

Kilikya Baseni (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Ötrofikasyon İndikatörü Parametrelerin (TP, DIN, Chl-a ve TRIX) Değişimi

Süleyman TUĞRUL¹, Zahit UYSAL¹, Emine ERDOĞAN^{2*}, Nebil YÜCEL¹

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü P.K. 28, 33731, Erdemli, Mersin-TÜRKİYE

²Mersin Üniversitesi, Yenişehir Kampüsü, Su ürünleri Fakültesi, 33169, Mersin-TÜRKİYE

*Corresponding author: emineerdogan@mersin.edu.tr

Özet

Kuzeydoğu Akdeniz'in Kilikya Baseni kıta sahanlığı suları, yoğun nüfus artışı ve endüstriyel atıksular ve nehir kaynaklı kirleticilerin neden olduğu olumsuz ekolojik değişimlerin yanısıra, atmosferik (yağmur ve toz) girdilerden birinci derecede etkilenir. Açık denizle etkileşiminin zayıf ve karasal (nehirler, atıksu) kirleticilerin yoğun baskısı altında olan Mersin Körfezi doğu bölgesinin sığ kıyasal bölgenin su kalitesini son çeyrek yüzyılda kötüleştirilmiş ve ötrofik koşullar geliştirmiştir. Bu çalışmada, Kasım 2005 - Eylül 2007 döneminde, TÜBİTAK projesi kapsamında Kilikya baseninde toplam 8 saha çalışmasında ölçülen temel kimyasal parametrelerin zaman ve mekan içinde değişimleri değerlendirilmiştir. Kıyasal bölgenin yüzeyden tabana kadar uzanan su kolonu reaktif fosfat (PO_4^{3-}) iyonları her zaman fakirdir (0,02-0,05 μM). Ancak, toplam fosfor (TP) derişimi kıyıda yüksektir (0,15-0,2 μM); açık sularda 0,05-0,07 μM seviyesine düşer. Yüzeysel sularda ötrofikasyon göstergesi olarak kullanılan TRIX indeksi parametresi (çözünmüş oksijen (% O_2), çözünmüş inorganik azot, TP ve klorofil-a ölçümlerinden hesaplanır) Mersin Körfezinin açık sularında düşüktür (<2; oligotrofik özellik); Körfezin kirli kıyasal sularında ise 3-6 aralığındadır. Sürekli kirletilen Mersin Limanı-Seyhan deltası arası sığ sularda TRIX>4 (mezotrofik özellikten ötrofik duruma yöneliş) olup, fitoplankton kaynaklı biyokütle yüksektir ve seki disk derinliği yıl boyunca 1,5-3 metre aralığındadır. İskenderun iç körfez yüzey sularında TRIX<3 ve organik madde kirliliği düşüktür; bu durum iç ve dış körfez sularının sürekli etkileşiminin içinde olduğunun göstergesidir.

Anahtar Kelimeler: Kilikya Baseni, klorofil-a, toplam fosfor, TRIX indeksi.

Changes of Eutrofication Indicator Parameters (TP, DIN, Chl-a and TRIX) in the Cilician Basin (Northeast Mediterranean)

Abstract

Eutrophication processes and changes in coastal ecosystem are determined by the coastal/open sea interactions and rates of nutrient pollution. The Cilician Basin shelf waters are affected not only by intense industrial activities and increased population, but also by complex atmosphere-sea-land interactions. There is a recognizable difference between water qualities of Mersin bay coastal and the Cilician open waters depleted in nutrients. Eutrophic conditions have developed in the eastern bay shallow waters heavily polluted by land-based inputs during the last few decades. In the present study, basic chemical parameters measured seasonally in water column during the 8 field surveys, as a part of TUBITAK project, in the period of November 2005-September 2007, have been evaluated. Cilician coastal waters were always poor in reactive phosphate (0.02-0.05 μM) throughout the year. However, there is a distinct decrease and seasonal changes in total phosphorus (TP) levels from the polluted inner bay (0.15-0.20 μM) to the Cilician open waters (0.05-0.07 μM). The surface TRIX index values, computed from % dissolved oxygen saturation, dissolved inorganic nitrogen, TP and chlorophyll-a concentrations, increase from <2 (oligotrophic property) in the Cilician open water to levels of 3-6 in the polluted coastal zone. In the shallow zone between Mersin Harbour and Seyhan delta, where large amounts of nutrients are discharged and TRIX values consistently >4 (showing tendency from mesotrophic to eutrophic property), biomass level is high and the Secchi Disc depth varies between 1.5-3 meters.

İskenderun inner bay waters have low levels of organic pollution and TRIX<3, indicating mesotrophic property and the presence of continuous interaction with the outer bay waters during the year.

Keywords: Chlorophyll-a, Cilician Basin, total phosphorus, TRIX index.

Tuğrul S, Uysal Z, Erdoğan E, Yücel N (2011) Kilikya Baseni (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Ötrofikasyon İndikatörü Parametrelerin (TP, DIN, Chl-a ve TRIX) Değişimi. Ekoloji 20 (80): 33-41.

GİRİŞ

Ötrofikasyon, sucul ortama verilen besin tuzları (çözünmüş azot ve fosfor bileşikleri) içerikli kirlilik yükünün alıcı ortamın özümleme kapasitesini aşmasına bağlı olarak yüzey sularında fotosentez kaynaklı aşırı organik madde birikiminin oluşması ve su kalitesinin kötüleşmesidir (Anonymous 1990). Kıyusal bölgenin yarı kapalı ve sığ olması, mevsimsel tabakalaşma ve açık denizle etkileşimin (akıntı rejiminin) zayıflığı ötrofikasyona duyarlılığı artıran temel faktörlerdir. Kentleşmenin ve tarımsal faaliyetlerin yoğunlaştığı kıyusal alanlardaki yarı kapalı körfezler ve lagünler ötrofikasyonun öncelikle gözlemlendiği sucul alanlardır (Odaş ve Büyükkateş 2009).

Birincil üretimin sürdüğü ve farklı kaynaklardan besin tuzları taşınımının sınırlı olduğu denizlerin yüzey sularında bulunan çözünmüş inorganik besin tuzları (nitrit, nitrat, amonyum, fosfat) iyonları, genellikle ancak nanoMolar (nM) seviyesindedir ve çok hassas yöntemlerle ölçülebilir (Grasshoff ve ark. 1983, Karl ve Tien 1992, Polat ve Tuğrul 1995). Yüzey sularında fotosentez yoluyla sürekli tüketilen inorganik azot ve fosfor bileşikleri, ortamda çoğunlukla çözünmüş organik ve kısmen de partikül organik azot ve fosfor bileşikleri şeklinde bulunurlar (Polat ve Tuğrul 1995, Herut ve ark. 1999, Krom ve ark. 1999). Deniz ortamındaki organik madde bolluğu, yüzey sularında biyokütle üretimi ve birikimi ile yakından ilişkilidir ve ışık geçirgenliğini azaltan temel faktördür.

Doğu Akdeniz'in derin bölgesinde yüzey suları dünyanın besin tuzları ve plankton biyo-kütlesi yönünden en yoksul (oligotrofik) denizlerindedir (Yılmaz ve Tuğrul 1998, Krom ve ark. 2004). Ancak, kuzeydoğu Akdeniz'in Kilikya Baseni kıta sahanlığı suları, bölgedeki yoğun nüfus artışı, atıksu deşarjları ve nehir kaynaklı kirleticilerin neden olduğu olumsuz ekolojik değişimlerin yanı sıra atmosferik (yağmur ve toz) girdilerden birinci derecede etkilenir (Koçak ve ark. 2010). Karasal kaynaklı girdilerin ulaştığı Mersin körfezinin doğu bölgesinde, açık denizle etkileşiminin zayıf olması sonucu, sığ kıyusal deniz ortamı su kalitesinin son çeyrek yüzyılda bozulmasına ve ötrofik koşulların gelişmesine neden olmuştur (Doğan-Sağlamtimur ve Tuğrul 2008). Bu çalışmada, öncelikle Kilikya Baseni kıyı (körfezler) ve açık bölgelerini kapsayacak şekilde oşinografik istasyon ağı belirlenmiş (Şekil 1) ve ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait BİLİM-2 araştırma gemisi ile bu istasyonlarda hidrografik ve

ötrofikasyon indikatörü biyo-kimyasal parametreler mevsimsel sıklıkta ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

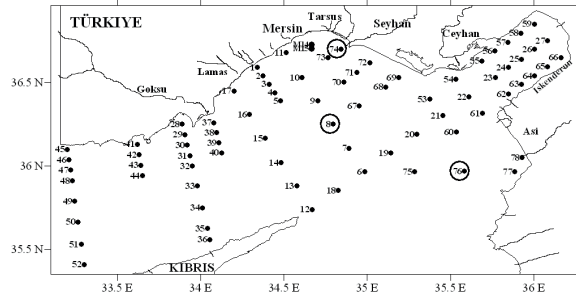
Haritada belirtien noktalarda toplam 8 saha çalışması, Kasım 2005, Mart ve Temmuz 2006, Ocak, Mart, Nisan, Haziran ve Eylül 2007 dönemlerinde yapılmıştır. Biyo-kimyasal analizler için belirlenen derinliklerden 5 litre hacimli PVC Niskin şişeleri ile deniz suyu örnekleri alınmıştır. Sahadaki hidrografik parametre (tuzluluk, sıcaklık ve yoğunluk) ölçümleri için Sea-Bird model CTD probu kullanılmıştır. Çözünmüş oksijen derişimi, Winkler titrasyon metodu ile ölçülmüştür. Besin elementleri (nitrat+nitrit, amonyum, o-fosfat ve reaktif silikat) analizinde üç kanallı Technicon AII model oto-analizörü kullanılmıştır. Toplam fosfor ve klorofil-a ölçümlerinde standart yöntemler uygulanmıştır (Grasshoff ve ark. 1983, Anonymous 1985).

BULGULAR

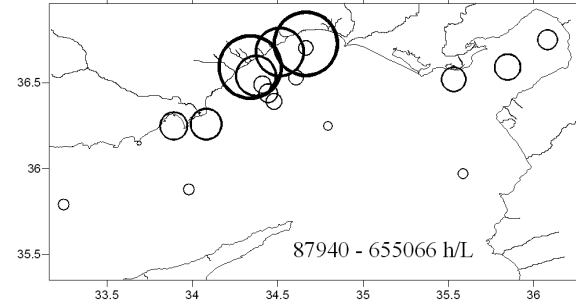
Kuzeydoğu Akdenizde Kilikya baseninin temel hidro-kimyasal özelliklerini anlamak; İskenderun ve Mersin körfez sularında ötrofik durum tesbiti için Kasım 2005-Eylül 2007 döneminde mevsimsel sıklıkta gerçekleştirilen toplam 8 saha çalışmasına ait bulgular değerlendirilmiştir. Karasal girdilerin etkilediği kıyı sularda ötrofikasyon göstergesi olarak izlenen kimyasal parametrelerin (O_2 , TP, PO_4^{3-} , DIN (nitrat + nitrit + amonyum-N toplamı) ve klorofil-a) istasyonları Şekil 1'de gösterilmiştir. Kıyusal sularda nehir etkisini görebilmek için ilkbahar ve yaz dönemi ölçümlerinin yüzey dağılımları haritası Şekil 3-4'te gösterilmiştir. Farklı mevsimlerde kıyı ve açık istasyonlarda (8 ve 76 no'lu istasyonlar) ölçülen hidro-kimyasal parametrelerin, derinliğe göre değişimleri Şekil 5-6'da gösterilmiştir.

Çözünmüş Oksijen

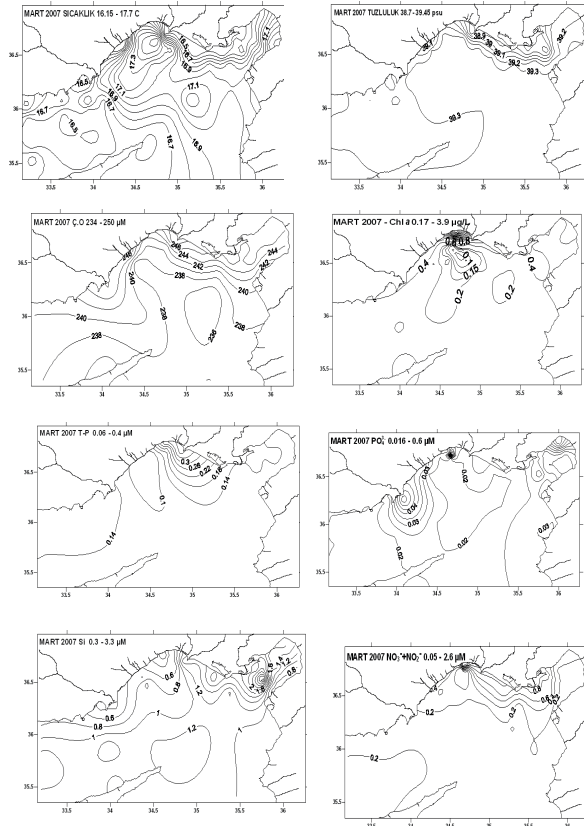
Kuzeydoğu Akdeniz'in kıyı ve açık bölge üst tabaka suları oksijenle doygundur (Şekil 5-6). Yaz aylarında ısınan üst tabakada azalan oksijen, kış döneminde, suyun soğuması ve karışımlarla belirgin olarak artmaktadır. Kasım 2005 döneminde oksijen derişimi yüzeyde 220-235 μM aralığındadır; yüzey sularının en soğuk olduğu kış sonunda kıyusal sularda 250 μM üzerine çıkar. Yüzey sularının ısınmaya başlamasıyla, ilkbahardan başlayarak yaz sonuna kadar 180 μM seviyesine kadar düşer. Mersin Körfezi sularında 200 m derinliğe kadar oksijen değerlerinde belirgin azalım gözlenmemiştir. Şekil 5-6'dan açıkça görüldüğü gibi oksijenin



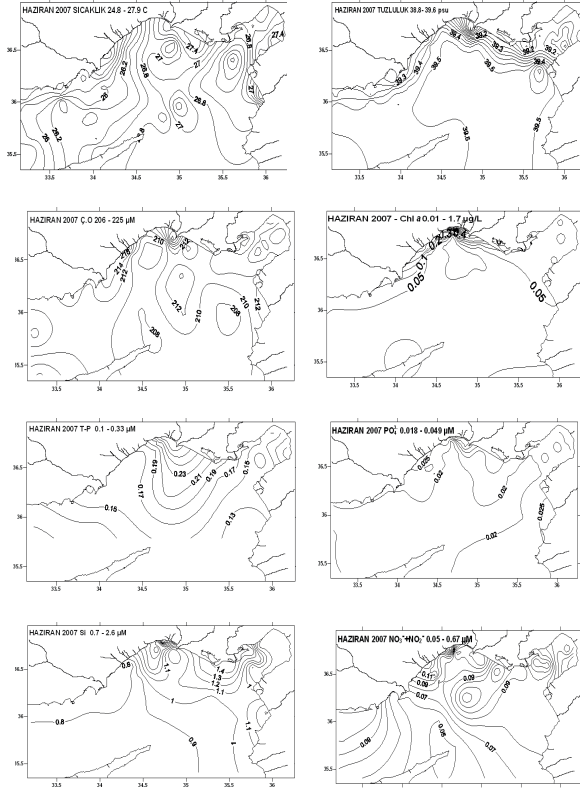
Şekil 1. Kilikya Baseni oşinografi istasyonları.



Şekil 2. Tüm seferlerde yüzeyde elde edilen litrede fitoplankton hücre sayımlarının ortalama değerleri (en küçük daire 87940 hücre/litre ve en büyük daire 655066 hücre/litre karşılık gelmektedir).



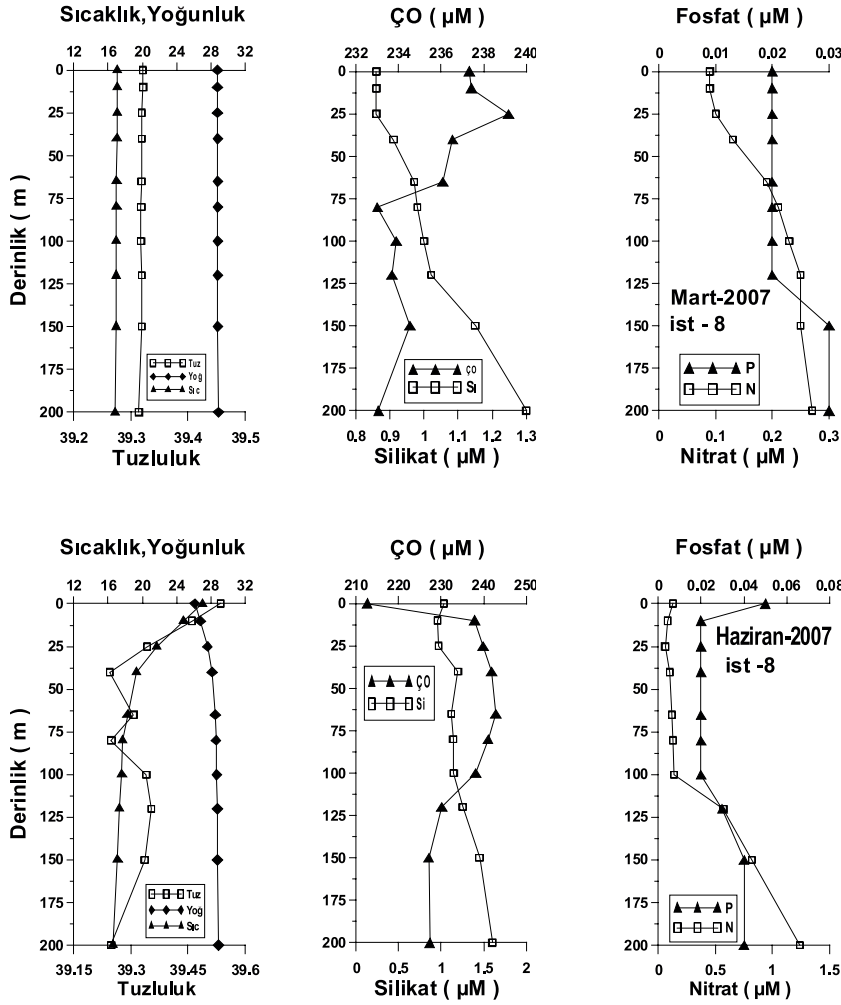
Şekil 3. Kilikya baseni yüzey sularında bölgesel değişim haritaları.



Şekil 4. Kilikya baseni yüzey sularında bölgesel değişim haritaları.

azaldığı ara tabakada (oksiklin), inorganik besin tuzlarında çok belirgin artış gözlenir. Yaz döneminde, termoklin tabakası altındaki soğuk sulara (25-50 m arasında) oksijen derişimi artarak en yüksek değere ulaşır. Haloklin ve nutriklin ile çakışan oksijen azalım eğilimi, bölgenin alt tabaka sularında 175-180 μM seviyesine düşer ve daha derine gidildikçe belirgin değişim göstermez.

Besin Tuzları: Mersin körfezinde nehir sularının taşıdığı besin elementleri (N, P, Si) yüklerinin kıyı suları üzerindeki etkileri Şekil 3-4'teki yüzey dağılımlarından açıkça görülmektedir. Kıyusal yüzey sularında tuzluluk azalırken, nitrat, silikat, toplam fosfor (TP), chl-a derişimlerindeki artışlar belirgindir. Bölgenin nehir suları nitrat ve silikatça zengin, orto-fosfat iyonları fakir olduğundan (yüksek N/P oranı), bölgenin kıyı ve açık sularında fosfat derişimi düşüktür (0,02-0,05 μM). Nehir sularında TP kirliliği daha belirgin olduğundan; ilkbahar-sonbahar döneminde kıyusal sulara yüksek (0,25-0,5 μM) olan TP'nin (Şekil 3-4), kıyı-açık etkileşiminin artış gösterdiği kış döneminde azalarak 0,08-0,11 μM aralığında değiştiği gözlenmiştir. Yaz-sonbahar döneminde nehir suları debilerinin azalması ve taşınan besin



Şekil 5. Kilikya baseninde Mart ve Haziran 2007'de ölçülen 8 nolu istasyonda ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelerin derinlikle değişimleri.

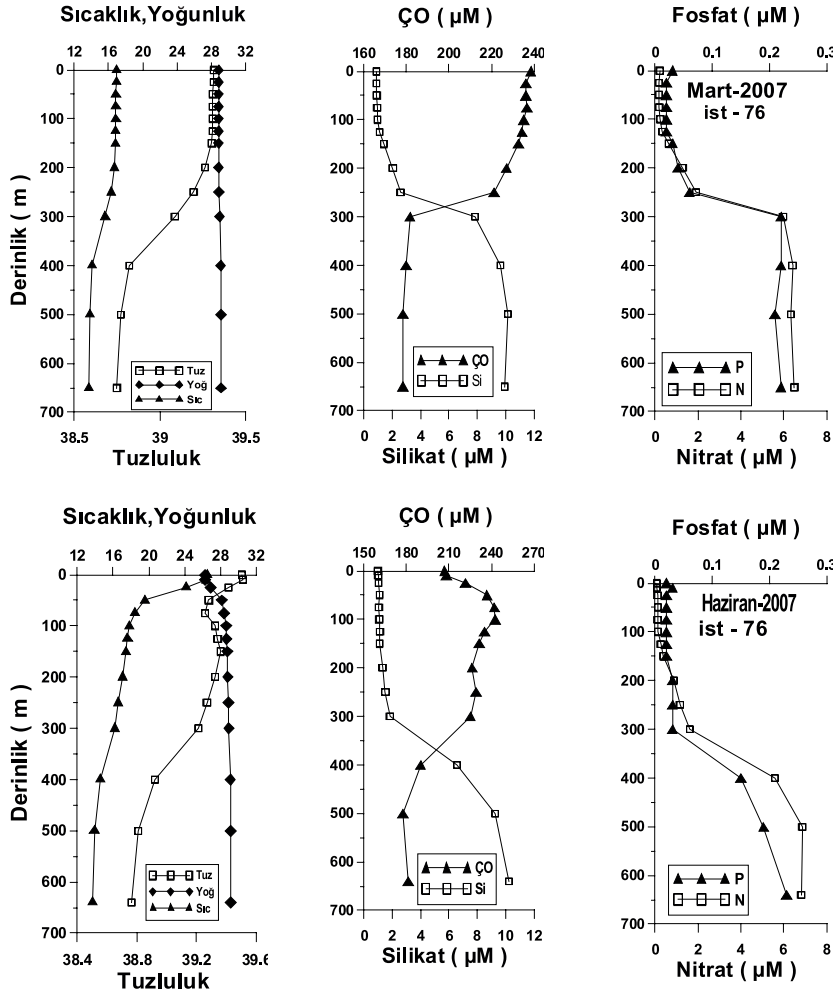
tuzlarının kıyıya yakın sularda fotosentez yoluyla tüketildiğinden, nehir etkisi dışındaki açık bölge yüzey sularında nitrat derişimi düşüktür (0,05-0,15 µM). Mersin Körfezinde kıyısall bölgeden açık sulara DIN (nitrat+nitrit+amonyum-N) taşınımı çok sınırlı olduğundan, DIN/PO₄³⁻ oranı da kıyidan açığa doğru belirgin azalır (Justic ve ark. 1995). Güneş ışığının ulaşmadığı derin sularda, çözünmüş oksijen derişiminin azaldığı ara tabakada (oksiklin), nitrat derişiminde hızlı, sudaki derişimi çok düşük olan fosfata zayıf bir artış görülmektedir (Şekil 5-6). Nutriklin olarak adlandırılan bu tabakadaki inorganik azot ve fosfor iyonlarının artışının kaynağı yüzey sularından çökelen partikül organik maddenin oksit ortam bakterilerince parçalanması ile inorganik besin tuzlarının su fazında birikmesidir.

Klorofil-a: Işıklı tabakadaki fotosentez kaynaklı biyokütle göstergesi olan klorofil-a (chl-a) değerleri,

beklenildiği üzere nehir girdilerinin etkilediği kıyısall sularda belirgin artış göstermiştir (Şekil 3-4). Kıyı yüzey sularında 3,5 µg/L seviyesine kadar ulaşan chl-a derişimi, açık sularda 0,05 µg/L seviyesine kadar düşen derişim değerleri doğu Akdeniz derin bölge özelliklerine yakındır.

TARTIŞMA

Denizlerde çözünmüş oksijen derişimini suyun sıcaklığı, tuzluluğu, organik madde kirliliği ve birincil üretim miktarı ile atmosfer-su etkileşimi gibi temel faktörler belirler. Nehir etkisindeki az tuzlu daha üretken kıyısall sularda ve termoklin altı soğuk sularda daha yüksek oksijen derişimi ölçülmüştür (Şekil 5-6). Kış döneminde suların soğuması, üretimin azalması ve düşey karışımın etkisiyle yüzeyden 200-300 m derinliğe kadar ulaşan üst tabakanın temel hidro-kimyasal özelliklerinde derinlikle değişmeyen homojen dağılım gözlen-



Şekil 6. Kilikya baseninde Mart ve Haziran 2007'de 76 nolu istasyonda ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelerin derinlikle değişimleri.

miştir (Şekil 5-6). Bu tabakanın altında, oksijen derinlikle azalma eğilimi gösterir ve derin sulara (alt tabakada) 175-180 μM seviyesine kadar düşer (Doğan-Sağlamtimur ve Tuğrul 2008). Bunun nedeni, yüzeyden çökelen partikül organik maddenin (POM) derin sulara oksit ortam bakterilerince parçalanma hızının fiziksel karışım/difüzyon yoluyla alt tabakaya oksijen taşınımından fazla olmasıdır (Riley ve Skirrow 1975). Akdeniz'in derin sularında oksijen derişimi batıdan doğu basenine doğru artış gösterir (Yılmaz ve Tuğrul 1998, Kress ve ark. 2005). Çünkü doğu Akdeniz üst tabakasına besin tuzları girdisi ve fotosenteze dayalı organik madde (plankton) üretimi batıya kıyasla daha düşük (oligotrofik özellikte) olmasıdır. Mersin Körfezi'nde kıyıya yakın sığ bölgenin taban sularında karasal kirlilikten kaynaklanan oksijen azalması (doğunluk seviyesi-nin %10-20 altında) gözlenmiştir. Bu

oksijen eksikliği kış dönemindeki etkin düzey karışımlarla ve akıntılarla dengelenir.

Kilikya baseni kıyusal bölge yüzey sularında besin tuzları dağılımını öncelikle nehir girdileri belirlemektedir (Şekil 3-4). Fakat, nehir etkisinin çok azaldığı açık bölge yüzey sularındaki plankton üretimi için gerekli besin elementlerinin ana kaynağı atmosfer (tozlar ve yağmurlar) yoluyla taşınan besin tuzları olduğunu ODTÜ-DBE Erdemli bölgesinde yapılan uzun süreli atmosferik girdi ölçümleri ortaya koymuştur (Koçak ve ark. 2010). Kilikya basenine atmosfer yoluyla taşınan azot ve fosfor yükleri nehirlerin toplamından oldukça fazladır. Ancak, nehir girdileri öncelikle kıyusal alanı beslerken, atmosferik girdiler tüm doğu Akdeniz yüzey sularını etkilemektedir.

Seyhan ve Ceyhan nehir sularının yoğun etkisinde kalan kıyusal alanda yüzey suyu tuzluluğu

azalırken, chl-a, nitrat ve TP değerlerinde belirgin artış vardır. Bu parametrelerin ölçülen maksimum değerleri yüzey dağılım haritaları (Şekil 3-4) altında verilmiştir. Kıyı etkisi dışında kalan alanlar ise Doğu Akdeniz'in oligotrofik özelliğini yansıtmaktadır (Şekil 3-4). Kıyısız bölge su kolonunda belirgin değişim göstermeyen inorganik besin tuzları, derin sularda 150-200 metrenin altında artış gösterir (Şekil 5-6). Nutriklin olarak bilinen bu artış tabakasında nitrat ile fosfat derişimlerinin farklı derinliklerde artmaya başlaması yüzünden bu tabakanın üst sınırında N/P oranı 50'nin üzerine yükselir. Besin tuzları artışın durduğu derin sularda N/P oranı 25-28 seviyesine kadar azalır ve doğu Akdeniz açık sularındaki gözlemlerle çok uyumludur (Yılmaz ve Tuğrul 1998, Ediger ve ark. 2005, Çoban-Yıldız ve ark. 2006). Doğu Akdeniz'de, özellikle atmosfer ölçümleri ve nehir girdilerinde ve alt tabaka sularında N/P oranının, Redfield oranı olarak bilinen klasik N/P= 16'lık değerinden oldukça yüksek olması, bölgenin yüzey sularındaki birincil üretimin ortamdaki reaktif fosfat iyonlarının öncelikle kontrol edildiğini işaret etmektedir (Krom ve ark. 2005, Koçak ve ark. 2010; Krom ve ark. 2010). Kıta sahanlığı sularında yapılan C-14 eklemeli biyodeneyler bu görüşü desteklemektedir (Eker Develi ve ark. 2006a).

Öncelikle atmosferik taşınımlarla beslenen açık deniz yüzey sularında Chl-a derişimi 0,02 µg/L seviyesine kadar düşer ve açık deniz değerleri ile uyumludur (Şekil 3-4). Nehir etkisinde kalan sığ kıyı sularda (derinlik <20) Chl-a derişimi 0,5-3,17 µg/L seviyesine kadar artar; sığ su kolonunda homojen dağılım göstermiştir.

İskenderun Körfezi içinde ve Mersin Körfezi kıyı sularında süzülerek analiz edilen partikül organik karbon (POC) derişimleri yüksektir (6,34-11,6 µM); açık sularda belirgin düşüş gösterir (0,89-1,07 µM); bu değişim chl-a ile uyumludur. Hesaplanan POC/chl-a oranının yüksek olması, Kilikya baseni üst tabakasında düşük çökme hızı POC döngüsünde heterotrofik aktivitenin önemli rolü olduğuna işaret etmektedir (Ediger ve ark. 1999, Ediger ve ark. 2005). Benzer sonuçlar kuzeydoğu Akdeniz açık sularında geçmiş yıllarda yapılan POC ve chl-a bulgularında da gözlenmiştir (Çoban-Yıldız ve ark. 2000, Ediger ve ark. 2005).

Doğu-batı yönlü genel Akdeniz akıntı rejimi yarı kapalı Mersin Körfezi sığ kıyısız sularını çok zayıf etkilediğinden, fitoplankton popülasyonu yıl boyunca kıyı sularda yüksektir ve ışık geçirgenliği

çok düşüktür. Kış ve ilkbahar başı döneminde nehirlerin taşıdığı besin elementleri yükündeki belirgin artışlarla kıyısız alan yüzey sularında belli bir aklimasyon süreci sonrası çok yüksek fitoplankton patlamaları gözlenir (Uysal ve ark. 2003, Yıldız ve ark. 2006, Eker Develi ve ark. 2006b). Fitoplankton popülasyonu kıta sahanlığı (200 m'den sığ; Şekil 1) yüzey sularında en düşük $2,02 \times 10^4$ ve en yüksek $2,28 \times 10^6$ hücre/litre arasında, 200 m'den derin açık yüzey sularında ise $2,38 \times 10^4$ ile $5,6 \times 10^5$ hücre/litre aralında değişmiştir (Şekil 2). Kıta sahanlığı yüzey suları ortalama değeri ($3,22 \times 10^5$ hücre/litre), açık bölge ortalama değerinden ($1,28 \times 10^5$ hücre/litre) yaklaşık 2.5 kat daha yüksek bulunmuştur. Yüzey sularında fitoplankton hücre yoğunluğu açık sular (200 m'den derin) için 1 birim kabul edilirse; göreceli yoğunluk artışı 200 m altı sularda 2,5, 100 m altı sularda 2,8 ve 50 m'den sığ sularda 2,9 olarak hesaplanmıştır. Hücre sayısı olarak, Mart 2007 haricinde çalışılan tüm aylarda Chrysophyta grubu diatom, dinoflagellatlarla oranla baskın grup olarak bulunmuşlardır. Bunun nedeni genelde oligotrofik Akdeniz sularında boyca küçük kokkolithoforid *Emiliana huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler III türünün hem kıta sahanlığında hem de açık sularda baskın tür olarak bulunmasıdır. Fitoplankton biyokütlesi açısından bakıldığında ise körfez sularında diatomlar diğer gruplara oranla daha baskındır (%70-80) ve körfezde elde edilen daha önceki sonuçlarla uyumludur (Uysal ve ark. 2003, Yılmaz 2006).

Işık geçirgenliğinin göstergesi olan Seki disk derinliği (SDD) körfezin açık sularında 25 metre seviyesine ulaşırken, kirletilmiş nehir etkisindeki Mersin Körfezi kıyı sularında (derinlik <10m) yıl boyunca çok düşüktür (1,5-3 m). Çözünmüş oksijen (ÇO) derişimi tuzluluğun düşük ve fotosentezin yüksek olduğu soğuk sularda doygunluk seviyesinin üzerindedir (genellikle >100-%120). Karasal kaynaklı girdilerin etkisinde kalan kıyısız sularda besin tuzları derişimi belirgin bir şekilde yüksektir.

Besin tuzları, ışık geçirgenliği, çözünmüş oksijen, klorofil, organik madde derişimleri, baskın fitoplankton türleri gibi birçok parametre birlikte ölçülerek kıyı denizlerin denizlerin su kalitesi ve ötrofik durumu hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Fosforca fakir Akdeniz kıyı sularında ötrofikasyon izleme ve değerlendirmesi için besin tuzları, oksijen, klorofil-a derişimleri kullanarak, kıyı suların su kalitesini aşağıdaki eşitlik kullanılarak

TRIX indeksi değerleri hesaplamaları yapılmaktadır (Vollenweider ve ark. 1998).

$$\text{TRIX} = [\log (\text{Klorofil-a} \star \% \text{O}_2 \star \text{DIN} \star \text{TP}) + 1.5] \star 0,833$$

Klorofil-a= Sudaki toplam klorofil-a konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$);

$\% \text{O}_2 = \text{Doygun miktardan sapan mutlak oksijen yüzdesi}: [(\text{O}_2_{(\text{ölçüm})} / \text{O}_2_{(\text{doyg.})} \star 100) - 100]$;

DIN= Çözünmüş inorganik azot, $\text{N}-(\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+)$, ($\mu\text{g/L}$);

TP= Toplam fosfor ($\mu\text{g/L}$).

Nehir ve atmosferik girdilerinin özellikle kış-ilkbahar dönemi sonuna kadar belirgin artış gösterdiği Kilikya baseni kıta sahanlığı sularında yukarıda sıralanan biyo-kimyasal ölçümlerden TRIX indeksi hesaplamaları yapılmıştır (Şekil 3-4). Hesaplanan TRIX indeksi, 0-10 aralığında değişim gösterir. $\text{TRIX} < 3$ değerleri oligotrofik, 3-4 aralığı mezotrofik duruma yönelim, $< 4-6$ aralığı mesotrofik ve $\text{TRIX} > 6$ olduğu ortam ise ötrofik özellik göstermektedir. Kilikya kıyı ve açık sularında TRIX değerleri genellikle 1-3 aralığında hesaplanmıştır ve oligotrofik durum göstergesidir. Bu sularda ışık geçirgenliği yüksek, besin elementleri ve klorofil derişimleri düşüktür. Ancak nehir etkisindeki Mersin Körfezi kıyasal bölge sularında (derinlik $< 10\text{m}$) TRIX değerleri özellikle ilkbahar döneminde 4-6 aralığındadır ve Mersin limanı-Seyhan deltası arasındaki sığ sularda ötrofik duruma geçişin varlığını işaret eder. Bu sularda ışık geçirgenliği çok düşük (SDD: 1,5-2 m), besin tuzları, organik madde ve biyo-kütlece zengindir. Açık denizle etkileşimi zayıf olduğundan yıl boyunca Mersin limanı-Seyhan deltası arasındaki kıyasal bölgenin su kalitesinin düzelmediği gözlenmiştir. Seyhan nehri etkisinin zayıfladığı (tuzluluk $< 39,0$ psu) bölgede (derinlik 10-20 m) TRIX değeri genellikle 2-4 aralığındadır. Nehir debisinin yükseldiği ilkbahar aylarında kıyı sularda biyokütle ve partikül madde artışı olmakta, suyun ışık geçirgenliği azalmaktadır. Kilikya açık sularında

ise $\text{TRIX} < 2$ olup, doğu Akdeniz sularının doğal özelliklerini temsil ettiği ve kıta sahanlığı sularının açık denizle sürekli etkileşim içinde olduğu anlaşılmaktadır (Tuğrul ve ark. 2010).

Besin tuzlarının girdisinin dar alanlarda etkin olduğu İskenderun Körfezinde ise TRIX değişkenidir. Körfezin doğusunda (iç körfezde) $\text{TRIX} > 2,5$ 'dir. Orta ve dış körfezde ise TRIX genellikle 1-2 aralığındadır ve açık deniz özelliğini yansıtır. Açık deniz ile orta körfezin belirin etkileşim içinde olduğunu gösterir. Mersin körfezinin batısındaki Taşucu körfezi bölgesinde ise TRIX 1-3 aralığındadır ve oligotrofik özelliktedir. Göksu nehir sularının Taşucu körfezi üzerindeki etkisi yağışlı dönemde artmakla birlikte sınırlıdır. Kilikya baseninde Haziran-Eylül dönemi TRIX değerleri derin sularda genellikle düşüktür (< 2). Ancak, açık denizle etkileşimin zayıf olduğu Mersin -Seyhan arası kıyı sularında ve İskenderun iç körfezde ise karasal girdilerden dolayı TRIX indeksi genellikle 3-6 aralığında değişir (Sert 2010).

Kıyı ekosistemleri artan insan kaynaklı baskılar nedeni ile sürekli değişim geçirmektedir. Oligotrofik özellikteki doğu Akdeniz sularının temel biyo-kimyasal özellikleri ve atmosfer kaynaklı taşınımaların N/P oranı dikkate alındığında, nehirlerle ve evsel atıklarla kuzeydoğu Akdenize taşınan fosfor yükünün kontrolü ve azaltılması önceliklidir. Özellikle yarı kapalı ve dış denizlerle su değişimi sınırlı olan sığ Mersin ve İskenderun gibi bölgelerin doğal ekolojik özelliklerinin korunması ve ötrofikasyon riskini azaltmak için denize taşınan organik madde ve fosfor yüklerin azaltılmasına yönelik gerekli idari ve teknik tedbirlerin alınmasına öncelik verilmesi önerilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 104Y277 no'lu araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir. Saha çalışmasına ve kimyasal analizlere katkı sağlayan Bilim-2 gemisi ve ODTÜ-DBE teknik personeline teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonymous (1985) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, Washington.
- Anonymous (1990) Final reports on research projects dealing with eutrophication and plankton blooms (Activity H). MAP Technical Reports Series No. 37, UNEP, Athens
- Çoban-Yıldız Y, Tuğrul S, Ediger D, Yılmaz A, Polat SÇ (2000) A comparative study on the abundance and elemental composition of POM in three interconnected basins: the Black, the Marmara and the Mediterranean Seas. Mediterranean Marine Science 1 (1): 51-63.

- Çoban-Yıldız Y, Fabbri D, Baravelli V, Vassura I, Yılmaz A, Tuğrul S, Eker-Develi E (2006) Analytical pyrolysis of suspended particulate organic matter from the Black Sea water column. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography* 53: 1856-1874.
- Dogan-Saglamtimur N, Tuğrul S (2008) Dogu Akdeniz'de Akarsu Etkisindeki Kiyisal Bolge Sularinin Ozelliklerinin Acik Denizdekiler ile Karsilastirilmesi. *Ekoloji* 17 (68): 17-23.
- Ediger D, Tuğrul S, Polat ÇS, Yılmaz A, Salihoğlu İ (1999) Abundance and elemental composition of particulate matter in the upper layer of Northeastern Mediterranean. In: Malanotte-Rizzoli P, Eremeev VN (eds.), *The Eastern Mediterranean as a Laboratory Basin for the Assessment of Contrasting Ecosystems*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 241-266.
- Ediger D, Tuğrul S, Yılmaz A (2005) Vertical profiles of particulate organic matter and its relationship with chlorophyll-a in the upper layer of northeastern Mediterranean. *Journal of Marine Systems* 55: 311-326.
- Eker Develi E, Kideys AE, Tuğrul S (2006a) Effect of nutrients on culture dynamics of three marine phytoplankton species. *Aquatic Sciences* 68: 28-39.
- Eker Develi E, Kideys AE, Tuğrul S (2006b) The role of Saharan dust on phytoplankton dynamics in the northeastern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 314: 61-75
- Grasshoff K, Erhardt M, Kremling K (1983) Determination of nutrients. In: Grasshoff K, Erhardt M, Kremling K (eds), *Methods of Seawater Analysis*, 2nd ed, Verlag ChemieWeiheim, Germany, 125-188.
- Herut B, Zohary T, Robarts RD, Kress N (1999) Adsorption of Dissolved Phosphate onto Loess Particles in Surface and Deep Eastern Mediterranean Water. *Marine Chemistry* 64: 253-265.
- Justic D, Rabalais NN, Turner RE, Dortch Q (1995) Changes in nutrient structure of river-dominated coastal waters: stoichiometric nutrient balance and its consequences. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 40: 339-356.
- Karl DM, Tien G (1992) MAGIC: A sensitive and precise method for measuring dissolved phosphorus in aquatic environments. *Limnology and Oceanography* 37 (1): 105-116.
- Kocak M, Kubilay N, Tuğrul S, Mihalopoulos N (2010) Long-term atmospheric nutrient inputs to the Eastern Mediterranean: sources, solubility and comparison with riverine inputs. *Biogeosciences Discuss* 7: 5081-5117.
- Kress N, Thingstad TF, Pitta P, Psarra S, Tanaka T, Zohary T, Groom S, Herut B, Fauzi R, Mantoura C, Polychronaki T, Rassoulzadegan F, Spyres G (2005) Effect of P and N addition to oligotrophic Eastern Mediterranean waters influenced by near-shore waters: A microcosm experiment. *Deep-Sea Research II* 52: 3054-3073.
- Krom MD, Cliff RA, Eijsink LM, Herut B, Chester R (1999) The characterisation of Saharan dusts and Nile particulate matter in sediments from the Levantine Basin using Sr Isotopes. *Marine Geology* 155: 319-330.
- Krom MD, Herut B, Mantoura RFC (2004) Nutrient budget for the Eastern Mediterranean: Implications for phosphorus limitation. *Limnology and Oceanography* 49 (5): 1582-1592.
- Krom MD, Woodward EMS, Herut B, Kress N, Carbo P, Mantoura RFC, Spyres G, Thingstad TF (2005) Nutrient cycling in the south east Levantine basin of the eastern Mediterranean: Results from a phosphorus starved system. *Deep-Sea Research II* 52: 2879-2896.
- Krom MD, Emeis KC, Van Cappellen P (2010) Why is the Eastern Mediterranean phosphorus limited? *Progress in Oceanography* 85: 236-244.
- Odabası S, Buyukates Y (2009) Klorofil- a, Cevresel Parametreler ve Besin Elementlerinin Gunluk Degisimleri: Saricay Akarsuyu Ornegi (Canakkale, Turkiye). *Ekoloji* 19 (73): 76-85.
- Polat C, Tuğrul S (1995) Nutrient and organic carbon exchanges between the Black and Marmara Seas through the Bosphorus Strait. *Continental Shelf Research* 15 (9): 1115-1132.
- Riley JP, Skirrow G (1975) *Chemical Oceanography*. Academic Press, London.
- Sert MF (2010) Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus in the North Eastern Mediterranean Water Column. MSc Thesis, Middle East Technical University, Institute of Marine Sciences, Mersin.

Tuğrul S, Erdoğan E, Sert F, Baştürk Ö (2010) Mersin Körfezi Kıyı Şeridinde Ötrofikasyon Seviyesinin İncelenmesi. In: Balas L (ed), Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi Bildirileri Kitabı, 27 Nisan-1 Mayıs 2010, Trabzon, 3: 1437-1444.

Uysal Z, Senichkina L, Kuzmenko L, Georgieva L, Altukhov D (2003) Weekly changes in phytoplankton species composition, diversity, abundance, and biomass across the northern Levantine basin shelf waters. In: Yılmaz A (ed.), Proceedings of the Second International Conference on "Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins, 14-18 October 2002. Ankara, 680-686.

Vollenweider RA, Giovanardi F, Montanari G, Rinaldi A (1998) Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics* 9: 329-357.

Yılmaz A, Tuğrul S (1998) The effect of cold- and warm- core eddies on the distribution and stoichiometry of dissolved nutrients in the northeastern Mediterranean. *Journal of Marine Systems* 16: 253-268.

Yılmaz D (2006) Temporal variation of Phytoplankton in the northeastern shelf of Mediterranean Sea: Composition, pigment signature and production. PhD Thesis, Middle East Technical University, Mersin.