KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTANBUL HALİÇ'İ MİDYE VE SEDİMENT ÖRNEKLERİNDE PAH DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

SEDA KILIÇ

KOCAELİ 2015

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTANBUL HALİÇ'İ MİDYE VE SEDİMENT ÖRNEKLERİNDE PAH DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

SEDA KILIÇ

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

Prof.Dr. Aykan KARADEMİR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Yrd.Doç.Dr. Asude ATEŞ
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 25.06.2015

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Dünya'nın ticaret merkezlerinden biri olan İstanbul Boğazı'nın kolu Haliç (İstanbul Haliç'i), kontrolsüz endüstriyel deşarjlar, kentsel deşarjlar ve kuru-yaş atmosferik birikim nedeniyle kirlenmiştir. Biyolojik izleme çalışması olan bu çalışmada, Haliç sediment ve midyelerinde farklı istasyonlarda PAH düzeyleri mevsimsel olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmayı planlayan, yürüten ve sonuçlanmasına kadar yardımcı olan, lisans dönemimden bu yana bilimsel açıdan her anlamda beni destekleyip cesaretlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Halim Aytekin ERGÜL'e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarını planlayan ve sorularımı karşılıksız bırakmayan TÜBİTAK 112Y060 numaralı proje yürütücüsü sayın Doç. Dr. Önder KILIÇ'a, Doç. Dr. Murat BELİVERMİŞ'e ve ekip arkadaşlarına teşekkürü borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarında bilgi paylaşımında bulunarak bana yol gösteren Mine TERZİ'ye ve Arş. Gör. Serdar AKSAN'a ve laboratuar çalışmalarıima yardımcı olan biyoloji bölümü lisans öğrencilerine çok teşekkür ederim. Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü değerli hocalarıma ve her zaman samimiyet ve desteklerini hissettiğim arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda bulunan ve aldığım tüm kararlarda beni destekleyen aileme minnettarlıkla teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma TÜBİTAK 112Y060 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

Haziran - 2015 Seda KILIÇ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 3
1.1. Biyolojik izleme 3
1.2. Biyoişaretleyici ve biyobelirteç organizmalar 4
1.3. İstanbul Haliç'i 4
1.3.1. İstanbul Haliç'inin bazı oşinografik özellikleri 6
1.3.2. İstanbul Haliç'inde kirlilik 7
1.4. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar) 8
1.4.1. Genel bilgiler 8
1.4.2. Kaynakları 9
1.4.3. Su ve sediment ortamlarına PAH girdisi 9
1.4.4. Fiziksel ve kimyasal özellikleri 10
1.4.5. Çevrede dağılımları 13
1.4.6. Toksisiteleri ve canlılar üzerindeki etkileri 15
1.5. Çalışmanın amacı 18
2. MATERYAL VE METOT 19
2.1. Örnekleme 19
2.1.1. Örnekleme sahası 19
2.2. Materyal 21
2.2.1. Akdeniz midyesi (Mytilus galloprovincialis) 21
2.3. Metot 22
2.3.1. Materyallerin toplanması ve muhafaza koşulları 22
2.3.1.1. Yüzey sedimentlerinin alınması ve muhafazası 22
2.3.1.2. Midyelerin alınması ve muhafazası 22
2.3.2. Analizlerde kullanılan cihaz, araç ve gereçler 22
2.3.3. Analizlerde kullanılan malzemelerin hazırlanması 24
2.3.4. Analizlerde kimyasal maddelerin hazırlanması 24
2.3.4.1. Olası girişimlerin önlenmesi için uygulanan ön hazırlıklar 24
2.3.4.2. Surrogate standart ve kalibrasyon çözeltilerinin kullanımı 24
2.3.5. Örneklerin analize hazırlanması ve ekstraksiyonu 25
2.3.5.1. Midyelerin hazırlanması ve ekstraksiyonu 25
2.3.5.2. Sedimentlerin hazırlanması ve ekstraksiyonu 25
2.3.6. Midye ve sedimentlerin son konsantrasyon basamağı 27
2.3.7. PAH analizlerinde GC işletim parametreleri 28
2.3.8. Metot algılama sınırı (MAS) 32
2.3.9. Geri kazanım değerleri 32
2.3.9.1. Midye SRM PAH geri kazanım değerleri 32
2.3.9.2. Sediment SRM PAH geri kazanım değerleri 33

2.3.10. Korelasyon katsayılarının hesaplanması....34
3. BULGULAR VE TARTIŞMA....35
3.1. İstasyonlara ve İncelenen Parametrelere Ait Bazı Veriler....35
3.1.1. Deniz suyuna ait oşinografik bulgular....35
3.1.2. Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru ağırlıklar....40
3.2. PAH Bulguları....42
3.2.1. Yüzey sedimentlerine ait bulgular....42
3.2.2. Midyelere ait bulgular....51
3.2.3. Midye ve sedimentlere ait PAH bulgularının birlikte değerlendirilmesi....56
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER....59
KAYNAKLAR....61
EKLER....71
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER....99
ÖZGEÇMİŞ....100

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Haliç'in genel görünümü 5
Şekil 1.2. Haliç'in bölümleri ve konumu 6
Şekil 1.3. PAH'ların çevredeki genel akış çizelgesi....15
Şekil 2.1. Midye (*Mytilus galloprovincialis*) örnekleme istasyonları (M1: Sirkeci, M2: Karaköy, M3: Perşembe Pazarı, M4: Cibali, M5: Kasımpaşa, M6: Fener, M7: Balat, M8: Hasköy) 19
Şekil 2.2. Yüzey sediment örnekleme istasyonları (S1: Sirkeci, S2: Perşembe Pazarı, S3: Cibali, S4: Kasımpaşa, S5: Fener, S6: Balat, S7: Hasköy, S8: Valide Sultan Köprüsü, S9: Haliç Köprüsü, S10: Eyüp, S11: Sütlüce, S12: Miniatürk, S13: Dereağzı) 20
Şekil 2.3. Mytilus galloprovincialis'in sedefli iç kabuk ve dış kabuk görünümleri 21
Şekil 2.4. Midye ve sedimentlerin 2 mL'ye konsantrasyonu....26
Şekil 2.5. Örneklerin clean-up basamağı....27
Şekil 2.6. Örneklerin son konsantrosyan basamağı ve 1 mL'lik numunelerin hazırlığı 28
Şekil 2.7. PAH kalibrasyon çözeltisine ait kromatogram (2 ppm)....29
Şekil 2.8. Haliç midye örnegine ait PAH kromatogramı 30
Şekil 2.9. Haliç sediment örneğine ait PAH kromatogramı....31
Şekil 3.1. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunun (0-0,5 m) pH değerleri....35
Şekil 3.2. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunun (0-0,5 m) sıcaklık değerleri....36
Şekil 3.3. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunun (0-0,5 m) çözünmüş oksijen değerleri 36
Şekil 3.4. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunun (0-0,5 m) tuzluluk değerleri 37
Şekil 3.5. Midyelerin toplandığı istasyonlarda (M1-M8) yüzey suyunun (0-0,5 m) pH değerleri....37
Şekil 3.6. Midyelerin toplandığı istasyonlarda (M1-M8) yüzey suyunun (0-0,5 m) sıcaklık değerleri 38
Şekil 3.7. Midyelerin toplandığı istasyonlarda (M1-M8) yüzey suyunun (0-0,5 m) çözünmüş oksijen değerleri....38
Şekil 3.8. Midyelerin toplandığı istasyonlarda (M1-M8) yüzey suyunun (0-0,5 m) tuzluluk değerleri 39
Şekil. 3.9. Yüzey sedimenti örnek istasyonlarında (<63 µm fraksiyonu) T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı 43
Şekil 3.10. Tüm sediment istasyonlarında (<63 µm fraksiyonu) ortalama T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı 44
Şekil 3.11. Yüzey sedimenti örnek istasyonlarında (>63 µm fraksiyonu) T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı 45

Şekil 3.12. Tüm sediment istasyonlarında (>63 µm fraksiyonu) ortalama T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı 46
Şekil 3.13. Karadeniz sedimentlerinde PAH dağılımları..... 47
Şekil 3.14. Mytilus galloprovincialis örneklerinde mevsimlere ve istasyonlara göre T-PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık) 52
Şekil 3.15. Tüm midye örneklemesi istasyonlarında ortalama T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı..... 53

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo1.1. 1982-1994 yılları arasında İstanbul Boğazı'nda meydana gelen tanker kazaları 8
Tablo 1.2. Amerika Ulusal Çevre Koruma Ajansı (US EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınan 16 PAH bileşeninin yapısı 11
Tablo 1.3. PAH'ların bazı fiziksel ve kimyasal özelikleri.....13
Tablo 1.4. Bazı PAH bileşiklerinin kanserojenik potansiyelleri (BaP: 1) 16
Tablo 1.5. PAH'ların kanserojen etkileri.....17
Tablo 2.1. Midye örneklerine ait istasyon adları ve coğrafik koordinatları 19
Tablo 2.2. Sediment örneklerine ait istasyon adları ve coğrafik koordinatları.....20
Tablo 2.3. Analizlerde kullanılan cihaz, malzeme ve kimyasal maddeler 23
Tablo 2.4. Gaz Kromatografi cihazının PAH analizi işletim parametreleri 28
Tablo 2.5. PAH bileşenleri için metot algılama sınırı.....32
Tablo 2.6. Midye Standart Referans Madde (NIST-SRM-2974a) PAH geri kazanım değerleri (kuru ağırlık) 33
Tablo 2.7. Deniz sedimenti Standart Referans Madde (NIST-SRM-1941b) PAH geri kazanım değerleri (kuru ağırlık) 34
Tablo 3.1. Kış 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar.....40
Tablo 3.2. Bahar 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar 40
Tablo 3.3. Yaz 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar.....40
Tablo 3.4. Güz 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar 41
Tablo 3.5. Kış 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar.....41
Tablo 3.6. Bahar 2014 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar 41
Tablo 3.7. Dünya genelinde sedimentlerde bulunan toplam PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık).....47
Tablo 3.8. Deniz sedimenti için Sediment Kalite Rehber değerleri (SQG) (µg/kg kuru ağırlık).....50
Tablo 3.9. Dibenzo(a,h)anthracene için TEL değerinin aşıldığı istasyonlar.....50
Tablo 3.10. Dünyanın farklı bölgelerindeki *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde belirlenen PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık) 54
Tablo 3.11. Sediment (<63 µ farksiyon) ve midye örnekleri ortak istasyonlardaki mevsimsel T-PAH konsantrasyonlarının korelasyonu 57
Tablo 3.12. Sediment (> 63 µ farksiyon) ve midye örnekleri ortak istasyonlardaki mevsimsel T-PAH konsantrasyonlarının korelasyonu 58

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar

AKM	: Askıda Katı Madde
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
EPA	: United States Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)
ERL	: Effects Range Low (Düşük Etki Aralığı)
FID	: Flame Ionization Detector (Alev İyonlaşma Dedektörü)
GC	: Gaz Kromatografisi
HOK	: Hidrofobik Organik Kimyasallar
IARC	: International Agency for Research on Cancer (Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı)
KOK	: Kalıcı Organik Kirleticiler
MAS	: Metot Algılama Sınırı
NIST	: Uluslararası Standart&Teknoloji Enstitüsü
PAH	: Poliaromatik Hidrokarbonlar
PEL	: Probable Effect Level (Muhtemel Etki Seviyesi)
SQG	: Sediment Quality Guideline (Sediment Kalite Rehberi)
TEL	: Treshold Effect Level (Eşik Değer Seviyesi)
T-PAH	: Toplam Polisiklik Aromatik Hidrokarbon

İSTANBUL HALİÇ'İ MİDYE VE SEDİMENT ÖRNEKLERİNDE PAH DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışma İstanbul Haliç'inde gerçekleştirilmiştir. Yüzey sedimentleri ve *Mytilus galloprovincialis* yumuşak dokusu örneklerinde PAH düzeylerindeki 2013 Şubat-2014 Mayıs ayları arasındaki mevsimsel değişimler araştırılmıştır. Haliç'in kuzey, güney ve batısında belirlenen 13 farklı noktadan yüzey sedimenti, 8 farklı noktadan midye örnekleri alınmıştır. Midye örnekleri 16 ay boyunca her mevsim ve yüzey sedimentleri 2013 ve 2014 yıllarında farklı tarihlerde alınmıştır. Sediment örneklerinin partikül büyüklüğü <63 µm ve >63 µm olarak ayrılmıştır.

Örneklerin ekstraksiyonunda ultrasonik banyo kullanılmış ve ölçümler PAH analizlerinde GC-FID kullanılarak yapılmıştır. Yüzey sedimentlerinde T-PAH değerleri 63 µm'den küçük partiküller için kuru ağırlıkta 7,51-115,30 ng/g arasında değişmektedir. 63 µm'den büyük partiküller için T-PAH değerleri kuru ağırlıkta 11,27-541,23 ng/g arasında değişen miktarlarda belirlenmiştir. Tüm istasyonlardaki ortalama PAH konsantrasyonları basenlere göre değerlendirildiğinde kirlilik en yüksek Haliç Orta Baseni'ndedir. *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde T-PAH konsantrasyonları kuru ağırlıkta 23,77-292,86 ng/g arasında belirlenmiştir ve ortalama PAH konsantrasyonları en yüksek Haliç Orta Baseni'ndedir. Araştırma sonuçları, PAH düzeylerinin mevsimsel farklılıklar gösterdiğini ve genel olarak ortalama T-PAH konsantrasyonlarının kış mevsiminde daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Haliç*, Mytilus galloprovincialis,* PAH, Sediment.

DETERMINATION OF PAH LEVELS IN MUSSEL AND SEDIMENT SAMPLES IN THE GOLDEN HORN

ABSTRACT

This study was conducted in Halic (The Golden Horn) in Istanbul. The changes of PAH levels in the surface sediments and soft tissue of *Mytilus galloprovincialis* were evaluated seasonally between 2013 February and 2014 May. Surface sediment samples were taken from 13 different locations, mussels were sampled from 8 sides in southern, northern and western of Haliç. Samplings for mussel were carried out seasonally during 16 months and surface sediments were taken on different days of 2013 and 2014. Sediment samples were separated to <63 μm and >63 μm particle fractions.

Ultrasonic device was used for extraction of samples and PAHs were analysed by GC-FID. In the <63 μm surface sediment samples T-PAH concentrations ranged from 7.51 to 115.30 ng/g dry wt. and 11.27-541.23 ng/g dry wt. in the >63 μm sediments. Assessment of the average concentrations of PAHs for different basins showed that the Middle Basin was the most polluted one. In *Mytilus galloprovincialis* samples T-PAH concentrations ranged from 23.77 to 292.86 ng/g dry wt.In addition, assessment of the average concentrations of PAHs for different basins showed that the Uppest Basin was the most polluted one. Results of the investigation indicate that PAH levels generally change seasonally and average of T-PAH generally is higher during winter.

Keywords: The Golden Horn, *Mytilus galloprovincialis*, PAHs, Sediment.

GİRİŞ

Petrol ve petrol ürünlerinden tarih boyunca faydalanılmıştır. Sanayinin gelişmesiyle birlikte insanlar ve kullanılabilir enerji kaynakları arasındaki ilişki tüm uluslar arasında büyük bir rekabete neden olan ham petrolün araştırılması ve işlenmesiyle vazgeçilmez hale gelmiştir. Dünyada yıllık ham petrol üretimi günlük 70 milyon varil civarındadır (Kilpatrick, 2006). Deniz aracılığıyla taşınan ham petrolün yaklaşık %50'si sucul ortamdaki kirlilik risklerini artırmaktadır. Denizlerdeki petrol kirliliğinin ana kaynakları ham petrolün üretimi ve işlenmesi sırasındaki salınımlar, ulaşımı esnasındaki dökülmeler, rezervuarlardaki doğal sızıntılar, son kullanıcılar tarafından imha edilmesi ve yer altı ve karasal akışlardır (Diez ve diğ., 2005; Lara-Martin ve diğ., 2007; Short ve diğ., 2007). Petrol kaynaklı hidrokarbonların deniz sularına ve haliçlere girişi yıllık 1,7-8,8×10^6 ton olarak hesaplanmıştır (McKew ve diğ., 2007). 2025 ile birlikte dünyanın petrol ihtiyacında %50 artış olacağı beklenmektedir (US Department of Energy, 2006) ve benzer şekilde petrol kirliliği deniz ekosistemleri için önemli tehdit unsuru olmaya devam edecektir.

Çevre kirliliğine sebep olan ve aynı zamanda canlılar için sağlık riski teşkil eden polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), mutajen ve/veya kanserojen özellikleri ve yüksek uçuculukları sebebiyle kontrol altına alınması gereken bir kirletici grubudur (Park ve diğ., 2002).

Marmara Denizi özellikle petrol ulaşımı sırasındaki kazalara bağlı olarak ve petrol kaynaklı hidrokarbonların ve ürünlerinin salınımı ile aşırı bir şekilde kirletilen iç denizlerden biridir (Tolun, 2006; Alpar, 2005; Küçüksezgin, 2006). Marmara Denizi'ndeki kirlilik kronik hale gelmiştir ve yenilenme kapasitesi yeterli değildir. Kirlilik oranının artışı sırasında, Marmara Denizi'nde oksik sedimentler giderek anoksik hale gelmişlerdir ve bunun sonucunda anaerobik ve anoksik süreçler yıllar boyunca etkin olmuştur (DSI, 2004). Petrol kirliliği şiddetini hesaplamada (i) yüksek konsantrasyonlar (>100 ppm toplam PAH) ve (ii) toplam PAH konsantrasyonları 0-100, 100-1000, 1000-5000 ve >5000 ppm olduğunda PAH

içeriği sırasıyla düşük, makul, yüksek ve çok yüksek olarak tanımlanabilir (Baumard ve diğ., 1998a).

Yukarıdaki bilgilerin ışığında bu çalışmanın amacı Haliç'teki güncel kirlilik hakkında bilgi sahibi olunması, Haliç'teki midye ve yüzey sedimentlerinde PAH kontaminasyonlarının mevsimsel olarak araştırılması ve ileride yapılacak olan çalışmalara veri sağlanmasıdır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Biyolojik izleme

Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK) ve PAH gibi bazı kirleticiler çevrede uzun süre kalabilen besin ağında biyobirikimle çevrede ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sebep olan kimyasal maddelerdir.

Çevresel kirleticilere maruz kalma organizmalarda toksisiteye sebep olabilir ve biyolojik izlemeyle bu kirleticileri tanımlamak ve seviyelerine karar vermek mümkündür (Clewell ve diğ., 2008). Biyolojik izleme, örnekleme ve organizma doku ve çevre yapılarında analiz yaparak kirleticilerin etkilerini değerlendirmeye yarayan bir yöntemdir. Bu yöntem kirleticilerin potansiyel etki ve toksisiteleri hakkında direkt bilgi verir (Zhou ve diğ., 2008). Biyolojik izleme veri ölçümü canlıların çevresel kirleticilere maruz kaldığını kanıtlamaktadır. Biyolojik izleme çalışmalarıyla elde edilen sistematik ölçümler ilgili kirleticinin ekosistemdeki konsantrasyon ana hatlarını ve zamana bağlı değişimlerini ortaya çıkarmaktadır. Buna rağmen, ölçülen seviyelerde birikim yönü, organizmada kirletici varlığı ve kirletici riskleri hakkında bilgi vermemektedirler (Clewell ve diğ., 2008).

Biyolojik izlemeyle elde edilen veri çevresel maruziyetin direk ölçümünden ziyade ara maruziyet belirtecidir. Ölçülen ara maruziyet, maruziyet yollarının ve fizyolojik mekanizmaların tümünün sonucu olduğu için, biyolojik izleme verisi bu maruziyet yollarına etki eden tüm faktörleri tanımlamada kullanılamaz. Ayrıca, biyolojik izleme çalışmaları sonucunda elde edilen veri sadece ölçüm zamanında bilgi vermektedir. Böylece, hedef organizmayla ilişkili maruz kalınan kirleticinin kinetiği hakkında ek bilgiye ihtiyaç duyulur (Clewell ve diğ., 2008).

Biyolojik izleme yöntemleri ekosistem kalitesini gözlemlemek için uygulanır (Van der Oost ve diğ., 2003). Biyolojik izleme:

1. Biyobirikim izleme: biyotada kirletici seviyelerinin ölçümü (biyobirikim)
2. Biyolojik etki izleme: organizmalarda kirleticilerin etkilerine karar verilmesi (biyoanalizler ve biyobelirteçler) olarak sınıflandırılabilir.

Biyotada kimyasalların birikimi ekosistem kalitesini izlemede kullanılabilir ve toksisite seviyeleri hakkında önemli bilgi verir. Yumuşakçalardaki kimyasalların konsantrasyonları yaşadıkları ortama ve sudan süzdükleri besinlere bağlıdır. Su ve besin kaynaklarındaki kimyasal konsantrasyonları arttığında ya da azaldığında yumuşakçalardaki konsantrasyonların da artması ya da azalması beklenir.

1.2. Biyoişaretleyici ve biyobelirteç organizmalar

Organizmalara kirletici girdisi maruziyet belirteci olarak değerlendirilebilir. Organizmada biriken kirleticilerin seviyesi ve bu kirleticilerin etkisi biyobelirteçlerle gösterilebilir. Bunlar organizmada fizyolojik, hücresel, biyokimyasal ve davranışsal değişikliklere neden olabilir (Zhou ve diğ., 2008). Biyoindikatör organizmalar biyolojik izleme çalışmalarında kullanılır ve organizmaların seçimi ölçüm ya da analizlerde bu organizmaların özelliklerine, hassasiyetlerine, yeteneklerine ve kullanılabilirliklerine bağlıdır (Clewell ve diğ., 2008). Ayrıca, kirleticileri yüksek seviyede biriktirme potansiyeli, hareketsizlik, bolluk, geniş coğrafik dağılım, uzun süre yaşama özelliği, kolay örnekleme, laboratuarda kolay beslenebilme, sucul ortamda yaşama yeteneği, besin zincirinde trofik seviye ve doz-duyarlılık ilişkisinin kullanılabilirliği mükemmel biyoindikatör organizmanın özellikleridir (Zhou ve diğ., 2008).

1.3. İstanbul Haliç'i

Io Yunan mitolojisinde nehir tanrısı Inahos'un kızıdır. Bir hikayeye göre; Io'dan hoşlanan Zeus, onu eşinden gizlemek amacı ile bulutlar arasına saklar, fakat Hera şüpheleri sebebiyle olay yerine gelir. Io'yu Hera'dan korumak isteyen Zeus kendisini beyaz bir buluta Io'yu ise bir ineğe çevirir.

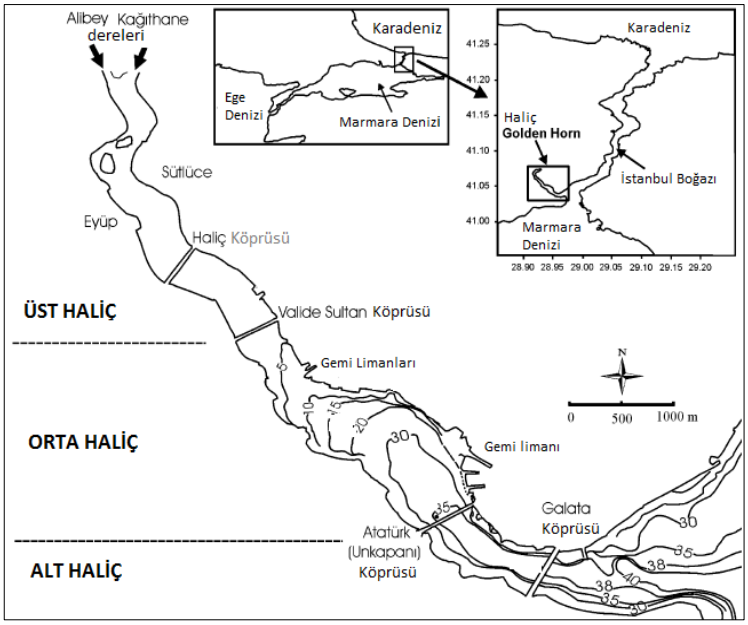
Fakat Hera buna aldanmaz ve ineğe dönüşmüş olan Io'yu sürekli rahatsız etmesi için bir sinek yollar. Io kaçıp İstanbul Boğazı'nı geçerken buraya buzağılar geçidi anlamına gelen "Bosphorus" adını vermiştir. Bu sırada Hera'nın peşine taktığı sinekten rahatsız olduğu için kafasını hızla sallar ve boynuzu İstanbul boğazının çıkışında karaya saplanır. Burada açılan boşluğa sular ve güneşte sırtları altın gibi parıldayan palamut balıkları dolar. Bu nedenle bu boşluk o günden sonra "Altın Boynuz" olarak anılır (URL-1).

Haliç, İstanbul'un kalbine doğru akan Boğaz'ın 8 km uzunluğundaki bir koludur ve Karadeniz, Boğaz ve Marmara Denizi ile çevrilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Haliç'in genel görünümü

Marmara Denizi'nin kuzeyinde, İstanbul'un güneybatısında bulunan Haliç'in yüzey alanı ise 2,6 km^{2}'dir. Şekil 1.2 (Taş ve diğ., 2009)' de gösterildiği gibi Haliç 3 farklı bölümden oluşmaktadır ve genişliği 293 ile 685 m ve derinliği 1 ile 40 m arasında değişmektedir (Kılıç ve Çotuk, 2011). Alibeyköy ve Kağıthane derelerinin oluşturduğu Altın Boynuz (The Golden Horn) olarak da bilinen Haliç'in en derin bölgesi Galata Köprüsü altında 60 metreye kadar ulaşır.



Şekil 1.2. Haliç'in bölümleri ve konumu (Taş ve ark, 2009)

Geçmişte Alibeyköy ve Kağıthane derelerinden günlük 3×10^5 m^3 tatlı su Haliç'e akmıştır (Coleman ve diğ., 2009) fakat 1990'lı yılların sonunda bu desarjlar oldukça düşmüştür (Öztürk ve diğ., 1998). Bunun yanında Haliç'e giriş yapan tek ana tatlı su kaynağı yağmur ve ikinci dereceden kontrol edilemeyen insan kaynaklı boşaltımlardır (Sur ve diğ., 2002).

1.3.1. İstanbul Haliç'inin bazı oşinografik özellikleri

Haliç'te, sirkülasyonun belirli özellikleri halice giren tatlı suyun (akış-yağmur), az tuzlu suyun (Karadeniz'den), tuzlu suyun (Akdeniz'den) akış hacmi ve oranı, basen boyutu ve şekli ve rüzgarların etkileri tarafından belirlenmektedir. Haliçteki su kolonunun fiziksel ve kimyasal özellikleri bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Ergin ve diğ., 1991; Balkıs, 2010; Alpar, 2005; Saydam ve diğ., 1986; Baştürk ve diğ., 1988; Öztürk ve diğ.,1998). Alibeyköy ve Kağıthane dereleriyle beslenen Haliç'in alt baseni 2 tabakalı yapısıyla İstanbul Boğazı'na benzer bir özellik gösterir (Özsoy ve diğ., 1988).

Ayrıca hidrografik araştırmalar da Boğaz içine kadar uzanan yaklaşık 2-3 m kalınlıktaki belirgin üst tabaka katmanının varlığını göstermektedir ve muhtemelen bu tabaka Galata Köprüsü dubalarının tıkanmasıyla ve atık su boşaltımlarının artmasıyla ortaya çıkmaktadır. Üst tabakadaki tuzluluk genellikle yaklaşık 18 ile 20 ppt arasında değişir fakat yağmur suyu ve yer altı sularının artması sebebiyle haliçin

iç kısmında bu değer 10 ppt'ye kadar düşmektedir. Dip tabakadaki tuzluluk ise 38 ile 39 ppt arasındadır.

Kirlenmeye bağlı olarak Haliç'in su kolonu anoksik özelliktedir (Kıratlı ve Balkıs, 2001), su kolonunda bakteriyel kirlilik (Aslan-Yılmaz ve diğ., 2004) ve yüksek nutrient konsantrasyonlarına rastlanmaktadır (Okuş ve diğ., 2001; Yüksek ve diğ., 2006). Haliç'in çözünmüş oksijen (ÇO) içeriği yüzey suyunda 0,5 ile 3 mg/L ve dip suyunda <0,03 ve 3 mg/L arasındadır. 1987' de daha önce yapılan çalışmalar haliçte 3 ile 25 m derinlikleri arasında ÇO içeriğinin 3 ile 7 mg/L arasında değiştiğini göstermektedir ve bu değer haliçin iç tabakasına doğru azalmıştır (Saydam ve diğ., 1990).

1.3.2. İstanbul Haliç'inde kirlilik

Haliç (İstanbul Haliç'i), 1950ler esnasında İstanbul şehrinin sanayi merkezini oluşturmuştur. Kontrolsüz endüstriyel deşarjlar, Alibeyköy ve Kağıthane derelerinden taşınan alüvyon ve atıklar, kentsel deşarjlar ve kuru-yaş atmosferik birikim nedeniyle kirlenmiştir. 200'den fazla kanalizasyon tarafından Haliç'e evsel atık su boşaltılmıştır.

Haliç'in kıyısında 1930'lu yıllardan 1980'li yıllara kadar faaliyet gösteren metal işleme-eritme, elektrik, demir-çelik, makine, tekstil fabrikaları ve mezbaha, kirleticilerin sağlık ve çevre örgütleri tarafından belirlenen limitlerinden yüzlerce kat yüksek konsantrasyonlarını denize boşaltmışlardır. Bu yüzden Haliç, ağır metallerin, organik kirleticilerin (poliklorlu bifenil; PCB ve polisiklik aromatik hidrokarbon; PAH bileşenleri) ve radyoaktif elementlerin yüksek konsantrasyonlarına aşırı derecede maruz kalmıştır.

Haliç, Altın Boynuz, yüksek anaerobik dip balçığıyla aşırı miktarda kirletilmiş bir deniz ortamı haline gelmiştir (Akarsubaşı ve diğ., 2006). Günümüzde Haliç'in özellikle iç kısımlarında deniz dibi hala balçıktan oluşmaktadır ve deniz suyunun oksijen miktarı çok düşüktür. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından bölgede yürütülen büyük çaplı restorasyon çalışmalarının başlıca yöntemi özellikle 1997-1998 yıllarında deniz dibi sedimentinin kazınarak karada başka bölgelere taşınması olmuştur. Ayrıca, Haliç'in kıyısında 50 yıldan fazla faaliyetlerini sürdüren yaklaşık 500 fabrika ve imalathane kapatılmış veya başka bölgelere taşınmıştır. Haliç'teki kirlilik dayanılmaz ve sağlıksız durumlara neden olmaktadır ve birikim 2 akarsuyu tamamen dolduracak seviyededir (Karpuzcu ve diğ., 1997).

Türk Kılavuz Kaptanlar Derneği'nin 1994 yılında yaptırdığı araştırmaya göre 1982-1994 yılları arasında İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kazaların %57'sini çarpışmalar, %22'sini karaya oturmalar, %16'sını karaya çarpma ve yangınlar kalan %5'ini ise diğerleri oluşturmaktadır (URL-2). Bu kazalar içinde önemli oranda çevre ve deniz kirliliğine sebebiyet verenlerden bazıları Tablo 1.1'de belirtilmiştir.

Tablo 1.1. 1982-1994 yılları arasında İstanbul Boğazı'nda meydana gelen tanker kazaları (Akten, 2006)

Tarih	Gemi Adı	Kaza Bölgesi	Kaza Tipi ve Petrol Sızıntısı
14.12.1960	World Harmony-Peter i	Kanlıca	Çarpışma ve Yangın: 18000 ton petrol
15.09.1964	Norborn-Peter Zoranic'in enkazı	Kanlıca	Temas: Yangın ve Petrol Sızıntısı
01.03.1966	Lutsk-Kransky Oktiabr	Kızkulesi	Çarpışma ve Yangın: 1850 ton petrol sızıntısı
15.11.1979	Independenta-Evriali	-	Çarpışma ve Yangın: 94600 ton petrol sızıntısı
09.11.1980	Nordic Faith-Stavanda	-	Çarpışma ve Yangın
29.10.1988	Bluestar-Gaziantep	Ahırkapı	Temas: 1000 ton amonyak sızınısı
25.03.1990	Jambur-Da Tung Shan	Sarıyer	Çarpışma: 2600 ton petrol sızıntısı
13.03.1994	Nassia-Shipbroker	-	Çarpışma ve Karaya Oturma: 9000 ton petrol sızdı, 20000 ton petrol yangını
1982	Unirea	-	66400 ton petrol sızıntısı
07.12.1999	Semele-Sipka	Yenikapı	Çarpışma: 10 ton petrol sızıntısı
29.12.1999	Volganeft 248	Florya	1500 ton petrol sızıntısı
07.10.2002	Gotia	Bebek	Karaya Oturma: 20 ton petrol sızıntısı

Haliç'in temizlenmesi ile ilgili özellikle 1980'li yıllarda başlayan çalışmaların esas yöntemi deniz dibindeki çamurun kazınarak karada başka bölgelere taşınması olmuş ve 1997-1998 yıllarında geniş çapta yapılan bu çalışmanın halen devam ettiği bildirilmektedir. Alibeyköy ve Kağıthane derelerinden gelen alüvyon ve katı atıkların miktarının çok yüksek olduğu bilinmektedir (Tuncer ve diğ., 2001; Teksöz ve diğ., 1991). Nitekim Haliç'te yılda 3,5 cm olarak gerçekleşen sedimentasyon miktarı dünyadaki benzer haliçlerde meydana gelen sedimentasyona (1 cm/yıl) oranla daha yüksektir (Teksöz ve diğ., 1991).

1.4. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar)

1.4.1. Genel bilgiler

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) iki ya da daha fazla benzen halkasına sahip hidrofobik karakterli organik bileşiklerdir (Zhang ve diğ., 2006; Wcisło, 1998; Wang ve diğ., 2010). PAH'ların mutajenik, toksik ve kanserojenik oldukları

bilinmektedir (Wang ve diğ., 2010; Nieva-Cano ve diğ., 2001; Tsai ve diğ., 2002; Liang ve diğ., 2006) ve PAH'lar günümüzde kimyasal kanserojenlerin en geniş sınıfı olarak yer tutarlar (Köseler, 2008; Bjørseth ve Ramdahl, 1985).

PAH'ların, hidrofobik yapılarından dolayı sudaki çözünürlükleri oldukça azdır. Ancak yüksek oranda lipofilik özelliğe sahiptirler. Yapısında dörtten az benzen halkası bulunduran PAH'lar hafif PAH, dört ve daha fazla benzen halkası bulunduran PAH'lar ise ağır PAH olarak tanımlanır (Danyi ve diğ., 2009). PAH'ların molekül ağırlıkları arttıkça sudaki çözünürlükleri azalmaktadır. Ancak toksik ve kanserojenik özellikleri artmaktadır (Wenzl ve diğ., 2006; Ferrarese ve diğ., 2008).

1.4.2. Kaynakları

PAH'lar doğal ya da antropojenik kaynaklı olarak organik bileşiklerin eksik yanması sonucu oluşurlar. Doğal kaynakları, orman yangınları, volkanik patlamalar, doğal petrol sızıntılar ve biyojenik emisyonlar oluşturmaktadır. Antropojenik kaynaklar, sabit ve hareketli kaynaklar olarak sınıflandırılabilir. Hareketli kaynaklar, dizel ve benzin gibi fosil yakıt yakan araçlar iken; sabit kaynakları, evsel ısıtma sistemleri (fosil yakıtların yakıldığı kalorifer kazanları, sobalar gibi), endüstriyel aktiviteler amacıyla kullanılan fosil yakıtların yakıldığı buhar kazanları, kalorifer kazanları, kireç ocakları; enerji üretim tesisleri ve atık yakma tesisleri oluşturur (Karakaş ve diğ., 2005).

Gemilerin atıkları, tankerlerle yapılan petrol, fuel-oil ve akaryakıt taşınımları sırasında çevreye yayılan petrol ürünleri, özellikle evsel ısıtma ve ulaşım sonucu kirlenen şehir havası, sedimentlerden yayılan doğal petrol ürünleri diğer PAH kaynakları arasında yer almaktadır (Ma ve diğ., 2001; Schneider ve diğ., 2001). Hayvan ve bitki dokularında, sedimentte, toprakta, havada, yüzey sularında, içme sularında, endüstriyel sularda ve yer altı sularında bulunan PAH'lar çevreye geniş çapta yayılmış olması sebebiyle canlılar PAH'lara maruz kalmaktadırlar.

1.4.3. Su ve sediment ortamlarına PAH girdisi

PAH'lar için alıcı ortam genellikle deniz, göl, nehir gibi su sistemlerindeki sedimentlerdir. PAH'lar, hidrofobik ve kararlı kimyasal yapılarından dolayı hızlı bir şekilde partiküller üzerine absorblanma eğilimindedirler (Wang ve diğ., 2001). Çözünürlükleri 10^{-7}-10^{-10} mol/m^3 arasında değişen ve yüksek oktanol su ayrım katsayısına sahip olan (kow) PAH'ların, yoğun olarak askıda katı maddelerde (AKM)

ve sedimentlerde birikim yaptığı çeşitli araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Arzayus ve diğ., 2001; Bixian ve diğ., 2001). Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi tarafından da (IARC) belirtildiği üzere, sediment vb. ortamlardaki PAH'lar besin zinciri yoluyla insan vücuduna alındığında mutajenik/kanserojenik etkilerinin gözlenme riski bulunduğu ifade edilmiştir (IARC, 1986). Bu nedenle PAH'ların sucul ortamlara girişinin kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır (Trably ve Patureau, 2006).

Genellikle alıcı su ortamlarındaki PAH'ların kaynaklarını, emisyonların sucul ortamlara atmosferik çökelmeleri (Shi ve diğ., 2005; Mc Veety ve Hites, 1988), petrol döküntüleri ve asfalt, kaster yağları (Golomb ve diğ., 2001), şehirlerdeki ve endüstriyel bölgelerdeki yüzeysel akış suları, deniz taşıtları, petrol arama ve çıkarma işlemleri (Haynes ve Johnson, 2000) atıksu deşarjı oluşturmaktadır. PAH'ların önemli kaynaklarından biri endüstriyel faaliyetlerdeki yanma prosesleridir. Bu nedenle, literatürdeki çalışmalarda, sanayinin geliştiği bölgelerde hava, su ve sediment gibi alıcı ortamlardaki PAH kirliliğin belirlenmesine öncelik verildiği görülmektedir. Dünya genelindeki çalışmalar daha çok Çin, Amerika, Kanada, Japonya gibi üretimin yoğun olduğu ülkelerde görülmektedir. Nüfusun hızla arttığı ve endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaştığı Türkiye'de ise sedimentlerdeki PAH konsantrasyonlarıyla ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Ünlü ve diğ., 2010; Ünlü ve Alpar, 2006; Tolun ve diğ., 2006; Karakaş ve Pekey, 2005).

1.4.4. Fiziksel ve kimyasal özellikleri

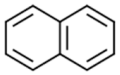
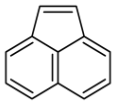
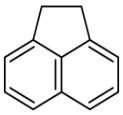
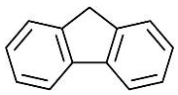
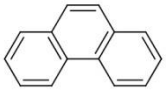
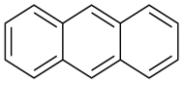
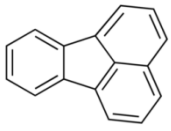
PAH'lar, saf bileşik halinde genellikle renksiz, beyaz veya soluk sarı yeşil renklidir. Zayıf güzel bir kokuya sahip olmaları sebebiyle aromatik olarak adlandırılırlar (Fessenden ve diğ., 2008).

Çoğunluğu yüksek kaynama ve erime noktasına sahiptir ve hepsi oda sıcaklığında katı formdadır. PAH'lar polar yapılı olmadıkları için suda çok zor çözünürler. Molekül ağırlığı arttıkça sudaki çözünürlükleri azalmaktadır. PAH'ların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin çok çeşitli olması, konjuge elektron sistemlerine sahip olmaları ile açıklanabilir. PAH'ların buhar basınçları molekül ağırlıkları arttıkça azalmaktadır. Bu özelliği sayesinde atmosferdeki partiküllere rahat bir şekilde adsorblanmaktadır (Karakaş ve diğ., 2005).

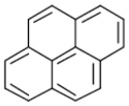
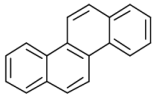
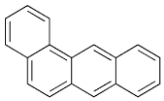
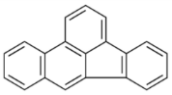
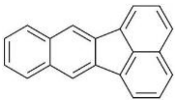
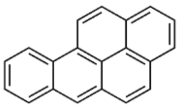
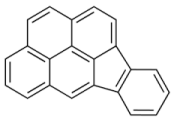
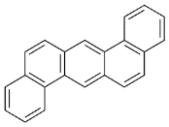
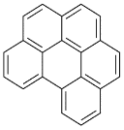
ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA), 16 PAH'ı temel kirleticiler olarak belirlemiştir. Bunlar Naphthalene, Acenaphthene, Acenaphthylene, Fluorene, Phenanthrene,

Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Chrysene, Benzo(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Indeno(1,2,3-c,d)pyrene, Benzo(g,h,i)perylene ve Dibenzo(a,h)anthracene'dir. Başlıca temel kirletici olan PAH'ların bulunduğu artıklar canlı ekosistemine zarar vermektedir (Garcia, 1999). Tablo 1.2'de EPA ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün önceliklendirdiği 16 PAH türünün yapısal formları, molekül formülleri ve Tablo 1.3'te PAH'ların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir (Karakaş ve diğ., 2005).

Tablo 1.2. Amerika Ulusal Çevre Koruma Ajansı (US EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınan 16 PAH bileşeninin yapısı

PAH	Molekül Formülü	Halka Sayısı	Yapısı
Naphthalene (NaP)	$C_{10}H_8$	2	
Ascenaphthalene (Ace)	$C_{12}H_8$	3	
Acenaphthene (Act)	$C_{12}H_{10}$	3	
Fluorene (Fln)	$C_{13}H_{10}$	3	
Phenanthrene (Phe)	$C_{14}H_{10}$	3	
Anthracene (Ant)	$C_{14}H_{10}$	3	
Fluoranthene (Fl)	$C_{14}H_{10}$	4	

Tablo 1.2. (Devam) Amerika Ulusal Çevre Koruma Ajansı (US EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınan 16 PAH bileşeninin yapısı

Pyrene (Pyr)	$C_{16}H_{10}$	4	
Chrysene (Chr)	$C_{18}H_{12}$	5	
Benz(a)anthracene (BaA)	$C_{16}H_{10}$	4	
Benzo(b)fluoranthene (BbF)	$C_{18}H_{12}$	5	
Benzo(k)fluoranthene (BkF)	$C_{20}H_{12}$	5	
Benzo(a)pyrene (BaP)	$C_{20}H_{12}$	5	
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene (InP)	$C_{22}H_{12}$	6	
Dibenz(a,h)anthracene (DahA)	$C_{22}H_{14}$	5	
Benzo(g,h,i)perylene (BghiP)	$C_{22}H_{12}$	6	

Tablo 1.3. PAH'ların bazı fiziksel ve kimyasal özelikleri (Karakaş ve diğ., 2005)

PAH	Molekül Formülü	Bağıl Moleküler Kütle	25°C'de Suda Çözünürlük (µg/L)	Log Kow (Log Koc)	CAS Number
Naphthalene	$C_{10}H_8$	128,2	$3,17 \times 10^4$	3,29 (2,97)	91-20-3
Acenaphthylene	$C_{12}H_8$	152,2	$3,4 \times 10^3$	4,07 (3,40)	208-96-8
Acenaphthene	$C_{12}H_{10}$	154,2	$3,93 \times 10^3$	3,98 (3,66)	83-32-9
Fluorene	$C_{13}H_{10}$	166,2	$1,98 \times 10^3$	4,18 (3,86)	86-73-7
Phenanthrene	$C_{14}H_{10}$	178,2	$1,29 \times 10^3$	4,45 (4,15)	85-01-8
Anthracene	$C_{14}H_{10}$	178,2	73	4,45 (4,15)	120-12-7
Fluoranthene	$C_{16}H_{10}$	202,3	260	4,90 (4,58)	206-44-0
Pyrene	$C_{16}H_{10}$	202,3	135	4,88 (4,58)	129-00-0
Benz(a)anthracene	$C_{18}H_{12}$	228,3	14	5,61 (5,30)	56-55-3
Chrysene	$C_{18}H_{12}$	228,3	2	5,16 (5,30)	218-01-9
Benzo(b)fluoranthene	$C_{20}H_{12}$	252,3	1,2	6,04 (5,74)	205-99-2
Benzo(k)fluoranthene	$C_{20}H_{12}$	252,3	0,76	6,06 (5,74)	207-08-9
Benzo(a)pyrene	$C_{20}H_{12}$	252,3	3,8	6,06 (6,74)	50-32-8
Benzo(ghi)perylene	$C_{22}H_{12}$	276,3	0,26	6,50 (6,20)	191-24-2
Indeno(1,2,3cd)pyrenee	$C_{22}H_{12}$	276,3	62	6,58 (6,20)	193-39-5
Dibenz(a,h)anthracene	$C_{22}H_{14}$	278,4	0,5 (27°C)	6,84 (6,52)	53-70-3

1.4.5. Çevrede dağılımları

Volkanik patlamalar, pirolitik reaksiyonlar ve açık yanma sonucu oluşan PAH'lar, fotoparçalanma ve biyolojik dönüşümlerle dengelenmekteydi. Fakat 1900'lü yıllardan itibaren endüstriyel gelişimin artması ve fosil yakıtın enerji kaynağı olarak kullanılması gibi nedenlere bağlı olarak ortama salınan PAH miktarı her geçen gün artarak PAH proseslerinin doğal dengesi bozulmuştur.

Atmosferik PAH'lar fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak gaz ve katı fazlarda dağılım gösterirler. Atmosferde uzun mesafeler boyunca taşınabilir ve sucul çevre içerisine geçiş yapabilirler. Sucul ortamlara girdiklerinde, PAH'ların çoğu hidrofobik özelliklerinden dolayı katı partikül halinde sedimentte birikirler. Sedimentler, bu bileşiklerin uzun vadeli dağılımlarının kaydı için iyi çevresel bölümlerdir (Fernandez ve diğ., 1999).

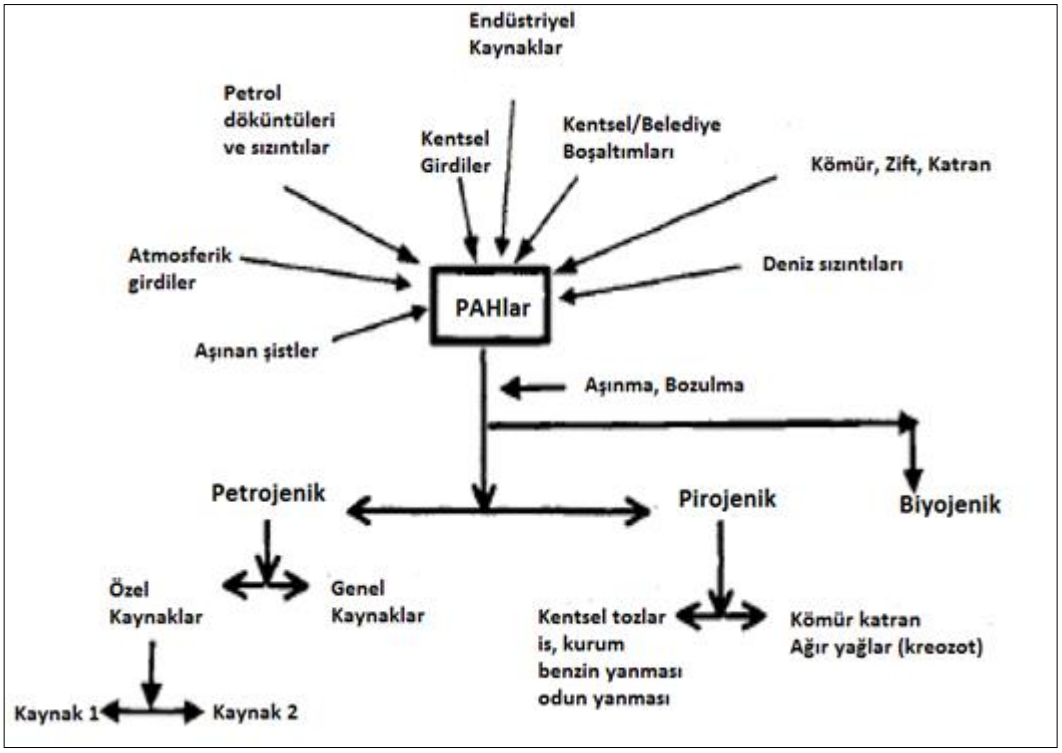
Toprakta ve kentsel alanlardaki sedimentlerde ve Grönland gibi uzak mesafeli buzlardaki PAH'ların tarihsel kayıtları geniş yayılımlı çevresel kontaminasyonları belgelemektedir. İngiltere'de Wild ve Jones tarafından yapılan PAH dağılım hesaplamaları atmosferin düşük depolama kapasitesine sahip olduğunu ve toprağın 15 cm üstünün çevredeki tüm PAH' ların % 94'ünü içeren ana havuz olarak rol oynadığını kanıtlamaktadır (Van Brummelen ve diğ., 1996).

Okyanus, deniz ve göl gibi doğal sular PAH'lar için bir diğer önemli alıcı ortamlardır. Doğal sulardaki PAH konsantrasyonları için Avrupa Birliği tarafından belirlenen bazı standartlar bulunmaktadır. Örneğin, yer altı suyunda en tehlikeli PAH'lar için referans konsantrasyonlar benzo(a)pyrene için 10 ng/L, fluoranthene ve pyrene için 20 ng/L, phenanthrene ve anthracene için 100 ng/L olarak belirtilmiştir (Djozan ve Assadi, 1999).

Klorlanmış pestisitler, poliklorlubifeniller (PCB) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi hidrofobik organik kimyasallar (HOK) atmosferde uzun mesafelere taşınırlar ve yaş ve kuru birikimleriyle yüzey sularına girerler. Atmosferik akımlar, uzak mesafelerdeki göl ve okyanuslardaki HOK girdilerine yön verirler. Yüzey sularında, çözünmüş HOK' lar buharlaşarak atmosfere geri dönebilir ve HOK ile hava-su arası akım ağı toplam birikim ve buharlaşma arasındaki farktır (Baker ve Eisenreich, 1990).

Su yüzeyine girmeyen PAH'ların diğer kısmı fotoparçalanma, oksidasyon ve biyodegredasyona uğrar, bir kısmı canlı bünyesine alınır, bir kısmı suda askıda kalır, geri kalan kısmıda sedimentte birikir. Sedimentte biriken PAH'ların bir kısmı biyolojik olarak bozunur, kalan kısmı da suda yaşayan canlıların bünyesine alınır.

Kara yüzeyine ulaşan PAH'ların bir kısmı da su yüzeyindekiler gibi buharlaşır, bir kısmı biyolojik bozunmaya uğrar, geri kalan kısmı yer altı sularına karışır oradan da akifere ulaşır. Su yüzeyinde bulunan PAH'lar için en önemli bozunma prosesleri bakterilerce gerçekleştirilen biyoparçalanma, fotoparçalanma, oksidasyondur (Eisler 2000; Rathore ve Sherma, 1993). Şekil 1.3'te PAH'ların çevresel döngüsü şematik olarak gösterilmiştir (Richter ve Howard, 2000).



Şekil 1.3. PAH'ların çevredeki genel akış çizelgesi (Richter ve Howard, 2000)

Hidrokarbonların birikimi genellikle organizmanın hidrokarbonları metabolize etme yetenekleriyle ters orantılıdır (Santodonato ve diğ., 1981; Eisler, 2000). Örneğin; çift kabuklu yumuşakçalar az gelişmiş bir "mixed function oxygenase (MFO)" kapasitesine sahiptirler ve hidrokarbonları süratle biriktirirler. Devamlı maruziyet sonucu çift kabuklular tarafından biriktirilen hidrokarbonlar yavaş bir şekilde temizlenir (Boehm ve Quinn, 1977). Balıklar ve bazı kabuklular gibi iyi gelişmiş bir MFO sistemine (mikrozomal monooksigenazlar) sahip organizmalar, hidrokarbonları metabolize etme yeteneğine sahiptir ve aşırı kirli bölgelerde yalnızca hidrokarbonları biriktirirler (Eisler, 2000).

PAH'lar besin zinciri ile balıklara, balıklardan da insanlara geçerler. Biyomagnifikasyon sebebiyle insanlarda daha fazla birikime neden olur. Balıkların ve insanların yağ dokularında uzun yıllar kalmakta, uzun yıllar sonra bile toksik etkilerini göstermektedirler (Demir ve Demirbağ, 1999).

1.4.6. Toksisiteleri ve canlılar üzerindeki etkileri

US EPA, 7 tanesi kanserojen olarak bilinen 16 PAH'ı öncelikli kirleticiler olarak sınıflandırmaktadır. Düşük moleküler ağırlıktaki PAH'lar sucul organizmalarda önemli ölçüde akut toksisite gösterirler. Bununla birlikte yüksek moleküler ağırlıktaki

PAH'ların bazıları kanserojenik ya da mutajenik olarak bilinmektedir ve biyolojik proseslere etki ederek potent hücrede mutajen ve kanserojen olabilirler (Pelkonen ve Nebert, 1982). En iyi bilinen ve üzerinde çalışılan kanserojenik PAH Benzo(a)pirendir (BaP). Tablo 1.5'te BaP ile ilişkili bazı PAH' ların kanserojenik potansiyelleri gösterilmiştir.

Tablo 1.4. Bazı PAH bileşiklerinin kanserojenik potansiyelleri (BaP: 1) (Jacob, 1996)

PAH Bileşeni	CP (BaP'a bağlı)
Benzo(a)pyrene	1,00
Dibenz(a,h)anthracene	1,91
Benzo(b)fluoranthene	0,11
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,08
Benzo(k)fluoroanthene	0,03
Chrysene	0,03
Benz(a)anthracene	0,01
Fluoranthene	0,00

PAH'ların sucul organizmalarda alınım ve birikimi su, besin ve sediment aracılığıyla olabilir (Brooks, 1997). Kimyasal maruz kalma yollarının tümüyle (besinlerle emilim, solungaçta taşınması, deri yoluyla alınımı, solunum gibi) organizmadaki PAH birikimi biyoakümülasyon ya da biyobirikim olarak adlandırılır (Poston, 2001). PAH'lar sedimentte biriktiğinde, süzücüler ve bentik organizmalar bu bileşiklerin dokularında biyobirikimi sonucu etkilenebilirler.

PAH'ların toksisitesini belirlemek için Ames gibi toksisite testleri uygulanmış ve bazılarının cilt kanserini tetiklediği kanıtlanmıştır. PAH'ların kanserojen etkisi yalnızca uzun zamanlı maruz kalma sonucu gözlenmektedir. Sucul bitkiler için toksik etkileri, bitkinin türüne ve çevresel etmenlere göre değişmektedir. Balıklar için ise toksik etkiler uzun zaman aralıklarında yüksek konsantrasyonlarda PAH'lara maruz kalınması sonucunda görülmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda PAH'lara uzun süreli maruziyet çeşitli türler için büyümeyi ve üreme yeteneğini azaltıcı yönde etki göstermektedir. Bununla birlikte karaciğer tümörleri, böbrek sorunları gibi anomaliler de ortaya çıkmaktadır. Son zamanlarda yapılmış olan bir çalışmaya göre PAH'lar diatomların gelişmesini engelleyebilir ve hatta karbon döngüsünü bile etkileyebilir (Bopp ve Lettieri, 2007). PAH'lar kanserojenik ve mutajenik özellikleri sebebiyle insanlar için de zararlı olabilir (Okay ve Karacık, 2007; WHO, 1998; Jacob, 2008). Hayvanlarla yapılan deneyler sonucunda, PAH'lar için etkin dozun insanların su ve

besin yoluyla aldıkları günlük miktarın en az 1000 katı olduğu görülmüştür. Normal bir besin ve su tüketimiyle alınan günlük benzo(a)piren miktarı 0,5 ve 2,5 µg arasında değişmekte ve nadiren 3 µg'ı aşmaktadır (Kanaki, 2005). Hayvanlarda bazı PAH'ların teratojen etkileri gözlenmiş fakat insanlarda benzer bir etki gözlenmemiştir.

Naphthalene, Benzo(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene ve Dibenzo(a,h)anthracene gibi PAH'lar, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından insanlar ve deniz canlıları (Berthou ve diğ., 1987; Varanasi ve diğ., 1987; Vethaak ve diğ., 1996) için özellikle de embriyogenez ve gelişimin erken safhalarında (Geffard ve diğ., 2002; Incardona ve diğ., 2005) risk yaratabilecek olası insan kanserojenleri (2A ve 2B grupları) (IARC, 1989) olarak tanımlanmıştır. Tablo 1.6'da PAH'ların kanserojen etkileri verilmiştir.

Tablo 1.5. 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	2A	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. Çalışmanın amacı

Haliç (The Golden Horn), gelişen sanayi ve her geçen gün artan nüfusa bağlı olarak endüstriyel ve insan kaynaklı birçok atığa maruz kalan bölgelerden birisidir. Ayrıca yapısal ve oşinografik özellikleri nedeniyle hem biyolojik hem de ekolojik açıdan önemli su ekosistemlerindendir. Bu sebeplerden dolayı Haliç, multidisipliner çalışmalarla sürekli olarak yakından izlenmelidir. Organik ve inorganik kirleticilerin canlılar üzerindeki etkileri, yaşam koşullarının sürdürülebilir tutulması için, biyolojik izleme çalışmaları ile belirlenmelidir. Haliç'e ilişkin literatür çalışmaları genel olarak değerlendirildiğinde geçmişten bugüne biyota ve sediment çalışmalarının ışığı altında endüstriyel ve insan kaynaklı diğer tüm deşarjlarla Haliç'teki organik ve inorganik kirlenmenin önemli derecede olduğu görülmektedir. Özellikle Galata Köprüsü ve Haliç Köprüsü gemi trafiğinin yoğun olduğu bölgelerdir. Ayrıca Balat geçmişte birçok fabrikaya ev sahipliği yapmış ve kirleticilere yoğun şekilde maruz kalmıştır.

Haliç'te yürütülen bu çalışmada;

1. Haliç'in kuzey, güney ve batısında belirlenen 8 farklı noktadan toplanan Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinde 3 aylık periyotlarla 16 ay boyunca,
2. Belirlenen 13 farklı noktadan alınan yüzey sedimenti örneklerinde 1 yıl boyunca

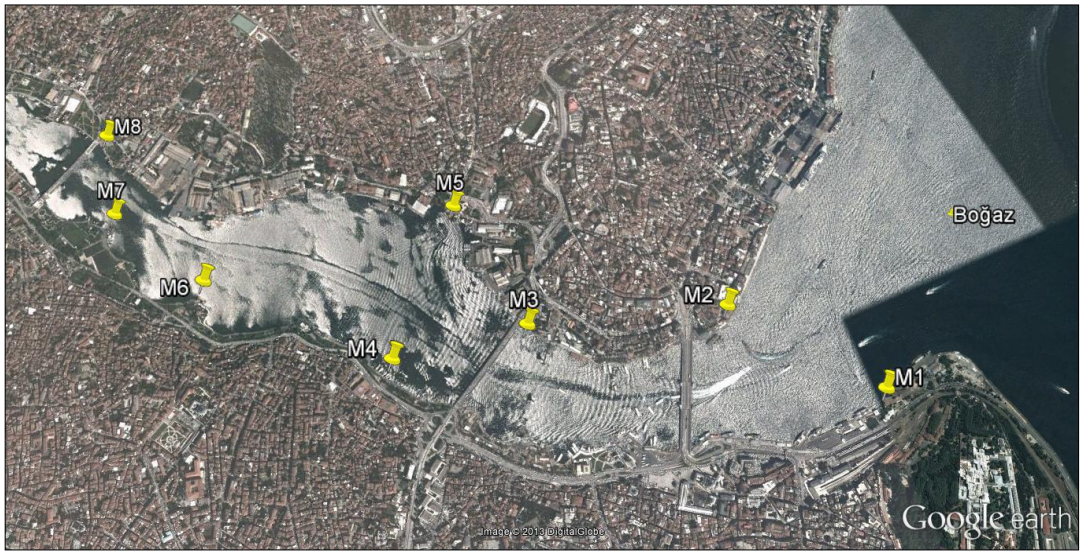
PAH birikimlerinin araştırılması, oşinografik parametreler ışığında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Örnekleme

2.1.1. Örnekleme sahası

Midye (*Mytilus galloprovincialis*) örnekleri, Şekil 2.1'de gösterildiği gibi Haliç'in kuzey, güney ve batısında belirlenen 8 farklı istasyondan toplandı.



Şekil 2.1. Midye (*Mytilus galloprovincialis*) örnekleme istasyonları (M1: Sirkeci, M2: Karaköy, M3: Perşembe Pazarı, M4: Cibali, M5: Kasımpaşa, M6: Fener, M7: Balat, M8: Hasköy)

Midye örneklerine ait istasyon isimleri ve coğrafik koordinatları Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Midye örneklerine ait istasyon adları ve coğrafik koordinatları

İstasyon No	İstasyonlar	Enlem	Boylam
M1	Sirkeci	41° 1'00.07"K	28°58'49.91"D
M2	Karaköy	41° 1'19.88"K	28°58'38.96"D
M3	Perşembe Pazarı	41° 1'29.69"K	28°58'01.63"D
M4	Cibali	41° 1'28.75"K	28°57'37.40"D
M5	Kasımpaşa	41° 1'50.57"K	28°57'57.56"D
M6	Fener	41° 1'51.94"K	28°57'08.40"D
M7	Balat	41° 2'07.13"K	28°56'57.20"D
M8	Hasköy	41° 2'21.38"K	28°57'00.43"D

Yüzey sediment örnekleri ise Haliç' in kuzey, güney ve batısında belirlenen 13 farklı istasyondan alındı (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Yüzey sediment örnekleme istasyonları (S1: Sirkeci, S2: Perşembe Pazarı, S3: Cibali, S4: Kasımpaşa, S5: Fener, S6: Balat, S7: Hasköy, S8: Valide Sultan Köprüsü, S9: Haliç Köprüsü, S10: Eyüp, S11: Sütlüce, S12: Miniatürk, S13: Dereağzı)

Sediment örneklerine ait örnekleme tarihleri ve örnekleme sahası koordinatları Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Sediment örneklerine ait istasyon adları ve coğrafik koordinatları

İstasyon No	İstasyonlar	Enlem	Boylam
S1	Sirkeci	41° 1'05.19"K	28°58'55.04"D
S2	Perşembe Pazarı	41° 1'29.37"K	28°58'00.80"D
S3	Cibali	41° 1'27.52"K	28°57'41.63"D
S4	Kasımpaşa	41° 1'50.46"K	28°57'57.70"D
S5	Fener	41° 1'52.60"K	28°57'09.99"D
S6	Balat	41° 2'09.48"K	28°56'57.45"D
S7	Hasköy	41° 2'20.58"K	28°56'59.67"D
S8	Valide Sultan Köprüsü	41° 2'19.23"K	28°56'53.06"D
S9	Haliç Köprüsü	41° 2'37.87"K	28°56'33.17"D
S10	Eyüp	41° 2'50.34"K	28°56'17.38"D
S11	Sütlüce	41° 3'03.82"K	28°56'19.99"D
S12	Miniatürk	41° 3'28.09"K	28°56'51.46"D
S13	Dereağzı	41° 1'13.16"K	28°58'26.41"D

2.2. Materyal

2.2.1. Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*)

Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819), Türkiye sularında geniş yayılım gösteren yerleşik bir süzücü yumuşakçadır. Karadeniz, Ege ve Marmara Denizi boyunca yayılış gösterir (Aral, 1999). Sistematikteki yeri aşağıdaki gibidir;

Kingdom : Animalia

Phylum : Mollusca

Class : Bivalvia

Subclass : Pteriomorphia

Ordo : Mytiloida

Familia : Mytilidae

Genus : Mytilus

Species : *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 (URL-3)

Akdeniz midyeleri iki kabukları eşit, dış kavkları mor siyah renkli olup iç kavkları sedefle kaplıdır (Şekil 2.3) (URL-4). Ortalama 5-8 cm boy uzunluğuna sahip olan bu yumuşakçalar akıntının güçlü olduğu liman ve denizlerde geniş yayılım gösterirler (URL-5).



Şekil 2.3. *Mytilus galloprovincialis*'in sedefli iç kabuk ve dış kabuk görünümleri (URL-4)

2.3. Metot

2.3.1. Materyallerin toplanması ve muhafaza koşulları

2.3.1.1. Yüzey sedimentlerinin alınması ve muhafazası

5 cm'lik yüzey-sediment örnekleri Van-Veen tip sediment kepçesi (grab) kullanılarak alındı. Alınan sediment örnekleri laboratuvara getirildikten sonra her istasyonun sediment örneği kendi ortamının suyu ile birlikte 2 mm ve 63 µm delik çaplı elekler kullanılarak yaş eleme yapıldı. Yaş eleme yöntemi ile her istasyonun sediment örneği tanecik boyutu 63 µm'den küçük ve 63 µm'den büyük partikülleri içeren iki bölüme ayrıldı. Elde edilen sediment örnekleri etüvde 85 ºC'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutuldu. Alüminyum folyo içerisine alınıp etiketlenen sedimentler analiz yapılıncaya kadar -86 ºC'de muhafaza edildi.

2.3.1.2. Midyelerin alınması ve muhafazası

Üzerlerindeki tortu, organizma gibi kalıntılardan arındırılması için deniz suyuyla yıkanan midyeler alüminyum folyolara alınıp etiketlendi. Özel termoslara yerleştirilerek en kısa sürede laboratuvara taşındı. Laboratuvara taşınan midyelerin boy uzunlukları 0,5 mm hassasiyete sahip Vernier marka kumpas ile ölçüldükten sonra metal bistüri yardımıyla açılarak yumuşak dokularının tamamı alındı. Distile su ile yıkanan ve 2 mm gözenek açıklığına sahip porselen huniler yardımıyla suyu süzülen midyelerin, 0,005 g hassasiyetli terazi ile yaş et ağırlıkları ölçüldü. Daha sonra CHRIST Alpha LDplus marka freeze dryer cihazında kurutuldu ve kuru ağırlıkları tartıldı. Alüminyum folyolara alınıp etiketlenerek analiz yapılıncaya dek -18 ºC'de muhafaza edildi.

2.3.2. Analizlerde kullanılan cihaz, araç ve gereçler

PAH analizleri sırasında kullanılan cihaz, malzeme ve kimyasal maddelere ait bilgiler Tablo 2.3'te verilmiştir. Kullanılan kimyasal madde ve malzemelerin tamamı kromatografik (GC) saflıktadır.

Tablo 2.3. Analizlerde kullanılan cihaz, malzeme ve kimyasal maddeler

Cihaz, malzeme ve kimyasal adı	Özellikleri
2 fluorobiphenyl & 1 Fluoronaphtalene 2,0 mg/ mL in CH_2Cl_2	ACCUSTANDARD
2 mL ve 40 mL' lik amber renkli vialler	Supelco
Alev İyonlaştırma Dedektörü (FID)	Kolon: HP-5 (30 m, 0,32 mm ID × 0,25 µm
Alüminyum oksit 90 aktif nötral	Merck
Analitik distile su cihazı	GFL 2001/4
Aseton	Merck
Bistüri	ISOLAB
Bulaşık makinesi	Arçelik
Buzdolabı	Arçelik, +4 °C
Cam ayırma kolonları	Özel yapım
Cam beher	ISOLAB 50 ve 100 mL
Cam huni	ISOLAB
Cam Pasteur pipetleri	ISOLAB
Cam yünü	
Çeker ocak	1500 m^3/ saat emme kapasiteli
Deniz sedimenti referans madde	NIST SRM 1941b
Derin dondurucu	Arçelik
Desikatörler	20 ve 30 cm çaplı, vakumsuz
Diklorometan	Merck
Etüv	Memmert, 3 –70 °C
Freeze-Dryer	CHRIST Alpha LDplus
Gaz Kromatografi Cihazı	Agilent 7890 A GC System
Kumpas	Vernier
Kuru hava, Azot ve Hidrojen gazları	Yüksek saflıkta
Kül Fırını	NÜVE MF 120
Midye dokusu referans madde	NIST SRM 2974a
Mikroenjektörler	Hamilton 5, 10, 50, 100, 250 ve 500 µL hacimli
Multiparametre	HACH
n- Hekzan	Merck
Oyuklu metal spatül	ISOLAB
PAH Mix (16 Compounds) 2,0 mg/mL in CH_2Cl_2: Benzene	ACCUSTANDARD
Pasteur fırını	Memmert, 30-220 °C
Porselen krozeler	Haldenwanger
Silisik asit	Sigma
Susuz sodyum sülfat	Merck
Terazi	AND GR-200
Ultra saf su cihazı	Millipore RIOS-DI 3
Ultrasonik banyo	Fisher, FB15054

2.3.3. Analizlerde kullanılan malzemelerin hazırlanması

Analizler esnasında oluşabilecek herhangi bir girişimden kaçınmak amacıyla tüm malzemelerin temizliği kullanım öncesinde dikkatli bir şekilde yapıldı. Malzemelerin cam, porselen ya da metal olmasına dikkat edildi. Sıcak su ve deterjanla yıkanan malzemeler bulaşık makinesinde yıkandıktan sonra etüvde kurutuldu. Kuruyan malzemeler distile su ile çalkalanarak tekrar kurumaya bırakıldı. Son olarak malzemelerin kimyasal temizliği de önce Aseton daha sonra n-Hekzan kullanılarak yapıldı. 70-80 ˚C'de Pasteur fırınında kurutularak temiz ve kapalı bir ortamda muhafaza edildi. Deney öncesi malzemeler kullanılmadan önce de Hekzan ile çalkalandı. Kimyasal temizlik işlemleri için kullanılan Aseton ve n-Hekzan kromatografik saflıktadır.

2.3.4. Analizlerde kimyasal maddelerin hazırlanması

2.3.4.1. Olası girişimlerin önlenmesi için uygulanan ön hazırlıklar

Analizler esnasında kullandığımız bazı kimyasal maddelerin analiz sonuçlarını etkileme riskini en aza indirmek ya da tamamen ortadan kaldırmak amacıyla bazı ön işlemler uygulandı. Kimyasal maddeler ve uygulanan ön işlemler şu şekildedir:

- Silisik asit: Kimyasal temizliği yapılmış olan cam bir beher içerisine konan bir miktar Silisik asit, içerisinde herhangi bir organik madde kalıntısı kalmaması amacıyla 15 saat 103 ˚C sıcaklıktaki Pasteur fırınında bekletildi. Desikatörde soğutulduktan sonra temiz cam kaplarda saklandı.
- Susuz Sodyum sülfat, Alüminyum oksit ve cam yünü: Bu malzemeler, alüminyum folyolara sarılarak en az 4 saat 450 ˚C sıcaklıktaki kül fırınında bekletildi. Desikatörde soğutulduktan sonra cam kaplarda muhafaza edildi.

2.3.4.2. Surrogate standart ve kalibrasyon çözeltilerinin kullanımı

16 bileşen içeren 2 mg/mL (2000 ppm)'lik PAH Mix çözeltisine (Accustandard) surrogate standart çözeltisi (2-fluorobiphenyl) eklenerek 5 farklı konsantrasyonda (0,1, 0,25, 0,5, 1, ve 2 ppm) kalibrasyon çözeltileri hazırlandı. Analizlerde kullanılmak üzere Diklorometan (DCM) ile 2-fluorobiphenyl surrogate standart stok çözeltisi hazırlandı. Hazırlanan çözeltiler karanlık ortamda ve -18 ˚C'de saklandı. PAH Mix ve surrogate standart çözeltilerine ait kalibrasyon grafikleri Ek-A'da verilmiştir.

2.3.5. Örneklerin analize hazırlanması ve ekstraksiyonu

Çalışmada kullanılan tüm örneklerin ekstraksiyonları ve diğer ön işlemleri EPA 8100 ve EPA 8082 metotları modifiye edilerek gerçekleştirildi.

2.3.5.1. Midyelerin hazırlanması ve ekstraksiyonu

Freeze-dryer'da kurutulduktan sonra -86 ˚C'de ve karanlıkta muhafaza edilen midye örneği havanda ezilerek homojenize edildi. Midye örneğinden yaklaşık 3 g tartıldı ve temiz 40 mL'lik amber renkli viale aktarıldı. Örnek üzerine PAH-2-fluorobiphenyl surrogate standart çözeltisinden 0,5 mL eklendi. 1:1 oranında hazırlanan Aseton:Hekzan çözelti karışımından 20 mL ve son olarak da yaklaşık 0,5 g susuz sodyum sülfat örneğe ilave edildi. Örnekler oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda 1 gece bekletildi.

Bekletilen örnek ultrasonik banyo içerisinde 1 saat süreyle ekstrakte edildi. 15 dakika bekletildikten sonra ekstrakte edilen örnek, üzerinde sırasıyla cam yünü ve yaklaşık 2 g susuz sodyum sülfat bulunan temiz bir cam huni yardımıyla yeni temiz bir viale süzüldü. Örnek viali içi temizlenene kadar 1 mL Hekzan ile yıkandı ve cam huniden temiz vial içine süzüldü. Azot gazı akışı altında ekstraktın hacmi 5 mL'ye ayarlandı. Üzerine 10 mL Hekzan ilave edildi ve tekrar Azot gazı akışı altında hacim 5 mL'ye konsantre edildi. Son olarak 5 mL Hekzan ilave edilerek son konsantrasyon 2 mL'ye ayarlandı.

2.3.5.2. Sedimentlerin hazırlanması ve ekstraksiyonu

Freeze-dryer'da kurutulduktan sonra -86 ˚C'de ve karanlıkta muhafaza edilen sediment örneğinden yaklaşık 1 g tartıldı ve temiz 40 mL'lik amber renkli viale aktarıldı. Örnek üzerine PAH-2-fluorobiphenyl surrogate standart çözeltisinden 0,5 mL eklendi. 1:1 oranında hazırlanan Aseton:Hekzan çözelti karışımından 20 mL ve son olarak da yaklaşık 0,5 g susuz sodyum sülfat örneğe ilave edildi. Örnekler oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda 1 gece bekletildi.

Bekletilen örnek ultrasonik banyo içerisinde 1 saat süreyle ekstrakte edildi. 15 dakika bekletildikten sonra ekstrakte edilen örnek, üzerinde sırasıyla cam yünü ve yaklaşık 2 g susuz sodyum sülfat bulunan temiz bir cam huni yardımıyla yeni temiz bir viale süzüldü. Örnek viali içi temizlenene kadar 1 mL Hekzan ile yıkandı ve cam huniden temiz vial içine süzüldü. Azot gazı akışı altında ekstraktın hacmi 5 mL'ye ayarlandı. Üzerine 10 mL Hekzan ilave edildi ve tekrar Azot gazı akışı altında hacim

5 mL'ye konsantre edildi. Son olarak 5 mL Hekzan ilave edilerek son konsantrasyon 2 mL'ye ayarlandı (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Midye ve sedimentlerin 2 mL'ye konsantrasyonu

Tartılan 2 g Alümina 120 µL deiyonize suyla ve 3 g Silisik asit 100 µL deiyonize suyla aktifleştirildi. Topaklanma kaybolunca kadar hafifçe çalkalandı ve en az 1 saat bekletildi.

Temiz cam ayırma kolonlarına sırasıyla;

- Cam yünü,
- 3 g aktif silisik asit
- 2 g aktif Alümina
- Yaklaşık 1 g susuz sodyum sülfat konduktan sonra kolon 20 mL Diklorometan ile yıkandı. Kolondaki Diklorometan tamamen süzüldükten sonra sodyum sülfatın üzeri kurumadan 2 mL'lik örnek kolona döküldü. Vialin çeperleri 2 mL DCM ile yıkanarak kolona döküldü. Vial içine 20 mL DCM eklenerek iyice çalkalanarak kolona döküldü ve süzülme tamamlanana kadar beklendi. F2 viali olarak adlandırılan bu kısım PAH'lar için kullanıldı (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Örneklerin clean-up basamağı

2.3.6. Midye ve sedimentlerin son konsantrasyon basamağı

F2 viallerindeki örneklerin son konsantrasyon basamağı şu şekilde yapıldı:

- Azot gazı akışı altında örnek 5 mL'ye konsantre edildi.
- 10 mL Hekzan ilave edildi ve tekrar örnek hacmi 5 mL'ye ayarlandı.
- 10 mL Hekzan ilave edilerek son hacim 1 mL'ye konsantre edildi.
- Son olarak 1 mL'lik örnek, tek kullanımlık cam Pasteur pipeti ile 2 mL'lik viale aktarıldı. 40 mL'lik vial 1 mL Hekzan ile yıkanarak yıkama sıvısı da 1mL'lik örnek üzerine döküldü. Tekrar Azot gazı akışı altında örnek hacmi 1 mL'ye konsantre edildi (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Örneklerin son konsantrosyan basamağı ve 1 mL'lik numunelerin hazırlığı

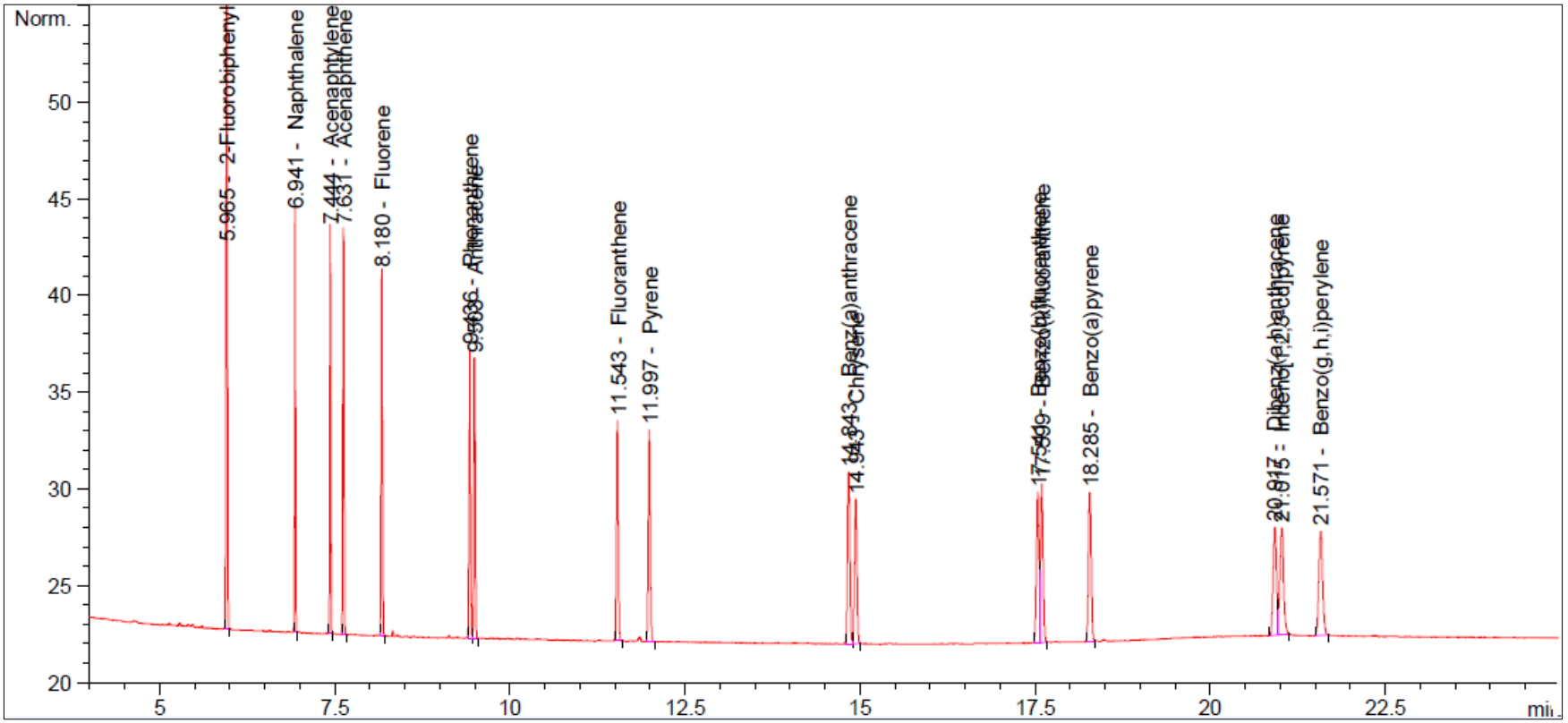
2.3.7. PAH analizlerinde GC işletim parametreleri

Bu çalışmada PAH analizlerinde kullanılan GC işletim parametreleri, literatür çalışmaları (Bozlaker ve diğ., 2008) kullanılmıştır. PAH analizleri için FID dedektör kullanılarak gaz kromatografisinde analizler gerçekleştirildi. Analizler için gerekli olan GC işletim parametreleri Tablo 2.4'te verilmiştir.

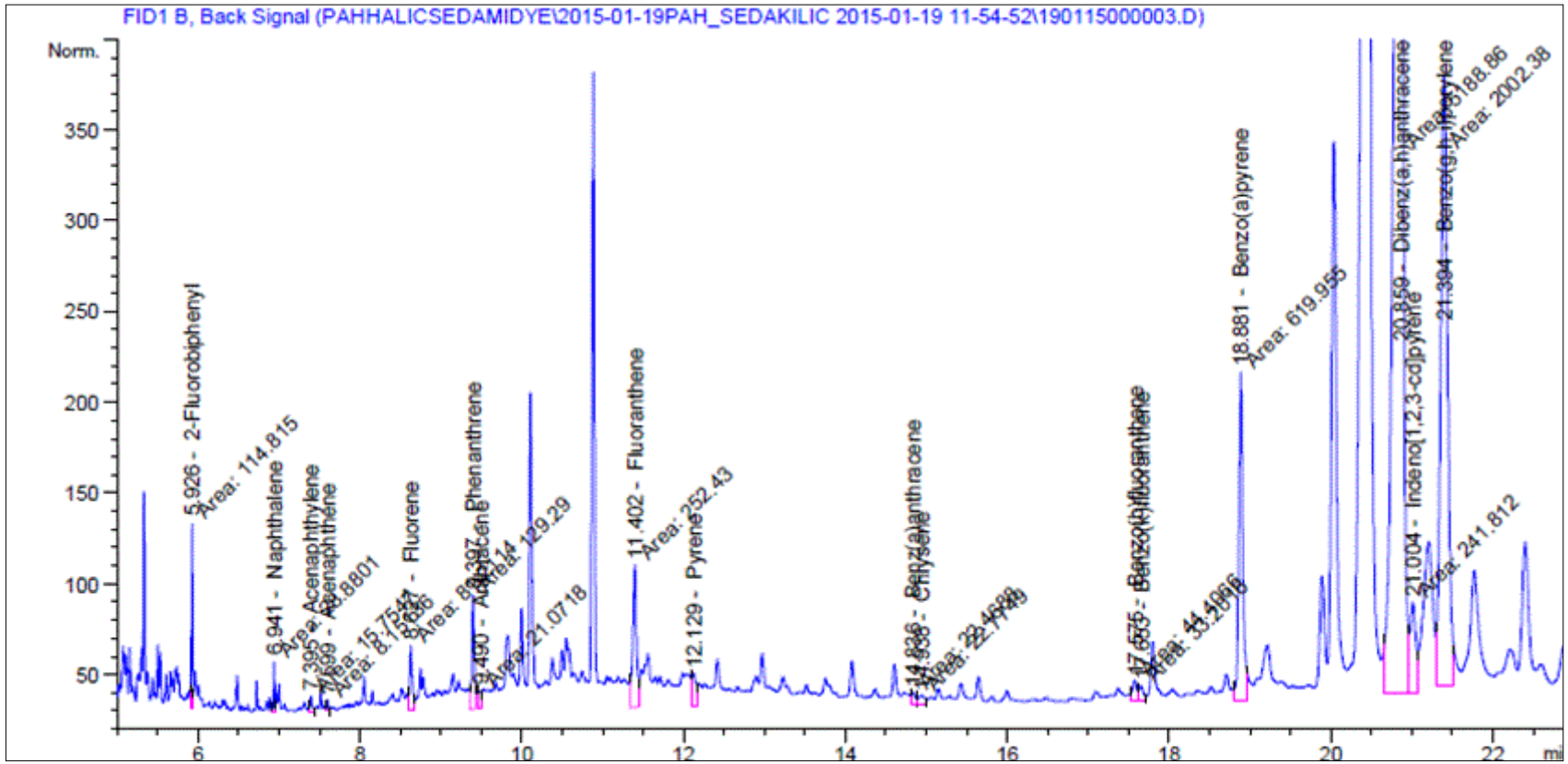
Tablo 2.4. Gaz Kromatografi cihazının PAH analizi işletim parametreleri (Bozlaker ve diğ., 2008)

Dedektör	Parametre	Özellik
FID	Analitik Kolon	HP-5 (30 m, 0.32 mm ID × 0.25 µm)
	GC Fırın Sıcaklık Programı	Başlangıç sıcaklığı 50 ˚C (1 dakika), 200 ˚C (25 ˚C/dak), 200-300 ˚C'ye (8 ˚C/dak) ve 300 ˚C'de 5,5 dakika bekleme süresi
	Taşıyıcı gaz (akış hızı)	Yüksek saflıkta azot (1.5 mL/dakika)
	Enjeksiyon modu	Splitless
	Enjeksiyon giriş sıcaklığı	250 ˚C
	Dedektör sıcaklığı	300 ˚C
	Make up flow	25 mL/dakika
	Enjeksiyon hacmi	1 µL

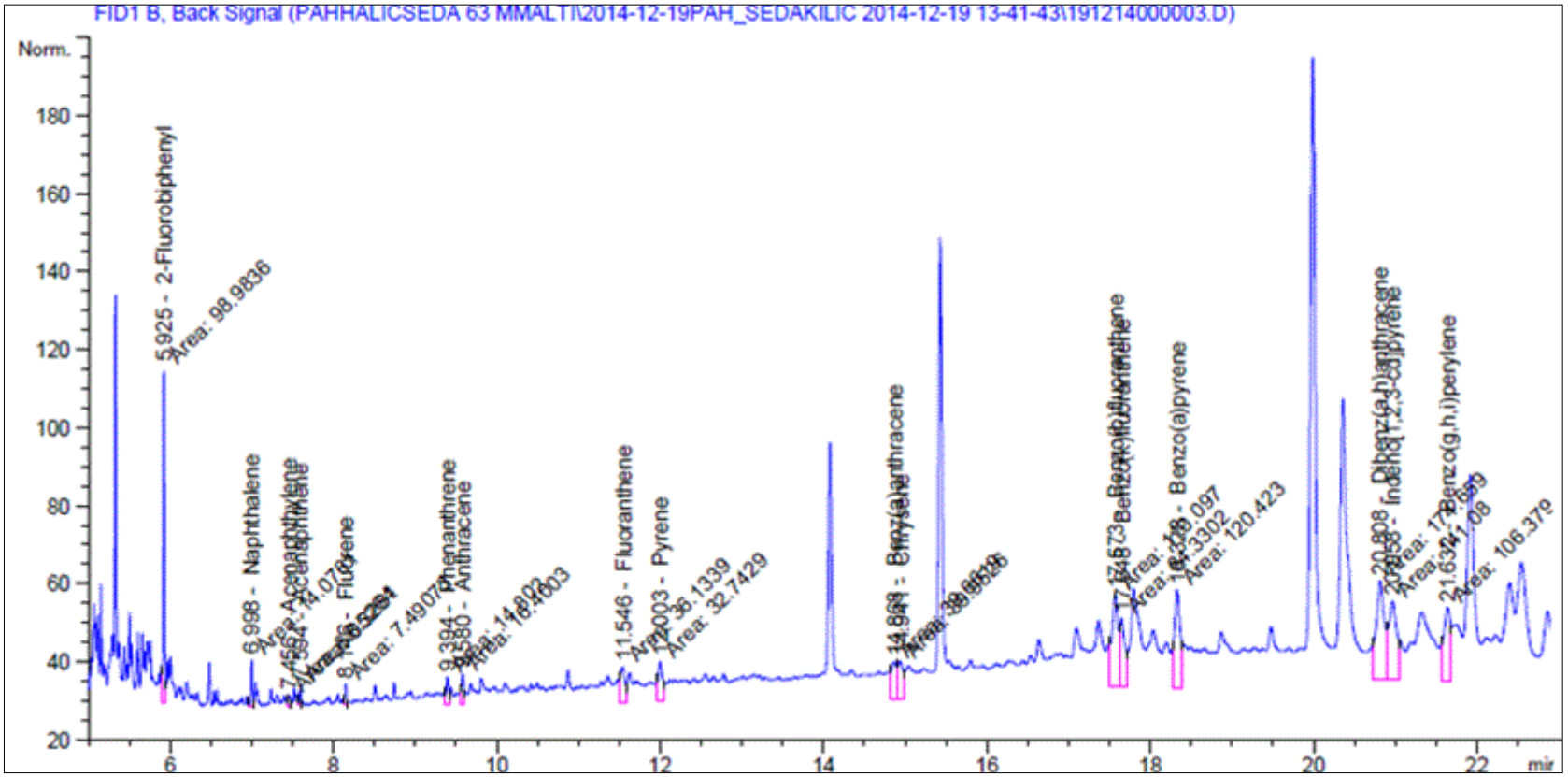
PAH bileşikleri için standart kromatogram Şekil 2.7'de verilmiştir. Midye ve sediment örneklerine ait PAH kromatogramları Şekil 2.8 ve 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.7. PAH kalibrasyon çözeltisine ait kromatogram (2 ppm)



Şekil 2.8. Haliç midye örnegine ait PAH kromatogramı



Şekil 2.9. Haliç sediment örneğine ait PAH kromatogramı

2.3.8. Metot algılama sınırı (MAS)

Bu çalışmada metot algılama sınırı, % 99 güven aralığı içerisinde, belirlenebilen en düşük PAH konsantrasyon değeri olarak tanımlandı. Metot algılama sınırını hesaplayabilmek için, en küçük kalibrasyon standart çözeltisinin 10 defa yapılan analiz sonuçları kullanıldı. Analiz sonucunda her bir bileşene ait konsantrasyonların standart sapma "s" değerleri, t-istatistiği tablosunda % 99 güven aralığına denk gelen "t" değeri kullanılarak,

MAS = t (n - 1) × s formülünden hesaplandı. PAH bileşenlerine ait sonuçlar Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5. PAH bileşenleri için metot algılama sınırı

PAH Bileşeni	Metot Algılama Sınırı (ng/mL)
Acenaphthylene	1,4
Acenaphthene	0,7
Fluorene	1,2
Phenanthrene	0,8
Anthracene	1,1
Fluoranthene	0,7
Pyrene	0,7
Chrysene	0,9
Benz(a)anthracene	0,7
Benzo(b)fluoranthene	1,2
Benzo(k)fluoranthene	1,0
Benzo(a)pyrene	0,9
Dibenz(ah)anthracene	1,3
Indeno(123-cd)pyrene	1,0
Benzo(ghi)perylene	0,6

2.3.9. Geri kazanım değerleri

2.3.9.1. Midye SRM PAH geri kazanım değerleri

Analizlerin doğruluğunun belirlenmesinde midye örnekleri için NIST SRM 2974a (Organics in Freeze-Dried Mussel Tissue (*Mytilus edulis*)) standart referans maddesi kullanıldı. Midye dokusu referans maddesinden 2 g alınarak örnek analiz yöntemleri uygulandı ve PAH bileşenlerinin analizi FID dedektöründe gerçekleştirildi. Midye SRM analizleri için 3 paralel hazırlandı ve iki kez enjeksiyon yapıldı. Her enjeksiyon için ortalama konsantrasyon değerleri hesaplandı ve 12 farklı PAH bileşenine ait onaylanan değerler, 3 farklı SRM örneğinin ortalama konsantrasyon ve standart sapma değerleri (ölçülen) ve geri kazanım sonuçlarının yüzde (%)

değerleri Tablo 2.6'da verilmiştir. En yüksek geri kazanım değeri yaklaşık % 116,74 olan Naphthalene bileşiğine ait iken en düşük geri kazanım değeri yaklaşık % 63,29 olan Benzo(ghi)perylene bileşiğine aittir. Örnek analiz sonuçları geri kazanım oranlarına göre düzeltilmiştir.

Tablo 2.6. Midye Standart Referans Madde (NIST-SRM-2974a) PAH geri kazanım değerleri (kuru ağırlık)

PAH Bileşen adı	Onaylanan (beklenen değer)(µg/kg)	Bulunan (ölçülen değer) (µg/kg)	Geri kazanım (Recovery)(%)
Naphthalene	9,68 ± 0,67	11,30 ± 0,20	116,74
Phenanthrene	74,40 ± 4,70	59,60 ± 3,80	80,11
Anthracene	2,46 ± 0,10	2,02 ± 0,30	82,11
Fluoranthene	287,00 ± 34,00	247,30 ± 21,10	86,17
Pyrene	166,00 ± 21,00	157,00 ± 14,30	94,58
Benz(a)anthracene	31,10 ± 3,90	22,80 ± 4,20	73,31
Chrysene	123,60 ± 2,90	119,20 ± 2,20	96,44
Benzo(b)fluoranthene	41,50 ± 2,60	32,30 ± 1,20	77,83
Benzo(k)fluoranthene	18,95 ± 0,54	14,10 ± 0,90	74,41
Benzo(a)pyrene	9,73 ± 0,43	8,40 ± 0,60	86,33
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	14,90 ± 4,50	11,70 ± 3,20	78,52
Benzo (*ghi*) perylene	23,70 ± 2,20	15,00 ± 1,30	63,29

2.3.9.2. Sediment SRM PAH geri kazanım değerleri

Sediment örneklerinin analizinde kullanılan yöntemin doğruluğunu belirlemek için NIST SRM 1941b (Organics in Marine Sediment) standart referans maddesi kullanıldı. Standart referans maddeden 1 g alınarak, örneklerin analizinde kullanılan yöntemler uygulandı ve FID dedektöründe PAH bileşenlerinin analizi yapıldı. SRM'den ayrı miktarlarda alınarak 3 paralel hazırlandı ve her bir örnekten 2 enjeksiyon yapıldı. Referans madde içinde bulunan 12 farklı PAH bileşenine ait sertifikada verilen konsantrasyon değerleri (onaylanan), bu çalışmada kullanılan metoda göre hazırlanan 3 farklı SRM örneğinin ortalama konsantrasyon ve standart sapma değerleri (ölçülen) ve elde edilen geri kazanım sonuçlarının yüzde (%) değerleri Tablo 2.7'de verilmiştir. En yüksek geri kazanım sonucu % 123,58 Naphthalene bileşenine, en düşük geri kazanım değeri de % 58,85 ile Acenaphthene bileşenine aittir. Örneklerde belirlenen sonuçlar, geri kazanım oranlarına göre düzeltilmiştir.

Tablo 2.7. Deniz sedimenti Standart Referans Madde (NIST-SRM-1941b) PAH geri kazanım değerleri (kuru ağırlık)

PAH Bileşen adı	Onaylanan (beklenen değer) (µg/kg)	Bulunan (ölçülen değer) (µg/kg)	Geri kazanım (Recovery)(%)
Naphthalene	848 ± 95	1048 ± 11,1	123,58
Acenaphthylene	53,30 ± 6,4	47,20 ± 2,3	88,56
Acenaphthene	38,4 ± 5,2	22,6 ± 0,7	58,85
Phenanthrene	406 ± 44	249,3 ± 0,3	61,40
Anthracene	184 ± 18	127 ± 2,3	69,02
Fluoranthene	651 ± 50	509,7 ± 0,6	78,29
Pyrene	581 ± 39	423,2 ± 1,7	72,84
Benz(a)anthracene	335 ± 25	276,1 ± 0,9	82,42
Chrysene	291 ± 31	185 ± 1,8	63,57
Benzo(b)fluoranthene	453 ± 21	314,5 ± 12	69,43
Benzo(k)fluoranthene	225 ± 18	187,4 ± 2,6	83,29
Benzo(a)pyrene	358 ± 17	347 ± 0,5	96,93

2.3.10. Korelasyon katsayılarının hesaplanması

Korelasyon katsayıları, Microsoft Office Excel 2007'de aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır: Aynı zamanda sediment ve midye örnekleri için ortak istasyonlardaki PAH konsantrasyonları arasındaki ilişkinin hesaplanmasında IBM SPSS istatistik programı kullanılmıştır.

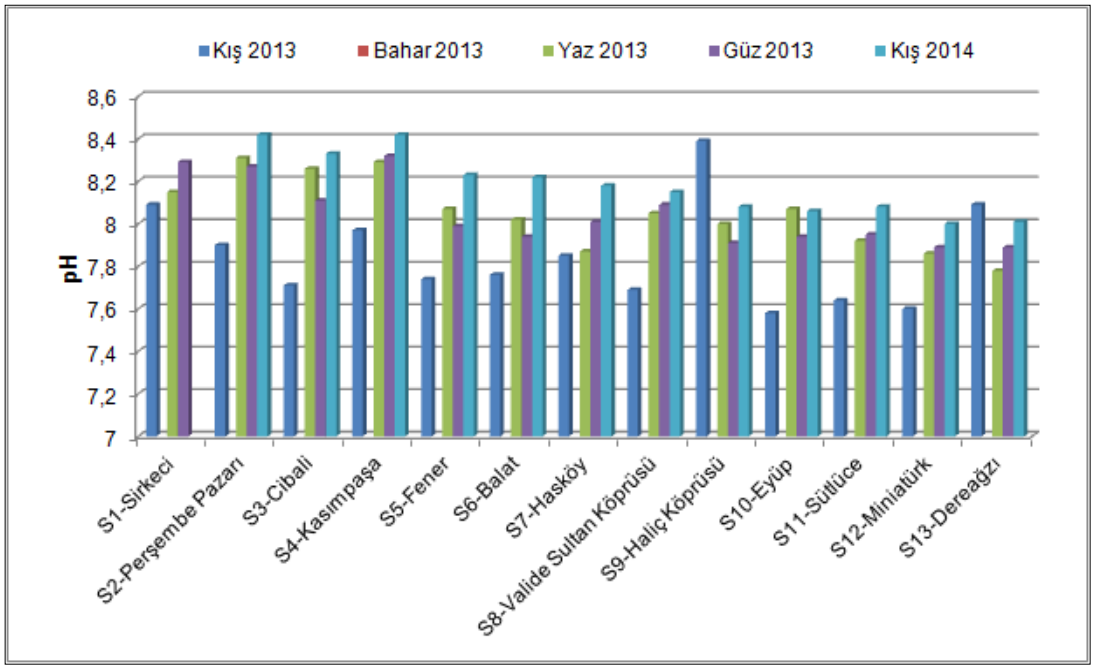
$$\text{Korelasyon } (X,Y) = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2(y-\bar{y})^2}}$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

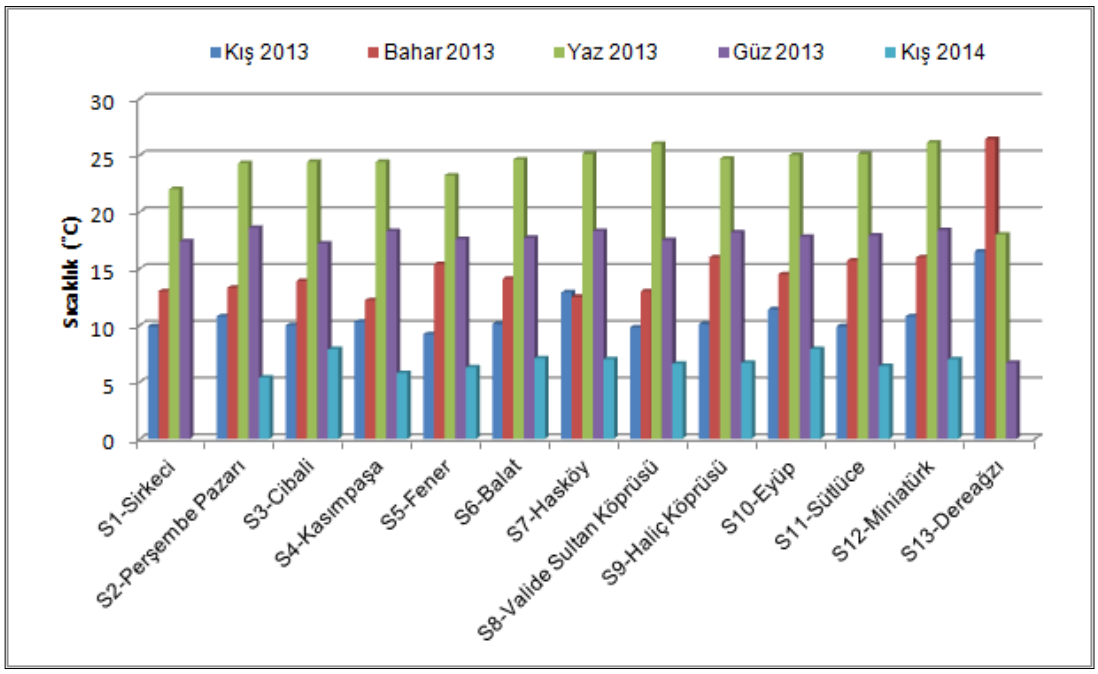
3.1. İstasyonlara ve İncelenen Parametrelere Ait Bazı Veriler

3.1.1. Deniz suyuna ait oşinografik bulgular

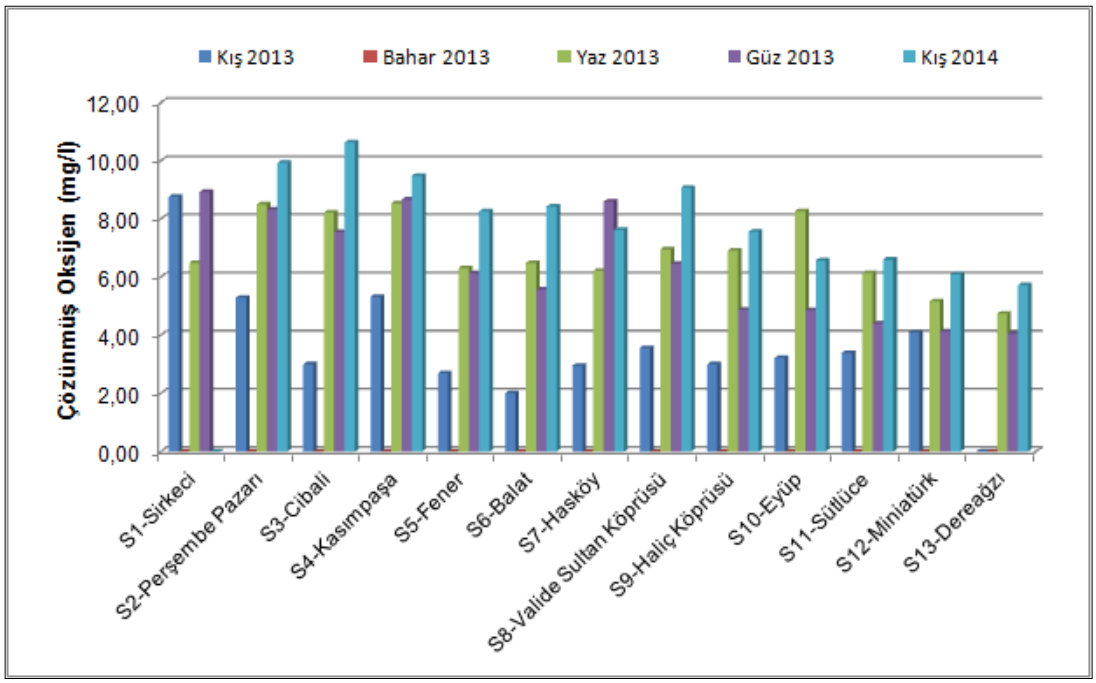
Sediment örnekleme istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri mevsimsel olarak Ek-B'de Tablo B.1, B.2, B.3, B.4 ve B.5'te verilmiştir. Midye örnekleme istasyonlarındaki değerleri ise Ek-C'de Tablo C.1, C.2, C.3, C.4 ve C.5'te verilmiştir. 2014 Bahar dönemi midye örneklemesinde multiparametre cihazında sorun olduğu için veri elde edilememiştir. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunda (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri sırasıyla Şekil 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4'te grafikler halinde gösterilmiştir.



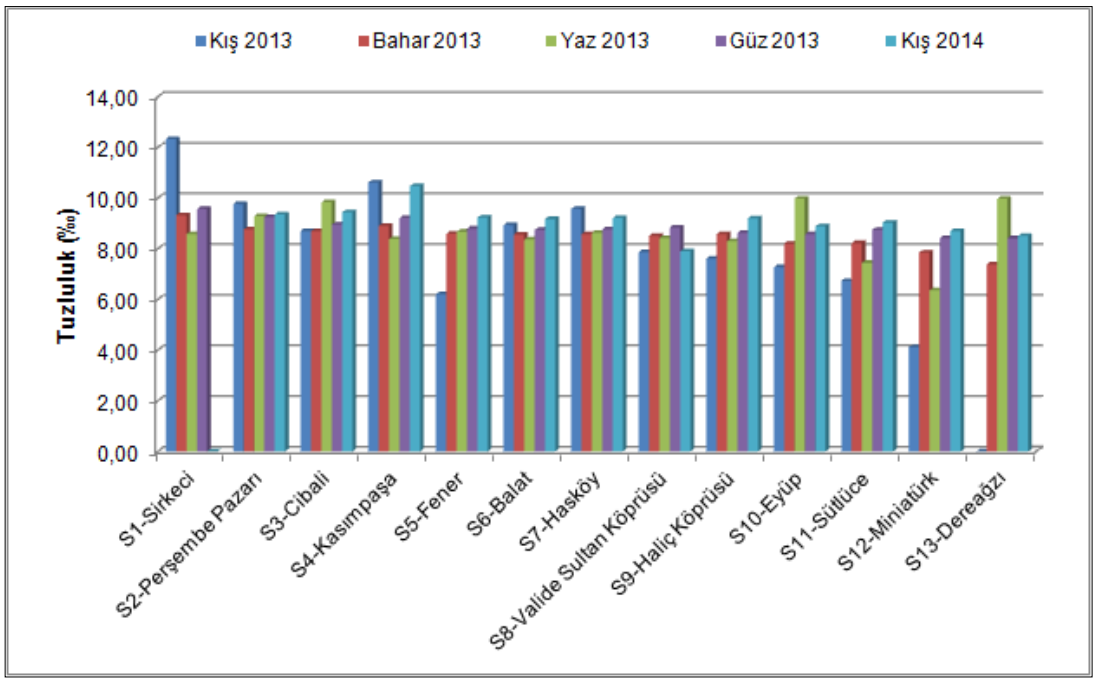
Şekil 3.1. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunun (0-0,5 m) pH değerleri



Şekil 3.2. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunun (0-0,5 m) sıcaklık değerleri

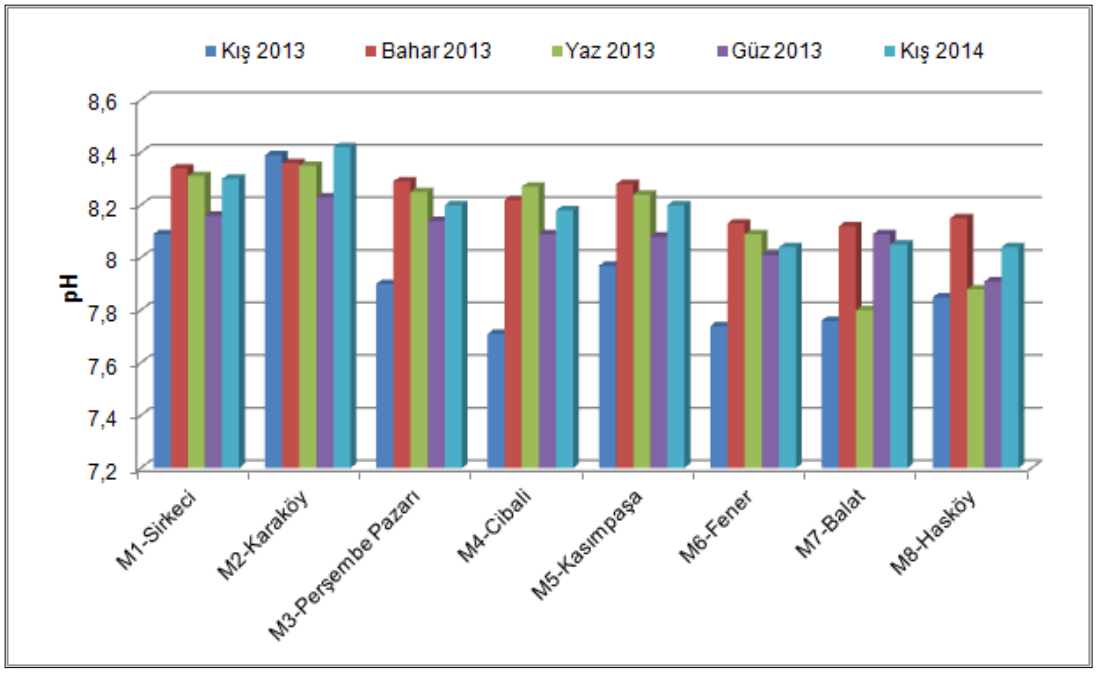


Şekil 3.3. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunun (0-0,5 m) çözünmüş oksijen değerleri

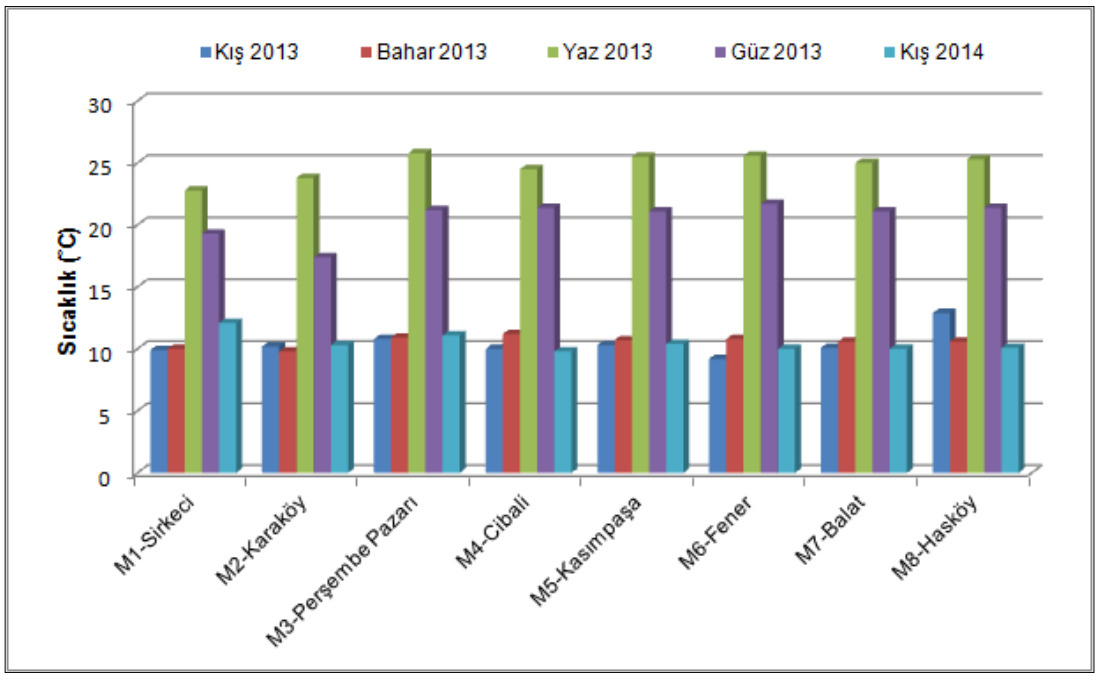


Şekil 3.4. Sediment örneği alınan örnekleme istasyonlarında (S1-S13) yüzey suyunun (0-0,5 m) tuzluluk değerleri

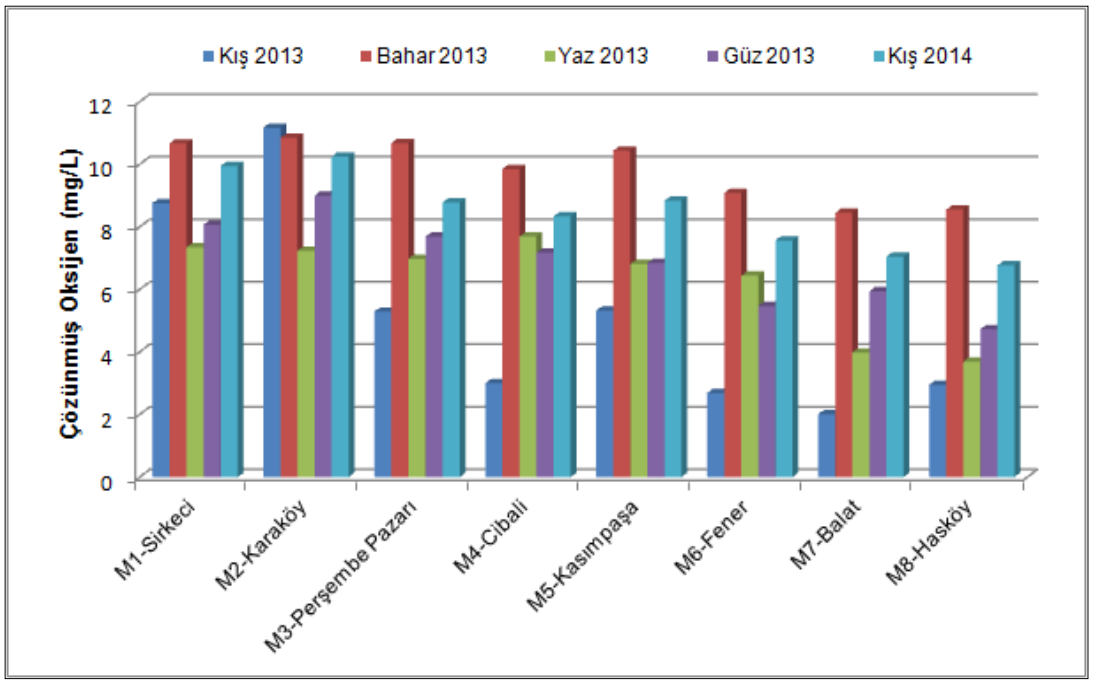
Midye örneği alınan örnekleme istasyonlarında (M1-S8) yüzey suyunda (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri sırasıyla Şekil 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8'de grafikler halinde gösterilmiştir.



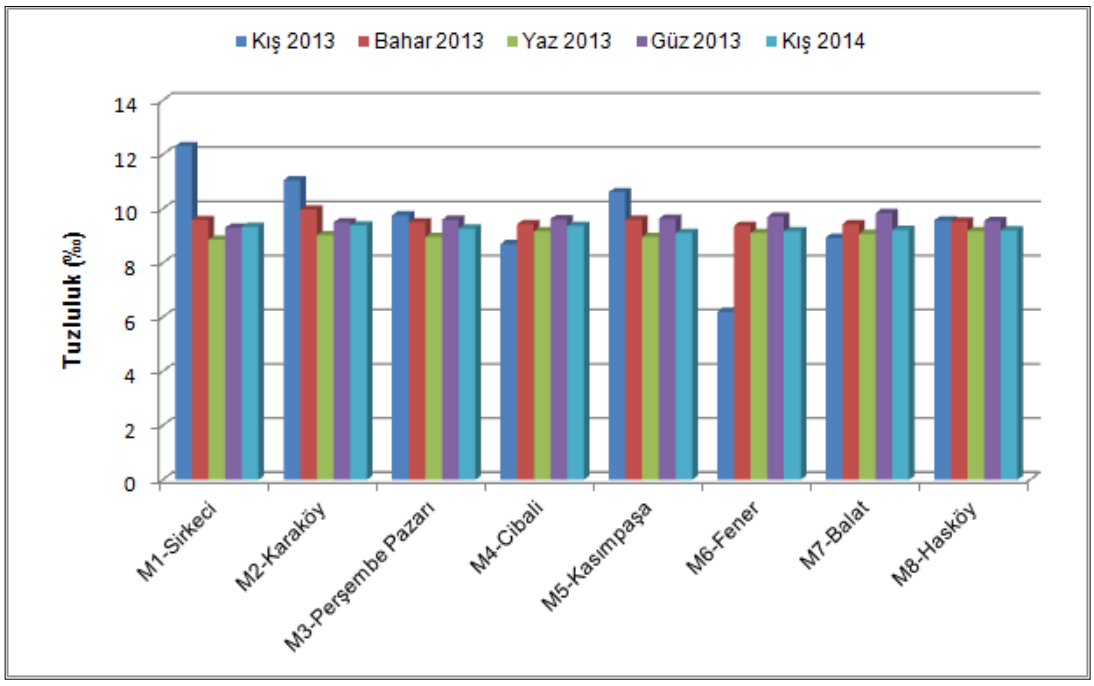
Şekil 3.5. Midyelerin toplandığı istasyonlarda (M1-M8) yüzey suyunun (0-0,5 m) pH değerleri



Şekil 3.6. Midyelerin toplandığı istasyonlarda (M1-M8) yüzey suyunun (0-0,5 m) sıcaklık değerleri



Şekil 3.7. Midyelerin toplandığı istasyonlarda (M1-M8) yüzey suyunun (0-0,5 m) çözünmüş oksijen değerleri



Şekil 3.8. Midyelerin toplandığı istasyonlarda (M1-M8) yüzey suyunun (0-0,5 m) tuzluluk değerleri

Boğaz tarafında bulunan istasyonlarda suda pH değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 3.1-3.5). Bunun nedeni, Alibeyköy ve Kağıthane derelerinden ve kentsel deşarjlardan gelen asidik atıkların Haliç'in iç kısımlarında daha yoğun bir şekilde bulunması, Hasköy ve Balat gibi iç kısımlarda bulunan istasyonlarda sudaki asitliği artırmasıdır. pH seviyelerinde genel olarak önemli mevsimsel değişimler olmadığı görülmektedir.

Sıcaklıkta doğal olarak mevsimsel değişiklikler görülmektedir. İstasyonlar arasında ise önemli farklar olmadığı görülmektedir.

Midye toplanan istasyonlarda Boğaz'a en yakın istasyon olan Sirkeci'den (M1) Haliç'in iç kısımlarına en yakın istasyon olan Hasköy'e (M8) doğru gidildikçe azalan bir çözünmüş oksijen (ÇO) gradienti olduğu görülmektedir (Şekil 3.3). Sediment toplanan istasyonlarda da aynı eğilim Sirkeci (S1) ile Dereağzı (S13) arasında görülmektedir (Şekil 3.7).

3.1.2. Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru ağırlıklar

Analizlerde kullanılan midyelerin ortalama boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıkları dönemsel olarak Tablo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6'da verilmiştir. Aynı zamanda midye içi (Mİ) kuru ağırlığın yaş ağırlığa oranı hesaplanmıştır.

Tablo 3.1. Kış 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar

İstasyon	Ortalama Boy (min-max) (cm)	Yaş Ağırlık (Mİ)* (g)	Kuru Ağırlık (Mİ)* (g)	KA/YA**
Sirkeci	4,97 (4,0 - 6,5)	298,7	30,88	0,1034
Karaköy	4,92 (4,0 - 6,2)	726,77	88,25	0,1214
Perşembe P.	5,18 (4,4 - 6,1)	708,58	62,57	0,0883
Cibali	5,18 (4,4 - 6,0)	525,65	39,24	0,0747
Kasımpaşa	5,51 (4,4 - 6,3)	607,4	47,59	0,0784
Fener	5,17 (4,4 - 6,2)	423,37	32,16	0,076
Balat	4,82 (4,0 - 6,0)	237,83	16,76	0,0705
Hasköy	5,25 (4,5 - 6,3)	435,22	32,71	0,0752

*(Mİ): Midye içi
**K.A/Y.A: Kuru Ağırlık/ Yaş Ağırlık

Tablo 3.2. Bahar 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar

İstasyon	Ortalama Boy (min-max) (cm)	Yaş Ağırlık (Mİ)* (g)	Kuru Ağırlık (Mİ)* (g)	KA/YA**
Sirkeci	5,4 (4,4-6)	577,6	59,37	0,1028
Karaköy	5,06 (4,1-5,9)	665,36	92,8	0,1395
Perşembe P.	5,4(4,6-6,5)	690,11	60,72	0,088
Cibali	5,00 (4-6)	707,85	70,94	0,1002
Kasımpaşa	4,64 (3,6-6,5)	592,9	66,62	0,1124
Fener	5,48 (4,5-6,5)	742,2	86,62	0,1167
Balat	5,76 (5-6,5)	427,87	48,5	0,1134
Hasköy	5,56 (4,5 - 6,1)	508,41	52,25	0,1028

*(Mİ): Midye içi
**K.A/Y.A: Kuru Ağırlık/ Yaş Ağırlık

Tablo 3.3. Yaz 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar

İstasyon	Ortalama Boy (min-max) (cm)	Yaş Ağırlık (Mİ)* (g)	Kuru Ağırlık (Mİ)* (g)	KA/YA**
Sirkeci	5,52 (4,8-6,3)	595,5	118,05	0,1982
Karaköy	5,58 (5,4-6,4)	374,6	77,73	0,2075
Perşembe P.	5,62 (4,6 - 6,3)	524,2	85,06	0,1623
Cibali	4,71 (4-5,5)	449,22	79,21	0,1763
Kasımpaşa	5,46 (4,5-6,6)	539,6	114,6	0,2124
Fener	5,08 (4,1-6)	571,09	138,4	0,2423
Balat	5,27 (4,3-6,2)	579,9	80,92	0,1395
Hasköy	6,01 (4,8-6,7)	419,7	93,6	0,223

*(Mİ): Midye içi
**K.A/Y.A: Kuru Ağırlık/ Yaş Ağırlık

Tablo 3.4. Güz 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar

İstasyon	Ortalama Boy (min-max) (cm)	Yaş Ağırlık (Mİ)* (g)	Kuru Ağırlık (Mİ)* (g)	KA/YA**
Sirkeci	5,28 (4 -6,2)	1196,8	86,4	0,0722
Karaköy	4,6 (4,1 - 6,6)	901,5	80	0,0887
Perşembe P.	4,95 (4,3 - 6,6)	890,8	88,3	0,0991
Cibali	4,94 (4 - 5,3)	887,92	92,2	0,1038
Kasımpaşa	4,65 (4,5 - 6,0)	1081,7	89,2	0,0825
Fener	4,8 (4,2 - 6,3)	734,1	81,6	0,1112
Balat	5,05 (4,2 - 6,1)	1041,7	77,4	0,0743
Hasköy	5,43 (4,8 - 5,9)	1107,7	87,5	0,079

*(Mİ): Midye içi
**K.A/Y.A: Kuru Ağırlık/ Yaş Ağırlık

Tablo 3.5. Kış 2013 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar

İstasyon	Ortalama Boy (min-max) (cm)	Yaş Ağırlık (Mİ)* (g)	Kuru Ağırlık (Mİ)* (g)	KA/YA**
Sirkeci	5,45 (5,8 - 4,4)	779,7	52,9	0,0678
Karaköy	5,04 (6,2 - 4,2)	685,8	54,9	0,0801
Perşembe P.	4,86 (6,3 - 3,8)	634,9	45,5	0,0717
Cibali	4,92 (6,0 - 4,7)	855,3	50,01	0,0585
Kasımpaşa	5,48 (6,5 - 4,4)	684	55,9	0,0817
Fener	4,93 (6,2 - 4,0)	591,6	38	0,0642
Balat	5,45 (5,8 - 4,4)	779,7	52,9	0,0678
Hasköy	4,69 (6,4 - 4,0)	774,3	68,6	0,0886

*(Mİ): Midye içi
**K.A/Y.A: Kuru Ağırlık/ Yaş Ağırlık

Tablo 3.6. Bahar 2014 Midyelere ait boy uzunluğu, yaş ve kuru et ağırlıklar

İstasyon	Ortalama Boy (min-max) (cm)	Yaş Ağırlık (Mİ)* (g)	Kuru Ağırlık (Mİ)* (g)	KA/YA**
Sirkeci	4,49 (3,9 - 5,3)	734,8	86,4	0,1176
Karaköy	4,71 (4,1 - 5,5)	644,7	78,2	0,1213
Perşembe P.	5,04 (3,9 - 5,6)	916,3	124,6	0,136
Cibali	5,92 (4,4 - 6,0)	748,2	109,8	0,1468
Kasımpaşa	3,97 (2,9 - 5,6)	384,1	52,6	0,1369
Fener	4,92 (4,1 - 5,5)	918,4	118,9	0,1295
Balat	4,86 (4,2 - 5,2)	924,9	98,3	0,1063
Hasköy	5,60 (4,6 - 7,1)	855	82	0,0959

*(Mİ): Midye içi
**K.A/Y.A: Kuru Ağırlık/ Yaş Ağırlık

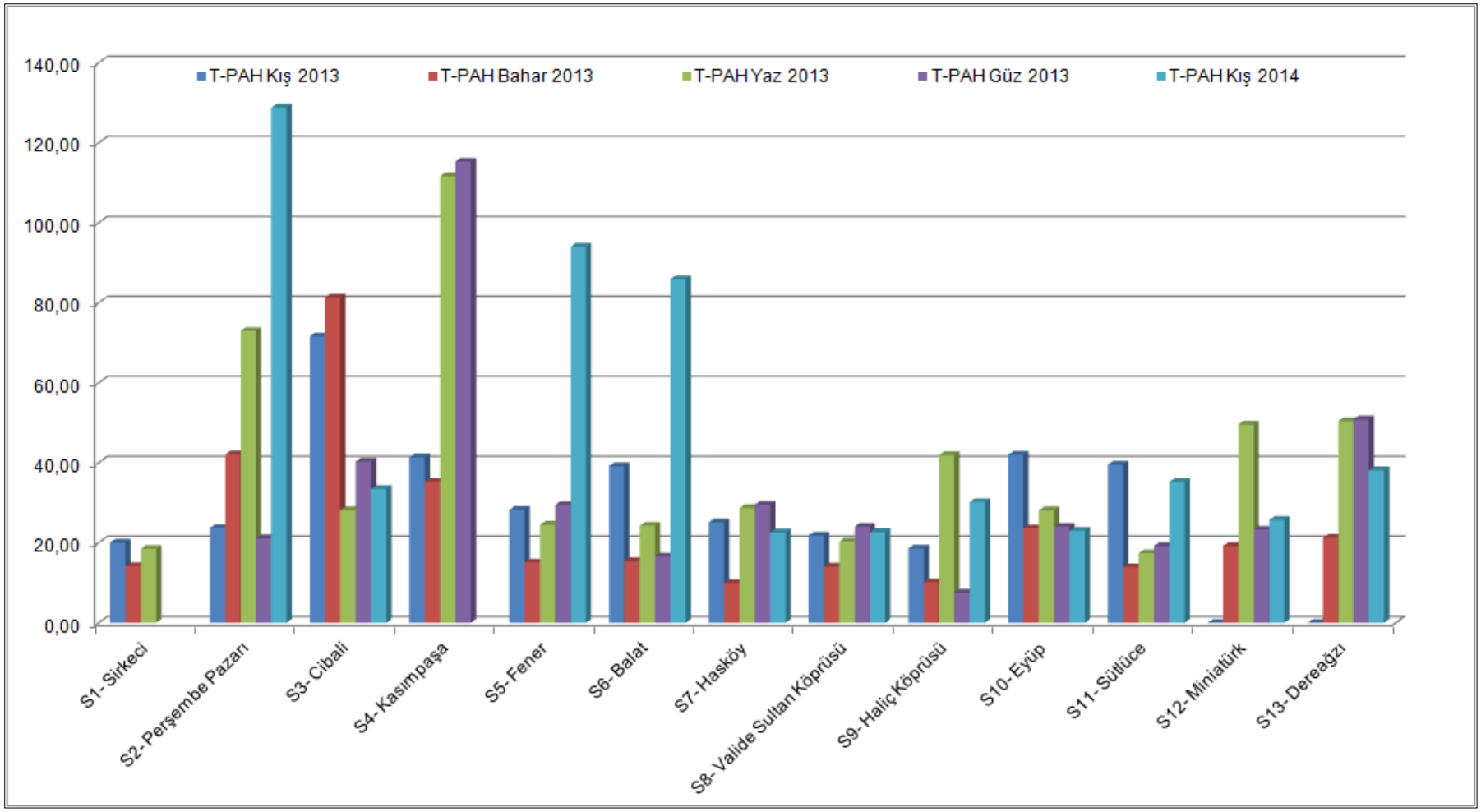
3.2. PAH Bulguları

3.2.1. Yüzey sedimentlerine ait bulgular

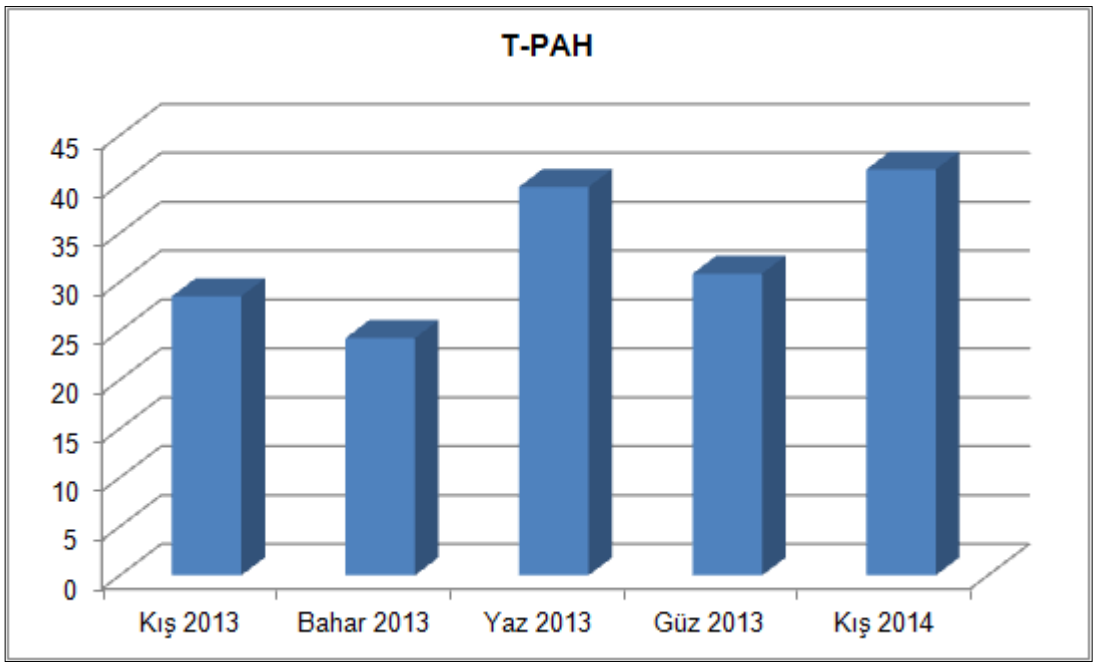
Şubat 2013-Ocak 2014 tarihleri arasında 13 Kıyı istasyonunda (Sirkeci, Perşembe Pazarı, Cibali, Kasımpaşa, Fener, Balat, Hasköy, Valide Sultan Köprüsü, Haliç Köprüsü, Eyüp, Sütlüce, Miniatürk, Dereağzı) 5 farklı mevsimde gerçekleştirilen yüzey sedimenti örneklerindeki PAH konsantrasyonları 63 µm'den küçük ve 63 µm'den büyük partiküller için ayrı ayrı ölçülmüştür. Sonuçlar, istasyonlar arasında farklı olmakla birlikte genel olarak 63 µm'den büyük partiküllerde daha yüksek PAH seviyelerinin bulunduğunu göstermektedir. Bunun nedeni sediment eleme yönteminde partiküllerin bloklar halinde kalıp yüzey alanı arttığı için PAH bileşenlerinin de buna bağlı olarak daha yoğun olması olabilir.

Yüzey sedimentlerine ait bireysel ve toplam PAH konsantrasyonları Ek-D'de 63 µm'den küçük partiküller için Tablo D.1, D.2, D.3, D.4 ve D.5'te ve 63 µm'den büyük partiküller için Tablo D.6, D.7, D.8, D.9 ve D.10'da verilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda T-PAH değerleri 63 µm'den küçük partiküller için kuru ağırlıkta 7,51-115,30 ng/g arasında değişmektedir. En düşük T-PAH değeri Güz 2013 döneminde Haliç Köprüsü istasyonunda, en yüksek değer ise aynı dönemde Kasımpaşa istasyonunda ölçülmüştür. Tüm istasyonlarda yüzey sedimenti örneklerinde T-PAH konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı 63 µm'den küçük partiküller için Şekil 3.9'da gösterilmiştir ve ortalama PAH konsantrasyonları S4, S2, S3, S5, S6, S13, S10, S11, S12, S7, S9, S8, S1 olarak sıralanmaktadır. Tüm istasyonların T-PAH konsantrasyon ortalamaları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde Şekil 3.10'da gösterildiği gibi Kış 2014, Yaz 2013, Güz 2013, Kış 2013, Bahar 2013 olarak bulunmuştur.

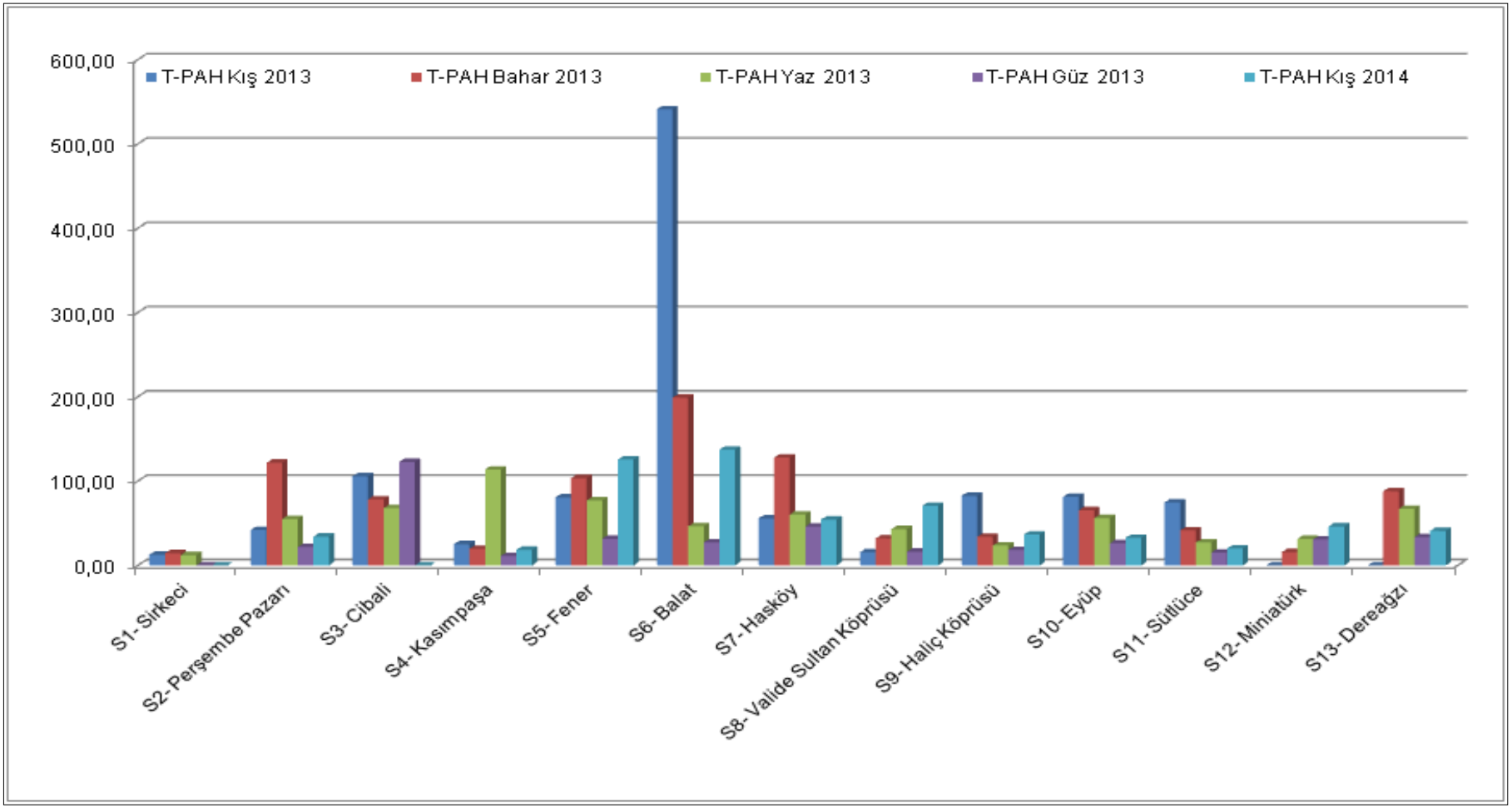


Şekil 3.9. Yüzey sedimenti örnek istasyonlarında (<63 µm fraksiyonu) T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı

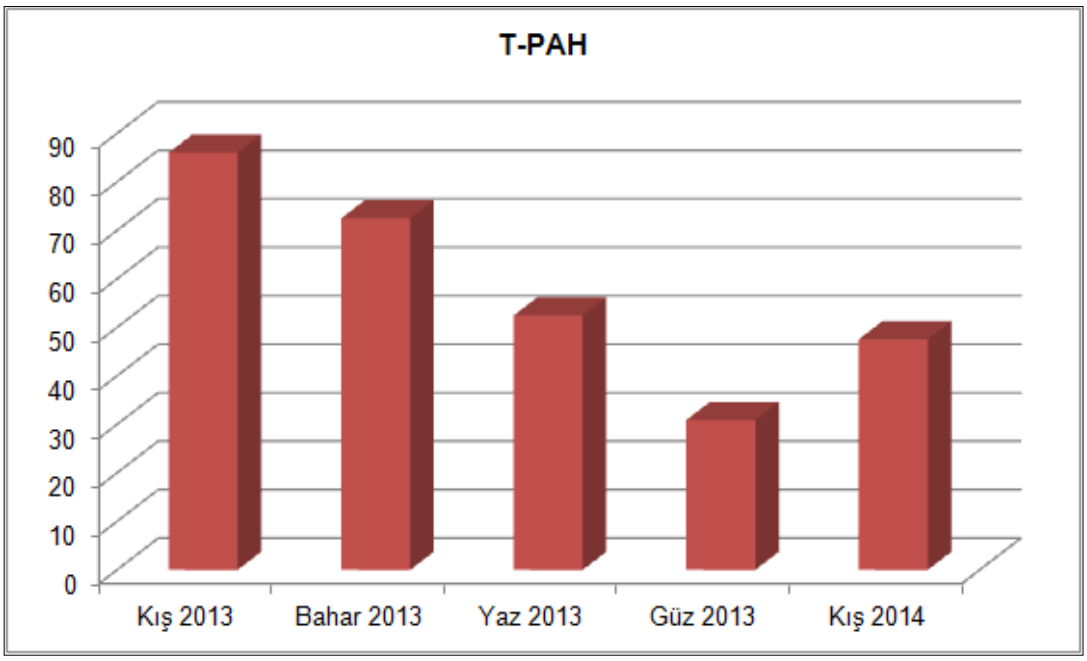


Şekil 3.10. Tüm sediment istasyonlarında (<63 µm fraksiyonu) ortalama T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı

Yapılan analizler sonucunda T-PAH değerleri 63 µm'den büyük partiküller için kuru ağırlıkta 11,27-541,23 ng/g arasında değişmektedir. En düşük T-PAH değeri Güz 2013 döneminde Kasımpaşa istasyonunda, en yüksek değer Kış 2013 döneminde Balat istasyonunda ölçülmüştür. Tüm istasyonlarda yüzey sedimentleri örneklerinde T-PAH konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı 63 µm'den büyük partiküller için Şekil 3.11'de gösterilmiştir ve ortalama PAH konsantrasyonları sıralaması S6, S5, S3, S7, S2, S10, S13, S9, S4, S11, S8, S12, S1 şeklindedir. Tüm istasyonların T-PAH konsantrasyon ortalamaları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde Kış 2013, Bahar 2013, Yaz 2013, Kış 2014, Güz 2013 olarak bulunmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Yüzey sedimenti örnek istasyonlarında (>63 µm fraksiyonu) T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı



Şekil 3.12. Tüm sediment istasyonlarında (>63 µm fraksiyonu) ortalama T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı

Yüzey sedimentleri genel olarak değerlendirildiğinde en düşük ortalama PAH konsantrasyonu Boğaz'a yakın olan S1 istasyonunda ölçülmüştür. Dünya genelinde ve Türkiye'de sedimentler üzerinde yapılmış olan bazı PAH çalışmaları Tablo 3.7'de verilmiştir.

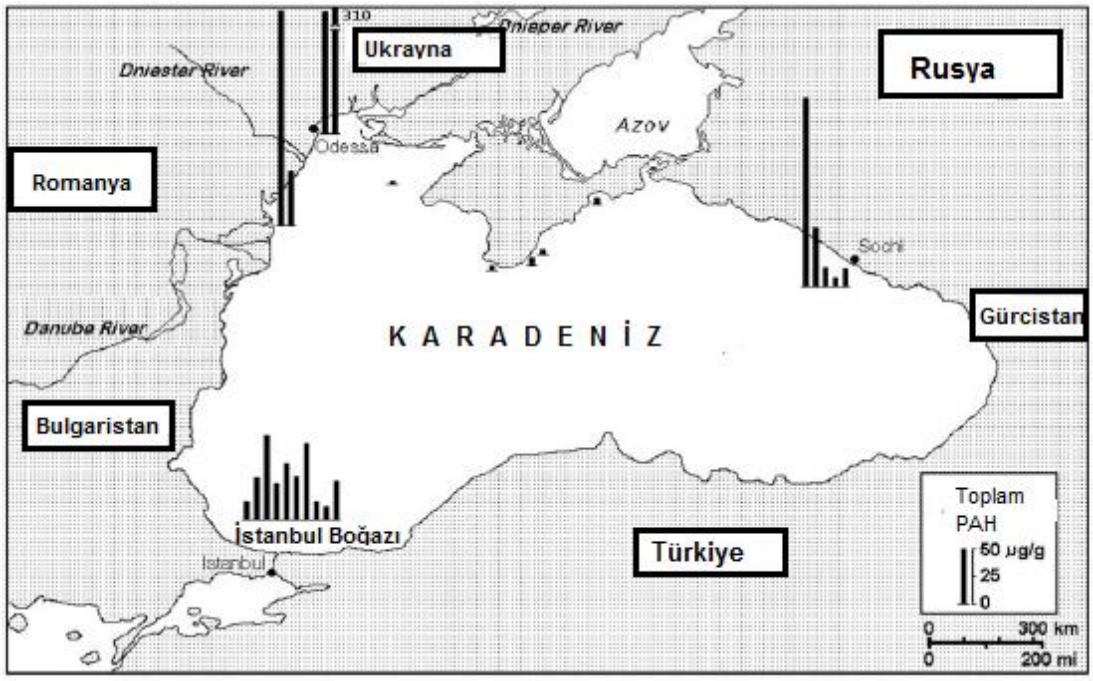
Tablo 3.7. Dünya genelinde sedimentlerde bulunan toplam PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Dünya Genelindeki PAH Konsantrasyonları			
Örnekleme Alanı	Yıl	Konsantrasyon (ng/g kuru ağr.)	Kaynak
Batı Kıyı, Avustralya	1991	1,0-3200 T-PAH (11 bileşen)	Burt ve Ebell (1995)
Baltık Denizi	1993	9,5-1871 T-PAH (15 bileşen)	Witt (1995)
Danube Kıyı Şeridi, Karadeniz, Ukrayna	1995	30,5-608 T-PAH (17 bileşen)	Readman ve diğ. (2002)
Akdeniz, Fransa	1996	36-6900 T-PAH (18 bileşen)	Baumard ve diğ. (1998a)
Akdeniz, İspanya	1996	1,2-8400 T-PAH (18 bileşen)	Baumard ve diğ. (1998a)
Akdeniz, Mayorka	1996	0,3-100 T-PAH (18 bileşen)	Baumard ve diğ. (1998a)
Malezya Yarımadası	2003	260-590 T-PAH (17 bileşen)	Elias ve diğ. (2007)
Türkiye'deki PAH Konsantrasyonları			
Boğaz girişi, Karadeniz	1995	13,8-531 T-PAH (17 bileşen)	Readman ve diğ. (2002)
İzmit Körfezi, Marmara Denizi	1999	200000-5220000 T-PAH	Okay ve diğ. (2001)
İzmit Körfezi, Marmara Denizi	1999	120-11400 T-PAH (14 bileşen)	Tolun ve diğ. (2006)
İzmit Körfezi, Marmara Denizi	1999 - 2001	30000-3500000 T-PAH	Okay ve diğ. (2003)
Gemlik Körfezi, Marmara Denizi	2005	50,8-13482 T-PAH (14 bileşen)	Ünlü ve Alpar (2006)
İstanbul Boğazı	2007	1,1-3152 T-PAH (16 bileşen)	Karacık ve diğ. (2009)
İzmit Körfezi, Marmara Denizi	2008 - 2010	53,2-6340,4 T-PAH (15 bileşen)	Terzi ve diğ. (2011)
İstanbul Haliç'i	2013-2014	7,51-541,23 T-PAH (16 bileşen)	Bu çalışma

1991'de Avustralya'nın Batı Kıyısında 175 noktadan alınan yüzey sedimentlerinde T-PAH konsantrasyonları 1,0-3200 ng/g kuru ağr. olarak ölçülmüştür (Burt ve Ebell, 1995). Gemi tesislerinin bulunduğu mücavir alanlarda kontaminasyonun daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

1992-1994 yılları arasında Baltık Denizi'nde suyun farklı derinliklerinden alınan sedimentlerde PAH'ların dağılımı incelenmiştir. 104 farklı noktadan alınan yüzey sedimentlerinde T-PAH konsantrasyonları kuru ağırlıkta 9,5-1871 ng/g olarak tespit edilmiş ve ekotoksikolojik açıdan sorun teşkil etmediği rapor edilmiştir (Witt, 1995).

1995'te İstanbul Boğazı'nı da içeren geniş çaplı Karadeniz çalışmasında (Şekil 3.13) Danube Kıyı Şeridi'nde kontaminasyonun antropojenik kaynaklı olduğu (Readman ve diğ., 2002) ve Karadeniz sedimentlerinde PAH konsantrasyonlarının Akdeniz'e kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir (Baumard, 1998a). Fakat kentleşme ve sanayileşmenin yoğun olduğu bölgelerdeki sedimentlerde toplam PAH konsantrasyonları farklılık göstermektedir (Readman ve diğ., 2002).



Şekil 3.13. Karadeniz sedimentlerinde PAH dağılımları (Readman ve diğ., 2002)

1995'te Karadeniz bölgesinde (İstanbul Boğazı'nın girişinde) yapılan çalışmaya göre, 80 m'den alınan sedimentlerdeki T-PAH (17 bileşen) konsantrasyonları kuru ağırlıkta 13,8 ile 531 ng/g arasında ortalama 113 ng/g kuru ağr. olarak bulunmuştur (Readman ve diğ., 2002).

1999'da İzmit Körfezi'nde yapılan çalışmaya göre, 16 farklı noktadan alınan yüzey sediment örneklerinde T-PAH konsantrasyonları 200000-5220000 ng/g kuru ağr. olarak ölçülmüştür (Okay ve diğ., 2001). Bu çalışma Tüpraş rafineri yangınından hemen sonra yangın öncesi ve yangın sonrası değişimlerin karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır ve 1999-2001 yılları arasında yine İzmit Körfezi'nde yapılan toplam 3 istasyondan alınan yüzey sediment örneklerinde T-PAH konsantrasyonları 30000-3500000 ng/g kuru ağr. olarak ölçülmüş rafineri önlerinde zamana bağlı bir azalma olduğu gözlenmiştir (Okay ve diğ., 2003).

Daha önce yapılan çalışmalar İstanbul Haliç'i sedimentlerinde T-PAH konsantrasyonlarının diğer denizlerle karşılaştırılabilir olduğunu göstermektedir. Haliç'te kuru ağırlıkta 7,51-541,23 ng/g olarak ölçülen T-PAH konsantrasyonlarının İstanbul Boğazı'nda 1,1-3152 ng/g kuru ağr. olarak ölçülen (Karacık ve diğ., 2009), İzmit Körfezi'nde kuru ağırlıkta 241-11437 ng/g (Tolun ve diğ., 2006) ve 53,2-6340,4 ng/g (Terzi ve diğ., 2011) olarak ölçülen ve Gemlik Körfezi'nde 51-13482 ng/g kuru ağr. olarak ölçülen (Ünlü ve Alpar, 2006) Marmara Denizi sedimentlerinden daha düşük olduğunu göstermektedir.

İstanbul Boğazı'nın bir kolu olan Haliç'te yapılan bu çalışma dünya genelinde sedimentlerdeki T-PAH konsantrasyonları üzerine yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında genel olarak sonuçların diğer çalışmalardan daha düşük olduğunu göstermektedir.

Sıcaklığın yükselmesiyle PAH'ların sudaki çözünürlükleri artmakta (Schwarzenbach ve diğ., 1993; Nakata ve diğ., 2006) ve sedimente adsorbsiyon azalmaktadır (Wang ve diğ., 2001). Wang ve diğ., (2001) tarafından yapılan çalışmada sıcaklığın 5 ˚C'den 35 ˚C'ye çıkmasıyla PAH'ların sudaki çözünürlükleri 4-5 kat artarken sedimentteki toplam PAH konsantrasyonu azalmıştır.

Yazın, atmosfere salınan PAH miktarının azalmasıyla (Papageorgopoulou ve diğ., 1999; Esen ve diğ., 2008) çökelme mekanizması gereğince su ortamına ve sedimente geçen PAH miktarı da düşmektedir (Zhou ve Maskaoui, 2003). Sediment ve toprak gibi katı matrikslerde başlıca PAH kaynağının atmosferik çökelme olduğu dikkate alındığında mevsim değişiminin PAH konsantrasyonu üzerindeki etkileri daha iyi anlaşılmaktadır (Shi ve diğ., 2005; Mc Veety ve Hites, 1988). 5 farklı dönemde Haliç sedimentlerinde yapılan bu çalışmada en yüksek toplam PAH konsantrasyonları genel olarak kış mevsimlerinde ölçülmüştür. Fakat en düşük

konsantrasyonların yaz mevsiminde olması beklenirken bizim çalışmamızda toplam PAH konsantrasyonlarının sıcaklıktan bağımsız olarak dağılım gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Bazı PAH bileşenleri için sedimentlerde belirlenmiş olan Probable Effect Level (PEL), Threshold Effect Level (TEL) ve Effect Range Low (ERL) değerleri Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8. Deniz sedimenti için Sediment Kalite Rehber değerleri (SQG) (µg/kg kuru ağırlık)

PAH Bileşeni	TEL[1]	PEL[2]	ERL[3]
Acenaphthene	7	89	16
Acenaphthylene	5	130	-
Anthracene	47	240	85
Benzo(a)anthracene	75	690	261
Benzo(a)pyrene	89	760	430
Chrysene	110	850	384
Dibenzo(a,h)anthracene	6	140	-
Fluoranthene	110	1500	600
Fluorene	21	140	19
Naphthalene	35	390	-
Phenanthrene	87	540	240
Pyrene	150	1400	665

[1] TEL : Probable Effect Level (Macdonald ve diğ., 1996)
[2] TEL: Threshold Effect Level (US EPA, 2006)
[3] ERL: Effect Range Low (Long ve diğ., 1995)

Yapılan bu çalışma SQG değerleri ile karşılaştırıldığında tüm PAH bileşenleri için olması gereken değerler Dibezo(a,h)anthracene bileşiği hariç tüm istasyonlar için olması gereken değeri aşmamaktadır.

Dibezo(a,h)anthracene bileşiği için önerilen TEL değerinin aşıldığı istasyonlar Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Dibenzo(a,h)anthracene için TEL değerinin aşıldığı istasyonlar

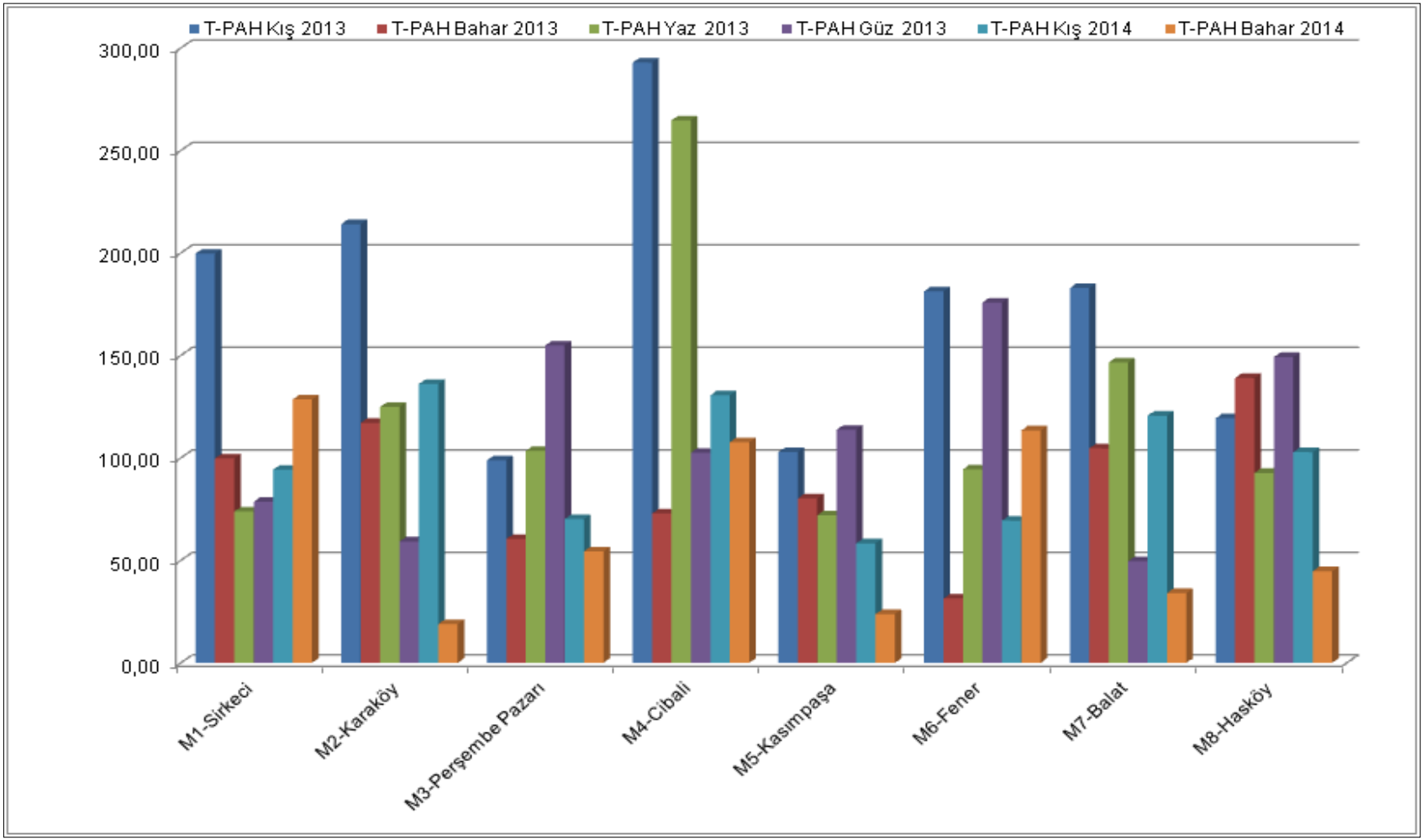
Sediment	Örnekleme Dönemleri				
	Kış '13	Bahar '13	Yaz '13	Güz '13	Kış '14
< 63 µm	S3 S4 S10 S11	S2 S3	S2 S3 S4 S12 S13	S2 S3 S4 S7 S13	S2 S5 S6 S11 S13
> 63 µm	S3 S5 S6 S7 S9 S10	S2 S3 S6 S7 S10 S11 S13	S2 S4 S7 S10 S11	S2 S6 S7	S5 S9 S13

EPA Dibenzo(a,h)anthracene bileşiğini B2 grubu muhtemel insan kanserojeni olarak rapor etmiştir. Bu bileşik DNA hasarı ve gen mutasyonuna neden olabilir (URL-6).

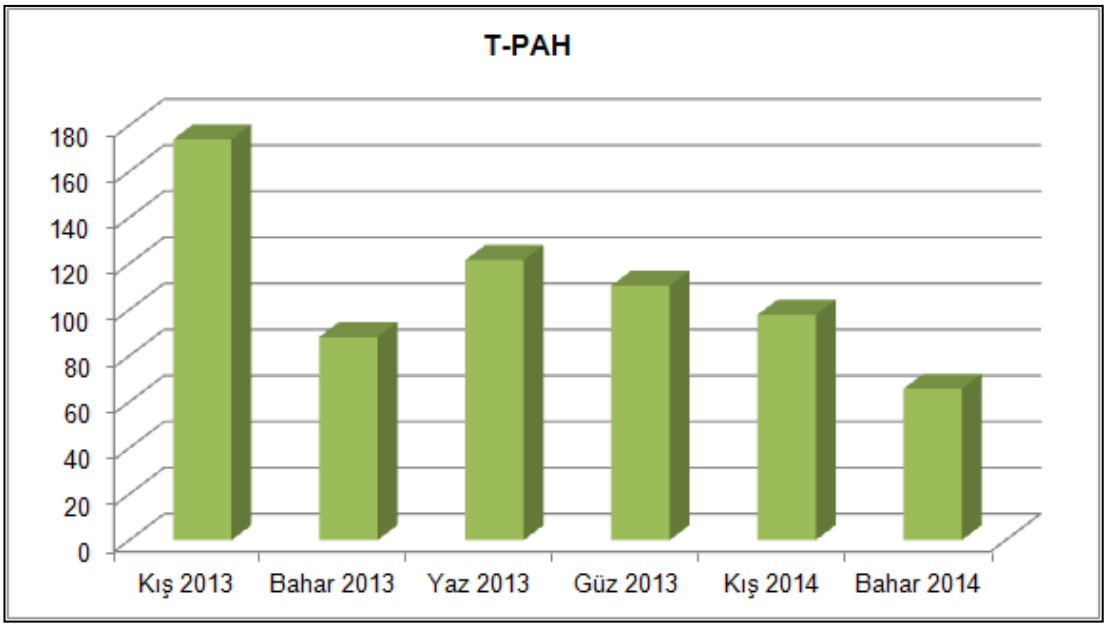
3.2.2. Midyelere ait bulgular

Şubat 2013-Mayıs 2014 tarihleri arasında 8 istasyonda (Sirkeci, Karaköy, Perşembe Pazarı, Cibali, Kasımpaşa, Fener, Balat, Hasköy) 6 farklı örnekleme yapılmıştır. Midyelere ait bireysel ve toplam PAH konsantrasyonları Ek-E'de Tablo E.1, E.2, E.3, E.4, E.5 ve E.6'da verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda T-PAH değerleri kuru ağırlıkta 23,77-292,86 ng/g arasında değişmektedir. En düşük T-PAH değeri Bahar 2014 döneminde Kasımpaşa istasyonunda, en yüksek değer Kış 2013 döneminde Cibali istasyonunda ölçülmüştür. Ortalama PAH konsantrasyonları bütün örneklemeler için ele alındığında sıralama M4, M1, M2, M6, M8, M7, M3, M5 şeklindedir.

Midye örneklerinde mevsimlere ve istasyonlara göre T-PAH konsantrasyonlarının dağılımı Şekil 3.14'te gösterilmiştir. Tüm istasyonların T-PAH konsantrasyon ortalamaları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde Kış 2013, Yaz 2013, Güz 2013, Kış 2014, Bahar 2013 olarak bulunmuştur (Şekil 3.15).



Şekil 3.14. *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde mevsimlere ve istasyonlara göre T-PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)



Şekil 3.15. Tüm midye örneklemesi istasyonlarında ortalama T-PAH konsantrasyonlarının (ng/g kuru ağırlık) mevsimsel dağılımı

Dünya genelinde ve Türkiye'de *Mytilus galloprovinciallis* (*M. galloprovinciallis*) üzerinde yapılmış olan bazı PAH çalışmaları Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. Dünyanın farklı bölgelerindeki *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde belirlenen PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Dünya Genelindeki PAH Konsantrasyonları			
Örnekleme Alanı	Yıl	Konsantrasyon (ng/g kuru ağr.)	Kaynak
Korsika ve Sardunya, Akdeniz	1995	26-390 T-PAH (18 bileşen)	Baumard ve diğ. (1999)
Arcachon Körfezi, Fransa	1995	279-2420 T-PAH (18 bileşen)	Baumard ve diğ. (1999)
Akdeniz, İspanya ve Fransa	1996	25,1-82,2 T-PAH (18 bileşen)	Baumard ve diğ. (1999)
Baltık Denizi	1996	92,5-361 T-PAH (18 bileşen)	Baumard ve diğ. (1999)
Güney İrlanda Denizi	2000	95-184 T-PAH (13 bileşen)	Guinan ve diğ. (2001)
Galiçya	2003-2004	< 200 T-PAH (35 bileşen)	Laffon ve diğ. (2006)
Mokpo Körfezi, Kore	2004	96 T-PAH (8 bileşen)	Namiesnik ve diğ. (2008)
Akdeniz	2004-2006	22-106 T-PAH (16 bileşen)	Galgani ve diğ. (2010)
Adriyatik Denizi, Hırvatistan	2006	49,2-134 T-PAH (10 bileşen)	Bihari ve diğ. (2006)
Türkiye'deki PAH Konsantrasyonları			
İzmit Körfezi, Marmara Denizi	1999	8,5-34 T-PAH (17 bileşen)	Telli-Karakoç ve diğ. (2002)
İstanbul Boğazı	2007	43-601 T-PAH (17 bileşen)	Karacık ve diğ. (2009)
İzmit Körfezi, Marmara Denizi	2008-2010	22,6-1020,7 T-PAH (14 bileşen)	Terzi ve diğ. (2011)
İstanbul Haliç'i	2013-2014	23,77-292,86 T-PAH (16 bileşen)	Bu çalışma

1995 ve 1996 yıllarında Baumard ve diğ., (1998a) Fransa, İspanya ve Balearik Adaları'ndan topladıkları *M. galloprovincialis* örneklerinde PAH düzeylerini ölçmüştür. En düşük PAH konsantrasyonu 25-82 ng/g kuru ağr. olarak ölçülmüştür. Fakat İspanya'nın iki önemli limanları yakınından toplanan midye örneklerinde PAH kontaminasyonunun (337 ve 336 ng/g kuru ağr.) daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Fransa' da kafesleme yöntemiyle toplanan midye örneklerinde yapılan analizler sonucu yüksek PAH konsantrasyonlarının olduğunu göstermiştir (279-2420 ng/g kuru ağr.) (Baumard ve diğ., 1998b).

Kasım 2002'de geniş petrol tankeri Prestijin bozulmasıyla 77000 tondan daha fazla ham petrol Galiçya'ya dökülmüştür. Bileşiminin %50'sini PAH'ların oluşturduğu bu petrol yağı US-EPA tarafından No.6 petrol yağı olarak ve Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından 2B Grubu kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (IARC,1989). Galiçya kıyıları boyunca 11 farklı istasyondan toplanan midyelerde ortalama PAH konsantrasyonu kuru ağırlıkta 200 ng/g'dan düşük olarak bulunmuştur (Laffon ve diğ., 2006).

2004-2006 yıllarında Akdeniz kıyılarında 6 farklı ülkeye temiz su alanından getirilen *M. galloprovincialis* türü midyelerinde kafesleme yöntemiyle bireysel ve toplam PAH konsantrasyonları araştırılmış ve değerler kuru ağırlıkta 22-106 ng/g olarak bulunmuştur (Galgani ve diğ., 2010).

1999'da İzmit Körfezi'nde kuzey kıyılardan 8 farklı istasyondan alınan midye örneklerinde PAH konsantrasyonlarının kuru ağırlıkta 8,5-35 ng/g olarak ölçüldüğü rapor edilmiştir (Telli-Karakoç ve diğ., 2002).

İstanbul Boğazı'nda 24 farklı istasyondan toplanan *M. galloprovincialis* türünde kuru ağırlıkta PAH konsantrasyonları 42,9-601 ng/g olarak ölçülmüştür (Karacık ve diğ., 2009).

İstanbul Boğazı'nın kolu olan Haliç'te 8 farklı istasyondan toplanan *M. galloprovincialis* türündeki PAH konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik yapılan bu çalışmanın sonucunda değerler kuru ağırlıkta 23,77-292,86 ng/g olarak ölçülmüştür. Dünya genelinde yapılan çalışmalara kıyasla midyelerdeki PAH konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat, Karacık ve diğ. (2009)'nin ve Terzi ve diğ. (2011)'nin çalışmasına kıyasla bu çalışmada

sonuçlar daha düşük olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma 6 mevsime ait biyolojik izleme çalışması olup diğer çalışmalara kıyasla daha uzun zamanlı bir çalışmayı yansıtmaktadır. Örnekleme ve analizde kullanılan metotlar ile örnekleme bölgesindeki kaynakların farklılığı göz önünde bulundurulduğunda çalışmalar arasında tam bir karşılaştırma yapılması mümkün değildir.

Reeders ve diğ. (1989) mevsimlerin kirleticilerin alımında önemli bir değişikliğe sebep olmadığını belirtirken Gossiaux ve diğ. (1996) yaptıkları çalışmada mevsimler arasında istatistiksel olarak belirgin bir değişim gözlemiştir.

Çalışmamızın sonucunda midyelerde ortalama toplam PAH konsantrasyonları mevsimler arasında değişiklik gösterip genel olarak ortalama toplam PAH konsantrasyonlarının kış mevsiminde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

3.2.3. Midye ve sedimentlere ait PAH bulgularının birlikte değerlendirilmesi

Maksimum ve minimum T-PAH konsantrasyonları karşılaştırıldığında PAH'ların midyelerde sedimentlere oranla daha fazla birikim gösterdikleri gözlenmiştir.

Ortalama T-PAH konsantrasyonları istasyonlara göre değerlendirildiğinde sediment için en yüksek konsantrasyonlara Orta Basen'de rastlanırken midye örnekleri için Orta Basen'de daha yüksek konsantrasyonlar bulunmuştur.

Mevsimsel olarak bir değerlendirme yapıldığında ise hem sediment hem de midye örneklerinde genel olarak en yüksek PAH kontaminasyonları Kış mevsimlerinde belirlenmiştir.

Sediment ve midye örneklerine ait ortak istasyonlardaki T-PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak ilişkisi Tablo 3.11 ve 3.12'de gösterilmiştir. Sediment ve midye örneklerinde belirlenen PAH konsantrasyonları mevsimsel olarak incelendiğinde aralarında doğrusal bir ilişki olduğunu söylemek mümkün değildir. Buna dayanarak mevsimsel değişimlerin bu çalışmada kullanılan sediment ve midye türlerindeki PAH birikiminde aynı etkileri göstermediği söylenebilir.

Tablo 3.11. Sediment (<63 µ farksiyon) ve midye örnekleri ortak istasyonlardaki mevsimsel T-PAH konsantrasyonlarının korelasyonu

Korelasyonlar														
İstasyonlar	S1 <63 µ	M1	S2 <63 µ	M3	S3 <63 µ	M4	S4 <63 µ	M5	S5 <63 µ	M6	S6 <63 µ	M7	S7 <63 µ	M8
S1 <63 µ	1	,548	-,106	,939	-,430	,991	,334	,838	1,00*	,935	,914	,974	1,00**	-1,00**
M1		1	-,890	,228	,520	,431	-,606	,003	,571	,809	,840	,724	-1,00**	1,00**
S2 <63 µ			1	-,517	-,455	-,087	,911	,652	,842	-,568	,818	,127	,025	-,789
M3				1	-,670	,104	-,044	-,441	-,270	,799	-,411	-,443	,782	,366
S3 <63 µ					1	-,248	-,687	-,115	-,525	-,268	,154	,221	-,967	,541
M4						1	,555	,846	-,150	,459	,053	,833	,587	-,808
S4 <63 µ							1	,733	,038	-,216	,109	,377	,449	-,988
M5								1	-,036	-,136	,644	,902	,082	-,973
S5 <63 µ									1	-,182	,958*	,002	,149	-,435
M6										1	-,166	,047	,822	,322
S6 <63 µ											1	,275	,057	-,538
M7												1	-,114	-,900
S7 <63 µ													1	-,274
M8														1

*Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlı (2-kuyruklu)
**Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlı (2-kuyruklu)

Tablo 3.12. Sediment (> 63 µ farksiyon) ve midye örnekleri ortak istasyonlardaki mevsimsel T-PAH konsantrasyonlarının korelasyonu

Korelasyonlar														
İstasyonlar	S1 >63 µ	M1	S2 >63 µ	M3	S3 >63 µ	M4	S4 >63 µ	M5	S5 >63 µ	M6	S6 >63 µ	M7	S7 >63 µ	M8
S1 >63 µ	1	-,127	,939	-,995	-,057	-,950	,317	-,992	,997*	-,685	-,017	-,775	1,00**	1,00**
M1		1	-,461	,228	,998*	,431	,901	,003	-,200	,809	,994	,724	1,00**	1,00**
S2 >63 µ			1	-,660	-,660	-,321	-,011	,080	,403	-,723	,079	,062	,987*	,176
M3				1	,720	,104	-,126	-,441	-,949*	,799	-,281	-,443	-,654	,366
S3 >63 µ					1	-,168	,574	-,660	-,744	,814	,171	-,401	-,488	,766
M4						1	,007	,846	-,075	,459	,504	,833	-,426	-,808
S4 >63 µ							1	-,227	,115	,396	,830	,215	,475	,954
M5								1	,544	-,136	,355	,902	,043	-,973
S5 >63 µ									1	-,734	,218	,435	,393	-,509
M6										1	,327	,047	-,752	,322
S6 >63 µ											1	,716	,815	,086
M7												1	,142	-,900
S7 >63 µ													1	,299
M8														1

*Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlı (2-kuyruklu)
**Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlı (2-kuyruklu)

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Haliçler, tatlı su ortamlarıyla denizel ortamlar arasındaki bir geçiş bölgesi olup kısmen yarı kapalı acısu ekosistemleridir (Pritchard, 2007). Deniz ve tatlı su akıntılarıyla ve sedimentleriyle beslenirler. Deniz suyu ve tatlı su akışları hem su kolonunda hem de sedimentte besin maddelerinin yüksek seviyelerde olmasını sağlar ve bu özelliğiyle haliçler dünyadaki en üretken doğal habitatlardır (McLusky, 2004).

Dünya nüfusunun %60'ı haliçler (körfezler, lagünler, limanlar, boğazlar gibi) ve kıyı şeritleri boyunca yerleşim göstermektedir (URL-7) ve kentleşme, nüfus artışı ve sanayileşmenin her geçen gün artmasına bağlı olarak bu alanlar aşırı kirletilmiş bölgelerdir (Wolanski, 2007). Evsel, endüstriyel ve hayvansal kaynaklı atıkların su ekosistemlerine girmesi sonucunda bu ortamlar ağır metaller, poliklorlu bifeniller, radyonüklidler ve hidrokarbonlar gibi kirleticilere maruz kalmaktadır (Gerlach, 1981).

Kıyı Emniyet Müdürlüğü'nün 2012 faaliyet raporuna göre Türk Boğazları'ndan yıllık ortalama 50000'in üzerinde gemi geçmektedir ve günlük ortalama 400000 ton petrol taşımaktadır. Dünya ticareti açısından önemli konumu olan İstanbul Boğazı'nda yıllık ortalama 90000 ton petrol ve yük taşınmaktadır (URL-8). Yeni bir düzenlenme Boğaz ekosistemi için faydalı olabilir.

Bu çalışmada, oşinografik özellikleri açısından İstanbul Boğazı'na benzer özellik gösteren Haliç'in sediment ve midyeleri kullanılarak haliçteki kirlilik ilk kez sürekli ve mevsimsel olarak izlenmiştir.

Sedimentteki PAH kirlilik düzeyi;

- 100-1000 ng/g (düşük)
- 1000-5000 ng/g (yüksek)
- >5000 ng/g (çok yüksek) olduğu (Baumard ve diğ., 1998a) göz önüne alındığında Haliç yüzey sedimentlerindeki PAH kirlilik düzeyi düşük olarak belirlenmiştir.

Yüzey sedimentlerindeki toplam PAH konsantrasyonları istasyonlara göre farklılık göstermektedir. Genel olarak PAH kontaminasyonu değerlendirildiğinde geçmişte birçok endüstriyel fabrikaya ev sahibi olan Haliç'te kirleticilerin Üst Basen'de daha yoğun olması beklenirken bu çalışmada Haliç'in Orta Basen'inde ve kış mevsiminde daha yüksek kontaminasyonun olduğu görülmüştür. Bunun nedeni gemi limanlarının Orta Basen'e daha yakın konumlanması olabilir. Ayrıca Orta Basen'de bulunan Balat istasyonunda beklenildiği gibi yüksek konsantrasyonlara rastlanmıştır. En düşük değerler ise Boğaz'a açılan Sirkeci istasyonunda ölçülmüştür.

Ekotoksikolojik izleme çalışmalarında biyoindikatör olarak kullanılan midye örneklerinde ise Haliç'in Üst Baseni'nde daha yüksek konsatrasyonlarda PAH birikimi olduğu gözlenmiştir. Midyelerdeki toplam PAH konsantrasyonları göz önünde bulundurulduğunda genel olarak Haliç'in Üst Baseni'nden Alt Baseni'ne doğru PAH kontaminasyonunun azaldığı tespit edilmiştir. Bunun nedeninin organik atıkların iç kısımlara kıyasla daha az olması ve Boğaz kısmında daha hızlı akıntıların olması düşünülmektedir.

Canlı dokuda daha yüksek konsantrasyonların saptanması PAH'ların yağ dokuda depolanmasıyla ilişkilendirilebilir (Gowland ve diğ., 2002). Ayrıca midyeler sucul ekosistemlerin filtreleri olup kirleticileri rahatlıkla bünyelerine alabilirler.

Ekolojik açıdan önemli olan ve birçok sucul organizma türüne ev sahipliği yapan haliç gibi önemli su ekosistemlerinde uzun zamanlı ve kapsamlı biyolojik izleme çalışmalarına daha fazla ağırlık verilmesi gerekmektedir. Her geçen gün atık su deşarjları, petrol sızıntıları, gemi kazaları gibi birçok farklı tehdit unsuruyla karşı karşıya olan her açıdan önemli su ekosistemlerinde çalışmaların multidisipliner olarak sürdürülmesi yararımıza olacaktır. Deniz ve diğer su ortamlarına evsel ve endüstriyel atıkların kontrolsüz deşarjları yapılmamalı ve kurumlarca disiplinli bir şekilde kontrol edilmelidir. Ayrıca çalışmaların sonucunda gerekli önlemlerin alınmasına dair bilgi paylaşımlarında bulunulmalı ve toplum bu konularda bilinçlendirilmelidir. Su ve su ekosistemlerinin canlılık açısından önemi unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

Akarsubaşı A. T., İnce O., Sayı N., Eyice Ö., Övez S., İnce B., Analysis of Anaerobic Microbial Diversity in Halic (marine inlet) Sediment by Molecular Tools, *Advanced Molecular Medicine*, 2005, **2**(2), 71-77.

Akten N., Shipping Accidents: a Serious Threat for Marine Environment Gemi Kazaları: Deniz Çevresi İçin Ciddi Bir Tehdit, *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 2006, **12**, 269-304.

Alpar B., Burak S., Doğan E., Environmental and Hydrological Management of the Golden Horn Estuary, Istanbul, *Journal of Coastal Research*, 2005, **214**(214), 646–654.

Alver E., Demirci A., Özcimder M., Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2012, **3**(1), 45–52.

Arzayus K. M., Dickhut R. M., Canuel E., Fate of Atmospherically Deposited Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Chesapeake Bay, *Environmental Science and Technology*, 2001, **35**(11), 2178–2183.

Aslan-Yılmaz A., Okuş E., Övez S., Bacteriological Indicators of Anthropogenic Impact Prior to and during the Recovery of Water Quality in an Extremely Polluted Estuary, Golden Horn, Turkey, *Marine Pollution Bulletin*, 2004, **49**(11-12), 951–958.

Baker J. E., Eisenreich S. J., Concentrations and Fluxes of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Polychlorinated Biphenyls Across the Air-Water Interface of Lake Superior, *Environmental Science and Technology*, 1990, **24**(3), 342–352.

Balkıs N., Müftüoğlu E., Aksu A., Sur H. I., Apak R., The Chemical Oceanographic Consequences of Environmental Restoration Projects in the Golden Horn Estuary (Marmara Sea, Turkey), *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010, **164**(1-4), 67-79.

Baştürk Ö., Yılmaz A., Saydam A. C., Salihoğlu I., Health of the Turkish Straits: Chemical and Environmental Aspects of the Sea of Marmara and Golden Horn, Oceanography of the Turkish Straits, Second Annual Report*, Institute of Marine Sciences, Erdemli Icel METU,* R92/88-04, 130, 1988.

Baumard P., Budzinski H., Michon Q., Garrigues P., Burgeot T., Bellocq J., Origin and Bioavailability of PAHs in the Mediterranean Sea from Mussel and Sediment Records, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1998a, **47**(1), 77–90.

Baumard P., Budzinski H., Garrigues P., PAHs in Arcachon Bay, France: Origin and Biomonitoring with Caged Organisms, *Marine Pollution Bulletin*, 1998b, **36**(8), 577–586.

Baumard P., Budzinsky H., Garrigues P., Narbonne J. F., Burgeot T., Michel X., Bellocq J., Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Burden of Mussels (*Mytilus sp*.) in Different Marine Environments in Relation with Sediment PAH Contamination and Bioavailability, *Marine Environmental Research*, 1999, **47**(5), 415–439.

Berthou F., Balouët G., Bodennec G., Marchand M., The Occurrence of Hydrocarbons and Histopathological Abnormalities in Oysters for Seven Years Following the Wreck of the Amoco Cadiz in Brittany (France), *Marine Environmental Research*, 1987, **23**(2), 103-133.

Bihari N., Fafand-el M., Hamer B., Kralj-Bilen B., PAH Content, Toxicity and Genotoxicity of Coastal Marine Sediments from the Rovinj Area, Northern Adriatic, Croatia, *Science of the Total Environment*, 2006, **366**(2-3), 602–611.

Bixian M., Jiano F., Gan Z., Zheng L., Yushun M., Guoying S., Xingmin W., PAHs in Sediments from the Pearl River and Estuary China, Spatial and Temporal Distribution and Sources, *Applied Geochemistry*, 2001, **16**(11-12), 1429-1445.

Bjorseth A., Ramdahl T., *Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*, 2nd ed., Marcel Dekker Inc., New York, 1985.

Boehm P. D., Quinn J. G., The Persistence of Chronically Accumulated Hydrocarbons in the Hard Shell Clam *Mercenaria mercenaria, Marine Biology*, 1977, **44**(3), 227–233.

Bopp S. K., Lettieri T., Gene Regulation in the Marine Diatom *Thalassiosira pseudonana* upon Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), *Gene*, 2007, **396**(2)**,** 293–302.

Bozlaker A., Müezzinoğlu A., Odabaşı M., Atmospheric Concentrations, Dry Deposition, and Air-Soil Exchange of Polycylic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in an Industrial Region in Turkey, *Journal of Hazardous Materials*, 2008, **153**(3), 1093-1102.

Burt J. S., Ebell G. F., Organic Pollutants in Mussels and Sediments of the Coastal Waters off Perth, Western Australia, *Marine Pollution Bulletin*, 1995, **30**(11), 723–732.

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.

Coleman H. M., Kanat G., Aydinol Turkdogan F. I., Restoration of the Golden Horn Estuary (Halic), *Water Reseach,* 2009, **43**(20), 4989–5003.

Danyi S., Brose F., Brasseur C., Schneider Y. J., Larondelle Y., Pussemier L., Scippo M. L., Analysis of EU Priority Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food Supplements Using High Performance Liquid Chromatography Coupled to an Ultraviolet, Diode Array or Fluorescence Detector, *Analytica Chimica Acta*, 2009, **633**(2), 293–299.

Demir İ., Demirbağ Z., Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Biyolojik Olarak Parçalanması, *Turkish Journal of Biology,* 1999, **23**(3), 293–302.

Díez S., Sabatté J., Viñas M., Bayona J. M., Solanas A. M., Albaigés J., the Prestige Oil Spill. I. Biodegradation of a Heavy Fuel Oil under Simulated Conditions, *Environmental Toxicology and Chemistry / SETAC*, 2005, **24**(9), 2203–2217.

Djozan D., Assadi Y., Monitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water Using Headspace Solid-Phase Microextraction and Capillary Gas Chromatography, *Microchemical Journal*, 1999, **63**(2), 276–284.

DSI, Marine Pollution/Warning Bells of the Sea, *Water World Journal*, 2004, **8**, 50-73.

Eisler R., *Handbook of Chemical Risk Assessment Health Hazards to Humans Plants and Animals,* 2nd ed., Lewis Publisher, Washington D. C., 2000.

Elias M. S., Wood A. K., Hashim Z., Siong W. B., Hamzah M. S, Rahman S. A., Salim N. A., Talib A., Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Contamination in the Sediments of East Coast Peninsular Malaysia, *the Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 2007, **11**(1), 70-75.

Ergin M., Saydam C., Baştürk Ö., 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.

Esen F., Taşdemir Y., Vardar N., Atmospheric Concentrations of PAHs, Their Possible Sources and Gas-to-Particle Partitioning at a Residential Site of Bursa-Turkey, *Atmosphereic Research,* 2008*,* **88**(3-4), 243–55.

Fernández P., Vilanova R. M., Grimalt J. O., Sediment Fluxes of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in European High Altitude Mountain Lakes, *Environmental Science Technology*, 1999, **33**(21), 3716–3722.

Ferrarese E., Andreottola G., Oprea I. A., Remediation of PAH-contaminated Sediments by Chemical Oxidation, *Journal of Hazardous Materials*, 2008, **152**(1), 128–139.

Fessenden R. J., *Organic Chemical*, 6th ed., Güneş Kitabevi, Ankara, 2008.

Galgani F., Martínez-Gómez C., Giovanardi F., Romanelli G., Caixach J., Cento A., Andral B., Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Concentrations in Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Western Basin of the Mediterranean Sea, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2011, **172**(1-4), 301–317.

Garcia T., Polycyclic Hydrocarbons from Coal Atmospheric Fluidised Bed Combustion (AFBC), *Organic Atmospheric Pollutants*, 1999, **1**(2), 111–119.

Geffard O., Budzinski H., His E., the Effects of Elutriates from PAH and Heavy Metal Polluted Sediments on *Crassostrea gigas* (Thunberg) Embryogenesis, Larval Growth and Bio-accumulation by the Larvae of Pollutants from Sedimentary Origin, *Ecotoxicology*, 2002, **11**(6), 403–416.

Gerlach S. A., *Marine Pollution*, 10th ed., Springer-Verlag, Berlin, 1981.

Golomb D., Barry E., Fisher G., Varanusupakul P., Koleda M., Rooney T., Atmospheric Deposition of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Near New England Coastal Waters, *Atmospheric Environment*, 2001, **35**(36), 6245–6258.

Gossiaux D. C., Landrum P. F., Fisher S. W., Effect of Temperature on the Accumulation Kinetics of PAHs and PCBs in the Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*, *Journal of Great Lakes Research*, 1996, **22**(2), 379–388.

Gowland B. T. G., McIntosh A. D., Davies I. M., Moffat C. F., Webster L., Implications from A Field Study Regarding the Relationship between Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Glutathione S-transferase Activity in Mussels, *Marine Environmental Research*, 2002, **54**(3-5), 231–235.

Guinan J., Charlesworth M., Service M. A., Oliver T., Sources and Geochemical Constraints of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Sediments and Mussels of Two Northern Irish Sea-loughs, *Marine Pollution Bulletin*, 2001, **42**(11), 1073–1081.

Haynes D., Johnson J. E., Organochlorine, Heavy Metal and Polyaromatic Hydrocarbon Pollutant Concentrations in the Great Barrier Reef (Australia) Environment: A Review, *Marine Pollution Bulletin*, 2000, **41**(00), 267–278.

Huston R., Chan Y. C., Gardner T., Shaw G., Chapman H., Characterisation of Atmospheric Deposition as a Source of Contaminants in Urban Rainwater Tanks, *Water Research*, 2009, **43**(6), 1630–1640.

Incardona J. P., Carls M. G., Teraoka H., Sloan C. A., Collier T. K., Scholz N. L., Aryl Hydrocarbon Receptor-Independent Toxicity of Weathered Crude Oil during Fish Development, *Environmental Health Perspectives*, 2005, **113**(12), 1755–1762.

Jacob J., the Significance of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons as Environmental Carcinogens, *Pure And Applied Chemistry,* 1996, **68**(2), 301-308.

Jacob J., the Significance of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons as Environmental Carcinogens. 35 Years Research on Pah-a Retrospective, *Polycyclic Aromatic Compounds*, 2008, **28**(4-5), 242–272.

Kanaki M., Analytical Methods for the Determination of PAHs in Sediments, PhD proposal, University of the Aegean, Department of Environmental Studies, Mytilene, 2005.

Karacık B., Okay O. S., Henkelmann B., Bernhöft S., Schramm K. W., Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Effects on Marine Organisms in the Istanbul Strait, *Environment International*, 2009, **35**(3), 599–606.

Karakaş D., Pekey B., Source Apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments of Izmit Bay (Turkey), *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2005, **85**(7), 433–442.

Karpuzcu M., Pollution Problem of the Golden Horn, *Marine Pollution Bulletin*, 1975, **5**(2), 27-31.

Kılıç Ö., Çotuk Y., Radioactivity Concentrations in Sediment and Mussel of Bosphorus and Golden Horn, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2011, **289**(2), 627–635.

Kıratlı N., Balkıs N., Haliç'te Çözünmüş Oksijen, Askıda Katı Madde ve H_2S Dağılımı, *Haliç 2001 Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Mayıs 2001.

Kilpatrick P. K., On the Distribution of Chemical Properties and Aggregation of Solubility Fractions in Asphaltenes, *Seventh International Conference on Petroleum Phase Behavior and Fouling Energy & Fuels*, North Carolina, USA, 25^{th}-29^{th} June 2006.

Kumar M., Philip L., Biodegradation of Endosulfan-Contaminated Soil in a Pilot-Scale Reactor-Bioaugmented with Mixed Bacterial Culture, *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 2007, **42**(6), 707–715.

Köseler M. D., Büyükçekmece Gölü'nde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Konsantrasyonunun Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 246795.

Küçüksezgin F., Kontas A., Altay O., Uluturhan E., Darılmaz E., Assessment of Marine Pollution in Izmir Bay. Nutrient, Heavy Metal and Total Hydrocarbon Concentrations, *Environmental International*, 2006, **32**(1), 41–51.

Laffon B., Rábade T., Pásaro E., Méndez J., Monitoring of the Impact of Prestige Oil Spill on *Mytilus galloprovincialis* from Galician Coast, *Environment International*, 2006, **32**(3), 342–348.

Lara-Martín P. A., Gómez-Parra A., Köchling T. K., Sanz J. L., Amils R., González-Mazo E., Anaerobic Degradation of Linear Alkylbenzene Sulfonates in Coastal Marine Sediments, *Environmental Science & Technology*, 2007, **41**(10), 3573–3579.

Li J., Zhang G., Li X. D., Qi S. H., Liu G. Q., Peng X. Z., Source Seasonality of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in a Subtropical City, Guangzhou, South China, *Science of the Total Environment*, 2006, **355**(1-3), 145-155.

Liang H. D., Han D. M., Yan X. P., Cigarette Filter as Sorbent for On-Line Coupling of Solid-phase Extraction to High-Performance Liquid Chromatography for Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water, *Journal of Chromatography A,* 2006, **1103**(1), 9-14.

Liu A., Lang Y., Xue L., Liu J., Ecological Risk Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Surface Sediments from Laizhou Bay, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009, **159**(1-4), 429–436.

Ma M., Feng Z., Guan C., Ma Y., Xu H., Li H., DDT, PAH and PCB in Sediments from the Intertidal Zone of the Bohai Sea and the Yellow Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 2001, **42**(2), 132–136.

Macdonald D. D., Carr R. S., Calder F. D., Long E. R., Ingersoll C. G., Development and Evaluation of Sediment Quality Guidelines for Florida Coastal Waters, *Ecotoxicology*, 1996, **5**(4), 253-278.

Martinez E., Gros M., Lacorte S., Barceló D., Simplified Procedures for the Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water, Sediments and Mussels, *Journal of Chromatography A*, 2004, **1047**(2), 181–188.

McKew B. A., Coulon F., Osborn A. M., Timmis K. N., McGenity T. J., Determining the Identity and Roles of Oil-Metabolizing Marine Bacteria from the Thames Estuary, UK, *Environmental Microbiology*, 2007, **9**(1), 165–176.

McLusky D. S., Elliott, M., *the Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management*, 7th ed., Oxford University Press, New York, 2004.

McVeety B. D., Hites R. A., Atmospheric Deposition of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons to Water Surfaces: a Mass Balance Approach, *Atmospheric Environment (1967)*,1988, **22**(3), 511–536.

Nakata H., Kannan K., Nasu T., Cho H.S., Sinclair E., Takemura A., Perfluorinated Contaminants in Sediments and Aquatic Organisms Collected from Shallow Water and Tidal Flat Areas of the Ariake Sea, Japan: Environmental Fate of Perfluorooctane Sulfonate in Aquatic Ecosystems, *Environmental Science Technology,* 2006, **40**(16), 4916–4921.

Namiesnik J., Moncheva S., Park Y. S., Ham K. S., Heo B. G., Tashma Z., Gorinstein S., Concentration of Bioactive Compounds in Mussels *Mytilus galloprovincialis* as an Indicator of Pollution, *Chemosphere*, 2008, **73**(6), 938–944.

Nieva-Cano M. J., Rubio-Barroso S., Santos-Delgado M. J., Determination of PAH in Food Samples by HPLC with Fluorimetric Detection Following Sonication Extraction without Sample Clean-up, *The Analyst*, 2001, **126**(8), 1326–1331.

Okay O., S., Tolun L., Telli-Karakoç F., Tüfekçi V., Tüfekçi H., Morkoç E., Izmit Bay (Turkey) Ecosystem after Marmara Earthquake and Subsequent Rafinery Fire: the Long-Term Data, *Marine Pollution Bulletin*, 2001, **42**(5), 361-369.

Okay O. S., Tolun L., Telli-Karakoç F., Tüfekçi V., Tüfekçi H., Olgun A., Morkoç E., the Changes T-PAH Levels and Health Status of Mussels in Izmit Bay (Turkey) After Marmara Earthquake and Subsequent Refinery Fire, *Environment International*, 2003, **28**(8), 671-675.

Okay O. S., Karacik B., Photoinduced Toxicity of Selected PAHs to the Marine Microalgae *Phaeodactylum tricornutum*, *Journal of Environmental Science And Health Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering,* 2007, **42**(6), 707-714.

Okuş E., Aslan A., Taş S., Yılmaz N., Polat Ç., Distribution of Nutrients and Chlorophyll-a in Golden Horn, *Haliç 2001 Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3–4 Mayıs 2001.

Özsoy E., Oğuz T., Latif M. A., Ünlüata Ü, Sur H. İ., Beşiktepe Ş., Oceanography of Turkish Straits, Second Annual Report, Istanbul Water and Sewerage, *Institute of Marine Sciences, Erdemli Icel METU*, R89/88-01, 111, 1988.

Öztürk M., Baştürk A., Öztürk I., Kınacı C., Topacık D., Sevimli M. F., Haliç Islah Projesi Uygulama Çalışmaları, *Büyük Şehirde Atıksu Yönetimi ve Deniz Kirlenmesi Kontrölü Sempozyumu,* İstanbul, Türkiye, 11-18 Kasım 1998.

Papageorgopoulou A., Manoli E., Touloumi E., Samara C., Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air of Greek Towns in Relation to Other Atmospheric Pollutants, *Chemosphere,* 1999, **39**(13), 2183-2199.

Park S. S., Kim Y. J., Kang C. H., Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Seoul, Korea, *Atmospheric Environment*, 2002, **36**(17), 2917–2924.

Pelkonen O., Nebert D. W., Metabolism of Polycyclic Hydrocarbons, Etiologic Role in Carcinogenesis, *Pharmacological Reviews*, 1982, **34**(2), 189–222.

Pérez-Cadahía B., Laffon B., Pásaro E., Méndez J., Evaluation of PAH Bioaccumulation and DNA Damage in Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) Exposed to Spilled Prestige Crude Oil, *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, 2004, **138**(4), 453–460.

Pritchard D. W., What is an Estuary: Physical Viewpoint, Editors: FitzGerald, D. M., Knight, J., *High Resolution Morphodynamics and Sedimentary Evolution of Estuaries*, 2nd ed., Springer Science & Business Media, Washington D. C., 3–5, 2007.

Poston T., Treated Wood Issues Associated with Overwater Structures in Marine and Freshwater Environments, Doctorate Thesis, Department of Fish and Wildlife, Washington, 2001.

Rathore H. S., Sherma, *Handbook of Chromatography: Liquid Chromatography of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*, 3rd ed., CRC Press, Washington D. C., 1993.

Readman J. W., Fillmann G., Tolosa I., Bartocci J., Villeneuve J. P., Catinni C., Mee L. D., Petroleum and PAH Contamination of the Black Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 2002, **44**(1), 48–62.

Reeders H. H., Bij deVaate A., Slim F. J., The filtration of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) in Three Dutch Lakes with Reference to Biological Water Quality Management, *Freshwater Biology*, 1989, **22**(1), 133-141.

Richter H., Howard, J. B., Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Radicals in a Nearly Sooting Premixed Benzene Flame, *Proceedings of the Combustion Institute*, 2000, **28**(2), 2609-2618.

Santodonato S., Howard P., Basu D., Health and Ecological Assessment of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, *Journal of Environmental Pathology and Toxicology*, 1981, **5**(1), 1-364.

Saydam A. C., Latif M. A., Salihoğlu I., Özsoy E., Oğuz T., Ünsal M., Golden Horn investigations, First Annual Report*, Institute of Marine Sciences, Erdemli Icel METU*, R75/86-17, 86, 1986.

Schneider A. R., Stapleton H. M., Cornwell J., Baker J. E., Recent Declines in PAH, PCB, and Toxaphene Levels in the Northern Great Lakes as Determined from High Resolution Sediment Cores, *Environmental Science and Technology*, 2001, **35**(19), 3809–3815.

Schwarzenbach R., Gschwend P., Imboden D., *Environmental Organic Chemistry*, 2nd ed., Wiley, New York, 1993.

Shi Z., Tao S., Pan B., Fan W., He X. C., Zuo Q., Wong P. K., Contamination of Rivers in Tianjin, China by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, *Environmental Pollution*, 2005, **134**(1), 97–111.

Short J. W., Irvine G. V., Mann D. H., Maselko J. M., Pella J. J., Lindeberg M. R., Payne J. R., Driskell W. B, Rice S. D., Slightly Weathered Exxon Valdez Oil Persists in Gulf of Alaska Beach Sediments after 16 Years, *Environmental Science*, 2007, **41**(4), 1245–1250.

Sur H. I., Okuş E., Sarıkaya H. Z., Altıok H., Eroğlu V., Öztürk I., Rehabilitation and Water Quality Monitoring in the Golden Horn, *Water Science and Technology*, 2002, **46**(8), 29–36.

Taş S., Yılmaz I. N., Okuş E., Phytoplankton as an Indicator of Improving Water Quality in the Golden Horn Estuary, *Estuaries and Coasts*, 2009, **32**(6), 1205–1224.

Teksöz G., Yetiş Ü., Tuncel, G., Balkaş T. I., Pollution Chronology of the Golden Horn Sediments, Editors: İzdar, E., Murray, J. W., *Black Sea Oceanography,* 23rd ed., Nato Science Series C., New York, 447–51, 1991.

Telli-Karakoç F., Tolun L., Henkelmann B., Klinn C., Okay O., Schramm K. W., Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Distributions in the Bay of Marmara Sea: Izmit Bay, *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 2002, **119**(3), 383–397.

Terzi M., İzmit Körfezi Biyota ve Sediment Örneklerinde PAH ve PCB Düzeylerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli , 2011, 301632.

Tolun L., Martens D., Okay O. S., Schramm K. W., Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contamination in Coastal Sediments of the Izmit Bay (Marmara Sea): Case Studies before and after the Izmit Earthquake, *Environment International*, 2006, **32**(6), 758–765.

Trably E., Patureau D., Successful Treatment of Low PAH-Contaminated Sewage Sludge in Aerobic Bioreactors, *Environmental Science and Pollution Research International*, 2006, **13**(3), 170–176.

Tsai P. J., Shieh H. Y., Lee W. J., Lai S. O., Characterization of PAHs in the Atmosphere of Carbon Black Manufacturing Workplaces, *Journal of Hazardous Materials*, 2002, **91**(1-3), 25–42.

Tuncer G., Tuncel G., Balkas T. I., Evolution of Metal Pollution in the Golden Horn (Turkey) Sediments Between 1912 and 1987, *Marine Pollution Bulletin*, 2001, **42**(5), 350–360.

URL-1: http://www.iocevre.com/index.php?/io-mitolojik-anlami/tr/, (Ziyaret Tarihi: 8 Mayıs 2015)

URL-2: http://www.teknolojikkazalar.org/get_file?id=471710981b2e9, (Ziyaret Tarihi: 02 Şubat 2015)

URL-3: http://www.google.com.tr/search?q =Mytilus+galloprovincialis&espv = 2&biw=1280&bih=675&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIwpXg8bKTxgIVSGkUCh24VwDe/, (Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2015)

URL-4: http://www.esk.gov.tr/tr/10992/Mytilus-Galloprovincialis-Akdeniz-Midyesi/, (Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2015)

URL-5: http://en.wikipedia.org /wiki/Mediterranean_mussel/, (Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2015)

URL-6: http://www.nature.nps.gov/hazardssafety/toxic/dibenzah.pdf/, (Ziyaret Tarihi: 13 Haziran 2015)

URL-7: http://en.wikipedia.org /wiki/Estuary/, (Ziyaret Tarihi: 11 Haziran 2015)

URL-8: htpp://www.kiyiemniyeti.gov.tr/userfiles/editor/pdf/2012-faaliyet-raporu.pdf/, (Ziyaret Tarihi: 13 Haziran 2015)

Ünlü S., Alpar B., Distribution and Sources of Hydrocarbons in Surface Sediments of Gemlik Bay (Marmara Sea, Turkey), *Chemosphere*, 2006, **64**(5), 764–777.

Ünlü S., Alpar B., Öztürk K., Vardar D., Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Surficial Sediments from Lake Iznik (Turkey): Spatial Distributions and Sources, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2010, **85**(6), 573–580.

Van Brummelen T. C., Van Gestel C. A. M., Verweij R. A., Long-Term Toxicity of Five Polycyclic Aromatic Hydrocarbons for the Terrestrial Isopods Oniscus Asellus and Porcellio Scaber, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1996, **15**(7), 1199–1210.

Van der Oost R., Beyer J., Vermeulen N. P. E., Fish Bioaccumulation and Biomarkers in Environmental Risk Assessment: a review, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2003, **13**(2), 57–149.

Varanasi U., Stein J. E., Nishimoto M., Reichert W. L., Collier T. K., Chemical Carcinogenesis in Feral Fish: Uptake, Activation, and Detoxication of Organic Xenobiotics, *Environmental Health Perspectives*, 1987, **71**, 155–170.

Vethaak A. D., Jol J. G., Meijboom A., Eggens M. L., Ap Rheinallt T., Wester P. W., Marquenie J. M., Skin and Liver Diseases Induced in Flounder (Platichthys flesus) after Long-Term Exposure to Contaminated Sediments in Large-Scale Mesocosms, *Environmental Health Perspectives*, 1996, **104**(11), 1218–1229.

Wang X. C., Zhang Y. X., Chen R. F., Distribution and Partitioning of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Different Size Fractions in Sediments from Boston Harbor, United States, *Marine Pollution Bulletin*, 2001, **42**(11), 1139–1149.

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.

Wcisło E., Soil Contamination with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Poland - a review, *Polish Journal of Environmental Studies*, 1998, **7**(5), 267–272.

Wenzl T., Simon R., Anklam E., Kleiner J., Analytical Methods for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Food and the Environment Needed for New Food Legislation in the European Union, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 2006, **25**(7), 716–725.

Witt G., Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water and Sediment of the Baltic Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 1995, **31**(95), 237–248.

Wolanski E., *Estuarine Ecohydrology*, 1st ed., Elsevier, Amsterdam, 2007.

Yüksek A., Okuş E., Yilmaz I. N., Aslan-Yilmaz A., Taş S., Changes in Biodiversity of the Extremely Polluted Golden Horn Estuary Following the Improvements in Water Quality, *Marine Pollution Bulletin*, 2006, **52**(10), 1209–1218.

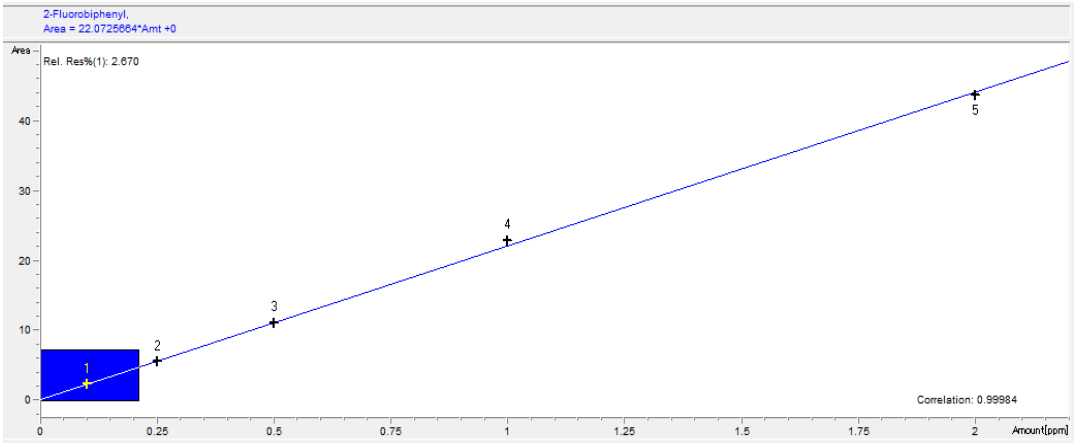
Zhang J. L. G., Li X. D., Qi S. H., Liu G. Q., Peng X. Z., Source Seasonality of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Subtropical City, Guangzhou, South China, *Science of the Total Environment*, 2006, **355**(1-3), 145–155.

Zhou J. L., Maskaoui K., Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water and Surface Sediments from Daya Bay, China*, Environmental Pollution*, 2003, **121**(2), 269–281.

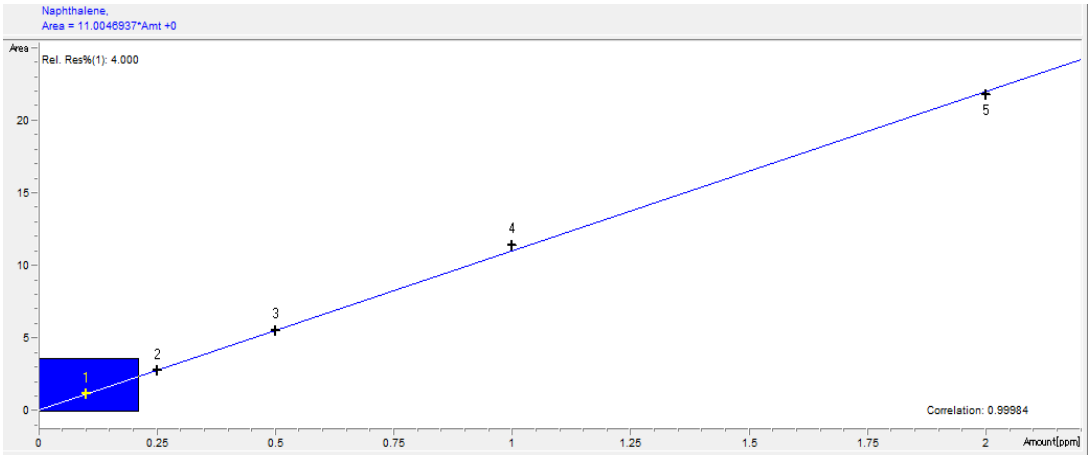
Zhou Q., Zhang J., Fu J., Shi J., Jiang G., Biomonitoring: an Appealing Tool for Assessment of Metal Pollution in the Aquatic Ecosystem, *Analytica Chimica Acta*, 2008, **606**(2), 135–150.

EKLER

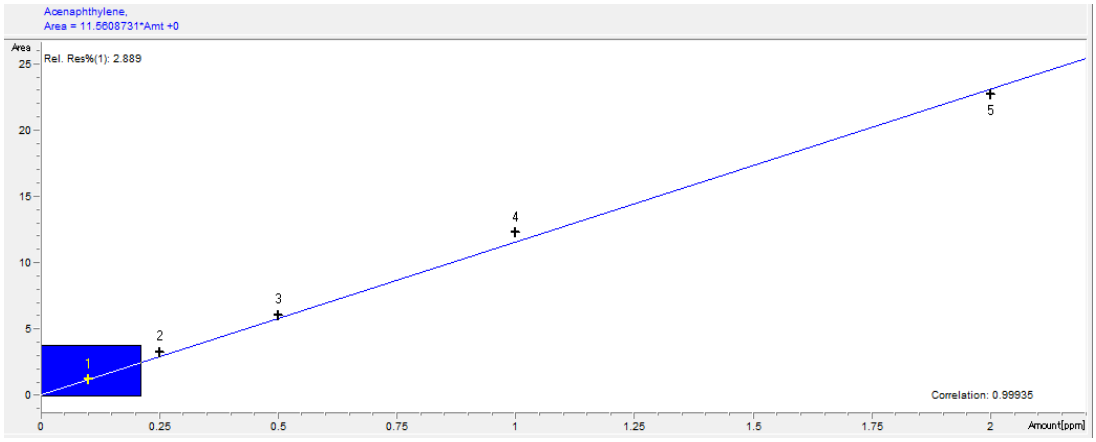
Ek - A



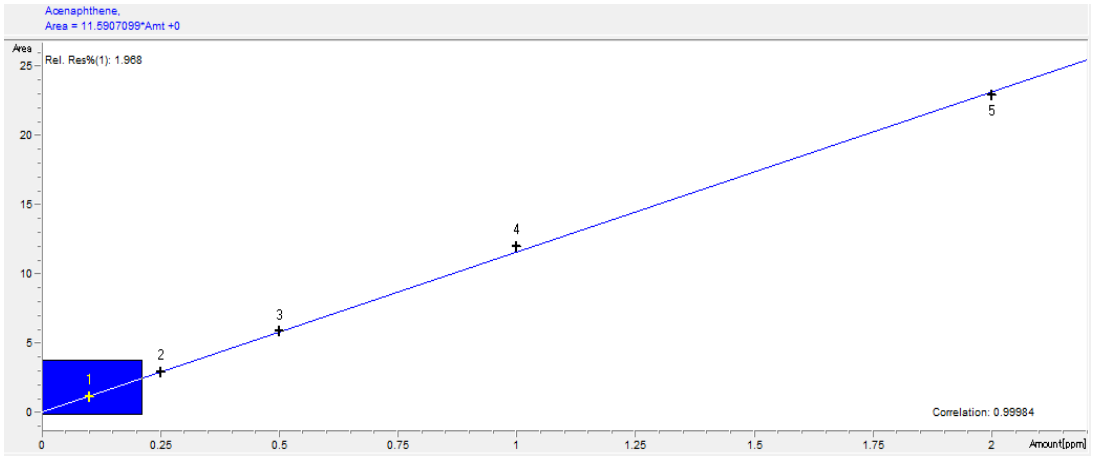
Şekil A.1. 2-fluorobiphenyl bileşenine ait kalibrasyon grafiği



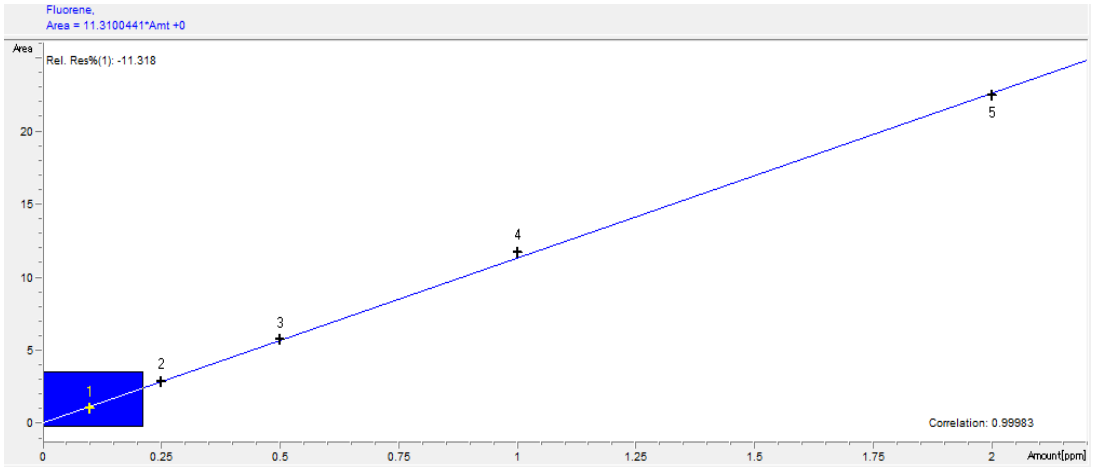
Şekil A.2. Naphthalene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



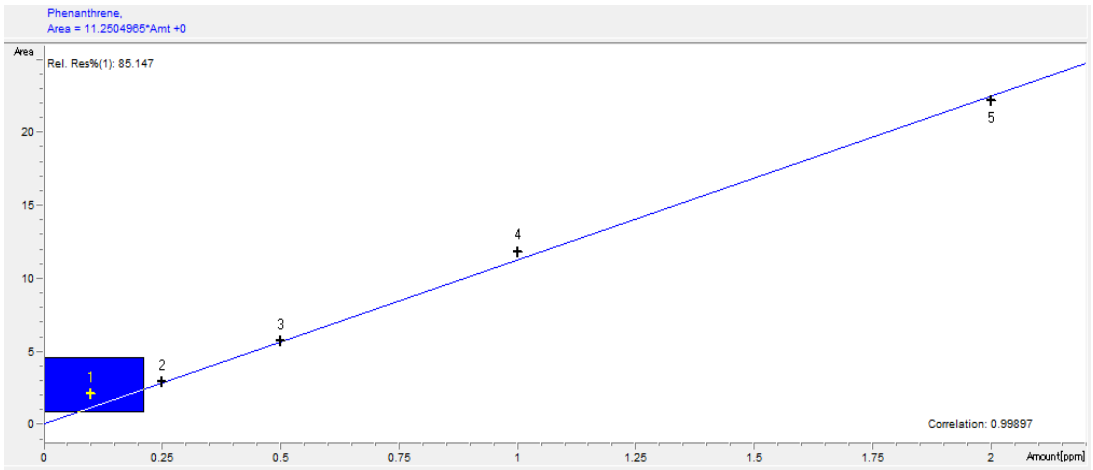
Şekil A.3. Acenaphthylene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



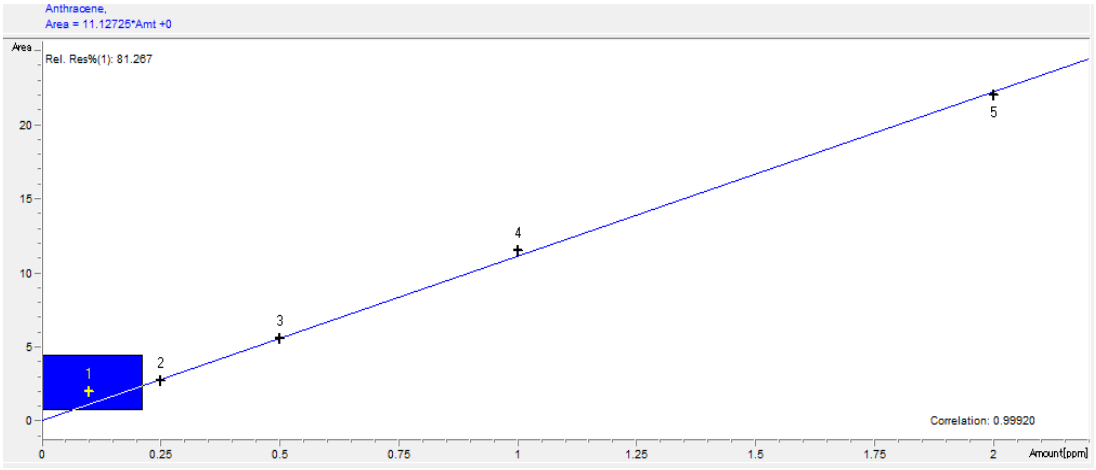
Şekil A.4. Acenaphthene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



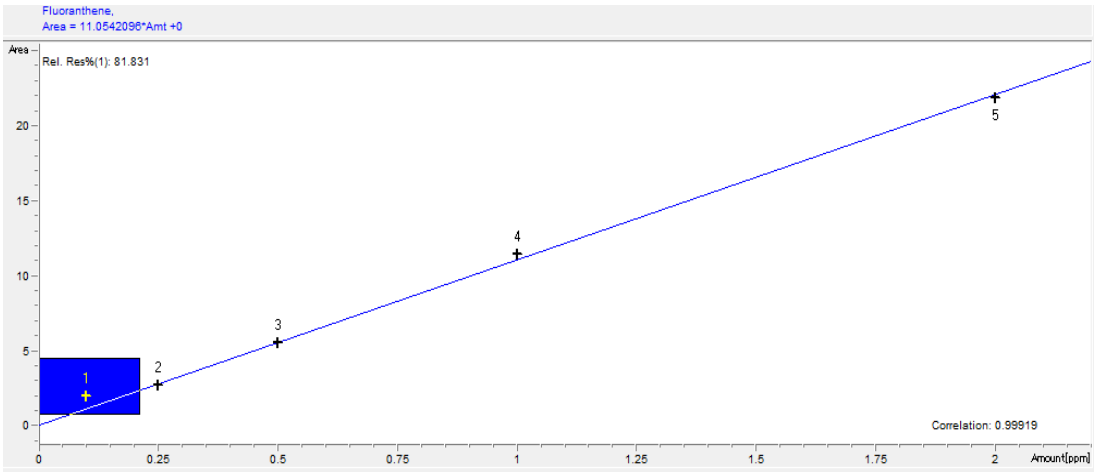
Şekil A.5. Fluorene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



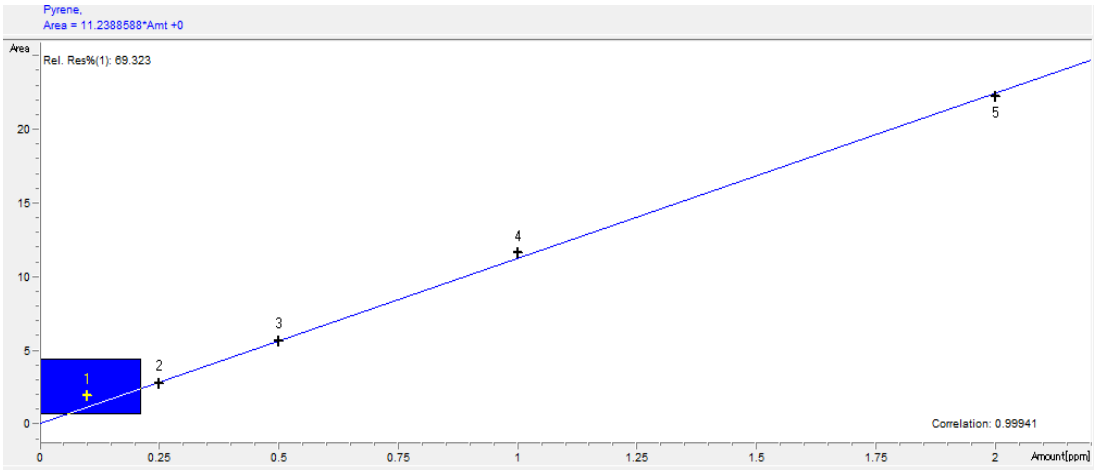
Şekil A.6. Phenanthrene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



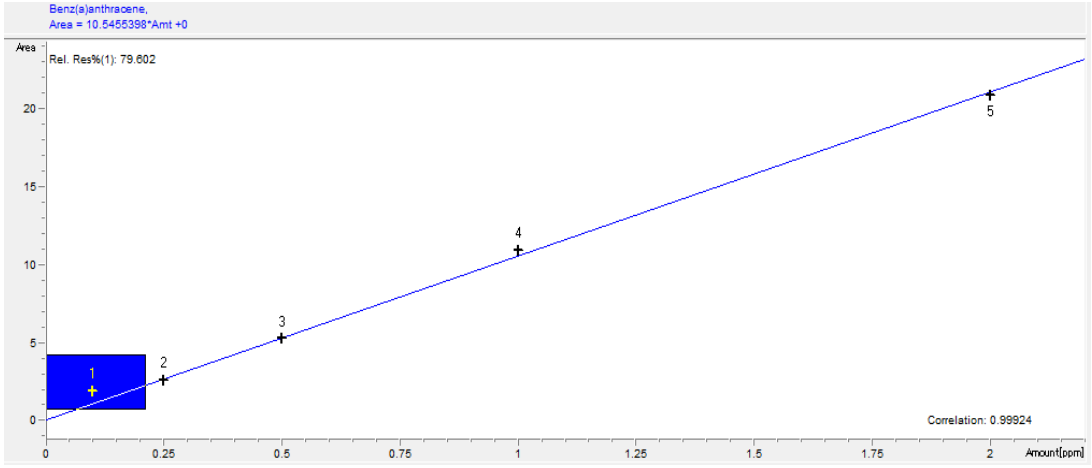
Şekil A.7. Anthracene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



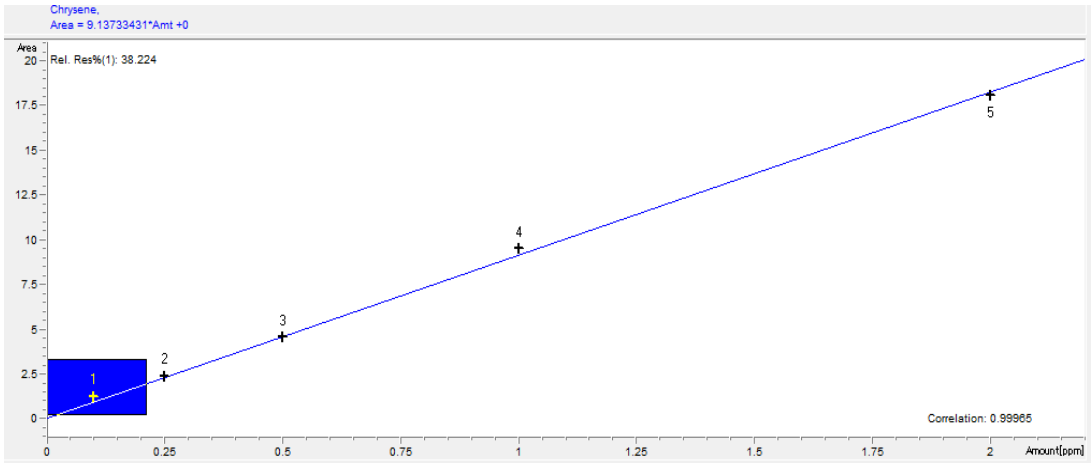
Şekil A.8. Fluoranthene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



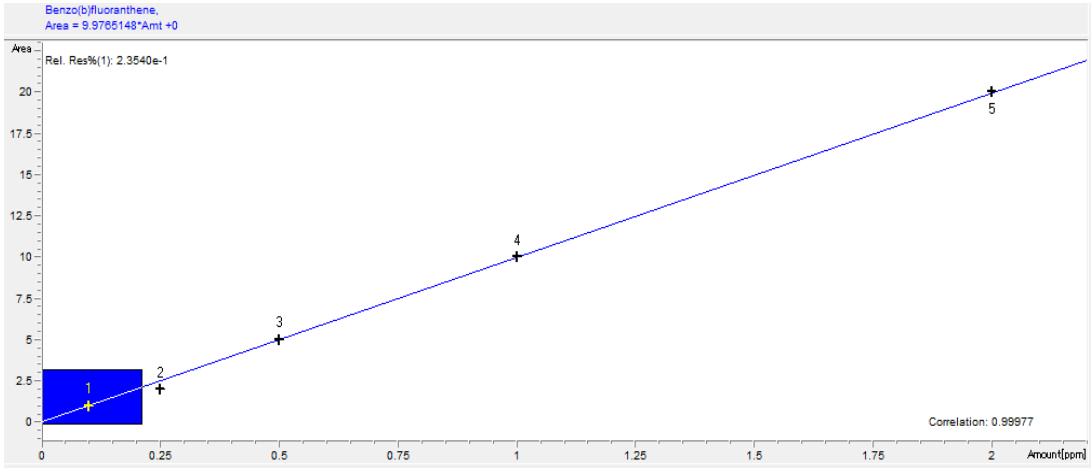
Şekil A.9. Pyrene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



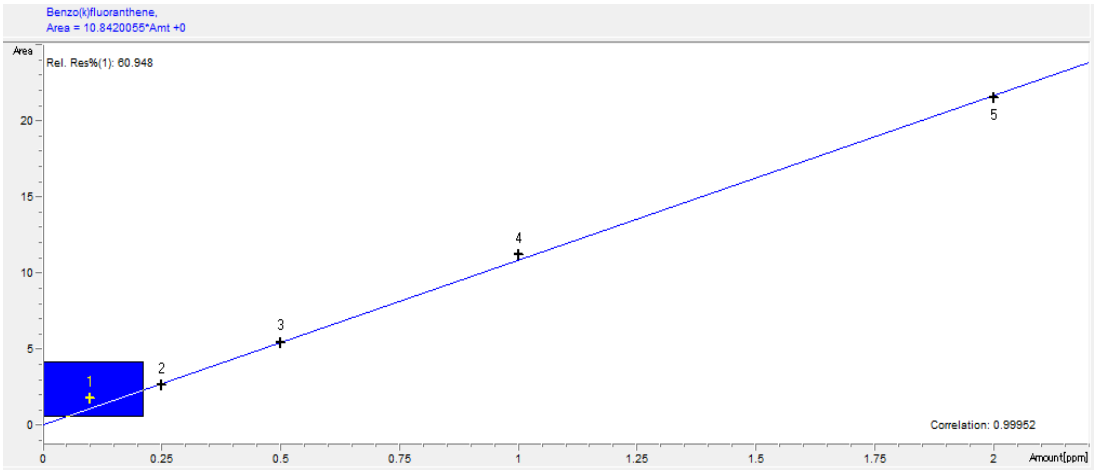
Şekil A.10. Benz(a)anthracene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



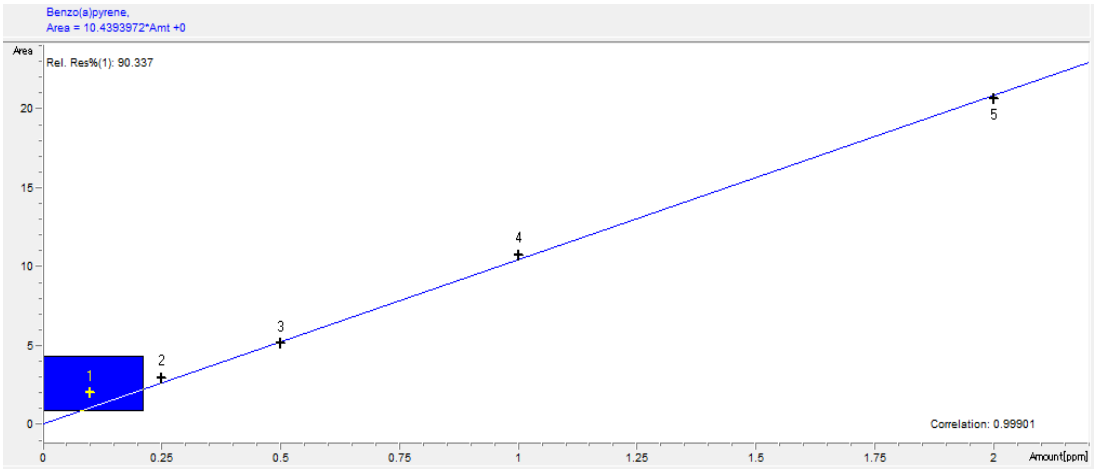
Şekil A.11. Chrysene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



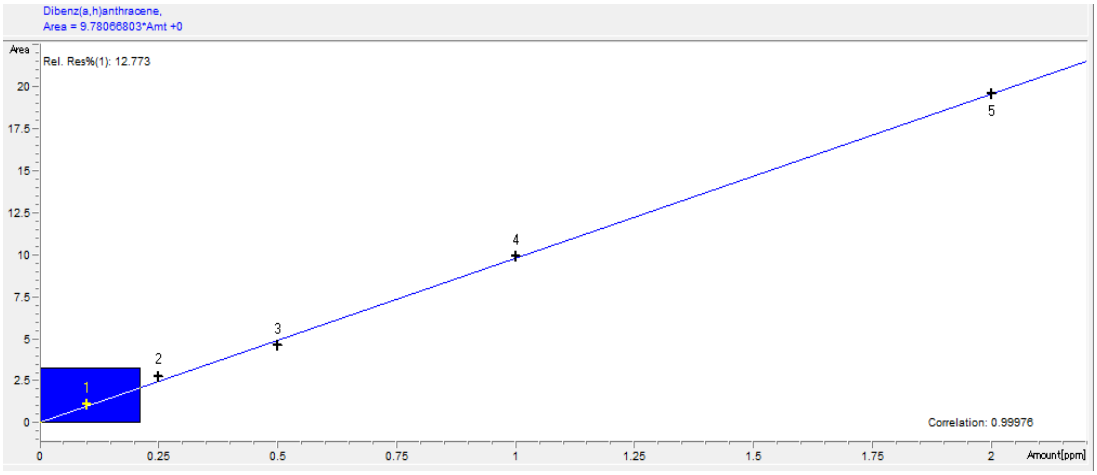
Şekil A.12. Benzo(b)fluoranthene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



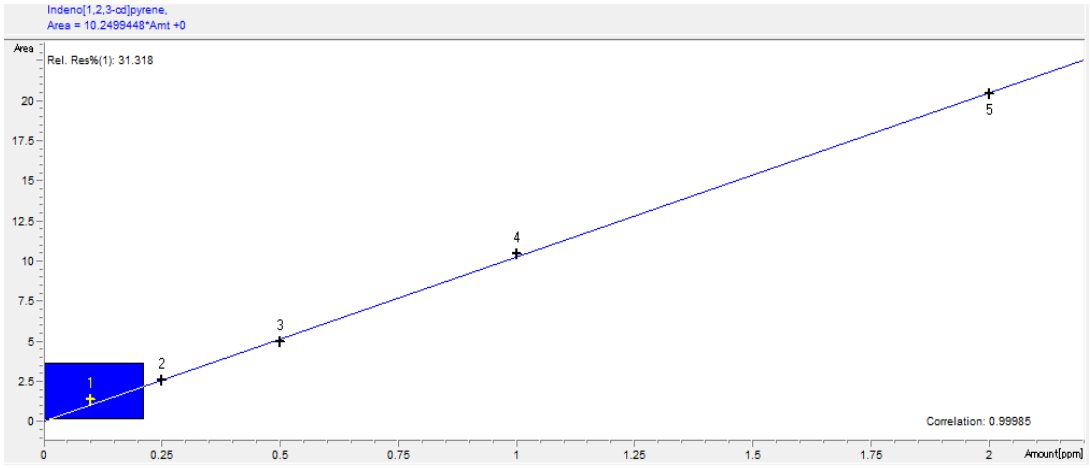
Şekil A.13. Benzo(k)fluoranthene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



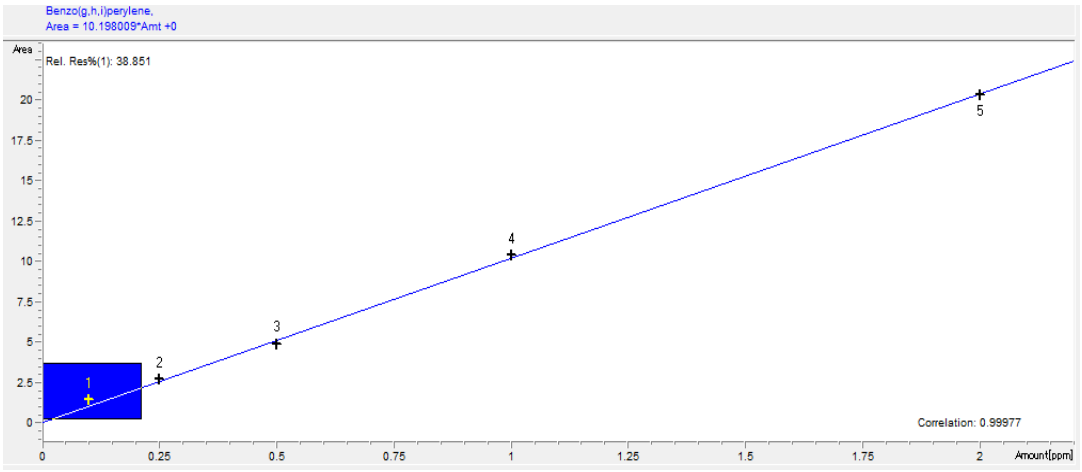
Şekil A.14. Benzo(a)pyrene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



Şekil A.15. Dibenz(a,h)anthracene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



Şekil A.16. Indeno[1,2,3-cd]pyrene bileşenine ait kalibrasyon grafiği



Şekil A.17. Benzo(g,h,i)perylene bileşenine ait kalibrasyon grafiği

Ek - B

Tablo B.1. Kış 2013 Sediment örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
S1-Sirkeci	12.02.2013	8,09	9,9	8,76	12,32
S2-Perşembe Pazarı	12.02.2013	7,9	10,8	5,29	9,76
S3-Cibali	12.02.2013	7,71	10	3.00	8,7
S4-Kasımpaşa	12.02.2013	7,97	10,3	5,32	10,62
S5-Fener	12.02.2013	7,74	9,2	2,69	6,2
S6-Balat	12.02.2013	7,76	10,1	2,01	8,93
S7-Hasköy	12.02.2013	7,85	12,9	2,95	9,57
S8-Valide Sultan Köprüsü	12.02.2013	7,69	9,8	3,56	7,86
S9-Haliç Köprüsü	12.02.2013	8,39	10,1	3.00	7,61
S10-Eyüp	12.02.2013	7,58	11,4	3,22	7,27
S11-Sütlüce	12.02.2013	7,64	9,9	3,39	6,73
S12-Miniatürk	12.02.2013	7,6	10,8	4,09	4,11
S13-Dereağzı	12.02.2013	8,09	16,5	-	-

- ölçüm yapılamadı

Tablo B.2. Bahar 2013 Sediment örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
S1-Sirkeci	16.04.2013	-	13	-	9,32
S2-Perşembe Pazarı	16.04.2013	-	13,3	-	8,76
S3-Cibali	16.04.2013	-	13,9	-	8,69
S4-Kasımpaşa	16.04.2013	-	12,2	-	8,9
S5-Fener	16.04.2013	-	15,4	-	8,59
S6-Balat	16.04.2013	-	14,1	-	8,56
S7-Hasköy	16.04.2013	-	12,5	-	8,58
S8-Valide Sultan Köprüsü	16.04.2013	-	13	-	8,51
S9-Haliç Köprüsü	16.04.2013	-	16	-	8,58
S10-Eyüp	16.04.2013	-	14,5	-	8,2
S11-Sütlüce	16.04.2013	-	15,7	-	8,22
S12-Miniatürk	16.04.2013	-	16	-	7,85
S13-Dereağzı	16.04.2013	-	26,4	-	7,38

- ölçüm yapılamadı

Tablo B.3. Yaz 2013 Sediment örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
S1-Sirkeci	16.07.2014	8,15	22	6,49	8,57
S2-Perşembe Pazarı	16.07.2014	8,31	24,3	8,5	9,29
S3-Cibali	16.07.2014	8,26	24,4	8,22	9,83
S4-Kasımpaşa	16.07.2014	8,29	24,4	8,53	8,39
S5-Fener	16.07.2014	8,07	23,2	6,31	8,67
S6-Balat	16.07.2014	8,02	24,6	6,49	8,36
S7-Hasköy	16.07.2014	7,87	25,1	6,21	8,62
S8-Valide Sultan Köprüsü	16.07.2014	8,05	26	6,95	8,42
S9-Haliç Köprüsü	16.07.2014	8	24,7	6,91	8,3
S10-Eyüp	16.07.2014	8,07	25	8,27	9,98
S11-Sütlüce	16.07.2014	7,92	25,1	6,14	7,44
S12-Miniatürk	16.07.2014	7,86	26,1	5,17	6,36
S13-Dereağzı	16.07.2014	7,78	18	4,74	9,97

Tablo B.4. Güz 2013 Sediment örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
S1-Sirkeci	24.10.2013	8,29	17,4	8,93	9,57
S2-Perşembe Pazarı	24.10.2013	8,27	18,6	8,33	9,25
S3-Cibali	24.10.2013	8,11	17,2	7,55	8,96
S4-Kasımpaşa	24.10.2013	8,32	18,3	8,67	9,21
S5-Fener	24.10.2013	7,99	17,6	6,13	8,79
S6-Balat	24.10.2013	7,94	17,7	5,57	8,74
S7-Hasköy	24.10.2013	8,01	18,3	8,6	8,76
S8-Valide Sultan Köprüsü	24.10.2013	8,09	17,5	6,46	8,83
S9-Haliç Köprüsü	24.10.2013	7,91	18,2	4,87	8,62
S10-Eyüp	24.10.2013	7,94	17,8	4,86	8,57
S11-Sütlüce	24.10.2013	7,95	17,9	4,41	8,75
S12-Miniatürk	24.10.2013	7,89	18,4	4,13	8,42
S13-Dereağzı	24.10.2013	7,89	6,7	4,05	8,41

Tablo B.5. Kış 2014 Sediment örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
S1-Sirkeci	30.01.14	-	-	-	-
S2-Perşembe Pazarı	30.01.14	8,42	5,4	9,93	9,35
S3-Cibali	30.01.14	8,33	7,9	10,63	9,44
S4-Kasımpaşa	30.01.14	8,42	5,8	9,48	10,47
S5-Fener	30.01.14	8,23	6,3	8,27	9,23
S6-Balat	30.01.14	8,22	7,1	8,43	9,17
S7-Hasköy	30.01.14	8,18	7	7,63	9,21
S8-Valide Sultan Köprüsü	30.01.14	8,15	6,6	9,07	7,9
S9-Haliç Köprüsü	30.01.14	8,08	6,7	7,56	9,2
S10-Eyüp	30.01.14	8,06	7,9	6,57	8,88
S11-Sütlüce	30.01.14	8,08	6,4	6,6	9,03
S12-Miniatürk	30.01.14	8	7	6,09	8,7
S13-Dereağzı	30.01.14	8,01	-	5,72	8,5

- ölçüm yapılamadı

Ek - C

Tablo C.1. Kış 2013 Midye örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
M1-Sirkeci	05.02.2013	8,09	9,9	8,76	12,32
M2-Karaköy	05.02.2013	8,39	10,2	11,17	11,06
M3-Perşembe Pazarı	05.02.2013	7,9	10,8	5,29	9,76
M4-Cibali	05.02.2013	7,71	10	3	8,7
M5-Kasımpaşa	05.02.2013	7,97	10,3	5,32	10,62
M6-Fener	05.02.2013	7,74	9,2	2,69	6,2
M7-Balat	05.02.2013	7,76	10,1	2,01	8,93
M8-Hasköy	05.02.2013	7,85	12,9	2,95	9,57

Tablo C.2. Bahar 2013 Midye örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
M1-Sirkeci	09.04.2013	8,34	10	10,67	9,59
M2-Karaköy	09.04.2013	8,36	9,8	10,85	9,97
M3-Perşembe Pazarı	09.04.2013	8,29	10,9	10,68	9,5
M4-Cibali	09.04.2013	8,22	11,2	9,85	9,43
M5-Kasımpaşa	09.04.2013	8,28	10,7	10,44	9,6
M6-Fener	09.04.2013	8,13	10,8	9,09	9,37
M7-Balat	09.04.2013	8,12	10,6	8,45	9,44
M8-Hasköy	09.04.2013	8,15	10,6	8,55	9,54

Tablo C.3. Yaz 2013 Midye örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
M1-Sirkeci	09.07.2013	8,31	22,8	7,35	8,86
M2-Karaköy	09.07.2013	8,35	23,8	7,23	9,02
M3-Perşembe Pazarı	09.07.2013	8,25	25,8	6,98	8,96
M4-Cibali	09.07.2013	8,27	24,5	7,69	9,17
M5-Kasımpaşa	09.07.2013	8,24	25,5	6,82	8,96
M6-Fener	09.07.2013	8,09	25,6	6,44	9,11
M7-Balat	09.07.2013	7,8	25	3,98	9,08
M8-Hasköy	09.07.2013	7,88	25,3	3,69	9,18

Tablo C.4. Güz 2013 Midye örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
M1-Sirkeci	01.10.2013	8,16	19,3	8,07	9,3
M2-Karaköy	01.10.2013	8,23	17,4	9	9,5
M3-Perşembe Pazarı	01.10.2013	8,14	21,2	7,69	9,6
M4-Cibali	01.10.2013	8,09	21,4	7,17	9,62
M5-Kasımpaşa	01.10.2013	8,08	21,1	6,85	9,63
M6-Fener	01.10.2013	8,01	21,7	5,47	9,71
M7-Balat	01.10.2013	8,09	21,1	5,94	9,85
M8-Hasköy	01.10.2013	7,91	21,4	4,73	9,55

Tablo C.5. Kış 2014 Midye örneklemesi istasyonlarında yüzey suyunun (0-0,5 m) pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri

İstasyon	Tarih	pH	Sıcaklık (˚C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)
M1-Sirkeci	10.01.2014	8,3	12,1	9,95	9,34
M2-Karaköy	10.01.2014	8,42	10,3	10,25	9,39
M3-Perşembe Pazarı	10.01.2014	8,2	11,1	8,78	9,27
M4-Cibali	10.01.2014	8,18	9,8	8,34	9,37
M5-Kasımpaşa	10.01.2014	8,2	10,4	8,84	9,11
M6-Fener	10.01.2014	8,04	10	7,57	9,18
M7-Balat	10.01.2014	8,05	10	7,05	9,22
M8-Hasköy	10.01.2014	8,04	10,1	6,77	9,2

Ek - D

Tablo D.1. Kış 2013 dönemi toplanan sediment örneklerinde (<63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1-Sirkeci	S2-Perşembe Pazarı	S3-Cibali	S4-Kasımpaşa	S5-Fener	S6-Balat	S7-Hasköy	S8-Valide Sultan Köprüsü	S9- Haliç Köprüsü	S10-Eyüp	S11-Sütlüce	S12-Miniatürk	S13-Dereağzı
Naphthalene	0,14	0,28	0,14	0,09	0,86	0,06	0,19	0,16	0,44	0,73	0,82	*	*
Acenaphtylene	0,12	0,52	0,31	0,07	0,49	0,18	0,07	0,04	0,09	0,57	0,52	*	*
Acenaphthene	0,19	0,07	0,23	0,29	0,09	0,08	0,13	0,09	0,15	0,50	0,54	*	*
Fluorene	0,04	0,27	0,29	0,68	0,01	0,35	0,40	0,47	0,13	0,93	0,38	*	*
Phenanthrene	0,29	0,73	0,91	1,19	0,46	1,56	0,18	2,04	0,32	3,50	0,59	*	*
Anthracene	0,10	0,15	0,87	1,52	1,09	0,38	0,74	0,72	0,05	0,81	1,14	*	*
Fluoranthene	0,21	0,85	2,21	3,47	2,15	5,02	1,33	1,20	0,40	3,43	2,57	*	*
Pyrene	0,39	1,02	5,50	2,11	3,69	5,82	2,16	1,15	0,44	2,95	1,78	*	*
Benz(a)anthracene	4,61	0,27	5,23	2,63	1,08	2,11	0,75	1,45	0,54	1,47	1,55	*	*
Chrysene	2,82	0,26	5,74	1,33	1,04	1,94	0,24	1,71	0,37	2,13	1,48	*	*
Benzo(b)fluoranthene	5,85	1,80	0,36	4,00	1,57	4,00	2,09	2,39	0,62	1,28	3,86	*	*
Benzo(k)fluoranthene	0,12	2,19	5,89	1,23	1,62	2,86	2,13	2,10	0,39	1,71	2,83	*	*
Benzo(a)pyrene	0,80	2,35	9,69	6,75	3,66	5,26	3,84	1,44	2,86	3,94	4,46	*	*
Dibenz(a,h)anthracene	2,24	3,54	12,50	8,67	3,48	2,96	2,64	1,45	3,05	6,65	6,52	*	*
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1,98	6,03	12,22	5,59	4,37	4,67	6,21	1,71	6,83	8,76	7,25	*	*
Benzo(g,h,i)perylene	0,39	3,41	9,51	1,73	2,60	1,91	1,98	3,64	1,88	2,63	3,29	*	*
T-PAH	20,03	23,75	71,61	41,35	28,25	39,15	25,09	21,76	18,57	42,00	39,59	*	*

* örnekleme yapılamadı

Tablo D.2. Bahar 2013 dönemi toplanan sediment örneklerinde (<63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1- Sirkeci	S2- Perşembe Pazarı	S3- Cibali	S4- Kasımpaşa	S5- Fener	S6- Balat	S7- Hasköy	S8- Valide Sultan Köprüsü	S9- Haliç Köprüsü	S10- Eyüp	S11- Sütlüce	S12- Miniatürk	S13- Dereağzı
Naphthalene	0,09	0,62	0,17	0,54	0,22	0,46	0,17	0,38	0,32	0,50	0,20	0,25	0,73
Acenaphtylene	0,19	0,29	0,47	0,24	0,11	0,02	0,15	0,13	0,00	0,00	0,03	0,18	0,11
Acenaphthene	0,06	0,10	0,21	0,17	0,10	0,11	0,03	0,22	0,21	0,36	0,01	0,04	0,18
Fluorene	0,01	0,27	0,81	0,80	0,12	0,14	0,11	0,22	0,27	0,24	0,15	0,26	0,21
Phenanthrene	0,30	0,80	0,84	1,85	0,25	0,39	0,23	0,33	0,23	0,25	0,38	0,90	0,14
Anthracene	0,01	0,54	1,67	2,84	0,26	0,27	0,43	0,27	0,17	0,38	0,39	0,32	0,09
Fluoranthene	0,40	0,22	2,13	3,10	0,38	0,78	0,39	0,36	0,59	0,59	0,63	1,54	0,37
Pyrene	0,28	0,56	3,43	3,63	1,23	1,55	-	-	0,60	0,57	-	1,18	1,00
Benz(a)anthracene	2,16	1,11	3,99	0,87	0,31	0,53	0,58	-	-	0,18	-	0,73	-
Chrysene	2,38	0,29	3,54	1,19	0,37	0,31	0,22	0,41	0,32	0,31	-	0,02	0,44
Benzo(b)fluoranthene	0,04	0,30	0,30	2,42	0,54	1,27	0,75	0,57	0,21	1,76	0,46	0,07	1,26
Benzo(k)fluoranthene	0,34	2,62	5,18	2,05	0,54	0,95	1,45	1,13	1,22	1,60	1,47	1,18	0,74
Benzo(a)pyrene	0,45	1,75	11,78	6,82	2,01	3,26	1,96	2,31	2,02	3,84	2,77	1,85	2,88
Dibenz(a,h)anthracene	2,14	18,34	20,21	3,82	0,60	3,04	1,67	5,76	1,33	5,76	2,63	2,84	5,89
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	2,37	10,12	14,63	2,03	5,40	1,37	0,92	0,57	2,12	3,89	3,75	6,19	5,66
Benzo(g,h,i)perylene	3,07	4,16	11,99	2,87	2,66	0,97	0,87	1,38	0,52	3,43	1,01	1,89	1,54
T-PAH	14,16	42,09	81,36	35,24	15,10	15,42	9,95	14,03	10,12	23,66	13,88	19,19	21,25

- örnek yok

Tablo D.3. Yaz 2013 dönemi toplanan sediment örneklerinde (<63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1- Sirkeci	S2- Perşembe Pazarı	S3- Cibali	S4- Kasımpaşa	S5- Fener	S6- Balat	S7- Hasköy	S8- Valide Sultan Köprüsü	S9- Haliç Köprüsü	S10- Eyüp	S11- Sütlüce	S12- Miniatürk	S13- Dereağzı
Naphthalene	0,16	0,53	0,09	1,41	0,49	0,85	0,37	0,84	2,06	1,04	1,71	0,42	0,37
Acenaphtylene	0,19	1,72	0,09	1,81	1,00	0,25	0,24	0,31	0,34	0,50	0,68	0,27	0,03
Acenaphthene	0,07	2,92	0,14	1,48	0,64	0,39	0,67	0,10	0,53	0,42	0,12	0,01	0,09
Fluorene	0,24	2,33	0,49	3,04	0,52	0,67	1,62	0,14	1,85	0,36	0,14	0,35	0,06
Phenanthrene	0,38	2,11	0,33	2,61	0,86	1,11	0,97	0,11	0,45	1,35	0,33	1,15	0,52
Anthracene	0,15	2,67	0,46	3,84	1,91	1,40	1,73	0,23	1,73	0,54	0,24	0,51	0,25
Fluoranthene	0,53	2,43	0,49	6,17	1,17	1,69	1,47	1,16	0,10	3,73	0,91	2,09	1,12
Pyrene	0,30	3,01	1,54	2,60	2,47	3,15	1,22	1,40	1,98	3,66	1,06	1,70	1,42
Benz(a)anthracene	5,42	3,71	0,68	1,90	0,44	0,36	0,72	0,59	3,62	2,94	0,78	1,28	0,57
Chrysene	3,11	3,04	0,69	7,25	2,03	1,39	2,92	0,45	9,06	2,42	0,43	1,33	0,37
Benzo(b)fluoranthene	0,05	0,17	0,07	0,25	0,07	0,02	0,06	0,13	0,02	0,08	0,04	0,32	0,09
Benzo(k)fluoranthene	0,35	2,28	0,51	0,89	1,14	0,26	3,09	0,96	0,43	1,60	1,36	4,71	0,96
Benzo(a)pyrene	1,10	14,07	4,70	16,52	4,39	5,17	3,52	2,41	4,83	1,84	2,80	5,64	1,74
Dibenz(a,h)anthracene	2,67	9,76	6,28	37,41	3,07	1,40	5,21	3,40	5,14	2,86	2,65	12,24	25,01
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	2,36	4,06	7,33	15,97	2,00	3,06	2,27	3,49	6,27	1,75	2,15	13,87	13,89
Benzo(g,h,i)perylene	1,82	18,20	4,54	8,50	2,31	3,11	2,61	4,60	3,55	3,05	1,98	3,67	3,92
T-PAH	18,51	72,99	28,17	111,65	24,50	24,28	28,69	20,33	41,94	28,12	17,38	49,57	50,40

Tablo D.4. Güz 2013 dönemi toplanan sediment örneklerinde (<63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1-Sirkeci	S2-Perşembe Pazarı	S3-Cibali	S4-Kasımpaşa	S5-Fener	S6-Balat	S7-Hasköy	S8-Valide Sultan Köprüsü	S9- Haliç Köprüsü	S10-Eyüp	S11-Sütlüce	S12-Miniatürk	S13-Dereağzı
Naphthalene	*	0,81	0,13	0,15	0,01	0,16	0,37	-	0,65	0,09	0,82	0,22	0,22
Acenaphtylene	*	0,51	0,10	0,53	0,43	0,28	0,11	0,97	0,24	0,21	0,36	0,27	0,52
Acenaphthene	*	0,47	0,07	0,26	0,06	0,08	0,08	0,10	0,14	0,01	0,12	0,19	0,28
Fluorene	*	0,07	0,19	0,82	0,21	0,18	-	0,30	0,13	0,21	0,15	0,27	0,60
Phenanthrene	*	0,25	0,90	2,33	0,46	0,13	-	0,68	0,10	0,19	0,04	0,27	1,56
Anthracene	*	0,37	0,49	3,54	0,83	0,25	-	1,14	0,25	0,69	0,01	0,74	1,23
Fluoranthene	*	2,32	0,80	8,03	1,99	0,32	0,23	0,88	0,02	1,78	0,79	1,58	1,14
Pyrene	*	1,75	1,90	10,82	3,38	0,82	1,61	1,51	0,80	2,18	1,57	1,21	1,96
Benz(a)anthracene	*	1,93	2,04	5,57	0,68	0,20	0,10	0,19	0,33	1,61	1,21	0,68	2,00
Chrysene	*	0,26	1,99	8,31	2,32	0,85	0,57	0,67	bla	0,43	0,15	0,18	0,56
Benzo(b)fluoranthene	*	0,09	0,15	0,61	0,20	0,10	-	0,07	0,01	0,07	0,03	0,19	0,13
Benzo(k)fluoranthene	*	1,12	1,86	17,00	3,40	2,78	0,53	1,90	1,15	0,96	1,46	2,30	4,10
Benzo(a)pyrene	*	1,54	5,60	18,11	5,51	2,99	4,45	3,41	0,50	2,58	0,97	3,94	5,06
Dibenz(a,h)anthracene	*	6,38	9,45	13,41	3,02	3,02	10,91	3,81	1,39	2,90	5,60	3,37	6,87
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	*	2,93	7,84	16,17	2,91	2,45	3,53	2,74	1,80	3,15	5,67	6,02	5,89
Benzo(g,h,i)perylene	*	0,32	6,80	9,61	4,04	1,96	7,43	5,65	bla	6,96	0,25	2,10	18,74
T-PAH	*	21,12	40,32	115,30	29,45	16,56	29,54	24,04	7,51	24,03	19,20	23,30	50,86

- örnek yok
* örnekleme yapılamadı

Tablo D.5. Kış 2014 dönemi toplanan sediment örneklerinde (<63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1-Sirkeci	S2-Perşembe Pazarı	S3-Cibali	S4-Kasımpaşa	S5-Fener	S6-Balat	S7-Hasköy	S8-Valide Sultan Köprüsü	S9- Haliç Köprüsü	S10-Eyüp	S11-Sütlüce	S12-Miniatürk	S13-Dereağzı
Naphthalene	*	1,08	*	0,92	0,37	1,12	0,97	0,62	0,43	0,17	0,71	0,23	0,47
Acenaphtylene	*	0,20	*	0,11	0,25	0,06	0,16	0,07	0,09	0,11	0,24	0,22	0,83
Acenaphthene	*	0,19	*	0,05	0,26	0,30	0,14	0,22	0,16	0,15	0,16	0,14	0,44
Fluorene	*	0,57	*	0,10	0,54	0,49	0,20	0,25	0,23	0,27	0,32	0,31	0,41
Phenanthrene	*	3,01	*	0,41	1,60	1,58	0,54	0,56	0,43	0,37	0,27	0,69	1,20
Anthracene	*	1,71	*	0,05	1,34	1,14	0,26	0,43	0,57	0,50	0,54	0,58	0,91
Fluoranthene	*	2,78	*	2,17	2,41	6,92	1,17	1,41	1,56	1,92	1,50	2,98	2,07
Pyrene	*	4,89	*	3,38	3,25	9,22	2,18	2,14	2,00	2,19	1,95	2,63	2,37
Benz(a)anthracene	*	3,27	*	1,46	3,59	6,54	0,87	0,83	0,65	1,01	1,38	0,88	1,27
Chrysene	*	4,59	*	2,70	2,88	9,41	1,10	1,07	1,09	1,50	1,66	0,94	0,74
Benzo(b)fluoranthene	*	1,17	*	0,27	0,47	0,40	0,13	0,11	0,24	0,24	0,35	0,10	0,35
Benzo(k)fluoranthene	*	16,64	*	6,88	6,14	7,76	2,78	2,44	5,02	4,45	5,69	1,50	7,36
Benzo(a)pyrene	*	11,22	*	5,62	9,37	12,75	3,72	3,67	3,35	3,12	3,41	3,88	3,26
Dibenz(a,h)anthracene	*	39,81	*	3,62	29,55	11,02	2,79	2,41	4,16	2,23	6,42	3,39	7,05
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	*	26,36	*	3,16	15,30	12,12	3,43	3,14	5,80	2,88	7,19	6,00	7,37
Benzo(g,h,i)perylene	*	11,33	*	2,53	16,69	5,09	2,13	3,32	4,40	1,91	3,41	1,62	2,07
T-PAH	*	128,78	*	33,44	94,00	85,92	22,57	22,68	30,19	23,03	35,20	25,71	38,16

* örnekleme yapılamadı

Tablo D.6. Kış 2013 dönemi toplanan sediment örneklerinde (>63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1-Sirkeci	S2-Perşembe Pazarı	S3-Cibali	S4-Kasımpaşa	S5-Fener	S6-Balat	S7-Hasköy	S8-Valide Sultan Köprüsü	S9- Haliç Köprüsü	S10-Eyüp	S11-Sütlüce	S12-Miniatürk	S13-Dereağzı
Naphthalene	0,12	0,10	0,83	0,32	0,44	0,45	0,15	0,29	0,37	0,25	0,36	*	*
Acenaphtylene	0,22	0,26	0,21	0,30	0,35	1,62	0,43	0,43	0,61	0,65	1,29	*	*
Acenaphthene	0,05	0,40	0,15	0,45	0,11	1,47	0,42	0,05	0,47	0,50	0,49	*	*
Fluorene	0,28	0,71	0,86	0,66	0,39	5,41	0,42	0,17	0,57	1,32	0,69	*	*
Phenanthrene	0,40	3,71	3,99	0,78	2,36	56,07	3,46	1,39	2,83	6,91	3,63	*	*
Anthracene	0,18	1,22	2,15	0,41	1,91	12,31	0,61	0,34	1,35	1,95	1,75	*	*
Fluoranthene	1,28	4,81	9,78	1,18	6,15	100,67	6,40	2,92	6,72	9,17	7,87	*	*
Pyrene	0,97	5,05	12,25	1,27	7,89	93,32	6,79	3,02	6,76	9,21	8,34	*	*
Benz(a)anthracene	0,46	3,05	4,78	0,65	4,71	55,68	4,33	1,64	5,19	5,83	8,53	*	*
Chrysene	2,16	3,29	22,08	0,33	5,47	80,59	5,47	1,04	6,66	6,07	9,07	*	*
Benzo(b)fluoranthene	0,06	0,16	0,12	0,20	0,17	2,97	0,20	0,05	0,31	0,20	0,33	*	*
Benzo(k)fluoranthene	0,72	2,76	6,26	3,08	3,10	35,53	3,61	0,87	5,61	4,72	6,03	*	*
Benzo(a)pyrene	0,90	6,06	30,14	4,36	5,25	40,23	5,08	1,24	15,91	8,76	11,49	*	*
Dibenz(a,h)anthracene	1,27	5,07	7,22	5,90	21,72	18,26	8,53	0,96	13,74	9,77	4,97	*	*
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	2,26	3,61	3,37	3,19	14,33	22,00	6,95	1,28	10,67	12,35	5,91	*	*
Benzo(g,h,i)perylene	1,43	1,87	1,68	2,27	6,51	14,64	2,94	-	4,81	3,69	4,01	*	*
T-PAH	12,77	42,13	105,87	25,35	80,83	541,23	55,78	15,70	82,57	81,36	74,77	*	*

- örnek yok
* örnekleme yapılamadı

Tablo D.7. Bahar 2013 dönemi toplanan sediment örneklerinde (>63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1-Sirkeci	S2-Perşembe Pazarı	S3-Cibali	S4-Kasımpaşa	S5-Fener	S6-Balat	S7-Hasköy	S8-Valide Sultan Köprüsü	S9- Haliç Köprüsü	S10-Eyüp	S11-Sütlüce	S12-Miniatürk	S13-Dereağzı
Naphthalene	0,33	0,43	0,97	0,45	0,10	0,27	0,39	0,49	0,48	0,41	0,53	0,14	0,22
Acenaphtylene	0,26	0,63	0,43	0,10	0,55	0,17	0,27	0,21	0,15	0,27	0,21	0,40	0,30
Acenaphthene	0,08	1,32	0,36	0,33	1,59	1,21	1,98	0,83	0,46	0,76	0,27	0,18	0,84
Fluorene	0,28	0,73	0,53	0,18	0,16	1,03	0,13	0,22	0,18	0,00	0,22	0,35	0,25
Phenanthrene	0,62	0,84	6,54	0,56	3,47	15,48	2,36	2,33	0,27	0,68	0,34	1,09	1,11
Anthracene	0,19	1,38	2,21	0,23	0,94	3,84	0,82	0,50	0,54	0,89	0,35	0,42	0,81
Fluoranthene	1,13	2,26	11,57	1,96	13,19	34,25	7,63	4,62	3,80	2,31	1,23	1,88	2,45
Pyrene	0,97	2,49	11,82	2,22	13,52	32,57	7,34	5,18	3,70	3,15	1,58	1,53	2,64
Benz(a)anthracene	0,18	3,01	5,60	0,69	9,78	19,14	5,06	2,39	2,61	2,47	1,83	0,56	3,42
Chrysene	1,65	1,44	9,64	0,33	12,24	24,90	6,34	3,11	2,12	3,20	1,35	0,84	2,89
Benzo(b)fluoranthene	0,07	0,63	0,55	0,01	0,21	0,59	0,16	0,08	0,08	0,03	0,15	0,12	0,13
Benzo(k)fluoranthene	0,80	13,66	3,60	0,65	10,23	16,30	5,48	3,16	2,72	7,69	4,72	1,39	11,58
Benzo(a)pyrene	0,88	17,73	7,22	3,31	16,23	9,77	17,11	2,86	6,82	13,53	7,54	1,15	13,15
Dibenz(a,h)anthracene	1,99	36,85	7,11	5,51	5,83	16,53	42,22	2,75	4,15	11,23	8,25	2,44	17,44
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	2,51	21,33	6,31	3,26	9,33	14,06	21,41	2,02	3,24	10,87	8,22	2,62	21,21
Benzo(g,h,i)perylene	2,68	17,18	3,96	2,26	6,31	8,92	9,19	1,36	2,69	8,07	4,74	0,78	9,60
T-PAH	14,61	121,91	78,41	19,80	103,68	199,04	127,90	32,09	34,01	65,57	41,54	15,88	88,03

Tablo D.8. Yaz 2013 dönemi toplanan sediment örneklerinde (>63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1-Sirkeci	S2-Perşembe Pazarı	S3-Cibali	S4-Kasımpaşa	S5-Fener	S6-Balat	S7-Hasköy	S8-Valide Sultan Köprüsü	S9-Haliç Köprüsü	S10-Eyüp	S11-Sütlüce	S12-Miniatürk	S13-Dereağzı
Naphthalene	0,13	0,41	1,01	0,49	0,07	0,04	0,01	0,34	0,30	0,42	0,41	0,96	0,22
Acenaphtylene	0,32	0,24	0,26	0,11	0,20	0,22	0,15	0,22	0,13	0,11	0,19	0,31	0,17
Acenaphthene	0,15	0,23	0,18	1,52	0,71	0,49	0,53	0,54	0,70	1,07	1,01	0,60	0,22
Fluorene	-	0,20	0,42	0,28	0,18	0,17	0,08	0,13	0,19	0,20	0,32	0,63	0,05
Phenanthrene	0,35	0,30	6,83	2,86	2,71	0,80	2,90	1,03	0,08	1,06	0,12	3,10	0,15
Anthracene	0,17	0,30	1,96	1,40	0,86	0,42	0,97	0,36	0,28	0,79	0,41	0,92	0,32
Fluoranthene	0,92	0,89	11,36	8,18	7,93	4,89	6,77	6,79	1,20	5,25	1,36	4,68	0,99
Pyrene	0,77	0,99	12,11	7,98	10,14	4,68	7,10	5,51	0,95	4,67	1,15	3,99	0,79
Benz(a)anthracene	0,24	0,81	4,49	5,76	5,98	3,19	4,46	4,41	1,26	2,93	1,42	0,00	0,86
Chrysene	1,58	1,78	9,24	9,02	8,24	3,60	5,64	5,80	1,78	3,29	1,15	1,98	38,14
Benzo(b)fluoranthene	0,03	0,58	0,44	1,19	0,42	0,42	0,54	0,13	0,07	0,10	0,06	0,24	0,05
Benzo(k)fluoranthene	0,10	15,47	4,09	9,31	11,13	6,38	7,81	4,52	4,04	10,34	2,28	1,85	4,38
Benzo(a)pyrene	3,22	7,30	5,39	25,11	12,92	8,19	7,39	6,06	3,59	8,94	5,30	1,73	3,48
Dibenz(a,h)anthracene	1,83	13,03	3,46	17,33	5,67	4,59	6,78	4,08	4,87	9,84	6,72	6,14	11,51
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1,08	5,07	4,13	15,94	6,24	4,86	4,93	2,45	3,28	5,63	3,90	3,57	5,03
Benzo(g,h,i)perylene	1,39	7,41	2,78	7,34	3,83	3,57	4,39	0,73	0,88	1,45	1,41	0,79	0,77
T-PAH	12,28	55,02	68,15	113,82	77,23	46,52	60,45	43,12	23,60	56,11	27,20	31,50	67,13

- örnek yok

Tablo D.9. Güz 2013 dönemi toplanan sediment örneklerinde (>63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1-Sirkeci	S2-Perşembe Pazarı	S3-Cibali	S4-Kasımpaşa	S5-Fener	S6-Balat	S7-Hasköy	S8-Valide Sultan Köprüsü	S9-Haliç Köprüsü	S10-Eyüp	S11-Sütlüce	S12-Miniatürk	S13-Dereağzı
Naphthalene	*	0,05	0,96	0,09	0,11	0,14	0,11	0,09	0,16	0,16	0,27	0,12	0,13
Acenaphtylene	*	0,22	0,17	0,28	0,33	0,27	0,24	2,04	0,10	0,19	0,13	0,70	0,03
Acenaphthene	*	0,25	0,24	0,22	0,34	0,35	0,34	0,26	0,68	0,65	0,64	0,40	0,50
Fluorene	*	0,13	0,61	0,36	0,39	0,27	0,19	1,54	0,30	0,12	0,21	0,42	0,23
Phenanthrene	*	0,46	14,89	0,39	0,73	1,30	1,67	1,03	0,32	0,30	0,42	1,39	0,51
Anthracene	*	0,24	2,46	0,26	0,20	0,49	0,68	0,29	0,23	0,25	0,43	0,80	0,23
Fluoranthene	*	1,31	27,05	1,65	3,44	3,52	5,86	1,98	2,12	2,15	1,39	3,65	4,23
Pyrene	*	0,72	28,08	1,40	2,05	3,56	5,69	0,71	1,31	0,82	0,48	3,22	1,65
Benz(a)anthracene	*	0,28	12,00	0,23	2,04	0,84	0,86	1,23	1,12	2,09	0,91	1,36	2,86
Chrysene	*	0,71	18,03	0,74	6,03	1,45	2,21	0,21	1,38	2,59	0,91	2,48	3,70
Benzo(b)fluoranthene	*	0,30	0,41	0,04	0,47	0,16	0,46	0,29	0,18	0,28	0,11	0,32	0,31
Benzo(k)fluoranthene	*	4,24	6,57	0,38	6,15	1,32	4,30	1,31	1,78	3,50	0,87	3,70	3,48
Benzo(a)pyrene	*	3,80	5,57	1,19	5,01	1,47	8,93	2,86	5,94	7,28	4,01	4,35	6,62
Dibenz(a,h)anthracene	*	6,95	3,04	2,90	2,52	7,35	7,49	1,47	1,10	2,82	2,04	3,57	2,63
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	*	1,42	1,02	0,69	0,69	2,63	4,28	0,53	1,08	2,84	1,48	3,72	5,39
Benzo(g,h,i)perylene	*	0,77	1,73	0,46	1,04	2,25	2,89	0,49	0,50	0,42	0,99	0,55	1,09
T-PAH	*	21,85	122,84	11,27	31,53	27,38	46,21	16,33	18,31	26,46	15,30	30,76	33,61

* örnekleme yapılamadı

Tablo D.10. Kış 2014 dönemi toplanan sediment örneklerinde (>63 µm fraksiyonu) PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları												
	S1- Sirkeci	S2- Perşembe Pazarı	S3- Cibali	S4- Kasımpaşa	S5- Fener	S6- Balat	S7- Hasköy	S8- Valide Sultan Köprüsü	S9- Haliç Köprüsü	S10- Eyüp	S11- Sütlüce	S12- Miniatürk	S13- Dereağzı
Naphthalene	*	-	*	0,00	0,07	0,18	0,08	0,10	0,09	0,02	0,05	0,11	0,05
Acenaphtylene	*	0,04	*	0,25	0,09	0,12	0,29	0,25	0,11	0,34	0,10	0,58	0,15
Acenaphthene	*	0,29	*	0,34	0,26	0,36	0,34	0,21	0,23	0,18	0,07	0,86	0,13
Fluorene	*	0,17	*	0,32	0,46	0,56	0,25	0,22	0,24	0,23	0,09	0,91	0,10
Phenanthrene	*	14,22	*	0,71	3,37	8,16	1,90	1,11	0,45	0,34	0,27	2,79	0,38
Anthracene	*	0,34	*	0,20	0,30	2,61	0,61	0,40	0,36	0,27	0,32	1,99	0,44
Fluoranthene	*	1,97	*	2,78	3,07	22,99	6,41	4,06	1,51	1,23	0,63	8,35	0,89
Pyrene	*	1,58	*	2,88	2,92	24,26	7,00	2,19	0,80	0,56	0,23	7,42	0,30
Benz(a)anthracene	*	1,21	*	1,53	1,87	14,56	4,68	9,94	2,01	3,65	0,62	2,29	1,66
Chrysene	*	2,67	*	1,49	1,84	18,96	5,43	14,86	2,19	4,05	0,47	6,84	1,82
Benzo(b)fluoranthene	*	0,33	*	0,18	0,31	0,62	0,46	0,61	0,22	0,38	0,11	0,28	0,28
Benzo(k)fluoranthene	*	2,70	*	0,52	2,90	12,99	3,03	9,80	3,13	2,43	1,41	2,40	3,75
Benzo(a)pyrene	*	1,37	*	3,30	7,30	11,66	7,58	10,15	7,93	3,91	4,28	4,88	6,91
Dibenz(a,h)anthracene	*	3,14	*	1,39	55,11	5,92	5,16	4,57	6,45	5,59	4,76	2,86	10,89
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	*	2,62	*	1,50	27,87	7,69	7,89	7,07	7,08	6,35	4,36	3,08	9,74
Benzo(g,h,i)perylene	*	1,53	*	1,15	18,04	5,72	3,30	5,28	3,81	3,26	2,41	0,71	3,56
T-PAH	*	34,18	*	18,56	125,78	137,37	54,43	70,82	36,63	32,80	20,19	46,35	41,04

- örnek yok
* örnekleme yapılamadı

Ek – E

Tablo E.1. Kış 2013 dönemi *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde bireysel ve T-PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

	Örnekleme İstasyonları							
Bileşen	M1-Sirkeci	M2-Karaköy	M3-Perşembe Pazarı	M4-Cibali	M5-Kasımpaşa	M6-Fener	M7-Balat	M8-Hasköy
Naphthalene	0,01	0,63	0,61	0,43	0,02	0,40	0,27	0,04
Acenaphthylene	0,01	0,17	0,07	0,03	0,03	0,14	0,03	0,04
Acenaphthene	0,01	0,07	0,57	0,09	0,10	0,06	0,09	0,17
Fluorene	0,08	0,29	0,06	0,26	0,18	0,08	0,23	0,23
Phenanthrene	1,79	2,14	1,32	2,22	1,93	1,37	1,80	2,23
Anthracene	0,36	0,12	0,07	0,20	0,05	0,03	0,19	0,25
Fluoranthene	4,70	1,93	1,66	1,95	1,61	1,41	1,83	1,21
Pyrene	1,96	2,70	1,13	1,67	1,12	1,82	1,35	1,93
Benz(a)anthracene	1,96	1,02	0,88	2,23	0,53	1,40	1,70	1,44
Chrysene	1,41	0,55	0,09	1,61	0,21	0,11	1,00	0,56
Benzo(b)fluoranthene	2,98	0,08	1,43	0,22	0,65	1,94	0,08	1,33
Benzo(k)fluoranthene	1,32	0,93	1,15	2,74	0,20	0,83	1,09	0,76
Benzo(a)pyrene	2,31	1,80	1,44	1,67	0,41	1,41	3,04	1,54
Dibenz(a,h)anthracene	147,29	105,27	66,24	153,56	67,73	124,16	99,77	64,16
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	9,33	8,65	8,56	21,49	14,34	26,49	38,76	26,86
Benzo(g,h,i)perylene	24,12	87,69	13,49	102,49	13,73	19,65	31,64	16,57
T-PAH	199,64	214,06	98,77	292,86	102,84	181,29	182,87	119,31

Tablo E.2. Bahar 2013 dönemi *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde bireysel ve T-PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

	Örnekleme İstasyonları							
Bileşen	M1-Sirkeci	M2-Karaköy	M3-Perşembe Pazar	M4-Cibali	M5-Kasımpaşa	M6-Fener	M7-Balat	M8 -Hasköy
Naphthalene	0,13	0,67	0,14	1,01	0,70	0,12	0,48	1,14
Acenaphthylene	0,18	0,07	0,06	0,11	0,19	0,05	0,01	0,25
Acenaphthene	0,02	0,09	0,07	0,03	0,11	0,14	0,01	0,19
Fluorene	0,60	0,59	0,00	0,77	0,71	0,14	0,89	0,87
Phenanthrene	2,30	1,96	2,34	3,97	6,00	1,86	2,66	4,08
Anthracene	0,68	0,12	0,11	0,79	1,39	0,02	0,47	0,04
Fluoranthene	1,99	1,17	1,16	2,60	4,24	0,70	3,37	2,28
Pyrene	4,54	2,35	1,23	3,43	2,67	0,97	3,18	5,13
Benz(a)anthracene	1,74	1,36	0,43	2,05	1,27	0,28	1,02	0,82
Chrysene	1,90	0,44	0,28	1,10	1,57	0,31	0,78	0,18
Benzo(b)fluoranthene	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,01	0,06	0,00
Benzo(k)fluoranthene	0,68	0,49	0,45	0,29	0,48	0,18	0,91	0,12
Benzo(a)pyrene	1,97	1,22	0,25	1,00	0,51	0,00	0,82	0,20
Dibenz(a,h)anthracene	66,38	88,16	41,07	41,26	41,60	16,45	56,07	96,42
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	5,35	6,13	6,75	9,30	10,30	6,99	22,97	15,86
Benzo(g,h,i)perylene	11,16	12,23	6,01	6,18	8,44	3,14	10,90	11,36
T-PAH	99,68	117,07	60,40	72,90	80,20	31,37	104,61	138,96

Tablo E.3. Yaz 2013 dönemi *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde bireysel ve T-PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

Bileşen	Örnekleme İstasyonları							
	M1-Sirkeci	M2-Karaköy	M3-Perşembe Pazarı	M4-Cibali	M5-Kasımpaşa	M6-Fener	M7-Balat	M8 -Hasköy
Naphthalene	1,39	1,19	1,66	1,30	1,35	1,48	0,00	1,47
Acenaphthylene	0,33	0,11	0,40	0,36	0,23	0,30	0,06	0,17
Acenaphthene	0,15	0,21	0,08	0,11	0,16	0,01	0,00	0,07
Fluorene	0,57	0,13	0,23	0,65	0,35	0,27	0,24	0,19
Phenanthrene	2,02	0,63	5,98	3,84	3,27	3,28	1,26	0,21
Anthracene	0,12	0,16	0,14	0,47	0,37	0,23	0,00	0,19
Fluoranthene	1,19	1,06	3,93	2,20	2,30	3,88	2,08	3,81
Pyrene	1,74	0,00	4,22	1,47	1,17	2,56	1,43	2,46
Benz(a)anthracene	0,52	0,71	1,31	0,59	0,90	1,16	0,36	0,78
Chrysene	0,19	0,01	0,09	0,65	0,20	0,22	0,17	0,11
Benzo(b)fluoranthene	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03
Benzo(k)fluoranthene	0,27	0,20	0,35	0,18	0,32	0,29	0,00	0,55
Benzo(a)pyrene	0,30	0,23	1,15	0,36	0,95	1,04	0,34	0,93
Dibenz(a,h)anthracene	50,12	106,41	47,57	178,27	48,30	58,89	119,66	59,34
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1,88	1,96	5,19	5,94	4,38	8,81	11,34	10,32
Benzo(g,h,i)perylene	12,99	11,80	31,02	68,29	7,72	12,00	9,57	12,00
T-PAH	73,81	124,83	103,37	264,69	72,00	94,43	146,52	92,63

Tablo E.4. Güz 2013 dönemi *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde bireysel ve T-PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

	Örnekleme İstasyonları							
Bileşen	M1-Sirkeci	M2-Karaköy	M3-Perşembe Pazarı	M4-Cibali	M5-Kasımpaşa	M6-Fener	M7-Balat	M8-Hasköy
Naphthalene	0,91	1,10	0,11	1,38	1,11	0,04	1,39	0,80
Acenaphthylene	0,05	0,21	0,36	0,13	0,07	0,30	0,13	0,06
Acenaphthene	0,13	0,03	0,08	0,09	0,11	0,27	0,11	0,03
Fluorene	0,22	0,26	2,29	0,20	0,42	1,58	0,29	1,04
Phenanthrene	0,11	2,14	0,86	0,40	2,49	2,08	1,49	1,97
Anthracene	0,09	0,14	0,17	0,10	0,14	0,33	0,06	0,08
Fluoranthene	0,44	1,74	0,97	0,39	1,31	1,80	0,66	1,96
Pyrene	1,05	0,77	2,69	0,84	1,29	2,24	3,48	1,52
Benz(a)anthracene	0,35	0,41	0,46	0,28	0,29	0,57	0,51	0,30
Chrysene	0,53	0,43	0,52	0,15	0,04	0,43	0,47	0,12
Benzo(b)fluoranthene	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,02	0,14	0,03
Benzo(k)fluoranthene	0,59	0,71	0,99	0,65	0,52	0,02	1,87	0,45
Benzo(a)pyrene	0,86	1,03	0,44	0,94	1,33	0,89	2,72	0,41
Dibenz(a,h)anthracene	64,24	44,54	72,73	45,77	47,64	72,81	13,00	69,81
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	2,04	1,47	9,34	13,79	9,24	33,66	16,85	16,33
Benzo(g,h,i)perylene	7,00	4,23	62,85	37,40	47,73	58,78	6,43	54,31
T-PAH	78,61	59,20	154,87	102,52	113,74	175,81	49,60	149,23

Tablo E.5. Kış 2014 dönemi *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde bireysel ve T-PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

	Örnekleme İstasyonları							
Bileşen	M1-Sirkeci	M2-Karaköy	M3-Perşembe Pazarı	M4-Cibali	M5-Kasımpaşa	M6-Fener	M7-Balat	M8 -Hasköy
Naphthalene	0,83	0,97	0,96	1,06	0,86	0,93	0,86	1,06
Acenaphthylene	0,18	0,08	0,06	0,15	0,10	0,50	0,05	0,31
Acenaphthene	0,11	0,07	0,11	0,09	0,16	0,07	0,01	0,16
Fluorene	0,05	0,97	0,13	1,14	0,32	0,55	0,60	0,44
Phenanthrene	0,09	0,55	1,86	2,97	1,51	1,02	1,05	3,11
Anthracene	0,41	0,13	0,20	0,30	0,53	0,93	0,22	0,18
Fluoranthene	0,19	0,55	2,49	1,58	1,28	1,90	1,39	3,52
Pyrene	0,20	0,43	3,40	2,52	2,35	4,59	1,33	2,96
Benz(a)anthracene	0,00	0,18	2,16	0,79	0,33	0,59	0,25	0,45
Chrysene	0,57	0,35	2,32	0,67	0,39	1,05	0,40	1,11
Benzo(b)fluoranthene	-	0,01	0,15	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Benzo(k)fluoranthene	2,23	0,08	1,91	0,15	1,73	0,22	0,15	0,22
Benzo(a)pyrene	4,54	1,21	3,04	1,27	1,30	1,44	0,81	1,39
Dibenz(a,h)anthracene	66,43	76,29	34,16	73,52	34,97	36,84	83,76	63,73
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	6,87	5,20	7,48	14,02	4,43	10,17	22,27	16,48
Benzo(g,h,i)perylene	11,55	49,03	9,74	30,30	8,02	8,55	7,41	7,66
T-PAH	94,25	136,11	70,15	130,57	58,29	69,34	120,58	102,78

- örnek yok

Tablo E.6. Bahar 2014 dönemi *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde bireysel ve T-PAH konsantrasyonları (ng/g kuru ağırlık)

	Örnekleme İstasyonları							
Bileşen	M1-Sirkeci	M2-Karaköy	M3-Perşembe Pazarı	M4-Cibali	M5-Kasımpaşa	M6-Fener	M7-Balat	M8 -Hasköy
Naphthalene	0,14	0,17	0,15	0,47	0,08	0,28	0,43	0,03
Acenaphthylene	0,46	0,01	0,05	0,58	0,29	0,69	0,08	0,01
Acenaphthene	0,13	0,03	0,03	0,54	0,02	0,48	0,02	0,03
Fluorene	0,75	0,08	0,05	0,39	0,52	0,14	0,05	0,04
Phenanthrene	1,05	0,19	0,50	0,69	0,04	0,70	0,78	0,15
Anthracene	0,00	0,07	0,20	0,88	0,16	0,75	0,51	0,31
Fluoranthene	2,16	0,23	0,09	1,93	0,45	1,47	1,16	0,05
Pyrene	7,33	0,24	1,22	6,85	2,08	4,34	0,56	0,03
Benz(a)anthracene	1,18	0,00	0,16	3,56	0,56	1,71	0,53	0,03
Chrysene	2,23	0,03	0,15	5,35	0,36	2,43	0,65	0,16
Benzo(b)fluoranthene	15,61	3,86	3,86	15,75	4,65	18,54	6,57	20,88
Benzo(k)fluoranthene	1,78	0,76	0,76	4,21	0,84	5,05	3,56	3,99
Benzo(a)pyrene	6,98	bla	0,02	16,04	0,62	10,37	0,31	2,22
Dibenz(a,h)anthracene	1,03	0,19	0,24	1,53	0,49	3,32	1,59	0,63
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	45,89	6,85	5,29	11,79	3,25	16,07	4,54	3,66
Benzo(g,h,i)perylene	41,78	6,19	3,35	37,12	9,35	47,05	12,72	12,49
T-PAH	128,51	18,91	54,42	107,68	23,77	113,39	34,05	44,70

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Kılıç S., Ergül H. A., Kılıç Ö., Belivermiş M., Evaluation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Levels Seasonally in Mussel (*Mytilus galloprovincialis*) Samples in Haliç (Goldern Horn),Turkey, *3rd International Conference, Environmental Monitoring and Assessment,* Aarhus University, Aarhus, Denmark, 1st-2nd October 2015 (Kabul edildi).

Ergül H. A., **Kılıç S.**, Aksan S., İpşiroğlu M., Aşağı Sakarya Nehri'nin Bazı Fiziko – Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması, *22. Ulusal Biyoloji Kongresi,* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 23-27 Haziran 2014.

Ergül H. A., **Kılıç S.**, Gür R., Ergül B., Şen E., Sungur E. N., Farklı Çalışma Ortamlarında CO_2 Konsantrasyonundaki Değişikliklerin Zamana Bağlı Olarak Araştırılması, *20. Ulusal Biyoloji Kongresi,* Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, 21-25 Haziran 2010.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında İzmit Kocaeli'de doğdu, 2007 yılında İzmit Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2008 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nü kazandı. 2012 yılında mezun olduktan hemen sonra aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. İyi düzeyde İngilizce bilmektedir.