



Güneydoğu Karadeniz Kıyıları Besin Tuzu Dağılımı

Ertuğrul AĞIRBAŞ^{1*} Dilek FİDAN²

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, 53100, Rize, Türkiye

²Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, Türkiye

Geliş Tarihi: 17.08.2023

Kabul Tarihi: 09.01.2024

Basım Tarihi: 19.01.2024

Atf yapmak için: Ağırbaş, E., & Fidan, D. (2024). Güneydoğu Karadeniz Kıyıları Besin Tuzu Dağılımı. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.35229/jaes.1345147>

How to cite: Ağırbaş, E., & Fidan, D. (2024). Nutrient Distribution in the South-Eastern Black Sea. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.35229/jaes.1345147>

<https://orcid.org/0000-0001-7987-9668>
 <https://orcid.org/0000-0002-5248-7370>

*Sorumlu yazarın:
Ertuğrul AĞIRBAŞ
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su
Ürünleri Fakültesi, 53100, Rize, Türkiye
✉: ertugrul.agirbas@erdogan.edu.tr
✉: dilek.fidan@tarimorman.gov.tr

Öz: Güney Doğu Karadeniz (Artvin-Giresun) kıyıları boyunca Kasım 2014-Ağustos 2016 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülen bu çalışmada besin tuzu konsantrasyonlarının zamansal ve alansal değişimleri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 12 farklı istasyonda yüzeyden itibaren 10 m aralıklarla 40 m derinliğe kadar mevsimsel örneklemler gerçekleştirilmiştir. Çalışma bölgesinde sonbahar ve kış mevsiminde besin tuzu konsantrasyonları yüksek olup ilkbahar ve yaz mevsiminde fitoplanktonik aktiviteye bağlı olarak düşüş göstermiştir. Örnekleme istasyonlarında SiO₂ (0,01-13,625 µM) en yüksek konsantrasyonda okunan besin tuzu olup, bunu NO₂+NO₃ (0,001-3,346 µM) takip etmiştir. Bölgede o-PO₄ konsantrasyonları (0,001-0,932 µM) genel anlamda düşük bulunmuştur. Çalışma bölgesinde yüzey suyu besin tuzu konsantrasyonları alansal ve zamansal ölçekte önemli değişimler göstermiş ve kıyısal bölgenin daha zengin olduğu ve açığa gidildikçe konsantrasyonlarda önemli oranda azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Çalışma süresince Kasım 2015-Ağustos 2016 periyodunda silikat ve fosfat konsantrasyonları 2 kata yakın bir oranda artış eğilimi sergilerken benzer bir artış eğilimi nitrit+nitrat için sadece ilgili dönemin ilkbahar mevsiminde gözlenmiştir. Bölgede besin tuzu dağılımı fiziksel ve biyo-kimyasal faktörlerin kombinasyonuna bağlı olarak mevsimsel ölçekte önemli değişimler göstermiştir. Bu faktörlerin etkisini ayrı ayrı belirlemek zor olduğundan bölgenin sürekli olarak izlenmesi farklılıkları ortaya konulması adına önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Güney doğu karadeniz, besin tuzu, fitoplankton.

Nutrient Distribution in the South-Eastern Black Sea

Abstract: In the present study, spatio-temporal variations of nutrients from November 2014 to August 2016 were seasonally investigated along the south-eastern coasts (Giresun-Artvin) of the Black Sea. Along the 12 stations, seasonal samplings were obtained from surface to 40 m depths with 10 m intervals. In the study area, nutrient concentrations were high in autumn and winter, but decreased in spring and summer due to phytoplankton activity. SiO₂ (0.01-13.625 µM) was characterised with high concentrations at the sampling stations, followed by NO₂+NO₃ (0.001-3.346 µM). Concentrations of o-PO₄ (0.001-0.932 µM) were generally low in the region. The surface nutrient concentrations in the study area revealed significant spatial and temporal changes, and the concentrations significantly decreases from coastal regions to offshore stations. During the period of November 2015 and August 2016, silicate and phosphate concentrations showed a nearly 2-fold increase trend, while a similar increase trend was observed for nitrite+nitrate only in spring. The distribution of nutrient in the region showed significant seasonal changes due to the combination of physical and bio-chemical factors. Since it is difficult to determine the effect of these factors separately, it is important to monitor the region continuously in order to reveals the differences.

*Corresponding author's:
Ertuğrul AĞIRBAŞ
Recep Tayyip Erdoğan University. Faculty of
Fisheries, 53100, Rize, Türkiye
✉: ertugrul.agirbas@erdogan.edu.tr
✉: dilek.fidan@tarimorman.gov.tr

Keywords: South-Eastern Black Sea, Nutrient, Phytoplankton.

GİRİŞ

Besin tuzu konsantrasyonları fitoplankton gelişimini ve fotosentetik kapasiteyi etkileyen ana faktörlerden biridir. Fotosentez yapan canlılar yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için çeşitli elementlere ve minerallere ihtiyaç duyarlar. Bunlardan azot, fosfor, silisyum, sülfür, potasyum ve sodyum makro besin tuzu (nütrient) olarak bilinmektedirler. Bunların yanı sıra iz element olarak adlandırılan demir, çinko, bakır ve manganez gibi mikro elementlere de ihtiyaç duyabildikleri gibi B₁₂, biotin ve tiamin gibi vitaminlere de gereksinim duyarlar. Aslında her nütrient fotoototroflar için potansiyel olarak büyümeyi sınırlayıcı etkiye sahip olmakla beraber denizel ortamda genel anlamda azot ve fosfor temel sınırlayıcı element olarak değerlendirilmektedir.

Denizel ortamı sahip olduğu besin tuzu konsantrasyonuna göre sınıflandırmak mümkündür. Eğer ortam algal büyüme için gerekli olan besin tuzu miktarı bakımından düşük konsantrasyona sahipse bu ortamlar “oligotrofik” olarak adlandırılırlar ve genellikle düşük birincil üretime sahip bölgeler olarak bilinirler. Bunun aksine “ötrofik” sular ise yüksek oranda besin tuzu konsantrasyonuna sahip olup genellikle birincil üretim bakımından verimli yerlerdir. Oligotrofik ve ötrofik arasında kalan sular ise “mesotrofik” olarak adlandırılmakta ve bu ortamlar orta derecede birincil üretimi desteklemektedirler. Besin tuzları sucul ortamda bolca bulunmasına rağmen homojen olarak dağılım göstermezler. Özellikle öfotik zonla (ışıklı bölge) bağlantılı olarak konsantrasyonları azalır. Yüzey suları ve üst tabakalarda, yüksek enlemlerden alçak enlemlere doğru gidildikçe gelen ışık miktarının fotosentezi olumlu yönde etkilemesi sonucu bu bölgelerde sürekli düşük konsantrasyonlar gösterirler (Kaiser vd., 2005).

Deniz suyunda azot; nitrat (NO₃⁻), nitrit (NO₂⁻), amonyum (NH₄⁺), amonyak (NH₃), çözülmüş azot (N₂) ve organik azot (üre, aminoasit) şeklinde bulunabilir. Deniz suyunda amonyak daha çok amonyum iyonları ile karışık bir halde bulunurken, pH'sı 8 olan sularda %95 oranında bulunan amonyum konsantrasyonunda pH'ın yükselmesi ile %75'e varan oranlarda azalma gerçekleşir. Amonyumun hücre metabolizmasında direkt olarak kullanılması bu bileşiği temel azot kaynağı haline getirmektedir. Çünkü nitrat ve nitrit hücre içerisinde çeşitli enzimlerle (nitrat ve nitrit reduktaz) indirgendikten sonra kullanılabilir. Ortamda birden fazla azot kaynağı mevcutsa bunlardan ilk olarak amonyum kullanılır. Nitrat ve nitrit ortamda birlikte mevcutsa eş zamanlı olarak asimile edilir (Lalli ve Parson, 1993; Kaiser vd., 2005). Fosfor denizel ortamda azottan sonra büyümeyi sınırlayan diğer bir elementtir. Hücre içi protein moleküllerinin ve hücre duvarının yapısına girdiği

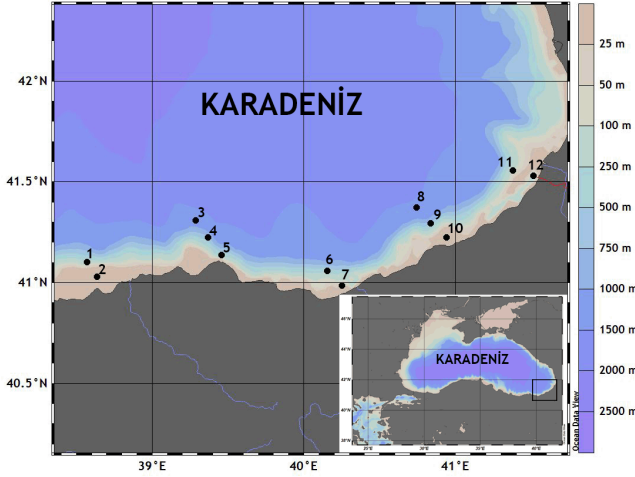
için önemli konumdadır. Deniz suyunda genellikle HPO₄⁻², PO₄⁻³ ve H₂PO₄⁻¹ gibi iyonlar ve organik fosfor formunda bulunur (Lalli ve Parson, 1993). Sülfür nadiren sınırlayıcı element olmakla beraber, aminoasitler ve protein sentezi için yapısal fonksiyonu olan önemli bir elementtir. Aynı zamanda enzim aktivitesinde de önemli görevleri vardır. Özellikle bazı makro-algler için çoğu zaman sınırlayıcı olmasa da sülfür önemlidir (Kaiser vd., 2005). Deniz suyunda sülfür SO₄⁻² ve H₂S formunda bulunabilir. Karbon denizel ortamlarda çözülmüş inorganik karbon, karbondioksit (CO₂), bikarbonat (HCO₃⁻) ve karbonik asit (H₂CO₃) formunda bulunmaktadır. Denizel ekosistem atmosferik karbon içeriğinin 60 katı, karasal ekosistemin ise 17 katı kadar inorganik karbon içermektedir. Bundan dolayı karbon gerek alg büyümesi ve gerekse fotosentez için sınırlayıcı bir element durumunda değildir (Lalli ve Parson, 1993; Ağırbaş, 2010).

Yarı kapalı ve izole bir sistem olan Karadeniz, son 50 yılda ciddi ekolojik değişimlere maruz kalmıştır. Yoğun nütrient ve kirletici girdisi, ötrofikasyon, istilacı türlerin artışı, aşırı avcılık ve iklim değişikliği gibi faktörler bu değişime neden olan ana faktörlerden bazılarıdır (Tolmazın, 1985; Oguz, 2005). Bununla birlikte Karadeniz'de fitoplanktonik yapının özellikle de ana grup oranlarının (diatom/dinoflagellat oranları) değiştiği ve daha küçük boy gruplarının (örneğin pikofitoplankton) önemli oranda arttığı birçok araştırma grubu tarafından rapor edilmiştir (Ağırbaş vd., 2014 ; Bat vd., 2011 ; Feyzioglu ve Seyhan, 2007 ; Kideys, 1994 , 2002; Kopelevich vd., 2002). Bu değişim, Karadeniz gibi verimliliği büyük ölçüde pelajik sisteme bağlı olan denizlerde son derece önemli sonuçlara sebep olabilmektedir. Fitoplankton (özellikle mikrofitoplankton 20-200 µm) başta küçük pelajik balıklar (hamsi, istavrit vb.) olmak üzere birçok balığın doğrudan veya dolaylı olarak temel besin kaynağı durumundadır. Ülkemiz balıkçılığı açısından son derece önemli bir deniz olan Karadeniz ekosisteminin sürekli olarak izlenmesi ve değişen iklim koşulları altında mevcut durumlarının kapsamlı bir şekilde ortaya konulması önemli bir unsurdur. Güney Doğu Karadeniz kıyılarında (Artvin-Giresun) mevsimsel olarak yürütülen bu çalışmada besin tuzu konsantrasyonlarının alansal ve zamansal ölçekteki dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Sahası: Örneklemeye çalışmaları, Güney Doğu Karadeniz (Artvin-Giresun) kıyıları boyunca 2, 8 ve 15 deniz mili mesafesindeki 12 istasyonda Kasım 2014-Ağustos 2016 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülmüştür (Şekil 1, Tablo 1). Deniz çalışmaları Tarım ve

Orman Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsüne ait “R/V SÜRAT ARAŞTIRMA” ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi’ne ait “R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA” araştırma gemileri ile yürütülmüştür. Örneklemeler öfotik bölge içerisinde yüzeyden itibaren 10 m aralıklarla 40 m derinliğe kadar SBE 32 Carousel 12 şişeli çoklu su örnekleme cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi ve örnekleme istasyonları.
Figure 1. Study area and sampling stations.

Tablo 1. İstasyonlara ait koordinatlar ve istasyon derinlikleri
Table 1. Coordinates and sampling depths for the stations

İstasyon Kodu	İstasyon No	Kıyıya Olan Mesafe (Deniz Mili)	Derinlik	Enlem	Boylam
G2	1	2	650 m	41°01'51"K	41°01'51"D
G8	2	8	1300 m	41°06'07"K	38°34'39"D
T2	3	2	400 m	41°10'24"K	39°25'23"D
T8	4	5	500 m	41°15'37"K	39°21'07"D
T15	5	15	1500 m	41°21'04"K	39°15'27"D
Ç2	6	2	400 m	40°59'44"K	40°14'27"D
Ç8	7	8	750 m	41°04'02"K	40°07'46"D
P2	8	2	450 m	41°14'27"K	40°54'32"D
P8	9	8	1500 m	41°19'28"K	40°49'09"D
P15	10	15	1700 m	41°24'33"K	40°42'52"D
K2	11	2	120 m	41°31'48"K	41°30'29"D
K8	12	8	350 m	41°35'11"K	40°23'42"D

Deniz suyu örneklerinde besin tuzu analizleri Tarım ve Orman Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan SEAL marka Oto-Analizör (Seal X-Y-2 Sampler AA3, Seal Analytics) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nitrat + nitrit için G-172-96 (Rev 11), fosfat için G-175-96 (Rev 13) ve silikat için G-177-96 (Rev 9) yöntemleri kullanılmıştır. Besin tuzu tayin limitleri (MDL) nitrat için 0,01 μM , 0,003 nitrit için μM , fosfat için 0,02 μM ve reaktif silikat için 0,1 μM 'dir.

Analiz öncesi numuneler oda sıcaklığına ulaşması için laboratuvarında bekletilmiştir. Analizde kullanılacak olan bütün cam eşyalar %10'luk HCl ile yıkandıktan sonra saf su ile iyice durulanmıştır. Analiz süresince yöntemin doğruluğunu kontrol etmek için referans madde (MOOS-3) kullanılmıştır. Ayrıca sonuçların tekrarlanabilirliğini kontrol etmek için rastgele seçilen numuneler (her setteki numune sayısının en az %10'u kadar) tekrar ölçülmüştür.

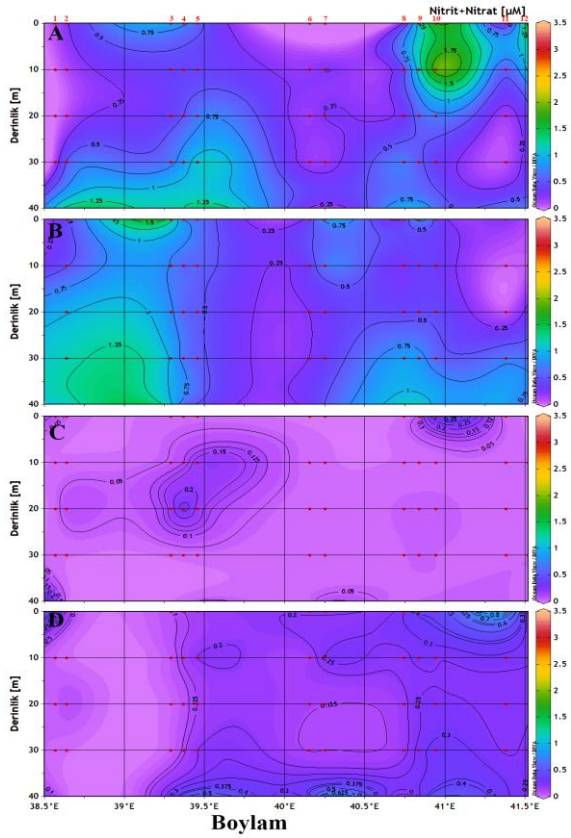
İstatistiki Analiz: Çalışma süresince elde edilen verilerde öncelikle normalite tesit yapılarak veri setinin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir. Normal dağılım gösteren veri seti için istatistiksel farklılıkları ve ilişkileri belirlemek amacıyla “One-Way ANOVA” ve “Tukey Testi” testleri uygulanmıştır. Analiz sonrasında normal dağılım göstermediği tespit edilen gruplar için “Kruskal Wallis ve Student-Newman-Keuls” testleri çoklu karşılaştırma için uygulanmıştır (Sokal ve Rohlf, 1987). İstatistiki analizler ve grafikler SigmaPlot 11.0 ve ODV 4 paket programlarıyla yapılmıştır.

BULGULAR

Çalışma bölgesine ait besin tuzu (NO_2+NO_3 , o- PO_4 ve SiO_2) profilleri Şekil 2-7'de sunulmuştur. Genel olarak sonbahar ve kış mevsiminde besin tuzu konsantrasyonları yüksek olup ilkbahar ve yaz mevsiminde ise düşüş göstermiştir. Örnekleme istasyonlarında SiO_2 (0,01-13,625 μM) en yüksek konsantrasyonda okunan besin tuzu olup, çalışma dönemi boyunca konsantrasyonu 15 μM 'ün altında kalmıştır. NO_2+NO_3 konsantrasyonu (0,001-3,346 μM) çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde 3,5 μM 'ün altında seyredirken o- PO_4 konsantrasyonları (0,001-0,932 μM) genel anlamda düşük bulunmuştur.

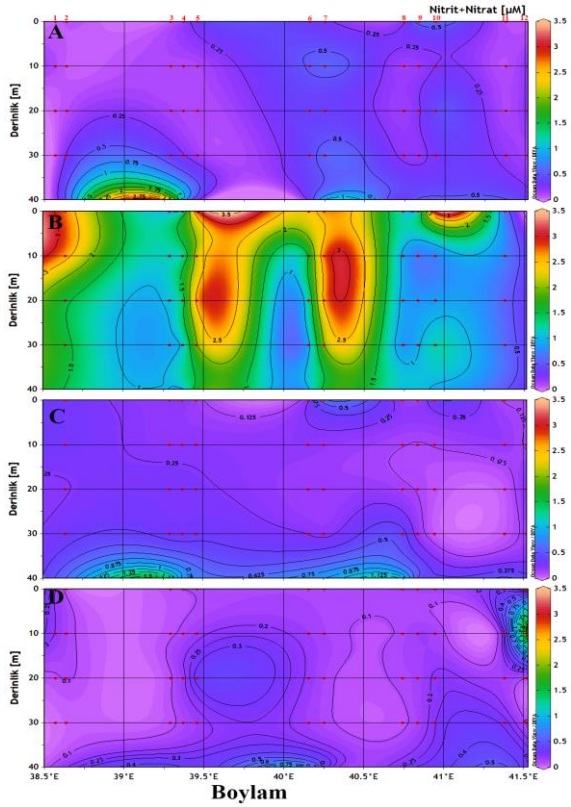
İstasyonların NO_2+NO_3 konsantrasyonları genel olarak karışımların fazla olduğu ve biyolojik aktivitenin (fotosentez vb.) düşük olduğu sonbahar (0,001-2,794 μM) ve kış (0,014-3,346 μM) döneminde daha yüksek konsantrasyonlarda okunurken ilkbahar (0,001-1,576 μM) ve yaz (0,001-1,836) mevsiminde ise daha düşük konsantrasyonlarda kaydedilmiştir (Şekil 2-3). İlk yıl örneklemede okunan NO_2+NO_3 değerleri ikinci yıla oranla daha düşük oranda tespit edilmiştir. Derinlik açısından bir değerlendirme yapıldığında ise yüksek konsantrasyonlar yaz dönemi hariç genellikle 10-20 m arasında ve kış döneminde tüm su kolonunda kaydedilmiştir. Çalışma süresince NO_2+NO_3 konsantrasyonları mevsimsel olarak istatistiki olarak önemli farklılıklar göstermiştir (ANOVA $F(7,472)=51,958$, $p<0,001$).

Çalışma bölgesinde o- PO_4 konsantrasyonları genel olarak 1 μM 'ün altında kalmıştır. En yüksek konsantrasyonlar sonbahar (0,001-0,932 μM) ve kış (0,001-0,921 μM) dönemlerinde kaydedilirken en düşük değerler ilkbahar ve yaz (0,001-0,138 μM) dönemlerinde tespit edilmiştir (Şekil 4-5). Derinliğe göre bir değerlendirme yapıldığında ise sonbahar ve kış dönemlerinde Kasım 2015-Ağustos 2016 periyodunda su kolonunda yüksek konsantrasyonlarda okunurken, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yüzey sularının o- PO_4 bakımından daha zengin olduğu tespit edilmiştir. Çalışma dönemi boyunca o- PO_4 konsantrasyonları istatistiki olarak önemli farklılıklar göstermiştir (ANOVA $F(7,472)=11,108$, $p<0,001$).



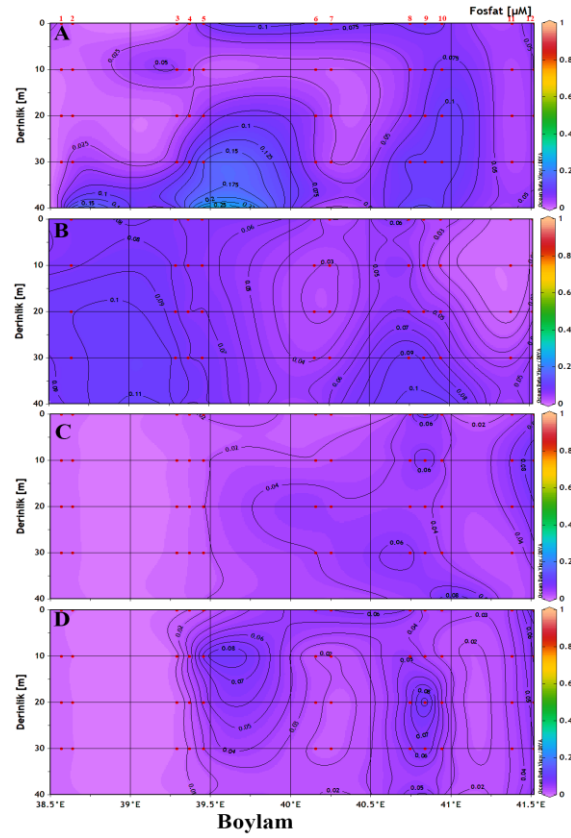
Şekil 2. Çalışmanın ilk yılında (A: Kasım 2014, B: Şubat 2015, C: Mayıs 2015 ve D: Ağustos 2015) Nitrit+Nitrat profili.

Figure 2. Nitrite+Nitrate profile in the first year of the study (A: November 2014, B: February 2015, C: May 2015 and D: August 2015).



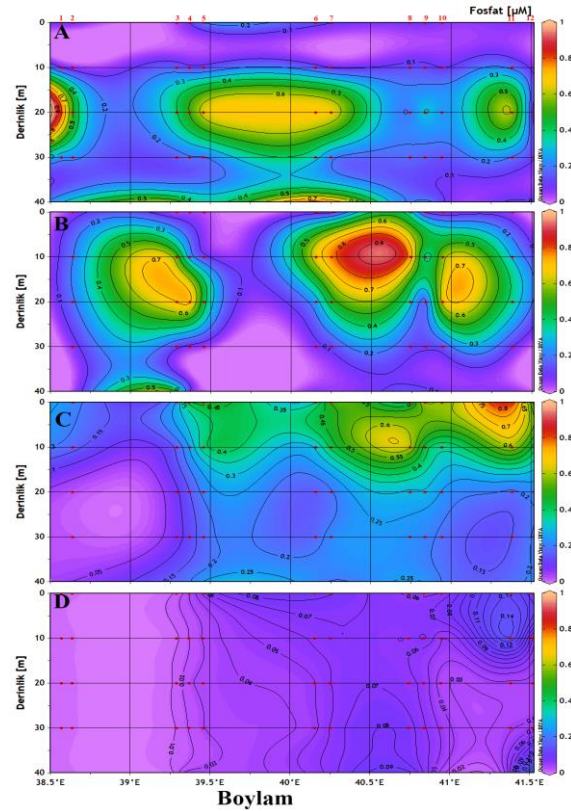
Şekil 3. Çalışmanın ikinci yılında (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016 ve D: Ağustos 2016) Nitrit+Nitrat profili.

Figure 3. Nitrite+Nitrate profile in the second year of the study (A: November 2015, B: February 2016, C: May 2016 and D: August 2016).



Şekil 4. Çalışmanın ilk yılında (A: Kasım 2014, B: Şubat 2015, C: Mayıs 2015 ve D: Ağustos 2015) o-Fosfatı profili.

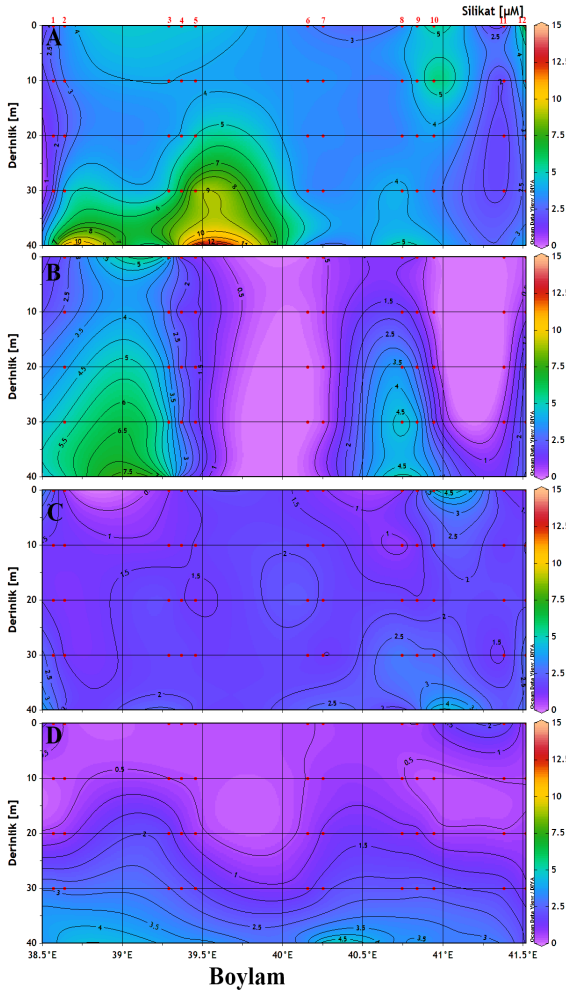
Figure 4. Phosphate profile in the first year of the study (A: November 2014, B: February 2015, C: May 2015 and D: August 2015).



Şekil 5. Çalışmanın ikinci yılında (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016 ve D: Ağustos 2016) Fosfatı profili.

Figure 5. Phosphate profile in the second year of the study (A: November 2015, B: February 2016, C: May 2016 and D: August 2016).

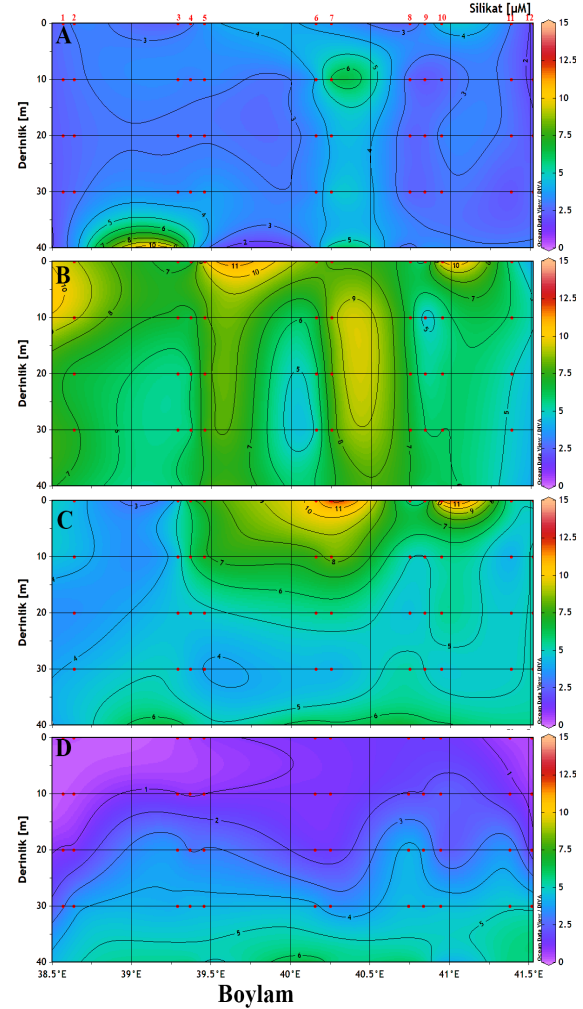
Reaktif SiO₂ çalışma bölgesinde en yüksek konsantrasyonlarda okunan besin tuzu olurken derinliğe bağlı olarak konsantrasyonları artan bir profil sergilemiştir (Şekil 6-7). Çalışma süresince en yüksek değerler sonbahar (1,582-13,625 µM) ve kış (0,01-12,685 µM) dönemlerinde kaydedilmiştir. İlkbahar (0,603-10,301 µM) ve yaz (0,275-6,608 µM) dönemlerinde ise önceki dönemlere göre konsantrasyonlarda düşüş tespit edilmiştir. Derinliğe bağlı olarak yüzey suları daha düşük konsantrasyona sahipken alt derinliklerde yüksek konsantrasyonla karakterize olmuştur. İstatistiki açıdan SiO₂ önemli mevsimsel farklılıklar göstermiştir (ANOVA F(7,472)=73,098, $p<0,001$).



Şekil 6. Çalışmanın ilk yılında (A: Kasım 2014, B: Şubat 2015, C: Mayıs 2015 ve D: Ağustos 2015) Silikat profili.
Figure 6. Silicate profile in the first year of the study (A: November 2014, B: February 2015, C: May 2015 and D: August 2015).

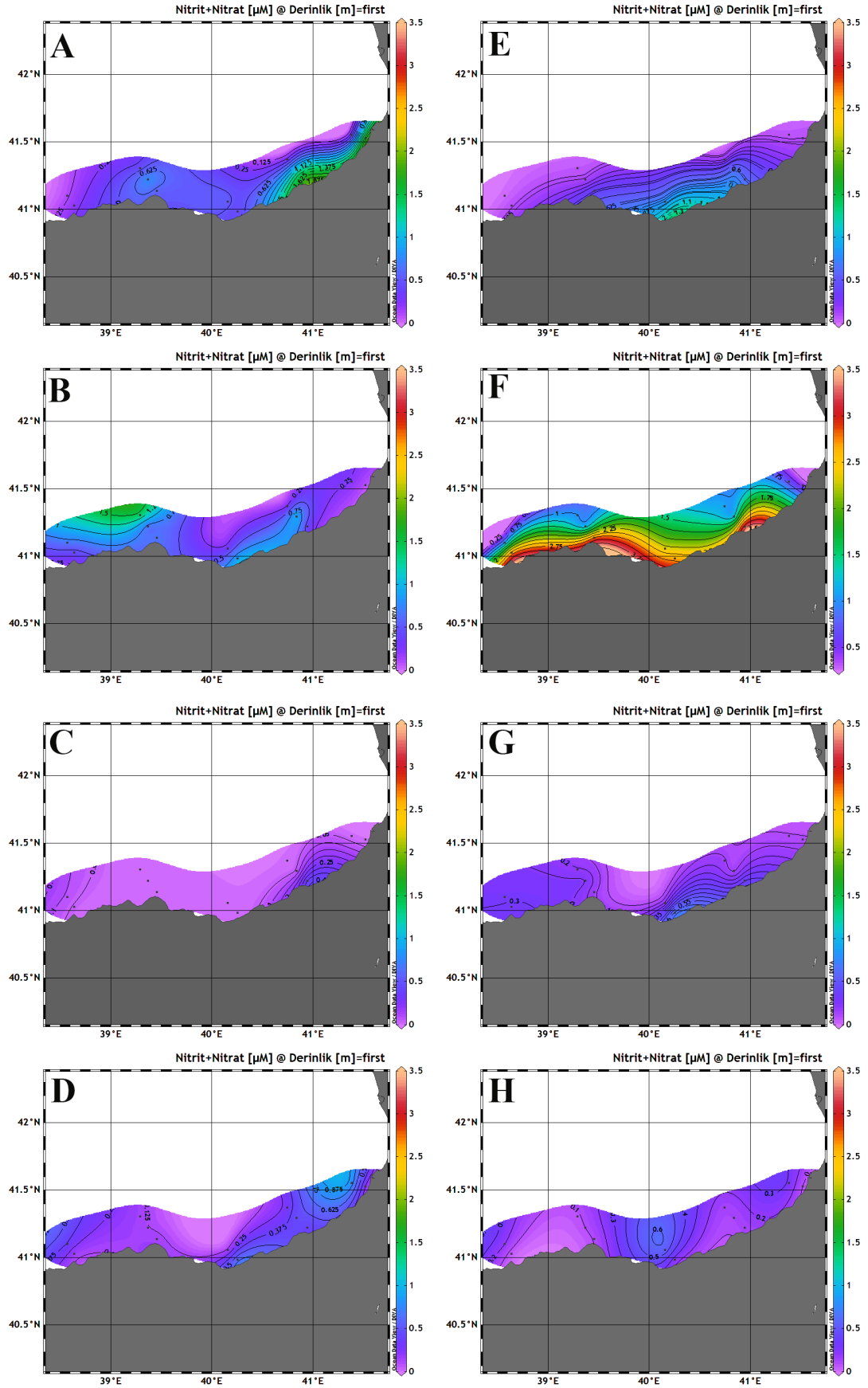
Çalışma bölgesine ait yüzey suyu besin tuzu konsantrasyonlarının alansal değişimi Şekil 8-10'da verilmiştir. Çalışma dönemi süresince besin tuzu miktarları alansal olarak önemli değişimler göstermiştir. Yüzey suyu konsantrasyonları genel olarak nitrit+nitrat için 0,001 µM (Mayıs 2015)-3,346 µM (Şubat 2016); fosfat için 0,001 µM (Mayıs 2015)-0,838 µM (Mayıs 2016) ve silikat için 0,01 µM (Şubat 2015)-12,685 µM (Mayıs 2016) arasında değişim

göstermiştir. Örnekleme dönemleri açısından bir değerlendirme yapıldığında ise çalışma döneminin ikinci yılında besin tuzu konsantrasyonlarının özellikle fosfat ve silikat için 2 kata yakın bir oranda arttığı dikkat çekmektedir. Diğer taraftan özellikle kış ve ilkbahar dönemlerinde nitrit+nitrat konsantrasyonu takip eden yılda artış eğilimi göstermiştir.



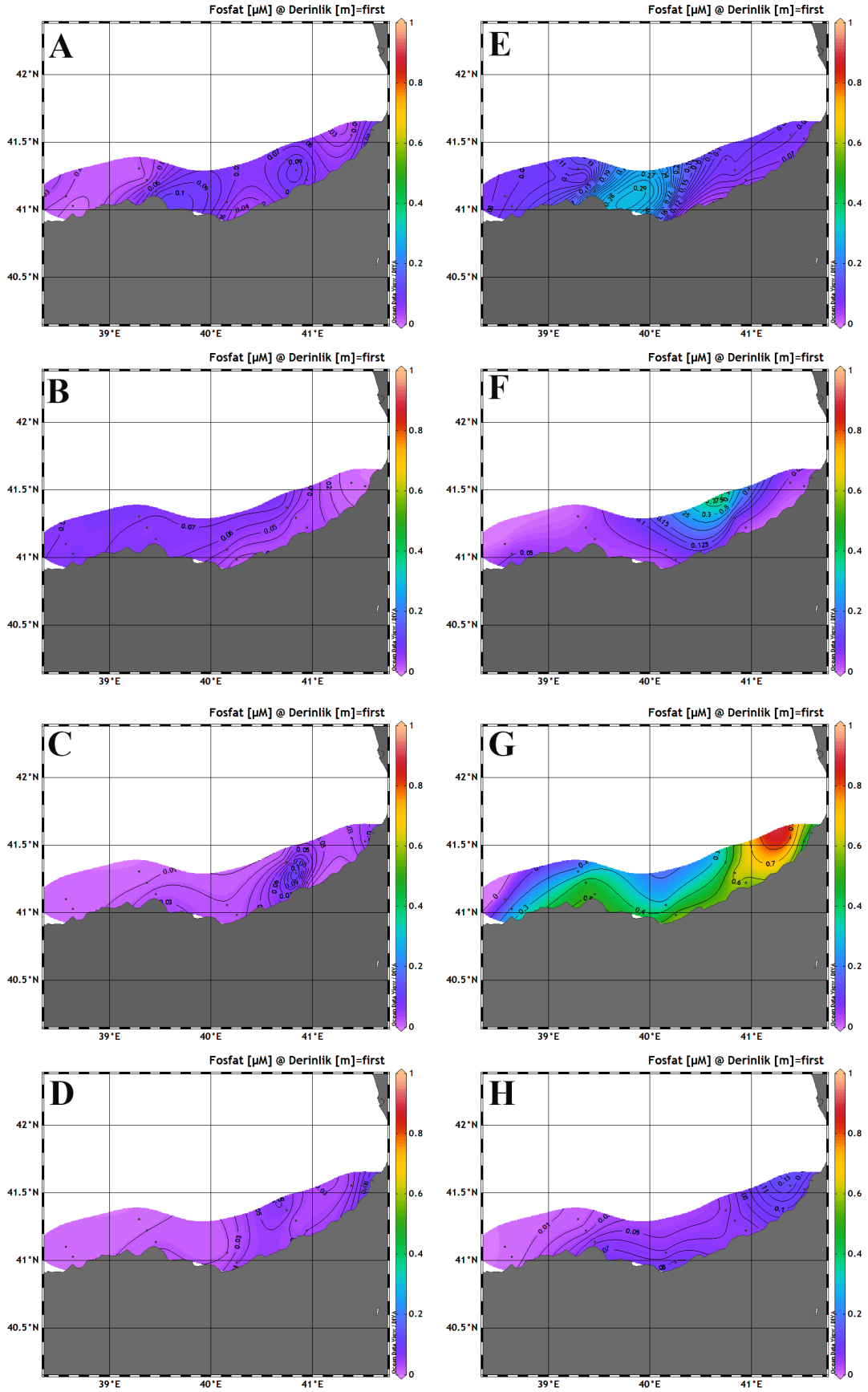
Şekil 7. Çalışmanın ikinci yılında (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016 ve D: Ağustos 2016) Silikat profili.
Figure 7. Silicate profile in the second year of the study (A: November 2015, B: February 2016, C: May 2016 and D: August 2016).

Yüzey suyu nitrit+nitrat konsantrasyonları genel olarak kıyusal bölgede en yüksek konsantrasyonlarda tespit edilirken örnekleme dönemleri arasında da önemli farklılıklar gözlenmiştir (Şekil 8). Mevsimsel anlamda fitoplanktonik aktivitenin düşük olduğu sonbahar ve özellikle kış döneminde en yüksek konsantrasyonlarda (3,346 µM) kaydedilen nitrit+nitrat konsantrasyonu ilkbahar ve yaz mevsimlerinde en düşük konsantrasyonlara ulaşmıştır. Benzer durum silikat konsantrasyonlarında da tespit edilirken (Şekil 10) fosfat konsantrasyonlarında ise sadece ilkbahar mevsiminde yüksek konsantrasyonlar tespit edilmiştir (Şekil 9).



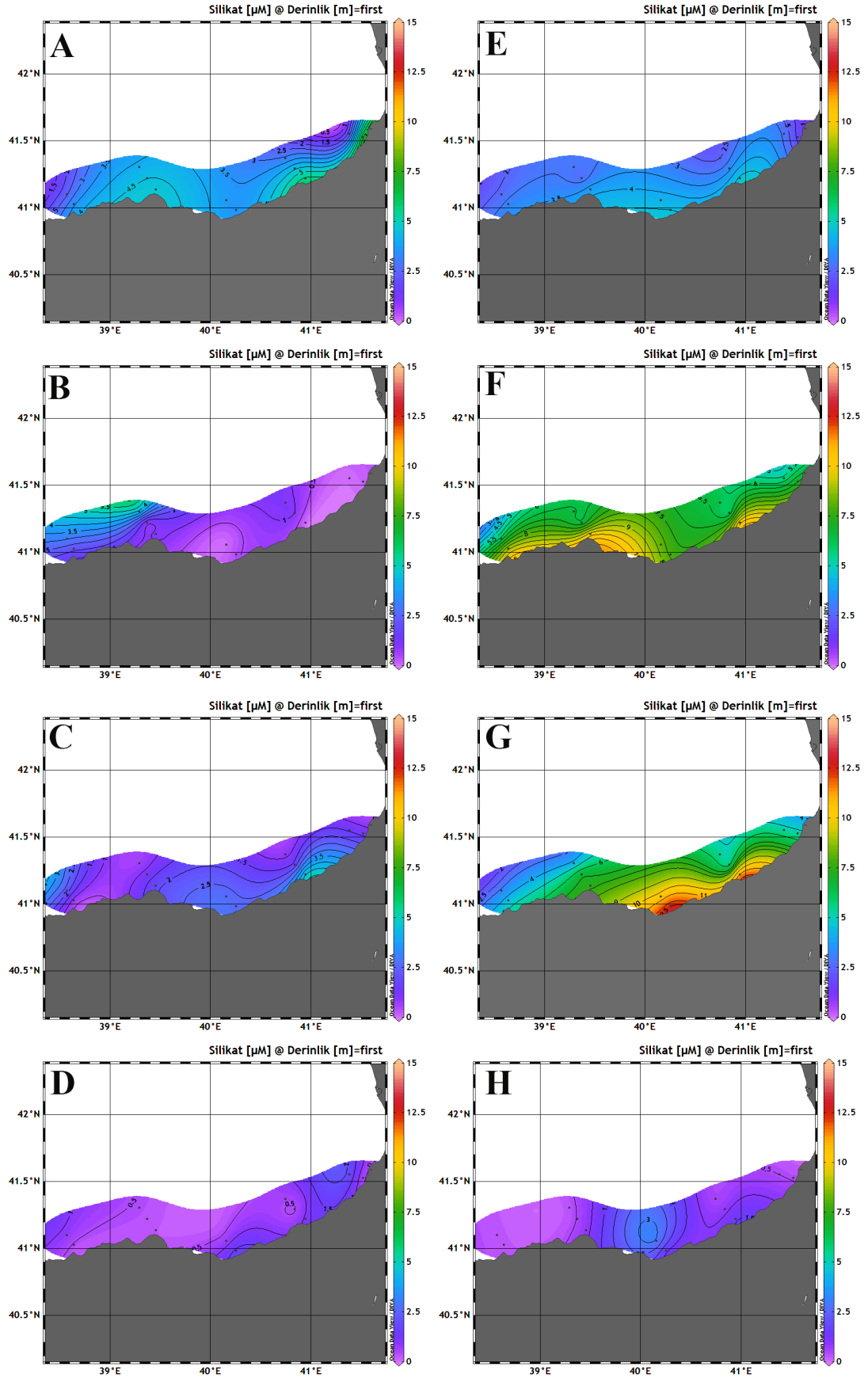
Şekil 8. Çalışma bölgesine ait yüzey suyu nitrit+nitrat değişimi (A: Kasım 2014, B: Şubat 2015, C: Mayıs 2015, D: Ağustos 2015, E: Kasım 2015, F: Şubat 2016, G: Mayıs 2016, H: Ağustos 2016).

Figure 8. Change of surface nitrite+nitrate concentration along the study area (A: November 2014, B: February 2015, C: May 2015, D: August 2015, M: November 2015, F: February 2016, G: May 2016, H: August 2016).



Şekil 9. Çalışma bölgesine ait yüzey suyu fosfat değişimi (A: Kasım 2014, B: Şubat 2015, C: Mayıs 2015, D: Ağustos 2015, E: Kasım 2015, F: Şubat 2016, G: Mayıs 2016, H: Ağustos 2016).

Figure 9. Change of surface phosphate concentration along the study area (A: November 2014, B: February 2015, C: May 2015, D: August 2015, M: November 2015, F: February 2016, G: May 2016, H: August 2016).



Şekil 10. Çalışma bölgesine ait yüzey suyu silikat değişimi (A: Kasım 2014, B: Şubat 2015, C: Mayıs 2015, D: Ağustos 2015, E: Kasım 2015, F: Şubat 2016, G: Mayıs 2016, H: Ağustos 2016).

Figure 10. Change of surface silicate concentration along the study area (A: November 2014, B: February 2015, C: May 2015, D: August 2015, M: November 2015, F: February 2016, G: May 2016, H: August 2016).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Karadeniz genellikle kış ve erken ilkbahar (Mart) dönemleri yüksek besin tuzu konsantrasyonları ile karakterize olan bir denizdir. (Finenko vd., 2005; Orekhova, 2021). Denizel ortamların önemli azot kaynaklarının başında nitrit ve nitrat gelmektedir. Karadeniz'in kuzeybatı kıta sahanlığında (Romanya kıyıları) ortalama nitrat konsantrasyonları 1970'lerden önce $1,3 \pm 0,1 \mu\text{M}$, 1970'lerin ortalarında $15,8 \pm 9,4 \mu\text{M}$ ve 1970'lerin sonu ve 1980'lerin ortasına kadar ise $5,3 \pm 1,13 \mu\text{M}$ olarak rapor edilmiştir (Yunev vd., 2007). Diğer taraftan Karadeniz'in yüzey sularında nitrat konsantrasyonu kış döneminde 4 ile $6 \mu\text{M}$ arasında, yaz döneminde ise $1 \mu\text{M}$ 'den az olduğu rapor edilmiştir (Hiscock ve Millero, 2006; Yakushev vd., 2007). Güney Karadeniz kıyılarında yürütülen bir çalışmada toplam nitrit ve nitrat konsantrasyonunu $0,11-0,59 \mu\text{M}$ arasında değiştiği rapor edilmiştir (Eker-Develi vd., 2003). Karadeniz'in Anadolu sahillerinde mevsimsel olarak yürütülen başka çalışmada ise toplam nitrit ve nitrat konsantrasyonunu $0,02-4,14 \mu\text{M}$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir (Çoban-Yıldız vd., 2000). Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından 1995-1999 yılları arasında yürütülen bir çalışmada toplam nitrit ve nitrat miktarının Karadeniz'in kıyı sularında $0,16-0,84 \mu\text{M}$ arasında değişim gösterdiği ve açık sularda ise $0,14-0,30 \mu\text{M}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Yılmaz, 2002). Güney Doğu Karadeniz kıyılarında Ağırbaş (2010) tarafından yürütülen başka bir çalışmada ise toplam nitrit ve nitrat konsantrasyonu kıyı sularda $0,37-4,71 \mu\text{M}$ arasında değişim gösterirken, açık sularda $0,31-4,46 \mu\text{M}$ arasında değişim göstermiştir. Yine aynı bölgede gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise toplam nitrit+nitrat konsantrasyonunun $0,12-16,99 \mu\text{M}$ seviyesinde olduğu bildirilmiştir (Kopuz, 2012). Koca (2014) tarafından Güney Doğu Karadeniz (Rize) sahillerinde yürütülen başka bir çalışmada nitrit+nitrat konsantrasyonu $0,52-9,88 \mu\text{M}$ arasında değişim göstermiştir. Alkan vd. (2022) tarafından Güneydoğu Karadeniz kıyısal ekosisteminde yürütülen mevsimsel bir çalışmada ortalama nitrat konsantrasyonlarını sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz için sırasıyla $0,88 \pm 1,30 \mu\text{M}$; $0,87 \pm 1,39 \mu\text{M}$; $0,28 \pm 0,92 \mu\text{M}$ ve $0,27 \pm 0,83 \mu\text{M}$ olarak rapor etmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama nitrit+nitrat konsantrasyonları $0,59 \pm 0,49 \mu\text{M}$ (Kasım 2014); $0,60 \pm 0,35 \mu\text{M}$ (Şubat 2015); $0,04 \pm 0,10 \mu\text{M}$ (Mayıs 2015); $0,23 \pm 0,19 \mu\text{M}$ (Ağustos 2015); $0,34 \pm 0,42 \mu\text{M}$ (Kasım 2015); $1,28 \pm 0,78 \mu\text{M}$ (Şubat 2016); $0,35 \pm 0,30 \mu\text{M}$ (Mayıs 2016) ve $0,22 \pm 0,26 \mu\text{M}$ (Ağustos 2016) olarak tespit edilmiş ve önemli mevsimsel değişimler göstermiştir. Bölgede özellikle kış mevsiminin öne çıktığı dikkat çekmektedir. Tespit edilen yüksek

konsantrasyonlarda sonbahar mevsimiyle etkisini yitiren ve kış döneminde tamamen ortadan kaybolan termoklin tabakasına bağlı olarak meydana gelen karışımların etkili olabileceği düşünülmektedir (Orekhova, 2021). Diğer taraftan mevcut çalışmadan elde bulgular bölgede daha önce yürütülen Çoban-Yıldız vd. (2000), Ağırbaş (2010) ve Kopuz (2012)'nin sonuçlarından düşük çıkarken diğer çalışmalardan rapor edilen bulgulara göre daha yüksek çıkmıştır. Ancak, Alkan vd. (2022)'nin kış dönemi bulgularından değerlerin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Fotosentezi sınırlayan önemli bir parametre olan fosfatın Karadeniz'deki konsantrasyonları önemli değişimler göstermiştir (Yakushev vd., 2007). 1970'lerin başlarında, Karadeniz'in kuzeybatı kıta sahanlığında (Romanya kıyıları) fosfat konsantrasyonları yaklaşık $0,11 \mu\text{M}$ iken ve 1970'lerin ortalarında ~ 12 kata kadar arttığı rapor edilmiştir. Bu değerler 1970'lerin sonlarında ve 1980'lerin ortalarında yaklaşık $0,30 \mu\text{M}$ 'lik seviyelere kadar gerileyerek sabit kalmıştır (Yunev vd., 2007). Besleyici elementlerden fosfatın, Karadeniz'de karasal kaynaklardan desteklendiği ve yoğunluğunun özellikle nehir girdilerinden ve bunun yanı sıra fitoplanktonik aktivitelerden etkilendiği birçok araştırmacı tarafından vurgulanmaktadır (Brewer ve Murray, 1973; Bologna, 1986; Zaitsev, 1991). Karadeniz'de fosfat konsantrasyonu zamana bağlı değişim göstermesine rağmen yüzey sularında ortalama fosfat konsantrasyonunun $0,419 \mu\text{M}$ olduğu rapor edilmiştir (Sorokin, 1986). Kuzey Batı Karadeniz'de fosfat miktarının $6,387 \mu\text{M}$ 'e kadar yükseldiği bildirilmiştir (Bologna, 1986). Oğuz vd. (2008) Romanya kıyıları için 1959-65 dönemi için ortalama yıllık yüzey suyu fosfat konsantrasyonunun $0,26 \mu\text{M}$; 1983-90 periyodu için $6,54 \mu\text{M}$; 1991-2000 periyodu için $1,86 \mu\text{M}$ ve 2001-2005 periyodu içinse $0,49 \mu\text{M}$ olduğunu ve giderek azaldığını rapor etmişlerdir. Karadeniz'de 1989 yılında yapılan bir çalışmada ise fosfat değerlerinin $0,2 \mu\text{M}$ 'ü aşmadığı saptanmıştır. Kıyısal bölgenin üst tabaka sularında ortalama fosfat değerleri 1995-1999 yılları için $0,03-0,27 \mu\text{M}$ arasında bulunmuştur (Kıdeyş vd., 2000). Ağırbaş (2010) tarafından Güney Doğu Karadeniz'de gerçekleştirilen başka bir çalışmada kıyı istasyonunda ortalama fosfat konsantrasyonu $0,002 \mu\text{M}$ (Kasım 2009)- $0,052 \mu\text{M}$ (Haziran 2009) arasında değiştiği belirlenmiştir. Açık istasyonda ise bu değişim $0,002 \mu\text{M}$ (Kasım 2009)- $0,068 \mu\text{M}$ (Haziran 2009) arasında gerçekleşmiştir. Yine aynı bölgede Kopuz (2012) tarafından yürütülen başka bir çalışmada ise fosfat konsantrasyonu $0,01-0,06 \mu\text{M}$ arasında değişim göstermiştir. Koca (2014) tarafından Güney Doğu Karadeniz (Rize) sahillerinde yürütülen başka bir çalışmada ise fosfat konsantrasyonu $0,03-0,90 \mu\text{M}$ arasında değişim göstermiştir. Alkan vd. (2022), mevsimsel olarak yürüttükleri bir çalışmada Güneydoğu Karadeniz

kıyılarında yaz ve sonbahar dönemi fosfat konsantrasyonlarının kış ve ilkbahar dönemi değerlerinden 4-5 kat daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sırasında en yüksek fosfat konsantrasyonlarını endüstriyel, kentsel ve antropojenik faaliyetlerin yüksek olduğu bölgelerde tespit etmişlerdir (Alkan vd., 2022). Bu çalışmada fosfat konsantrasyonları 0,001-0,932 μM arasında değişim göstermiştir. En yüksek konsantrasyon Kasım 2015 döneminde kaydedilirken en düşük değer Şubat 2015 döneminde okunmuştur. Ortalama fosfat konsantrasyonları 0,06 \pm 0,05 μM (Kasım 2014); 0,06 \pm 0,03 μM (Şubat 2015); 0,03 \pm 0,03 μM (Mayıs 2015); 0,03 \pm 0,03 μM (Ağustos 2015); 1,60 \pm 3,47 μM (Kasım 2015); 0,45 \pm 0,67 μM (Şubat 2016); 0,29 \pm 0,27 μM (Mayıs 2016) ve 0,05 \pm 0,04 μM (Ağustos 2016) olarak tespit edilmiştir. Elde edilen değerler Karadeniz'in farklı bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalarla kıyaslandığında Kuzey Batı kıta sahanlığına ait verilerden çok düşük olduğu, ancak bölgede yapılan diğer çalışmalarla ve ortalama değerler bakımından Sorokin (1986)'nın rapor ettiği Karadeniz'in genel yüzey suyu profilinin altında olduğu görülmüştür. Orekhova (2021), 2016-2019 yılları arasında yürüttükleri çalışmada fosfat konsantrasyonlarında yıllar içerisinde önemli düşüş olduğunu rapor etmiştir.

Karadeniz'de silikatın temel kaynağı, kıyılardan yağış ve nehirler vasıtasıyla giren büyük miktardaki karasal malzemedir (Yakushev vd., 2007). Deniz suyunun silikat konsantrasyonu genel olarak kış döneminde yüzey sularında 7-15 μM arasında değişirken yaz döneminde bu değer 0,35 μM 'e kadar düşebilmektedir (Tait, 1988). Karadeniz'de yoğun diatom patlamaları sonrasında silikat konsantrasyonu azalırken nehir girdileri ve yağışlarla birlikte konsantrasyonu tekrar yükselmektedir (Ivanov, 1985; Bologa, 1986). Oğuz vd. (2008) Romanya kıyıları için 1959-65 dönemi için ortalama yıllık yüzey suyu silikat konsantrasyonunun 40,5 μM , 1983-90 periyodu için 11,0 μM , 1991-2000 periyodu için 12,6 μM ve 2001-2005 periyodu içinse 13,7 μM olduğunu rapor etmiştir. Tuna nehrinden gelen reaktif silikat konsantrasyonunda 1970'li yıllardan sonra inşa edilen barajlardan sonra günümüze kadar 2/3 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda Karadeniz yüzey sularında reaktif silikatın %60 oranında azaldığı gözlenmiştir. Reaktif silikattaki bu azalma fitoplankton kompozisyonunda 1990'lı yılların başında dramatik değişimlere neden olmuştur (Kıdeyş vd., 2000). Tuğrul vd. (2014), Güneybatı Karadeniz Rim Current alanlarında yüzey suyu (0-10 m) ortalama silikat konsantrasyonunu 2000-2010 dönemi için 3,1 μM rapor etmişlerdir. Güney Doğu Karadeniz kıyılarında yürütülen başka bir çalışmada ise silikat konsantrasyonunun 1,20-14,08 μM arasında değiştiği rapor edilmiştir (Ağırbaş, 2010). Yine aynı bölgede gerçekleştirilen başka bir

çalışmada ise silikat konsantrasyonu 0,37-16,63 μM arasında değişim göstermiştir (Kopuz, 2012). Koca (2014) tarafında yürütülen başka çalışmada ise silikat konsantrasyonları 1,92-16,25 μM arasında değişim göstermiştir. Alkan vd. (2022), Güneydoğu Karadeniz kıyıları için ortalama silikat konsantrasyonunu 5,88 \pm 7,63 μM olarak rapor etmiş ve bu değerini Batı Karadeniz ile uyumlu (Yunev vd., 2007) olduğunu ancak Doğu Karadeniz ortalamasından (Yakushev vd., 2006; Pakhomova vd., 2014) yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Alkan vd. (2022), silikat konsantrasyonu ilkbahar ve yaz aylarında ortalama 3 μM iken değerlerin sonbaharda 2 kat ve kış döneminde ise 3 kat arttığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise silikat değerleri 0,01-13,63 μM arasında değişirken en yüksek konsantrasyonlar genellikle yoğun dikey karışımların olduğu sonbahar döneminde gözlenmiştir. Ortalama değerler ise 4,24 \pm 2,26 μM (Kasım 2014); 2,04 \pm 1,78 μM (Şubat 2015); 1,94 \pm 0,83 μM (Mayıs 2015); 1,55 \pm 1,28 μM (Ağustos 2015); 3,28 \pm 1,39 μM (Kasım 2015); 6,55 \pm 1,32 μM (Şubat 2016); 5,50 \pm 1,79 μM (Mayıs 2016) ve 2,83 \pm 1,96 μM (Ağustos 2016) olarak tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen değerlerin bölgede yapılan önceki çalışmalarla genel anlamda uyum içerisinde olduğu ancak Alkan vd. (2022)'nin çalışmasından yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gözlemlenen bazı farklılıkların ise bölgesel farklılıklardan kaynaklanabildiği gibi değişen iklim koşulları altında fitoplanktonik yapıda ve su kolonu içerisinde meydana gelen değişiklikler, akıntı özellikleri ve nehir girdilerinde meydana gelen değişiklikler gibi faktörlerden kaynaklanması muhtemeldir (Orekhova, 2021).

Sucul ortamlardaki besin tuzu konsantrasyonlarındaki artış, dünyanın birçok kıyı bölgesinde (özellikle körfezlerde, körfezlerde, lagünlerde ve haliçlerde) karakteristiktir ve Karadeniz bu durumdan en çok etkilenen ekosistemlerden birisidir (Zaitsev, 2008). Karadeniz'de besin tuzu konsantrasyonlarının yüksek olduğu 1980'lerde fitoplanktonun ortalama biyokütlesinin 1960'lara kıyasla 30 kattan fazla artmasına neden olmuştur (Oğuz vd., 2008). Biyolojik aktiviteye bağlı olarak besin tuzu konsantrasyonları mevsimsel ölçekte önemli salınımlar gösterebilir. Tankere vd. (2001), Kuzeybatı Karadeniz kıta sahanlığının yüzey sularındaki biyolojik aktivite nedeniyle besin tuzu (nitrat + nitrit, amonyum, çözünmüş silikat ve fosfat) konsantrasyonlarının önemli oranda azaldığını rapor etmiştir. Benzer şekilde Alkan vd. (2022), biyolojik aktivitelerin yüksek olduğu ilkbahar ve yaz aylarında minimum besin tuzu konsantrasyonları tespit ederken, en yüksek besin tuzu konsantrasyonlarını yağışın yüksek olduğu ve biyolojik aktivitenin nispeten düşük kabul edildiği kış ve sonbahar dönemlerinde kaydetmişlerdir.

Güneydoğu Karadeniz kıyıları besin tuzu dağılımının alansal ve zamansal dağılımının araştırıldığı bu çalışmada besin tuzu miktarları gerek yağış ve tatlı su girdisi ve gerekse biyolojik aktiviteye bağlı olarak mevsimsel ölçekte önemli değişimler gösterdiği tespit edilmiştir. Orekhova (2021), 2016-2019 yılları arasında yürüttükleri çalışmada besin tuzu konsantrasyonlarında yıllara göre önemli değişimler gösterdiğini tespit etmiştir. Bölgede fosfat konsantrasyonu homojen bir dağılım gösterirken kıyısız bölgelerde ve yaz dönemi örneklemelerinde yüksek konsantrasyonlar kaydetmişlerdir. Bölgede bazı dönemlerde gözlenen yüksek besin tuzu konsantrasyonlarının büyük olasılıkla antropojenik faaliyetlerin (belediye atık suyu, rekreasyonel yükte artış vb.) bir sonucu olabileceğine dikkat çekilmiştir (Orekhova, 2021). Ayrıca, Besin tuzu konsantrasyonlarında gözlenen mevsimsel değişimin fiziksel ve biyolojik-kimyasal süreçlerin bir kombinasyonu olarak meydana geldiğini öne süren araştırma ekibi her bir parametrenin katkısını ayrı ayrı ayırmanın zor olduğunu da ifade etmişlerdir (Orekhova, 2021).

Aynı araştırma ekibi, Karadeniz’de nitrit+nitrat konsantrasyonunda azalma, fosfat konsantrasyonunda artış ve silisik asit ve amonyum konsantrasyonunda ise değişiklik olmadığına dikkat çekmiş ancak yıllara göre önemli ölçüde düşüş olduğunu rapor etmişlerdir. Bu durumun bölgede, ötrofikasyon seviyesinde bir azalma ve Karadeniz sularının kalitesinde bir iyileşme olarak görülebileceğini değerlendirmişlerdir (Orekhova, 2021). Diğer taraftan Ozkan vd. (2019), Karadeniz’in Anadolu kıyılarında yürüttükleri çalışmada nitrat konsantrasyonlarının 2 µM’dan yüksek olduğu ve fosfat değerlerinin çok düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Özellikle Karadeniz’in doğu kıyılarından batı kıyılarından nitrat bakımından daha zengin olduğu ve bölgede fosfatın sınırlayıcı olduğuna dikkat çekmişlerdir. Bundan dolayı düşük fosfat konsantrasyonlarının fitoplankton büyümesini de etkileyebileceğini belirtmişlerdir (Ozkan vd., 2019). Mevcut çalışmada ise özellikle 2015 Kasım-Ağustos 2016 döneminde bir önceki döneme göre besin tuzu konsantrasyonları artış eğilimi sergilemiştir. Bu değişim bölgesel ve dönemsel farklılıklardan kaynaklanabileceği gibi nehir girdisi, yağış rejimi, biyolojik aktivite, dikey karışımlar ve taşınım gibi birçok faktörden de kaynaklanabileceğini göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 113Y189 numaralı proje ile desteklenmiştir. Deniz çalışmaları esnasında yardımcılarından dolayı proje ekibine, “R/V SÜRAT ARAŞTIRMA I” ve “R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA” gemilerinin kaptan ve gemi adamlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbaş, U., Zengin, B. & Kılıç, M. B. (2022). Spatial, temporal, and vertical variability of nutrients in the Southeastern Black Sea. *Chemosphere*, *302*, 134809.
- Ağırbaş, E. (2010). *Güneydoğu Karadeniz’de Pigment Konsantrasyonu ve Birincil Üretim Çevre Koşulları İle Etkileşimi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Trabzon, Türkiye, 199s.
- Agirbas, E., Feyzioğlu, A.M. & Kopuz, U. (2014). Seasonal changes of phytoplankton chlorophyll a, primary production and their relation in the Continental Shelf Area of the South-Eastern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *14*, 713-726.
- Barale, A. & Murray, C. (1995). The Surface Colour Field of Enclosed Marine Basins: Pigment Patterns of the Black Sea. *Remote Sensing Reviews*, *12*, 61-82.
- Bat, L., Sezgin, M., Satilmis, H.H., Sahin, F., Ustun, F., Birinci-Ozdemir, Z. & Baki, O.G. (2011). Biological diversity of the Turkish Black Sea coast. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *11*, 683-692.
- Bologa, A.S. (1986). Planktonic Primary Productivity of the Black Sea: A Review. *Thalassia Jugoslavica*, *21-22*, (1-2), 1-22.
- Brewer, P.G. & Murray, J.W. (1973). Carbon, Nitrogen and Phosphorus in the Black Sea. *Deep Sea Research*, *20*, 803-808.
- Çoban-Yıldız, Y., Tuğrul, S., Ediger, D., Yılmaz, A. & Polat, S.C. (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*, 51-63.
- Eker-Develi, E. & Kideys, A.E. (2003). Distribution of phytoplankton in the southern Black Sea in summer 1996, spring and autumn 1998. *Journal of Marine Systems*, *39*, 203-211.
- Feyzioğlu, A.M. & Seyhan, K. (2007). Phytoplankton Composition of South East Black Sea Coast. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, *13*, 61-71.
- Finenko, Z.Z., Churilova, T.Y. & Lee, R.I. (2005). Dynamics of the vertical distributions of chlorophyll and phytoplankton biomass in the Black Sea. *Oceanology*, *45*, 112-126.
- Hiscock, W.T. & Millero, F.J. (2006). Alkalinity of the anoxic waters in the western Black Sea. *Deep-Sea Research Part II*, *53*, 1787-1801.
- Ivanov, L. (1985). The Fisheries Resources of the Mediterranean Part Two: Black Sea, Etud. Rev, CGPM/ Stud. Rev, GFCM, 115.
- Kaiser, M.J., Attrill, M.J., Jennings, S., Thomas, D.N., Barnes, D.K.A., Brierley, A.S., Polunin, N.V. C., Raffaelli, D.G. & Williams, P.J.B. (2005). *Marine Ecology. Processes, Systems and Impacts*. Oxford University Press, 557s.

- Kideys, A.E. (1994).** Recent dramatic changes in the Black Sea ecosystem: The reason for the sharp decline in Turkish anchovy fisheries. *Journal of Marine Systems*, *5*, 171-181.
- Kıdeys, A.E., Mutlu, E., Oğuz, T., Okyar, M., Özsoy, E., Tuğrul, S. & Yılmaz, A. (2000).** Akdeniz, Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ve Atmosfer Alt Projeleri, DAP ve Ulusal Deniz Araştırma ve İzleme Programı, 239-335.
- Kıdeys, A.E. (2002).** Fall and Rise of the Black Sea Ecosystem. *Science*, *297*, 1482-1484.
- Koca, L. (2014).** *Güney Doğu Karadeniz Kıyıları (Rize) Diatom/Dinoflagellat Oranları Ve Pigment Kompozisyonunun Zamansal Değişimi*. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s.
- Kopelevich, O.V., Sheberstov, S.V., Yunev, O., Basturk, O., Finenko, Z.Z., Nikonov, S. & Vedernikov, V.I. (2002).** Surface chlorophyll-a in the Black Sea over 1978-1986 derived from satellite and in situ data. *Journal of Marine Systems*, *3*, 145-160.
- Kopuz, U. (2012).** *Mikrobiyal Döngüde Pikoplankton Dinamiği ve Güneydoğu Karadeniz Pelajik Besin Zincirindeki Önemi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Trabzon, 187s.
- Lalli, C. & Parsons, T. (1993).** *Biological Oceanography: An Introduction*. Butterworth-Heinemann, 320s.
- Lazar, L., Boicenco, L., Coatu, V., Oros, A., Tiganuş, D. & Mihailov, M.E. (2013).** Nutrient levels and eutrophication of the Romanian Black Sea waters (2006-2011)-assessment related to the marine Strategy Framework directive implementation. *Cercetari Marine-Recherches Marines*, *43*, 162-173.
- Mee, L. (1992).** The Black Sea in crisis: A need for concerted international action. *Ambio*, *21*(4), 286.
- Miladinova, S., Stips, A., Garcia-Gorritz, E. & Moy, D.M. (2016).** *Changes in the Black Sea physical properties and their effect on the ecosystem*. In: EUR 28060 EN. Publications Office of the European Union, 30pp.
- Oguz, T. (2005).** Black ecosystem response to climatic teleconnections. *Oceanography*, *18*, 122-133.
- Oguz, T., Velikova, V., Cociasu, A. & Korchenko, A. (2008).** State of the Environment of the Black Sea (2001-2006/7). 2008-3 Istanbul. Turkey.
- Orekhova, N.A. (2021).** Nutrients Dynamics in the Surface Waters of the Black Sea. *Morskoy Physical Oceanography*, *28*(6), 660-676
- Ozkan, E. Y., Buyukisik, B. & Bat, L. (2019).** Effects of biogeochemical processes on spatial distribution of iron, manganese, reactive phosphates and nitrates in the Black Sea. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, *48* (6), 907-916.
- Pakhomova, S., Vinogradova, E., Yakusheva, E., Zatsepin, A., Shtereva, G., Chasovnikov, V. & Podymov, O. (2014).** Interannual variability of the Black Sea Proper oxygen and nutrients regime: the role of climatic and anthropogenic forcing. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, *140*, 134-145.
- Parsons, T.R., Maita, Y. & Lalli, C. (1984).** *Manual of Chemical and Biological Methods for Sea Water Analysis*. Pergamon Press, Great Britain, 173.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.K. (1969).** *Introduction to Biostatistics*. W. A. Freeman and Company. San Francisco, 363 pp.
- Sorokin, Y.U. (1986).** *The Black Sea in: Ecosystem of the World*. 26 Estuaries and Enclosed Seas, Elsevier Publishing, New York, 253-292.
- Tankere, S.P.C., Muller, F.L.L., Burton, J.D., Statham, P.J., Guieu, C. & Martin, J.M. (2001).** Trace metal distributions in shelf waters of the northwestern Black Sea. *Continental Shelf Research*, *21*, 1501-1532.
- Tait, R.V. (1988).** *Elements of Marine Ecology*. 3rd Edn. University Press, Cambridge, 356pp.
- Tolmazin, D. (1985).** Changing coastal oceanography of the Black Sea, I: Northwestern Shelf. *Progress in Oceanography*, *15*, 217-276.
- Tuğrul, S., Murray, J.W., Friederich, G.E. & Salihoğlu, I. (2014).** Spatial and temporal variability in the chemical properties of the oxic and suboxic layers of the Black Sea. *Journal of Marine Systems*, *135*, 29-43.
- Yakushev, E.V., Chasovnikov, V.K., Debolskaya, E.I., Egorov, A.V., Makkaveev, P.N., Pakhomova, S.V., Podymov, O.I. & Yakubenko, V.G. (2006).** The northeastern Black Sea redox zone: hydrochemical structure and its temporal variability. *Deep-Sea Research Part II*, *53*, 1769-1786.
- Yakushev, E.V., Pollehne, F., Jost, G., Kuznetso, I., Schneider, B. & Urnlauf, L. (2007).** Analysis of the water column oxic/anoxic interface in the Black and Baltic seas with a numerical model. *Marine Chemistry*, *107*, 388-410.
- Yılmaz, A. (2002).** Türkiye Denizlerinin Biyo-jeokimyası: Dağılımlar ve Döngüler. *Turkish Journal Engineering and Environmental Science*, *26*, 219-235.
- Yunev, O., Vladimir, A., Baştürk, Ö., Yılmaz, A., Kideys, A. E., Moncheva, S. & Kononov, S. K. (2002).** Long-term Variation of Surface Chlorophyll-a and Primary Production in the open Black Sea. *Marine Ecology Progress Series*, *230*, 11-28.
- Yunev, O.A., Carstensen, J., Moncheva, S., Khaliulin, A., Aeligtebjerg, G. & Nixon, S. (2007).** Nutrient and phytoplankton trends on the western Black Sea shelf in response to cultural eutrophication and climate changes. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, *74*, 63-76.
- Zaitsev, Y. (2008).** *An Introduction to the Black Sea Ecology*. Smil Edition and Publishing Agency Ltd., Odessa, 228pp.
- Zaitsev, Y.P. (1991).** Land- Based Sources of Current Anthropogenic Change in the Black Sea Ecosystem /ACOPS. Assessment of Land- Based Sources of Marine Pollution in the Seas Adjacent to the CIS., Book of Abstract, Sevastopol, April, 1, 38-41.