

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
HİDROBİYOLOJİ BİLİM DALI**

DOĞU MARMARA DENİZİ SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Melike YOKUŞCU

**Danışman
Doç. Dr. Orkide MİNARECİ**

MANİSA-2025

MELİKE
YOKUŞCU

DOĞU MARMARA DENİZİ SU
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

2025

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

Melike YOKUŞCU



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Melike YOKUŞCU
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Orkide MİNARECİ

Marmara Denizi evsel ve endüstriyel atık sular, tarımsal arazilerden gelen drenaj suları, gemi trafiği, akarsuların getirdiği yüklerle kirlenmektedir. Doğu Marmara kıyı bölgelerinde sanayinin yoğunlaştığı yerleşim alanları olduğu için Doğu Marmara sahillerinde istasyonlar belirlenmiştir. Marmara Denizi'nin doğusunda su kalitesini belirlemek, kirliliğin oluşum kaynaklarını saptamak ve gerekli önlemlerin alınması yönünde çözümler ortaya koymak amaçlanmıştır. pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik, turbidite, fosfat, anyonik deterjan, amonyum, nitrit, nitrat, bor parametreleri ve mikrobiyolojik parametreler belirlenmiştir. Değerler yönetmeliklerdeki kriter değerler ve yapılan başka çalışmalarda bulunan değerler ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Amonyum, anyonik deterjan, bor, Doğu Marmara Denizi, fosfat, nitrit, nitrat.

2025, 44 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Melike YOKUŞCU

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Biology**

Supervisor: Doç. Dr. Orkide MİNARECİ

The Sea of Marmara is polluted with domestic and industrial wastewater, drainage water from agricultural lands, shipping, and loads carried by streams. Because there are settlement areas where the industry is very concentrated in the Eastern Marmara coastal regions, stations are determined on the coasts of East Marmara. It is aimed to determine water quality, to detect sources causing pollution, and also to suggest solutions for taking necessary precautions in the Eastern Marmara Sea. Parameters of pH, dissolved oxygen, temperature, salinity, conductivity, turbidity, phosphate, anionic detergent, ammonium, nitrite, nitrate, boron and microbiological parameters were determined. The values were compared with the criteria values specified in the regulations and the values in other studies.

Keywords: Ammonium, anionic detergent, boron, Marmara Sea, nitrite, nitrate, phosphate.

2025, 44 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın konusu, Marmara Denizi'nin doğusunda özellikle deşarj noktaları dikkate alınarak belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinde bazı su kalitesi parametrelerinin ölçümünün yapılması ve bölgenin su kalitesinin belirlenmesidir. Giriş bölümünde Marmara Denizi ve kirliliği hakkında genel bilgiler verilmiş ve çalışmanın amacı belirtilmiştir. Literatür özeti bölümünde konu ile ilgili çalışmalar sunulmuştur. Materyal-Yöntem bölümünde çalışmada kullandığımız materyal ve yöntemler ayrıntılı olarak verilmiştir. Bulgular-Tartışma bölümünde ise çalışma sonucunda elde ettiğimiz değerler tablolar ve grafikler halinde sunulmuş, bulunan değerler ilgili yönetmeliklerde belirtilen kriter değerlerle ve ilgili çalışmalarda bulunan değerlerle karşılaştırılmış ve Doğu Marmara Denizi'nin kirliliği hakkında yorumlar yapılmıştır.

Bana bu konuda çalışmamı öneren, çalışmalarım süresince beni her konuda destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Orkide MİNARECİ'ye, istatistiksel değerlendirmeleri yapan hocam Prof. Dr. Ersin MİNARECİ'ye, arazi çalışmalarında bana yardımcı olan hocam Prof. Dr. Ergün Taşkın'a ve Dr. Murat Çakır'a, mikrobiyolojik analizlerde yardımcı olan hocam Prof. Dr. Fatih Kalyoncu'ya, çalışmam süresince destekleyen ve bugünlere gelmemde emeği geçen aileme ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmamı destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim. Bu çalışma TÜBİTAK 114Y238 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Melike YOKUŞCU
Manisa, 2025

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1.1. Örnek alınması ile ilgili genel görünüş	14
Şekil 3.1.2. Örnekleme istasyonlarının Marmara Denizi'ndeki konumu	15
Şekil 3.1.1.1. Silivri örnekleme noktası	16
Şekil 3.1.1.2. Büyük Çekmece örnekleme noktası	16
Şekil 3.1.1.3. Küçük Çekmece örnekleme noktası	17
Şekil 3.1.1.4. Üsküdar örnekleme noktası	17
Şekil 3.1.1.5. Haliç örnekleme noktası	18
Şekil 3.1.1.6. Gemlik örnekleme noktası	18
Şekil 3.1.1.7. İzmit örnekleme noktası	19
Şekil 3.1.1.8. Tuzla örnekleme noktası	19
Şekil 3.1.1.9. Hereke örnekleme noktası	20
Şekil 4.1. pH değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği	24
Şekil 4.2. Çözünmüş oksijen değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği ...	24
Şekil 4.3. Sıcaklık değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği	25
Şekil 4.4. Tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği	25
Şekil 4.5. İletkenlik değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği	26
Şekil 4.6. Turbidite değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği	26
Şekil 4.7. Fosfat konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği	27
Şekil 4.8. Anyonik deterjan konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği	27
Şekil 4.9. Amonyum konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği....	28
Şekil 4.10. Nitrit konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği	28
Şekil 4.11. Nitrat konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği	29
Şekil 4.12. Bor konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği	29
Şekil 4.13. Fekal koliform sayısının istasyonlara göre mevsimsel grafiği	30
Şekil 4.14. Total koliform sayısının istasyonlara göre mevsimsel grafiği	30

TABLÖLER DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1.1. Örnekleme noktaları ve koordinatları	15
Tablo 4.1. Fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi (pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik, turbidite)	23
Tablo 4.2. Fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi (Toplam fosfor, anyonik deterjan, amonyum, nitrit, nitrat, bor)	23
Tablo 4.3. Genel ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıy1 Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri	31
Tablo 4.4. Yerüstü Su Kütlelerinin Trofik Seviyeleri Marmara Kıy1 Suları Ötrofikasyon Kriterleri	32
Tablo 4.5. İstasyonlar arasında uygulanan One-Way ANOVA Testi (Tuzluluk)	33
Tablo 4.6. İstasyonlar arasında uygulanan One-Way ANOVA Testi (İletkenlik)	33
Tablo 4.7. İstasyonlar arasında uygulanan One-Way ANOVA Testi (Turbidite)	33

İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
TABLolar DİZİNİ	VI
İÇİNDEKİLER	VII

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ	1
-------------	---

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ	3
-----------------------	---

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEMLER	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Araştırma Bölgesinin Özellikleri	14
3.1.1.1. Silivri	16
3.1.1.2. Büyük Çekmece	16
3.1.1.3. Küçük Çekmece	17
3.1.1.4. Üsküdar	17
3.1.1.5. Haliç	18
3.1.1.6. Gemlik	18
3.1.1.7. İzmit	19
3.1.1.8. Tuzla	19
3.1.1.9. Hereke	20
3.2. Yöntemler	20
3.2.1. Fosfat Miktarının Belirlenmesi	20
3.2.2. Anyonik Deterjan Miktarının Belirlenmesi	21
3.2.3. Amonyum Miktarının Belirlenmesi	21
3.2.4. Nitrit Miktarının Belirlenmesi	21
3.2.5. Nitrat Miktarının Belirlenmesi	21
3.2.6. Bor Miktarının Belirlenmesi	21
3.2.7. Mikrobiyolojik Analizler	22

3.2.7.1. Toplam Koliform Sayımı	22
3.2.7.2. Fekal Koliform Sayımı	22
3.3. İstatistiksel Analizler	22

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA	23
-----------------------------------	-----------

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER	37
--------------------------------	-----------

ALTINCI BÖLÜM

KAYNAKLAR	38
------------------------	-----------

1. GİRİŞ

Marmara Denizi, toplam 11 350 km²'lik bir alana ve 3378 km³'lük hacme sahip bir iç denizdir. Marmara Denizi'nin dinamiği ve kirliliği üzerinde denizin topoğrafik ve hidrografik özellikleri önemli rol oynamaktadır. İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı, Marmara Denizi'ni Ege ve Karadeniz'e bağlayan iki önemli suyoludur. İstanbul Boğazının her iki ağzındaki eşikler boğazın ve dolayısıyla Marmara Denizi'nin hidrodinamiği üzerinde kontrol edici özelliğe sahiptir. Daha uzun ve geniş olan Çanakkale Boğazı, İstanbul Boğazı'na göre daha az sınırlama getirmektedir. Marmara Denizi'nin maksimum uzunluğu 276 km ve maksimum genişliği 76 km, kıyı uzunluğu ise 927 km'dir (Tüfekçi ve Okuş, 1998).

Avrupa ve Asya kıtaları arasındaki Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi ile birbirinden oşinografik özellikleri bakımından son derece farklı iki deniz olan Karadeniz ve Akdeniz'i birbirine bağlayan bir iç deniz olduğu için, doğal yapısı ve özelliklerinin her iki kıta ve her iki denizden etkilenmesi, çevre, yerleşim, kirlenme konusunda da paralellik gösterir. Türk Boğazlar Sistemi'nin varlığı ve kıyı ortamı Türkiye'nin en yoğun yerleşim bölgesi tarafından çevrelenmiş olduğundan deniz işletmeciliği çok aktiftir. Türkiye nüfusunun yaklaşık %20'si Marmara Bölgesi'ndedir (Erel, 1992). Artan evsel ve endüstriyel aktiviteler Marmara Denizi kıyı bölgelerinde etkilerini göstermektedir. Bunlara örnek olarak İzmit Körfezi (Yaşar ve ark., 2001; Tolun ve ark., 2001) ve Haliç (Ergin ve ark., 1991) verilebilir.

Havzadaki endüstri bölgeleri atık sularını arıtmadan Marmara Denizi'ne veya denize ulaşan akarsulara verdiği için Marmara Denizi kirliliğine sebep olmaktadır. Akdeniz ile Karadeniz arasında olan Marmara Denizi'nde sürekli bir akıntı vardır ve bu akıntı nedeniyle kirletici maddeler denizde uzak mesafelere kadar taşınabilir. Bu nedenle de nüfus yoğunluğu ve endüstrinin az olduğu bölgelere de bu kirlilik taşınabilir. Marmara Denizi'nin hacmi büyüktür ve denizde suyun kalış süresi uzun olduğu için kirletici maddelerin ortamda kalış süreleri de uzun olabilir (Taşdemir, 2002).

Yıllarca kirleticilerin boşaltılabileceği bir alıcı ortam olarak denizler görülmüştür. Marmara Denizi'ndeki kirli bölgelere örnek olarak İstanbul Boğazı, Gemlik Körfezi ve İzmit Körfezi verilebilir. Evsel ve endüstriyel atık su deşarjları, tarım faaliyetleri, gemi taşımacılığı, nehirlerle taşınma, kaçak boşaltımlar, denizlerdeki petrol ve gaz üretim faaliyetleri, atmosferik çökeltme denizlerde görülen kirlilik kaynakları olarak verilebilir (Lean ve ark., 1990). Marmara Denizi de atmosferik çökeltme, gemi atık suları, evsel ve endüstriyel atık su deşarjları ve tarımsal faaliyetler ile kirlenmektedir (Solmaz ve ark., 2000; Taşdemir ve Payan, 2000).

Marmara Denizi'nin doğal deseni, dip suları, organik madde bakımından üç ayrı kaynağın etkisi altındadır. Bunlar Karadeniz, Marmara'nın kendi biyolojik üretimi ve kentsel-endüstriyel yerleşim bölgelerinden kaynaklanan organik ve inorganik maddeler olarak sıralanabilir. Marmara Denizi'nin etrafında yoğun yerleşim ve endüstrinin olması denizin ileri boyutta kirlenmesine sebep olmuştur. İstanbul Boğazı yoluyla yılda 10 ton civa, 3000 ton kadmiyum, 600-4200 ton bakır ve 19000 ton çinko Marmara Denizi'ne taşınmaktadır (Çelikkale ve ark., 1993).

Marmara Denizi'nin atıkların seyrelmesi ve doğal arıtmayı sağlamaya yetecek ölçüde su alış-verişine sahip olmaması, mevcut akıntı ve karışım hareketlerinin yeterli seyrelmeyi sağlayamaması, biyolojik alanının daralmasının ve ekolojisinin zarar görmesinin devam edeceği anlamını taşımaktadır (Akkaya, 2004).

Sucul sistemdeki canlıların yaşamını olumsuz etkileyen kirlilik olayları, kirleticilerin besin zincirini oluşturan organizmalar aracılığıyla insana kadar ulaşmasıyla insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Marmara Denizi de evsel, endüstriyel atık sularla, tarımsal arazilerden gelen drenaj sularıyla, gemi trafiğiyle, akarsuların getirdiği yüklerle kirlenmektedir. Bu nedenle Marmara Denizi'nin doğusunda su kalitesinin belirlenmesi, kirlilik oluşturan kaynakların saptanması ve gerekli önlemlerin alınması için çözümler ortaya konması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Marmara Denizi'nde yapılan kirlilik çalışmalarının sayısı özellikle 2000'li yıllarda çok artmıştır.

Endüstriyel ve evsel deşarjlardan ağır biçimde kirlenmiş Haliç'in rehabilitasyonu sırasında su kalitesindeki değişiklikleri bulmak için yapılan çalışmada, düşük tuzluluk, pH, çözünmüş oksijen ve yüksek ortofosfat dönemlerinde fekal koliformların arttığı; yüksek tuzluluk, pH, çözünmüş oksijen ve düşük ortofosfat dönemlerinde ise fekal koliformların azaldığı tespit edilmiştir (Aslan Yılmaz ve ark., 2005).

Kuzey Marmara Denizi'ndeki makrofaunanın tespit edildiği ve değerlendirildiği araştırmada, türlerin çeşitliliği çökeltiiler çamurlu hale geldikçe ve stres arttıkça azalmıştır (Albayrak ve ark., 2006).

Haliç'in geçmişten günümüze biyolojik çeşitliliğini araştırmak için fizikokimyasal parametreler ile desteklenen uzun vadeli biyolojik verilerin değerlendirildiği araştırmada, Haliç çevresindeki plansız yerleşim ve sanayideki artışa paralel olarak, 1960'lardan bu yana kirliliğin artış gösterdiği tespit edilmiştir. 1990'lardaki ön çalışmalar, nispeten daha temiz olan bölgelerde yalnızca birkaç kirlenmeye dayanıklı türün hayatta kaldığını göstermiştir. 1998 yılında rehabilitasyon çalışmalarının yoğunlaştırılmasının ardından su kalitesinin iyileştirilmesiyle deniz yaşamında günden güne kayda değer bir iyileşme başladığı tespit edilmiştir. Besin konsantrasyonları belirgin şekilde azalmıştır; su netliği önemli ölçüde artmıştır. Fekal koliform değerleri azalmıştır. Fitoplankton kompozisyonu değişmiştir. Hidrojen sülfid, yılın en sıcak dönemlerinde bile neredeyse tamamen kaybolmuştur ve çözünmüş oksijen konsantrasyonları artmıştır. Haliç, en kirli ekosistemlerin bile uygun önlemler alındığında toparlanabileceğinin iyi bir örneği olmuştur (Yüksek ve ark., 2006).

Yine Haliç'te toksik siyanobakteriyel *Microcystis cf. aeruginosa* dağılımı incelenmiştir. Eşzamanlı olarak ölçülen fiziksel (tuzluluk, sıcaklık, yağış ve secchi disk) ve kimyasal parometreler (besinler ve çözünmüş oksijen) *Microcystis* verileriyle birlikte değerlendirilmiştir. *Microcystis* çiçeklenmesi genellikle yazın sıcaklık artışından dolayı yaz aylarında ortaya çıksa da, bu çalışmada çiçeklenme kış aylarında kaydedilmiştir. *Microcystis*'in bolluğunun, tuzluluktaki değişikliklere bağlı olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık, çözünmüş oksijen ve çökeltme verileri varlığında *Microcystis* bolluğu ve tuzluluk arasında orta derecede kısmi bir korelasyon tespit edilmiştir. *Microcystis cf. aeruginosa* bolluğu, tuzluluk oranının kıştan yüksek olduğu yaz aylarında düşük bulunmuştur. *Microcystis* bolluğu çiçeklenme seviyesinin altında kalırken ökaryotik fitoplankton bolluğunda, haliç su kalitesindeki iyileşmeleri takiben dikkate değer bir artış meydana gelmiştir (Taş ve ark., 2006).

Başka bir çalışmada Haliç'te fitoplankton topluluğundaki su kalitesinin iyileştirilmesine cevap olarak görülen değişiklik incelenmiştir. Fitoplankton verileri 4 yıl boyunca aylık olarak toplanmış ve gözle görülür bir değişiklik olduğu açıkça gösterilmiştir. Ayrıca, çalışma süresi boyunca tür zenginliği sürekli artmıştır ve topluluk yapısı çok güçlü değişkenlikler göstermiştir. Haliç ekosistemi son on yılda yağışla kontrol edildiğinden, yoğun yağışların ardından antropojenik / karasal girdilerdeki artış su kalitesini ve fitoplanktonu olumsuz yönde etkilemiştir (Taş ve ark., 2009).

Haliç, uzun yıllardır evsel ve endüstriyel kirlenmeye maruz kaldığı için, kirliliğin durumunu ve kirlenmiş haliyle değişen koşulları izlemek için bazı ağır metallerinin konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla bu çalışma yapılmıştır. kadmiyum 0.1-2, kurşun 8-50, nikel 10-38, krom 26-110, bakır 70-135 ve çinko 70-260 mg/kg arasında bulunmuştur. Analiz sonuçları, metal konsantrasyonlarının genellikle düşük olduğunu ve bu durumda tortunun fazla kirlenmediğini ve tortudaki ağır metal fraksiyonlarının genellikle artık formlarda bulunduğunu göstermiştir. Haliç'teki yüzey sedimanlarının diğer alanlardan daha az kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Kanalizasyon toplayıcılarının ve atık su arıtma tesislerinin kurulması, sedimentteki ağır metal seviyelerini iyileştirmiştir (Kanat ve ark., 2018).

Haliç'te yapılan başka bir çalışmada çevresel faktörlerle birlikte zararlı alglerin aşırı üremeleri incelenmiştir. Tuzluluğun azaldığı, su sirkülasyonlarının düştüğü, besin konsantrasyonlarının ve sıcaklığın arttığı dönemlerde *Heterosigma akashiwo*'nun çiçeklenmesi gözlemlenmiştir. H. *akashiwo* çiçeklenme döneminde balık ölümleri veya çevrede bulunan diğer zararlı etkiler görülmüştür (Dursun ve ark., 2016).

Marmara Denizi'ndeki balıklar üzerinde ağır metal araştırmasının yapıldığı çalışmada; midyede civa, kurşun ve kadmiyum limit değerlerin üzerinde, bakalyoz ve hamside sadece civa maksimum değerden yüksek, barbun, karides, lüfer ve karagözde de civa maksimum değere yakın değerlerde bulunmuştur. Bakır değerleri, balık türlerinde normal sınırlarda, ancak dip balıklarında yüksek değerlerde bulunmuş ve özellikle dip balıklarının tüketilmemesi gerektiği belirtilmiştir (Keskin ve ark., 2007).

Bu çalışmada Marmara Denizi'nde, eser metal ve makro minerallerin midye (*Mytilus galloprovincialis*) toplulukları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yaz aylarında en yüksek protein ve yağ değerleri, kış aylarında en yüksek nem ve kül içeriği gözlenmiştir. Ayrıca yine yaz aylarında en yüksek sodyum, potasyum, kalsiyum içeriği bulunmuştur. Kadmiyum, kurşun ve bakırın yıl boyunca sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Ocak ve Ekim aylarında ise yüksek civa seviyeleri tespit edilmiştir. Midyenin sağlıklı beslenme için alternatif bir mineral kaynağı sağlayıp sağlamadığını tartışılması gerektiği belirtilmiştir (Özden ve ark., 2010a).

İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'ndeki bir adanın kıyılarından toplanan sediment ve midye örneklerinde Organoklorlu Pestisit (OCP) bileşiklerinin durumunu ve eğilimlerini belirlemek için yapılan çalışmada, boğazın iç kısmında kirlenme derecesinin daha şiddetli olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, Boğazdaki OC Pestisit kontaminasyonunun, çoğu istasyondaki deniz sakinlerinin sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturmayabileceğini göstermiştir (Okay ve ark., 2011).

Özden'in yaptığı çalışmada, Marmara Denizi'nden alınan karides dokularındaki (*Parapenaeus longirostris*) mikromineral ve makromineral konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişiklikler araştırılmıştır. Karides içeriğindeki cıva seviyelerinin sonbaharda Avrupa'da önerilen maksimum seviyelerden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Özden, 2010b).

2004-2007 yılları arasında yüzey suyunda ve farklı derinliklerde Marmara Denizi, Haliç ve İstanbul Boğazı'nın LAS (Lineer Alkalibenzen Sülfonat) anyonik yüzey aktif madde kirliliği ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Yıllar için en yüksek LAS kirliliği değerleri bildirilmiştir (Güven ve Çoban, 2013).

Yapılan başka bir çalışmada İstanbul Boğazı'ndan toplanan midyelerin solungaç ve bağırsaklarındaki gram-negatif bakteri florası tayin edilmiştir. Midyelerin solungaç ve bağırsaklarında ağır metale karşı dirençli patojen bakteri türlerinin bulunması, İstanbul Boğazı'nın ekolojik kirliliği hakkında bilgi vermiştir (Kayhan ve ark., 2016).

Yarımburgaz Mağarası, İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nin kuzey kıyılarında *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 kullanılarak güncel ve Kalkolitik dönem çevre kirliliğinin değerlendirildiği çalışmada amaç, Marmara Denizinde geçmişten günümüze olan çevre koşullarındaki değişimleri belirlemektir. Yarımburgaz Mağarası'nda kalkolitik dönemdeki kirlilik seviyelerinin izlenmesi için midye kabukları kullanılmıştır. Çevre kirliliğinin son 7500 yıl boyunca büyük ölçüde değiştiği gözlemlenmiştir. Kalkolitik dönemde ve günümüzde gözlenen çevre kirliliğinin jeokimyasal özellikleri karşılaştırılmış hem evsel hem de endüstriyel kimyasallardan kaynaklanan kirlenmenin İstanbul'da arttığı ortaya koyulmuştur (Barut ve ark., 2016).

Bu çalışmada, Marmara Denizi ve İstanbul kıyıları yüzey sedimentlerinde toksik metal (kadmiyum, kurşun ve krom) analizleri yapılmıştır. Toplam kadmiyum 0,19-1,16 µg/g; kurşun 32-122 µg/g; krom 62-372 µg/g arasında değişen değerlerde bulunmuştur (Aksu ve Taşkın, 2012).

Batı Marmara'da yapılan çalışmada, ağır metallerin foraminifer toplulukları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ağır metal değerlerinin yüksek olduğu yerlerde birey ve tür sayısının azaldığı görülmüştür ve ağır metal konsantrasyonlarının foraminiferlerin yaşam alanlarını etkilediği belirtilmiştir (Yümün, 2017).

Gemlik Körfezi'nde yapılan çalışmada besin konsantrasyonundaki ve su kalitesindeki mevsimsel değişimler araştırılmıştır. Deniz suyunun fizikokimyasal parametreleri ölçülmüştür. En düşük ve en yüksek N:P oranı 0,16 ve 28,92 olarak elde edilmiştir. Trofik İndeks (TRIX) değerleri, su kalitesini tanımlamak için hesaplanan, 0,91 ile 4,92 arasında görülmüştür. Bray-Curtis benzerlik endeksine göre, dikey derinliği olan istasyonlar %94'lük bir benzerlik gösterirken, littoral istasyonlar yaklaşık %85 oranında benzerlik göstermiştir. Trofik İndeks değerleri, bu bölgenin en düşük trofik seviyeye, ancak en yüksek statüye sahip olduğunu göstermiştir (Balcı ve ark., 2012).

Yine Gemlik Körfezi'nde su kalitesi ve ekolojik statüleri (trofik durum sınıflandırma) ile ilgili fitoplankton toplulukları ve çevresel faktörler araştırılmıştır. 155 fitoplankton türü ve 6 takson tespit edilmiştir. Fitoplanktonda çiçeklenme gözlenmemiş olmasına rağmen, özellikle körfezde gözle görülebilir kırmızı gelgit olaylarının küçük parçaları tespit edilmiştir. Yüzeydeki besin konsantrasyonları özellikle körfezin içindeki istasyonlarda artmıştır. Silikatın sınırlayıcı etkisi erken, yaz ortasında ve kış mevsiminde gözlemlenmiştir, azotun ise tüm örnekleme döneminde körfezde sınırlayıcı bir besin maddesi olduğu belirtilmiştir. Körfezde su kalitesi düşük, yüksek mezotrofik ve su kalitesi kötü -ötrofik durum, yüksek kalite ve düşük trofik seviye genellikle klorofil-a, çözünmüş oksijen ve trofik indekse göre tespit edilmiştir (Balkıs Özdelice ve Balcı, 2017).

Bu çalışmada da Gemlik Körfezi'ndeki sedimanlardan metal konsantrasyonlarının istatistiksel analizine dayanarak, ağır metal kirliliği ile ilgili bir değerlendirme yapılmıştır. Körfezin dış kısmında en yüksek krom, kurşun ve nikel konsantrasyonları ölçülmüştür. Mudanya Limanı'ndan toplanan midyelerde kadmiyum ve çinko konsantrasyonlarının insan sağlığı için kabul edilebilir konsantrasyonlardan daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Ünlü ve ark., 2008).

İzmit Körfezi'nde fiziksel ve biyokimyasal parametreler ölçüldüğü bir çalışma yapılmıştır. Körfezde iki ayrı su kütlesi olduğu açıktır. Üst tabaka, Karadeniz kaynaklı az tuzlu (22-26 ppt) suları; alt tabaka ise tuzlu (38,5 ppt) Akdeniz sularını içermektedir. Biyokimyasal özelliklerde mevsimsel değişiklikler, körfezin iki katmanlı akış sistemine bağlıdır. Üst koy sularında şeffaflığın dağılımı göz önüne alındığında, secchi disk derinliğinin batıdan doğuya düştüğü görülmüştür. Ayrıca, bu derinlikler, ilkbaharda gözlemlenen düşük besin konsantrasyonları ile ilişkili yüksek birincil verimlilik ile sınırlıdır. Atıkların yüzey sularına deşarjı, alt tabakadaki biyolojik üretimi ve oksijen tüketimini önemli ölçüde etkilemektedir. Evsel atık sulardan kaynaklanan organik yükler, nüfustaki artış nedeniyle iki katına çıkmıştır (Markoç ve ark., 2001).

Yine İzmit Körfezi'nde yapılan başka bir çalışmada, kuzey sahil şeridinden toplanan yüzey sedimentlerinde, ana (organik karbon, alüminyum, baryum, demir ve magnezyum) ve iz (arsenik, kadmiyum) elementler analiz edilmiştir. Sonuçlar, deniz sedimanındaki kalite standartları ile karşılaştırılmıştır ve sedimentlerin kirlilik durumunun değerlendirildiği literatür değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, karayolu trafik akışlarının, boya endüstrilerinin ve kömür yanmasının en önemli kaynaklar arasında olduğunu göstermiştir (Pekey, 2006a). Diğer araştırmada da, İzmit Körfezi'nin batı kesiminden alınan sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Sedimanların kirlilik durumunu değerlendirmek için metal konsantrasyonları deniz sediment kalite standartları ve literatür verileri ile karşılaştırılmıştır. Tüm ağır metaller için konsantrasyonların ve zenginleştirme faktörlerinin dağılım haritaları Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojisine dayalı olarak grafiklendirilmiştir (Pekey, 2006b).

Başka bir çalışmada İzmit körfezindeki çeşitli derinliklerde ağır metal seviyeleri tespit edilmiştir. Kıyıya yakın sudaki metal konsantrasyonlarında ve sudaki birçok metalin daha yüksek konsantrasyonlarında belirgin mevsimsel farklılıklar, sudaki kontrolsüz kirletici salınımının kanıtıdır (Ergül ve ark., 2013).

Marmara Denizi'nden toplanan biota ve sediment örneklerinde kadmiyum, kobalt, krom, nikel, çinko, demir, mangan, kurşun ve bakır konsantrasyonları belirlenmiştir. Makroalde çinko, demir, mangan, kurşun ve bakır seviyeleri Marmara Denizi'nde yapılan diğer çalışmalardan daha yüksek bulunmuştur. Dahası, bu çalışmada bakır ve çinko konsantrasyonları, Boğaz ve Karadeniz alglerinden oldukça yüksektir. Midye örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları demir> çinko> nikel> mangan> bakır> kurşun> krom> kadmiyum> kobalt şeklinde sıralanmıştır. Metal konsantrasyonları, kurşun hariç Karadeniz midyeleri ile karşılaştırıldığında genellikle daha düşüktür. Aynı zamanda, midye türlerinde kurşun, bakır ve çinko konsantrasyonları Ege Denizi'ndeki midyelerden daha düşüktür. Balık örneklerinde mangan ve bakır aralıkları Karadeniz balıklarından yüksek, kadmiyum, kobalt, krom, çinko ve kurşun konsantrasyonları daha düşüktür. Sediment örneklerindeki ağır metal seviyeleri Marmara Denizi'ndeki diğer alanlardan daha düşüktür (Topçuoğlu ve ark., 2004).

Bu çalışmada, İstanbul'un batısında yer alan Küçükçekmece'deki acı su gölünden elde edilen su örneklerinde fiziksel ve kimyasal parametreler analiz edilmiştir. Ölçülen parametrelerden sıcaklık, pH, tuzluluk, nitrat ve fosfatın daha önce yayınlanmış verilerle karşılaştırıldığında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Lagün, ötrofik bulunmuştur. Standart değerlere göre sülfat ve kimyasal oksijen ihtiyacı seviyeleri yüksek bulunmuştur. Su ve dip sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonları (kadmiyum, kobalt, krom, bakır, mangan, nikel, kurşun, çinko), bazı su örneklerinde yüksek kadmiyum seviyeleri kaydedilmiş olmasına rağmen, sedimentte tespit edilmemiştir. Öte yandan, su ve sediment örneklerinin çoğunda özellikle yüksek düzeyde bir krom kirliliği kaydedilmiştir (Altun ve ark., 2009).

Bu çalışmada yüzlerce gram negatif bakteri suşu, Küçükçekmece'deki acı su lagününden izole edilmiştir. Küçükçekmece Lagünü'nden izole edilen bakterilerin antibiyotiklere ve ağır metallere karşı oldukça dirençli oldukları gösterilmiştir. Lagüne atık su deşarjının düzenlenmemesi durumunda, normal olarak insan mikrobiyotasında barındırılan bakterilere direnç geninin aktarılmasının önemli sağlık sorunları yaratabileceği sonucuna varılmıştır (Kimiran Erdem ve ark., 2015).

Yalova'da *Mytilus galloprovincialis*'de kobalt, bakır, demir, nikel, kurşun ve çinko ağır metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Yumuşak dokulardaki ortalama konsantrasyonlar, kobalt $4,08 \pm 0,67$, bakır $5,54 \pm 0,59$, demir $156,72 \pm 20,18$, nikel $3,71 \pm 1,14$, kurşun $2,92 \pm 0,51$ ve çinko $106,23 \pm 5,66$ mg/kg bulunmuştur. Ortalama kurşun ve çinko konsantrasyonları, Uluslararası Türk Standartları tarafından önerilen limit sınır değerden daha yüksek bulunmuştur (Türk Çulha ve ark., 2011).

Marmara Denizi'nde on avlanma bölgesinden gelen midyeleri tüketme ile ilgili sağlık risklerini araştırmak için midyelerde bulunan çinko, bakır, kadmiyum, cıva ve kurşun analiz edilmiştir. Örneklerin hiçbirinde cıva saptanmamıştır. En yüksek bakır ($3,473 \text{ mg kg}^{-1}$) ve kadmiyum ($0,740 \text{ mg kg}^{-1}$) konsantrasyonları, izin verilen maksimum seviyelerin oldukça altında bulunmuştur. Midyeler bakır, kadmiyum ve cıva için güvenli bulunmuş, ancak çinko ve kurşun konsantrasyonlarının izin verilen limitlerin üstünde olduğu saptanmıştır. Marmara Denizi'nden gelen midyelerin metal içeriklerinin, dünyanın diğer bölgelerindeki midyelerin metal içeriklerinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Endüstriyel girdilerin bir miktar azalması ve kontrol edilmesi halinde Marmara Denizi'nin güvenli bir midye kaynağı olma potansiyeli olduğu sonucuna varılmıştır (Mol ve Üçok Alakayuk, 2011). Marmara Denizi'nin Tekirdağ sahilinden toplanan karideslerinin (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) çinko, kadmiyum, krom, cıva, arsenik, bakır, kurşun ve nikel seviyelerinin değerlendirildiği çalışmada, kurşun, arsenik ve bakır seviyelerinin izin verilen maksimum limitlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Dökmeci ve ark., 2014).

İstanbul Boğazı'nda, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), 1997 ve 2004 yılları arasında deniz suyu kalitesini izleme çalışmaları yapmıştır. Deniz suyu kalitesinin belirlenmesi için çözülmüş oksijen, askıda katı madde, toplam azot, toplam fosfor, klorofil-a, ağır metal (kurşun, demir, mangan), polisiklik aromatik hidrokarbon, deterjan ve fekal koliform bakteri ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak, toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyonlarında en büyük değişim oranının olduğu belirlenmiştir (Peker, 2007).

Bu çalışmada, Marmara Denizi'nde bulunan İstanbul'un en popüler yüzme bölgelerinden biri olan Prens Adaları'nda, deniz suyu örneklerinde mikrobiyolojik ve fizikokimyasal analizler (su sıcaklığı, pH, Secchi disk derinliği ve amonyak) yapılmıştır. Ölçülen toplam koliform değerleri 5 ± 2 ile 26 ± 55 arasında, dışkı koliform değerleri ise izleme istasyonlarında 4 ± 2 ile 24 ± 50 arasında bulunmuştur. Toplam ve fekal koliform konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi bulmak için istatistiksel bir çalışma yapılmıştır ve t testleri uygulanmıştır. Bir konum dışında, adaların her bölgesinde önemli bir fark görülmemiştir. Sonuçlar, ulusal ve Avrupa Birliği standartları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, derin deniz deşarjlarının ve deniz akıntılarının, koliform konsantrasyonunun pozitif bir şekilde seyreltilmesine katkıda bulunduğunu ve adaların kıyı bölgelerine yakın yerlerin, düzenlemelerin gerektirdiği kabul edilebilir değerlere sahip olduğunu göstermiştir (Aydınol Türkdogan fve ark., 2012).

Prens Adaları'nda yapılan başka bir araştırmada LAS miktarı özellikle yaz mevsiminde daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin, yaz aylarında adaların nüfusunun artması ve bununla birlikte temizlik faaliyetlerin de artması nedeniyle kentsel deşarjlarla ilgili olabileceği bildirilmiştir. Değerler 18,05–72,98 $\mu\text{g/L}$ arasındadır (Balcıoğlu, 2019a). Balcıoğlu (2019b)'nin Gökçeada kıyılarında yaptığı diğer çalışmada da deterjan konsantrasyonları 0,020-0,051 mg/L arasında ve düşük bulunmuştur. Gökçeada kıyıları deterjan değerleri bakımından kirlenmemiş su (I. sınıf) olarak belirlenmiştir (Balcıoğlu 2019b).

Karadeniz ve Marmara arasındaki kirletici dinamiklerinin değerlendirildiği çalışmada İstanbul Boğazı çevresindeki bölgede son beş yıl içinde yapılan bir deniz araştırması sırasında toplanan deniz verilerine göre, kirletici değişimi analizi, Karadeniz'in Marmara Denizi'ndeki deniz ortamı için başlıca kirletici olduğunu göstermiştir (Orhon ve ark., 2021). Marmara Denizi'nde yapılan başka bir çalışmanın sonucunda 2019 baharında İzmit Körfezi'nde (Doğu Marmara Denizi) su sıcaklığı yüksekken, Marmara Denizi'nin batı kesiminde değerlerin daha düşük olduğu bulunmuştur. Marmara Denizi tuzluluk seviyeleri Çanakkale Boğazı'nda daha yüksek, İstanbul Boğazı çevresinde ise azalmıştır. Doğu kıyılarında çözünmüş oksijen seviyelerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Toplam fosfor seviyeleri, 2019 baharında önemli ölçüde yükselmiş ve toplam inorganik nitrojen değerlerinde de benzer bir artış gözlenmiştir. SiO₂ ve klorofil- a seviyeleri bölgesel olarak değişiklik göstermiştir. TRIX indeksine göre Marmara Denizi kıyıları çoğunlukla mezotrofik ve ötrofiktir (Akçaalan ve ark., 2022).

Bu çalışma, orta (Sentinel-2) ve yüksek uzamsal çözünürlüklü (Worldview-3) uydu görüntülerini kullanarak Marmara Denizi İzmit Körfezi'ndeki farklı müsilaj türlerinin spektral özelliklerini sunmaktadır. Ayrıca, deniz yüzeyi sıcaklıkları, Ocak 2015'ten Ağustos 2021'e kadar müsilaj oluşumu ile ilişkili olarak incelenmiştir. Çalışma, Marmara Denizi'ndeki müsilaj temizleme alanlarının izlenmesi, sınıflandırılması ve verimli yer seçimi için pratik bir metodoloji sunmaktadır. Sarı müsilaj, beyaz ve kahverengi müsilajlardan daha yüksek ve daha belirgin spektral yansıtma göstermiştir. Ortalama yüzey suyu sıcaklığının 2015'ten (16,1 °C) 2021'e (17,6 °C) yıllar içinde arttığı ve bu artış eğiliminin, müsilaj oluşumu ile ilişkilendirildiği ve dolayısıyla müsilaj olaylarının yakın gelecekte tekrarlanma durumuna işaret ettiği görülmektedir (Tuzcu Kokal ve ark., 2022).

Başta İzmit, Gemlik ve Bandırma olmak üzere giderek artan nüfus yoğunluğunun olduğu kent yerleşimlerinin ve özellikle endüstri kuruluşlarının sayılarının hızla artmasına paralel olarak artan evsel ve endüstriyel atık suların Marmara Denizini kirletmesiyle deniz yaşamının büyük ölçüde sınırlandığı ve oksijen miktarının azaldığı bildirilmiştir (Mater, 1992).

Marmara Denizi'nde ve Boğaziçi'nde 1962 - 2007 yılları arasında ölçülen tuzluluk değerlerinin istatistiksel ortalaması alındığında 75 metrenin altında homohalin bir su kütlesi bulunduğu bildirilmiştir. Bu suların Akdeniz kökenli ağır (yoğun) sulardan meydana geldiği ve 75 metrenin üzerindeki Karadeniz kökenli sularla dikey olarak karışmaması nedeniyle bütün yıl boyunca bu homohalin karakterini koruyabildiği belirtilmiştir. Yüzey suyu ile dip suyu arasındaki büyük yoğunluk farkından doğan bu sabitlik, karışımın yalnızca ara tabakada meydana geldiğini açıkça ortaya koymaktadır (Okay ve ark., 2007).

Çanakkale Boğazı'nda yapılan çalışmada, sıcaklık, amonyum azotu, nitrit, nitrat, fosfat, silisyum ve klorofil-a miktarları ölçülmüştür. Fosfat konsantrasyonu 0,01 - 9,09 μM arasındaki değerlerde bulunmuştur. Örnekleme noktaları arasında fosfat miktarı önemli düzeyde ($p < 0,0001$) varyasyon göstermiştir. Fitoplankton gereksinimine göre, sudaki besin elementlerinden toplam inorganik azotun sınırlayıcı olmadığı, fosforun sınırlayıcı olduğu belirtilmiştir. Klorofil-a miktarı 2 $\mu\text{g/L}$ 'nin altında, nitrat miktarı ise en yüksek değerlerde bulunmuştur (Koçum, 2005).

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak, Marmara Denizi'nin doğusunda belirlediğimiz istasyonlardan alınan su örnekleri seçilmiştir. Araştırma istasyonları yerleşim yerlerine ve endüstri bölgelerine yakındır. Su örneklerinin alınması için mevsimsel olarak bu istasyonlara gidilerek arazi çalışması yapılmıştır (Şekil 3.1.1). Su örnekleri Sonbahar 2015 - Yaz 2016 döneminde alınmıştır.



Şekil 3.1.1. Örnek alınması ile ilgili genel görünüş

3.1.1. Araştırma bölgesinin Özellikleri

Asya ve Avrupa kıtaları arasında yaklaşık 70x250 km boyutları ile kıtalararası küçük bir iç deniz karakterinde olan Marmara Denizi, yaklaşık 11,500 km² yüzey alanına ve 3,380 km³ hacme sahiptir, en derin yeri ise 1,390 metredir. İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e, Çanakkale Boğazı ile Ege Denizi'ne açılır. Marmara Denizi, bu geçitlerle birlikte Türk Boğazlar Sistemi'ni oluşturur, Akdeniz ve Karadeniz'i birbirine bağlar ve bu denizlerin biyolojik özelliklerini taşır (Çağlar, 2009).

Örnekleme işlemleri Marmara Denizi çevresindeki 9 istasyonda (Silivri, Büyükçekmece, Küçükçekmece, Üsküdar, Haliç, Gemlik, İzmit, Tuzla, Hereke) gerçekleştirilmiştir. Örnek alınan istasyonların koordinatları Tablo 3.1.1’de ve istasyonlar Şekil 3.1.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1.1. Örnekleme noktaları ve koordinatları

İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinatlar	
1	Silivri	41°04'37"N	28°14'11"E
2	Büyük Çekmece	41°01'05"N	28°34'43"E
3	Küçük Çekmece	40°58'40"N	28°46'25"E
4	Üsküdar	41°01'12"N	29°00'26"E
5	Haliç	41°01'40"N	28°57'27"E
6	Gemlik	40°25'27"N	29°09'16"E
7	İzmit	40°44'21"N	29°56'25"E
8	Tuzla	40°49'51"N	29°16'41"E
9	Hereke	40°46'56"N	29°37'09"E



Şekil 3.1.2. Örnekleme istasyonlarının Marmara Denizi’ndeki konumu (1-Silivri; 2-Büyük Çekmece; 3-Küçük Çekmece; 4-Üsküdar; 5-Haliç; 6-Gemlik; 7-İzmit; 8-Tuzla; 9-Hereke)

3.1.1.1. İstasyon 1 (SİLİVRİ)

Silivri ilçe merkezine yakın olan istasyonda zemin yapısı kayalık ve kumluktur.



Şekil 3.1.1.1. Silivri örnekleme noktası

3.1.1.2. İstasyon 2 (BÜYÜK ÇEKMECE)

Büyükçekmece ilçe merkezi ile Büyükçekmece Gölü arasında bulunan istasyonda dip yapısı kumluk, taşlık ve kayalıktır.



Şekil 3.1.1.2. Büyükçekmece örnekleme noktası

3.1.1.3. İstasyon 3 (KÜÇÜK ÇEKMECE)

Küçükçekmece ilçe merkezine yakın olan istasyonda zemin yapısı kayalıktır.



Şekil 3.1.1.3. Küçükçekmece örnekleme noktası

3.1.1.4. İstasyon 4 (ÜSKÜDAR)

İstanbul Anadolu yakasında, Üsküdar ilçesi sahilinde, Kız Kulesi'nin tam karşısındaki istasyon tamamen kayalıktır.



Şekil 3.1.1.4. Üsküdar örnekleme noktası

3.1.1.5. İstasyon 5 (HALIÇ)

İstanbul Avrupa yakasında, Çatalca yarımadasının güneydoğu ucunda yer alan Haliç istasyonu, taşlık ve kayalıktır. Tür çeşitliliği açısından en zayıf noktalardan birisidir.



Şekil 3.1.1.5. Haliç örnekleme noktası

3.1.1.6. İstasyon 6 (GEMLİK)

Gemlik ilçesinde iç körfezde bulunan istasyon kayalık ve kumluktur.



Şekil 3.1.1.6. Gemlik örnekleme noktası

3.1.1.7. İstasyon 7 (İZMİT)

İzmit şehir merkezindeki istasyonun dip yapısı kumluk ve balçıktır.



Şekil 3.1.1.7. İzmit örnekleme noktası

3.1.1.8. İstasyon 8 (TUZLA)

Tuzla ilçe merkezindeki istasyonun dip yapısı taşlık ve kayalıktır.



Şekil 3.1.1.8. Tuzla örnekleme noktası

3.1.1.9. İstasyon 9 (HEREKE)

Hereke ilçe merkezine yakın olan istasyonda dip yapısı taşlıktır.



Şekil 3.1.1.9. Hereke örnekleme noktası

3.2. Yöntemler

pH, çözülmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik ve turbidite parametreleri, su kalite parametreleri ölçüm cihazı (DKK-TOA WQC – 24) kullanılarak istasyon noktalarında ölçülmüştür. Fosfat, anyonik deterjan, amonyum, nitrit, nitrat, bor, toplam koliform ve fekal koliform miktarlarının belirlenmesi için yöntemler sıralanmıştır.

3.2.1. Fosfat Konsantrasyonlarının Belirlenmesi Yöntemi

Asidik ortamda amonyum molibdat, askorbik asit ve potasyum antimonil tartaratla reaksiyona girmesi sonucu oluşan fosfomolibdik asitin spektrofotometrede ölçülmesiyle orto-fosfat fosforu ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) miktarı bulunmuştur (Parsons ve ark., 1984; Egemen, 2011).

3.2.2. Anyonik Deterjan Konsantrasyonlarının Belirlenmesi Yöntemi

Anyonik yüzey aktif maddeler ile metilen mavisinin reaksiyona girmesiyle oluşan tuz kloroformda çözülmüş ve spektrofotometrede ölçülerek anyonik deterjan miktarı bulunmuştur (Anonymous, 1995; Egemen, 2011).

3.2.3. Amonyum Konsantrasyonlarının Belirlenmesi Yöntemi

Amonyum konsantrasyonlarını belirlemek için fenol-hipoklorit yöntemi kullanılmıştır. Fenol-hipoklorit yönteminin prensibi, fenol ve hipokloritin ortamdaki amonyak ile reaksiyona girerek mavi renkli indofenöl vermesidir (Egemen, 2011).

3.2.4. Nitrit Konsantrasyonlarının Belirlenmesi Yöntemi

Nitrit, diazotlandırma işlemi uygulanarak tayin edilmiştir. Asidik ortamda nitrit iyonu aromatik amin ile diazo bileşiğini vermek üzere reaksiyona girer ($R-NH_2$). Diazo bileşiği diğer bir aromatik amin ($Ar-NH_2$) ile birleşerek azo boyar maddesini verir. Reaksiyon sonunda oluşan renk şiddeti ortamdaki nitrit iyonu ile orantılıdır (Egemen, 2011).

3.2.5. Nitrat Konsantrasyonlarının Belirlenmesi Yöntemi

Ortamdaki nitrat, hidrazin-bakır indirgeme reaktifi ile nitrite indirgenir. Nitrit+nitrat miktarı ölçülür. Bu ölçümden daha önce saptanan nitrit miktarı çıkarılarak nitrat miktarı bulunur (Egemen, 2011).

3.2.6. Bor Miktarının Belirlenmesi

Borun karmin ile oluşturduğu kırmızı renkli bileşiğin spektrofotometrede ölçümü ile bor miktarı belirlenmiştir (Anonymous, 2005; Egemen, 2011).

3.2.7. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.7.1. Toplam Koliform Sayımı

Koliform analizleri sularda ve diğer gıdalarda indikatör testler olarak kullanılırlar. Koliform bakteriler genellikle gıdalarda enterik patojenlerin bulunma olasılığının göstergesi olarak kullanılan indikatör mikroorganizmalardır. Sayım için su örneğinden 10^{-1} ve 10^{-2} 'lik dilüsyonlar hazırlanır ve orijinal su örneği ve dilüsyonların her birinden durham tüpü içeren steril 10 mL Laktoz Broth içeren üçer tüpe aseptik koşullarda birer mililitre transfer edilir. 370 °C'de 48 saat inkübasyonun sonunda gaz çıkışı gözlenen tüpler ayrılır ve En Muhtemel Sayı (EMS) tabloları kullanılarak suyun mililitresindeki olası koliform sayısı saptanır. Gaz pozitif tüplerden EMB (Eosin Metilen Blue) Agara 1'er mL aktarılarak doğrulama testi yapılır. Bu agar yüzeyinde inkübasyon sonunda mukoid pembe veya metalik yeşil renkli koloni oluşumları koliform bakterileri işaret etmektedir (Anonim, 2005). Koliform bakteri sayımında VRB (Violet Red Blue) Agara orijinal su örneği ve dilüsyonlardan 1'er mL ekim yapılacak ve iki yöntemin sonuçları karşılaştırılacaktır. VRB Agarda 35 °C'de 24 saat İnkübasyon sonucunda koliform grubu bakteriler 1 – 2 mm çapında kırmızımsı bir presipitatyonu ile çevrili kırmızı koloniler laktoz pozitif koliform grubu bakterileri işaret etmektedir.

3.2.7.2. Fekal Koliform Sayımı

Sayımlarında toplam koliform sayımında pozitif sonuç veren tüpler kullanılır ve bu tüplerden içerisinde 10 mL steril A1 medium (Merck 1.00415) bulunan ve durham tüpü içeren besiyerlerine aseptik koşullarda 1 mL ekim yapılır. Önce 35 °C'de 3 saat, sonra 44,50 °C'de 21 saat tüpler inkübe edilir. Gelişme görülen tüplerde gaz oluşumu fekal koliform olarak değerlendirilir ve sayı standart EMS tablosundan hesaplanır (Anonim, 2005).

3.3. İstatistiksel Analizler

Graphpad Prism For Windows Paket istatistik programı, istatistiksel analizlerin yapılmasında kullanılmıştır. Ölçülen değerlerin istasyonlar arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için "tek yönlü ANOVA" testi yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ortalama pH 8,39, çözünmüş oksijen 6,3 mg/L, sıcaklık 15,7 °C, tuzluluk ‰ 21,35, iletkenlik 3,48 S/cm ve turbidite 5,139 mg/L olarak bulunmuştur (Tablo 4.1, Şekil 4.1, 2, 3, 4, 5, 6).

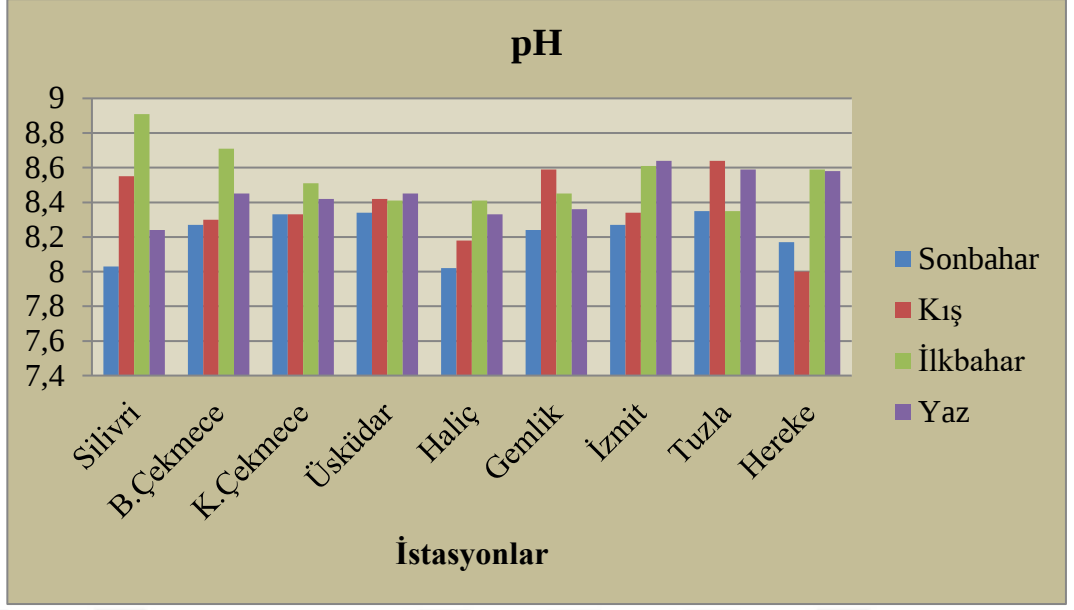
Tablo 4.1. Fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi (pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik, turbidite)

Mevsimler	pH	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	İletkenlik (S/cm)	Turbidite (mg/L)
Sonbahar	8,2	5,1	14,8	21,63	3,51	4,433
Kış	8,3	6,2	11,4	21,95	3,64	11,156
İlkbahar	8,5	7,0	13,4	21,07	3,34	2,811
Yaz	8,4	6,8	23,2	20,74	3,43	2,156
Ortalama	8,3	6,3	15,7	21,35	3,48	5,139

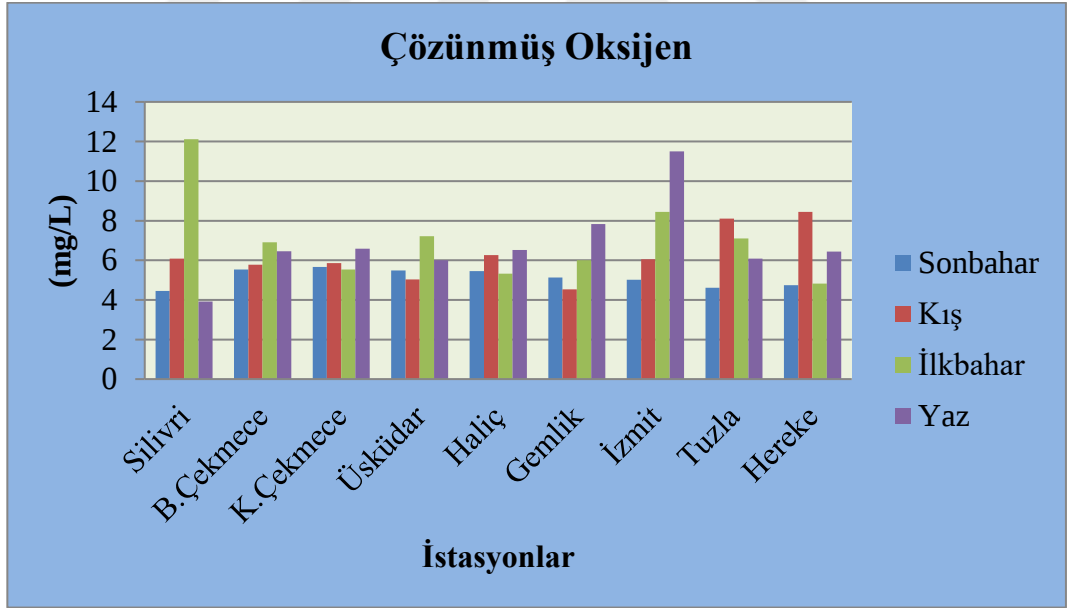
Dokuz istasyondan alınan su örneklerindeki fosfat, anyonik deterjan, amonyum, nitrit, nitrat ve bor konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel ortalamaları sırasıyla, 0,015 mg/L, 0,174 mg/L, 0,125 mg/L, 0,189 µg.at/L, 1,748 µg.at/L ve 4,12 mg/L olarak bulunmuştur (Tablo 4.2, Şekil 4. 7, 8, 9, 10, 11, 12). Toplam koliform 1000 (EMS/100 mL), fekal koliform 200 (EMS/100 mL) değerleri standart değerlerin altında bulunmuştur (Şekil 4. 13, 14).

Tablo 4.2. Fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi (Toplam fosfor, anyonik deterjan, amonyum, nitrit, nitrat, bor)

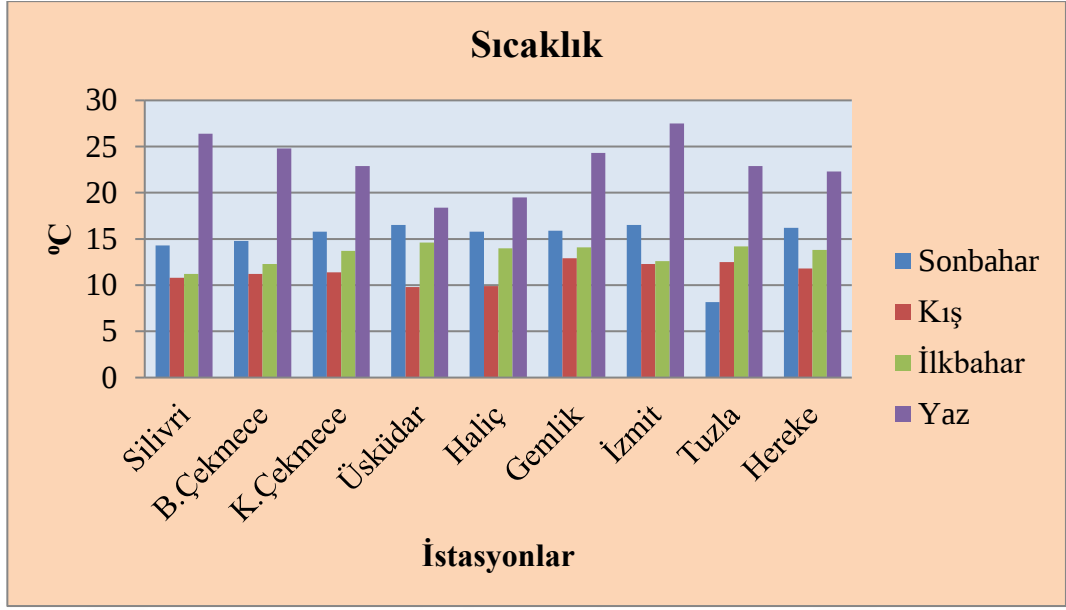
Mevsimler	Toplam Fosfor (mg/L)	Anyonik Deterjan (mg/L)	Amonyum (mg/L)	Nitrit (µg.at/L)	Nitrat (µg.at/L)	Bor (mg/L)
Sonbahar	0,017	0,171	0,056	0,128	3,289	4,27
Kış	0,005	0,158	0,059	0,247	2,109	4,04
İlkbahar	0,015	0,152	0,300	0,210	0,422	4,12
Yaz	0,012	0,214	0,084	0,171	1,171	4,04
Ortalama	0,015	0,174	0,125	0,189	1,748	4,12



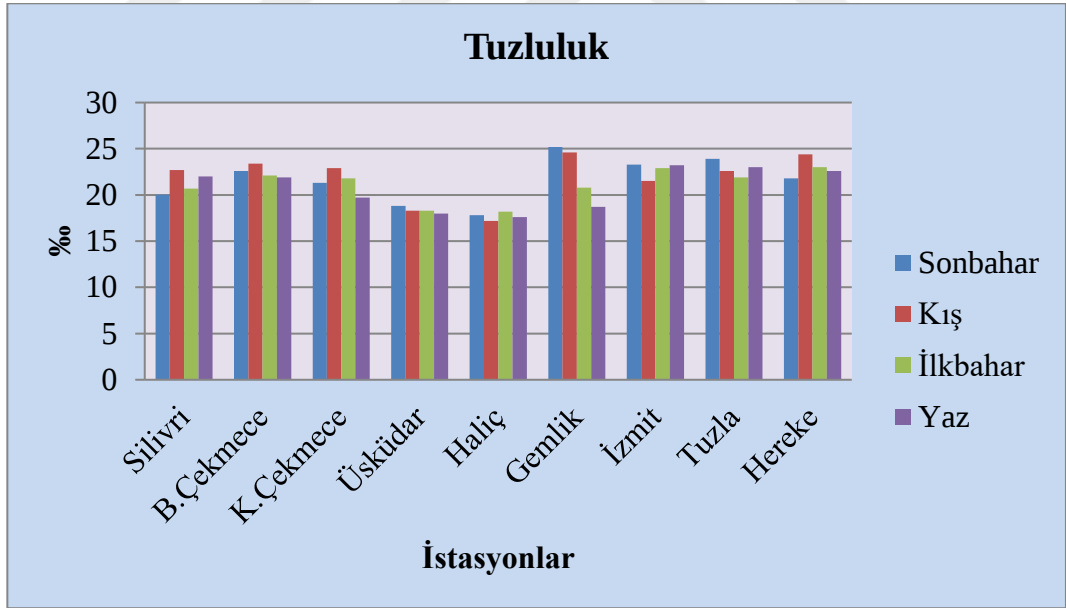
Şekil 4.1. pH değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği



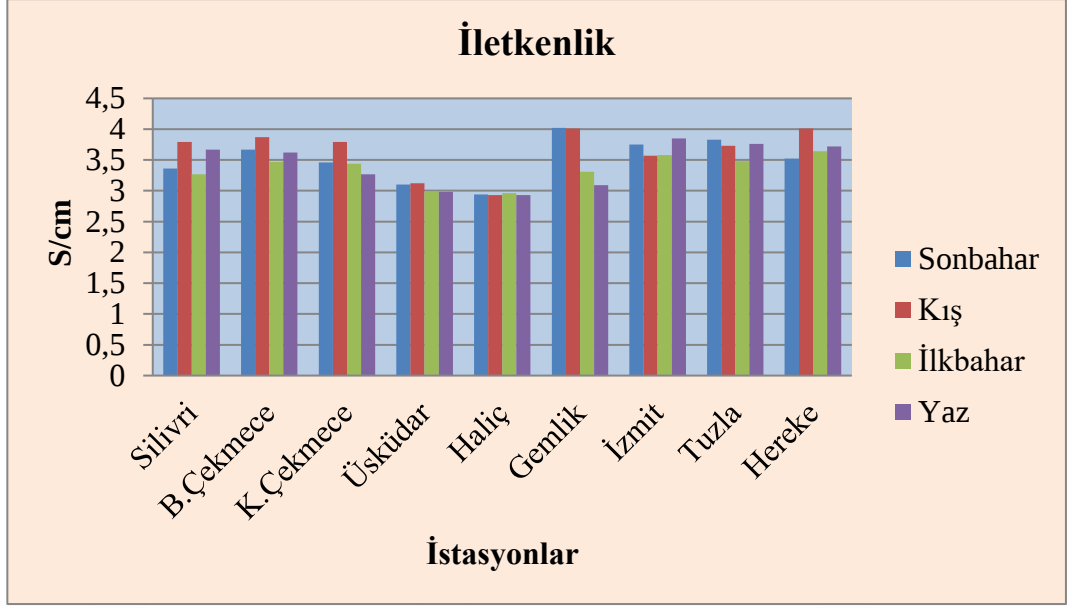
Şekil 4.2. Çözülmüş oksijen değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği



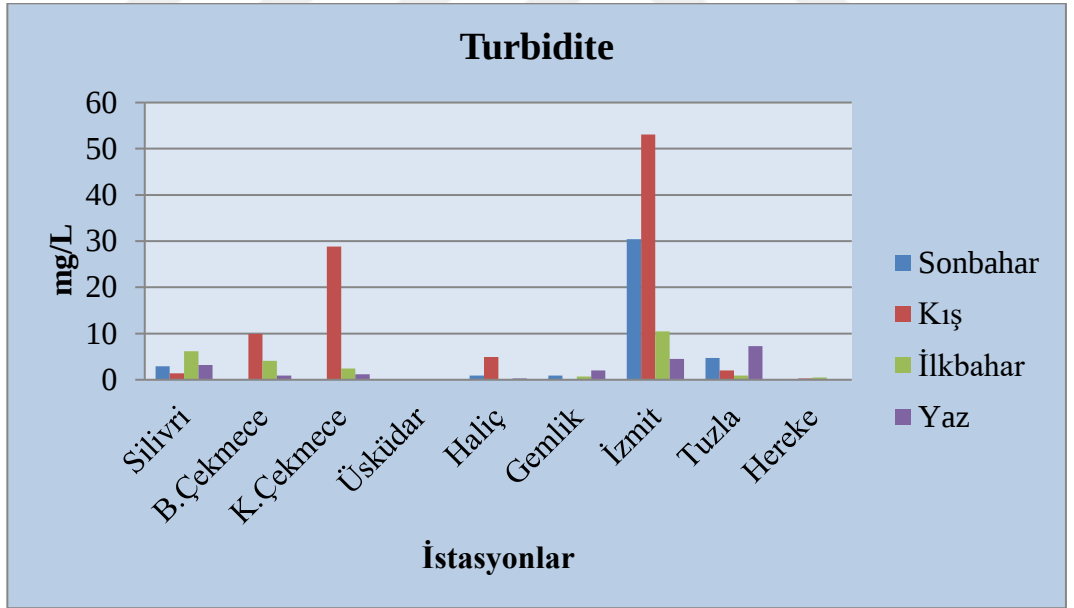
Şekil 4.3. Sıcaklık değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği



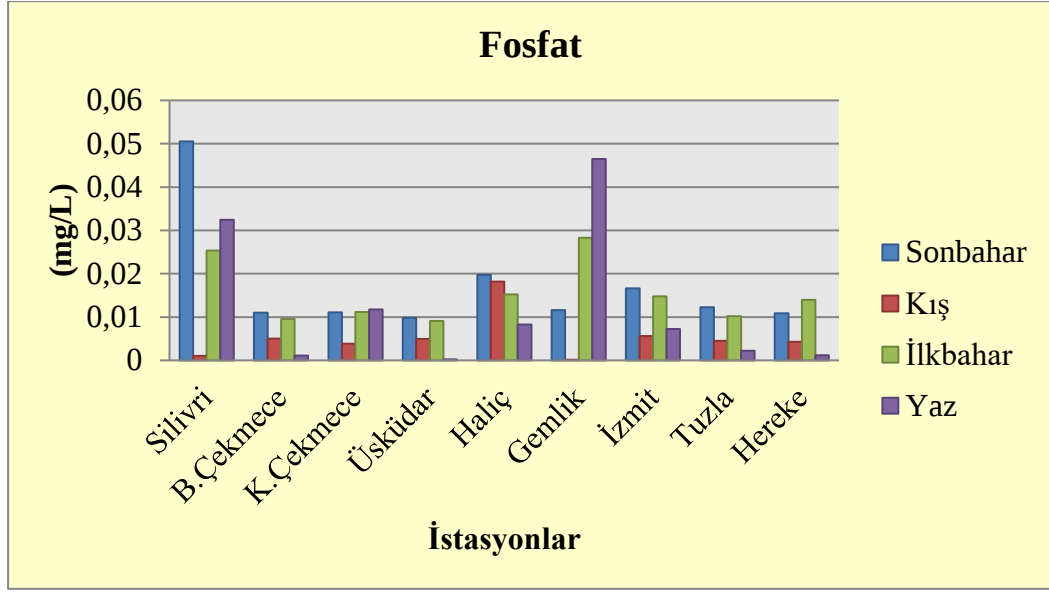
Şekil 4.4. Tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği



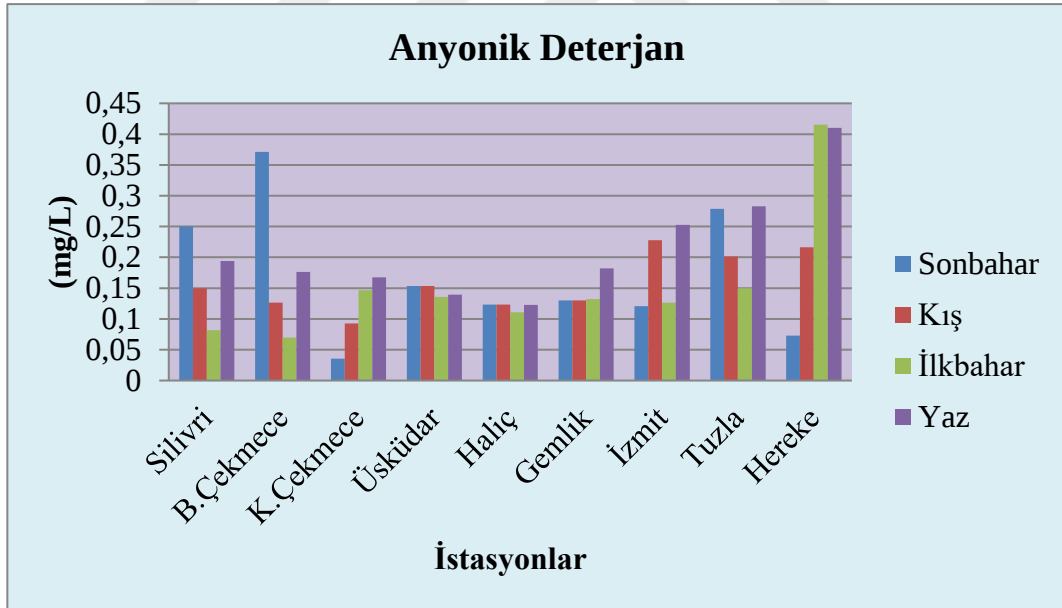
Şekil 4.5. İletkenlik değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği



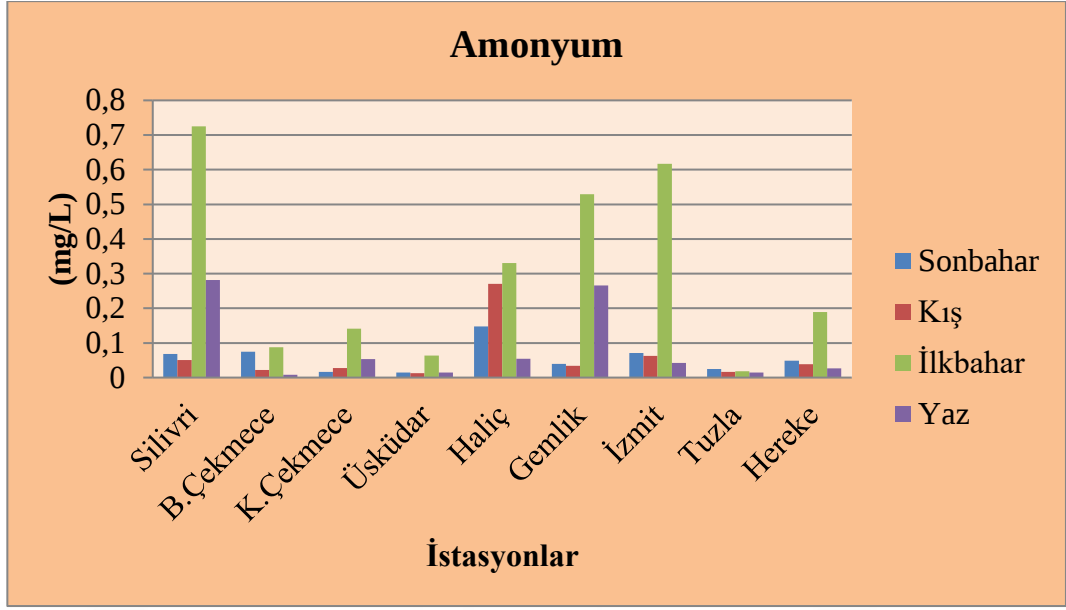
Şekil 4.6. Turbidite değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel grafiği



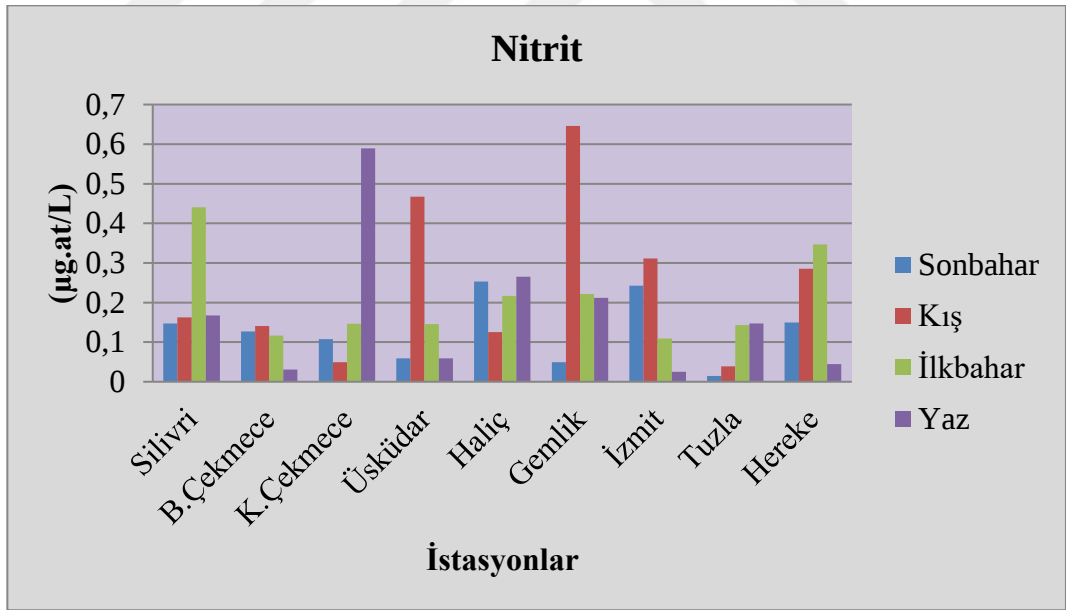
Şekil 4.7. Fosfat konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği



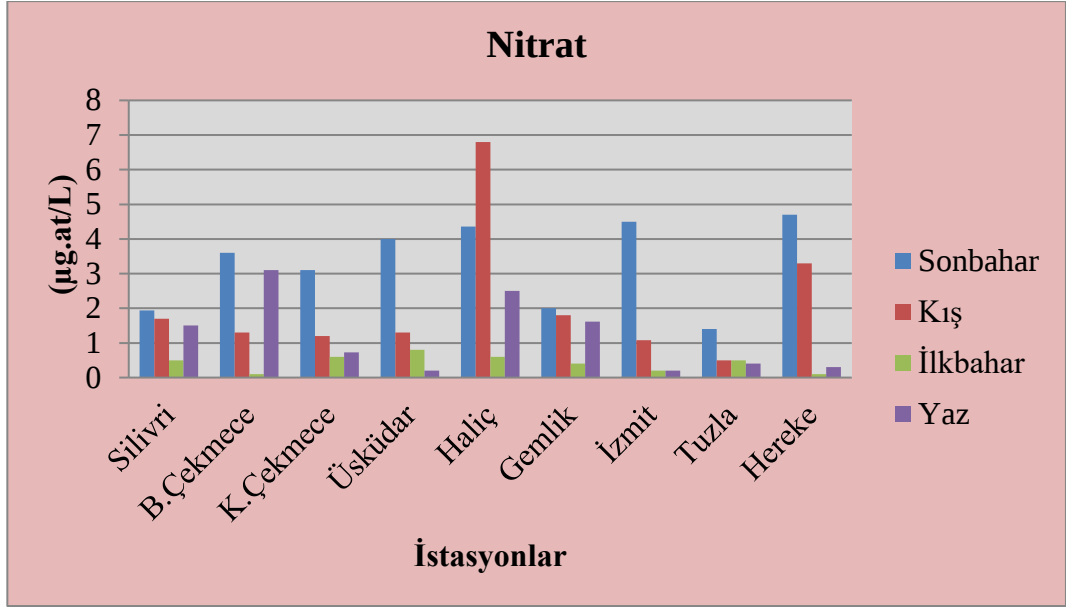
Şekil 4.8. Anyonik deterjan konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği



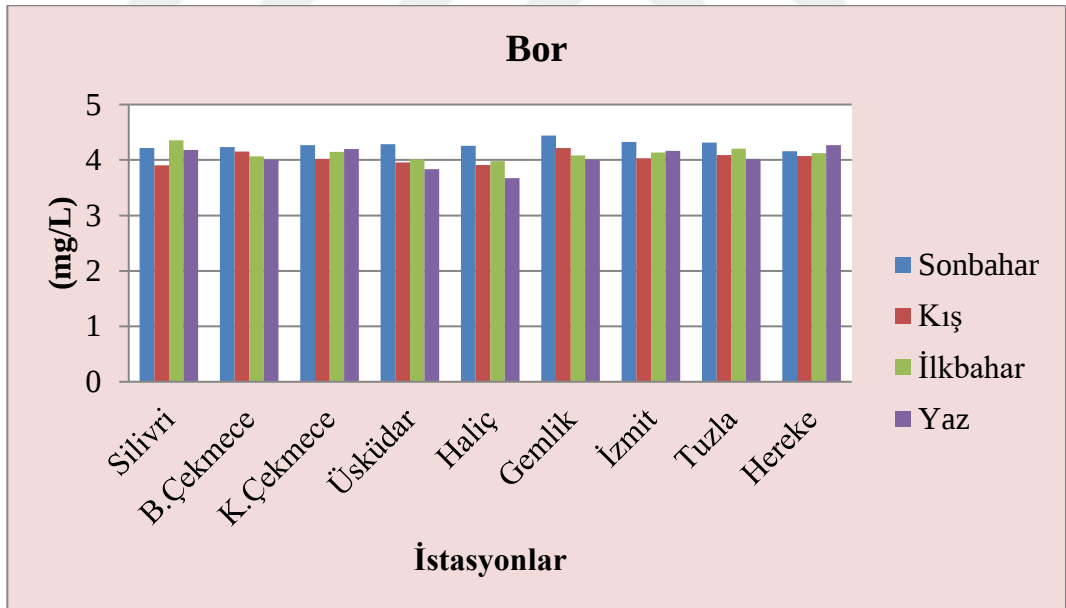
Şekil 4.9. Amonyum konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği



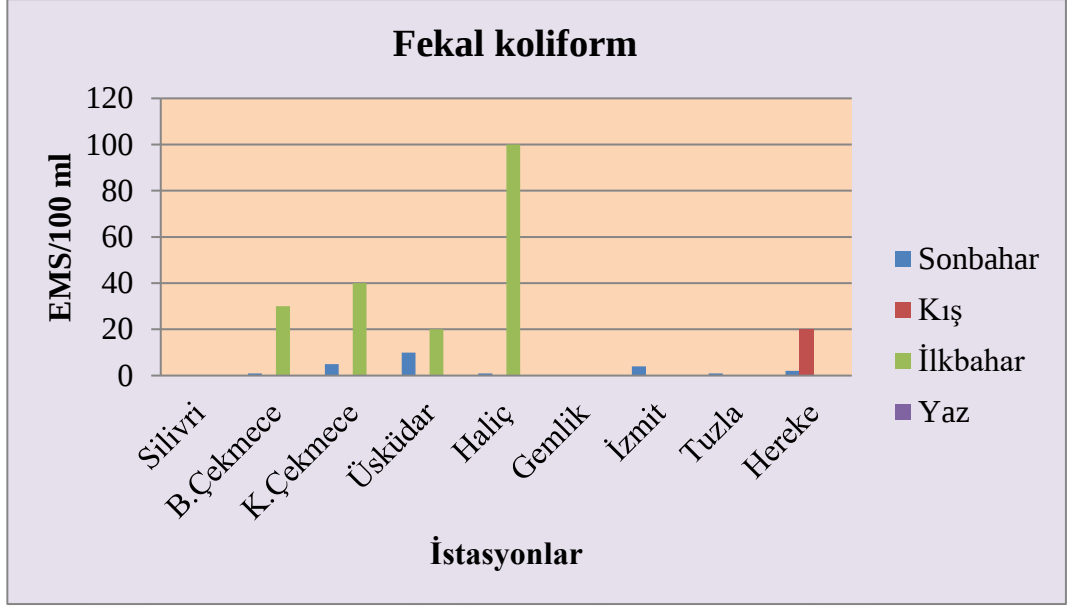
Şekil 4.10. Nitrit konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği



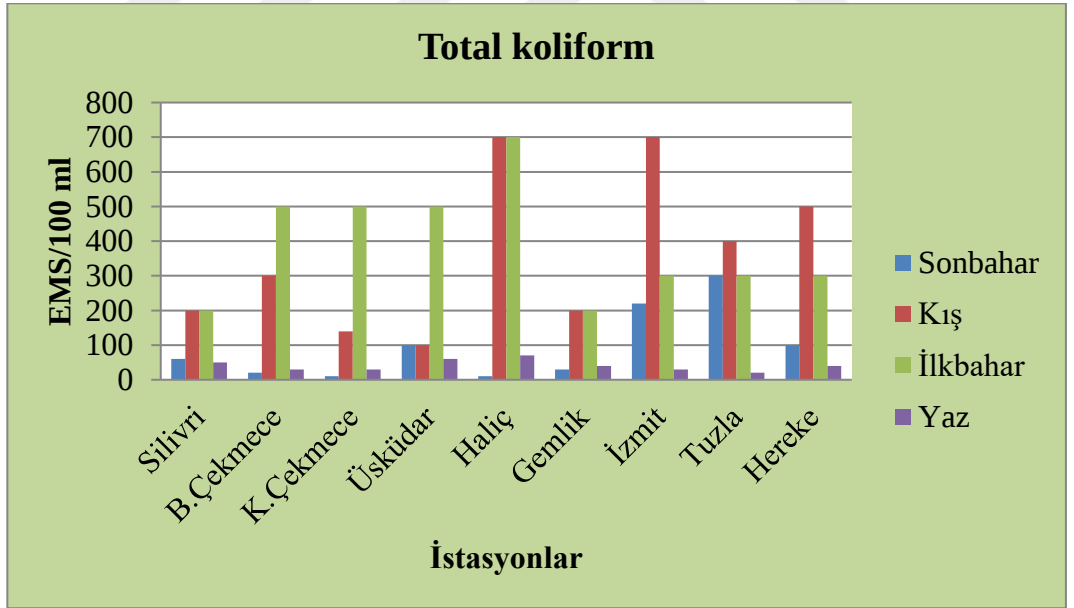
Şekil 4.11. Nitrat konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği



Şekil 4.12. Bor konsantrasyonlarının istasyonlara göre mevsimsel grafiği



Şekil 4.13. Fekal koliform sayısının istasyonlara göre mevsimsel grafiği



Şekil 4.14. Total koliform sayısının istasyonlara göre mevsimsel grafiği

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği çerçevesinde “Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri” ve “Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Kıyı ve Deniz Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler” (0,3 mg/L) ile karşılaştırıldığında, anyonik deterjan ortalama değerinin (0,174 mg/L) düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca pH değerinin (8,39), “Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri”ne (6 – 9) uygun olduğu bulunmuştur. Mikrobiyolojik analizler sonucunda elde ettiğimiz toplam koliform (TK) ve fekal koliform (FK) değerleri “Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Kıyı ve Deniz Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler”in (toplam koliform 1000 (EMS/100 mL), fekal koliform 200 (EMS/100 mL)) altında bulunmuştur (Resmi Gazete, 2004).

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’nde (Resmi Gazete, 2012) belirtilen “Genel ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri”nde Marmara Denizi için verilen değerler ile bulduğumuz ortalama değerler karşılaştırıldığında, çözünmüş oksijen ve nitrit+nitrat parametreleri açısından I. sınıf (çok iyi) su, fosfat parametresi açısından II. sınıf (iyi) su kalitesinde olduğu bulunmuştur (Tablo 4.3).

Table 4.3. Genel ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri (Resmi Gazete, 2012)

Parametreler	Su Kalite Sınıfları				Bu Çalışma
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (kirli)	
Çözünmüş oksijen (mg/L)	≥ 6	5	4	≤ 4	6,3
Toplam fosfor ($\mu\text{g/L}$)	< 14	14 - 21	22 - 30	> 30	15
Nitrit + Nitrat ($\mu\text{g/L}$)	< 14	14 - 20	21 – 34	> 34	1,937

Yine aynı yönetmelikte belirtilen “Yerüstü Su Kütlelerinin Trofik Seviyeleri Marmara Kıyı Suları Ötrofikasyon Kriterleri” (Resmi Gazete, 2016) ile nitrit+nitrat değerini karşılaştırdığımızda su kalitesi sınıfı oligotrofik, toplam fosfor değerini karşılaştırdığımızda su kalitesi sınıfı mesotrofik bulunmuştur (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Yerüstü Su Kütlelerinin Trofik Seviyeleri Marmara Kıyı Suları Ötrofikasyon Kriterleri (Resmi Gazete, 2016)

Su Kalite Sınıfları	Toplam fosfor (µg/L)	Nitrit+ Nitrat (µg/L)
Oligotrofik	< 14	< 14
Mesotrofik	21	20
Ötrofik	30	34
Hipertrofik	> 30	> 34
Bu çalışma	15	1,937

Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2006), Yüzme ve Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Suların Sağlaması Gereken Kalite Kriterlerine göre Metilen Mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeler sınır değeri kalıcı köpük oluşturmayacak seviyede ($\leq 0,3$ mg/L) olmalıdır. Bu çalışmada alınan yüzey suyu örneklerinde ortalama değer (0,174 mg/L), sınır değerinin altındadır.

Deniz suyunda yapılan çalışmalarda yaklaşık 5 – 6 mg B/L bor bulunabileceği belirtilmektedir. Bizim çalışmamızdaki ortalama bor değeri (4,12 mg/L) bu değerlerden düşüktür.

pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik, turbidite, anyonik deterjan, fosfat, amonyum, nitrit, nitrat ve bor miktarlarının istasyonlar arasında önemli farklılık gösterip göstermediğinin saptanması amacıyla yapılan “One-way ANOVA” testi sonucunda, sadece tuzluluk, iletkenlik ve turbidite miktarlarının istasyonlar arasındaki farklılığı istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$) (Tablo 4.5, 4.6, 4.7) bulunmuştur.

Tablo 4.5. One-Way ANOVA testi (Tuzluluk)

Tuzluluk	One-way varyans analizi
p değeri	p<0,0001
p anlamlılık	****
Farklılık anlamlı mıdır? (p < 0.05)	Evet
Grup sayısı	9
F değeri	8,71
R ² değeri	0,7207

Tablo 4.6. One-Way ANOVA testi (İletkenlik)

İletkenlik	One-way varyans analizi
p değeri	p<0,0001
p anlamlılık	***
Farklılık anlamlı mıdır? (p < 0.05)	Evet
Grup sayısı	9
F değeri	6,693
R ² değeri	0,6648

Tablo 4.7. One-Way ANOVA testi (Turbidite)

Turbidite	One-way varyans analizi
p değeri	0,015
p anlamlılık	*
Farklılık anlamlı mıdır? (p < 0.05)	Evet
Grup sayısı	9
F değeri	3,012
R ² değeri	0,4716

Tuzluluğu düşük olan Karadeniz sularının Marmara Denizi'ne ulaştığı bölgede bulunan 4. istasyon Haliç ve 5. istasyon Üsküdar'da tuzluluk ve buna paralel olarak iletkenlik parametreleri diğer istasyonlardan düşük değerlerdedir.

Turbidite 3. istasyon Küçük Çekmece ve 7. istasyon İzmit'te diğer istasyonlardan yüksek değerdedir. Bu istasyonlardan Küçük Çekmece'nin evsel ve endüstriyel atıkların denize taşınabileceği, organik ve inorganik yükün fazla olduğu tatlı su girdisine yakın olması, 7. istasyonun İzmit Körfez bölgesinde bulunması ve bu bölgede de evsel ve endüstriyel atık yüke bağlı olarak bulanıklığın artabileceği düşünülebilir.

Marmara Denizi'nde yapılan başka çalışmalarda elde edilen değerler ile bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerler karşılaştırılmıştır. Deterjan kirliliği ile ilgili Marmara Denizi'nde yapılan çalışmalarda bulunan deterjan değerleri bizim çalışmamızda bulduğumuz ortalama deterjan değerinden (174 µg/L) düşüktür.

Marmara Denizi'nde deterjan değerleri 1996 yılında 1,26-52,29 µg/L, 1997 yılında 1,57-74,98 µg/L arasında değişen değerlerde saptanmıştır. Bu çalışmada dip suyundaki deterjan miktarı yüzey suyundan fazla bulunmuştur (Güven ve ark., 1998). 2001-2002 yıllarında Çanakkale Boğazı'nda yapılan araştırmada deterjan konsantrasyonları Gelibolu'da 62,05 µg/L, Lapseki'de 105,80 µg/L bulunmuştur (Güven ve ark., 2002). Ayrıca 2005 yılında İstanbul Boğazı'nda en yüksek deterjan değeri 41,05 µg/L olarak Tarabya'da bulunmuştur (Güven ve ark., 2008).

İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı kıyı yüzey sularında anyonik deterjan LAS konsantrasyonu araştırılmıştır. Ocak ayında İstanbul Boğazı'nda 22,88 µg/L, Çanakkale Boğazı'nda 24,24 µg/L, Marmara Denizi'nde 26,06 µg/L; Ağustos ayında İstanbul Boğazı'nda 43,43 µg/L, Çanakkale Boğazı'nda 48,25 µg/L, Marmara Denizi'nde 42,15 µg/L olarak bulunmuştur. Mevsimler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0,05$) (Balcıoğlu, 2014a). Balcıoğlu (2014b)'nin Marmara Denizi'nde deterjan kirliliği ile ilgili yaptığı diğer çalışmada, anyonik deterjan konsantrasyonları 20,14 – 77,44 µg/L arasındaki değerlerde bulunmuştur. Yüksek değerler yoğun yerleşim bölgelerinin çevresindeki istasyonlarda bulunmuştur.

2004-2007 yılları arasında Marmara Denizi, Haliç ve İstanbul Boğazı'nın LAS kirliliği ile ilgili yapılan çalışmada elde edilen değerler bizim değerimizden (174 µg/L) yüksek bulunmuştur. Çalışmada yıllar için en yüksek LAS kirliliği, 2004 Ocak ayında Marmara Denizi'nde 243,99, Şubat 2005'te Haliç'te 204,86, Ocak 2006'da 271,40 ve Şubat 2007'de 164,64 µg/L bulunmuştur (Güven ve Çoban, 2013).

Tubitak MAM Çevre Enstitüsü tarafından Marmara Havzasında yapılan çalışmada, azot parametreleri, fiziksel parametreler ve toplam koliform ölçümleri yapılmıştır. Havza, azot parametresi açısından 3. ve 4. sınıf, renk, çözünmüş oksijen, demir ve toplam koliform parametreleri bakımından ise 3. sınıf olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2013). Çalışmada elde edilen değerler bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerden yüksektir.

Akkaya (2004) çalışmasında, Marmara Denizi'nde toplam fosfat konsantrasyonunun ortalama 0,3 µmol P/L düzeyinde olduğunu belirtmiştir. Fosfor için denizlerde ötrofikasyon sınırı 0,15 µmol P/L olarak kabul edildiğinden, Marmara Denizi'nin ötrofik bir yapıda olduğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda Marmara Denizi su kalitesi sınıfı, toplam fosfor değerine göre mesotrofik bulunmuştur.

Toplam oksitlenmiş azot için denizlerde ötrofikasyon sınırı 0,2 - 0,4 µmol N/L olarak verilmektedir. Marmara Denizinde ölçülen toplam oksitlenmiş azot (nitrat+nitrit) konsantrasyonlarının ortalama değerleri 0,45 - 0,7 µmol N/L aralığında bulunmuştur. Buna göre Marmara Denizi'nin ötrofik bir yapıda olduğu bildirilmiştir (Koçum, 2005). Bizim çalışmamızda Marmara Denizi su kalitesi sınıfı, nitrit+nitrat değerine göre oligotrofik bulunmuştur.

Marmara Denizi'nde 2006 yılında pH değerlerinde önemli düşüşler görülmüş, deniz suyunun asitleşmesi söz konusu olmuştur. Bunun nedenlerinin başında, "derin deniz deşarjı" denen, arıtılmadan yapılan deşarjların geldiği belirtilmiştir. pH ölçümlerinin deşarj noktalarında 40 ve 50 m. derinliklerde 6,48 olduğu tespit edilmiştir. Bu bölgelerde normal pH derecesi 7,9 - 8,1 arasında değişmekte, deşarj bölgelerinden uzaklaştıkça pH normal değerlerini korumaktadır (Okay ve ark., 2007). Bizim çalışmamızda da pH normal bir değerde (8,3) bulunmuştur.

Marmara Denizi'nde Prens Adaları'ndan alınan deniz suyu örneklerinde mikrobiyolojik ve fizikokimyasal analizler (su sıcaklığı, pH, Secchi disk derinliği ve amonyak) yapılmıştır. Ölçülen toplam koliform değerleri 5 ± 2 ile 26 ± 55 arasında, dışkı koliform değerleri ise izleme istasyonlarında 4 ± 2 ile 24 ± 50 arasında bulunmuştur. Sonuçlar, ulusal ve AB standartları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, derin deniz deşarjlarının ve deniz akıntılarının, koliform konsantrasyonunun pozitif bir şekilde seyreltilmesine katkıda bulunduğunu ve adaların kıyı bölgelerine yakın yerlerin, düzenlemelerin gerektirdiği kabul edilebilir değerlere sahip olduğunu göstermiştir (Aydınol Türkdoğan ve ark., 2012). Benzer şekilde bizim çalışmamızda da mikrobiyolojik analizler sonucunda elde ettiğimiz toplam koliform (TK) ve fekal koliform (FK) değerleri standart değerlerin altında bulunmuştur.

1984 – 2006 yılları arasında bulanıklığın, Marmara Denizi'nde gittikçe azalan oksijen miktarı, denize çevredeki yerleşim yerleri ve endüstri kuruluşlarından bırakılan atıkların etkisi ile oluştuğu bildirilmiştir. İzmit, Gemlik, Bandırma körfezlerindeki kağıt, gübre, azot sanayi gibi kuruluşlardan Marmara Denizi'nde ötrofikasyona neden olan fosfat, nitrat, amonyak bileşikler bırakıldığı, bu nedenle oksijen azlığı ve biyolojik prodüksiyonu artıran etkenler nedeniyle Marmara Denizi bulanıklığının gittikçe arttığı belirtilmiştir (Okay ve ark., 2007). Bizim çalışmamızda da turbidite yani bulanıklık değeri, Küçük Çekmece ve İzmit istasyonlarında diğer istasyonlardan yüksek bulunmuştur.

Gemlik Körfezi'nde deniz suyunun sıcaklık değerleri $8,7 - 28,3$ °C, tuzluluk değerleri $14,98 - 36,59$ ppt, çözünmüş oksijen değerleri $2,63 - 17,18$ mg-l⁻¹ arasında bulunmuştur. Nitrat + nitrit-N ($0,01 - 21,14$ µg-l⁻¹), amonyum-N ($0,02 - 1,93$ µg-l⁻¹), fosfat-P ($0,1 - 5,1$ µg-l⁻¹) ve silikat-Si ($0,08 - 33,06$ µg-l⁻¹) konsantrasyonları ölçülmüştür (Balcı ve ark., 2012). Bizim çalışmamızda da Gemlik istasyonunda sıcaklık değeri $12,9 - 24,3$ °C, tuzluluk değeri ‰ $18,7 - 25,2$, çözünmüş oksijen değerleri $4,54 - 7,83$ mg-l⁻¹ arasında normal değerlerde bulunmuştur. Ayrıca Nitrat + nitrit-N $1,937$ µg-l⁻¹, amonyum-N 125 µg-l⁻¹, fosfat-P 15 µg-l⁻¹ değerleri bu çalışmadaki değerlerden yüksektir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen kalite kriterlerine göre Marmara Denizi fosfat parametresi açısından II. sınıf su kalitesinde bulunmuştur. Fosfatsız deterjanlar kullanılmalı, çiftçiler bilinçlendirilmeli ve tarımda kullanılan fosfatlı gübreler uygun miktarlarda kullanılmalı, arıtım tesislerinde fosfat arıtımı yapılmalıdır.

Fosfat, biyolojik ve kimyasal yöntemler ayrı ayrı veya beraber uygulanarak uzaklaştırılabilir. Bunun için fosfor, kimyasal yöntemlerle fosfat tuzları halinde çöktürülebilir. Fosforun ileri olarak arıtılması için alglerin üretilip hasat edildiği alg lagünleri oluşturulabilir. Daha sonra algler hasat edilip, hayvan yemi olarak değerlendirilebilir ya da hammadde olarak biyogaz üretiminde kullanılabilir.

Evsel atık suların fosfat yükünün azaltılması için, deterjanlarda suyun sertliğinin giderilmesi için kullanılan fosfat yerine başka maddeler kullanılmalıdır.

Biyolojik olarak büyük oranda parçalanabilen yüzey aktif maddelerin kullanılması ve özellikle bitkisel kaynaklı doğal deterjanların kullanımının yaygınlaşması deterjan kirliliğinin önlenmesi açısından çok önemlidir.

Marmara Denizi'nin doğusundaki nüfus yoğunluğu çok olan yerleşim bölgeleri ve sanayi bölgelerine ait evsel ve endüstriyel atık suların arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra atık suların denize ulaşması sağlanmalıdır. Arıtım tesisi yoksa yapılmalı, bulunan arıtma tesisleri tam kapasite çalışmalı, kapasite yetersizse artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akçaalan, R., Kaleli, A. ve Köker, L. (2022). Distribution of marine benthic diatoms on the coasts of the sea of Marmara and their responses to environmental variables. *Journal of Marine Systems*, 234(2), 103780. doi: 10.1016/j.jmarsys.2022.103780

Akkaya, E. (2004, 13-15 Ekim). Marmara Denizinin mevcut kirlenme durumu ve çözüm önerileri. *I. Ulusal Çevre Kongresi*, Sivas.

Aksu, A., Taşkın, O. S. (2012). Organochlorine residue and toxic metal (Pb, Cd and Cr) levels in the surface sediments of the Marmara sea and the coast of İstanbul, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 1060–1062. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.02.018

Albayrak, S., Balkıs, H., Zenetos, A., Kurun, A., Kubanç, C. (2006). Ecological quality status of coastal benthic ecosystems in the sea of Marmara. *Marine Pollution Bulletin*, 52(7), 790-799. doi: 10.1016/j.marpolbul.2005.11.022

Altun, Ö., Türker Saçan, M. Kimiran Erdem, A. (2009). Water quality and heavy metal monitoring in water and sediment samples of the Küçükçekmece Lagoon, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 151(1-4), 345-362. doi:10.1007/s10661-008-0276-8

Anonymous. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19th Edition, APHA, AWWA, WPCF, Washington.

Anonymous. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st Edition, APHA, AWWA, WEF, Washington.

Anonim. (2013). *Havza koruma eylem planlarının hazırlanması: Marmara Havzası*. Tubitak MAM Çevre Enstitüsü, Kocaeli.

Aslan Yılmaz, A., Okuş, E., Oyez, S. (2004). Bacteriological indicators of anthropogenic impact prior to and during there covery of water quality in an extremely polluted estuary, Golden Horn, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 11-12. doi: 10.1016/j.marpolbul.2004.06.020

Aydınol Türkdoğan, F.İ., Kanat, G., Bayhan, H. (2012). Sea water quality assessment of Prince Islands' beaches in Istanbul. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(1), 149–160. doi:10.1007/s10661-011-1954-5

Balcı, M., Durmuş, T., Balkis Ozdelice, N. (2012). Seasonal variations in the environmental parameters and water quality status of the gulf of Gemlik in the Marmara Sea (Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(10a), 3059-3068.

Balcıoğlu, E.B. (2014a). Anionic detergent, LAS pollution in coastal surfacewater of the Turkish Straits System. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 20(1), 25-32.

Balcıoğlu, E.B. (2014b). Marmara Denizi Farklı Kıyısız Alan Yüzey Suyunda Anyonik Deterjan Kirliliği Üzerine Bir Ön Araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(021005), 39-44. doi:10.5578/fmbd.7917.

Balcıoğlu, E.B. (2019a). Seasonal changes of LAS, phosphate, and chlorophyll-a concentrations in coastal surface water of the Prince Islands, Marmara Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 230- 234. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.11.027

Balcıoğlu, E.B. (2019b). Gökçeada kıyısız alan yüzey suyunda anyonik deterjan ve fosfat kirliliğinin araştırılması. *Pamukale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(3), 280-285. doi: 10.5505/pajes.2018.65471

Balkis Ozdelice N., Balci, M. (2017). Assessment of phytoplankton and environmental variables for water quality and trophic state classification in the Gemlik Gulf, Marmara Sea (Turkey). *Marine Pollution Bulletin*, 115, 172-189. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.12.007

Barut, İ.F., Meriç, E., Yokeş, M.B. (2016). Assessment of recent and chalcolithic period environmental pollution using *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 from Yarımburgaz Cave, Northern Marmara Sea and the Bosphorus coasts. *Oceanologia*, 58(2), 135-149. doi: 10.1016/j.oceano.2016.01.001

Çağlar, S. (2009). *Küçükçekmece Koyu (Marmara Denizi) bentik ekosisteminin ekolojik kalite durumunun belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi] İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E., Candegir, F. (1993). *Av araçları ve avlama teknolojisi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Genel Yayın No: 162, Fakülte Yayın No: 4.

Dökmeci, A.H., Yıldız, T., Öngen, A., 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, 2449–2454. doi:10.1007/s10661-013-3551-2

Dursun, F., Taş, S., Koray, T. (2016). Springbloom of the Raphidophycean *Heterosigma akashiwo* in the Golden Horn Estuary at the North East of Sea of Marmara (Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(3), 201-207. doi:10.12714/egejfas.2016.33.3.03

Egemen, Ö. (2011). *Su kalitesi*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No:14, 7. Baskı, Bornova, İzmir, 150 s.

Erel, L. (1992). Marmara Denizi çevresinde 1950 – 1990 yılları arasında şehirleşme. *Türkiye Coğrafya Dergisi*, 27, 85-104.

Ergin, M., Saydam, A.C., Baştürk, Ö., Erdem, E., Yörük, R. (1991). 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*, 91, 269-285. doi:10.1016/0009-2541(91)90004-B

Ergül, H.A., Varol, T., Ay, Ü. (2013). Investigation of heavy metal pollutants at various depths in the Gulf of Izmit. *Marine Pollution Bulletin*, 73, 389-393. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.05.018

Güven, K.C., Ünlü, S., Okuş, E., Doğan, E., Eroğlu, V., Sarıkaya, H., Öztürk, I. (1998-Kasım). Karadeniz, İstanbul Boğazı ve Marmara Denizinde 1996-1997 yıllarına ait deterjan kirliliği. *Büyükşehirlerde Atık Su Yönetimi ve Deniz Kirlenmesi Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul.

Güven, K.C., Çetintürk, K., Alpaslan, M., Tekinay, A.A. (2002). Oil and detergent pollution of sea water in Dardanelles in 2001- 2002. *Turkish Journal of Marine Science*, 8, 121-130.

Güven, K.C., Çubukçu, N., İpteş, M., Özyalvaç, M., Cumalı, S., Nesimigil, F., Yalçın, A. (2008). Oil and detergent pollution in the surface waters and sediments of the Istanbul Strait, Golden Horn, Izmit Bay (Sea of Marmara), Çanakkale Strait, Ali Ağa (Aegean Sea) in 2005-2007. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 14, 205-220.

Güven, K.C., Çoban, B. (2013). LAS pollution of the Sea of Marmara, Golden Horn and Istanbul Strait (Bosphorus) during 2004-2007. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 19(3), 331-354.

Kanat, G., İkizoğlu, B., Ergüven, G.Ö., Akgün, B. (2018). Determination of pollution and heavy metal fractions in Golden Horn sediment sludge (Istanbul, Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(6), 2605-2611. doi:10.15244/pjoes/80805

Kayhan, F.E., Sesal, N.C., Güldür, S. (2016). Kara midyelerin (*Mytilus galloprovincialis*) gram-negatif bakteri florasının tespiti. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 66-69. doi:10.7240/mufbed.79713

Keskin, Y., Başkaya, R., Özyaral, O., Yurdun, T., Lüleci, N.E. Hayran, O. (2007). Cadmium, Lead, Mercury and Copper in fish from the Marmara Sea, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78, 258-261. doi:10.1007/s00128-007-9123-9

Kimiran Erdem, A., Kimiran Erdem, E.Ö., Gürün, S., Altun, Ö. (2015). Determination of multiple antibiotic and heavy metal resistance of the bacteria isolated from the Küçükçekmece Lagoon, Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(3), 1077-1084. doi:10.15244/pjoes/29202

Kocum, E. (2005). Analysis of chlorophyll a and dissolved nutrients in the Çanakkale Strait. *Ecology*, 15(57), 1-6.

Lean, G., Hinrichsen, D., Markham, A. (1990). *Atlas of the environment*. Prince Hall Press.

Markoç, E., Okay, O.S., Tolun, L., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H., Legoviç, T. (2001). Towards a clean Izmit Bay. *Environment International*, 26(3), 157-161. doi:10.1016/S0160-4120(00)00103-3

Mater, B. (1992). Marmara Denizi'nde *kara kaynaklı deşarjların dağılımı ve kullanılabilir deniz alanları*. MBB-Fatih Rotary Kulübü, İstanbul.

Mol, Ş., Üçok Alakuyuk, D. (2011). Heavy metals in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Marmara Sea, Turkey. *Biological Trace Element Research*, 141, 184-191. doi:10.1007/s12011-010-8721-2

Okay, A.I., Mater, B., Artüz, O.B., Gürseler, G., Artüz, M.L., Okay, N. (2007). *Bilimsel açıdan Marmara Denizi*. Editör M. Levent Artüz.

Okay, O.S., Karacık, B., Henkelmann, B., Schramm, K.W. (2011). Distribution of organochlorine pesticides in sediments and mussels from the Istanbul Strait. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176, 51–65. doi:10.1007/s10661-010-1566-5

Orhon, D., Sözen, S., Kırca, V.S.O., Duba, S., Mermutlu, R., Sümer, B.M. (2021). Pollutant dynamics between the Black Sea and the Marmara Sea: Basis for wastewater management strategy. *Marine Pollution Bulletin*, 168(7), 112388. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112388

Özden, Ö., Ulusoy, Ş. Erkan, N. (2010a). Study on the behavior of the trace metal and macrominerals in *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Marmara Sea, Turkey. *Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5, 407-412. doi:10.1007/s00003-009-0544-8

Özden, Ö. (2010b). Seasonal differences in the trace metal and macrominerals in shrimp (*Parapenaeus longirostris*) from Marmara Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 162, 191-199. doi:10.1007/s10661-009-0787-y

Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C.M. (1984). *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Pres, New York, 173 p.

Peker, F. (2007). *İstanbul Boğazı deniz kirliliğine sebep olan kirlетici kaynaklar ve su kalitesinin değişimleri*. [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Pekey, H. (2006a). Heavy metal pollution assessment in sediments of the Izmit Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 123, 219–231. doi:10.1007/s10661-006-9192-y

Pekey, H. (2006b). The distribution and sources of heavy metals in Izmit Bay surface sediments affected by a polluted stream. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 1197–1208. doi: 10.1016/j.marpolbul.2006.02.012

Resmi Gazete. (2004). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*. Sayı: 25687.

Resmi Gazete. (2006). *Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği*. Sayı: 26048.

Resmi Gazete. (2012). *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği*. Sayı: 28483.

Resmi Gazete. (2016). *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*. Sayı: 29797.

Solmaz, S.K.A., Yonar, T., Üstün, G.E. (2000, 11-12 Kasım). Gemlik Körfezi'nde karasal kaynaklı kirlilik envanteri. *Marmara Denizi Sempozyumu*, İstanbul.

Taş, S., Okuş, E., Aslan Yılmaz, A. (2006). The blooms of a Cyanobacterium, *Microcystis cf. aeruginosa* in a severely polluted Estuary, the Golden Horn, Turkey. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 68, 593-599. doi:10.1016/j.ecss.2006.02.025

Taş, S., Yılmaz, I.N., Okuş, E. (2009). Phytoplankton as an indicator of improving water quality in the Golden Horn Estuary. *Estuaries and Coasts*, 32, 1205–1224. doi:10.1007/s12237-009-9207-3

Taşdemir, Y., Payan, F. (2000, 11-12 Kasım). Bursa'daki tekstil sanayinden kaynaklanan klasik hava kirleticilerin karakterizasyonu. *Marmara Denizi Sempozyumu*, İstanbul.

Taşdemir, Y. (2002). Marmara Denizi: Kirleticiler ve çevre açısından alınabilecek tedbirler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1), 39-45.

Tolun, L., Okay, O.S., Gaines, A.F., Tolay, M., Tüfekçi, H., Kıratlı, N. (2001). The pollution status and the toxicity of surface sediments in Izmit Bay (Marmara Sea), Turkey. *Environment International*, 26, 163-168. doi:10.1016/s0160-4120(00)00096-9

Topçuoğlu, S., Kırbaçoğlu, Ç., Yılmaz, Y.Z. (2004). Heavy metal levels in biota and sediments in the Northern Coast of the Marmara Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96, 183–189. doi:10.1023/B:EMAS.0000031726.01364.47

Tuzcu Kokal, A., Olgun, A., Musaoğlu, N. (2022). Detection of mucilage phenomenon in the Sea of Marmara by using multi-scale satellite data. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 585. doi:10.1007/s10661-022-10267-6.

Tüfekçi, V., Okuş, E. (1998, 1-4 Kasım). Karadeniz-İstanbul Boğazı Kıştağı, Boğaz ve Boğazın Marmara Denizi çıkışındaki fitoplankton dağılımı. *Büyükşehirlerde Atıksu Yönetimi ve Deniz Kirlenmesi Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul.

Türk Çulha, S., Koçbaş, F., Gündoğdu, A., Birol, B., Çulha, M., Topçuoğlu, S. (2011). The seasonal distribution of heavy metals in mussel sample from Yalova in the Marmara Sea, 2008–2009. *Environmental Monitoring and Assessment*, 183, 525–529. doi: 10.1007/s10661-011-1937-6

Ünlü, S., Topçuoğlu, S., Alpar, B., Kırbaşoğlu, Ç., Yılmaz, Y.Z. (2008). Heavy metal pollution in surface sediment and mussel samples in the Gulf of Gemlik. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144, 169-178. doi:10.1007/s10661-007-9986-6

Yaşar, D., Aksu, A.E., Uslu, O. (2001). Anthropogenic pollution in Izmit Bay: Heavy metal concentrations in surface sediments. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 25, 299-313.

Yümün, Z.Ü. (2017). The effect of heavy metal pollution on Foraminifera in the Western Marmara Sea (Turkey). *Journal of African Earth Science*, 129, 346-365. doi: 10.1016/j.jafrearsci.2017.01.023

Yüksek, A., Okuş, E., Yılmaz, I.N., Aslan Yılmaz, A., Taş, S. (2006). Changes in biodiversity of the extremely polluted Golden Horn Estuary following the improvements in water quality. *Marine Pollution Bulletin*, 52(10), 1209-1218. doi: 10.1016/j.marpolbul.2006.02.006