

DENİZLERİN GERÇEK RENGİ

Yeryüzünde çok miktarda bulunan fakat dağılımı dengesiz olan su, çevremizi saran ve yaşam için vazgeçilmez maddelerden biri olduğu gibi aynı zamanda da en ilginç olanıdır. Yüzölçümü 500 milyon km² olan yerküremizin %70.8'i su, % 29.2'si de kıtalardan oluşmaktadır.

Dünyada var olan su, denizler ve atmosfer arasında sürekli bir devinim halindedir; hava-su döngüsü içindeki su miktarı sabit kalmakla birlikte, yaşamımızı koşullandıran önemli etmenler arasındadır. Özellikle okyanuslarda bol miktarda sıvı halinde bulunan su, ortam olarak yaşamın doğuşu, gelişimi, evrimi ve devamı için de vazgeçilmezdir. Güneş sisteminde bulunan, içerdiği su miktarı bakımından zengin olan gezegenimizdeki yaşamı, büyük ölçüde suya borçluyuz. Yaşamın ataları sayılabilecek mikroorganizmalar, yaşamlarını topraktan ziyade suda sürdürebilmiştir. Normal yaşamımız yerküremizin yüzeyinde geçtiğine göre deniz ve okyanuslara gereken önemi de vermeliyiz. İnsanlara yiyecek sağlayan deniz, hızla artan dünya nüfusu ve denizin değişik nedenlerle kirlenmesi sonucu bu işlevine daha ne kadar devam edebilir sorusu günümüzde bilim adamları tarafından sorgulanmaktadır. Yeryüvarı uzaydan bakılınca, denizlerdeki saçılma olayının kısa dalgalarda oluşmasından dolayı, 'mavi gezegen' izlenimini verir. 'Mavi gezegen' bize daha ne kadar hizmet edebilecek bir potansiyele sahiptir? Bu tip sorulara yanıt bulabilmek için önce gezegenimizin geçmişteki durumunu tanımamız, evrimin başlangıcından bugüne nasıl ulaştığını anlamamız gerekmektedir.

"Bizde öyle kişiler var ki sudaki yıldızları bulmak için güverteden denizin derinliklerine dalıverirler"

*Blaise Cendrars,
Bourlinger- Fransız Yazar*

Aysel İ. Karafistan
Onsekiz Mart Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi,
P.K. 56 Çanakkale
akarafistan@yahoo.com

Tarihçe

Evrenin 'Big-Bang' adı verilen büyük bir patlamadan sonra genişlemeye başladığı düşünülüyor. Buna göre yerküremiz, evren içerisinde, 5 milyar yaşındaki güneş sisteminin bir parçasıdır.

Güneş ise 100 milyar yıldızın oluşturduğu 12 milyar yaşlarındaki Samanyolu Gökadasının bir üyesidir. Samanyolu'nda evrimini tamamlamış birinci nesil yıldızlar kendi içlerinde ağır metalleri oluşturarak supernova patlamalarıyla yıldızlar arası ortamı beslemişlerdir. Geride kalan sıcak gaz bulutları yoğunlaşarak Güneş'in ve diğer yıldızların meydana gelmesine neden olmuştur. Bulutun dönmesi nedeniyle belli kuşaklar üzerinde seyreden kayalı gezegenlerden Merkür, Venüs, Yer ve Mars; gazlardan ve kayalardan oluşmuş Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün ve Plüton gezegenleri de meydana gelmiştir. Yeryüvarı, gaz bulutunun çekimi altında yoğunlaşarak büzülmüş, başlangıçta tamamıyla homojen olan yapısı sonradan çekirdek, manto ve kabuk diye bilinen farklı yoğunluklardaki bölümlere ayrılmıştır. Çekirdekte Fe, Ni gibi ağır elementler, mantoda ise Fe, Mg, Si ve O elementi bulunmaktadır. Kabuk kısmına gelince daha az yoğunlukta alüminyum-silikat minerallerine rastlanmaktadır. Başlangıç koşullarında yer yüzünde atmosferin olmadığı, ayrıca yüksek sıcaklıktan dolayı okyanuslardaki tüm suyun gaz halinde olduğu tahmin ediliyor. Dört milyar yıl önce yeryüzünün yeterince soğuması sonucunda, atmosferdeki su buharının ve diğer gazların yoğunlaşarak denizleri oluşturdukları varsayılıyor. Atmosferdeki su buharı ve diğer gazların, (CO₂, CH₄, SO₂, Cl, N, S, H, B, Br, Ar, F vb.) yanardağların patlaması sonucu atmosferi doldurmuş olabileceği kanısı da yaygındır. Başka bir teoriye göre ise; yeryüzüne yakın geçen bir kuyruklu yıldızın deniz ve atmosferdeki suyu oluşturduğu fikri ortaya atılmıştır.

Okyanus ve Denizler

Çocukluğumuzdan beri 'denizin tuzlu olduğu' sözünü duyarız. Bu nedenle önce tuzluluğun ne olduğunu açıklamak gerekir. Deniz suyu %3.5 oranında tuz, çözünmüş gaz, organik madde ve çözünmemiş halde bulunan asılı parçacıklardan oluşur. Deniz suyunda bulunan bu maddeler suyun yoğunluk, donma noktası ve sıcaklık gibi fiziksel özelliklerini değiştirebilir.

Tuzluluk aslında bir kilo deniz suyunda çözünmüş olan tuz miktarı diye tanımlanmalıydı. Fakat uygulamada ölçülmesi zor olduğundan başka bir özellikten, yani klorür miktarından yararlanılarak tuzluluk tanımlanır.

Su, donma noktasına yaklaştıkça yoğunluğu hızla azalır. Basınç altında donma noktasının düşmesiyle birlikte hidrojen bağları da kopar. Suyun sıcaklığı, balıkların biyolojik, fizyolojik ve üreme aktivitelerinde büyük bir rol oynar. Sıcaklığın 4°C'nin altına düşmesiyle balıkçılık durur. Aksine sıcaklığın artması ise balıkların yem alımlarını dolayısıyla gelişmelerini de artırır. Bu durum, optimum dediğimiz belli bir sıcaklık seviyesinden sonra tersine dönüşebilir. Örneğin alabalıklarda 20°C'nin üzerinde, çözünmüş oksijen azalması nedeniyle solunum güçlükleri görülür. Dolayısıyla, suyun sıcaklığı, canlı yaşamında en önemli faktörlerden birisidir, diyebiliriz.

Suyun evrensel çözücü niteliği vardır. Yer kabuğunun ilk beş kilometresinde hacim olarak diğer elementlerden üç kat daha fazla su bulunur. Sıvıdan katı haline dönüşürken birçok bileşimin aksine hacmi genişler. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir; suyun donarken tüm su molekülleri 'tetrahedron', yani dört köşeli bir kristal şekil oluşturur. Bu durum hacmin yeniden artmasına, yoğunluğunun ise azalmasına neden olur. Suyun katı hali sıvı halinden daha hafiftir ve bu nedenle buz suda yüzer. Donma noktasına yaklaştıkça yoğunluk hızla azaldığı, basınç altında donma noktasının da düştüğü bilinen özellikleri arasındadır. Hidrojen bağlarının da basınç altında kopması sonucu buz esnekleşir.

Suyun ayrıca büyük bir ısı kapasitesi de vardır. Bir metal olan civadan sonra en iyi ısı ileten sıvıdır. Amonyumdan sonra da ısıya karşı en yüksek kapasitesi olan sıvıdır. Bunlar suyu kullanışı ve değerli kılan özelliklerdir. Çevre ile ilgili araştırma konularında ise su kıtlığı ve kalitesi önceliklidir. Başka gezegen veya gök cisimlerinde yaşam koşulları araştırılırken ilk sorulan soru yine suyun varlığı ile ilgilidir.

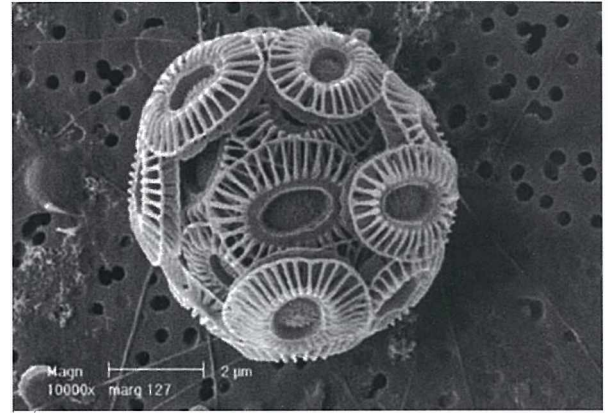
Okyanus ve denizlerdeki büyük su kütlelerinin özellikleri de önemli ölçüde suyun sıcaklığına bağlıdır. Su ısıldığı zaman su moleküllerindeki atomların hareket ve duyarlılığı arttığından hacimleri ve suyun çözme gücü de artar. Sıcak sudaki çözünebilir tuz miktarının, soğuk suya göre daha fazla olduğunu gözlemişizdir. Saf su 3.94 °C (yaklaşık olarak 4 °C) sıcaklığında maksimum yoğunluğuna ulaşır. Bu noktadan donma noktasına kadar az da olsa yoğunluğu azalır. Saf su deniz suyundan daha iyi bir iletkenidir. Deniz suyunun yüzey sıcaklığı -2 °C ve 30 °C arasında değişir. Okyanus derinliklerindeki sıcaklıklar iklimsel koşullardan pek etkilenmezler ve -1 °C ve 4 °C arasındaki dar bölgede bulunurlar. Ekvatora yakın enlemlerdeki deniz suyu daha sıcaktır fakat bu sıcaklık kutuplara yaklaştıkça azalır. Büyük akıntılarda bu durum ters olarak gelişebilir.

Suyun tuzluluk ve sıcaklığı uzun süreçlerde değişmemekle birlikte daha kısa olan gündüz-gece farkları, depremler, mevsim farklılıkları vb. gibi süreçlerle değişebilir. Ayrıca güneş ışımalarının sularda soğurulması, su altı yer kabuğu ısısının artması, yanardağ faaliyetleri, gel-git olayları, yüzeyden esen rüzgarların meydana getirdiği kinetik enerjinin ısı haline dönüşmesine bağlı olarak da değişebilir.

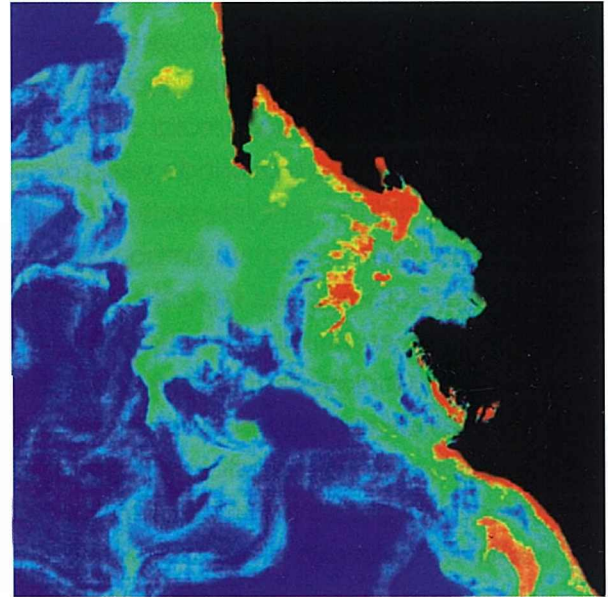
Uydulardan Mavi Gezegen

800 km uzaklıkta uzaydan aşağıya bakıldığı zaman mikron (yani 1/10000000 m) büyüklüğündeki Şekil 1'deki mikroskobik Emilliana huxley kokolitoforları (kısaca Ehux) fitoplanktonunu ve kabuğunu görebilmek için gözlerinizi zorlamanız gerekecektir! Bu tabii işin şaka tarafı fakat milyonlarca hatta trilyonlarca bir araya geldiği za-

man durum değişir. Şekil 1'deki mikroskobik canlı yerine Avrupa Uzay Araştırma uydusu Envi-sat'taki MERIS aracının 13 Kasım 2002'de çektiği bir resim karşınıza çıkar. Resim⁽¹⁾, Kuzey Atlas Okyanusu ve Kanada arasındaki kıyısız bölgede bu tür fitoplankton patlamalarından ileri gelen renk değişimlerinin uydudaki alıcılar tarafından görümlenmesidir. Şekil 2'de deniz-yeşili dalgali bölge, 300 x 200 km'lik bir okyanus kesiminde aşırı yoğunluktaki fitoplanktonların uydu tarafından belli dalga boylarında algılanmasına karşılık gelir.



Şekil 1. (Kokolitofor):Ehux Fitoplanktonu ve kabuğu.



Şekil 2. Uydu gözüyle Fitoplankton patlaması.

Fitoplanktonlar, okyanus ve denizlerdeki besin zincirinin ilk halkasını oluşturan mikroskobik su canlılarıdır. Bu nedenle küresel ekosistem için

çok önemli bir rol oynarlar. Fitoplanktonların 'patlama' diye bilinen bu aşırı çoğalmaları sonucunda deniz yüzeyinin yansıtıcı etkisi değişebilmektedir. Bunun sonucunda bu patlama bölgelerine karşılık gelen okyanustaki ani renk değişiklikleri, uydudaki alıcılar tarafından da görüntülenmektedir. Yer yüzüne gönderilen bu tip uydu görüntülerinin işlenmesi ve deniz bilimcilerin tarafından yorumlanması bize su kalitesi hakkında yeni bilgiler vermektedir.

Orta eylemlerdeki fitoplankton patlamaları doğal bir olay olmakla birlikte son yıllardaki Amerikan Uzay Araştırma ve Atmosfer Araştırma Merkezlerine göre yıllık patlamaların küresel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Ekvatora yakın açık sularda kayda değer bir artış gösterdiği gibi, diğer bir çok açık kuzey sularında ise azaldığı gözlenmiştir. Bu tip patlamalara orta eylemlerde ilkbaharda rastlanması gerekirken yaz aylarında gözlenmeleri büyük bir ilgi uyandırmıştır. Kış aylarında ise yeterince güneş ışığının olmaması ve rüzgarın da etkisiyle fitoplanktonlar çok az sayıda bulunabilmektedir. Mevsimlerin değişmesiyle artan güneş enerjisi, suları ısıtmakta ve bitkiler gibi sudaki canlılar da ilk baharda gelişebilmektedirler. Bu basit organizmalar hücrelerindeki klorofil pigmentleri sayesinde yeşil toprak bitkilerinde olduğu gibi fotosentez yaparlar. Fitoplanktonlar su, azot ve karbon gibi inorganik bileşikler kompleks organik maddeye dönüştürebilirler. Bu bileşikler "hazmetme" özelliklerinden dolayı da atmosferdeki karbondioksiti topraktaki bitkisel kuzenleri kadar taşımaktan sorumlu tutulurlar. Son birkaç yüzyılda orman alanlarının hızla daralması, toprak kullanım şekillerinin değişmesi, özellikle de fosil yakıtların kullanılması atmosferdeki karbon dioksiti büyük oranda arttırmıştır. Karbondioksit ise yeryuvarının sıcaklığını etkileyen 'sera' gazlarından bir tanesidir. Uluslararası bilimsel kurumlara göre; atmosferdeki karbon dioksit

konsantrasyonlarının artmasıyla sel, çölleşme, kıyı erozyonları gibi istenmeyen doğal afetlerden sorumlu iklimsel değişimlerin gelişimi söz konusudur. Bazı araştırmacılar fitoplanktonların biyosferdeki fotosentezin %50'sinden sorumlu olduğunu ifade ederler. Aynı şekilde karbon döngüsünde de % 50 oranında bir katkı ile yerin iklimini dengelemekte olduğu görüşündedirler.

Denizlerin Rengi ve Kirlilik

Üç tarafı denizlerle kaplı ve iç deniz sayılabilecek Karadeniz ve Marmara'yı bağlayan Türk Boğazlar Sistemi'ne sahip olan ülkemiz de uzaktan ve yakından bakıldığı zaman oldukça ilginç bir coğrafi konuma sahiptir. Karadeniz'e özellikle Tuna Nehri'nin batıdan toplayarak getirdiği, endüstriyel ve zirai atıklar su ortamının kalitesini ve ekolojik sistemin dengesini bozmuştur. Kirliliğin boyutlarını belirlemek amacıyla yürütülen NATO[®], AB ve TÜBİTAK destekli değişik uluslararası ve ulusal projeler mevcuttur. Bu çalışmalarda güdülen amaç; suda yaşayan canlılar ve suyu kullanan insanlar açısından su kalitesini belirlemek ve ekosistemin ne derece sağlıklı olduğunu araştırmaktır.

Karadeniz'den İstanbul ve Çanakkale Boğazı'na ulaşan kirlilik de akıntılarla Ege Denizi'ne kolayca taşınabilmektedir. Bildiğimiz gibi, Çanakkale Boğazı Karadeniz'i Marmara'ya, Akdeniz'i ise Ege'den Karadeniz'e bağlayan önemli bir su yoludur. Kendine özgü iki yönlü alt ve üst akıntı sistemi mevsimlere bazen günlere göre meteorolojik değişimler gösterir. Karadeniz kökenli yüzeydeki su kütlesi beraberinde getirdiği kirlilik yükü ile bir yandan güneybatıya doğru akarken diğer yandan kuzey ve güneye uzanarak Akdeniz özellikli derin su kütlesine karışmaktadır. Fırtınalı dönemlerdeki karışım olayları yüzeydeki Karadeniz kökenli su kütlesini derinlere daha

çabuk ulaştırabilmektedir. Akdeniz sularını alt akıntıyla Karadeniz'e, Karadeniz sularını da üst akıntı ile Marmara ve Akdeniz'e taşıması deniz canlıları için biyolojik koridor görevi görür. Akdeniz'de yaşayan birçok deniz canlısının üremek ve beslenmek için (sardalye, yunus, orkinos, kılıç balığı vb.) Çanakkale Boğazı'ndan Marmara denizine geçtiği biliniyor. Ayrıca yoğun deniz trafiği ile birlikte bölgenin en riskli doğal su yoludur. Karadeniz kökenli suların saniyede yaklaşık 12.600 m³ debi ile Çanakkale Boğazı'na girdiği düşünülürse insan kaynaklı kirliliğin, sudaki ekosistemin binlerce yıllık tarihi içinden günümüze ulaşan dengesi ve su kalitesini her geçen gün bozduğu anlaşılabilir. Günümüzdeki insan kaynaklı değişik etkinlikler biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve bazı türlerin yok olmasına neden olmaktadır. Ekosistemin dengesinin bozulması ise yenilene-meyen doğal kaynaklardaki su kalitesinin bozulması demektir. Dolayısıyla su ile ekosisteme ulaşan kirlilik besin zinciri ile de balıktan insana doğru artarak birikmekte, balıkçılığı etkileyebilmektedir. Bu nedenle günümüzde deniz ve kıyı yönetimlerinde ekosistem dengesi sürekli izlenmektedir. Elde edilen verilerden ekosistemin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının çevresel baskılara bağlı değişimleri, karmaşık bilgisayar modelleri ile araştırılmaktadır. Modellerdeki amaç ise yapılan ölçmelerden hareket ederek kirlenme kaynakları ve etkilerini saptamak, yakın bir gelecekteki durumu önceden haber vererek önlem ve öneriler getirmektedir^(3,4).

En basit su kalitesi modelini şöyle özetleyebiliriz. Bildiğimiz gibi, su ortamındaki mikroskopla gözlenebilecek derecede küçük canlılar, yani algler, için en önemli besin tuzlarından biri olan fosfat, çevrede kullanılan tarımsal gübrelerden, kanalizasyon atıklarından suya karışıyor. Suda biriken fosfatı kullanan mikroskobik fitoplanktonlar, ilkbahar aylarındaki uygun sıcaklık koşullarında hızla gelişerek suyun ışık geçirgenliğini azaltıyorlar. Suyun berraklığını azaltarak güneş enerjisinin

suyun derinliklerine dağılmasını önledikleri gibi gelişebilmek için sudaki oksijeni de kullanarak oksijensiz bir ortam yaratıyorlar. İnsan kaynaklı bu kirlenme olayının etkileri besin zinciri ile bitkisel alglerden hayvansal olanlara, onlardan balıklara kadar ulaşabiliyor. Örneğin, Karadeniz'in kuzeybatı kıta sahanlığındaki aşırı insan kaynaklı kirlilik yükünün Tuna nehri ile taşınması sonucu bazı bölgelerde oksijensiz ortamlar oluşmaktadır. Aşırı kirli ortamlarda hızla gelişen alglerden suyun renginin kahverengi hatta çay rengine dönüşmesi beklenebilir. Çanakkale Boğazı'nda da bu yılın Mayıs ayından başlayarak 40 gün süren yeşilimsi renk değişimleri gözlenmiştir. Yine Nisan sonlarında Lapseki (Çanakkale) taraflarında gözlenen 'Red-Tide' olayındaki kırmızı renk değişimleri artık ülkemizde de kirliliğin tehlikeli boyutlara vardığının bir göstergesidir. Bu konudaki araştırmalar henüz devam etmekle birlikte aşağıdaki sonuçlara da kolayca varabiliriz.

Boğazlardaki Kirlilik Potansiyeli

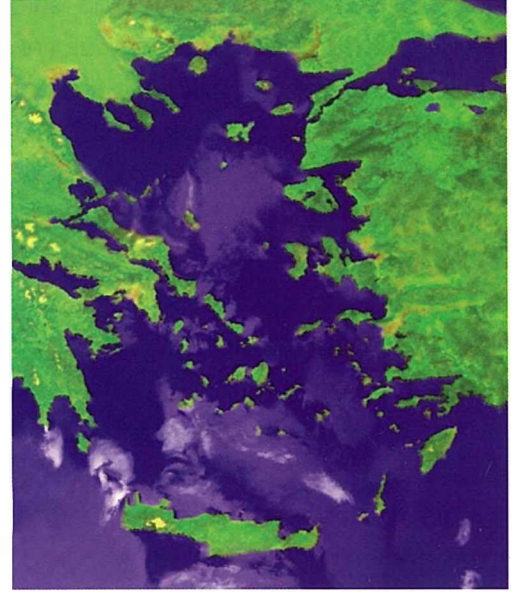
Boğazlardaki en önemli kirlenme kaynakları arasında petrol yani hidrokarbon kirliliği sayılabilir. Genel anlamda yoğun bir petrol kirliliğinden bahsedilemezse de petrol konsantrasyonlarının durgun kıyı sularında akıntılı yerlerden daha fazla olması Boğaz ekosisteminde bir kirlenme potansiyeli olduğunun göstergesidir.

Sudaki canlılar için en önemli besin tuzlarından olan fosfat ve azot, çevrede kullanılan tarımsal gübrelerden, kanalizasyon atıklarından suya geçmektedir. Suda biriken fosfatı kullanan fitoplankton gibi mikroskobik algler, ilkbahar aylarında uygun sıcaklık koşullarında hızla gelişerek suyun ışık geçirgenliğini azaltıyorlar. Sonuç olarak güneş enerjisinin suya geçişini önledikleri gibi gelişebilmek için fotosentez aracılığıyla sudaki oksijeni de kullanarak oksijensiz bir ortam oluştururlar. 'Ötrifikasyon' diye bilinen bu çelişkili olayın etkileri besin zinciri ile bitkisel fitoplanktonlardan hayvansal zooplanktonlara, onlardan da balık-

lara kadar ulaşabiliyor. Bu gibi aşırı 'ötrifikasyon' ortamlarında da hızla gelişen alglerin, suyun rengini kahverengi hatta yukarıda belirtildiği gibi çay rengine dönüştürmesi beklenebilir.

Yorum

Aşağıdaki uydu haritasında Ege Denizi'ndeki adalarda gözlenen açık renkli yerler yukarıda adı geçen Ehuş fitoplanktonlarının oluşturduğu bir koloniden kaynaklanıyor⁽⁵⁾. Yaklaşık 5000 dolayındaki fitoplankton türlerinden birisi olan diatomların fazla silikat bularak çoğalması sonucu ortaya çıkıyorlar. Boğazlardaki renk değişimlerini gözleyebilmek içinse daha büyük çözünürlük gücü olan uydulardan veri beklemekteyiz. Geçen bu süreçte artık kapımıza gelmiş olan bu kirliliğin, burada kalmayarak başka denizlerimize de ulaşacağı şüphesiz. Belki de tüm bunlar denizlerdeki küresel ısınmanın da bir sonucudur. Verilerin değerlendirilmesiyle elde edilecek model simülasyonları bize değişik senaryolar sunacaktır. Bunlar bilim adamlarının ve bilim kurgu filmlerinin bir fantezisi olmaktan çıkmış, sorumluluğun hepimize ait olduğunu göstermiştir. Uzaktan 'mavi' görünen gezegenimiz de küresel ısınma gibi etkenlerle bir gün artık maviliğini kaybedebilir. Sıcak yaz aylarında bizi ferahlatan denizlerden elbette kimse mahrum kalmak istemeyecektir. Acaba bir gün insanoğlu, yeniden yıldızları şeffaf denizin derinliklerinde arayacak ve yeryüzünde tanrılar gibi yaşadığını anımsayacak mıdır?



Şekil 3: 3.4.2003'te Ege Adalarında Ehuş patlaması

Kaynaklar

- (1) ESA-satellite Applications-Observing the Earth-Envisat's MERIS captures phytoplankton bloom, 14 Kasım 2002. Esa haberleri. İnternet.
- (2) Karafistan, A., 2001. 'Çanakkale Boğazı'ndaki kirlilik kaynakları ve ekosisteme uygulanabilecek modeller' Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı. Türkiye Kıyıları 01 Konferansı Bildiriler Kitabı: İstanbul, E.Özhan & Y. Yüksel (Editörler), sayfa 431-436.
- (3) Özsoy, E. and Mikaelyan, A. S. 1997. Dordrecht, Kluwer Academic Press. 'Sensitivity to change Black Sea Baltic Sea and North Sea'. Nato Science Series. 2, 27, 469 pp.
- (4) Karafistan A., Martin J. M., Minas, H., Brasseur, P., Nihoul, J. and Denis, C., 1998. Space and seasonal distributions of nitrates In the Mediterranean Sea. Deep-Sea Research I, 45,2-3,387-408.
- (5) Stankhny, S., AVHRR (NOAA) uydu görüntüsünü özel olarak göndermiştir.