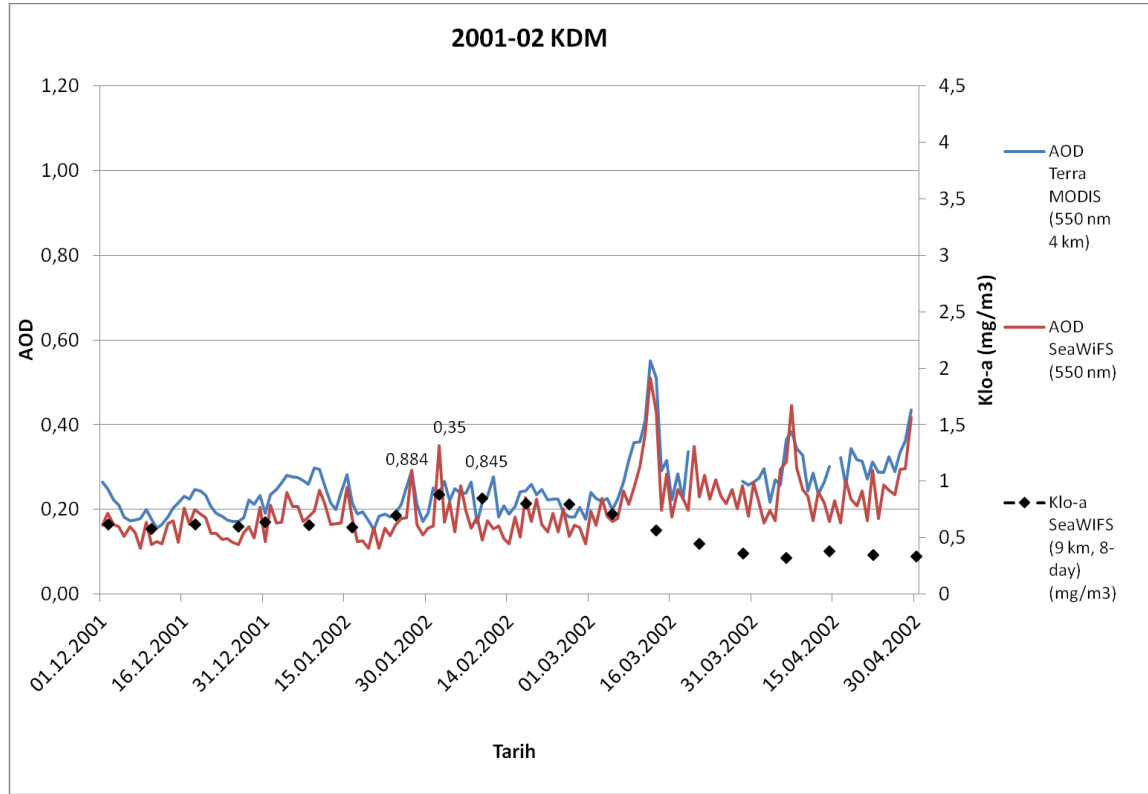
Terra uydusunun 1999 sonunda faaliyete geçmesiyle 2000 yılından itibaren hem SeaWiFS uydusu hem de Terra uydusundan alınan AOD verileri değerlendirilebilmektedir. İki uydudan alınan AOD değerleri birbirine çok yakındır. Bu KDM döneminde 29.12.2000 ve 22.01.2001 tarihlerinde AOD değerlerinin sırasıyla 0,26 (Terra MODIS) ve 0,28 (SeaWiFS) olduğu görülmektedir. En yüksek AOD değeri 12.02.2001'de 0,32 (Terra MODIS) olarak izlenmiştir. Klorofil-a değerinin ise 25.02-04.03.2001 tarihlerinde (12 Şubat'taki artışı takiben yaklaşık 15 gün sonra) 0,975 mg/m³'e çıktığı göze çarpmaktadır. Grafiğe göre bu tarihten sonra belirgin bir klorofil artışı izlenmemektedir. Bu dönemde yüksek AOD görülen iki tarihe ait uydu görüntüsü Şekil 5.10.'da verilmektedir.



Şekil 5.10. Solda 23.01.2001, sağda 13.02.2001 tarihli SeaWiFS uydu görüntüleri[95].

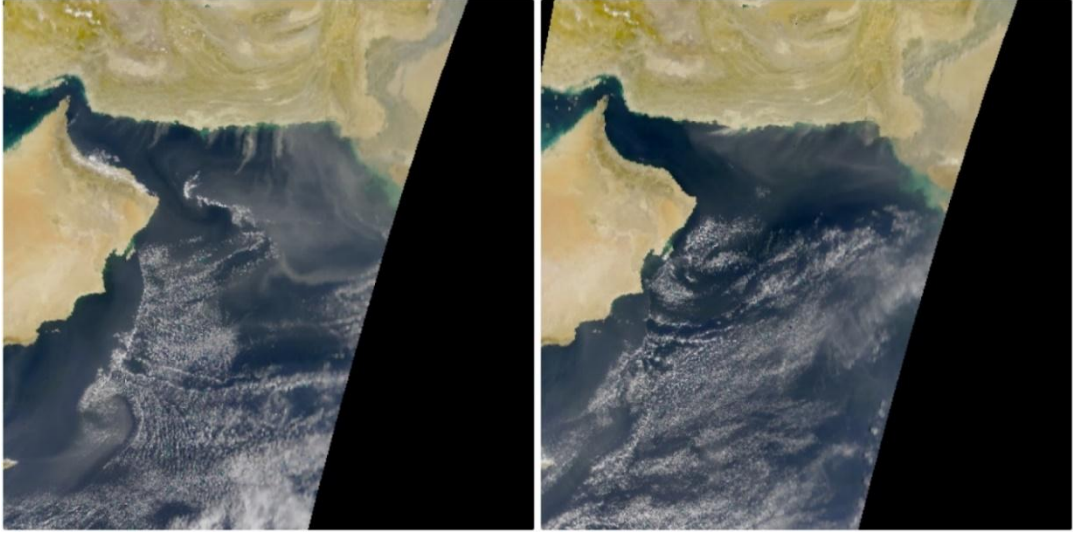
13.02.2001 tarihli görüntüde kuzey yönünden gelen çöl tozları daha belirgin olmakla birlikte iki görüntüde de toz taşınımı izlenmektedir.

5.5. 2001-2002 KDM Dönemi



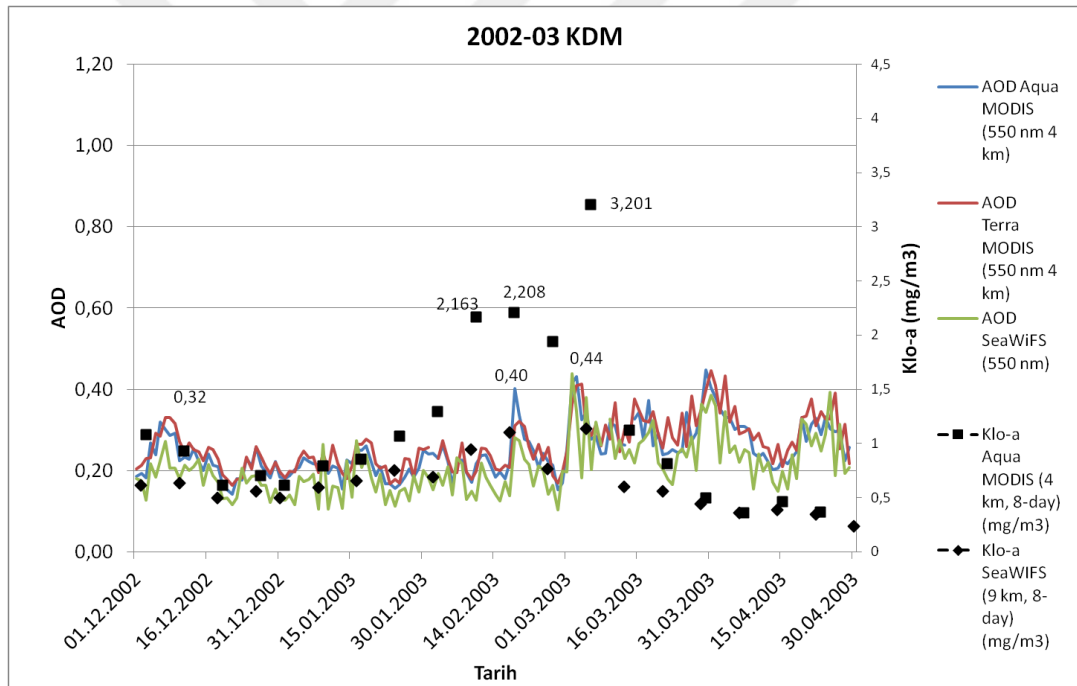
Şekil 5.11. 2001-2002 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu KDM döneminde AOD'nin 10 Ocak 2002'de 0,29 (Terra MODIS), 15 Ocak'ta 0,28 (Terra MODIS) ve 1 Şubat 2002 tarihinde 0,35 (SeaWiFS) olduğu görülmektedir. Klorofil-a değerlerinde 25 Ocak'tan itibaren artış gözlemlenmiş ve 1-8 Şubat 2002'de (15 Ocak'taki AOD artışından yaklaşık 20 gün sonra) 0,884 mg/m³'e kadar ulaşmıştır. Şekil 5.12.'de 26 Ocak ve 2 Şubat'ta Arap Denizi'ne toz taşınımı görülmektedir.



Şekil 5.12. Solda 26.01.2002, sağda 02.02.2002 tarihli SeaWiFS uydu görüntüleri[95]

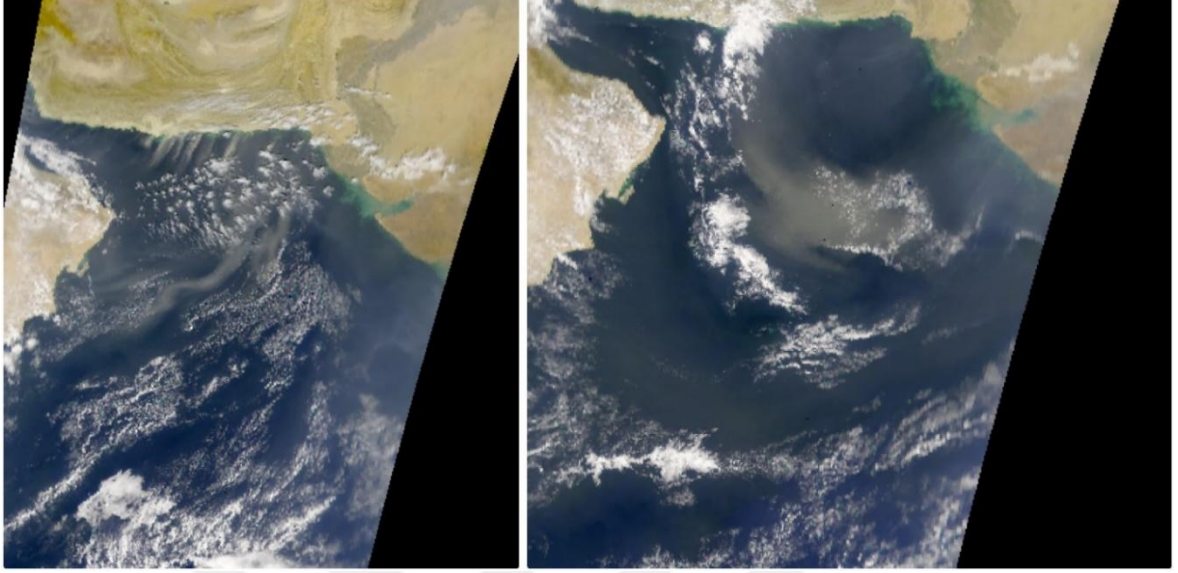
5.6. 2002-2003 KDM Dönemi



Şekil 5.13. 2002-2003 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

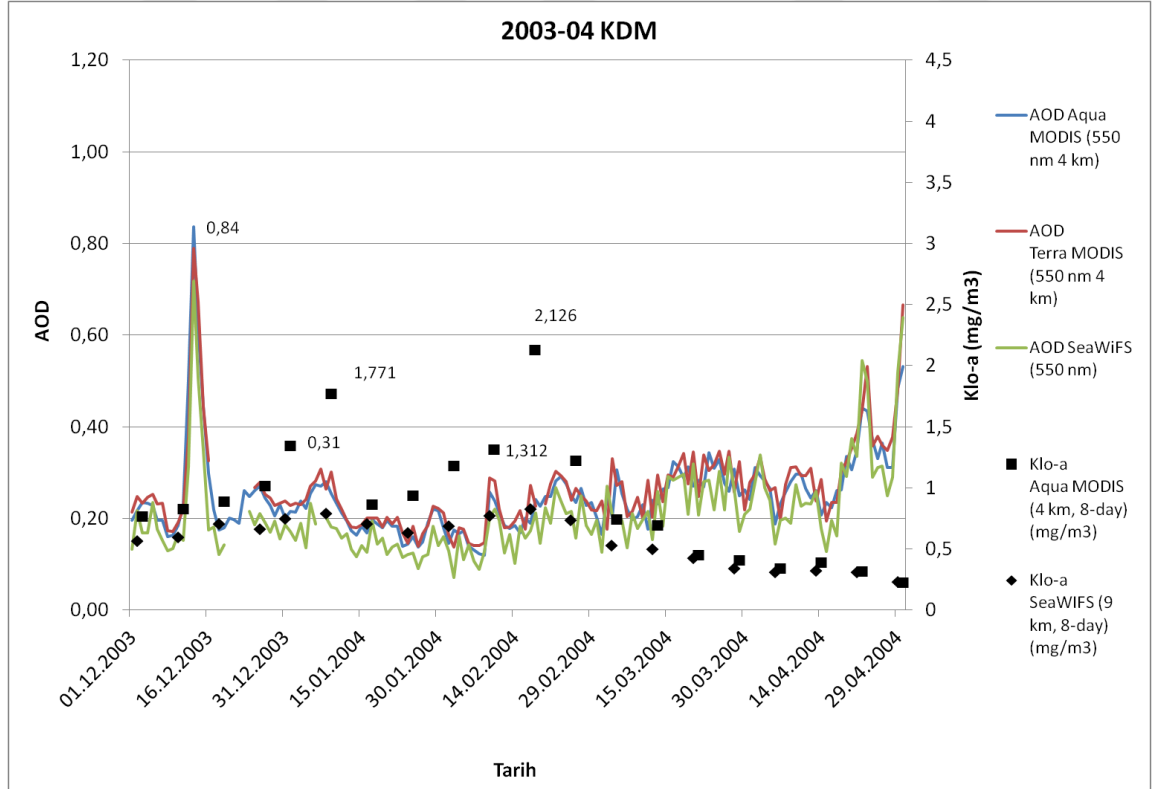
Mayıs 2002’de fırlatılan Aqua uydusunun faaliyete geçmesiyle 2002-2003 KDM dönemiyle birlikte bu uydu üzerindeki MODIS enstrümanından AOD ve klorofil-a verileri alınmaya başlanmıştır. SeaWiFS ve Aqua uydularından elde edilen AOD verileri genelde örtüşürken, klorofil-a değerlerinin Aqua MODIS’te daha yüksek olduğu görülmektedir. Grafikte görüleceği üzere, 5-10 Aralık 2002 tarihlerinde AOD değeri 0,30’larda iken (Şekil 5.14.), 18 Şubat’ta 0,40’a (Aqua MODIS) 2

Mart'ta 0,44'e (SeaWiFS) kadar çıkmıştır. 10 ve 18 Şubat haftalarında klorofil-a değerinin 2,2 mg/m³ civarında olduğu, 6-13 Mart 2003 haftasında ise 3,201 mg/m³'e çıktığı görülmektedir.



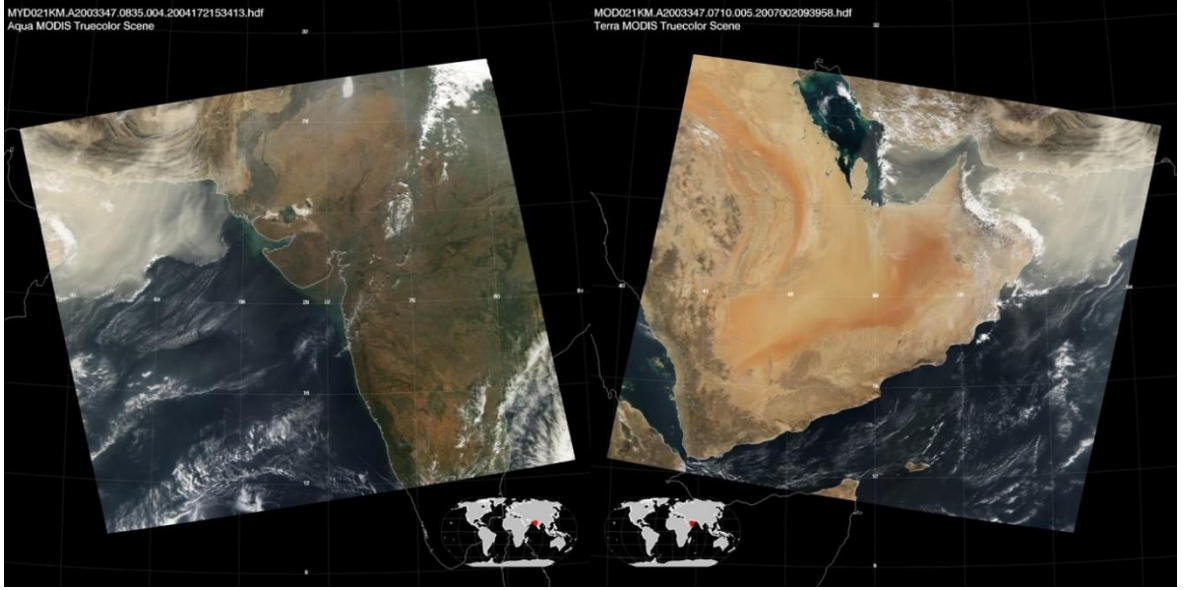
Şekil 5.14. Solda 05.12.2002, sağda 03.02.2003 tarihli SeaWiFS uydu görüntüleri[95]

5.7. 2003-2004 KDM Dönemi

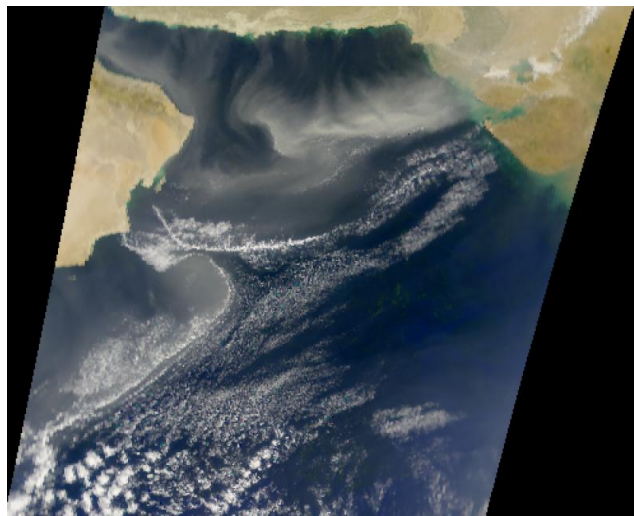


Şekil 5.15. 2003-2004 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemin en kayda değer AOD değeri 0,84 ile 13 Aralık 2003 tarihinde (Şekil 5.16.) görülmektedir. Bu tarihten sonra Mart ayına kadar AOD değerleri 0,30'a eşit veya daha düşük değerlerde seyretmiştir. Klorofil-a verisine bakıldığında ise, yüksek toz taşınımından 14 gün sonra, 27 Aralık 2003'den (1,016 mg/m³ Aqua MODIS) başlayarak artmış ve 9 Ocak 2004 haftasında 1,771 mg/m³ (Aqua MODIS) olarak izlenmiştir. En yüksek klorofil-a değeri 18-25 Şubat 2004 tarihleri arasında 2,126 mg/m³ olarak (9 Şubat 2004 (Aqua MODIS AOD: 0,26) (Şekil 5.17.) tarihli toz taşınımından yaklaşık 10 gün sonra) görülmektedir.

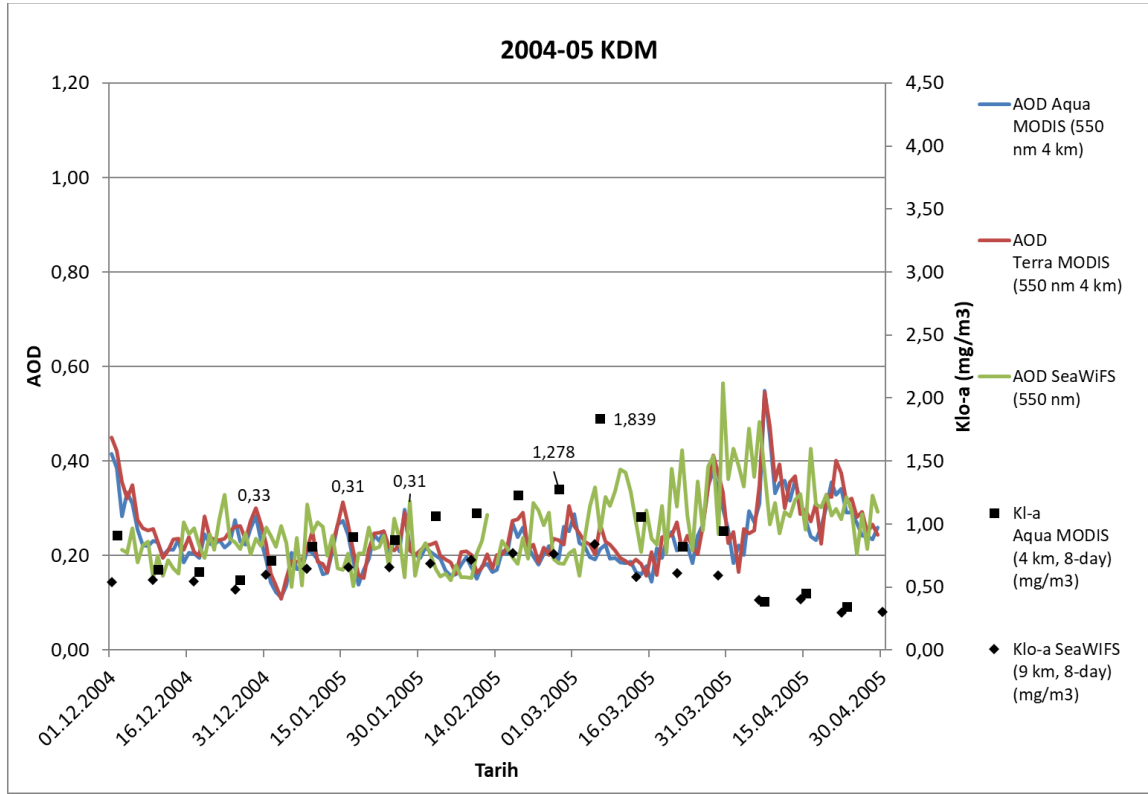


Şekil 5.16. 13 Aralık 2003 Arap Denizi üzerine çöl tozu taşınımı [96] (solda Aqua sağda Terra uydusundan alınan gerçek renkli görüntüler -L1B)



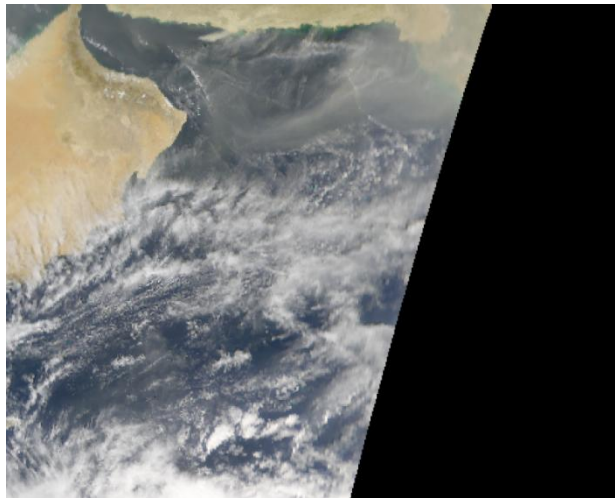
Şekil 5.17. 9 Şubat 2004 Arap Denizi üzerine çöl tozu taşınımı (SeaWiFS gerçek renkli görüntü) [95]

5.8. 2004-2005 KDM Dönemi

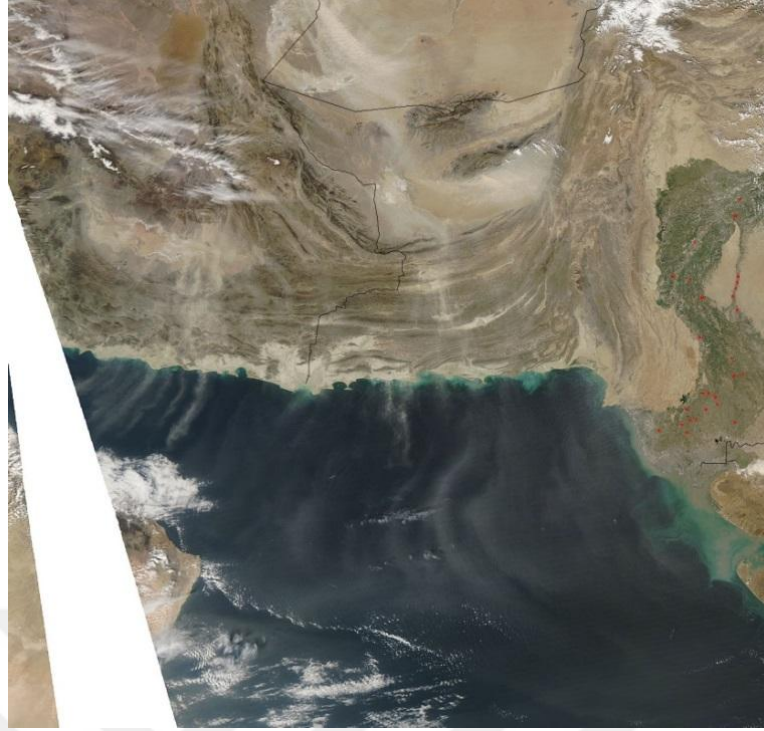


Şekil 5.18. 2004-2005 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemde 1-2 Aralık 2004 tarihlerinde AOD değerinin 0,40'ın üzerinde (Şekil 5.19.), 23 Aralık 2004, 15 ve 28 Ocak tarihlerinde ise yaklaşık 0,30 olduğu görülmektedir. Klorofil-a konsantrasyonunun ise 17 Ocak 2005 haftasında 0,901 mg/m³'den yükselmeye başlayarak 2 Şubat 2005'i takip eden 2 hafta 1,065 mg/m³, 26 Şubat-5 Mart arası 1,278 mg/m³ ve 6-13 Mart tarihlerinde 1,839 mg/m³ olduğu gözlenmektedir.

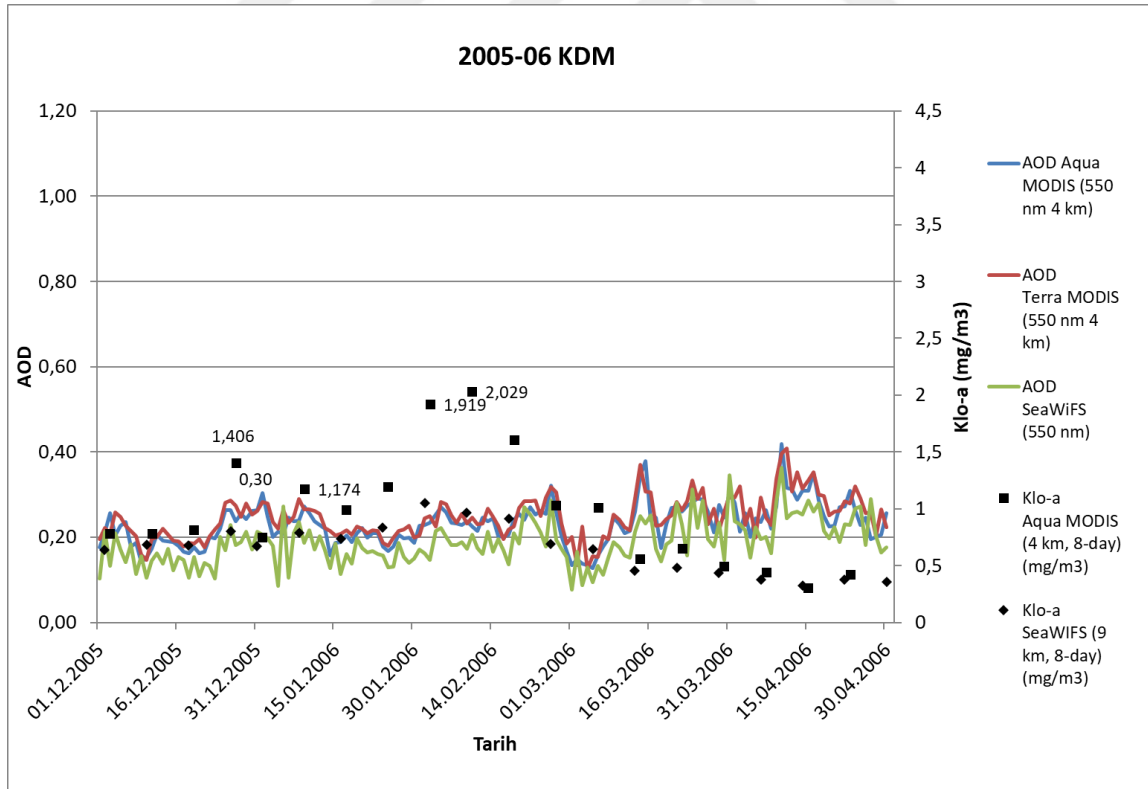


Şekil 5.19. 01.12.2004 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntü [95]



Şekil 5.20. 17 Şubat 2005 Arap Denizi üzerine kuzeyden gelen çöl tozları [97]

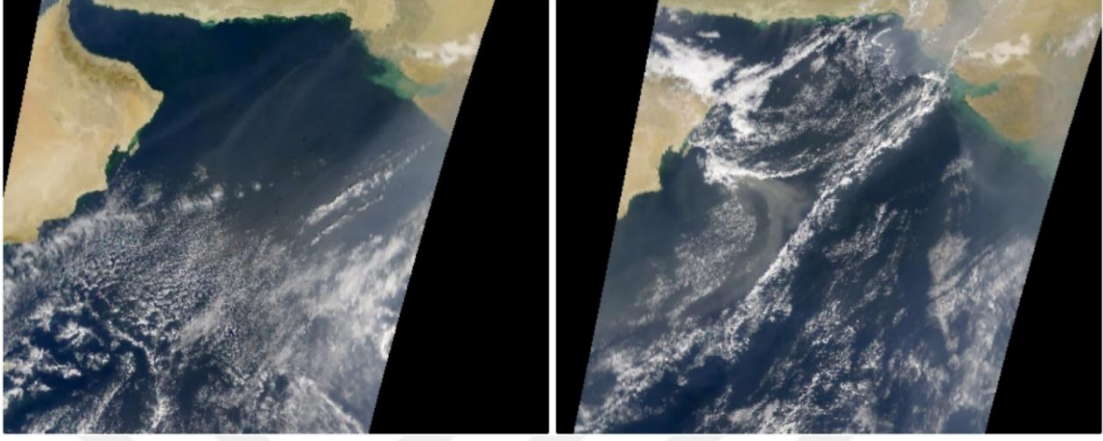
5.9. 2005-2006 KDM Dönemi



Şekil 5.21. 2005-2006 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

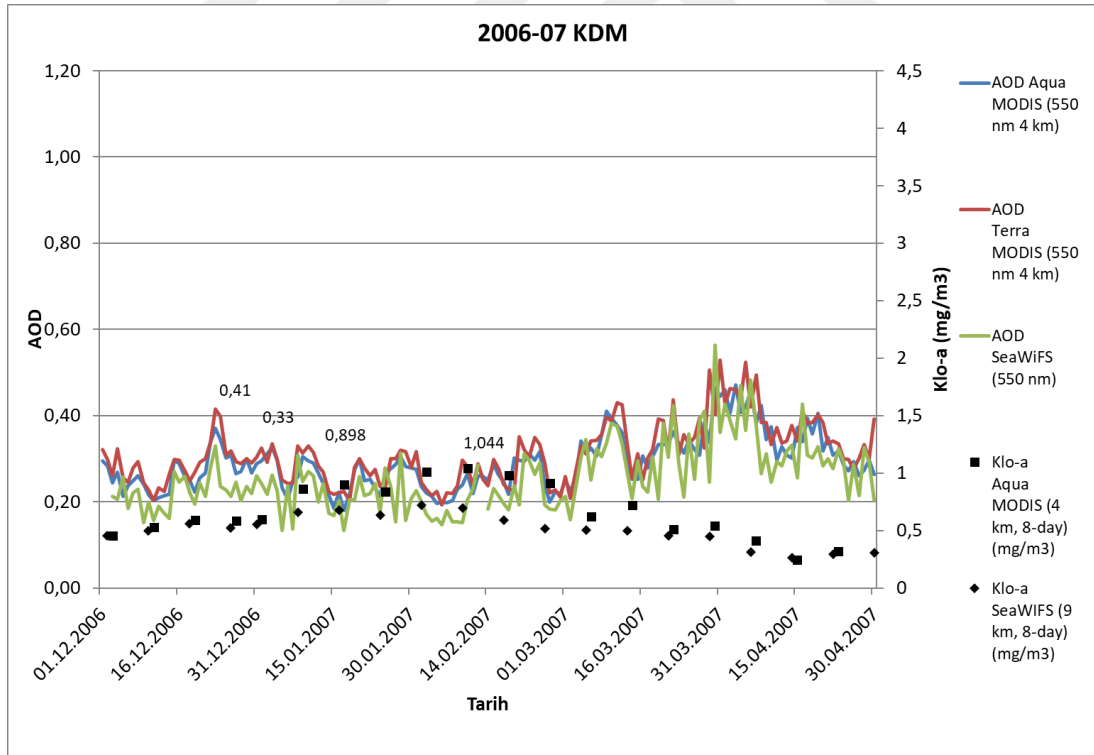
Grafik incelendiğinde AOD değerlerinin nispeten yüksek olduğu tarihler 3 Aralık 2005 (0,26), 1 Ocak 2006 (0,30) (Şekil 5.22.), 4 Şubat 2006 (0,27) ve 25 Şubat

2006 (0,32) olarak sıralanabilir. Klorofil-a değerlerine bakıldığında ise 27-31 Aralık 2005'de 1,406 mg/m³ iken bir düşüş olduğu ve sonra artarak 2-9 Şubat 2006'da 1,919 mg/m³ ve 10-17 Şubat aralığında ise dönemin en yüksek değeri olan 2,029 mg/m³'e ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.22. Solda 03.12.2005 tarihli sağda 01.01.2006 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntü [92] (Batıdan Kuzeyden, ve kuzeydoğudan toz geldiği görülmekte)

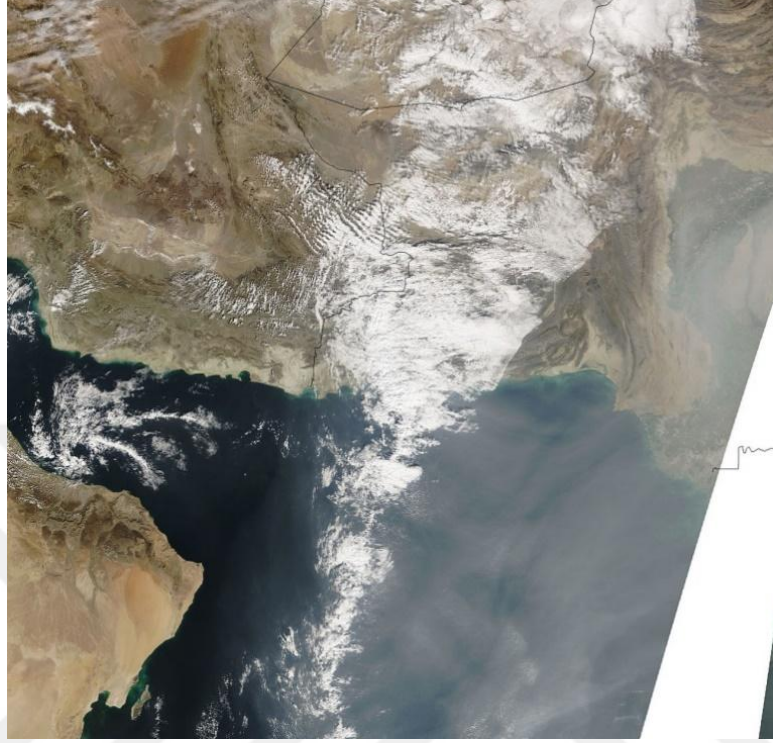
5.10. 2006-2007 KDM Dönemi



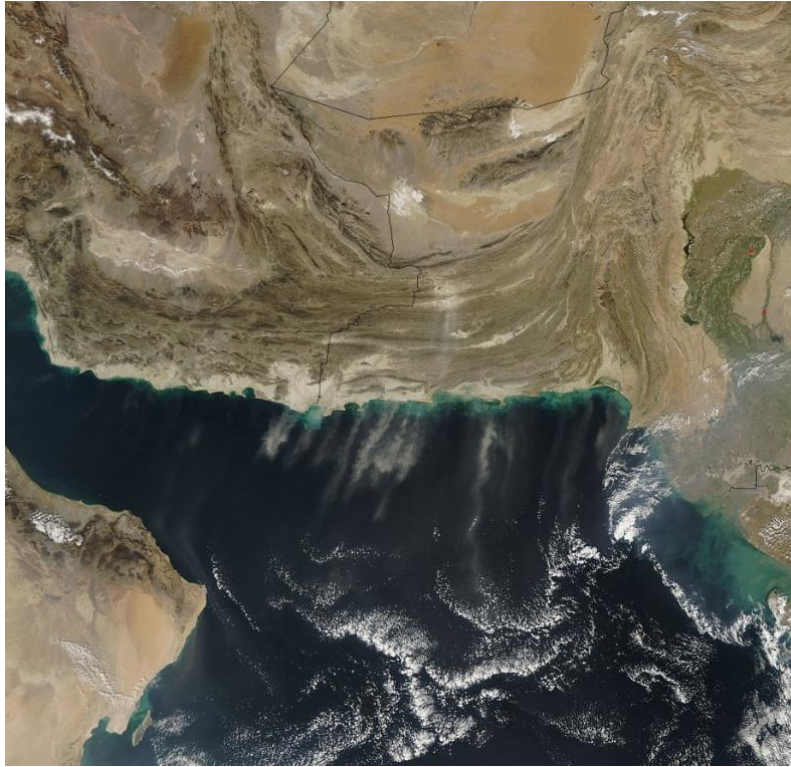
Şekil 5.23. 2006-2007 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

2006-07 KDM döneminin aerosol yükünün diğer dönemlere nazaran daha fazla olduğu görülmektedir. AOD değerleri sıklıkla 0,30'un üzerine çıkmaktadır. Buna karşın klorofil-a konsantrasyonu değerleri 9 Ocak 2007'de 0,862 mg/m³ ile

artmaya başlayarak 10-17 Şubat tarihlerinde $1,044 \text{ mg/m}^3$ 'e ulaştığı izlenmektedir. 23 Aralık ve 4 Ocak'ta yaşanan toz taşınımının uydu görüntüleri Şekil 5.24. ve 5.25.'te verilmektedir.

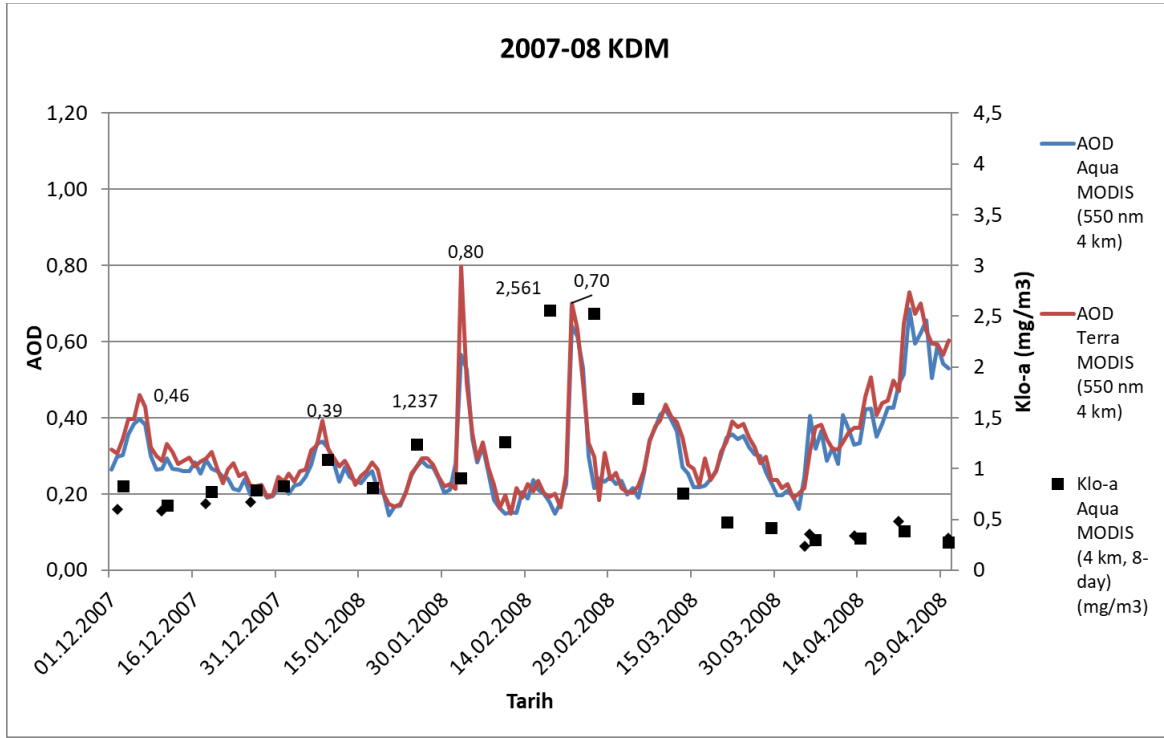


Şekil 5.24. 23.12.2006 tarihli, Terra uydusundan alınan gerçek renkli görüntü [97]



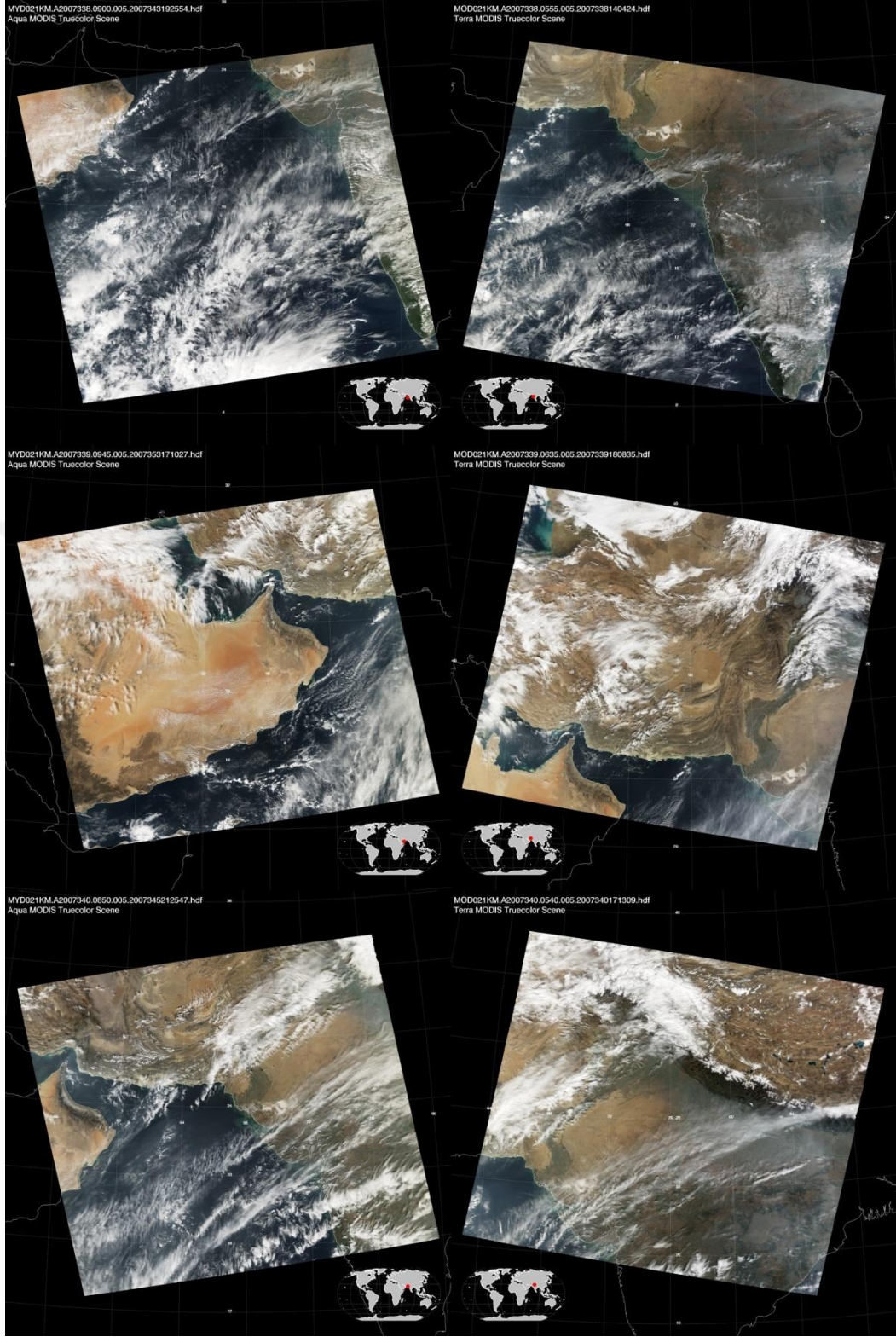
Şekil 5.25. 4 Ocak 2007 tarihli, Aqua uydusundan alınan gerçek renkli görüntü [97]

5.11. 2007-2008 KDM Dönemi

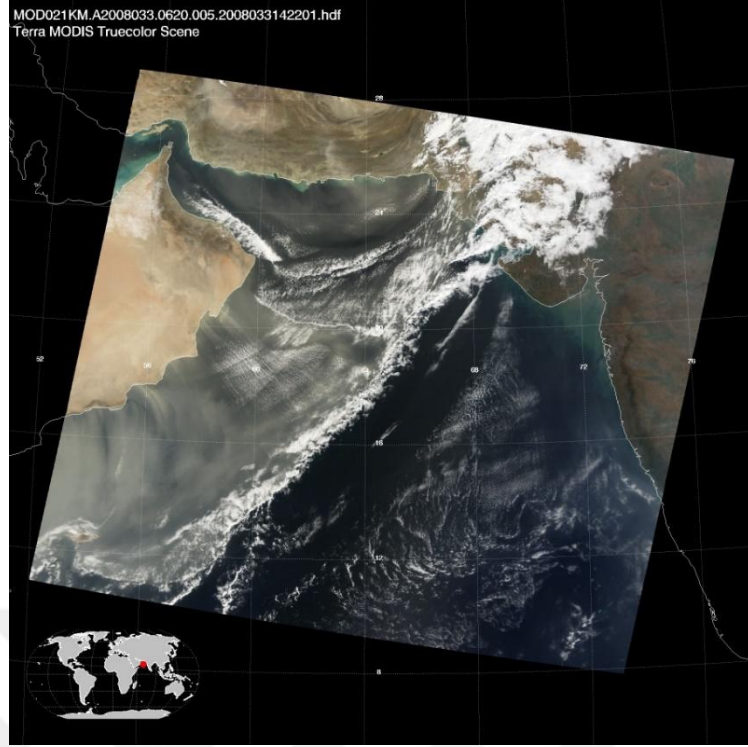


Şekil 5.26. 2007-2008 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemde 4-6 Aralık 2007 tarihlerinde (Şekil 5.27.) AOD değeri 0,40 civarında görülmekte, yine 8 Ocak 2008'de 0,39 (Terra MODIS), 2 Şubat'ta ise 0,80 (Terra MODIS, aynı tarihli Aqua MODIS AOD:0,57) (Şekil 5.28.) olarak izlenmektedir. 25 Ocak-4 Şubat 2008 tarihlerinde klorofil-a değerinin 1,237 mg/m³, 18-25 Şubat arasında ise 2,561 mg/m³ olduğu grafikte görülmektedir.

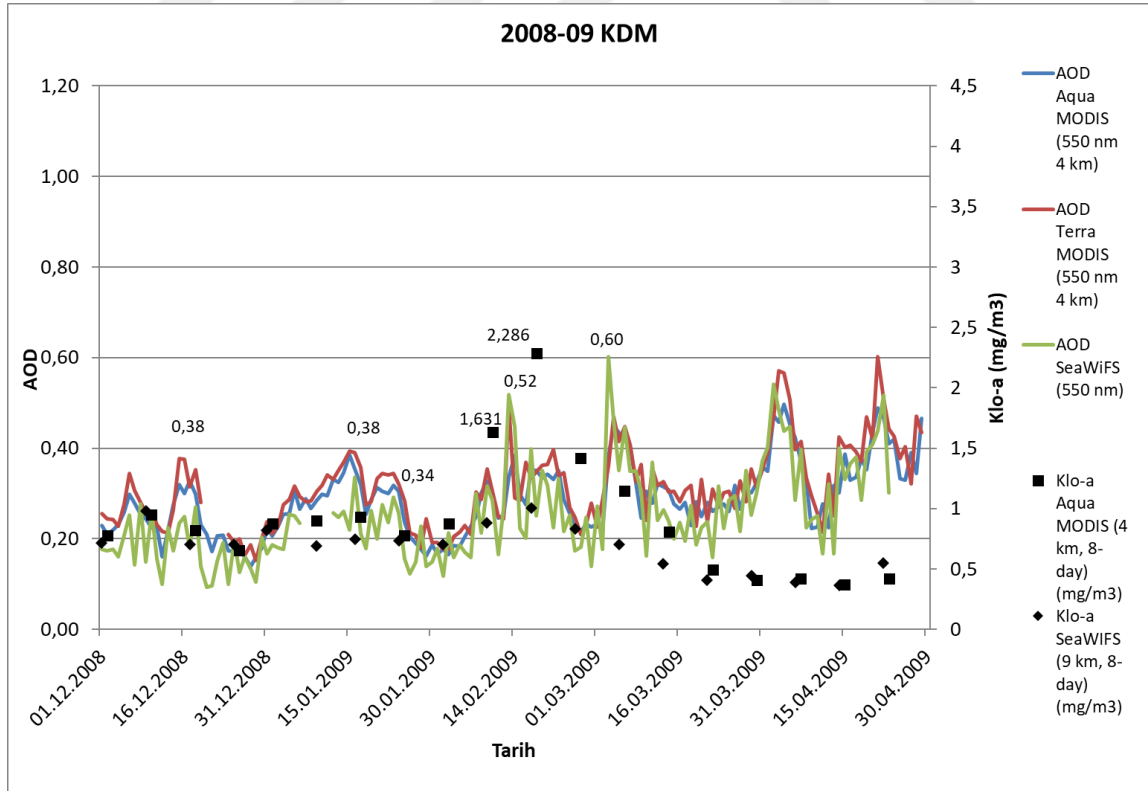


Şekil 5.27. 4-6 Aralık 2007 tarihleri arasında L1B gerçek renkli görüntüler [96]
(yukarıdan aşağı: 4,5,6 Aralık 2007, solda Aqua ve sağda Terra uydusundan
alınan görüntüler)



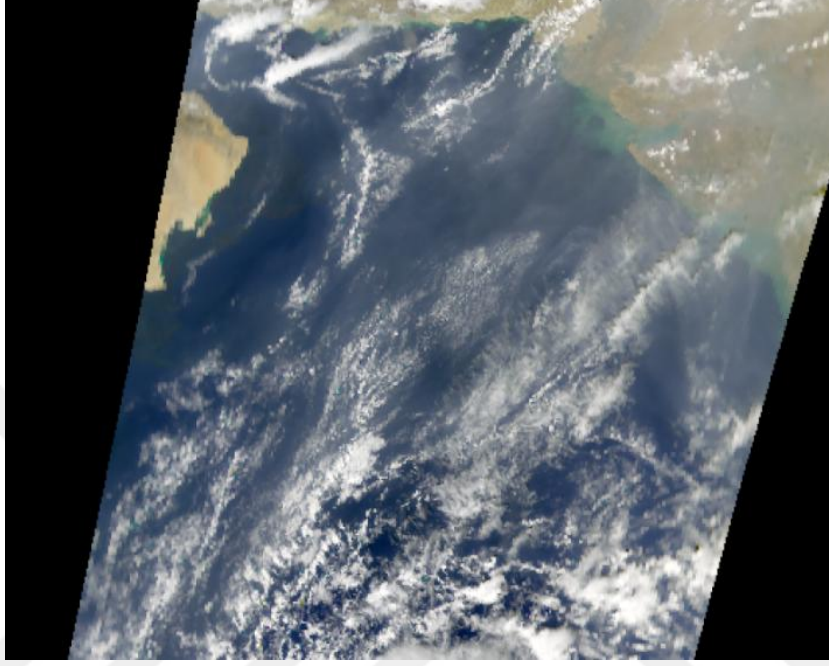
Şekil 5.28. 2 Şubat 2008, Terra MODIS L1B Granül [96] (Kuzeyden ve batıdan çöl tozları yoğun şekilde gelmekte)

5.12. 2008-2009 KDM Dönemi

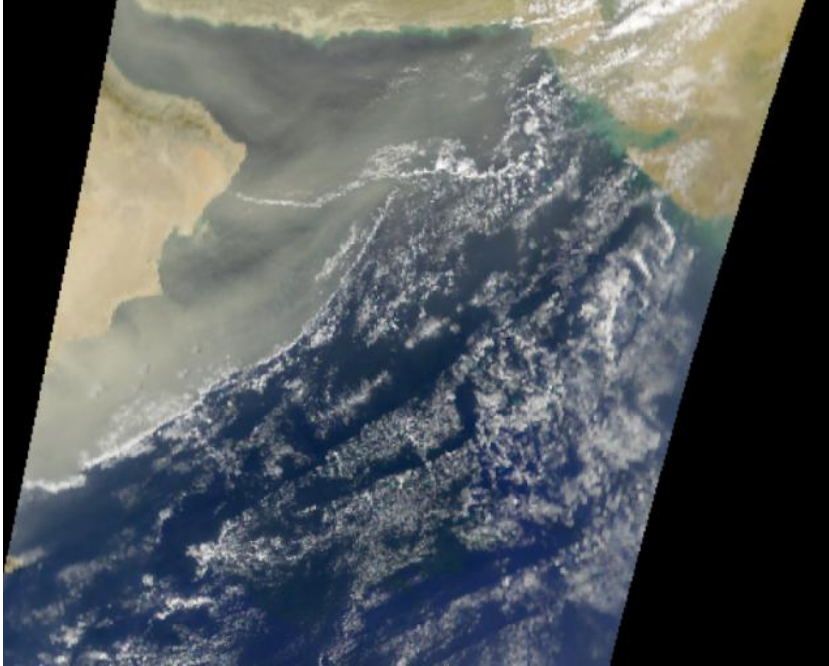


Şekil 5.29. 2008-2009 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemde Arap Denizi üzerinde yüksek aerosol görülen tarihler; 15-16 Aralık 2008 (AOD Terra MODIS: 0,38) (Şekil 5.30.), 22 Ocak 2009 (AOD Terra MODIS: 0,34) ve 13 Şubat 2009 (AOD SeaWiFS: 0,52) (Şekil 5.31.) olarak sıralanabilir. Klorofil-a değerlerine bakıldığında 10-17 Şubat 2009'da 1,631 mg/m³ ve 18-25 Şubat 2009'da ise 2,286 mg/m³ olduğu görülmektedir.

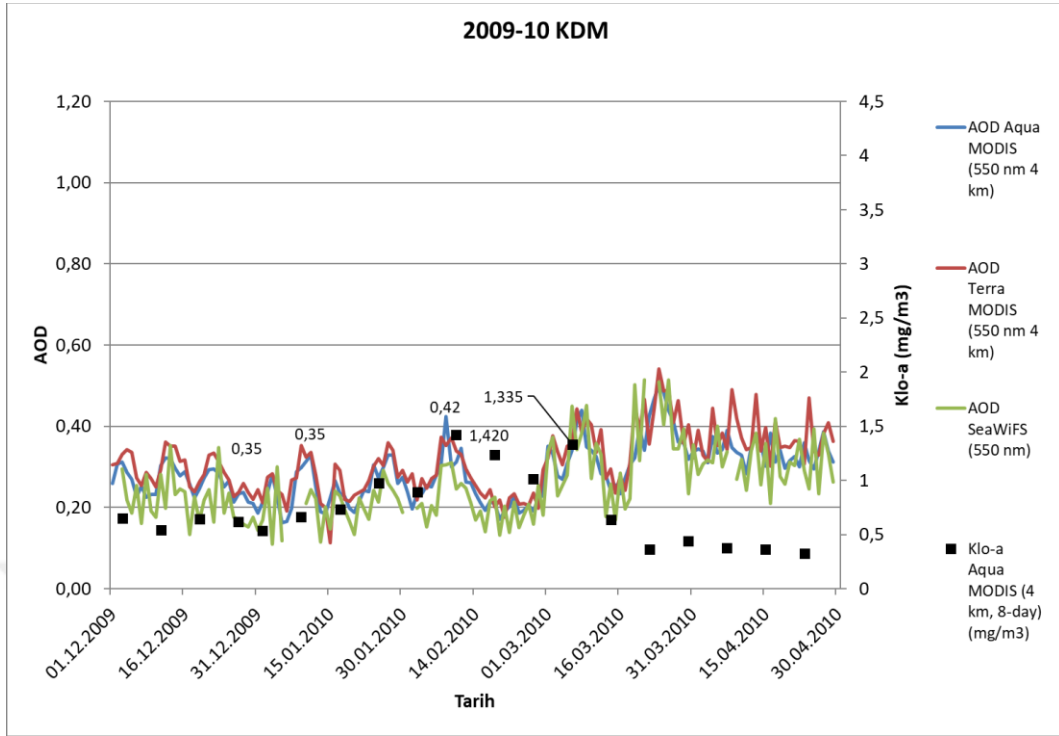


Şekil 5.30. 16.12.2008 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntüsü [95]



Şekil 5.31. 13.02.2009 tarihli SeaWiFS gerçek renkli görüntüsü [95]

5.13. 2009-2010 KDM Dönemi



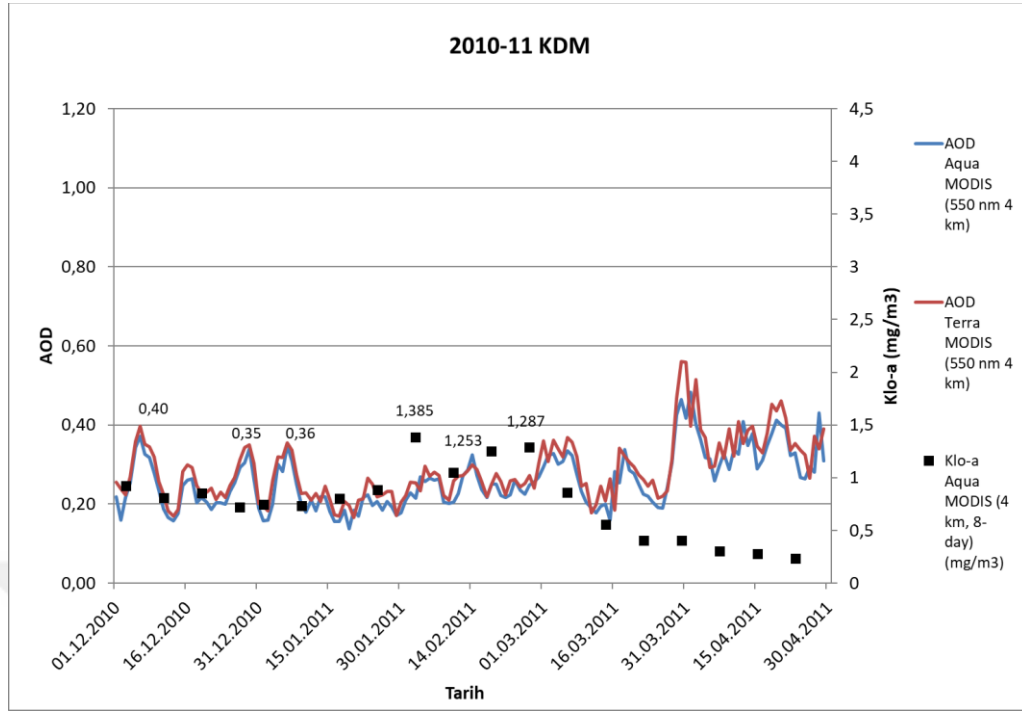
Şekil 5.32. 2009-2010 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu KDM döneminde aerosollerin yüksek olduğu tarihler 13 ve 23 Aralık 2009 (SeaWiFS AOD:0,35), 9 Ocak 2010 (Terra MODIS AOD:0,35) ve 8 Şubat 2010 (Aqua MODIS AOD: 0,42) (Şekil 5.33.) olarak sıralanabilmektedir. Klorofil-a değerleri ise 10 Şubat haftasında 1,420 mg/m³ ve 6 Mart haftasında 1,335 mg/m³ olarak izlenmektedir.



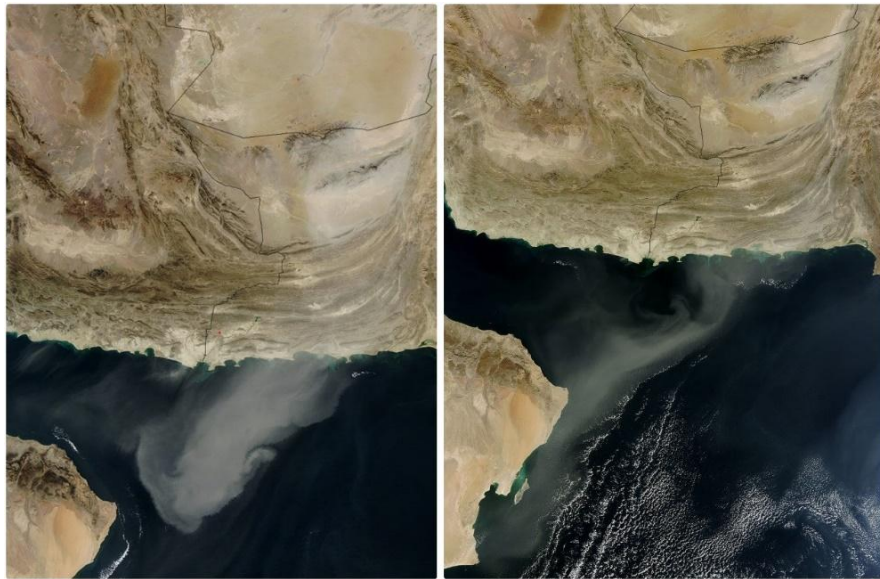
Şekil 5.33. 8 Şubat 2010-İran ve Pakistan'dan gelen çöl tozları [97]

5.14. 2010-2011 KDM Dönemi



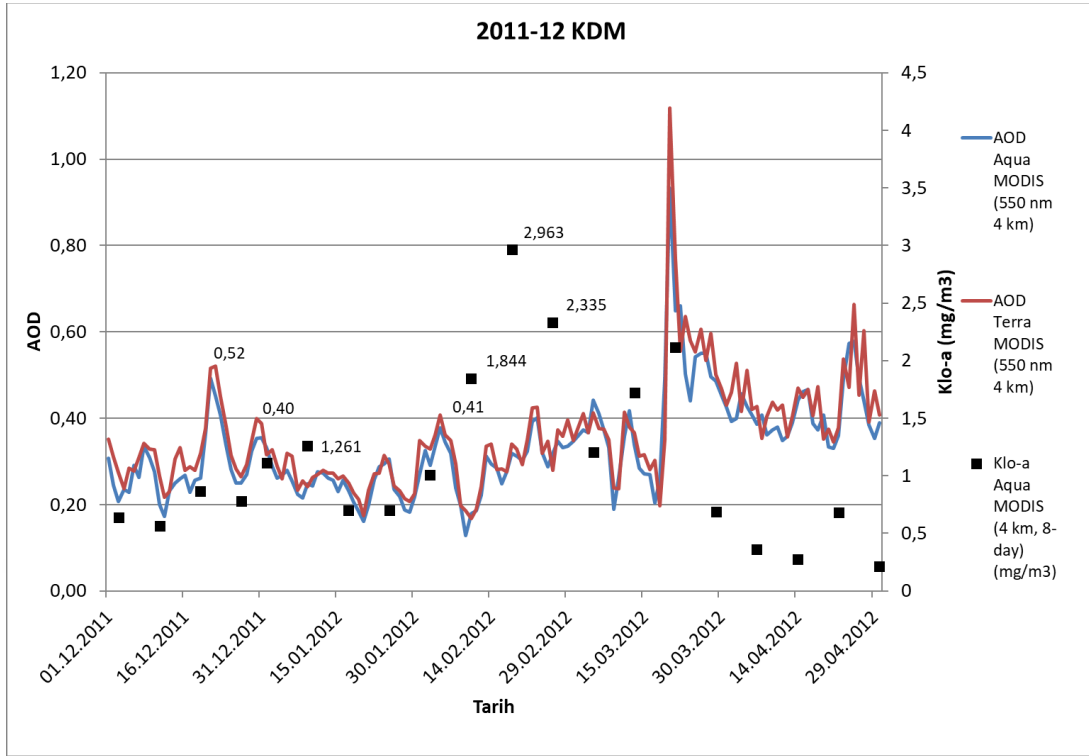
Şekil 5.34. 2010-2011 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Grafiğe bakıldığında 6 ve 29 Aralık 2010 ile 6 Ocak 2011 tarihlerinde AOD değerlerinin sırasıyla 0,40 (Terra MODIS), 0,35 (Terra MODIS) ve 0,36 (Terra MODIS) olduğu görülmektedir. Klorofil-a değerleri ise 2-10 Şubat tarihlerinde 1,385 mg/m³, 18-26 Şubat arası 1,253 mg/m³ ve 26 Şubat-5 Mart 2011 de ise 1,287 mg/m³ olarak sıralanabilir. Yüksek AOD izlenen tarihlerden 5 ve 6 Aralık için uydu görüntüleri Şekil 5.35.'de verilmiştir.



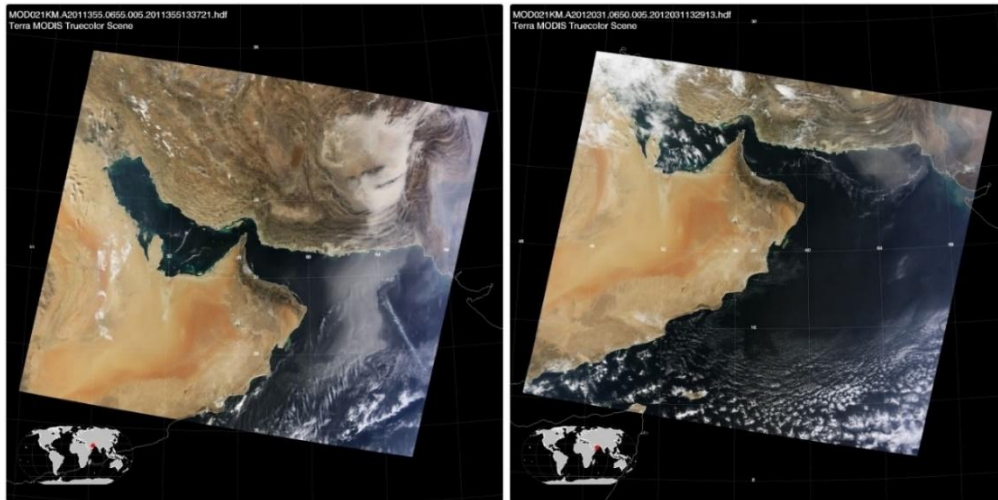
Şekil 5.35. Solda 05.12.2010 sağda 06.12.2010 - Kuzeyden gelen çöl tozları [97]

5.15. 2011-2012 KDM Dönemi



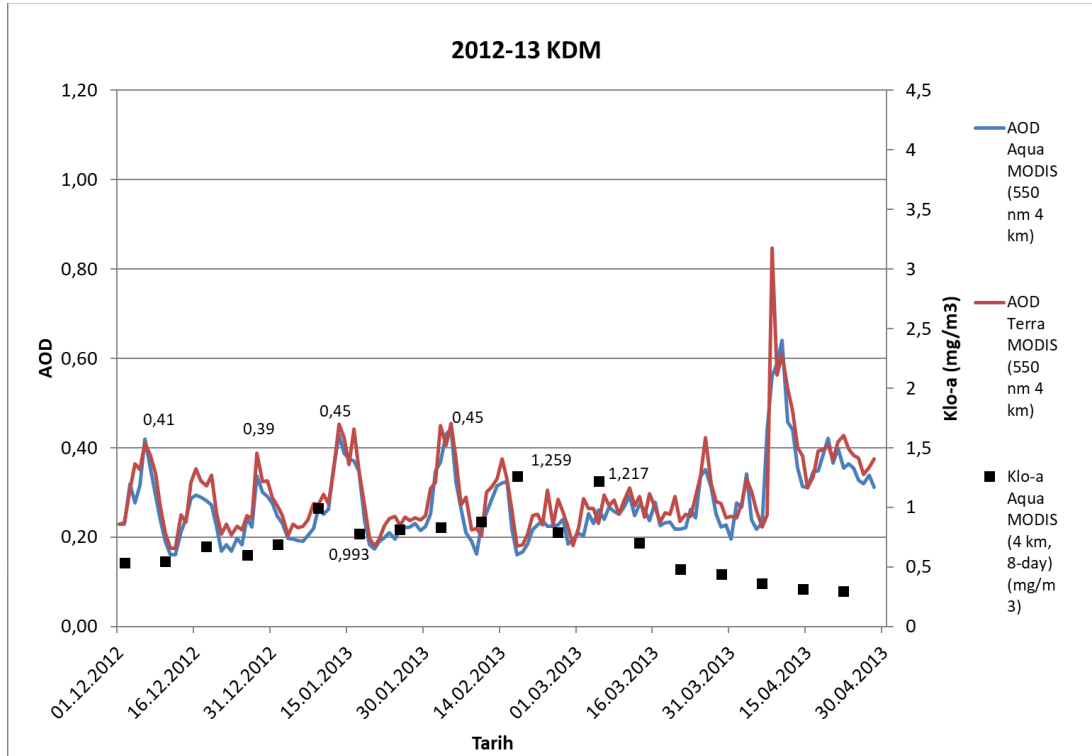
Şekil 5.36. 2011-2012 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Grafikten görüleceği gibi bu dönemde 21 ve 30 Aralık 2011'de (Şekil 5.37.) Terra MODIS'den alınan AOD değerleri sırasıyla 0,52 ve 0,40'dır. Klorofil-a konsantrasyonunun 9-16 Ocak 2011 tarihlerinde 1,261 mg/m³ olduğu ve sonrasında azaldığı görülmektedir. Sonrasında 4 Şubat'ta yaşanan aerosol artışını (AOD Terra MODIS: 0,41) takiben 10-17 Şubat kompozit klorofil-a değeri 1,844 mg/m³'den 18-25 Şubat aralığında 2,963 mg/m³'e çıkmıştır.



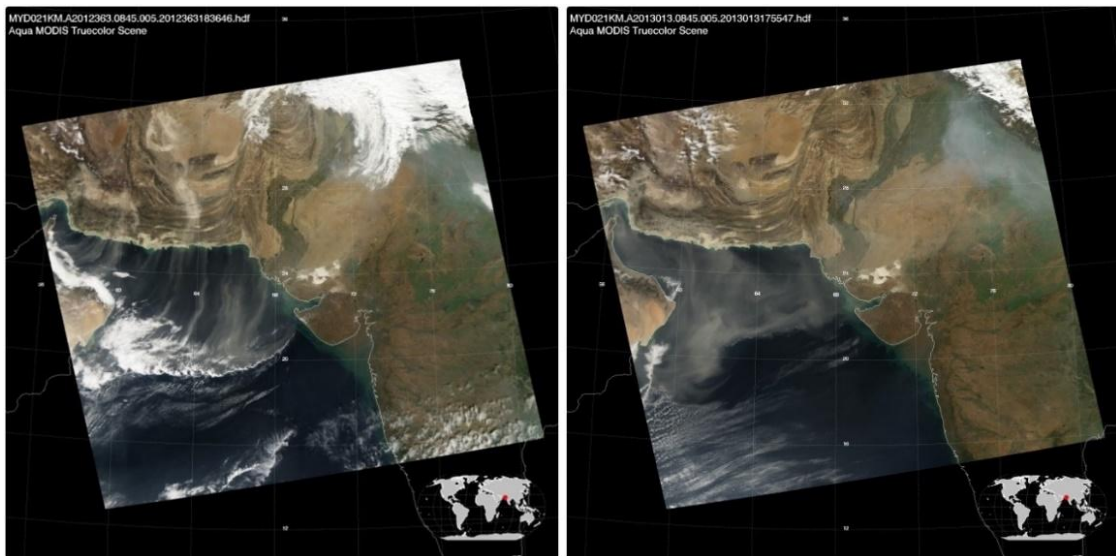
Şekil 5.37. Solda 21 Aralık 2011, sağda 31 Ocak 2012 tarihli Terra MODIS L1B görüntüleri [96]

5.16. 2012-2013 KDM Dönemi



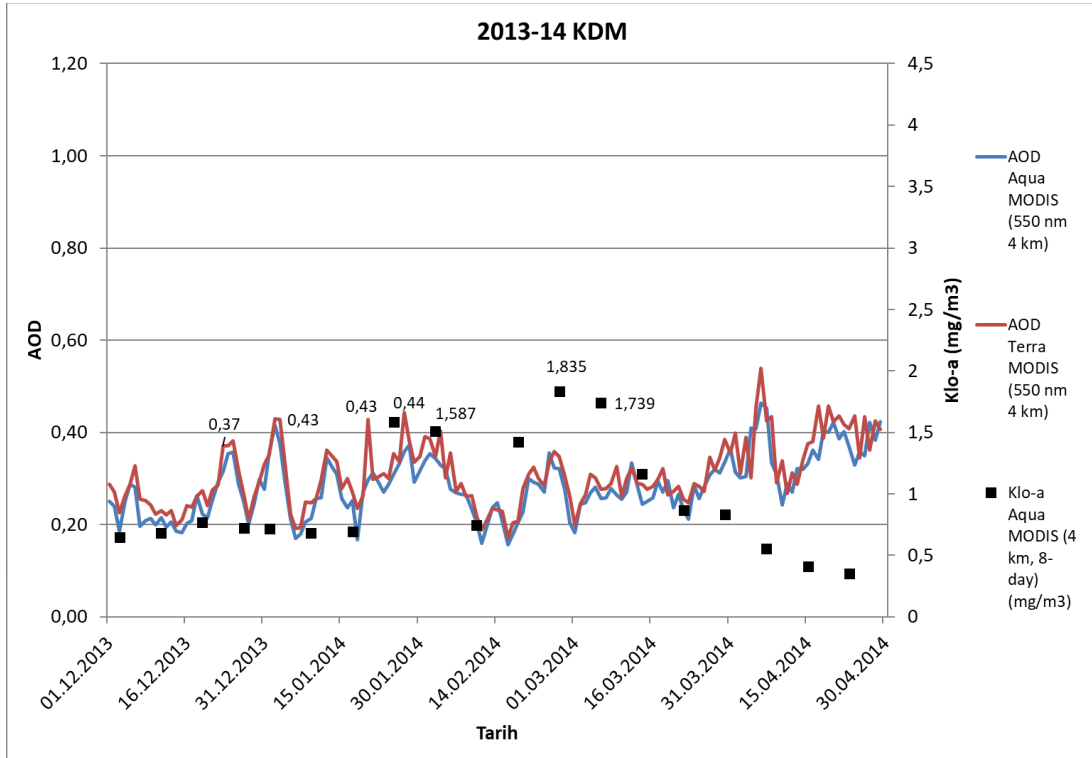
Şekil 5.38. 2012-2013 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemde aerosollerin nispeten yüksek olduğu günler 6 ve 28 Aralık 2012 (Terra MODIS AOD: 0,41 ve 0,39), 13 Ocak (0,43) (Şekil 5.39.) ve 2 Şubat 2013 (0,45) tarihleri olarak sıralanabilir. Klorofil-a değerinin ise 9 Ocak (0,993 mg/m³), 17 Şubat (1,259 mg/m³) ve 5 Mart (1,217 mg/m³) ile başlayan haftalarda yüksek olduğu görülmektedir.



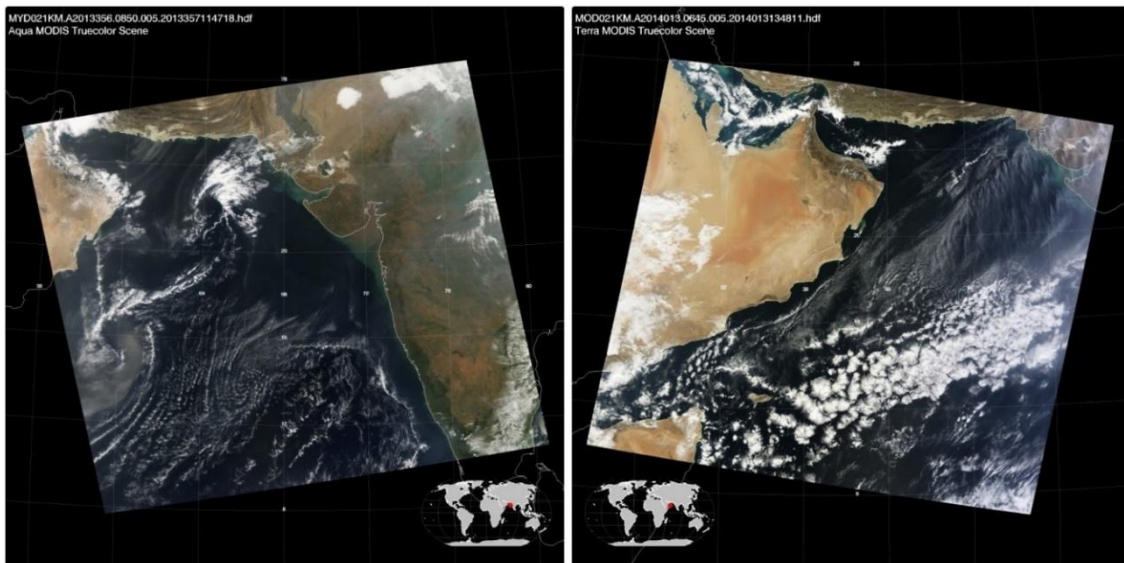
Şekil 5.39. Solda 28 Aralık 2012, sağda 13 Ocak 2013 tarihli görüntüler (Aqua MODIS) [96]

5.17. 2013-2014 KDM Dönemi



Şekil 5.40. 2013-2014 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

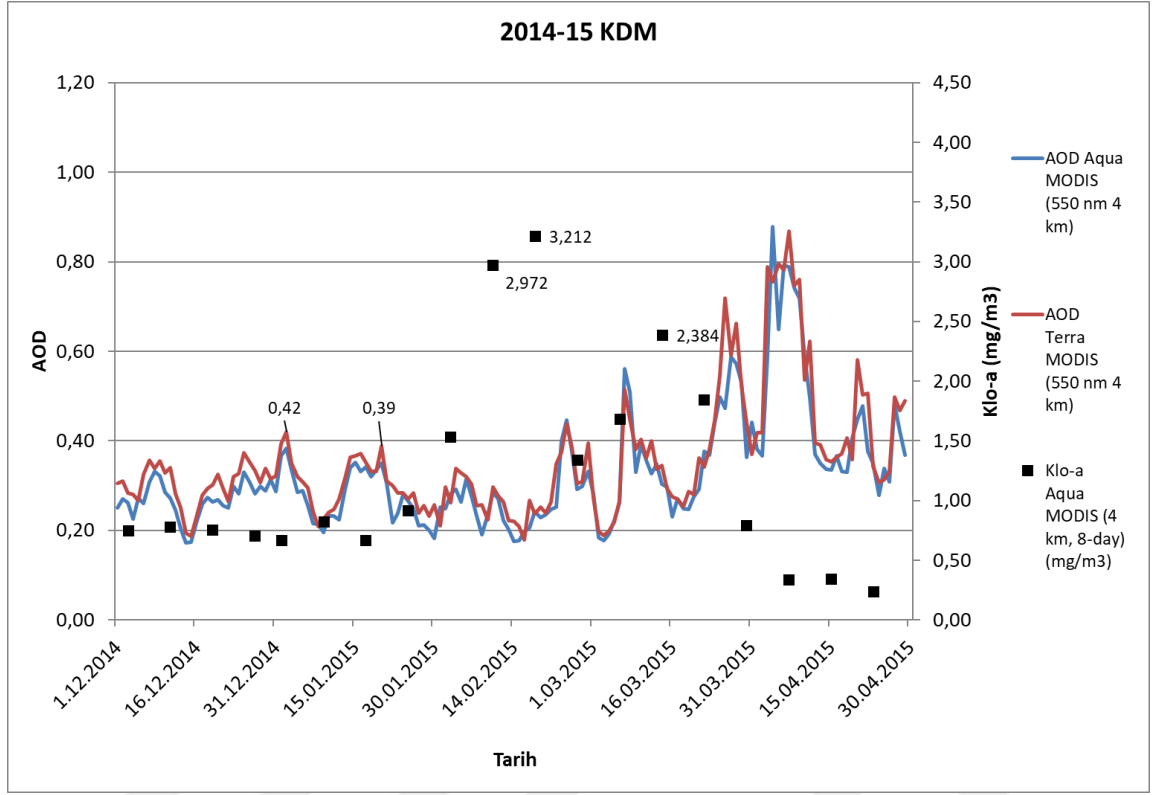
Grafik incelendiğinde 23 Aralık 2013 (0,37), 2 Ocak (0,43), 13 Ocak (0,35), 20 Ocak (0,43) ve 27 Ocak 2014 (0,44) AOD değeri yüksek olan günler olarak izlenmektedir. Ayrıca, 25 Ocak-1 Şubat 2014 tarihli klorofil-a değeri 1,587 mg/m³, 18 ve 26 Şubat ile başlayan 8 günlük kompozit klorofil-a değerleri ise 1,422 mg/m³ ve 1,835 mg/m³'dür.



Şekil 5.41. Solda 22 Aralık 2013, sağda 13 Ocak 2014 tarihli uydu görüntüleri[96]

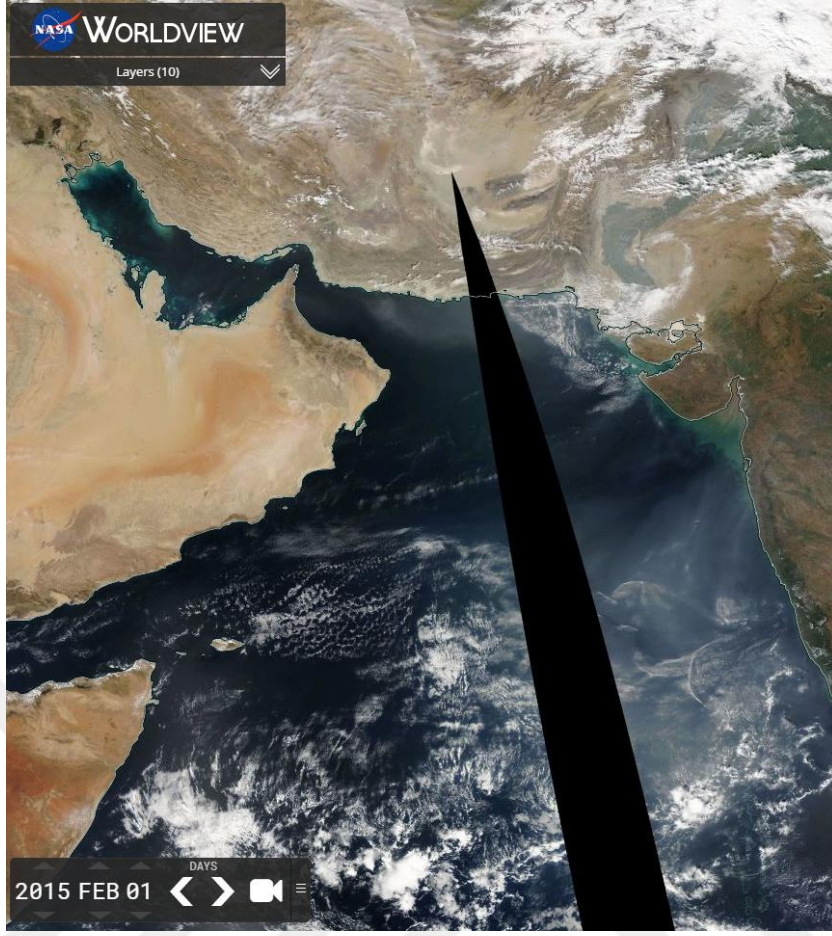
Şekil 5.41.'e bakıldığında 22 Aralık'ta kuzeyden gelen çöl tozları görülmekte, 13 Ocak 2014'te ise (AOD:0,35) toz izlenmemektedir.

5.18. 2014-2015 KDM Dönemi

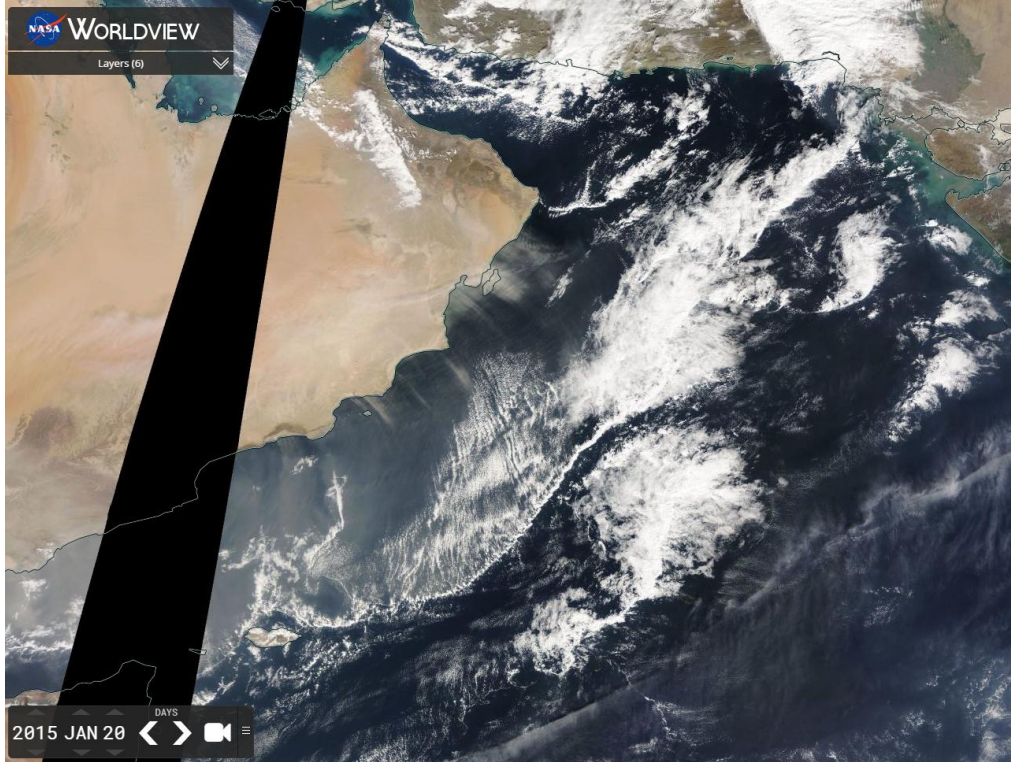


Şekil 5.42. 2014-2015 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemde 2 ve 20 Ocak tarihlerinde sırasıyla 0,42 ve 0,39 olan AOD değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Klorofil-a konsantrasyon değerleri göze çarpan haftaların ise 10 ve 18 Şubat (8 günlük kompozit değerleri sırasıyla; 2,972 mg/m³ ve 3,212 mg/m³) ve 14 Mart (8 günlük kompozit değer; 2,384 mg/m³) tarihi ile başlayan haftalar olduğu görülmektedir. Grafiğe bakıldığında klorofil konsantrasyonu artışından önce diğer dönemlerle kıyaslandığında AOD'nin orta düzeyde kaldığı görülmüştür. Uydu görüntüleri incelendiğinde ise, Şubat ayı boyunca toz gelişi yaşanmakla birlikte ince bir tabaka halinde yayılan tozlar görüntülerde net değildir. Ancak, 20 Ocak tarihinde batıdan ve 1 Şubat'ta ise kuzeyden gelen toz Şekil 5.43. ve Şekil 5.44.'ten görülmektedir. Aynı zamanda Şubat ayı üzerinde Arap Denizi üzerinde bulutlulukta izlenmiştir.

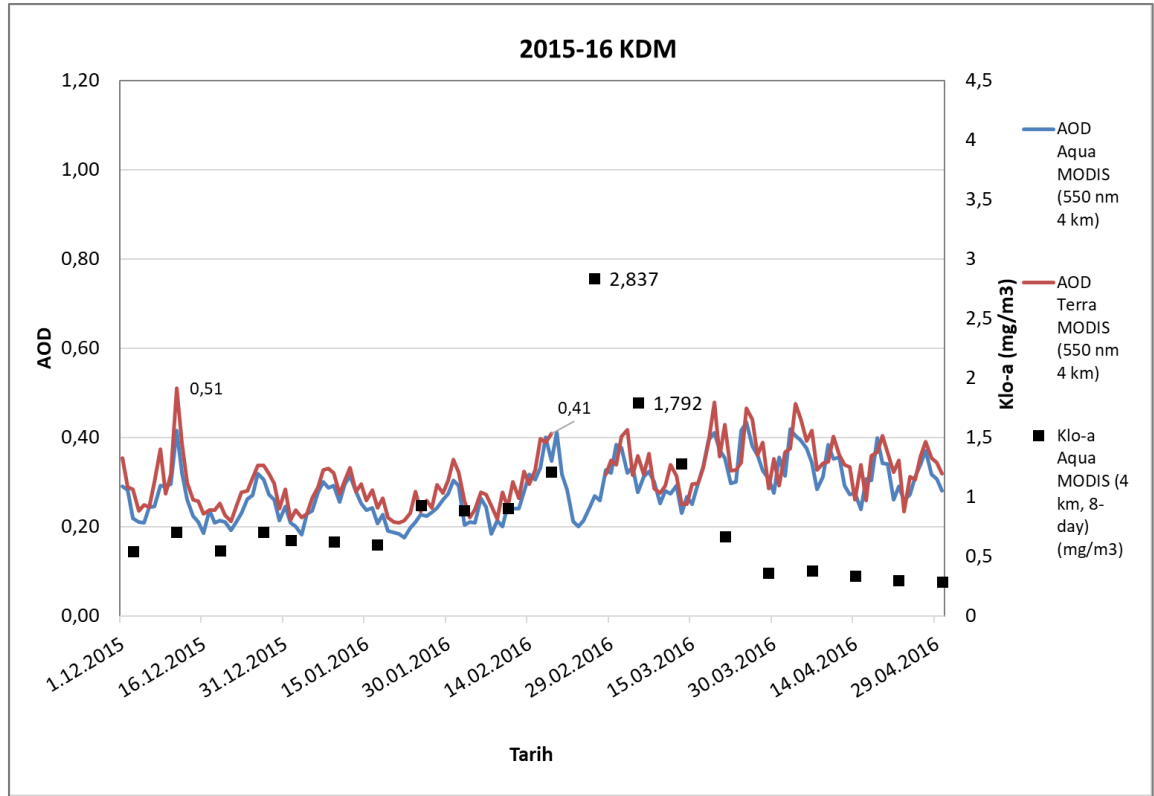


Şekil 5.43. 1 Şubat 2015 tarihli uydu görüntüsü (Aqua MODIS) [83]



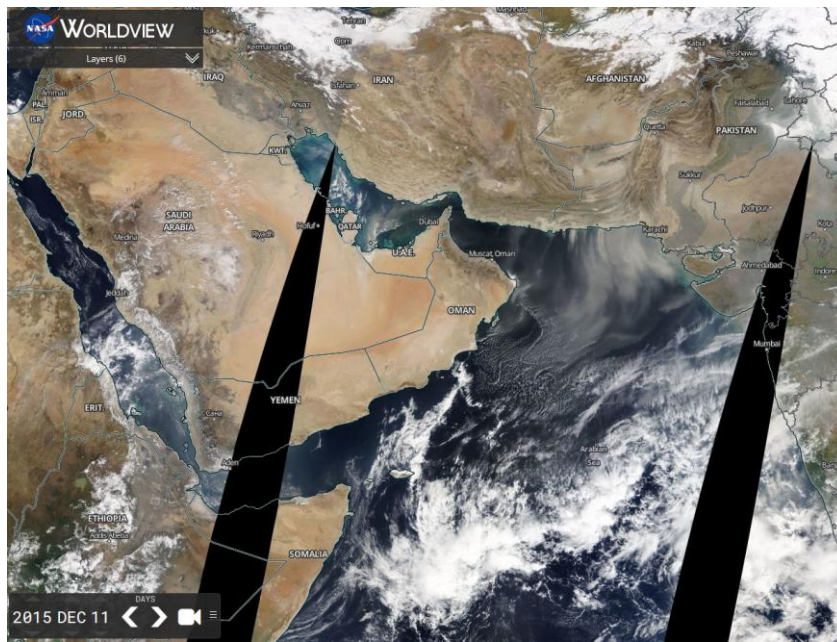
Şekil 5.44. 20 Ocak 2015 tarihli uydu görüntüsü (Terra MODIS) [83]

5.19. 2015-2016 KDM Dönemi



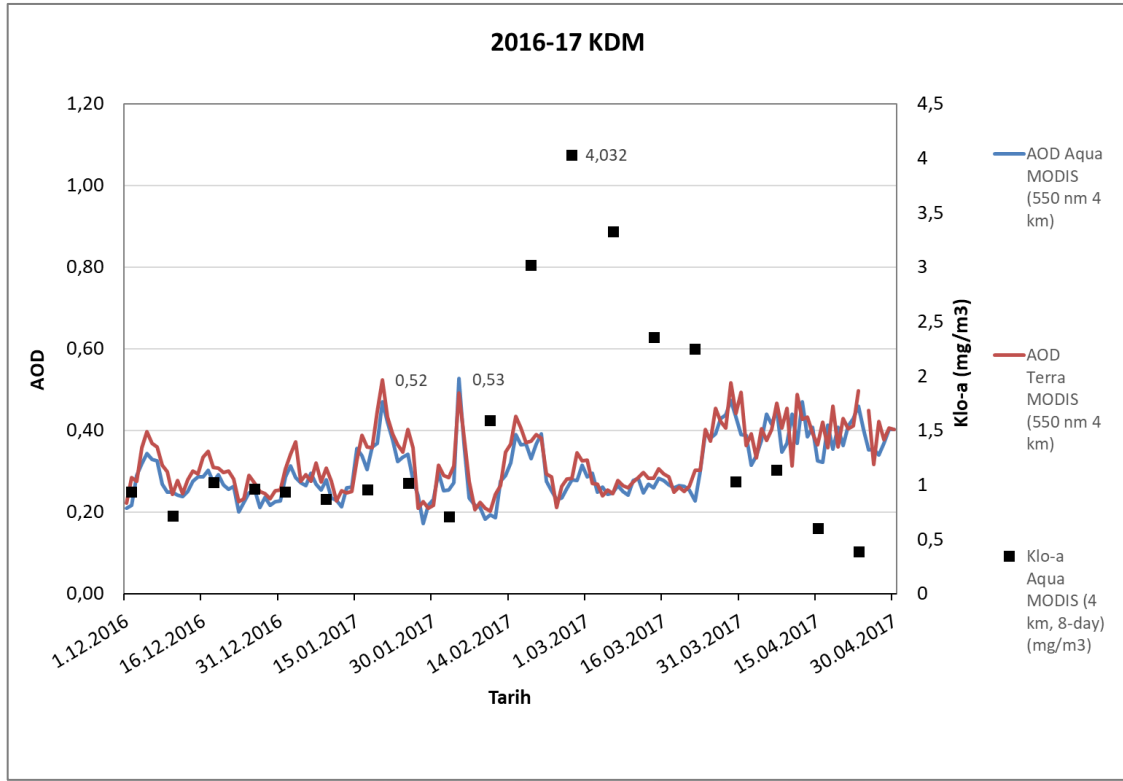
Şekil 5.45. 2015 - 2016 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemde aerosollerin en yüksek olduğu tarihler 11 Aralık (Terra MODIS: 0,51) (Şekil 5.46.) ve 19 Şubat (Aqua MODIS: 0,41) olarak sıralanabilir. Klorofil-a konsantrasyonlarına bakıldığında 26 Şubat (2,837 mg/m³) ve 5 Mart (1,79 mg/m³) tarihlerinde başlayan haftalarda tepe noktada oldukları görülmektedir.



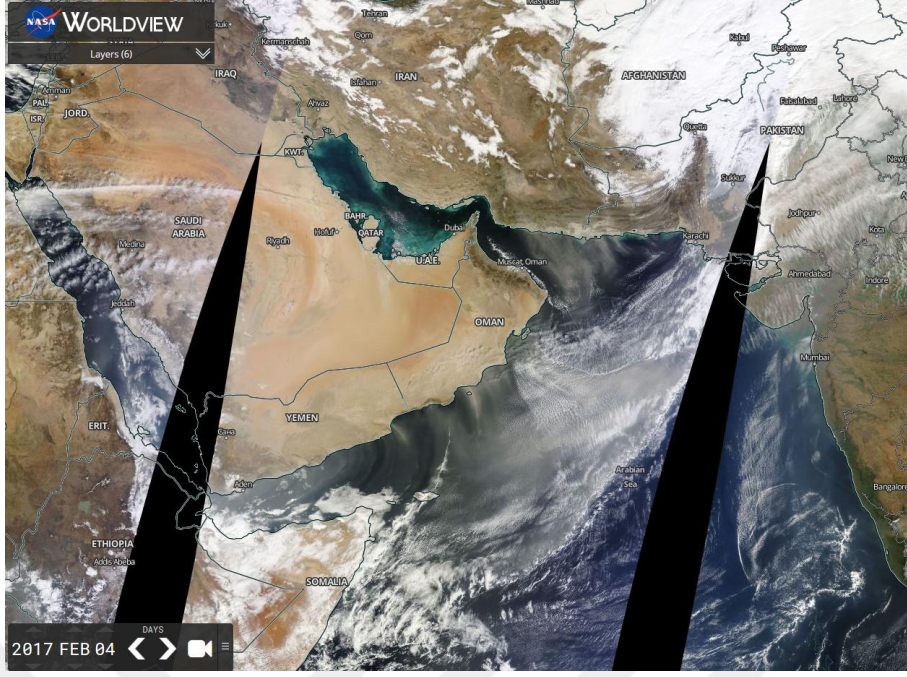
Şekil 5.46. 11 Aralık 2015 tarihli uydu görüntüsü [83]

5.20. 2016-2017 KDM Dönemi



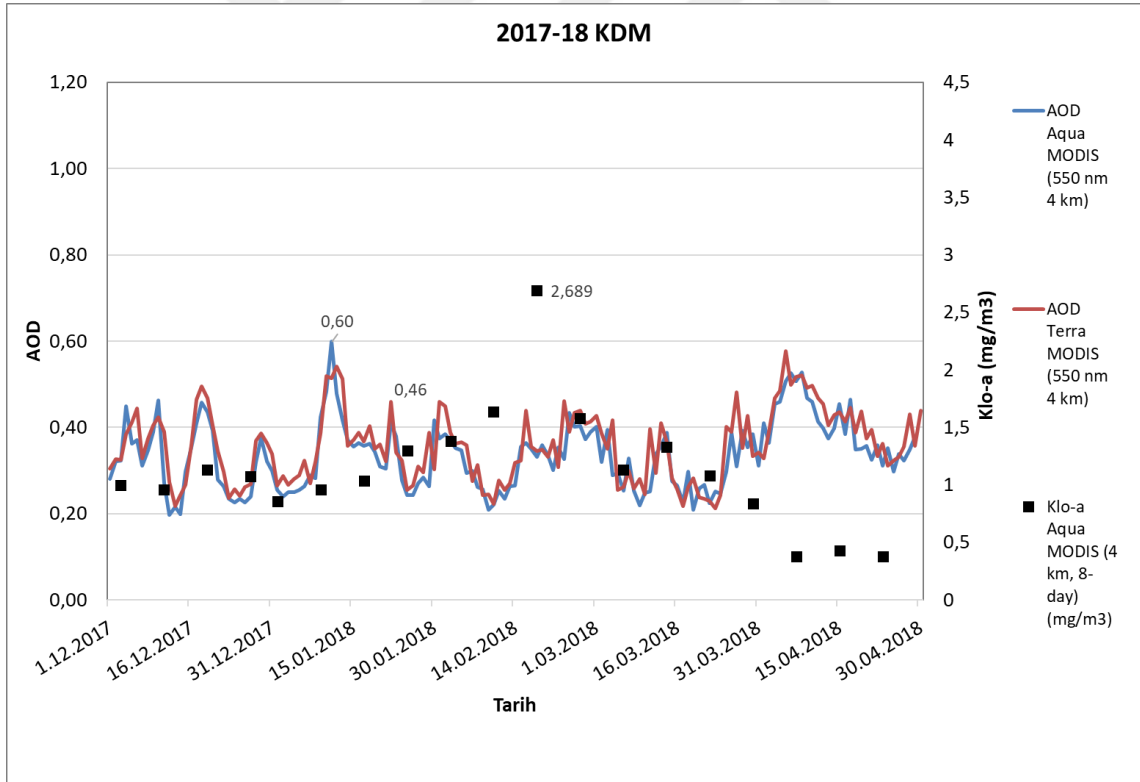
Şekil 5.47. 2016 - 2017 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Grafiğe bakıldığında aerosollerin en yoğun olduğu günler 20 Ocak (0,52) ve 4 Şubat (0,53) (Şekil 5.48.) olarak göze çarpmaktadır. Klorofil-a konsantrasyonlarının ise 19-26 Şubat (4,032 mg/m³) ve 27 Şubat-6 Mart (3,329 mg/m³) haftalarında yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.48. 4 Şubat 2017 tarihli uydu görüntüsü [83]

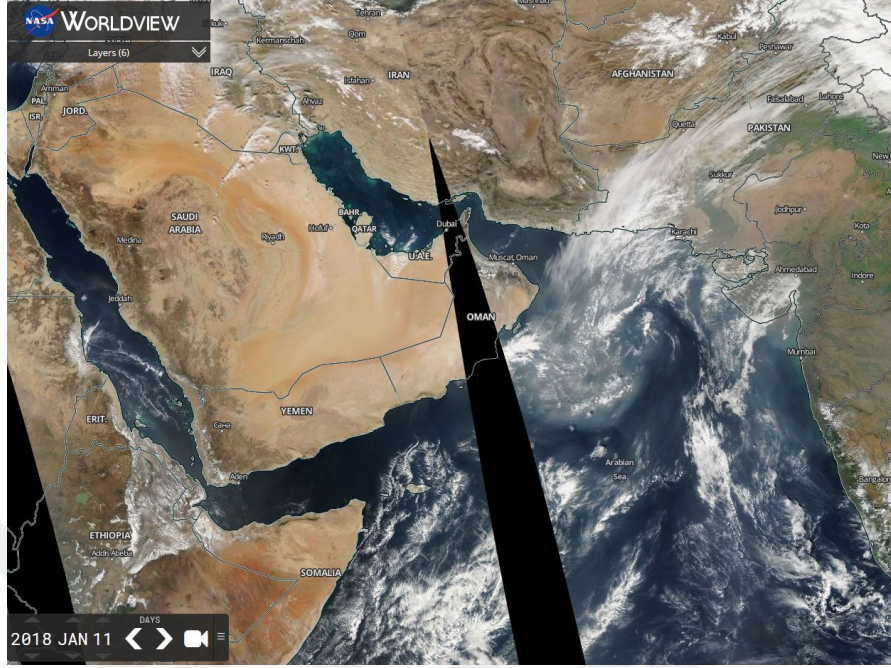
5.21. 2017-2018 KDM Dönemi



Şekil 5.49. 2017 - 2018 KDM Dönemi AOD-Klorofil a konsantrasyonu zaman serisi

Bu dönemde genel olarak yüksek AOD değerleri gözlemlenmekle birlikte 18 Aralık (Terra MODIS:0,50), 11 Ocak (Aqua MODIS: 0,60) (Şekil 5.50.) ve 22 Ocak (Terra

MODIS: 0,46) tarihleri bunlar arasında sıralanabilir. En yüksek klorofil-a konsantrasyonu ise 11-18 Şubat haftasında ($2,689 \text{ mg/m}^3$) görülmektedir.



Şekil 5.50. 11 Ocak 2018 tarihli uydu görüntüsü [83]

5.22. Değerlendirme

Grafikler incelendiğinde, klorofil-a düzeyinde yaşanan artışların (yani alg biyokütlesindeki artışların ya da alg patlamalarının) genel olarak Şubat ayında yaşandığı görülmektedir. Bazı dönemlerde (örneğin 1999-2000, 2000-01, 2002-03, 2006-07, 2007-08 vd.) bu artışlardan önce bariz şekilde AOD değerlerinin arttığı izlenmektedir. Dikkati çeken bir nokta ise, Mart ayında yaşanan AOD artışlarından sonra klorofil-a düzeylerinde artış görülmemesidir.

Aralarındaki istatistiksel ilişkiyi incelemek üzere, her bir dönem için Aralık ayı başından Şubat ayı sonuna kadar olan aralıkta AOD ve klorofil-a verilerinin korelasyonlarına bakılmıştır. AOD ve klorofil-a veri setlerinin normal dağılım göstermemesi sebebiyle her iki veri setine logaritmik dönüşüm yapılmıştır. Korelasyonlarına bakılacak verilerin sürekli olması gerektiğinden çeşitli sebeplerden uydudan AOD verisi alınamayan günler için bir önceki günün değeri esas alınmış, 8 günlük kompozit veri olarak edinilebilen klorofil-a verisinin ise 8 gün boyunca aynı değerde olduğu varsayılmıştır.

Bu çerçevede Aralık-Şubat ayı KDM dönemi esas alınarak hesaplanan korelasyon katsayıları (Pearson) Çizelge 5.1.'deki gibidir. Alglerin büyüme süresi de dikkate

alınarak toz taşınımından sonra 7, 14 ve 20 gün zaman farkı ile de korelasyon (r) katsayıları ve p-değeri ($\alpha=0,05$) (EK-2) hesaplanmıştır. Bu 20 günlük zaman farkı bölgede görülen *Trichodesmium* cinsi siyanobakterilerin en yüksek popülasyona erişme süresi olan 16-18 gün [98] aralığı dikkate alınarak belirlenmiştir. Tablodan görüleceği üzere, birçok KDM döneminde verilerin arasında anlamlı bir korelasyon izlenmemektedir. En yüksek pozitif korelasyon değerleri 2000-01 KDM'de $r=0,55$ ($p<.001$) ve 7 gün gecikmeli $r=0,37$ ($p<.001$), 2008-09 KDM'de $r=0,48$ ($p<.001$), 1999-2000 KDM'de $r=0,41$ ($p<.001$) ve 7 gün gecikmeli $r=0,35$ ($p<.05$), 2005-06 KDM'de $r=0,41$ ($p<.001$) ile 2013-14 KDM'de $r=0,39$ ($p<.001$) izlenmiştir. Bunun yanı sıra 1998-99, 2002-03, 2008-09, 2010-11, 2011-12 ve 2015-16 dönemlerinde anlamlı orta veya zayıf pozitif korelasyon izlenmiştir. Bu sonuçlar konuyla ilgili daha önce yapılan bazı çalışmalarla da örtüşmektedir. Volpe et al. [68], Akdeniz'de Sahra'dan gelen tozlarla alg patlamaları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve mevsimsel ölçekte değil ancak haftalık ölçekte anlamlı korelasyon elde etmiştir. Cropp et al. [21] 1998-2002 yılları arasında SeaWiFS'ten aldığı AOD ve klorofil-a verileri arasındaki ilişkiyi dünya genelinde incelemiş ve Hint okyanusu için sıfıra yakın korelasyon değerleri bulmuştur. Hint Okyanusu'nda yapılan bazı çalışmalar da ise anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Sarangi [3], 2002-2010 yılları arasında Hint Okyanusu'nda belirlediği 5 küçük bölgede SeaWiFS'ten aldığı AOD (869 nm, aylık) ve klorofil-a (aylık) verileri analiz etmiş ve Bengal Körfezi ve Arap Denizi için anlamlı (r^2 : 0.663 ve 0.584) bir ilişki bulunduğunu belirtmiştir. Çalışmada aerosol etkisiyle oluşan denizel üretimin Arap Denizi'nin güneydoğu kısmında ağırlıklı olarak görüldüğü tespit edilmiştir [3]. Başka bir çalışmada ise 6 adet siklon olayı incelenerek 1997-2005 yılları arasında aerosol indeksi (TOMS-Total Ozone Mapping Spectrometer), DEAD (Dust Entrainment and Deposition) toz birikim modeli ve klorofil-a (SeaWiFS) verileri incelenmiş ve Arap Denizi'nin batısında ve Bengal Körfezi'nde klorofilin aerosol indeksi ve toz birikimi ile anlamlı ilişkisi bulunduğu görülmüştür [29]. Mineral tozların klorofil ile ilişkisini uzun dönemli olarak değil ancak toz taşınımı olayları münferit olarak ele alınıp yapılan çeşitli çalışmalarda alg patlamaları çöl tozlarıyla ilişkilendirilmiştir [6], [24], [28], [41].

Korelasyon analizinde istatistiksel olarak anlamlı değerler elde edilemese de zaman serilerinden ve önceki çalışmalardan bu iki parametrenin aralarında kayda değer bir bağlantı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, 2013'den itibaren Arap

Denizi'nde oluşan toz taşınımlarını NASA uydularının gerçek zamana yakın görüntüleri ile doğrulayarak akabinde oluşan alg patlamalarıyla ilişkileri bundan sonraki bölümde vaka bazında değerlendirilmiştir.



Çizelge 5.1 KDM Dönemi korelasyon katsayıları

KDM dönemi korelasyon katsayıları (r)(p=.05)

zaman farkı (gün)	1997-98	1998-99	1999-2000	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
0	0,15	0,25	0,41	0,55	0,21	0,28	0,02	-0,08	0,41	-0,12	0,05
7	-0,07	-0,08	0,35	0,37	0,12	0,17	-0,04	-0,23	0,11	-0,15	-0,47
14	0,11	0,05	0,18	0,00	-0,07	-0,06	-0,27	-0,38	0,10	-0,05	-0,32
20	0,09	0,24	0,21	-0,09	0,11	-0,19	-0,09	-0,32	-0,14	0,08	0,17
zaman farkı (gün)	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18	
0	0,48	-0,11	0,24	0,29	-0,01	0,39	-0,15	0,25	0,11	0,06	
7	0,31	0,09	-0,03	0,04	-0,06	0,11	-0,39	0,28	0,17	-0,09	
14	-0,23	0,09	-0,10	-0,01	0,03	0,03	-0,18	-0,05	-0,01	-0,11	
20	-0,37	-0,02	-0,27	0,04	0,11	-0,01	-0,11	-0,04	0,15	0,19	

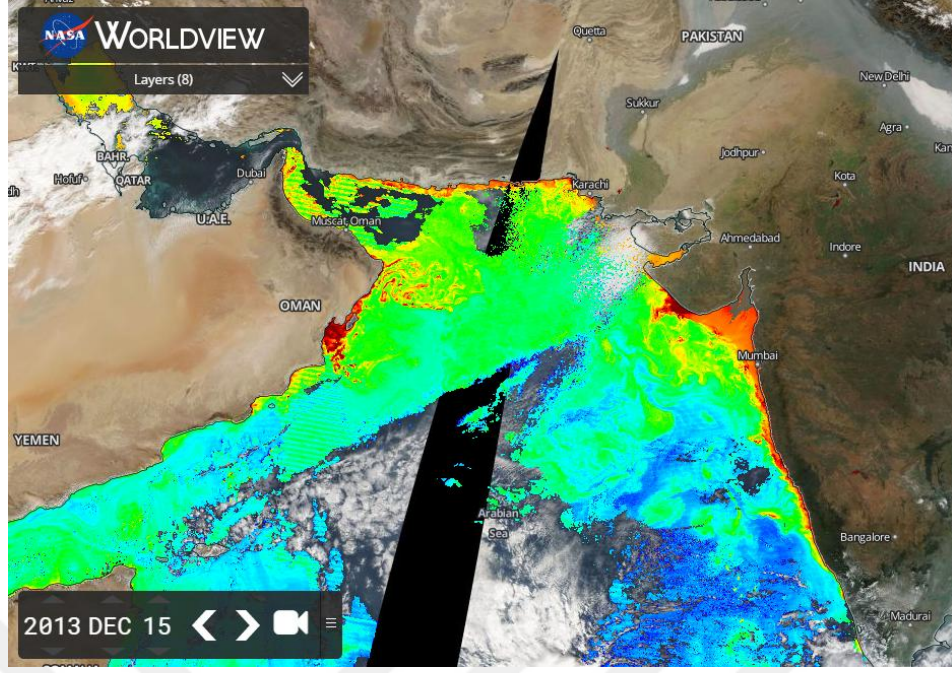
Anlamlılık seviyesi %5 içerisinde olan korelasyon katsayıları kalın fontla gösterilmiştir

6. TOZ ALG PATLAMALARI İLİŞKİSİNİN EPİZOT BAZINDA İNCELENMESİ

Çalışma bölgesi olan Arap Denizi yıl boyunca etrafındaki kaynaklardan çöl tozu alan bir bölgedir. Gerek toz taşınımının kısa süreli oluşu, gerekse alg patlamalarının biyolojik süreçler olması dolayısıyla ortaya çıkmalarının belirli bir süre alması ikisi arasında istatistiksel bir ilişki ortaya koymayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle söz konusu olguları görsel olarak analiz etme yoluna gidilmiştir. NASA'nın sunduğu worldview aracı ile bu toz taşınımları görsel olarak izlenebilmekte ve tespit edilebilmektedir. Yine uydulardan elde edilen veriler katmanlar halinde görüntülenebilmekte, böylelikle klorofil a konsantrasyonlarının izlenmesine de olanak sağlamaktadır. Çalışmanın bu bölümünde 2013 yılı Kasım ayından itibaren her bir KDM dönemi için tek tek incelenip tespit edilen toz taşınımlarından seçilen bazı vakalara ve onların katkısıyla ortaya çıktığı düşünülen alg patlamalarına yer verilmiştir.

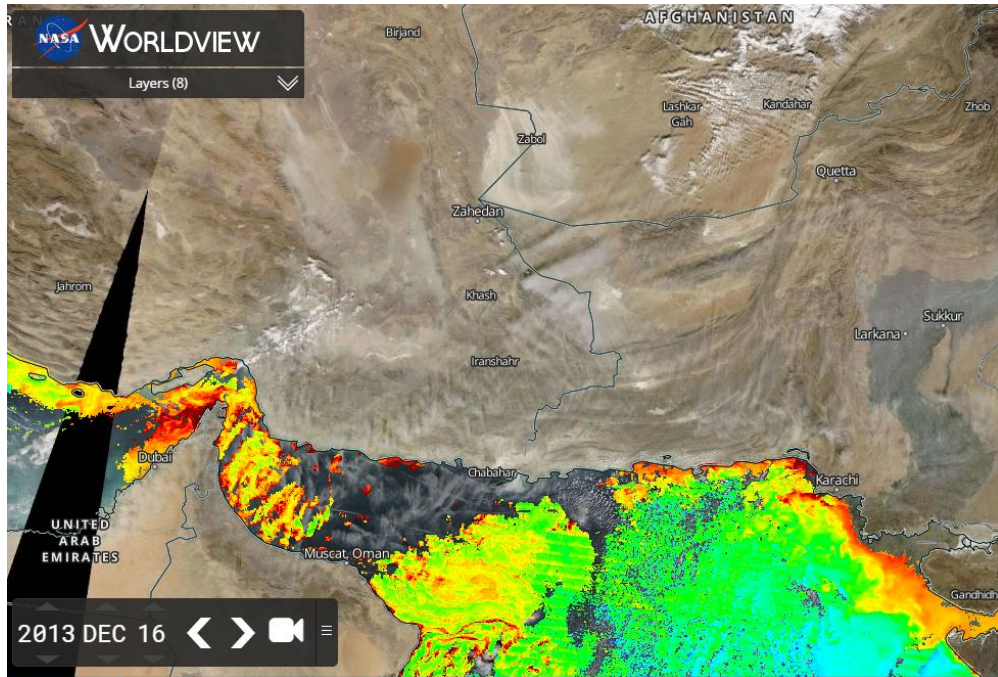
6.1. 2013-14 KDM Dönemi

17-18 Aralık 2013 tarihinde Arap Denizi üzerinde izlenen toz taşınımı 16 Aralık 2013 günü başlayan kuzeyli rüzgârlar ile başlamıştır. 15 Aralık 2013 gününe ait uydu görüntüsünde (Şekil 6.1.) herhangi bir toz taşınımı izlenmemektedir. Ayrıca Arap Denizi üzerinde de 15 Aralık gününe ait uydu verisinde sadece Umman açıklarında bir alg patlamasının izleri görülmektedir. Arap denizinde özellikle Pakistan açıklarında herhangi bir yoğun alg patlaması izlenmemektedir.



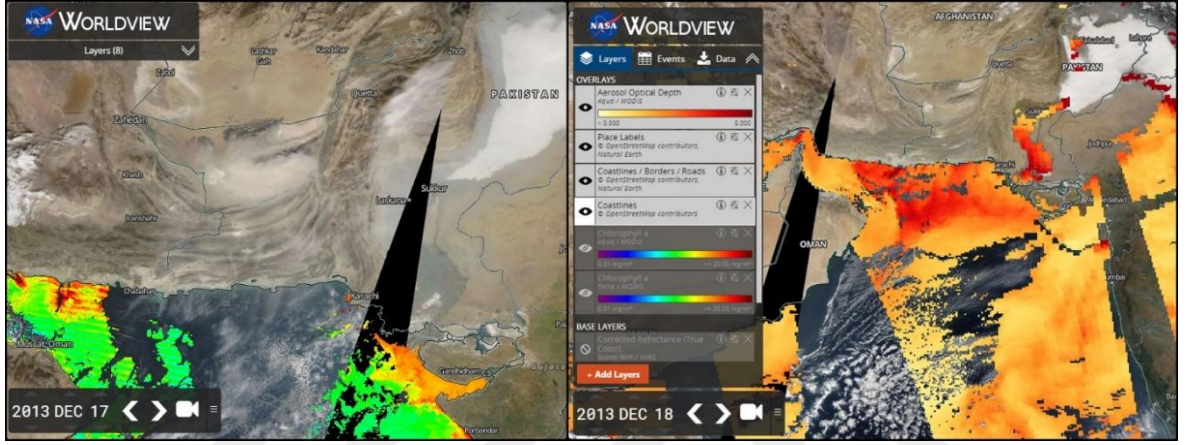
Şekil 6.1. 15 Aralık 2013 tarihli uydu görüntüsü [83]

16 Aralık 2013 tarihine ait uydu görüntüsünde (Şekil 6.2.) ise Kuzey Doğu Muson rüzgârlarının özellikle Afgan/İran sınırında yer alan ve nitrat ve nitrit açısından en zengin bölge olduğu Göröl [40] tarafından gösterilen ve eski bir göl yatağı olan Zabol bölgesinden toz kaldırdığı izlenmektedir.



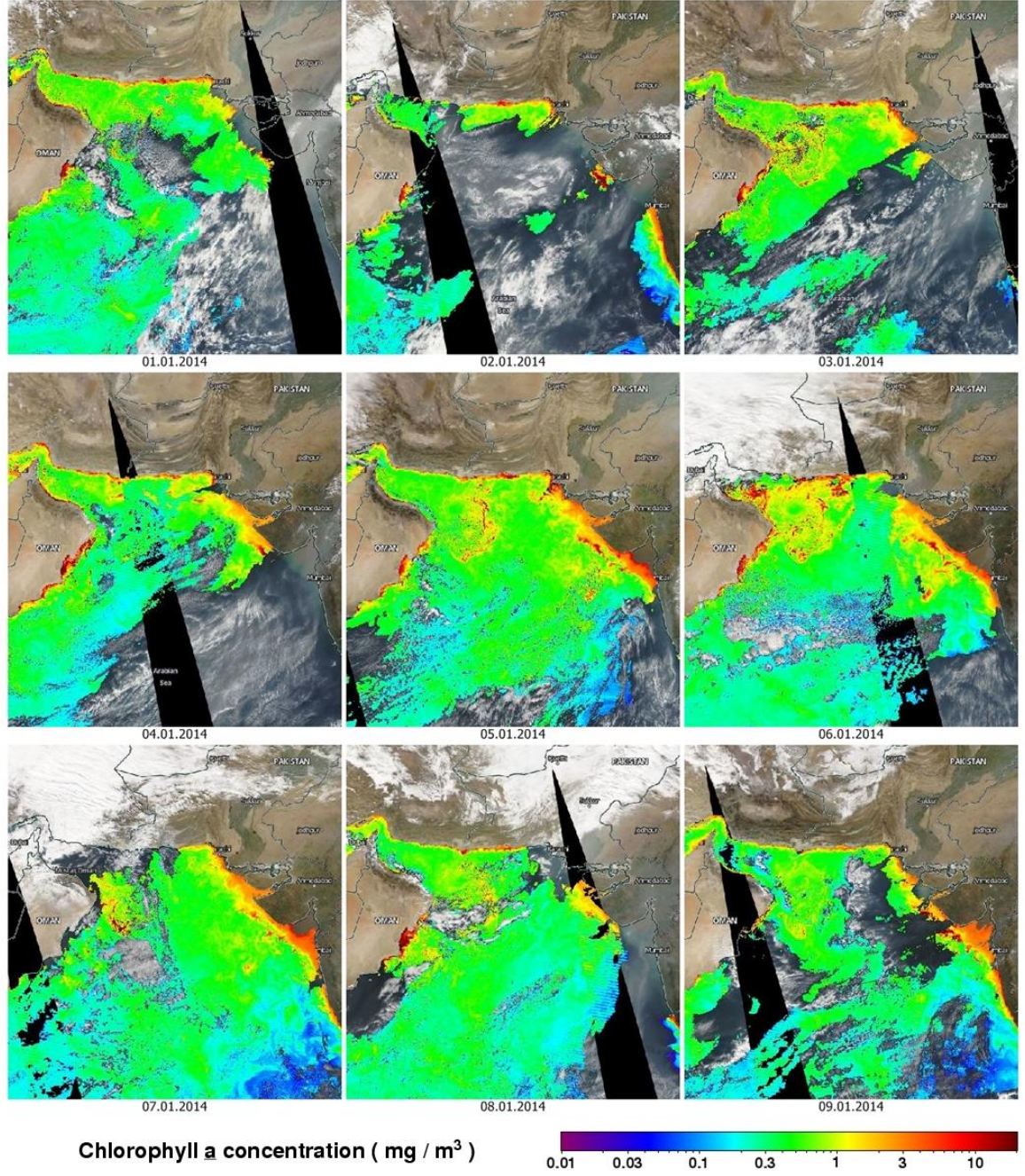
Şekil 6.2. 16 Aralık 2013 tarihli uydu görüntüsü [83]

17 Aralık 2013 gününe ait uydu görüntüsü ise kuzeyli rüzgârların Zabol bölgesinde etkili olmadığını ancak bu sefer de kuzey ve orta Pakistan bölgesinde etkili olduğunu ve atmosfere toz taşıdığını göstermektedir. Dolayısı ile Arap denizine ulaşan tozlar sadece belirli bir bölgeye ait olmayıp o güne ait meteorolojik olaya bağlı olarak rüzgârın estiği yönde atmosferik tozlara katkı yapabilen çeşitli topraklardan oluşan bir karışımı kuru halde deniz üzerine taşımaktadır. Ayrıca, 18 Aralık 2013 tarihleri arasında Arap denizi üzerindeki tozlar Şekil 6.3.'den görülebilmektedir.



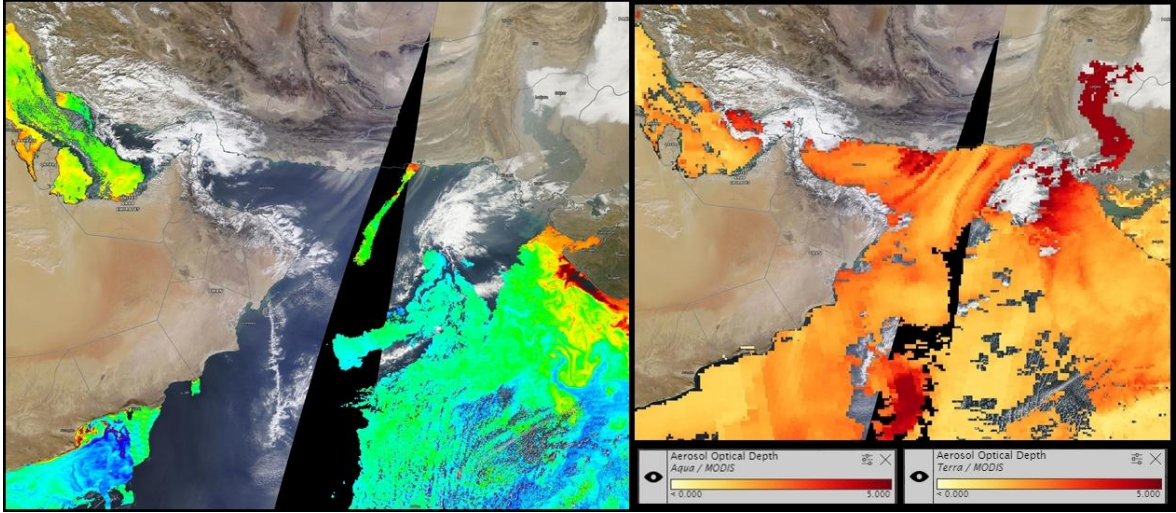
Şekil 6.3. 17 ve 18 Aralık 2013 tarihli toz taşınımı [83]

Bu taşınım ile ilişkilendirilen klorofil a konsantrasyonundaki artış Şekil 6.4.'te verilmiştir. Klorofil değerlerindeki günlük artış izlendiğinde 18 Aralık tarihindeki toz taşınımı etkisi altında kalan bölgede özellikle 5-6 Ocak 2014 tarihlerinde izlenen alg patlamasının bu toz taşınımı ile ilgili olabileceği öne sürülebilir. Toz taşınımı ve klorofil a konsantrasyonundaki artış arasındaki zaman farkı yaklaşık 19-20 gündür.



Şekil 6.4. 1-9 Ocak 2014 tarihleri arası klorofil –a konsantrasyonları [83]

18 Aralık 2013 toz taşınımı akabinde benzer bir toz taşınımı 22 Aralık 2013 tarihinde (Şekil 6.5.) izlenmiştir. Pakistan Umman istikametinde belirgin bir iz taşıyarak Arap Denizi'ne ulaşan tozlar uydu verisinden net bir şekilde izlenebilmektedir. Bu tozların önemi 18 Aralık toz taşınımı sonrasında denizde daha önce meydana gelen bir toz tohumlamasının hemen sonrasında olması ve eğer alg patlamasını tetikleyecek ise bu olaydan 18-22 gün sonra alg patlamasını destekleyip desteklemeyeceği nedeni ileler.

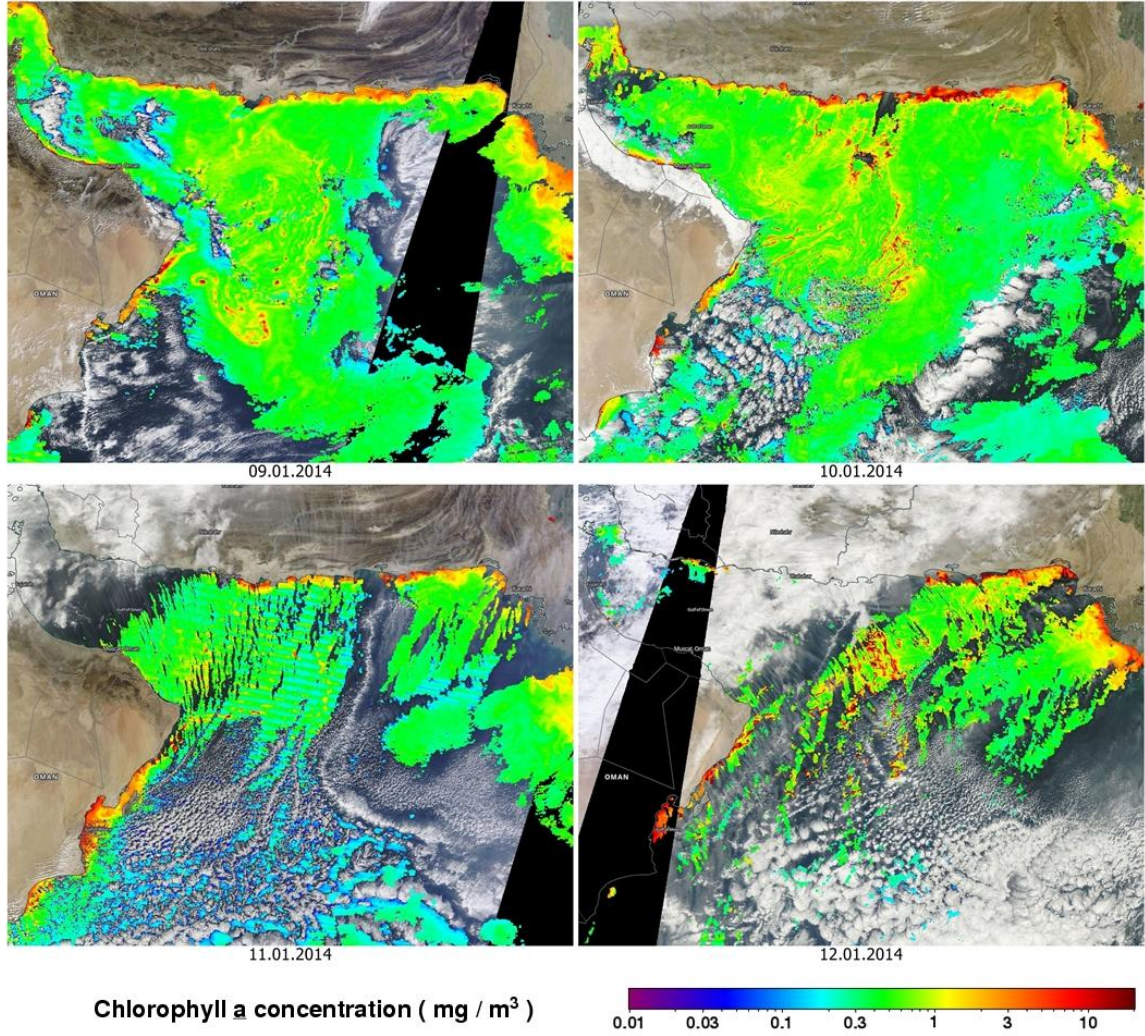


Şekil 6.5. 22 Aralık 2013 tarihli toz taşınımı ve sağda aynı tarihli AOD katmanı [83]

Bir yerde alg patlaması olması o bölgedeki besin tuzlarının kullanılması anlamına gelmektedir. Dolayısı ile yeni bir alg patlaması oluşması ya o bölgedeki akıntı sistemlerinin çok dinamik olmasını ve suyun tamamen besin tuzları açısından zengin sular ile yenilenmesini ya da oluşan alglerin yaşam döngülerini tamamlamaları ve biyolojik parçalanmaya uğramaları ile içerdikleri besin tuzlarının yeniden sisteme dönmesini gerektirmektedir.

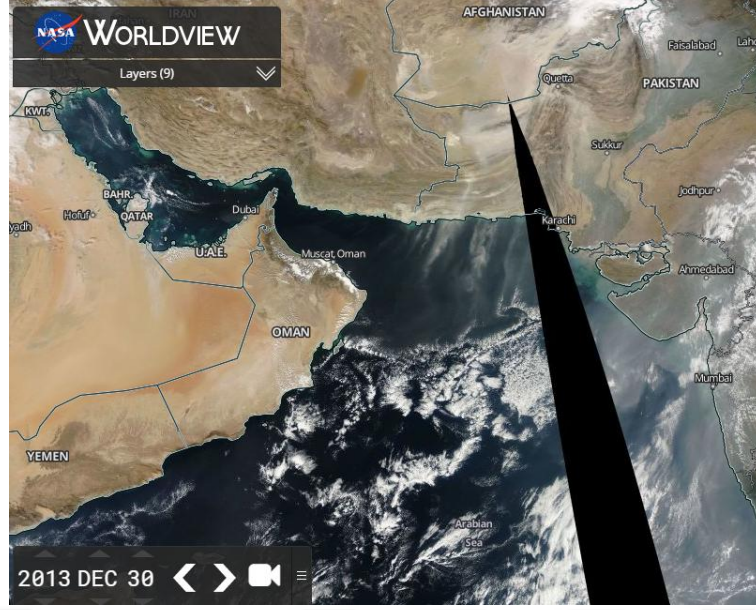
Alg patlamaları arasında bu ihtimallere yer verecek kadar zaman aralığı olmaması, bir başka deyişle çok kısa bir süreçte tekrarlanması alg patlaması ve toz ilişkisi hakkında olumlu bir destek vermektedir.

22 Aralık 2013 tarihinde izlenen toz taşınımı sonrası alg patlaması olması ihtimali olan günler incelendiğinde uydu verileri ile takip edilen klorofil verilerine dayanılarak toz taşınımını takip eden 21-22. Günlerde (Şekil 6.6.) toz taşınımı olan bölgede alg patlaması izlenmektedir. Bu veriler toz taşınımı ve alg patlaması arasındaki bağlantıyı destekleyen verilerdir.



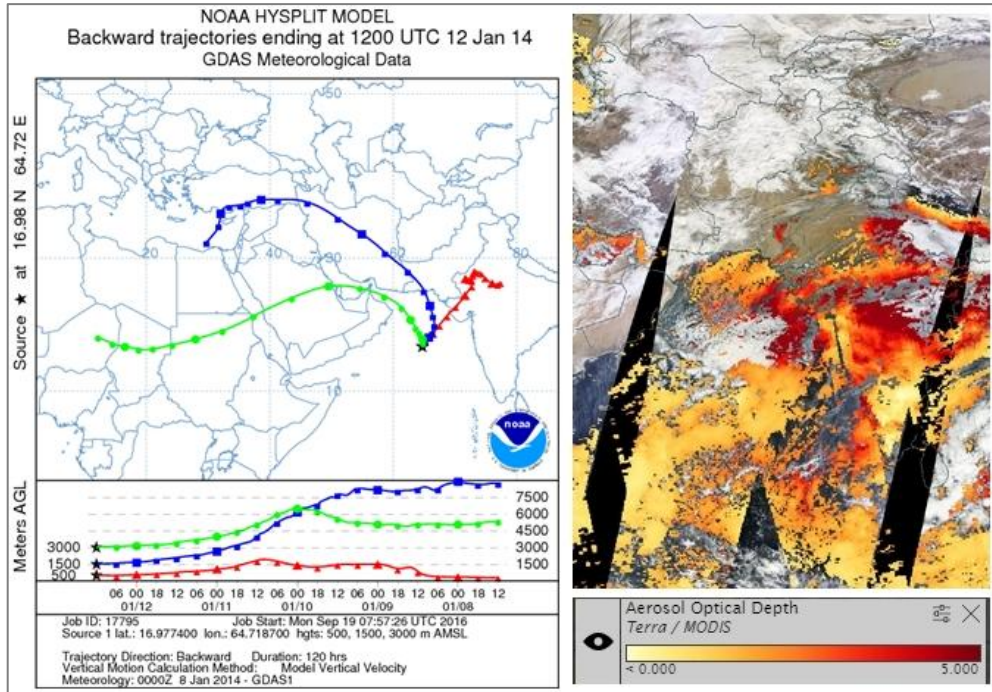
Şekil 6.6. 9-12 Ocak 2014 tarihlerinde klorofil-a konsantrasyonları [83]

Remineralizasyona veya deniz suyunun yenilenmesine fırsat verecek kadar bir süre geçmeden izlenen diğer bir toz taşınımı da 30 Aralık tarihinde gerçekleşmiştir. 18 Aralık, 22 Aralık ve 30 Aralık 2013 tarihli toz taşınımları arasında 3 ve 8 gün aralıklar vardır. Bu toz taşınımları arasındaki süre KD musonlarının bölgede ne kadar etkili olduğunu gösteren diğer bir veridir. 30 Aralık 2013 tarihinde toz taşınımı Şekil 6.7.'de görülebilmektedir.

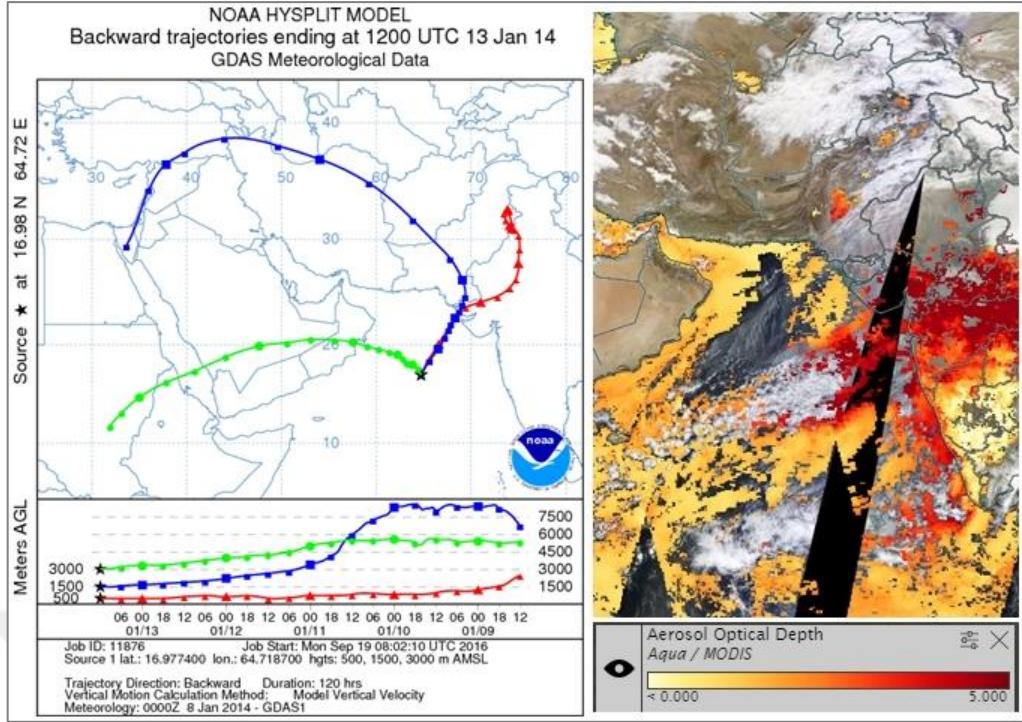


Şekil 6.7. 30 Aralık 2013 tarihli Aqua uydusu görüntüsü [83]

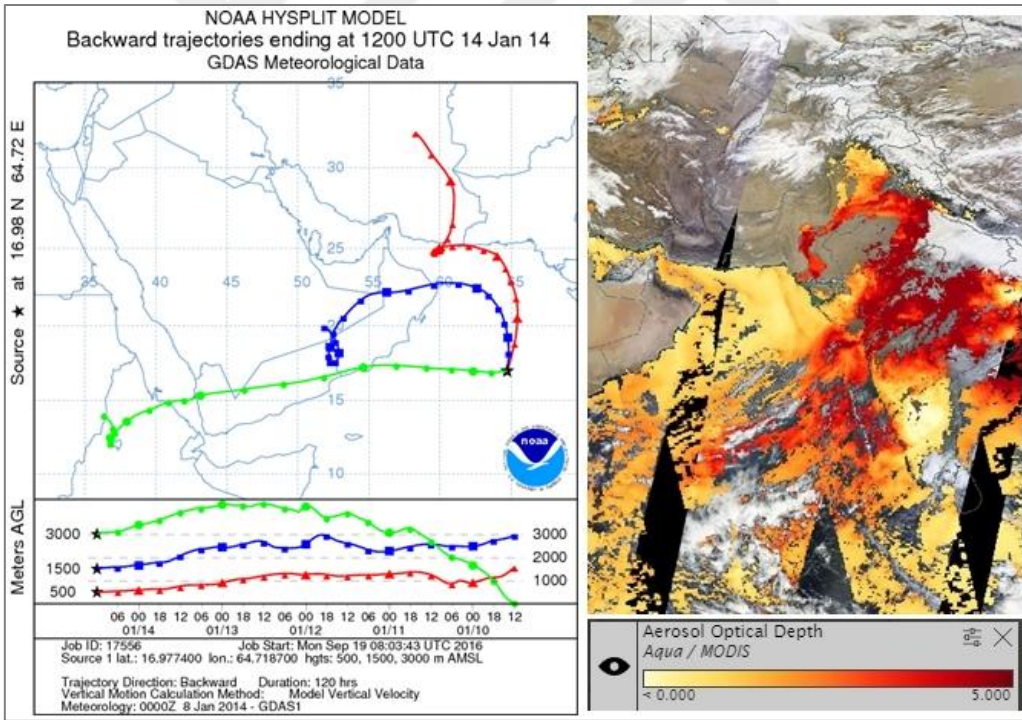
Bu tarihi izleyen günlerde, 12-17 Ocak 2014 tarihli uydu verileri üzerinde gösterilen AOD (Aerosol Optical Depth) ve geri izleme tekniği ile anılan tarihlerde Arap Denizi üzerine gelen hava akımlarının denize toz taşıdığı kesindir. Tozun Pakistan Hindistan sınır bölgesinden başlayarak açık denize doğru uzanması da 13-14 ve 15 Ocak 2014 tarihli uydu verilerinden net bir şekilde izlenebilmektedir. Bir başka deyiş ile 12-15 Ocak 2014 tarihleri arasında Arap Denizi üzerine yoğun bir toz taşınımı olmuştur (Şekil 6.8.-Şekil 6.13.).



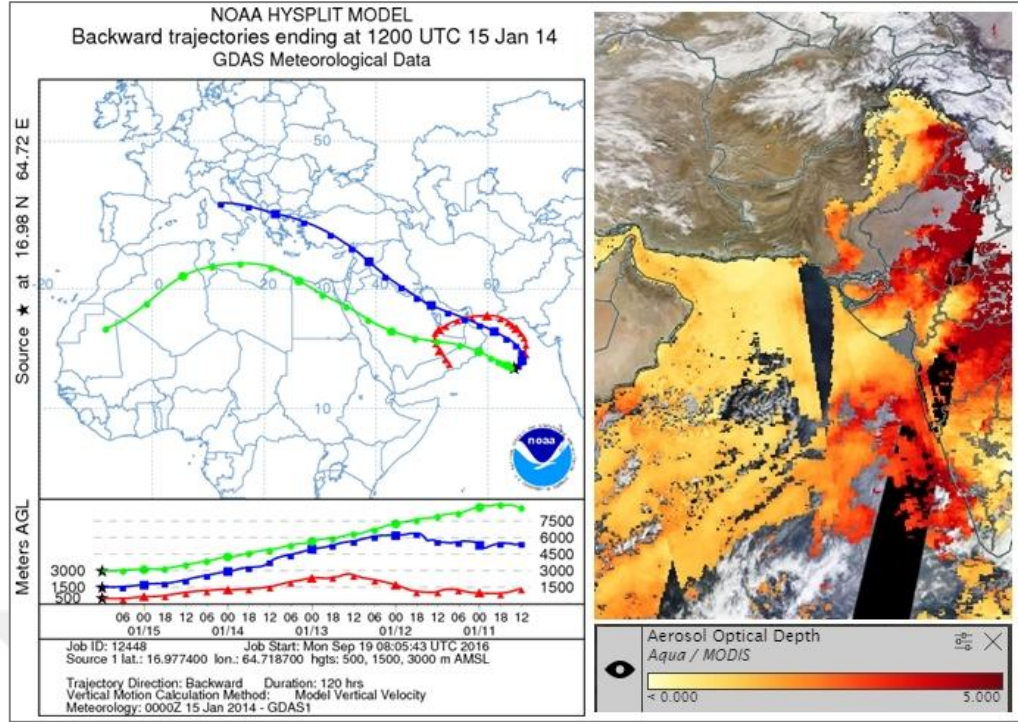
Şekil 6.8. 12 Ocak 2014 tarihli AOD [83], [92]



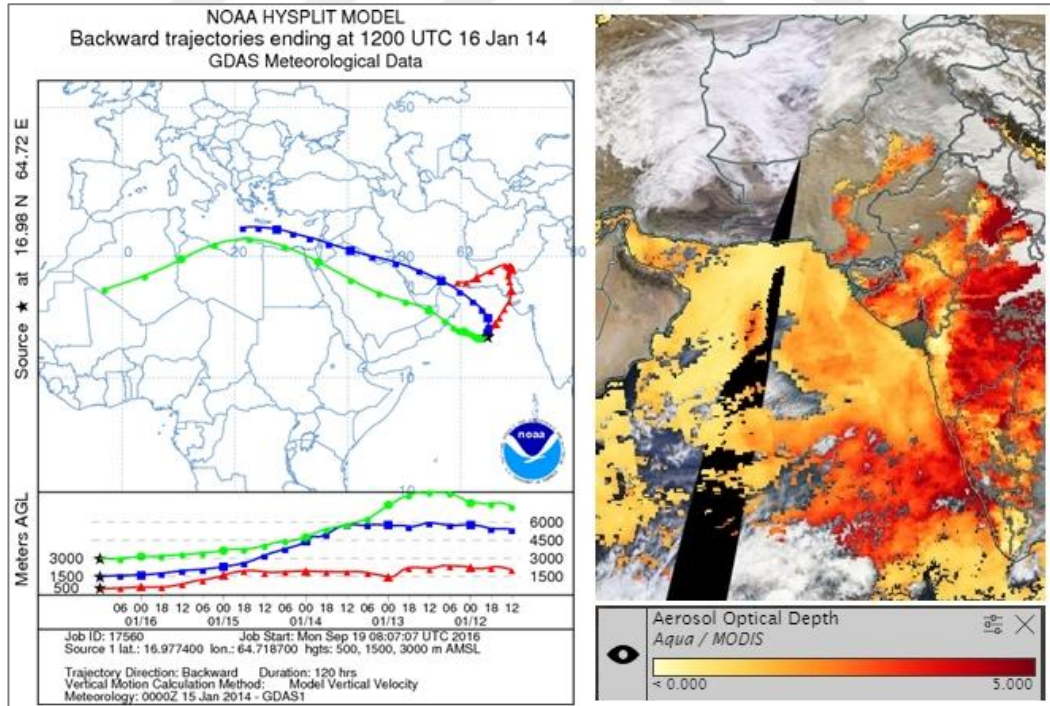
Şekil 6.9. 13 Ocak 2014 tarihli AOD [83], [92]



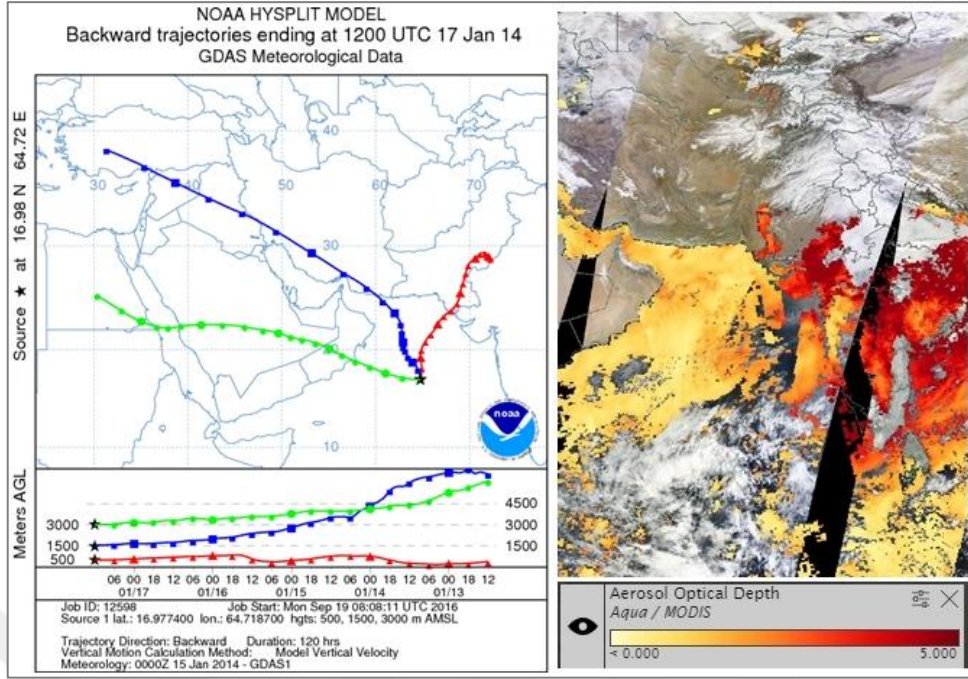
Şekil 6.10. 14 Ocak 2014 tarihli AOD [83], [92]



Şekil 6.11. 15 Ocak 2014 tarihli AOD [83], [92]

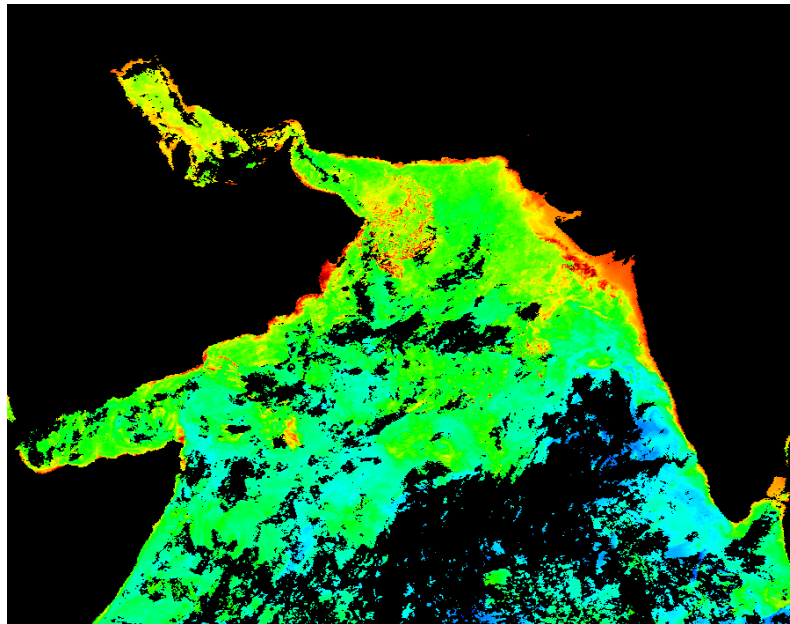


Şekil 6.12. 16 Ocak 2014 tarihli AOD [83], [92]



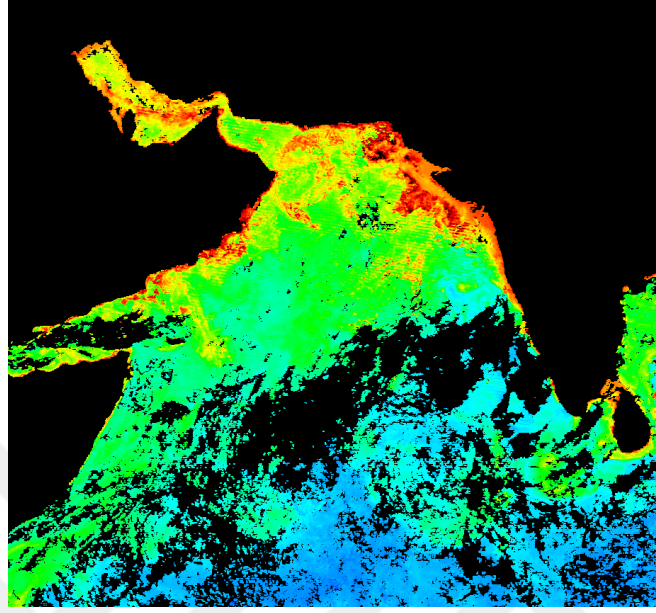
Şekil 6.13. 17 Ocak 2014 tarihli AOD [83], [92]. 12 – 17 Ocak 2014 tarihleri arasında Arap Denizi üzerinde kuzey kuzeydoğu yönlerden gelen ve 13-14-15 Ocak günlerinde Hint Okyanusunun kuzeyine doğru yayılan bir toz bulutu izlenmektedir.

Atmosferdeki bulutlanma ve tozun etkilerinin en aza indiği 8 günlük kompozit klorofil a değerlerine bakıldığında toz taşınımı öncesinde Arap Denizi'ndeki klorofil dağılımı aşağıda verildiği gibidir:



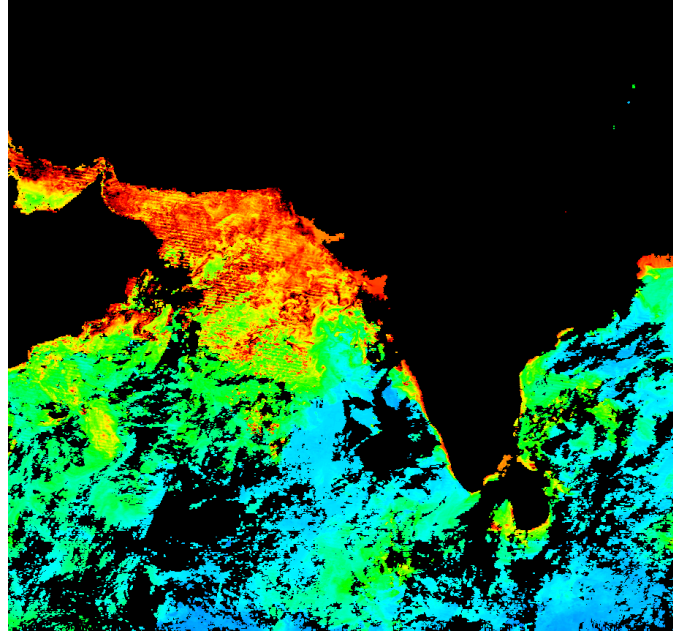
Şekil 6.14. 9-16 Ocak 2014 tarihleri arasında Arap denizi klorofil dağılımı (Terra MODIS) [85]

9-16 Ocak 2014 tarihlerini kapsayan uydu verisinden (Şekil 6.14.) de görüleceği gibi Arap Denizi'nde her zaman izlenen klorofil yoğunluğu görülmele beraber açık denizde kırmızı ile ifade edilen yoğun alg patlamaları izlenmemektedir.



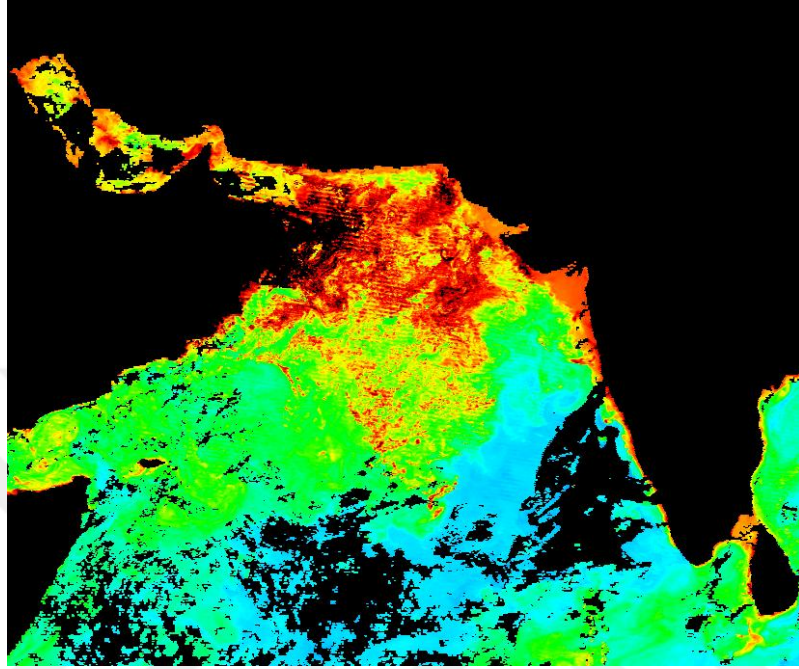
Şekil 6.15. 17-24 Ocak 2014 tarihleri arasında Arap denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı [85]

17-24 Ocak 2014 tarihli Arap Denizi alg yoğunluğu görüntüsünde (Şekil 6.15.) ise tozların denize ulaştığı ilk günler olan 12 ve 13 Ocak 2014 tarihleri AOD dağılımları ile paralellik taşıyan alg yoğunluğu izlenmektedir.

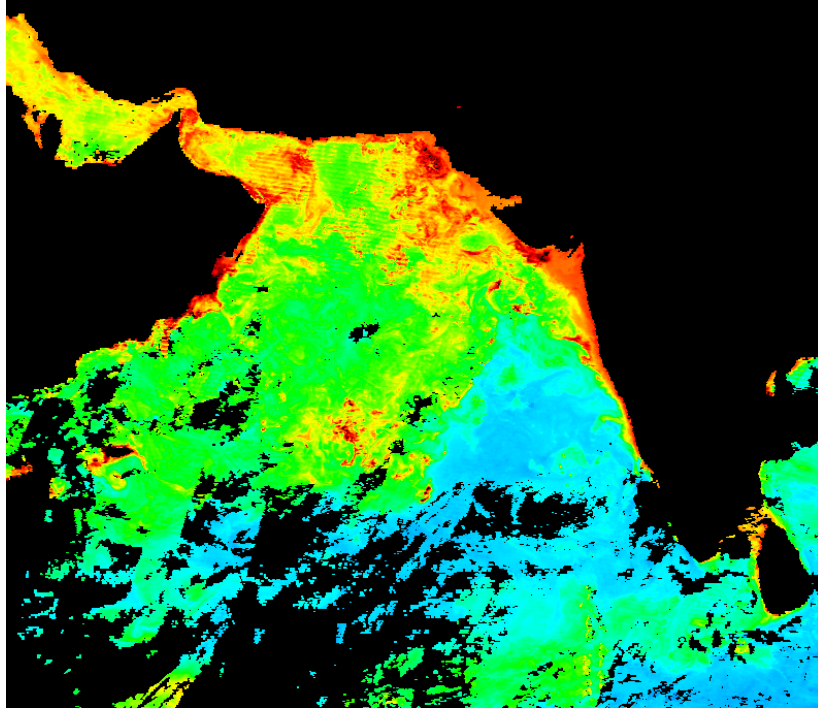


Şekil 6.16. 25 Ocak -1 Şubat 2014 tarihleri arasında Arap Denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı. [85]

25 Ocak-1 Şubat tarihli alg dağılımı (Şekil 6.16.) ise tüm Arap Denizini kapsayan çok yoğun bir alg dağılımını göstermektedir. Bu yoğunluğun bir başka oşinografik olay ile açıklanması imkânsızdır. Tek etken 12-15 Ocak 2014 tarihleri arasında atmosferden denize giren toz yükü ile açıklanabilir.

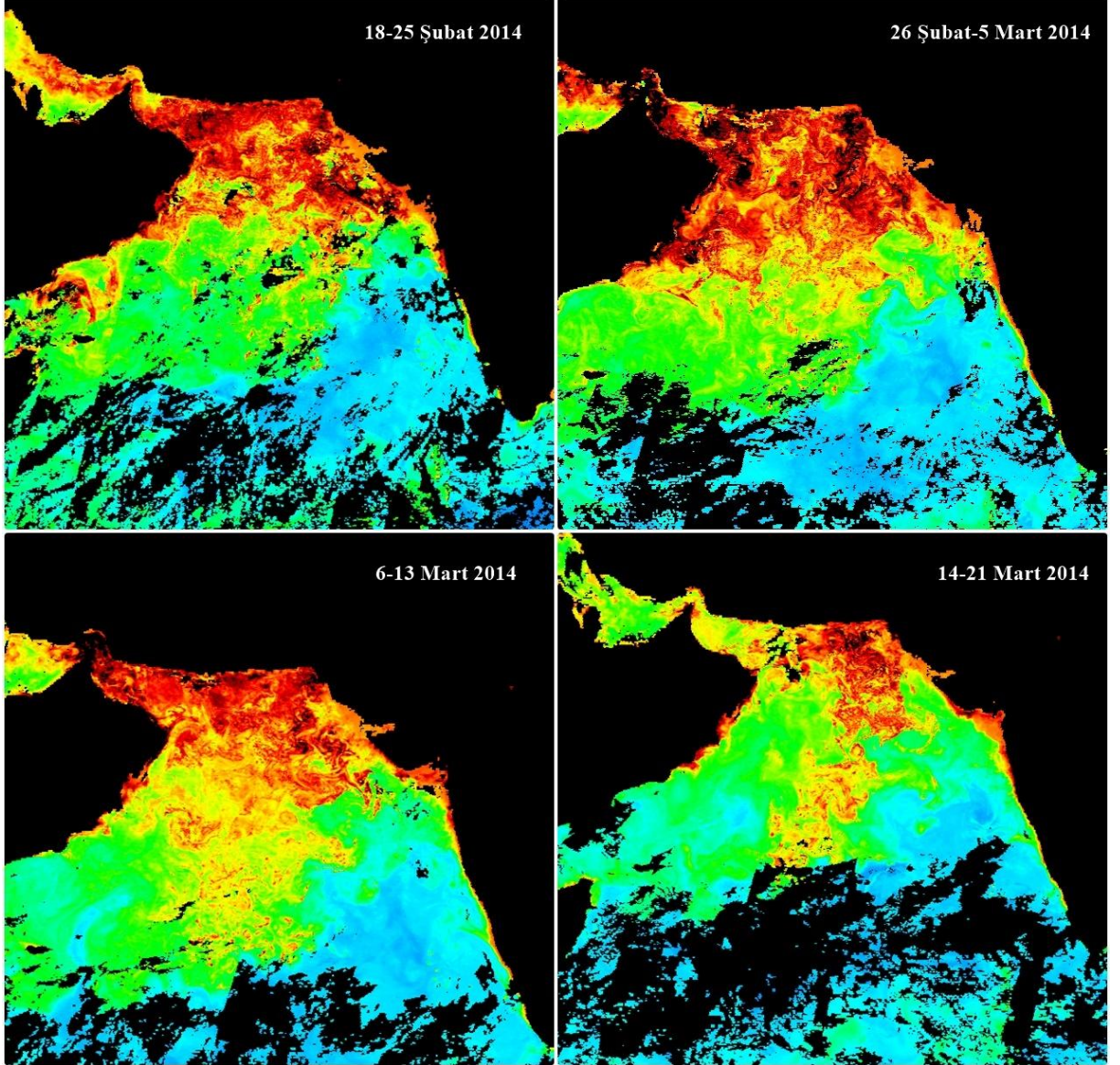


Şekil 6.17. 2-9 Şubat 2014 tarihleri arasında Arap Denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı. [85]



Şekil 6.18. 10-17 Şubat 2014 tarihleri arasında Arap Denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı [85]

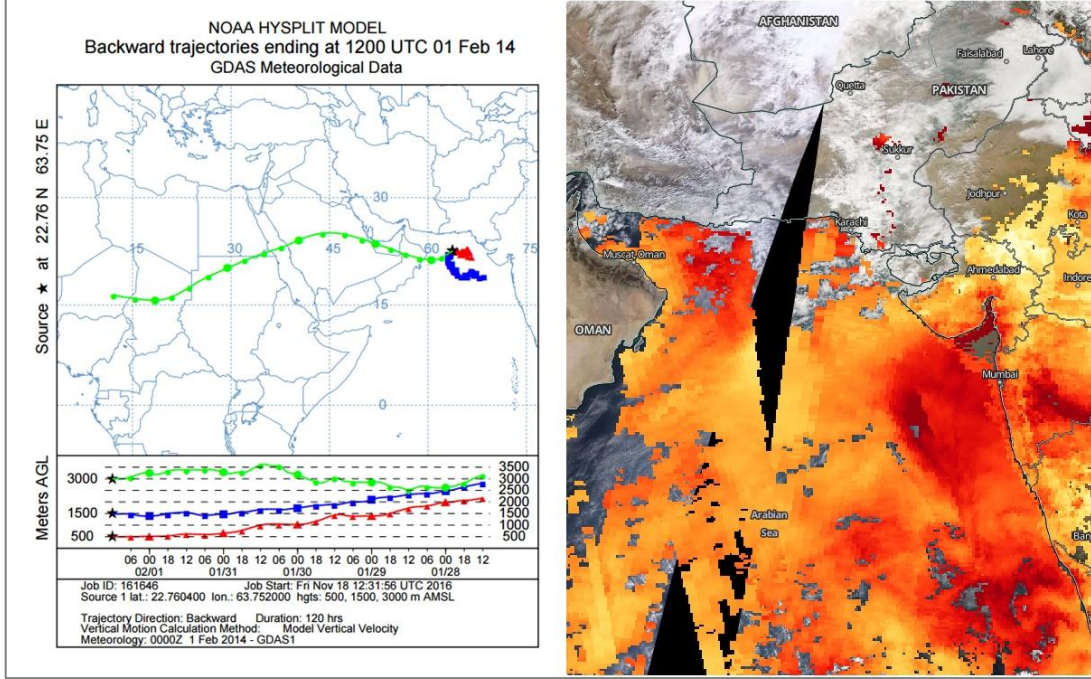
2-9 Şubat 2014 tarihlerinde (Şekil 6.17.) alg yoğunluğunun azalmaya başladığı gözlemlenmektedir. Bunu takip eden 10- 17 Şubat 2014 tarihlerinde (Şekil 6.18.) ise açık denizdeki alg yoğunluğun azaldığı, Umman Körfezi ve Pakistan ve Hindistan'ın kıyı kesimlerinde alg yoğunluğunun kısmen devam ettiği görülmektedir.



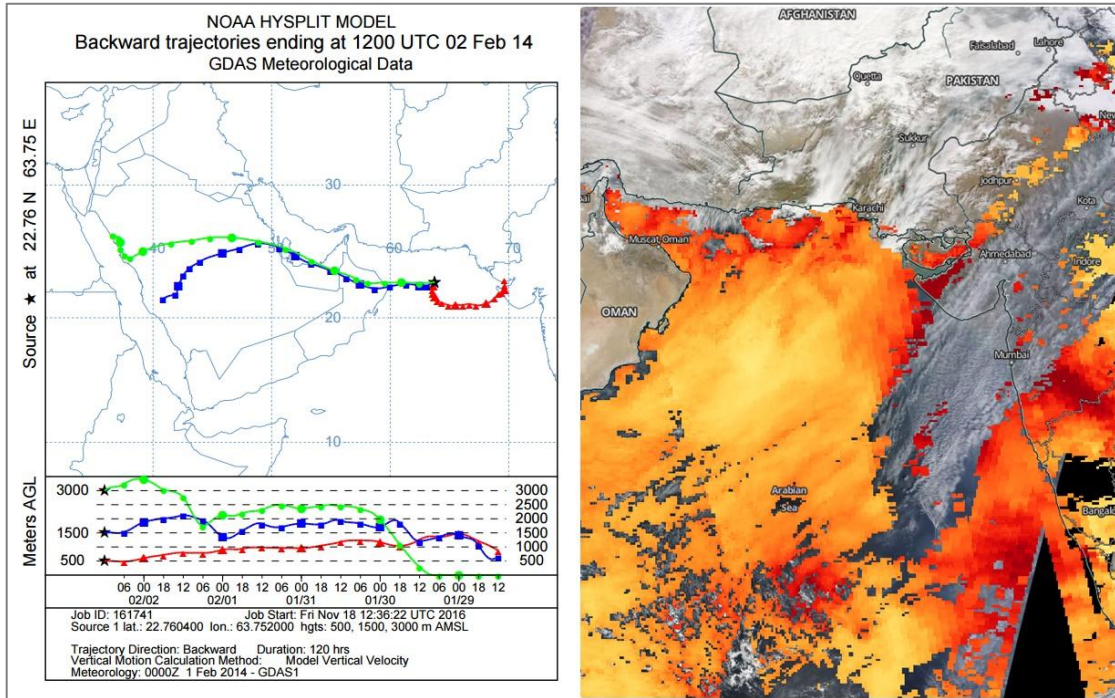
Şekil 6.19. 18 Şubat- 21 Mart 2014 tarihleri arasında Arap Denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı [85]

10- 17 Şubat 2014 haftasından hemen sonra, 18-25 Şubat tarihleri arasında alg yoğunluğunun tekrar artmaya başladığı, takip eden 26 Şubat-5 Mart haftasında bu artışın devam ettiği (Şekil 6.19.) görülmektedir. 6-13 Mart haftasında alg yoğunluğu azalmaya başlamış ve 14-21 Mart haftasında bu azalma devam

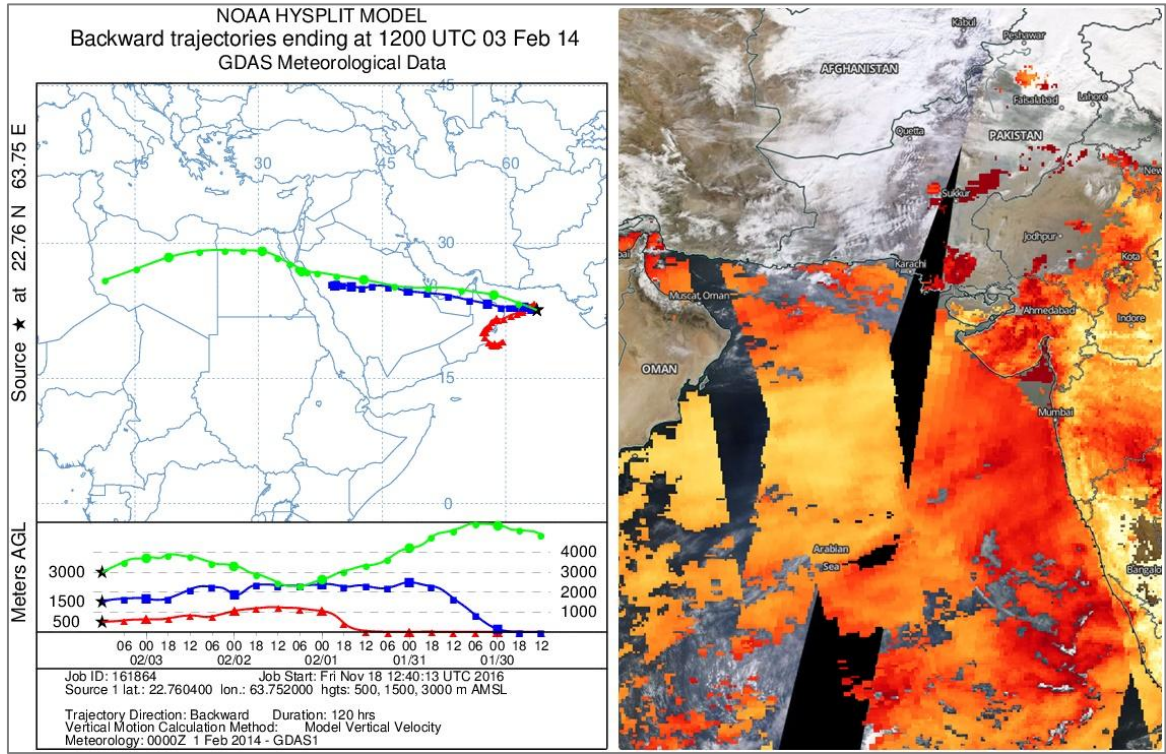
etmiştir. Kısa sürede gerçekleşen alg konsantrasyonundaki bu artış için geriye dönük toz taşınımları araştırıldığında 1 Şubat tarihinden itibaren Arap Yarımadasından, 6 Şubat tarihinde ise hem kuzeyden İran ve Pakistan üzerinden hem de Arap Yarımadasından denize toz taşınımı olduğu görülmektedir (Şekil 6.20. – Şekil 6.25.).



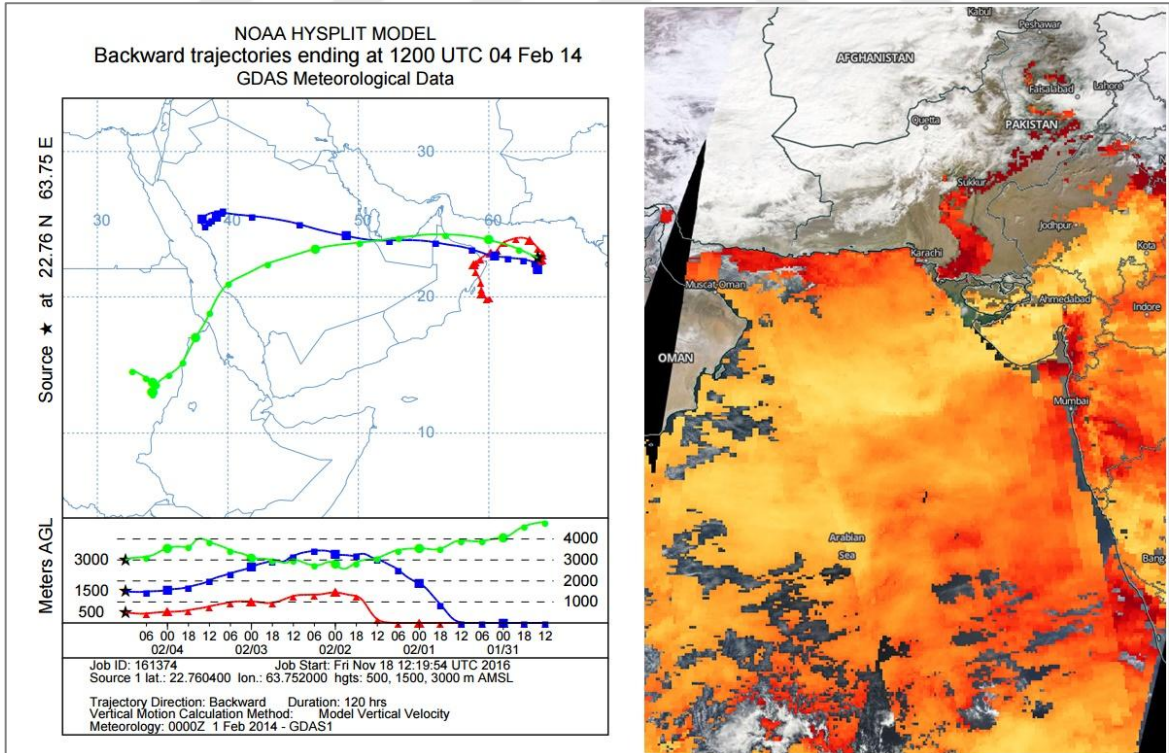
Şekil 6.20. 1 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme [83], [92]



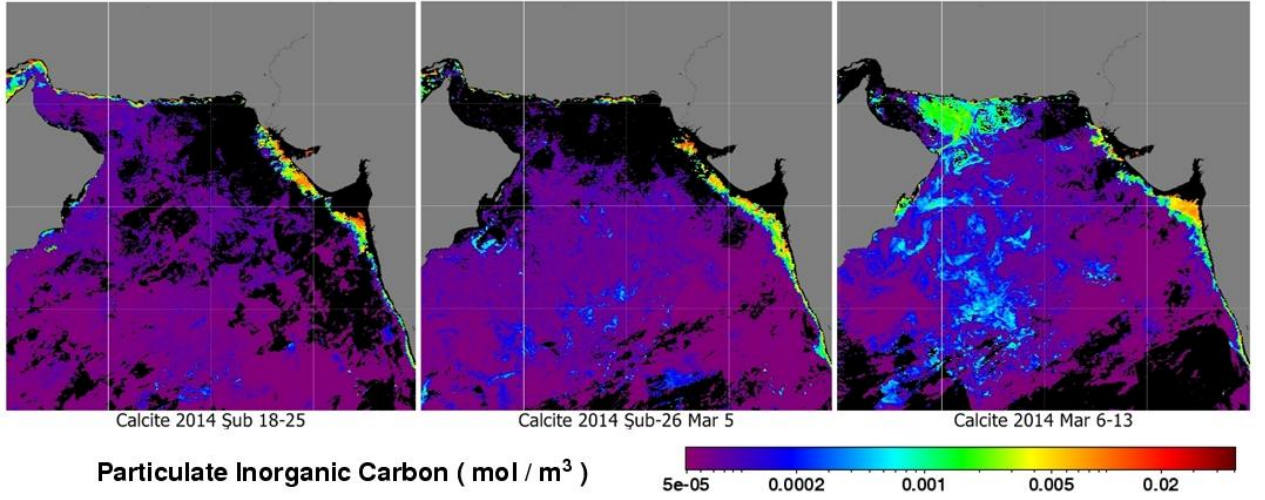
Şekil 6.21. 2 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme [83], [92]



Şekil 6.22. 3 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme [83], [92]



Şekil 6.23. 4 Şubat 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme [83], [92]



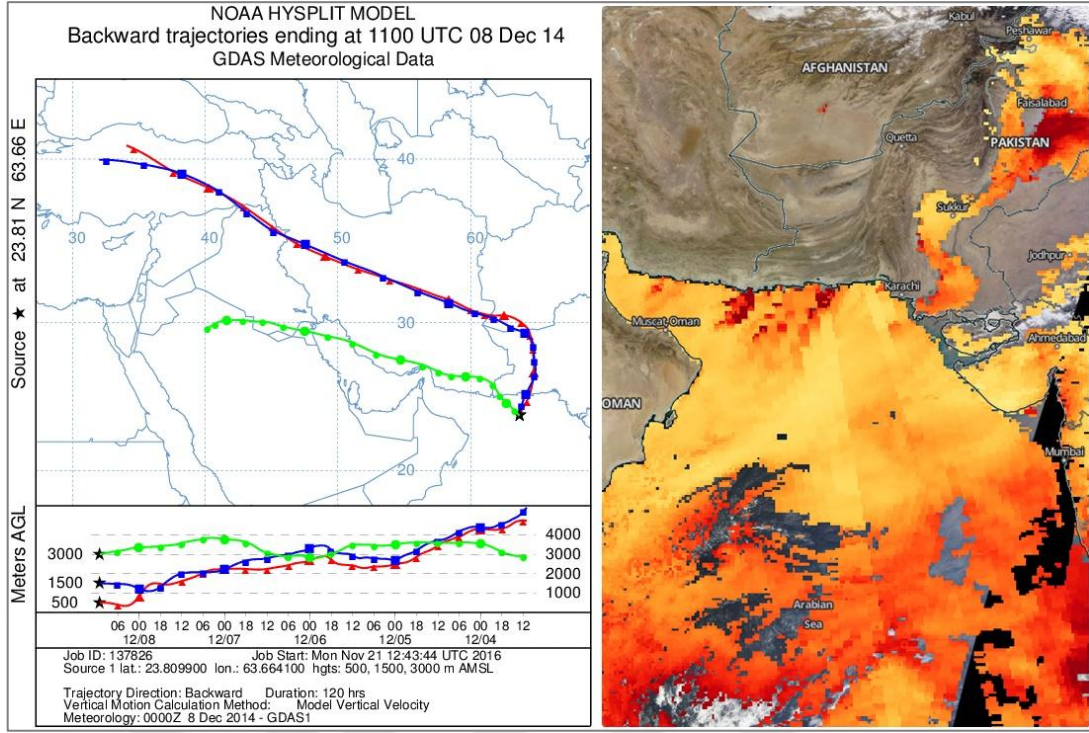
Şekil 6.26. 18 Şubat – 13 Mart 2014 tarihleri arasındaki kalsit (CaCO_3) konsantrasyonları [85]

2014-15 KDM Dönemi

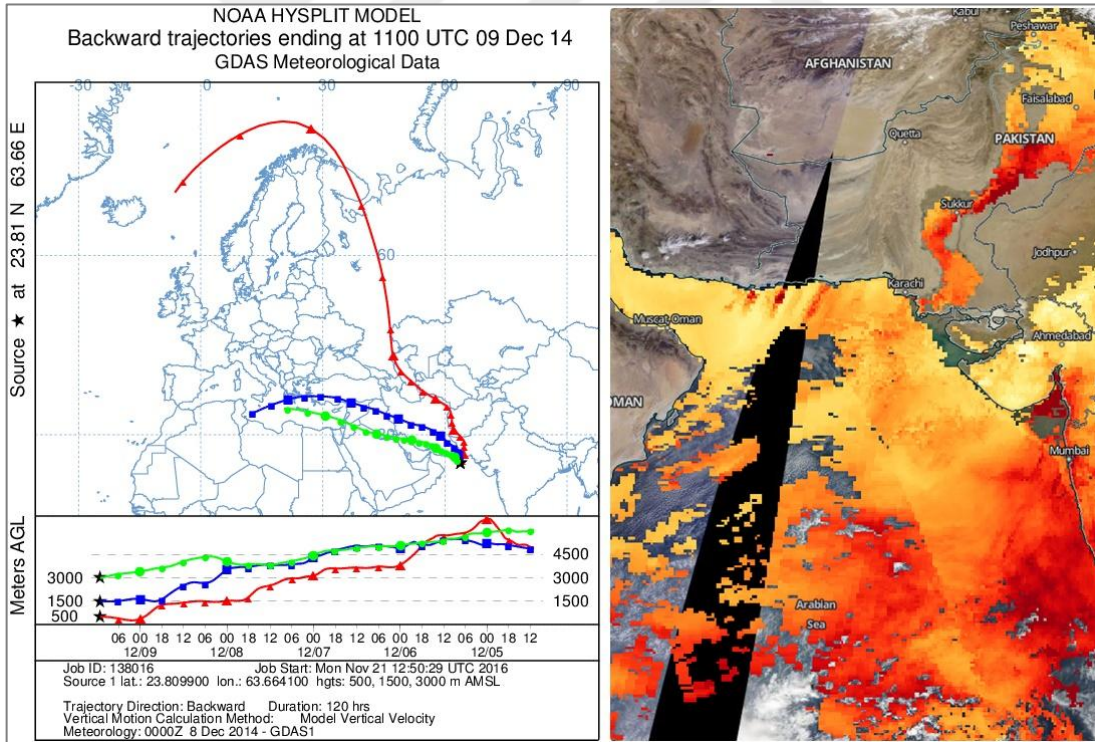
Bu döneme bakıldığında 8 ve 9 Aralık tarihlerinde Arap Denizi'ne toz taşınımı gerçekleştiği uydudan izlenmektedir (Şekil 6.27.). Geri yörlengeleme tekniği ile bakıldığında (Şekil 6.28. ve Şekil 6.29.) tozların Afganistan ve Pakistan üzerinden taşındığı görülmektedir.



Şekil 6.27. Solda 8 Aralık 2014 sağda 9 Aralık 2014 tarihli toz taşınımı [83]

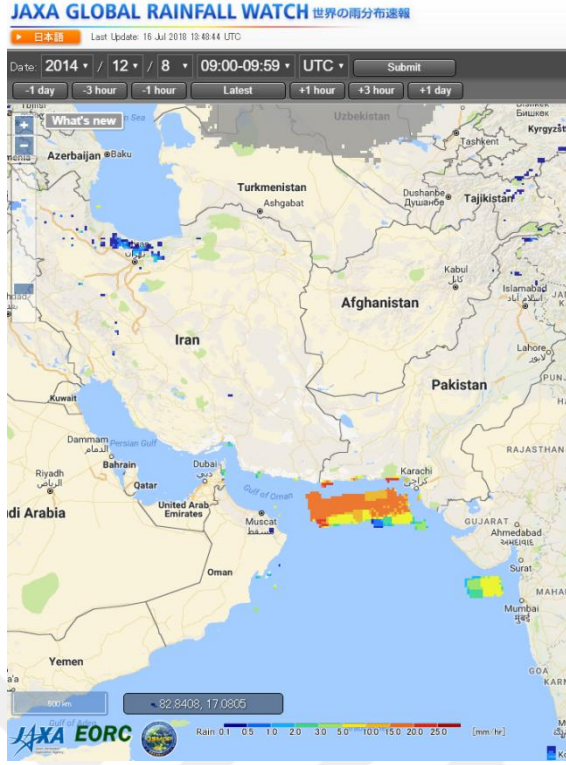


Şekil 6.28. 8 Aralık 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme [83], [92]



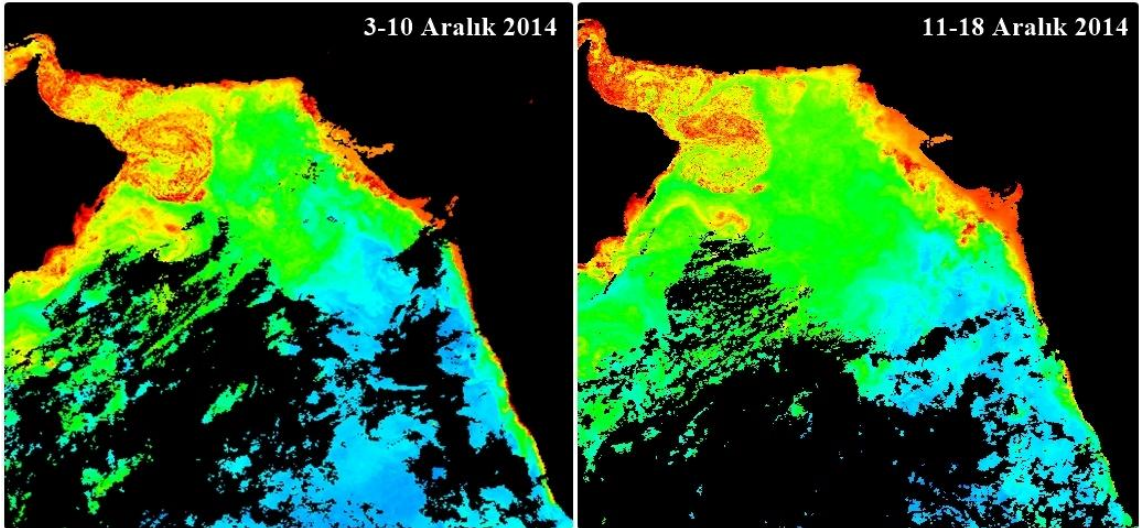
Şekil 6.29. 9 Aralık 2014 tarihli AOD ve geri yörüngeleme [83], [92]

Ayrıca 8 Aralık günü Arap Denizi'nin kuzey kesiminde yağış izlenmiştir (Şekil 6.30.).



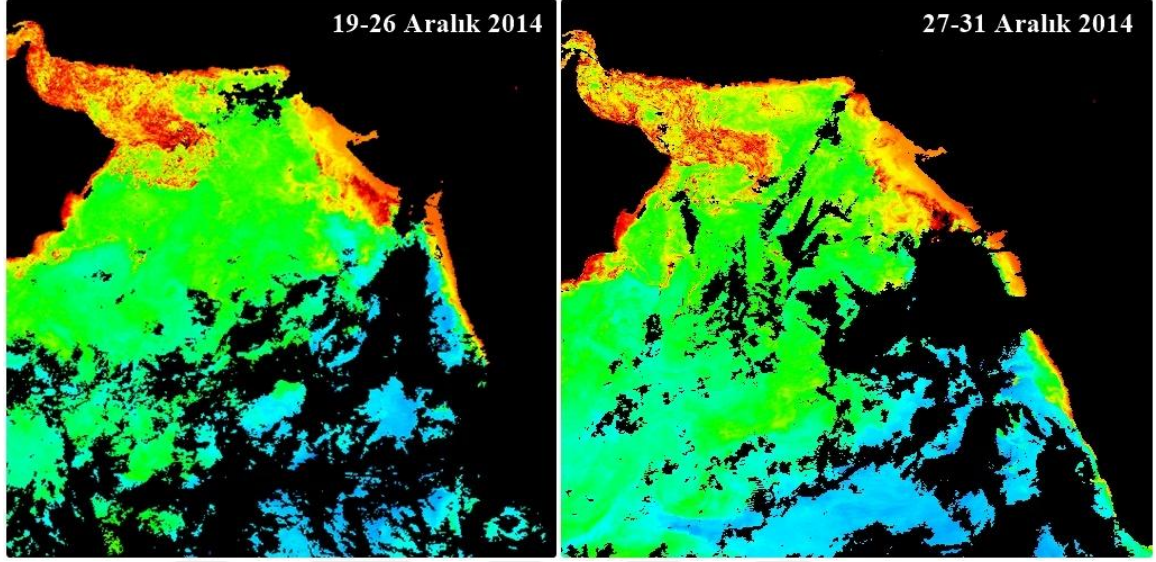
Şekil 6.30. 8 Aralık 2014 Arap Denizi yağış [91]

Taşınımın olduğu günlerde ve takip eden haftalarda klorofil-a konsantrasyonlarındaki değişim aşağıda verilmektedir. Taşınımın gerçekleştiği 3-10 Aralık tarihleri arasında Umman Körfezi'nde ve Arap Yarımadasına yakın kesimlerde mevcut bir alg yoğunluğu izlenmektedir. Alg yoğunluğunun 11-18 Aralık haftasında azalmaya başladığı Şekil 6.31.'de görülebilmektedir.



Şekil 6.31. 3-10 Aralık 2014 ve 11-18 Aralık 2014 arasında klorofil –a (Aqua MODIS) [85]

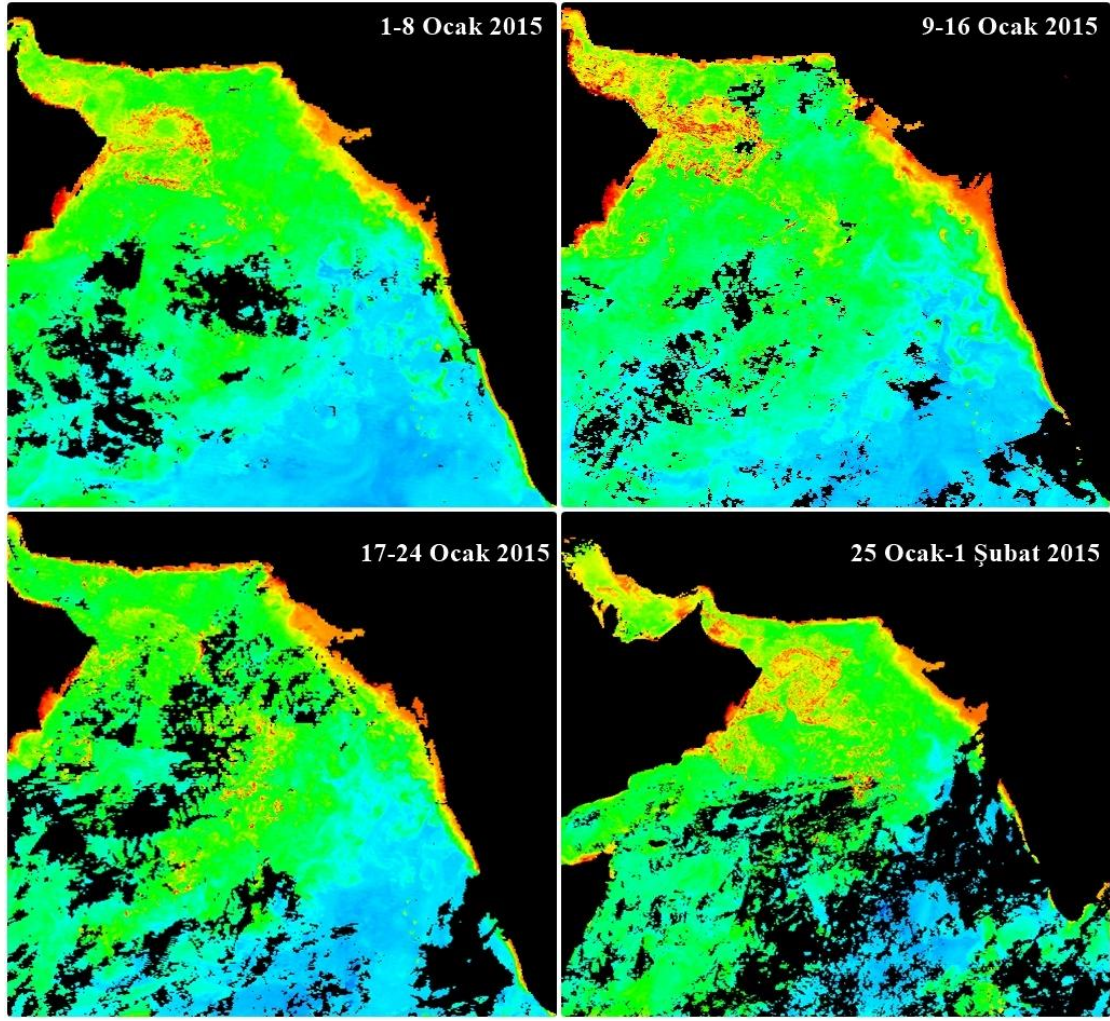
Alg yoğunluğunun 19-26 Aralık haftasında Hindistan kıyılarında kısmen arttığı söylenebilir. Açık denizde yamalar halinde başlayan artışlar 27-31 Aralık tarihleri arasında daha belirgin hale gelmiştir (Şekil 6.32.).



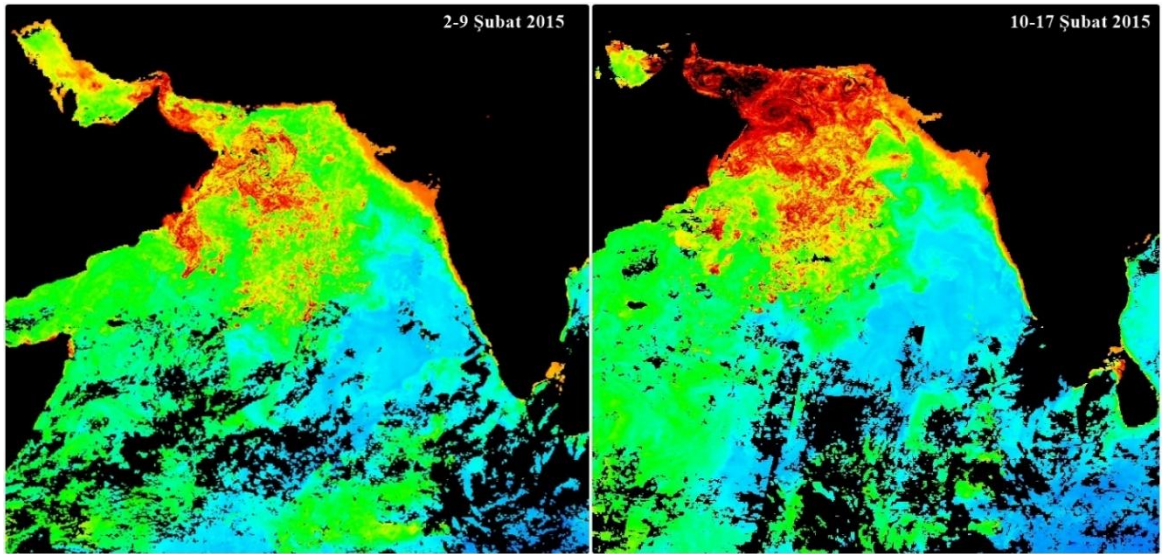
Şekil 6.32. 19-26 Aralık 2014 ve 27-31 Aralık 2014 arasında 8 günlük kompozit klorofil a (Aqua MODIS) [85]

Ocak ayı başından itibaren alg yoğunluğunda bir azalma başlamış olduğu, 9-16 Ocak haftasında Umman Körfezi ve Arap Yarımadası açıklarında klorofil-a konsantrasyonlarında artış yaşandığı ve 17-24 Ocak haftasında yoğunluğun oldukça azaldığı Şekil 6.33.'ten görülebilmektedir. Bu haftayı takiben alg yoğunluğunda yeniden bir artış gözlenmiştir.

2-9 Şubat arasındaki 8 günlük kompozit görüntü orantısal olarak kıyılarda alg yoğunluğunun artması ve açık denizlere doğru da uzanan bir alg yoğunluğu göstermektedir. 10-17 Şubat tarihli klorofil yoğunluğu da alg patlamasının etkisinin çoğaldığını net bir şekilde (Şekil 6.34.) göstermektedir.

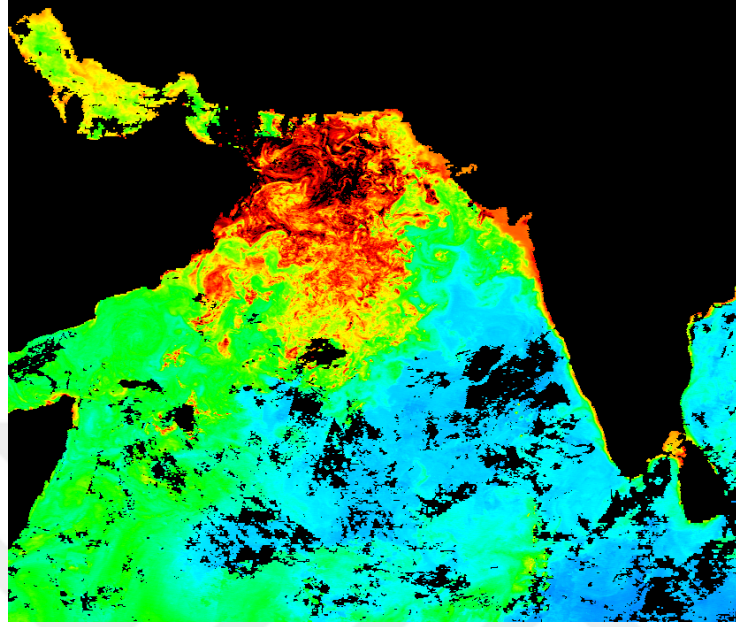


Şekil 6.33. 1 Ocak-1 Şubat 2015 tarihleri arasında 8 günlük kompozit klorofil a (Terra MODIS) [85]

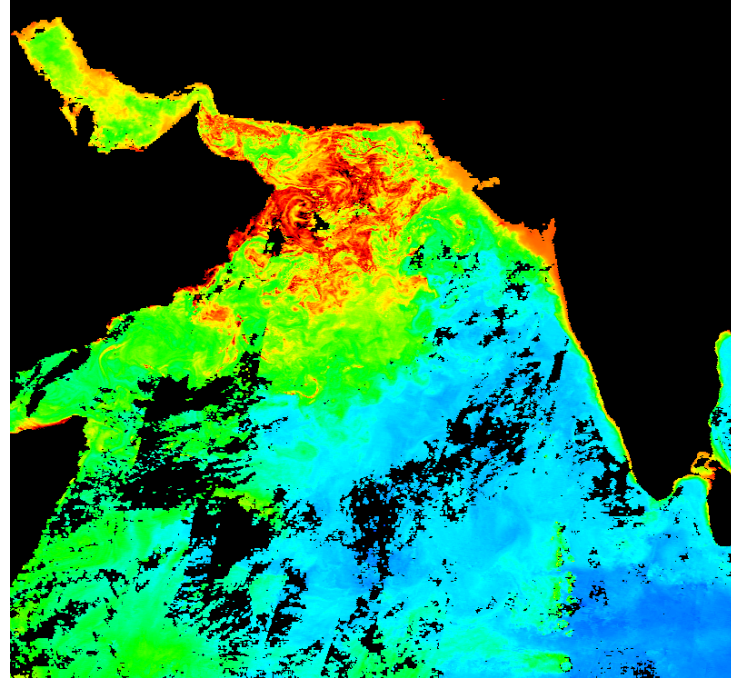


Şekil 6.34. 2-17 Şubat 2015 tarihleri arasında 8 günlük kompozit klorofil a [85]

18-25 Şubat 2015 tarihli alg yoğunluğu (Şekil 6.35.) bir önceki 8 günlük döneme benzer bir görünüm sunmakla beraber Pakistan kıyı kesimi ve açıklarında alg yoğunluğunun azalmakta olduğu da görülebilir.



Şekil 6.35. 18-25 Şubat 2015 tarihleri arasında Arap denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı [85]



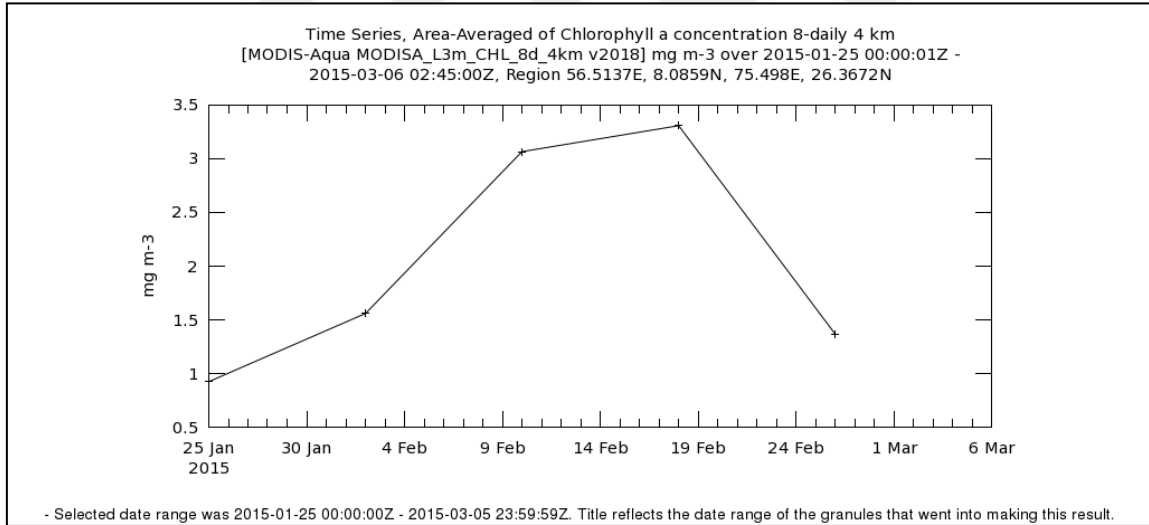
Şekil 6.36. 26 Şubat-5 Mart 2015 tarihleri arasında Arap denizi ve Hint Okyanusundaki alg dağılımı [85]

26 Şubat-5 Mart 2015 tarihli 8 günlük kompozit uydu görüntüsü (Şekil 6.36.) Arap Denizi'nde alg yoğunluğunun azaldığını net bir şekilde göstermektedir. Dolayısı ile alg patlamalarının uydu verileri ile 8 günlük dönemler halinde izlenmesi sonucunda şu veriye (Çizelge 6.1.) ulaşmak mümkündür:

Çizelge 6.1. 25 Ocak-5 Mart tarihleri arası alg yoğunluğu

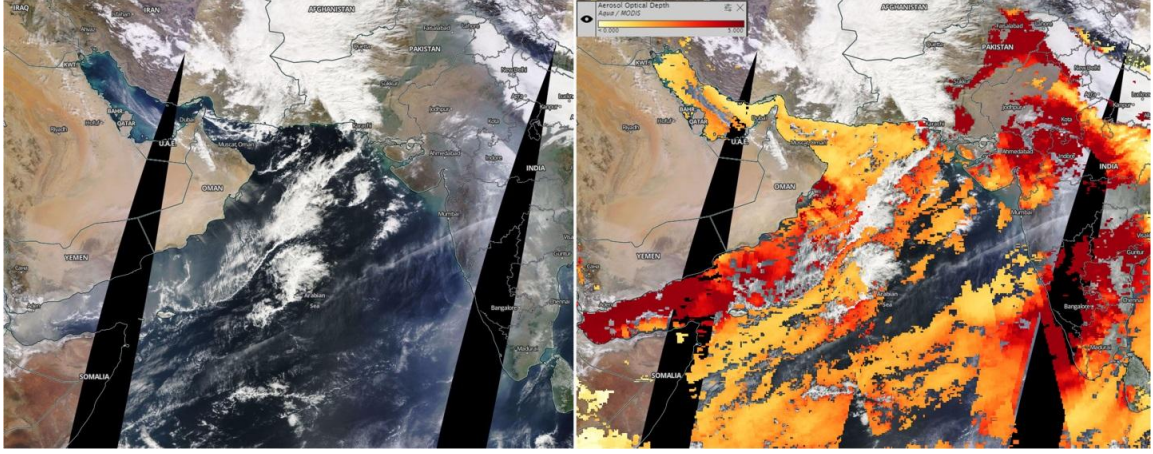
Tarihler	25 Ocak - 1 Şubat	2-9 Şubat	10-17 Şubat	18-25 Şubat	26 Şubat- 5 Mart
Alg yoğunluğu	düşük yoğunlukta	gelişmekte	tepe noktada	azalma başlıyor	düşük yoğunlukta

Alg patlamasını oluşturan cinsin *Trichodesmium* olduğu ve güneş enerjisinin de her zaman yeterli olduğu varsayımı ile eğer bir gelişme grafiği çizilecek olursa (Şekil 6.37.); tepe noktasına 10-17 Şubat arasında ulaşıldığı görülebilir. Bu da alg gelişiminin 20.ci günlerinde olduğunun kanıtı olmaktadır. Demek ki alg patlamasına neden olan olay 10-17 Şubattan 20 gün önce olmak durumundadır. Bu da bize 20-27 Ocak 2015 tarihlerinin incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

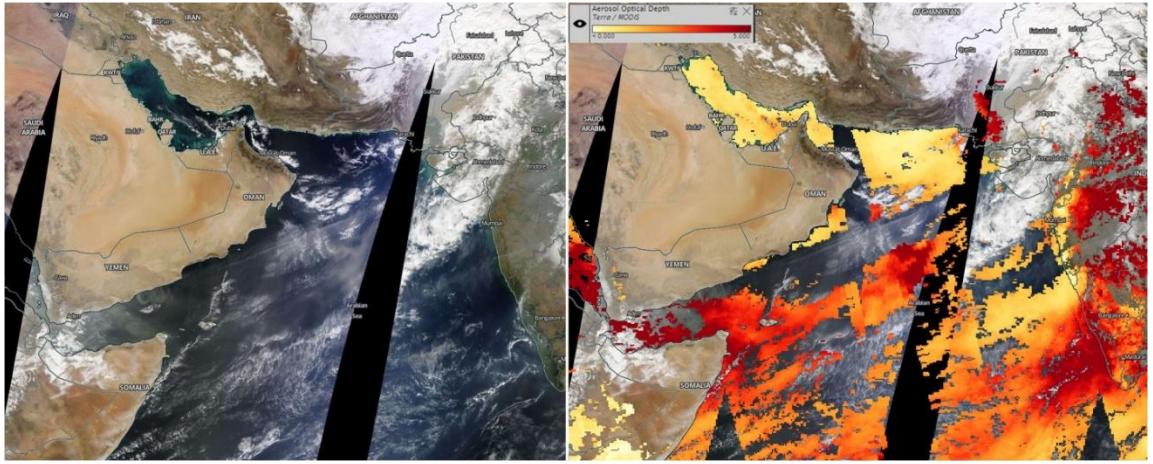


Şekil 6.37. 25 Ocak-5 Mart tarihleri için klorofil a konsantrasyonu grafiği [82]

Beklendiği gibi 19 Ocak 2015 günü Arap Yarımadası güneyinden başlayan bir toz bulutunun, özellikle 20-21 Ocak 2015 günlerinde açık denize doğru ilerlediği hem uydu görüntülerinden hem de AOD değerlerinden izlenmektedir (Şekil 6.38 ve Şekil 6.39.). Ayrıca 20 Ocak günü Arap Denizi üzerinde yağış da gözlenmiştir (Şekil 6.40.).



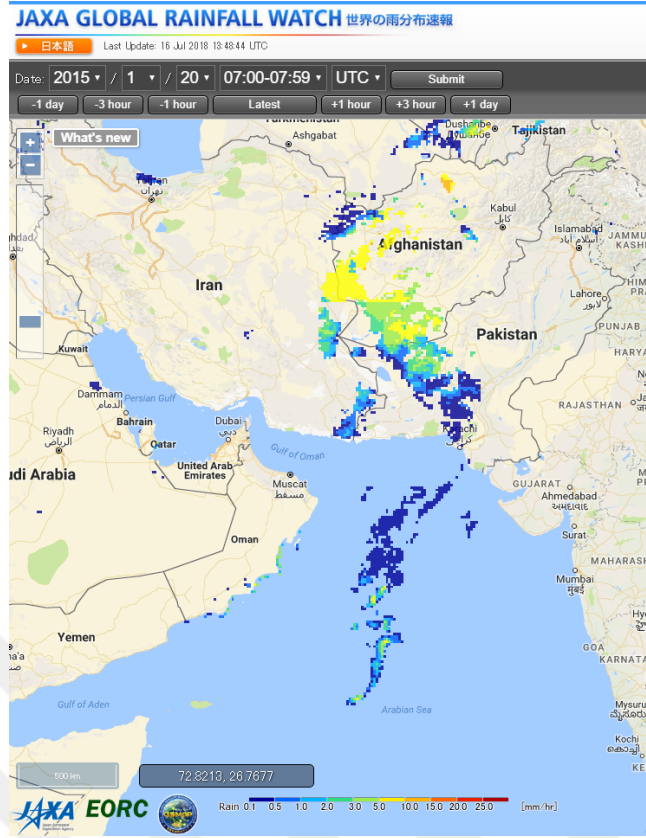
Şekil 6.38. 20 Ocak 2015 tarihli uydu görüntüsü ve AOD değerleri [83]



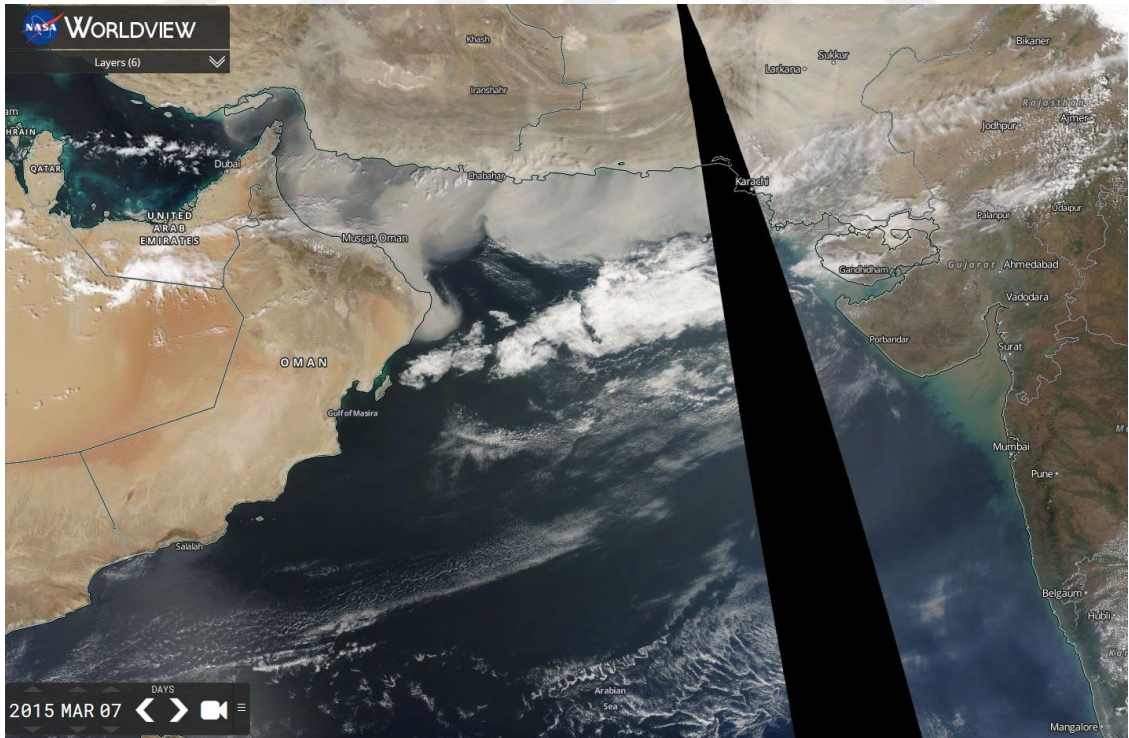
Şekil 6.39. 21 Ocak 2015 tarihli uydu görüntüsü ve AOD değerleri [80]

Dolayısı ile toz taşınımının deniz üzerindeki etkisi, sebep sonuç veya sonuç sebep ilişkisinden yola çıkılarak her iki halde de tespit edilebilmektedir. Önemli olan yaklaşım olayların episodik olması ve her bir toz taşınımının etkilediği alanda belirli bir zaman sonra türüne bağlı olarak bir alg patlamasının oluşmasıdır.

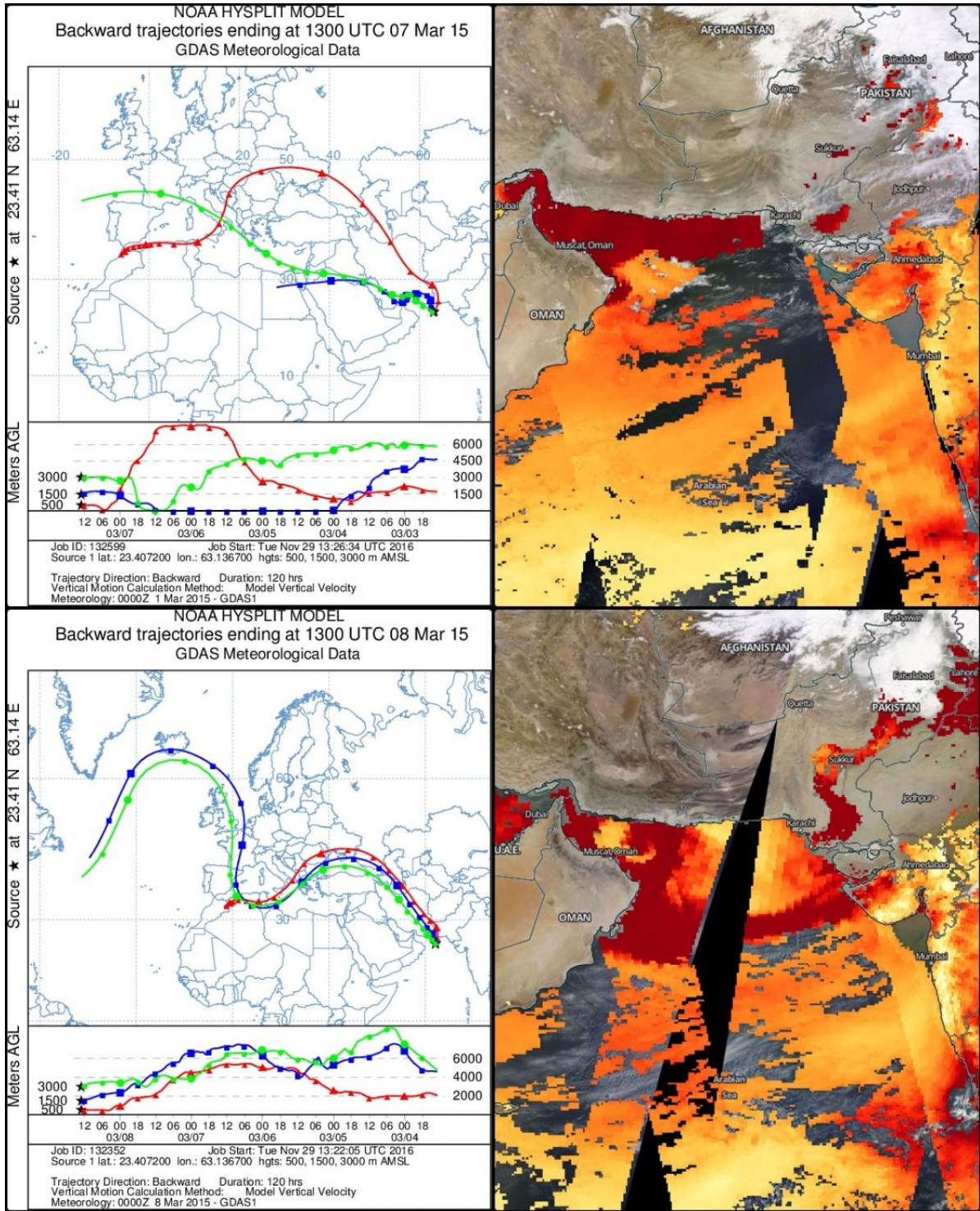
Aynı KDM döneminde Umman Körfezi ve Arap Denizi'ne 7 Mart'ta yoğun bir şekilde gelen çöl tozları Şekil 6.41.'de izlenebilmektedir. Toplam aerosol optik derinliği 7-8 Mart 2015 için Şekil 6.42.'deki gibidir. Toz taşınımının olduğu tarihlerde Arap Denizi'nde Şekil 6.43'teki gibi bir alg yoğunluğu görülmektedir.



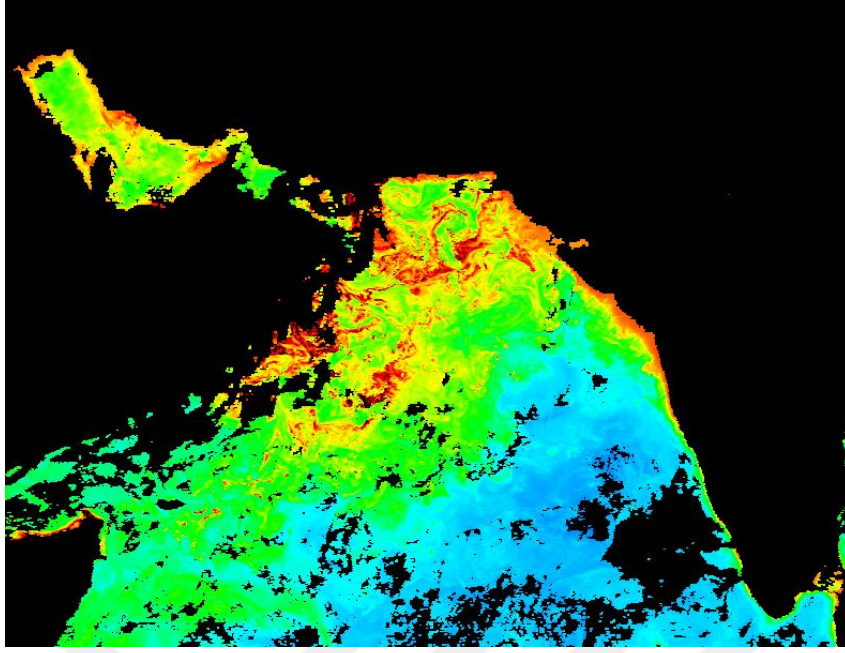
Şekil 6.40. 20 Ocak 2015 Arap Denizi üzerinde yağış [91]



Şekil 6.41. 7 Mart 2015 tarihinde toz gelişi [83]

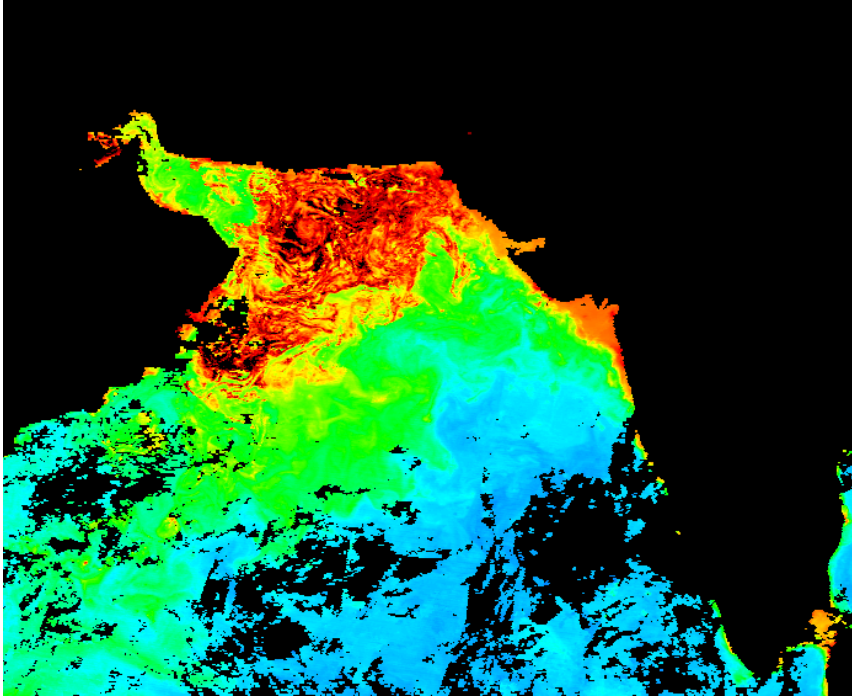


Şekil 6.42. 7-8 Mart 2015 tarihlerinde AOD [83], [92]

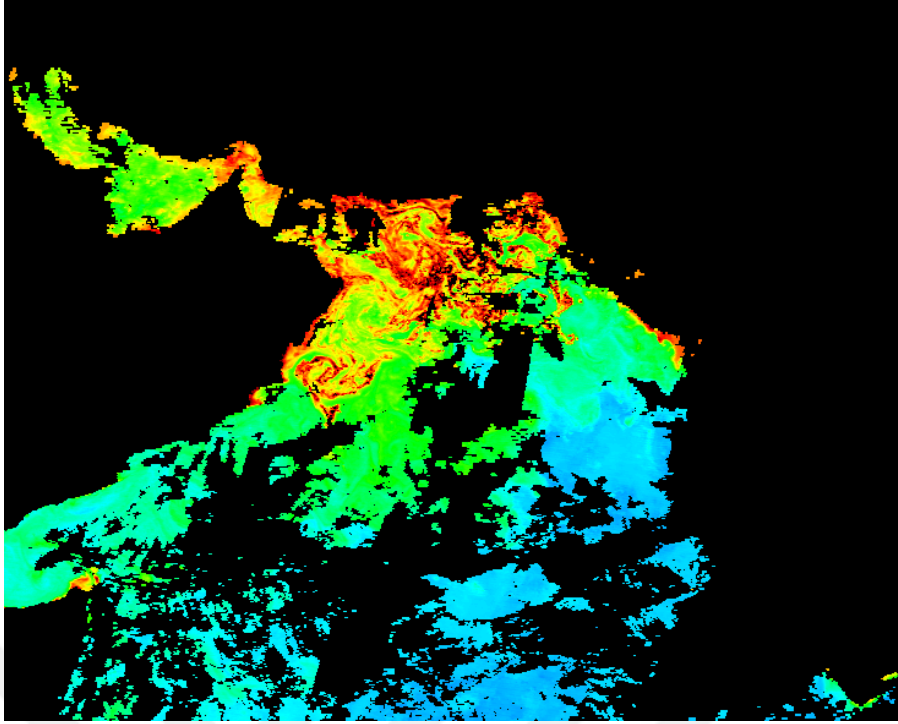


Şekil 6.43. 6-13 Mart 2015 tarihleri arası 8 günlük kompozit klorofil a (Terra MODIS) [85]

Toz taşınımından yaklaşık bir hafta sonra (14-21 Mart tarihleri arasında) yoğun bir alg patlamasının yaşandığı Şekil 6.44.'te izlenebilmektedir. Bunu takip eden 22-29 Mart haftasında ise alg yoğunluğunun azalmaya başladığı (Şekil 6.45.) görülmektedir.



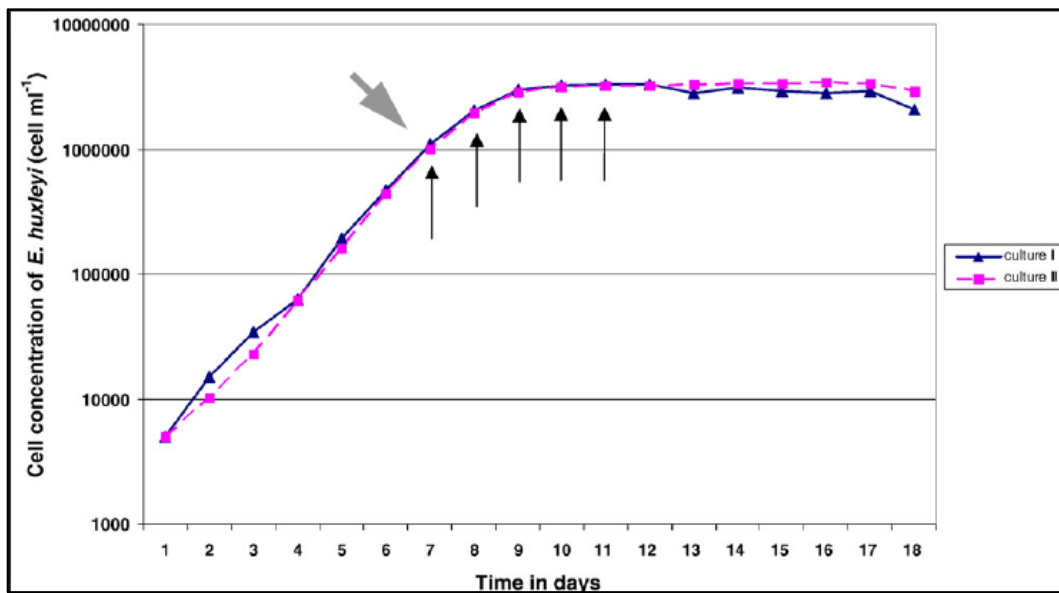
Şekil 6.44. 14-21 Mart 2015 tarihleri arası 8 günlük kompozit klorofil a (Terra MODIS) [85]



Şekil 6.45. 22-29 Mart 2015 tarihleri arası 8 günlük kompozit klorofil a (Terra MODIS) [85]

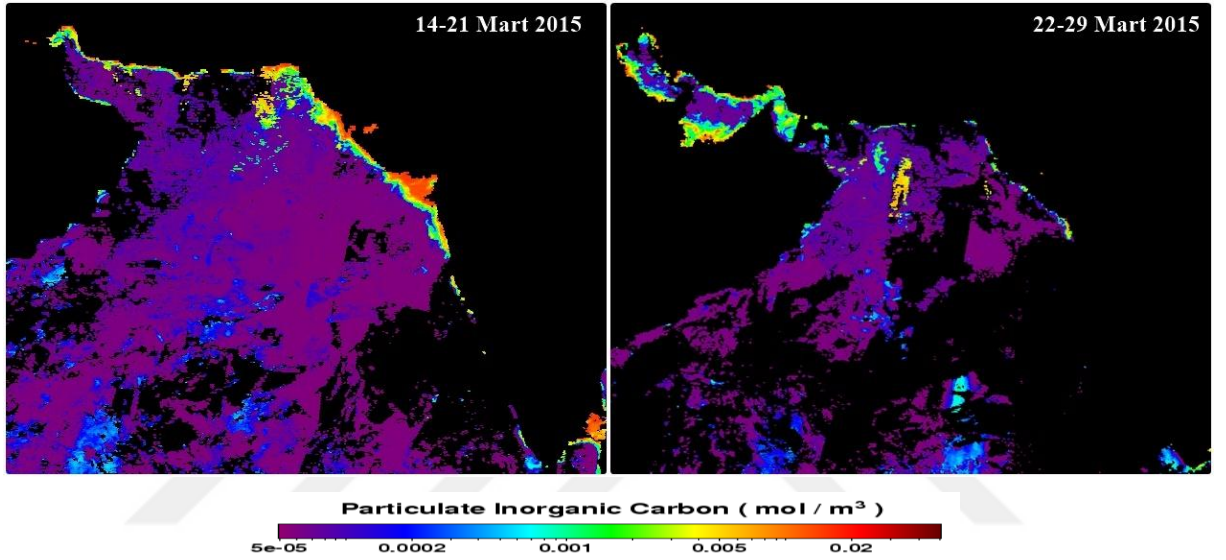
Bu tarihlerde (7-8 Mart 2015) toz taşınımı yine MODIS uydu verisinin değişik bir algoritma uygulaması ile elde edilebilen ve *Emiliana huxleyi* (EHUX) patlamaları soncunda oluştuğu bilinen kalsit oluşumu olarak da izlenmiştir.

MODIS uydu verilerinde günlük olarak verilen bu sonuçlar bu sefer *Emiliana huxleyi* gelişim eğrisi (Şekil 6.46.) esas alınarak incelenmiştir.



Şekil 6.46. Emiliana Huxleyi'nin büyüme eğrisi [99]

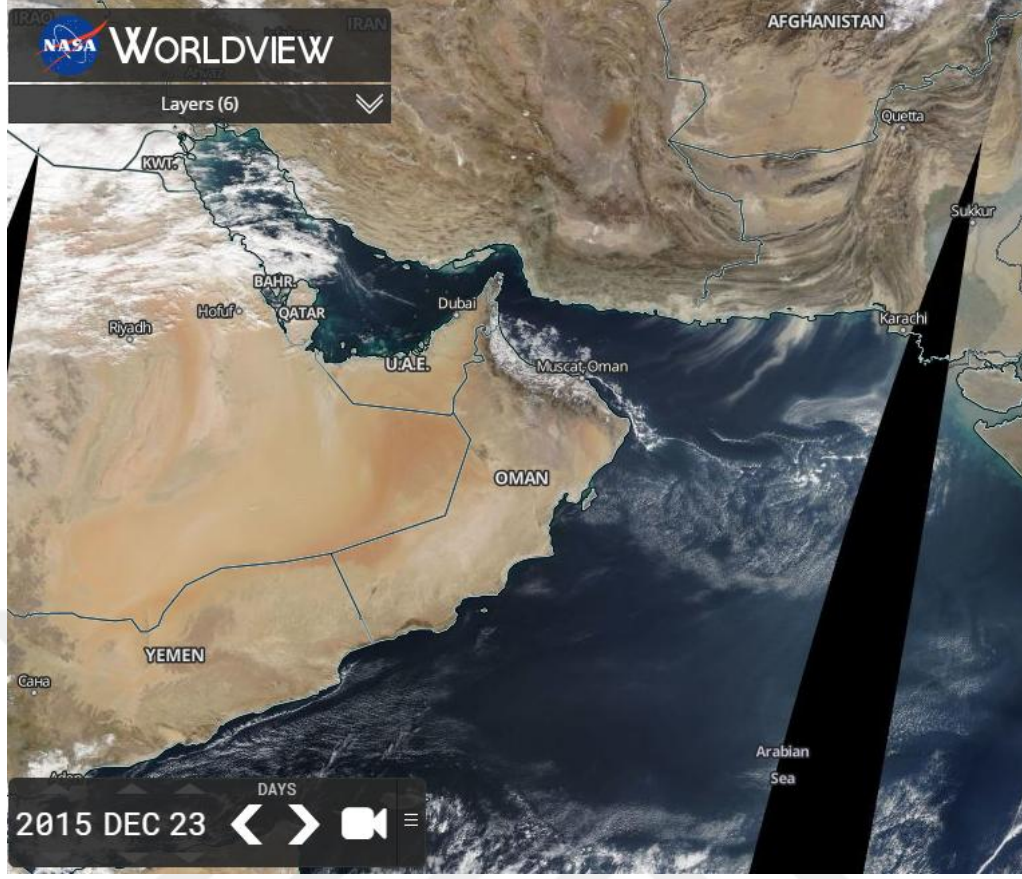
Toz taşınımını takip eden günler EHUX gelişme eğrisi göz önüne alınarak incelendiğinde toz taşınımını takip eden 7-8-9 ve 10 günlerde EHUX konsantrasyonunun en üst seviyeye çıkacağını göstermektedir. Dolayısı ile 7 ve 8 Mart günlerinde izlenen toz taşınımı, 14-18 Mart günlerinde uydu verisine kalsit veya inorganik karbon olarak yansımaktadır. Alg patlamasının yoğun olarak yaşandığı haftalarda kalsit konsantrasyonları aşağıdaki (Şekil 6.47.) gibidir. Özellikle 22-29 Mart tarihlerinde daha yoğun olmakla birlikte 14-21 Mart tarihlerinde de kokolitoforların varlığı gözlenmektedir.



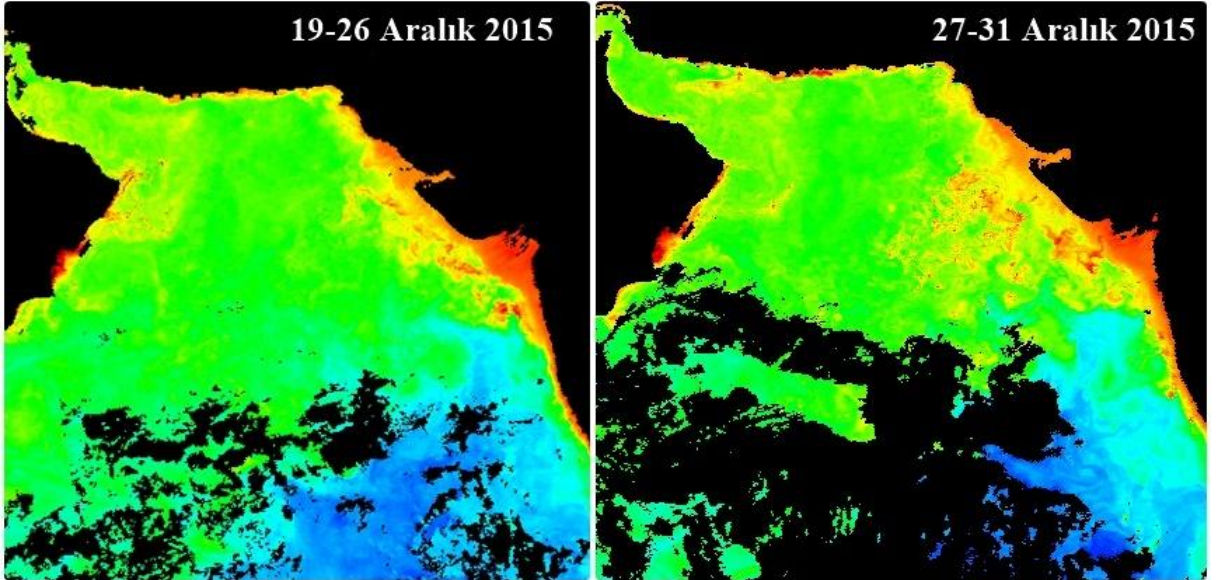
Şekil 6.47. 14-29 Mart 2015 tarihleri arası 8 günlük kompozit kalsit konsantrasyonu (Terra MODIS) [85]

6.2. 2015-16 KDM Dönemi

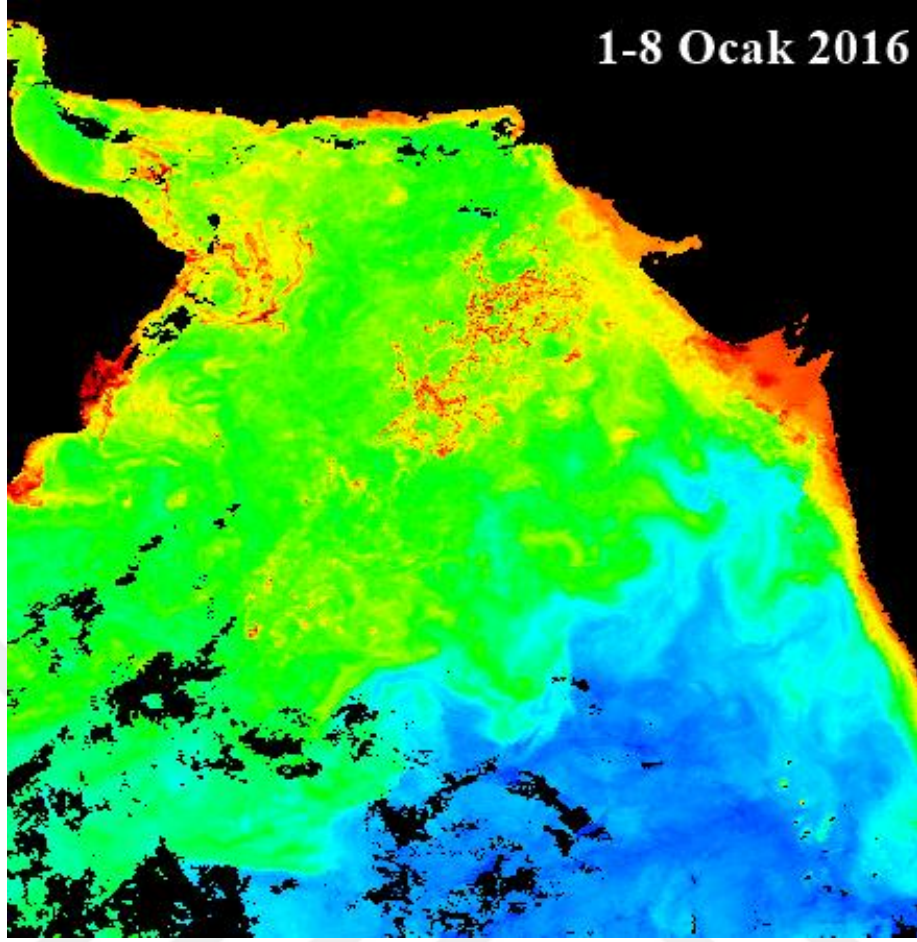
23 Aralık 2015 tarihli toz taşınımı Şekil 6.48.'den görülebilmektedir. Taşınımın yaşandığı ve takip eden günlerdeki klorofil dağılımı ise Şekil 6.49. ve Şekil 6.50.'de verilmektedir. Toz taşınımının yaşandığı hafta Hindistan ve Umman kıyısında alg yoğunluğu gözlenmektedir. Takip eden haftada Hindistan kıyılarından açık denize doğru gelişen bir alg patlaması görülmektedir. Taşınımdan yaklaşık iki hafta sonra ise açık denizde yoğun bir alg patlaması izlenmektedir.



Şekil 6.48. 23 Aralık 2015 tarihli toz taşınımı [83]

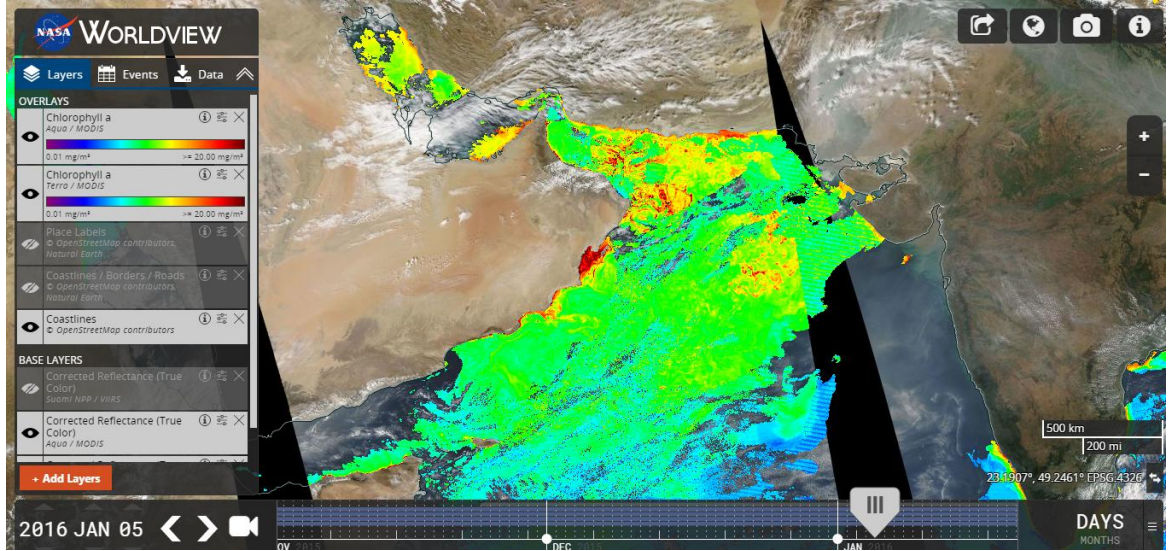


Şekil 6.49. 19-31 Aralık arası klorofil a konsantrasyonları [85]



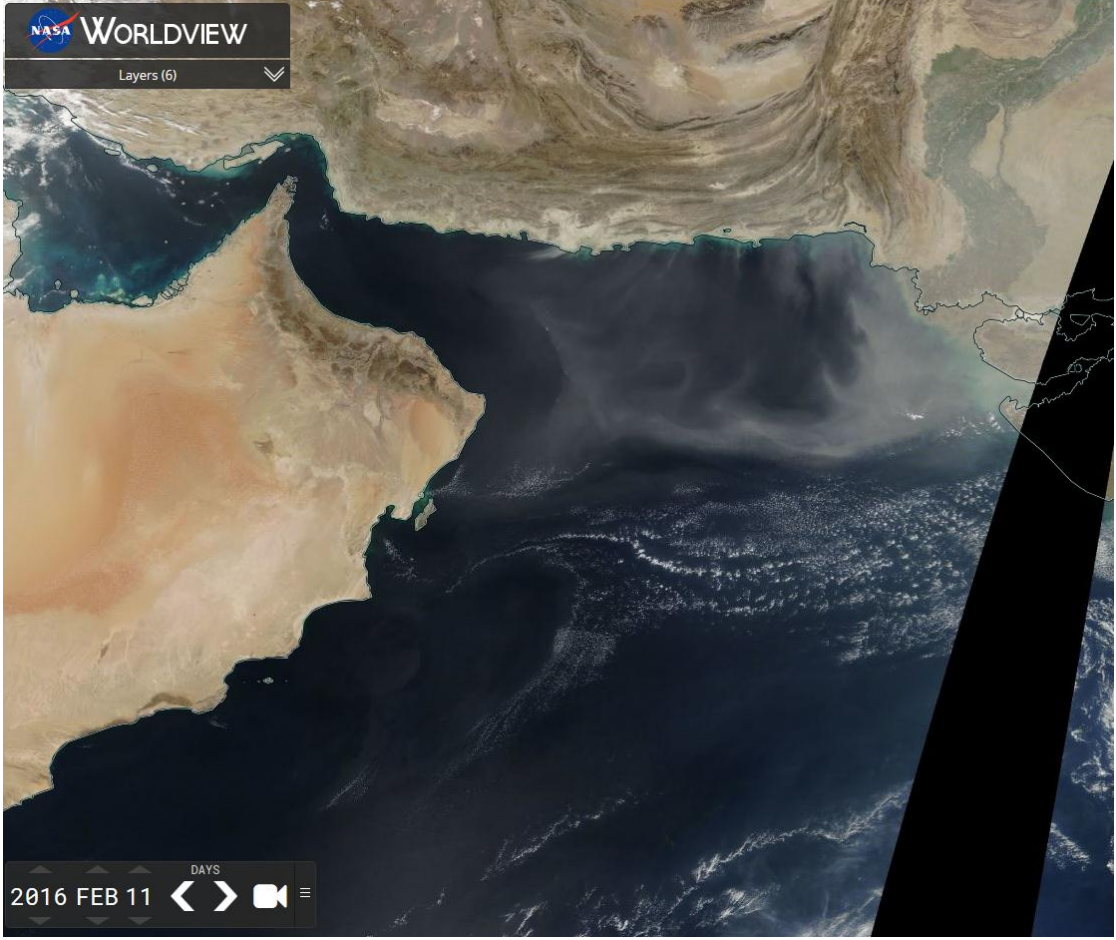
Şekil 6.50.. 1-8 Ocak tarihi arası klorofil a konsantrasyonları [85]

Günlük uydu görüntüleri incelendiğinde ise özellikle 5 Ocak'ta Arap Denizi'nde yoğun bir alg patlaması görülmektedir (Şekil 6.51.).



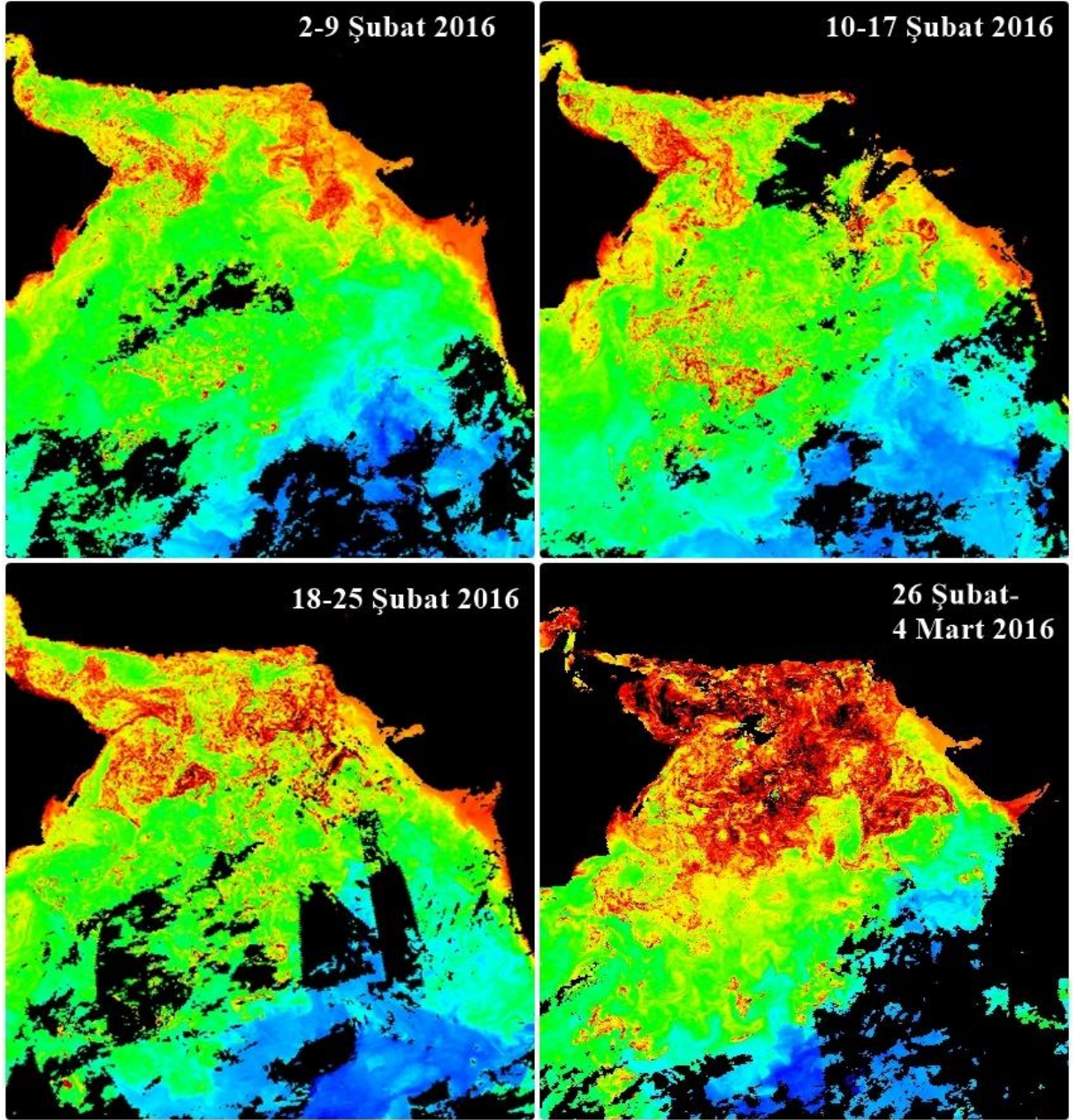
Şekil 6.51. 5 Ocak 2016 tarihinde klorofil a konsantrasyonu [83]

Aynı dönemde Arap Denizi 11 Şubat'ta kuzeyden gelen tozların (Şekil 6.52.) etkisi altında kalmıştır.



Şekil 6.52. 11 Şubat 2016 tarihli uydu görüntüsü [83]

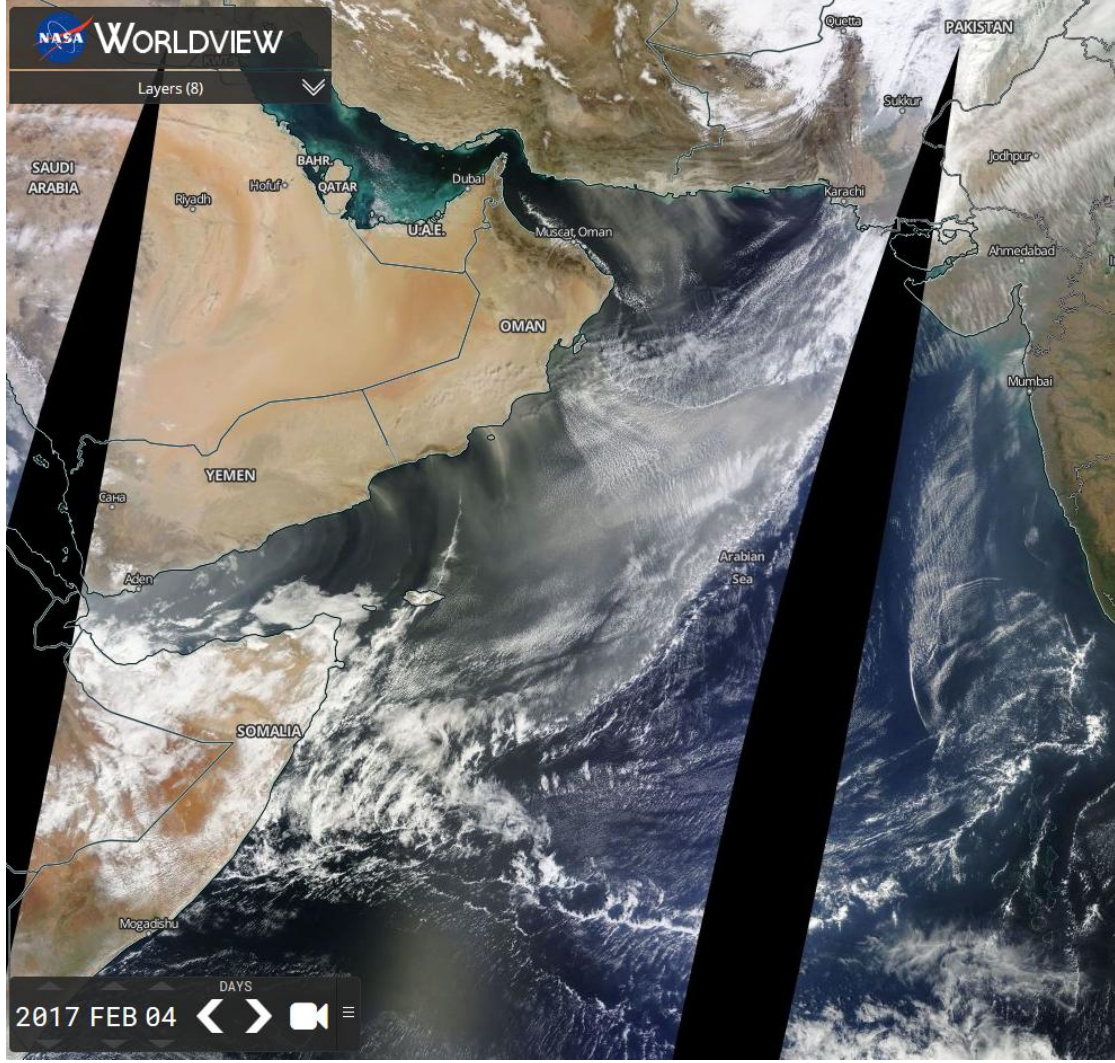
Yine taşınımın gerçekleştiği ve takip eden haftalara bakılacak olunursa, 2-9 Şubat tarihleri arasında Umman ve Pakistan-Hindistan kıyılarında ve ayrıca açık denizde küçük yamalar halinde klorofil-a konsantrasyonu gözlenmektedir. Takip eden haftada Umman açıklarında ve açık denizde klorofil-a konsantrasyonunun giderek arttığı, 18-25 Şubat tarihlerinde Arap Denizi'nin kuzey kesiminde söz konusu artışın yaşandığı görülmektedir. Alg patlamasının tepe noktası ise 26 Şubat – 4 Mart haftasında yaşanmıştır (Şekil 6.53.).



Şekil 6.53. 2 Şubat – 4 Mart tarihleri arası klorofil a konsantrasyonu [85]

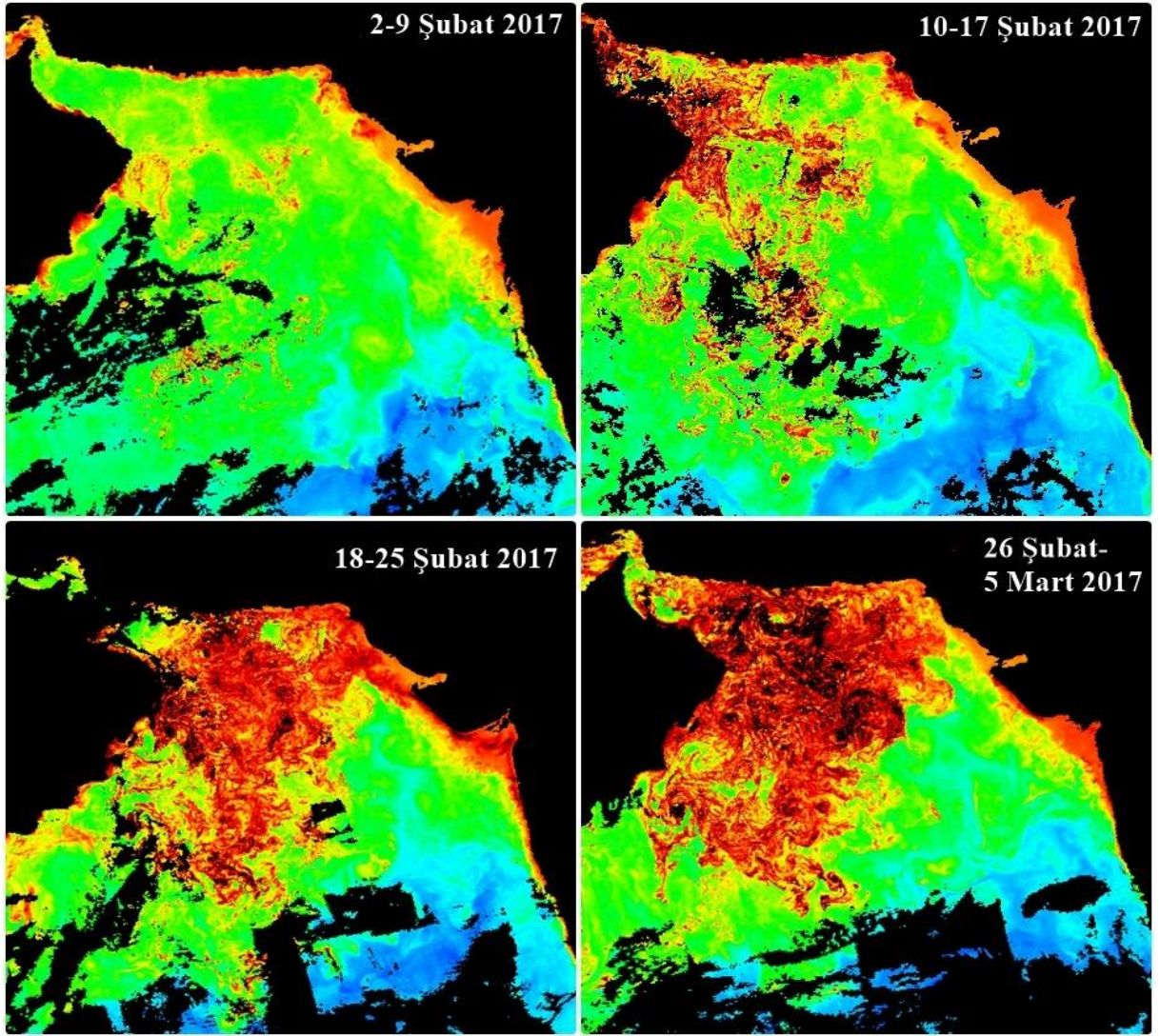
6.3. 2016-17 KDM Dönemi

Görüldüğü üzere 4 Şubat 2017’de Arap Denizi’ne hem Afganistan-Pakistan üzerinden hem de Arap Yarımadası üzerinden yoğun toz taşınımı gerçekleşmiştir (Şekil 6.54.).



Şekil 6.54. 4 Şubat tarihli uydu görüntüsü [83]

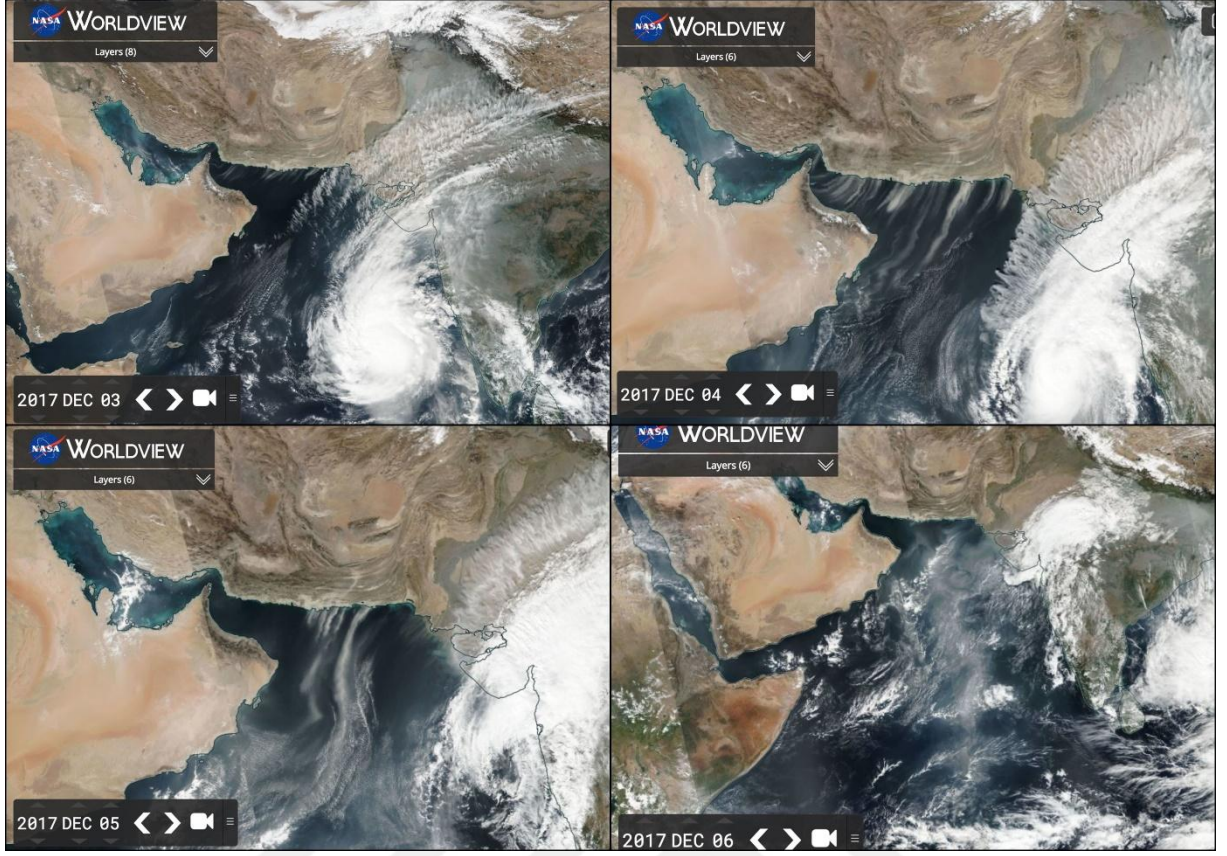
Taşınımın yaşandığı tarihte Umman kıyılarında ve açıklarında algler izlenmektedir. 10-17 Şubat haftasında alg patlamasının Umman körfezi ve açık denize doğru yayıldığı, takip eden haftada ise Arap Denizi genelinde yoğun bir alg patlaması yaşandığı izlenmektedir. Taşınımdan ortalama 25 gün sonra yaşanan yoğun alg patlaması Şekil 6.55.'da görülmektedir.



Şekil 6.55. 2 Şubat – 5 Mart 2017 tarihleri arası klorofil a konsantrasyonu [85]

6.4. 2017-18 KDM Dönemi

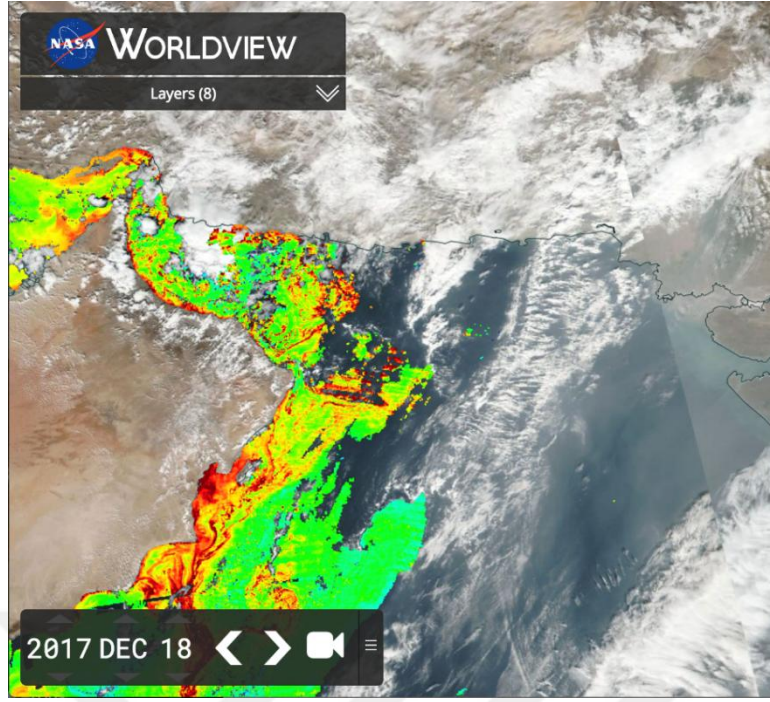
Uydu verileri ile alg patlamaları arasındaki ilişki izlenirken yapılan temel hata verilere istatistiksel olarak yaklaşmak şeklinde olmaktadır. Toz taşınımı episodik bir olaydır ve etkisi taşınım sürecinde etkilediği alanlar ile sınırlı kalmaktadır. Toz taşınımı süreci dahi kendi içerisinde homojen olmayıp denizdeki dalgalar gibi anlık değişimler gösterebilmektedir. 3-4-5-6 Aralık 2017 tarihlerinde KDM sürecinde izlenen toz taşınımı olayı (Şekil 6.56.) episodik olan bu olayın oluşumu sürecinde gösterdiği farklılaşmayı ortaya koymaktadır.



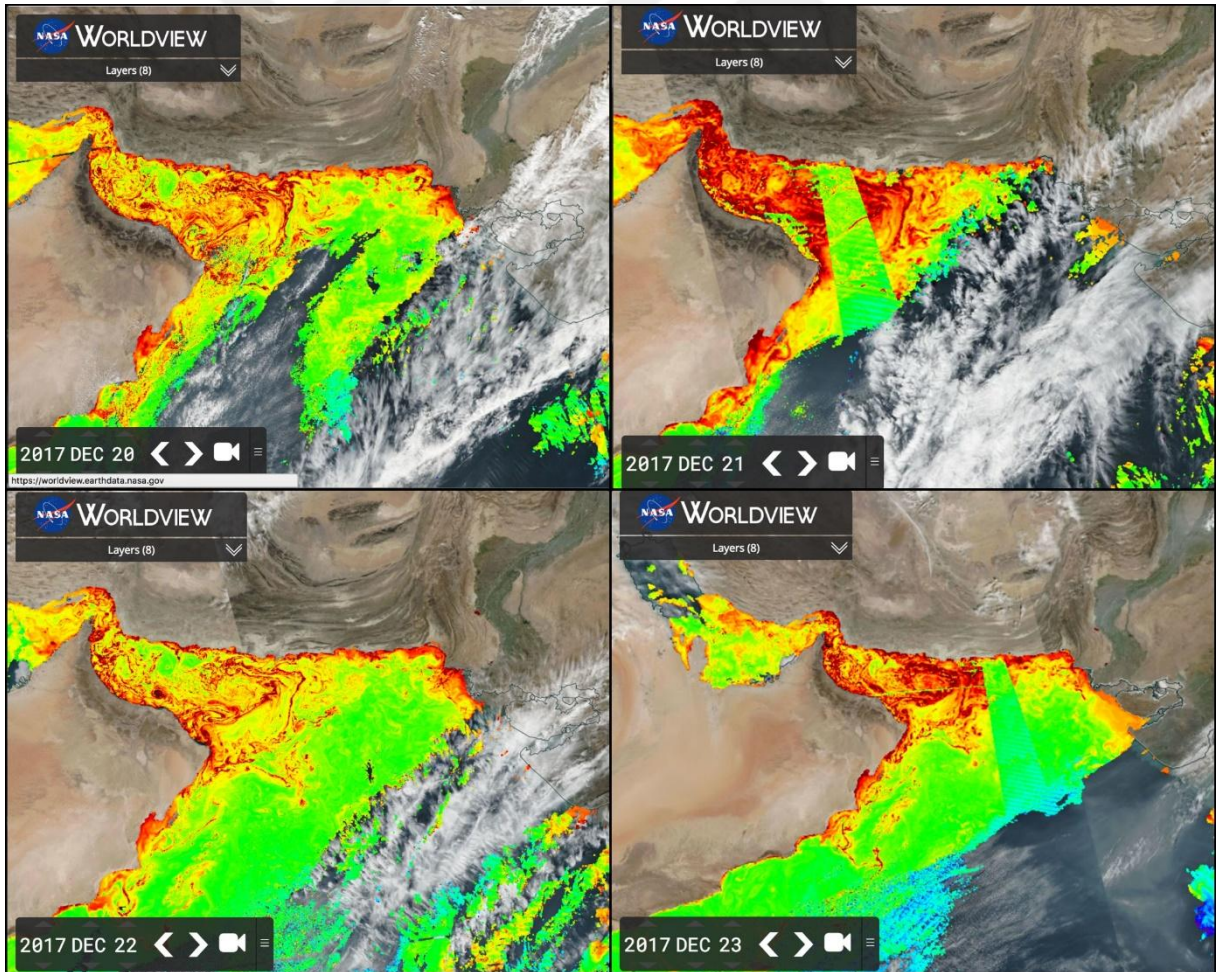
Şekil 6.56. 3-6 Aralık 2017 tarihleri arası toz taşınimleri [83]

Uydu verilerinden de görülebileceği gibi 3-4 ve 5 Aralık tarihlerinde Umman denizinde etkili olan toz taşınimleri 6 Aralık gününde Arap Denizi üzerinde dağılım göstermektedir. Dolayısı ile tozların deniz yüzeyine çökmesi ve alg patlamasının uydu aracılığı ile izlenmesi için aradan geçen süre istatistiksel karşılaştırmaları daha da sorunlu hale getirmektedir.

Öte yandan toz taşınımını takip eden ve alg oluşumu için gerekli olan 15-16 gün sonrası veriler şimdiye kadar denizde yapılan ve oluşumu hakkında kesin bir veriye ulaşılamayan klorofil yoğun bölgelerin toz tohumlaması ile oluşabileceğini göstermektedir. Yoğun alg patlaması öncesi 18 Aralık'ta bulutların elverdiği oranda elde edilen klorofil dağılımı Şekil 6.57.'de verilmiştir. 18 Aralık tarihli bu klorofil dağılımı bölge genelinde çok yoğun olmayan alg patlamalarını göstermektedir.

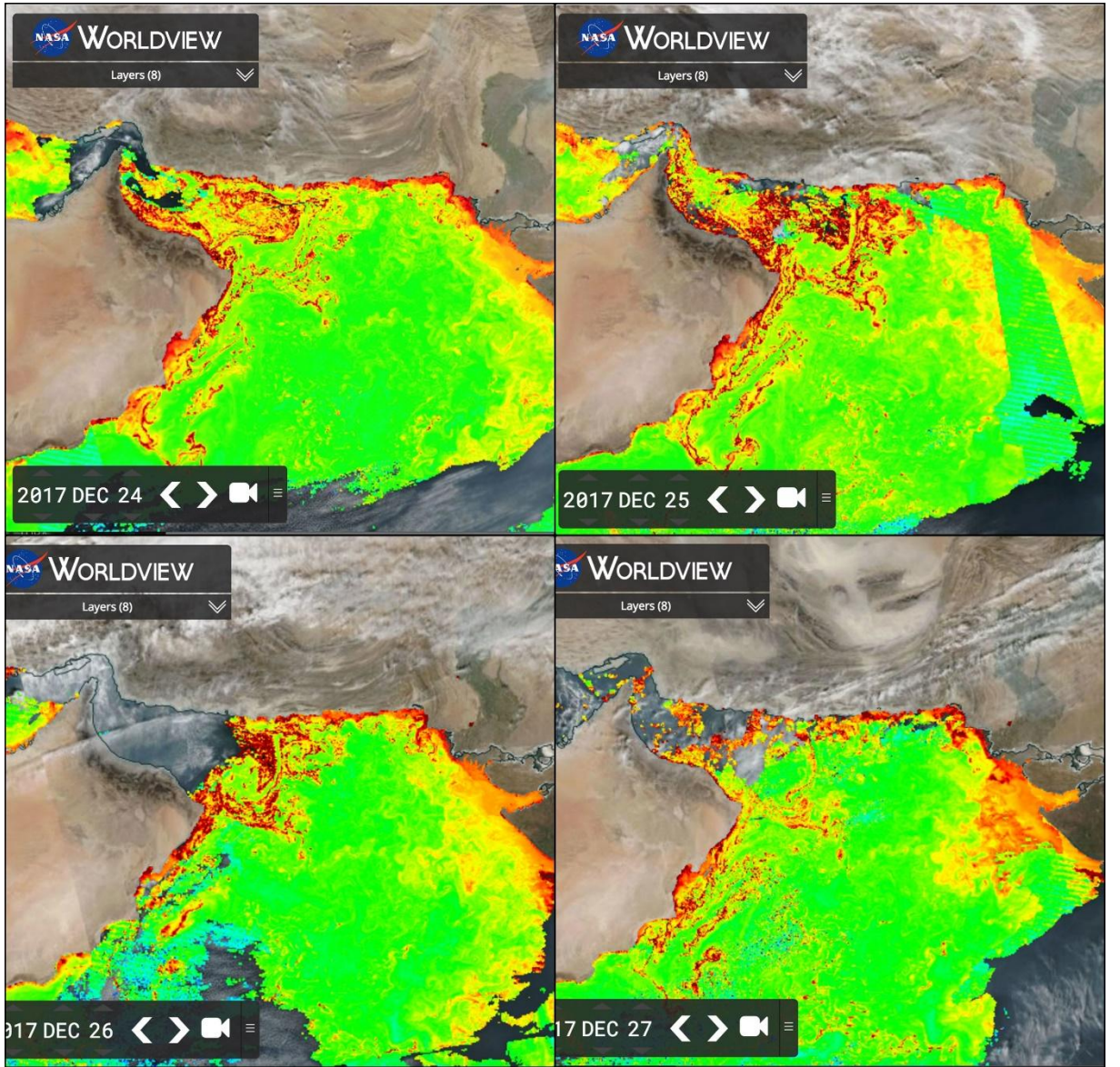


Şekil 6.57. 18 Aralık tarihli klorofil dağılımı [83]



Şekil 6.58. 20-23 Aralık 2017 tarihleri arası klorofil dağılımı [83]

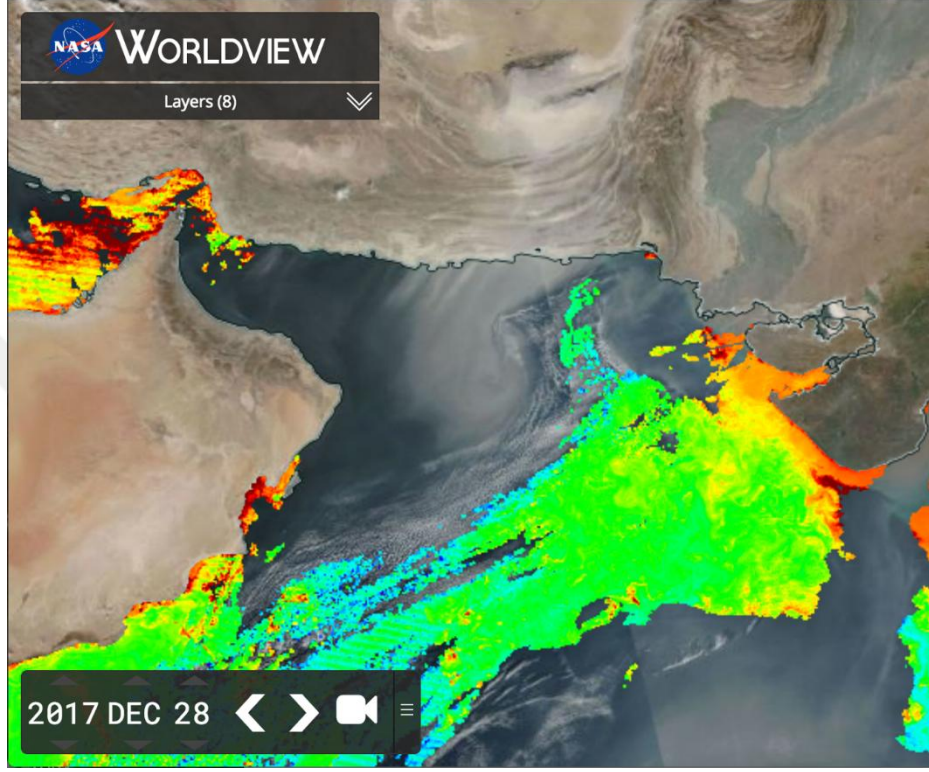
3-4 ve 5 Aralık günlerinden 15 gün sonra elde edilen uydu verisi klorofil dağılımları ise Umman Denizi'nde yoğun alg patlamasını kesin bir şekilde göstermektedir. Toz taşınımının 3 gün süre ile devam etmiş olması nedeni ile bu alg patlamasının açık denize doğru genişlemesini de 21 Aralık 2017 tarihli uydu verisinden de izlemek mümkün olmaktadır. 22-27 Aralık tarihlerinde izlenen alg patlaması da 3-4-5 Aralık tarihlerindeki toz tohumlaması sonrasında oluşan alglerin büyüme eğrisi doğrultusunda deniz yüzeyindeki dağılımı ile ilgili olup bu alg patlamasının 27 Aralık tarihinde etkisini kaybettiği izlenmektedir (Şekil 6.58. ve Şekil 6.59.).



Şekil 6.59. 24-27 Aralık 2017 tarihleri arası klorofil dağılımı [83]

Ancak 28 Aralık tarihi yeni bir toz taşınımı süreci ile (Şekil 6.60.) yeniden alg oluşumu için gerekli olan besin maddeleri deniz yüzeyine taşınmaktadır. *Trichodesmium* gelişme eğrisi ile de uyumlu olan bu tipik olay bize Arap Denizi gibi

toz taşınımı olaylarına sık sık maruz kalan bir denizde hangi alg patlamasının hangi toz taşınımı ile uyumlu olacağı hakkında istatistiksel anlamda doğru bilgi veremeyeceğini göstermektedir. Ancak episodik toz taşınım olayları ile bunu takip eden ve belirgin bir türe ait büyüme eğrisi ile denizdeki klorofil patlaması arasında tam bir uyum izlenmektedir.



Şekil 6.60. 28 Aralık 2017 tarihinde klorofil dağılımı [83]

6.5. Değerlendirme

Bu bölümde 2013 yılından günümüze kadar olan KDM dönemlerinde bazı toz taşınımı vakaları ve tetikledikleri öngörülen alg patlamaları incelenmiştir. Toz taşınımlarının yaşandığı tarihlerde yağış durumu JAXA Küresel Yağmur İzleme aracı ile takip edilmiş ve sadece 8 Aralık 2014 ile 20 Ocak 2015 tarihlerinde yağış izlenmiştir. Tozların genelde kuru olarak deniz yüzeyine çöktüğü görülmektedir.

Bölüm 5'te incelenen zaman serilerinde de görüldüğü gibi, klorofil a konsantrasyonlarında artış, ele alınan kış dönemi içerisinde en çok Şubat ayı ortasından Mart ayı başlarına kadar görülmektedir. Alg patlamaları genelde Arap Denizi'nin kuzey ve orta kesimlerinde yamalar şeklinde görülmekle birlikte, bazı durumlarda geniş bir alana yayıldıkları da gözlemlenmektedir. Çoğu olayda Arap Denizi'nin yanı sıra Umman Körfezi içerisinde ve denize açıldığı bölgede de yoğun şekilde alg patlamaları olduğu görülmektedir. Umman körfezinin üretkenliği yaz

musonu döneminde besince zengin dip sularının yüzeye çıkışı (upwelling) ve girdap (eddy) akımları ile açıklanmış ancak KDM dönemi için fazla araştırma yapılmamıştır [100], [101]. Körfezin yarı açık bir sistem olması, çevresinde bulunan karasal alanlardan kaynaklanan olası kirlilik baskısı, kuzeyinde ve güneybatısında bulunan kurak alanlara yakın oluşu gibi faktörlerin buradaki üretkenliği artıracığı düşünülmektedir. Bunlara ilaveten Tang ve diğ. çalışmalarında körfezin Arap Denizi'ne açıldığı bölgede 1996 yılı Kasım-Aralık aylarında tespit ettikleri alg patlamalarını bölgedeki girdap akımlarına bağlamışlardır [60].

Bu bölümde incelenen toz taşınimleri ile alg patlamaları arasında geçen süre yaklaşık 10 gün ila 25 gün arasında değişmektedir. Çizelge 6.2.'de ele alınan toz taşınımı ve alg patlaması olayları özetlenmiştir.

Çizelge 6.2. Toz taşınımı ve alg patlaması olayları özeti

Ele alınan toz taşınım olayının tarihi	İlişkili alg patlamasının tarihi	Zaman farkı (yaklaşık)	Yağış durumu
17-18 Aralık 2013	1-9 Ocak 2014	19-20 gün	yok
22 & 30 Aralık 2013	12 Ocak 2014	13 & 21 gün	yok
12-17 Ocak 2014	25 Ocak-1 Şubat 2014	15 gün	yok
1-6 Şubat 2014	26 Şubat-5 Mart 2014	20 gün	yok
8-9 Aralık 2014	19-26 Aralık 2014	11-12 gün	var
20-21 Ocak 2015	10-17 Şubat 2015	20 gün	var
7 Mart 2015	14-21 Mart 2015	7-10 gün	yok
23 Aralık 2015	5 Ocak 2016	13 gün	yok
11 Şubat 2016	26 Şubat-4 Mart 2016	17 gün	yok
4 Şubat 2017	26 Şubat-5 Mart 2017	25 gün	yok
3-6 Aralık 2017	19-26 Aralık 2017	15 gün	yok

Bilindiği gibi, fitoplanktonlar sahip oldukları klorofil a pigmentleri sayesinde fotosentez yapmaktadırlar. Başka bir deyişle kendi besinlerini elde edebilmek için havadaki karbondioksiti tüketmektedirler. Bu nedenle Arap Denizi'nde çöl tozlarıyla gelen besinler ile artan fotosentetik aktivitelerin atmosferdeki karbondioksit artışının azaltımında etkili olduğu [2] dolayısıyla önemli bir karbondioksit yutağı olduğu değerlendirilmektedir. Srinivas ve Sarin [4] Arap Denizi'nde atmosferik demir girdisini kullanarak yola çıktıklarında birincil üretim esnasında tutulan karbon miktarını $0,03 \text{ Pg-C yıl}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. Ortalama olarak birincil üreticiler tarafından tutulan karbonun %4.3 ila 8.2'si Arap Denizi'nin derinlerine aktarılmaktadır [72]

Fitoplanktonlar dimetil sülfit (DMS) üretmektedir. DMS-MSA-SO₄ zinciri ile meydana gelen sülfat ise atmosferde bir bulut yoğunlaşma çekirdeği olarak işlev görmektedir [74]. Bu sayede alg patlamaları bulut oluşumuna ve dolayısıyla albedonun artmasına yol açmaktadır. DMS akıllarında iki kat artış küresel sıcaklıkta 1 °C düşüşü sağlamaktadır [2].

Daha önce yapılan bir çalışmada dünyadaki denizlerin %75'inde demir kullanılabilirliğinin N-tutulumunu sınırlandırdığı Srinivas ve Sarin [4] tarafından rapor edilmiştir. Arap Denizi çöllerine yakın olduğu için, buraya taşınan mineral aerosoller ile bu bölgede bulunan *Trichodesmium* gibi diazotrofların yüksek miktardaki demir ihtiyacını karşılayarak N-tutulumunu kolaylaştırmaktadır. Srinivas ve Sarin [4] Arap Denizi için N-tutulum hızını yaklaşık 0,5 Tg-N yıl⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda atmosferik CO₂ seviyeleri hızla artış göstermiştir. Son beş yılda Mauna Loa gözlemevinde ölçülen CO₂ seviyesi 390 ppm dolaylarından 400 ppm üzeri seviyelere çıkmıştır. Karbondioksit ve diğer sera gazlarının artışına bağlı olarak oluşan sıcaklık artışı ve sonuçta ortaya çıkabilecek iklimsel, ekonomik ve sosyal etkiler bilim insanlarının ve karar vericilerin gündeminde önemli bir yer kaplamaktadır.

Söz konusu artışı yavaşlatmak ve ülkelerin sera gazı salımlarını kontrol edebilmek amacıyla politika düzeyinde çeşitli önlemler alınmaya çalışılmıştır. Bu çerçevede Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından 1988 yılında kurulan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli, karar vericilere iklim değişikliğinin etkileri, öngörülen riskler ve iklim değişikliğine uyum ve azaltıma yönelik bilimsel temelli değerlendirmeler sunmaktadır [102]. Ayrıca halihazırda 84 ülke tarafından imzalanmış olan Kyoto Protokolü kapsamında ise 8 yıl içerisinde ülkelerin sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerinin %18 altına düşürmesi hedeflenmektedir [103].

Atmosferdeki CO₂ seviyelerinin azaltılmasına yönelik bilimsel olarak yapılan çalışmalara bakıldığında ise bazı çalışmaların fitoplanktonlar vasıtasıyla CO₂ emilimine yönelik olduğu göze çarpmaktadır. Bu tez çalışması ile ise bu bağlamda Arap Denizi'ne taşınan çöl tozlarının tetiklediği düşünülen alg patlamalarının CO₂ emilimine katkısı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Arap Denizi'nde birincil üretimin en yoğun yaşandığı dönem GBM dönemidir. Bu dönemle ilgili yapılan birçok çalışma bu üretkenliğin besince zengin dip sularının yüzeye çıkmasıyla oluştuğu işaret etmiş, KDM döneminde ise konvektif karışımın derin sulardaki besinleri yüzeye taşıdığı belirtilmekle birlikte beklenenden fazla birincil üretim olduğuna ve yüzey sularında nitrat gibi besin öğelerinin fazlalığına dikkat çekmiştir [1], [9], [30], [32]. KDM dönemindeki bu soru işareti yaratan olguların açıklanmasında çöl tozu taşınımının katkısı olduğu düşünüldüğünden, çalışmada özellikle KDM dönemi ele alınmıştır.

Genel olarak Arap Denizi'nde yıllara göre değişimleri incelendiğinde 1997 yılından günümüze özellikle de 2011 yılından sonra AOD düzeyinde artış olduğu

görülmektedir. Yine klorofil a konsantrasyonlarında da kısmi bir artış yaşandığını söylemek mümkündür.

KDM dönemlerinde uydudan alınan AOD ve klorofil-a değerlerinin değişimine bakıldığında (Bölüm 5) Aralık ayından Mayıs ayına kadar AOD değerleri farklı zamanlarda artış veya azalış eğilimi gösterirken, klorofil-a değerlerinin Aralık-Nisan ayları arası birkaç sefer yüksek konsantrasyon değerlerine ulaştığı, Nisan ayında ise konsantrasyon değerlerinin düşme eğilimi gösterdiği görülmektedir.

Bu azalışın bir sebebi AOD değerindeki yükselmenin çöl tozu kaynaklı olmayıp farklı aerosollerden kaynaklanması olabilir. Ancak uydu görüntüleri incelendiğinde çöl tozu taşınımının o dönemde de devam ettiği görülmektedir. Başka bir olasılık ise fitoplanktonları besin olarak tüketen daha üst trofik düzeydeki canlıların üremiş olması olarak değerlendirilebilir. Yapılan çalışmalar bahar musonlar arası döneminde günlük birincil üretimin %87'sinin tüketildiğini göstermektedir [104].

Ayrıca ele alınan dönemde AOD ve klorofil-a konsantrasyonu verilerinin zaman serilerinin korelasyonuna bakıldığında bazı dönemlerde orta düzeyde pozitif korelasyon izlense de, iki parametre arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığı görülmüştür. Mevcut tez çalışmasında Arap Denizi'nin bir bütün olarak ele alınmış olması anlamlı bir sonuç çıkmamasına kısmen sebebiyet vermiş olabilir. Literatüre bakıldığında Arap Denizi'nin birkaç bölgeye ayrılıp anılan parametrelerinin değerlendirildiği çalışmalarda, farklı bölgelerde AOD ve klorofil-a arasındaki istatistiksel ilişkinin farklı olduğu görülmüştür. Sarangi [3]'nin çalışmasında Arap Denizi'nde seçilen iki altkümeden birinde aerosol ve klorofil arasında r^2 değeri 0,149 diğeri ise 0,584 olarak tespit edilmiştir. Banerjee ve Kumar'ın [28] çalışmasındaki korelasyon haritasına bakıldığında daha ziyade Arap Denizi'nin orta kesiminde çöl tozu ve klorofil-a arasında yüksek pozitif korelasyon bulunduğu görülmüştür.

Gerçek zamanlı uydu görüntüleri incelendiğinde de klorofil-a dağılımının mekânsal olarak değiştiği görülmektedir. Mevcut çalışmada Arap Denizi bir bütün olarak ele alınmış dolayısıyla uydudan belirli tarih aralığında elde edilen 8-günlük kompozit klorofil-a konsantrasyon verisi Arap Denizi için o günlerdeki ortalama değeri temsil etmiştir.

Toz taşınımları ile ilgili dikkat çeken bir nokta ise taşınım olaylarının vaka temelli oluşudur. Bu nedenle farklı zaman aralıklarıyla değişik yönlerden gelen tozların kaynağının ve bunların alg patlamalarına olan etkilerinin incelenmesinde her bir taşınım olayının kendi başına değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bölüm 6'da 2013 yılından itibaren KDM dönemlerinde seçili toz taşınımları ve takip eden tarihlerdeki klorofil-a konsantrasyonları incelenmiştir. Episodlar incelendiğinde alg patlamalarının kapladıkları alan ve süreleri değişkenlik göstermekle birlikte daha ziyade Arap Denizi'nin kuzey ve orta kesimlerinde yüksek klorofil-a konsantrasyon değerleri gözlenmektedir. Toz taşınımları ve alg patlamaları arasında geçen süre 10 ila 25 gün arasındadır. Çöl tozları genelde kuru şekilde deniz yüzeyine çökelmiş, sadece 2014-15 KDM döneminde iki ayrı tarihte yağış izlenmiştir.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile Arap denizi gibi üretken bir denizin şimdiye kadar yapılan çalışmalara göre her şeyin denizden geleceği varsayımı ile işlev görmediği izlenmektedir. Yapılan araştırmalarda özellikle KDM süreçlerinde Arap Denizi yüzey sularında izlenen alg oluşumu, nitrat ve nitrit fazlalığının tamamen toz kaynaklı olduğu öne sürülebilir. Bu kanı Göral [40] tarafından yapılan Afgan yüzey toprak örnek analizleri ile de kesinleşmiş olan bir olguya dayanmaktadır. Göral [40] tarafından yapılan çalışma halen bilimsel araştırmaların yürütülmesi için uygun bir ortam sağlayamayan Afganistan topraklarında yapılan çalışmadır. Bu çalışmada ortaya konulan sonuçların KDM rüzgârları ile birleştirilmesi sonucunda Arap Denizi'nde izlenen alg patlamaları ve yüzey sularındaki nitrat ve nitrit fazlalığı kesin bir şekilde açıklanabilmektedir.

Çevresel açıdan bu olay bize denizlerde alg patlamasının sürdürülebilir olma olasılığını sağlayacağı için küresel iklim değişimine neden olan karbon dioksitin emilebilmesi için istenilen yerde ve zamanda bir çökeltme alanı yaratabilmesi açısından önemlidir. Alg patlaması besin zincirinin en alt katmanını da yaratması nedeni ile de ayrıca önemlidir.

Bu tez çalışması sonucunda denizlerdeki alg patlamasının Martin [5] tarafından ortaya atılan demir tohumlaması sonucunda oluştuğu tezi bir kez daha desteklenmiş olmaktadır. Arap Denizi gibi çöller ile çevrili bir denizde neredeyse her çöl tozu taşınımı sonrasında alg oluşumunun izlenmesi atmosferik girdinin alg patlaması üzerinde ne kadar etkili olduğunu da ayrıca göstermektedir.

Uydu verileri ile net bir şekilde izlenebilen toz taşınımı ve alglerin gelişim için aradan geçmesi gereken gün sayısı sonrasında toz taşınımının etkilediği alanlarda bir başka şekilde açıklanması mümkün olmayan alg oluşumları tamamen o toz taşınımı ile ilgili bir olay olup genellemeye olanak vermemektedir.

Bu nedenle uydular aracılığı ile izlenen toz ve alg arasındaki ilişkinin istatistiksel anlamda izlenmesi bilim dünyasını yanıltmaktadır. Özellikle Arap denizinde çok sık aralıklar ile izlenebilen her toz taşınım olayı tozun içerdiği besin tuzları ile orantılı olarak deniz yüzeyinde alg oluşumuna neden olmaktadır. Halbuki, herhangi bir alg patlaması olayından sonra oluşan organik yükün deniz dibine batması demineralizasyon sonrası oluşacak minerallerin döngüler aracılığı ile aradan belirli bir süre geçmesi sonrasında yeniden deniz yüzeyine ulaşması hatta Arap Denizi gibi güneş enerjisinin fazla olduğu yerlerde yüzey suları yerine daha derinlerde yeniden alg patlamasına neden olması beklenir. Banerjee ve Kumar'ın [28] toz olmadığı zamanlarda karışma tabakası derinliğinin artmasına rağmen kayda değer seviyede klorofil-a artışı olmaması; bu nedenle Arap Denizi'nin orta kesiminde tek başına karışma tabakası derinliğinin artışının besin sınırlamasını ortadan kaldırmayacağına yönelik çıkarımı da bu olguyu desteklemektedir.

Arap Denizi özelinde oluşan bir başka çıkarım ise her denizin ona etki eden hava koşullarına göre şekillenmesi olgusunu desteklemesidir. Arap Denizi yağışların özellikle de KDM döneminde en az olduğu ancak toz taşınımının ise çok sık izlendiği bir bölgedir. Tozların bulut içerisinde esasları Saydam ve Şenyuva [67] tarafından açıklanan etkileşimden geçmeden deniz yüzeyine çökmesi ve bu sürecin Arap Denizi'nin oluşması sonrasında jeolojik bir zaman sürecinde tekrarlanır olması bu denizde meydana gelen alg patlamalarının tamamen kuru toz çökmesine bağlanabileceği hipotezinin oluşmasına neden olmuştur.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile küresel anlamda alg patlamaları dolayısıyla küresel atmosferik karbon dioksitin okyanus tarafından emilmesine neden olabilecek bir ortamın, Arap Denizi özelinde KDM dönemlerinde kuru toz çökmesi ile tetiklenebileceği gösterilmiş olmaktadır. Her kuru toz çökmesinin belirli bir zaman süreci sonra alg oluşumuna neden olması toz taşınımı ile alg patlaması arasında her bir türün gelişme eğrisine bağımlı olarak belirli bir zaman süreci gerektirmektedir. İşte bu zaman süreci günümüze kadar ve halen de bilim dünyasını yanıltmakta ve alg patlaması her nedense alg patlamasının olduğu

zaman dilimi içerisindeki atmosferik veya okyanus koşulları ile açıklanmaya çalışılmaktadır.

Bu tez çalışmasında yapılan istatistiksel analizlerin genel bir yaklaşım sergilemesi, alg patlaması dönemlerinde atmosferik koşulların uygun olmaması ve çalışma alanının Arap Denizi gibi çok sık toz taşınımının izlendiği bir bölge olması nedeniyle başarılı olamamıştır. Aslında bunun nedeni her bir alg patlamasının o alg oluşumunu tetikleyen toz taşınımına ve o süreçteki toz dağılımına bağlı olmasına dayanmaktadır. Yani alg oluşumu toz çökme olayı ve alglerin gelişimi sürecinde deniz yüzeyindeki akıntıların alg dağılımını etkilemesi ile şekillenmektedir.

Özetle Arap Denizi'nde toz taşınımı ile tetiklendiği düşünülen alg patlamalarının iklim üzerine olumlu etkileri olacağı değerlendirilmektedir. Bu olası etkilerden ilki, oluşan alg patlamalarının atmosferdeki CO₂ için bir yutak oluşturmalarıdır. Bu şekilde, Arap Denizi'nde veya yeryüzündeki farklı denizel alanlarda alg oluşumu tetiklenerek yutak kapasitesinin artırılacağı öngörülmektedir. İkinci olarak ise alglerin ürettikleri dimetilsülfat vasıtasıyla oluşan sülfat aerosolleri bulut yoğunlaştırma çekirdeği görevi görmekte ve bulutluluğu artırmaktadır. Dolayısıyla albedo artışı yaşanmaktadır. Bu da alg patlamalarının dolaylı olarak yaşanan sıcaklık artışına olumlu bir katkısı olarak değerlendirilmektedir. Bu tez çalışması sürecinde episodik bazda yapılan incelemeler sürecinde toz taşınımı sonrasında alg oluşumuna denk gelen günlerde uydu verileri çoğunlukla bulut oluşumunu desteklemiştir. Dolayısı ile bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda toz alg oluşumu süresince atmosferdeki bulut oluşumunun da incelenmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Bundan sonraki süreçte Arap Denizi etrafında bulunan Pakistan, Afganistan, İran ve civarındaki toprak örneklerinin özelliklerinin incelenmesine ve farklı denizel alanlarda örneğin kuzey enlemlerde bulunan denizlerde çöl tozları ile alg patlamalarının tetiklenme potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik çalışmaların yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Alg oluşumu ile toz arasındaki bağlantı bu şekilde ise; teknoloji bize alg patlamasının istenildiği yer ve zamanda sürdürülebilir olabileceğini de göstermektedir. Alg oluşumunun sürdürülebilir olması küresel karbon döngüsüne

de istenildiği şekilde müdahale edebilme sanatının da başlangıcı olmaktadır. Bu olgu küresel ısınmanın ana unsurlarından olan karbon dioksitin okyanus tarafından emilmesine ve alg patlaması ve dolayısı ile sürdürülebilir balıkçılık olgusu ile birlikte Arap Denizi'ni çevreleyen ülkeler için yeni bir uygulama alanının oluşmasına neden olabilecektir.



KAYNAKLAR

- [1] Barber, R. T., Marra, J., Bidigare, R. R., Codispoti, L. A., Halpern, D., ve Johnson, Z., Primary productivity and its regulation in the Arabian Sea during 1995, *Deep-Sea Research Part II*, 48, 6–7, 1127–1172, **2001**.
- [2] Hamza, W., Enan, M. R., Al-Hassini, H., Stuut, J. B., ve De-Beer, D., Dust storms over the Arabian Gulf: A possible indicator of climate changes consequences, *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 14, 3, 260–268, **2011**.
- [3] Sarangi, R. K., Spatiotemporal variability of MODIS-Aqua-derived aerosol and its impact on surface chlorophyll-a in the Indian coastal and offshore waters, *Journal of Applied Remote Sensing*, 7, 1, **2013**.
- [4] Srinivas, B. ve Sarin, M. M., Atmospheric deposition of N, P and Fe to the Northern Indian Ocean: Implications to C- and N-fixation, *Science of the Total Environment*, 456–457, 104–114, **2013**.
- [5] Martin, J. H., Glacial interglacial CO₂ change: The Iron Hypothesis, *Paleoceanography*, 5, 1, 1–13, **1990**.
- [6] Göral, A. Ö., Ghandi, A. H. A., ve Saydam, A. C., Afghanistan Reveals the Source of Atmospheric Nitrogen during North Western Moonsoons, *Mehran University Research Journal of Engineering&Technology*, 33, October, 449–460, **2014**.
- [7] Charlson, R. J., Lovelock, J. E., Andreae, M. O., ve Warren, S. G., Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate, *Nature*, 326, 6114, 655–661, **1987**.
- [8] Zhao, J. ve Ghedira, H., Monitoring red tide with satellite imagery and numerical models: A case study in the Arabian Gulf, *Marine Pollution Bulletin*, 79, 1–2, 305–313, **2014**.
- [9] Sarangi, R. K., Chauhan, P., ve Nayak, S. R., Inter-annual variability of phytoplankton blooms in the northern Arabian Sea during winter monsoon period (February-March) using IRS-P4 OCM data, *Indian Journal of Marine Sciences*, 34, 2, 163–173, **2005**.
- [10] Sigman, D. M. ve Boyle, E. A., Glacial/interglacial variations in atmospheric carbon dioxide, *Nature*, 407, October, 859–869, **2000**.
- [11] IPCC, *Climate Change 2014: Synthesis Report*, Geneva, Switzerland, **2014**.
- [12] Nair, A., Sathyendranath, S., Platt, T., Morales, J., Stuart, V., Forget, M. H., Devred, E., ve Bouman, H., Remote sensing of phytoplankton functional types, *Remote Sensing of Environment*, 112, 8, 3366–3375, **2008**.
- [13] Eker Develi, E., Denizel Fitoplanktonun Ekolojik Önemi ve Küresel İklim Değişikliğindeki Rolü, *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5, 2, 285–293, **2009**.
- [14] Anonim, National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global>.

[html](#) (Haziran, **2016**).

- [15] Guieu, C., Aumont, O., Paytan, A., Bopp, L., Law, C. S., vd., Global Biogeochemical Cycles deposition to Low Nutrient Low Chlorophyll regions, *Global Biogeochemical Cycles*, 28, 1–20, **2014**.
- [16] Arun Kumar, S. V. V., Babu, K. N., ve Shukla, A. K., Comparative Analysis of Chlorophyll-a Distribution from SeaWiFS, MODIS-Aqua, MODIS-Terra and MERIS in the Arabian Sea, *Marine Geodesy*, 38, 1, 40–57, **2015**.
- [17] Guerzoni, S., Chester, R., Dulac, F., Herut, B., Lo e-Pilot, M.-D., Measures, C., Migon, C., Molinaroli, E., Moulin, C., ve Rossini, P., The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea, *Progress in Oceanography*, 44, 1, 147–190, **1999**.
- [18] Anonim, The International Environmental Data Rescue Organization. <http://iedro.org/articles/ocean-acidification-and-the-short-term-marine-carbon-cycle> (Haziran, **2016**).
- [19] Al-Shehhi, M. R., Gherboudj, I., ve Ghedira, H., A study on the effect of dust and wind on phytoplankton activities in the Arabian Gulf, *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*.22-27 Temmuz, M n h, Almanya, **2012**.
- [20] Ramanathan, V., Crutzen, P. J., Lelieveld, J., Mitra, A. P., Althausen, D., vd., Indian Ocean Experiment: An integrated analysis of the climate forcing and effects of the great Indo-Asian haze, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 106, D22, 28371–28398, **2001**.
- [21] Cropp, R. A., Gabric, A. J., McTainsh, G. H., Braddock, R. D., ve Tindale, N., Coupling between ocean biota and atmospheric aerosols: Dust, dimethylsulphide, or artifact?, *Global Biogeochemical Cycles*, 19, 4, **2005**.
- [22] Sullivan, R. C., Guazzotti, S. A., Sodeman, D. A., ve Prather, K. A., Direct observations of the atmospheric processing of Asian mineral dust, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, 5, 1213–1236, **2007**.
- [23] Léon, J. F. ve Legrand, M., Mineral dust sources in the surroundings of the North Indian Ocean, *Geophysical Research Letters*, 30, 6, **2003**.
- [24] Tan, S. C. ve Wang, H., The transport and deposition of dust and its impact on phytoplankton growth in the Yellow Sea, *Atmospheric Environment*, 99, 491–499, **2014**.
- [25] Schulz, M., Prospero, J. M., Baker, A. R., Dentener, F., Ickes, L., Liss, P. S., Mahowald, N. M., Nickovic, S., García-Pando, C. P., Rodríguez, S., Sarin, M., Tegen, I., ve Duce, R. A., Atmospheric transport and deposition of mineral dust to the ocean: Implications for research needs, *Environmental Science and Technology*, 46, 19, 10390–10404, **2012**.
- [26] Banerjee, P. ve Prasanna Kumar, S., Dust-induced episodic phytoplankton blooms in the Arabian Sea during winter monsoon, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119, 10, 7123–7138, **2014**.

- [27] Jickells, T. D., Global Iron Connections Between Desert Dust, Ocean Biogeochemistry, and Climate, *Science*, 308, 5718, 67–71, **2005**.
- [28] Banerjee, P. ve Prasanna Kumar, S., Dust-induced episodic phytoplankton blooms in the Arabian Sea during winter monsoon, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119, 10, 7123–7138, **2014**.
- [29] Patra, P. K., Kumar, M. D., Mahowald, N., ve Sarma, V. V. S. S., Atmospheric deposition and surface stratification as controls of contrasting chlorophyll abundance in the North Indian Ocean, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112, 5, 1–14, **2007**.
- [30] Marra, J., Dickey, T. D., Ho, C., Kinkade, C. S., Sigurdson, D. E., Weller, R. A., ve Barber, R. T., Variability in primary production as observed from moored sensors in the central Arabian Sea in 1995, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 45, 10–11, 2253–2267, **1998**.
- [31] Kabanova, Y. G., Primary Production of the northern part of the Indian Ocean, *Oceanology*, 8, 214–225, **1968**.
- [32] Banse, K., Seasonality of phytoplankton chlorophyll in the central and northern Arabian Sea, *Deep-Sea Research*, 34, 713–723, **1987**.
- [33] Bauer, S., Hitchcock, G. L., ve Olson, D. B., Influence of moonsoonally-forced Ekman dynamics upon surface layer depth and plankton biomass distribution in the Arabian Sea, *Deep-Sea Research*, 38, 531–553, **1991**.
- [34] Gundersen, J. S., Gardner, W. D., Richardson, M. J., ve Walsh, I. D., Effects of monsoons on the seasonal and spatial distributions of POC and chlorophyll in the Arabian Sea, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 45, 10–11, 2103–2132, **1998**.
- [35] M, L. ve Bidigare, R. R., A comparison of phytoplankton populations of the Arabian Sea during the Spring Intermoonsoon and Southwest Moonsoon of 1995 as described by HPLC-analyzed pigments, *Deep-Sea Research II*, 45, 2133–2170, **1998**.
- [36] Garrison, D. L., Gowing, M. M., Hughes, M. P., Campbell, L., Caron, D. A., Dennett, M. R., Shalapyonok, A., Olson, R. J., Landry, M. R., Brown, S. L., Liu, H.-B., Azam, F., Steward, G. F., Ducklow, H. W., ve Smith, D. C., Microbial food web structure in the Arabian Sea: a US JGOFS study, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 47, 7–8, 1387–1422, **2000**.
- [37] Gardner, W. D., Gundersen, J. S., Richardson, M. J., ve Walsh, I. D., The role of seasonal and diel changes in mixed-layer depth on carbon and chlorophyll distributions in the Arabian Sea, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 46, 8–9, 1833–1858, **1999**.
- [38] Wiggert, J. ., Jones, B. ., Dickey, T. ., Brink, K. ., Weller, R. ., Marra, J., ve Codispoti, L. ., The Northeast Monsoon's impact on mixing, phytoplankton biomass and nutrient cycling in the Arabian Sea, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 47, 1353–1385, **2000**.

- [39] McCarthy, J. J., Garside, C., ve Nevins, J. L., Nitrogen dynamics during the Arabian Sea Northeast Monsoon, *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 46, 8–9, 1623–1664, **1999**.
- [40] Göral, A. Ö., *Afganistan toprak örneklerinin bazı özelliklerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2004**.
- [41] Singh, R. P., Prasad, A. K., Kayetha, V. K., ve Kafatos, M., Enhancement of oceanic parameters associated with dust storms using satellite data, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 113, 11, 1–13, **2008**.
- [42] Dorgham, M. M., Plankton research in the ROPME sea area, achievements and gaps, *International Journal of Environmental Research*, 7, 3, 767–778, **2013**.
- [43] Tholkapiyan, M., Shanmugam, P., ve Suresh, T., Monitoring of ocean surface algal blooms in coastal and oceanic waters around India, *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 7, 4129–4137, **2014**.
- [44] Bindu, S., A.p., D., Raju, S., G. S. B., ve S. L., Occurrence of Noctulica scintillans bloom off Mangalore in the Arabian Sea, *Indian Journal of Fisheries*, 61, 42–48, **2014**.
- [45] Basu, S., Deobagkar, D. D., Matondkar, S. G. P., ve Furtado, I., Culturable Bacterial Flora Associated with the Dinoflagellate Green Noctiluca miliaris During Active and Declining Bloom Phases in the Northern Arabian Sea, *Microbial Ecology*, 65, 4, 934–954, **2013**.
- [46] Taylor, P., Al-azri, A., Piontkovski, S., Al-hashmi, K., ve Al-azri, N., The occurrence of algal blooms in Omani coastal waters, *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 5, Ekim 2013, 37–41, **2012**.
- [47] Madhu, N. V., Jyothibabu, R., Maheswaran, P. A., Kadeparambil, A. J., ve Achuthankutty, C. T., Enhanced chlorophyll a and primary production in the northern Arabian Sea during the spring intermoonsoon due to green Noctulica scintillans bloom, *Marine Biology Research*, 8, 182–188, **2012**.
- [48] Bhaskar, P. V., Roy, R., Gauns, M., Shenoy, D. M., Rao, V. D., ve Mochemadkar, S., Identification of non-indigenous phytoplankton species dominated bloom off Goa using inverted microscopy and pigment (HPLC) analysis, *Journal of Earth System Science*, 120, 6, 1145–1154, **2011**.
- [49] Roy, R., Pratihary, A., Narvenkar, G., Mochemadkar, S., Gauns, M., ve Naqvi, S. W. A., The relationship between volatile halocarbons and phytoplankton pigments during a Trichodesmium bloom in the coastal eastern Arabian Sea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 95, 1, 110–118, **2011**.
- [50] Basu, S., Matondkar, S. G. P., ve Furtado, I., Enumeration of bacteria from a Trichodesmium spp. bloom of the Eastern Arabian Sea: Elucidation of their possible role in biogeochemistry, *Journal of Applied Phycology*, 23, 2, 309–319, **2011**.

- [51] Richlen, M. L., Morton, S. L., Jamali, E. A., Rajan, A., ve Anderson, D. M., The catastrophic 2008-2009 red tide in the Arabian gulf region, with observations on the identification and phylogeny of the fish-killing dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*, *Harmful Algae*, 9, 2, 163–172, **2010**.
- [52] Joseph, T., Shaiju, P., Laluraj, C. M., Balachandran, K. K., Nair, M., George, R., Nair, K. K. C., Sahayak, S., ve Prabhakaran, M. P., Nutrient environment of red tide-infested waters off south-west coast of India, *Environmental Monitoring and Assessment*, 143, 1–3, 355–361, **2008**.
- [53] Dwivedi, R. M., Raman, M., Babu, K. N., Singh, S. K., Vyas, N. K., ve Matondkar, S. G. P., Formation of algal bloom in the northern Arabian Sea deep waters during January-March: A study using pooled in situ and satellite data, *International Journal of Remote Sensing*, 29, 15, 4537–4551, **2008**.
- [54] Kurian, S., Shenoy, D. M., Gauns, M., Roy, R., Narvenkar, G., Pratihary, A. K., ve Paul, J. T., Water column characteristics following the September 2004 stench event off southern Malabar coast, *Indian Journal of Marine Sciences*, 36, 3, 199–205, **2007**.
- [55] Dwivedi, R. M., Raman, M., Parab, S., Matondkar, S. G. P., ve Nayak, S., Influence of northeasterly trade winds on intensity of winter bloom in the Northern Arabian Sea, *Current Science*, 90, 1397–1406, **2006**.
- [56] Garrison, D. L., Gowing, M. M., ve Hughes, M. P., Nano- and microplankton in the northern Arabian Sea during the Southwest Monsoon, August–September 1995 A US–JGOFS study, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 45, 10–11, 2269–2299, **1998**.
- [57] Latif, S., Ayub, Z., ve Siddiqui, G., Seasonal variability of phytoplankton in a coastal lagoon and adjacent open sea in Pakistan, *Turkish Journal of Botany*, 37, 2, 398–410, **2013**.
- [58] Naz, T., Burhan, Z. U. N., Munir, S., ve Siddiqui, P. J. A., Seasonal abundance of diatoms in correlation with the physicochemical parameters from coastal waters of Pakistan, *Pakistan Journal of Botany*, 45, 4, 1477–1486, **2013**.
- [59] Krishnan, A. A., Krishnakumar, P. K., ve Rajagopalan, M., *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) bloom along the southwest coast of India (Arabian Sea) and its impact on trace metal concentrations in seawater, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71, 3–4, 641–646, **2007**.
- [60] Tang, D. L., Kawamura, H., ve Luis, A. J., Short-term variability of phytoplankton blooms associated with a cold eddy in the northwestern Arabian Sea, *Remote Sensing of Environment*, 81, 1, 82–89, **2002**.
- [61] Parab, S. G. ve Matondkar, S. G. P., Primary productivity and nitrogen fixation by *Trichodesmium* spp. in the Arabian Sea, *Journal of Marine Systems*, 105–108, 82–95, **2012**.

- [62] Sarangi, R. K., Observation of Algal Bloom in the Northwest Arabian Sea Using Multisensor Remote Sensing Satellite Data, *Marine Geodesy*, 35, 2, 158–174, **2012**.
- [63] Westberry, T. K., Siegel, D. A., ve Subramaniam, A., An improved bio-optical model for the remote sensing of *Trichodesmium* spp. blooms, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 110, 6, 1–11, **2005**.
- [64] Subramaniam, A., Brown, C. W., Hood, R. R., Carpenter, E. J., ve Capone, D. G., Detecting *Trichodesmium* blooms in SeaWiFS imagery, *Deep-Sea Research II*, 49, 107–121, **2002**.
- [65] Rodriguez, I. B. ve Ho, T.-Y., Diel nitrogen fixation pattern of *Trichodesmium*: the interactive control of light and Ni, *Scientific Reports*, 4, 1, 4445, **2015**.
- [66] Özsoy, T., Saydam, C., Kubilay, N., Nalçacı, O. B., ve Salihoğlu, İ., Aerosol Nitrate and Non-Sea-Salt Sulfate Over the Eastern Mediterranean, *Air Pollution Modeling and Its Application XIII*, 7, July 1992, 743–744, **2000**.
- [67] Saydam, A. C. ve Senyuva, H. Z., Deserts: Can they be the potential suppliers of bioavailable iron?, *Geophysical Research Letters*, 29, 11, 18–20, **2002**.
- [68] Volpe, G., Banzon, V. F., Evans, R. H., Santoleri, R., Mariano, A. J., ve Sciarra, R., Satellite observations of the impact of dust in a low-nutrient, low-chlorophyll region: Fertilization or artifact?, *Global Biogeochemical Cycles*, 23, 3, 1–14, **2009**.
- [69] Bonnet, S., Guieu, C., Chiaverini, J., Ras, J., ve Stock, A., Effect of atmospheric nutrients on the autotrophic communities in a low nutrient, low chlorophyll system, *Limnology and Oceanography*, 50, 6, 1810–1819, **2005**.
- [70] Patra, P. K., Moore, J. K., Mahowald, N., Uematsu, M., Doney, S. C., ve Nakazawa, T., Exploring the sensitivity of interannual basin-scale air-sea CO₂ fluxes to variability in atmospheric dust deposition using ocean carbon cycle models and atmospheric CO₂ inversions, *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 112, 2, 1–12, **2007**.
- [71] Houghton, R. A., Balancing the Global Carbon Budget, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35, 1, 313–347, **2007**.
- [72] Sarma, V. V. S. S., Swathi, P. S., Kumar, M. D., Prasannakumar, S., Bhattathiri, P. M. A., Madhupratap, M., Ramaswamy, V., Sarin, M. M., Gauns, M., Ramaiah, N., Sardesai, S., ve de Sousa, S. N., Carbon budget in the eastern and central Arabian Sea: An Indian JGOFS synthesis, *Global Biogeochemical Cycles*, 17, 4, 1102, **2003**.
- [73] Bishop, J. K. B., Davis, R. E., ve Sherman, J. T., Robotic observations of dust storm enhancement of carbon biomass in the North Pacific., *Science*, 298, 5594, 817–21, **2002**.
- [74] Eker-Develi, E., Kideys, A. E., ve Tugrul, S., Role of Saharan dust on phytoplankton dynamics in the northeastern Mediterranean, *Marine Ecology Progress Series*, 314, 2001, 61–75, **2006**.

- [75] Fernández, A., Mouriño-Carballido, B., Bode, A., Varela, M., ve Marañón, E., Latitudinal distribution of *Trichodesmium* spp. and N₂ fixation in the Atlantic Ocean, *Biogeosciences*, 7, 10, 3167–3176, **2010**.
- [76] Do Rosario Gomes, H., Goes, J. I., Matondkar, S. G. P., Buskey, E. J., Basu, S., Parab, S., ve Thoppil, P., Massive outbreaks of *Noctiluca scintillans* blooms in the Arabian Sea due to spread of hypoxia, *Nature Communications*, 5, Mayıs, **2014**.
- [77] Anonim, The Earth Observing Laboratory (National Center for Atmospheric Research). https://www.eol.ucar.edu/field_projects/indoex (Haziran, **2018**).
- [78] Tindale, N. W. ve Pease, P. P., Aerosols over the Arabian Sea: Atmospheric transport pathways and concentrations of dust and sea salt, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 46, 8–9, 1577–1595, **1999**.
- [79] D'Silva, M. S., Anil, A. C., Naik, R. K., ve D'Costa, P. M., Algal blooms: A perspective from the coasts of India, *Natural Hazards*, 63, 2, 1225–1253, **2012**.
- [80] Dickson, M. L., Orchard, J., Barber, R. T., Marra, J., McCarthy, J. J., ve Sambrotto, R. N., Production and respiration rates in the Arabian Sea during the 1995 Northeast and Southwest Monsoons, *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 48, 6–7, 1199–1230, **2001**.
- [81] Shankar, D., Vinayachandran, P. N., ve Unnikrishnan, A. S., The monsoon currents in the north Indian Ocean, *Progress in Oceanography*, 52, 1, 63–120, **2002**.
- [82] Anonim, Goddard Earth Sciences Data and Information Center. <https://disc.gsfc.nasa.gov/information/tools?title=Giovanni> (Şubat, **2018**).
- [83] Anonim, Worldview. <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/rapid-response> (Şubat, **2016**).
- [84] Anonim, The Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) Earth Data Rapid Response. <https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/cgi-bin/imagery/realtime.cgi> (Şubat, **2016**).
- [85] Anonim, Ocean Color Portal. <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/> (Şubat, **2018**).
- [86] Moulin, C., Gordon, H. R., Chomko, R. M., Banzon, V. F., ve Evans, R. H., Atmospheric correction of ocean imagery through thick layers of Saharan dust, *Geophysical Research Letters*, 28, 1, 5–8, **2001**.
- [87] Sarangi, R. K., Nayak, S., ve Panigrahy, R. C., Monthly variability of chlorophyll and associated physical parameters in the southwest Bay of Bengal water using remote sensing data, *Indian Journal of Marine Sciences*, 37, 3, 256–266, **2008**.

- [88] Al-Shehhi, M. R., Gherboudj, I., ve Ghedira, H., Temporal-spatial analysis of chlorophyll concentration associated with dust and wind characteristics in the Arabian Gulf, *Oceans MTS/IEEE Conference*.21-24 Mayıs, Yeosu, Güney Kore, **2012**.
- [89] Gregg, W. W. ve Casey, N. W., Global and regional evaluation of the SeaWiFS chlorophyll data set, *Remote Sensing of Environment*, 93, 4, 463–479, **2004**.
- [90] Sahay, A., Mishra, M. K., Chauhan, P., ve Ajai, Absorption characteristics of ocean water in the Arabian Sea during winter bloom from in situ measurements and Oceansat 2 OCM and MODIS data, *International Journal of Remote Sensing*, 35, 9, 2982–2995, **2014**.
- [91] Anonim, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) Global Rainfall Watch (GSMaP). sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/ (Haziran, **2018**).
- [92] Anonim, HYSPLIT - Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory. <https://www.arl.noaa.gov/hysplit/hysplit/> (Şubat, **2018**).
- [93] O'Neill, N. T., Ignatov, A., Holben, B. N., ve Eck, T. F., The lognormal distribution as a reference for reporting aerosol optical depth statistics; Empirical tests using multi-year, multi-site AERONET Sunphotometer data, *Geophysical Research Letters*, 27, 20, 3333–3336, **2000**.
- [94] Campbell, J. W., The lognormal distribution as a model for bio-optical variability in the sea, *Journal of Geophysical Research*, 100, C7, 13237, **1995**.
- [95] Anonim, SeaWiFS True Color Images. <http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/seawifs-truecolor/index.py> (Şubat, **2015**).
- [96] Anonim, MODIS Atmosphere. <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/IMAGES/> (Şubat, **2016**).
- [97] Anonim, Rapid Response Gallery. <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/imagery/gallery.cgi> (Haziran, **2014**).
- [98] Rodriguez, I. B. ve Ho, T.-Y., Diel nitrogen fixation pattern of Trichodesmium: the interactive control of light and Ni, *Scientific Reports*, 4, 1, 4445, **2015**.
- [99] Kegel, J., Allen, M. J., Metfies, K., Wilson, W. H., Wolf-Gladrow, D., ve Valentin, K., Pilot study of an EST approach of the coccolithophorid *Emiliana huxleyi* during a virus infection, *Gene*, 406, 1–2, 209–216, **2007**.
- [100] Al-Azri, A. R., Piontkovski, S. A., Al-Hashmi, K. A., Goes, J. I., ve do Gomes, H. R., Chlorophyll a as a measure of seasonal coupling between phytoplankton and the monsoon periods in the Gulf of Oman, *Aquatic Ecology*, 44, 2, 449–461, **2010**.
- [101] Beal, L. M., Hormann, V., Lumpkin, R., ve Foltz, G. R., The Response of the Surface Circulation of the Arabian Sea to Monsoonal Forcing, *Journal of Physical Oceanography*, 43, Eylül, 2008–2022, **2013**.

- [102] Anonim, International Panel on Climate Change (IPCC) Fact Sheet. http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/factsheets/FS_what_ipcc.pdf (Şubat, **2016**).
- [103] Anonim, The Kyoto Protocol. http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (Haziran, **2018**).
- [104] Caron, D. A. ve Dennett, M. R., Phytoplankton growth and mortality during the 1995 Northeast Monsoon and Spring Intermonsoon in the Arabian Sea, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 46, 8–9, 1665–1690, **1999**.



EKLER

EK-1: AOD ve klorofil-a verileri

Çizelge Ek1.1. SeaWiFS AOD Verileri.

	1997- 98	1998- 99	1999- 00	2000- 01	2001- 02	2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
1 Aralık	0,12	0,14	0,18	0,18	0,16	0,18	0,13	0,24	0,10	0,24	0,17	0,18	
2 Aralık	0,14	0,14	0,15	0,12	0,19	0,17	0,22		0,21		0,27	0,17	
3 Aralık	0,13	0,17	0,20	0,16	0,16	0,13	0,17	0,21	0,13	0,21	0,23	0,18	0,29
4 Aralık	0,17	0,18	0,15	0,12	0,16	0,22	0,17	0,21	0,21	0,21	0,28	0,16	0,22
5 Aralık	0,16	0,16	0,14	0,15	0,14	0,18	0,23	0,26	0,17	0,26	0,36	0,21	0,19
6 Aralık	0,14	0,15	0,12	0,11	0,16	0,22	0,18	0,18	0,14	0,18	0,24	0,25	0,25
7 Aralık	0,19	0,12	0,19	0,11	0,15	0,27	0,15	0,22	0,18	0,22	0,33	0,14	0,16
8 Aralık	0,11	0,18	0,18	0,15	0,11	0,21	0,13	0,23	0,11	0,23	0,24	0,28	0,28
9 Aralık	0,12	0,12	0,16		0,17	0,21	0,13	0,15	0,15	0,15	0,24	0,15	0,19
10 Aralık	0,11	0,10	0,17	0,14	0,12	0,18	0,16	0,20	0,10	0,20	0,20	0,26	0,18
11 Aralık	0,11	0,09	0,14	0,12	0,12	0,21	0,15	0,16	0,15	0,16	0,22	0,15	0,28
12 Aralık	0,12	0,08	0,20	0,16	0,12	0,20	0,31	0,19	0,16	0,19	0,24	0,10	0,20
13 Aralık	0,14	0,13	0,15	0,13	0,17	0,21	0,72	0,17	0,14	0,17	0,16	0,22	0,35
14 Aralık	0,13	0,11	0,17	0,16	0,17	0,23	0,50	0,16	0,17	0,16	0,33	0,17	0,23
15 Aralık		0,16	0,13	0,17	0,12	0,16	0,35	0,27	0,12	0,27	0,18	0,23	0,25
16 Aralık	0,14	0,12	0,14	0,19	0,20	0,22	0,18	0,25	0,15	0,25	0,25	0,25	0,24
17 Aralık	0,22		0,13	0,17	0,16	0,19	0,18	0,26	0,15	0,26	0,23	0,18	0,13
18 Aralık	0,17	0,11	0,14	0,12	0,20	0,17	0,12	0,22	0,10	0,22	0,18	0,27	0,23
19 Aralık	0,17	0,14	0,15	0,15	0,19	0,13	0,14	0,19	0,15	0,19	0,31	0,14	0,17
20 Aralık	0,20	0,10	0,18	0,13	0,18	0,13		0,24	0,11	0,24	0,20	0,09	0,22
21 Aralık	0,15	0,13	0,16	0,18	0,14	0,12		0,21	0,14	0,21	0,19	0,10	0,24
22 Aralık	0,13	0,11	0,17	0,14	0,14	0,13		0,28	0,13	0,28	0,17	0,15	0,16
23 Aralık	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,21		0,33	0,10	0,33	0,17	0,19	0,35

	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10
24 Aralık	0,15	0,17	0,14	0,14	0,13	0,17	0,22	0,24	0,20	0,24	0,18	0,10	0,19
25 Aralık	0,14	0,17	0,13	0,10	0,12	0,19	0,19	0,23	0,17	0,23	0,19	0,19	0,24
26 Aralık	0,17	0,22	0,12	0,12	0,12	0,19	0,21	0,21	0,23	0,21	0,18	0,13	0,18
27 Aralık	0,14	0,17	0,10	0,07	0,15	0,16	0,19	0,25	0,18	0,25	0,16	0,16	0,17
28 Aralık	0,21	0,18	0,19	0,17	0,16	0,16	0,17	0,20	0,19	0,20	0,18	0,13	0,16
29 Aralık	0,21	0,14	0,17	0,18	0,13	0,12	0,19	0,24	0,21	0,24	0,14	0,10	0,15
30 Aralık	0,18	0,14	0,19	0,13	0,20	0,15	0,16	0,22	0,17	0,22	0,10	0,20	0,18
31 Aralık	0,22	0,13	0,13	0,11	0,12	0,13	0,19	0,26	0,21	0,26	0,26	0,17	0,14
1 Ocak	0,16	0,16	0,21	0,08	0,21	0,13	0,17	0,24	0,21	0,24	0,13	0,19	0,17
2 Ocak	0,22	0,14	0,19	0,10	0,17	0,14	0,15	0,22	0,20	0,22	0,20	0,18	0,25
3 Ocak	0,15	0,17	0,19	0,07	0,17	0,12	0,19	0,26	0,18	0,26	0,16	0,18	0,11
4 Ocak	0,21	0,16	0,21	0,15	0,24	0,19	0,14	0,23	0,09	0,23		0,25	0,30
5 Ocak	0,20	0,13	0,19	0,11	0,21	0,17	0,23	0,13	0,27	0,13		0,25	0,12
6 Ocak	0,21	0,15	0,19	0,22	0,21	0,18	0,19	0,24	0,11	0,24		0,23	
7 Ocak	0,17	0,07	0,14	0,19	0,17	0,19		0,14	0,21	0,14			
8 Ocak	0,16	0,13	0,15	0,15	0,18	0,10	0,20	0,31	0,24	0,31			
9 Ocak	0,15	0,11	0,13	0,14	0,20	0,26	0,18	0,25	0,19	0,25			
10 Ocak	0,25	0,13	0,17	0,17	0,25	0,10	0,18	0,27	0,22	0,27			0,21
11 Ocak	0,25	0,13	0,15	0,17	0,21	0,16	0,16	0,26	0,17	0,26			0,24
12 Ocak	0,19	0,20	0,19	0,09	0,17	0,16	0,17	0,20	0,20	0,20		0,26	0,22
13 Ocak	0,32	0,16	0,14	0,16	0,17	0,11	0,13	0,24	0,17	0,24		0,25	0,11
14 Ocak	0,17	0,19	0,14	0,08	0,17	0,22	0,12	0,17	0,13	0,17		0,26	0,20
15 Ocak	0,23	0,21	0,09	0,22	0,25	0,13	0,14	0,17	0,18	0,17		0,22	0,15
16 Ocak	0,16	0,18	0,10	0,13	0,18	0,27	0,13	0,20	0,11	0,20		0,34	0,24
17 Ocak	0,15	0,20	0,17	0,13	0,12	0,21	0,19	0,13	0,16	0,13		0,21	0,23
18 Ocak	0,10	0,15	0,12	0,19	0,13	0,24	0,14	0,20	0,14	0,20		0,18	0,20
19 Ocak	0,08	0,20	0,15	0,13	0,11	0,18	0,16	0,21	0,20	0,21		0,26	0,17
20 Ocak	0,09	0,16	0,13	0,23	0,16	0,15	0,12	0,26	0,17	0,26		0,20	0,13

	1997- 98	1998- 99	1999- 00	2000- 01	2001- 02	2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
21 Ocak	0,09	0,20	0,12	0,17	0,11	0,19	0,14	0,21	0,16	0,21		0,27	0,22
22 Ocak	0,13	0,18	0,11	0,28	0,16	0,12	0,14	0,22	0,17	0,22		0,24	0,20
23 Ocak	0,12	0,15	0,16	0,18	0,14	0,15	0,11	0,24	0,16	0,24		0,29	0,17
24 Ocak	0,15	0,14	0,15	0,19	0,16	0,11	0,12	0,17	0,16	0,17		0,26	0,24
25 Ocak	0,14		0,11	0,16	0,18	0,15	0,12	0,28	0,13	0,28		0,15	0,21
26 Ocak	0,23		0,17	0,16	0,18	0,16	0,09	0,24	0,13	0,24		0,12	0,29
27 Ocak	0,18	0,09	0,11	0,26	0,29	0,13	0,12	0,15	0,19	0,15		0,15	0,26
28 Ocak	0,20	0,11	0,17	0,15	0,16	0,19	0,12	0,31	0,15	0,31		0,23	0,24
29 Ocak	0,18	0,09	0,13	0,17	0,14	0,15	0,18	0,16	0,14	0,16		0,14	0,22
30 Ocak	0,18	0,12	0,14	0,14	0,16	0,20	0,14	0,21	0,15	0,21		0,15	0,19
31 Ocak	0,14	0,12	0,22	0,13	0,16	0,18	0,16	0,23	0,17	0,23		0,18	
1 Şubat	0,16	0,17	0,18	0,10	0,35	0,15	0,13	0,20	0,16	0,20		0,12	
2 Şubat	0,24	0,16	0,17	0,07	0,17	0,19	0,07	0,17	0,15	0,17		0,21	0,20
3 Şubat	0,19		0,20	0,10	0,22	0,16	0,16	0,16	0,21	0,16		0,16	0,21
4 Şubat	0,18	0,18	0,21	0,06	0,15	0,21	0,11	0,16	0,22	0,16		0,19	0,15
5 Şubat	0,12	0,18	0,22	0,09	0,26	0,14	0,14	0,15	0,20	0,15		0,17	0,21
6 Şubat	0,16	0,16	0,19	0,07	0,20	0,23	0,11	0,18	0,18	0,18		0,16	0,18
7 Şubat	0,10	0,14	0,20	0,15	0,16	0,22	0,09	0,15	0,18	0,15		0,30	0,30
8 Şubat	0,13	0,18	0,22	0,14	0,18	0,13	0,13	0,15	0,19	0,15		0,21	0,31
9 Şubat	0,13	0,14	0,19	0,20	0,13	0,15	0,20	0,15	0,17	0,15		0,32	0,31
10 Şubat	0,16	0,17	0,29	0,16	0,17	0,13	0,22	0,20	0,21	0,20		0,29	0,25
11 Şubat	0,20	0,14	0,20	0,18	0,15	0,22	0,20	0,23	0,18	0,23		0,17	0,26
12 Şubat	0,19	0,20	0,15	0,17	0,16	0,18	0,12	0,29	0,16	0,29		0,27	0,25
13 Şubat	0,20	0,18	0,16	0,17	0,13	0,16	0,16		0,21			0,52	0,21
14 Şubat	0,20	0,20	0,12	0,23	0,12	0,14	0,10	0,18	0,17	0,18		0,45	0,17
15 Şubat	0,17	0,24	0,23	0,23	0,18	0,13	0,18	0,23	0,20	0,23		0,22	0,19
16 Şubat	0,15	0,11	0,18	0,23	0,13	0,17	0,16	0,21	0,17	0,21		0,20	0,14
17 Şubat	0,14	0,20	0,23	0,22	0,23	0,14	0,17	0,20	0,14	0,20		0,40	0,22

	1997- 98	1998- 99	1999- 00	2000- 01	2001- 02	2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
18 Şubat	0,15	0,10	0,17	0,26	0,17	0,28	0,21	0,18	0,21	0,18		0,25	0,22
19 Şubat	0,14	0,22	0,18	0,22	0,22	0,27	0,15	0,24	0,19	0,24		0,35	0,13
20 Şubat	0,13	0,15	0,21	0,17	0,16	0,23	0,22	0,19	0,27	0,19		0,32	0,20
21 Şubat	0,14	0,22	0,20	0,20	0,15	0,22	0,19	0,31	0,25	0,31		0,22	0,14
22 Şubat	0,13	0,19	0,16	0,15	0,19	0,16	0,27	0,30	0,23	0,30		0,33	0,21
23 Şubat	0,14	0,19	0,18	0,22	0,15	0,21	0,24	0,26	0,21	0,26		0,22	0,15
24 Şubat	0,15	0,19	0,22	0,20	0,20	0,20	0,21	0,29	0,18	0,29		0,25	0,18
25 Şubat	0,17	0,18	0,16	0,27	0,14	0,14	0,22	0,19	0,29	0,19		0,17	0,21
26 Şubat	0,22	0,23	0,18	0,26	0,16	0,16	0,16	0,18	0,19	0,18		0,18	0,16
27 Şubat	0,15	0,19	0,15	0,28	0,16	0,10	0,25	0,18	0,17	0,18		0,25	0,25
28 Şubat	0,21	0,24	0,17	0,27	0,12	0,20	0,18	0,20	0,15	0,20		0,14	0,18
29 Şubat			0,16				0,16						
1 Mart	0,17	0,20	0,16	0,21	0,20	0,20	0,19	0,21	0,08	0,21		0,27	0,34
2 Mart	0,23	0,24	0,16	0,26	0,16	0,44	0,13	0,16	0,17	0,16		0,18	0,37
3 Mart	0,18	0,19	0,12	0,21	0,23	0,35	0,27	0,24	0,09	0,24		0,60	0,23
4 Mart	0,20	0,26	0,27	0,23	0,18	0,18	0,21	0,30	0,13	0,30		0,46	0,25
5 Mart	0,19	0,22	0,22	0,20	0,17	0,38	0,19	0,34	0,09	0,34		0,35	0,28
6 Mart	0,13	0,25	0,27	0,20	0,18	0,20	0,20	0,25	0,13	0,25		0,45	0,45
7 Mart	0,12	0,23	0,21	0,24	0,24	0,32	0,13	0,32	0,11	0,32		0,35	0,34
8 Mart	0,08	0,15	0,20	0,14	0,21	0,26	0,21	0,31	0,15	0,31		0,35	0,38
9 Mart	0,11	0,22	0,14	0,18	0,25		0,18	0,34	0,19	0,34		0,31	0,45
10 Mart	0,09	0,13	0,19	0,19	0,30	0,33	0,20	0,38	0,18	0,38		0,16	0,27
11 Mart	0,14	0,17	0,20	0,26	0,38	0,23	0,22	0,38	0,16	0,38		0,37	0,36
12 Mart	0,10	0,12	0,27	0,16	0,51	0,28	0,15	0,34	0,15	0,34		0,24	0,33
13 Mart	0,10	0,20	0,21	0,23	0,43	0,23	0,26	0,27	0,21	0,27		0,26	0,18
14 Mart	0,09	0,16	0,19	0,17	0,20	0,25	0,18	0,21	0,25	0,21		0,24	0,26
15 Mart	0,09	0,25	0,19	0,22	0,28	0,22	0,29	0,30	0,23	0,30		0,20	0,17
16 Mart	0,11	0,27	0,14	0,19	0,18	0,27	0,28	0,24	0,25	0,24		0,24	0,29

	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10
17 Mart	0,14	0,24	0,21	0,17	0,25	0,28	0,29	0,22	0,17	0,22		0,19	0,20
18 Mart	0,19	0,26	0,18	0,22	0,23	0,29	0,30	0,31	0,14	0,31		0,27	0,22
19 Mart	0,13	0,13	0,19	0,22	0,20	0,32	0,21	0,21	0,18	0,21		0,19	0,50
20 Mart	0,18	0,22	0,19	0,29	0,35	0,22	0,32	0,38	0,19	0,38		0,22	0,32
21 Mart	0,16	0,15	0,16	0,23	0,23	0,20	0,21	0,30	0,28	0,30		0,24	0,51
22 Mart	0,20	0,24	0,24	0,21	0,28	0,18	0,28	0,42	0,23	0,42		0,16	
23 Mart	0,19	0,15	0,20	0,21	0,22	0,17	0,28	0,29	0,16	0,29		0,32	
24 Mart	0,19	0,28	0,30		0,27	0,24	0,22	0,21	0,31	0,21		0,22	0,51
25 Mart	0,17	0,21		0,17	0,23	0,25	0,30	0,36	0,22	0,36		0,29	0,40
26 Mart	0,15	0,21	0,33	0,19	0,21	0,23	0,22	0,25	0,29	0,25		0,30	0,51
27 Mart	0,17	0,19	0,28	0,24	0,25	0,28	0,33	0,39	0,20	0,39		0,22	0,34
28 Mart	0,11	0,15	0,28	0,26	0,20	0,20	0,26	0,41	0,18	0,41		0,35	0,34
29 Mart	0,22	0,26	0,33	0,24	0,26	0,36	0,17	0,25	0,23	0,25		0,25	0,39
30 Mart	0,16	0,20	0,25	0,28	0,18	0,34	0,21	0,56	0,15	0,56		0,30	0,23
31 Mart	0,21	0,40	0,32	0,20	0,26	0,39	0,22	0,36	0,34	0,36		0,37	0,35
1 Nisan	0,15	0,32	0,23	0,23	0,22	0,36	0,28	0,43	0,24	0,43		0,40	0,28
2 Nisan	0,27	0,42	0,33	0,17	0,17	0,22	0,34	0,39	0,23	0,39		0,54	0,31
3 Nisan	0,18	0,26	0,22	0,26	0,20	0,34	0,27	0,35	0,22	0,35		0,48	0,32
4 Nisan	0,17	0,30	0,31	0,26	0,17	0,24	0,24	0,47	0,15	0,47		0,44	0,31
5 Nisan	0,22	0,31	0,24	0,30	0,30	0,26	0,14	0,37	0,22	0,37	0,22	0,45	0,40
6 Nisan	0,15	0,27	0,21	0,23	0,31	0,22	0,20	0,48	0,20	0,48	0,28	0,29	0,30
7 Nisan	0,27		0,33	0,19	0,45	0,25	0,20	0,38	0,20	0,38	0,28	0,40	0,34
8 Nisan	0,20		0,25	0,21	0,30	0,24	0,19	0,26	0,16	0,26	0,25	0,22	
9 Nisan	0,22	0,27	0,22	0,15	0,25	0,15	0,27	0,31	0,28	0,31	0,34	0,24	0,27
10 Nisan	0,18	0,23	0,18	0,26	0,23	0,24	0,23	0,25	0,36	0,25	0,29	0,25	0,32
11 Nisan	0,26	0,39	0,22	0,17	0,17	0,20	0,23	0,29	0,24	0,29	0,23	0,17	0,24
12 Nisan	0,21	0,30	0,20	0,24	0,24	0,22	0,23	0,28	0,26	0,28	0,41	0,32	0,34
13 Nisan	0,19	0,35	0,36	0,20	0,22	0,17	0,26	0,32	0,26	0,32	0,24	0,17	0,38

	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10
14 Nisan	0,14	0,26	0,32	0,19	0,17	0,15	0,18	0,33	0,25	0,33	0,37	0,40	0,26
15 Nisan	0,25	0,31	0,30	0,18	0,22	0,20	0,13	0,26	0,29	0,26	0,40	0,33	0,36
16 Nisan	0,18	0,34	0,30	0,18	0,17	0,16	0,20	0,43	0,26	0,43	0,34	0,37	0,21
17 Nisan	0,13	0,29	0,22	0,18	0,27	0,24	0,16	0,31	0,28	0,31	0,46	0,38	0,42
18 Nisan	0,17	0,29	0,30	0,19	0,22	0,18	0,32	0,30	0,21	0,30	0,29	0,28	0,28
19 Nisan	0,12	0,17	0,20	0,31	0,21	0,33	0,29	0,33	0,20	0,33	0,48	0,39	0,26
20 Nisan	0,19	0,25	0,34	0,28	0,24	0,31	0,37	0,28	0,22	0,28	0,44	0,41	0,31
21 Nisan	0,13	0,27	0,29	0,27	0,17	0,26	0,34	0,30	0,19	0,30	0,42	0,44	0,30
22 Nisan	0,23	0,40	0,27	0,28	0,29	0,29	0,55	0,28	0,23	0,28	0,53	0,52	0,37
23 Nisan	0,14	0,27	0,27	0,24	0,18	0,25	0,50	0,32	0,23	0,32	0,71	0,30	0,29
24 Nisan	0,15	0,34	0,23	0,41	0,26	0,29	0,29	0,29	0,27	0,29	0,74		0,25
25 Nisan	0,19	0,45	0,23	0,22	0,25	0,39	0,31	0,20	0,27	0,20	0,61		0,39
26 Nisan	0,19	0,37	0,17	0,34	0,23	0,19	0,31	0,29	0,18	0,29	0,49		0,23
27 Nisan	0,20	0,37	0,24	0,27	0,29	0,31	0,25	0,21	0,29	0,21	0,52		0,38
28 Nisan	0,20	0,27	0,18	0,30	0,30	0,19	0,29	0,33	0,20	0,33			0,33
29 Nisan	0,18	0,34	0,23	0,30	0,42	0,21	0,52	0,29	0,16	0,29			0,26
30 Nisan	0,16	0,26	0,19	0,22	0,36	0,23	0,64	0,21	0,18	0,21			0,35

Çizelge Ek-1.2. Terra MODIS AOD Verileri

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
1 Aralık	0,19	0,26	0,20	0,21	0,45	0,20	0,32	0,32	0,26	0,31	0,25	0,35	0,23	0,29	0,31	0,35	0,22	0,30
2 Aralık	0,22	0,25	0,21	0,25	0,42	0,22	0,30	0,31	0,24	0,31	0,24	0,31	0,23	0,27	0,31	0,29	0,28	0,33
3 Aralık	0,18	0,22	0,23	0,23	0,35	0,21	0,26	0,34	0,24	0,33	0,22	0,27	0,31	0,23	0,28	0,28	0,28	0,32
4 Aralık	0,21	0,21	0,23	0,25	0,32	0,26	0,32	0,40	0,23	0,34	0,27	0,24	0,36	0,26	0,28	0,24	0,36	0,38
5 Aralık	0,17	0,18	0,29	0,25	0,35	0,25	0,26	0,40	0,28	0,34	0,36	0,28	0,35	0,29	0,27	0,25	0,40	0,41
6 Aralık	0,14	0,17	0,28	0,23	0,28	0,23	0,25	0,46	0,34	0,27	0,40	0,28	0,41	0,33	0,32	0,24	0,37	0,44
7 Aralık	0,13	0,17	0,33	0,23	0,26	0,21	0,28	0,43	0,31	0,25	0,35	0,31	0,39	0,25	0,36	0,30	0,36	0,33
8 Aralık	0,15	0,18	0,33	0,17	0,25	0,20	0,29	0,32	0,28	0,29	0,34	0,34	0,34	0,25	0,34	0,37	0,32	0,37
9 Aralık	0,18	0,20	0,32	0,17	0,26	0,16	0,24	0,30	0,26	0,27	0,32	0,33	0,27	0,24	0,35	0,27	0,30	0,40
10 Aralık	0,18	0,18	0,27	0,19	0,23	0,15	0,23	0,29	0,26	0,25	0,26	0,33	0,21	0,22	0,33	0,32	0,24	0,42
11 Aralık	0,18	0,16	0,25	0,22	0,19	0,20	0,20	0,33	0,23	0,29	0,22	0,27	0,17	0,23	0,34	0,51	0,28	0,39
12 Aralık	0,21	0,16	0,27	0,38	0,21	0,20	0,23	0,31	0,22	0,36	0,18	0,22	0,18	0,22	0,28	0,39	0,24	0,27
13 Aralık	0,19	0,18	0,25	0,79	0,23	0,22	0,22	0,28	0,21	0,35	0,17	0,23	0,25	0,23	0,25	0,30	0,28	0,22
14 Aralık	0,18	0,20	0,25	0,67	0,24	0,21	0,26	0,29	0,26	0,35	0,19	0,31	0,23	0,20	0,19	0,26	0,30	0,24
15 Aralık	0,22	0,21	0,22	0,44	0,21	0,19	0,30	0,30	0,38	0,31	0,28	0,33	0,32	0,21	0,19	0,26	0,29	0,27
16 Aralık	0,21	0,23	0,26	0,33	0,24	0,19	0,30	0,27	0,38	0,32	0,30	0,28	0,35	0,24	0,23	0,23	0,33	0,36
17 Aralık	0,22	0,22	0,25		0,21	0,18	0,27	0,28	0,31	0,25	0,29	0,29	0,33	0,24	0,28	0,24	0,35	0,46

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
18 Aralık	0,20	0,25	0,23		0,20	0,19	0,25	0,29	0,35	0,24	0,25	0,28	0,31	0,26	0,29	0,24	0,31	0,50
19 Aralık	0,17	0,24	0,19		0,28	0,19	0,27	0,31	0,28	0,26	0,23	0,32	0,34	0,27	0,30	0,25	0,31	0,47
20 Aralık	0,18	0,23	0,18		0,24	0,19	0,29	0,27		0,28	0,23	0,38	0,25	0,24	0,33	0,23	0,30	0,41
21 Aralık	0,20	0,21	0,16		0,23	0,18	0,30	0,23		0,33	0,24	0,52	0,21	0,28	0,29	0,21	0,30	0,34
22 Aralık	0,19	0,19	0,18		0,23	0,20	0,34	0,26		0,33	0,21	0,52	0,23	0,29	0,27	0,25	0,28	0,30
23 Aralık	0,16	0,18	0,18		0,24	0,22	0,41	0,28		0,31	0,23	0,45	0,21	0,37	0,32	0,28	0,23	0,24
24 Aralık	0,16	0,17	0,23		0,25	0,23	0,40	0,25	0,21	0,29	0,22	0,38	0,22	0,37	0,33	0,28	0,23	0,26
25 Aralık	0,16	0,17	0,20	0,27	0,26	0,28	0,31	0,26	0,19	0,27	0,25	0,31	0,22	0,38	0,37	0,31	0,29	0,24
26 Aralık	0,12	0,17	0,26	0,28	0,26	0,29	0,32	0,22	0,20	0,23	0,27	0,28	0,25	0,32	0,35	0,34	0,27	0,26
27 Aralık	0,15	0,18	0,23	0,25	0,23	0,27	0,29	0,22	0,16	0,24	0,31	0,27	0,24	0,27	0,33	0,34	0,25	0,27
28 Aralık	0,18	0,22	0,21	0,24	0,27	0,25	0,29	0,22	0,19	0,26	0,34	0,29	0,39	0,21	0,31	0,32	0,25	0,37
29 Aralık	0,26	0,21	0,19	0,23	0,30	0,28	0,30	0,19	0,15	0,24	0,35	0,35	0,32	0,26	0,34	0,30	0,23	0,39
30 Aralık	0,25	0,23	0,22	0,23	0,27	0,25	0,29	0,20	0,20	0,22	0,30	0,40	0,33	0,29	0,31	0,24	0,25	0,36
31 Aralık	0,18	0,19	0,20	0,24	0,22	0,26	0,30	0,24	0,24	0,24	0,20	0,39	0,29	0,33	0,32	0,28	0,25	0,34
1 Ocak	0,16	0,24	0,18	0,23	0,16	0,28	0,32	0,23	0,21	0,21	0,19	0,32	0,27	0,35	0,39	0,21	0,31	0,27
2 Ocak	0,13	0,25	0,20	0,23	0,14	0,28	0,29	0,25	0,23	0,28	0,18	0,33	0,25	0,43	0,42	0,24	0,34	0,29
3 Ocak	0,14	0,26	0,20	0,23	0,11	0,24	0,33	0,23	0,28	0,28	0,26	0,29	0,20	0,43	0,35	0,22	0,37	0,27
4 Ocak	0,17	0,28	0,23	0,24	0,15	0,22	0,30	0,26	0,29	0,24	0,32	0,26	0,23	0,33	0,32	0,23	0,28	0,28

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
5 Ocak	0,19	0,28	0,25	0,27	0,19	0,26	0,25	0,26	0,32	0,23	0,32	0,32	0,22	0,22	0,31	0,26	0,29	0,29
6 Ocak	0,22	0,28	0,23	0,28	0,19	0,23	0,24	0,32	0,29	0,19	0,36	0,31	0,22	0,19	0,29	0,29	0,27	0,32
7 Ocak	0,23	0,27	0,23	0,31	0,19	0,25	0,24	0,33	0,28	0,27	0,34	0,23	0,24	0,19	0,24	0,33	0,32	0,27
8 Ocak	0,19	0,26	0,19	0,26	0,21	0,29	0,33	0,39	0,28	0,27	0,27	0,25	0,27	0,25	0,21	0,33	0,27	0,32
9 Ocak	0,20	0,30	0,24	0,30	0,25	0,27	0,31	0,32	0,30	0,35	0,23	0,24	0,27	0,25	0,22	0,32	0,31	0,39
10 Ocak	0,20	0,29	0,20	0,24	0,19	0,27	0,33	0,30	0,32	0,32	0,23	0,26	0,29	0,26	0,24	0,27	0,28	0,52
11 Ocak	0,22	0,26	0,26	0,22	0,18	0,26	0,31	0,27	0,34	0,34	0,21	0,27	0,28	0,30	0,25	0,30	0,23	0,51
12 Ocak	0,19	0,22	0,22	0,20	0,16	0,26	0,28	0,29	0,33	0,28	0,23	0,28	0,35	0,36	0,27	0,33	0,25	0,54
13 Ocak	0,17	0,20	0,19	0,18	0,22	0,22	0,27	0,26	0,35	0,21	0,21	0,27	0,45	0,35	0,32	0,28	0,25	0,51
14 Ocak	0,18	0,24	0,18	0,18	0,27	0,22	0,22	0,23	0,37	0,20	0,25	0,27	0,42	0,34	0,36	0,29	0,25	0,36
15 Ocak	0,17	0,28	0,21	0,19	0,31	0,20	0,22	0,25	0,39	0,11	0,21	0,26	0,36	0,28	0,37	0,26	0,33	0,37
16 Ocak	0,18	0,22	0,26	0,20	0,27	0,21	0,22	0,26	0,39	0,31	0,17	0,27	0,44	0,30	0,37	0,28	0,39	0,39
17 Ocak	0,17	0,19	0,26	0,20	0,21	0,22	0,22	0,28	0,36	0,29	0,17	0,25	0,35	0,27	0,35	0,24	0,36	0,37
18 Ocak	0,21	0,19	0,28	0,20	0,16	0,21	0,20	0,26	0,28	0,22	0,21	0,23	0,27	0,24	0,33	0,26	0,36	0,40
19 Ocak	0,21	0,17	0,27	0,18	0,15	0,23	0,28	0,20	0,28	0,21	0,20	0,21	0,20	0,26	0,33	0,22	0,45	0,35
20 Ocak	0,25	0,15	0,22	0,20	0,21	0,22	0,30	0,17	0,33	0,23	0,17	0,17	0,18	0,43	0,39	0,21	0,52	0,36
21 Ocak	0,26	0,18	0,21	0,19	0,25	0,21	0,28	0,17	0,34	0,24	0,21	0,23	0,20	0,30	0,31	0,21	0,43	0,32
22 Ocak	0,24	0,19	0,21	0,20	0,25	0,22	0,26	0,17	0,34	0,24	0,21	0,27	0,23	0,30	0,30	0,21	0,39	0,46

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
23 Ocak	0,24	0,18	0,17	0,17	0,25	0,22	0,28	0,20	0,34	0,27	0,27	0,27	0,24	0,31	0,28	0,23	0,36	0,34
24 Ocak	0,17	0,19	0,18	0,15	0,22	0,19	0,24	0,25	0,32	0,30	0,25	0,31	0,25	0,30	0,28	0,28	0,35	0,32
25 Ocak	0,20	0,21	0,17	0,18	0,21	0,18	0,23	0,27	0,28	0,32	0,22	0,29	0,23	0,35	0,27	0,23	0,40	0,26
26 Ocak	0,22	0,25	0,23	0,14	0,22	0,20	0,30	0,29	0,21	0,30	0,22	0,24	0,25	0,34	0,28	0,26	0,36	0,27
27 Ocak	0,21	0,29	0,23	0,17	0,29	0,22	0,30	0,29	0,21	0,36	0,23	0,23	0,24	0,44	0,24	0,24	0,21	0,31
28 Ocak	0,24	0,21	0,18	0,18	0,21	0,22	0,32	0,28	0,18	0,34	0,23	0,21	0,24	0,38	0,26	0,29	0,22	0,29
29 Ocak	0,26	0,17	0,26	0,23	0,20	0,23	0,32	0,25	0,24	0,27	0,17	0,21	0,24	0,33	0,23	0,27	0,21	0,39
30 Ocak	0,25	0,19	0,25	0,22	0,21	0,20	0,28	0,22	0,19	0,29	0,20	0,22	0,25	0,35	0,26	0,30	0,22	0,30
31 Ocak	0,18	0,25	0,26	0,21	0,22	0,20	0,32	0,23	0,19	0,26	0,22	0,35	0,31	0,39	0,21	0,35	0,32	0,46
1 Şubat	0,18	0,24		0,16	0,22	0,24	0,25	0,21	0,18	0,28	0,26	0,33	0,32	0,39	0,30	0,32	0,29	0,45
2 Şubat	0,15	0,27	0,23	0,14	0,23	0,25	0,23	0,80	0,18	0,22	0,25	0,33	0,45	0,35	0,26	0,26	0,28	0,39
3 Şubat	0,13	0,22	0,27	0,18	0,20	0,22	0,21	0,49	0,20	0,27	0,23	0,36	0,41	0,40	0,34	0,22	0,31	0,36
4 Şubat	0,11	0,25	0,23	0,18	0,19	0,28	0,22	0,36	0,21	0,25	0,30	0,41	0,45	0,30	0,33	0,24	0,49	0,37
5 Şubat	0,10	0,24	0,20	0,15	0,19	0,28	0,19	0,29	0,23	0,27	0,27	0,36	0,37	0,36	0,32	0,28	0,38	0,36
6 Şubat	0,13	0,24	0,20	0,14	0,16	0,25	0,22	0,34	0,21	0,28	0,28	0,35	0,27	0,27	0,30	0,27	0,27	0,28
7 Şubat	0,15	0,26	0,27	0,14	0,21	0,23	0,22	0,27	0,30	0,37	0,27	0,29	0,29	0,29	0,26	0,25	0,21	0,31
8 Şubat	0,20	0,17	0,20	0,15	0,21	0,26	0,24	0,22	0,29	0,35	0,22	0,20	0,22	0,26	0,26	0,22	0,22	0,24
9 Şubat	0,20	0,22	0,18	0,29	0,20	0,23	0,30	0,16	0,35	0,37	0,21	0,19	0,22	0,26	0,22	0,28	0,21	0,24

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
10 Şubat	0,22	0,23	0,20	0,28	0,16	0,25	0,28	0,20	0,31	0,34	0,26	0,17	0,20	0,22	0,30	0,24	0,20	0,22
11 Şubat	0,20	0,28	0,26	0,22	0,17	0,23	0,24	0,15	0,25	0,33	0,27	0,19	0,30	0,19	0,28	0,30	0,24	0,28
12 Şubat	0,32	0,18	0,25	0,18	0,20	0,23	0,29	0,21	0,24	0,30	0,27	0,24	0,31	0,21	0,26	0,26	0,26	0,25
13 Şubat	0,24	0,21	0,24	0,18	0,17	0,27	0,25	0,19	0,49	0,27	0,28	0,33	0,33	0,24	0,22	0,32	0,35	0,27
14 Şubat	0,25	0,19	0,20	0,19	0,20	0,25	0,24	0,23	0,29	0,25	0,30	0,34	0,38	0,23	0,22	0,30	0,37	0,32
15 Şubat	0,29	0,21	0,20	0,22	0,20	0,23	0,30	0,21	0,29	0,24	0,29	0,28	0,33	0,23	0,21	0,33	0,43	0,32
16 Şubat	0,27	0,24	0,21	0,18	0,22	0,20	0,28	0,23	0,37	0,22	0,26	0,28	0,26	0,17	0,18	0,40	0,41	0,44
17 Şubat	0,29	0,24	0,21	0,27	0,27	0,22	0,24	0,20	0,34	0,25	0,22	0,28	0,18	0,20	0,27	0,39	0,37	0,36
18 Şubat	0,27	0,26	0,31	0,23	0,28	0,22	0,23	0,19	0,35	0,20	0,25	0,34	0,18	0,21	0,24	0,41	0,37	0,35
19 Şubat	0,28	0,23	0,32		0,29	0,27	0,23	0,20	0,36	0,22	0,28	0,33	0,21	0,28	0,25		0,39	0,35
20 Şubat	0,24	0,25	0,31	0,23	0,21	0,28	0,35	0,17	0,36	0,18	0,26	0,29	0,25	0,31	0,24		0,38	0,33
21 Şubat	0,23	0,22	0,26	0,27	0,22	0,28	0,32	0,25	0,40	0,22	0,22	0,35	0,25	0,32	0,26		0,29	0,37
22 Şubat	0,23	0,22	0,23	0,30	0,19	0,29	0,30	0,70	0,34	0,23	0,26	0,42	0,23	0,30	0,35		0,29	0,31
23 Şubat	0,22	0,22	0,26	0,29	0,22	0,25	0,35	0,63	0,35	0,21	0,26	0,42	0,30	0,28	0,37		0,21	0,46
24 Şubat	0,28	0,19	0,23	0,28	0,20	0,29	0,33	0,49	0,27	0,21	0,24	0,32	0,23	0,34	0,44		0,26	0,39
25 Şubat	0,28	0,18	0,26	0,24	0,24	0,32	0,29	0,33	0,25	0,20	0,25	0,35	0,29	0,36	0,39		0,28	0,43
26 Şubat	0,30	0,18	0,19	0,27	0,23	0,30	0,22	0,30	0,21	0,24	0,27	0,28	0,26	0,35	0,31		0,28	0,44
27 Şubat	0,30	0,21	0,17	0,25	0,22	0,23	0,23	0,18	0,23	0,20	0,24	0,37	0,22	0,30	0,31		0,34	0,41

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
28 Şubat	0,31	0,18	0,20	0,24	0,31	0,18	0,21	0,31	0,28	0,29	0,30	0,36	0,18	0,26	0,40	0,32	0,33	0,41
29 Şubat				0,22				0,24				0,40				0,35		
1 Mart	0,31	0,24	0,25	0,22	0,26	0,20	0,26	0,26	0,23	0,32	0,36	0,35	0,22	0,20	0,27	0,34	0,33	0,43
2 Mart	0,28	0,23	0,36	0,24	0,25	0,13	0,21	0,22	0,29	0,38	0,31	0,38	0,29	0,25	0,20	0,40	0,27	0,39
3 Mart	0,30	0,22	0,41	0,18	0,23	0,22	0,27	0,21	0,36	0,34	0,36	0,41	0,26	0,26	0,19	0,42	0,27	0,35
4 Mart	0,27	0,23	0,41	0,33	0,22	0,13	0,33	0,20	0,47	0,30	0,34	0,37	0,26	0,31	0,20	0,32	0,24	0,42
5 Mart	0,28	0,20	0,31	0,27	0,20	0,15	0,31	0,22	0,41	0,35	0,32	0,41	0,23	0,30	0,22	0,36	0,25	0,25
6 Mart	0,22	0,22	0,29	0,28	0,27	0,15	0,34	0,26	0,45	0,36	0,37	0,38	0,29	0,28	0,27	0,32	0,25	0,26
7 Mart	0,22	0,26	0,31	0,20	0,23	0,20	0,34	0,34	0,41	0,44	0,36	0,38	0,27	0,28	0,51	0,36	0,28	0,30
8 Mart	0,18	0,31	0,26	0,22	0,22	0,19	0,36	0,38	0,33	0,38	0,32	0,35	0,28	0,29	0,45	0,29	0,27	0,26
9 Mart	0,23	0,36	0,31	0,25	0,21	0,25	0,40	0,39	0,36	0,42	0,24	0,24	0,25	0,33	0,38	0,28	0,26	0,28
10 Mart	0,25	0,36	0,28	0,20	0,20	0,24	0,39	0,44	0,24	0,40	0,25	0,24	0,28	0,26	0,40	0,29	0,27	0,24
11 Mart	0,25	0,41	0,37	0,28	0,19	0,22	0,43	0,40	0,36	0,34	0,18	0,41	0,31	0,30	0,36	0,34	0,28	0,40
12 Mart	0,21	0,55	0,25	0,20	0,18	0,22	0,42	0,39	0,32	0,39	0,20	0,38	0,27	0,32	0,40	0,31	0,30	0,29
13 Mart	0,25	0,51	0,30	0,29	0,19	0,29	0,34	0,35	0,33	0,27	0,25	0,37	0,29	0,29	0,34	0,25	0,28	0,41
14 Mart	0,23	0,29	0,27	0,24	0,18	0,37	0,25	0,28	0,30	0,29	0,21	0,31	0,25	0,29	0,34	0,25	0,28	0,37
15 Mart	0,25	0,32	0,38	0,29	0,16	0,31	0,31	0,27	0,30	0,23	0,26	0,32	0,30	0,28	0,29	0,30	0,31	0,28
16 Mart	0,26	0,22	0,35	0,29	0,21	0,30	0,25	0,22	0,28	0,28	0,18	0,28	0,27	0,28	0,28	0,30	0,29	0,26

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
17 Mart	0,23	0,28	0,32	0,31	0,16	0,23	0,30	0,29	0,31	0,24	0,34	0,30	0,23	0,30	0,27	0,33	0,29	0,22
18 Mart	0,27	0,22	0,32	0,34	0,24	0,23	0,32	0,24	0,32	0,31	0,32	0,20	0,26	0,32	0,25	0,39	0,25	0,26
19 Mart	0,32	0,34	0,35	0,27	0,24	0,24	0,39	0,26	0,23	0,45	0,31	0,35	0,25	0,26	0,29	0,48	0,26	0,28
20 Mart	0,26		0,29	0,35	0,24	0,25	0,39	0,31	0,33	0,39	0,29	1,12	0,29	0,27	0,28	0,36	0,25	0,24
21 Mart	0,32		0,26	0,25	0,27	0,28	0,32	0,34	0,24	0,47	0,27	0,77	0,24	0,28	0,36	0,43	0,26	0,23
22 Mart	0,24		0,33	0,34	0,21	0,26	0,44	0,39	0,31	0,36	0,26	0,55	0,25	0,25	0,34	0,33	0,30	0,23
23 Mart	0,28		0,28	0,30	0,24	0,28	0,31	0,38	0,27	0,44	0,24	0,63	0,25	0,25	0,38	0,33	0,30	0,21
24 Mart	0,23		0,26	0,32	0,22	0,33	0,36	0,38	0,30	0,54	0,26	0,58	0,29	0,29	0,44	0,34	0,40	0,24
25 Mart	0,26		0,34	0,35	0,20	0,29	0,34	0,35	0,30	0,49	0,21	0,55	0,34	0,28	0,55	0,47	0,37	0,40
26 Mart	0,24		0,26	0,30	0,26	0,32	0,35	0,32	0,27	0,49	0,22	0,61	0,42	0,27	0,72	0,44	0,45	0,39
27 Mart	0,28		0,38	0,35	0,35	0,23	0,39	0,28	0,33	0,41	0,23	0,53	0,32	0,35	0,59	0,36	0,42	0,48
28 Mart	0,33		0,31	0,26	0,41	0,27	0,32	0,30	0,28	0,46	0,31	0,60	0,28	0,32	0,66	0,39	0,41	0,35
29 Mart	0,30	0,27	0,35	0,32	0,37	0,22	0,51	0,24	0,35	0,36	0,47	0,50	0,27	0,34	0,52	0,28	0,52	0,43
30 Mart	0,38	0,26	0,40	0,22	0,33	0,26	0,40	0,24	0,31	0,40	0,56	0,47	0,24	0,39	0,44	0,35	0,44	0,33
31 Mart	0,28	0,26	0,45	0,28	0,23	0,30	0,53	0,22	0,35	0,32	0,56	0,43	0,25	0,36	0,37	0,29	0,49	0,34
1 Nisan	0,29	0,27	0,41	0,30	0,25	0,29	0,43	0,23	0,39	0,39	0,40	0,46	0,24	0,40	0,42	0,37	0,36	0,33
2 Nisan	0,28	0,30	0,34	0,33	0,16	0,32	0,46	0,19	0,47	0,33	0,51	0,53	0,28	0,31	0,42	0,38	0,39	0,39
3 Nisan	0,30	0,22	0,43	0,29	0,26	0,23	0,46	0,20	0,57	0,31	0,39	0,42	0,33	0,39	0,79	0,48	0,33	0,47

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
4 Nisan	0,38	0,27	0,32	0,26	0,25	0,27	0,44	0,22	0,57	0,44	0,37	0,51	0,30	0,30	0,76	0,44	0,40	0,48
5 Nisan	0,31	0,26	0,36	0,27	0,25	0,20	0,52	0,31	0,51	0,35	0,29	0,42	0,26	0,45	0,79	0,39	0,38	0,58
6 Nisan	0,34	0,36	0,29	0,20	0,35	0,29	0,42	0,37	0,40	0,38	0,30	0,43	0,22	0,54	0,78	0,42	0,40	0,50
7 Nisan	0,26	0,39	0,30	0,27	0,55	0,25	0,49	0,38	0,41	0,34	0,36	0,35	0,25	0,42	0,87	0,33	0,47	0,52
8 Nisan	0,27	0,34	0,30	0,31	0,47	0,23	0,38	0,34	0,33	0,49	0,32	0,40	0,85	0,43	0,75	0,34	0,41	0,52
9 Nisan	0,23	0,33	0,28	0,31	0,36	0,34	0,38	0,32	0,29	0,42	0,39	0,44	0,56	0,29	0,76	0,35	0,45	0,49
10 Nisan	0,26	0,24	0,29	0,29	0,39	0,40	0,33	0,32	0,25	0,37	0,32	0,42	0,61	0,34	0,54	0,40	0,31	0,50
11 Nisan	0,32	0,29	0,26	0,29	0,30	0,41	0,37	0,34	0,21	0,34	0,41	0,43	0,53	0,27	0,62	0,36	0,49	0,47
12 Nisan	0,26	0,24	0,25	0,31	0,35	0,31	0,34	0,36	0,34	0,35	0,35	0,36	0,48	0,31	0,39	0,34	0,43	0,45
13 Nisan	0,28	0,26	0,22	0,24	0,37	0,35	0,34	0,37	0,25	0,48	0,39	0,40	0,40	0,29	0,39	0,33	0,43	0,40
14 Nisan	0,23	0,30	0,26	0,29	0,29	0,31	0,38	0,37	0,42	0,34	0,40	0,47	0,38	0,34	0,36	0,26	0,39	0,43
15 Nisan	0,25		0,21	0,19	0,30	0,33	0,34	0,46	0,40	0,40	0,35	0,45	0,31	0,38	0,35	0,34	0,37	0,43
16 Nisan	0,24	0,32	0,25	0,24	0,27	0,35	0,41	0,51	0,41	0,30	0,33	0,47	0,34	0,38	0,36	0,26	0,42	0,41
17 Nisan	0,22	0,26	0,27	0,23	0,31	0,30	0,38	0,41	0,39	0,41	0,38	0,41	0,39	0,46	0,37	0,36	0,36	0,45
18 Nisan	0,26	0,34	0,25	0,30	0,22	0,30	0,38	0,44	0,37	0,35	0,45	0,47	0,40	0,39	0,41	0,37	0,46	0,39
19 Nisan	0,32	0,32	0,33	0,32	0,33	0,25	0,40	0,45	0,47	0,35	0,44	0,35	0,41	0,46	0,36	0,40	0,36	0,44
20 Nisan	0,34	0,31	0,33	0,35	0,32	0,26	0,38	0,50	0,42	0,35	0,46	0,37	0,37	0,42	0,58	0,37	0,43	0,37
21 Nisan	0,30	0,27	0,38	0,39	0,40	0,26	0,34	0,47	0,60	0,36	0,42	0,35	0,41	0,44	0,50	0,32	0,40	0,39

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
22 Nisan	0,33	0,31	0,31	0,44	0,37	0,28	0,34	0,65	0,51	0,36	0,34	0,38	0,43	0,42	0,51	0,35	0,41	0,33
23 Nisan	0,28	0,29	0,35	0,53	0,31	0,28	0,33	0,73	0,44	0,31	0,35	0,54	0,40	0,41	0,34	0,23	0,50	0,36
24 Nisan	0,34	0,29	0,33	0,36	0,32	0,32	0,30	0,67	0,43	0,47	0,34	0,47	0,38	0,44	0,31	0,31		0,31
25 Nisan	0,33	0,32	0,33	0,38	0,28	0,29	0,30	0,70	0,38	0,34	0,32	0,66	0,38	0,34	0,31	0,31	0,45	0,32
26 Nisan	0,35	0,29	0,39	0,36	0,29	0,26	0,27	0,63	0,40	0,33	0,27	0,45	0,34	0,43	0,33	0,36	0,32	0,33
27 Nisan	0,34	0,34	0,25	0,35	0,25	0,26	0,30	0,60	0,32	0,38	0,37	0,60	0,36	0,36	0,50	0,39	0,42	0,36
28 Nisan	0,31	0,36	0,31	0,38	0,27	0,20	0,33	0,59	0,47	0,41	0,34	0,39	0,38	0,43	0,47	0,35	0,38	0,43
29 Nisan	0,35	0,44	0,22	0,48	0,24	0,27	0,30	0,57	0,44	0,36	0,39	0,46	0,32	0,41	0,49	0,34	0,40	0,36
30 Nisan	0,25	0,42	0,28	0,67	0,25	0,22	0,39	0,60	0,48	0,36	0,35	0,41	0,33	0,40	0,39	0,32	0,40	0,44

Çizelge Ek-1.3. Aqua MODIS AOD Verileri

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
1 Aralık	0,19	0,20	0,42	0,18	0,30	0,26	0,23	0,26	0,22	0,31	0,23	0,25	0,25	0,29	0,21	0,28
2 Aralık	0,19	0,22	0,39	0,21	0,28	0,30	0,21	0,31	0,16	0,25	0,23	0,24	0,27	0,28	0,22	0,32
3 Aralık	0,18	0,23	0,28	0,26	0,24	0,30	0,22	0,31	0,22	0,21	0,32	0,19	0,26	0,22	0,29	0,32
4 Aralık	0,27	0,23	0,33	0,20	0,27	0,36	0,23	0,29	0,25	0,23	0,28	0,25	0,23	0,21	0,32	0,45
5 Aralık	0,24	0,23	0,31	0,23	0,21	0,38	0,26	0,27	0,34	0,23	0,32	0,29	0,27	0,21	0,34	0,36
6 Aralık	0,32	0,20	0,25	0,24	0,24	0,40	0,30	0,23	0,37	0,29	0,42	0,28	0,26	0,24	0,33	0,37
7 Aralık	0,30	0,20	0,22	0,18	0,25	0,38	0,28	0,25	0,33	0,26	0,36	0,20	0,31	0,24	0,33	0,31
8 Aralık	0,29	0,16	0,22	0,19	0,26	0,30	0,25	0,23	0,32	0,33	0,29	0,21	0,33	0,29	0,27	0,35
9 Aralık	0,29	0,16	0,23	0,14	0,24	0,26	0,24	0,23	0,28	0,31	0,24	0,21	0,32	0,29	0,25	0,39
10 Aralık	0,22	0,18	0,23	0,15	0,22	0,27	0,22	0,23	0,23	0,28	0,19	0,20	0,29	0,30	0,25	0,46
11 Aralık	0,23	0,23	0,20	0,17	0,20	0,29	0,23	0,30	0,19	0,20	0,16	0,21	0,27	0,41	0,24	0,27
12 Aralık	0,23	0,50	0,21	0,21	0,21	0,27	0,16	0,32	0,17	0,17	0,16	0,19	0,25	0,32	0,24	0,20
13 Aralık	0,25	0,84	0,21	0,19	0,21	0,26	0,22	0,32	0,16	0,23	0,21	0,21	0,20	0,26	0,25	0,22
14 Aralık	0,22	0,61	0,23	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,18	0,25	0,24	0,18	0,17	0,22	0,28	0,20
15 Aralık	0,20	0,44	0,19	0,19	0,30	0,26	0,32	0,28	0,25	0,26	0,29	0,18	0,17	0,21	0,29	0,30

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
16 Aralık	0,24	0,30	0,21	0,18	0,29	0,28	0,30	0,29	0,26	0,27	0,29	0,20	0,22	0,19	0,29	0,35
17 Aralık	0,21	0,22	0,21	0,17	0,26	0,25	0,33	0,26	0,26	0,23	0,29	0,21	0,26	0,24	0,30	0,41
18 Aralık	0,21	0,18	0,19	0,16	0,25	0,29	0,30	0,22	0,20	0,26	0,28	0,26	0,27	0,21	0,27	0,46
19 Aralık	0,16	0,18	0,25	0,18	0,22	0,27	0,23	0,25	0,22	0,26	0,27	0,22	0,26	0,21	0,29	0,44
20 Aralık	0,15	0,20	0,23	0,16	0,26	0,26	0,21	0,27	0,21	0,37	0,22	0,22	0,27	0,21	0,27	0,39
21 Aralık	0,14	0,20	0,22	0,17	0,27	0,25	0,17	0,29	0,19	0,49	0,17	0,25	0,25	0,19	0,26	0,28
22 Aralık	0,18	0,19	0,23	0,20	0,34	0,24	0,21	0,30	0,20	0,45	0,18	0,29	0,25	0,21	0,26	0,26
23 Aralık	0,18	0,26	0,22	0,20	0,37	0,21	0,21	0,29	0,20	0,41	0,17	0,32	0,30	0,23	0,20	0,24
24 Aralık	0,23	0,25	0,23	0,22	0,35	0,21	0,17	0,25	0,20	0,34	0,20	0,35	0,28	0,26	0,22	0,23
25 Aralık	0,21	0,26	0,27	0,26	0,30	0,24	0,17	0,27	0,23	0,28	0,18	0,36	0,33	0,27	0,25	0,23
26 Aralık	0,26	0,27	0,23	0,26	0,31	0,20	0,17	0,21	0,25	0,25	0,24	0,29	0,31	0,32	0,25	0,23
27 Aralık	0,21	0,24	0,22	0,24	0,26	0,22	0,16	0,23	0,29	0,25	0,22	0,25	0,28	0,30	0,21	0,24
28 Aralık	0,20	0,23	0,26	0,25	0,27	0,21	0,14	0,24	0,30	0,27	0,34	0,20	0,30	0,27	0,24	0,32
29 Aralık	0,18	0,21	0,28	0,24	0,30	0,19	0,16	0,21	0,34	0,32	0,30	0,25	0,29	0,26	0,22	0,38
30 Aralık	0,22	0,23	0,23	0,26	0,27	0,19	0,18	0,21	0,26	0,35	0,29	0,30	0,31	0,21	0,23	0,32
31 Aralık	0,18	0,20	0,19	0,26	0,29	0,21	0,22	0,19	0,19	0,35	0,27	0,28	0,29	0,24	0,23	0,30

	2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10	2010- 11	2011- 12	2012- 13	2013- 14	2014- 15	2015- 16	2016- 17	2017- 18
1 Ocak	0,18	0,21	0,14	0,30	0,30	0,22	0,21	0,21	0,16	0,33	0,25	0,36	0,37	0,21	0,29	0,25
2 Ocak	0,19	0,21	0,12	0,25	0,31	0,20	0,23	0,24	0,16	0,29	0,23	0,42	0,38	0,20	0,31	0,24
3 Ocak	0,20	0,24	0,11	0,20	0,33	0,22	0,25	0,28	0,20	0,26	0,20	0,38	0,33	0,18	0,28	0,25
4 Ocak	0,21	0,22	0,14	0,21	0,30	0,23	0,26	0,23	0,30	0,27	0,20	0,29	0,28	0,23	0,27	0,25
5 Ocak	0,23	0,25	0,21	0,21	0,23	0,24	0,31	0,16	0,28	0,28	0,19	0,21	0,29	0,23	0,26	0,26
6 Ocak	0,22	0,27	0,17	0,25	0,21	0,28	0,27	0,17	0,35	0,26	0,19	0,17	0,26	0,28	0,29	0,26
7 Ocak	0,22	0,27	0,17	0,24	0,25	0,33	0,29	0,20	0,31	0,22	0,20	0,18	0,21	0,30	0,27	0,29
8 Ocak	0,22	0,28	0,21	0,24	0,26	0,34	0,27	0,29	0,25	0,21	0,22	0,21	0,21	0,29	0,25	0,28
9 Ocak	0,22	0,25	0,21	0,27	0,30	0,32	0,28	0,30	0,20	0,25	0,27	0,21	0,20	0,29	0,28	0,42
10 Ocak	0,19	0,23	0,19	0,26	0,30	0,28	0,30	0,31	0,18	0,24	0,25	0,26	0,23	0,26	0,23	0,48
11 Ocak	0,21	0,21	0,16	0,24	0,29	0,23	0,30	0,33	0,21	0,28	0,26	0,26	0,23	0,29	0,23	0,60
12 Ocak	0,21	0,19	0,16	0,23	0,27	0,27	0,33	0,25	0,18	0,27	0,35	0,34	0,22	0,31	0,21	0,48
13 Ocak	0,15	0,17	0,21	0,22	0,24	0,24	0,32	0,19	0,22	0,26	0,43	0,33	0,29	0,28	0,26	0,42
14 Ocak	0,23	0,16	0,27	0,16	0,21	0,23	0,35	0,18	0,22	0,26	0,39	0,31	0,34	0,25	0,26	0,37
15 Ocak	0,22	0,18	0,27	0,19	0,18	0,23	0,38	0,22	0,18	0,23	0,37	0,26	0,35	0,24	0,36	0,36
16 Ocak	0,25	0,17	0,24	0,19	0,22	0,25	0,35	0,27	0,16	0,26	0,37	0,24	0,33	0,24	0,34	0,36

	2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10	2010- 11	2011- 12	2012- 13	2013- 14	2014- 15	2015- 16	2016- 17	2017- 18
17 Ocak	0,25	0,20	0,19	0,20	0,18	0,26	0,32	0,24	0,16	0,23	0,35	0,25	0,34	0,21	0,30	0,36
18 Ocak	0,26	0,19	0,14	0,19	0,22	0,21	0,25	0,23	0,19	0,21	0,24	0,17	0,32	0,23	0,36	0,36
19 Ocak	0,22	0,18	0,17	0,21	0,27	0,20	0,29	0,20	0,14	0,18	0,18	0,27	0,34	0,19	0,37	0,34
20 Ocak	0,19	0,20	0,19	0,22	0,30	0,14	0,31	0,19	0,19	0,16	0,17	0,30	0,35	0,19	0,47	0,31
21 Ocak	0,21	0,18	0,24	0,20	0,25	0,17	0,30	0,21	0,17	0,20	0,19	0,31	0,31	0,18	0,42	0,30
22 Ocak	0,17	0,18	0,23	0,21	0,25	0,17	0,30	0,24	0,22	0,26	0,20	0,29	0,22	0,18	0,38	0,41
23 Ocak	0,17	0,14	0,25	0,21	0,23	0,20	0,32	0,24	0,22	0,29	0,21	0,27	0,24	0,20	0,32	0,38
24 Ocak	0,16	0,14	0,20	0,18	0,21	0,25	0,31	0,30	0,20	0,29	0,20	0,29	0,28	0,21	0,33	0,28
25 Ocak	0,17	0,16	0,23	0,17	0,27	0,27	0,24	0,27	0,21	0,30	0,22	0,31	0,27	0,23	0,34	0,24
26 Ocak	0,18	0,14	0,21	0,18	0,28	0,29	0,20	0,30	0,19	0,23	0,22	0,33	0,25	0,22	0,28	0,24
27 Ocak	0,20	0,15	0,30	0,21	0,29	0,27	0,19	0,33	0,21	0,22	0,22	0,36	0,21	0,23	0,24	0,27
28 Ocak	0,18	0,19	0,21	0,20	0,31	0,27	0,18	0,33	0,19	0,19	0,23	0,37	0,21	0,24	0,17	0,28
29 Ocak	0,21	0,22	0,20	0,20	0,28	0,24	0,16	0,26	0,17	0,18	0,21	0,29	0,20	0,26	0,22	0,26
30 Ocak	0,25	0,22	0,20	0,19	0,28	0,20	0,19	0,27	0,18	0,22	0,22	0,32	0,18	0,27	0,23	0,42
31 Ocak	0,24	0,18	0,22	0,23	0,27	0,21	0,17	0,24	0,21	0,27	0,25	0,34	0,25	0,30	0,30	0,37
1 Şubat	0,24	0,15	0,21	0,23	0,24	0,28	0,18	0,20	0,23	0,33	0,35	0,35	0,25	0,29	0,25	0,38

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
2	0,23	0,18	0,20	0,23	0,22	0,57	0,17	0,23	0,21	0,29	0,37	0,34	0,28	0,20	0,25	0,37
Şubat																
3	0,26	0,17	0,19	0,25	0,21	0,53	0,19	0,23	0,27	0,33	0,43	0,33	0,29	0,21	0,27	0,35
Şubat																
4	0,22	0,17	0,17	0,27	0,20	0,34	0,18	0,25	0,26	0,38	0,44	0,32	0,26	0,21	0,53	0,35
Şubat																
5	0,17	0,14	0,16	0,26	0,20	0,28	0,20	0,25	0,27	0,34	0,32	0,28	0,31	0,26	0,37	0,29
Şubat																
6	0,22	0,13	0,16	0,23	0,20	0,33	0,23	0,28	0,26	0,32	0,26	0,27	0,28	0,24	0,23	0,30
Şubat																
7	0,23	0,12	0,18	0,23	0,20	0,26	0,25	0,31	0,26	0,24	0,21	0,27	0,23	0,18	0,22	0,26
Şubat																
8	0,20	0,12	0,20	0,23	0,23	0,18	0,30	0,42	0,21	0,20	0,19	0,26	0,19	0,21	0,21	0,26
Şubat																
9	0,17	0,26	0,17	0,24	0,24	0,16	0,33	0,30	0,20	0,13	0,16	0,23	0,23	0,20	0,18	0,21
Şubat																
10	0,22	0,24	0,15	0,22	0,27	0,15	0,29	0,31	0,20	0,18	0,23	0,20	0,28	0,25	0,19	0,22
Şubat																
11	0,24	0,21	0,18	0,21	0,22	0,15	0,25	0,35	0,23	0,19	0,25	0,16	0,27	0,24	0,19	0,25
Şubat																
12	0,24	0,18	0,18	0,25	0,26	0,15	0,25	0,26	0,27	0,22	0,28	0,19	0,22	0,24	0,27	0,23
Şubat																
13	0,21	0,18	0,17	0,24	0,26	0,20	0,34	0,26	0,29	0,31	0,31	0,24	0,20	0,28	0,29	0,26
Şubat																
14	0,18	0,18	0,17	0,24	0,25	0,19	0,38	0,23	0,33	0,29	0,32	0,25	0,18	0,32	0,32	0,27
Şubat																
15	0,20	0,17	0,21	0,20	0,29	0,24	0,30	0,21	0,27	0,28	0,33	0,21	0,18	0,30	0,39	0,36
Şubat																
16	0,18	0,20	0,20	0,20	0,26	0,21	0,27	0,19	0,24	0,25	0,22	0,16	0,20	0,33	0,37	0,36
Şubat																
17	0,22	0,19	0,27	0,21	0,25	0,20	0,35	0,22	0,22	0,28	0,16	0,18	0,20	0,40	0,37	0,35
Şubat																

	2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10	2010- 11	2011- 12	2012- 13	2013- 14	2014- 15	2015- 16	2016- 17	2017- 18
18 Şubat	0,40	0,24	0,24	0,24	0,22	0,18	0,35	0,21	0,25	0,32	0,17	0,20	0,24	0,35	0,33	0,33
19 Şubat	0,34	0,23	0,26	0,25	0,30	0,15	0,33	0,17	0,25	0,31	0,18	0,23	0,23	0,41	0,37	0,36
20 Şubat	0,28	0,25	0,22	0,24	0,30	0,18	0,34	0,19	0,22	0,30	0,22	0,30	0,23	0,32	0,39	0,33
21 Şubat	0,27	0,25	0,20	0,27	0,29	0,23	0,33	0,20	0,22	0,32	0,23	0,29	0,25	0,28	0,28	0,30
22 Şubat	0,25	0,28	0,18	0,25	0,31	0,64	0,35	0,23	0,22	0,39	0,24	0,29	0,25	0,21	0,25	0,35
23 Şubat	0,21	0,29	0,20	0,26	0,30	0,61	0,29	0,19	0,26	0,40	0,22	0,27	0,40	0,20	0,23	0,33
24 Şubat	0,24	0,27	0,22	0,25	0,32	0,53	0,26	0,19	0,23	0,32	0,22	0,36	0,45	0,21	0,23	0,43
25 Şubat	0,22	0,25	0,20	0,32	0,24	0,30	0,22	0,20	0,23	0,29	0,23	0,32	0,38	0,24	0,26	0,40
26 Şubat	0,21	0,23	0,19	0,26	0,20	0,22	0,22	0,19	0,25	0,32	0,24	0,32	0,29	0,27	0,28	0,40
27 Şubat	0,15	0,27	0,26	0,20	0,22	0,24	0,23	0,22	0,25	0,35	0,18	0,28	0,30	0,26	0,28	0,37
28 Şubat	0,17	0,23	0,25	0,17	0,22	0,23	0,23	0,23	0,27	0,33	0,20	0,20	0,33	0,33	0,31	0,39
29 Şubat		0,23				0,25				0,33				0,32		
1 Mart	0,25	0,20	0,29	0,13	0,25	0,23	0,23	0,35	0,29	0,35	0,21	0,18	0,28	0,38	0,29	0,40
2 Mart	0,41	0,17	0,23	0,15	0,22	0,24	0,22	0,33	0,32	0,36	0,20	0,24	0,18	0,38	0,30	0,32
3 Mart	0,43	0,24	0,22	0,14	0,26	0,20	0,38	0,28	0,33	0,37	0,25	0,25	0,18	0,32	0,25	0,39
4 Mart	0,33	0,20	0,20	0,13	0,34	0,21	0,45	0,27	0,30	0,37	0,23	0,27	0,19	0,33	0,26	0,29

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
5 Mart	0,34	0,31	0,19	0,13	0,31	0,19	0,43	0,31	0,31	0,44	0,26	0,28	0,22	0,28	0,24	0,29
6 Mart	0,28	0,25	0,21	0,16	0,32	0,26	0,42	0,34	0,33	0,41	0,24	0,26	0,26	0,31	0,25	0,25
7 Mart	0,28	0,22	0,22	0,18	0,31	0,34	0,41	0,41	0,32	0,37	0,27	0,26	0,56	0,32	0,26	0,33
8 Mart	0,24	0,20	0,19	0,20	0,35	0,37	0,32	0,44	0,28	0,33	0,26	0,28	0,51	0,30	0,25	0,25
9 Mart	0,24	0,20	0,19	0,25	0,41	0,41	0,25	0,35	0,23	0,19	0,25	0,26	0,33	0,25	0,24	0,22
10 Mart	0,32	0,23	0,19	0,23	0,39	0,42	0,31	0,34	0,20	0,26	0,27	0,25	0,39	0,28	0,28	0,25
11 Mart	0,31	0,18	0,18	0,21	0,38	0,39	0,28	0,33	0,19	0,36	0,29	0,27	0,36	0,27	0,28	0,25
12 Mart	0,27	0,24	0,19	0,22	0,36	0,37	0,32	0,28	0,18	0,42	0,25	0,33	0,33	0,29	0,25	0,34
13 Mart	0,26	0,23	0,16	0,26	0,28	0,27	0,32	0,28	0,19	0,34	0,27	0,28	0,35	0,23	0,27	0,36
14 Mart		0,26	0,16	0,34	0,25	0,25	0,31	0,24	0,20	0,28	0,26	0,24	0,30	0,27	0,26	0,39
15 Mart	0,33	0,27	0,18	0,38	0,25	0,22	0,28	0,26	0,16	0,27	0,24	0,25	0,30	0,25	0,28	0,27
16 Mart	0,34	0,32	0,14	0,24	0,31	0,22	0,27	0,23	0,28	0,27	0,28	0,26	0,23	0,30	0,28	0,26
17 Mart	0,28	0,31	0,21	0,25	0,28	0,22	0,28	0,27	0,25	0,20	0,23	0,29	0,27	0,34	0,27	0,23
18 Mart	0,37	0,29	0,19	0,17	0,30	0,24	0,23	0,31	0,34	0,26	0,23	0,27	0,25	0,39	0,26	0,30
19 Mart	0,26	0,31	0,23	0,23	0,33	0,26	0,28	0,32	0,29	0,49	0,23	0,29	0,25	0,41	0,26	0,21
20 Mart	0,29	0,27	0,25	0,27	0,33	0,30	0,25	0,40	0,28	0,93	0,22	0,24	0,27	0,37	0,26	0,26

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
21 Mart	0,24	0,28	0,21	0,27	0,34	0,35	0,28	0,34	0,25	0,65	0,22	0,27	0,29	0,35	0,25	0,27
22 Mart	0,24	0,27	0,22	0,26	0,36	0,36	0,26	0,43	0,23	0,66	0,22	0,23	0,38	0,30	0,23	0,22
23 Mart	0,25	0,34	0,22	0,27	0,33	0,35	0,27	0,47	0,22	0,50	0,26	0,21	0,37	0,30	0,30	0,25
24 Mart	0,24	0,31	0,18	0,28	0,31	0,35	0,28	0,50	0,21	0,44	0,24	0,28	0,44	0,42	0,39	0,25
25 Mart	0,25	0,33	0,24	0,29	0,34	0,32	0,26	0,48	0,19	0,54	0,34	0,26	0,50	0,43	0,38	0,30
26 Mart	0,34	0,28	0,27	0,29	0,32	0,30	0,32	0,44	0,19	0,55	0,35	0,28	0,47	0,38	0,39	0,39
27 Mart	0,27	0,26	0,35	0,26	0,31	0,30	0,27	0,41	0,24	0,55	0,31	0,31	0,59	0,36	0,43	0,31
28 Mart	0,29	0,31	0,38	0,21	0,39	0,26	0,31	0,36	0,30	0,50	0,25	0,32	0,57	0,33	0,44	0,39
29 Mart	0,35	0,25	0,34	0,28	0,34	0,23	0,30	0,36	0,43	0,49	0,22	0,31	0,53	0,31	0,47	0,35
30 Mart	0,45	0,26	0,30	0,25	0,46	0,20	0,32	0,32	0,46	0,45	0,23	0,33	0,36	0,27	0,43	0,38
31 Mart	0,40	0,24	0,25	0,31	0,44	0,20	0,36	0,34	0,42	0,42	0,19	0,36	0,44	0,35	0,39	0,31
1 Nisan	0,38	0,31	0,18	0,28	0,46	0,21	0,35	0,34	0,48	0,39	0,28	0,31	0,38	0,31	0,39	0,41
2 Nisan	0,35	0,29	0,22	0,21	0,41	0,19	0,47	0,34	0,40	0,40	0,27	0,30	0,37	0,42	0,32	0,36
3 Nisan	0,33	0,28	0,20	0,26	0,47	0,16	0,46	0,31	0,36	0,46	0,34	0,30	0,59	0,40	0,34	0,45
4 Nisan	0,33	0,27	0,29	0,20	0,41	0,25	0,50	0,37	0,32	0,43	0,24	0,41	0,88	0,39	0,38	0,46
5 Nisan	0,30	0,19	0,27	0,24	0,42	0,41	0,45	0,33	0,31	0,41	0,22	0,41	0,65	0,37	0,44	0,51

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
6 Nisan	0,31	0,23	0,31	0,24	0,46	0,32	0,42	0,34	0,26	0,39	0,23	0,46	0,79	0,34	0,41	0,53
7 Nisan	0,31	0,26	0,55	0,26	0,38	0,37	0,37	0,39	0,30	0,41	0,44	0,45	0,79	0,28	0,45	0,51
8 Nisan	0,30	0,28	0,45	0,22	0,42	0,29	0,33	0,35	0,33	0,36	0,56	0,33	0,74	0,31	0,35	0,53
9 Nisan	0,24	0,30	0,33	0,27	0,34	0,32	0,22	0,34	0,29	0,37	0,59	0,31	0,72	0,38	0,37	0,47
10 Nisan	0,23	0,30	0,35	0,42	0,37	0,28	0,23	0,33	0,34	0,38	0,64	0,24	0,59	0,35	0,44	0,46
11 Nisan	0,24	0,27	0,36	0,32	0,30	0,41	0,28	0,28	0,33	0,35	0,46	0,29	0,50	0,36	0,37	0,41
12 Nisan	0,22	0,24	0,32	0,31	0,33	0,37	0,22	0,35	0,41	0,36	0,44	0,27	0,37	0,29	0,47	0,40
13 Nisan	0,20	0,26	0,36	0,29	0,31	0,33	0,32	0,38	0,35	0,39	0,35	0,32	0,35	0,27	0,38	0,37
14 Nisan	0,21	0,21	0,31	0,31	0,30	0,33	0,30	0,36	0,38	0,44	0,31	0,32	0,34	0,28	0,41	0,40
15 Nisan	0,23	0,23	0,28	0,31	0,37	0,42	0,39	0,30	0,29	0,46	0,31	0,33	0,34	0,24	0,32	0,45
16 Nisan	0,22	0,22	0,24	0,35	0,34	0,42	0,33	0,38	0,31	0,47	0,35	0,36	0,37	0,31	0,32	0,38
17 Nisan	0,23	0,26	0,23	0,29	0,39	0,35	0,34	0,31	0,35	0,39	0,35	0,34	0,33	0,30	0,41	0,46
18 Nisan	0,25	0,26	0,26	0,25	0,36	0,38	0,38	0,34	0,38	0,37	0,38	0,40	0,33	0,40	0,35	0,35
19 Nisan	0,33	0,34	0,30	0,23	0,41	0,43	0,35	0,30	0,41	0,41	0,42	0,40	0,41	0,34	0,41	0,35
20 Nisan	0,27	0,31	0,36	0,23	0,32	0,43	0,43	0,32	0,40	0,33	0,37	0,42	0,45	0,34	0,36	0,36
21 Nisan	0,31	0,35	0,33	0,27	0,35	0,49	0,49	0,33	0,39	0,33	0,40	0,39	0,48	0,26	0,41	0,33

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
22 Nisan	0,33	0,44	0,34	0,27	0,31	0,51	0,47	0,30	0,32	0,36	0,35	0,40	0,38	0,29	0,43	0,36
23 Nisan	0,29	0,43	0,29	0,31	0,32	0,69	0,41	0,36	0,33	0,49	0,36	0,37	0,35	0,26	0,46	0,31
24 Nisan	0,33	0,37	0,29	0,26	0,29	0,59	0,42	0,32	0,27	0,57	0,35	0,33	0,28	0,27	0,40	0,35
25 Nisan	0,30	0,33	0,27	0,23	0,27	0,62	0,33	0,30	0,26	0,58	0,33	0,36	0,34	0,31	0,35	0,30
26 Nisan	0,30	0,36	0,24	0,25	0,29	0,66	0,33	0,34	0,29	0,49	0,32	0,35	0,31	0,34	0,35	0,34
27 Nisan	0,30	0,31	0,24	0,19	0,26	0,50	0,39	0,39	0,28	0,44	0,34	0,42	0,48	0,37	0,34	0,32
28 Nisan	0,22	0,31	0,23	0,20	0,27	0,59	0,34	0,34	0,43	0,39	0,31	0,38	0,42	0,32	0,37	0,35
29 Nisan	0,26	0,48	0,26	0,21	0,30	0,54	0,47	0,31	0,31	0,35	0,26	0,42	0,37	0,31	0,40	0,38
30 Nisan	0,23	0,53	0,22	0,26	0,26	0,53	0,44	0,34	0,36	0,39	0,27	0,36	0,39	0,28	0,40	

Çizelge Ek-1.4. SeaWiFS Klorofil-a Konsantrasyonu Verileri (Artık olmayan yıllar için)

8 günlük kompozit	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2009
31 Aralık-7 Ocak	0,487	0,571	0,537	0,640	0,498	0,597	0,673	0,553	0,820	
8 Ocak-15 Ocak	0,467	0,642	0,555	0,610	0,593	0,647	0,789	0,659	0,692	
16 Ocak-23 Ocak	0,475	0,626	0,599	0,592	0,651	0,659	0,735	0,680	0,745	
24 Ocak-31 Ocak	0,549	0,673	0,653	0,695	0,750	0,656	0,833	0,638	0,733	
1 Şubat-8 Şubat	0,553	0,797	0,612	0,884	0,688	0,689	1,049	0,719	0,703	
9 Şubat-16 Şubat	0,549	0,878	0,714	0,845	0,939	0,715	0,962	0,699	0,881	
17 Şubat-24 Şubat	0,501	0,914	0,874	0,803	1,104	0,770	0,912	0,590	1,006	
25 Şubat-4 Mart	0,505	0,758	0,975	0,799	0,767	0,765	0,688	0,517	0,830	
5 Mart-12 Mart	0,427	0,528	0,773	0,713	1,132	0,838	0,643	0,505	0,703	
13 Mart-20 Mart	0,478	0,598	0,560	0,564	0,595	0,579	0,455	0,496	0,545	
21 Mart-28 Mart	0,496	0,576	0,475	0,445	0,556	0,611	0,482	0,454	0,409	
29 Mart-5 Nisan	0,338	0,424	0,490	0,358	0,441	0,593	0,434	0,446	0,445	
6 Nisan-13 Nisan	0,312	0,405	0,353	0,320	0,358	0,399	0,379	0,314	0,387	
14 Nisan-21 Nisan	0,291	0,404	0,360	0,379	0,386	0,404	0,327	0,261	0,361	
22 Nisan-29 Nisan	0,318	0,378	0,332	0,348	0,346	0,298	0,377	0,296	0,547	
30 Nisan-7 Mayıs	0,277	0,346	0,328	0,337	0,235	0,303	0,358	0,309		
8 Mayıs-15 Mayıs	0,229	0,477	0,311	0,282	0,221	0,267	0,346	0,254		
16 Mayıs-23 Mayıs	0,277	0,537	0,271	0,453	0,265	0,304	0,252	0,231		
24 Mayıs-31 Mayıs	0,313	0,330	0,545	0,363	0,291	0,334	0,300	0,252		

8 günlük kompozit	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2009
1 Haziran-8 Haziran		0,540	0,228	0,266	0,330	0,182	0,319	0,365	0,248	
9 Haziran-16 Haziran		0,504	1,381	0,416	0,386	0,709	0,461	0,332	0,399	
17 Haziran-24 Haziran		0,433	0,233	0,457	1,952	0,224	0,497	0,456	0,543	
25 Haziran-2 Temmuz		0,437	0,324	0,289	0,352	0,264	0,354	0,341	0,283	
3 Temmuz-10 Temmuz		0,499	0,703	0,707	0,389	0,411	0,918	0,364	0,389	
11 Temmuz-18 Temmuz		0,440	0,397	0,572	0,395	1,140	0,460	0,559	0,654	
19 Temmuz-26 Temmuz		0,730	0,483	0,530	0,376	0,348	0,455	0,680	1,666	
27 Temmuz-3 Ağustos		0,553	0,736	0,634	0,778	0,452	0,612	0,613	0,413	
4 Ağustos-11 Ağustos		1,171	0,577	0,958	0,466	0,620	0,566	0,730	0,439	
12 Ağustos-19 Ağustos		1,703	1,825	0,695	0,564	0,561	0,792	0,954	0,646	
20 Ağustos-27 Ağustos		1,308	1,342	0,741	0,571	0,507	0,765	0,856	0,827	
28 Ağustos-4 Eylül		0,806	1,072	0,931	0,952	0,870	1,423	0,998	0,870	
5 Eylül-12 Eylül		0,866	1,030	0,793	1,097	0,674	1,415	1,415	1,090	
13 Eylül-20 Eylül		0,961	0,924	0,798	1,058	0,709	0,831	1,606	0,967	
21 Eylül-28 Eylül		0,881	0,989	0,812	0,983	0,817	1,067	1,353	0,920	
29 Eylül-6 Ekim		0,750	0,857	0,905	1,042	1,056	0,836	1,083	0,671	
7 Ekim-14 Ekim		0,904	0,807	0,765	1,024	0,703	0,922	0,933	0,572	
15 Ekim-22 Ekim		0,644	0,769	0,545	0,682	0,696	0,823	0,743	0,489	
23 Ekim-30 Ekim		0,519	0,617	0,537	0,680	0,594	0,636	0,594	0,584	
31 Ekim-7 Kasım	0,325	0,495	0,574	0,502	0,605	0,552	0,627	0,526	0,547	

8 günlük kompozit	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2009
8 Kasım-15 Kasım	0,368	0,500	0,565	0,593	0,468	0,537	0,601	0,486	0,425	
16 Kasım-23 Kasım	0,357	0,516	0,673	0,612	0,618	0,663	0,560	0,623	0,485	
24 Kasım-1 Aralık	0,409	0,512	0,737	0,672	0,504	0,586	0,736	0,555	0,486	
2 Aralık-9 Aralık	0,494	0,538	0,673	0,617	0,614	0,564	0,639	0,456	0,599	
10 Aralık-17 Aralık	0,419	0,663	0,621	0,581	0,630	0,597	0,682	0,497	0,582	
18 Aralık-25 Aralık	0,441	0,784	0,610	0,617	0,495	0,705	0,679	0,559	0,656	
26 Aralık-30 Aralık	0,463	0,789	0,629	0,598	0,555	0,661	0,799	0,525	0,671	

Çizelge Ek-1.5. SeaWiFS Klorofil-a Konsantrasyonu Verileri (Artık yıllar için)

8 günlük kompozit	2000	2004	2008
31 Aralık-7 Ocak	0,681	0,750	
8 Ocak-15 Ocak	0,635	0,790	
16 Ocak-23 Ocak	0,605	0,708	
24 Ocak-31 Ocak	0,616	0,630	
1 Şubat-8 Şubat	0,718	0,688	
9 Şubat-16 Şubat	0,701	0,772	
17 Şubat-24 Şubat	0,818	0,828	
25 Şubat-3 Mart	0,974	0,737	
4 Mart-11 Mart	0,820	0,528	
12 Mart-19 Mart	0,837	0,498	
20 Mart-27 Mart	0,659	0,427	
28 Mart-4 Nisan	0,504	0,343	
5 Nisan-12 Nisan	0,375	0,310	0,357
13 Nisan-20 Nisan	0,317	0,321	0,340
21 Nisan-28 Nisan	0,350	0,307	0,479
29 Nisan-6 Mayıs	0,445	0,229	
7 Mayıs-14 Mayıs	0,281	0,304	
15 Mayıs-22 Mayıs	0,342	0,259	
23 Mayıs-30 Mayıs	0,447	0,501	
31 Mayıs-7 Haziran	0,251	0,613	0,219
8 Haziran-15 Haziran	0,296	0,511	0,413
16 Haziran-23 Haziran	0,640	0,690	
24 Haziran-1 Temmuz	0,251	0,406	
2 Temmuz-9 Temmuz	0,390	0,481	
10 Temmuz-17 Temmuz	0,290	0,574	
18 Temmuz-25 Temmuz	0,740	0,606	
26 Temmuz-2 Ağustos	0,600	0,580	
3 Ağustos-10 Ağustos	1,047	0,474	
11 Ağustos-18 Ağustos	0,803	0,867	
19 Ağustos-26 Ağustos	0,884	0,830	1,194

8 günlük kompozit	2000	2004	2008
27 Ağustos-3 Eylül	0,963	1,852	0,901
4 Eylül-11 Eylül	0,869	1,535	0,884
12 Eylül-19 Eylül	1,135	1,239	0,781
20 Eylül-27 Eylül	1,280	1,440	0,834
28 Eylül-5 Ekim	1,042	0,924	0,745
6 Ekim-13 Ekim	0,698	0,729	0,737
14 Ekim-21 Ekim	0,595	0,643	0,854
22 Ekim-29 Ekim	0,524	0,714	0,624
30 Ekim-6 Kasım	0,520	0,688	0,505
7 Kasım-14 Kasım	0,538	0,617	0,624
15 Kasım-22 Kasım	0,631	0,505	0,740
23 Kasım-31 Kasım	0,582	0,564	0,804
1 Aralık-8 Aralık	0,614	0,538	0,715
9 Aralık-16 Aralık	0,589	0,554	0,982
17 Aralık-24 Aralık	0,547	0,543	0,700
25 Aralık-30 Aralık	0,523	0,477	0,702

Çizelge Ek-1.6. Aqua MODIS Klorofil-a Konsantrasyonu Verileri (Artık olmayan yıllar için)

8 günlük kopmpozit	2003	2005	2006	2007	2009	2010	2011	2013	2014	2015	2017	2018
1 Ocak-8 Ocak	0,614	0,709	0,747	0,595	0,877	0,537	0,744	0,690	0,719	0,667	0,933	0,856
9 Ocak-16 Ocak	0,790	0,823	1,174	0,862	0,899	0,663	0,735	0,993	0,682	0,824	0,868	0,961
17 Ocak-24 Ocak	0,855	0,901	0,990	0,898	0,933	0,733	0,805	0,779	0,695	0,671	0,957	1,033
25 Ocak-1 Şubat	1,065	0,873	1,197	0,838	0,777	0,976	0,887	0,817	1,587	0,919	1,013	1,299
2 Şubat-9 Şubat	1,293	1,065	1,919	1,010	0,874	0,890	1,385	0,831	1,508	1,531	0,710	1,379
10 Şubat-17 Şubat	2,163	1,089	2,029	1,044	1,631	1,420	1,049	0,882	0,748	2,972	1,592	1,636
18 Şubat-25 Şubat	2,208	1,231	1,605	0,982	2,286	1,236	1,253	1,259	1,422	3,212	3,019	2,689
26 Şubat-5 Mart	1,938	1,278	1,031	0,914	1,418	1,018	1,287	0,789	1,835	1,341	4,032	1,576
6 Mart-13 Mart	3,201	1,839	1,013	0,620	1,147	1,335	0,858	1,217	1,739	1,686	3,329	1,133
14 Mart-21 Mart	1,121	1,057	0,558	0,722	0,810	0,639	0,556	0,702	1,164	2,384	2,352	1,331
22 Mart-29 Mart	0,808	0,822	0,654	0,509	0,493	0,366	0,404	0,482	0,869	1,843	2,248	1,080
30 Mart-6 Nisan	0,494	0,944	0,493	0,543	0,405	0,439	0,406	0,441	0,832	0,795	1,029	0,838
7 Nisan-14 Nisan	0,359	0,385	0,441	0,411	0,418	0,377	0,306	0,361	0,552	0,339	1,138	0,379
15 Nisan-22 Nisan	0,462	0,450	0,302	0,247	0,369	0,366	0,276	0,316	0,411	0,343	0,597	0,431
23 Nisan-30 Nisan	0,363	0,347	0,423	0,322	0,418	0,323	0,236	0,294	0,352	0,236	0,385	0,375
1 Mayıs-8 Mayıs	0,294	0,341	0,459	0,348	0,443	0,253	0,319	0,405	0,363	0,313	0,269	
9 Mayıs-16 Mayıs	0,320	0,316	0,459	0,307	0,299	0,461	0,390	0,373	0,179	0,371	0,315	
17 Mayıs-24 Mayıs	0,283	0,287	0,443	0,281	0,697	0,361	0,193	0,303	0,363	0,366	0,396	
25 Mayıs-1 Haziran	0,302	0,281	0,418	0,353	0,480	0,548	0,421	0,339	0,479	0,305	0,668	
2 Haziran-9 Haziran	0,444	0,702	0,909	0,269	1,398	0,433	0,428	0,502	0,712	0,529	0,374	

10 Haizran-17 Haziran	0,663	0,828	0,543	0,903	1,173	0,347	0,132	0,280	0,361	0,325	0,861
18 Haziran-25 Haziran	0,145	0,202	0,695	0,402	1,098	0,241	0,136	0,389	0,138	0,550	0,192
26 Haziran-3 Temmuz	0,551	0,210	0,465	0,192	0,194	0,449	0,214	0,224	0,137	0,254	0,149
4 Temmuz-11 Temmuz	0,369	12,351	0,178	0,133	0,471	0,336	0,160	0,327	0,186	0,176	0,383
12 Temmuz-19 Temmuz	0,585	0,570		0,499		0,585	0,414	0,181	0,249		0,379
20 Temmuz-27 Temmuz	0,518	0,454	0,712	1,091	0,387	0,402	1,106	0,210	0,656	0,233	0,259
28 Temmuz-4 Ağustos	0,318	0,382	0,654	0,321	0,381	0,707	0,471	0,362	0,230	0,238	0,322
5 Ağustos-12 Ağustos	0,481	0,319	0,875	0,361	0,210	0,582	0,496	0,531	1,806	0,464	0,408
13 Ağustos-20 Ağustos	0,450	0,657	0,527	0,553	0,304	0,826	0,880	0,830	0,569	0,876	1,020
21 Ağustos-28 Ağustos	0,269	0,864	0,857	1,901	0,827	0,667	1,962	0,415	1,482	1,241	2,082
29 Ağustos-5 Eylül	1,638	4,403	1,033	1,053	1,370	0,454	1,483	3,858	1,077	0,539	4,520
6 Eylül-13 Eylül	0,751	2,509	4,468	0,974	0,841	4,402	1,749	2,291	1,089	1,112	2,435
14 Eylül-21 Eylül	1,109	1,910	5,234	2,512	1,247	1,701	1,442	2,623	1,145	1,573	2,943
22 Eylül-29 Eylül	1,200	2,676	4,418	1,828	1,041	1,426	1,149	1,223	1,401	1,114	1,541
30 Eylül-7 Ekim	1,975	1,392	2,107	0,992	1,872	1,683	0,894	2,410	0,970	0,766	1,279
8 Ekim-15 Ekim	1,082	1,663	1,672	0,741	0,918	1,155	0,951	1,064	0,896	0,619	1,278
16 Ekim-23 Ekim	1,177	1,340	1,365	0,750	1,222	1,208	0,971	1,064	0,815	0,606	0,825
24 Ekim-31 Ekim	0,976	0,976	0,968	0,802	0,917	0,647	1,155	1,030	0,618	0,528	0,933
1 Kasım-8 Kasım	0,961	0,942	0,790	0,654	0,795	0,747	0,626	0,814	0,547	0,459	0,855
9 Kasım-16 Kasım	0,761	0,810	0,699	0,509	0,617	0,543	0,616	0,505	0,777	0,593	0,774
17 Kasım-24 Kasım	1,249	0,631	0,823	0,522	0,633	0,599	0,524	0,599	0,637	0,494	0,774
25 Kasım-2 Aralık	0,791	1,031	0,637	0,511	0,695	0,587	0,499	0,659	0,609	0,545	0,930

3 Aralık-10 Aralık	0,765	0,781	0,454	0,825	0,649	0,926	0,638	0,649	0,749	0,544	0,998
11 Aralık-18 Aralık	0,826	0,781	0,531	0,638	0,544	0,810	0,562	0,682	0,782	0,703	0,959
19 Aralık-26 Aralık	0,890	0,813	0,590	0,770	0,646	0,855	0,866	0,770	0,754	0,551	1,133
27 Aralık-31 Aralık	1,016	1,406	0,588	0,789	0,622	0,721	0,780	0,724	0,705	0,707	1,074

Çizelge Ek-1.7. Aqua MODIS Klorofil-a Konsantrasyonu Verileri (Artık yıllar için)

8 günlük kompozit	2004	2008	2012	2016
1 Ocak-8 Ocak	1,342	0,827	1,115	0,632
9 Ocak-16 Ocak	1,771	1,093	1,261	0,621
17 Ocak-24 Ocak	0,865	0,814	0,701	0,599
25 Ocak-1 Şubat	0,935	1,237	0,701	0,929
2 Şubat-9 Şubat	1,181	0,904	1,006	0,886
10 Şubat-17 Şubat	1,312	1,260	1,844	0,906
18 Şubat-25 Şubat	2,126	2,561	2,963	1,208
26 Şubat-4 Mart	1,224	2,529	2,335	2,837
5 Mart-12 Mart	0,745	1,693	1,204	1,792
13 Mart-20 Mart	0,693	0,760	1,724	1,279
21 Mart-28 Mart	0,453	0,475	2,115	0,664
29 Mart-5 Nisan	0,410	0,417	0,686	0,362
6 Nisan-13 Nisan	0,340	0,297	0,364	0,380
14 Nisan-21 Nisan	0,390	0,312	0,273	0,333
22 Nisan-29 Nisan	0,316	0,389	0,679	0,295
30 Nisan-7 Mayıs	0,227	0,276	0,214	0,287
8 Mayıs-15 Mayıs	0,549	0,350	0,338	0,220
16 Mayıs-23 Mayıs	1,007	0,232	0,253	0,281
22 Mayıs-31 Mayıs	0,397	0,432	0,238	0,524
1 Haziran-8 Haziran	0,918	0,346	0,254	0,700
9 Haziran-16 Haziran	0,491	0,286	1,043	0,466
17 Haziran-24 Haziran	0,310	0,232	0,197	0,728
25 Haziran-2 Temmuz	0,518	0,132	0,273	0,441
3 Temmuz-10 Temmuz	0,946	0,137	0,161	0,164
11 Temmuz-18 Temmuz	0,598	0,136	0,324	3,266
19 Temmuz-26 Temmuz	0,300		0,474	0,271
27 Temmuz-3 Ağustos	1,505	2,247	0,379	0,319
4 Ağustos-11 Ağustos	0,573	0,698	0,213	0,301
12 Ağustos-19 Ağustos	0,794	0,948	0,903	0,433
20 Ağustos-27 Ağustos	0,701	1,169	0,583	1,531
28 Ağustos-4 Eylül	2,552	1,087	2,019	4,731

8 günlük kompozit	2004	2008	2012	2016
5 Eylül-12 Eylül	3,160	0,932	0,397	1,704
13 Eylül-20 Eylül	1,565	0,430	2,770	2,318
21 Eylül-28 Eylül	2,181	1,997	1,244	2,109
29 Eylül-6 Ekim	1,558	1,220	1,114	1,454
7 Ekim-14 Ekim	1,284	1,465	0,722	1,377
15 Ekim-22 Ekim	1,444	1,078	0,736	0,951
23 Ekim-30 Ekim	1,442	0,829	0,674	1,056
31 Ekim-7 Kasım	1,035	0,671	0,463	0,915
8 Kasım-15 Kasım	0,771	0,830	0,487	0,875
16 Kasım-23 Kasım	0,619	0,791	0,462	0,972
24 Kasım-1 Aralık	0,959	0,890	0,445	0,874
2 Aralık-9 Aralık	0,908	0,778	0,536	0,933
10 Aralık-17 Aralık	0,640	0,948	0,546	0,716
18 Aralık-25 Aralık	0,621	0,822	0,669	1,019
26 Aralık-31 Aralık	0,559	0,653	0,600	0,961

EK-2: Korelasyon Analizi için p-değerleri

Çizelge Ek-2.1. KDM dönemi korelasyon katsayılarına ilişkin p-değerleri ($\alpha=.05$)

zaman farkı (gün)	1997-98	1998-99	1999-2000	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
0	0,1593	0,0199	0,0001	2,39E-08	0,0528	0,0089	0,8512	0,4850	0,0001	0,2489	0,6474
7	0,5090	0,4593	0,0015	0,0007	0,3009	0,1220	0,7045	0,0351	0,3132	0,1913	8,53E-06
14	0,3345	0,6846	0,1287	0,9768	0,5785	0,5909	0,0219	0,0007	0,3739	0,6491	0,0055
20	0,4471	0,0477	0,0915	0,4668	0,3548	0,1230	0,4417	0,0082	0,2678	0,4909	0,1659

zaman farkı (gün)	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
0	2,07E-06	0,2977	0,0269	0,0066	0,9628	0,0001	0,1609	0,0214	0,3168	0,5697
7	0,0043	0,4491	0,7737	0,7078	0,5691	0,3149	0,0003	0,0111	0,1223	0,4044
14	0,0460	0,4387	0,4152	0,9580	0,8187	0,7767	0,1308	0,6733	0,9187	0,3456
20	0,0017	0,8914	0,0279	0,7581	0,3886	0,9654	0,3917	0,7679	0,2088	0,1255

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Almila Nur ARSUNAR
Doğum Yeri : Kayseri
Medeni Hali : Evli
E-posta : almilanur@gmail.com
Adresi : Tunus Cad. No:80 Kavaklıdere/ ANKARA

Eğitim

Lisans : Çevre Mühendisliği, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Yabancı Dil Düzeyi

İngilizce – İyi

İş Deneyimi

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu : 2011 – Halen Çalışıyor
Çevre ve Orman Bakanlığı: 2007-2011

Deneyim Alanları

Proje Döngüsü Yönetimi

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Tezden Üretilmiş Tebliği ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 15/08/2018

Tez Başlığı / Konusu: ARAP DENİZİ'NDEKİ ALG PATLAMALARI VE ÇÖL TOZLARININ İLİŞKİSİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 168 sayfalık kısmına ilişkin, 15/08/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 1 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

29/8/2018

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Almila Nur ARSUNAR

Öğrenci No: N12127798

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Programı:

Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM