

Kuzey Ege ve Marmara Denizleri Kıyısız Alan Yüzey Suyunda TPH Kirliliğinin Karşılaştırılması: Prens Adaları ve Gökçeada örnekleri

Esra Billur BALCIOĞLU 

İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı, İstanbul

<https://orcid.org/0000-0003-1235-9101>

✉: ebillur@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada 2017 yılı boyunca Gökçeada çevresinden 15 ayrı istasyondan mevsimlik ve Prens Adaları'ndan ise yerleşim ve ulaşımın olduğu 4 adadan birer noktadan olmak üzere aylık alınan yüzey suyu örneklerinde toplam petrol hidrokarbon (TPH) değerleri belirlenmiştir. Örnekler, diklorometan ile ekstraksiyondan sonra ekstraktı temizleme düzeneğinden geçirilerek, spektrofotometrede örneklerin absorpsiyon ölçümleri yapılmış ve kalibrasyon eğrisi kullanılarak da TPH konsantrasyonları hesaplanmıştır. TPH düzeyleri Gökçeada'da $0.24 \mu\text{g L}^{-1}$ - $8.94 \mu\text{g L}^{-1}$ aralığındayken, en yüksek değer adaya ulaşımın sıklaştığı yaz döneminde ve limana yakın olan Kaleköy istasyonunda tespit edilmiştir. Prens Adaları'nda ise $0.8 \mu\text{g L}^{-1}$ - $8 \mu\text{g L}^{-1}$ aralığında bulunmuştur. En yüksek değer yine yaz döneminde ve adalar içerisinde en kalabalık olan ve ulaşımın en sık olduğu Büyükada istasyonunda ölçülmüştür. Bu bulgularla hem bu iki bölgelerle ilgili veri sağlanmış, hem de veriler karşılaştırılmıştır. Prens Adaları, konumu itibarıyla yoğun kirletici faaliyetlerin etkisi altında olduğundan yüksek değerlere sahip olsa da, Gökçeada'nın da son zamanlarda tercih edilmesiyle ulaşımın artması ve Türk Boğazlar Sistemi'nin çıkışına yakın olması nedeniyle, adanın zamana bağlı artan kirlilik potansiyeline sahip olduğu ortaya konmuştur.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 12.02.2019

Kabul Tarihi : 28.03.2019

Anahtar Kelimeler

Toplam petrol hidrokarbon düzeyi
Prens Adaları
Gökçeada
Antropojenik aktivite
Kirlilik

Comparison of TPH Contamination in Coastal Surface of North Aegean and Marmara Seas: Prince Islands and Gökçeada

ABSTRACT

In this study, throughout 2017, TPH values were determined in surface water samples taken seasonally from 15 different stations around Gökçeada and monthly from the 4 resided islands (from one spot for each) of Princes' Islands. The water samples were extracted with dichloromethane and the extract was passed through the cleaning apparatus and absorbances were measured using the spectrophotometer. Concentrations were calculated using the standard curve. TPH levels ranged from $0.24 \mu\text{g L}^{-1}$ to $8.94 \mu\text{g L}^{-1}$ in Gökçeada. The highest TPH levels was determined at Kaleköy station located near to the port during the summer when the access to the island became more frequent. The values in the Prince Islands ranged between $0.8 \mu\text{g L}^{-1}$ and $8 \mu\text{g L}^{-1}$. The highest value was also found in the summer period at Büyükada station where the highest population and most frequent transportation occurred in the island. With these findings, provided data were compared in two regions. It was found that, although the Princes' Islands sustained high values as a result of intensive polluting activities, Gökçeada had a potential for high pollution due to its location (close to the exit of Turkish Straits System) and increasing preferability.

Research Article

Article History

Received : 12.02.2019

Accepted : 28.03.2019

Keywords

Total petroleum hydrocarbon level
Prince Islands
Gökçeada
Antropogenic activity
Pollution

GİRİŞ

Denizler yıllarca kirleticilerin boşaltılabileceği bir alıcı ortam vazifesi görmüşlerdir. Hızlı nüfus artışı ve buna bağlı kıyı gelişimi, dünyanın birçok yerindeki kıyı yüzey sularının hızlı bir şekilde kirlenmesine yol açmıştır. Tüm kıyısız bölgelerde bulunan kentleşme ve endüstriyel faaliyetler nedeniyle deşarjlar arıtmaya tabi tutulsa bile organik kirletici yükü yoğun olan atık sular doğrudan denize boşaltılmaktadır. Denize kıyısı olan bölgelere vapur, feribot, tekne vb gibi araçlarla ulaşımın sağlanması da denizel ortamın ciddi oranda petrol kirlenmesine maruz kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, halk sağlığı için kıyı alanlarının kirlenmesi ile ilgili izleme çalışmaları gerekmektedir.

Avrupa Parlamentosu' nun 2008/56/EC Direktifi ve Konseyin 17 Haziran 2008 tarihinde Deniz Çevresi Politikaları alanında yayımladığı eylem çerçevesi (Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi-DSÇD) geçiş suyu, kıyı ve açık deniz sistemlerinde, ekolojik kalite ve bütünlüğü korumak ve eski haline getirmek için geliştirilmiştir. DSÇD ekosistem tabanlı yönetim prensibine dayanmakta, deniz üzerindeki tüm baskıları dikkate almakta ve denizlere bölgesel yaklaşmaktadır. Direktifin amacı 2020 yılına kadar AB Denizlerinde "İyi Çevresel Durumu" (İÇD) sağlamaktır. Direktif 9' da, suda, balıklarda ve diğer deniz ürünlerindeki kirleticilerin mevcudiyetinin belirlenen limit değerinin üzerinde olması durumunda, hem tüketicinin sağlığının hem de sürdürülebilir deniz kaynaklarının kullanımının olumsuz etkileneceğinden söz edilmektedir (Official Journal of the European Union, 2010).

Prens Adaları veya Adalar, Marmara Denizi' nde İstanbul ilinin güneyinde yer almaktadır. Özellikle de yaz aylarında yılda 100,000' den fazla yerli ve yabancı turist akınına uğramaktadır (Adalar, 2009). Bu alanda, midyelerde PAH kontaminasyonlarının ve kökenlerinin incelendiği çalışmaların (Karacık ve ark., 2009; Balcıoğlu, 2014; Balcıoğlu, 2016a) yanı sıra deterjan kirliliği (Balcıoğlu, 2019a) ve mikrobiyolojik kirliliğin de (Türkdoğan ve ark., 2012) ortaya konduğu çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Kuzey Ege Denizi gerek konumu gerekse oşinografik özellikleriyle ulusal ve uluslararası nitelikte bilimsel çalışmalar açısından ilgi duyulan bir alandır. Meriç Nehri ağzından Babakale' ye kadar olan kısım Kuzey Ege Denizi olarak adlandırılır. Çanakkale Boğazı'ndan çıkan hafif ve az tuzlu olan Karadeniz' den gelen sular bu bölümde etkilidir.

Gökçeada, Ege Denizi'nin kuzeyinde bulunan ve Türkiye'ye ait yüzölçümü bakımından en büyük adadır. Bu bölgede bugüne kadar oşinografik, biyolojik verimlilik ve mikrobiyolojik kirlilik alanlarındaki çalışmalara ait raporlar bulunmaktadır (Karakulak ve ark., 2006; Altuğ ve ark., 2011; Çiftçi-Türetken ve

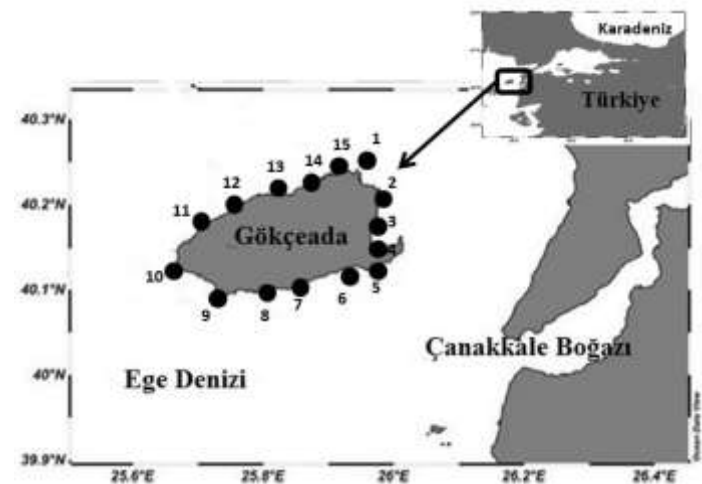
Altuğ, 2012; Çiftçi-Türetken ve Altuğ, 2013; Altuğ ve ark., 2013; Güreşen ve ark., 2013; Gönülal ve ark., 2014). Çalışma alanından alınan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) belirlendiği (Balcıoğlu, 2017a), deniz çöplerinin incelendiği (Gönülal ve ark., 2016) çalışma ve bu bölgeye yakın olarak Türk Boğazlar Sistemi'nin giriş ve çıkışındaki deterjan değerlerinin karşılaştırıldığı çalışma (Balcıoğlu, 2017b) dışında Gökçeada civarında kimyasal kirlilik ile ilgili, özellikle de TPH konsantrasyonlarının belirlendiği bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı Kuzey Ege Denizi' nde yer alan Gökçeada çevresi ve Marmara Denizi' nde yer alan Prens Adaları kıyısız alanlarındaki yüzey suyunda TPH konsantrasyonlarına ait değerlerin bir yıl boyunca mevsimsel değişimini izlemek ve sonraki çalışmalar için zemin oluşturmaktır. Bu çalışmadan elde edilen verilerle de TBS' nin bir parçası olan Marmara Denizi ve TBS' nin çıkışına yakın konumdaki Kuzey Ege Denizi TPH değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır.

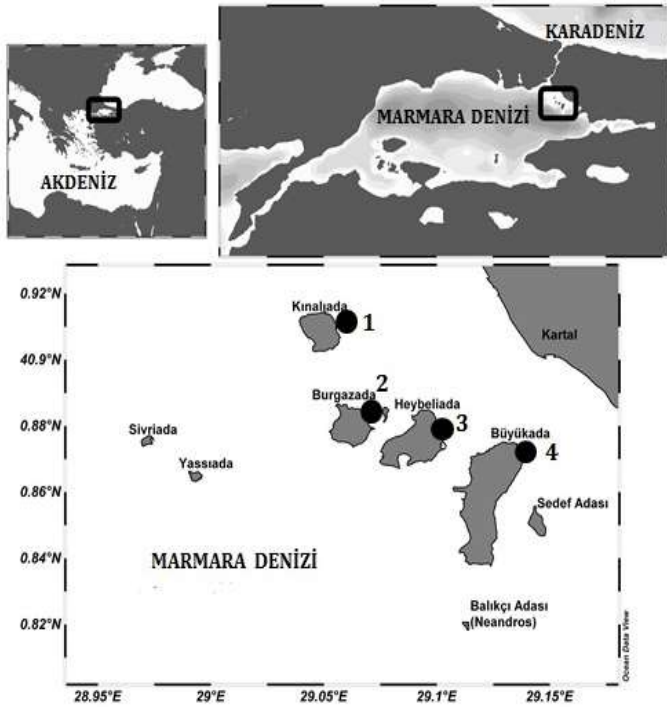
MATERYAL ve YÖNTEM:

Bu çalışmada araştırma malzemesi olarak deniz suyu kullanılmıştır. Her iki bölgedeki örneklemeler 2017 yılında yapılmıştır. Gökçeada çevresinden seçilen 15 farklı istasyondan kış, bahar, yaz ve güz dönemlerinde, Prens Adalarından ise yerleşimin yoğun olduğu dört adadan birer istasyon olacak şekilde Ocak- Aralık dönemi içinde aylık olarak örnekler alınmıştır. Gökçeada'dan alınan su örneklerinin toplandığı istasyonlar Şekil 1' de, Prens Adalarından alınan örneklere ait istasyonlar ise Şekil 2' de gösterilmektedir.

Gökçeada bölgesinde yapılan örnekleme kapsamında örnekler, 2017 yılının kış mevsimi için Ocak, bahar mevsimi için Nisan, yaz mevsimi için Temmuz ve sonbahar mevsimi için Ekim aylarında alınmıştır.



Şekil 1. Gökçeada örnekleme istasyonları



Şekil 2. Prens Adaları örnekleme istasyonları

Örnekler 500 ml'lik kahverengi amber şişelere alınmış içine koruyucu olarak 10 ml diklorometan (DCM) konularak soğuk zincir altında İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Gökçeada Deniz Araştırmaları Birimi Kimya Laboratuvarına getirilmiş ve zaman kaybetmeden analize alınmıştır.

Prens adalarındaki örnekleme kapsamında da 2017 yılı boyunca Ocak ayı ilk, Aralık ayı son örnekleme olacak şekilde aylık örnekler alınmıştır. Su örnekleri yine 500 ml'lik kahverengi amber şişelere alındıktan sonra 10 ml diklorometan eklenerek soğuk zincir altında İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Deniz Biyolojisi Laboratuvarına getirilerek analize alınmıştır.

TPH' lar için belli hacimde su örneği ayırma hunisine alınmış, üç defa 30 ml diklorometan ile ekstraksiyonu yapılmıştır (Ehrhardt ve ark., 1993). Altta kalan ekstrakt önce ayrı bir kaba alınarak susuz sodyum sülfat konularak sudan arındırılmış ardından rotary evaporatörde uçurulmuştur. Su örnekleri ön işlemlerden geçirildikten sonra kalıntılar 2 ml heksanda çözdürülüp ayırma işlemine geçilmiştir (clean-up).

Organik kirleticilerin analizlerinde matriksten gelebilecek yağ asitleri ve ftalatlar gibi maddelerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Ayırma işlemi ise florosil, alümina, silika vs. gibi maddelerle yapılmaktadır. Petrol ve pestisit analizlerinde çoğunlukla florosil kullanılmaktadır. Florosilin temizleme işleminde kullanılması için bazı ön işlemlere tabi tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada 140 °C'de 16 saat boyunca aktive edilen florosil % 3'ü kadar organik madde içermeyen suyla deaktive

edildikten sonra, 10 dk boyunca karıştırılmıştır. Kolon, bir pastör pipeti uç kısmına cam yünü, üstüne 1 gr deaktive florosil ve son olarak susuz sodyum sülfat konularak hazırlanmıştır. 5 ml heksan ile kolon şartlanmış ve ardından 1 ml numune tatbik edilmiştir. Ardından 5 ml Heksan: DCM (1:1) ile aromatik moleküller alınmıştır. Daha sonra döner buharlaştırıcıda çözelti son hacim 1 ml olacak şekilde uçurulup, ultraviyole floresans spektrofotometrede (UVF) (Shimadzu RF-1501) analizi yapılmıştır (Kelly ve ark., 2000). Hesaplamalar ise krizene göre oluşturulan standart eğri denklemi kullanılarak hesaplanmıştır ($\mu\text{g/L}$).

BULGULAR

Bu izleme çalışması kapsamında bir yıl boyunca Kuzey Ege Denizi'nde Gökçeada çevresinden mevsimsel ve Marmara Denizi'nde Prens Adalarından da aylık olarak alınan deniz suyu örneklerinde toplam petrol hidrokarbon (TPH) değerleri belirlenmiş, mevsimlere göre farklılıkları araştırılmış ve iki bölgenin karşılaştırılması yapılmıştır.

Su örneklerindeki TPH değerlerinin istasyonlara ait mevsimsel değişimleri Gökçeada için Çizelge 1, Prens Adaları için Çizelge 2' de verilmiştir. Gökçeada örnekleri her mevsim için yalnızca bir ayda üç paralel halinde örnekleme yapılarak alınmıştır. Prens adalarında ise örnekleme aylık yapıldığından bölgeler arası kıyas için her mevsimdeki üçer ayın ortalamaları alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 1. Gökçeada mevsimlere göre TPH konsantrasyonları ($\mu\text{g L}^{-1}$)

İstasyonlar	Kış	Bahar	Yaz	Güz
1 Kaşkaval	4.1	1.2	1.3	1
2 Eğrişe	2.9	1	3	0.8
3 Güzelcekoy	1.6	4.6	2	1.5
4 Aydıncık iç	3.4	1.8	4.2	2.1
5 Aydıncık dış	3.4	2.3	7.6	0.7
6 Akyarlar	3.9	3.6	8.4	0.6
7 Karakol	1.6	0.7	2.1	1
8 Laz Koyu	4.1	4.1	2.3	1.4
9 Adalet Bakanlığı	2.5	2.1	1	0.6
10 İnce Burun	3.4	1.1	6.6	0.6
11 Fidanlık	3.2	1.4	3.4	0.7
12 Marmaros	2.5	2.1	1.6	0.7
13 Piriç Burnu	1.4	0.3	2	0.7
14 Tepeköy	2.6	1.3	1.3	0.9
15 Kaleköy	4	1.5	8.9	1.2

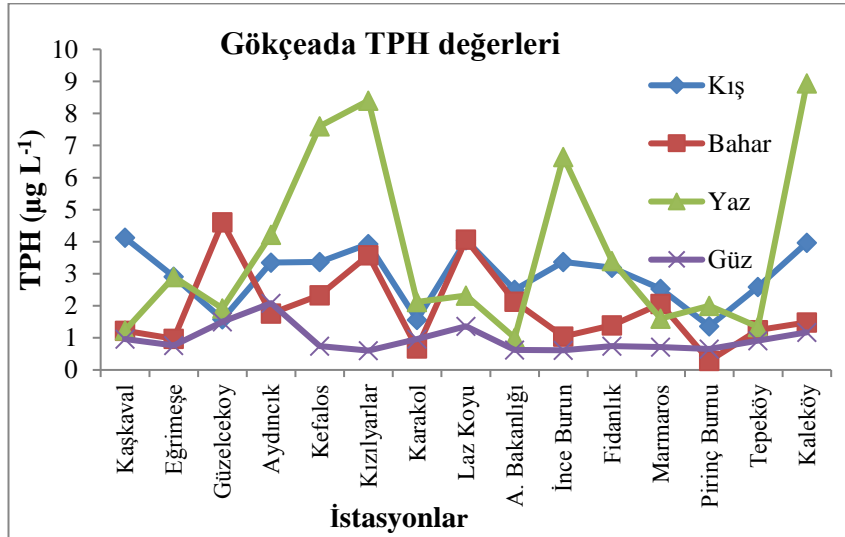
Çizelge 2. Prens Adaları aylara göre TPH konsantrasyonları ($\mu\text{g L}^{-1}$)

İstasyonlar	Kış	Bahar	Yaz	Güz
Kınalıada	2	4.5	6.6	2.8
Burgazada	2.2	5.2	6.8	3.1
Heybeliada	2.3	5.4	6.7	3.3
Büyükkada	4.5	5.6	7.2	3.7

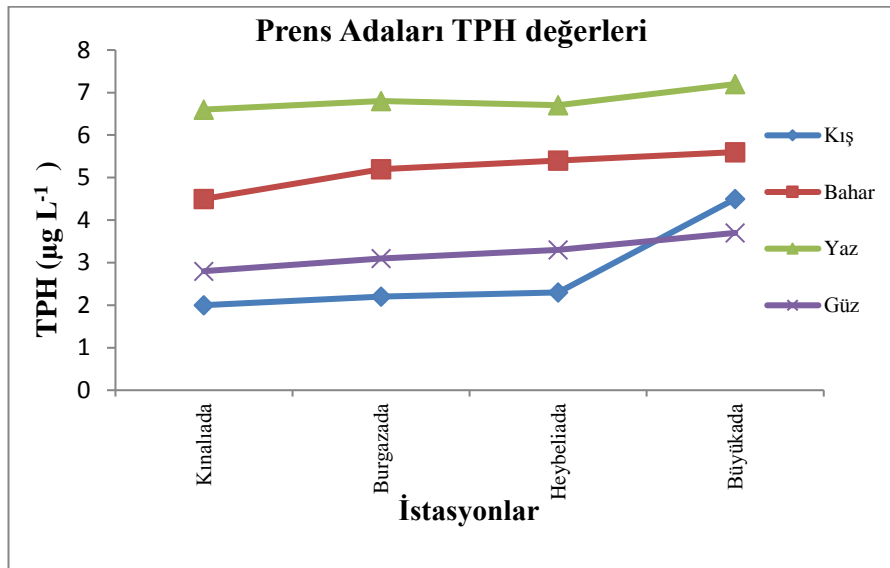
Gökçeada’ da en yüksek TPH değerleri kış sezonu için $4.1 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Kaşkaval ve Laz koyu istasyonlarında, bahar sezonu için $4.6 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Güzelcekoy istasyonunda, yaz dönemi için $8.4 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Akyarlar istasyonunda ve güz dönemi için $2.1 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Aydıncık iç istasyonunda bulunmuştur. En düşük değerler ise kış mevsiminde $1.4 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Pirinç burnu istasyonunda, baharda $0.3 \mu\text{g L}^{-1}$ ile yine Pirinç Burnu istasyonunda, yaz mevsiminde 1 ile Adalet Bakanlığı istasyonunda, güz sezonunda ise $0.6 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Akyarlar, Adalet Bakanlığı ve İnce Burun istasyonları olmak üzere üç ayrı istasyonda tespit edilmiştir.

Prens Adalarına ait su örneklerindeki TPH konsantrasyonlarının, istasyonlara göre mevsimsel değerleri Çizelge 2’ de verilmiştir. Kış döneminde en yüksek TPH değeri $8 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Şubat ayında Büyükada’ da, en düşük $1.5 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Aralık ayında Burgazada’ da bulunmuştur. Bahar döneminde en yüksek TPH konsantrasyonu $6.2 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Mart ve

Nisan aylarında Büyükada’ da, en düşük değer $4 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Mayıs ayında Kınalıada’ da belirlenmiştir. Yaz döneminde en yüksek TPH değeri $8 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak Ağustos ayında Büyükada’ da, en düşük değer $5.1 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Haziran ayında Kınalıada ve Heybeliada’ da bulunmuştur. Son örnekleme dönemi olan güz döneminde ise en yüksek TPH konsantrasyonu $6.8 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Eylül ayında Büyükada’ da, en düşük değer $1.1 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak Kasım ayında Burgazada’ da kaydedilmiştir. Çizelge 1’ de verilen değerlerin grafikte gösterimi Şekil 2’ de, Çizelge 2’ de gösterilen değerler ise grafiğe aktarılmış olarak Şekil 3’ te verilmektedir. Gökçeada’ da istasyonlara göre ciddi bir değişiklik göstermese de yaz mevsiminde diğer sezonlara oranla bir artış olduğu görülmektedir. Prens adalarında ise genel olarak TPH değerleri yaz aylarında diğer mevsimlere oranla yüksek bulunurken, tüm örnekleme dönemlerinde en yüksek bulgular Büyükada istasyonuna aittir.



Şekil 2: Gökçeada deniz suyu örneklerinde TPH değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi



Şekil 3: Prens Adaları deniz suyu örneklerinde TPH değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

TARTIŞMA

Petrol hidrokarbonları hem insan aktiviteleri hem de doğal süreçler nedeniyle suda bulunurlar ve belli bir seviyeye ulaştıklarında kirletici maddeler olarak tanımlanırlar (Moustafaa, 2004; El-Gendy ve Moustafaa, 2007). Denizel ortamlarda bulunan hidrokarbonlar, birkaç kaynaktan gelmektedir. Bunlar yoğun gemi trafiği ve kazalar nedeniyle oluşan petrol girdileri, orman yangınlarından kaynaklanan, atmosferik ve nehir girdileriyle deniz ortamına taşınan PAHlar nedeniyle olabilmektedir. Ayrıca denizel ve karasal organizmalar tarafından yapılan hidrokarbonların biyosentezi, hidrokarbon olmayan doğal ürünlerin hidrokarbonlara erken diyajenetik dönüşümü ve yakıtların kısmi yanması sonucu ortama bırakılan PAH' lardır (UNEP/IOC/IAEA 1992; Clark 1997). Bu nedenle, ortamdaki hidrokarbonların dağılımı bir bölgeden diğerine büyük ölçüde değişebilir. Bazı hidrokarbonlar ayrıca doğal olarak oluşan yağların bakteriyel ve kimyasal bozunumundan da üretilir. Bununla birlikte, petrolle ilgili kaynaklar ayrıca önemli ve bazen de önemli aromatik olmayan hidrokarbon girdilerine katkıda bulunur (Bouloubassi ve Saliot 1993).

Gökçeada'da kıyısız alanı yüzey suyunda deterjan analizlerinin incelendiği çalışma (Balcioğlu, 2019b) haricinde kimyasal kirliliğin ortaya konduğu başka detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmadan elde edilen TPH kirliliğine ait değerler, bu ada için ilk olma özelliğini taşımasının yanı sıra gerek bu alanda gerekse Kuzey Ege Denizi'nde yapılacak çalışmalar için de veri tabanı oluşturmaktadır.

Gökçeada, çoğu turistik yer kadar olmasa da yaz aylarında yine belirli ölçüde turist akınına uğramaktadır. Buna bağlı olarak yaz aylarında incelenen çoğu parametrede değerler yüksek bulunmaktadır. Bu görüşü destekleyen çalışmalardan biri de, söz konusu adada daha önce yapılan bakteriyel kirliliğin değerlendirildiği çalışmadır. Bu çalışmaya göre özellikle yaz aylarında fekal bakteri yoğunluğunun arttığı rapor edilmiştir (Çiftçi-Türetken ve Altuğ, 2016).

Kuzey Ege Denizi' nde bulunan Gökçeada kıyısız alan yüzey suyundan alınan örneklerde TPH konsantrasyonları örnekleme dönemi boyunca 0.3 ila 8.9 $\mu\text{g L}^{-1}$ aralığında bulunmuştur. Mevsimler bazında ortalamalar değerlendirildiğinde, kış mevsiminde ortalama değer, 2.96 $\mu\text{g L}^{-1}$, bahar mevsiminde 1.92 $\mu\text{g L}^{-1}$, yaz döneminde 3.7 $\mu\text{g L}^{-1}$ ve güz döneminde ise 0.96 $\mu\text{g L}^{-1}$ olarak bulunmuştur. En yüksek değer olan 8.9 $\mu\text{g L}^{-1}$ lık konsantrasyonun Kaleköy istasyonunda bulunması bu istasyonda limanın bulunması ve bu limanın sürekli olarak faaliyette olmasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca bu değerlerin yaz mevsiminde bulunmasının, tatil mevsimi olması nedeniyle adaya ulaşım sıklığının artmasıyla ilgili olduğu

düşünülmektedir. Ortalamalar bazında bakıldığında en yüksek ortalama değer yaz döneminde tespit edilmesi de bu görüşü desteklemektedir.

Petrol hidrokarbonları denizel ortamda taşımacılık kaynaklı olmasının yanı sıra fosil yakıtların yanması veya tam yanmaması, orman yangınları gibi aktivitelerden kaynaklanmaktadır. Çalışma alanlarımızdan biri olan Gökçeada, son zamanlarda yaz aylarında rağbet görse de kış aylarında yerli halk dışında başka bir yerleşime ev sahipliği yapmamaktadır. Ortalama değerler genelinde yaz döneminden sonra ikinci en yüksek değer kış döneminde tespit edilmesi, konutların ısınma faaliyetlerinden ileri geldiğini düşündürmektedir.

Gemi taşımacılığının yoğun olarak gerçekleştiği Türkiye Denizleri' nde su, sediment ve biyotada petrol kirliliği tespiti ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Güven ve ark., 1995; Güven ve ark., 1996; Güven ve ark., 1997; Güven ve ark., 1998; Bildacı ve ark., 2000; Güven ve Ilgar, 2002; Öztürk ve ark., 2007, Cumalı ve Güven, 2008; Güven ve ark., 2010; Balcioğlu ve ark., 2014; Balcioğlu, 2016b; Balcioğlu ve ark., 2017a; Balcioğlu ve ark., 2017b; Balcioğlu ve ark., 2018).

Prens adaları ya da diğer deyişle "Adalar", belli dönemlerde yoğun olarak turist ziyaretine maruz kalmasına rağmen kıyısız alan bölgelerinde tek seferlik bir örnekleme çalışması (Balcioğlu, 2016b) ve birkaç farklı kirlilik çalışması dışında su kalitesine yönelik uzun süreli bir araştırma bulunmamaktadır (Türkdoğan ve ark., 2012; Balcioğlu, 2016a, Balcioğlu, 2019b). Ayrıca bu karşılaştırma çalışmasıyla mevcut literatürün üzerine güncel durumun irdelendiği bir çalışma olarak bilgi akışının sağlanması amaçlanmıştır.

Prens adalarından özellikle yerleşimin ve ulaşımın her mevsim olduğu Kınalıada, Burgazada, Heybeliada ve Büyükada çalışma alanı olarak seçilmiştir. Örnekleme dönemi boyunca TPH değerleri Kınalıada' da 0.8 ila 7.5 $\mu\text{g L}^{-1}$, Burgazada' da 1.1 ila 7.7 $\mu\text{g L}^{-1}$, Heybeliada' da 1.5 ila 7.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ ve Büyükada' da 1.7 ila 8 $\mu\text{g L}^{-1}$ aralıklarında bulunmuştur. Büyükada hem yüzölçümü bakımından en büyük ada ve buna bağlı olarak da konut sayısı fazladır. Ayrıca diğer adalara göre turistler tarafından da daha sık ziyaret edilmektedir. Çalışma alanı dâhilinde bulunan diğer adalara göre Büyükada' daki daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan TPH değerleri bahsi geçen durumun sonucu olarak açıklanabilir. Ayrıca tüm adalar genelinde yaz aylarında diğer mevsimlere göre yüksek değerlerin çıkması ise yüksek oranda adaların özellikle yaz aylarında rağbet görmesi, buralara tatil amaçlı seyahatlerin sıklaşması ve buna bağlı olarak da deniz taşımacılığının artmasıyla ilgilidir. Bu alanda yapılan ve diğer çeşit kirliliklerin saptanmasına yönelik çalışmalar da (Türkdoğan ve ark., 2012; Balcioğlu, 2019a) yaz aylarında bu nedenle

yüksek değerler bulunduğunu vurgulamışlardır.

Hidrokarbon seviyesi için limit değerler FAO (1982)'ye göre $2.5 \mu\text{g L}^{-1}$, UNESCO (1982)'ye göre ise $10 \mu\text{g L}^{-1}$ dir. Örnekleme genelinde hem Gökçeada' dan hem de Prens Adaları' ndan alınan örneklerde bulunan TPH değerleri bazı dönemlerde FAO' ya göre verilen sınır değerinin altında kalsa da, özellikle yaz aylarında söz konusu bölgelere tatil amaçlı ulaşımın artmasıyla taşımacılığın sıklaşmasına bağlı olarak, bu bölgelerdeki deniz suları TPH bakımından kirli su sınıfına girmektedir. Ancak gerek Gökçeada gerekse Prens Adaları kıyısız alan yüzey suları, UNESCO' ya göre TPH bakımından kirlenmemiş su sınıfındadır.

Her iki bölgede de istasyonlar bazında mevsimsel ortalamalar alındığında Prens Adaları' ndan alınan örneklerdeki TPH konsantrasyonlarının Gökçeada' dan alınan örneklerdeki konsantrasyonlara oranla beklenen bir sonuç olarak nispeten yüksek bulunmuştur. Çünkü Marmara Denizi hem İstanbul Boğazı yoluyla Karadeniz' den gelen kirlilik yükünün, hem de en yoğun nüfusa sahip bölge olarak çok daha fazla deşarjın etkisi altındadır. Bunun yanı sıra da Marmara Denizi yoğun bir deniz trafiğine sahip olan Türk Boğazlar Sistemi' nin (TBS) içerisinde ve bu trafikten kaynaklanan kirlenmeye de ciddi şekilde maruz kalmaktadır.

Petrol, ekosistemde dökülme ile direkt olarak etkili olurken, motorlu taşıtlarda yanma sonucu eksozdan çıkarak havadaki partiküllere bağlanan hidrokarbon grupları yağmur suları ile tekrar sisteme karışarak indirekt olarak etkili olurlar (Altuğ, 2008). Bu açıdan bakıldığında hem Prens Adaları hem de Gökçeada' ya ulaşımın deniz yoluyla sağlandığı devam ettiği sürece bu bölgelerin kontrol altına alınması zor kirlilik kaynağına sahip olduğu düşünülmektedir.

SONUÇ

Gerek Prens Adaları' nda gerekse Gökçeada' da bazı mevsim ve istasyonlarda yüksek seviyelerde TPH konsantrasyonları bulunmuştur. Bu nedenle her iki bölgede de petrol hidrokarbon kaynaklarının yönetilmesi, kirliliği, özellikle de en aza indirmeye yönelik gerekli önlemlerin alınması ve bunun için faaliyetlerin kontrol edilebilmesi ancak detaylı ve uzun süreli izleme çalışmalarıyla mümkün olmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın Gökçeada örnekleme ve laboratuvar süreci İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından 21681 numaralı proje ile desteklenmiştir. Ayrıca Gökçeada arazi çalışmaları sırasında örneklerin alınmasında yardımcıları için Doç. Dr. Onur Gönülal ve Yük. Müh. Sedat Ozan Güreşen' e teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Altuğ G 2008. Sapanca Gölü'nde Bakteriyolojik Kirlilik ve Bakteriyel Metabolik Aktivite. Ed. H. Okgerman, G. ALTUĞ. Sapanca Gölü'ne Bilimsel Açıdan Bakış. TÜDAV Yayınları. No: 28. P: 132-139.
- Altuğ G, Aktan Y, Oral M, Topaloğlu B, Dede A, Keskin Ç, İşinibilir M, Çardak M, Çiftçi PS 2011. Biodiversity of the northern Aegean Sea and southern part of the Sea of Marmara, Turkey, Marine Biodiversity Records, 4: 1-17.
- Altuğ G, Çiftçi P, Topaloğlu B, Gürün S, Kalkan S 2013. Gökçeada (Ege Denizi) Ve Marmara Denizi Süngerlerinin Metanolik Ekstraktlarının Anti-Bakteriyel Aktivitelerinin Karşılaştırılması". 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 3-6 Eylül, 52s, İstanbul, Türkiye.
- Anonim 2009. Adalar Municipality internet page. <http://www.adalar.bel.tr>.(Erişim Tarihi :)
- Anonymous 2010. Official Journal of the European Union (2.9.2010). COMMISSION DECISION of 1 September 2010 on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters. 2010/477/EU, L 232:14-24.
- Balcioğlu, EB 2016b. Petroleum and detergent contamination in coastal surface water from Prince Islands, Marmara Sea. Rapp. Comm. Int. Mer. Medit. 41: 533, Kiel.
- Balcioğlu EB 2016a. Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) of Prince Islands, Marmara Sea, Marine Pollution Bulletin, 109: 640-642.
- Balcioğlu EB 2017b. Kuzey Ege Denizi midyelerinde polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) kirliliği üzerine bir ön çalışma: Gökçeada Örneği, 19. Su Ürünleri Sempozyumu, 12-15 Eylül, Sinop, Türkiye.
- Balcioğlu EB 2017c. Comparison of anionic detergent concentrations (LAS) in the entrance and the exit of the Turkish Straits System (TSS)". International Conference on Environmental Science and Technology (ICOEST), 19-23 Ekim, Budapeşte, Macaristan.
- Balcioğlu EB 2019a. Seasonal changes of LAS, phosphate, and chlorophyll-*a* concentrations in coastal surface water of the Prince Islands, Marmara Sea, Marine Pollution Bulletin, 138: 230-234.
- Balcioğlu EB 2019b. Gökçeada Kıyısız Alan Yüzey Suyunda Anyonik Deterjan ve Fosfat Kirliliğinin Araştırılması. Pamukale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, <https://doi.org/10.5505/pajes.2018.65471>. (Basımda).
- Balcioğlu EB, Aksu A, Balkıs N, Öztürk B 2014. T-PAH Contamination In Mediterranean Mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) at Various Stations Of The Turkish Straits System, Marine Pollution Bulletin, 88: 344-346.

- Balcioğlu EB, Aksu A, Çağlar N, Öztürk B 2017a. Origin and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) of the Turkish Straits System, Polycyclic Aromatic Compounds, 1:12-20.
- Balcioğlu EB, Gönülal O, Güreşen SO, Aksu A, Öztürk B 2018. Comparison and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the entrance and the exit of the Turkish Straits System (TSS), Marine Pollution Bulletin, 136: 33-37.
- Bıldacı I, Ünlü S, Güven KC 2000. Oil Pollution of Eastern Mediterranean Sea, South of Turkey, Turkish Journal of Marine Sciences, 6(1): 1-7.
- Bouloubassi I, Saliot A 1993a. Dissolved, particulate and sedimentary naturally-derived polycyclic aromatic hydrocarbons in a coastal environment: geochemical significance, Marine Chemistry, 42: 127-143.
- Clark RB 1997. Marine Pollution, fourth ed. Clarendon Press, Oxford, p. 270.
- Cumalı S, Güven KC 2008. Oil pollution of Golden Horn seawater, Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 14: 15-23.
- Çiftçi-Türetken PS, Altuğ G 2013. Seasonal Variations of The Levels of Total and Culturable Heterotrophic Bacteria Around Gökçeada Island (The Northern Aegean Sea), Turkey, Rapp. Comm. int. Mer Médit., 40, Marseille, France.
- Çiftçi-Türetken PS, Altuğ G 2012. Gökçeada Çevresinde (Kuzey Ege Denizi) Kültür Edilebilir Bakteri Düzeyinin Araştırılması, 21-24 Kasım 2012 Fisheries and Aquatic Sciences Balıkçılık ve Akuatik Bilimler Sempozyumu Özet Kitapçığı, Sayfa. 132, Eskişehir, Türkiye.
- Çiftçi-Türetken PS, Altuğ G 2016. Bacterial pollution, activity and heterotrophic diversity of the northern part of the Aegean Sea, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 188, 1-12.
- Ehrhardt MG, Burns KA 1993. Hydrocarbons and related photo-oxidation products in Saudi Arabian Gulf coastal waters and hydrocarbons in underlying sediments and bioindicator bivalves, Mar. Poll. Bull. 27: 187-197.
- El-Gendy NS, Moustafa YM 2007. Environmental Assessment of Petroleum Hydrocarbons Contaminating Tamsah Lake, Suez Canal, Egypt, Oriental Journal of Chemistry, 23(1): 11-26.
- Food and Agricultural organization (FAO) 1982. The review of the health of the oceans. FAO/IMCO/Unesco/WHO/WHO/IAEA/Unep Joint Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Pollution (Gesamp) Red Stud Gesamp. 15:08.
- Gönülal O, Öz İ, Güreşen SO, Öztürk B 2016. Abundance and composition of marine litter around Gökçeada Island (Northern Aegean Sea)". Aquatic Ecosystem Health & Management, 19(4): 461-467.
- Gönülal O, Sezgin M, Öztürk B 2014. Diversity and bathymetric distribution of decapod crustaceans attracted to baited traps from the middle slope of the northern Aegean Sea, Crustaceana, 87 (1): 19-34.
- Güreşen SO 2013. Gökçeada Civarında Bulunan Akdeniz Taş Mercanı'nın (*Cladocora caespitosa* Linnaeus, 1767) Dağılımı Üzerine Çalışmalar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 65 sayfa.
- Güven KC, Günday H, Okuş E, Ünlü S, Doğan E, Gezgin T, Burak S 1997. Oil Pollution of Izmit Bay. Turkish Journal of Marine Sciences, 3:1-10.
- Güven KC, Ilgar R 2002. Oil and Detergent Pollution on Coastal Areas of Dardanelles in 1996-1997. Turkish Journal of Marine Sciences 8: 3-8.
- Güven KC, Nesimigil N, Cumalı S, Yalçın A, Çoban B 2010. Oil pollution level in sea water and sediments of Turkish Straits (Bosphorus, Sea of Marmara, Dardanelles) and Golden Horn during 2004-2007, Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 16(3): 253-283.
- Güven KC, Ünlü S, Bıldacı I, Doğan E 1998. An Investigation on the Oil Pollution of the Eastern Mediterranean Coast of Turkey, Turkish Journal of Marine Sciences 4:51-60.
- Güven KC, Ünlü S, Okuş E, Doğan E 1995. Oli Contamination of *Mytilus galloprovincialis* After Nassia Accident, Turkish Journal of Marine Sciences, 1(2/3):67-79.
- Güven KC, Yazıcı Z, Ünlü S, Okuş E, Doğan E 1996. Oil Pollution on Sea Water and Sediments of Istanbul Strait, Caused by Nassia Tanker Accident. Turkish J. Mar. Sci. 2:65-89.
- Intergovernmental Oceanographic Commission. 1992. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments, Reference Methods for Marine Pollution Studies, UNEP, Vol. 20, p. 75.
- Karacık B, Okay OS, Henkelmann B, Bernhöft S, Schramm KW 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbons and effects on marine organisms in the Istanbul Strait. Environment International, 35: 599-606.
- Karakulak FS, Erk H, Bilgin B 2006. Length-weight relationships for 47 coastal fish species from the northern Aegean Sea, Turkey, *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 274-278.
- Kelly, C.A., Law, R.J. and Emerson, H.S. (2000). Methods of analysing hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in marine samples. Science Series, Aquatic Environment Protection: Analytical Methods, CEFAS, Lowestoft, (12), 18pp.
- Moustafaa YM 2004. Contamination by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Some Egyptian Mediterranean Coasts, Biosciences Biotechnology Research Asia, 2(1): 15-24.
- Öztürk B, Altuğ G, Çardak M, Çiftçi PS 2007. Oil pollution in surface water of the Turkish side of the Aegean and Eastern Mediterranean Seas. Journal

of Blacksea/Mediterranean Environment, 13:207-214.
Türkdoğan İF, Kanat G, Bayhan H 2012. Sea water quality assessment of Prince Islands' Beaches in Istanbul, Environmental Monitoring Assessment,

184, 149–160.
UNESCO 1982. Manual and Guides (Manuals for surveillance of Dissolved/ Dispersed oil and petroleum hydrocarbons in sea water and Beaches).