



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

MARMARA DENİZİ'NİN KUZEYİNDEN TOPLANAN
MİDYELERDE (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)
İNORGANİK ve ORGANİK ARSENİK SEVİYESİNİN
BELİRLENMESİ

Münevver OCAK

Biyoloji Anabilim Dalı

Hidrobiyoloji Programı

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hüsamettin BALKIS

II. DANIŞMAN

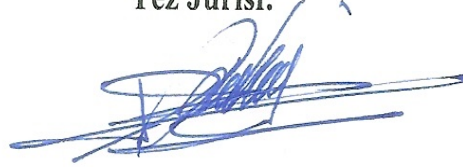
Yrd. Doç. Dr. Abdullah AKSU

Mayıs, 2017

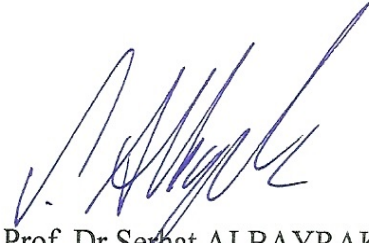
İSTANBUL

Bu çalışma 5.06.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı Hidrobiyoloji Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

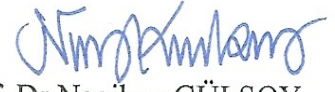
Tez Jürisi:



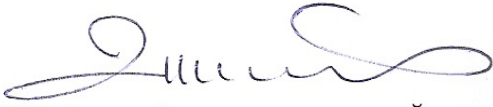
Prof. Dr.Hüsamettin BALKIS(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



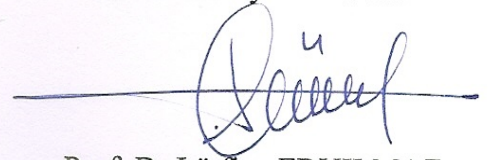
Prof. Dr.Serhat ALBAYRAK
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Prof. Dr.Nagihan GÜLSOY
Marmara Üniversitesi
Fen – Edebiyat Fakültesi



Prof. Dr.Gülşen ALTUĞ
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi



Prof. Dr.Lütfiye ERYILMAZ
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 49089 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Marmara Denizi'nin kuzeyinden toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) biriken inorganik ve organik arsenik miktarını belirlemek ve deniz suyunun fizikokimyasal özelliklerini (su sıcaklığı, tuzluluk, çözülmüş oksijen) ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca her türlü bilimsel desteği sağlayan ve emeğini benden esirgemeyip her konuda bana destek olan danışman hocam Prof. Dr. Hüsamettin BALKIS'a ve tezimin her aşamasında bana gerekli desteği ve yardımı sunan, görüşlerinden her zaman yararlandığım ikinci danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Abdullah AKSU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitimim ve tez çalışmam boyunca deneyimlerimden yararlandığım Doç. Dr. Ayşegül MÜLAYİM'e teşekkürü bir borç bilirim.

Yazım aşamasında görüşlerinden yararlandığım, yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Muharrem BALCI'ya teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Biyolog Neslihan AVCI'ya,

Laboratuvar çalışmalarım konusunda bana her türlü destek ve yardımı sağlayan Bilim Laboratuvarları Genel Müdürü Sayın Doğan HALİS'e ve değerli çalışanlarına,

Ayrıca her zaman yanımda olup, bugünlere gelmemi sağlayan ve her konuda beni destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2017

Münevver OCAK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. MARMARA DENİZİ'NİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	4
2.2. MİDYELERİN (<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819) GENEL ÖZELLİKLERİ.....	5
2.3. ARSENİK	8
2.4. İNDÜKTİF EŞLEŞMİŞ PLAZMA - KÜTLE SPEKTROMETRESİ (ICP - MS)	10
2.5. HİDRÜR SİSTEMLİ ATOMİK ABSORPSİYON SPEKTROMETRESİ	11
2.6. DENİZLERİMİZDE DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	12
3. MALZEME VE YÖNTEM	13
3.1. MİDYE ÖRNEKLERİ ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	14
4. BULGULAR	18
4.1. ÇALIŞILAN İSTASYONLARDAN TOPLANAN MİDYE ÖRNEKLERİNDEKİ İNORGANİK, ORGANİK, TOPLAM ARSENİK DEĞERLERİ DAĞILIMI VE BU DEĞERLERE AİT YÜZDE MİKTARLARI ..	18
4.2. ÇALIŞILAN İSTASYONLARDAKİ DENİZ SUYUNUN FİZİKO- KİMYASAL ÖZELLİKLERİ.....	34
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	36
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Akdeniz midyesinin (<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819) genel yapısı (Alpbaz, 2013).....	7
Şekil 2.2: ICP - MS cihazının genel yapısı (West, 2004).....	10
Şekil 2.3: Hidrür sistemli atomik absorpsiyon spektrometresi cihazı.	11
Şekil 3.1: Marmara Denizi'nin kuzeyinde çalışılan istasyonlar.	13
Şekil 4.1: Marmara Denizi'nin kuzeyinden toplanan midye örneklerindeki inorganik ve organik arsenik dağılımları arasındaki ilişki.	19
Şekil 4.2: 1 (Menekşe Çayı Ağızı)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	21
Şekil 4.3: 1 (Menekşe Çayı Ağızı)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	21
Şekil 4.4: 2 (Ambarlı Sahili)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	22
Şekil 4.5: 2 (Ambarlı Sahili)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	22
Şekil 4.6: 3 (Mimar Sinan Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	23
Şekil 4.7: 3 (Mimar Sinan Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	23
Şekil 4.8: 4 (Selimpaşa Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	24
Şekil 4.9: 4 (Selimpaşa Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	24
Şekil 4.10: 5 (Silivri Liman Dalgakıran Kayalıkları)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	25

Şekil 4.11: 5 (Silivri Liman Dalgakıran Kayalıkları)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.....	25
Şekil 4.12: 6 (Gümüşyaka İskele)'dan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	26
Şekil 4.13: 6 (Gümüşyaka İskele)'dan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	26
Şekil 4.14: 7 (Marmara Ereğlisi Sahil Güvenlik)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.....	27
Şekil 4.15: 7 (Marmara Ereğlisi Sahil Güvenlik)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.....	27
Şekil 4.16: 8 (Yeni Çiftlik Aytepe Yeni Liman)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.....	28
Şekil 4.17: 8 (Yeni Çiftlik Aytepe Yeni Liman)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.....	28
Şekil 4.18: 9 (Tekirdağ Liman içi)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	29
Şekil 4.19: 9 (Tekirdağ Liman içi)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	29
Şekil 4.20: 10 (Tekirdağ Liman Dışı)'ndan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	30
Şekil 4.21: 10 (Tekirdağ Liman Dışı)'ndan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	30
Şekil 4.22: 11 (Kumbağ Limanı)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	31
Şekil 4.23: 11 (Kumbağ Limanı)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	31
Şekil 4.24: 12 (Hoşköy – Mürefte Büyük Liman)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.....	32
Şekil 4.25: 12 (Hoşköy – Mürefte Büyük Liman)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.....	32

Şekil 4.26: 13 (Şarköy Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.	33
Şekil 4.27: 13 (Şarköy Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.	33
Şekil 4.28: Örnek alınan istasyonlardaki deniz suyunun sıcaklık ($^{\circ}C$), tuzluluk (‰) ve çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri arasındaki ilişki.	35
Şekil 5.1: Temmuz 1993'te 5 m derinlikte Marmara Denizi tuzluluk dağılımı (Beşiktepe ve diğ., 1994).	37
Şekil 5.2: Marmara Denizi yüzey suları dolaşımı (Beşiktepe ve diğ., 1994).	38
Şekil 5.3: Öklid mesafesi analizine göre çalışılan parametrelere dayalı istasyonların kümeleme analizi.	43

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Marmara Denizi'nin kuzeyinde çalışılan istasyonlara ait koordinat değerleri.	14
Tablo 3.2: Marmara Denizi'nin kuzeyinde çalışılan istasyonlar için tartılan midye örneği ağırlıkları.	16
Tablo 4.1: Marmara Denizi'nin kuzeyinden toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri ve bu değerlere ait yüzde sonuçları.....	19
Tablo 4.2: Örnek alınan istasyonlardaki deniz suyunun fiziko-kimyasal özellikleri.	34
Tablo 5.1: Çalışılan istasyonlardan toplanan midye örneklerindeki inorganik, organik ve toplam arsenik miktarları ve yüzde değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı.	42

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

As : Arsenik

° : Derece

' : Dakika

” : Saniye

°C : Santigrat derece

% : Yüzde

‰ : Binde

Kisaltmalar **Açıklama**

ÇO : Çözülmüş oksijen

S : Sıcaklık

T : Tuzluluk

ICP – MS : Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MARMARA DENİZİ'NİN KUZEYİNDEN TOPLANAN MİDYELERDE (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) İNORGANİK ve ORGANİK ARSENİK SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ

Münevver OCAK

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hüsamettin BALKIS

II. Danışman : Yrd. Doç. Dr. Abdullah AKSU

Bu tez çalışması Marmara Denizi'nin kuzeyinden toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) biriken inorganik ve organik arsenik miktarını ve deniz suyunun örnek alındığı andaki fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın örnekleme 4-5 Haziran 2015'de belirlenen 13 istasyonda yapılmıştır. 0,5-3 metre arası derinliklerde el kepçesi, spatula ve dalışla midye örnekleri toplanmıştır. Örneklerdeki toplam arsenik düzeylerinin 1,32075-6,73077 mg/kg, inorganik arsenik düzeylerinin 0,01885-0,24087 mg/kg, organik arsenik düzeylerinin ise 1,26132-6,68591 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir. İnorganik arsenik değerlerinin kabul edilebilir en yüksek sınır değerinin altında olduğu ve insan sağlığı açısından ciddi bir tehlike oluşturmadığı saptanmıştır.

Mayıs 2017, 61 sayfa.

Anahtar kelimeler: *Mytilus galloprovincialis*, Marmara Denizi, Arsenik.

SUMMARY

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF INORGANIC and ORGANIC ARSENIC LEVELS IN MUSSELS (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) OBTAINED FROM THE NORTHERN MARMARA SEA

Münevver OCAK

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Biology

Supervisor : Prof. Dr. Hüsamettin BALKIS

Co-Supervisor :Asst. Prof. Dr. Abdullah AKSU

This thesis study was conducted to detect of inorganic and organic arsenic amount in mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) collected from the northern part of Marmara Sea and the physicochemical properties of sea water samples. The sampling took place at 13 different stations between June 4 and 5 in 2015. At depths of 0.5-3 meters, mussels samples were collected by hand lance, spatula and diving. Total arsenic levels in the samples were determined to be between 1.32075-6.73077 mg/kg, inorganic arsenic levels between 0.01885 and 0.24087 mg/kg, and organic arsenic levels between 1.26132-6.68591 mg/kg. It has been found that inorganic arsenic values are below the highest acceptable limit and do not pose a serious hazardous effect on human health.

May 2017, 61 pages.

Keywords:*Mytilus galloprovincialis*, Marmara Sea, Arsenic.

1. GİRİŞ

Marmara Denizi, Türkiye sınırları içerisinde kalan, yaklaşık 70 km genişlik, 240 km uzunluğa sahip bir denizdir. Asya ve Avrupa kıtaları arasında yer alır ve denizlerin sınıflandırılmasında kıtalar arası (interkontinental) denizler içine girer. Marmara Denizi'nin yüzölçümü 11.500 km² ve maksimum derinliği ise 1390 m'dir. Kuzeydoğusunda İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e, güneybatısında ise Çanakkale Boğazı ile Ege Denizi'ne bağlanır. Bu deniz, Çanakkale ve İstanbul Boğazı ile birlikte Türk Boğazlar Sistemi adı altında Karadeniz ile Akdeniz arasında bir geçiş alanıdır. Karadeniz suları (% 17 - 24 tuzluluğa sahip) İstanbul Boğazı aracılığıyla üst akıntıyla, Akdeniz suları ise (% 38,5 tuzluluğa sahip) Çanakkale Boğazı aracılığıyla alt akıntıyla Marmara Denizi'ne taşınır. Marmara Denizi'nin kendine has yapısının nedeni, oluşmuş olan bu iki tabakalı yapıdır (Beşiktepe ve diğ., 1994). Bu iki tabaka arasındaki haloklin tabakası ise yaklaşık 25 m derinlikte bulunur (Beşiktepe ve diğ., 2000). Bu tabaka suların dikey karışımını engellemekte ve dip sularının oksijen miktarının 1 – 2 mg/L'ye kadar düşmesine neden olmaktadır. Çanakkale Boğazı aracılığı ile Marmara Denizi'ne taşınan oksijence zengin Ege Denizi suları, içermiş oldukları çözülmüş oksijenin yaklaşık %70'ini batı baseninde bırakmalarından dolayı, batı baseni doğu basenine oranla daha fazla çözülmüş oksijen içerir (Yılmaz, 2002).

Oldukça ciddi boyutlara ulaşan deniz kirliliği, üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizi yakından ilgilendirmektedir. Marmara Denizi diğer denizlerimiz arasında en yüksek kirlilik seviyesine sahiptir ve halen kirlenmenin etkisi altındadır. Özellikle kıyı bölgelerinde diğer denizlerimize oranla sanayi tesisleri daha yoğun yerleşmiştir. Etrafında giderek artan insan nüfusu, zirai etkinlikler, gemilerin balast ve sintine sularından kaynaklanan atıklar ve ırmaklarla taşınan sanayi atıkları Marmara Denizi'nin kirlenmesine neden olmaktadır.

İnsanların protein ihtiyacını karşılaması açısından su ürünleri beslenmede önemli bir yere sahiptir. Artan nüfusun ihtiyaç duyduğu hayvansal proteinin karşılanması için ülkemizdeki su ürünleri kaynaklarından faydalanmamız gerekmektedir. Marmara Denizi

deniz ürünleri avcılığı bakımından (%8), Karadeniz'den sonra üçüncü sırada yer almaktadır (TÜİK, 2015). Ancak günümüzde ekonomik değere sahip birçok tür yok olmakta veya yok olma tehdidi ile karşı karşıya kalmaktadır.

Marmara Denizi'ndeki canlı kaynaklarındaki azalmalar yapılan çalışmalara rağmen devam etmektedir. Bu durumun en büyük nedenleri; aşırı ve kaçak avcılık ve kirliliktir. Marmara Denizi'ndeki biyolojik çeşitlilikte görülen bu düşüşün nedenleri arasında organik kirlilik, yabancı türler ve *Mnemiopsis leidy* istilası önemli bir yer tutmaktadır (İşinibilir, 2010; Öztürk, 2010). Su ürünleri ekonomisinde önemli bir yere sahip olan midyeler, deniz suyunu süzerek beslendikleri için buldukları deniz ortamının temiz olması gerekmektedir. Aksi halde kirlenmiş bir denizden elde edilen midyeler tüketildiğinde, fayda yerine insan sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Metalloid özellik gösteren Arsenik renksiz ve kokusuz bir elementtir. İnorganik ve organik formlar şeklinde doğada bulunur. Arsenik, sucul organizmalarda genellikle arsenit (As^{3+}), arsenat (As^{5+}), lipid ve suda çözünen aminoasitlere bağlı arsenik şeklinde bulunurken, bir miktarda metilleşmiş arsenik formu şeklinde bulunur. Arseniğin alımı en fazla karaciğer, böbrek ve beyni etkilemekte, kronik zehirlenmeleri ise böbreklerde işlevsel bozukluklara, kolon kanseri ve siroz gibi çeşitli hastalıklara neden olmaktadır. Tayvan'da içme suyundaki arseniğin sebep olduğu black – foot hastalığı ile deri kanseri görülme sıklığı arasında belirgin bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Förstner ve Wittmann, 1981; Topçuoğlu, 2005). Arsenik, tıp ve zirai mücadelenin yanı sıra, sanayide çeşitli alanlarda örneğin anti – fouling boyalarda, pestisidlerin içinde yardımcı madde olarak, cam ve lazer üretimi, elektronik sanayisi gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır (Topçuoğlu, 2005).

Kirliliğin kontrol altına alınması denizde yaşayan canlılar için olduğu kadar, insan sağlığı açısından da önemlidir. Özellikle kıyı bölgelerinde yapılan doldurmalar ve tahribat, litoral bölgeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Kirliliğin önlenmesi için öncelikle boyutu ve hangi aşamaya geldiği belirlenmelidir.

Bu tez çalışmasının amacı Marmara Denizi'nin kuzeyinden toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) biriken inorganik ve organik arsenik

miktarını belirlemek ve deniz suyunun örnek alındığı andaki fizikokimyasal özelliklerini (su sıcaklığı, tuzluluk, çözünmüş oksijen) ortaya çıkarmaktır.

‘Genel kısımlar’ bölümünde, Marmara Denizi’nin yapısı, Akdeniz midyesinin (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) genel özellikleri ile sistematikteki yeri ve ayrıca arsenik hakkında geniş bilgiler verilmiştir. Analizlerde kullanılan indüktif eşleşmiş plazma – kütle spektrometresi (ICP – MS) ile hidrür sistemli atomik absorpsiyon spektrometresi ile ilgili açıklamalarda bulunulmuştur. Ayrıca daha önce denizlerimizde midyelerde biriken inorganik ve organik arsenik miktarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar tanıtılmıştır.

‘Malzeme ve yöntem’ bölümünde, midye örneklerinin alındığı istasyonlar, istasyonların genel özellikleri, örneklerin alınış şekli, örneklerin laboratuvara ulaştırılıp analizler tamamlanıncaya kadar nasıl korunduğu hakkında açıklamalar yapılmıştır. Ayrıca, deniz suyu örneklerinin fizikokimyasal parametrelerinin nasıl belirlendiği açıklanmıştır. Laboratuvar öncesi ön işlemler ve örneklerin analizi hakkında bilgi verilmiştir.

‘Bulgular’ bölümünde çalışılan istasyonlardan toplanan midye (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) örneklerindeki inorganik ve organik arsenik ile toplam arsenik değerleri hakkında bilgi verilmiştir. Çalışılan istasyonlarda deniz suyunun fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerden elde edilen sıcaklık (°C), tuzluluk (‰) ve çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri verilmiştir.

‘Tartışma ve Sonuç’ bölümünde çalışma sonucunda elde edilen bulgular daha önce bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. MARMARA DENİZİ'NİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Marmara Denizi, Türkiye sınırları içinde, Asya ve Avrupa kıtaları arasında yer alan, yaklaşık olarak 240 km uzunluğa ve 70 km genişliğe, 11.500 km² yüz ölçümüne, 3380 km³ hacme sahip ve en derin yeri 1390 m olan interkontinental bir denizdir (Beşiktepe ve diğ., 1994). Kuzeydoğusunda İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e, güneybatısında ise Çanakkale Boğazı ile Ege Denizi'ne bağlanır. Böylece Karadeniz ile Akdeniz arasında bir geçiş alanıdır.

Düşük tuzluluğa sahip (‰ 17,6) Karadeniz suları İstanbul Boğazı aracılığıyla üst akıntıyla, yüksek tuzluluğa sahip (‰ 38,5) Akdeniz suları ise Çanakkale Boğazı aracılığıyla alt akıntıyla Marmara Denizi'ne taşındığından dolayı, iki tabakalı su sistemine sahiptir (Ullyot ve Pektaş, 1952; Yüce ve Türker, 1991). Bu iki tabaka arasındaki haloklin tabakası yaklaşık 25 m derinlikte bulunur. Bu tabaka yüzey sularından alt tabakalara doğru oksijen geçişi için bir engel oluşturmaktadır. Düşük oksijen seviyesini Çanakkale Boğazı aracılığıyla taşınan Akdeniz suları gidermektedir. Yaklaşık 230 km³ hacme sahip olan üst tabaka suları 4-5 ayda bir yenilenirken, yaklaşık 3378 km³ hacme sahip alt tabaka suları ise hemen hemen 6-7 yılda bir yenilenmektedir. Nispeten daha yüksek yoğunluğa sahip olan Ege Denizi suları Çanakkale Boğazı aracılığı ile Marmara Denizi'ne katılarak derine çökmektedir (Beşiktepe ve diğ., 2000).

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerleri yüzey sularında 7,2 – 11,2 mg/l aralığında seyrederken, alt tabaka sularında ise 0,9 – 2,5 mg/l aralığında değerlere sahiptir. Çanakkale Boğazı aracılığı ile Marmara Denizi'ne taşınan oksijence zengin Ege denizi suları, içermiş oldukları çözünmüş oksijenin yaklaşık %70'ini batı baseninde bırakmalarından dolayı, batı baseni doğu basenine oranla daha fazla çözünmüş oksijen içerir. Haloklin tabakasında meydana gelen tuzluluk değerleri artışı takiben, suda çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerlerinde hızlı bir düşüş gerçekleşmektedir (Yılmaz, 2002).

Üst tabakanın sıcaklığı yazın 20 – 24 °C, kışın ise 8 – 9 °C arasında değişirken, alt tabakanın su sıcaklığı 15 °C’de sabittir (Beşiktepe ve diğ., 1994).

Güneyde oldukça geniş bir şelf alanına sahip Marmara Denizi’nin kuzey şelfi ise oldukça dardır. Özellikle Işıklar (Ganos) Dağı önünde şelf neredeyse sıfırlanmış haldedir. Şelf yaklaşık 100 – 120 m civarında sınıra sahiptir (Smith ve diğ., 1995).

2.2. MİDYELERİN (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) GENEL ÖZELLİKLERİ

Bu tez çalışmasında arsenik dağılımı ve seviyesinin belirlenmesi ve kıyı suları kalitesinin değerlendirilmesi için biyoindikator özelliğinden dolayı Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) kullanılmıştır. *Mytilus galloprovincialis* (kara midye veya Akdeniz midyesi) taksonomide Mollusca filumunun Bivalvia klasisi içerisindeki Mytilidae familyasında yer almaktadır.

Regnum : Animalia

Phylum : Mollusca

Clasis : Bivalvia

Subclassis : Pteriomorphia

Ordo : Mytiloida

Familya : Mytilidae

Genus : *Mytilus*

Species : *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819)

Ekonomik değere sahip olan ve Akdeniz midyesi veya kara midye olarak bilinen *M. galloprovincialis* özellikle Karadeniz ve Marmara Denizi’nde doğal olarak bulunur. Midyeler insan gıdası olarak yüksek besin değeri içerirler. Selenyum, kalsiyum, demir, magnezyum, fosfor gibi elementler, ayrıca A, B1, B2, B6 ve B12 vitaminleri bakımından zengindir. Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olan midyelerin kolesterol miktarları ise düşük seviyededir. Midyeler, bissus bezi tarafından salgılanan

bissus iplikleri ile kendilerini habitata tespit eder ve filtrasyonla beslenirler. Böylece deniz suyunun hareketi ile gelen plankton ve organik maddeleri filtre ederler. Bu nedenle, ortamda bulunabilecek tüm kimyasal ve biyolojik maddeleri vücutlarında biriktirebilirler. Biyolojik indikatör olmalarının nedeni vücutlarında patojen bakterileri, toksik maddeleri ve çeşitli ağır metalleri biriktirmelerinden kaynaklanır (Tosun, 2011).

Sert zeminlere kendilerini bissus iplikleri ile tespit ederek yaşayan midyeler, 0 – 200 m arasında yaşamalarına rağmen, çoğunlukla sığ habitatlarda yaygın olarak bulunurlar. Güçlü akıntıya sahip temiz sularda ve organik madde yükü bakımından zengin sakin sularda yaşarlar. Boyutları 15 cm'ye kadar ulaşabilse de, genellikle 5 – 8 cm arasındadır. Siyahımsı mor renkli kabuk iki eşit parçadan oluşmakla birlikte, dış kısma doğru bombe oluşturmaktadır. Kabuklar birleşme bölgesine doğru daralırken, üst kısımları geniş ve yuvarlak bir yapıya sahiptir. İlkbaharda ve yaz başında çoğalırlar (Öztürk, 2004).

Kabuk sağ ve sol kapaklardan meydana gelir. Kabuğun ilk oluştuğu kısım umbo adını almaktadır. Sağ ve sol kapak ligament sistemi sayesinde açılıp kapanmaktadır. Bir midyenin kabuğu dört kısımdan oluşur; anterior, posterior, ventral ve dorsal kenar. Kapaklar anterior kenarda birbirine bağlanırken, bissus iplikleri ventral kenardan çıkmaktadır. Kapakların uç kısmı posterior kenarı oluştururken, dorsal kenar ventral kenarın tersinde yer almaktadır. Midyelerde kapakların üzerinde umbodan itibaren başlayan ve kenara paralel olarak devam eden küçük eliptik daireler şeklinde büyüme çizgileri bulunmaktadır. Midyelerin sağ kapakları sol kapaklarına oranla yaklaşık 1 mm daha yüksektir (Uysal, 1970). Kapaklara içten bakıldığı zaman orta kısmın beyazımsı, kenarların ise koyu mavi olduğu görülmektedir. Bu iki kısmı birbirinden manto çizgisi ayırmaktadır (Uysal, 1970; Seed, 1976; Gosling, 1992).



Şekil 2.1: Akdeniz midyesinin (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) genel yapısı (Alpbaz, 2013).

Midyeler, sudaki organik maddeleri ve fitoplanktonu filtre ederek beslendiklerinden dolayı, bu işlem sırasında toksik maddeleri de bünyelerine alabilirler. Kirlilik, besin zincirleri boyunca ilerlediğinde, insanlar dâhil tüm canlılar bu durumdan olumsuz etkilenmektedir (Julsham ve Grahl-Nielsen 1996; Bat ve diğ., 1999). Yaklaşık 7 – 8 cm büyüklüğündeki bir midye saatte 10 - 15 lt suyu süzebilmektedir. Midyelerin filtrasyon hızını etkileyen faktörler; midyenin büyüklüğü, partikül büyüklüğü, partikül yoğunluğu, partikül türü, suyun sıcaklığı ve akıntısı olarak sayılabilir (Bayne ve diğ., 1976).

Sıcaklık ve besin miktarı kabuklu deniz canlılarında büyümei etkileyen önemli etkenlerdendir (Seed, 1976; Langdon ve Newell, 1990). Midyelerin büyüme oranı deniz suyu sıcaklığı 10 - 16 °C arasında olduğunda artarken, yüksek sıcaklıklarda ise büyüme yavaşlamaktadır. Bazı midye popülasyonlarında ise büyüme ‰ 19 tuzlulukta dururken, ‰ 30 – 32 oranına ulaştığında ise normal büyüme görülmektedir (Bayne ve diğ., 1976). Ticari değeri yüksek olan ve ülkemizde en fazla tüketilen omurgasız canlıların başında gelen midyeler, hayvansal protein ihtiyacını karşılamak için su ürünlerine yönelimin gitgide artması sonucu büyük önem taşımaktadır.

2.3. ARSENİK

Arsenik “As” simgesi ile gösterilen; atom numarası 33, atom ağırlığı 74,92 olan bir metaloiddir. Periyodik tabloda 5A grubunda yer almaktadır. Metaloid özellik gösteren arsenik renksiz ve kokusuz bir elementtir. İnorganik ve organik formlar şeklinde doğada bulunur. Arsenik, sucul organizmalarda genellikle arsenit (As^{3+}), arsenat (As^{5+}), lipid ve suda çözünen aminoasitlere bağlı arsenik şeklinde bulunurken, bir miktarda metilleşmiş arsenik formu şeklinde bulunur.

Doğada en çok bulunan arsenik türleri; arsenit AsO_3^{3-} (As^{III}), arsenat AsO_4^{3-} (As^V), organo arsenik ve elementel arseniktir. Denizel ortamda (As^{III}) H_3AsO_3 , $H_2AsO_3^-$, $HAsO_3^{2-}$ formunda, As^V ise H_3AsO_4 , $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ formunda bulunur. Sularda bulunan arseniğin en toksik formu As^{+3} formudur. Organik arsenik formları dimetil arsenit (DMA), metil arsonat (MA), arsenobetain (AB) ve arsenokalin (AK) dir.

Toksitesisi yüksek olan inorganik arsenik formları deniz canlıları tarafından alınarak biyotransformasyon ve detoksifiye edilip, toksitesisi daha düşük türlere dönüştürülmektedir. Bu çevrimler sonucu oluşan arsenik türleri; sediment, gözenek suyu, deniz suyu ve biyota arasında bir dağılım göstermektedir.

Sulardaki arsenik; biyojenik, jeolojik ve antropojenik kökenlidir. Arsenik sulara; doğal atmosferik ve jeokimyasal tepkimelerle, biyolojik faaliyetler ve volkanik emisyonlarla taşınır (Wang ve Mulligan, 2006; Choong ve diğ., 2007).

Arseniğin en önemli doğal kaynakları kayaların aşınması, jeotermal ve volkanik faaliyetlerdir. Buna ek olarak, maden atıklarında da arsenik yaygın olarak bulunmaktadır. Kayaların erozyonu nedeniyle akarsulardaki arsenik miktarının arttığı tespit edilmiştir (Mandal ve Suzuki, 2002). Arsenik kirliliğinin başka bir kaynağı ise antropojenik nedenlerdir. Özellikle atmosferdeki arseniğin kaynağı genellikle antropojeniktir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerikan Çevre Koruma Teşkilatı (U.S. EPA) gibi kurumlar tarafından belirlenen sınırlara göre; içme suyunda olması gereken maksimum arsenik konsantrasyonu, 10 $\mu g/L$ olarak açıklanmıştır (Mohan ve Pittman Jr., 2007).

Arseniğin alımı en fazla karaciğer, böbrek ve beyini etkilemektedir. Arseniğin kronik zehirlenmeleri böbreklerde işlevsel bozukluklara, kolon kanseri ve siroz gibi çeşitli hastalıklara neden olmaktadır. Tayvan'da içme suyundaki arseniğin sebep olduğu black – foot hastalığı ile deri kanseri görülme sıklığı arasında belirgin bir ilişkinin olduğu görülmüştür (Förstner ve Wittmann, 1981; Topçuoğlu, 2005). Sağlıklı bir insan için günlük alınabilecek maksimum arsenik miktarı 15 µg/kg'dır. 60 mg/kg arseniğin oral yol ile alınması halinde akciğer ve cilt kanseri gibi birçok kanser türü ve hatta ölüm vakaları görülebilmektedir. Yetişkin bireyler için öldürücü doz 1 - 4 mg As / kg vücut ağırlığıdır. Arsenikten anti – fouling boyası gibi sanayide çeşitli alanlarda, cam ve lazer üretiminde, elektronik sanayisi gibi alanlarda da yararlanılmaktadır (Topçuoğlu, 2005).

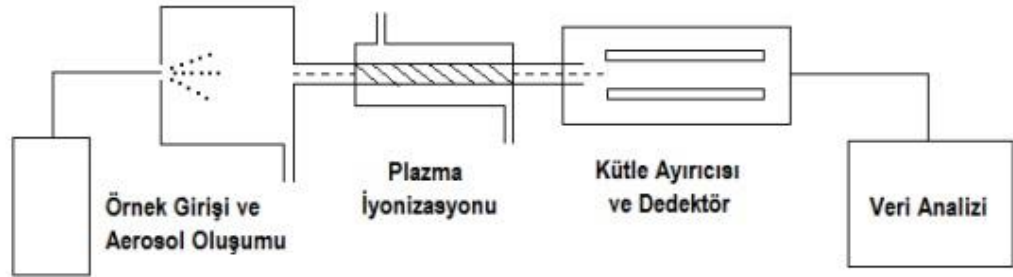


2.4. İNDÜKTİF EŞLEŞMİŞ PLAZMA - KÜTLE SPEKTROMETRESİ (ICP - MS)

ICP – MS bir kütle spektrometresi tekniğidir. Numune bir kütle ayırıcısında analiz edildiği için ışık kaynağı yoktur.

Numune dekompozisyonu ve elementlerin iyonizasyonunun daha yüksek oranda gerçekleşmesi için, iyonizasyonda yüksek sıcaklıkta Argon Plazması (yaklaşık 7000 °C) kullanılmaktadır. Bu sayede, analiz duyarlılığı daha üst seviyeye çıkarılmaktadır. ICP – MS hem katı, hem de sulu numunelerin analiz edilebildiği bir yöntemdir.

ICP - MS Tekniği temelde dört ana aşaması: numune girişi ve aerosol oluşturma, argon plazma kaynağı ile iyonizasyon, kütle ayrımı ve iyonların dedektörle tespiti ve veri analizidir (West, 2004).



Şekil 2.2: ICP - MS cihazının genel yapısı (West, 2004).

2.5. HİDRÜR SİSTEMLİ ATOMİK ABSORPSİYON SPEKTROMETRESİ

Hidrür sistemli atomik absorpsiyon spektrometresi ile oluşturulan hidrür buharı, sodyum borhidrür reaktifi (NaBH_4), asit solüsyonu içerisinde As ile birleştiğinde, arsenik uçucu hidrat formuna dönüşür. Ardından hidrat buharları yanma başlığı üzerinde bulunan özel kuvarz cam hücre içine gönderilir. Monokromatörden gelen bir ışık demeti grafit tüp içersine yönlendirilir ve atomlarına ayrılmış olan element tarafından absorbe edilen ışık miktarı dedektör tarafından ölçülür. Absorbe edilen enerjinin miktarı numune içerisindeki elementin konsantrasyonu ile orantılıdır. Analiz için asit olarak HCl kullanılmaktadır. Sistem; atomik absorpsiyon spektrometresi, hidrür ünitesi, bilgisayar ve lambalardan oluşmaktadır. Hidrür sistemli atomik absorpsiyon cihazı hesaplamaları otomatik olarak yapar ve sonuçları konsantrasyon cinsinden verir (Clesceri ve diğ.,1999).



Şekil 2.3: Hidrür sistemli atomik absorpsiyon spektrometresi cihazı.

2.6. DENİZLERİMİZDE DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Daha önce Marmara Denizi'nin kuzeyinde midye (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) örneklerinde biriken inorganik ve organik arsenik miktarının belirlenmesi ile ilgili yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Juresa ve Blanusa (2003) İtalya'nın Venedik Körfezi ve Sardunya Adası kıyılarında *M. galloprovincialis* türündeki arsenik bileşiklerinin tespiti için yapmış oldukları çalışmada, toplam arsenik seviyesinin kabul edilebilir sınır değerler içinde olmadığını belirlemişlerdir. Kuzey Adriyatik Denizi, Hırvatistan'da bulunan Rijeka Körfezi'nden elde edilen *M. galloprovincialis* örneklerinin yenilebilir kısımlarındaki toplam arsenik konsantrasyonunun ölçüldüğü bir çalışmada; toplam arsenik seviyesinin 1,7 – 3,7 mg/kg As arasında değiştiği tespit edilmiştir (Klarić ve diğ., 2004). İtalya'nın Venedik Lagünü'nde Akdeniz midyeleriyle yapılan bir çalışmada, arsenik bileşiklerinin hepatopankreasta birikme oranının diğer yumuşak dokulardan daha fazla olduğu belirtilmiştir (Argese ve diğ., 2005). Güney İtalya'da bulunan Apulia kıyılarından elde edilen midye örnekleriyle yapılan bir çalışmada toplam arsenik seviyesinin 6,35 – 76,17 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir (Spada ve diğ., 2013). Doğu Ege'deki İzmir Körfezi'nde bulunan bazı deniz canlılarında yapılan bir çalışmada ise inorganik arseniğin, toplam arseniğin çok küçük bir kısmını oluşturduğu saptanmıştır (Küçüksezgin ve diğ., 2014). İstanbul balık halinden alınan Akdeniz midyelerindeki arsenik düzeylerinin tespit edildiği bir çalışmada; arsenik değerlerinin 0,019 - 0,098 mg/kg As arasında değiştiği görülmüştür (Kayhan ve diğ., 2006). Özden (2010) Marmara Denizi'nden elde edilen karides (*Parapenaeus longirostris*) ile yaptığı çalışmada toplam arsenik seviyesinin 0.262–0.368 mg/kg arasında değiştiğini belirlemiştir. Marmara Denizi'nden elde edilen *Merluccius merluccius* ile yapılan bir çalışmada arsenik seviyesinin kabul edilebilir sınırın altında olduğu saptanmıştır (Aksu ve diğ., 2011). Marmara Denizi'nin Tekirdağ kıyılarında *Parapenaeus longirostris* ile yapılan bir çalışmada toplam arsenik seviyesinin oldukça yüksek (9.93 ± 1.4 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir (Dökmeci ve diğ., 2014).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmaya ait örnekleme 4 – 5 Haziran 2015’de Marmara Denizi’nin kuzeyinden belirlenen 13 istasyonda yapılmıştır. 0,5 – 3 metre arası derinliklerde el kepçesi, spatula ve dalışla çeşitli boyutlarda midye örnekleri toplanmıştır. Her istasyondan minimum 20 adet örnek toplanmıştır. Örnekler toplandığı anda suyun çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklığı ve tuzluluk derecesi YSI marka cihaz ile ölçülmüştür. Çalışılan istasyonlar Şekil 3.1’de gösterilmiş ve istasyonlara ait koordinat değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1: Marmara Denizi’nin kuzeyinde çalışılan istasyonlar.

Tablo 3.1: Marmara Denizi'nin kuzeyinde çalışılan istasyonlara ait koordinat değerleri.

İstasyon Adı	Koordinat Değerleri
1 (Menekşe ayı ağzı)	40°58'39.96"K, 28°46'21.91"D
2 (Ambarlı Sahili)	40°58'10.17"K, 28°43'3.86"D
3 (Mimar Sinan Limanı)	41° 0'49.32"K, 28°33'47.17"D
4 (Selimpaşa Limanı)	41° 3'8.23"K, 28°21'56.27"D
5 (Silivri Liman Dalgakıran Kayalıkları)	41° 4'15.90"K, 28°14'22.66"D
6 (Gümüşyaka İskele)	41° 3'0.47"K, 28° 3'34.29"D
7 (Marmara Ereğlisi Sahil Güvenlik)	40°57'53.00"K, 27°56'12.44"D
8 (Yeni iftlik Aytepe Yeni Liman)	41° 0'42.24"K, 27°45'50.04"D
9 (Tekirdağ Liman ii)	40°58'28.48"K, 27°30'55.80"D
10 (Tekirdağ Liman dışı)	40°58'27.21"K, 27°31'0.19"D
11 (Kumbağ Limanı)	40°52'0.19"K, 27°27'37.29"D
12 (Hoşköy – Murefte Bőyők Liman)	40°40'37.53"K, 27°15'52.36"D
13 (Şarköy Limanı)	40°36'32.33"K, 27° 6'38.79"D

3.1. MİDYE ÖRNEKLERİ ANALİZ YÖNTEMLERİ

Belirlenen 13 istasyondan toplanan midyeler derin dondurucuya konulup, -20 °C sıcaklıkta korunarak laboratuvara nakledilmiőtir. Laboratuvarda n işlemler yapılmadan önce derin dondurucu içerisinde saklanmıőtir. nce tek tek her istasyondan belirli sayıda midye rneği seçilmiştir. Bu işlem yapılırken 5 ve 6 cm bőyőklőęindeki midyelerin seçilmesine dikkat edilmiştir.

Birinci istasyon olan Menekşe ayı Ağzı için 5 tane 5 cm; ikinci istasyon olan Ambarlı Sahili için 6 tane 6 cm; ncő istasyon olan Mimar Sinan Limanı için 4 tane 6 cm, 1 tane 5 cm; drdőncő istasyon olan Selimpaşa Limanı için 1 tane 6 cm, 4 tane 5 cm; beőinci istasyon olan Silivri Liman Dalgakıran Kayalıkları için 6 tane 6 cm; altıncı

istasyon olan Gümüşyaka İskele için 1 tane 6 cm, 4 tane 5 cm; yedinci istasyon olan Marmara Ereğlisi Sahil Güvenlik için 2 tane 5 cm, 3 tane 6 cm; sekizinci istasyon olan Yeni Çiftlik Aytepe Yeni Liman için 3 tane 6 cm, 2 tane 5 cm; dokuzuncu istasyon olan Tekirdağ Liman içi için 5 tane 6 cm; onuncu istasyon olan Tekirdağ Liman dışı için 5 tane 5 cm; on birinci istasyon olan Kumbağ Limanı için 5 tane 5 cm; on ikinci istasyon olan Hořkøy – Mürefte Büyük Liman için 3 tane 6 cm, 1 tane 5 cm; on üçüncü istasyon olan řarkøy Limanı için 5 tane 6 cm büyüklüğünde midye örnekleri seçilmiştir.

Donmuş haldeki örneklerin kabukları kırılarak midyenin yumuşak dokusu dışarı çıkarılmıştır. Daha sonra belirlenen her istasyon için ortalama 0,5 g ağırlığında örnek alüminyum folyo kâğıdının üstünde tartılarak, erlenmayer içine konulmuştur. Freeze-dryer da örnekler kurutulmuştur. Freeze-dryer örnekte bulunan suyun dondurularak vakum altında kurutulma tekniğidir. Katı fazdaki su süblimleşerek gaz fazına geçmiştir. Böylece uçucu bileşenlerin, özellikle organik arseniğin kaybı olmadan numune sudan arındırılmıştır. Çalışılan istasyonlar için tartılan midye örneği ağırlık değerleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Marmara Denizi'nin kuzeyinde çalışılan istasyonlar için tartılan midye örneği ağırlıkları.

İstasyon Adı	Tartılan Örnek Ağırlığı (g)
1 (Menekşe Çayı ağzı)	0,54
2 (Ambarlı Sahili)	0,53
3 (Mimar Sinan Limanı)	0,52
4 (Selimpaşa Limanı)	0,52
5 (Silivri Liman Dalgakıran Kayalıkları)	0,5
6 (Gümüsyaka İskele)	0,53
7 (Marmara Ereğlisi Sahil Güvenlik)	0,54
8 (Yeni Çiftlik Aytepe Yeni Liman)	0,53
9 (Tekirdağ Liman içi)	0,53
10 (Tekirdağ Liman dışı)	0,5
11 (Kumbağ Limanı)	0,51
12 (Hoşköy – Mürefte Büyük Liman)	0,52
13 (Şarköy Limanı)	0,5

Ardından 2 M NaOH çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltilerden şırınga yardımı ile 10 ml çekilip tüm örneklerin üzerine eklenmiştir. NaOH çözeltisi ile midyede bulunan inorganik ve organik arseniğin çözeltiliye geçmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde yapılan ekstraksiyon sayesinde türler arası arsenik geçiş olmamaktadır, yani numunedeki arsenik formları korunmaktadır. Çalışılan ortamdan ve kimyasallardan gelen hatayı bertaraf etmek için NaOH çözeltisinden oluşan blank (kör) hazırlanmıştır. Tüm örnekler 75 °C'lik etüvde bir gece bekletilmiştir. Homojenliği sağlamak için belli aralıklarla örnekler karıştırılmıştır (Peshut ve diğ., 2008).

Bu amaçla, ertesı gün sıvılaşmış haldeki midye örnekleri 60 ml'lik şıringaya çekilip, şıringanın ucuna takılan 0,22 μ disk filtre ile szlmştır. Szlp içindeki partiküllerden arınan sıvılaşmış midye örnekleri 50 ml'lik standart plastik tüplere konulmuş ve üzeri 15 ml'ye kadar NaOH zeltisi ile son hacim 50 ml'ye tamamlanmıştır. Tüm örneklere için işlemler tamamlandıktan sonra örneklere okuma yapılıncaya kadar +4 $^{\circ}$ C'de buzdolabında saklanmıştır. Bu metod ile arsenik formları ayırımı ekstraksiyon safhasında olmayıp, analiz aşamasında gerçekleşmiştir. Sadece inorganik arseniği (As^{3+} , As^{5+}) analiz eden AAS - Hidrür cihazı ve toplam arseniği analiz eden ICP - MS cihazı kullanılmıştır. İki cihazın ölçüm değerleri farkı alınarak organik arsenik konsantrasyonu belirlenmiştir.



4. BULGULAR

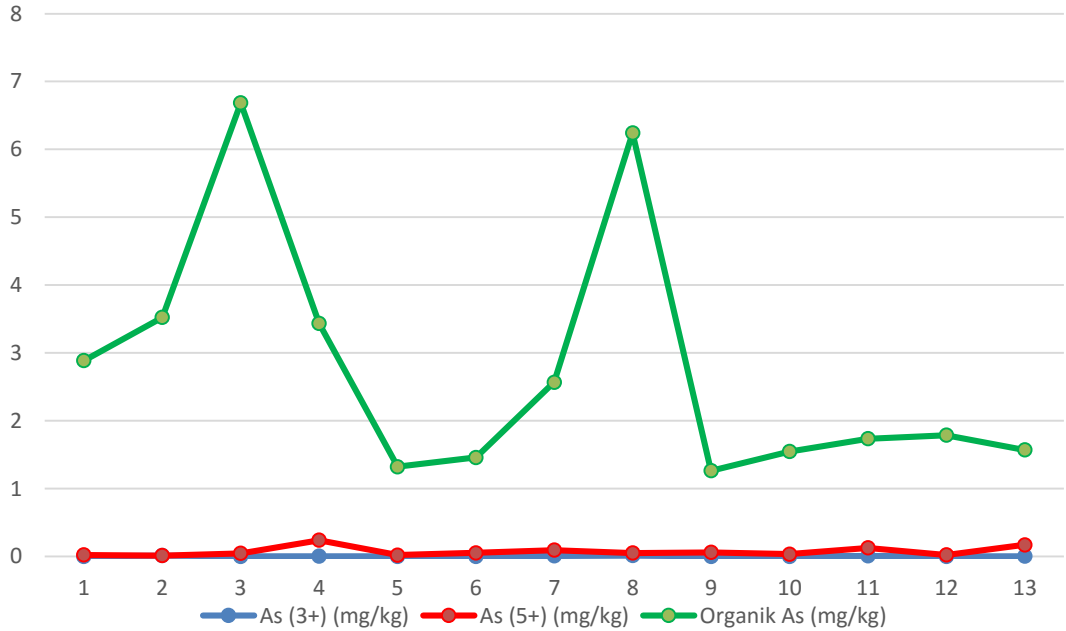
Bu çalışma ile Marmara Denizi'nin kuzeyinde belirlenen 13 istasyonda, 0,5 – 3 metre arası derinliklerden el kepçesi, spatula ve dalışla çeşitli boyutlarda toplanan Akdeniz midyeleri'nde (*M. galloprovincialis*) biriken inorganik ve organik arsenik miktarı belirlenmiş ve deniz suyunun fizikokimyasal özellikleri (su sıcaklığı, tuzluluk, çözülmüş oksijen) ortaya çıkarılmıştır.

4.1. ÇALIŞILAN İSTASYONLARDAN TOPLANAN MİDYE ÖRNEKLERİNDEKİ İNORGANİK, ORGANİK, TOPLAM ARSENİK DEĞERLERİ DAĞILIMI VE BU DEĞERLERE AİT YÜZDE MİKTARLARI

Marmara Denizi'nin kuzeyinden elde edilen midye örneklerindeki inorganik (As^{3+} , As^{5+}), organik ve toplam arsenik değerlerini belirlemek amacıyla yapılan analizlerin sonuçları ve bu sonuçlara ait yüzde değerleri Tablo 4.1'de, toplanan midye örneklerindeki inorganik ve organik arsenik dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Marmara Denizi'nin kuzeyinden toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri ve bu değerlere ait yüzde miktarları.

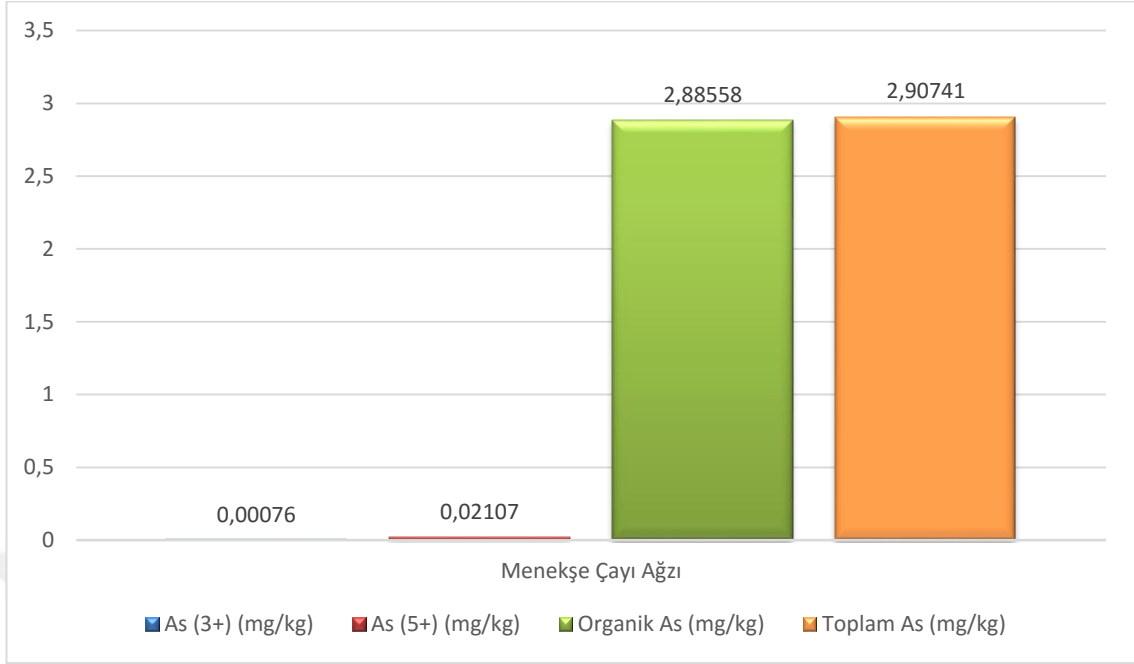
	As^{3+} (mg/kg)	As^{5+} (mg/kg)	Organik As (mg/kg)	Toplam As (mg/kg)	As^{3+} (%)	As^{5+} (%)	Organik As (%)
1	0,00076	0,02107	2,88558	2,90741	0,03	0,72	99,25
2	0,01245	0,01259	3,52212	3,54717	0,35	0,36	99,29
3	0,00073	0,04413	6,68591	6,73077	0,01	0,66	99,33
4	0,00308	0,23779	3,43221	3,67308	0,08	6,47	93,44
5	0,0008	0,01805	1,32115	1,34	0,06	1,35	98,59
6	0	0,05165	1,45778	1,50943	0	3,42	96,58
7	0,00785	0,09134	2,56748	2,66667	0,29	3,43	96,28
8	0,01175	0,04886	6,24127	6,30189	0,19	0,78	99,04
9	0	0,05943	1,26132	1,32075	0	4,5	95,5
10	0,00024	0,03359	1,54618	1,58	0,02	2,13	97,86
11	0,00608	0,12355	1,73311	1,86275	0,33	6,63	93,04
12	0	0,02091	1,78678	1,80769	0	1,16	98,84
13	0,00244	0,16866	1,5689	1,74	0,14	9,69	90,17



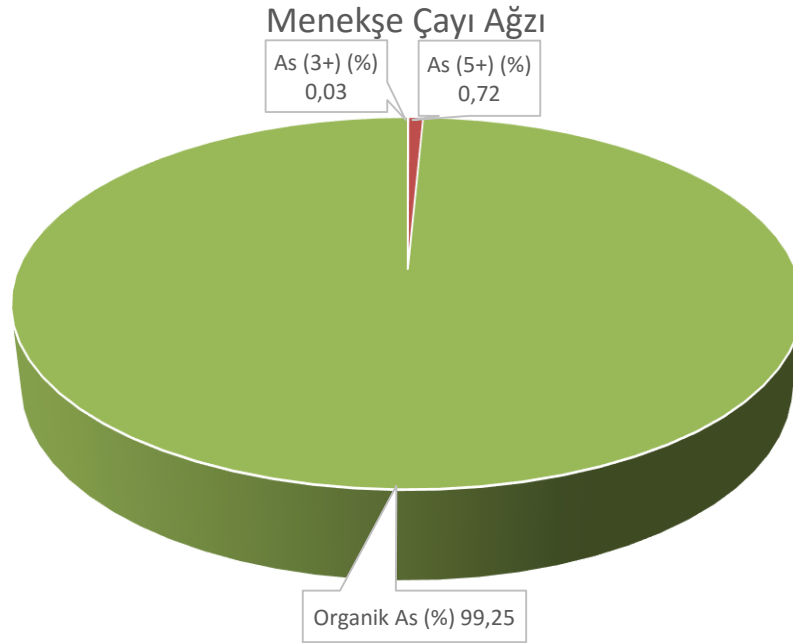
Şekil 4.1: Marmara Denizi'nin kuzeyinden toplanan midye örneklerindeki inorganik ve organik arsenik dağılımları arasındaki ilişki.

Tablo 4.1'e göre en düşük As^{3+} değeri 6, 9 ve 12 numaralı istasyonlarda (0 mg/kg) ölçülürken, en yüksek As^{3+} değeri 2 numaralı istasyonda (0,01245 mg/kg) saptanmıştır. En düşük As^{5+} değeri 2 numaralı istasyonda (0,01259 mg/kg) ölçülürken, en yüksek değer ise 4 numaralı istasyonda (0,23779 mg/kg) belirlenmiştir. Çalışılan istasyonlardan toplanan midye örneklerindeki en düşük organik As değeri 9 numaralı istasyonda (1,26132 mg/kg) ölçülürken, en yüksek organik As değeri ise 3 numaralı istasyonda (6,68591 mg/kg) olarak saptanmıştır. En düşük toplam arsenik değeri 9 numaralı istasyonda (1,32075 mg/kg) ölçülürken, en yüksek toplam arsenik değeri 3 numaralı istasyonda (6,73077 mg/kg) belirlenmiştir.

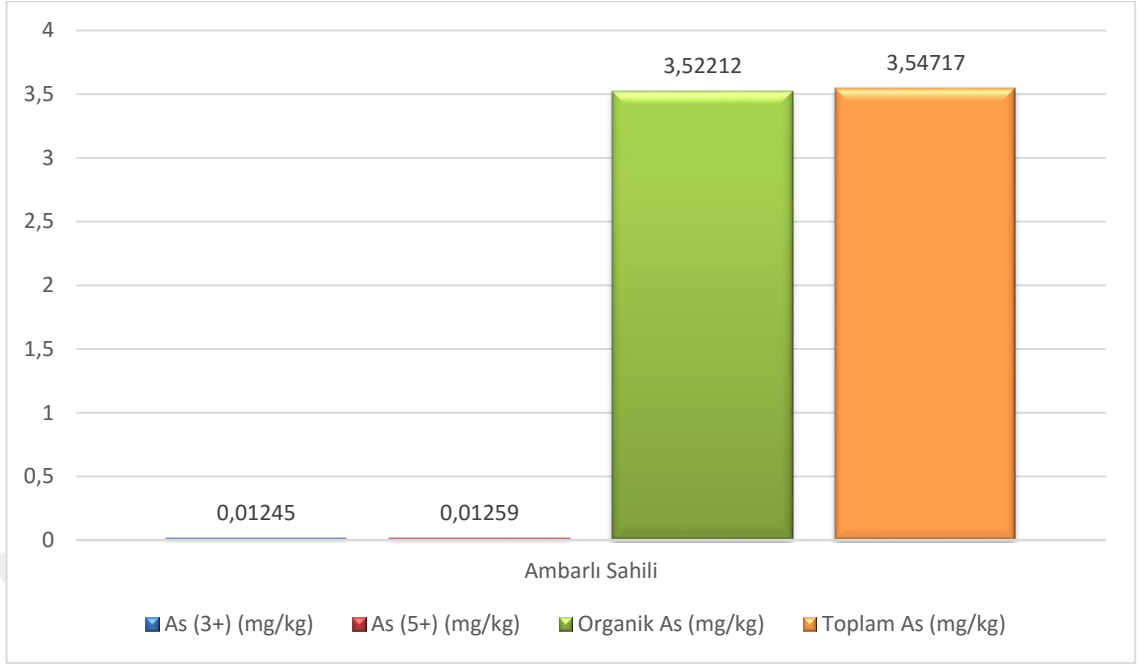
Marmara Denizi'nin kuzeyinden belirlenen 13 istasyondan toplanan midye örneklerinde biriken inorganik ve organik arsenik miktarını belirlemek amacıyla yapılan analizlerin sonuçları ve yüzde dağılımları Şekil 4.2-4.27'de gösterilmiştir.



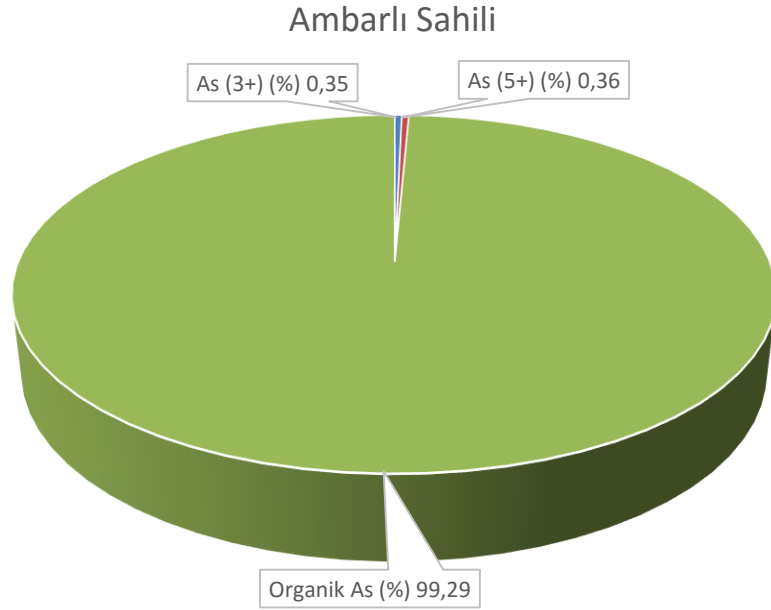
Şekil 4.2: 1 (Menekşe Çayı Ağzı)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



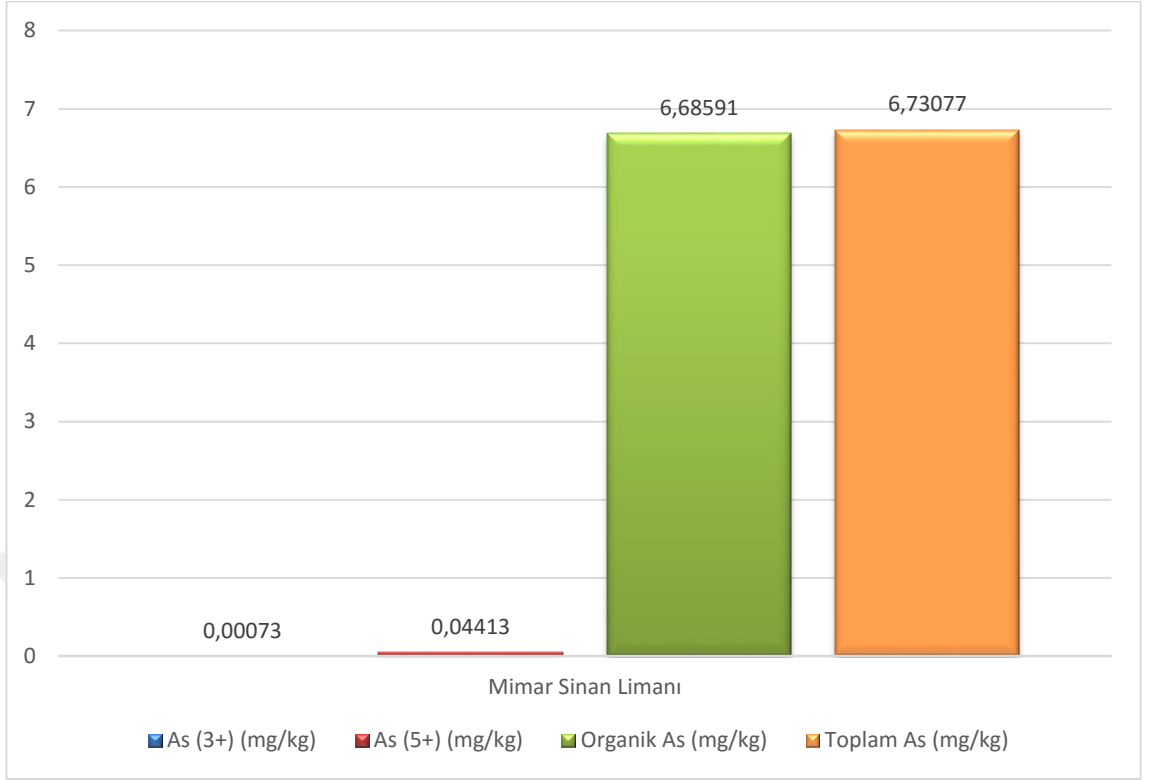
Şekil 4.3: 1 (Menekşe Çayı Ağzı)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



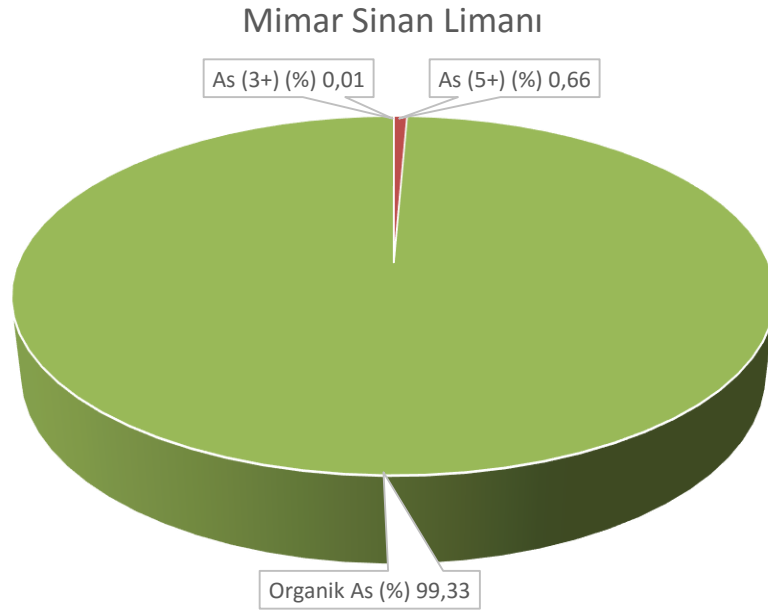
Şekil 4.4: 2 (Ambarlı Sahili)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



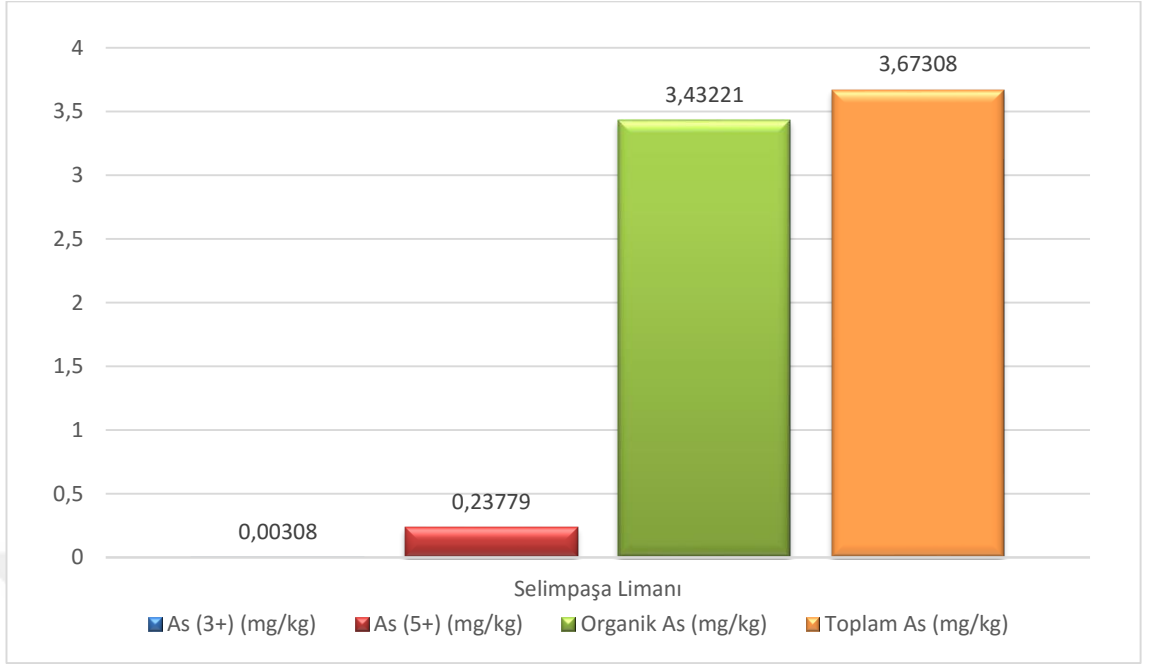
Şekil 4.5: 2 (Ambarlı Sahili)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



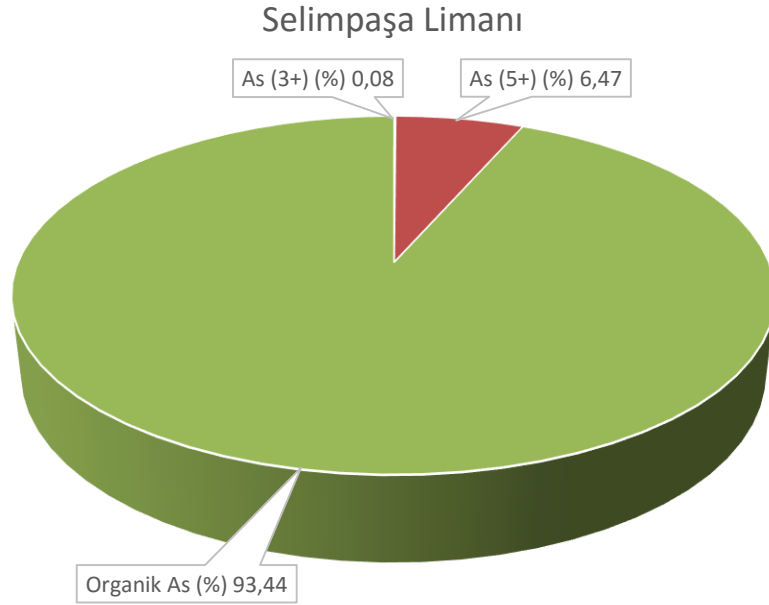
Şekil 4.6: 3 (Mimar Sinan Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



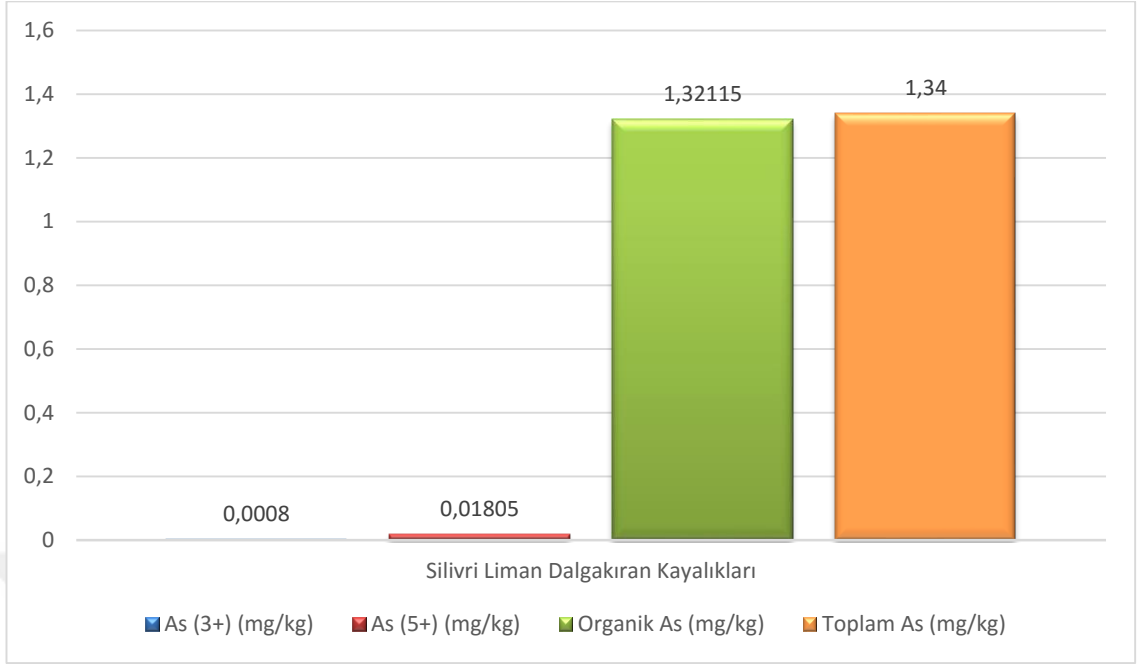
Şekil 4.7: 3 (Mimar Sinan Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



Şekil 4.8: 4 (Selimpaşa Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.

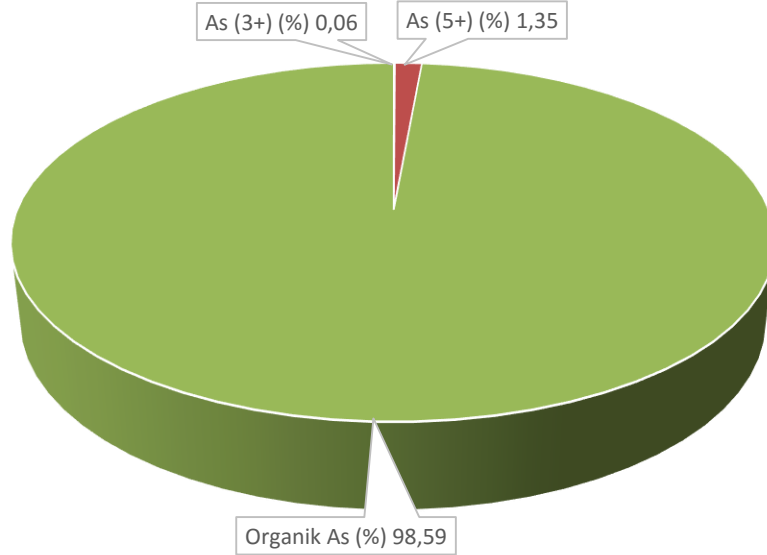


Şekil 4.9: 4 (Selimpaşa Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.

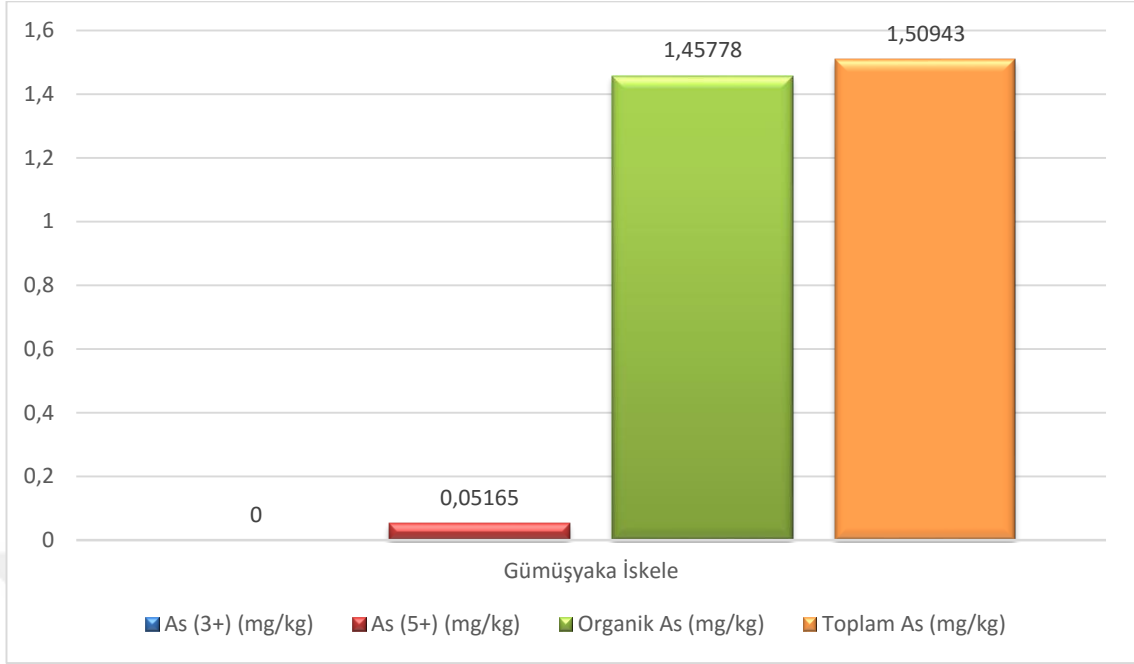


Şekil 4.10: 5 (Silivri Liman Dalgakıran Kayalıkları)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.

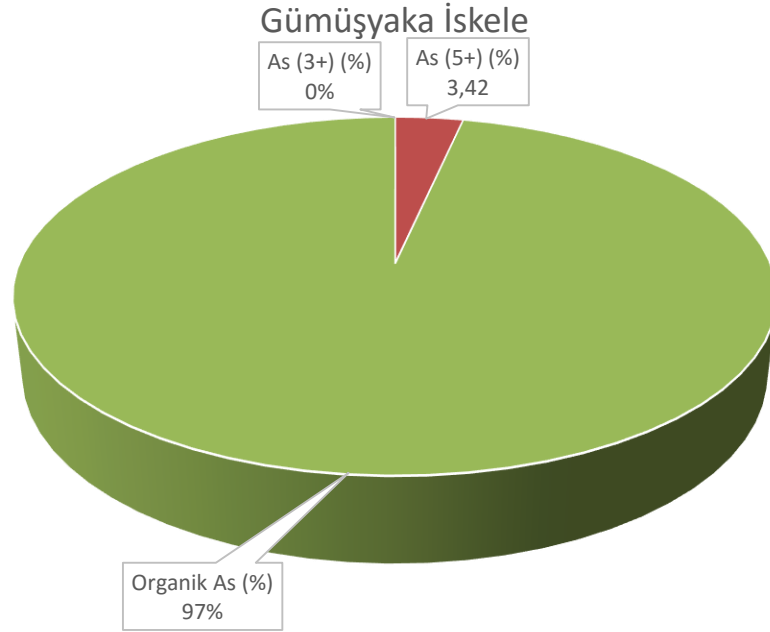
Silivri Liman Dalgakıran Kayalıkları



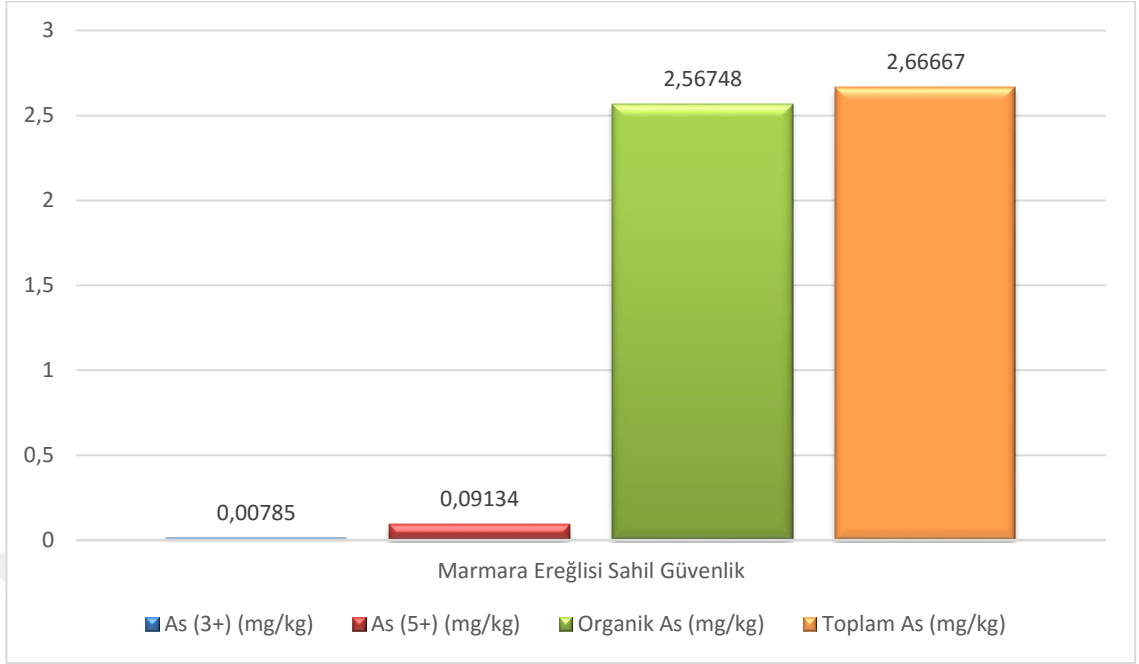
Şekil 4.11: 5 (Silivri Liman Dalgakıran Kayalıkları)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



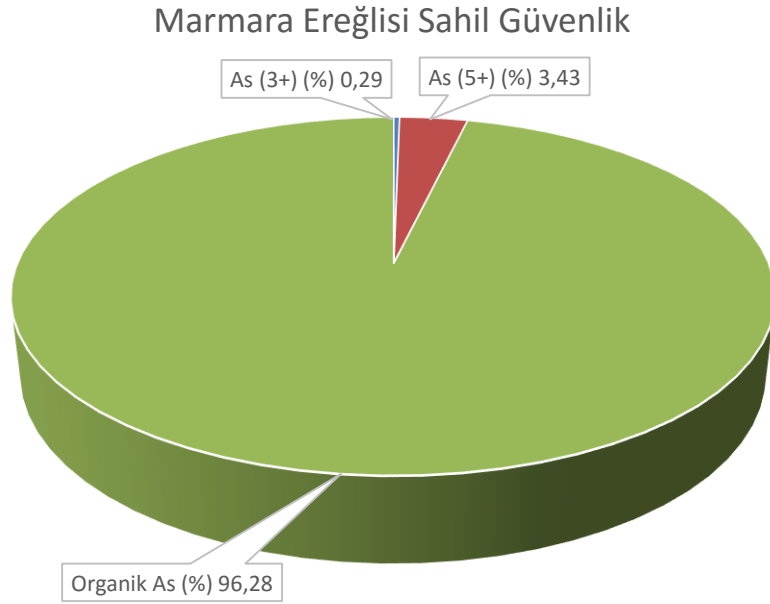
Şekil 4.12: 6 (Gümüşyaka İskele)'dan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



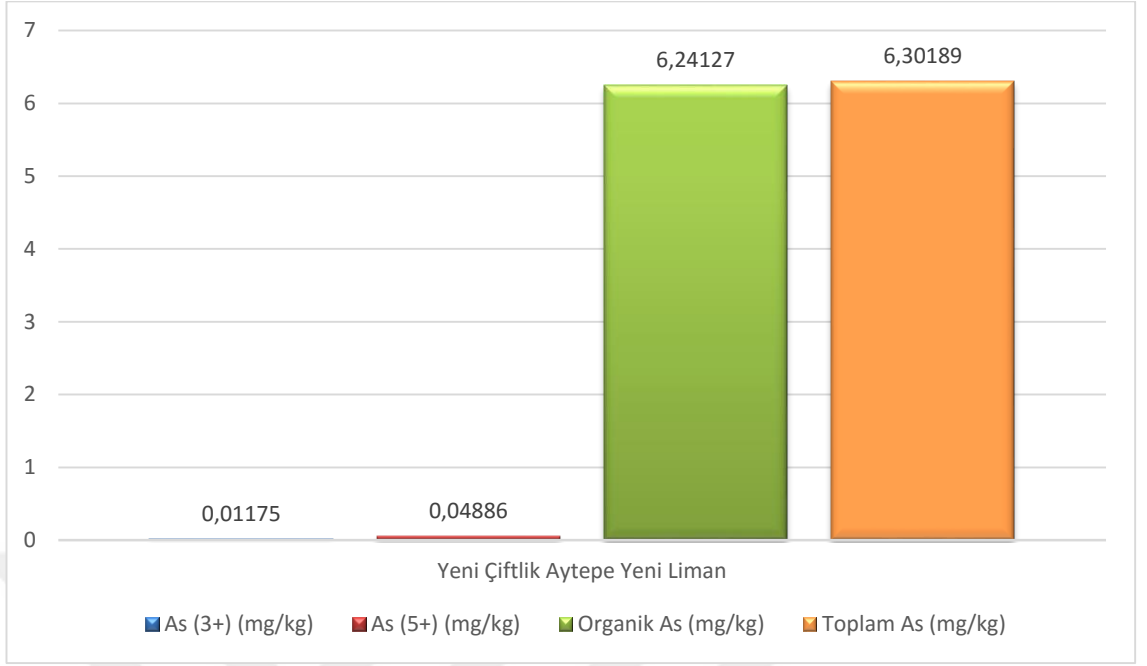
Şekil 4.13: 6 (Gümüşyaka İskele)'dan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



Şekil 4.14: 7 (Marmara Ereğlisi Sahil Güvenlik)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



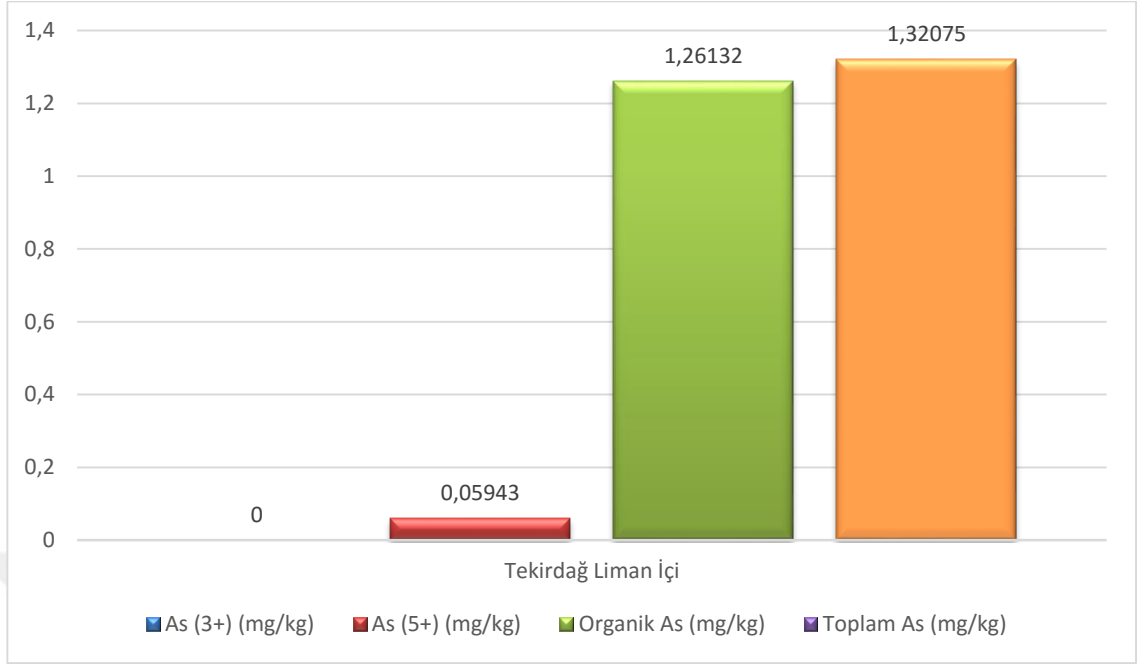
Şekil 4.15: 7 (Marmara Ereğlisi Sahil Güvenlik)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



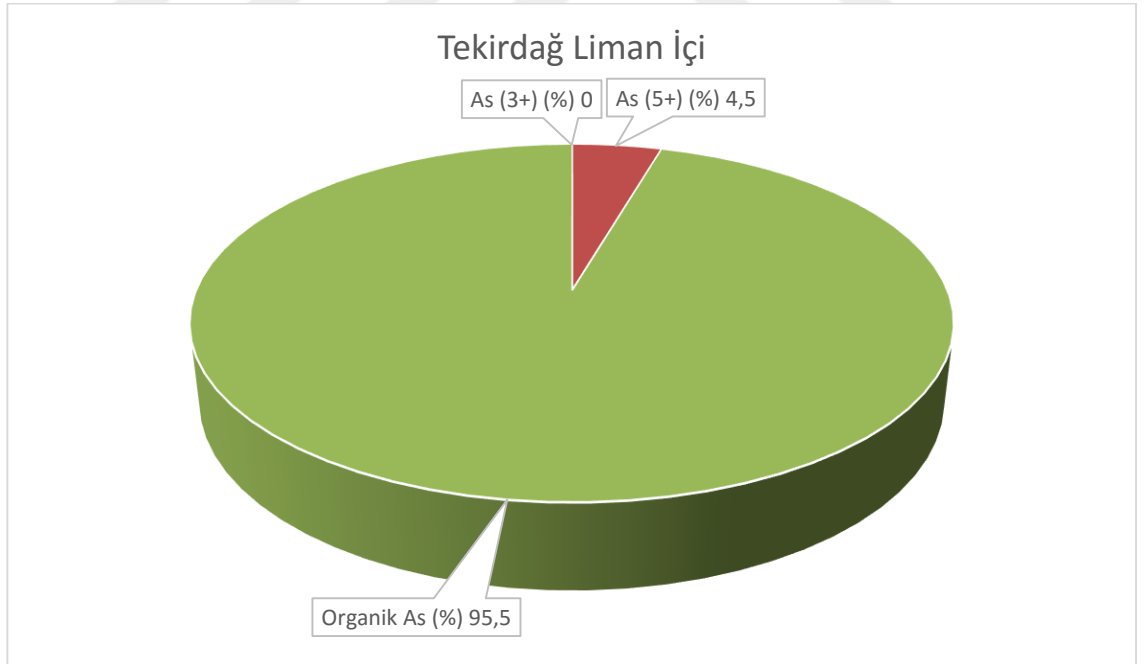
Şekil 4.16: 8 (Yeni Çiftlik Aytepe Yeni Liman)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



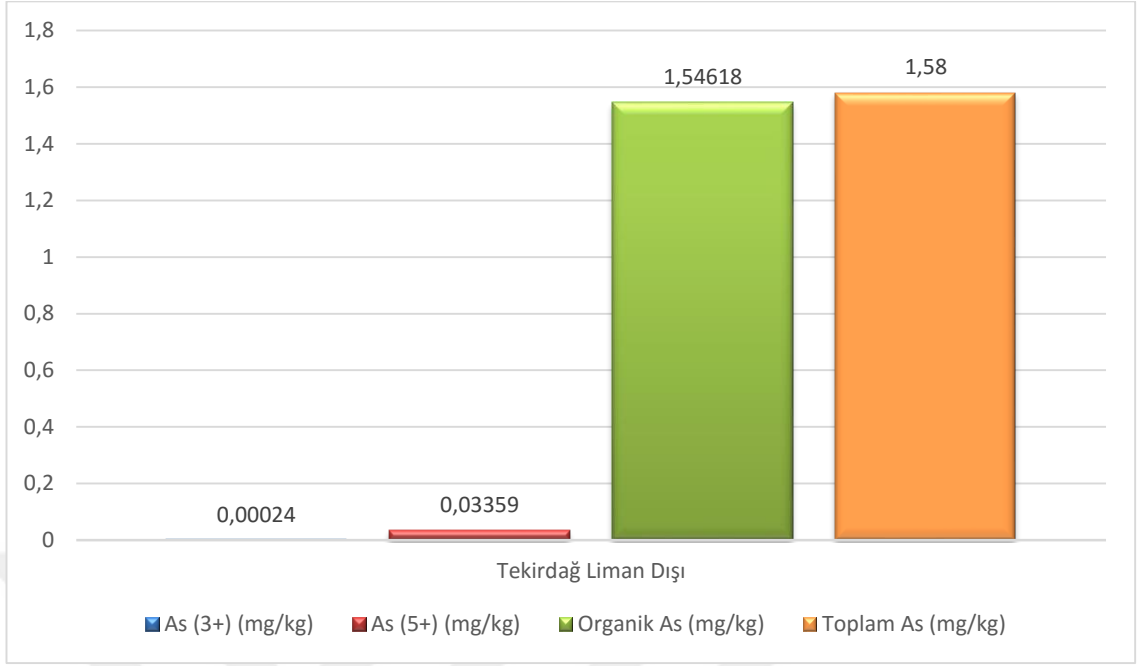
Şekil 4.17: 8 (Yeni Çiftlik Aytepe Yeni Liman)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



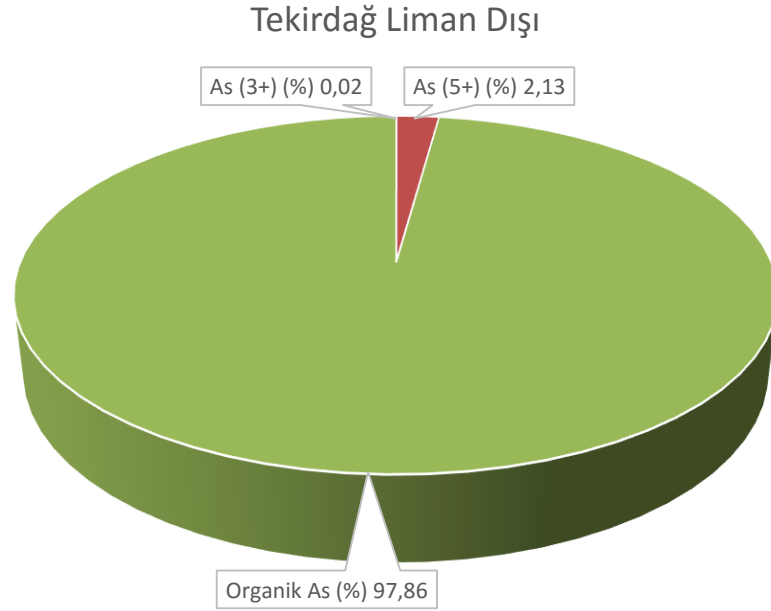
Şekil 4.18: 9 (Tekirdağ Liman içi)'dan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



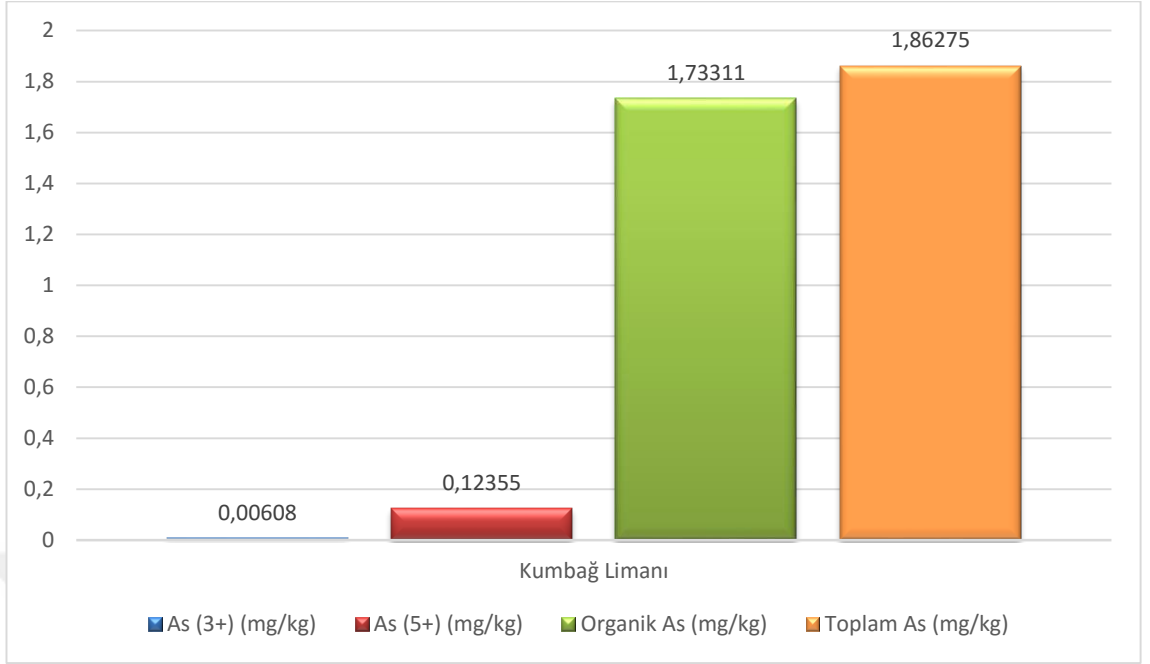
Şekil 4.19: 9 (Tekirdağ Liman içi)'dan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



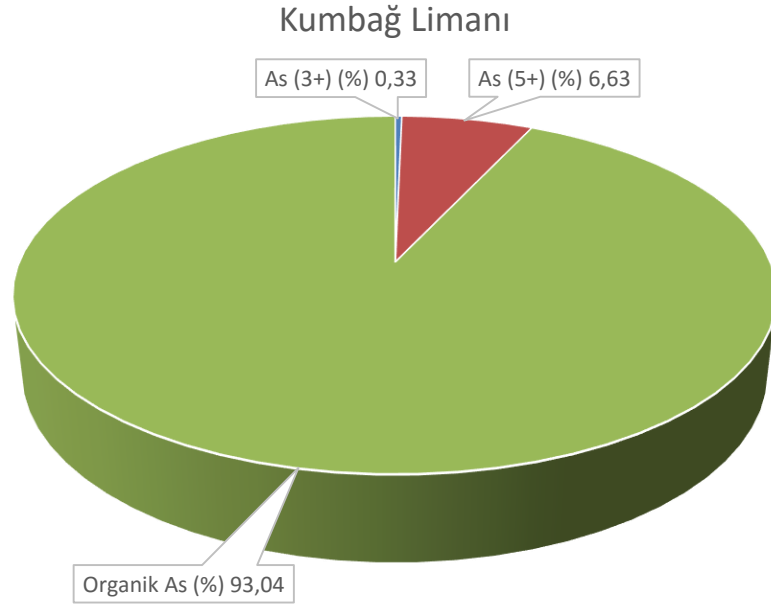
Şekil 4.20: 10 (Tekirdağ Liman Dışı)'ndan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



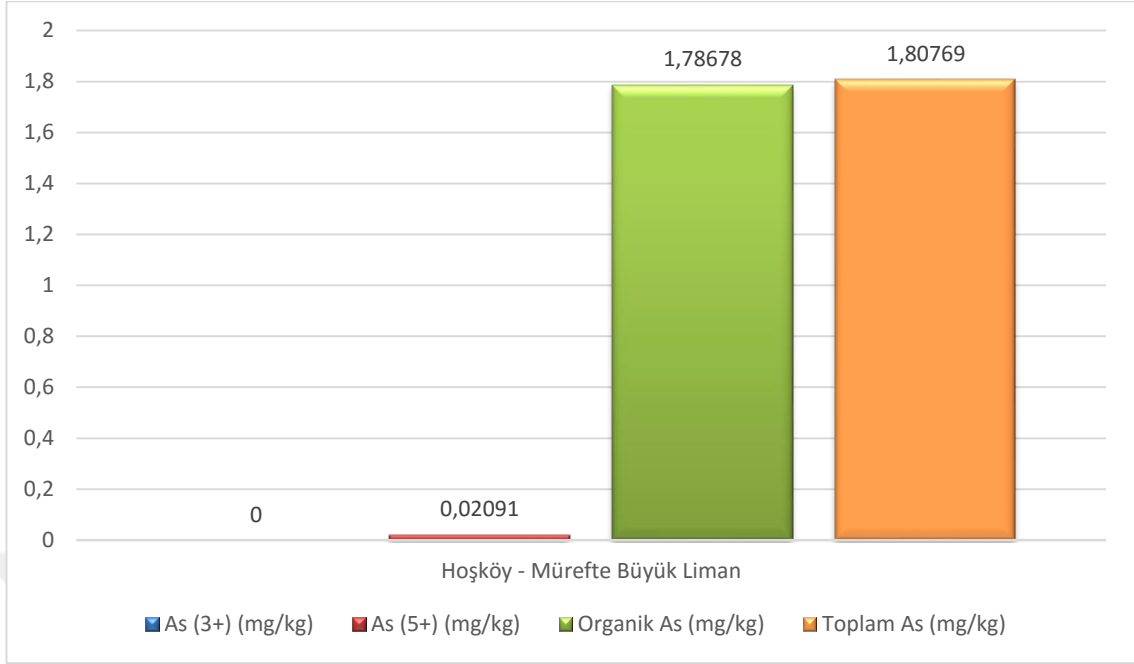
Şekil 4.21: 10 (Tekirdağ Liman Dışı)'ndan toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



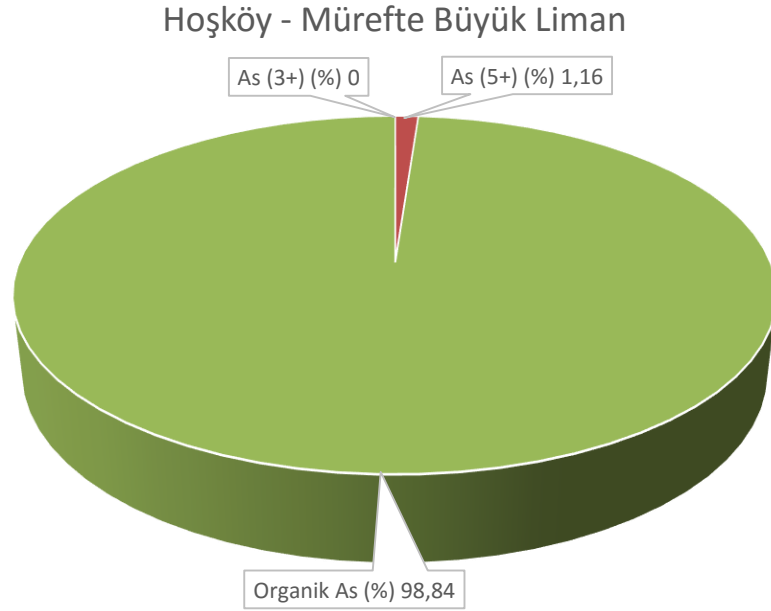
Şekil 4.22: 11 (Kumbağ Limanı)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



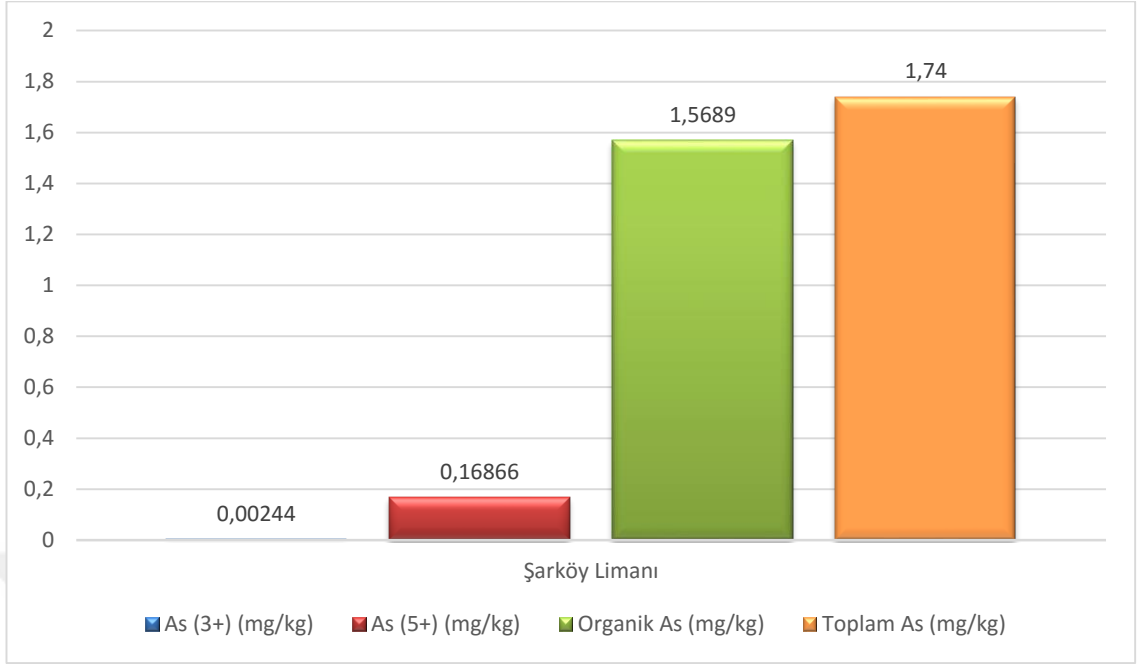
Şekil 4.23: 11 (Kumbağ Limanı)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



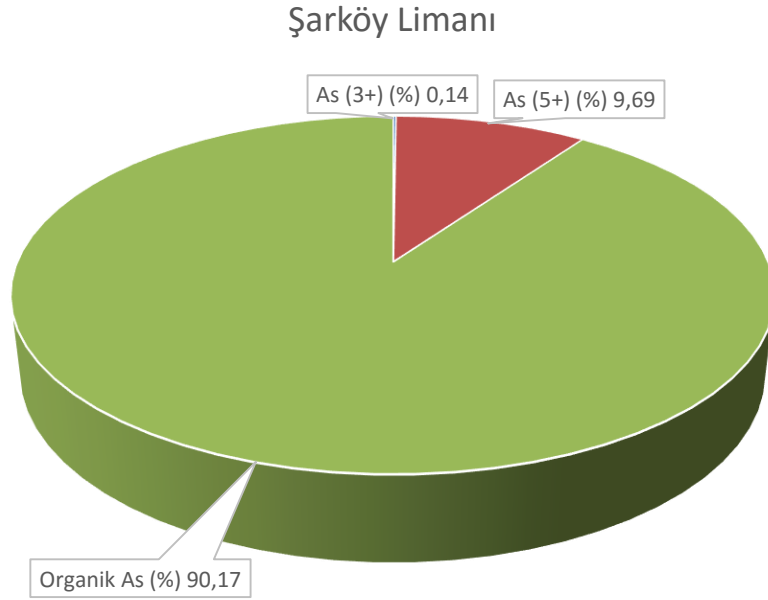
Şekil 4.24: 12 (Hoşköy – Mürefte Büyük Liman)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.25: 12 (Hoşköy – Mürefte Büyük Liman)'den toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.



Şekil 4.26: 13 (Şarköy Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} , organik arsenik ve toplam arsenik değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.27: 13 (Şarköy Limanı)'ten toplanan midye örneklerindeki As^{3+} , As^{5+} ve organik arsenik sonuçlarına ait yüzde dağılımları.

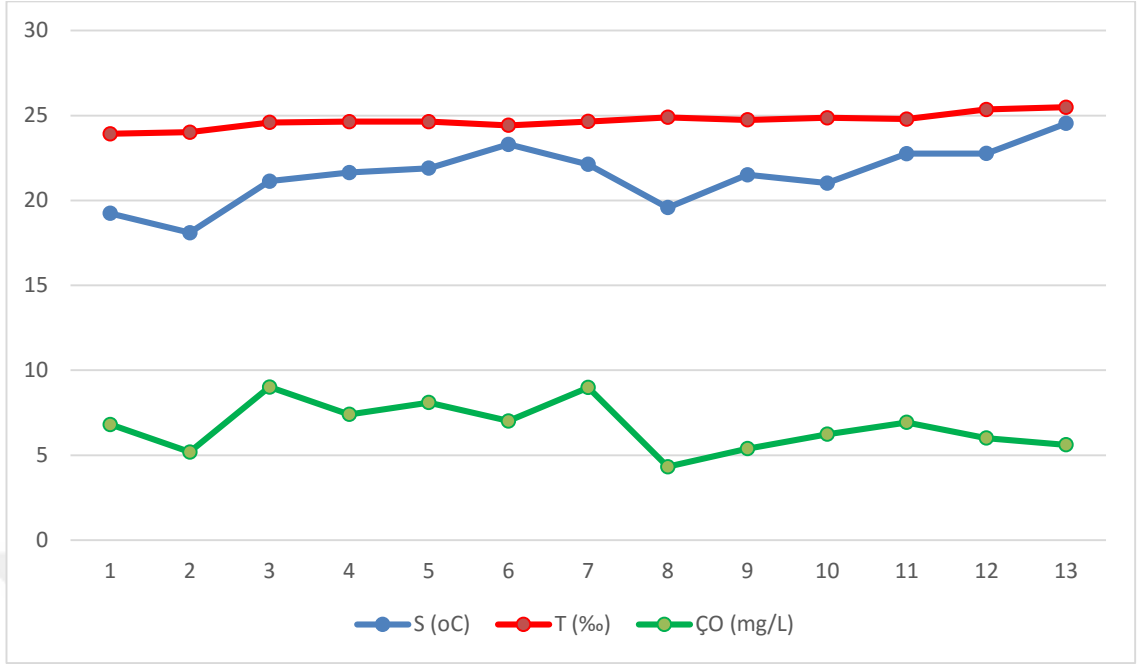
4.2. ÇALIŞILAN İSTASYONLARDAKİ DENİZ SUYUNUN FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Çalışılan istasyonlardaki deniz suyunun fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan ölçümler sonucunda belirlenen sıcaklık (°C), tuzluluk (‰) ve çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri Tablo 4.2’de gösterilmiş ve bu değerler arasındaki ilişki Şekil 4.28’de belirtilmiştir.

Tablo 4.2: Örnek alınan istasyonlardaki deniz suyunun fiziko-kimyasal özellikleri.

İstasyonlar	S (°C)	T (‰)	ÇO (mg/L)
1	19,24	23,92	6,81
2	18,10	24,02	5,19
3	21,13	24,59	9,01
4	21,64	24,64	7,40
5	21,90	24,64	8,10
6	23,30	24,42	7,01
7	22,12	24,65	8,98
8	19,58	24,89	4,32
9	21,51	24,74	5,38
10	21,02	24,87	6,23
11	22,75	24,79	6,93
12	22,76	25,36	6,01
13	24,54	25,49	5,61

Tablo 4.2’ye göre en düşük sıcaklık (°C) değeri 2 numaralı istasyonda (18,10 °C) ölçülürken, en yüksek değer ise 13 numaralı istasyonda (24,54 °C) saptanmıştır. En düşük tuzluluk (‰) değeri 1 numaralı istasyonda (‰ 23,92) ölçülürken, en yüksek değer ise 13 numaralı istasyonda (‰ 25,49) belirlenmiştir. En düşük çözünmüş oksijen (mg/L) değeri 4,32 mg/L ile 8 numaralı istasyonda ölçülürken, en yüksek değer ise 9,01 mg/L ile 3 numaralı istasyonda saptanmıştır.



Şekil 4.28: Örnek alınan istasyonlardaki deniz suyunun sıcaklık (°C), tuzluluk (‰) ve çözülmüş oksijen (mg/L) değerleri arasındaki ilişki.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmayla, Marmara Denizi'nin kuzeyinde belirlenen 13 istasyondan elde edilen midyelerde (*M. galloprovincialis*) biriken inorganik (As^{3+} , As^{5+}), organik ve toplam arsenik miktarları belirlenmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre elde edilen değerler kabul edilebilir sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Türk Gıda Kodeksi'ne göre, kabuklularda arsenik için kabul edilebilir en yüksek değer 1 mg/kg (ppm) olarak belirlenmiştir (TGK, 2002). Bu değer toplam arsenik için geçerlidir. Yönetmelikte inorganik arsenik (As^{3+} , As^{5+}) ve organik arsenik ayrımı yapılmamaktadır. Buna göre çalışılan tüm istasyonlarda toplam arsenik değeri kabul edilebilir en yüksek değer üstünde bulunmuştur. En yüksek toplam arsenik değeri 3 numaralı istasyonda (6,73077 mg/kg) belirlenirken, en düşük değer ise 9 numaralı istasyonda (1,32075 mg/kg) ölçülmüştür. Arseniğin toksik formu inorganik arsenik (As^{3+} , As^{5+}) olup, çalışılan istasyonlarda inorganik arsenik değerlerinin kabul edilebilir en yüksek değer altında olduğu belirlenmiştir.

İnorganik arsenik deniz canlıları tarafından alınarak döngüye girmekte, detoksifiye edilip toksisitesi daha düşük organik arsenik formlarına dönüşmektedir. Ortamın redoks potansiyeli anoksik şartlara dönüşmediğinden dolayı, organik form stabil olarak organizma bünyesinde kalmaktadır. Redoks potansiyelinin anoksik forma dönüşmemesi As^{3+} konsantrasyonunun düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

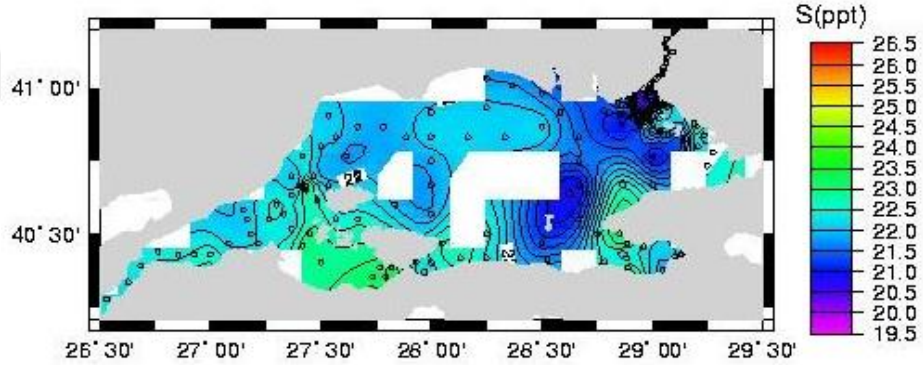
2 ve 8 numaralı istasyonlardaki As^{3+} konsantrasyonunun diğer istasyonlara göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, istasyonların sahip olduğu çözünmüş oksijen seviyelerinin diğer istasyonlara göre daha düşük olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

8 numaralı istasyonda su sıcaklığının diğer istasyonlara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. En düşük çözünmüş oksijen değeri de 8 numaralı istasyonda ölçülmüştür. Bu durum örneklemenin akşam saatlerinde yapılmış olmasından kaynaklanıyor olabilir.

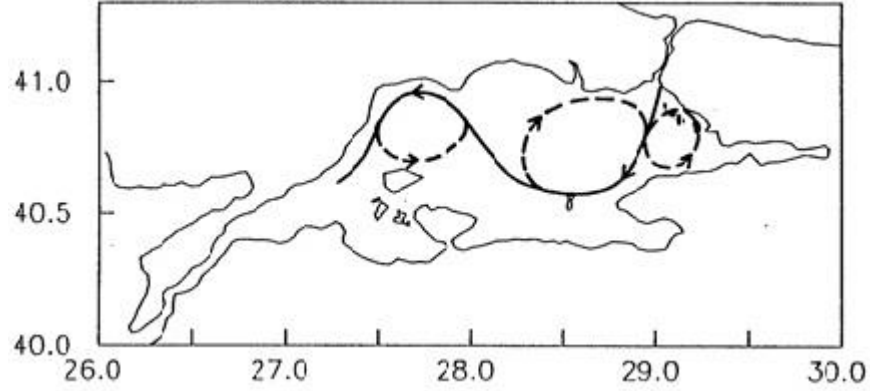
3 ve 8 numaralı istasyonlarda organik arsenik değerinin diğer istasyonlara göre oldukça yüksek ıkmiş olması bu istasyonlarda bir organik kirliliğin mevcut olduğunu gösteriyor olabilir. Bu durumda bu istasyonlarda indirgen türlerin sayısı daha az olabilir.

Daha önce yapılan bir çalışmaya göre; Marmara Denizi'nin yüzey sularının tuzluluğunun genelde ‰ 20 – 22 arasında, yalnızca Marmara Adası'nın güneyindeki slık bölge ile körfezlerde ‰ 24'e kadar değiştiğini ve bu tuzluluk dağılımına bağlı bir akıntı sisteminin varlığı saptanmıştır (şekil 5.1). Buna göre; Marmara Denizi havzası boyutlarında ve saat yönünde hareket eden bir akıntı hkimdir (şekil 5.2). İstanbul Boğazı'ndan güney – batı doğrultusunda çıkan akıntı kuzey – batı istikametinde ilerlemektedir (Beşiktepe ve diğ., 1994).

Temmuz 1993



şekil 5.1: Temmuz 1993'te 5 m derinlikte Marmara Denizi tuzluluk dağılımı (Beşiktepe ve diğ., 1994).



Şekil 5.2: Marmara Denizi yüzey suları dolaşımı (Beşiktepe ve diğ., 1994).

Marmara Denizi deşarj noktaları dikkate alındığında, kirliliğin gitgide ciddi boyutlara ulaştığı denizimizde bu durumun deniz canlılarının gıda kaynağı olarak değerlendirilmesinin olumsuz etkilendiği tartışmasız bir gerçektir. Boğaz üst akıntısı ile özellikle Tuna Nehri kaynaklı kirli suları getiren Karadeniz suları Marmara Denizi'ne karışmaktadır. Deşarj edilen sulardaki toplam kirlilik yükünün büyük bir bölümünü evsel ve endüstriyel kaynaklar oluşturmaktadır. Böylece deniz sularına karışan kirlilik kaynakları yüzey akıntıları ile taşınmakta ve özellikle kıyı bölgelerini etkilemektedir. Organik kirliliğin fazla olduğu tahmin edilen 3 ve 8 numaralı istasyonlarda bu durumun sebebinin mevcut kirleticilerin akıntı sistemiyle taşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Daha önce Marmara Denizi'nin kuzeyinden elde edilen midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinde biriken inorganik ve organik arsenik miktarının belirlenmesi ile ilgili yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Man ve He (2000) Hong Kong'da yaptıkları çalışmada, bazı midye örneklerinde Güney Çin Denizi'ne komşu ülkelerin sanayi faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülen oldukça yüksek sonuçlar (7,7 mg/kg As) elde etmişlerdir. 2003'de balık eti, tavuk eti, pirinç ve topraktaki arsenik türlerinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada; pirinç ve toprakta As^{3+} , As^{5+} , monometilarsenik asit (MMA) ve dimetilarsenik asit (DMA), tavuk eti dokularında AsB, DMA ve bilinmeyen arsenik türleri, balık dokusunun ana bileşeni olarak da AsB ve bir adet tanımlanmamış arsenik türü tespit edilmiştir (Pizarro ve diğ., 2003). Juresa ve Blanusa (2003) İtalya'nın Venedik Körfezi ve Sardunya Adası kıyılarında *Mytilus*

galloprovincialis türündeki arsenik bileşiklerinin tespiti için yapmış oldukları çalışmada, toplam arsenik seviyesinin kabul edilebilir sınır değerler içinde olmadığını belirlemişlerdir. Kuzey Adriyatik Denizi, Hırvatistan'da bulunan Rijeka Körfezi'nden elde edilen *M. galloprovincialis* örneklerinin yenilebilir kısımlarındaki toplam arsenik konsantrasyonunun ölçüldüğü bir çalışmada; toplam arsenik seviyesinin 1,7 – 3,7 mg/kg As arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kış ve ilkbahar aylarında arsenik miktarındaki artışın, kış mevsimi sırasında midyenin yenilebilir kısmının ağırlığında meydana gelen azalmadan kaynaklandığı belirtilmiştir (Klarić ve diğ., 2004). Macaristan'da yüksek arsenik konsantrasyonuna sahip yeraltı sularının bulunduğu bir alandan toplanan tatlı su çiftlik balıkları ile yapılan bir çalışmada; arsenik içeriği fazla olan bir bölgede yetiştirilen kara balıkta (*Claries gariepinus*) toplam arseniğin 2510 – 4720 µg/kg As olduğu ve toplam arseniğin büyük bir kısmının AsB'den oluştuğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, belirgin bir arsenik kirliliğinin olmadığı yüzey sularında yetiştirilen sazan balıklarında ise (*Cyprinus carpio*) toplam arsenik konsantrasyonunun 62 – 363 µg/kg arasında değiştiği belirtilmiştir. Sazan balıklarında, karabalıktan farklı olarak düşük konsantrasyonlarda As³⁺, As⁵⁺, metilarsonat (MA) ve dimetilarşinik asit (DMA) tespit edilmiştir. Sazan balıklarında tespit edilen inorganik arsenik seviyeleri insan sağlığı açısından önemli bir risk oluşturmamaktadır (Soeroes ve diğ., 2005). İtalya'nın Venedik Lagünü'nde Akdeniz midyeleriyle yapılan bir çalışmada, arsenik bileşiklerinin hepatopankreasta birikme oranının diğer yumuşak dokulardan daha fazla olduğu belirtilmiştir (Argese ve diğ., 2005). İstanbul balık halinden alınan Akdeniz midyelerindeki arsenik düzeylerinin tespit edildiği bir çalışmada; en düşük As değeri 0,019 mg/kg As, en yüksek As değeri 0,098 mg/kg As olarak tespit edilmiştir (Kayhan ve diğ., 2006). Londra ve çeşitli ülkelerde perakende satılan deniz yosunları ile yapılan bir çalışmada tüm örnekler için toplam arsenik konsantrasyonunun 18 – 124 mg/kg arasında olduğu saptanmıştır. Sadece 9 adet örnekte inorganik arsenik seviyesinin 67 – 96 mg/kg arasında değiştiği, diğer örneklerde ise 0,3 mg/kg'dan daha az olduğu belirtilmiştir (Rose ve diğ., 2007). Güney Pasifik'teki Amerikan Samoa'sının Amerika Birleşik Devletleri'ne ait bölgesinde bulunan iki adadaki deniz balıkları ve kabuklu deniz ürünlerindeki arsenik bileşikleri üzerine yapılan bir çalışmada, inorganik arseniğin toplam arseniğin küçük bir kısmını oluşturduğu saptanmıştır. Toplam arseniğin %0,5'den daha azının inorganik arsenikten oluştuğu, sadece birkaç örnekte bu oranın %1 – 5 arasında olduğu belirlenmiştir (Peshut ve diğ., 2008). Sloth ve Julshamn (2008)

Norveç fiyortlarından elde edilen midyelerle (*Mytilus edulis*) yaptıkları çalışmada, örneklerin bir kısmındaki inorganik arsenik seviyesinin beklenmedik bir şekilde oldukça yüksek olduğunu saptamışlardır. 13,8 mg/kg toplam arsenik değerine sahip bir örnekteki arseniğin %42'sine yakın bir kısmının inorganik arsenikten oluştuğu tespit edilmiştir. Özden (2010) Marmara Denizi'nden elde edilen karides (*Parapenaeus longirostris*) ile yaptığı çalışmada toplam arsenik seviyesinin 0.262–0.368 mg/kg arasında değiştiğini belirlemiştir. Marmara Denizi'nden elde edilen *Merluccius merluccius* ile yapılan bir çalışmada arsenik seviyesinin kabul edilebilir sınırın altında olduğu saptanmıştır (Aksu ve diğ., 2011). Kanada'nın güneydoğusunda bulunan Yeni İskoçya eyaleti kıyılarından toplanan midyelerle (*Mytilus edulis*) yapılan bir çalışmada As^{3+} bileşiklerinin sindirim bezlerinde yoğun olarak biriktiği saptanmıştır (Whaley-Martin ve diğ., 2012). Güney İtalya'da bulunan Apulia kıyılarından elde edilen midye örnekleriyle (*Mytilus galloprovincialis*) ile yapılan bir çalışmada toplam arsenik seviyesinin 6,35 – 76,17 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir (Spada ve diğ., 2013). Doğu Ege'deki İzmir Körfezi'nde bulunan bazı deniz canlılarında yapılan bir çalışmada inorganik arseniğin, toplam arseniğin çok küçük bir kısmını oluşturduğu saptanmıştır. *Mullus barbatus*'taki ortalama toplam arsenik seviyesinin ise, *Diplodus annularis* ve *Mytilus galloprovincialis*'te bulunan arsenik seviyesinden altı kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Küçüksezgin ve diğ., 2014). Marmara Denizi'nin Tekirdağ kıyılarında *Parapenaeus longirostris* ile yapılan bir çalışmada toplam arsenik seviyesinin oldukça yüksek (9.93 ± 1.4 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir (Dökmeci ve diğ., 2014).

Bu çalışmada ise toplam arsenik değerlerinin 1,32075 – 6,73077 mg/kg As arasında değiştiği belirlenmiştir. Belirlenen arsenik düzeyleri ile daha önce yapılan çalışmalar arasında önemli farklar olduğu söylenebilir. Bulunan arsenik düzeylerine bakıldığında, Klarić ve diğ. (2004) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda belirlenen üst sınırlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Soeroes ve diğ. (2005), Rose ve diğ. (2007) tarafından belirlenen arsenik düzeyleriyle kıyaslandığında bu çalışmada belirlenen arsenik düzeylerinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Kayhan ve diğ. (2006) yaptıkları çalışmada elde edilen arsenik düzeylerinin bu çalışmada elde edilen düzeylerden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen verilerin, Spada ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada elde edilen arsenik düzeylerinin alt sınırlarına yakın olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmada inorganik arsenik düzeylerinin 0,01885 – 0,24087 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Bu değerler toplam arsenik düzeyinin % 0,67 – 9,83'ünü oluşturmaktadır. Toplam arsenik içerisinde As^{3+} 'ün %0-0,35 arasında, As^{5+} 'in ise %0,36-9,69 arasında değiştiği belirlenmiştir. Belirlenen inorganik arsenik düzeyleri ile daha önce yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Sadece Rose ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada 9 adet örnekte inorganik arsenik seviyesinin 67 – 96 mg/kg arasında değiştiğini, ancak diğer örneklerde ise 0,3 mg/kg'dan daha az olduğunu saptamışlardır.

Toplanan örneklerde tespit edilen toksik arsenik formu inorganik arsenik (As^{3+} , As^{5+}) seviyelerine bakıldığında, değerlerin kabul edilebilir en yüksek sınır değerinin altında olduğu ve insan sağlığı açısından ciddi bir tehlike teşkil etmediği belirlenmiştir.

U.S. EPA'ya göre oral yolla alınan inorganik As için günlük kronik zehirlenme limiti 0,014 mg/kg gün olarak belirlenmiştir (Integrated Risk Information System (IRIS): arsenic,inorganic, CASRN 7440-38-2, 1998). Buna göre 65 kg ağırlığında ortalama bir insanda günlük kronik zehirlenme için bu değer;

$0,014 \times 65 = 0,91$ mg gün olarak belirlenir.

Çalışılan istasyonlardan elde edilen midye örneklerindeki inorganik, organik ve toplam arsenik miktarları ve yüzde değerleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için uygulanan Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı sonuçları Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Çalışılan istasyonlardan toplanan midye örneklerindeki inorganik, organik ve toplam arsenik miktarları ve yüzde değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı.

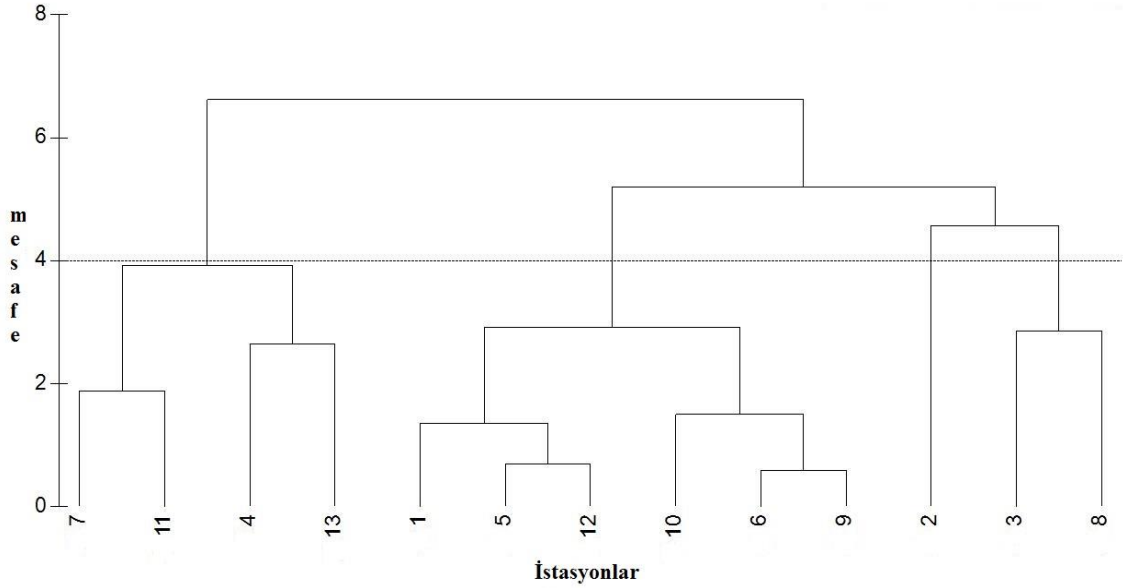
	As ³⁺ (mg/kg)	As ⁵⁺ (mg/kg)	Org. As (mg/kg)	T. As (mg/kg)	As ³⁺ (%)	As ⁵⁺ (%)	Organik As (%)
As ³⁺ (mg/kg)							
As ⁵⁺ (mg/kg)	,116						
Org. As (mg/kg)	,547	-,077					
T. As (mg/kg)	,569*	,033	,989**				
As ³⁺ (%)	,967**	,149	,403	,431			
As ⁵⁺ (%)	-,055	,841**	-,533	-,440	,072		
Organik As (%)	,011	-,813**	,544	,456	-,122	-,995**	

* p<0,05.
** p<0,01.

Tablo 5.1 incelendiğinde As³⁺ miktarı ile As³⁺ yüzdesi arasında yüksek oranda pozitif ilişki (p<0,01), toplam arsenik miktarı ile pozitif ilişki (p<0,05) olduğu görülmektedir. As³⁺ miktarı ile diğer veriler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı saptanmıştır. As⁵⁺ miktarı ile As⁵⁺ yüzdesi arasında yüksek oranda pozitif ilişkinin (p<0,01), organik arsenik yüzdesi ile de yüksek oranda negatif bir ilişki (p<0,01) olduğu belirlenmiştir. Diğer veriler ile As⁵⁺ miktarı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Korelasyon analizi sonucuna göre, organik arsenik miktarı ile toplam arsenik miktarı arasında yüksek oranda pozitif bir ilişki (p<0,01) olduğu belirlenirken, diğer verilerle arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. As⁵⁺ yüzdesi ile organik arsenik yüzdesi arasında yüksek oranda negatif bir ilişki (p<0,01) olduğu saptanmıştır.

Çalışılan parametrelere dayalı istasyonların kümeleme analizi Öklid mesafesi benzerliği 4 olan 4 ana gruba ayrılmıştır. Şekil 5.3'te gösterildiği gibi, birinci grupta 4, 7, 11 ve 13 numaralı istasyonlar, ikinci grupta 1, 5, 6, 9, 10 ve 12 numaralı istasyonlar, üçüncü grupta 2 numaralı istasyon ve dördüncü grupta 3 ve 8 numaralı istasyonlar yer almışlardır.



Şekil 5.3: Öklid mesafesi analizine göre çalışılan parametrelere dayalı istasyonların kümeleme analizi.

Öklid mesafesi 4 olarak referans alındığında en düşük benzerlik değerinin 6 ve 9 numaralı istasyonlar arasında (0,586646), en yüksek benzerlik değerinin (3,920442) ise 4 ve 7 numaralı istasyonlar arasında olduğu belirlenmiştir. 3 ve 8 numaralı istasyonların birbirine çok yakın çıkması her iki istasyonun da diğer istasyonlara göre oldukça fazla organik arsenik içermelerinden kaynaklanıyor olabilir. 2 numaralı istasyonun tek başına ayrı bir kola ayrılmasına neden olarak en yüksek As^{3+} seviyesinin bu istasyonda saptanması yorumu yapılabilir. İkinci grupta yer alan istasyonların hepsinde As^{3+} seviyelerinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Birinci grupta yer alan istasyonlarda inorganik arsenik (As^{3+} , As^{5+}) seviyelerine bakıldığında, özellikle As^{3+} seviyesinin 0'ın üstünde olduğu ve As^{5+} seviyelerinin diğer istasyonlara kıyasla yüksek olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada Marmara Denizi'nin kuzeyinde belirlenen 13 istasyondan elde edilen midyelerde biriken inorganik (As^{3+} , As^{5+}), organik ve toplam arsenik miktarları ve deniz suyunun bazı ekolojik özellikleri belirlenmiştir. Toplam arsenik düzeylerinin 1,32075 - 6,73077 mg/kg arasında, inorganik arsenik düzeylerinin 0,01885 – 0,24087 mg/kg arasında, organik arsenik seviyesinin ise 1,26132 – 6,68591 mg/kg arasında olduğu ölçülmüştür. Çalışılan istasyonlarda toplam arsenik değeri kabul edilebilir en yüksek değerin üstünde bulunduğu halde; örneklerde tespit edilen toksik arsenik formu inorganik arsenik (As^{3+} , As^{5+}) seviyelerine bakıldığında, değerlerin kabul edilebilir en yüksek sınır değerin altında olduğu ve insan sağlığı açısından zararsız düzeyde olduğu saptanmıştır. Daha önce Marmara Denizi'nin kuzeyinden elde edilen midye örneklerinde biriken inorganik ve organik arsenik miktarının belirlenmesi ile ilgili yapılmış bir çalışma bulunmadığından dolayı, bu çalışmanın bu bölgede daha sonra arsenikle ilgili yapılacak ekolojik çalışmalara katkı sağlayacağı beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksu, A., Balkıs, N., Taşkın, Ö. S., ve Erşan, M. S., 2011, Toxic metal (Pb, Cd, As and Hg) and organochlorine residue levels in hake (*Merluccius merluccius*) from the Marmara Sea, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 182 (1-4), 509-521.
- Alpbaz, A. G., 2013, *Midye yetiştiriciliği*, <http://www.atillaalpbaz.com/?o=3&y=148>, [Ziyaret Tarihi: 17 Ekim 2016].
- Argese, E., Bettiol, C., Rigo, C., Bertini, S., Colomban, S., ve Ghetti, P. F., 2005, Distribution of arsenic compounds in *Mytilus galloprovincialis* of the Venice lagoon (Italy). *Science of the total environment*, 348 (1), 267-277.
- Arsenic, E. P. A., 1998, Inorganic (CASRN 7440-38-2): Carcinogenicity assessment for lifetime exposure. *Washington, DC: Integrated Risk Information System (IRIS), US Environmental Protection Agency*.
- Bat L., Gündoğdu A., Öztürk M., Öztürk M., 1999, Copper, zinc, lead and cadmium concentrations in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (L. 1718) from the Sinop coast of the Black Sea. *Turkish Journal of Zoology*, 23, 321-326.
- Bayne, B.L., Widdows, J., Thompson, R.J., 1976, Physiology: I. In: Bayne, B.L. (ed.). *marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press. pp. 122-159.
- Beşiktepe, Ş.T., Sur, H.İ., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T. ve Ünlüata, Ü., 1994, The circulation and hydrography of the Marmara Sea, *Progress in Oceanography* 34, 285 – 334.
- Beşiktepe, Ş.T., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T., 2000, Marmara Denizi'nin Hidrografisi ve Dolaşımı. *Marmara Denizi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 11-12 Kasım 2000 Ataköy Marina, İstanbul, Yayın No: 5 Türk Deniz Araştırmaları Vakfı, İstanbul: 314-326.
- Choong, T.S.Y., Chuah, T.G., Robiah, Y., Koay, F.L.G., Azni, I., 2007, Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview, *Desalination*, 217, 139–166.
- Clesceri L. S., Greenberg A.E. ve Eaton A.D., 1999, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, (20th Edition) 3112B, 3114C, 3114B.

- Dökmeci, A. H., Yıldız, T., Ongen, A., ve Sivri, N., 2014, Heavy metal concentration in deepwater rose shrimp species (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) collected from the Marmara Sea Coast in Tekirdağ. *Environmental monitoring and assessment*, 186 (4), 2449-2454.
- Forstner, U., Wittmann, G. T. W., 1981, *Metal Pollution in the Aquatic Environment with contribution*, Second Revised Edition, Newyork, 486.
- Gosling, E.M., 1992, Systematics and geographic distribution of *Mytilus*. In: Gosling, E.(ed.). *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. Elsevier, New York, pp. 1-17.
- İşinibilir, M., Yılmaz, I.N., Piraino, S., 2010, New contributions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea, *Italian Journal of Zoology* 77, 179-185.
- Julshamn, K., ve Grahl-Nielsen, O., 1996, Distribution of trace elements from industrial discharges in the Hardangerfjord, Norway: a multivariate data analysis of saithe, flounder and blue mussel as sentinel organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 32 (7), 564-571.
- Jureša, D., ve Blanuša, M., 2003, Mercury, arsenic, lead and cadmium in fish and shellfish from the Adriatic Sea. *Food Additives and Contaminants*, 20 (3), 241-246.
- Kayhan, F. E., Balkıs, N., Aksu, A., 2006, İstanbul balık halinden alınan Akdeniz midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) arsenik düzeyleri. *Ekoloji*, 61, 1-5.
- Klarić, S., Pavičić-Hamer, D., ve Lucu, Č., 2004, Seasonal variations of arsenic in mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Helgoland marine research*, 58 (3), 216.
- Küçüksezgin, F., Gönül, L. T., ve Taşel, D., 2014, Total and inorganic arsenic levels in some marine organisms from Izmir Bay (Eastern Aegean Sea): A risk assessment. *Chemosphere*, 112, 311-316.
- Langdon, C. J., Newell, R. I. E., 1990, Utilization of detritus and bacteria as foodsources by two bivalve suspension feeders, the oyster *Crassostrea virginica* and the mussel *Geukensia*. *Marine Ecology Progress Series*, 58: 299-310s.
- Man, C. K., ve He, X. W., 2000, Arsenic in dried seafood consumed in Hong Kong. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 246 (1), 157-160.
- Mandal B.K., Suzuki K.T., 2002, Arsenic round the world: a review, *Talanta*, 58, 201–235.
- Mohan, D., ve Pittman, C. U. (2007). Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents—a critical review. *Journal of Hazardous materials*, 142 (1), 1-53.

- Özden, Ö., 2010, Seasonal differences in the trace metal and macrominerals in shrimp (*Parapenaeus longirostris*) from Marmara Sea. *Environmental monitoring and assessment*, 162 (1), 191-199.
- Öztürk, B., 2004, *Marine Life of Turkey*, Türk Deniz Araştırmaları Vakfı Yayınları, İstanbul, ISBN: 975-8825-07-0.
- Öztürk, B., 2010, *Marmara Denizi 2010 Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Türk Deniz Araştırmaları Vakfı Yayınları 32, İstanbul.
- Peshut, P.J., Morrison, R.J. ve Brooks, B.A., 2008, Arsenic speciation in marine fish and shellfish from American Samoa, *Chemosphere* 71 (3), 484-492.
- Pizarro, I., Gómez, M., Cámara, C., ve Palacios, M. A., 2003, Arsenic speciation in environmental and biological samples: extraction and stability studies. *Analytica Chimica Acta*, 495 (1), 85-98.
- Rose, M., Lewis, J., Langford, N., Baxter, M., Origgi, S., Barber, M., Macbain, H., Thomas, K., 2007, Arsenic in seaweed—forms, concentration and dietary exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 45 (7), 1263-1267.
- Seed, R., 1976, Ecology. In: Bayne, B. L.(ed), *Marine mussels: their ecology and physiology*, Cambridge University Press, pp: 13-65.
- Sloth, J. J., ve Julshamn, K., 2008, Survey of total and inorganic arsenic content in blue mussels (*Mytilus edulis* L.) from Norwegian fiords: revelation of unusual high levels of inorganic arsenic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (4), 1269-1273.
- Smith, A.D., Taymaz, T., Oktay, F., Yüce, H., Alpar, B., Başaran, H., Jackson, J.A., Kara, S., Şimşek, M., 1995, High-resolution seismic profiling in the Sea of Marmara (northwest Turkey): late Quaternary sedimentation and sea-level changes. *Geological Society of America Bulletin*, 107, 923-936.
- Soeroes, C., Goessler, W., Francesconi, K. A., Kienzl, N., Schaeffer, R., Fodor, P., ve Kuehnelt, D., 2005, Arsenic speciation in farmed Hungarian freshwater fish. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53 (23), 9238-9243.
- Spada, L., Annicchiarico, C., Cardellicchio, N., Giandomenico, S., ve Di Leo, A., 2013, Heavy metals monitoring in mussels *Mytilus galloprovincialis* from the Apulian coasts (Southern Italy). *Mediterranean Marine Science*, 14 (1), 99-108.
- Topçuoğlu, S., 2005, *Denizel biyota örneklerinde ağır metal kontaminasyonu*, Deniz Kirliliği, TÜDAV Yayınları No: 21, İstanbul, 205-223.
- TÜİK, 2015, www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21720, [Ziyaret Tarihi: 18 Şubat 2016].

- Türk Gıda Kodeksi (TGK), 2002, Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ. No:2002/63.
- Tosun, D. D., 2011, *Dünyada ve Türkiye’de Midye Yetiştiriciliği ve Tüketimi*, <http://www.dunyagida.com.tr/haber/dunyada-ve-turkiyede-midye-yetistiriciligi-ve-tuketimi/3934>, [Ziyaret Tarihi: 18 Eylül 2015].
- Ulliyott, P., Pektaş, H., 1952, Çanakkale Boğazı’ndaki yıllık sıcaklık ve tuzluluk değişimleri hakkında ilk araştırmalar, *Hidrobiyoloji Mecmuası, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınlarından*, Seri A, cilt 1, sayı, 1, 19-33.
- Uysal, H., 1970, Türkiye sahillerinde bulunan midyeler “*Mytilus galloprovincialis* Lamarck” üzerinde biyolojik ve ekolojik araştırmalar. *E.Ü. Fen Fakültesi, İlmî Raporlar Serisi* , No.79, 79p.
- Wang, S.,Mulligan,C.N., 2006, Occurrence of arsenic contamination in Canada: Sources, behavior and distribution. *Science of the Total Environment*, 366, 701–721.
- West, B. M., 2004, A primer for ICP-mass spectrometry. *Laboratory medicine*, 35 (12), 745-747.
- Whaley-Martin, K. J., Koch, I., Moriarty, M., ve Reimer, K. J., 2012, Arsenic speciation in blue mussels (*Mytilus edulis*) along a highly contaminated arsenic gradient. *Environmental science and technology*, 46 (6), 3110-3118.
- Yılmaz, A., 2002, Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 26, 219-235.
- Yüce, H., Türker, A., 1991, Marmara Denizi’nin fiziksel oşinografik özellikleri ve Akdeniz suyunun Karadeniz’e girişi, *Uluslararası Çevre Sorunları Sempozyumu Tebliğleri*, İstanbul Marmara Rotary Klübü, İstanbul: 284-303.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Münevver Ocak
Doğum Yeri	Bakırköy
Doğum Tarihi	11.01.1988
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0545 256 83 62
E-Posta Adresi	munevverocak@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	2012

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoloji Anabilim Dalı
Programı	Hidrobiyoloji Programı
Mezuniyet Tarihi	2017