ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: http://www.researchgate.net/publication/258256944

Türkoğlu, M., Yenici, E., İşmen, A., Kaya, S. 2004. Variations of Nutrient and Chlorophyll-a in the Canakkale Strait (Dardanelles). E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,...

ARTICLE · JANUARY 2004

READS
33

4 AUTHORS, INCLUDING:



Muhammet TÜRKOĞLU
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
99 PUBLICATIONS **155** CITATIONS
SEE PROFILE



Ali İşmen
53 PUBLICATIONS **200** CITATIONS
SEE PROFILE

All in-text references underlined in blue are linked to publications on ResearchGate, letting you access and read them immediately.

Available from: Muhammet TÜRKOĞLU
Retrieved on: 27 November 2015

E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2004
E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 2004
Cilt/Volume 21, Sayı/Issue (1-2): 93 – 98

© Ege University Press
ISSN 1300 - 1590
http://jfas.ege.edu.tr/

Çanakkale Boğazı'nda Nütrient ve Klorofil-*a* Düzeylerinde Meydana Gelen Aylık Değişimler*

*Muhammet Türkoğlu, Elif Yenici, Ali İşmen, Selahattin Kaya

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Terzioğlu Kampüsü, 17020, Çanakkale, Türkiye
**E-mail: mturkoglu@comu.edu.tr*

Abstract: ***Variations of nutrient and chlorophyll-a in the Çanakkale Strait (Dardanelles).*** In this study, annual variations of nutrient (NO^{-2}+NO^{-3}, $PO^{-3}4$ and SiO_4) and chlorophyll-*a* connected with physicochemical parameters of the surface waters in a station next the Çanakkale Marina between March 2001 and March 2002 were determined. Temperature, salinity, pH, conductivity, ÇO (dissolved oxigen), ORP (Oxidation Reduction Potential), TDS (Total Dissolved Solids) parameters of surface water in Dardanelles were also measured. Nitrit+nitrat (NO^{-2}+NO^{-3}) peaks were noticed in three separate time such as November (1.606 µM), January (2.320 µM) and March (1.3003 µM). However, peaks of phosphate ($PO^{-3}4$) were noticed in June (0.700 µM), October (0.400 µM) and January (0.500 µM). Like other nutrient concentrations, there were three different peaks in silicate (SiO_4), March (3.70 µM), October (4.40 µM) and January (4.45 µM). Except February (1.503 µM), silicate was no lower than 2.500 µM during the year. Like nutrient concentrations**,** chlorophyll-*a* is a indicator of phytoplankton activity demonstrated three different peaks during the year. These peaks occurred in July (3.3431 µg l^{-1}), January (1.7543 µg l^{-1}) and May (1.0757 µg l^{-1}). In correlation coefficient between bio-physicochemical parameters, there were very important negative correlations between temperature and salinity (r= -0.8587), between DO and temperature (r= -0.5177) and between TDS and temperature (r= -0.8532). However, there were very important positive correlations between salinity and conductivity (r= 0.5374) and between salinity and TDS (r= 0.9863). But, there were no important correlations between nutrient concentration, other physicochemical parameters (temperature, salinity e.g.) and chlorophyll-*a*. An important positive correlation between silicate and phosphate (r= 0.5190) was found, only. Results showed that seasonal variations in the physico-chemicals, nutrients and chlorophyll-*a* are effected with the counter flows in the Dardanelles. In addition, there were very important differences (10-15 times) between minimum and maximum concentration in nitrit+nitrat during the sampling period. But, variations in phosphate and silicate were lower than nitrit-nitrat variations.

Key Words: Dardanelles, physico-chemicals, nutrient, chlorophyll-*a*

Özet: Bu çalışmada Mart 2001 ve Mart 2002 döneminde, Çanakkale Boğazı Yat Limanı girişi yüzey deniz suyunun fizikokimyasal parametreleri ile ilişkili olarak inorganik nütrient (NO^{-2}+NO^{-3}, $PO^{-3}4$ ve SiO_4) ve klorofil-*a* miktarlarının aylık değişimleri incelenmiştir. Çanakkale Boğazı yüzey deniz suyunda ayrıca sıcaklık, tuzluluk, pH, iletkenlik, ÇO (Çözünmüş Oksijen), ÇO%, ORP (oksidasyon indirgenme potansiyeli) ve TDS (Total çözünmüş anyon ve katyonlar) değerleri de ölçülmüştür. Nitrit+nitrat (NO^{-2}+NO^{-3}) düzeyinde Kasım (1.606 µM), Ocak (2.320 µM) ve Mart (1.3003 µM) aylarında oluşan pikler, fosfat ($PO^{-3}4$) düzeyinde Haziran (0.700 µM), Ekim (0.400 µM) ve Ocak (0.500 µM) aylarında oluşmuştur. Diğer nütrient düzeylerinde olduğu gibi, silikat (SiO_4) düzeyinde de Mart (3.70 µM), Ekim (4.40 µM) ve Ocak (4.45 µM) aylarında olmak üzere üç ayrı pik oluşmuştur. Şubat 2002 dönemi hariç (1.503 µM), SiO_4 hiçbir zaman 2.500 µM konsantrasyon değerinin altına düşmemiştir. Fitoplankton aktivitesinin bir göstergesi olan Klorofil-*a* pigmenti yılda üç farklı pik oluşturmuştur. Bunlar, Temmuz döneminde en büyük olan pik (3.3431 µg l^{-1}), Ocak ayındaki küçük olan ikinci pik (1.7543 µg l^{-1}) ve Mayıs ayında daha küçük olan üçüncü piktir (1.0757 µgl $^{-1}$). Veri grupları arasında yapılan korelasyonlarda, tuzluluk ile sıcaklık arasında (r= -0.8587), DO ile sıcaklık arasında (r= -0.5177) ve TDS ile sıcaklık arasında (r= -0.8532) önemli düzeylerde negatif korelasyonlar görülmüştür. Bununla birlikte, tuzluluk ve iletkenlik arasında (r= 0.5374) ve tuzluluk ile TDS arasında (r= 0.9863) ise önemli pozitif korelasyon görülmüştür. Nütrient konsantrasyonları ile diğer fizikokimyasal parametreler ve klorofil-*a* arasında önemli bir korelasyonun olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada sadece SiO_4 ve $PO^{3}4$ arasında önemli bir korelasyonun olduğu görülmüştür (r= 0.5190). Elde edilen fizikokimyasal, inorganik nütrient ve klorofil-*a* ölçüm sonuçlarının Çanakkale Boğazı'nda mevcut iki yönlü akıntı sisteminden önemli derecede etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca, diğer önemli bir özelliğin NO_2+NO_3 konsantrasyonlarındaki değişiminin yıl içinde 10-15 kata kadar yükselebilmesidir. $PO^{3}4$ ve SiO_4 konsantrasyonlarında ise bu denli bir değişim görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Çanakkale Boğazı, fizikokimyasal parametreler, nütrient, klorofil-*a*

**Bu çalışma, Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi 2000/24 nolu araştırma fonu projesi tarafından desteklenmiştir.*

Giriş

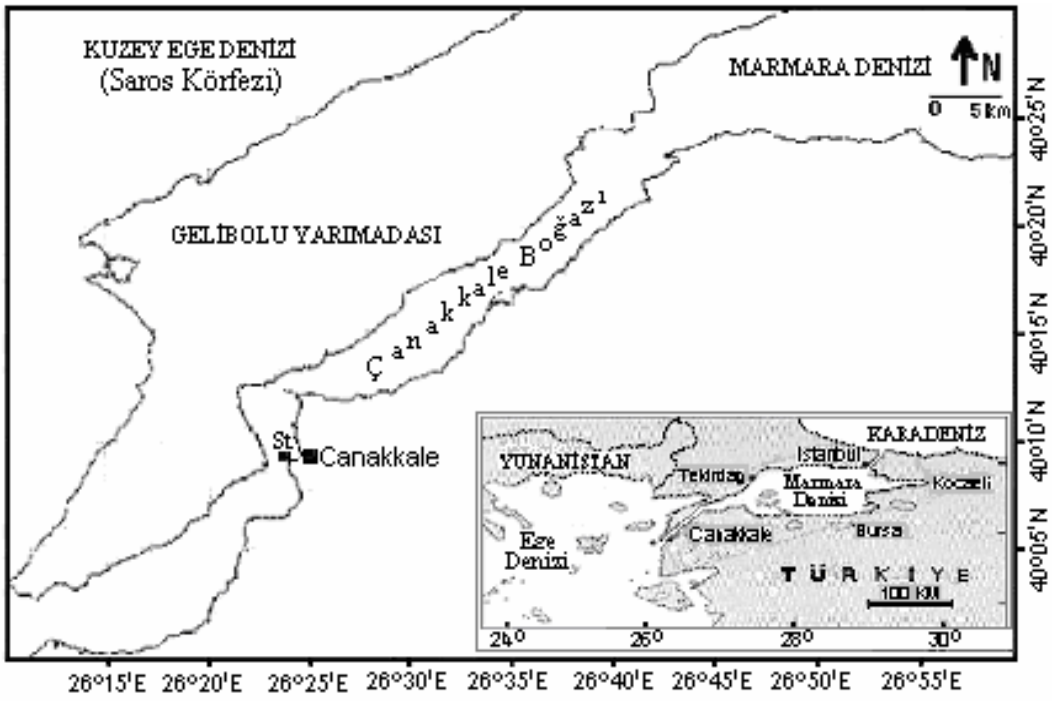
Karadeniz ile Akdeniz arasındaki su değişimini sağlayan ve komşu denizlere kıyasla oldukça küçük olan Marmara Denizi ve Türk Boğazlar sistemi hakkında geçmiş yıllardan, özellikle 1985 öncesi yıllara ait çok az bilimsel bulgu ve sonuçlar bulunmaktadır. Türk Boğazlar Sistemi, 11500 km^2 alana ve 3378 km^3 su hacmine sahip ve bir iç deniz olan Marmara Denizi, ortalama derinlikleri 50 m olan İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e ve Çanakkale Boğazı ile de Ege Denizi ile ilişkilidir. Türk Boğazlar Sistemi'nde önemli bir yere sahip olan Çanakkale Boğazı İstanbul Boğazı'nda da olduğu gibi iki tabakalı akıntı sistemine sahiptir. Marmara Denizi'nden gelen ve Ege'ye doğru akan yüzey akıntısı (ortalama tuzluluk, ‰24-26) ve Ege'den gelip Marmara'ya doğru akan dip akıntısı (ortalama tuzluluk, ‰38) olmak üzere iki yönlü akıntı sistemi

mevcuttur. Bu iki tabakalı akıntı dikey, yer ve zamana göre değişim gösterebilmektedir (Baştürk ve diğ., 1990; Beşiktepe ve diğ., 1997; Cociasu ve diğ., 1997; Mee, 1992; Morkoç ve diğ., 1997; Oğuz ve Rozman, 1991).

Canlı yaşamın çoğunlukla üst tabakada yoğunlaştığı Marmara Denizi'nde, Karadeniz'den boğaz yoluyla giren az tuzlu suların ve bunların taşıdıkları kimyasal maddelerin, Marmara Denizi Ekosistemi için önemi büyüktür (Morkoç ve diğ., 1997; Polat, 1995). Karadeniz'den giren suların yıllık debisi Marmara'nın üst sularını yılda yaklaşık iki kez yenilemektedir (Beşiktepe ve diğ., 1997). Bu doğal girdinin yanı sıra, Marmara Denizi'ni çevreleyen drenaj havzasında son 30 yılda yerleşim ve sanayileşmenin hızla artması sonucu, bu denize çok fazla atık madde girdisi olduğu bilinmektedir (Cociasu ve diğ., 1997; Morkoç ve diğ., 1997). Aynı süreçte, nehirler yoluyla ulaşan atıklar, Karadeniz ekosistemindeki dramatik değişimlere neden olmuş (Polat ve diğ., 1998; Polat ve Tuğrul, 1995, 1996; Sorokin, 1983) ve bu değişim, Marmara Denizi'ni de çok olumsuz etkilemiştir. Marmara Denizi'nin bu denli risk altında olması Çanakkale Boğazı'nın da risk altında olduğunun göstergesidir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Mart 2001 ve Mart 2002 dönemleri arasındaki periyotta Çanakkale Boğazı Yat Limanı Bölgesi civarında ($40^{o}09'13''N$, $26^{o}24'27''E$) Boğaz sularını karakterize eden ve aynı zamanda Çanakkale kent atıklarından etkilenen bir bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Bu bölgede belirlenen sadece tek bir istasyonda haftalık periyotlarda yapılan örneklemelerden hesaplanan aylık değişimlere bağlı olarak, fizikokimyasal değişimlerle ilişkili nütrient (NO^{-}_{2}+NO^{-}_{3}, PO^{-3}_{4} ve SiO_4) ve klorofil-*a* değişimleri incelenmiştir.



Şekil 1. Çanakkale Boğazı ve Örnekleme İstasyonu(St)

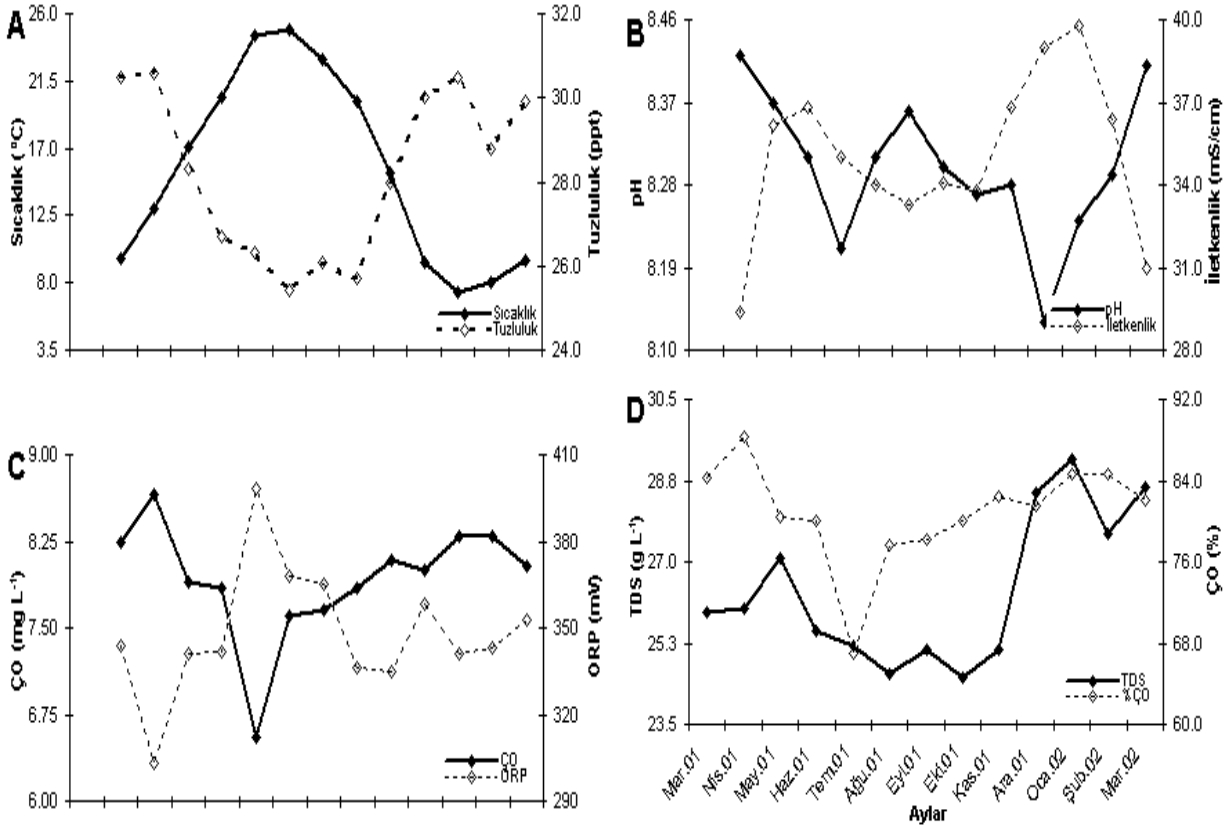
Klorofil-*a* analizi için 2-3 litre hacminde alınan su örnekleri GF/F filtre kağıdından hafif vakum yapılarak süzülmüştür. Süzme işleminden sonra GF/F kağıtları katlanarak 15 ml lik santrifuj tüplerine yerleştirilmiştir. İçinde filtre edilmiş GF/F kağıtları bulunan tüplerin üzerine 10 ml %90'lık aseton çözeltisinden eklenmiş ve bir gece buzdolabında karanlıkta saklanarak klorofilin asetonda çözünmesi beklenmiştir. Çözünen örnekler daha sonra yaklaşık 10 dakika 2000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örnekler UV Spektrofotometrede dört değişik dalga boyunda (750, 665, 645 ve 630 nm) absorbansları ölçülmüştür. Her dalga boyunda %90 aseton ile "cell to cell" blank yapılmıştır. Absorbans okumalarından sonra klorofil-*a* konsantrasyonu (μgl^{-1}) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. "*Klorofil-a* (μgl^{-1})= *(11.6* A_{665}*)-(0.14A645)-(0.14A630).v/V.l*". [A: Karşılık dalga boyunda Blank (750 nm'deki absorbans) ile düzeltilmiş absorbans, v: Aseton hacmi (ml), V: Süzülen deniz suyu hacmi, l: Küvet veya hücrenin boyutu].

Nütrient tayini için denizden 100-250 ml hacmindeki su örnekleri örnekleme boyunca 5 litre kapasiteli Nansen Şişesi kullanılarak toplandı. Toplanan örnekler analize kadar –21°C de derin dondurucuda saklandı. Tüm nutrient (NO^{-}_{2}+NO^{-}_{3}, PO^{-3}_{4} ve SiO_4) analizleri "2 kanallı Technicon Model AII Auto-Analyzer" yöntemi ile yapıldı. Bu yöntemin Stricland ve Parsons (1972)'un yöntemiyle eşdeğer olduğu kabul edilir. Tüm nutrient konsantrasyonları µM olarak verilmektedir.

Nütrient dışında kalan diğer fizikokimyasal parametreler [sıcaklık, tuzluluk, pH, konduktivite, total çözünmüş iyonlar (TDS), oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP), çözünmüş oksijen (ÇO) vs.] diğer örneklemelerle aynı paralelde "YSI 556 MPS" marka çoklu prob sistemi ile yerinde ölçüldü. Örnekler arası istatistiklerde korelasyon katsayısı Microsoft Excel programı kullanılarak elde edildi.

Sonuçlar ve Tartışma

Çanakkale Boğazı'nda, bir yıllık periyotta yüzey deniz suyu sıcaklığı 6.35 (Ocak 2002) ile 26.0°C (Temmuz 2001) arasında, tuzluluk 25.1 (Ağustos 2001) ile 32.8 ppt (Nisan 2001) arasında, pH 8.04 (Ocak 2002) ile 8.58 (Şubat 2002) arasında, iletkenlik 30.3 (Ekim 2001) ile 41.8 mS/cm (Nisan 2001) arasında, çözünmüş oksijen (ÇO) 5.75 (Temmuz 2001) ile 9.60 mg L^{-1} (Nisan 2001) arasında (Şekil 2), ORP (oksijen indirgenme potansiyeli) 285.0 (Mart 2001) ile 354.0 mV (Şubat 2002) arasında, TDS (total çözünmüş anyon ve katyonlar) 24.2 (Ağustos 2001) ile 31.4 g L^{-1} (Nisan 2001) arasında, ÇO% (% çözünmüş oksijen) %58.7 (Temmuz 2001) ile %98.0 arasında değişim göstermiştir (Şekil 2).



Şekil 2. *Çanakkale Boğazı yat limanı Mart 2001 ve Mart 2002 dönemi aylara bağlı yüzey deniz suyu sıcaklık ve tuzluluk (A), pH ve iletkenlik (B), Çözünmüş oksijen ve ORP (C), TDS ve % çözünmüş oksijen (D) değişimleri*

Yaz aylarında görülen düşük tuzluluk (Şekil 2), Çanakkale Boğazı'nın yüzey ve dip akıntı hızlarını ve yönünü etkileyen hakim rüzgarların (poyraz ve lodos) etkisi, süresi ve hızı ile ilişkilidir. Aslında Çanakkale Boğazı yüzey deniz suyu tuzluluğu (‰24-26) Marmara denizinin etkisi altında olmasına rağmen, araştırma bölgesindeki yüksek tuzluluğun (‰25.1-32.8) nedeni Ege Denizi'nden alt akıntı olarak boğaza giren Akdeniz kökenli tuzlu su akıntısının Çanakkale Boğazı'nın en dar yeri olan Nara Burnu'na çarparak yaklaşık %40'nın yukarı doğru çıkması ve Marmara Denizi'nden gelen yüzey deniz suyu ile karışarak üst akıntıyla geri dönmesidir. Bu durum boğazın Nara Burnu ve Ege girişi arasında kalan bölgede tuzluluğun artmasına neden olmaktadır (Polat ve Tuğrul, 1996; Cociasu ve diğ., 1997). Bu araştırmanın yapıldığı istasyon da bu bölgede bulunmaktadır (Şekil 1).

Marmara yüzey suları Çanakkale'nin çıkışına ulaştığında, alt sularla karışır ve tuzluluğu genellikle 6-8 ppt kadar artar ve kimyasal özelliğinde de değişimler olur. Ege'den dip akıntısı yoluyla Marmara'ya giren suların tuzluluğunda ise sadece 0.5-0.7 ppt'lik bir azalma gözlenir. Bunun sonucu olarak, Çanakkale Boğazı'ndaki iki tabakalı akı rejiminin Boğaz girişlerindeki biyokimyasal özelliklerinin, komşu denizlere ulaştığında dikkate değer değişimler göstermesi doğaldır (Baştürk ve diğ., 1990; Cociasu ve diğ., 1997).

Araştırma bölgesindeki pH değişimlerine bakıldığında, yıl boyunca erken ilkbahar (Mart 2001, 2002) ve erken kış (

Aralık 2001) dönemlerinde iki ayrı pik göstermiştir. Oluşan iki ayrı pik dışında, pH yıl içinde 8.04 ve 8.58 arasında periyodik dalgalanmalar göstermiştir. İletkenlik Mayıs ve Ocak döneminde olmak üzere iki ayrı pik göstererek, kış döneminde (Aralık-Şubat) yükselme eğilimi, bununla birlikte yaz döneminde düşme eğilimi göstermiştir. Özellikle ilkbahardan sonbahara doğru tedrici bir düşüş vardır (Şekil 2).

ÇO (Çözünmüş Oksijen) değişimlerine bakıldığında, Temmuz 2001 dönemi hariç (6.50 mg l^{-1}) yıl boyunca 7.50 mg L^{-1} nin altına pek düşmemiştir. Çanakkale Boğazında ÇO değerleri genellikle doygunluk sınırına yakındır (Şekil 2). ORP'nin özellikle yaz aylarında yükseldiği kış aylarında da düştüğü görülmüştür (Şekil 2). Zaten yaz aylarında su sıcaklığının artmasıyla birlikte bakteriyel aktivite sonucu biyolojik parçalanma olaylarının artması ve dolayısıyla biyokimyasal reaksiyonlara bağlı olarak oksijenin hızla tüketilmesi ORP düzeyinin artmasına neden olmaktadır. İstanbul Boğazı'nda olduğu gibi, Marmara'dan Ege'ye akan Karadeniz kaynaklı az tuzlu suların ÇO değerleri, Ege Denizi girişinde 230-315 µM aralığında değişmektedir. Ölçülen değerler suyun tuzluluk ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak doygunluk seviyesine yakın olup, Boğaz boyunca kuzeyden güneye gidildikçe tuzluluk artışına bağlı olarak üst tabaka ÇO değerinde az da olsa bir düşüş gözlenir (Beşiktepe ve diğ., 1997; Ünsal ve diğ., 2003). Çanakkale Boğazı'nda İstanbul Boğazı'nda olduğu gibi, kuzeyden güneye doğru tuzluluk artışına bağlı olarak kısmen ÇO değerleri düşme gösterir. İstanbul Boğazı'nda ise tersine bir görüntü ortaya çıkar. Çünkü Çanakkale Boğazı'nda yüzeyden alt sulara belirgin ÇO girdisi yoktur. Fakat alt akıntı Çanakkale Boğazı'nın kuzey ucuna ulaştığında, orada bulunan oksijence fakir daha yaşlı tuzlu sularla karışarak seyreldiği için ÇO düzeyinde belirgin azalma olur (Beşiktepe ve diğ., 1997; Ünsal ve diğ., 2003).

TDS (toplam çözünmüş anyon ve katyonlar) değerlerine bakıldığında, araştırma bölgesinde ortalama TDS değerlerinin yaz aylarında düşük (25.0 g L^{-1}), kış aylarında yüksek (29.3 g L^{-1}) olduğu görülmektedir (Şekil 2). TDS ölçümünün deniz suyunda çözünmüş anyon ve katyonların toplam miktarını vermesi açısından önemlidir. Özellikle, boğazın çalışma bölgesini de kapsayan kısmında, kış aylarına göre yaz aylarında tuzluluğun düşmesi ve biyolojik aktivitenin artışının da kısmen buna katkı sağlaması sonucu, ortamın TDS miktarının da düşmesine sebep olmaktadır.

Veri grupları arasında yapılan korelasyonlarda (Tablo 2), tuzluluk ile sıcaklık arasında (r=- 0.8587), DO ile sıcaklık arasında (r=- 0.5177) ve TDS ile sıcaklık arasında (r=- 0.8532) önemli düzeylerde negatif korelasyonlar görülmüştür. Bununla birlikte, tuzluluk ve konduktivite arasında (r= 0.5374) ve tuzluluk ile TDS arasında (r= 0.9863) ise önemli pozitif korelasyon görülmüştür. Nütrient konsantrasyonları ile diğer fizikokimyasal parametreler ve klorofil-*a* arasında önemli bir korelasyonun olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada sadece SiO_4 ve PO^{-3}_4 arasında önemli bir korelasyonun olduğu görülmüştür (r= 0.5190).

Tablo 1. Çanakkale Boğazı'nda araştırma süresince elde edilen veri grupları arasında oluşan ilişkiler (korelasyon).

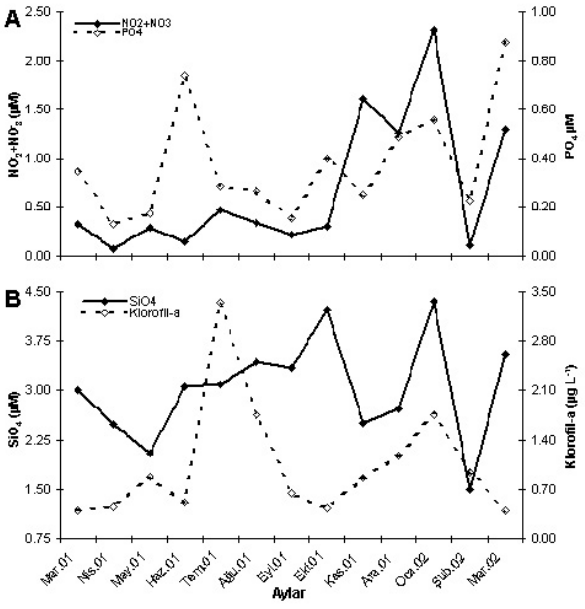
	Sıcak	Tuzlu	pH	ÇO	İletke	TDS	ORP	ÇO%	NO_2+NO_3	PO^{-3}_4	SiO_4	Chl-*a*
Sıcak.	1											
Tuzlu.	-0.859	1										
pH	0.134	-0.124	1									
ÇO	-0.518	0.414	0.068	1								
İletke.	-0.321	0.537	-0.531	0.1585	1							
TDS	-0.853	0.986	-0.093	0.394	0.512	1						
ORP	0.001	0.026	-0.465	0.173	0.295	0.014	1					
ÇO%	-0.534	0.440	0.064	0.989	0.142	0.414	0.202	1				
NO_2+NO_3	-0.280	0.285	-0.331	0.003	0.260	0.274	0.016	0.015	1			
PO^{-3}_4	-0.318	0.246	-0.196	-0.008	-0.075	0.252	0.019	0.044	0.378	1		
SiO_4	0.049	-0.009	-0.122	-0.329	0.096	0.000	-0.099	-0.305	0.278	0.519	1	
Chl-*a*	0.137	-0.137	-0.170	-0.329	0.087	-0.099	-0.116	-0.352	0.164	0.065	0.001	1

Araştırma bölgesinde, yüzey deniz suyu nitrit+nitrat (NO^{-}_2+NO^{-}_3) değişimlerine bakıldığında, bir yıllık periyotta Kasım 2001, Ocak ve Mart 2002 dönemlerinde üç ayrı pikin oluştuğu görülmektedir. Yaz döneminde düşük nitrit+nitrat içeriğinden sonra (min 0.050 µM), geç sonbaharda (Kasım 2001) toparlanarak 1.606 µM düzeyinde birinci ve orta ölçekli pik, arkasından kış döneminde (Ocak 2001) ikinci ve en büyük olan pik (2.320 µM) ve erken ilkbahar döneminde (Mart 2002) oluşan üçüncü ve en düşük pik (1.3003 µM) oluşumu görülmüştür (Şekil 3). Her pik oluşumundan sonra nitrit+nitrat düzeyinde görülen düşüşün nedenleri arasında, hem farklı dönemlerde rüzgar hızı ve yönüne bağlı olarak gerçekleşen akıntı hızı ve yönü ve buna bağlı olarak alttaki nütrient bakımından fakir Akdeniz karakterli tuzlu suların Marmara kaynaklı ve kısmen nütrient bakımından daha zengin olan yüzey sularıyla karışması, hem de muhtemelen fitoplankton türleri tarafından nutrient artışını takiben bunların yoğun olarak kullanılması gösterilebilir. Ancak, fitoplankton türlerinin ortamdaki nütrient tercihi konusunda öncelikle neyi tercih ettikleri bilinmemektedir. İzmit Körfezi ve Marmara'da yapılan az sayıdaki çalışmalar, farklı dönemlerde ve farklı yerlerde değişik besin tuzlarının birincil üretimi kontrol ettiğini göstermektedir (Polat ve Tuğrul, 1995; Tuğrul ve Polat, 1995).

NO^{-}_2+NO^{-}_3 düzeyinde olduğu gibi PO^{-3}_4 düzeyinde de mevsimsel değişimler görülmektedir. NO^{-}_2+NO^{-}_3 düzeyinden farkı, PO^{-3}_4'ın pik oluşturduğu dönemlerde NO^{-}_2+NO^{-}_3 ile uyuşmamasıdır. Örneğin, NO^{-}_2+NO^{-}_3 düzeyinde Kasım, Ocak ve Mart aylarında oluşan pikler, PO^{-3}_4 düzeyinde Haziran (0.700 µM), Ekim (0.400 µM) ve Ocak (0.500 µM) aylarında oluştuğu görülmektedir. Bunun dışında kalan dönemlerde

önemli değişimlerin olmadığı ve yıl içinde 0.133 ile 0.700 µM değer arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 3). SiO_4 değişimlerine bakıldığında, yıl içinde 1.50 ile 4.50 µM arasında değişen SiO_4 düzeyinin diğer nutrient düzeylerine göre oldukça yüksek olduğu görülür. Diğer nütrient düzeylerinde olduğu gibi, SiO_4 düzeyinde de Mart (3.70 µM), Ekim (4.40 µM) ve Ocak (4.45 µM) aylarında oluşan üç ayrı pik görülmektedir. Şubat 2002 dönemi hariç (1.503 µM), SiO_4 hiçbir zaman 2.500 µM konsantrasyon değerinin altına düşmemiştir (Şekil 3).

Şekil 3. Çanakkale Boğazı yat limanı Mart 2001 ve Mart 2002 dönemi aylara bağlı yüzey deniz suyu NO^{-}_2+NO^{-}_3 ve PO^{-3}_4 (A), SiO_4 ve klorofil-*a* (B) değişimleri.



Ege'den Marmara'ya akan Ege'nin tuzlu sularında NO^{-}_2+NO^{-}_3 derişimi genellikle 0.1-2.0µM, PO^{-3}_4 değerleri ise 0.02-0.1 µM aralığında değişmektedir (Polat ve Tuğrul, 1995; Tuğrul ve diğ, 1995). Bu konsantrasyon değerleri bizim bulgularımızla aşağı yukarı uyum içindedir. Çanakkale Boğazı üst akıntısında ölçülen NO^{-}_2+NO^{-}_3 değerlerinin, 1995-1999 arasındaki ölçümlerde 0.08-1.0 µM, PO^{-3}_4 değerlerinin de 0.02-0.09 µM aralığında değiştiği gözlenmiştir. Bu sonuçların 1990-1995 dönemi bulgularıyla uyumlu olduğunu söylesek de (Polat ve Tuğrul, 1995; Tuğrul ve diğ, 1995), bu araştırma sonucu elde edilen bulgulardan oldukça düşüktür. Bunun muhtemel nedenleri arasında, araştırma bölgesinin Çanakkale evsel atıklarından birinci derecede etkilenmesi gösterilebilir. Bununla birlikte, Çanakkale dip akıntısının çevresel faktörlere ve topografik yapıya bağlı olarak araştırma bölgesini de etkilemesi zaman zaman nütrient zenginleşmesine neden olmaktadır. Çanakkale Boğazı'nın Ege girişi noktasında oksijence zengin alt ve üst tabaka sularında PO^{-3}_4 ve SiO_4 konsantrasyonları oldukça düşüktür. Fakat alt suda bazı dönemlerde özellikle NO^{-}_2+NO^{-}_3 derişimi en az on kat artmaktadır. Ege sularında ölçülen PO^{-3}_4 değerindeki mevsimsel değişim daha azdır. Bunun nedeni, Çanakkale Boğazı girişine kadar yükselen Ege alt tabaka sularının göreceli olarak daha fazla NO^{-}_2+NO^{-}_3 içermesi ve N:P oranının oldukça yüksek (>20) olmasıdır. Yüksek N:P oranı, doğu Akdeniz derin sularının genel bir özelliğidir. Çanakkale alt akıntısında en düşük 0.1 µM olan nitrat derişimleri, sonbahar-ilkbahar arasında alt suyun özelliklerine bağlı olarak 1.5-2.0 µM seviyesini geçebilmektedir. NO^{-}_2+NO^{-}_3 iyonlarının arttığı dönemlerde, Boğaz'daki Ege sularının NO^{-}_2+NO^{-}_3 düzeyleri de 0.02 µM'dan 0.08-0.1 µM'a kadar yükseldiği gözlenmiştir (Polat ve Tuğrul, 1995; Tuğrul ve diğ., 1995).

Araştırma bölgesinde elde ettiğimiz NO^{-}_2+NO^{-}_3 konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişiminin yıl içinde 10-15 kata kadar yükseldiği görülürken, PO^{-3}_4 da bu denli bir değişimin görülmemektedir (Şekil 3). Bu da muhtemelen Marmara'da NO^{-}_2+NO^{-}_3 iyonlarının fitoplankton gelişiminde kritik bir rol oynamasından kaynaklanmaktadır. Çünkü yüzey suyu N:P oranları çoğunlukla 1-10 aralığında olup normal fitoplankton çoğalması için gereken 16 oranının oldukça altındadır. Kuzey Ege'den dip akıntısıyla Marmara'ya ulaşan Akdeniz karakterli tuzlu sular oksijence zengin, fakat besin elementlerince fakirdir. Bu sular İstanbul Boğazı'na ulaştığında oksijence oldukça fakirleşmiş, fakat PO^{-3}_4 ve NO^{-}_2+NO^{-}_3 iyonlarınca zenginleşmiş olur (Polat ve Tuğrul, 1995; Tuğrul ve diğ., 1995).

Klorofil-*a* miktarlarının aylara bağlı değişimleri incelendiğinde, nütrient düzeylerinde olduğu gibi fitoplankton aktivitesinin bir göstergesi olan klorofil-*a* düzeyinde de periyodik değişimlerin olduğu görülmektedir. Mayıs döneminde oluşan ve küçük olan pik (0.80 µg L^{-1}), Temmuz da oluşan ve en büyük olan pik (3.70 µg L^{-1}) ve Ocak ayında oluşan ve orta büyüklükte olan pik (1.80 µg L^{-1}) olmak üzere yıl içinde farklı büyüklükte üç ayrı pik oluşmuştur (Şekil 3). Ancak, Çanakkale Boğazı'ndaki yüzey deniz suyu klorofil-*a* düzeyinin yıl içinde oluşan dağılımına baktığımızda, Marmara Denizi yüzey deniz suyu düzeyinden nispeten daha düşük olduğu görülmüştür. İstanbul Boğazı'ndan giren Karadeniz kaynaklı suların Çanakkale Boğazı'na gelinceye kadar içerdiği nütrient konsantrasyonunun fitoplankton aktivitesi sonucu ve çökelme sonucu oldukça azalması Çanakkale Boğazı nütrient düzeyi ve buna bağlı olarak klorofil-*a* düzeyinin düşük olması sonucunu doğurmuştur (Polat ve Tuğrul, 1995; Tuğrul ve diğ., 1995). Özellikle klorofil-*a* düzeyinde yıl içinde oluşan üç ayrı pikin de nütrient piklerinden yaklaşık bir ay sonraya denk gelmesi doğaldır. Ortamdaki nütrient düzeyinin artmasıyla birlikte gecikmeli olarak fitoplankton yoğunluğunun da artması ve buna bağlı olarak klorofil-*a* miktarının da artışına neden olmuştur.

Bununla birlikte klorofil-*a* düzeylerine bakılarak ortamdaki fitoplankton yoğunluğunun düzeyi hakkında sadece kalitatif bir yaklaşım getirilebilir. Mevcut fitoplankton yoğunluğu ile ilgili kantitatif bir yaklaşım getirilebilmesi için mutlaka hücre sayımları ve biyohacimlerinin de belirlenmesi gerekir. Daha sonra, aynı paralellikte yapılmış ve bu araştırmanın bir parçası olan fitoplankton yoğunluğunun periyodik değişimlerinin de belirlenerek bu araştırmada elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması ve bunun sonucunda daha detaylı yorumların

geliştirilmesi mümkün olacaktır.

Elde edilen fizikokimyasal, inorganik nütrient ve klorofil-*a* ölçüm sonuçları Çanakkale Boğazı'nda mevcut iki yönlü akıntı sisteminden önemli derecede etkilenmektedir. Ayrıca diğer bir önemli nokta, NO^{-}_{2}+NO^{-}_{3} konsantrasyonlarındaki değişimin yıl içinde 10-15 kata ulaşabilmesidir. Bununla birlikte yıl içinde NO^{-}_{2}+$NO^{-}3$'da oluşan bu önemli değişim PO^{-3}_{4} ve SiO_4'da görülmemiştir.

Sonuç olarak söyleyebiliriz ki, Türk Boğazlar Sistemi'nin ekolojik özellikleri içinde kritik öneme sahip besin elementlerinin sucul ortamdaki yapısal özellikleri, bunların toplam konsantrasyona olan katkıları, biyolojik kullanıma girenlerin özellikleri ve oranları gibi temel bilgiler eksiktir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda ve özellikle DAP programının öncelikli araştırma konuları arasına biyo-assay deneylerinin dahil edilmesi ve az sayıda istasyonda birincil üretimi etkileyen, azot ve fosfor döngülerini anlamaya yönelik detaylı biyokimyasal ölçümlerin ve deneylerin yapılarak Türk Boğazlar Sistemi'nde birincil üretim artışını sınırlayan besin elementlerinin mevsimsel ve bölgesel ölçekli belirlenmesi çalışmaları öncelikle gerçekleştirilmelidir. Bu veriler ve sonuçlar olmadan Türk Boğazlar Sistemi'ne özgü iki tabakalı ekolojik model sonuçlarından elde edilecek sonuçların tartışma konusu olmaya devam edeceği açıktır.

Kaynakça

Baştürk, Ö., S. Tuğrul, A. Yılmaz, C. Saydam, 1990. Health of the Turkish Straits: Chemical an environmental aspects of the sea of Marmara. METU-Institute of Marine Sciences, Tech. Rep., No. 90/4, Erdemli, İçel, 69 pp.

Beşiktepe, Ş., H. İ. Sur, E. Özsoy, M. A. Latif, T. Oğuz, Ü. Ünlüata, 1994. The circulation and hydrography of the Marmara Sea. Prog. Oceanogr. 34:285-334.

Cociasu, A., V. Diaconu, L. Teren, l. Nae, L. Popa, L. Dorogan, V. Malciu, 1997. Nutrient stocks on the western shelf of the Black Sea in the last three decades. In E. Özsoy and A. Mikaelyan (eds), Sensitivity to change: Black Sea, Baltic and North Sea. NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers.

Mee, L. D., 1992. The Black Sea in Crisis: The Need Concerted International Action. Ambio 24:278-286.

Morkoç, E., S. Tuğrul, O. Okay, T. Legoviç, 1997. Eutrophication of the Izmit Bay, Marmara Sea. Croatica Chemica Acta 70:347-359.

Oğuz, T., L. Rozman, 1991. Caracteristics of the Mediterranean underflow in the Southern Black Sea ContinentalShelf/Slope Region. Oceanol. Acta 14:433-444.

Polat, S. Ç., S. Tuğrul, 1995. Nutrient and organic carbon exshanges between the Black and Marmara seas through the Bosphorus strait. Continental Shelf Res.15(9):1115-1132.

Polat, S. Ç., S.Tuğrul, 1996. Chemical exchance between the Mediterranean and Black Sea via the Turkish strait. CIESM Science Series No.2, Bull. de l'Instıtut Oceanog. 17:167-186.

Polat, S. Ç., S. Tuğrul, Y. Çoban, Ö. Baştürk, İ. Salihoğlu, 1998. Elemental composition o seston and nutrient dynamics in the Sea of Marmara. Hydrobiologia 363:157-167.

Sorokin, YU.I. 1983. The Black Sea, p. 253-291. In P.H. Ketchum (Ed.), Ecosystems of the World: Estuaries and Enclosed Seas. Elsevir, Amsterdam.

Stricland, J. D. H., T. R. Parsons, 1972. A Practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. Canada.

Tuğrul, S., Ç. S. Polat, 1995. Quantitative comparison of the influxes of nutrients and organic carbon into the Sea of Marmara both from anthropogenic sources and from the Black Sea. Water Science and Technology 34:115-121.

Tuğrul, S., Ç. S. Polat, Ö. Baştürk, E. Hatipoğlu, A.Yılmaz, S. Yemenicioğlu, C. Saydam, İ. Salihoğlu, 1995. Chemical properties of the two-layer flow regimes in the Turkish Straits. Turkish J. Marine Sciences 2/3:81-94.

Unsal, M., M. Turkoglu, E. Yenici, 2003. Çanakkale Boğazı'nda Biyolojik ve Fizikokimyasal Araştırmalar. *TUBITAK-YDABAG-101Y075 Sonuç Rap*., Canakkale, Türkiye (yayınlanmamış).