KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GALİNDEZ ADASI (ANTARKTİK PENİNSULA) SEDİMENT VE BİYOTA ÖRNEKLERİNDE (*Trematomus bernacchii* ve *Notothenia coriiceps*) ÖRNEKLERİNDE PAH ve dl-PCB DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

EZGİ GİZEM PELİN

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GALİNDEZ ADASI (ANTARKTİKA YARIMADASI) SEDİMENT VE BİYOTA ÖRNEKLERİNDE (*Trematomus bernachii* ve *Notothenia coriiceps*) ÖRNEKLERİNDE PAH ve dl-PCB DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

EZGİ GİZEM PELİN

Doç.Dr. Halim Aytekin ERGÜL
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Doç.Dr. Beyhan PEKEY
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Doç.Dr. Önder KILIÇ
Jüri Üyesi, İstanbul Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 08.01.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, günümüzde konumu açısından en az kirlilik düzeyine rastlanması beklenen Antarktika Yarımadası'nda bulunan Galindez Adası açıklarında 5 farklı istasyondan alınan alınan sediment ve iki farklı balık türü örneklerinde (*Trematomus bernacchii* ve *Notothenia coriiceps)* kalıcı organik kirleticilerden Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Dioksin Benzeri Poliklorlu Bifeniller'in miktarının belirlemesi amacıyla hazırlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesiyle bilimsel çalışmalarımda bana katkıda bulunan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Halim Aytekin ERGÜL'e, beni her zaman cesaretlendiren Biyoloji Bölümündeki tüm hocalarıma ve çalışma arkadaşım Melek Yıldız'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bilimsel çalışmalarım süresince her zaman desteğini hissettiğim Sayın Arş. Gör. Serdar AKSAN'a, verdiği bilgilerle bana kattıkları için Sayın Arş. Gör. Arda ACEMİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimin her alanında yanımda olan ve varlıkları bana güç veren arkadaşlarım Halil İbrahim TOYGAR ve Aygül KINA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak beni bu yaşa kadar büyüten canım annem Nigar PELİN ve rahmetli babam Suat Lütfü PELİN'e, diğer aile bireylerime ve canım eşim Miraç Oğuzhan DAĞINIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı destekleyen Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje Numarası: 2016/026) birimine şükranlarımı sunarım.

Aralık - 2017 Ezgi Gizem PELİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 3
1.1. Biyomonitoring (Biyolojik İzleme) 3
1.2. Biyomonitoring Yöntemlerinde Kullanılan Bazı İndikatörler 4
1.3. Antarktika Yarımadası 5
1.3.1. Antarktika ile ilgili oşinografik bilgiler 6
1.3.2. Antarktika'da kirlilik 7
1.3.3. Antarktika Antlaşması 8
1.4. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar) 9
1.4.1. Genel bilgiler 9
1.4.2. Fiziksel ve kimyasal özellikleri 9
1.4.3. Kaynakları 11
1.4.4. PAH'ların çevre ortamına girdisi 12
1.4.5. Toksisiteleri ve canlılar üzerinde etkileri 13
1.5. Dioksin Benzeri Poliklorlu Bifeniller (dl-PCB'ler) 15
1.5.1. Genel bilgiler 15
1.5.2. Dioksin benzeri maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri 15
1.5.3. dl-PCB'lerin çevresel hareketleri 16
1.5.4. Toksisiteleri 17
1.6. Çalışmanın Amacı 17
2. MATERYAL VE METOD 18
2.1. Örnekleme Çalışmaları 18
2.1.1. Örnekleme sahası 18
2.2. Materyal 19
2.2.1. *Notothenia coriiceps* ve *Trematomus bernacchii* 19
2.3. Metot 22
2.3.1. Materyallerin toplanması ve muhafaza koşulları 22
2.3.1.1. Sediment örneklerinin alınması ve muhafazası 22
2.3.1.2. Balık örneklerinin alınması ve muhafazası 22
2.3.2. Analizlerde kullanılan cihaz, araç ve gereçler 23
2.3.3. Analizlerde kullanılan malzemelerin hazırlanması 24
2.3.4. Analizlerde kimyasal maddelerin hazırlanması 24
2.3.4.1. Olası kontaminasyonları önlemek için yapılan ön hazırlıklar 24
2.3.5. Örneklerin analiz hazırlıkları ve ekstraksiyonu 24
2.3.5.1. Sediment ve balık örneklerinin hazırlanması ve ekstraksiyonu 25
3. BULGULAR 27
3.1. Sediment Örneklerine Ait Bulgular 27
3.1.1. PAH bulguları 28
3.1.2. dl-PCB bulguları 31
3.2. Balık Örneklerine Ait Bulgular 32

3.2.1. PAH bulguları 32
3.2.2. dl-PCB bulguları 33
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 35
KAYNAKLAR 37
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER 44
ÖZGEÇMİŞ 45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.2. Antarktik Çevresel Akımı 7
Şekil 1.3. US EPA ve WHO tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınan 16 PAH bileşeninin molekül yapıları 10
Şekil 1.4. PAH'ların çevre döngüsü 13
Şekil 1.5. dl-PCB örneklerinin 2 boyutlu yapısı 16
Şekil 2.1. Antarktik Yarımadası Galindez Adası Örnekleme Noktaları 18
Şekil 2.2. *Notothenia coriiceps* genel görünüm 20
Şekil 2.3. *Notothenia coriiceps* Dünya okyanuslarında yayılımları 21
Şekil 2.4. *Trematomus bernacchii* genel görünüm 21
Şekil 2.5. *Trematomus bernacchii* Dünya okyanuslarında yayılımları 21
Şekil 3.1. İstasyona ait oşinografik veriler 27
Şekil 3.2. İstasyona ait oşinografik veriler 27
Şekil 3.3. İstasyonlara göre T-PAH değerleri 28
Şekil 3.4. İstasyonlara göre T-dl-PCB değerleri 31
Şekil 3.5. Balık örneklerinde T-PAH değerleri. (1. *Notothenia coriiceps*, 2. *Trematomus bernacchii*) 32
Şekil 3.6. Balık örneklerinde T-dl-PCB değerleri (1. *Notothenia coriiceps*, 2. *Trematomus bernacchii*) 33

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. PAH'ların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. 11
Tablo 1.2. Atmosfer ve su ortamındaki PAH kaynakları 13
Tablo 1.3. PAH'ların kanserojen etkileri 14
Tablo 1.4. dl-PCB'ler 15
Tablo 2.1. Sediment örneklerine ait istasyonların coğrafik koordinatları ve örnekleme tarihleri 19
Tablo 2.2. *Notothenia coriiceps* ve *Trematomus bernacchii*'nin sistematikteki yerleri 19
Tablo 2.3. Analizlerde kullanılan cihaz, malzeme ve kimyasal maddeler 23
Tablo 3.1. Antarktika'da tespit edilen T-PAH değerleri 29
Tablo 3.2. Dünya genelindeki PAH konsantrasyonları 30
Tablo 3.3. Deniz sedimenti için Sediment Kalite Rehber değerleri (SQG) (ng/g kuru ağırlık) 30
Tablo 3.4. TEL değerlerini aşıldığı istasyonlar ve değerleri 31
Tablo 3.5. *Trematomus bernacchii* balık örneklerinde, PAH metabolit konsantrasyonları (ng/g) 33

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
<	: Küçük
>	: Büyük
°C	: Santigrad derece
µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
‰	: Binde
cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
Koa	: Oktanol/hava bölümlenme katsayısı
Koc	: Organik karbon bölümlenme katsayısı
Kow	: Oktanol/su bölümlenme katsayısı
L	: Litre
m	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
ng	: Nanogram
ppm	: Parts per million (Milyonda bir)

Kısaltmalar

dl-PCB	: Dioksin Benzeri Poliklorlu Bifeniller
HR-GC	: High resolution Gas Chromatography (Yüksek çözünürlüklü Gaz Kromatografisi)
IARC	: International Agency for Research on Canser (Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı)
KOK	: Kalıcı Organik Kirletici
PAH	: Poliaromatik Hidrokarbon
PEL	: Probable Effect Level (Muhtemel Etki Seviyesi)
T-PAH	: Toplam PAH
T-dl-PCB	: Tompal dl-PCB
TEL	: Treshold Effect Level (Eşik Değer Seviyesi)
US EPA	: United States Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)

GALİNDEZ ADASI (ANTARKTİKA YARIMADASI) SEDİMENT VE BİYOTA ÖRNEKLERİNDE (*Notothenia coriiceps* ve *Trematomus bernacchii*) ÖRNEKLERİNDE PAH VE dl-PCB DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışma Antarktika Yarımadası'nda yer alan Galindez Adası çevresinde gerçekleştirişmiştir. Galindez Adası açıklarında, Nisan-2016 tarihinde, 5 farklı istasyondan alınan yüzey sediment örnekleri ve 1. İstasyon açıklarında pinter yardımıyla 1 gecede yakalanan *Trematomus bernacchii* ve *Notothenia coriiceps* balık örnekleri alındı. Sediment örneklerinin partikül büyüklüğü <63 µm ve >63 µm olarak ayrılmıştır. Analizler <63 µm partikül büyüklüğündeki sediment örneklerinde yapılmıştır.

Sediment örneklerinde PAH ve dl-PCB analizleri HR-GC ve HR-MS kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde US EPA 429, ISO 11338, US EPA 3540 metotları kullanılmıştır. HRGC-HRMS kullanarak izotop seyreltme yöntemi ile PAHs saptanması ve PAHs toplamlarının ölçülen değerlerden hesaplanması işlemleri yapılmıştır. Yüzey sedimentlerinde T-PAH değerleri kuru ağırlıkta 102,63–378,80 ng/g arasında değişmektedir. Sabit emisyon kaynaklarındaki eş düzlemli dl-PCBs'in HRGC-HRMS kullanılarak izotop seyreltme yöntemi ile saptanması ve PCB toplamlarının hesaplanması işlemleri yapılmıştır. Yüzey sedimentlerinde T-dl-PCB değerleri kuru ağırlıkta 0,62–5,14 ng/g arasında değişmektedir.

Balık doku örneklerinde PAH ve dl-PCB analizleri HR-GC ve HR-MS kullanılarak yapılmıştır. Bu analizlerde modifiye edilmiş US EPA 1668, US EPA 429, ISO 11338, IP 346 metotları kullanılmıştır. T-PAH değeri *Notothenia coriiceps* ve *Trematomus bernacchii* doku örnekleri için sırasıyla kuru ağırlıkta 35,18-31,72 ng/g olarak hesaplanmıştır. T-dl-PCB değeri ise *Trematomus bernacchii* ve *Notothenia coriiceps* için sırasıyla 160,82–26,59 ng/g olarak hesaplanmıştır. Bu araştırma sonucunda Antarktika Yarımadası'ndaki kirlilik hakkında bilgi edinilmiş olup, gelecek çalışmalarımız için kaynak oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Antarktika, Balık, dl-PCB, PAH, Sediment.

INVESTIGATION OF PAH AND dl-PCB LEVELS IN GALINDEZ ISLAND (ANTARCTIC PENINSULA) SEDIMENT ANT BIOTA (*Notothenia coriiceps* ve *Trematomus bernacchii*) SAMPLES.

ABSTRACT

This study was conducted around Galindez Island in the Antarctic Peninsula. Surface sediment samples taken from Galindez Island on April-2016 from 5 different stations and taken fish samples of *Trematomus bernacchii* and *Notothenia cepiicceps* which caught with pinter, off the coast of 1th. Station. Sediment samples were separated to <63 µm and >63 µm particle fractions. Analyzes were made on sediment samples of particle size <63 µm.

PAHs and dl-PCBs were analysed by HR-GC and HR-MS in sediment samples. In the analyzes US EPA 429, ISO 11338, US EPA 3540 methods were used. Determination of PAHs by isotope dilution method using HRGC-HRMS and calculation of PAHs total has been performed. Surface sediment samples T-PAH concentrations ranged from 102,63 to 378,80 ng/g dry wt. Determination of coplanar dl-PCBs in stationary emission sources by isotope dilution method using HRGC-HRMS and calculations of PCB totals were carried out. Surface sediment samples T-dl-PCBs concentrations ranged from 0,62–5,14 ng/g dry wt.

PAHs and dl-PCBs were analysed by HR-GC and HR-MS in fish samples. In these analyzes, modified EPA 1668, US EPA 429, ISO 11338, IP 346 methods were used. The T-PAH value was calculated as 35,18-31,72 ng / g dry wt. for *Notothenia coriiceps* and *Trematomus bernacchii* tissue samples, respectively. The T-dl-PCBs value was calculated as 160,82–26,59 ng / g dry wt. for *Notothenia coriiceps* and *Trematomus bernacchii* tissue samples, respectively. As a result of this research, we have been informed about pollution in Antarctica Peninsula and a resource has been created for our future studies.

Keywords: Antarctica, dl-PCBs, Fish, PAHs, Sediment.

GİRİŞ

Eski zamanlarda okyanuslar, kirleticilerin kolayca boşaltılabileceği bir rezervuar olarak düşünülmüştü. Organaklorlu bileşikler, evsel ve sanayisel atıklar, petrol ürünleri düşük seviyelerde salındığında bile okyanus ortamında olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Haynes ve Johnson, 2000; Pinto ve diğ., 2003). 19. yüzyılda madencilik ve sanayi faaliyetleri fazlalaştıkça organik bileşiklerden kaynaklanan çevre kirliliği artmış ve o zamandan beri artmaya devam etmektedir (Colepicolo ve diğ., 2008).

Deniz sedimentleri, çevre kirleticilerin varlığını tespit etmek için belirteç olarak kullanılabilir (Ergin ve diğ., 1991). Birçok toksik ve biyolojik olarak biriken kirletici madde, sedimentte, suya oranla daha yüksek miktarda birikir (Binelli ve Provini, 2003). Sedimentlerde birikim gösteren önemli organik bileşikler arasında polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) lar ve dioksin benzeri poliklorlu bifenil (dl-PCB) ler yer almaktadır (Voorspoels ve diğ., 2004; Lacorte ve diğ., 2006).

Denizlerde petrol kirliliği, 19. Yüzyılın ortalarından itibaren, tanker operasyonları ve petrol kullanımının yoğunlaşması sebebiyle giderek artmaktadır (Islam ve Tanaka, 2004). Depolama ve ısıtma için gazın kömür veya yağdan üretildiği yerlerde, büyük miktarda PAH var olmuş ve hala atık birikintileri halinde bulunabilir. II. Dünya Savaşı'ndan önce 1.000'den fazla kömür gazlaştırma tesisinin, Amerika Birleşik Devletleri'nin doğu ve batı bölgelerinde var olduğu tahmin edilmektedir (Environmental Research and Technology 1984). Yıllık olarak okyanuslardaki petrol kirliliğinin %48'i yakıtlardan, %29'da ham petrolden kaynaklanmaktadır. Tanker kazalarıysa tüm kirliliğin sadece %5'ine sebep olmaktadır (Brekke ve Solberg, 2005). PAH'lar, çevrede geniş bir yayılıma sahip ve en kanserojen materyallerin bazılarını içerir (IARC, 1984).

Hayvansal ürünlerde ortaya çıkabilecek kimyasal kalıntılar arasında, dioksin benzeri (dl-) bileşikler son zamanlarda insan sağlığı için en büyük endişe kaynağı olarak görülmektedir (EFSA, 2013). Hayvansal kökenli ürünlerin, bu bileşiklere maruz kalmanın temel yollarından biri olması endişe vericidir (Jensen ve Bolger, 2001).

Polar bölgeler önemli kirlilik kaynakları olmaksızın temiz ortamlar olarak görülmektedir. Özellikle Antarktika, herhangi bir kentleşmeden uzak olduğu için kirletici oranının çok düşük olduğu kabul edilmiştir. Antarktika yıllardır insanlar tarafından çevresi bozulmamış bir bölge olarak kabul edilmektedir (Kim ve diğ.,2006). Küresel ısınma, nüfus artışı ve Güney Yarımküre bulunan ülkelerdeki sanayi gelişimi kirleticilerin Antarktik çevre üzerindeki etkilerini arttırmaktadır (Bargagli, 2008). Antarktika'da başlıca insan faaliyetleri bilimsel araştırmalar ve bu amaçla kurulmuş üstler, gemi trafiği, atık imhası, balıkçılık ve turizmdir (Cripps ve Priddle, 1991; Aislabie ve diğ., 1999). Bu faaliyetlerin hepsi yakıt depolama işlemini gerektirir. Bununla birlikte 1960'lı yılların başlarından itibaren Antarktika Yarımadası bölgesinde POP'lar tespit edilmektedir (Baek ve diğ., 2011; Montone ve diğ., 2003; Riserbrough ve diğ.,1968; Bidleman ve diğ., 1993).

Literatür bilgileri doğrultusunda bu çalışmanın amacı, günümüz Antarktika'sındaki kirletici düzeyleri hakkında fikir edinmektir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Biyomonitoring (Biyolojik İzleme)

Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK) toksisitesi, biyobirikimleri ve çevredeki kalıcılığı nedeniyle giderek artan bir kaygıya sebep olmaktadır (Zhou ve diğ., 2014).

Biyolojik izleme, kimyasal toksisitelerin tahmini, potansiyel kirleticilerin varlığının belirlenmesinde ve ölçümlerinde kullanılan önemli yöntemdir (Clewell ve diğ.,2008; Zhou ve diğ., 2014). Ekolojik ya da çevresel risk değerledirmesi (ERA), biyolojik izlemeyi, kirleticilerin ve diğer antropojenik faaliyetlerin ekosistemler ve diğer bileşenleri üzerindeki muhtemel yan etkilerin belirlenmesinde kullanılacak bir metot olarak tanımlamaktadır (Depledge ve Fossi, 1994). Kimyasal kirliliğin kontrolü için, biyolojik izleme, kimyasal izlemeye kıyasla bir çok avantaja sahiptir. Ancak kirlilikle ilgili olmayan karıştırıcılar gibi biyolojik izlemeyi sınırlandıran faktörler, biyolojik izleme verileri değerlendirilirken dikkate alınmalıdır (Oost ve diğ., 2003).

Biyolojik izleme teknikleri,

1. Biyobirikim izleme
2. Biyokimyasal değişimleri izleme
3. Morfolojik ve davranışsal özellikleri izleme olarak sınıflandırılabilir (Jiang ve diğ., 2008).

Biyolojik izleme, örnekleme ve analiz temelinde kirletici unsurlar barındıran bir çevreyi deşifre etmeye yönelik bilimsel bir tekniktir. Bu teknik, organizmalara giren kirleticilerin, bu maruziyeti yansıtan belirteçler bıraktığı bilgisinden yararlanmaktadır. İşaretleyici kirleticinin kendisidir. Biyolojik izleme tekniği, kirleticilerin birey üzerindeki etkisiyle ortaya çıkan kimyasal ve bazı biyolojik değişikliklerin anlaşılmasını sağlar (Jiang ve diğ., 2008). Biyolojik izleme, çevre kirleticilerinin potansiyel etkileri hakkında doğrudan bilgi sunarak çevredeki zararlılık derecelerini belirler.

Biyolojik izlemeler için en tipik yöntem biyoindikatörlerdir (biyolojik belirteçler) (Jiang ve diğ., 2008). Bir biyoindikatör, varlığıyla yaşam alanının çevresel koşulları hakkında bilgi veren bir organizma olarak tanımlanır. Biyoindikatörlerin yanıtları, bazı toksik maddelere maruz kaldıktan sonra biyolojik veya biyokimyasal etkiler olarak kabul edilebilir; bu da, bunları teorik olarak maruz kalmanın ve etkilerin göstergeleri olarak yararlı hale getirir (Oost ve diğ., 2003). Uygun biyoindikatörler, genellikle biyolojik denetime büyük katkı sağlar. Ölüm olmadan yüksek miktarda kirletici madde biriktirebilme, bölgesel kirlilik hakkında bilgi verebilecek şekilde hareketsiz bir yaşam sürdürme, tekrarlanan örnek için miktarca fazla ve geniş bir dağılıma sahip olma, yaşama süresi farklı yaş aralıkları için karşılaştırma yapabilecek şekilde uzun olma, kolay numune alma ve laboratuvarda yetiştirilmeye uygun olma, gıda zincirinde önemli bir yer edinme gibi özelliklerin bulunduğu biyolojik organizmalar 'mükemmel biyoindikatörler' olarak tanımlanabilir (Jiang ve diğ., 2008).

1.2. Biyomonitoring Yöntemlerinde Kullanılan Bazı İndikatörler

Balık; nispeten büyük beden boyutu, uzun yaşam döngüsü gibi biyolojik karakterleri nedeniyle su kirliliğinin biyolojik izlemesinde büyük ilgi gördü. Daha da önemlisi, balık türleri suda, besin zincirinin en üst konumudur ve doğrudan insan sağlığını etkilemektedir. Balıkların akut ölümcül hızı, büyümesi, çoğalması, metabolizması ve doğurganlığı, tümüyle sucul ekosistem kirliliğinin biyolojik izlenimi için kullanılabilir (Jiang ve diğ., 2008). 1990'ların başında, deniz kirliliğini değerlendirmek için ölümcül balık testleri ana biyolojik izlem yöntemi olarak kullanılmaya başlandı. Buna ek olarak balıkların davranış tepkisi de kirleticilerin toksisitesini incelemek için kullanılmaya başlandı (Carns, 1981). Balıkların akut ölümcül hızı, büyümesi, çoğalması, metabolizması ve doğurganlığı, tümüyle sucul ekosistem kirliliğinin biyolojik izlenimi için kullanılabilir.

Carsolini ve diğ., (2015) Antarktika'da bulunan Terra Nova Körfezi'nde yaptıkları kalıcı organik kirletici araştırmasında, *Trematomus bernacchii*'i biyointikatör olarak kullandılar. *Trematomus bernacchii* sadece Antarktik su ekosistemindeki KOK'ların neden olduğu kirliliği değil, aynı zamanda Antarktik ekosistem kalitesindeki değişimleri izlemek için iyi bir indikatördür (Carsolini ve diğ., 2015).

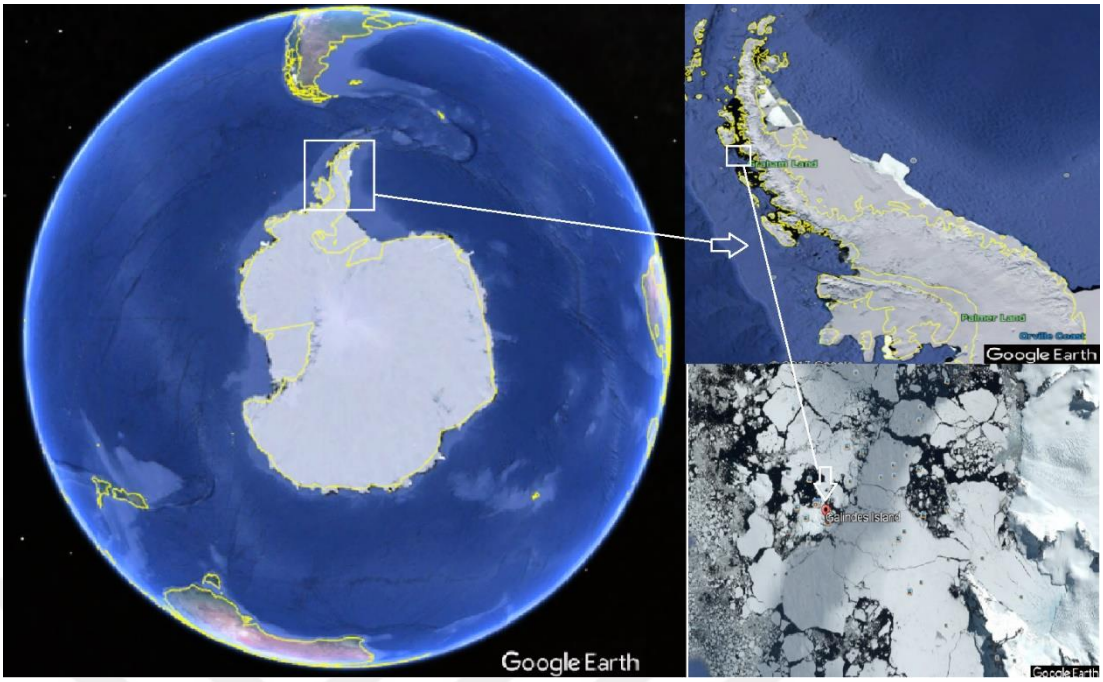
Sediment; kalıcı organik kirleticilerin hidrofobik özelliğe sahip olan bileşikleri kolaylıkla biyolojik olarak parçalanamadığından sedimentte birikme eğilimindedirler (Loonen ve diğ., 1994a). Sediment, kendisiyle doğrudan temas halinde yaşayan organizmalara,örneğin bentik omurgasız hayvanlara karşı kirletici kaynağı olarak davranabilir (McCarthy, 1983; McCarthy ve diğ., 1985). Kısa vadede sediment, tehlikeli kimyasal maddeler için bir havuz halindedir ve bu bileşiklerin pelajik organizmalar tarafından alınımını azaltır. Fakat, daha uzun bir vadede sediment, bu organizmalar için ikincil bir kaynak görevi görebilir. Sucul çevreye olan bağlar azalırsa, önceden emilen kimyasallar su fazına desorbe olur ve onlarca yıl boyunca biyolojik olarak erişilebilir hale gelir (Loonen ve diğ., 1994a).

1.3. Antarktika Yarımadası

Antarktika, Güney Yarımküre'nin en güneyinde bulunan ve Güney Kutbu'nu içeren bir kıtadır. İçinde Ülke bulunmayan tek kıtadır. Dünyanın en kurak yeridir, kıtanın bazı yerlerine 2 milyon sene yağmur yağmamıştır. 1773'te James Cook ve ekibi ilk defa Antarctic Circle'ı geçti ancak yakınlardaki adaları keşfedilmelerine rağmen, Antartika'nın kendisini görmediler. Nihai olarak 1800'lü yıllarda Antarktika kıtası tam olarak keşfedilmiş oldu.

Antarktika'yı, kalınlığı ortalama 2000 m'yi bulan bir buz katmanı örtmektedir. Güney Kutup noktasındaki buz kalınlığı ise 4335 m'yi bulur. Bu buz kütlesi yeryüzündeki bütün buzların %92'sini oluşturmaktadır. Antarktika'da yıllık ortalama sıcaklık -50 °C olduğu ölçülmüştür (URL-1).

Antarktika Yarımadası, Güney Kutbu'nun tabanında bulunan Antarktika anakarasının En kuzey bölümüdür. Kıtanın tek uzantısı olan Antarktika Yarımadası, aynı zamanda Antarktika'nın Güney Amerika'ya en yakın kısmıdır. Antarktika Yarımadası kıtanın en yumuşak iklime sahip yeri olduğu için birçok araştırma üssüne sahiptir. Antarktika Yarımadası, onu örten buz örtüsünün altında bir dizi kayalık adalardan oluşur. Bu kaya adaları, toprak görevi gören bir buz tabakasıyla birbirlerine bağlanmıştır (Stewart, 2011).



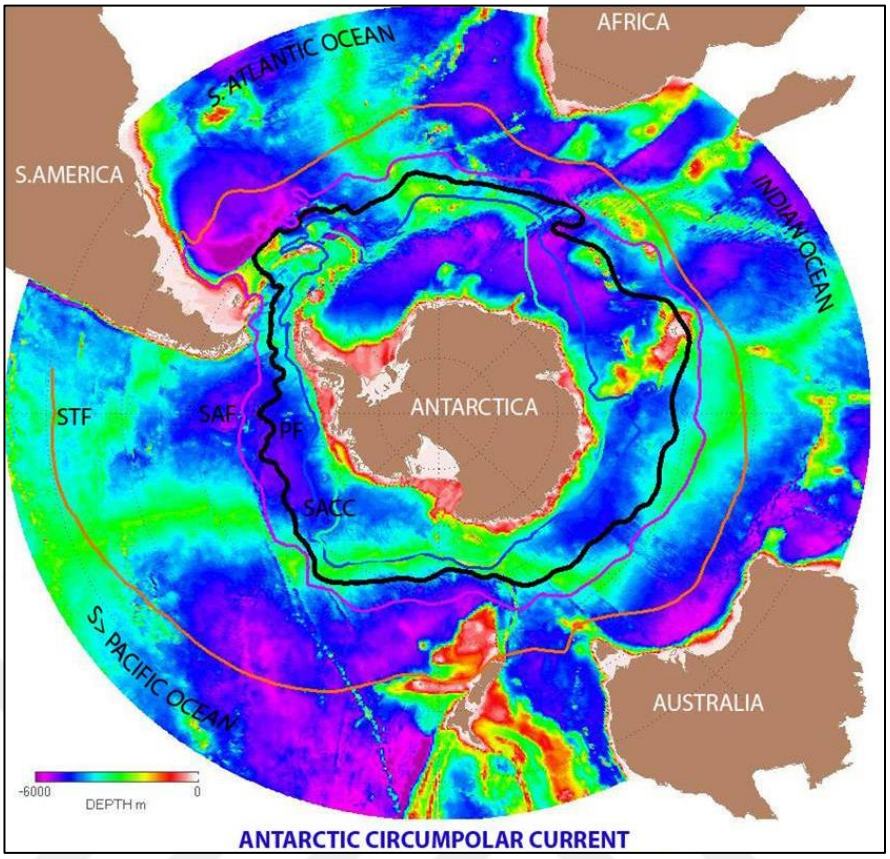
Şekil 1.1. Antartktika genel görünüm

Antarktika'nın %98'i buz tabakası ile kaplıdır. Dünyadaki buzların yaklaşık %90'ı ve tatlı suyun %70'ini oluşturan bu buz tabakasının tümünün erimesi halinde tüm dünyada deniz seviyesinin yaklaşık 60 m yükseleceği hesaplanmıştır (URL-2).

1.3.1. Antarktika ile ilgili oşinografik bilgiler

Antarktik Okyanus'u, suyun sirkülasyonu neredeyse engellenmeden her noktaya ulaşabildiği için, atmosferik sirkülasyon özelliklerine benzeyen bir su sirkülasyonuna sahip tek bölgedir. Bu okyanus, Uluslararası Hidrografi Örgütü tarafından, dünyanın başlıca okyanuslarının dördüncü en büyük su kütlesi olarak kabul edilir.

Antarktika Okyanusu, tektonik bir hareket sonucu, yeryüzünün gelişmesinin ilk aşamalarında, Antarktika ve Güney Amerika'nın birbirlerinden ayrılmasıyla oluştu. Bu iki plaka birbirinden ayrıldığında Drake Boğazı oluştu ve Antarktik Çevresel Akımı'nın (Antarctic Circumpolar Current) oluşmaya başlamasına neden oldular (Şekil 1.2.). Bu su akımı Antarktik Okyanusu için ayırt edici bir özelliktir çünkü, bu akım suyun Antarktik kıtasında aktığı yerde kalmasını sağlamaktadır. Antarktik Çevresel Akımı'na sıkışan su kütlesi hızla doğuya doğru akmaktadır ve bu akım saniyede 130 milyon m^3 şu taşımaktadır (URL-3). Antarktika çevresindeki okyanusun tuzluluk oranı 34 ppt'in biraz altındadır (URL-4).



Şekil 1.1. Antarktik Çevresel Akımı (URL-1)

Okyanus yüzeyiyle tabanı arasındaki sıcaklık farkı 1°C'nin altındadır ve genellikle 5°C'yi aşmaz. Suyun sıcaklığı -2°C ile 10°C arasında değişmektedir. Suyun akımı okyanusun üst birkaç yüz metresiyle sınırlı kalmaz, muazzam derinliklere ulaşır. Örneğin, Drake Boğazı'nda 2500 m derinlikteki suyun akım hızı 0,01 – 0,04 m/s olarak hesaplanmıştır. Antarktik Okyanusu, derinliğin 4000 m'yi aştığı yerlerde, 3 büyük havza ve 3 büyük sırttan oluşmaktadır (Ostapoff ve diğ., 1965).

1.3.2. Antarktika'da kirlilik

Polar bölgelerde, bir kirletici kaynağı olmadığı taktirde, kirliğe rastlanılmaması beklenir. Ancak 1960'ların başından beri Antarkika'da KOK'lara rastlanmaktadır (Bidlemen ve diğ., 1993).

İnsan aktiviteleri, ortamdaki kirlilik girdisinin başlıca sebeplerindendir. Antarktika'da insan aktiviteleri, araştırma üsleri kurulumuyla başlamıştır. Devamında gittikçe artan araştırma aktiviteleri, turizm, balıkçılık, gemi ve araç trafiği, atık boşaltım vb. durumlar Antarktika'da kirliliğin tespit edilmesine neden olmuştur (Kim ve diğ., 2006).

Kim ve diğ., (2006) McMurdo Araştırma İstasyonu çevresinde yaptıkları araştırmalar sonucu, sedimentte, kuru ağırlıkta, 621 ng/g – 5024 ng/g T-PAH değeri tespit etmişlerdir.

Martins ve diğ., (2010) King George Adası'nda yaptıkları çalışmada, tüm sediment örneklerinin analizleri sonucunda PAH miktarı ortalaması 30 ng/g altında çıktı. Bu kirliliğin kaynağı olarak, araştırma istasyonlarında kullanılan dizel jenaratörler, tekneler ve kara araçları için kullanılan yakıtlar ve Kerosen gibi helikopter yakıtları düşünüldü.

Borghesi ve diğ., (2008) Trematomus bernacchii üzerinde yaptıkları çalışmada, Trematomus bernacchii karaciğer dokusunda, kuru ağırlıkta, 15,1 ng/g dl-PCB tespit ettiler.

Kirleticilerin Antarktika'ya ulaşımındaki en önemli yollardan birinin hava akımları olduğu düşünülmektedir (Wania ve Mackay, 1993). Taşınan bu kirleticiler, yağışlar ya da atmosferik çökelimlerle buz veya kara sıkışırlar ve birikmeye başlarlar. Yaz aylarındaysa buz ve karların erimesiyle serbest kalan kirleticiler doğrudan deniz suyuna karışır (Geisz ve diğ., 2008).

1.3.3. Antarktika Antlaşması

1959'da imzalanan ve ülkemizin 1995'te taraf olduğu "Antarktika Antlaşması", Antarktika'yı barış ve bilime adanmış doğal koruma alanı olarak güvence altına almıştır. Antarktika, bu özelliğiyle, insanlığın ortak yararına adanmış yegâne toprak parçası ve deniz alanıdır. Antlaşmaya hâlihazırda 53 ülke taraftır. Antlaşmayı ilk imzacı 12 ülke (ABD, Arjantin, Avustralya, Belçika, Fransa, Güney Afrika, İngiltere, Japonya, Norveç, Rusya, Şili ve Yeni Zelanda) ve antlaşmaya sonradan katılan 29 ülke, "istişari taraf" statüsüyle, her yıl gerçekleştirilen Antarktika Antlaşması İstişare Toplantılarında, kıtaya ilişkin bilgi paylaşımı ve düzenlemelerin kararlaştırılması süreçlerinde yer almaktadır. Ülkemiz dâhil, 24 ülke ise hâlihazırda Antlaşma kapsamındaki toplantılara "istişari olmayan taraf" statüsünde iştirak etmektedir. Antlaşma hükümleri uyarınca, Antarktika'da bilimsel üs kurulması ya da bilimsel sefer düzenlenmesi gibi kapsamlı araştırma çalışmalarıyla kıtaya ilgilerini kanıtlayan ülkelerin de istişari taraf statüsünü kazanması mümkündür (URL-9).

1.4. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar)

1.4.1. Genel bilgiler

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar, sadece C ve H içeren, hidrofobik organik bileşiklerdir ve birden çok aromatik halkadan oluşurlar (Naes ve diğ., 1995). PAH'lar, tamamlanmamış yanma veya yüksek basınç işlemleri ile üretilen bir organik bileşik sınıfıdır ve karmaşık organik maddeler yüksek sıcaklıklara veya basınçlara maruz kaldığında oluşur. PAH'lar literatürde birden çok isimle anılmaktadır, bunlar;

-Polisiklik Organik Madde (POM)
-Polinükleer Aromatik Hidrokarbonlar
-Polinükleer aromatikler (PNA)
-Polinükleer Hidrokarbonlar'dır.

PAH'lar çevrede her yerde bulunabilirler, mutojenik ve karsinojen oldukları bilinmektedir. PAH'ların molekül ağırlıklarının artmasına ters orantılı olarak sudaki çözünürlükleri azalır (Wang ve diğ., 2010). PAH' ilk defa 1755'te Perciva Pott tarafından baca temizlikçilerinde tanımladı. Bu kişilerde, iste bulunan Benzo(a) pyren'in neden olduğu cilt kanserine rastlandı (Yalaki, 2005). PAH'lar dört veya daha az benzen halkasına sahipse hafif (Naph, Acy, Ace, Flr, Phe, Ant) , dörtten fazla benzen halkasına sahipse ağır (Flt, Pyr, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, DBahA, BghiPe, Ind(1,2,3-cd)P) PAH olarak sınıflandırılır (Srogi K., 2007).

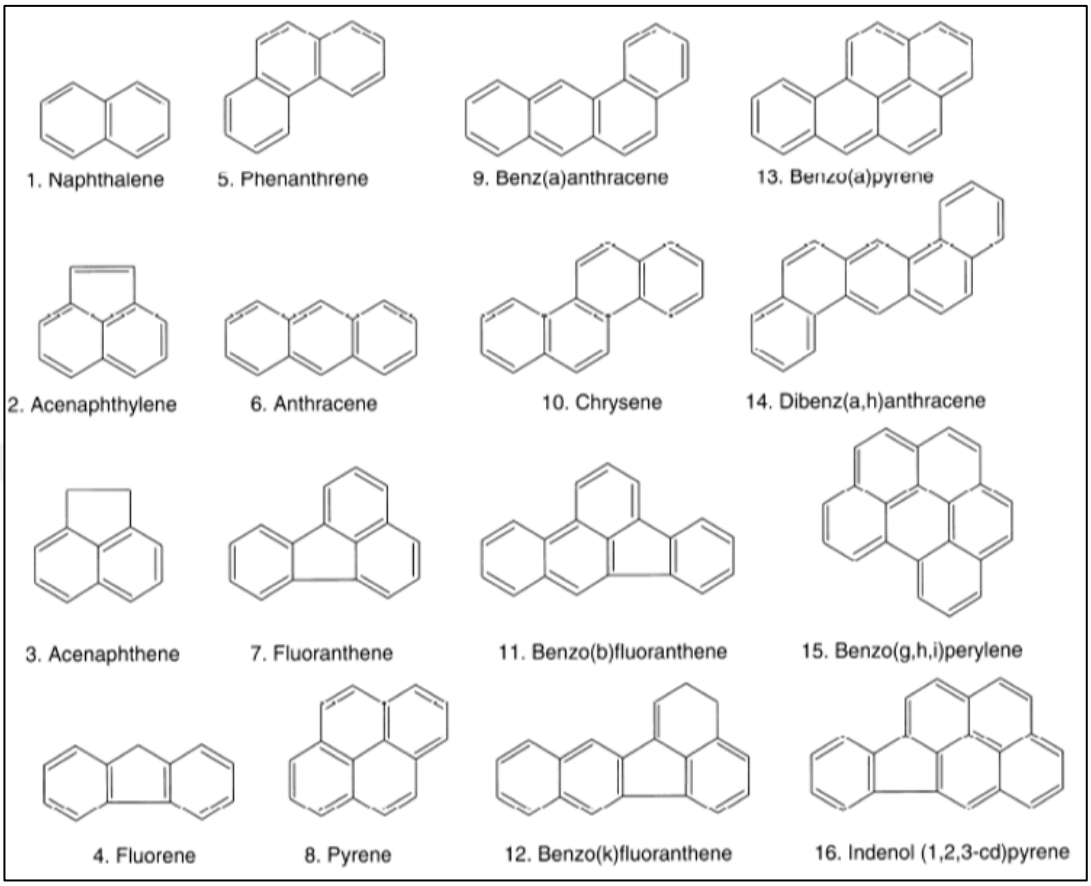
1.4.2. Fiziksel ve kimyasal özellikleri

PAH'lar halkasal yapıları ile düz zincir yapıdaki alifatiklerden ayrılır (Yu, 2005). PAH'lar çoğunlukla renksiz, açık sarı veya beyaz renklidir.

PAH'ların karakteristik özellikleri, yüksek erime ve kaynama noktası, düşük buhar basıncı ve suda düşük çözünürlükleridir (Masih ve diğ., 2012). Suda çözünürlükleri oldukça düşük olduğu için, PAH'lar genellikle partiküler madde, toprak ve sediment ile ilişkili olma eğilimindedir (WHO, 2000).

ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından 16 PAH bileşeni kirleticilik bakımından önemli olarak listelenmiştir. Bunlar Naphthalene, Acenaphthene, Acenaphthylene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Chrysene, Benzo(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene,

Benzo(a)pyrene, Indeno(1,2,3c,d)pyrene, Benzo(g,h,i)perylene ve Dibenzo(a,h)anthracene' dir (Wang ve diğ., 2010) (Şekil1.3.).



Şekil 1.2. US EPA ve WHO tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınan 16 PAH bileşeninin molekül yapıları

US EPA ve WHO tarafından listelenen 16 PAH'tan Chrysene, Benzo(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Benzo(g,h,i)perylene muhtemel kanserojen bileşiklerdir. Acenaphthene, Acenaphthylene, Anthracene, Dibenzo(a,h)anthracene, Naphthalene, Fluorene, Phenanthrene, Pyrene bileşiklerinin kanserojenlikleri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır (Yu, 2005).

Tablo 1.1. PAH'ların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Martinez ve diğ., 2004; Mumtaz, 1985)

Bileşik ismi	Molekül formülü	Molekül ağırlığı	25°C'de Suda Çözünürlük (µg/L)	Log Kow	CAS numarası
Naphthalene	$C_{10}H_8$	128,2	$3,17 \times 10^4$	3,37	91-20-3
Acenaphthylene	$C_{12}H_8$	152,2	$3,4 \times 10^3$	3,98	208-96-8
Acenaphthene	$C_{12}H_{10}$	154,2	$3,93 \times 10^3$	4,07	83-32-9
Fluorene	$C_{13}H_{10}$	166,2	$1,98 \times 10^3$	4,18	86-73-7
Phenanthrene	$C_{14}H_{10}$	178,2	$1,29 \times 10^3$	4,45	85-01-8
Anthracene	$C_{14}H_{10}$	178,2	73	4,45	120-12-7
Fluoranthene	$C_{16}H_{10}$	202,3	260	4,9	206-44-0
Pyrene	$C_{16}H_{10}$	202,3	135	4,88	129-00-0
Benz(a)anthracene	$C_{18}H_{12}$	228,3	14	5,61	56-55-3
Chrysene	$C_{18}H_{12}$	228,3	2	5,16	218-01-9
Benzo(b)fluoranthene	$C_{20}H_{12}$	252,3	1,2	6,04	205-99-2
Benzo(k)fluoranthene	$C_{20}H_{12}$	252,3	0,76	6,06	207-08-9
Benzo(a)pyrene	$C_{20}H_{12}$	252,3	3,8	6,06	50-32-8
Benzo(ghi)perylene	$C_{22}H_{12}$	276,3	0,26	6,84	191-24-2
Indeno(1,2,3cd)pyrene	$C_{22}H_{12}$	276,3	62	6,58	193-39-5
Dibenz(a,h)anthracene	$C_{22}H_{14}$	278,4	0,5	6,5	53-70-3

1.4.3. Kaynakları

Çevreye salınan PAH kaynakları; pirojenik, petrojenik ve biyolojik olarak sınıflandırılabilir.

Pirojenik kaynaklı PAH'lar, organik maddenin düşük oksijen veya oksijensiz şartlarda yüksek sıcaklığa maruz kalmasıyla oluşur. Bu işleme piroliz adı verilir. Kömürün, kok kömür ve kömür katranı haline getirilmesi veya petrol kalıntılarının hafif hidrokarbonlara termal olarak ayrıştırılması, kasten ortaya çıkan piroliz işlemleridir. Arabalar ve kamyonlarda motor yakıtlarının eksik yanması, orman yangınlarında ve şöminelerde ahşabın eksik ve ısıtma sistemlerinde yakıt yağlarının eksin yanması sırasında açığa çıkan PAH'lar ise istenmeyen piroliz işlemleridir. Pirojenik kaynaklı PAH'lar genelde yerleşim yerleri yakınlarında gözlemlenir.

Ham petrolün olgunlaşması sırasında açığa çıkan PAH'lar ise petrojenik kaynaklıdır. Petrojenik kaynaklı PAH'ların başlıcaları, okyanus ve tatlı sulardaki petrol sızıntıları, yer altı ve yer üstü depolama tankları sızıntıları ve ulaşımla ilgili benzin, motor yağı gibi maddelerdir.

Biyolojik kaynaklı PAH'lar ise bazı bitkiler ve bakteriler tarafından sentezlenebilir veya bitkisel maddelerin bozunması sırasında oluşabilir (Abdel-Shafy ve Mansour, 2015).

PAH'ların kaynaklarını doğal kaynaklar ve antropojenik kaynaklar olarak da ayrılabilir. Doğal kaynaklara, orman yangınları, yanardağlar, bakteri ve alg sentezi, petrol sızıntıları ve petrol hidrokarbonları içeren sedimenter kayaç erezyonları örnek verilebilir. Antropojenik kaynaklara, endüstriyel işlemlerdeki tamamlanmamış yanmalar, otomotiv emisyonları, odun yanan ocaklardaki duman, jet ve hava aracı egzozları, sigara ve puro dumanı ve arka bahçede barbeküler örnek olarak verilebilir (Zhang ve Tao, 2009).

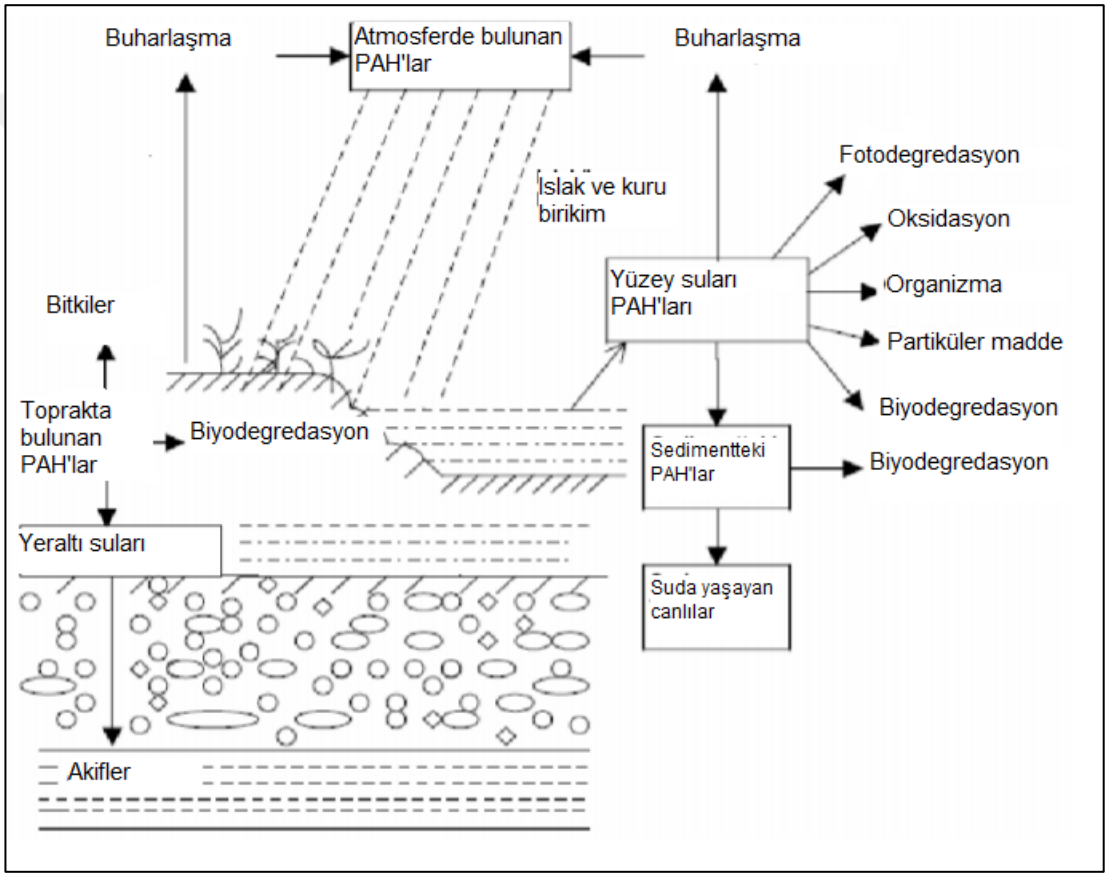
1.4.4. PAH'ların çevre ortamına girdisi

Atmosfere salınan PAH'lar atmosferik hareketlerle taşınırlar ve sonunda kara veya su yüzeylerine ulaşırlar. Su yüzeyine taşınan PAH'ların bir kısmı buharlaşarak tekrardan atmosfere geri dönerken diğer bir kısmı biyodegredasyona uğrar, bir kısmı canlı bünyesine alınır, bir kısmı suda askıda madde olarak kalır, geri kalan kısmı da sedimentte çökelti olarak birikir. Sedimente çöken PAH'ların bir kısmı yarılanma ömürlerine göre biyolojik bozunmaya uğrar kalan kısmı da sucul canlıların bünyesine alınır (Eisler, 2000).

Kara yüzeyine ulaşan PAH'ların bir kısmı tıpkı sularda olduğu gibi buharlaşarak atmosfere geri döner, bir kısmı biyolojik bozunmaya uğrar, büyük bir kısmı da yer altı sularına karışır (Rathore ve diğ., 1993).

Tablo 1.2. Atmosfer ve su ortamındaki PAH kaynakları (Eisler, 2000)

Kaynaklar		T-PAH Metrik ton
Atmosfer	Orman yangınları Tarım alanı yangınları Atık yakma Kapalı yanma Isınma ve güç	19513 12009 4769 3902 2168
Su ortamı	Petrol dökülmesi Atmosferik birikim Atıksular Yüzey süzüntü suları Biyosentez	170000 50000 4400 2940 2700



Şekil 1.3. PAH'ların çevre döngüsü (Yu, 2005)

1.4.5. Toksisiteleri ve canlılar üzerinde etkileri

PAH'lar, bulundukları ekosistemlerde, endokrin bozucu aktiviteler de dahil olmak üzere ortamdaki tüm organizmalar üzerindeki olumsuz sağlık etkileri nedeniyle çevre kaygısı oluşturmaktadırlar (Zaghden ve diğ., 2007).

PAH'lar sucul organizmaya besin, su veya sediment yoluyla alınabilir ve birikebilir. Organizmadaki PAH birikimi, kimyasal maddelere maruz kalma yollarının tamamı

ile, biyobirikim olarak adlandırılır. Bu kimyasal maddelere maruz kalma yolları, besinlerden emilim, solungaçlardan alınıp sonrasında taşınması, deri yoluyla alınım, solunum yoluyla alınım vb. durumlardır. PAH'lar sedimentte biriktikleri taktirde, bentik canlılar sedimentten bu bileşikleri alıp dokularında biriktirebilir ve bundan etkilenebilirler (Yakan ve diğ., 2017). Kirleticiye maruz kalma, kirleticiyi alma, depolama, boşaltma ve bozulma ile devam eden dinamik bir süreçtir (Zhou ve diğ., 2008).

Naphthalene, benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene ve dibenzo(a,h)anthracene gibi PAH'lar, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından risk yaratabilecek olası insan kanserojenleri olarak belirlenmiştir (IARC, 1989). Tablo 1.3'te PAH'ların kanserojen etkileri verilmiştir.

Tablo 1.3. PAH'ların kanserojen etkileri (Kanaki, 2005)

PAH'lar	Kanser Oluşumu İndikatörü[1]	Toplam tahmin[2]	EPA Sınıflandırması (EPA, 1994)[3]	Toksisite Denklik Faktörü (TEF) (EPA, 1993)
Acenaphthylene			D	0,001
Anthracene	I	3	D	0,01
Benzo(a)anthracene	S	2A	B2	0,1
Benzo(b)fluoranthene	S	2B	B2	0,1
Benzo(k)fluoranthene	S	2B	B2	0,1
Benzo(b)fluorene	I	3		
Benzo(g,h,i) perylene	I	3	D	0,01
Benzo(a)pyrene	S	2B	B2	1
Benzo(e)pyrene	I	3		
Chrysene	L	3	B2	0,01
Fluoranthene	I	3	D	0,001
Fluorene	I	3	D	0,001
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	S	2B	B2	0,1
Perylene	I	3		
Phenanthrene	I	3	D	0,001
Pyrene	I	3	D	0,001
Dibenzo(a,h)anthracene	S	2A	B2	5
Dibenzo(a,h)pyrene	S	2B		
Benzo(c) fluorene	I	3		
Benzo(j) fluoranthene	S	2B		
Dibenzo(a,e) pyrene	S	2B		

[1.] İnsanlar için yeterli veri yok. Hayvanlar için: I, yetersiz veri; L, Sınırlı veri; S, yeterli veri
[2.] 1, insanlar için kanserojen; 2A, insanlar için olası kanserojen; 2B, insanlar için kanserojen olması mümkün; 3, insanlar için kanserojenlikle ilgili sınıflandırılmamış
[3.] D: insan kanserojenliği olarak sınıflandırılmamış; B2: olası insan kanserojeni

1.5. Dioksin Benzeri Poliklorlu Bifeniller (dl-PCB'ler)

1.5.1. Genel bilgiler

Yapısal yönden, bazı kimyasal maddeler, dioksine benzer ve "dioksin benzeri" davranış ve zehirlilik gösterirler. Bu kimyasallar arasında; klorodibenzofuranlar (poliklorludibenzofuranlar, PCDF veya furanlar), poliklorlu difeniller (PCB) ve naftalenler sayılabilir (Hu ve diğ., 1992).

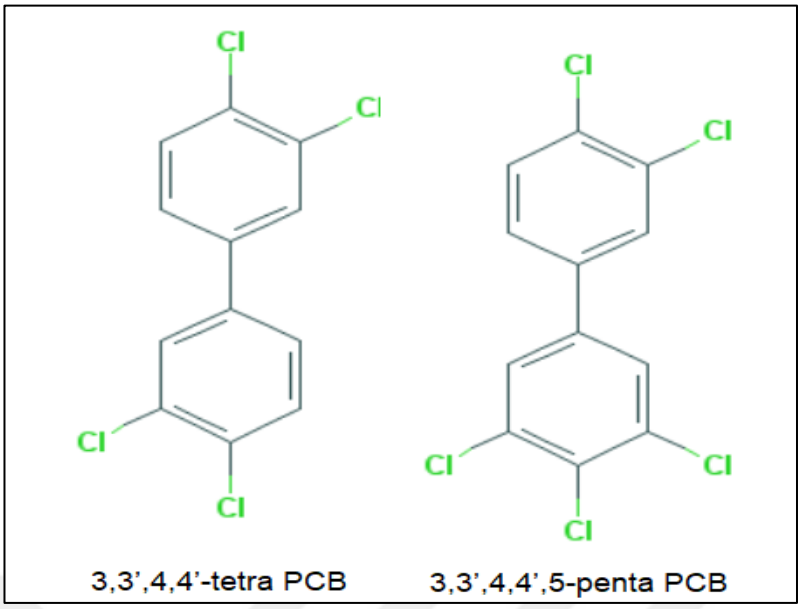
209 PCB bileşiğinden sadece 11 tanesi dioksin benzeri zehirliliğe sahiptir (Tablo 1.4).

Tablo 1.4. dl-PCB'ler (Gibbs, 1995)

3,3',4,4'-tetra PCB	3,3',4,4',5,5'-hekza PCB
3,4,4',5-tetra PCB	2,3,3',4,4',5,5'-hepta PCB
2,3,3',4,4'-penta PCB	2,3,3',4,4',5'-hekza PCB
2,3,4,4',5-penta PCB	2,3,3',4,4',5-hekza PCB
2,3',4,4',5-penta PCB	2,3',4,4',5,5'-hekza PCB
3,3',4,4',5-penta PCB	

1.5.2. Dioksin benzeri maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri

dl-PCB'ler, iki benzen halkasının, üç farklı şekilde birleşimiyle oluşur. dl-PCB'lerin, sudaki çözünürlükleri çok düşüktür ve düşük buhar basıncına sahiptirler. Bu sebeple, gaz haline geçmeleri çok kolaydır. dl-PCB'lerin bu özellikleri, onların besin zincirinde kolayca birikebileceği anlamına gelmektedir. Çevre koşullarına karşı dayanıklı olmaları, yüksek yağ/su dağılım katsayısına sahip olmaları, maruz bıraktıkları canlıda, gittikçe artan derişimde birikmelerini sağlamaktadır. dl-PCB'ler bu şekilde besin zincirine girerek, gelişmiş canlılara doğru giderek artan bir boyutta birikebilirler (Gibbs, 1995; Kaya, 1998).



Şekil 1.4. dl-PCB örneklerinin 2 boyutlu yapısı (PubChem)

1.5.3. dl-PCB'lerin çevresel hareketleri

Çevreye yayılan dl-PCB'lerin büyük bir çoğunluğu ilk olarak havaya geçmektedir. Tıbbi atık yakım birimleri ve şehirsel atık yakım birimleri çevreye yayılmalarındaki başlıca kaynaklardır. dl-PCB'ler havada buhar basıncına bağlı olarak küçük pariküllere bağlanıp, Güneş ışınlarından etkilenmeden havada uzun süre kalabilirler. Havada partiküllere bağlanan dl-PCB'ler atmosferik hareketlerle uzun mesafelere taşınabilirler. Hava kaynaklı dl-PCB'ler yağmur ile (ıslak deposizyon), yavaş sedimentasyonla (kuru deposizyon) yeryüzüne döner.

dl-PCB'lerin toprağa atılımı, atık su ve kanalizasyon çamuru şeklindedir. Suda çözünürlükleri çok düşük olduğu için toprakta çok uzun süre kalabilirler. Toprakta bulunan dl-PCB'nin yarı ömrü 25-100 yıldır (Gibbs, 1995).

Göller, nehirler ve okyanusların dibindeki sedimentler, dl-PCB'ler için önemli bir depolanma alanıdır. dl-PCB'ler havadan yağmur ile erezyon veya kağıt endüstrisinde, klorun beyazlatıcı olarak kullanılmasıyla su ortamına geçebilir. Aynı zamanda lağım arıtma üniteleri, kimyasal üreticileri ve metal rafineleri de önemli kaynakları arasındadır. Suya geçen dl-PCB, toplam dl-PCB kirliliğinin sadece %1'ini oluşturmaktadır. Buna rağmen insan sağlığı için oldukça önemlidir. dl-PCB'ler, sudan kolaylıkla buharlaşamazlar. Sudaki partikül ve organik maddelere bağlanarak uzunca yıllar su ortamında kalabilirler ve neticesinde sedimente çökerler (HWN, 1992).

1.5.4. Toksisiteleri

Dioksin ve benzeri maddeler çevrede çok uzun süre bozunmadan kalabilirler ve kolaylıkla besin zincirine katılırlar. EPA tarafından hayvanlarda yapılan deneyler sonucunda, insanlarca zararlı olabilecek en düşük dl-PCB sınırı 14 ng/g olarak tespit edilmiştir (Hites, 2011).

Sudaki çözünürlüklerinin çok düşük olması nedeniyle, çözünebilmek adına yağ dokusu ararlar. Karaciğerdeki proteinlere sıkıca bağlanabilirler. Bu sekilde yağ doku ve karaciğerlerde birikerek uzun yıllara devamlılık sağlayabilirler. Bunun yanı sıra dl-PCB'ler, vücut yağı fazla olan insanlarda çok daha fazla depo edilir. EPA'ya göre dl-PCB'lerin insanlardaki yarılanma ömrü 7-14 yıl arasındadır (Pirkle ve diğ., 1989).

PCB bileşiklerinin büyük bir grubu olan dl-PCB'ler hücre içi aril hidrokarbon reseptörü ile etkileşime girme özelliği taşır. Bu özellik, üreme ve nörodejenerasyon ile birlikte karaciğer, tiroid ve bağışıklık fonksiyonlarını etkileyen daha büyük yan etkilere neden olur. Bu sebeple dl-PCB, kanserojen ve teratojenik ajanlar olarak kabul edilir (Mandal, 2005).

1.6. Çalışmanın Amacı

Nisan-2016'da Antarktika'ya 13 bilim insanı gitmiştir. Antarktika'ya yapılan bu sefer, ilk Türk Bilim seferidir. Bu seferin başlıca sebebi, Antarktika'da bir bilimsel araştırma üssü kurma çalışmalarına başlanmasıdır.

Antarktika temiz ve kirleticilere çok uzak bir bölge olarak bilinir. Fakat her geçen gün artan sanayi, tarım ve insansal faaliyetlerin nihai sonucu olarak kirleticiler Antarktika'ya da ulaşmıştır. Hem ekolojik, jeolojik ve biyolojik önemi oldukça fazla olan Antarktika, uzun yıllardır araştırmacıların odak noktası olmuştur. Antarktika'ya ilişkin literatür taraması yapıldığında durumun ciddiyeti kolaylıkla anlaşılmaktadır.

Antarktika'da yaptığımız çalışmada, Antarktika Yarımadası bölgesinde, 5 farklı istasyondan alınan sediment örneklerinde ve 2 farklı balık türünde PAH ve dl-PCB konsantrasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Örnekleme Çalışmaları

2.1.1. Örnekleme sahası

Sediment örnekleri Şekil 2.1'de gösterildiği gibi Antartika Yarımadası adalarından biri olan Galindez Adası açıklarında bulunan 5 farklı noktadan alınmıştır.



Şekil 2.1. Antarktik Yarımadası Galindez Adası Örnekleme Noktaları (Google Erath'den modifiye edilerek)

Sediment örneklerine ait istasyonların coğrafik koordinatları, örnekleme tarihleri ve örneklerin alındığı derinlikler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Sediment örneklerine ait istasyonların coğrafik koordinatları ve örnekleme tarihleri

İSTASYON	KOORDİNAT	ÖRNEKLEME ZAMANI
1. İstasyon	65° 14,797' G 64° 15,422' B 21,1 m maksimum..	07.04.2016 17:09
2. İstasyon	65° 14,832' G 64° 15,422' B 31m maksimum	07.04.2016 17:36
3. İstasyon	65° 14,944' G 64° 16,164' B 34m maksimum	07.04.2016 17:58
4. İstasyon	65° 14,578' G 64° 15,55' B 34m maksimum	07.04.2016 18:34
5. İstasyon	65° 14,658' G 64° 15,229' B 26,2 m maksimum	07.04.2016 21:40

Balık örnekleri, 1. istasyon yakınlarından alınmıştır. Fakat tam bir coğrafik koordinat bilgisi bulunmamaktadır.

2.2. Materyal

2.2.1. *Notothenia coriiceps* ve *Trematomus bernacchii*

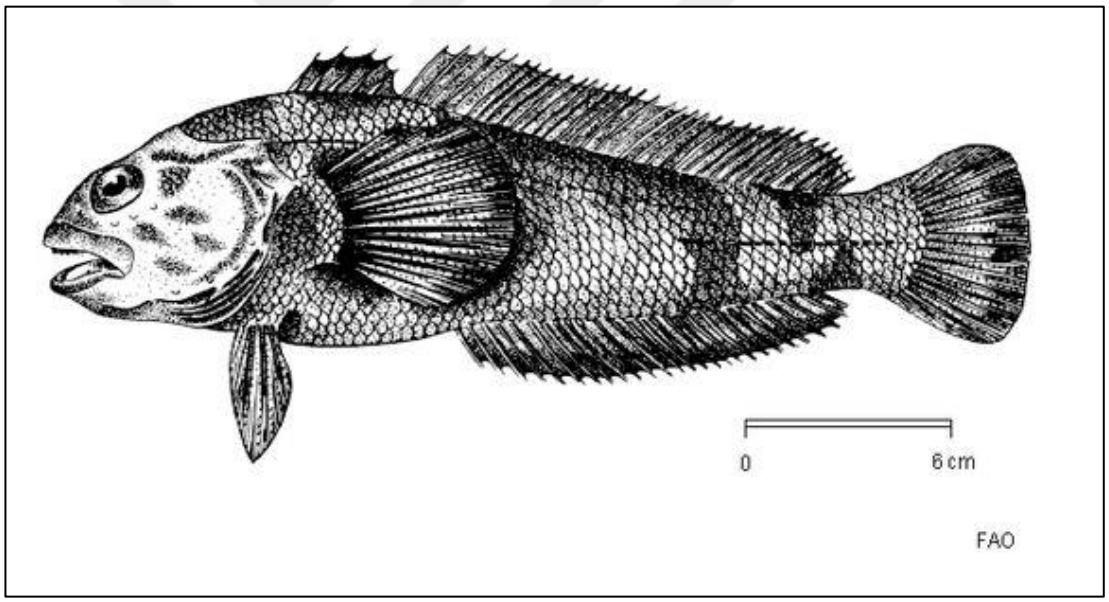
Notothenia coriiceps (Richardson, 1844), *Trematomus bernacchii* (Boulenger, 1902), Antarktik derin sularında rastlanan balıklardır (Eastman ve Eakin, 2000). Sistematikteki yerleri Tablo 2.2'de belirtildiği gibidir.

Tablo 2.2. *Notothenia coriiceps* ve *Trematomus bernacchii*'nin sistematikteki yerleri (URL-5; URL-6)

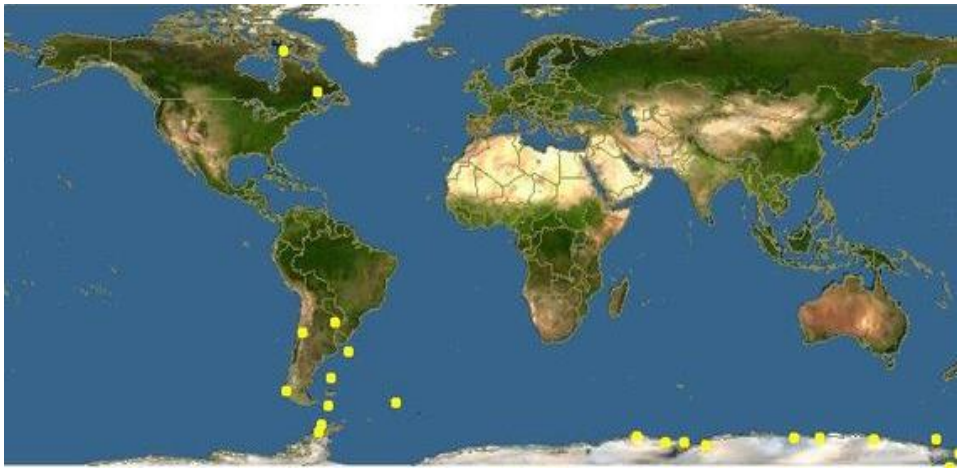
Kingdom	Animalia	Animalia
Phylum	Chordata	Chordata
Subphylum	Vertebrata	Vertebrata
Superclass	Gnathostomata	Gnathostomata
Class	Actinopterygii	Actinopterygii
Ordo	Perciformes	Perciformes
Subordo	Notothenioidei	Notothenioidei
Familia	Nototheniidae	Nototheniidae
Subfamilia	Nototheniinae	Trematominae
Genus	Notothenia	Trematomus
Species	*Notothenia coriiceps*	*Trematomus bernacchii*

Nototheniidae ailesi, evrim ve balık biyolojisinde araştırma çabalarını genişletmek için önemli bir noktadadır. Deniz balıklarının hızlı yayılım özelliğinin bilinen tek örneği Nototheniidae familyası, çeşitlilik, ekosistem, organizma, organ sistemi ve organizmanın moleküler seviyelerinde incelenebilmektedir (Eastman ve Eakin, 2000). Aynı zamanda Nototheniidae familyası üyeleri, Güney okyanusunda ana balık kaynağı olarak ticari balıkçılık baskısı altındadır (Kock, 1994).

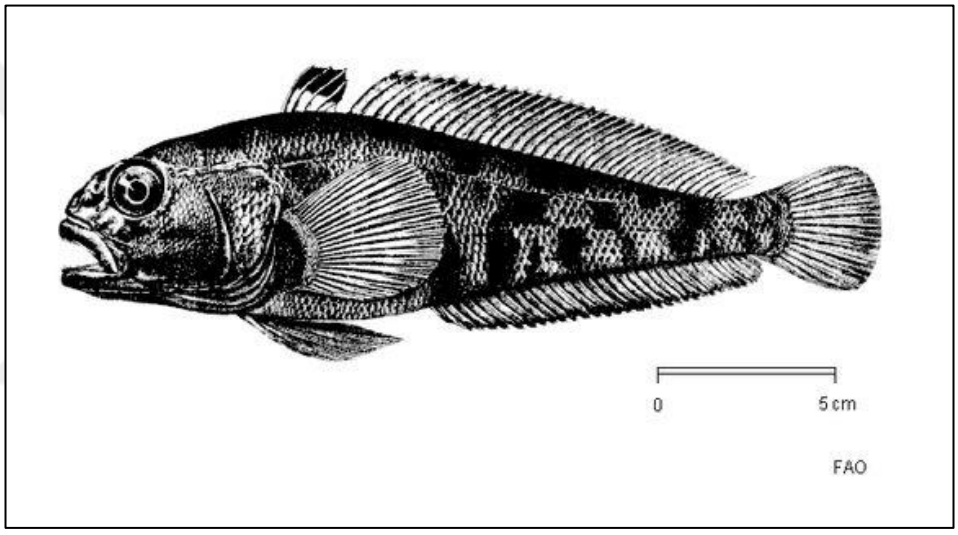
Notothenia coriiceps bireyleri, yaşam alanı su sıcaklığı -1,39 – 6,87 °C ve bulunduğu su derinliği 1-550 m arasında değişmektedir. Boyları ise 62 cm civarındadır (Şekil 2.2) (URL-2). Dünya okyanuslarında yayılımları Şekil 2.3.'de işaretlendiği gibidir. (URL-3). *Trematomus bernacchii* bireyleri, 700 m derinlikte sularda yaşarlar ve toplam yaşam süreleri 10 yıldır. Boyları ise 28 - 35 cm arasında değişmektedir (Şekil 2.4). Dünya okyanuslarında yayılımları Şekil 2.5'te işaretlendiği gibidir (URL-7).



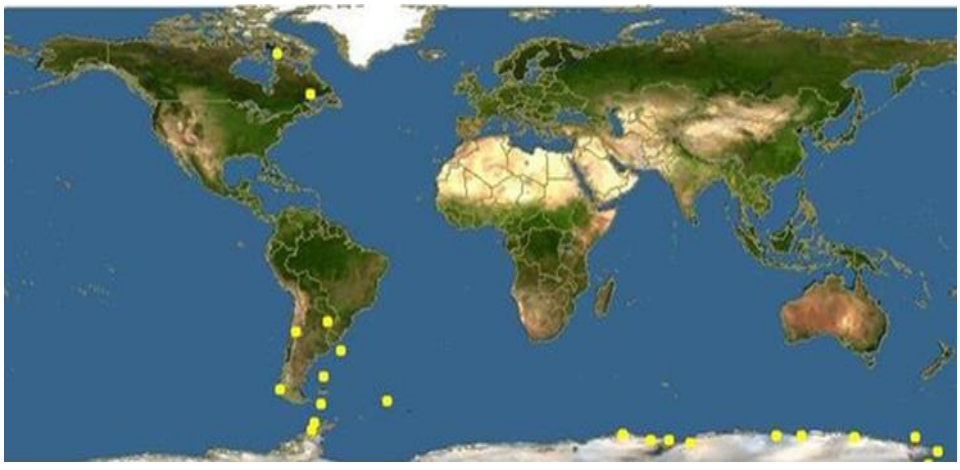
Şekil 2.2. *Notothenia coriiceps* genel görünüm (URL-7)



Şekil 2.3. *Notothenia coriiceps* Dünya okyanuslarında yayılımları (URL-7)



Şekil 2.4. *Trematomus bernacchii* genel görünüm (URL-8)



Şekil 2.5. *Trematomus bernacchii* Dünya okyanuslarında yayılımları (URL-8)

2.3. Metot

Yaptığımız bu çalışmada Antarktika'dan gelen numuneleri ilk önce kendi laboratuvarımızda işleme aldık. Amacımız, laboratuvarımızda bulunan Gaz Kromatografi cihazı (Agilent 7890 A GC System) ile PAH ve PCB analizi yapmaktı. Fakat kullanılan cihazın hassasiyeti yeteri düzeyde olmadığı için kirletici tespit edilemedi. Sonrasında numuneler yurtdışına ALS laboratuvarına analiz için gönderildi. Gelen PAH ve dl-PCB analiz sonuçları yorumlandı.

2.3.1. Materyallerin toplanması ve muhafaza koşulları

2.3.1.1. Sediment örneklerinin alınması ve muhafazası

Sediment örnekleri minimum 21,1, maksimum 34 metre derinlikten Van-Veen tip sediment kepçesi (grab) kullanılarak alındı. Alınan yaş sediment örnekleri, Antarktika'dan laboratuvarımızı gelene kadar polietilen saklama kaplarında, soğukta muhafaza edilmiştir. Sediment örnekleri laboratuvara getirildikten sonra, her istasyonun sediment örneği kendi ortam suyu ile birlikte 2 mm ve 63 µm delik çaplı analitik elek kullanılarak yaş eleme yapıldı. Yaş eleme yapıldıktan sonra her istasyon sediment örnekleri 63 µm'den küçük ve 63 µm'den büyük partikül boyutları olarak iki kısma ayrıldı. Farklı partikül boyutlarına sahip sediment örnekleri CHRIST Alpha LDplus marka freeze dryer cihazında -55°C sıcaklıkta 24-36 saat boyunca bekletilip tüm suyundan arındırıldı. Sabit ağırlıklarına ulaşan sediment örnekleri porselen havanda ezildi, ağzı kelepçeli plastik saklama poşetlerine alınıp etiketleme işlemleri yapıldı. Analiz yapılıncaya kadar -18 °C'de muhaza edildi.

2.3.1.2. Balık örneklerinin alınması ve muhafazası

Balık örnekleri 1. İstasyon açıklarından pinter kullanılarak yakalandı. Pinter 1 gece bekletildi. Örnekler, Antarktika'dan laboratuva getirilinceye kadar dondurucuda muhafaza edildi. Laboratuvara getirilen balık örnekleri filetolarına ve karaciğerlerine ayrıldı. CHRIST Alpha LDplus marka freeze dryer cihazında -55°C sıcaklıkta 72 saat boyunca bekletilip tüm suyundan arındırıldı. Artık tamamen kurumuş olan balık örnekleri porselen havanlarda ezilerek toz hale getirildi. Ezilip toz haline gelen balık örnekleri ağzı kelepçeli plastik saklama poşetlerine alınıp etiketleme işlemleri yapıldı. Balık örnekleri analiz işlemine kadar -86°C'de muhafaza edildi.

2.3.2. Analizlerde kullanılan cihaz, araç ve gereçler

Analizler sırasında kullanılan cihaz, malzeme ve kimyasal maddelere ait bilgiler Tablo 2.3.'te verilmiştir. Kullanılan tüm kimyasal madde ve malzemeler kromatografik (GC) saflıktadır.

Tablo 2.3. Analizlerde kullanılan cihaz, malzeme ve kimyasal maddeler

Cihaz, malzeme ve kimyasal adı	Özellikleri
Kül fırını	NÜVE MF 120
Etüv	Memmert, 30-70 °C
Pasteur fırını	Memmert, 30-220 °C
Buzdolabı	Arçelik +4 °C
Derin dondurucu	-24 °C
Ultrasonik banyo	Fisher, FB15054
Terazi	AND GR-200
Freeze-Dryer	CHRIST Alpha LDplus
Desikatörler	20 ve 30 cm çaplı, vakumsuz
Cam Pasteur pipetleri	ISOLAB
Deiyonize su cihazı	Millipore RIOs-DI 3
Analitik saf su cihazı	GFL 2001/4
Porselen havan	Haldenwanger
Cam ayırma hunisi	ISOLAB
Mikroenjektörler	Hamilton 5, 10, 50, 100, 250 500 µL
Oyuklu, metal spatül	ISOLAB
Diklorometan	Sigma (GC analizleri için)
Petrol eteri	Merck (GC analizleri için)
n-Hekzan	Merck (GC analizleri için)
Hekzan	Tekkim (Sterilizasyon için)
Aseton	Merck (GC analizleri için
Susuz sodyum sülfat	Merck
Silisik asit	Sigma
Amber vial	Supelco (40 mL ve 2 mL)
Alüminyum oksit 90 aktif nötral	Merck
Analitik distile su cihazı	GFL 2001/4
Cam Clean-up kolonları	Özel yapım
Çeker ocak	1500 m3/ saat emme kapasiteli
Cam beher	ISOLAB 50, 100, 250 mL
Cam huni, Cam Yünü	ISOLAB

2.3.3. Analizlerde kullanılan malzemelerin hazırlanması

Analizler sırasında oluşabilecek herhangi bir kontaminasyonu engellemek için tüm malzemeler, temiz ya da kullanılmamış olmasına bakılmaksızın, dikkatlice temizlendi. Malzemeler özellikle cam, porselen seçildi. Ağır metal analizi yapılmayacak örnekler için metal malzeme de kullanıldı. Tüm malzemeler kullanılmadan önce sıcak sudan geçirilip deterjanla yıkandı. Yıkamadan sonra deterjan kalıntısı olmaması için tekrar sıcak sudan geçirildi sonrasında etüvde 100°C'de kurutuldu. Kuruyan malzemeler distile su ile çalkalanarak kurumaya bırakıldı. Kuruyan malzemelerin, kromatografik saflıktaki, Aseton ve n-Hekzan ile kimyasal temizlikleri yapıldı ve vial kutularında, kapalı bir ortamda muhafaza edildi. Deneylerde malzemelerin hepsi kullanılmadan önce kromatografik saflıktaki Aseton ve n-Hekzan ile çalkalanmıştır.

2.3.4. Analizlerde kimyasal maddelerin hazırlanması

2.3.4.1. Olası kontaminasyonları önlemek için yapılan ön hazırlıklar

Analizlerde kullanılan bazı kimyasal maddelerin, analiz sonuçlarını etkilemesini önlemek amacıyla bazı ön işlemler uygulandı. Bu ön işlemler şu şekildedir:

Susuz Sodyum Sülfat, cam yünü ve Alüminyum oksit; Bu malzemeler doğrudan kullanılmadan önce alüminyum folyolara sarılıp (eğer metal analizi yapılmayacaksa) en az 4 saat 450°C sıcaklıkta kül fırınında bekletildi. İşlem sonrasında desikatöre koyulup soğuması sağlandı. Soğuyan kimyasal maddeler ayrı ayrı cam saklama kaplarına alınıp muhafaza edildi.

Silisik asit; Kimyasal temizliği yapılmış cam bir kaba koyulan Silisik asit, Pasteur fırınında 15 saat kadar 103°C sıcaklıkta bekletildi. İşlem sonrasında desikatöre koyulup soğuması sağlandı. Soğuyan Silisik asit cam bir saklama kabına alınıp muhafaza edildi.

2.3.5. Örneklerin analiz hazırlıkları ve ekstraksiyonu

Antarktika sediment örneklerinde poliaromatik hidrokarbonlar (PAHs) ve dioksin benzeri poliklorlu bifenillerin (dl-PCBs) analizleri için US EPA 429, ISO 11338, US EPA 3540 metotları modifiye edilerek kullanılmıştır.

Balık doku örneklerinde poliaromatik hidrokarbonlar (PAHs) ve dioksin benzeri poliklorlu bifenillerin (dl-PCBs) analizleri için modifiye edilmiş US EPA 1668, US EPA 429, ISO 11338, IP 346 metotları kullanılmıştır.

HRGC-HRMS cihazları kullanarak izotop seyreltme yöntemiyle PAH'ların saptanması ve ölçülen değerlerden PAH toplamlarının hesaplanması işlemleri yapılmıştır. Her bireysel PAH için ölçüm belirsizliğinin tahmini %30, PAH toplamı için %20'dir (%95 güven aralığı).

Durağan emisyon HRGC-HRMS cihazlarında, eşdüzlemli PCB'lerin saptanması ve TEQ değerlerinin hesaplanması işlemleri yapılmıştır. Her bir PCB kongeneri için ölçüm belirsizliği tahmini %30, toplam WHO-TEQ'ler için %20'dir.

Gravimetri ile kuru maddenin tayini ve ölçülen bu değerler ile nem tayin işlemleri yapılmıştır. Belirtilen bu yöntem ile sediment örnekleri 105°C 'de sabit kütlelerine ulaşana kadar kurutulmuştur. Kuru madde ve su içeriğini kütle temelinde hesaplamak için kurutma prosedürü öncesi ve sonrasındaki sediment miktarının kütlesi arasındaki fark kullanılmıştır.

2.3.5.1. Sediment ve balık örneklerinin hazırlanması ve ekstraksiyonu

PAH analizleri için, Sediment örneklerinden 3-4 g arasında (istasyonlar arası değişiklik gösterir) tartıldı. Tartılan örneğe 20 g Sodyum sülfat, 250 pg/µL Benzo(e) pyrene ve 250 pg/µL Terphenyl surrogate standart çözeltisi eklendi. Soxhlet cihazında alıcıya 700 mL Metilen klorür eklenerek 16 saat boyunca ekstrakte edildi. Örnek ekstraktına 60 mL hekzan ilave edildi ve 10 mL kadar buharlaştırıldı. Metilen klorür tam olarak uzaklaştırılana kadar bu işlem en az 3 defa tekrarlanır. Ekstrakte edilen örnek, Kuderna-Danish konsantratör orroevaporatöründe yaklaşık 2 mL'ye konsantre edildi. Konsantre edilen örneğin, 10 g metilen klorürle aktive edilmiş silika jel ve 1 g sussus sodyum sülfat eklenmiş kolondan geçirilerek clean-up işlemi tamamlandı. Clean-up işleminden sonra örneğin son hacmi 2 µL'ye ayarlanır ve cihaza yükleme yapılır. Balık örnekleri için de aynı işlemler tekrarlanır.

dl-PCB analizleri için, Sediment örneklerinden 3-4 g arasında (istasyonlar arası değişiklik gösterir) tartıldı. Örneklerin ekstraksiyonu %5'lik (v/v) glasiyal asetik asit içeren toluen içinde 30 dakika boyunca 150°C'de 13,8 Mpa'da gerçekleştirilir. Ekstrakte edilen örnekler bir dizi silika jel katmanından süzdürülür. Süzüntüye 50 mL n-hekzan eklendikten sonra sırasıyla 1 g sodyum sülfat, 2,5 g alümina içeren

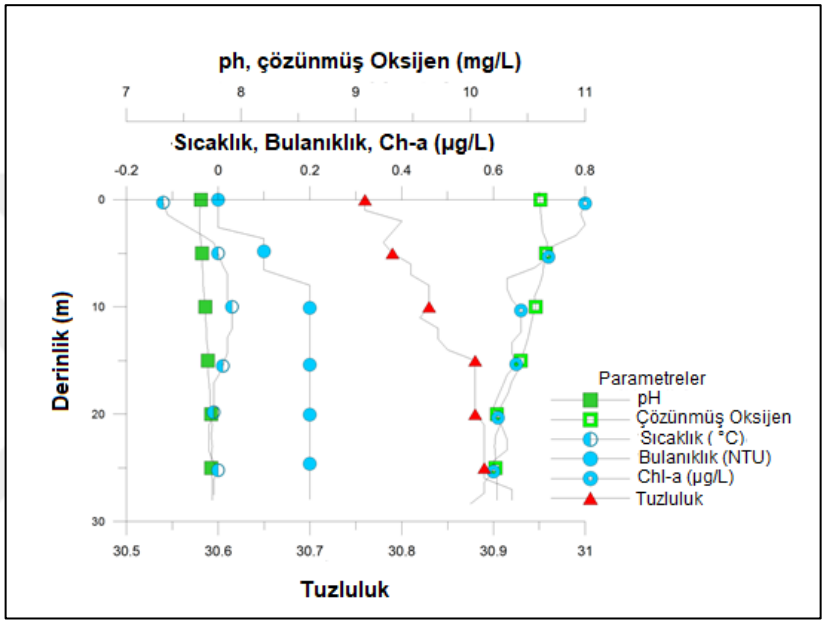
kolondan geçirildi. Örnekler 16 saat boyunca evaporatörde işlemden geçirildikten sonra cihaza yüklendi.

Balık örnekleri sussuz sodyum sülfat ile karıştırılır. 12-24 saat kurumaya bırakılır. Soxhlet ekstraktöründe metilen klorür ile 18-24 saat özütü çıkartılır. Ekstrakt kuruyana kadar buharlaştırılır. Silika jel kullanılarak clean-up işlemi yapılır. Clean-up işleminden sonra örnek ekstraktı 20 µL'ye konsantre edilir. Konsantre işleminden sonra örnek cihaza yüklenir.

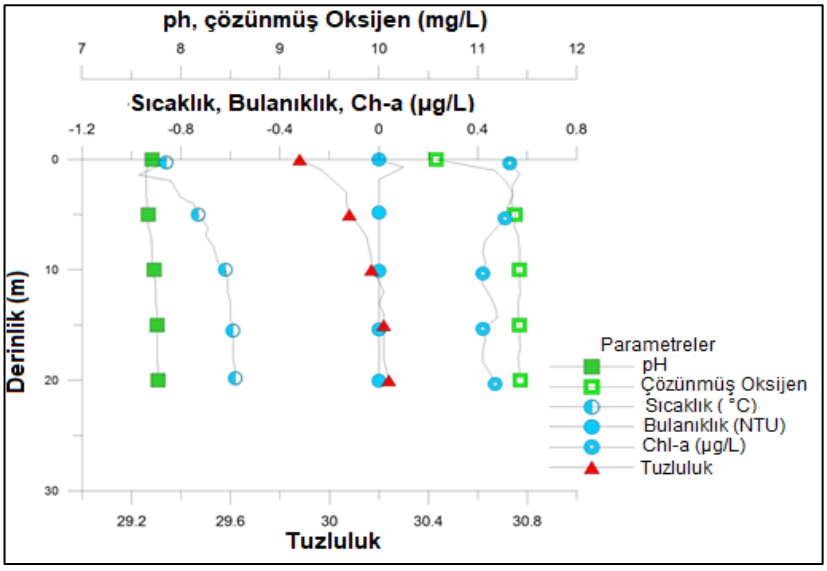
3. BULGULAR

3.1. Sediment Örneklerine Ait Bulgular

1. ve 2. İstasyona ait veriler oşinografik veriler Şekil 3.1 ve 3.2'de belirtilmiştir



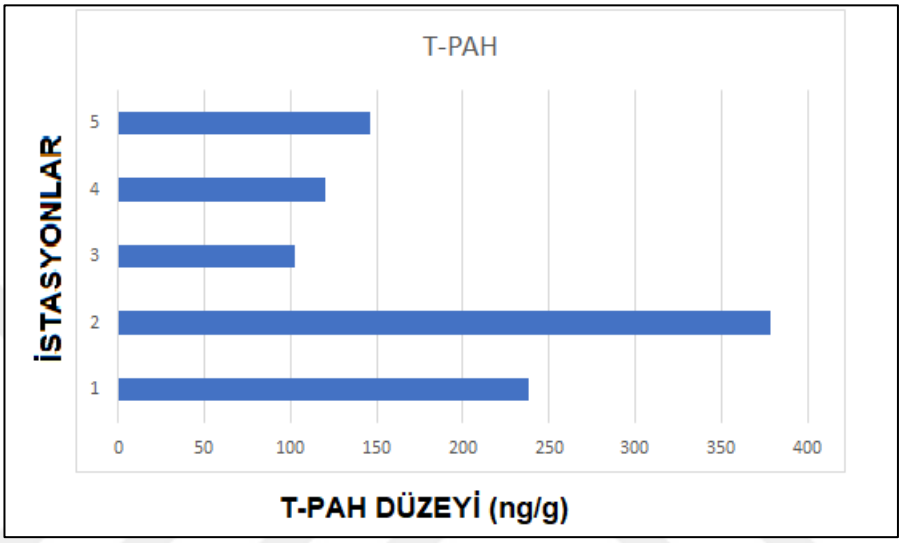
Şekil 3.1. İstasyona ait oşinografik veriler



Şekil 3.2. İstasyona ait oşinografik veriler

3.1.1. PAH bulguları

Nisan 2016 tarinde Antarktika Yarımadası bölgesinde bulunan, Galindez Adası açıklarından, 5 farklı istasyondan alınan sediment örnekleri <63 µm ve >63 µm olarak ayrılmıştır. Partikül boyutları <63 µm olan partiküllerde PAH analizleri yapılmıştır. Sonuçlar istasyonlar arasında çok düşük farklılıklar göstermiştir. İstasyonlara göre T-PAH değerleri Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.3. İstasyonlara göre T-PAH değerleri

Yapılan analizler sonucunda sedimentte T-PAH değerleri 102,63-378,80 ng/g arasında değişmektedir. En yüksek T-PAH değerine 2. istasyon sediment örneğinde, en düşük T-PAH seviyesine ise 3. istasyon örneğinde tespit edilmiştir. PAH'lar çoğunlukla antropejenik kaynaklı ortaya çıkmaktadır. 2. istasyon, lokasyon olarak Vernadsky Araştırma Üssü'ne en yakın konumda olan örneklem noktası olması, çıkan yüksek değerin nedeni olarak tahmin edilmektedir.

Antarktika'da daha önceden yapılan çalışmalara bakılacak olursa;

King George Adası'nda yapılan araştırmalarda sedimentte, en yüksek PAH değeri, 1995/1997 yıllarında 454,9 ng/g, 1969/1972 yıllarında 106,3 ng/g, 1957/1966 yıllarında ise 46,9 ng/g olarak tespit edilmiştir. Son 30 yılda Antarktika sediment örneklerindeki PAH miktarının artışının sebebi, insansal faaliyetlerin artışıyla doğrudan ilişkilidir. Aynı zamanda Antarktika'da kirleticilerin varlığının temel sebeplerinden biri de atmosferik taşınımlardır. (Martins ve diğ., 2010).

Potter Koyu'nda bulunan South Shetland Adası'nda yapılan çalışmada, sedimentteki PAH miktarı, 29,9-218,5 ng/g arasında tespit edilmiştir (Cormack, 2009). Cormack ve diğ., buldukları değerlerin yükseklik sebebini koyun içine giren partikül madde büyüklüğü ve fazlalığıyla ilişkilendirmiştir.

Yaptığımız çalışmada, sediment örneklerindeki T-PAH düzeyleri, Antarktika'da önceden yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, orta düzeyde bir sediment kirlilik olduğunu anlıyoruz (Cripps, 1992; Kennicutt ve diğ.,1992a; Kennicutt ve diğ., 1992b; Bicego ve diğ., 1998; Mazzera ve diğ., 1999; Aislabie ve diğ., 1999; Martins ve diğ., 2010).

Weddell Denizi gibi Antarktika'nın yüksek suları, ana karanın insansal faaliyetlerinden etkilenmez ve küresel ısınmaya bağlı buzul erimesi henüz bu bölgeye kadar ulaşmış değilken, Strobel ve ark., (2018), bu bölgede KOK tespit etmeleri, asıl kaynağın hava akımlarıyla taşınım olduğunu desteklemektedir (Strobel ve diğ., 2018).

Sedimentteki PAH bileşiklerinin uzun menzilli atmosferik taşınımları Antarktika'daki kirliliklerinin başlıca olası kaynağıdır. James Ross Adası'nda yapılan kalıcı organik kirletici araştırmalarında, sedimentteki PAH miktarı 1,4-205 ng/g olarak tespit edildi. Yapılan hava örneği analizleri ile, sedimentteki kirleticilerin varlığını, atmosferik taşınımları ilişkilendirildi (Klanova ve diğ., 2008).

PAH'lar ile ilgili Antarktika'da daha önce yapılan çalışmalar ve tespit edilen toplam değerler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Antarktika'da tespit edilen T-PAH değerleri

Örnekleme Alanı	Sedimentte T-PAH miktarı (ng/g kuru ağırlık)	Referans
Potter Koyu	28-1908	Curtosi A. Ve diğ., 2007
Signy Adası	14-280	Cripps, 1992
Palmer İstasyonu	201-14,491	Kennicutt ve diğ., 1992b
Admiralty Körfezi	1-32	Bicego ve diğ., 1998
Admiralty Körfezi	9-271	Martins ve diğ., 2004
Galindez adası	102,63-378,80	Mevcut çalışma

PAH'lar Dünyanın her yerinde rastlanabilir kirleticilerdir. Tablo 3.2'de Dünya genelinde, sedimentteki PAH konsantrasyonları verilmiştir.

Tablo 3.2. Dünya genelindeki PAH konsantrasyonları

Örnekleme Alanı	Konsantrasyon T-PAH (ng/g)	Kaynak
Macao, Çin	294-12.741	Mai ve diğ., 2003
Dar es Salaam, Tanzanya	78-25.000	Brack ve diğ., 2009
Mar del Plata Port, Arjantin	180-17.094	Laitono ve diğ., 2015
Bhavnagar, Hindistan	5020-981180	Dave ve diğ., 2016
Tema Harbour, Gana	2750-5130	Botwe ve diğ., 2017
Jukskei Rivers, Güney Afrika	1130-1060	Rimayi ve diğ., 2017
Batı kıyısı sahilleri, Güney Kore	3,2-71.200	Kim ve diğ., 2017

Bazı PAH bileşenleri için sedimentlerde belirlenmiş olan Probable Effect Level (PEL), Threshold Effect Level (TEL) değerleri Tablo 3.3.'de verilmiştir (Burton ve diğ., 2002; US EPA, 2006).

Tablo 3.3. Deniz sedimenti için Sediment Kalite Rehber değerleri (SQG) (ng/g kuru ağırlık)

PAH Bileşeni	TEL[1]	PEL[2]
Naphthalene	34,6	391
Acenaphthene	6,7	88,9
Acenaphthylene	5,9	128
Fluorene	21,2	144
Phenanthrene	86,7	544
Anthracene	46,9	245
Fluoranthene	113	1490
Pyrene	153	1400
Benzo(a)anthracene	21,7	385
Chrysene	108	846
Benzo(b)fluoranthene	320	710
Benzo(k)fluoranthene	60	610
Benzo(a)pyrene	88,8	763

[1]TEL: Threshold Effect Level [2]PEL: Probable Effect Level

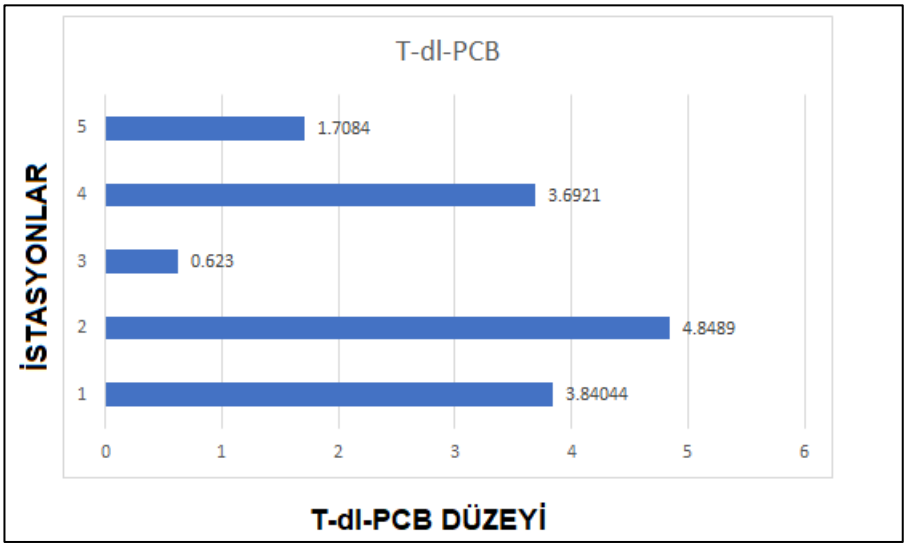
Yapılan bu çalışma SQG değerleri ile karşılaştırıldığında, PAH bileşenlerinden Naphthalene 2 istasyonda, Acenaphthylene ve Acenaphthene tek istasyonda, Fluorene 4 istasyonda belirtilen TEL değerlerini aşmaktadır.

Tablo 3.4. TEL değerlerini aşıldığı istasyonlar ve değerleri

PAH Bileşenleri	TEL Değerlerinin Aşıldığı İstasyonlar	Değerler (ng/g)	TEL değerleri (ng/g)
Naphthalene	1. İstasyon 2.İstasyon	49 150	34,6
Acenapthylene	2. İstasyon	12	6,7
Acenaphthene	2. İstasyon	14	5,9
Fluorene	1. İstasyon 2. İstasyon 3. İstasyon 5. İstasyon	61 95 59 47	21,2

3.1.2. dl-PCB bulguları

Nisan 2016 tarinde Antarktika Yarımadası bölgesinde bulunan, Galindez Adası açıklarından, 5 farklı istasyondan alınan sediment örnekleri <63 µm ve >63 µm olarak ayrılmıştır. Partikül boyutları <63 µm olan partiküllerde dl-PCB analizleri yapılmıştır. Sonuçlar düşük olmasının yanı sıra, istasyonlar arası farklılık göstermektedir. İstasyonlara göre T-dl-PCB değerleri Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.4. İstasyonlara göre T-dl-PCB değerleri

Yapılan analizler sonucunda sedimentte, T-dl-PCB değerleri 0,62-5,14 ng/g arasında değişmektedir. En düşük T-dl-PCB değeri 3.İstasyonda, en yüksek değeri 2. :istasyonda tespit edilmiştir.

Çin'in Yellow Haliç ve Yangtze Haliç'te yapılan çalışmalarda, T-dl-PCB miktarı 0,00004-0,277 ng/g arasında tespit edilmiştir (Hui ve diğ., 2009).

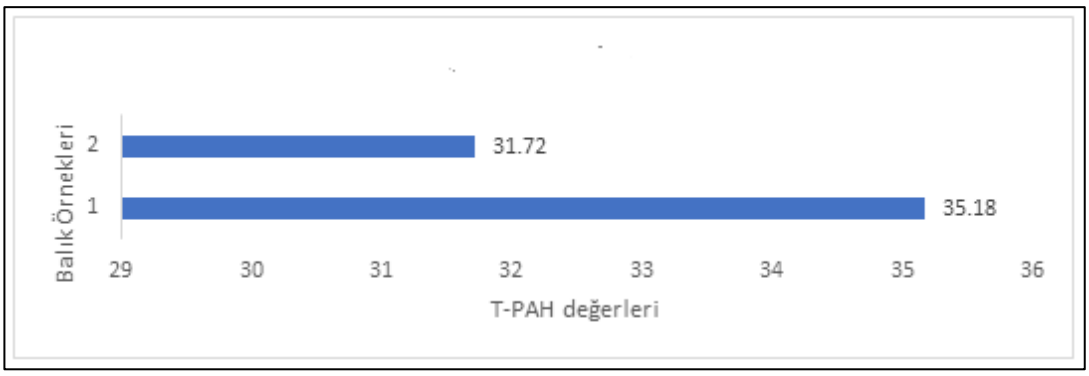
Hindistan'da bulunan Yamuna Nehri'nde yapılan çalışmada sedimentte T-dl-PCB miktarı 0,04-2,86 ng/g (kuru ağırlıkta) tespit edilmiştir (Kumar ve diğ., 2014).

Kore'de yapılan bir çalışmada da sedimentte T-dl-PCB miktarı 4530-41150 ng/g aralığında tespit edilmiştir. Kim ve ark., yaptıkları bu çalışmada sediment örnekleri ve bu örneklerin alındığı yerdeki hava ortamı örneklerinde tespit edilen dl-PCB miktarlarını karşılaştırmıştır. Bunun sonucunda PCB 118, 77, 167 ve 156 bileşenlerinde tespit edilen miktarların hava ve sediment örneklerinde benzer olduğu sonucuna varmışlardır. Bu da tespit edilen dl-PCB'lerin atmosferik taşınımlarla taşınıp, çökelme veya yağışlar ile su ortamına karışıp sedimentte biriktiği fikrini desteklemektedir (Kim ve diğ., 2009).

3.2. Balık Örneklerine Ait Bulgular

3.2.1. PAH bulguları

Yapılan analizlerde T-PAH değeri *Notothenia coriiceps* için 35,18 (±30.0 %) ng/g, *Trematomus bernacchii* için 31,72 (±30.0 %) ng/g olarak bulunmuştur. T-PAH değerleri Şekil 3.3'te belirtilmiştir.



Şekil 3.5. Balık örneklerinde T-PAH değerleri. (1. *Notothenia coriiceps*, 2. *Trematomus bernacchii*)

Antarktika, Potter Koyu'nda bulunan South Shetland Adası'nda yapılan çalışmada *Notothenia coriiceps'* ait PAH miktarları ölçülmüştür. Balığın karaciğerinde ve gonadlarında sırasıyla, 257,06-80,43 ng/g miktarında T-PAH bulunmuştur (Cormack, 2009).

McDonald ve diğ., (1995) yaptıkları çalışmada, Notothenia coriiceps balık örneklerinin karaciğerinde, Palmer İstasyonunda 398 ng/g, Dallman Körfezi ve Low Adası'nda 268 ng/g T-PAH değerlerini tespit etmişlerdir.

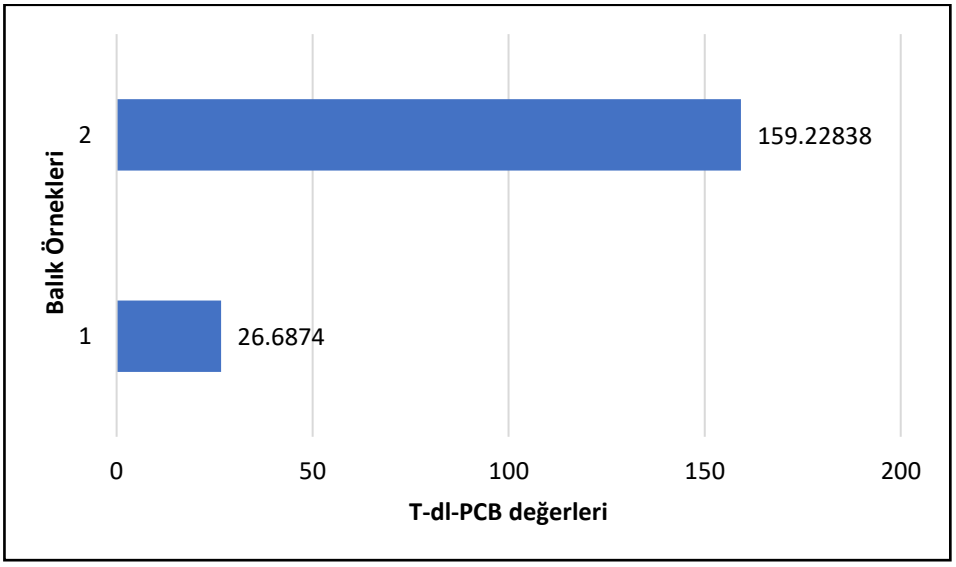
Tablo 3.5. *Trematomus bernacchii* balık örneklerinde, PAH metabolit konsantrasyonları (ng/g)

Alan	Tür	Naphthalene	Phenanthrene	Benzo(a) pyrene
Winters Quarters Körfezi	*Trematomus bernacchii*	140000 ±51000	25000 ±13,000	940 ±730
Cape Armitage	*Trematomus bernacchii*	92000 ±36000	13000 ±5,100	930 ±440
Cinder Cones	*Trematomus bernacchii*	51000 ±27000	7200 ±3,700	780 ±430

Daha önce yapılan çalışmalarla bulduğumuz sonuçlar karşılaştırıldığında, tespit ettiğimiz değerler düşük kirlilik belirtisidir (McDonald ve diğ., 1995).

3.2.2. dl-PCB bulguları

Yapılan analizlerde T-dl-PCB değeri *Notothenia coriiceps* için 26,7 ng/g, *Trematomus bernacchii* için 159,23 ng/g olarak bulunmuştur. T-dl-PCB değerleri Şekil 3.6'da belirtilmiştir.



Şekil 3.6. Balık örneklerinde T-dl-PCB değerleri (1. *Notothenia coriiceps*, 2. *Trematomus bernacchii*)

Strobel ve diğ., (2018), Weddell Denizi'nde yaptıkları çalışmada 2 farklı Notothenioid balık türünün yağ dokusunda 26 ng/g T-dl-PCB miktarı tespit etmişlerdir.

Trematomus bernacchii balık örneğinde, T-dl-PCB miktarı, diğer Antarktika çalışmalarıyla birlikte incelendiğinde, ortalama düzeyde bir kirlilik olduğunu anlıyoruz. Borghesi ve diğ., (2008), yaptıkları çalışmada *Trematomus bernacchii* örneğinin, kaslarında 220-530 ng/g, karaciğerinde 500-1000 ng/g T-dl-PCB tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise bu düzey 159,23 ng/g'dır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde Antarktika Kıtası'nın en az kirliliğe maruz kalmış bölge olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte kıtanında kirleticilere maruz kaldığı anlaşılmaktadır.

Antarktika'da bulunan kirleticilerin en önemli kaynaklarından biri atmosferik taşınımlar ile kıtaya gelen kirleticilerdir. Günümüzde yasaklı olmasına rağmen kullanılmaya devam eden kirleticilerin ve istenmeyen yan ürün olarak çeşitli prosesler sonucu açığa çıkan kimyasalların etkileri dünyanın her yerinde görülmektedir. Yasaklı kimyasal kullanımının önüne geçilmesi ve istenmeyen emisyonların azaltılması, kirliliğin yayılmasını engellemekte büyük önem taşımaktadır.

Uçucu veya yarı uçucu kirleticilerin küresel damıtma ile atmosferin katmanları ve yarıkürenin farklı enlemlerinde taşınması, ve kutup bölgelerinde soğuk yoğuşturması sonucu birikmeleri KOK'ların kaynaklandıkları yerden çok uzak bölgelere taşınabildiklerini göstermektedir. Bu bileşiklere canlı dokularında da rastlanıyor olması, nihai birikim yerlerinin soğuk kutup bölgeleri olduğunu göstermektedir.

PAH ve dl-PCB bileşenlerinin balık örneklerinde ölçülebilir seviyede bulunmasına rağmen sedimentte ölçüm sınırlarının altında bulunuyor olması, balıklar tarafından biyoakümüle edildiklerini ve besin zincirine bağlandıktan sonra biyomagnifiye edildiklerini düşündürmektedir. PAH ve dl-PCB'lerin muhtemel oluşma mekanizmaları arasında tam yanmama olayları başta gelmektedir. Antarktika'da kurulu bilim üslerinde yürütülen faaliyetler organik kirleticilerin çevreye yayılmasına neden olabilmektedir. Enerji sağlamak ve ısınma amaçlı yakıt olarak kullanılmak amacıyla kıtaya taşınan fuel-oil ve benzeri KOK kaynaklarının kaza ve benzeri nedenlerle çevreye yayılmaları ihtimal dahilinde olan hususlardır. Nitekim bu çalışmada elde edilen bulgular Vernadsky İstasyonu yakınlarında petrol dökülmesine bağlı PAH kontaminasyonu olduğunu düşündürmektedir. Bir başka yerel kaynak, turistik amaçlı, genellikle günübirlik düzenlenen, gemi turları sırasında açığa çıkan kimyasallardır. KOK'ların ölçülebilir seviyede bulunmalarının bir başka olası nedeni ise atmosfreik hareketlerle taşınabilmeleridir. Atmosferik çökelme

sonrası doğrudan ya da donmuş buz kütleleri üzerinde biriktikten sonra mevsimsel olarak buzların erimesi sonucunda da su ortamına karışabilmektedirler. Nitekim Güney Okyanusu'nun soğuk sularında yaşamaya uyarlanmış, dokularındaki yağ miktarı ısı yalıtımı için göreceli olarak yüksek balık türlerinin, aralarında Phenantrene, Fluoranthene, Pyrene, PCB 126 gibi PAH ve dl-PCB'lerin olduğu kalıcı organik kirleticileri biriktirdikleri görülmektedir.

Antarktika insan etkilerinden en uzak kıta olmasına rağmen gün geçtikçe artan dünya nüfüsu, buna bağlı olarak giderek artan ihtiyaçlar, ulaşım imkanlarının artmasıyla yapılan turistik geziler ve sanayi uygulamaları giderek artan oranlarda kimyasalın kullanılmasına yol açmakta ve da kıtayı somut biçimde etkilemektedir. Çok uzun mesafelerde taşınarak olumsuz etki gösteren bu tür kimyasalların kullanımını sınırlayan/yasaklayan kararlar dikkatle uygulanmalıdır.

Bu çalışma ile kirleticilerin kıtaya ulaşmış oldukları belirlenmiş olmasına rağmen kıtaya ulaşım yollarıyla ilgili net bir tespit yapmak mümkün olmamaktadır. Gelecek zamanda gerçekleştirilecek çalışmalar ile hangi tür kalıcı organik ve inorganik kirleticilerin kıtaya hangi yollarla taşındığının aydınlatılması dünyamızın sağlıklı çevre koşullarına sahip olması için yapılması gerekenler konusunda önemli bilgiler verecektir. Bu çerçevede Antarktika'da yürütülecek bilimsel faaliyetlerin, dünya bilgi birikimine katkı sağlayabilmek üzere, ülkemiz tarafından da desteklenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında Nisan-2016'da Antarktika'ya yapılan ilk Türk Bilim Seferi'nde alınan örneklerle sınırlı sayıda analiz yapılabilmiştir. Elde edilen veriler Antarktika Yarımadası'nda bulunan Galindez Adası ve çevresindeki kirlilikle ilgili sınırlı bir veri tabanı oluşturmaktadır. Ancak elde edilen sonuçların Antarktika'da yapılacak araştırmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abdel-Shafy H., Mansour M. S. M., A Review on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Source, Environmental Impact, Effect on Human Health and Remediation, *Egyptian Journal of Petroleum*, 2016, **25** (1), 107-123.

Aislabie J., Balks M., Astori N., Stevenson G., Symons R., Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Fuel-oil Contaminated Soils, Antarctica, *Chemosphere*, 1999, **39**, 2201-2207.

Aislabie J., Foght J., Saul D., Aromatic-Hydrocarbon Degrading Bacteria Isolated from Soil Near Scott Base, Antarctica, *Polar Biology*, 2000, **23**, 183–188.

Baek S. Y., Choi S. D., Chang Y. S., Three-year Atmospheric Monitoring of Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in Polar Regions and The South Pacific, *Environ. Sci. Technol*., 2011, **45**, 4475-4482.

Bargagli R., Environmental Contamination in Antarctic Ecosystems, *Sci. Total Environ.,* 2008, **400**(1-3), 212-26.

Bicego M. C., Zanardi E., Ito R. G., Webber R. R., Hydrocarbons in Surface Sediments of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica, Resqui. Antart. Brass., 1998, **3**, 15-21.

Bidleman T. F., Walla M. D., Roura R., Carr E., Schmidt S., Organochlorine pesticides in the atmosphere of the Southern Ocean and Antarctica, *Mar. Pollut. Bull.,* 1993, **26**, 258-262.

Binelli A., Provini A., The PCB Pollution of Lake Iseo (N. Italy) and the role of biomagnification in the pelagic food web, *Chemosphere*, 2003, **53**, 143-151.

Borghesi N., Corsolini S., Facordi S., Levels of PBDEs and Organochlorine Pollutants in Two Species of Antarctic Fish, *Chemosphere*, 2008, **78**, 155-160.

Botwe B. O., Kelderman P., Nyarko E., Lens P. N L., Assesment of DDT, HCH and PAH contamination and associated ecotoxicological risk in surface sediments of coastal Tema Harbour, *Mar. Pollut. Bull*., 2017, **115**, 480-488.

Brack W., Gaspare L., Machiwa J. F., Mdachi S. J. M., Streck G., Polycylic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Conramination of Surface Sediments and Oysters from The Inter-tidal Areas of Dar es Salaam, Tanzania, *Environ. Pollut*., 2009, **157**, 24-34.

Brekke C., Solberg A. H. S., Oil Spill Detection by Satellite Remote Sensing, *Rem. Sens. Environ*., 2005, **95**, 1-13

Burton G. A. B., Sediment Quality Criteria in Use Around the World, *Limnology*, 2002, **3**, 65-75.

Carsolini S., Cincinelli A., Martellini T., Pozo K., Kukučka P., Audy O., *Trematomus bernacchii* as an indicatorof POP temporal in the Antarctic seawaters, *Environ. Poll.*, 2015, **4**, 1-7.

Clewell H. J., Tan Y. M., Campbell J. L., Andersen M. E., Quantitative Interpretation of Human Biomonitoring Data, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2008, **231**(1), 122–133.

Colepicolo P., Torres M. A., Barros M. P., Campos S. C. G., Pinto E., Rajamani S., Sayre R. T., Biochemical Biomarkers in Algae and Marine Pollution: A Review, *Ecotoxicology and Environmental*, 2008, **7**, 1-15.

Cormack W. P. M., Curtosi A., Pelletier E., Vodopivez C. L., Distribution of PAHs in The Water Column, Sediments and Biota of Potter Cove, South Shetland Island, Antarctica, *Antarctic Science*, 2009, **21(**4), 329-339.

Cripps G. C., Priddle, J., Hydrocarbons in the Antarctic Marine Environment, *Antarctic Science*, 1991, **3**, 233-250.

Cripps G. C., The Extent of Hydrocarbon Contamination in The Marine Environment From A Research Station in The Antarctic, *Mar. Pollut. Bull.,* 1992, **25**, 288-92.

Curtosi A., Pelletier E., Vodopivez C. L., Cormack W. P. M., Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in Soil and Surface Marine Sediment near Jubany Station (Antarctica). Role of Permafrost as a Low-Permeability Barrier, *Sci. of the Total Environ*., 2007, **383**, 193-204.

Dave B. P., Dudhagara D. R., Rajpara R. K., Bhatt J. K., Gosai H. B., Sachaniya B. K., Distribution sources and ecological risk assessment of PAHs in historically contaminated surface sediments at Bhavnagar coast Gujurat, India, *Environ. Pollut*., 2016, **213**, 338-346.

Depledge M. H., Fossi M. C., The Role of Biomarkers in Environmental Assessment, *Ecotoxicology*, 1994, **3**, 161-172.

Eastman J. T., Eakin R. R., An Updated Species List for Notothenioid fish (Perciformes; Notothenioidei), with Comments on Antarctic Species, *Arch. Fish. Mar. Res*., 2000, **48**(1), 11-20.

EFSA, Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (bovine animals), *EFSA J*., 2013, **11,** 1-261.

Eisler R., Polyaromatic hydrocarbons, *Handbook of Chemical Risk Assessment Health Hazards to Human Plants and Animals*, 3rd ed., Lewis Publisher, Washington D.C., 820-1501, 2000.

Ergin M., Saydam C., Baştürk O., Erdem E., Yörük R., “Heavy-metal concentrations in surface sediments from the two coastal inlets (Golden Horn Estuary and Izmit Bay) of the northeastern Sea of Marmara”, *Chemical Geology*, 1991, **91** (3), 269-285.

Fang M. D., Lee C. L., Yu C. S., Distribution and Source Recognition of PAHs in The Sediments of Hsin-ta Harbour and Adjacent Coastal Areas, Taiwan, *Mar. Poll. Bull.*, 2003, **46**(8), 941-953.

Ferguson S. H., Franzmann P. D., Revill A. T., Snape I. Rayner, J. L., The Effects of Nitrogen and Water on Mineralisation of Hydrocarbons in Diesel-Contaminated Terrestrial Antarctic soils, *Cold Regions Science and Technology*, 2003, **37**, 197–212.

Geisz H. N., Dicknut R., Cochran M. A., Fraser W. F., Ducklow H. W., Melting Glaciers: a Probable Source of DDT to Antarctic Marine Ecosystem, *Environ. Sci. Technol*., 2008, **42**(11), 3958-3962.

Gibbs L. M., *The Citizens Clearing House for Hazardous Waste: Dying from Dioxin. A Citizen's Guide to Reclaiming Our Health and Rebuilding Democracy*, South End Press, Boston, MA., 1995.

Haynes D., Johnson J. E., Organochlorine, heavy metal and polyaromatic hydrocarbon pollutant concentrations in the Great Barrier Reef (Australia) environment: a review, *Mar. Pollut. Bull*., 2000, **41**, 7-12.

Hites R. A., Dioxins: An Overview and History, *Environ Sci Technol*., 2011, **45**(1), 16-20.

Hu K., Bunce N. J., Metabolism of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and related dioxin-like compounds, *J. Toxicol.Environ.Health*, 1999, **2**(2), 183-210.

Hui Y., Zheng M., Liu Z., PCDD/Fs and Dioxin-Like PCBs in Sediments from Yellow Estuary and Yangtze Estuary, China, *Bull. Environ. Contam. Toxicol*., 2009, **83**, 614-619.

HWN. New evidence that all landfills leak. Rachel's Hazardous Waste News, December 16. Available from *Environmental Research Foundation*, 1992, **410**, 263-1584.

Islam M. S., Tanaka M., Impacts of Pollution on Coastal and Marine Ecosystems Including Coastal and Marine Fisheries and Approach for Management, *Mar. Pollut. Bull.*, 2004, **48**, 624-649.

Jensen E., Bolger P. M., Exposure Assessment of Dioxin/furans Consumed in Dairy Foods and Fish, *Food Addit. Contam*., 2001, **18**, 395-403.

Jiang G., Zhang J., Fu J., Shi J., Zhou Q., Biomonitoring: An Appealing Tool for Assessment of Metal Pollution in The Aquatic Ecosystem, *Analytica Chimica Acta*, 2008, **606**, 135-150.

Kennicutt II M. C., McDonald T. J., Denoux G. J., McDonald S. J., Hydrocarbons Contamination on The Antarctic Peninsula, *Mar. Pollut. Bull*., 1992b, **24**, 506-11.

Kennicutt II M. C., McDonald T. J., Denoux G. J., McDonald S. J., Hydrocarbons Contamination on The Antarctic Peninsula, *Mar. Pollut. Bull*., 1992a, **24**, 499-506.

Kim K. S., Lee S. C., Kim K. H., Shim W. J., Hong S. H., Choi K.H., Yoon J.H., Kim J. G., Survey on Organochlorine Pesticides, PCDD/Fs, Dioxin-like PCBs and HCB in Sediments from The Han river, Korea, *Chemosphere*, 2009, **75**(5), 580-587.

Kim M., Jung J. H., Ha S. Y., An J. G., Shim W. J., Yim U. H., Long-Term Monitoring of PAH Contamination in Sediment and Recovery After the Hebei Spirit Oil Spill, *Arch. Environ. Contam. Toxicol*., 2017, **73**, 93-102.

Kim M., Kennicutt II M. C., Qian Y., Molecular and Stable Carbon Isotopic Characterization of PAH Contaminants at McMurdo Station, Antarctica, *Mar. Pollut. Bull*., 2006, **52**, 1585-1590.

Klanova J., Kukucka P., Sanka M., Holoubek I., Soil Burdens of Persistent Organic Pollutants - Their Levels, Fate and Risk. Part II. Are There Any Trends in PCDD/F Levels in Mountain Soils, *Environmental Pollution*, 2009, **157**, 3255-3263.

Kock, K. H., Fishing and Conservation in Southern Waters, *Polar Rec*., 1994, **30**(172), 3-22.

Kumar B., Kumar S., Sharma C. S., Ecotoxicological Risk Assessment of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Bank Sediments from along the Yamuna River in Delhi, India, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2014, **19**(6), 1477-1487.

Lacorte S., Raldu´a D., Martı´nez E., Navarro A., Diez S., Bayon, J., M., Barcelo M., Pilot Survey of a Broad Range of Priority Pollutants in Sediment and Fish from The Ebro River Basin (NE Spain), *Environmental Pollution*, 2006, **40**(3), 471–482.

Laitano M. V., Castro I. B., Costa P. G., Fillmann G., Butyltin and PAH Contamination of Mar del Plata Port (Argentina) Sediments and Their Influence on Adjacent Coastal Regions*, Bull. Environ. Contam. Toxicol*., 2015, **95**, 513-520.

Loonen H., Parsons J. R., Govers H. A. J., Effect of Sediment on The Bioaccumulation of Complex Mixture of Polychlorinated Dibenzo- p-dioxins (PCDDs) and Polychlorinated Dibenzofurans (PCDFs) by Fish, *Chemosphere*, 1994a, **28**, 1433-1446.

Mai B., Zeng E. Y., Yang Q., Zhang G., Fu I., Sheng G., Peng P., Wang Z., Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Coastal Region off Macao, China: Assessment of Input Sources and Transport Pathways Using Compositional Analysis, *Environ. Sci. Technol*., 2003, **37**, 4855-4863.

Mandal P., Dioxin: A Review of It's Environmental Effects and It's Aryl Hydrocarbon Receptor Biology, *J. Comp. Physiol*., 2005, **175**, 221-230.

Martins C. C., Bicego M. C., Taniguchi S., Montone R. C., Aliphatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica, *Antarct. Sci*., 2004, **16**, 117-22.

Martins C. C., Bícego M. C., Rose N. L., Taniguchi S., Lourenço R. A., Figueria R. C. L., Mahiques M. M., Montone R. C., Historical Record of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Spheroidal Carbonaceous Particles (SCPs) in Marine Sediment Cores from Admiralty Bay, King George Island, Antarctica, *Environ. Pol*., 2010, **158**, 192-200.

Masih J., Singhvi R., Kumar K., Jain V. K., Taneja A., Seasonal Variation and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Indoor and Outdoor Air in a Semiarid Tract of Northern India, *Air Qual. Res*., 2012, **12**, 515-525.

Mazzera D., Hayes T., Lowenthal D., Zielinska B., Quantification of Polycyclic Hydrovarbons in Soil at McMurdo Station, Antarctica, *Sci. Total Environ*., 1999, **229**, 65-71.

McCarthy J. F., Jiminez B. D., Reduction in Bioavailability to Bluegills of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Bound to Dissolved Humic Material. *Environ. Toxicol. Chem*., 1985, **4**, 511-521.

McCarthy J. F., Role of Particulate Organic Matter in Decreasing Accumulation of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by Daphnia Magna. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*., 1983, **12**, 559-568.

McDonald S. J., Kennicutt II M. C., Liu H., Safe S. H., Assessing Aromatic Hydrocarbon Exposure in Antarctic Fish Captured Near Palmer and McMurdo Stations, Antarctica, *Arch. Environ. Contam. Toxico*., 1995, **29**, 232-240.

Montone R. C., Taniguchi S., Weber R. R., PCBs in The Atmosphere of King George Island, Antarctica, *Sci. Total Environ*., 2003, **308**,167-173.

Naes K, Knutzen J, Berglind L. Occurrence of PAH in Marine Organisms and Sediments from Smelter Discharge in Norway, *Sci Total Environ*. 1995, **163**, 93-106.

Nash, S. B., Persistent Organic Pollutants in Antarctica: Current and Future Research Priorities, *J. Environ. Monit*., 2011, **13**, 497-504.

Oost R. V. D, Beyer J., Vermeulen N. P. E., Fish Bioaccumulation and Biomarkers in Environmental Risk Assessment: a Review, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2003, **13**, 57-149.

Ostapoff F., Mieghem J., Oye P., Antarctic Oceanography. In: Biogeography and Ecology in Antarctica. Monographiae Biologicae, 1965, **15**, 100-120.

Pinto E., Sigaud-Kutner T. C. S., Leitão M. A. S., Okamoto O. K., Morse D., Colepicolo P., Heavy Metal-Induced Oxidative Stress in Algae, *J. Phycol*., 2003, **39**, 1008-1018

Pirkle J. L., Wolfe W. H., Patterson D. G., Estimates of The Half-Life of 2, 3, 7, 8-TCDD in Vietnam Veterans of Operation Ranch Hand, *J.Toxicol.Environ.Health*, 1989, **27**, 165-171.

Rathore H. S., Sherma J., *Handbook of Chromatography*: *Liquid Chromatography of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*, 2rd ed., CRC Pres, United States of America, 1993,

Rimayi C., Chimuka L., Odusanya D., Boer J., Weiss J. M., Source characterisation and distribution of selected PCBs, PAHs and alkyl PAHs in sediments from the Klip and Jukskei Rivers, South Africa, *Eviron. Monit. Assess*., 2017, **189**, 327.

Riserbrough, R. W., Rieche P., Peakal D. B., Herman S. G., Kirven M. N., Polychlorinated Biphenyls in The Global Ecosystem, *Nature,* 1968, **220**, 1098-1102.

Srogi K. Monitoring of Environmental Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: a Review, *Environmental Chemistry Letters*, 2007, **5**, 169–195.

Stewart J., Antarctic An Encyclopedia McFarland & Company Inc. New York, 2011, 1776 pp.

Strobel A., Schmid P., Holm P. B., Segner H., Zennegg M., Persistent Organic Pollutants in Red and White-Blooded High-Antarctic Notothenioid Fish From The Remote Weddell Sea, *Chemosphere*, 2018, **193**, 213-222.

URL-1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Antarktika, (Ziyaret Tarihi: 15 Mart 2017).

URL-2: https://science.howstuffworks.com/environmental/earth/geophysics/question473.htm , (Ziyaret Tarihi: 15 Mart 2017).

URL-3: http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Antarctic_Ocean, (Ziyaret Tarihi: 22 Mart 2017).

URL-4: https://www.sciencelearn.org.nz/resources/686-ocean-salinity, (Ziyaret Tarihi: 22 Mart 2017).

URL-5: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=234679#vernaculars, (Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2017).

URL-6: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=234802, (Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2017).

URL-7: http://eol.org/pages/204661/overview, (Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2017).

URL-8: http://eol.org/pages/213161/overview, (Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2017).

URL-9: https://science.howstuffworks.com/environmental/earth/geophysics/question473.htm , (Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2017).

URL-10: http://www.mfa.gov.tr/antarktika-antlasmasi.tr.mfa, (Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2017).

Voorspoels S., Covaci A., Johan M., Schepens P., PBDEs in Marine and Freshwater Sediments from Belgium: Levels, Profiles and Relations with Biota, *Journal of Environmental Monitoring*, 2004, **6**, 914–918.

Wang X. Y., Li Q. B., Luo Y. M., Ding Q., Xi L. M., Ma J. M., Cheng C. L., Characteristics and Sources of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Shanghai, China, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010, **165**(1-4), 295–305.

Wania, F., Mackay, D., Tracking The Distribution of Persistent Organic Pollutants, *Environ. Sci. Technol*., 1996, **30**, 390-396.

Wania F., Mackay D., Global Fractionation and Cold Condensation of Low Volatility Organochlorine Compounds in Polar Regions, *Ambio*, 1993, **22**, 10-18.

WHO, *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. In: Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Publications*, European Series, 2000, No. 91.

WHO, *Polynuclear Aromatic Hydrocarbon In Air Quality Guidelines for Europe*, 1987.

Yakan S. D., Focks A., Klasmeier J., Okay O. S., Numerical Evulation of Bioaccumulation and Depuration Kinetics of PAHs in *Mytilus galloprovincialis*, *Environ. Poll*., 2017, **220**, 1244-1250.

Yalaki S., Adana Merkez ve Kırsal Alanlarda Trafiksel Kaynaklı Organik Kirleticileri ve Atmosferik Poliaromatik Hidrokarbonlar, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2005, 192803.

Yu M. H., Volatile Organic Compounds, *Environmental Toxicology: Biological and Health Effects of Pollutants*, 2nd ed., CRC Press Inc., ABD, 2005.

Zaghden H., Kallel M., Elleuch B., Oudot J., Saliot A., Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Sfax, Tunisia, Mediterranean Sea, *Marine Chemistry*, 2007, **105(**1-2), 70-89.

Zhang Y., Tao S., Global Atmospheric Emission Inventory of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) for 2004, *Atmospheric Environment*, 2009, **43**(4), 812-819.

Zhou Q., Wu Q., Wang X., Biomonitoring Persistent Organic Pollutants in The Atmosphere with Mosses: Performance and Application, *Environment International*, 2014, **66**, 28-37.

Zhou Q., Zhang J., Fu J., Shi J., Jiang G., Biomonitoring: An Appealing Tool For Assessment of Metal Pollution in The Aquatic Ecosystem, *Anal. Chim*., 2008, **606**, 135-150.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Ergul H. A., **Pelin E. G.**, Erdem T., Ozturk B., DDT derivates in fish and sediment samples collected from Galindez Island (Antarctic Peninsula), 3rd International Conferance on Environmental Science and Technology, Budapest, 19-23 October, 2017.

Aksan S., **Pelin E. G.**, Ergül H. A., Erdem T., Assesment of Total PAH concentration in mussel tissue after the lagerst oil spill in İzmit Bay (the Marmara Sea), VIII. International Symposium on Ecelogy and Environmental Problems, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey, 4-7 October 2017.

Özen F., **Pelin E. G.**, Acemi A., Ergül H. A., Assessment of Machrophyte Plant Distribution and PAH Contamination in Selected Aquatic Habitats from an Industrialized City, *DE GRUYTER OPEN*, 2017, **4**, 27-33.

ÖZGEÇMİŞ

5 Mayıs 1993 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2011 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde lisan eğitimine başladı ve 2015 yılında Biyolog olarak mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı.