KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KUMLA VE HİSAR DERELERİ'NDE (KOCAELİ) EVSEL VE ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN BAZI SUCUL CANLILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

BERİL ÖMEROĞLU

KOCAELİ 2024

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KUMLA VE HİSAR DERELER'İNDE (KOCAELİ) EVSEL VE ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN BAZI SUCUL CANLILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

BERİL ÖMEROĞLU

Prof.Dr. Arzu MORKOYUNLU
Danışman, Kocaeli Üniv. **……**

Doç.Dr. Hamdi AYDIN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. **……**

Prof.Dr. Zehra Arzu BECER ÖCAL
Jüri Üyesi, Akdeniz Üniv. **……**

Tezin Savunulduğu Tarih: 06.02.2024

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirtilen yazım kurallarına göre tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez / proje çalışmasında,

- Bu tezin / projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğ u ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin / Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez / proje çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

- Bu tez / proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Kocaeli Üniversitesi, bilimsel araştırmalar proje birimi (BAPB) tarafından FYL-2022-2984) kapsamında maddi / alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

……

Beril Ömeroğlu

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin / projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimive tezimin / projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yeralan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan ***"Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin / projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin / projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.
- Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

……..
Beril Ömeroğlu

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, tezimde büyük katkı sağlayan ve bilgi, tecrübelerinden yararlandığım, OMNIDIA 6.1 programı kullanarak trofik diyatom indekslerinin hesaplanmasın da tezime değer katan danışman hocam Prof.Dr. Arzu MORKOYUNLU 'ya, Kocaeli Üniversitesi, BAP Birimine yüksek lisans tez çalışmam için vermiş olduğu (FYL-2022-2984) destekden dolayı çok teşekkür ederim.
Yüksek lisans eğitim hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen, eğitim hayatıma değer katan değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Mutlu ÇELİK, Dr. Öğr. Üyesi Nadide SEYHUN' a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Çalışmalarımın gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen DSİ 15. Şube Müdürlüğü Çevre Mühendisi Serkan KADER, DSİ Genel Müdürlüğü Etüt, Planlama ve Tahsisleri Daire Başkanlığı Çevre Şube Müdürlüğü Sahra KOCA ve Laborant Yardımcısı Hatice Tuba ÖZBEK, İSU Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkan'ı Doç.Dr. Burak KIZILÖZ, her zaman yanımda ve yardımcı olan değerli Yüksek Mühendis Füsun ÖNCÜ' ye çok teşekkür ederim. Saha çalışmalarım esnasında yardımcı olan değerli babam Celal Naci ÖMEROĞLU' na teşekkür ederim.

Benim ilerlemem de her zaman maddi ve manevi yanımda olan ve her türlü desteklerini esirgemeyen çok değerli annem Neslihan ÖMEROĞLU' na ve hayatımın anlamı canım oğlum Tuna Efe'ye, desteklerini esirgemeyen değerli dostlarım Gönül AĞAHAN, Nazan ERİŞEN, Merve Akyol, Av. Şirin Şeyma BULUT, Ezgi ÇAM ve Doç.Dr. Melike YAVUZ TOPALOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Ocak – 2024 Beril ÖMEROĞLU

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
TABLOLAR DİZİNİ vii
ÖZET viii
ABSTRACT ix
1. GİRİŞ 1
1.1. Sucul Kaynaklar Üzerine Çevresel Etkiler 1
1.2. Türkiye ve Kocaeli İli Su Kaynakları 2
1.3. Su Kaynaklarının Ekolojik Durum ve Potansiyel Sınıflandırması 4
1.4. Literatür Özetleri 5
1.5. Çalışmanın Amacı 7
2. MALZEME VE YÖNTEM 8
2.1. Kumla Deresi 8
2.1.1. Kumla Deresi 1. İstasyon 9
2.1.2. Kumla Deresi 2. İstasyon 10
2.1.3. Kumla Deresi 3. İstasyon 11
2.2. Hisar Deresi 12
2.2.1. Hisar Deresi 1. İstasyon 12
2.2.2. Hisar Deresi 2. İstasyon 13
2.2.3. Hisar Deresi 3. İstasyon 14
2.3. Derelerin Su Kalitesi Özelliklerinin Tespiti 14
2.4. Bazı Kimyasal ve Ağır Metal Analizleri 15
2.5. Mikrobiyolojik Analiz 15
2.6. Derelerdeki Fitobentoz Örneklenmesi, Teşhisi ve Sayımı 15
2.7. Analizler 17
2.7.1. Baskınlık Analizi 17
2.7.2. Benzerlik Analizi 17
2.7.3. Çeşitlilik Analizi 18
2.7.4. Düzenlilik Analizi 18
2.7.5. Dereler İçin Trofik Diyatome İndeksleri 19
3. BULGULAR 19
3.1. Derelerin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 19
3.1.1. Sıcaklık 19
3.1.2. Elektriksel İletkenlik (EC) 20
3.1.3. pH 20
3.1.4. Çözünmüş Oksijen Değerleri 21
3.1.5. Nitrat azotu (NO_3-N) 22
3.1.6. Toplam Fosfor 23
3.2. Örnekleme İstasyonlarında Belirlenen Bazı Su Kalitesi ve Mikrobiyolojik Parametreler 24
3.3. Derelere ait *Escherichia coli* Değerleri 25
3.4. Derelerin Mikroalg Kompozisyonu 26
3.5. Baskınlık Analizi 28

3.6. Benzerlik Analizi 28
3.7. Çeşitlilik ve Düzenlilik Değişimi 28
3.8. Diyatome İndeksleri 28
3.9. Derelerin Ekosistemi 29
4. TARTIŞMA VE SONUÇ 29
KAYNAKLAR 36
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 39
ÖZGEÇMİŞ 40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Araştırma Yapılan Dereler ve İzmit Körfezi ……..……... 9
Şekil 2.2. Kumla Deresi 1.İstasyon……...……..… 10
Şekil 2.3. Kumla Deresi Diyatome Örneklemesi..…….…….... 10
Şekil 2.4. Kumla Deresi 2. İstasyon …….……..... 11
Şekil 2.5. Kumla Deresi 2. İstasyon Örnek Alımı …….. 11
Şekil 2.6. Kumla Deresi 3. İstasyon …….…… 12
Şekil 2.7. Kumla Deresi Kirlilik Örnekleri……..... 12
Şekil 2.8. Hisar Deresi 1. İstasyon…….……..…. 14
Şekil 2.9. Hisar Deresi 2. İstasyon……..…. 14
Şekil 2.10. Hisar Deresi 3. İstasyon……...… 15
Şekil 3.1. Su sıcaklık değerleri…….. 20
Şekil 3.2. Elektriksel iletkenlik değerleri…… 21
Şekil 3.3. Derelere ait pH değerleri…… 21
Şekil 3.4. Derelere ait çözünmüş oksijen değerleri…… 23
Şekil 3.5. Derelere ait nitrat azotu değerleri…… 24
Şekil 3.6. Derelere ait toplam fosfor değerleri…… 25
Şekil 3.7. Derelerde tespit edilen bazı diyatome türleri……...29
Şekil 3.8. En fazla bulunan türlerin derelerdeki dağılımı (birey sayısı/n)…… 29
Şekil 3.9. Kumla Deresi'nde tespit edilen diğer türler…… 31

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Kumla Deresi araştırma istasyonlarına ait koordinatlar…..……... 9
Tablo 2.2. Hisar Deresi araştırma istasyonuna ait koordinatlar……..……...… 13
Tablo 3.1. Derelerin fiziko kimyasal parametreleri (2023)...…….……... 25
Tablo 3.2. Derelerde tespit edilen bazı ağır metal değerleri (2023)…….…… 26
Tablo 3.3. Derelerde tespit edilen bakteri değerleri (2023) …… 27
Tablo 3.4. Derelerde tespit edilen mikroalg türleri……. 27
Tablo 3.5. Derelere ait indeks değerleri…….. 30

KUMLA VE HİSAR DERELERİNDE (KOCAELİ) EVSEL VE ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN BAZI SUCUL CANLILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında, Kocaeli İlinin sanayi ve kentsel yaşamın yoğunlukta olduğu alanlardan geçen Hisar deresi ve Kumla deresinin fiziko-kimyasal özellikleri ve su canlılarına olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, her iki dere üzerinde seçilen 3'er istasyon olmak üzere toplam 6 istasyondan Kasım 2023 yılında örnekleme yapılmıştır. Dereler üzerinde seçilen istasyonların farklı çevresel etkilere sahip olmasından dolayı, tespit edilen türlerde kalitatif ve kantitatif olarak farklılık göstermiştir. Araştırmada, Bacillariohyceae'ye ait 58, Chlorophyceae'ye ait 2, Cyanophyceae'ye ait 3 ve Euglenophyceae sınıfına ait 2 takson tespit edilmiştir. Çalışmada, *Cocconeis pediculus, Diatoma vulgaris, Navicula radiosa, Nitzschia linearis, Nitzschia recta, Ulnaria capitata ve Ulnaria ulna* taksonları bol olarak tespit edilmiştir. Derelerden alınan örneklemede, mevsime bağlı olarak diyatomeler dışında diğer gruplara daha az rastlanılmıştır. OMNIDIA 6.1 programı kullanılarak, Trofik Diyatome İndeksi (TDI) hesaplanmıştır. Ayrıca, Trofik İndeks Türkiye (TIT) değeri de hesaplanmıştır. Kumla deresi istasyonlarının trofik indeks değerleri sırasıyla, TDI: 54,25 ; TIT: 2,5; TDI:58,86 ; TIT: 3,2; TDI:65,86; TIT: 3,5 olarak belirlenmiştir. Hisar deresi istasyonlarının trofik indeks değerleri sırasıyla, TDI: 52,74; TIT: 2,3; TDI: 57,16; TIT: 3,4; TDI:68,96; TIT: 3,7 olarak tespit edilmiştir. Dereler genel olarak değerlendirildiğinde, orta kalite sular grubunda yer aldıkları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevre, Dere, Fitobentoz, Yüzey Su Kirliliği.

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF DOMESTIC AND INDUSTRIAL WASTES ON SOME AQUATIC LIFE IN KUMLA AND HİSAR STREAMS (KOCAELİ)

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the physico-chemical properties and the effects on aquatic organisms of Hisar Creek and Kumla Creek, which pass through the industrial and urban areas of Kocaeli province. In this research, a total of 6 stations, 3 stations selected on both streams, were sampled in November 2023. Since the stations selected on the streams have different environmental effects, the determined species differed qualitatively and quantitatively. In the study, 58 taxa belonging to Bacillariohyceae, 2 taxa belonging to Chlorophyceae, 3 taxa belonging to Cyanophyceae and 2 taxa belonging to Euglenophyceae were determined. The *Cocconeis pediculus, Diatoma vulgaris, Navicula radiosa, Nitzschia linearis, Nitzschia recta, Ulnaria capitata* and *Ulnaria ulna* taxa were abundant in the study. In the sampling taken from the streams, other groups other than diatoms were found less frequently depending on the season. Trophic diatom indices were calculated using OMNIDIA 6.1 software. Trophic Index Turkey (TIT) value was also calculated. The trophic index values of Kumla stream stations are, respectively, TDI: 54,25; TIT: 2,5; TDI: 58,86; TIT: 3,2; TDI: 65,86; TIT: 3,5. Trophic index values of Hisar stream stations were, respectively, TDI: 52,74; TIT: 2,3; TDI: 57,16; TIT: 3,4; TDI: 68,96, TIT: 3,7. When the streams were evaluated in general, it was determined that they were in the group of medium quality waters.

Keywords: Environment, Stream**,** Phytobenthos, Surface Water Pollution.

1. GİRİŞ

Bulunduğumuz yüzyıl içerisinde, insanların yaşam şekilleri, büyük şehirlere yapılan genellikle sosyo-ekonomik göç nedenleriyle ve bilinçsiz yapılan şehirleşmeler neticesinde yaşanan kirlilikler farklı boyutlara ulaşmıştır. Endüstriyel faaliyetlerin artışı, mevsimsel değişiklikler ve küresel ısınma ekosistem üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuştur. Bu faktörlerin, sucul ekosistem üzerine olan etkileri hem fiziksel hem de kimyasal olarak yaşamsal döngüyü oldukça olumsuz etkilemektedir. Sucul ekosistemlerle birlikte, yaşamsal diğer kaynakların korunması için önlemlerin sürdürülebilir yönetilmesi çok önemlidir. Bu sürecin sağlıklı yönetilmesi adına gerekli su politikaları oluşturularak ve en önemlisi bireysel bilinç kazandırılarak, kirliliğin önüne geçilmesi en önemli konuyu oluşturmaktadır.

1.1. Sucul Kaynaklar Üzerine Çevresel Etkiler

Su kaynakları hayatın temelini oluşturan ve tüm canlılar için vazgeçilmez temel bir unsurdur. Doğal yapısı, çevresel faaliyetlerden olumsuz etkilenmemiş bir akarsuda ekolojik bir denge mevcuttur. Ekolojik denge bozunuma uğradığında sucul sistemin yaşam ortamı ve canlıları da olumsuz etkilenmektedir. Teknolojik gelişmeler, insan nüfusunun düzensiz artışı, göçler, beşerî faaliyetler ve jeolojik yapılar sucul sistemler ve su kalitesi üzerinde oldukça etkilidir. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, atık suyun %95'nin, sanayi atıklarının da %70'nin arıtım işlemleri uygulanmadan su kaynaklarına deşarj edilmesi sonucunda, sucul canlıların yaşam kalitesiyle birlikte, dünyada 1.4 milyar insan da temiz suya erişim imkanından mahrum olmaktadır (Menteşe, 2017). Evsel ve endüstriyel atıkların hiçbir işleme tabii tutulmadan çevreye verilmesi, izinsiz su kuyuları, tarımsal ilaçlar ve gübreler, kanalizasyon sistemlerinin bulunmaması gibi durumlar, yer altı sularını da olumsuz etkilemektedir. Çevresel etkilerden olumsuz etkilenen göl ve göletlerde, ötrofikasyon problemleri yoğun olarak tespit edilmektedir (Kaplan ve diğ., 1999).

Sucul sistemlere karışan ve kirlilik oluşturan etkenler, içerdikleri organik maddeler nedeniyle su da çözünmüş oksijen madde miktarını etkilemektedir. Bu organik, inorganik ve kimyasal bileşikler aynı zamanda suyun yapısını da doğrudan etkileyip bozabileceği içinde canlılar üzerinde ölümlere varan sonuçlara neden olabilmektedir.

Kirletici etmenlerin içerisinde bulunan birtakım kimyasallar zehirli maddeler, pestisitler ve ağır metaller sucul canlıların sağlığını olumsuz etkilediği gibi bu canlıları tüketenlerin sağlığını da doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Su ekosistemi; su temini, biyolojik çeşitlilik, balıkçılık, iklim düzenleme, turizm gibi birçok alana hizmet sağlamaktadır. Bu alanların sürdürülebilirliği açısından da su kaynaklarının doğru yönetilmesi oldukça önemlidir (Tema, 2023). Doğal afetler (sel, tsunami, taşkın, heyelan, fırtına, çığ, v.d.) sonucu hem su kaynakları hem de enerji kaynakları olumsuz etkilenmektedir. Bununla birlikte, beşeri faaliyetlerin plansız yapılması, ormanlık alanların, verimli toprakların tahribata uğraması hatta yok edilmesi, yabani hayatın ve sucul canlıların zarar görmesi, doğal alanlarının korumaya alınmaması ve turizm gibi faaliyetlere açılması, tarım ve balıkçılık alanlarının da amacına uygun kullanılmak yerine imar ve turizme açılması ya da diğer sosyo-ekonomik nedenlerle balıkçı ve çiftçilik ile yaşamını idame ettiren insanların kaynakları zarar gördüğü için kullanılamaması da su ekosistemini olumsuz etkileyen faktörlerdir (Güler, 2015).

1.2. Türkiye ve Kocaeli İli Su Kaynakları

Coğrafik olarak yedi bölge ve yirmi beş nehir havzasına sahip olan Türkiye, biyoçeşitlilik açısından oldukça zengin bir ülkedir. İklim değişiklikleri ve coğrafi konuma bağlı olarak su kaynaklarının mevcut kapasitesi ve özellikleri değişim göstermektedir. Ülkemizde kullanılabilir yer üstü ve altı su kaynaklarının tahmini olarak miktarı 112 milyar m^3 ve yıllık ortalama yağış hacmi yıllara göre farklılık göstermekle birlikte yaklaşık 450 milyar m^3'tür. Günümüzde, küresel ısınmanın da etkisiyle, konumu itibariyle yarı kurak iklim bölgesi içerisinde bulunan Türkiye, tuzlu ve tatlı sucul sistemden daha da etkin faydalanabilmesi için; kalite parametrelerinin daha sağlıklı hale gelmesi, kapasitenin arttırılması, suyun korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, takip edilebilir olmasını sağlamak amacıyla gerekli çalışmalar başlatılmış ve devam etmektedir (Anonim, 2022). AB uyum yönetimi aşamasında alınan kararlar neticesinde, nitrata hassas alanlar, hassas su kütleleri, ülkemize özgü çevresel kirleticilerin belirlenmesi, sucul kaynakların iyileştirilmesi düşüncesiyle, Su Çerçeve Direktifi ve benzeri standartlar uygulanmaya başlanmıştır. Türkiye' de çevreyi korumak, iyileştirmek ve geliştirmek amacıyla ilgili bakanlıklar vasıtasıyla yasal süreç ve projeler uygulamaya alınmıştır. Bu bağlamda ülkemizde bulunan yirmi beş havza da gerekli

çalışmalar başlatılmış, havzalarda bulunan nehir havzaları için ayrıca Avrupa Birliği nehir takip ve izleme programı hazırlanmıştır. Bakanlıklar, Tübitak ve üniversiteler ortak projeler yürütmeye başlamıştır. Su Çerçeve Direktifi, Nitrat Direktifi ve ülkemizdeki çeşitli yönetmelikler kapsamında yürütülen bu projeler sonucunda, havzalar için "Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023)' de hazırlanmıştır. (Anonim, 2022; Tema, 2023).

Kocaeli ili sınırlarında yer alan sucul kaynakların bir bölümü Karadeniz'e bir bölümü de Marmara Denizine ulaşmaktadır. İlin akarsuları, Kumla-Akarca, Kiraz, Aygır, Koca, Bakırcı, Ayani, Çınarlı, Çenesuyu, Hisar, Burma, Kavak, Büyükışla, Domuz, Zeytin, Ayvacık, Kıble, Hamza, Hereke, Sarmaşık, Ağa, Keten, Aydınbey, Değirmendere, Halı, Ulaşlı Yalak, Saz, Dil, Köy, Gıcık, Açma, Hamamsu derelerinden oluşmaktadır. Sapanca Gölü, Sakarya ve Kocaeli İllerinin sınırları içinde yeralan bir tatlı su gölü olup, çevre yerleşimleri için önemli bir içme ve kullanma suyu kaynağıdır. Yuvacık Barajı, Kocaeli ili Merkez Yuvacık beldesinin yaklaşık 1,5 Km. güney doğusunda yer alan baraj, İzmit ve çevresinin içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacını karşılamak üzere planlaması yapılmış ve 1983 yılında onaylanmıştır. Karamürsel İhsaniye Barajı, Kocaeli İli Karamürsel İlçesi İhsaniye Mahallesinin yaklaşık 0,7 Km. kuzey doğusunda yer alan Yalak Deresinin yan kollarından biri olan Sulu Dere üzerinde kurulmuştur. İzmit-Çayırköy Selkapanı (1975), İzmit-Bıçkıdere, İzmit- Şeytandere, İzmit-Bayraktar, İzmit-Kurtdere, Kandıra-Sarnıçlar Selkapanı (1992), İzmit- Hatipdere Selkapanı (1977) taşkın kontrol yapısı olarak inşa edilmiştir. Kandıra-Arıklar Göleti ve Sulaması (Basınçlı), Karamürsel-Kızderbent Göleti ve Sulaması (Basınçlı) işletmeye alınmış olup, Kandıra-Safalı Göleti gövde inşaatı tamamlanmış ve Basınçlı Sulama inşaatı başlamış, Karamürsel İnebeyli Göletinin ise gövde inşaatı tamamlanmıştır. Kocaeli sınırları içinde kalan ve hidrojeolojik etüdü yapılmış olan ovalar yeraltı suyu açısından zengindir. Yeraltı suyu potansiyeli 74,0*106 m^3/yıl 'dır (Anonim, 2023a). Kocaeli bölgesinde, su kirliliğinin önlenmesi amacıyla her bir alıcı su ortamı için; kanalizasyon şebekesinin yapılması ya da yenilenmesi, arıtma tesisi /deniz deşarjı /depolama alanları yapılması, yerleşim merkezinde foseptik kullanılması, yönetmelikler çerçevesinde denetim yapılması, sanayi kuruluşlarının atıksuları için deşarj izni alması, toplumsal bilgilendirilme ve bilinçlendirme faaliyetleri gibi tedbirler alınmaktadır. Kocaeli ili genelinde oluşan evsel atıksuların %99'u kollektör hatlarına bağlı olup, İzmit Körfezi'ni

çevreleyen 22 adet atıksu arıtma tesisinde (AAT) arıtılmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinin 6 adedi İleri Biyolojik AAT, 4 adedi Konvansiyonel AAT, 11 adedi Modüler AAT ve 1 adedi de Doğal AAT'dir. 2018 yılında arıtılan atıksu miktarı 154.086.923 m3 /yıl'dır (Anonim, 2023a).

1.3. Su Kaynaklarının Ekolojik Durum ve Potansiyel Sınıflandırması

Su Çerçeve Direktifi kapsamında temel hedef, tüm su kütlelerinde en az iyi ekolojik su durumunun sağlanabilmesi için çalışmalar yapmaktır. Sucul sistemlerde, ekolojik durumun iyileştirebilmesi için, öncelikle tüm su kütlelerinin ekolojik durumunun detaylı bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesi gereklidir. Fiziksel, kimyasal, biyolojik öğeleri barındıran bu sistemlerde ekolojik durum ve potansiyel sınıflandırma aşağıdaki alt başlıklarda incelenmektedir:

- Su sisteminde bulunan, fitoplankton, fitobentoz, makrofit, bentik makro omurgasız ve balık faunası biyolojik kalite bileşenlerine göre yapılandırılması sağlanmalı,
- Suyun hidromorfolojik, fizikokimyasal ve kimyasal durumu incelenerek, biyolojik kalite bileşenleriyle birlikte değerlendirilmesi,
- Sucul sistem tiplerinin belirlenmesi ve bu veriler ışığında tipe özgü referans şartlara dayalı olması,
- Su kaynakları kalite sınıfları izleme sisteminden elde edilen verilerin mevcut durumu yansıtan referans şartlar ile karşılaştırılması ile belirlenmesi,
- Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda, Su Çerçeve Direktifinde yer alan su kalite sınıfından biri (çok iyi, iyi, orta, zayıf ve kötü durum) olarak sınıflandırılması,
- Su kütlelerinin araştırılması ve sonucunda elde edilen verilerin değerlendirmesinde biyolojik kalite bileşenlerinin kompozisyonu, bolluğu, çeşitliliği ve hassas türlerin varlığı gibi parametrelerin raporlanmasıdır.

Yaşam kaynağı olan su kütlelerinde, ekolojik durumun iyileştirilmesi ve bu su kütlelerinin en az iyi ekolojik duruma getirilmesi için yapılması gereken genel çerçeve belirlenmiştir (Aksu ve diğ., 2019). Biyolojik parametrelerin izlenmesinde ve değerlendirilmesinde farklı indeksler kullanılmaktadır. Sucul sistemlerin trofik durumlarının değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerden biri de fitobentoz türleridir. Avrupa'da yürütülen çalışmalarda Su Çevre Direktifi (SÇD)'nde yer alan fitobentoz kalite unsuru başlığı altında ülkemizde de diyatomelerın kullanılması tavsiye

edilmektedir.

Sucul kaynakların trofik durumu belirlemek için yapılan diyatom indeks hesaplamalarında, en yaygın kullanılan OMNIDIA yazılım programı olup, çoğunlukla nehir diyatomeleri kullanılarak geliştirilmiştir ve su kalite sınıfının belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Çetin, 2014).

1.4. Literatür Özetleri

Ekosistemin sürdürülebilir olması için, yaşam kaynağı olan su kaynaklarının korunması oldukça önemlidir. Özellikle de Kocaeli gibi ağır sanayinin yer aldığı bölgede, su kaynaklarının düzenli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi önemli konulardan biridir. Marmara ve Sakarya havzasında yer alan bu bölgede, sucul kaynakların trofik durumlarının değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla birçok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu havzada yapılan hidrolojik, limnolojik, ekolojik ve su kalitesine yönelik çalışmaların bazıları şunlardır:

Kocaeli Bölgesinde yer alan Sarısu deresinin mikrobiyolojik ve kimyasal kirlenmeye neden olan etmenlerin tespiti üzerine yapılan bir çalışmada; mikrobiyolojik kirlilik indikatorü olarak kabul edilen *Escherichia coli* değerlerinin dünya sağlık örgütü (WHO) ve İstanbul Su ve kanalizasyon idaresi (İSKİ) standartlarının altında olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, kimyasal parametrelerde ise de kadmiyum değerlerinin İSKİ standartlarının üstünde olduğu ve su kalitesinin II-III. kalite su sınıfında olduğu belirtilmiştir (Papila, 1997).

Su kirliliği ve su havzaları üzerine yapılan bir çalışmada, Marmara Bölgesinin, Ülkemizin en yüksek nüfusuna sahip bölgesi olduğu, özellikle, sanayileşme yönünden gelişmiş olması nedeniyle, özellikle Karadeniz, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nden göç almakta olduğunu belirtilmişlerdir. Yapılan araştırmayı sucul sistemler üzerinden devam ettirmiş ve Marmara Bölgesi'nde tarım sektöründe yaygın olarak gübre ve kimyasal ilaç kullanıldığı bunların yüzey sularına karıştığı tespit edilmiştir. Bu nedenle yüzey sularının birçoğunda, NO_2-N parametresi açısından III. ya da IV. sınıf düzeyinde kirli veya çok kirlenmiş olduğu belirlenmiştir. Büyük Çekmece ve İznik Göllerinde, özellikle organik madde kirliliğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Marmara bölgesinde yer alan ve bölge için önemli olan Alibeyköy, Elmalı, Küçükçekmece ve Terkos Göllerinde de endüstriyel atık, evsel artık ve tarımsal

aktiviteler sonucu azot ve fosfor yüklerinin artmış olduğu belirtilmiştir (Akın ve Akın, 2007).

Terkos Gölü'ne dökülen derelerde mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik düzeylerinin saptanması üzerine bir çalışmada, gölde sıcaklık değerleri en düşük değer Ocak ayında 3,4 ^{0}C ve en yüksek değerler Temmuz ayında 25,2 ^{0}C ölçülmüştür. En düşük pH değeri Ocak ayında 6,35 ve en yüksek pH değeri ise Şubat ayında 8,72 olarak ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik değerinin ise en yüksek olduğu değer 1,09 mS/cm ile Eylül ayında ve en düşük değer ise Aralık ayında 0,11 mS/cm olarak ölçülmüştür. Ölçülen en düşük TDS miktarı 0,07 mg/L ile Aralık ayında ve en yüksek değer ise 0,54 mg/L ile Eylül ayında ölçülmüştür. Organik madde derişimi en düşük 1,5 mg/L değeri ile Eylül ayında ve en yüksek değer ise Aralık ayında 9,5 mg/L olarak bulunmuştur. Bu örneklere benzer mikrobiyolojik ve bazı kimyasal parametreler incelenmiş, bulunan sonuçlar ise standartların üzerinde çıkmıştır. Sonuç olarak kirlilik tespit edilmiş ve bu kirliliğin evsel atık, hayvancılık, tarımsal ve benzeri faktörlerden kaynaklı olduğu anlaşılmıştır (Yılmaz, 2013).

Yukarı Sakarya Havzası'nda yapılan çalışmada ise; bu bölgenin sucul sistemlerin ekolojik durumun belirlenmesinde, fitobentoza ait veriler kullanılmıştır. Bu kapsamda, toplamda 96 diyatome türü teşhis etmiş olup, *Achnanthidium minutissimum, Cymbella excisa, Craticula subminuscula* ve *Fragilaria brevistriata* türleri dominant olarak tespit edilmiştir. Diyatome indeksleri arasında, IDP indeksi, toplam azot ile yüksek korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Çetin, 2017).

Kocaeli Bölgesindeki, yer altı sularının kirlilik durumunun tespit etmek üzere yapılan nitrat izleme çalışmasında, Mart 2008-Eylül 2016 tarihleri arasında kuyu suları izlenmiştir. Araştırmada, örnek alınan yeraltı kuyu sularında nitrat konsantrasyonları; 1. istasyonda (0,01-10,3 mg/l), 2. istasyonda (0,01-9,3 mg/l), 3. istasyonda (0,01-9,9 mg/l), 4. istasyonda (0,01-8,6 mg/l), 5. istasyonda (0,01-31,7 mg/l) aralığında belirlenmiştir. Araştırma genel olarak değerlendirildiğinde, istasyonlarda, nitrat kirliliği için kritik değeri (50 mg/l) aşan örneklerin bulunmadığı bildirilmiştir (Yüce ve diğ., 2018).

Kocaeli İli su kirliliği ve atıksular üzerine yapılan bir çalışmada, bölgede bulunan su kaynaklarının kirlenmesinde etkili olan faktörler, noktasal ve yayılı kirleticiler olarak tanımlanmıştır. Evsel ve endüstriyel kaynaklar, noktasal kaynakların başında yer almaktadır. Kocaeli ili su kaynakları, endüstriyel faaliyetler sonucu su kirliliğinin

durumunu tespit etmek için İSU Genel Müdürlüğü, Atık su Scada Sistemi ile OSB kuruluşları ve sanayi tesislerinin ana kolektörlere bağlantı noktalarında 10 adet ve kurum tarafından işletilmekte olan atık su arıtma tesislerinin giriş ve çıkışlarında 12 adet kimyasal parametre değerlerinin izlendiği SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) merkezi tarafından kayıt altına alınmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2014 yılında hazırlanan Türkiye çevre sorunları ve öncelikleri değerlendirme raporu'na göre; Kocaeli ili su kirliliğinin ikinci öncelikli sorun olduğu iller kategorisine girmektedir (Demirarslan ve Demirarslan, 2018).

Ağır sanayinin yer aldığı, Kocaeli, Dilovası bölgesinde yer alan Dil Deresi üzerinde yapılan çalışmada, dere suyunda bulunan krom değerlerinin, Su kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliğinde verilen değerlerden oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bölgede, son yıllarda yapılan arıtma, kanalizasyon çalışmalarının olumlu sonuçlar vermeye başladığı ve ağır metal değerlerinde iyileşme olduğu belirlenmiştir (Oktor, 2018). Kocaeli, Körfez bölgesinde yer alan Hereke Deresi'nde yapılan bir çalışmada, *Cocconeis pediculus, Cocconeis placentula, Encyonema ventricosum, Navicula rhyncocephala* taksonları diğer taksonlara göre kantitatif olarak daha fazla tespit edilmiştir. Akarsuların sığ kıyı bölgelerinde ipliksi alglerin bol olarak bulunduğu ve bunlardan Hereke Deresi'nde de tespit edilen *C. glomerata*'nın akarsuların temiz bölgelerinde geliştiği bildirilmiştir. Dere suyunun hafif bazik karakterde olduğu, fiziko-kimyasal parametreler ve ağır metal analizlerine göre derenin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY 2004)'ne göre, kıtaiçi su kaynakları sınıflarına göre kalite kriterlerinde I. sınıf olduğu belirlenmiştir (Yüce ve diğ., 2018).

Sapanca Gölü'nü besleyen sekiz dere de yapılan çalışmada, toplam 132 diyatome taksonu teşhis edilmiştir. Elde edilen verilerde *Achnanthidium minutissimum* ve *Cocconeis placentula* en baskın taksonlar olarak belirlenmiştir. Yapılan fizikokimyasal analizler sonucunda, su kalitesini 1. ve 2. sınıf olarak belirlemiş ve diyatom (TIT, EPI-D, IPS, TDI) indeksleri sonuçlarına göre Sapanca Gölü'nü besleyen 8 derenin su kalitesi orta olarak değerlendirilmiştir (Sevindik ve diğ., 2021).

1.5. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, ağır sanayinin yoğun olduğu bir bölge olan Kocaeli İlinde seçilen 2 dere de gerçekleştirilmiştir. Evsel ve endüstriyel kirliliğin su canlılarına olan etkileri üzerine yürütülen proje kapsamında, Kumla ve Hisar Derelerinden 2023 yılında su ve biyolojik

materyal örneklemeleri yapılmıştır. Dere sularında, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, pH, çözünmüş oksijen, toplam azot, toplam fosfor, toplam krom, nikel, kurşun, kobalt, kadmiyum, çinko, bakır, arsenik değerleri tespit edilmiştir. Bununla birlikte, derelerde *Escherichia coli* sayımları da yapılmıştır. Derelerde yayılış gösteren epilitik diyatome örnekleri de trofik durumun belirlenmesi için alınmıştır. Derelerin kirlilik durumunun tespiti için diyatome tür kompozisyonu, biyoçeşitliliği, yoğunluğu, diyatome indeksleri tespit edilmiştir. Bu veriler dere sularında tespit edilen fizikokimyasal verilerle birlikte değerlendirilerek, derelerin mevcut durumları hakkında bilgi sahibi olunması hedeflenmiştir. Bu araştırmada, ilgili kurumlara önlem almaları için katkı sağlamak, suyun sürdürülebilirliği aynı zamanda yönetimi hususunda bilgi edinmek, iyileştirici tedbirler alınmasına yardımcı olabilmek, su kaynaklarındaki kirlilik, mikro canlıların korunması, ekolojik döngüye katkı sağlanması ve gelecek nesillere su kaynağı ile sucul canlılar ile ilgili değerlendirme yapabilmesi için veri örnekleri oluşturmak amaçlanmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Kumla Deresi

Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürü'nün yıllık hazırlamış olduğu Çevre Durum raporuna göre diğer isimleri Kumla-Akarca Deresi, Yirim Deresi olarak da adlandırılmaktadır. Devlet Su İşleri verilerinde ise; Kumla Deresi olarak geçmektedir. Dere Kocaeli il sınırları içerisinde yer almaktadır. Uzunluğu 28 km, İzmit Akmeşe sırtları ile İzmit Körfezi başlama ve bitiş noktalarıdır. Feyezan Debisi (Taşkın Debisi); Q_{100}=775,00 m^2/sn'dir. Derenin çevresindeki araziler, tarım, sanayi ve yerleşim alanları olarak kullanılmaktadır. Derenin su kalitesi, kirlilik nedeniyle oldukça düşüktür. Özellikleri açısından; Ana dere niteliğindedir. Ulaşıma, su sporlarına, su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılığına elverişli değildir (Anonim, 2023). 2017 yılından itibaren günümüze kadar sınırlarında ve feyezan debisinde değişiklikler olmuştur. 2017-2020 yılları arasında feyezan debisi Q_{100}=552.93 m^2/sn, 2021-2022 yıllarında ise; Q_{100}= 775,00 m^2/sn olarak ölçümler yapılmıştır. Araştırma kapsamında, dereden mevsimsel örneklemeler yapılmıştır (Anonim, 2023). Örnek alınan çalışma istasyonlarına ait koordinatlar Tablo 2.1.'de, örnekleme istasyonlarına ait görseller ise Şekil 2.1- Şekil 2.7'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Kumla Deresi araştırma istasyonlarına ait koordinatlar

İstasyonlar	Koordinatlar (N)	Koordinatlar (E)
Kumla Deresi 1. İstasyon	40 ^{0} 46’ 9,555’’N	30 ^{0} 00’ 19,233’’E
Kumla Deresi 2. İstasyon	40 ^{0} 45’ 31,743’’N	29 ^{0}57’ 16,121’’E
Kumla Deresi 3. İstasyon	40 ^{0} 45’ 24,392’’N	29 ^{0}56’ 6,513’’E



2.1. Araştırma Yapılan Dereler ve İzmit Körfezi

2.1.1. Kumla Deresi 1. İstasyon

Çalışma alanı olarak seçilen birinci istasyon Kumla Dere’sinin başlangıç noktasıdır. Çevresi ağaçlarla çevrilidir. Konumu itibariyle kentsel yerleşim alanı ve sanayi bölgesi çevresinde bulunmaktadır. Örnekleme yapılan istasyon Şekil 2.2. ve Şekil 2.3. ’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Kumla Deresi 1. İstasyon



Şekil 2. 3. Kumla Deresi Diyatome Örneklemesi

2.1.2. Kumla Deresi 2. İstasyon

Çalışma alanı olarak seçilen ikinci istasyon ve konumu itibariyle alışveriş merkezi ve oto sanayi sitesinin yakınında bulunmaktadır. Aynı zamanda 42 evler mahallesi içerisinde bulunmaktadır. Bu alanda dere ıslah çalışması yapılmıştır. Örnekleme yapılan istasyon Şekil 2.4. ve Şekil 2.5. ’de verilmiştir.



Şekil 2.4. Kumla Deresi 2. İstasyon



Şekil 2.5. Kumla Deresi 2. İstasyon Örnek Alımı

2.1.3. Kumla Deresi 3. İstasyon

Kumla deresinin denize döküldüğü noktadır. Derenin denize akış olan noktasında, derenin kirlilik yükünü azaltmak için bir bent bulunmaktadır. Su renginin bulanık ve su yüzeyinde de kirlilik yükleri gözükmektedir. Örnekleme yapılan noktalar Şekil 2.6., Şekil 2.7.'de verilmiştir.



Şekil 2.6. Kumla Deresi 3. İstasyon



Şekil 2.7. Kumla Deresi Kirlilik Örnekleri

2.2. Hisar Deresi

Kocaeli ilinin Gölcük ilçesinde bulunan bir deredir. Derenin kaynağı, Gölcük Ezirgan sırtları alanından başlamaktadır. Derenin uzunluğu yaklaşık 13,562 kilometre olmakla birlikte feyezan debisi (taşkın debisi); Q100=307.00 m^2/sn'dir. Bu dere, İzmit Körfezi'ne dökülmektedir. Derenin havzası, tarım, hayvancılık ve sanayi faaliyetleriyle yoğun olarak kullanılmaktadır. Derenin su kalitesi, kirlilik ve erozyon nedeniyle düşüktür. Ana dere niteliğinde olup, ulaşıma, su sporlarına, su ürünleri üretim ve avcılığa elverişli değildir. Arıtma tesisleri çıkışlarında, atık sularını kolektör hattına deşarj eden sanayi kuruluşları mevcuttur. Bu kuruluşlar ise; Ford Gölcük ve Yeniköy Tesisleri, Hayat Kimya 1 ve 2' dir. Hisar Deresi üzerinde deşarj yeri de mevcuttur. Sepetlipınar Mahallesi Zeynel ağa No:22 Başiskele/KOCAELİ adresinde bulunmakta ve Yeniköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi olarak geçmektedir. Debisi; 81.000 m^3/gün' dür (Anonim, 2023a).

Tablo 2.2 Hisar Deresi araştırma istasyonlarına ait koordinatlar

İstasyonlar	Koordinatlar (N)	Koordinatlar (E)
Hisar Dere 1. İstasyon	40^0 38' 23,881''N	29 ^{0} 47' 57,179''E
Hisar Dere 2. İstasyon	40^0 39' 24,752''N	29 ^{0}50' 1,722'' E
Hisar Dere 3. İstasyon	40 ^{0} 43' 7,444''N	29 ^{0}51' 17,129''E

2.2.1. Hisar Deresi 1. İstasyon

Çalışma alanı olarak seçilen birinci istasyon Hisar Dere'sinin başlangıç noktasıdır. Çevresi ağaçlarla çevrilidir. Konumu itibariyle kırsal yerleşim alanı bulunmaktadır. İcadiye köyü civarındadır. Başlangıç noktasından aşağı doğru inildikçe mesire alanları ve hayvancılık yapılan besi alanları mevcuttur (Şekil 2.8.).



Şekil 2.8 Hisar Deresi 1. İstasyon

2.2.2. Hisar Deresi 2. İstasyon

Çalışma alanı olarak seçilen birinci istasyon Hisar Dere'sinin orta noktasıdır. Çevresi ağaçlarla çevrilidir. Konumu itibariyle kırsal yerleşim alanı bulunmaktadır. Bulunduğu yer İhsaniye Mahallesi civarındadır. Aşağı doğru inildikçe Gölcük ilçe merkezine yaklaşılmaktadır. (Şekil 2.9.).



Şekil 2.9. Hisar Deresi 2. İstasyon

2.2.3. Hisar Deresi 3. İstasyon

Çalışma alanı olarak seçilen birinci istasyon Hisar Dere'sinin bitiş noktasına yakın bir konumdadır. Su orta akışlı ve içinde küçüklü büyüklü taşlar mevcuttur. Ford Yeniköy Fabrikası yakınlarındadır. Çevresinde sanayi, kentsel yerleşim alanları ve çeşitli fabrikalar mevcuttur (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Hisar Deresi 3. İstasyon

2.3. Derelerin Su Kalitesi Özelliklerinin Tespiti

Evsel ve endüstriyel kirliliğin su canlıları üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla, Kocaeli İli'nde yer alan Kumla ve Hisar Derelerinde bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Derelerin su kalitesini geçmişten günümüze değerlendirmek için, dereler üzerinde çalışmalar yapan Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğünden, geçmiş veriler resmi yazı ile talep edilmiştir. Derelerin 1997- 2022 ye kadar olan verileri ve sahada ölçülen 2023 verileri değerlendirilmiştir. Kumla ve Hisar Derelerinden üçer istasyon belirlenerek toplam 6 istasyondan su ve fitobentoz örnekleri alınmış ve bölgede inceleme yapılmıştır. Analizler için 1 litrelik şişelere ve 500ml lik steril şişelere su numuneleri alınmıştır. Yapılan arazi çalışmasında, alınan örneklerde HANNA (Hı 9025) marka multiparametre cihazı ile su sıcaklığı, pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen değerleri ölçülmüştür.

2.4. Bazı Kimyasal ve Ağır Metal Analizleri

Kumla ve Hisar Derelerine ait alınan su numunelerinde, toplam azot, toplam fosfor, toplam krom, nikel, kurşun, kobalt, kadmiyum, çinko, bakır, arsenik değerleri tespit edilmiştir. Derelerdeki, ağır metal analizleri; ağır metal ön işlem olarak SM 3030 B,C,E,K (Asitle Özütleme, Nitrik Asitle Özütleme Mikrodalga ile Özütleme), toplam azot analizi için; TS EN ISO 20236 (Oksidasyon Metodu), toplam fosfor için; Ön İşlem: SM 4500-P B (Digestion Metodu) Analiz: SM 4500-P D (Spektrometrik Metot), Arsenik (As), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kadmiyum (Cd), Kobalt (Co), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Toplam Krom (Cr) analizleri için ise; EPA 6020 B (ICP-MS Metodu) metodları kullanılarak tespit edilmiştir.

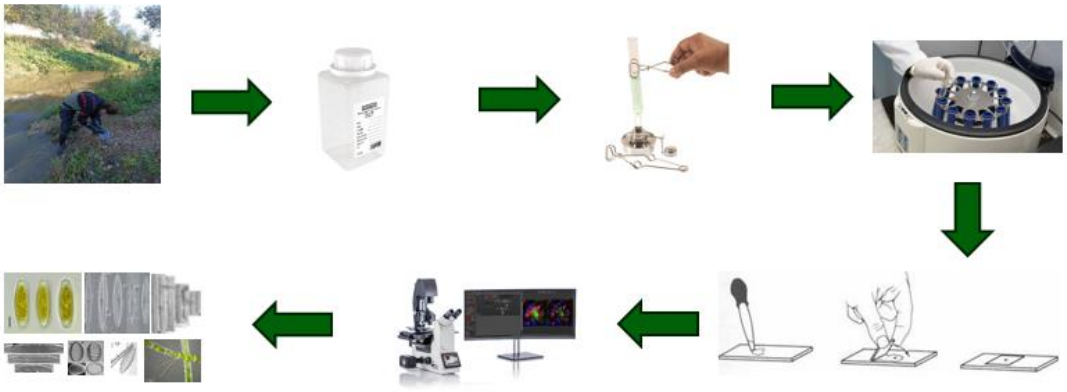
2.5. Mikrobiyolojik Analiz

Derelerde, organik ve fekal kirliliğin göstergesi olan *Escherichia coli* analizi TS EN ISO 9308-1 (Membran Filtrasyon Tekniği) yöntemine göre yapılmıştır.

2.6. Derelerdeki Fitobentoz Örneklenmesi, Teşhisi ve Sayımı

Sucul sistemlerde; bitki, taş ve kum gibi yüzeylere tutunarak yaşamını sürdüren canlı gruplarından biri olan fitobentoz, bu sistemin en önemli parçalarından biridir. Fitobentozun kalitatif ve kantitatif özelliklerinin bilinmesi, sucul sistemlerin trofik durumları hakkında bilgi vermektedir. Bu durum, suyun yönetimi ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği hakkında faydalar sağlamakta aynı zamanda su kalitesi hakkında izlenebilirlik noktasından önemli rol oynamaktadır. Fitobentozda, ekosistemde önemli rol sahiplerinden biri de diyatomelerdir. Diyatomeler, silisli hücre duvarına sahip olmalarından dolayı ekolojik toleransları oldukça yüksektir. Bu özelliklerinden dolayı, su kalitesi indikatörü ve biyomonitör olarak tüm dünyada yapılan biyolojik çalışmalarda kullanılmaktadırlar. (Hacısalihoğlu ve diğ., 2023; Çiçek ve diğ., 2023). Araştırmada, fitobentoz inceleme örneklemesi için; Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan 21/06/2019 tarihli ve 30808 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Biyolojik İzleme Tebliği''nde dördüncü bölümde yer alan "Fitobentoz / Diyatome İzleme Usul ve Esasları" dikkate alınarak örnekleme yapılmıştır (Anonim, 2019). Su kirliliğinin Kumla ve Hisar Derelerine olan etkilerini ve bu derelerin trofik durumlarının belirlenmesi amacıyla, seçilen 6 istasyondan örneklemeler yapılmıştır. Fitobentoz örneklemesi için

dere içerisinde mevcut olan ve üzerine bağlı alglerin bulunma oranı yüksek 5 adet orta boy taş seçilmiştir. Bu taşların yüzeyleri, bir fırça yardımıyla fırçalanarak diyatom örnekleri 250 ml'lik kaplara aktarılmıştır. Bu örnekler %4'lük formaldehit kullanılarak fikse edilmiş ve laboratuvara getirilmiştir. Daha sonrasında bu örnekler, çalkalanarak homojen bir hale getirilmiş ve 5-10 ml. süspansiyon kaynatma tüplerine aktarılmıştır. Bu tüplerinin içerisine 10 ml. %30'luk H_2O_2 eklenerek ve çeker ocakta 90±5 ^{o}C'de 1-2 saat süresince ısıtılmıştır. Isıtma işlemi sonrasında kalan H_2O_2 'yi uzaklaştırmak için kaynatma tüpleri içine birkaç damla HCl eklenmiştir. Kaynatma tüpleri saf su ile yıkanarak çeker ocakta soğumaya bırakılmıştır. Kaynatma tüplerinin soğuması sonrası, bu örnekler santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Santrüjfüj tüpleri, distile su ile dakikada, üç bin devir olacak şekilde beş dakika santrifüj edilmiştir. Bu tüplerin, üst kısmında kalan su boşaltılarak, dip kısmında bulunan materyal (diyatomlu kısım) tekrar distile su ile santrifüj edilmiştir. Santrifüj tüplerindeki asit tamamen uzaklaştırıldığında, dipte kalan çökelti, az miktarda saf su ile karıştırılarak, temiz küçük şişelere aktarılmıştır. Sabit preparatların hazırlanması için temiz bir damlalık, lam, lamel kullanılmıştır. Diyatom örnekleri lam üzerine konularak, çeker ocakta kısık ayarda sıvının buharlaştırılması ve lam üzerinde bir film tabakasının oluşması sağlanmıştır. Lamın üst kısmına entellan maddesi damlatılarak, hava kabarcığı kalmayacak şekilde daimî preparatlar hazırlanmıştır. Diyatomelerin teşhis ve sayımları, LEICA, binoküler araştırma mikroskobu yardımıyla yapılmıştır. Diyatomelerin tür teşhisinde konuyla ilgili kaynaklardan yararlanılmıştır (Patrick ve Reimer, 1966; Patrick ve Reimer, 1975; Hustedt, 1985; Kramer ve Lange-Bertalot, 1991a, 1991b, 1999a, 1999b). Teşhis edilen türler algaebase veri tabanından kontrol edilerek güncellenmiştir (Guiry ve Guiry,2022). Diyatome bolluklarının belirlenmesi için 400 frustul sayılmıştır. Tür teşhisleri yapılarak, fotomikroskopta fotoğrafları çekilmiştir. Fotoğraflarda, 10 µm'lik bir skala çizilmiştir. İşlemlere ait genel bir şema, şekil 2.11' de verilmiştir.



Şekil 2.11. Derelerdeki Fitobentoz Örneklenmesi, Teşhisi ve Sayımı

2.7. Analizler

Araştırmada, derelerde yayılış gösteren türlerin baskınlık, benzerlik, çeşitlilik ve düzenlilik analizleri yapılmıştır.

2.7.1. Baskınlık Analizi

Çevresel şartlar, türlerin dağılımları üzerinde oldukça etkili oldukça etkili olmaktadır. Bu yönüyle, su sistemlerinde oransal olarak çok fazla birey sayısına ulaşan birey, o sistem için baskın tür olarak kabul edilmektedir. Baskınlık analizi, aşağıdaki denkleme (2.1) göre hesaplanmıştır.

$$\text{Baskınlık} = \text{Na} / \text{Nn} \times 100 \qquad (2.1)$$

Na : Birey sayısı (A türüne ait)

Nn : Birey sayısı (Tüm örneklere ait)

2.7.2. Benzerlik Analizi

Örnekleme noktaları ve örnekler arasındaki tür kompozisyonu sınıflamasına benzerlik analizi denir. Benzerlik yönünden tanımlama yapabilmek, bir komüniteyi diğer komünite ile kıyaslamak için bu komünitede bulunan türleri ve onlara ait bireyleri tek tek saymak gerekir. Büyük komünitelerde bu işlem zor yapılabileceği için komüniteyi

temsil edecek örnekleme noktaları belirlenir ve istatiksel metodlardan faydalanarak değerlendirilir. Bu doğrultuda örnek türler arasındaki yakınlık derecesi, örnekleme istasyonlarındaki benzerlik derecesi ve örnekleme istasyonu ya da komünitelerin benzerlik indeksleri (2.2.) denklemiyle hesaplanabilir (Kocataş, 2008).

$$\text{Benzerlik (Q)} = 2a / (2a + b + c) \quad (2.2)$$

Q : Sorensen benzerlik indeksi

a : Ortak tür sayısı (İki örnekleme alanındaki)

b : Farklı tür sayısı (Birinci örnekleme alanındaki)

c : İkinci örnekleme alanında bulunan, birinci örnekleme alanındakinden farklı tür sayısı

2.7.3. Çeşitlilik Analizi

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra geliştirilen matematik teorilerinden sonra, tür çeşitliliğinin de olasılık kavramından uzak olmayacağı anlaşılmış ve Shannon-Weaver (1949) tarafından geliştirilen ve aynı adla anılan tür çeşitliliği formülü (2.3), sık kullanılır hale gelmiştir. Bu indeks limitleri 0-5 olup, nadiren 5'i geçtiği görülür ve 5'e yaklaştıkça kommunitede tür çeşitliliğinin arttığı anlaşılır. Tür çeşitleri indeksleri bir kommunitede süksesyon, doğal afetler, yangın, kirlilik gibi nedenlerle ekosistemlerin değişmesi durumlarında, türlerin birbirleriyle ya da yeni türlerle yer değiştirmesini izlemek ve karşılaştırmak amacıyla kullanılır (Kocataş, 2008).

$$\text{Shannon} - \text{Weaver } H' = -\Sigma pi \ln (pi) \quad (2.3)$$

H' : Shannon Weaver Çeşitlilik İndeksi

pi : Bolluk yüzdesi ("i" diyatome taksonu)

2.7.4. Düzenlilik Analizi

Düzenlilik indeksi (E), çeşitlilik indeksinin tür sayısına bölünmesiyle elde edilir. Türlerin düzenliği sıfır civarında ise bu düşük eşitliliği (düzenlilik) ya da yüksek tek tür baskınlığını, 1 civarında ise her türün eşit bolluğunu veya maksimum düzenliliğini

gösterir (Routledge, 1980; Alatalo, 1981).

2.7.5. Dereler İçin Trofik Diyatome İndeksleri

OMNIDIA 6.1 programı kullanılarak, trofik diyatome indekslerinden, Trofik Diatom indeksi (TDI) (Coste ve Lecointe, 2023) ve Trofik İndeks Türkiye (TIT) değeri hesaplanmıştır (Çelekli, 2016).

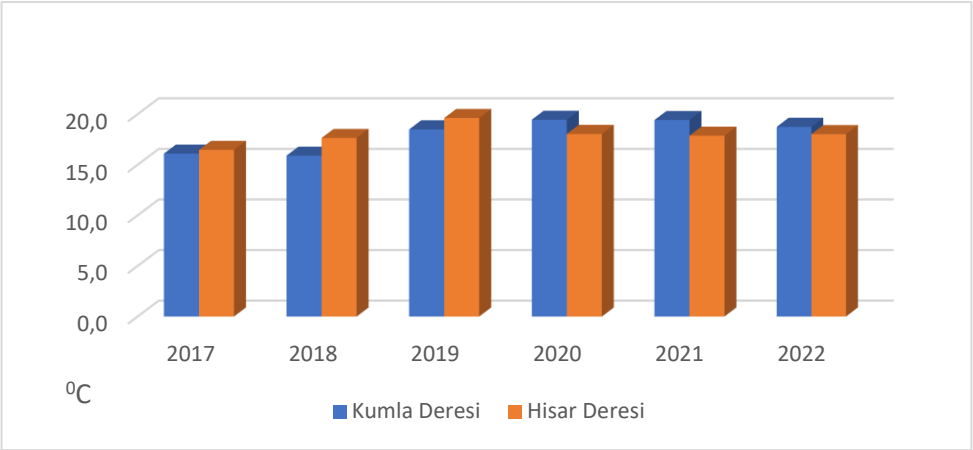
3. BULGULAR

3.1. Derelerin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Su sistemlerinin yapısını anlamak için, bu kaynakların geçmişine ait verilerin de bilinmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Kumla ve Hisar Derelerinin 2017- 2022 yıllarına ait fiziksel ve kimyasal parametreleri de değerlendirilmiştir (Anonim 2023a, Anonim, 2023b)

3.1.1. Sıcaklık

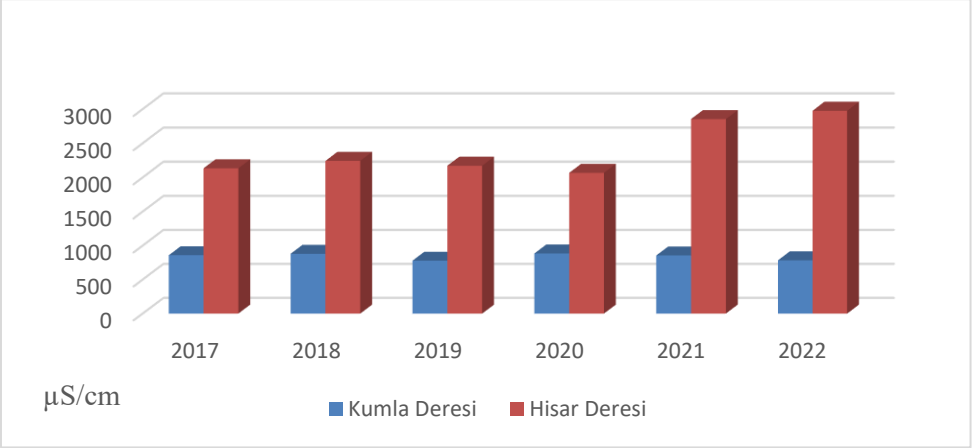
Su sıcaklığında meydana gelen değişimlerin sucul canlılar üzerinde önemli etkileri mevcuttur. Metabolizma hızları sıcaklık artışı ile artabilir. Derelerde ölçülen değerlerin mevsimlerle uyumlu olarak en sıcak ay olan ağustos ayında en yüksek, sıcaklığın düşük olduğu Şubat ayında da en düşük olduğu belirlenmiştir. Dere gibi durağan olmayan sistemlerde, su sıcaklığının özellikle yüksek bulunmasının nedeni, yaz dönemindeki yağışların az olması, yüksek buharlaşma sonucu dere suyunun oldukça azalması olarak düşünülmektedir. Kumla Deresi'nde ise en yüksek sıcaklık; Ağustos 2021' de 27,6 ^{0}C en düşük sıcaklık Şubat 2017'de 9,5 ^{0}C bulunmuştur. Hisar Deresi için en yüksek sıcaklık 29 ^{0}C Ağustos 2022'de, en düşük sıcaklık Şubat 2017'de 8,4 ^{0}C tespit edilmiştir. Derelerde tespit edilen su sıcaklığı değerlerinin mevsimlerle uyumlu olduğu, aynı zamanda dere suları yıllık ortalama değerlerinin de birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Derelerdeki yıllık değişimler Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Su sıcaklık değerleri

3.1.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik değeri, su içinde çözünmüş halde bulunan partikül miktarına, su sıcaklığına ve kirletici etkenlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu değer, su kirliliğinin artışı ile doğru orantılı olarak yükselmektedir. Kumla Deresi iletkenlik değeri en yüksek Ağustos 2017' de 1383 µS/cm, en düşük 476 µS/cm olarak Kasım 2017 olarak tespit edilmiştir. Hisar Deresi'nde en düşük iletkenlik değeri, Şubat 2017' de 671 µS/cm, en yüksek değerse Ağustos 2022'de 5240 µS/cm olarak belirlenmiştir. Derelere ait iletkenlik değerleri Şekil 3.2. 'de verilmiştir.

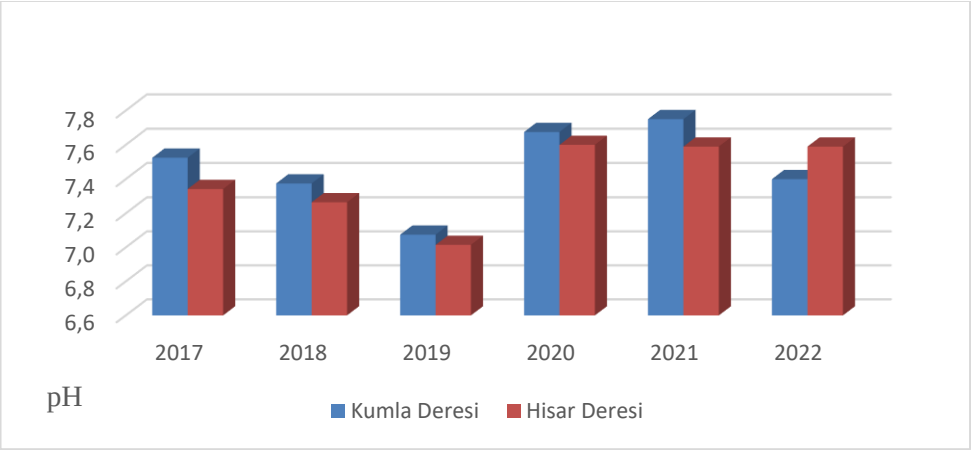


Şekil 3.2. Elektriksel iletkenlik değerleri

3.1.3. pH

Sularda hidrojen potansiyeli veya hidrojen kuvveti olarak adlandırılan pH ifadesi,

asitlik ve bazlık ölçüsünü ifade eden bir ölçü birimi olarak ifade edilebilir. Diğer parametreler gibi pH 'da biyolojik ve kimyasal açıdan önemli bir değerdir. Çay, dere, akarsuların, eğimin azalarak su yatağının genişlediği alt bölgelerde ve kıyı kesimlerinde sel sularının oluşturduğu materyalin (çamur, mil) etkisi ile pH'da bir düşmenin ve asidik bir özelliğinin oluştuğu belirlenmiştir (Jensen, 2004). Sucul ekosistemlerde, pH değerinin 6,5-8,0 arasında bulunması en uygun yaşama ortamı olarak belirtilmiştir (Ölmez ve Saraç, 2009). Hisar Deresi pH ölçümleri; Şubat 2019'da 6,04 ve Ekim 2021' de 8,4 olarak tespit edilmiştir. Kumla Deresi pH değerleri ise; Şubat 2019'da 6,3 ve Ekim 2021'de 8,07 olarak ölçülmüştür. Derelere ait pH değerleri Şekil 3.3. 'de verilmiştir.

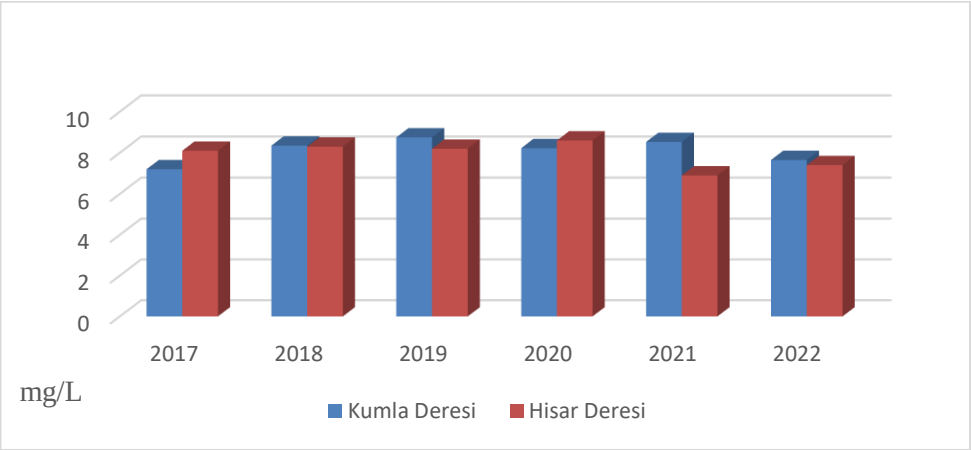


Şekil 3.3. Derelere ait pH değerleri

3.1.4. Çözünmüş Oksijen Değerleri

Çözünmüş oksijen miktarı sucul canlılığın devamı açısından yaşam döngüleri için en önemli parametrelerin başında gelmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının az olması yüzey sularındaki kirlilik göstergesidir. (Nadir, 2017). Derelerin tüm yıllarda (2017-2022) tespit edilen çözünmüş oksijen değerleri, mevsimlere, aylara ve çevresel etkenlere bağlı olarak çok farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik kapsamında değerlendirildiğinde, derelerin bazı aylarda çözünmüş oksijen değerlerine göre I. kalite, bazı aylarda ise IV. Kalite su özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Hisar Deresi çözünmüş oksijen miktarı açısından incelendiğinde; Şubat 2020'de 11,20 mg/L ile en yüksek, en düşük ise Ağustos 2021' de 2 mg/L olarak ölçülmüştür. Kumla Deresi'nde

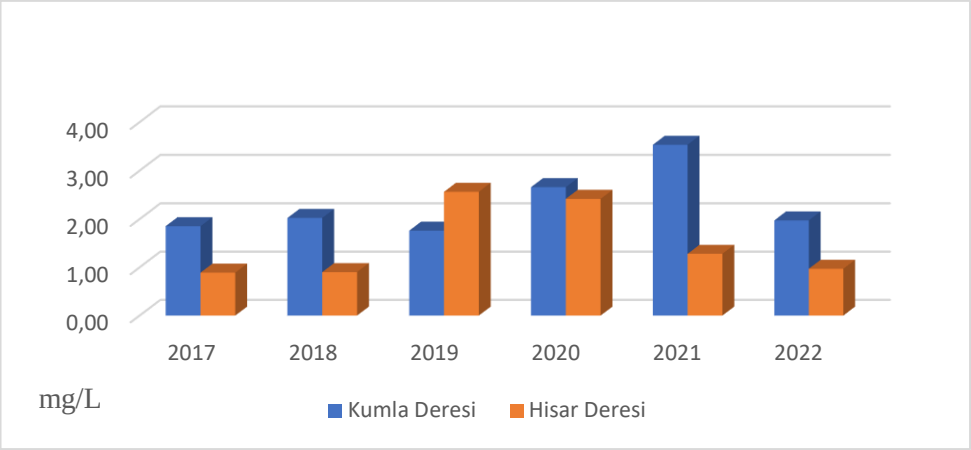
ise, en düşük Ağustos 2022'de 5 mg/L ölçülmüş, en yüksek ise; Şubat 2019' da 10,5 mg/L olarak tespit edilmiştir. Derelere ait çözünmüş oksijen değerleri Şekil 3.4. 'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Derelere ait çözünmüş oksijen değerleri

3.1.5. Nitrat azotu (NO_3-N)

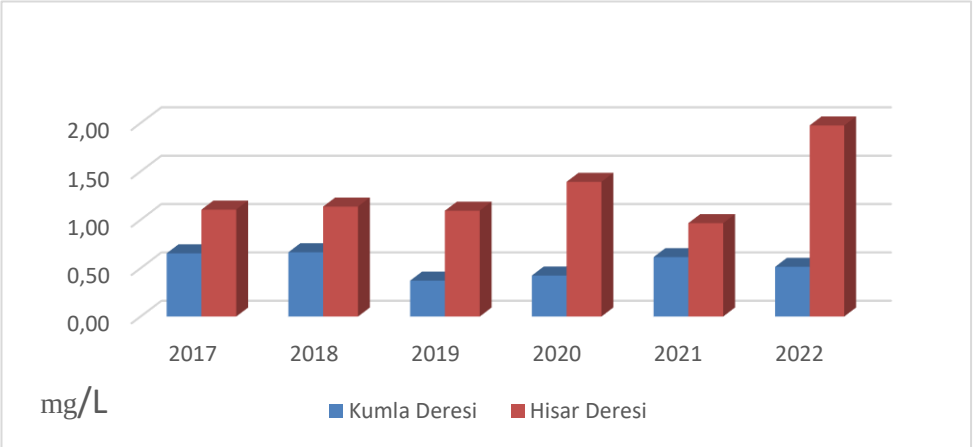
Azot su kaynaklarındaki yaşamsal döngü açısından önemli bir besin elementidir. Sularda organik, anorganik bileşikler halinde ve element halinde bulunabilir (Tanyolaç, 2009). Bu bileşiklerden nitrit, stabil olmayan bileşiktir aynı zamanda sulardaki nitrat konsantrasyonu da çeşitli nedenlerden ötürü değişim gösterebilir (Boran ve Sivri, 2001). Nitrit ise; indirgenerek amonyuma, yükseltgenerek de nitrata dönüşmektedir (Uslu ve Türkman, 1987; Nadir, 2017). Su kaynaklarındaki canlıların olumsuz etkilenmesine neden olacak nitrat oranı 10mg/L' ve daha üst değerlerdir. Akıntının yüksek olduğu, yüzey sularında nitrat miktarı düşük olup genellikle 1 mg/l'den olup bazen 5 mg/l'ye çıkabilmektedir (Taş ve diğ., 2010). Nitrat Azotu verilerini değerlendirecek olursak Hisar Deresi için en yüksek değer; Şubat 2020' de 6,727 mg/L çıkmış, en düşük değer ise; Ağustos 2022' de 0,09 mg/L olarak ölçülmüştür. Kumla Deresi açısından ise; Ekim 2021'de 5,01 mg/L en yüksek ölçülen değer, en düşük değerse Mayıs 2019'da 0,714 mg/L olarak tespit edilmiştir. DSİ verilerine göre 2017-2022 tarihleri arasında, derelerde tespit edilen nitrat azotu değişimleri Şekil 3.5.'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Derelere ait nitrat azotu değerleri

3.1.6.Toplam Fosfor

Fosfor su kaynaklarındaki yaşamsal döngü açısından önemli bir besin elementidir ve çeşitli bileşikler halinde ya da element halinde sularda bulunabilir (Tanyolaç, 2009). Fosfor ve azot sucul ortamda ötrofikasyona sebep olabilmekte ve sucul canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Coşkun ve diğ., 2018). Havzanın morfometresine, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde ve evsel atık özellikle deterjan olup olmadığına ve sudaki organik metabolizmaya bağlı olarak doğal sularda toplam fosfor yoğunluğu değişiklik göstermektedir (Taş ve diğ., 2010). Toplam fosfor değeri Hisar Deresinde en yüksek, Ağustos 2022'de 5,465 mg/L, en düşük ise; 0,238 mg/L ile Şubat 2017'de ölçülmüştür. Kumla Deresi'nde en yüksek değer Ekim 2021' de 1,255 mg/L, en düşük değer ise 0,16 mg/L olarak Şubat 2017'de tespit edilmiştir. 2017-2022 tarihleri arasında, derelerde tespit edilen toplam fosfor değişimleri Şekil 3.6.'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Derelere ait toplam fosfor değerleri

3.2. Örnekleme İstasyonlarında Belirlenen Bazı Su Kalitesi ve Mikrobiyolojik Parametreler

Kumla ve Hisar Dereleri yüzey suyu örneklerinde, pH, çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, nitrat azotu, toplam azot ve toplam fosfor değerleri belirlenmiştir. Derelerde tespit edilen değerler Tablo 3.1'de verilmiştir. Bununla birlikte, dere sularında tespit edilen ağır metal (arsenik, bakır, çinko, kadmiyum, kobalt, kurşun, nikel, toplam azotu, toplam fosfor, toplam krom) değerleri de tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Derelerin fiziko-kimyasal parametreleri (2023)

İstasyonlar	**Kumla Deresi 2023 Verileri**	**Hisar Deresi 2023 Verileri**	**Yerüstü Su Yönetmeliği** (Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri)			
Parametreler (Ortalama)			I (Çok İyi)	II (İyi)	III (Orta)	IV (Zayıf)
Sıcaklık °C	21°C	19°C	----	----	----	----
Çözünmüş Oksijen mg/L O_2	9,3 mg/L	8,6 mg/L	>8	6	3	<3
Elektriksel İletkenlik µS/cm	1343 µS/cm	3755 µS/cm	<400	1000	3000	>3000
pH	7,5	7,2	6-9	6-9	6-9	6-9
Nitrat Azotu (NO_3-N) mg/L	1,8 mg/L	1,2 mg/L	<3	10	20	>20
Toplam Azot mg/L	10,4 mg/L	4,6 mg/L	<3,5	11,5	25	>25
Toplam Fosfor mg/L	0,9mg/L	<0,3 mg/L	<0,08 mg P/L	0,2 mg P/L	0,8 mg P/L	>0,8 mg P/L

Tablo 3.3. Derelerde tespit edilen bazı ağır metal değerleri (2023)

İstasyonlar	**Kumla Deresi**	**Hisar Deresi**	**Yerüstü Su Yönetmeliği Değerleri** (Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları)	
Parametreler (Ortalama)			**YO-ÇKS Nehirler/ Göller µg/L**	**MAK-ÇKS Nehirler/ Göller µg/L**
Arsenik (As) mg/L	0,018 mg/L	<0,005 mg/L	53	53
Bakır (Cu) mg/L	0,107 mg/L	0,048 mg/L	1,6	3,1
Çinko (Zn) mg/L	0,020 mg/L	0,008 mg/L	5,9	231
Nikel (Ni) mg/L	0,021 mg/L	0,009 mg/L	4 Nikel ve Bileşikleri	34 Nikel ve Bileşikleri
Kadmiyum (Cd) mg/L	0,003 mg/L	<0,002 mg/L	< 0,08 (Sınıf 1) 0,08 (Sınıf 2) 0,09 (Sınıf 3) 0,15 (Sınıf 4) 0,25 (Sınıf 5) Kadminyum ve Bileşikleri	< 0,45 (Sınıf 1) 0,45 (Sınıf 2) 0,6 (Sınıf 3) 0,9 (Sınıf 4) 1,5 (Sınıf 5) Kadminyum ve Bileşikleri
Kobalt (Co) mg/L	<0,005 mg/L	<0,005 mg/L	0,3	2,6
Kurşun (Pb) mg/L	0,013 mg/L	<0,005 mg/L	1,2 Kurşun ve Bileşikleri	14 Kurşun ve Bileşikleri
Toplam Krom (Cr) mg/L	0,014 mg/L	<0,005 mg/L	1,6 Toplam olmayan Krom	142 Toplam olmayan Krom

3.3. Derelere ait *Escherichia coli* Değerleri

Hem evsel hem de endüstriyel kaynakların yoğun bulunduğu bölgeden geçerek akan derelerin organik ve fekal kirliliğin göstergesi olan *Escherichia coli* analizleri de yapılmış olup, tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Derelerde tespit edilen *E. coli* değerleri (2023)

Parametre	**Kumla Deresi (2023 Analiz Sonuçları)**	**Hisar Deresi (2023 Analiz Sonuçları)**	**Standart**
***Escherichia coli* (koloni/100 mL) (*)** (*) Mikrobiyolojik değerlendirme: Yüzme sularından elde edilen mikrobiyolojik verilerin, normal ihtimal fonksiyonunun $\log_{10}$ yüzdelik değerlendirmesine dayanarak, yüzdelik değer aşağıdaki gibi elde edilir:	0	0	250 (%95) (kılavuz)
			500 (%95) (zorunlu)
			500 (%90) (yeterli)

3.4. Derelerin Mikroalg Kompozisyonu

Yapılan çalışmada, Bacillariohyceae'ye ait 58, Chlorophyceae'ye ait 2, Cyanophyceae'ye ait 3 ve Euglenophyceae sınıfına ait 2 takson tespit edilmiştir. Kumla Deresi istasyonları sırasıyla K1 (Kumla Dere 1. İstasyon), K2 (Kumla Dere 2. İstasyon), K3 (Kumla Dere 3. İstasyon) ve Hisar Deresi istasyonları ise; H1 (Hisar Dere 1. İstasyon), H2 (Hisar Dere 2. İstasyon), H3 (Hisar Dere 3. İstasyon) olarak belirlenmiş ve çalışmada tespit edilen türler tablo 3.4' de verilmiştir.

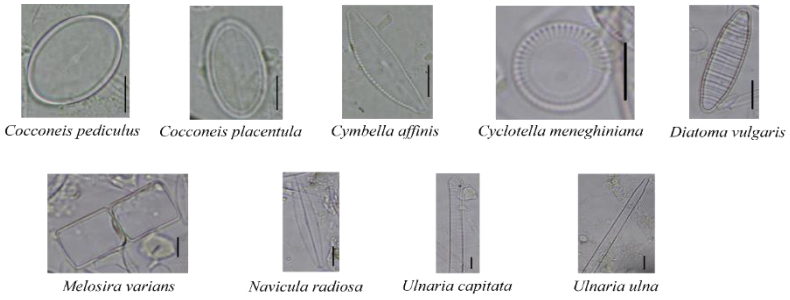
Tablo 3.4. Derelerde tespit edilen mikroalg türleri

Taxa/ Station	**K1**	**K2**	**K3**	**H1**	**H2**	**H3**
Bacillariophyceae						
Amphora ovalis (Kützing) Kützing	+	+	-	+	-	+
Anomoeoneis sphaerophora Pfitzer	-	+	+	-	-	-
Caloneis silicula (Ehrenberg) Cleve	-	+	-	+	+	-
Cocconeis pediculus Ehrenberg	+	+	+	+	+	+
Cocconeis placentula Ehrenberg	+	+	+	+	+	+
Craticula cuspidata (Kutzing) D.G.Mann	+	+	-	-	+	+
Cyclotella meneghiniana Kützing	+	+	-	+	+	-
Cymatopleura elliptica (Brébisson) W.Smith	+	-	+	-	+	-
Cymatopleura solea (Brébisson) W.Smith	-	+	+	-	+	+
Cymbella affinis Kützing	+	+	+	+	+	+
Cymbella aspera (Ehrenberg) Cleve	-	+	+	-	-	-
Cymbella cistula (Ehrenberg) O.Kirchner	+	+	-	-	+	+
Cymbella cymbiformis C.Agardh	+	+	-	+	+	-
Cymbella lanceolata (C.Agardh) C.Agardh	+	+	+	-	+	+
Cymbella proxima Reimer	-	+	+	+	+	-
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	+	+	-	-	+	+
Cymbella turgidula Grunow	+	+	-	+	+	-
Diatoma vulgaris Bory	+	+	+	-	+	+
Encyonema minutum (Hilse) D.G.Mann	-	+	+	+	+	-
Encyonema ventricosum (C.Agardh) Grunow	-	+	-	+	+	-
Epithemia adnata (Kützing) Brébisson	+	+	+	+	+	+
Epithemia argus (Ehrenberg) Kützing	+	+	+	+	+	+
Epithemia sorex Kützing	+	+	-	-	+	+
Epithemia turgida (Ehrenberg) Kützing	+	+	-	+	+	-
Eunotia arcus Ehrenberg	+	-	+	-	+	-
Gomphonema acuminatum Ehrenb.	+	+	+	-	+	+
Gomphonema apicatum Ehrenberg	-	+	+	-	-	-
Gomphonema augur Ehrenberg	+	-	-	+	-	+
Gomphonema brebissonii Kützing	+	+	+	+	+	+
Gomphonema capitatum Ehrenberg	+	+	+	+	+	+
Gomphonema intricatum Kützing	+	+	-	-	+	+
Gomphonema minuta P.Fusey	+	+	-	+	+	-
Gomphonella olivacea (Hornemann) Rabenhorst	+	+	+	+	+	+
Gomphonema sphaerophorum Ehrenberg	+	+	+	-	+	+

Tablo 3.4. (Devam) Derelerde tespit edilen mikroalg türleri

Gomphonema truncatum Ehrenberg	-	+	+	+	+	-
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	-	+	-	+	-	-
Gyrosigma attenuatum (Kützing) Rabenhorst	+	+	-	-	+	+
Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow	+	+	-	+	+	-
Iconella linearis (W.Smith) Ruck & Nakov	-	+	-	+	-	+
Melosira varians Agardh	+	+	+	+	+	+
Melosira sp.	-	+	-	+	-	+
Navicula cryptocephala Kützing	+	+	+	+	+	+
Navicula oblonga (Kützing) Kützing	-	+	+	-	+	+
Navicula radiosa Kütz.	+	+	+	+	+	+
Navicula rhynchotella Lange-Bertalot	+	-	+	+	-	-
Navicula sp.	+	+	+	+	+	+
Nitzschia filiformis (W.Smith) Van Heurck	-	+	+	-	+	+
Nitzschia linearis W.Smith	-	+	-	+	-	+
Nitzschia recta Hantzsch ex Rabenhorst	+	+	+	+	+	+
Nitzschia sublinearis Hustedt	-	+	+	-	+	+
Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot	+	+	+	+	+	+
Rhopalodia gibba (Ehrenberg) Otto Müller	+	-	+	+	-	-
Surirella librile (Ehrenberg) Ehrenberg	+	+	+	+	+	+
Surirella ovalis Brébisson	-	+	+	-	+	+
Surirella peisonis Pantocsek	+	-	-	+	-	-
Ulnaria capitata (Ehrenberg) Compère	+	+	-	+	+	-
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	+	+	+	+	+	+
Chlorophyceae						
Chrococcus sp.	+	+	-	-	-	-
Scenedesmus ecornis (Ehrenberg) Chodat	+	-	+	-	+	-
Cyanophyceae						
Oscillatoria limosa C.Agardh ex Gomont	-	-	+	+	+	-
Kamptonema formosum (Bory ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda	-	-	+	-	-	+
Oscillatoria sp.	-	+	+	-	+	+
Euglenophyceae						
Euglena gracilis G.A.Klebs	-	-	-	-	+	+
Phacus sp.	-	-	+	-	-	-

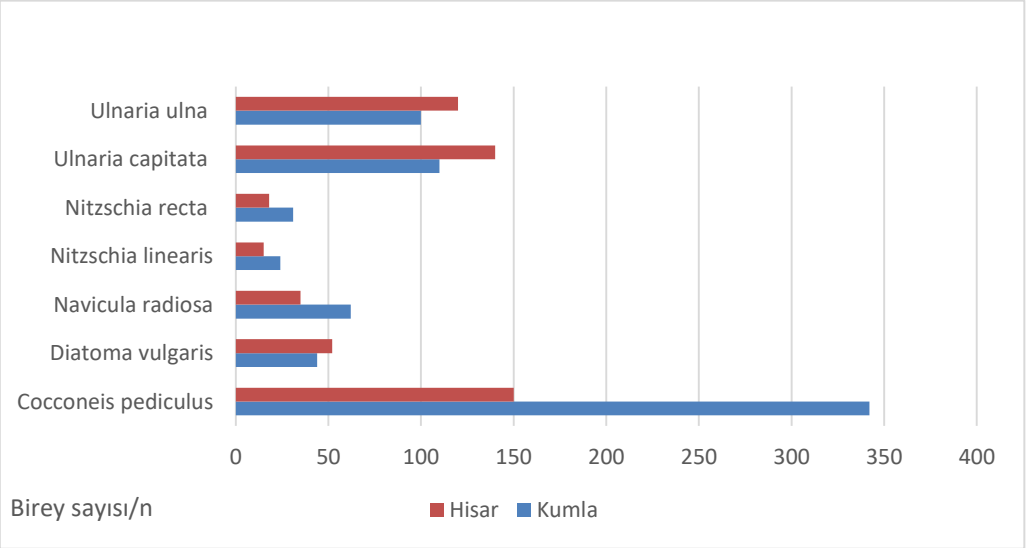
Kumla ve Hisar Dereleri'nde tespit edilen, aynı zamanda Ülkemiz suların da kozmopolit olarak bulunan bazı diyatome türleri Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Derelerde tespit edilen bazı diyatome türleri

3.5. Baskınlık Analizi

Çalışmada, *Diatoma vulgaris, Navicula radiosa, Nitzschia linearis, Nitzschia recta,* taksonlarının bol olarak bulunduğu, *Cocconeis pediculus, Ulnaria capitata* ve *Ulnaria ulna* türlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir Hisar ve Kumla Derelerinde baskın olarak tespit edilen türlere Şekil 3.8' de verilmiştir.



Şekil 3.8 En bol bulunan türlerin derelerdeki dağılımı (birey sayısı/n)

3.6. Benzerlik Analizi

Bu çalışmada, tespit edilen tür çeşitliliğinin benzerlik düzeylerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

3.7. Çeşitlilik ve Düzenlilik Değişimi

Çalışmada hesaplanan çeşitlilik indeks değişimleri incelendiğinde, indeks değeri (H'), 4,12 - 4,25 arasında değişmiştir. Derelerin düzenlilik indeksi 0,68 - 0,75 arasında olup, istasyonların düzenli dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir.

3.8. Diyatome İndeksleri

Derelerin trofik durumunu belirlemek için TDI ve TIT hesaplaması yapılmıştır. Bu sonuçlara göre, dere sularının orta kalite sular grubunda olduğu belirlenmiştir. Derelere ait indeks değerleri Tablo 3.5.'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Derelere ait İndeks Değerleri

Dereler/ İndeks	K1	K2	K3	H1	H2	H3	İndeks Aralığı (Temizden Kirliye doğru su kalitesi)
Trofik Diyatome İndeksi (TDI)	54,25	58,86	65,86	52,74	57,16	68,96	0 (temiz) – 100 (çok kirli)
Trofik İndeks Türkiye (TIT)	2,5	3,2	3,5	2,3	3,4	3,7	0 (çok iyi) – 4 (çok kötü)

3.9. Derelerin Ekosistemi

Derelerin çevresinde yer alan evler ve beşerî faaliyetlerden kaynaklı organik kirlilik yükünün olduğu tespit edilmiştir. Araştırma yapılan derelerin denize döküldüğü alana doğru ilerledikçe, çevresinde bulunan sanayi kuruluşlarından kaynaklı, endüstriyel kirlilik yükü olduğu da yapılan ağır metal analizlerinde belirlenmiştir. Su içinde, canlı çeşitliliğine ait, birkaç gastropoda türü, su bitkisi ve küçük balık yavruları, istasyonların daha az kirli olduğu alanlarda gözlenmiştir. Suyun mansap kısmını oluşturan istasyonlarda, kirlilik yükü arttığı için canlı çeşitliliğine rastlanılmamıştır. Derelerdeki, fitobentozu oluşturan türlerin kalitatif ve kantitatif değişiminde su kirliliği de oldukça etkili olmuştur.



Şekil 3.9. Kumla Deresi'nde tespit edilen diğer türler

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada çevresel kirliliğinin (evsel ve endüstriyel) sucul kaynaklara ve su içinde yaşayan canlılara olan etkilerini araştırmak için, Kocaeli ilinde bulunan Kumla ve Hisar Derelerinden örneklemeler yapılmıştır. Bu kapsamda, fiziksel ve kimyasal analizler, ağır metal analizleri ve biyolojik analizlerin sonuçları değerlendirilmiştir. Kumla ve

Hisar Derelerinin 2017- 2023 yılları arasındaki su sıcaklığı değerlerine bakıldığında; Hisar Deresi için en yüksek sıcaklık 29 ^{0}C Ağustos 2022'de, en düşük sıcaklık Şubat 2017'de 8,4 ^{0}C tespit edilmiştir. Kumla Deresi'nde ise en yüksek sıcaklık; Ağustos 2021' de 27,6 ^{0}C en düşük sıcaklık Şubat 2017'de 9,5 ^{0}C bulunmuştur. Derelerde ölçülen değerlerin mevsimlerle uyumlu olarak en sıcak ay olan Ağustos'da en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dere gibi durağan olmayan sistemlerde, su sıcaklığının özellikle yüksek bulunmasının nedeni, yaz dönemindeki yağışların az olması, yüksek buharlaşma sonucu dere suyunun oldukça azalması olarak düşünülmektedir. Sıcaklığın düşük olduğu Şubat ayında da, su sıcaklığının minimum değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, tüm sucul sistemlerde yapılan araştırmalarda da tespit edilmiştir (Yılmaz, 2013; Çetin 2017; Yüce ve diğ. 2018).

Elektriksel iletkenlik (EC) değeri, Hisar Deresi'nde Şubat 2017' de 671 µS/cm değeri ile en düşük, Ağustos 2022'de 5240 µS/cm olarak en yüksek değerde tespit edilmiştir. Kumla Deresi iletkenlik değeri, en düşük 476 µS/cm olarak Kasım 2017 ve en yüksek Ağustos 2017' de 1383 µS/cm olarak kaydedilmiştir. Bu çalışmada, arazi su örneklemelerinde 2023 yılında yapılan ölçümlerde Kumla Deresi'nin iletkenlik değeri 1343 µS/cm ve Hisar Deresi değeri 3755 µS/cm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin, kışın artan yağışlar, derelerin daha fazla su taşıma kapasiteleri ve düşük su sıcaklıklarından dolayı su içinde çözünen madde miktarının daha az olmasından dolayı daha düşük olduğu, yaz aylarında ise, su sıcaklığının yüksek olmasıyla birlikte çözücü özelliğinin artması, beşeri faaliyetler ve su seviyenin azalmasıyla birlikte konsantrasyon oranlarının artmasıyla yüksek değerlere ulaşmış olabileceği düşünülmektedir. 2023 verilerine bakıldığında Hisar Deresi'nde tespit edilen yüksek değerin, dere yatağı boyunca yer alan endüstriyel ve evsel atıkların, yağmur sularının taşımış olduğu kirlilik yüküne bağlı olabileceği varsayılmaktadır. Sucul sistemlerde önemli parametrelerden biri de pH'dır. Bu değer, suyun kimyasal bileşimini yansıtan en önemli parametre olup, akarsularda pH değeri, suyun akışına biyolojik olaylara ve kimyasal yapısına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Özellikle, akıntılı sular ve eğimi fazla olan bölgelerde genellikle yüzey sularındaki pH'ın kısmen yüksek olduğu bilinmektedir. Çay, dere, akarsuların, eğimin azalarak su yatağının genişlediği alt bölgelerde ve kıyı kesimlerinde sel sularının oluşturduğu materyalin (çamur, mil) etkisi ile pH'da bir düşmenin ve asidik bir özelliğinin oluştuğu belirlenmiştir. Sucul ekosistemlerde, pH değerinin 6,5-8,0

arasında bulunması en uygun yaşama ortamı olarak belirtilmiştir (Ölmez ve Saraç, 2009). Hisar Deresi pH ölçümleri; Şubat 2019'da 6,04 ve Ekim 2021' de 8,4 olarak tespit edilmiştir. Kumla Deresi pH değerleri ise; Şubat 2019'da 6,3 ve Ekim 2021'de 8,07 olarak ölçülmüştür. Her iki dereye ait 2023 yılına ait pH ölçümlerinde ortalama değerin 7,32 olduğu tespit edilmiştir. Her iki dere de yatak eğimleri, mevsimsel olarak yağışların artışıyla birlikte derelere giren suların içinde mevcut olan çamur, mil karışımı gibi etkenler, pH değerlerinde değişimler oluşturmakla birlikte, araştırmada tespit edilen değerler Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen sınırlar arasında tespit edilmiştir. Doğal sucul ekosistemin en önemli bileşenlerden biri olan çözünmüş oksijen ve sıcaklık, biyolojik faaliyetleri düzenleyen en önemli faktörlerdir (Şengörür ve Demirel, 2002). Su içindeki çözünmüş oksijen, sucul canlıların yaşamını etkilediği gibi, fizikokimyasal sürecin sürdürülebilirliği açısından da oldukça önemli bir role sahiptir (Şengörür ve Demirel, 2002). Hisar Deresi çözünmüş oksijen miktarı açısından incelendiğinde; Şubat 2020'de 11,2 mg/L ile en yüksek, Ağustos 2021' de en düşük 2 mg/L olarak ölçülmüştür. Kumla Deresi'nde ise durum; en düşük Ağustos 2022'de 5 mg/L ölçülmüş, en yüksek ise; Şubat 2019' da 10,5 mg/L tespit edilmiştir. Kasım 2023 tarihinde, Kumla Deresi'nde 9,3 mg/L ve Hisar Deresi'nde 8,6 mg/L olarak tespit edilmiştir. Derelerin tüm yıllarda (2017-2023) tespit edilen çözünmüş oksijen değerleri, mevsimlere, aylara ve çevresel etkenlere bağlı olarak çok farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik kapsamında değerlendirildiğinde, derelerin bazı aylarda çözünmüş oksijen değerlerine göre I. kalite, bazı aylarda ise IV. Kalite su özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Sularda, birincil üretimi destekleyen nitrat, oksijence zengin sularda azotun çok yaygın görülen mineral formu olarak tanımlanmaktadır. Akıntının yüksek olduğu, yüzey sularında nitrat miktarı düşük olup genellikle 1 mg/l 'den 5 mg/l'ye kadar çıkabilmektedir (Taş ve diğ., 2010). Yapılan analizler sonucunda, Hisar Deresi için en yüksek değer; Şubat 2020' de 6,72 mg/L, en düşük değer ise; Ağustos 2022' de 0,09 mg/L olarak ölçülmüştür. Kumla Deresi açısından ise; Ekim 2021'de 5,01 mg/L en yüksek değer, Mayıs 2019'da en düşük değer 0,714 mg/L olarak ölçülmüştür. Kasım 2023 tarihinde alınan su numunesinde, Kumla Deresi'nde 1,8 mg/L ve Hisar Deresi'nde 1.2 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere göre, derelerin su kalitesi, suyun aktığı

bölgelerde, noktasal kirliliğe bağlı olmakla birlikte, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik kapsamında, I. ve II. sınıf su kalitesi özelliğinde belirlenmiştir.

Havzanın morfometresine, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde ve evsel atık özellikle deterjan olup olmadığına ve sudaki organik metabolizmaya bağlı olarak doğal sularda toplam fosfor yoğunluğu değişiklik göstermektedir (Taş ve diğ., 2010). Toplam fosfor açısından Hisar Deresi en yüksek ölçüm verisi, Ağustos 2022'de 5,465 mg/L, en düşük ise; 0,238 mg/L olarak Şubat 2017'de belirlenmiştir. Kumla Deresi'nde en yüksek değer Ekim 2021' de 1,255 mg/L ve en düşük değer, Şubat 2017'de 0,16 mg/L olarak tespit edilmiştir. Kasım 2023'te yapılan analizlerde ise Kumla Deresi'nde 0.9 mg/L ve Hisar Deresi'nde <0,3 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında değerlendirildiğinde, dere sularının II. ve III. sınıf su kalitesi özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada belirlenen ağır metallerden arsenik, bakır, çinko, kadmiyum, kobalt, kurşun, nikel, toplam krom parametreleri, ilgili yönetmelik kapsamında değerlendirildiğinde, derelerin çevresinde bulunan evsel ve sanayi kuruluşları olmasına rağmen, sularının ağır metal açısından sınır değerleri aşan bir kirliliğe maruz kalmadıkları tespit edilmiştir. Çalışmada, derelerde, organik ve fekal kirliliğin göstergesi olan *Escherichia coli* sayımları da TS EN ISO 9308-1 (Membran Filtrasyon Tekniği) tekniğine göre yapılmış ancak derelerin bu bağlamda, kirlilik yükü olmadığı tespit edilmiştir. Derelerde yaşamlarını sürdüren canlı gruplarından biri olan ve sucul sistemlerde biyomonitör olarak bilinen diyatomeler, diğer mikro alg grupları ve gastropodlar da incelenmiştir. Arazi örneklemelerinde, Kumla deresi birinci istasyonda, taş örneklerinin altında *Gammarus* sp. türlerinin çok az da olsa bulunduğu tespit edilmiştir. Kumla ikinci istasyonun bulunduğu kanal içinde su içi bitkilerinin bulunduğu ve su yüzeyinde martıların dinlenme amaçlı konduğu da görülmüştür. Kumla deresi üçüncü istasyonda gastropod sınıfa ait iki adet örnek tespit edilmiş olup, Hisar Deresi'nde bu örneklere rastlanılmamıştır. Yapılan çalışmada, sucul yaşama ait toplamda Bacillariophyceae'ye ait 58, Chlorophyceae'ye ait 2, Cyanophyceae'ye ait 3 ve Euglenophyceae sınıfına ait 2 takson tespit edilmiştir. Diyatomelerdan, *Diatoma vulgaris, Navicula radiosa, Nitzschia linearis, Nitzschia recta,* taksonlarının bol olarak bulunduğu, *Cocconeis pediculus, Ulnaria capitata* ve *Ulnaria ulna* türlerinin baskın

olduğu tespit edilmiştir. Cox (1996) 'a göre, *C. pediculus* türünün yüksek elektriksel iletkenliğe sahip hafif tuzlu sularda yaygın bulunduğu, aynı zamanda, ileri derecede ötrofik sularda da iyi geliştiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Kelly ve Whitton, 1995). Bununla birlikte Ülkemizin akarsularında bu tür nispeten kirlenmemiş ve ötrofik sularında yaygın olarak bulunmuştur (Kıvrak ve Gürbüz, 2010). Bu çalışmada, Kumla Deresi elektriksel iletkenliği 1343 µS/cm ve Hisar Deresi elektriksel iletkenliği 3755 µS/cm olarak belirlenmiş olup, bu tür tüm istasyonlarda tespit edilmiştir. Eğirdir Gölü'nde yapılan bir çalışmada, *U. capitata*'nın alkali sularda daha iyi geliştiğini mesotrof ve ötrof göllerin karakteristik türü olduğu bildirilmiştir (Van Dam vd.,1994; Çiçek ve ark., 2017). Derelerin fizikokimyasal parametreleri açısından, yaşama ortamı uygun olan bu tür, çalışmada her iki derede de tespit edilmiştir. Ülkemiz tatlı su sistemlerinde de oldukça yaygın olan *Ulnaria ulna* türünün kozmopolit ve kirlilik toleransının yüksek olduğu bildirilmiştir (Kıvrak ve Gürbüz, 2010). Bu tür kirliliğe toleransının yüksek olması nedeniyle, çalışma istasyonlarının hepsinde tespit edilmiştir. Van Dam ve ark. (1994)'na göre *D. vulgaris*'in mezotrofik ve ötrofik sularda yayılış gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmamızda tespit edilen bu türün, istasyonlarda bulunan su kalitesi özellikleri bakımından da uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, Nitzschia ve Navicula türlerinin, Orta Avrupa sularında oldukça kozmopolit olduğu, pH >7 üzeri olan alkalifilik ve ötrofik sularda bulunduğu belirtilmiştir (Noga ve ark., 2013). Bizim çalışmamızda da bu cinse ait türlerin her iki dere de tespit edildiği ve suların pH değerleriyle de uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, alınan su örneklerinde, diyatome türleri dışında mikro alg grupları da tespit edilmiştir. Bunlardan Oscillatoria türleri ve *Euglena gracilis,* organik ve inorganik kirliliğin yüksek olduğu alanlarda yayılış gösteren türlerdir. Bu türler, her iki derede de kirliliğin taşındığı üçüncü istasyonda tespit edilmişlerdir.

Bu çalışmada, tespit edilen tür çeşitliliğinin benzerlik düzeylerinin birbirine yakın olduğu, çeşitlilik indeks değerinin (H'), 4,12-4,25 arasında olmasından dolayı tür çeşitliliğinin bulunduğu, düzenlilik indeks değerine göre (0,68 - 0,75) düzenli dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir. Derelerde, diyatome indekslerine göre yapılan hesaplamalarda, Kumla Deresi istasyonlarının trofik indeks değerleri sırasıyla, TDI: 54,25, TIT: 2,5; TDI:58,86, TIT: 3,2; TDI:65,86, TIT: 3,5 olarak belirlenmiştir. Hisar deresi istasyonlarının trofik indeks değerleri sırasıyla, TDI: 52,74, TIT: 2,3; TDI: 57,16,

TIT: 3,4; TDI:68,96, TIT: 3,7 olarak tespit edilmiştir. Dereler genel olarak değerlendirildiğinde, orta kalite sular grubunda yer aldıkları tespit edilmiştir.

Tüm bu elde edilen veriler ışığında çalışma genel olarak değerlendirildiğinde derelerde kirlilik yükü olduğu tespit edilmiştir. Derelerin çevresinde yerleşim yerlerinin bulunması, hayvansal ve tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi, endüstriyel yapının bir hayli fazla olması, evsel atıkların ve kanalizasyonlar ile temas etmesi gibi etmenler de değerlendirilmiştir. Bu durumunda sucul ekosistem ve üzerinde etkilere, su kalite parametrelerinde bozulmalara neden olduğu anlaşılmaktadır. Su içerinde yaşayan su bitki türlerinde azalmalar gözle görünür oranda belirginleşmektedir. Sudaki organik madde artışı, oksijen çözünürlüğünü olumsuz yönde etkilediği için oksijen yetersizliği ve artan anorganik madde, bazı mineral maddelerin artmasına, bazılarının ise azalmasına sebebiyet vermesi neticesinde besin azlığına ve türlerin azalmasına hatta yok olmasına neden olabilecektir. Bu nedenlerden ötürü öncelikle derelere atılan tüm atıklar için önlemler alınmalıdır. Örneğin; atıklarını derelere boşaltan fabrikalar arıtma sistemlerini daha da geliştirebilir. Hatta daha ileri seviye ya da biyolojik arıtma filtreler ile filtrelerini değiştirerek suya istenmeyen atıkların karışması önleyebilir. Aynı zamanda kanalizasyon ile suya karışan deterjanlar ve biyolojik atıklarında daha iyi arıtılarak suya karışması hatta fosfor içeren deterjan kullanımı azaltılması hakkında hatta kullanılmaması ile ilgili çeşitli bilgilendirme ve bilinçlendirme çalışmaları ile teşvik edilebilir (Taşpınar, 2016). Tarımsal olarak kullanılan gübreler, tarım ilaçları, hayvan yetiştiriciliği yapanların hayvan yemleri ve çeşitli atıkları sulara karıştırması nedeniyle oluşan kirlilik içinde gerekli daha sık denetimlerin yapılması, cezai yaptırım uygulanması , hayvan yetiştiriciliği ve tarım ile uğraşanlar için belirli zaman aralıkları ile eğitimler düzenlenmesi, kullandıkları ilaçları ve çeşitli kimyasalların sucul ekosistem ve diğer canlılar için daha az toksik etki yaratanları ile değiştirilmesi gibi önlemler alınabilir. Tarım alanlarının doğru noktalara konumlandırılması ve amacına uygun kullanılması sağlanabilir. Endüstriyel tesisler için de atık su arıtma sistemlerinin kurulması, sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi ve evsel atıklar için de çevreci çözümlerin oluşturulması için programlama yapılabilir. Sucul sitemlerdeki erozyonu önlemek için su bitkilerinin korunması sağlanması, taşkınları ve debi artışlarını önlemek için gerekli denetimler ve ölçümler yapılarak sürekli takip altında tutulması sağlanabilir. Su kaynaklarının korunması ve küresel ısınma adına karbon ayak izi, su ayak izi

konularına gereken önem verilerek halkın bilinçlenmesi için farklı çalışmalar yürütülebilir. Sonuç olarak, su kaynaklarından daha verimli ve sürdürülebilir faydalanmak için, su politikalarının yürütülmesinde, bakanlıklar, üniversiteler, yerel yönetimler ve halkın katılımla koordinasyon sağlanarak, birlikte ortak çalışmalar yürütülebilir.

KAYNAKLAR

Akın, M., ve Akın, G. (2007). Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 105-118 .

Aksu, C., Çetin, T., Bahçeci, H., Özüdoğru, A., Günhan, Ö., Karaaslan, Y., ve Yetiş, Ü. (2019). Su Kaynaklarının Kalite Durumu Belirleme ve Çevresel Hedefler. *Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi* (s. 213-344). Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı.

Anonim. (2019). *Biyolojik İzleme Tebliği.* Tarım ve Orman Bakanlığı. Ankara: Resmi Gazete, https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/06/20190621-9.htm, (Ziyaret tarihi: 12 Kasım 2023)

Anonim. (2022). *2019-2023 Stratejik Plan.* T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı.

Anonim. (2023). *Kocaeli İli 2022 Yılı Çevre Durum Raporu.* Kocaeli Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürü. Kocaeli: Kocaeli Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürü.

Anonim. (2023). *Koruma Alan İzleme - Nehirler (2017-2022 Hassas Alan Korunan Alan Parametreleri Makain053, Makain055).* Ankara: Devlet Su İşleri,(Ziyaret tarihi: 11 Şubat 2023).

Boran, M., ve Sivri, N. (2001). Trabzon (Türkiye) İl Sınırları İçerisinde Bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde Nütrient ve Askıda Katı Madde Yüklerinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 343-348.

Coste, M., ve Lecointe, M. (2023). *Omnidia Software*https://omnidia.fr/en (Ziyaret tarihi: 26 Aralık 2023).

Coşkun, Ç., Pulatsü, S., ve Coşkun, T. (2018). Evsel Atıksulardan Azot ve Fosforun Biyolojik Giderilme Yöntemleri. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 53-63.

Çelekli, A. (2016). Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi. Fitobentoz İndeksleri Kılavuz Dökümanı (79). Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Çetin, T. (2014). *Su Çerçeve Direktifine Göre Biyolojik Kalite Elementleri: Fitoplankton ve Fitobentoz.* Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Çetin, T. (2017). *Yukarı Sakarya Havzası'nda Ekolojik Durumun Tahmininde Fitobentozun Kullanımı.* Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Ankara.

Çiçek, N. L., Güçlü, S. S., Erdoğan, Ö., ve Küçük, F. (2023). Water Quality Assessment of Simav River (Susurluk Basin/Turkey) According to Seasons and Stations. *International Journal of Computational and Experimental Science and ENgineering (IJCESEN)*, s. 68-80.

Dam, H. v., Mertens, A., ve Sinkeldam, J. A. (1994). A Coded Check List and Ecological Indicator Values of Freshwater Diatoms From the Netherlands. *Aquatic Ecology*, 117-133.

Demirarslan, K. O., ve Demirarslan, D. (2018). Sanayileşme, Kentleşme ve Çevre İlişkisi: Kocaeli İli Örneği. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 29-43.

Guiry, M. D., ve Guiry, G. M. (2023). *World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway*. AlgaeBase: https://www.algaebase.org/, (Ziyaret

tarihi: 12 Kasım 2023)
Güler, P. (2023). *Çevre Sağlık İlişkisi.* Hacettepe Halksağlığı: https://halksagligi.hacettepe.edu.tr/sunumlar_ve_seminerler/cevresagligi/CEVRE_SAGLIK_iliskisi.pdf (Ziyaret tarihi: 11 Kasım 2023)
Hacısalihoğlu, S., Kaynar, E., ve Darat, V. D. (2023). Mustafakemalpaşa Çayı Su Kalitesinin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi,* s. 750-760.
Hustedt, F. (1985). The Pennate Diatoms (A Translation of Hustedt's "Die Kieselalgen, 2 Tiel" by Norman Jensen). *Koeltz Scientific Books.* içinde Koenigstein.
Jensen, W. B. (2004). The Symbol for pH. *Journal of Chemical Education,* s. 81.
Kaplan, M., Sönmez, S., ve Tokmak, S. (1999). Antalya Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23*(3), 309 - 313.
Kelly, M. G., ve Whitton, B. A. (1995). The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology(7),* 433-444.
Kıvrak, E., ve Gürbüz, H. (2010). Tortum Çayı'nın (Erzurum) Epipelik Diyatomeleri ve Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri ile İlişkisi. *Ekoloji,* 102-109. doi:10.5053/ekoloji.2010.7413
Kocataş, A. (2008). A. Kocataş içinde, *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi (Onuncu Baskı)* (s. 267-385). İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
Kramer, K., ve Lange-Bertalot, H. (1991a). Bacillariophyceae. 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunoticeae. In: Süβwasserflora von Mitteleuropa, 2/3, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, p. 577.
Kramer, K., ve Lange-Bertalot, H. (1991b). Bacillariophyceae. 4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. In:Süβwasserflora von Mitteleuropa, 2/4, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, p. 437.
Kramer, K., ve Lange-Bertalot, H. (1999a). Susswasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae. Band 2/1, 1. Teil: Naviculaceae, 1-876. Berlin: Spectrum Academisher Verlag.
Kramer, K., ve Lange-Bertalot, H. (1999b). Susswasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae. Band 2/2, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 1- 610. Berlin: Spectrum Academisher Verlag.
Menteşe, S. (2017). Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su ve Hava Kirliliği; Teorik Bir İnceleme. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10*(53), 381-389. doi:http://dx.doi.org/10.17719/jisr.20175334127
Nadir, S. (2017). *Yalakdere'nin (Yalova) Biyolojik Su Kalitesinin Epilitik Diyatomelere Dayalı Değerlendirilmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Bursa.
Noga, T., Stanek-Tarkowska, J., Kochman, N., Pajączek, A., ve Woźniak, K. (2013). Application of diatoms to assess the quality of the waters of the Baryczka Stream, left-side tributary of the River San. *Journal of Ecological Engineering, 14*(3), 8-23.
Oktor, K. (2018). İzmit Körfezine (Kocaeli, Türkiye) Dökülen Derelerde Cr (Vı) Tayini. *III. International Rating Academy Congress On Applied Sciences,* (s. 247-251).
Ölmez, M., ve Saraç, D. (2009). Su Ürünleri İçin pH'nın Önemi. *Ziraat Mühendisliği*(353), s. 12-17.
Papila, A. (1997). *Sarısu deresi (Kocaeli-Kandıra)`nde mikrobiyolojik (E. coli) ve kimyasal kirlenmeye neden olan etmenlerin tespiti.* Yüksek Lisans Tezi, Marmara

Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji ve Genetik Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Patrick, R. (1966). Algae as indicators of pollution. In: Biological problems in water pollution, U.S. dept. of health, education ve welfare, cincinnati, ohio, PHS publ. 999- WP-25. Phycology, 5, . 78-82.

Patrick, R., ve Reimer, C. W. (1975). The Diatoms of The United States. Amerika: Sutter House.

Routledge, R. D. (1980, 4 1). Bıas In Estımatıng The Dıversıty Of Large, Uncensused Communıtıes. *Ecology, 61*, s. 276-281.

Sevindik, T. O., Alemdar, E., Uzun, A., Tunca, H., ve Coşkun, T. (2021). Ecological status estimation of eight creeks in the Lake Sapanca Basin (Sakarya, Turkey) using diatom indices. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 14. doi:https://doi.org/10.1051/limn/2021012

Şengörür, B., ve Demirel, A. (2002). Akgöl'de (Gölkent-Sakarya) Ötrofikasyon ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, s. 1-8.

Tanyolaç, J. (2009). Limnoloji Tatlı Su Bilimi. J. Tanyolaç içinde, *Limnoloji Tatlı Su Bilimi* (s. 294). Ankara: Hatipoğlu Yayınevi.

Taş, B., Candan, A. Y., Can, Ö., ve Topkara, S. (2010). Ulugöl (Ordu)'ün Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *FisheriesSciences.com, 4*(3), 254-263.

Taşpınar, B. (2016). *Salarha Havzası Akarsularında Evsel Atık Sulardan Dolayı Oluşabilecek Bakteriyolojik ve Deterjan Kökenli Kirliliğin Araştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Rize.

Tema. (2023). *Su Ekosistemleri.* Su Tema: https://sutema.org/su-ekosistemleri (Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2023) Uslu, O., ve Türkman, A. (1987). Su Kirliliği ve Kontrolü. O. Uslu, ve A. Türkman içinde, *Su Kirliliği ve Kontrolü* (s. 398). Ankara: Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü.

Yılmaz, B. (2013). *Terkos Gölü'ne Dökülen Derelerde Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Düzeylerinin Saptanması.* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Programı, İstanbul.

Yüce, A. M., Gönülol, A., Ertan, Ö. O., ve Erkebay, Ş. (2018). Hereke Deresi Alg Florası (Kocaeli-Türkiye). *Limnofish-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 25-29. doi:https://doi.org/10.17216/limnofish.366830

Yüce, A. M., Özel, İ., ve Aktaş, M. (2018). Sürdürülebilir Su Yönetimi için Su Kuyularında Nitrat Değerlerinin Belirlenmesi (Kocaeli/Türkiye). *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 49-58.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Abdi, M. H. S., Morkoyunlu Yüce, A., **Tapan Ömeroğlu, B.,** Öncü, F. (2021). Aquatic Ecosystem Management: The Case of Somalia. *City Health Journal, 2*(2), 43-46.

Öncü, F., Morkoyunlu Yüce, A., **Tapan Ömeroğlu, B.,** Abdi, M. H. S. (2021). Çevresel Etkiler ve Türkiye Deniz Ekosistemleri / Environmental Impacts and Turkey's Marine Ecosystems. *City Health Journal, 2*(2), 68-71.

Tapan Ömeroğlu, B., Morkoyunlu Yüce, A., Abdi, M. H. S., Öncü, F. (2021). İklim Değişikliğinin Sucul Ekosistem Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi / Assessing the Effects of Climate Change on the Aquatic Ecosystem. *Climate and Health Journal, 1*(2), 108-114.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimimi Kocaeli' de tamamladım. 2007 yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Mühendisliği Lisans programından 2011 yılında mezun oldum. 2015-2016 yılları arası Üsküdar Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği alanında Tezsiz Yüksek Lisans öğrenimimi tamamladım. 2012 yılından beri çeşitli firmalarda İş Güvenliği Uzmanı olarak görev yapmaktayım.