

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SARISU ÇAYI (KOCAELİ) VE HAVZASINDA
SU VE SEDİMENT KİRLİLİĞİNİN
MEVSİMSSEL İZLENMESİ

SONER AKGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. MEHMET SALİM ÖNCEL

ŞUBAT 2024

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SARISU ÇAYI (KOCAELİ) VE HAVZASINDA
SU VE SEDİMENT KİRLİLİĞİNİN
MEVSİMSSEL İZLENMESİ

SONER AKGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. MEHMET SALİM ÖNCEL

ŞUBAT 2024

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

**SEASONAL MONITORING OF WATER AND
SEDIMENT POLLUTION IN SARISU STREAM
(KOCAELI) AND ITS BASIN**

SONER AKGUN

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

ADVISOR: PROF. DR. MEHMET SALIM ONCEL

FEBRUARY 2024

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 05/02/2024 tarih ve 2024/10 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 15/02/2024 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Soner AKGÜN'ün tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL

ÜYE : Doç. Dr. Erhan GENGEÇ

ÜYE : Dr. Öğr. Üy. Meltem ÇELEN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR



ithaf

*Aileme
ve
biricik esime*

ÖZET

Kocaeli ili Kandıra ilçesinden Karadeniz'e dökülen Sarısu Çayı; 137 km uzunluğa, 368 km² su toplama havzasına ve 3.82 m³/sn ortalama debiye sahip olup bölgenin önemli akarsularındandır. Özellikle Kandıra ilçesinin içme ve kullanma suyu havzasını oluşturması sebebiyle su ve sediment kalitesi izleme çalışmaları ile alınacak önlemler bölgedeki ekosistemlerin korunması açısından önemlidir. Hızlı şehirleşme ve sanayileşme ildeki yerüstü ve yeraltı su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Akarsular doğal yapıları gereği kendi kendilerini temizleyebilseler de, kirlilik yüklerini tamamen ortadan kaldırmak mümkün değildir. Bu çalışmada Sarısu Çayının su ve sediment kalitesinin belirlenmesinde kullanılan bazı fizikokimyasal ve kimyasal parametreler incelenmiştir. Sarısu Çayının farklı özellikleri incelenerek 13 istasyon seçilmiştir. Her bir istasyondan iki aylık dönemler halinde temmuz 2020 – kasım 2020 tarihleri arasında 3 kez su ve sediment örnekleri toplanmıştır. Alınan numuneler ulusal ve uluslararası su ve sediment kalitesi mevzuatlarına göre değerlendirilmiştir. Su örneklerinde pH, sıcaklık, iletkenlik, çözülmüş oksijen, toplam organik karbon, toplam azot, As, B, Ba, Al, Fe, Mn, Na, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Se, SO₄²⁻, NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, Cl⁻, F⁻, NH₄⁺-N, toplam fosfor analizleri yapılmıştır. Sediment örneklerinde ise demir ve mangan analizleri yapılmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre Al (0.01-2.85 mg/L), Fe (0.06-1.97 mg/L), Mn (0.002-1.04 mg/L), TOC (0.6-11.7 mg/L), TP (0.02-2.18 mg/L), NO₃⁻-N (0.17-7.23 mg/L) parametreleri bazı noktalarda limit değerleri geçer ve su kalitesini olumsuz etkileyen parametrelerdendir. Kanada Sediment Kalite Yönergesine göre; sediment örneklerinde Fe (74-44063 mg/kg), Mn (8-16672 mg/kg) parametreleri çoğu nokta en düşük etki seviyesinin üzerinde ve Mn derişimlerinde çoğu nokta en düşük etki seviyesinin üzerindedir ve sediment kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu metallerin kaynağı doğal kaynaklar olup toprak ve sedimentin doğal yapısında bulunmaktadır. Su ve sedimentte kirleticilerin yüksek konsantrasyonlarda bulunmasının başlıca nedeni bölgedeki hayvan kaynaklı, tarım, toprak yapısı ve kaçak evsel deşarjdan olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak, bu akarsu kollarında su ve sediment kalitesinin korunması ve kontrolü için gerekli olan önlemler ortaya konmuştur. Bundan sonra akarsuda yapılacak olan çalışmalar için bir referans teşkil edecek olması nedeniyle önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su, Sediment, Mevsimsel İzleme, Sarısu Çayı.

ABSTRACT

Sarisu Stream, which flows into the Black Sea from Kandira district of Kocaeli Province; It is 137 km long, has a 368 km² water collection basin and an average flow rate of 3.82 m³/sec, and is one of the important rivers of the region. Especially since Kandira district constitutes the drinking and utility water basin, water and sediment quality monitoring studies and measures to be taken are important for the protection of ecosystems in the region. Rapid urbanization and industrialization negatively affect surface and groundwater resources in the province. Although rivers can clean themselves due to their natural structure, it is not possible to completely eliminate their pollution load. In this study, some physicochemical and chemical parameters used to determine the water and sediment quality of Sarisu Stream were examined. 13 stations were selected by examining the different characteristics of Sarisu Stream. Water and sediment samples were collected from each station three times in two-month periods between July 2020 and November 2020. In the water samples taken pH, temperature, conductivity, dissolved oxygen, total organic carbon, total nitrogen, As, B, Ba, Al, Fe, Mn, Na, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Se, SO₄²⁻, NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, Cl⁻, F⁻, NH₄⁺-N, total phosphorus analyzes were performed. Iron and manganese analyzes were carried out in sediment samples. According to the Water Pollution Control Regulation, Al (0.01-2.85 mg/L), Fe (0.06-1.97 mg/L), Mn (0.002-1.04 mg/L), TOC (0.6-11.7 mg/L), TP (0.02-2.18 mg/L), NO₃-N (0.17-7.23 mg/L) parameters exceed the limit values at some points and are among the parameters that negatively affect water quality. According to the Canadian Sediment Quality Directive; in sediment samples, Fe (74-44063 mg/kg), Mn (8-16672 mg/kg) parameters are above the lowest impact level at most points, and most points of Mn concentrations are above the lowest impact level and negatively affect the sediment quality. The source of these metals is natural resources and are found in natural structure of soil and sediment. The main reason for the high concentrations of pollutants in water and sediment is thought to be due to animal origin, agriculture, soil structure and illegal domestic discharge in the region. As a result, the necessary measures for the protection and control of water and sediment quality in these river branches have been put forward. It is important because it will serve as a reference for future studies on the river.

Keywords: Water, Sediment, Seasonal Monitoring, Sarisu River.

TEŞEKKÜR

Başta, tez alıŐmamın tım aŐamalarında her turlü desteği sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL'e, bilgi birikimleri ve görüŐleriyle katkı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Mehmet KOBYA'ya, arazi ve laboratuvar alıŐmalarında yardımcı olan Serkan KURT ve Murat BALTÜRK'e, ayrıca tez alıŐmam sırasında göstermiŐ olduğu desteklerinden dolayı sevgili eŐim Serap LAÇİN AKGÜN'e en içten teŐekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Sarısu Çayı Hakkında Genel Bilgiler	1
1.2. İklimsel Özellikler	3
1.3. Beşeri Coğrafi Özellikler	3
1.4. Tarım ve Hayvancılık	3
2. SU KALİTESİ TEMİNİ KONUSUNDA TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER	5
2.1. Su Kimyası	5
2.2. Yerüstü Suları	6
2.3. Dünyada Su Kaynakları	6
2.4. Türkiye'nin Su Kaynakları	7
2.5. Su Kalite Standartları	9
2.6. Su Kalitesine Etki Eden Faktörler	11
2.6.1. Fizikokimyasal Parametreler	12
2.6.1.1. Sıcaklık	12
2.6.1.2. pH	12
2.6.1.3. Çözünmüş Oksijen	13
2.6.1.4. İletkenlik	14
2.6.1.5. Nitrat Azotu ve Nitrit Azotu	14
2.6.1.6. Sülfat	15
2.6.1.7. Alüminyum	15
2.6.1.8. Demir	16
2.6.1.9. Mangan	16
2.6.1.10. Toplam Azot	16
2.6.1.11. Toplam Fosfor	17
2.6.1.12. Toplam Organik Karbon	17
2.6.1.13. Arsenik	17
2.6.1.14. Bor	17
2.6.1.15. Baryum	18
2.6.1.16. Sodyum	18
2.6.1.17. Kurşun	18
2.6.1.18. Bakır	18
2.6.1.19. Krom	18

2.6.1.20. Kobalt	19
2.6.1.21. Nikel	19
2.6.1.22. Çinko	19
2.6.1.23. Selenyum	19
2.6.1.24. Amonyum	19
2.6.1.25. Florür	20
2.6.1.26. Klorür	20
2.6.2. Sediment	20
2.6.2.1. Sediment Kirliliği	21
2.6.2.1.1. Sedimentte Ağır Metal Kirliliği	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Araştırma Sahasının Yeri ve Numunelerin Alınması	23
3.1.2. Deneyde Kullanılan Cihazlar	27
3.1.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Stok Çözeltilerin Hazırlanması	28
3.2. Yöntem	29
3.2.1. Su Numunelerinin ICP-MS Cihazı ile Analizi	29
3.2.2. Su Numunelerinin İyon Kromatografisi Cihazı ile Analizi	30
3.2.3. Sediment Numunelerinin ICP-OES Cihazı ile Analizi	31
3.2.4. Yakma Cihazı ile Yapılan Analizler	33
4. BULGULAR	35
4.1. Analizleri Yapılan Parametrelerin Sonuçları	35
4.2. Elde Edilen Verilerin Zamana ve İstasyonlara Göre Karşılaştırma Grafikleri	36
4.2.1. pH	36
4.2.2. Sıcaklık	37
4.2.3. İletkenlik	38
4.2.4. Çözünmüş Oksijen	39
4.2.5. Toplam Organik Karbon	40
4.2.6. Toplam Azot	41
4.2.7. Arsenik	42
4.2.8. Bor	43
4.2.9. Baryum	44
4.2.10. Alüminyum	45
4.2.11. Demir	46
4.2.12. Mangan	47
4.2.13. Sodyum	48
4.2.14. Kurşun	49
4.2.15. Bakır	50
4.2.16. Krom	51
4.2.17. Kobalt	52
4.2.18. Nikel	53
4.2.19. Çinko	54
4.2.20. Selenyum	55
4.2.21. Sülfat	56
4.2.22. Nitrat Azotu	57
4.2.23. Nitrit Azotu	58
4.2.24. Klorür	59
4.2.25. Florür	60

4.2.26. Amonyum Azotu	61
4.2.27. Toplam Fosfor	62
4.2.28. Demir	63
4.2.29. Mangan	64
5. SONUÇLAR ve YORUMLAR	66
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	76
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR	77



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat Derece
A°	: Armstrong
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
Cl ⁻	: Klorür
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
F ⁻	: Florür
Fe	: Demir
g	: Gram
H ₂	: Hidrojen
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
H ₂ Se	: Hidrojen Selenür
H ₂ Te	: Hidrojen Tellürit
km	: Kilometre
l	: Litre
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
NH ₄ ⁺ -N	: Amonyum Azotu
NO ₂ ⁻ -N	: Nitrit Azotu
NO ₃ ⁻ -N	: Nitrat Azotu
O ₂	: Oksijen
Pb	: Kurşun
Se	: Selenyum
sn	: Saniye
SO ₄ ²⁻	: Sülfat
W	: Watt
Zn	: Çinko
Se	: Selenyum
AB	: Avrupa Birliği
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
D-B	: Doğu-Batı
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
IC	: İyon Kromatografisi
ICP-MS	: İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi
ICP-OES	: İndüktif Eşlenik Plazma-Atomik Emisyon Spektrofotometresi
IR	: İnfrared
K-G	: Kuzey-Güney
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TOC	: Toplam Organik Karbon
TS	: Türk Standartları
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Araştırma alanının yeri.	2
Şekil 3.1: Numune noktaları.	24
Şekil 3.2: Numune alımı esnasında çekilen fotoğraflar.	26
Şekil 3.3: Agilent 7800 Icp-MS analiz cihazı.	30
Şekil 3.4: Metrohm 940 Vario İyon Kromatografisi analiz cihazı.	31
Şekil 3.5: Milestone Ethos up mikrodalga cihazı.	32
Şekil 3.6: Spectro Acros Icp-Oes cihazı.	33
Şekil 3.7: Shimadzu Toc-L cihazı.	34
Şekil 4.1: Su örneklerindeki pH değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	37
Şekil 4.2: Su örneklerindeki sıcaklık değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	38
Şekil 4.3: Su örneklerindeki iletkenlik değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	39
Şekil 4.4: Su örneklerindeki çözünmüş oksijen değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	40
Şekil 4.5: Su örneklerindeki toplam organik karbon değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	41
Şekil 4.6: Su örneklerindeki toplam azot değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	42
Şekil 4.7: Su örneklerindeki arsenik değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	43
Şekil 4.8: Su örneklerindeki bor değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	44
Şekil 4.9: Su örneklerindeki baryum değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	45
Şekil 4.10: Su örneklerindeki alüminyum değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	46
Şekil 4.11: Su örneklerindeki demir değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	47
Şekil 4.12: Su örneklerindeki mangan değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	48
Şekil 4.13: Su örneklerindeki sodyum değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	49
Şekil 4.14: Su örneklerindeki kurşun değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	50
Şekil 4.15: Su örneklerindeki bakır değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	51
Şekil 4.16: Su örneklerindeki krom değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	52
Şekil 4.17: Su örneklerindeki kobalt değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	53
Şekil 4.18: Su örneklerindeki nikel değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	54
Şekil 4.19: Su örneklerindeki çinko değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	55

Şekil 4.20: Su örneklerindeki selenyum değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	56
Şekil 4.21: Su örneklerindeki sülfat değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	57
Şekil 4.22: Su örneklerindeki nitrat azotu değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	58
Şekil 4.23: Su örneklerindeki nitrit azotu değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	59
Şekil 4.24: Su örneklerindeki klorür değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	60
Şekil 4.25: Su örneklerindeki florür değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	61
Şekil 4.26: Su örneklerindeki amonyum azotu değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	62
Şekil 4.27: Su örneklerindeki toplam fosfor değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	63
Şekil 4.28: Sediment örneklerindeki demir değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	64
Şekil 4.29: Sediment örneklerindeki mangan değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.	65

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Yüzey sularının kalite standartları fiziksel ve kimyasal parametreler.	10
Tablo 2.2: Yüzey sularının kalite standartları organik parametreler.	10
Tablo 2.3: Yüzey sularının kalite standartları bakteriyolojik parametreler.	11
Tablo 3.1: Su ve sediment numunelerinin alındığı istasyonların koordinatları.	25
Tablo 3.2: Deneylerde kullanılan cihazlar.	28
Tablo 3.3: Deneylerde kullanılan kimyasallar.	28
Tablo 4.1: ICP-MS cihazı ile yapılan ağır metal analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları.	35
Tablo 4.2: ICP-OES cihazı ile yapılan ağır metal analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları.	36
Tablo 4.3: IC cihazı ile yapılan iyon analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları.	36
Tablo 4.4: Yakma cihazı ile yapılan analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları.	36

1. GİRİŞ

Su, yaşam kaynağı ve ekolojik döngü için gerekli en önemli doğal bir kaynaktır. İnsanlar, ilk zamanlardan bugüne kadar yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmek için yerleşkelerini, nehir ve ırmak kenarlarına kurmuşlardır. Bununla beraber suyun içme, tarım ve ulaşımda getirdiği faydalara ek olarak ticari faaliyetlerini de geliştirmişlerdir. Suyun birçok faydası yanında zararlı olduğu halleri de mevcuttur. Örneğin; su kirlendiğinde hastalıkların çoğalmasına, taşkınlara, can ve mal kayıplarına neden olmaktadır.

18. yüzyılın sonlarına doğru, 1 milyarı bulan dünya nüfusu, 1950'lerde 2,5 milyar, 2005 yılı sonlarında nerdeyse 6,5 milyara ulaşmıştır. Dünya'daki nüfusun hızlı artması, teknoloji ve sanayideki gelişmeler, buna ilaveten çevre bilincindeki eksiklikler dünyada var olan kullanılabilir suyun azalmasına sebep olmuştur [1].

Çevre kirliliği sorunundan en çok etkilenen sistemlerin başında akarsu ve göller gelmektedir. Havzaya endüstriyel veya evsel atıkların karışması, direk veya dolaylı olarak su ve sediment kalitesini olumsuz etkilemektedir [1].

Bu çalışma çerçevesinde yaklaşık 137 km uzunluğundaki ve ortalama debisi 3,82 m³/sn olan Kocaeli ili Kandıra ilçesinde yer alan Sarısu çayı havzasının mevsime bağlı olarak su ve sediment kirliliği izlenmiştir.

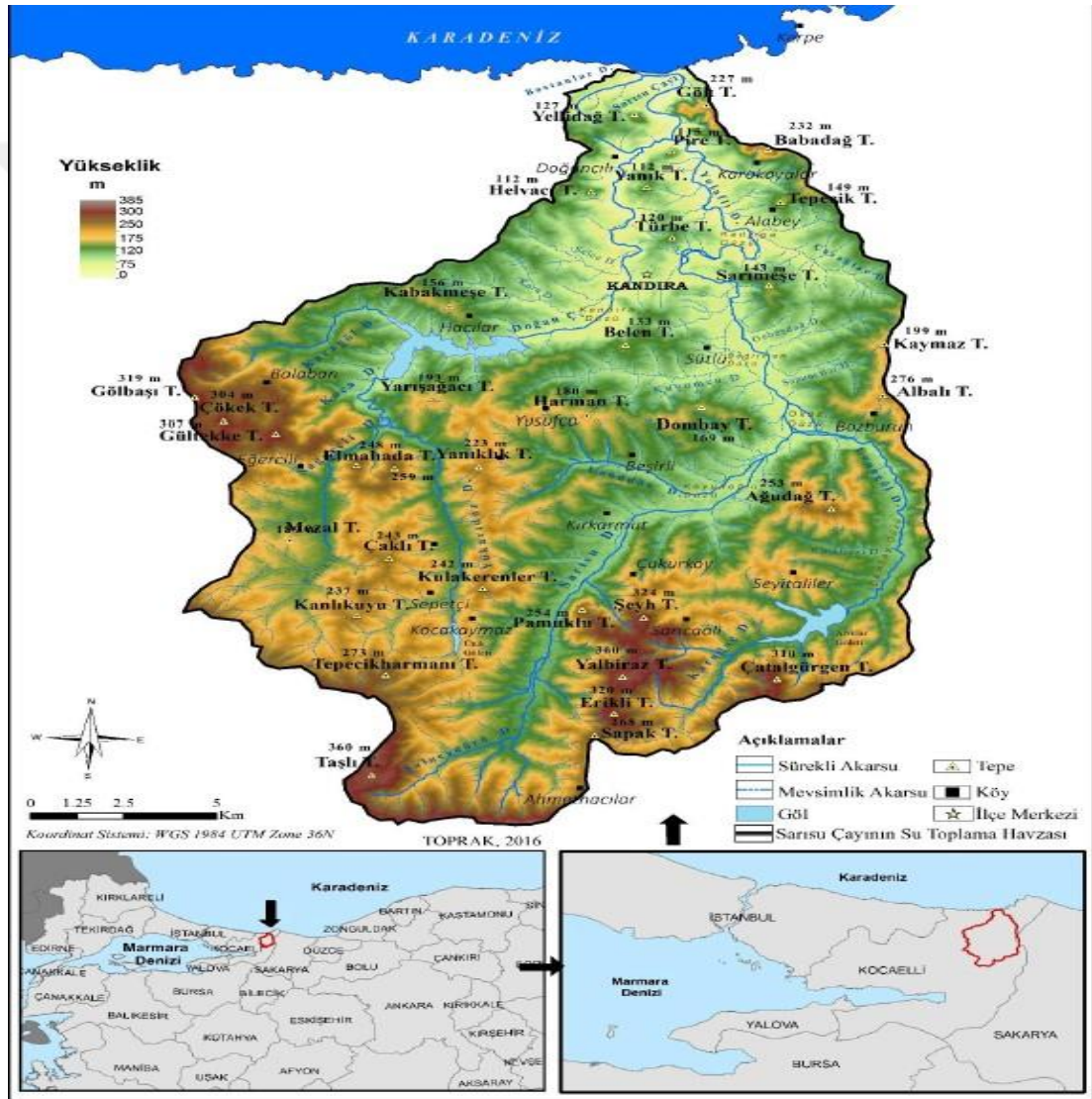
1.1 Sarısu Çayı Hakkında Genel Bilgiler

Kocaeli ili Kandıra ilçesine ait akarsulardan biri olan Sarısu Çayı'nın havza sahası 368 km², uzunluğu 137 km ve yaklaşık debisi 3,82 m³/sn'dir [2].

Taşlı Tepe eteklerinden Sulucadüzü Dere ismiyle başlayan akarsu, kuzey tarafına giderken oluşturduğu kollarla birlikte Sarısu ismini almaktadır. Ağudağ Tepesi'nin doğu tarafından akan Uzungöl Deresi ile Öküz Düzü'nde bir araya gelmektedir. Tepecik harmanı Tepesi'nden çıkan, üstünde Namazgah Barajı'nın da olduğu Doğan çayıyla birlikte denize dökülmeden 2,5 km öncesinde birleşmektedir [2]. Şekil 1.1'de Sarısu çayı havzası araştırma alanının yeri gösterilmektedir.

Akarsu havza alanının çoğu kısmı Kandıra toprakları içerisinde olup 6,5 km²'lik alanı da Kaynarca (Sakarya) ve İzmit (Kocaeli) ilçesi sınırları içerisindedir. Havza alanı K-

G istikametinde uzanarak Sarısu Çayı ve kolları ile birlikte oldukça aşındırılmıştır. Kocaeli yarımadasında bulunan diğer platoların yükseltisine benzer, kuzeye gidildikçe yükseltini düştüğü, en düşük ve en yüksek yükseltinin 0-360 m aralığında olduğu görülmüştür. Yer bilimi açısından ele alındığında havza alanında hattın güney tarafını alçaltıp aşındıran dereler kuzey tarafında kendi içlerinde bir araya gelip 2 akarsuyu oluşturmaktadırlar: Doğan Çay, Yulaflı Dere. Havzanın kuzey tarafında ise, Pire Tepe'den başlayarak ikisi bir araya gelip Sarısu Çayı ismini almıştır [2].



Şekil 1.1: Araştırma alanının yeri [2].

Sarısu Çayı yatağı tarafından aşındırılıp taşınan malzemeler 2,2 km² genişliğinde, çakıl ve kumlardan kıyı ovası meydana getirmiştir. Böylece D-B uzunluğu 1700 m, K-

G uzunluğu 560 m olan sığ bir kıyı ovasına gúneydođu yónu tarafından ulaşır. Daha sonra farklı bir rota takip eden akarsu, denize paralel, gúney tarafından D-B istikametinde akar, kıyı ovasının batı bólgesi ile falezlerin ortasından denize varmaktadır. Akarsuyun ağız bólgesi seneler geğtikçe yer değiştirmektedir. 2013 senesinde ovanın doğu tarafından denize ulaşmıştır. Havza alanının %20'sinde çok şiddetli, %66'sında şiddetli, %9'unda orta şiddette erozyon görúlúp, %5'lik kısmında ise görúlmemektedir [2].

1.2 İklimsel Özellikler

Sarısu Çayı havzasında alçak plato, akarsu taban ovaları ve tepeler bulunmaktadır. Havzada 22,6 °C ile en sıcak Temmuz ayı, 6,3 °C ile en soğuk Ocak ayı ve yıllık sıcaklık ortalaması ise 14,2 °C'dir. Havzadaki yıllık yağış miktarı 982 mm olup 155,4 mm ile en fazla yağışın Ekim, 44 mm ile en az yağışın olduğu Mart ayı kayıtlara geğmektedir. Havzanın iklim tipi, Köppen metodu ele alınıp değerlendirildiğinde yağış rejiminin düzenli nemli iklimler, De Martonne metodu ele alınıp değerlendirildiğinde orta kuşak geçiş iklim tipinde, Erinç metodu ele alınıp değerlendirildiğinde nemli iklimler içerisinde bulunmakta, bitki örtüsü de nemli ormanlar grubunda yer almaktadır [2].

1.3 Beşeri Coğrafi Özellikler

Sarısu Çayı havzası Kocaeli'nde nüfus yoğunluğunun az bulunduğu bir alanda bulunmaktadır. TÜİK verileri incelendiğinde 2020'de nüfusu 36.400 olan havzada 50 mahalle bulunmaktadır. Geğmişten bugüne kadar manavların sayıca fazlaca bulunduğu havzaya, Osmanlı döneminde uygulanan Türkleştirme politikasıyla beraber bazı Türk boylarının getirildiği bilinmektedir [3]. Ayrıca bu dönemde bilinen başka Őey ise halkın tarım, hayvancılık, odunculuk ve gemicilikle geğimlerini sürdürdüğüdür. Bu durum Cumhuriyet ilanı sonrasında da devam etmiş tarım ve hayvancılık önemini kaybetmeden sürdürmüştür [4].

1.4 Tarım ve Hayvancılık

Kandıra Gıda Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü'nün verilerine göre havzada bulunan toplam 50 mahallenin tarım alanı 78.842 km²'dir. İlgili alandaki 78.842 km²'lik tarım alanının 45.280 km²'si (%57,4) ekili kuru tarım alanı, 13.109 km²'si

(%16,2) ekili sulu tarım alanı, 19.446 km²'si (%24,6) dikili kuru tarım alanı, 0.677 km²'si (%0,8) dikili sulu tarım alanı, 0.143 km²'si (%0,2) nadas alanı, 0.202 km²'si (%0,2) boş bırakılan arazilerden oluşmaktadır. Bununla birlikte verilerin oluşturduğu 50 mahallede kuru tarım alanlarının oranı %82'dir. Tarım alanlarının geneline baktığımızda sulama yapılmayışının sebebi, havzada zirai faaliyetlere yetebilecek su miktarının yağışlarla birlikte karşılanabilir olmasıdır [2].

Kandıra Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nün verilerine göre 2020 yılı havza alanındaki işletmelerde bulunan toplam hayvan adedi 36.889'dur. Bu sayının içerisinde manda, keçi, sığır ve koyunlara ait miktar ve yüzdeleriye şu şekildedir: Havzada olan 36.889 hayvan sayısının 21.533'ü (%58,4) sığır türlerinden, 11.762'si (%31,8) koyunlardan, 2.094'ü (%5,4) mandalardan, 1.500'ü (%4,1) keçilerden oluşmaktadır. Özet olarak havzada bulunan hayvanların 23.627'sini (%64) büyükbaş hayvanlar, 13.262'sini (%35,9) küçükbaş hayvanlar oluşturmaktadır. Havza içerisinde bulunan hayvanların mahallelere göre dağılımına bakıldığında en fazla hayvanın 1807 ile Duracali Mahallesi'nde olduğu sonucuna varılmıştır. Sığır ve koyun havzanın her mahallesinde yetiştirilmesine rağmen manda ve keçi yetiştiriciliğinde titiz davranılmıştır [2].

2. SU KALİTESİ TEMİNİ KONUSUNDA TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

2.1 Su Kimyası

Oksijen ve hidrojen serbest haldeyken H_2 ve O_2 molekülleri şeklinde bulunmaktadır. Bunların su moleküllerini oluşturmaları için çarpışmaları gerekmektedir. Bu çarpışmanın sonucu olarak, hidrojen ile oksijen moleküllerini oluşturan bağlar zayıflayıp oksijen ve hidrojen atomlarının bir araya gelmelerine engel bir durum kalmamaktadır. Sıcaklık, bu moleküllerin enerjilerini ve hızlarını artırarak çarpışmalarının sayısını da önemli oranda arttırmaktadır. Bununla birlikte tepkime hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Suyun oluşmasında ihtiyaç olan ısı, dünyanın oluşumunda sağlanmış ve dünyanın dörtte üçlük kısmını oluşturan su o zaman oluşmuştur. Böylece su kaynakları buharlaşıp atmosfer tabakasına yükselir ve orada soğuyarak yağmur biçiminde yeryüzüne yeniden geri döner. Mevcut olan su miktarına bir eklenme olmayıp yalnızca çevrim yaşanmaktadır.

Su molekülleri oda şartlarında gaz yerine sıvı şekilde bulunmaktadır. Bunun sebebiyse molekül formatının kırık bir şekilde olmasıdır. Açık özellikleri sebebiyle su molekülleri polar özelliktedir. Su molekülünün geometrik özelliği açısaldır.

Su buharındaki IR spektrumlarına bakıldığında O-H bağ açısı $104,5^\circ$ ve uzaklıkların ise $0,96 \text{ \AA}$ olduğu görülmektedir. Serbest olan elektron çiftlerin oksijene uzaklıkları $0,84 \text{ \AA}$, iki hidrojen arasında bulunan uzaklık da $1,54 \text{ \AA}$ 'dır. Suyun kaynama derecesi H_2S , H_2Se ve H_2Te 'nin kaynama derecelerinden çok fazladır. Bunun sebebi ise molekülün yapısında bulunan hidrojen bağlarıdır [1].

Suyun mineral ve iyonik yapıdaki maddelerce iyi bir çözücü olmasının başında kararlı ve polar bir yapıya sahip olması gelmektedir. Diğer yapısal özellikleriyse iyonlarla birlikte kolay bir şekilde hidrat vermesi ve sıvı özellikte olmasıdır [5].

Su yaşam için gerekli temel yapı taşlarından. Suyun besin maddesi olarak kullanılması dışında, içerisinde bulunan mineral ve bileşiklerle birlikte vücudumuzda olan her çeşit biyokimyasal reaksiyonlarda önemli paya sahiptir. Vücudumuzdaki fizyolojik olayların gerçekleşmesinde, pH dengesinin korunmasında, besinlerin ve

artık maddelerin hedef noktalara ulaştırılmasına kadar önemli ölçüde görevleri bulunmaktadır [6].

Su diğer bir yandan hücrenel faaliyetlerin gerçekleştiği sitoplazmanın, atıkların hücrelerden çıkartılmasını sağlayan kanın önemli ölçüsünü ve besinlerin hücrelere ulaşmasını sağlamaktadır. Kanda bulunan su içeriği normal değerin %3'ü kadar bile azaldığında böbreklerin işlevinin bitmesine sebep olmaktadır. Bazı hastalıklar yaşamsal faaliyetleri olumsuz etkileyerek hücrelerin susuz kalmasına neden olmaktadır [7].

2.2 Yerüstü Suları

Barajlar, nehirler, göller ve akarsular gibi durgun veya akan herhangi bir su kütesini tanımlayan genel terime yerüstü suyu denir. Yerüstü suları; yüzeysel akış, doğrudan yağış, su tablası deşarjı ve toprak altı akış gibi farklı kaynakların bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Yüzeysel suların kaliteleri ve miktarları jeolojik ve iklimsel durumlara bağlı değişir. Örnek olarak havza alanındaki yağışın %20 civarında azalması, yıllık akımda nerdeyse yarı yarıya bir azalmaya neden olur. Jeolojik yapı olarak kireçtaşı ve tebeşir taşı olan havzaların suları sert ve berrak, granit benzeri geçirimsiz kayalarınkiyse yumuşak ve bulanık sulardan oluşur. Suyun sertliği hafif olan nehirler genel olarak dağlardan gelmekte olan akışlar ile oluşurlar. Kimyasal içerik olarak bu nehirler yüzeysel akışla birlikte nehre taşınmış siltler nedeniyle bulanık olup ve ana kayayla az etkileşimde bulduklarından düşük miktarlarda magnezyum ve kalsiyum iyonu içerirler [8].

2.3 Dünyada Su Kaynakları

Dünya devletleri, tüm insanlığın ortak malı olan doğal kaynakları doğru olarak kullanmayı ve korumayı düzenlemek sebebiyle küresel düşünceler geliştirmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri 1996 yılının Şubat ayında, AB su politikası ile ilgili yönetmeliğin çerçevesi hakkında mutabakata varmışlardır. En önemli doğal kaynak olan, suyla ilgili bütün yönergeler tek bir yönetmelik altında toplanması düşüncesi oluşmuş ve bu düşünce Su Çerçeve Yönergesi ile eylemsel hale dönüşmüştür [9]. Bu yönerge Avrupa genelinde bütünleşmiş su yöntemine bir yasal mevzuat oluşturması amacıyla 22 Aralık 2000 tarihinde yürürlüğe girmiştir [10].

Yeryüzü coğrafyasının $\frac{3}{4}$ 'ü sularla kaplı olsa da, dünya su açısından bolluk görüntüsü verse de içilebilir anlamdaki suyun oranı sadece %0,74 civarındadır. 18. yüzyılın son çeyreğinde, Sanayi Devrimi'nin başında 1 milyar civarındaki dünya nüfusu, 1950 yılında 2,5 milyar, 2005 yılı sonlarındaysa nerdeyse 6,5 milyara ulaşmıştır. Dünya nüfusunun bu denli artması, sanayi ve teknoloji imkanlarının oldukça ilerlemesi, bunun yanında çevre bilincinin yeterince oturmaması gibi sebepler dünyada olan içilebilir su hacminin gittikçe azalmasına neden olmaktadır. Bunlarla birlikte, içilebilir su kaynaklarının vahşice kirletilmesi, geriye dönüşü imkansız sorunların yaşanmasına sebep olmaktadır [11]-[13].

Dünyada bulunan toplam su miktarının yaklaşık 500.000 km³'ü her sene denizlerden ve toprakların yüzeylerinden oluşan buharlaşmalar ile atmosfere geri dönmekte, hidrolojik çevrimle yağış şeklinde yeniden yeryüzüne düşmektedir. Toprağa yağışla gelen bu su miktarı ortalama olarak yılda 100.000 km³'tür. Bu değer yaklaşık 40.000 km³/yılı akışa geçerek nehirler vasıtası ile denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmakta iken, 9000 km³/yılı ise teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir durumdadır [14].

Dünyada 2000'li yıllarda, yaklaşık 6 milyar insan, yılda 4 trilyon m³ su kullanmıştır. Bu kullanımın, hızla artan nüfusa ve özellikle gelişmiş ülkelerde su gereksinimi yaratan nüfus artışından daha düşük bir hızla, gelecekte de artmaya devam edeceği tahmin edilmektedir [15]. Ayrıca kirlenme potansiyeli göz önüne alındığında bu oranın arttırılması gerektiği görülmektedir. 2000 yılından itibaren dünyamızın gelişmekte olan ülkelerinde halen 2 milyar insanın yeterli su bulamadığı tespit edilmiştir [16].

2.4 Türkiye'nin Su Kaynakları

Türkiye 26°-45° doğu boylamları ve 36°-42° kuzey enlemlerinin üzerinde bulunmakta olup, hem Asya hem de Avrupa'ya uzanan benzersiz bir coğrafi konuma sahiptir. Türkiye'de yaklaşık 120 doğal göl bulunmaktadır. Van Gölü (3.712 km²) deniz seviyesinden 1.646 m yükseklikte ve 100 m'den fazla derinliği ile Türkiye'nin en derin ve en büyük gölüdür. Tuz Gölü (1.500 km²), deniz seviyesinden 925 m yüksekliği ile ikinci en büyük göl olarak kabul edilmektedir. Türkiye'deki diğer büyük göller arasında; Eğirdir, Beyşehir, Burdur, Sapanca, Acıgöl, Ulubat ve İznik bulunmaktadır [17]. Türkiye'nin 555 büyük baraj rezervuarı olup bunlardan başlıcaları; Atatürk (817

km²), Keban (675 km²), Karakaya (268 km²), Hirfanlı (263 km²), Altınkaya (118 km²) ve Kurtboğazı (6 km²) barajlarıdır [18].

Nüfus yoğunluğu 92 kişi/km ve büyüme hızı yıllık %1,3 olan Türkiye'nin nüfusu yaklaşık 80 milyondur. Büyük ölçüde Akdeniz'de yer alan Türkiye, iklim koşullarında önemli farklılıklar yaşamaktadır. Türkiye'deki yağışların çoğu, ortalama sıcaklığın 5 °C'nin altında olduğu kış aylarında alınmaktadır. Ancak Akdeniz ve Ege bölgelerinde kışlar yağışlı ve soğuk, yazlar sıcak ve kurak geçer. Ülkemizdeki ortalama yağış miktarı 643 mm olmakla birlikte, bu yağışın ortalama karşılığı 501 milyar m³ sudur. Bu yağışın 274 milyar m³'ü nehir, göl, çay ve denizlerle birlikte bitkilerden buharlaşma yardımıyla atmosfere döner. Diğer yandan 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyuna karışmakta, kalan neredeyse 158 milyar m³'lük kısım ise akışla nehir, ırmak ve dere gibi akarsular ile birlikte göllere ve denizlere taşınmaktadır. Yeraltı suyuna dahil olan 69 milyar m³'lük suyun 28 milyar m³'ü yeniden kaynak suyu şeklinde yerüstü suyuna dönmektedir. Bunlara ek olarak Asi ve Meriç gibi nehirlerle komşu ülkelere ülkemiz sınırları içerisinde yılda yaklaşık 7 milyar m³ su girişi olmaktadır. Bununla birlikte ülkemizin yerüstü su kaynaklarının toplam olarak 193 milyar m³ olduğu düşünülebilir. Yeraltı suyuna katılan suyun 41 milyar m³'ü değerlendirildiğinde, Türkiye'nin yenilenebilir su kaynağının brüt 234 milyar m³ olduğu düşünülebilir. Fakat bugünün ekonomik ve teknik şartlarıyla değerlendirildiğinde, farklı amaçlar için kullanılabilir olan yerüstü su miktarı yıllık yaklaşık 98 milyar m³'tür. Bu miktarın 95 milyar m³'ünü yurtiçindeki akarsular, 3 milyar m³'ünü de komşu ülkelere Türkiye'ye gelen akarsular oluşturmaktadır. Bu değer üzerine 14 milyar m³ olarak belirlenmiş yeraltı suyu potansiyeli de eklendiğinde ülkemizin yıllık yaklaşık kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının toplamı 112 milyar m³ olmaktadır [19].

Ülkeler günümüzde su zenginlikleri açısından, nüfus sayılarına su ve kişi başına düşen kullanılabilir su miktarlarına göre sınıflandırılmaktadır. Şayet kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1000 m³'ün altındaysa bu ülke "su yoksulu" sınıfında değerlendirilmektedir. Yine aynı şekilde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 2000 m³'ün altında ise "su kıtlığı çeken" ülke, 2000 m³'ten çok ise de "su zengini" ülkeler kategorisinde değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme ışığında ülkemiz, nüfusa göre kişi başına düşen 1555 m³ kullanılabilir su miktarı ile su kıtlığı çeken ülke kategorisindedir. 2030 yılına gelindiğinde nüfusumuz 100 milyona

geleceği öngörölerek kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1000 m³'e incek ve bu durum da bizi su yoksulu ölkeler sınıflandırmasına sokacaktır [6], [20].

2.5 Su Kalite Standartları

Su kalite kriterleriyle su kalite standartlarının arasındaki fark önemlidir. Su kalite kriterleri, kullanılmış suyun belli kaliteyi sağlaması için suyun kalitesini bozan nicel ve nitel parametrelerin bütünüdür. Bilimsel verilerdeki değişmeyle ancak su kalite kriterleri değişmektedir. Kriterler belli koşullardaki değişimleri ve birkaç faktörün birbiriyle etkileşimlerini göz önünde bulundurarak yapılmaktadır.

Su kalite kriterleri belirli bilimsel yargılardan oluşmuşken su kalite standartlarıysa suların kullanılmasında uyulacak kurallar bütünüdür.

Su kalite standartlarını dünyada ve ölkemizde belirleyen bazı kurum ve kuruluşlar bulunmaktadır. Örnek olarak içme sularında Dünya Sağlık Örgütü'nün, Avrupa Birliği'nin ve Türk Standartları Enstitüsü'nün oluşturmuş oldukları bazı standartlar bulunmaktadır. Bunun yanında 31.12.2004 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, su havzalarındaki kaliteyi ve kullanılabilirliği kapsamaktadır [7].

31.12.2004 tarihinde 25687 sayısı ile Resmi Gazete'de [21], yayımlanan SKKY'e göre yüzeysel su kaynakları kalite kriterlerine göre kategorilerine ayrılmaktadır. Sınıflara ayrılan suların kullanıldıkları alanlar aşağıda verilmektedir. Bununla birlikte su kalitesinin belirlenmesi için kullanılan yüzeysel suların fiziksel ve kimyasal parametrelerinin sınır değerleri Tablo 2.1'de, organik parametrelerin sınır değerleri Tablo 2.2'de, inorganik parametrelerin sınır değerleri Tablo 2.3'de verilmektedir.

Tablo 2.1: Yüzey sularının kalite standartları fiziksel ve kimyasal parametreler.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve kimyasal parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	8	6	3	<3
4) Oksijen doygunluğu (%)	90	70	40	<40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400	>400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /L)	200	200	400	>400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2	1	2	>2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	>0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	>20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	>0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	>5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	>300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	>250

Tablo 2.2: Yüzey sularının kalite standartları organik parametreler.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
A) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)(mg/L)	25	50	70	>70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)(mg/L)	4	8	20	>20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	>12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	>5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	>0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS)(mg/L)	0.05	0.2	1	>1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu)(mg/L)	0.002	0.01	0.1	>0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	>0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	>0.1

Tablo 2.3: Yüzey sularının kalite standartları inorganik parametreler.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
A) İnorganik parametreler				
1) Civa ($\mu\text{g Hg/L}$)	0.1	0.5	2	>2
2) Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	>10
3) Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	>50
4) Arsenik ($\mu\text{g As/L}$)	20	50	100	>100
5) Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	>200
6) Toplam Krom ($\mu\text{g Cr/L}$)	20	50	200	>200
7) Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	10	20	200	>200
8) Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	50	200	>200
9) Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	200	500	2000	>2000
10) Florür ($\mu\text{g F/L}$)	1000	1500	2000	>2000
11) Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1000	5000	>5000
12) Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	100	500	3000	>3000
13) Bor ($\mu\text{g B/L}$)	1000	1000	1000	>1000
14) Selenyum ($\mu\text{g Se/L}$)	10	10	20	>20
15) Baryum ($\mu\text{g Ba/L}$)	1000	2000	2000	>2000
16) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	>1

2.6 Su Kalitesine Etki Eden Faktörler

İnsanlar ve canlı yaşamı için oldukça kritik öneme sahip olan suyun kullanılabilir özellikte olması için zararlı kimyasal maddelerden ve bakteriyolojik parametrelerden arındırılmış olması gereklidir. Bunun yanında göllerden, ırmaklardan ve derelerden alınıp yerleşim yerlerinde insanların kullanımına sunulan suyun belli standartlara uyması gerekmektedir. Günümüzde nüfusun artması ve teknolojik faaliyetlerin gelişmesi gibi nedenlerden kaynaklı su kaynakları olan göller, dereler ve yeraltı suları aşırı kirlenme sorunuyla yüz yüze kalmaktadır. Fabrikaların ve yerleşim yerindeki atık sular göllere veya dereler gibi alıcı ortamlara bağlanmaktadır [22].

Suyun kalitesi:

- . Tarımsal drenaj suları
- . Evsel atık sular
- . Endüstriyel atık sular

. Atık kimyasalların yer altına depolanması vb. nedenleriyle büyük oranda etkilenmektedir [14].

Yerüstü suları, güneşin sağladığı enerjiyle birlikte devamlı çevrim içindedir. İnsanlar, ihtiyaçlarından dolayı suyu bu çevrimden alır ve kullanımından sonra da yine aynı çevrime iade ederler. Bu süreçle birlikte suya karışmış olan maddeler suyun kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitelerini değiştirerek devamında su kirliliği ortaya çıkmaktadır [22].

2.6.1 Fizikokimyasal Parametreler

2.6.1.1 Sıcaklık

Sıcaklık, sucul hayata direkt etki eden oldukça önemli parametredir. Canlılarda hayatın başlangıcını oluşturan biyokimyasal reaksiyonlar, öncelikle sıcaklıkla birlikte bütün fiziksel durumların etkisindedir. Akarsulardaki su sıcaklığı, suyun derinliği, günün farklı saatleri, havanın sıcaklığı, yağış durumu, coğrafi konum, suyun derinliği, nehir yatağının türü ve akıntının hızına göre değişmektedir. Genel olarak ekvator çizgisinden uzağa gittikçe ve deniz seviyesinden yukarı doğru çıktıkça suyun sıcaklığı düşer. Bundan dolayı sıcaklık parametresine sabit bir değer belirtmek uygun değildir. Fakat; 30 °C'den fazla sıcaklığın ve birden bire olan sıcaklık artışlarının suyun kalitesini bozduğu bildirilmektedir [23], [24].

Sıcaklık yükseldikçe canlıların fizyolojik ve biyolojik aktiviteleri çoğalmaktadır. Canlıların üreme hızı, büyüme hızı, çevresel yaşamı, suyun sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Suyun sıcaklığının 1 °C yükselmesi metabolizma hızını %10 arttırmaktadır. Örnek olarak sıcaklık 10 °C arttığında oksijen tüketimi ve karbondioksit oluşumu iki katına çıkar. Diğer yandan içme amaçlı olarak kullanılan sularda da sıcaklık, önemli bir kalite kriteridir. İçme amaçlı kullanılan suların optimum sıcaklık aralığı 7-14 °C'dir. Çok soğuk veya sıcaklığı 20 °C üstünde olan sular, sağlığımız açısından uygun olmadığı kabul görmüştür [23], [24].

2.6.1.2 pH

Suda olan hidrojen iyonlarının konsantrasyonunun eksi logaritması biçiminde ifade edilir. pH parametresi suyun asidik mi alkali mi olduğunun göstergesidir. Bu sebeple

sudaki hidrojen iyonları derişimi çoğaldıkça pH değeri düşmekte ve su asidik özellikte olmaktadır. Şayet aksi durum söz konusu olduğunda pH artmakta ve su alkali yapıda olmaktadır. Sudaki pH değerleri 0-14 aralığında değişmektedir, 0-7 arası asidik, 7 nötr, 7-14 arasındaki sular da alkali özellikteki suyu tanımlar. Doğal suyun pH değeri, 4-9 aralığında değişkenlik göstermektedir. Genel olarak bataklık gibi ortamların pH değeri alçak olup akarsuların pH değeri fazladır. Ek olarak pH varlığında metallerin toksitesini yükselir ve yüksek olan pH'da amonyak benzeri bileşiklerin zehirleyici etkisi çoğalmaktadır [24], [25].

2.6.1.3 Çözünmüş Oksijen

Oksijen parametresi sucul hayatın tamamı için çok önemlidir. Doğal sulardaki oksijenin içeriği; tuzluluk, sıcaklık, diğer bitkilerin fotosentez aktiviteleri ve atmosferik basınçla birlikte değişir. Çözünmüş oksijen, suyun içerisinde çözünmüş molekül şeklindeki oksijen miktarına denir. Bu parametre sucul ekosistem döngüsünü ilgilendiren kritik parametrelerden birisidir. Fazla miktardaki organik maddenin ve besin barındıran atıkların suya deşarjı mikrobiyolojik hareketliliği arttıracığından ÇO düzeyinin düşmesine neden olur. Temiz suların ÇO seviyesi 10 mg/L düzeyindedir. ÇO, yüzde oksijen doygunluğu olarak da ifade edilmektedir. İçme suyundaki yüzdesi %80'den aşağıdaysa tüketiciler uygun olmayan tat ve koku varlığını tespit eder. ÇO seviyesi oldukça azalır da balıklardaki üreme azalır ve boğulmalar sonucu ölümler olabilir. Küçük balıkların yetişkin balıklara göre çok miktarda çözünmüş oksijene ihtiyacı vardır. Göller ve rezervuar alanlarının ÇO düzeyinin düşmesiyle ortaya çıkan çürüme sebebiyle meydana gelen hidrojen sülfid koku ve tat şikayetlerine sebep olabilir. Soğuk suların genel olarak çözünmüş oksijen değeri yüksektir. Bundan dolayı göller ve akarsulardaki sucul hayat kış aylarına karşılaştırıldığında yaz aylarında çok fazla oksijen baskısı olduğu görülmektedir. Dengede olan sucul ekosistemlerin ÇO düzeyi en az 5 mg/L düzeyinde olmalıdır. Balıklardaki minimum ÇO düzeyine karşı hassasiyet birbirlerinden değişiktir. Alabalık ve somon benzeri düşük sıcaklıkta yaşayan balıklar, sıcak suda yaşayan balıklara nazaran çok miktarda çözünmüş oksijene ihtiyaç duyarlar. Alabalık yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmek için en az 7,5 mg/L ÇO'ya gereksinim duyarken; sazan balığında bu durum minimum 3 mg/L'dir [26], [27].

2.6.1.4 İletkenlik

İletkenlik parametresi suyun iyonlara ne derece ayrıştığının göstergesidir. İletkenlik suyun içerisinde çözünen inorganik tuzların bulunmasından etkilenir. Bu tuzlar genel olarak pozitif yüklü magnezyum, sodyum, demir, lityum, potasyum ve alüminyum gibi kationlar ve negatif yüklü fosfat, sülfat, nitrat, nitrit, florür, bromür ve klorür gibi anyonlardır. İletkenlik ayrıca suyun sıcaklığından etkilenir. Sıcaklık arttıkça iletkenlik de yükselir. Sudaki kalite kriterlerinin belirlenmesi noktasında iletkenlik önemlidir. İletkenlik değeri 0-250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olan sulara düşük tuzlu sular, 250-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olan sulara orta tuzlu sular, 750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olan sulara yüksek tuzlu sular, 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den daha fazla değerdeki sulara ise aşırı yüksek tuzlu sular denilmektedir. Canlı popülasyonun sucul ortamdaki yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmek için ortamdaki tuz konsantrasyonlarına karşı dirençli olmaları gerekir [28].

2.6.1.5 Nitrat Azotu ve Nitrit Azotu

Azot elementinin doğal sular içerisinde en yaygın bulunduğu formu nitrat azotudur. Genel olarak anaerobik şartlarda denitrifikasyona uğrayarak nitrit azotu formuna indirgenir. Nitrit iyonu da çok seri olarak nitrat iyonuna dönüşür. Yüzeysel sularında bulunan nitratın doğal kaynakları; hayvan ve bitki artıkları ve volkanik kayalarla toprağa verilen atık sulardır. Nitrat, sucul bitkilere çok gerekli besleyici bir bileşiktir. Yüzeysel sularındaki nitrat konsantrasyonu ortalama 0,2-2 mg/L aralığındadır. Fakat belediyeler tarafından işletilen çöp biriktirme sahalarındaki sızmalar ve endüstriyel nitelikteki atık sular bu oranı yükseltebilmektedir. İnorganik nitrat gübrelere kırsal alanlarda zirai kaynaklı kullanımı da önemlidir. Çoğu zaman nitrat oranı 1 mg/L'den az olmasına rağmen bazı durumlarda insan faaliyetlerine de bağlı olarak yüzeysel sularındaki nitrat 5 mg/L'yi aşmaktadır. Bunun sebebi hayvan ya da insan artıklarıyla oluşan kirliliğin veya gübrenin yağmur suyuyla yüzeysel suyuna karışmasının göstergesidir. Kirliliğin çok aşırı olduğu durumlarda da nitrat konsantrasyonu 200 mg/L'ye kadar çıkabilir. Dünya Sağlık Örgütü'nün içme sularında önerdiği limit değer 50 mg/L'dir. Nitratın daha da fazla olması sağlık yönünden risk içermektedir. Göllerdeki nitrat azotu yoğunluğunun 0,2 mg/L değerini geçmesi alg hareketliliğini tetikleyip ötrofikasyon oluşumuna yol açabilir. Yeraltı sularının erimesi sonucunda nitrat oluşabilir. Fakat azot içeriği çok yüksek olan gübrelerin kullanımı sonrasında

nitrat konsantrasyonu 500 mg/L'ye çıkabilir. Son 20-30 yılda Avrupa'daki tarım bölgelerinde fazla gübre kullanılmasından kaynaklı yeraltı suyu içerisindeki nitrat konsantrasyonu ciddi artmıştır [27].

Azotun oksidasyonu sonucunda nitrit bileşiği meydana gelir. Nitrit, azotun diğer türlerine nazaran yüzeysel sularda düşük konsantrasyonlarda bulunur. Bunun sebebi nitritin ara ürün olması veya indirgenip amonyak bileşiğine dönüşmesidir. Nitrit konsantrasyonu tatlı sularda genel olarak 0,001 mg/L'den azdır. Çok az da olsa 1 mg/L'den fazla olabilir. Nitrit konsantrasyonunun fazla olması endüstriyel kirlenmenin belirtisidir ve bu durumda suyun mikrobiyolojik kalitesinin düştüğü ile ilgilidir. Nitrat, nitrit formuna dönüştüğünde toksik etki oluşturur. Fazla miktarda nitrit veya nitrate maruziyet sonucu kandaki oksijen seviyesi düşer ve ölüm riski artar [29].

2.6.1.6 Sülfat

Doğal suların içerisinde bulunan temel anyonlardan bir tanesi sülfat iyonudur. Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın sülfat parametresi için limit standart konsantrasyonu 250 mg/L'dir. Sülfatın atık sulardan giderilmesi iki ciddi durumla ilgili olduğundan problemlidir. Problemin sebebi oksijensiz durumlarda sülfatın hidrojen sülfüre indirgenmesiyle oluşan korozyon ve koku durumlarıdır [30]. Doğal sulardaki sülfatın konsantrasyonu 5-200 mg/L aralığındadır. İçme ve kullanma sularının sülfat limit değeri 250 mg/L'dir. Bu değerini üzerine çıktığında insanların bağırsaklarını bozar [31].

Doğal suların içeriğinde sülfat konsantrasyonu 5-200 mg/L aralığında olsa da alçı taşı benzeri sülfat minerallerinin bulunduğu endüstriyel deşarjların olduğu ve kurak yerlerde 1000 mg/L değerini aşabilir. 400 mg/L'den fazla sülfat yoğunluğu olduğu durumlarda sular tatsız olabilir [27].

2.6.1.7 Alüminyum

Alüminyum, metabolizma faaliyetlerinde gerekli olan metaldir. Fakat ortamda derişimi yükseldiğinde canlıların aktiviteleri için zararlı hale gelir. İnsanoğlunun oluşturduğu faaliyetlerle alüminyum partikülleri direkt ya da dolaylı yoldan atmosfer tabakasına ulaşır. Alüminyum partikülleri havaya karıştıktan sonra asit yağmurları biçiminde yeryüzüne geri gelir ve kirlilik sorunu oluşturur [32].

Alüminyumun kanserojen etkisi yoktur. Alüminyum parametresinin içme sularındaki limit değeri 200 µg/L'dir [33]. İnsan vücudunda bulunması gerekli değer de ortalama 35-40 mg'dır. Temas halindeyken ciltte kızarıklık, kaşıntı ve tahrişe neden olur [34].

2.6.1.8 Demir

Demir elementi oldukça gerekli bir metaldir. Demir normal olarak çözünmeyen forma sahipken toprak içerisinde kendiliğinden olan kompleks reaksiyonlar sebebiyle çözünür demir formatları oluşabilmektedir. Demir formları +2 ve +3 değerlidir [35]. Demir elementinin önerilen asgari günlük ihtiyacı, cinsiyete, fizyolojik duruma ve yaşa bağlı olup 10-50 mg/gün aralığındadır. Vücut ağırlığı başına 200-250 mg/kg arasındaki değerler ölümcül dozlardır. İçme ve kullanma sularının içerisinde 0,3 mg/L'den daha çok demirin olması suda tat bozulması ve çamaşır yıkanmasında renk oluşturarak istenmeyen durumdur. 1 mg/L'den daha çok olan demir, suda olan canlılara toksik etki bırakır [31], [36].

2.6.1.9 Mangan

Mangan, sediment, toprak ve kayalarda çok sık bulunur ve bu yapılardan da yeraltı suyuna gider. Havayla teması sonucu suda çözülmüş olan çözünen mangan (Mn^{+2}) bileşikleri oksitlenip siyah renkte kalıntı oluşturur. Mangan konsantrasyonu 0,02 mg/L olduğunda boruların içerisinde çökelti oluşur ve çöken maddeler suya geçebilir. Fazla miktardaki mangan fizyolojik ve nörolojik olumsuzluklara sebep olur. Diğer yandan manganın suda çok bulunması tadını bozmakla birlikte çamaşırlara leke bırakır. İçme ve kullanma amaçlı sulardaki manganın sınır değeri 50 µg/L'dir [31], [33].

2.6.1.10 Toplam Azot

Azot, atmosfer içerisinde en fazla yer alan elementtir. Azot içeren bileşikler nükleik asit, protein ve aminoasitlerdir. Mikroorganizmalar ve bitkiler azotu çeşitli oksidasyon türlerine dönüştürerek azot döngüsüne katkı sağlarlar. Başlıca oksidasyon türleri ise nitrit iyonu, amonyum ve amonyak iyonlarıdır. Doğal suların toplam azot değeri inorganik azot ve organik azot oksidasyon çeşitlerinin toplamıdır. Toplam kjeldahl azotu, nitrit azotu ve nitrat azotunun toplamı toplam azotu verir [37].

2.6.1.11 Toplam Fosfor

Doğada bulunan temel fosfor kaynağı, doğal fosfat yığınları ve kayalardır. Fosfat tuzlarıyla birlikte azot, ekosistem döngüsünün verimliliklerini belirler. Sulara karışması; deterjanlardan, kayaçlardan, kanalizasyon atıklarından, tarımsal gübrelerden ve ölü canlıların atıklarından olmaktadır. Azot gibi fosfor da canlıların içerisine giren besin değeri olan elementtir. Fosfor elementi düşük pH'da demir, mangan ve alüminyum ile birleşir. Fakat pH'nın 6 ve daha fazla olduğu durumlarda kalsiyumla reaksiyona girerek kalsiyum fosfatları oluşturmaktadır [24].

2.6.1.12 Toplam Organik Karbon

Suyun organik molekülleriyle kovalent bağ yapmış bütün organik karbon atomları konsantrasyonu toplamına toplam organik karbon denir. Organik karbon içeren bileşenler suda çözülmüş halde ya da çözünmemiş, askıda katı maddeler veya sıvı olarak bulunabilir. Bu organik madde suya doğal yollarla veya insan kaynaklı bir yol ile girebilir [38].

2.6.1.13 Arsenik

Arsenik, tüm canlılarda ve yeryüzünde az olan bir elementtir. Arsenik toksik yapıya sahip elementtir. İşlenmemiş verimli olan topraklarda çok az arsenik vardır. Ama buralarda da, arsenik türevli pestisitlerin bir süre kullanılmaları sonucunda arsenik konsantrasyonu çok fazla artmaktadır. Bazı arsenik bileşiklerinin vücut dokularında olumsuz etkileri mevcuttur [39].

2.6.1.14 Bor

Bor, temizlik maddeleri yapımından uzay teknolojisine uzanan yaygın olarak kullanılan madendir. Dünya'daki en büyük bor rezervleri ülkemizedir. Dünyada yeraltı sularındaki bor miktarı 0,3 mg/L ile 100 mg/L, tatlı sulardaysa 0,01 mg/L ile 1,5 mg/L aralığında değişmektedir. Sulama suyundaki varlığı topraktaki bor miktarını etkiler. Sulama sularındaki bor içeriği 1 mg/L'den daha çok olduğu durumlarda problemlere neden olmaktadır [40].

2.6.1.15 Baryum

Baryum beyaz-gri metalik rengindedir. Baryumun neredeyse bütün bileşikleri zehirlidir. Aktif element olan baryum hava, asit ve sularla kolay bir şekilde reaksiyon verebilmektedir. Baryumun insan için toksik etkisi vardır [41].

2.6.1.16 Sodyum

Sodyum iyonu suyun yapısında yaygın olarak bulunur. Sudaki çözünürlüğün yüksek olması sodyumun suda fazla bulunmasını sağlar. Sodyum suda fazla miktarda bulunduğu zaman bitki köklerinin hava bağlantısını keser ve toprak tabakasında kabuk etkisi gerçekleştirir. Günlük ne kadar alınması gerektiği tam olarak bilinmese de insan hayatı için ihtiyaç bir elementtir [42].

2.6.1.17 Kurşun

Kurşun yeryüzünde geniş bölgeye yayılmış bir element ve toprakta yüksek derişime sahiptir. Kurşun, sinirsel faaliyetlere tesir ederek çocuklarda zeka geriliği ve davranış bozukluklarına neden olmaktadır [43].

2.6.1.18 Bakır

Bakır doğal bir şekilde bitki ve hayvanlarda olan, insanlar ve tüm canlılar için temel bir elementtir. Çözülebilir bakır bileşikleri tarımsal yüzey akışlarıyla birlikte toksik olabilir. Bu bileşikler sucul ortama dahil olduklarında nerdeyse bir günde suda olan parçacıklarla bir araya gelir ve böylece ortam koşullarına bağlı olarak çevreye daha az risk oluşturur. Bakır, kanserojen olmamakla birlikte fazla miktardaki bakırlı su ishal, kramp ve kusmaya neden olmaktadır [44].

2.6.1.19 Krom

Krom, sert özellikte ve rengi gri yapıdadır. Az miktardaki krom konsantrasyonlarında metabolizmaya gerekli bir metal olmakla birlikte kolesterol ve kan şekerini dengede tutmaktadır. Krom bileşiklerinin tamamı fazla alınması durumunda zararlı olabilir [45].

2.6.1.20 Kobalt

Kobalt doğada bakır ve nikel mineralleriyle birlikte bulunmaktadır. Sert olduğundan dolayı da parlak yüzeye sahip ve kırılımandır. Sert metal üretiminde ve işlenmesinde kobalta maruz kalınabilmektedir. Toprağın kobalt derişimi genel olarak 1 ile 40 mg/L arasındadır. Doğal suların kobalt derişimi de 0,01 mg/L'den daha azdır [46].

2.6.1.21 Nikel

Nikel, oksijen ve sülfür ile bileşik oluşturup volkanlar tarafından kaynaklanır ve toprakta fazla bulunur. İnsanlar için düşük miktarda gerekli olan nikelin yokluğunda, nefes darlığı ve bronşit sorunları yaşanmaktadır [47].

2.6.1.22 Çinko

Çinko, vücut hücrelerinde olan temel elementtir. Çinko birçok canlı organizmanın metabolik ve fizyolojik süreçlerinde önemli rol oynar. Topraktaki çinkonun nerdeyse %90'ı bitki büyümesinde kullanılmaktadır. Çinko az miktarda alındığında, 200'den daha çok enzimi etkileyerek, yüksek seviyeleri de canlılarda yıkımlara neden olmaktadır [48].

2.6.1.23 Selenyum

Selenyum; elektrik, maden ve metalürji sektöründe kullanılır. Ayrıca, kömür rezervlerimizin bir kısmının selenyum içeriği, baca gazı yoluyla çevreye selenyum bileşiklerinin saçılmasına neden olur. Bazı yayınlarda selenyumun kanser yapıcı olduğu belirtilmektedir [49].

2.6.1.24 Amonyum

Amonyum, amonyak bileşiminin doğal sulardaki formudur. Diğer azotlu bileşikler gibi amonyumun da sudaki varlığı takip edilmesi gerekir. Amonyum, azot içerikli organik maddelerin bakterilerce parçalanmasıyla oluşur. Fakat dışkıyla suya karışan amonyum miktarları, organik maddelerin bakterilerce parçalanması sonucu oluşan amonyum miktarlarından daha azdır. Yüzey sularının içme suyu temini için kullanılması

durumunda fazla amonyum derişimleri sorun oluşturmaktadır. Bundan dolayı içme suyu ihtiyacında gerekli su kaynaklarının amonyum derişimi 0,2-1,5 mg/L aralığında istenmektedir. Eğer amonyum suda bulunuyorsa kısa süre evvel fekal kaynaklı kirlenmenin olduğuna işaret etmektedir [50].

2.6.1.25 Florür

Florür, içme suyu temininde halkın sağlığı açısından önemlidir. Sularda bulunan fazla miktardaki florürün insan dişlerinde şekil bozukluğuna neden olduğu bilinmektedir [51].

2.6.1.26 Klorür

Suda mineral derişiminin çok olması suyun klorür içerdiği anlamına gelmektedir. Doğal suların çoğunda klorür iyonu farklı derişimlerde bulunur. Genel olarak dağlık bölgelerdeki su kaynaklarının klorür derişimleri düşüktür. Diğer yandan, yeraltı su kaynaklarında daha yüksek yoğunlukta klorür derişimleri görülür. Genel olarak, klorür anyonu insan sağlığı açısından zararlı değildir. Fakat yüksek derişimlerde suya tuzlu bir tat verir [49].

2.6.2 Sediment

Sedimentasyon yüzey sularını çok fazla kirleten olaylardandır. Sedimentasyonla yüzey sularına gelen katı kirleticiler kitlesi, atık sular yoluyla gelenlerden 70 kat fazladır. Süspansiyon ya da katı kirleticiler genel olarak kar, rüzgar, sel ve yağmur gibi doğa olaylarıyla oluşur.

Yağmur suları ile birlikte sedimentasyon ve toprağın erozyon durumu, toprağın üstündeki bitki örtüsü ile ilgilidir.

Sedimentasyonun yol açtığı olumsuzluklar şöyledir:

- Güneş ışınlarının su tabakasının zeminine ulaşmasını engelleyerek bitkilerde gerekli olan fotosentetik faaliyetleri olumsuz etkiler.
- Sucul canlılara zarar verir. Dibe çökmüş olan sediment balıkların yuvalarını doldurarak kapatır.
- Limanları, barajları ve sulama kanallarını doldurarak kullanımlarını zorlaştırır.

- Suyun bulanmasıyla çeşme suyunda kullanımı zor olur ve fabrikalardaki türbin sistemlerine hasar verir [52].

Bazı sularda mantarlarla birlikte bakteriler sediment oluşumuna sebep olmaktadır. Bakteriler, düşük miktarda olsa askıda katı madde oluşumunda vardır. Refakatçi mikroorganizmalarca askıda katı madde kısım kısım ya da bütünüyle parçalanmaktadır.

Bakteriler düşük miktarda da olsa derin bölgelere direkt etki etmektedir. Bakteri faaliyetleriyle birlikte sedimentteki organik madde derişimi sürekli düşmektedir. Ötrofik sularda sediment üzerindeki besin maddelerinin oksijen tüketiminden kaynaklı adacık ve aneorobik bölgeler oluşur. Bu durumda denitrifikasyon ve fermantasyon faaliyetleri olmaktadır [53].

2.6.2.1 Sediment Kirliliği

Yüzey suları daha düşük seviyede bölgelere doğru hareket ederken bulunmuş olduğu arazinin eğimiyle kinetik enerji kazanır. Bu durum yüzey suyuyla toprak partiküllerinin birlikte hareket etmesine neden olur. Katı maddeler taşınması esnasında sürekli değişim gösterdiğinden nehirde erozyon oluşabilmektedir. Nehirlerde olan sedimentin taşınması ve birikmesine kıyasla, sedimentin göl ve denize girişi daha komplekstir [54].

2.6.2.1.1 Sedimentte Ağır Metal Kirliliği

Sediment içerisine ağır metaller 3 türlü biçimde ulaşırlar. Bunlar; suda çözülmüş metal kısımların emilimiyle, sucul ekosistemde dip kısma yerleşmiş partiküllerin üstünde ya da dipteki çamurun üstünde olan partiküller gibidir [55].

Sudaki ekosisteme gelen ağır metal derişimi kimyasal ve mikrobiyal süreçlerin sonunda kısmi olarak çözünebilmektedir [56]. Bu süreçlerin devamında etkilenmeyip sedimente ulaşanlar farklı süreçler geçirip parçalanırlar [57]. Diğerleri ise sucul organizmalar tarafından tüketilir. Mide sıvısı tarafından bu partiküllerde yıkım gerçekleşir. Özet olarak; ağır metalin olduğu çevre partiküllerin bozunma davranışını belirler [58].

Sediment ağır metalleri doğrudan absorbe edebilir. Bu durum sediment yüzeyindeki film tabakasında olabilir ayrıca sedimentte bulunan çatlakların alt kısmından yukarı yönlü sızmış sular aracılığıyla da olabilir [55].

Partiküller sedimentin yüzey kısmına vardıklarında başlangıçta daha gevşek bulunurlar. Fakat er ya da geç sonradan gelen partiküller ilk gelen partikülleri baskılayarak daha sert tabaka oluşumuna yardımcı olur. Sonradan dahil olan sediment partikülleriyle öncesinden çöken partiküller çok fazla sürece maruz kalmaktadırlar. Bu süreçler, yeniden havalandırma, ayrışma, yıkım ve karışma diye isimlendirilir. Yeniden havalanma, sudaki ekosistemin kıyı bölgelerinde rüzgarın sert esmesiyle, dip sedimentin havalanması ve içinde bulunduklarını su kolonuna taşımasıyla gerçekleşir [59]. Ayrışma, biyolojik ve fiziksel süreçlerin sonunda büyük taneciklere sahip sedimentin bileşenlere ayrılarak daha ufak taneciklere dönüşmesidir [56]. Sediment ve sedimentin üzerindeki oksijen tüketimi organik maddelerin biyolojik indikatörleri aracılığıyla olur. Mangan oksit ve demir hidroksit formunda bulunan mangan ve demir elementleri oksijen bulunan yerde çözünebilir mangan ve demir iyonlarına indirgenmektedirler. İndirgenmiş alandan çıkan iyonlar su filmine olan geçişi sediment-su ara yüzünde mangan ve demir çökmesine neden olmaktadır.

Birden fazla kurum ve kuruluş sedimentin kirleticiler vasıtasıyla kirletilmesini sucul hayat için başlıca tehlike şeklinde görmektedir [60]. Sucul ekosistemin ne ölçüde sağlıklı olup olmadığının önemli ölçüsü sedimenttir. Sedimentler ekolojik açıdan sucul ekosistemin önemli noktalarındandır [61].

Sedimentin suda çözünmemiş halde bulunan kimyasal özellikteki kirleticileri yapısına katma özelliğinin yanında bünyesinde topladığı bu kirliliği de yavaşça su kolonuna aktarır [63]. Bu doğrultuda bakıldığında direkt olarak besin zincirine etki eden başlıca parametreler olmasından dolayı sedimentin içeriği insan sağlığı ve sudaki yaşamın da korunmasını sağlar.

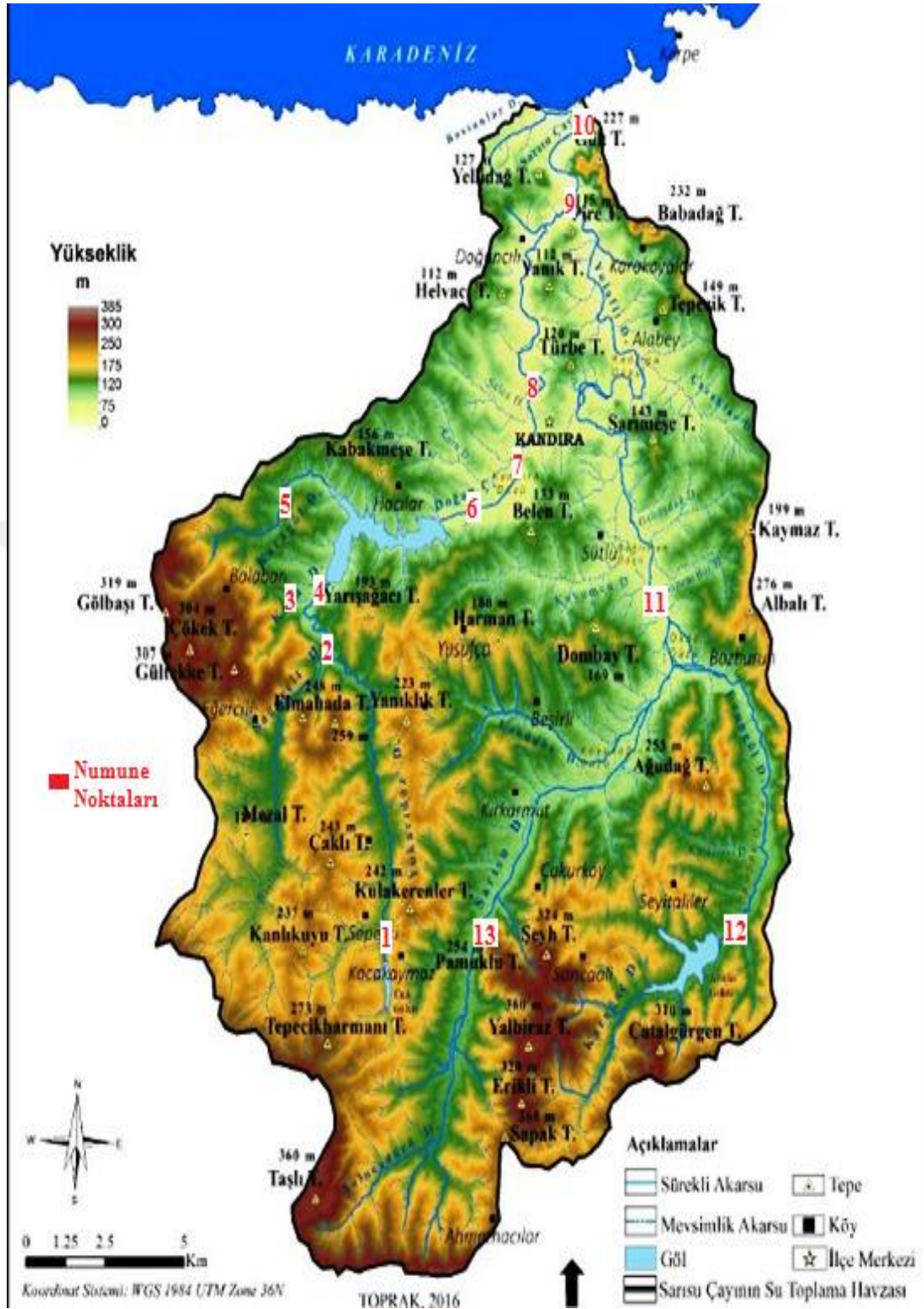
Başta kentleşmenin de etkisiyle sudaki ekosistemler fazla miktarda kirleticiye sahiptir [64]. Bu durum bazı çevresel problemler yaratmaktadır. Sedimentler sudaki ekosistemde hem kaynak hem de taşıyıcı rolündedir [65]. Kirleticiler sedimentte toplanır veya sudaki canlılarca birikime uğrarlar [66]. Diğer yandan sediment kirliliğinin düzeyini kirletici çeşidi (endüstriyel veya evsel), insan faaliyetlerinin çeşidi (kentsel, tarımsal veya madencilik faaliyetler vb.) gibi etkenler etkiler.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma Sahasının Yeri ve Numunelerin Alınması

Sarısü Çayı havza alanı, Kocaeli ili kuzeyindeki Marmara Bölgesi'nin, Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde bulunmaktadır. 368 km²'lik havza alanı, Sarısü Çayı'nın kollarından yayılıp, suları bıraktığı havzayı temsil etmektedir. Bununla beraber tüm havza alanı yalnızca Kandıra ilçesi sınırlarında kalmayıp, çalışma bölgesinin nerdeyse 6.5 km²'lik kısmı İzmit (Kocaeli) ilçesi ve Kaynarca (Sakarya) sınırlarında yer almaktadır. Havzanın kuzeyinde Karadeniz, güneyinde İzmit ilçesi ve batısında Kandıra ilçesinin diğer mahalleleri, doğusundaysa Sakarya ili yer almaktadır. Şekil 3.1'de numune noktaları yer almaktadır. Tablo 3.1'de numune noktalarının koordinatları yer almaktadır. Şekil 3.2'de ise sahadaki numune alma faaliyetleri esnasında çekilen fotoğraflar yer almaktadır.



Şekil 3.1: Numune noktaları [2].

Tablo 3.1: Su ve sediment numunelerinin alındığı istasyonların koordinatları.

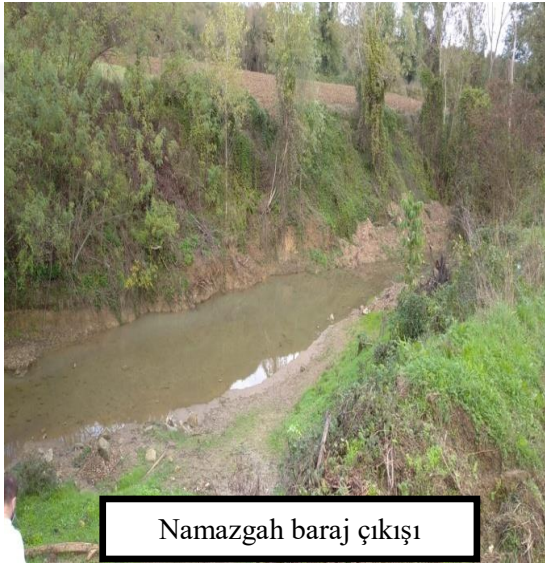
İstasyon no	Koordinatlar	İstasyon Adı
1	40.953471, 30.094747	Kocakaymaz Ütük Göleti Çıkışı
2	41.022463, 30.070236	Sarıçlar Köyü Gölet Çıkışı
3	41.025789, 30.061354	Yağbolu Kaynağı
4	41.029841, 30.065604	Namazgah Barajı Girişi (Yağbolu Kaynağı Birleşimi)
5	41.044495, 30.048080	Hacılar Debimetre
6	41.050790, 30.123047	Namazgah Baraj Çıkışı
7	41.065493, 30.144480	Kandıra Yerleşim Yeri Girişi
8	41.089112, 30.145524	Kandıra Yerleşim Yeri Çıkışı
9	41.117172, 30.162127	Babaköy
10	41.132798, 30.154536	Sarısu Çayı Denize Dökülen Yer
11	41.044318, 30.192150	Lokmanlı Köyü
12	40.964991, 30.230357	Arıklar Gölet Çıkışı
13	40.957684, 30.129415	Topluca



Sarıçılar köyü gölet çıkış



Hacılar debimetre



Namazgah baraj çıkışı



Kandıra yerleşim çıkışı



Sarısu çayı denize dökülen



Arıklar gölet çıkış

Şekil 3.2: Numune alımı esnasında çekilen fotoğraflar.

Su ve sedimentten alınan numunelerde mevsimsel olarak kalitelerini izlemek için havzanın çeşitli özellikleri dikkat edilerek numune alma istasyonları seçilmiştir.

Çalışmada 13 numune istasyonu seçilmiştir. Temmuz 2020-Kasım 2020 dönemi arasında iki ayda bir olmak üzere 3 kez su ve sediment numuneleri alınmıştır.

Su numuneleri TS 266 mevzuatına uygun alınmıştır. Su numuneleri için 500 ml'lik cam şişeler kullanılmıştır. Her numune şişesi önce musluk suyuyla sonra pH değeri 2 olacak şekilde hazırlanan nitrik asitle yıkanmış ve sonra saf suyla yıkayıp kurutulmuştur.

Sediment örnekleri 2 m uzunluğundaki borunun ucuna takılı çelik beher yardımıyla alınıp steril kaplara konularak etiketlenmiştir.

Numunelerin alımı esnasında pH, iletkenlik, sıcaklık ve çözünmüş oksijen analizleri yerinde ölçülmüştür. Analizlerin bitmesiyle su ve sediment örnekleri soğuk zincirle beraber laboratuvara getirilmiş olup analiz zamanına kadar derin dondurucuda saklanmıştır.

3.1.2 Deneyde Kullanılan Cihazlar

Numunelerin toplandığı istasyon noktalarında Hach HQ 40 model multi ölçer ile pH, iletkenlik, sıcaklık ve çözünmüş oksijen ölçümleri gerçekleştirildi. Diğer analizler Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Uluslararası Merkez Laboratuvarında yapıldı. Suda ağır metal analizleri Agilent 7800 model ICP-MS, iyon analizleri Metrohm 940 IC Vario iyon kromatografisi cihazları ile gerçekleştirildi. Sedimentte ağır metal analizleri ise Spectro Arcos FHM 22 model ICP-OES cihazı ile yapıldı. Deneyler esnasında kullanılan cihazlar Tablo3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Deneylerde kullanılan cihazlar.

	Cihazın Adı	Cihazın Markası
1	Multi Ölçer	Hach Lange HQ 40D
2	ICP MS Analiz Cihazı	Agilent 7800
3	ICP OES Analiz Cihazı	Spectro Arcos FHM22
4	İyon Kromatografisi Analiz Cihazı	Metrohm 940 Vario
5	Toplam Organik Karbon Cihazı	Shimadzu TOC-L
6	Mikroalg Cihazı	Milestone Ethos up
7	Ultrasafsu Cihazı	Elga Pure Lab Chorus 1
8	Hassas Terazi	Sartorius Secura 225D_1S

3.1.3 Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Stok Çözeltilerin Hazırlanması

Deneyler için kullanılmış referans kimyasal malzemeler, markaları ve katalog numaraları Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3: Deneylerde kullanılan kimyasallar.

	Malzemenin Adı	Markası	Katalog No
1	pH 4.01 Tampon Çözeltisi	WTW	10.19-3
2	pH 7.00 Tampon Çözeltisi	WTW	11.19-2
3	pH 8.00 Tampon Çözeltisi	Merck	HC69764060
4	pH 10.00 Tampon Çözeltisi	WTW	06.20-1
5	Sülfat Standart Çözeltisi	Merck	HC6127113
6	İletkenlik Standart Çözeltisi	Hach Lange	A8261
7	Sodyum Standart Çözeltisi	Nsi	218065108
8	Fosfor Standart Çözeltisi	Nsi	022516
9	Alüminyum Standart Çözeltisi	Nsi	071918
10	Demir Standart Çözeltisi	Nsi	072018
11	Potasyum Nitrat Çözeltisi	Sigma	STBF9776V

Tablo 3.3: “devam”.

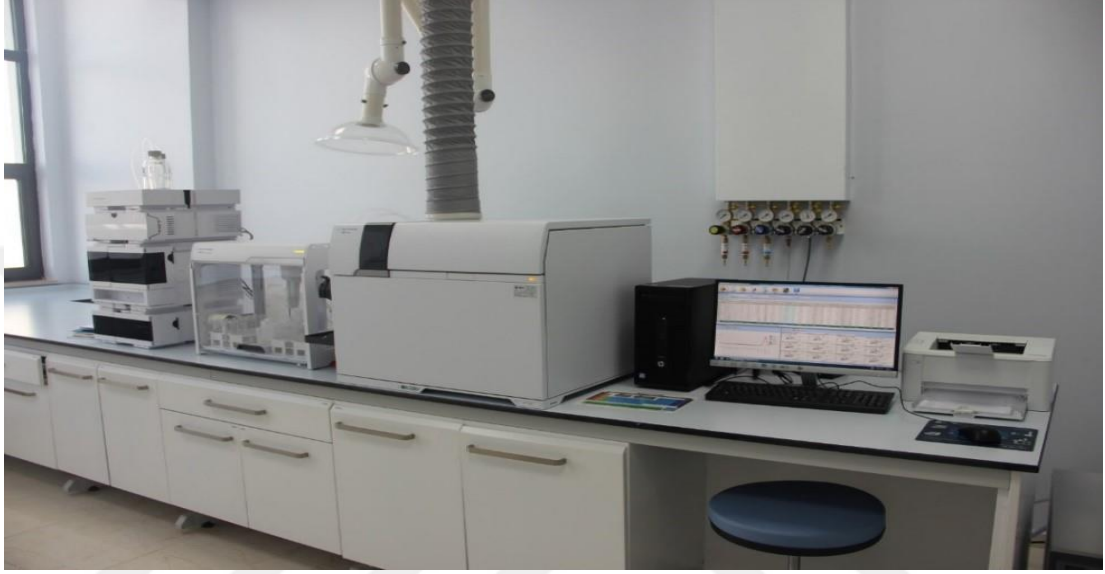
12	Nitrit Standart Çözeltilisi	Merck	HC72158399
13	Klorür Standart Çözeltilisi	Sigma	LRAB0495
14	Nitrat Standart Çözeltilisi	Sigma	LRAB 5114
15	Klorür Standart Çözeltilisi	Sigma	LRAB0495
16	Mangan Standart Çözeltilisi	Nsi	072018
17	Arsenik Standart Çözeltilisi	Nsi	071918
18	Çözünmüş Oksijen Standart Çözeltilisi	Sigma	LRAB4973
19	Bor Standart Çözeltilisi	Nsi	070818
20	Baryum Standart Çözeltilisi	Nsi	072018
21	Kadmiyum Standart Çözeltilisi	Nsi	071718
22	Kurşun Standart Çözeltilisi	Nsi	072018
23	Bakır Standart Çözeltilisi	Nsi	072018
24	Krom Standart Çözeltilisi	Nsi	072018
25	Kobalt Standart Çözeltilisi	Nsi	071918
26	Nikel Standart Çözeltilisi	Nsi	071918
27	Çinko Standart Çözeltilisi	Nsi	072018
28	Selenyum Standart Çözeltilisi	Nsi	071618
29	Amonyum Standart Çözeltilisi	Merck	HC60107012
30	Florür Standart Çözeltilisi	Sigma	LRAB0495
31	Potasyum Hidrojen Ftalat	Merck	A1235374

3.2 Yöntem

3.2.1 Su Numunelerinin Icp-MS Cihazı ile Analizi

Su örnekleri için metal analizleri direkt olarak yapılabilir. Bundan dolayı her örnekten 10 mL alınarak daha önce asitle temizlenen hacim olarak da uygun tüplere yerleştirildikten sonra nitrik asitle (1-2 mL) pH'ı ayarlanarak ışığa maruz kalmayacak biçimde muhafaza edilmiştir. Su numunelerindeki bütün analizler Şekil 3.3'teki Agilent marka 7800 model ICP-MS cihazıyla gerçekleştirilmiştir.

Her metal elementi için 8 noktadan kalibrasyon çözeltileri hazırlanmıştır. Elde ettiğimiz analiz sonuçları doğrultusunda numunelere ne oranda seyreltme prosedürü yapılacağı belirlenmiştir. Seyreltme işlemiyle kalibrasyon çözeltileri aralığına giren sonuçlar elde etmemiz sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlarla seyreltme faktörünü çarptığımızda gerçek sonuç ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.3: Agilent 7800 Icp-Ms analiz cihazı.

3.2.2 Su Numunelerinin İyon Kromatografisi Cihazı ile Analizi

Su örneklerinin laboratuvara ulaşmasından sonra, membran filtre (göz açıklığı 0,45 μm) yardımıyla süzme işlemi yapılarak iyonların partikül madde adsorpsiyonu ya da bakteriyolojik faaliyetler sebebiyle iyonların dönüşüm durumu önlendi. Numune, analiz gününe kadar derin dondurucuda tutuldu. Analiz zamanı Şekil 3.4'teki İyon Kromatografisi cihazına enjekte edildi.

Her iyon için 6 noktadan kalibrasyon çözeltileri hazırlanmıştır. Elde ettiğimiz analiz sonuçları doğrultusunda numunelere ne oranda seyreltme prosedürü yapılacağı belirlenmiştir. Seyreltme işlemiyle kalibrasyon çözeltileri aralığına giren sonuçlar elde etmemiz sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlarla seyreltme faktörünü çarptığımızda gerçek sonuç ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.4: Metrohm 940 Vario İyon Kromatografisi analiz cihazı.

3.2.3 Sediment Numunelerinin Icp-Oes Cihazı ile Analizi

Sediment numuneleri, her bir numune alma bölgesinden mevsimlik olarak uygun koşullarda (ortalama 4 °C sıcaklıktaki soğutucu içerisinde) alınarak laboratuvara getirilmiştir. Ön işleme kadar uygun şartlarda (-18 °C sıcaklıkta) muhafaza edilmiş sediment numuneleri derin dondurucudan çıkarılarak çözündürülmüştür.

Buzdolabında saklanan sediment numuneleri öncelikle 80 °C'ye ayarlı fırında 6 saat boyunca kurutuldu ve bu işlemin sonundaysa sediment numunelerindeki nemin uzaklaştırılması sağlandı.

Kurutulmuş olan numunelerden 0,1 g tartılarak teflon kaplara konuldu. Teflon kaplara konulan sediment örneklerinin üstüne 5 mL derişik nitrik asit ve 1 mL derişik hidroklorik asit eklendi. Şekil 3.5'teki Milestone Ethos up mikrodalga cihazında yapılacak çözündürme işleminden önce, 15 dk oda sıcaklığında bekletildi. Böylece oda koşullarında gerçekleşmesi gereken reaksiyonların olması sağlandı.



Şekil 3.5: Milestone Ethos up mikro dalga cihazı.

Mikrodalga cihazı içerisinde örnekler yarım saat süresince 104 °C'de 1000 W'da çözündürme işlemi yapıldı. Çözündürme işleminden sonra sediment numuneleri süzgeç kağıdıyla süzüldü. Süzülmüş olan çözeltiler 50 mL hacimdeki balon jodelere aktarıldı ve ultra saf su ile tamamlandı. Böylece sediment numuneleri ağır metal analizine hazır hale getirildi.

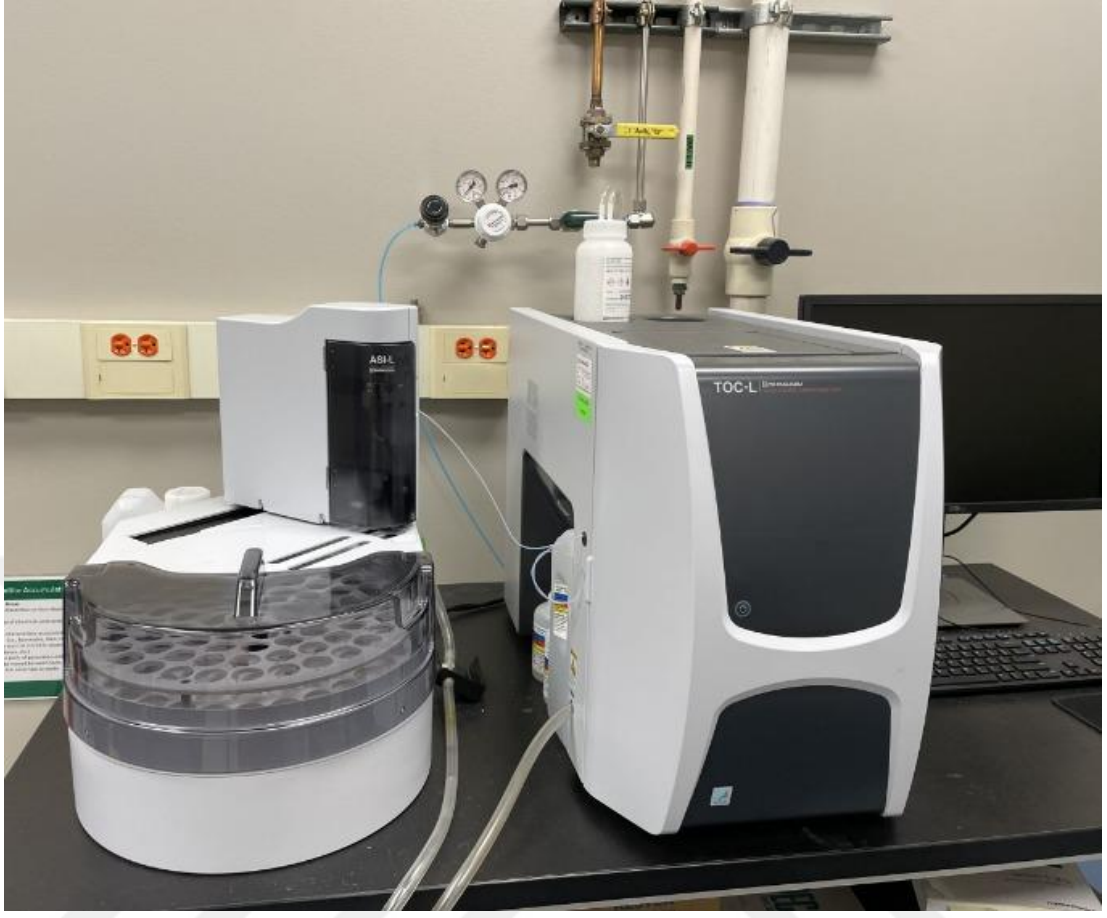
Sedimentte ağır metal analizi için hazırlanan örneklerin Şekil 3.6'daki ICP-OES cihazıyla konsantrasyonları tespit edilmiştir. ICP-OES cihazıyla yapılan analizlerde her metal için 5 farklı noktadan kalibrasyon noktaları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara bakılarak numunelerin ne oranda seyreltileceği belirlenmiştir. Seyreltme işlemiyle kalibrasyon aralığına giren sonuçlar elde etmemiz sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlarla seyreltme faktörü çarpıldığında gerçek sonuç ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.6: Spectro Arcos Icp-Oes cihazı.

3.2.4 Yakma Cihazı ile Yapılan Analizler

Toplam organik karbon ve toplam azot analizlerine hazır hale getirilen su örnekleri Şekil 3.7'deki Shimadzu Toplam Organik Karbon cihazıyla konsantrasyonları belirlenmiştir. Yakma cihazıyla her bir parametre için 6 farklı noktada kalibrasyon çözeltileri oluşturulmuştur. Bütün sonuçlar kalibrasyon grafiği aralığına girmiştir.



Şekil 3.7: Shimadzu TOC-L cihazı.

4. BULGULAR

4.1 Analizleri Yapılan Parametrelerin Sonuçları

Yaptığımız çalışma çerçevesinde Sarısu Çayı Havza'sında belirlenen 13 noktadan mevsimsel olarak su ve sediment numuneleri alınarak su kirliliği yaratabilecek fizikokimyasal, ağır metal ve iyonların analizleri yapılmıştır.

Su örneklerindeki ağır metal derişimleri ICP-MS cihazıyla, iyon derişimleri IC cihazı ile sedimentteki ağır metal derişimleri ise ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir. Gözlenebilme ve tayin limitleri sudaki ağır metaller için Tablo 4.1'de, sedimentteki metaller için Tablo 4.2'de, sudaki iyonlar için Tablo 4.3'de, yakma cihazındaki parametreler için Tablo 4.4'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1: ICP-MS cihazı ile yapılan ağır metal analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları.

Metaller	Gözlenebilme Sınırı	Tayin Sınırı
As ($\mu\text{g/L}$)	0,026	0,201
B ($\mu\text{g/L}$)	0,322	3,006
Ba ($\mu\text{g/L}$)	0,023	0,199
Pb ($\mu\text{g/L}$)	0,022	0,203
Cu ($\mu\text{g/L}$)	0,023	0,197
Cr ($\mu\text{g/L}$)	0,041	0,2
Co ($\mu\text{g/L}$)	0,021	0,199
Zn ($\mu\text{g/L}$)	0,272	2,997
Se ($\mu\text{g/L}$)	0,028	0,02
Toplam P ($\mu\text{g/L}$)	0,052	0,389
Al ($\mu\text{g/L}$)	0,055	0,204
Fe ($\mu\text{g/L}$)	0,252	2,985
Mn ($\mu\text{g/L}$)	0,041	0,203

Tablo 4.2: ICP-OES cihazı ile yapılan ağır metal analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları.

Metaller	Gözlenebilme Sınırı	Tayin Sınırı
Fe ($\mu\text{g/L}$)	1,601	50,255
Mn ($\mu\text{g/L}$)	1,318	10,370

Tablo 4.3: İyon Kromatografisi cihazı ile yapılan iyon analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları.

İyonlar	Gözlenebilme Sınırı	Tayin Sınırı
NH_4^+ (mg/L)	0,028	0,5
SO_4^{2-} (mg/L)	0,051	0,515
NO_3^- (mg/L)	0,034	0,530
NO_2^- (mg/L)	0,002	0,02
Cl^- (mg/L)	0,029	0,5
F^- (mg/L)	0,002	0,025

Tablo 4.4: Yakma cihazı ile yapılan analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları.

Parametreler	Gözlenebilme Sınırı	Tayin Sınırı
TOC (mg/L)	0,038	0,301
TN (mg/L)	0,196	1,12

4.2 Elde Edilen Verilerin Zamana ve İstasyonlara Göre Karşılaştırma Grafikleri

Çalışma alanından toplanan numunelerden analiz edilen her parametrenin istasyon ve aylara göre grafikleri aşağıda verilmiştir. 5 nolu istasyon Temmuz ve Eylül ayı numune alma döneminde su olmadığı için numune alınamamıştır.

4.2.1 pH

Örneklerin alımı sırasında ölçülen pH değerleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

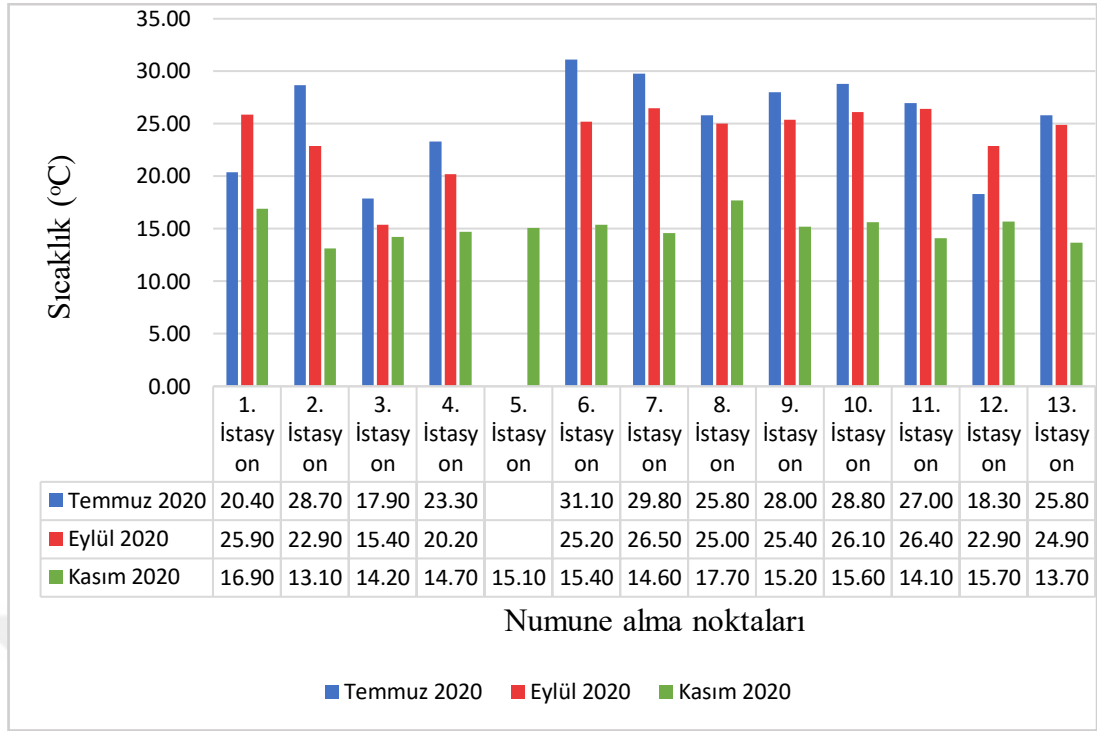


Şekil 4.1: Su örneklerindeki pH değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan pH analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Eylül ayı 7,07, en yüksek 11. İstasyonda Temmuz ayı 8,45 belirlenmiştir.

4.2.2 Sıcaklık

Örneklerin alımı sırasında ölçülen sıcaklık değerleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

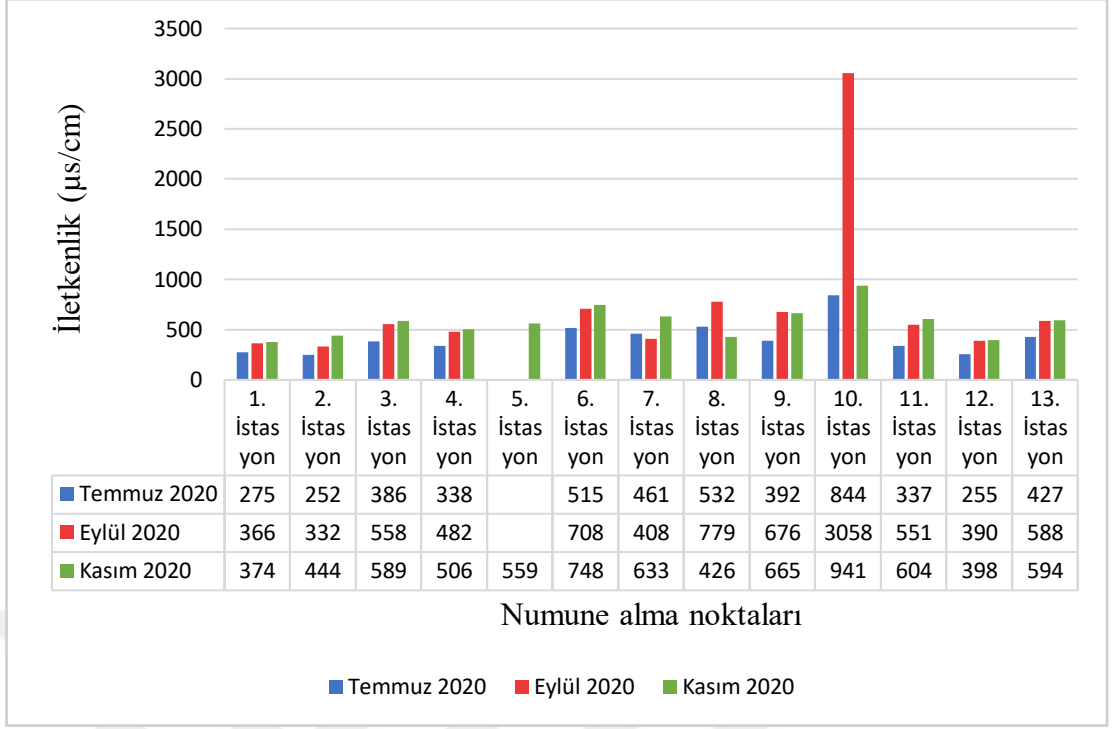


Şekil 4.2: Su örneklerindeki sıcaklık değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan sıcaklık analiz sonuçlarına göre en düşük 2. İstasyonda Kasım ayı 13,1 °C, en yüksek 6. İstasyonda Temmuz ayı 31,1 °C belirlenmiştir.

4.2.3 İletkenlik

Örneklerin alımı sırasında ölçülen iletkenlik değerleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

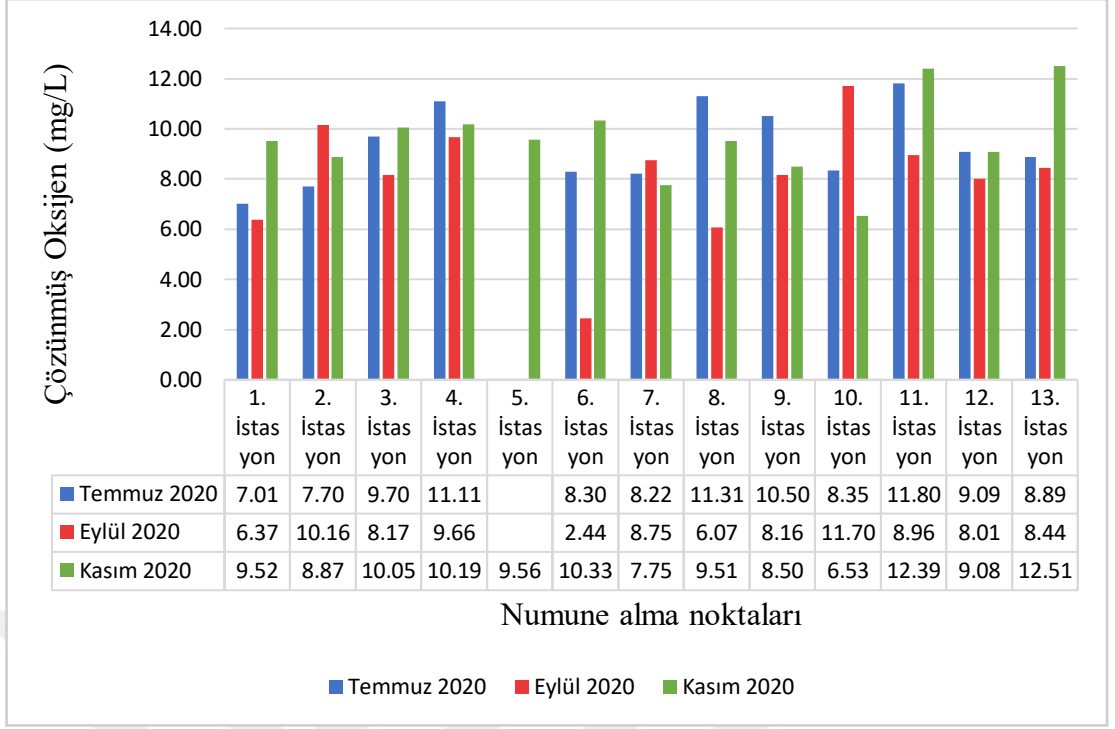


Şekil 4.3: Su örneklerindeki iletkenlik değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan İletkenlik analiz sonuçlarına göre en düşük 2. İstasyonda Temmuz ayı 252 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en yüksek 10. İstasyonda Eylül ayı 3058 $\mu\text{s}/\text{cm}$ belirlenmiştir. 10. İstasyon Eylül ayında denizden ters giriş olması sebebiyle iletkenliğin arttığı düşünülmüştür.

4.2.4 Çözünmüş Oksijen

Örneklerin alımı sırasında ölçülen çözünmüş oksijen değerleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

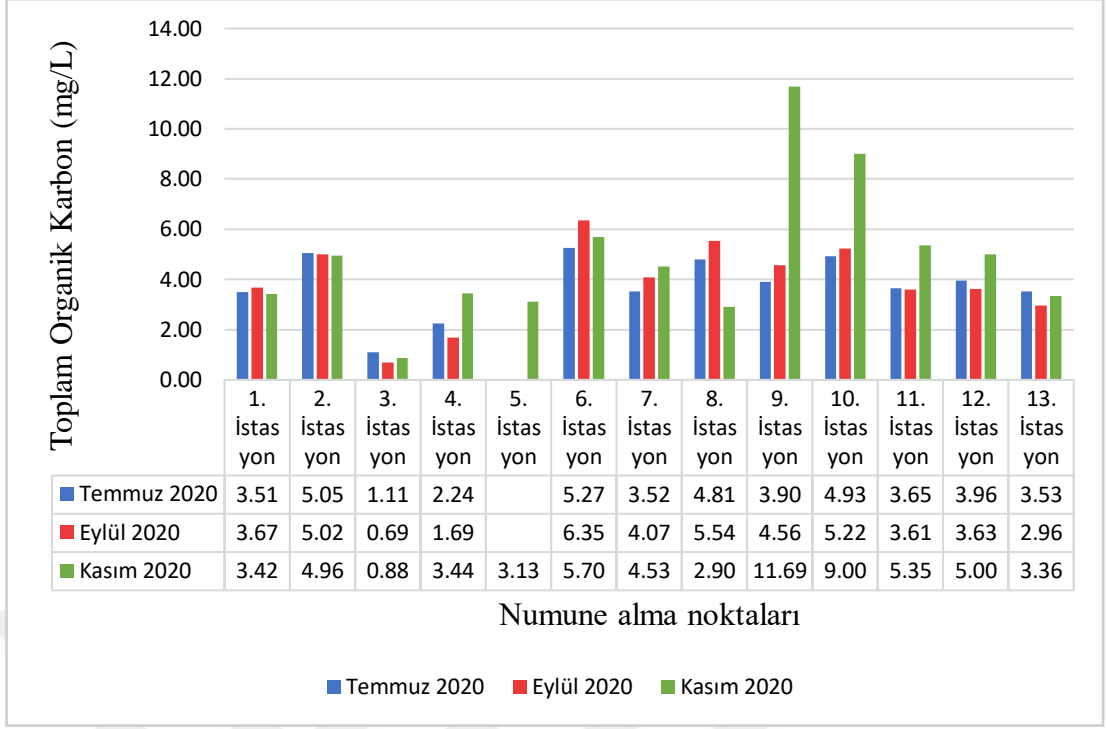


Şekil 4.4: Su örneklerindeki çözülmüş oksijen değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Çözülmüş Oksijen analiz sonuçlarına göre en düşük 6. İstasyonda Eylül ayı 2,44 mg/L, en yüksek 13. İstasyonda Kasım ayı 12,51mg/L belirlenmiştir.

4.2.5 Toplam Organik Karbon

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen toplam organik karbon değerleri Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

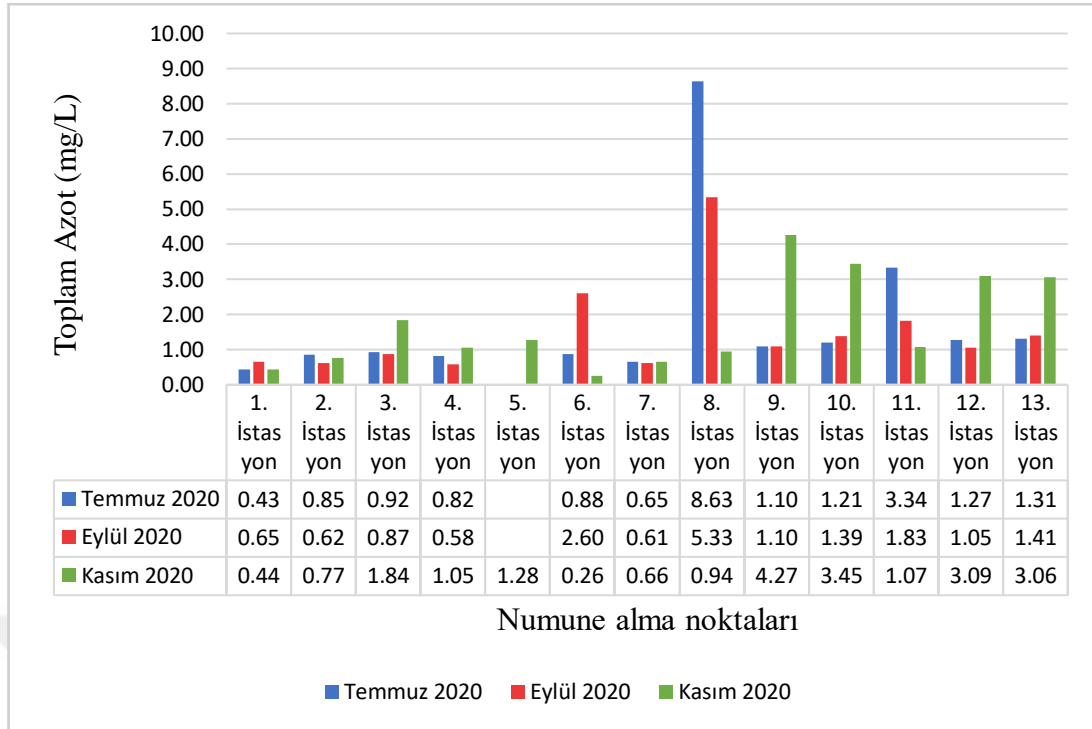


Şekil 4.5: Su örneklerindeki toplam organik karbon değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Toplam Organik Karbon analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Eylül ayı 0,691 mg/L, en yüksek 9. İstasyonda Kasım ayı 11,69 mg/L belirlenmiştir.

4.2.6 Toplam Azot

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen toplam azot değerleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

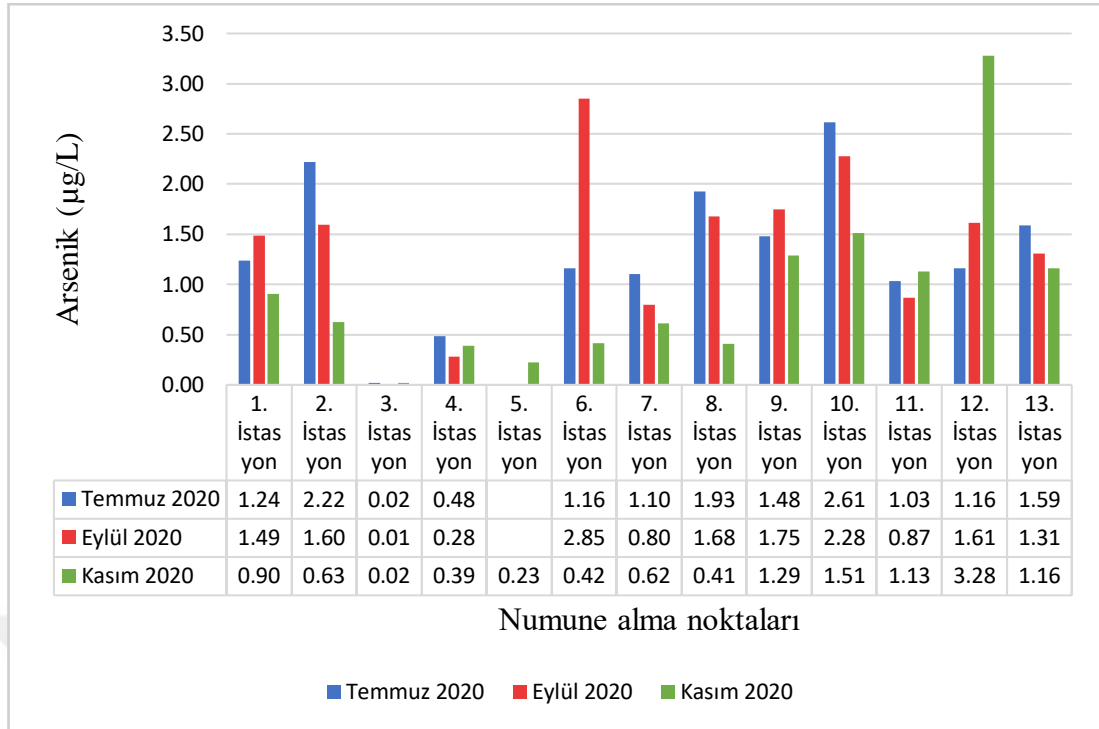


Şekil 4.6: Su örneklerindeki toplam azot değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Toplam Azot analiz sonuçlarına göre en düşük 6. İstasyonda Kasım ayı 0,26 mg/L, en yüksek 8. İstasyonda Temmuz ayı 8,63 mg/L belirlenmiştir.

4.2.7 Arsenik

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen arsenik değerleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

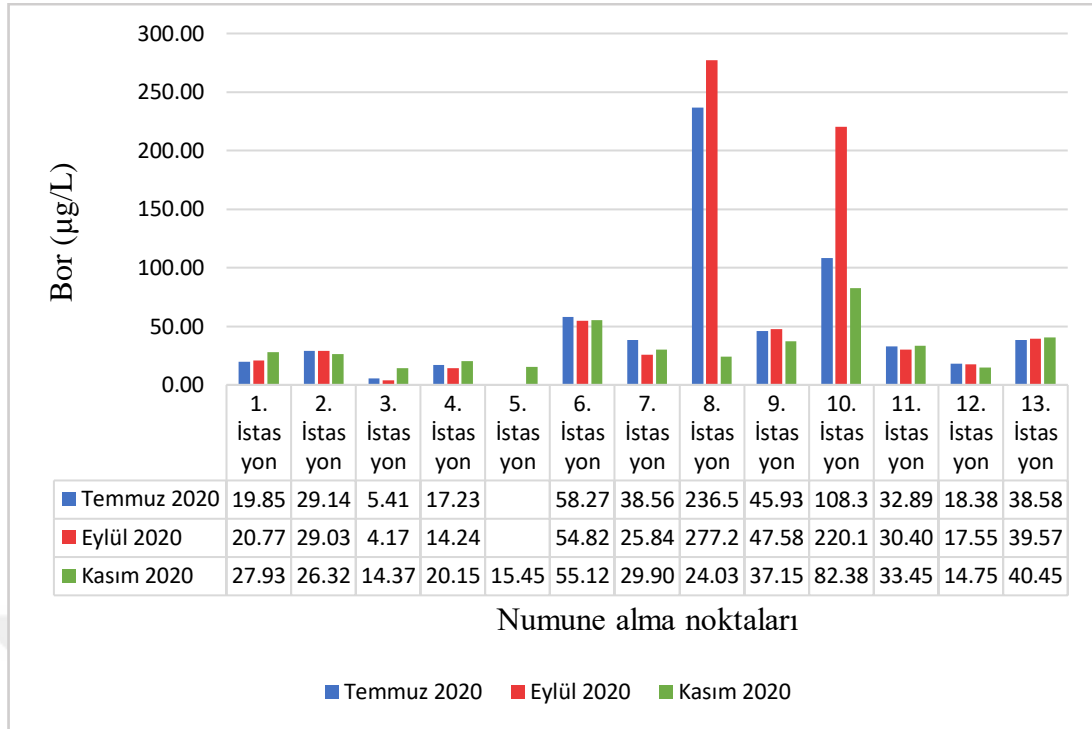


Şekil 4.7: Su örneklerindeki arsenik değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Arsenik analiz sonuçlarına göre en düşük 5. İstasyonda Kasım ayı 0,225 µg/L, en yüksek 12. İstasyonda Kasım ayı 3,279µg/L belirlenmiştir. 3. İstasyonda hiçbir ayda Arsenik tespit edilememiştir.

4.2.8 Bor

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen bor değerleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

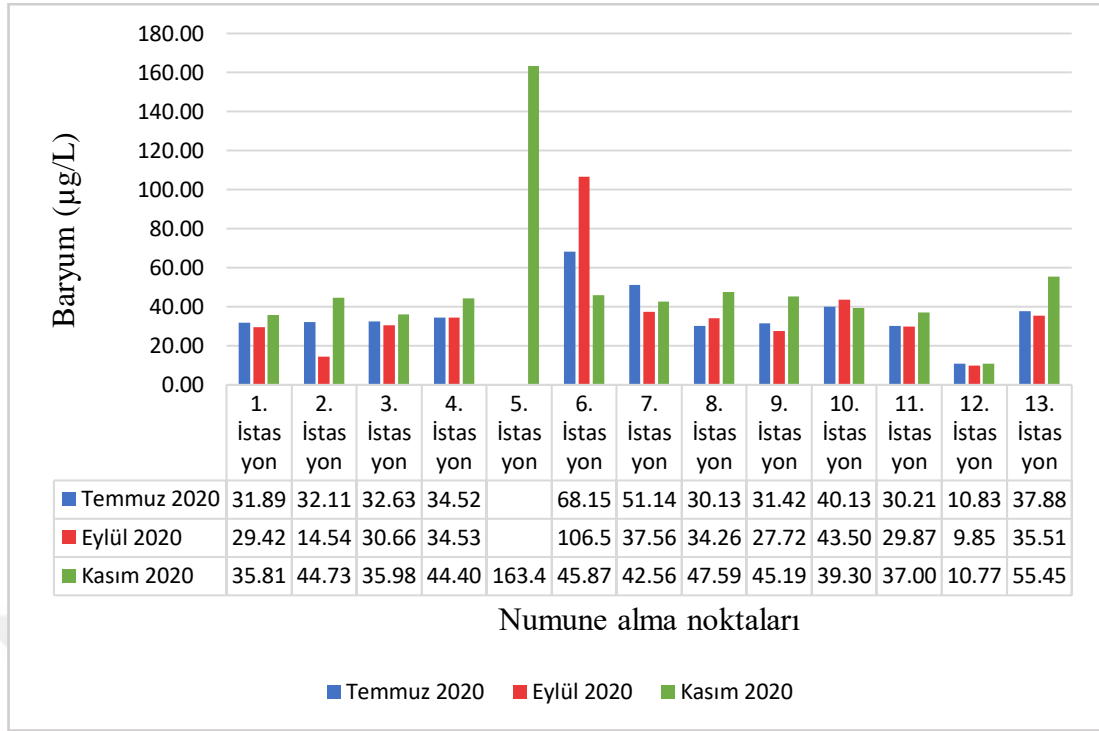


Şekil 4.8: Su örneklerindeki bor değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Bor analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Eylül ayı 4,168 µg/L, en yüksek 8. İstasyonda Eylül ayı 277,25 µg/L belirlenmiştir.

4.2.9 Baryum

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen baryum değerleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

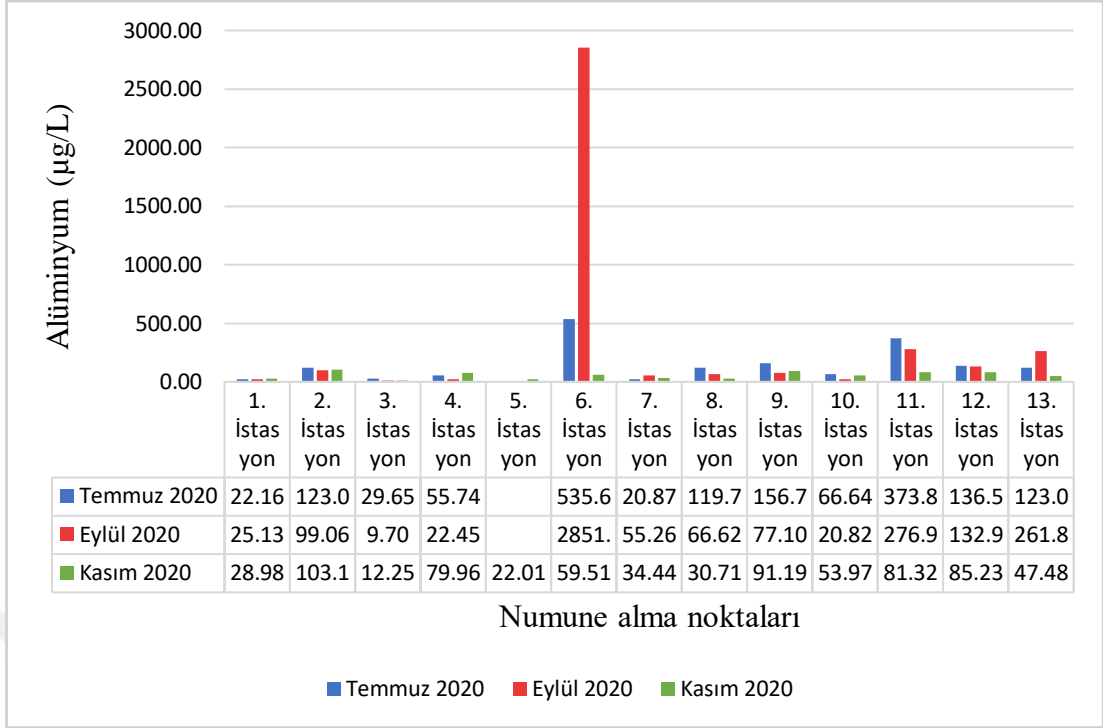


Şekil 4.9: Su örneklerindeki baryum değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Baryum analiz sonuçlarına göre en düşük 12. İstasyonda Eylül ayı 9,847 µg/L, en yüksek 5. İstasyonda Kasım ayı 163,47 µg/L belirlenmiştir.

4.2.10 Alüminyum

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen alüminyum değerleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

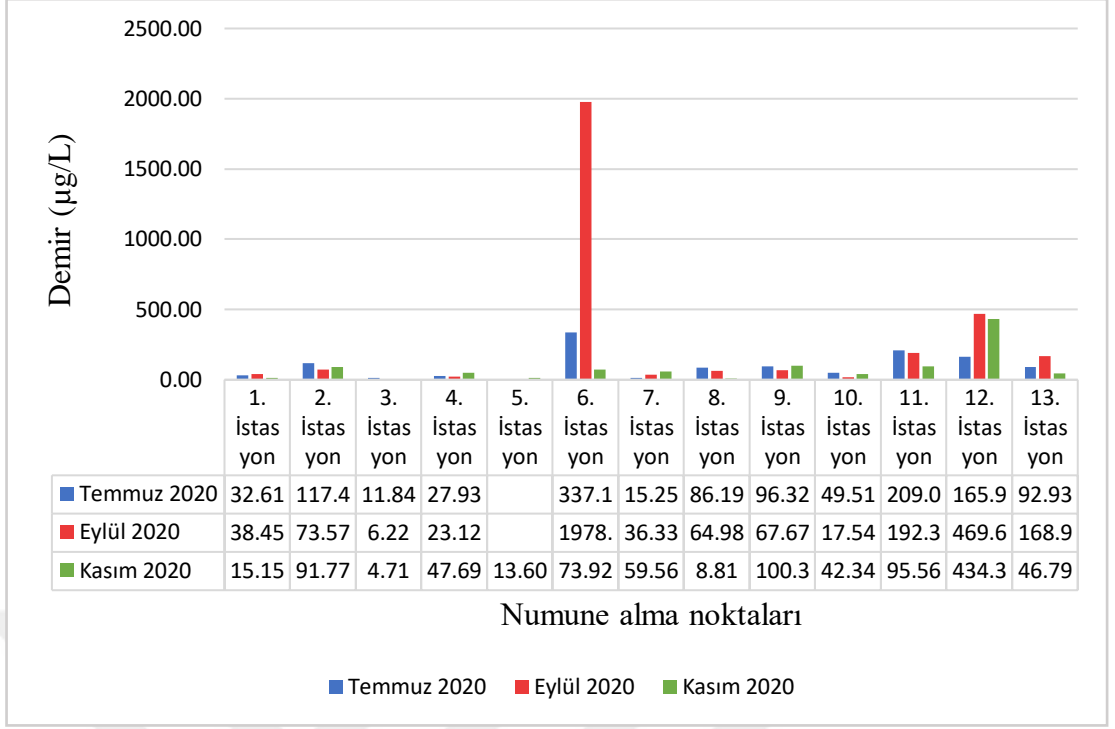


Şekil 4.10: Su örneklerindeki alüminyum değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Alüminyum analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Eylül ayı 9,696 µg/L, en yüksek 6. İstasyonda Eylül ayı 2851,8 µg/L belirlenmiştir.

4.2.11 Demir

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen demir değerleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

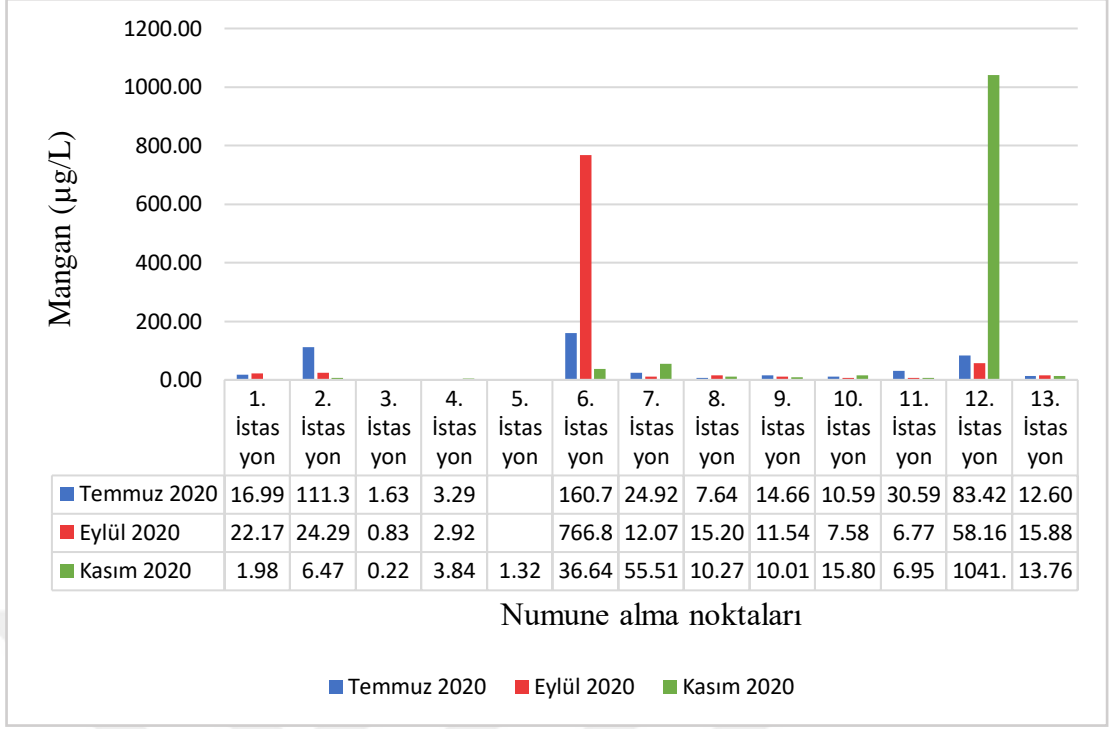


Şekil 4.11: Su örneklerindeki demir değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Demir analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Eylül ayı 6,216 µg/L, en yüksek 6. İstasyonda Eylül ayı 1978,4 µg/L belirlenmiştir.

4.2.12 Mangan

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen mangan değerleri Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

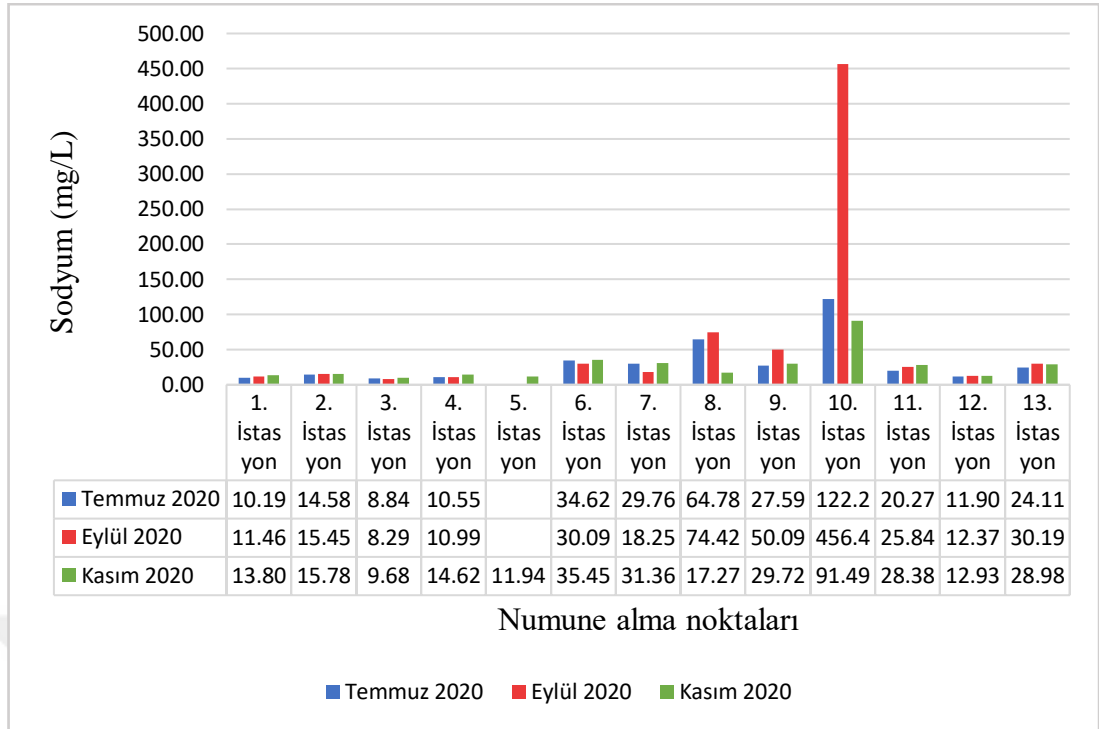


Şekil 4.12: Su örneklerindeki mangan değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Mangan analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Kasım ayı 0,22 µg/L, en yüksek 12. İstasyonda Kasım ayı 1041,4 µg/L belirlenmiştir.

4.2.13 Sodyum

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen sodyum değerleri Şekil 4.13'de gösterilmiştir.

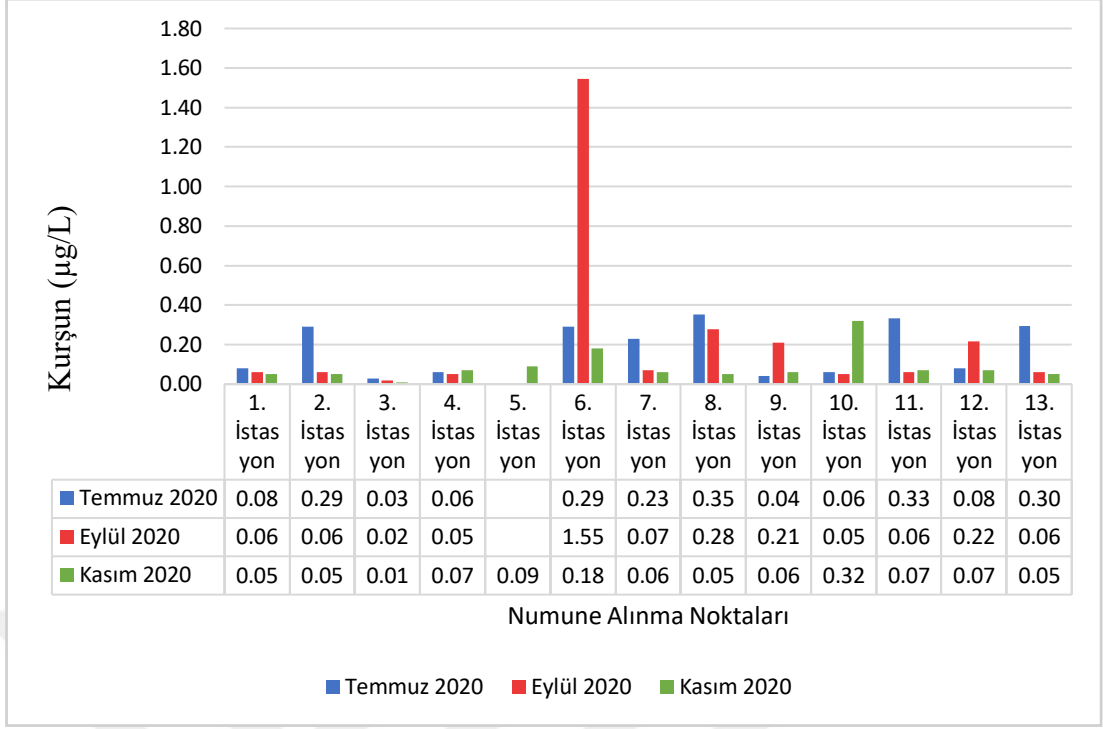


Şekil 4.13: Su örneklerindeki sodyum değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Sodyum analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Eylül ayı 8,291 mg/L, en yüksek 10. İstasyonda Eylül ayı 456,468 mg/L belirlenmiştir.

4.2.14 Kurşun

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen kurşun değerleri Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

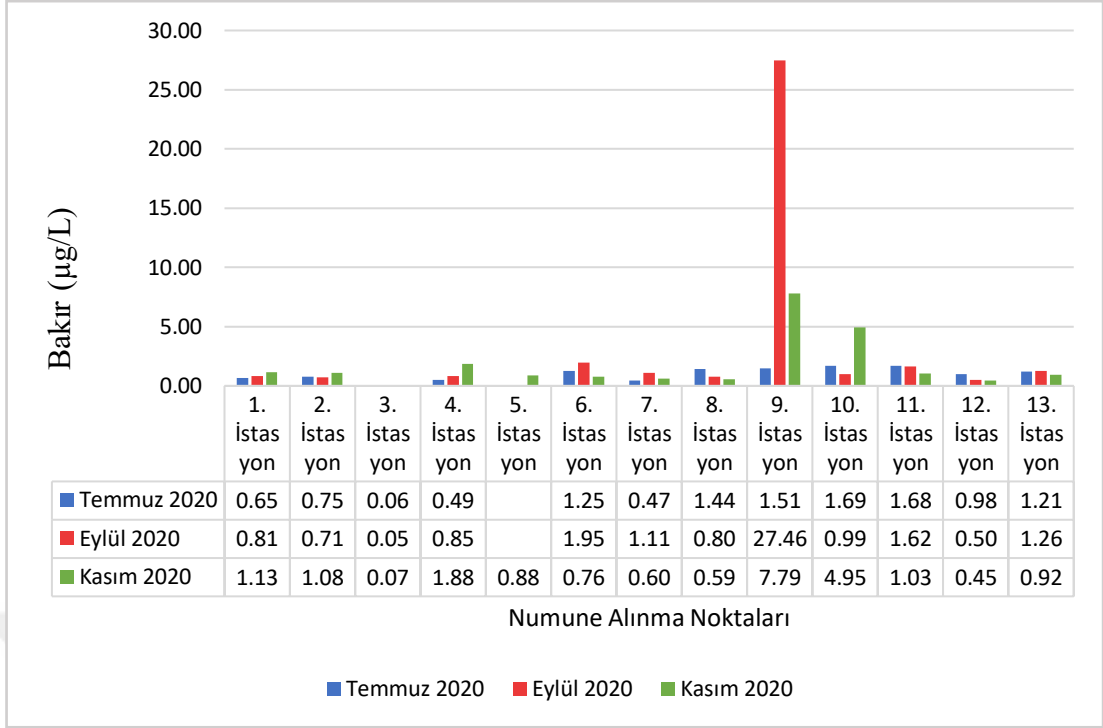


Şekil 4.14: Su örneklerindeki kurşun değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Kurşun analiz sonuçlarına göre en düşük 9. İstasyonda Kasım ayı 0,211 µg/L, en yüksek 6. İstasyonda Eylül ayı 1,546 µg/L belirlenmiştir. 1, 3, 4 ve 5. İstasyonlarda hiçbir ayda kurşun tespit edilememiştir. 2. İstasyonda Eylül ve Kasım, 6. İstasyonda Kasım, 7. İstasyonda Eylül ve Kasım, 8. İstasyonda Kasım, 9. İstasyonda Temmuz ve Kasım, 10. İstasyonda Temmuz ve Eylül, 11. İstasyonda Eylül ve Kasım, 12. İstasyonda Temmuz ve Kasım, 13. İstasyonda ise Eylül ve Kasım aylarında kurşun tespit edilememiştir.

4.2.15 Bakır

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen bakır değerleri Şekil 4.15'de gösterilmiştir.

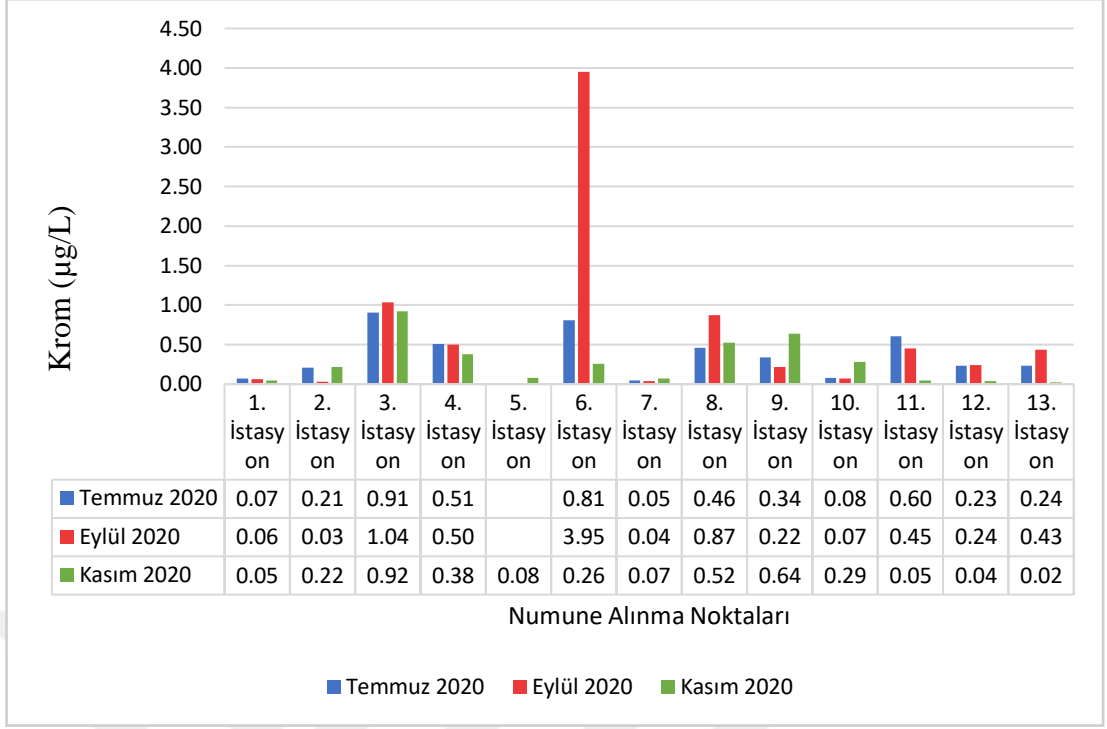


Şekil 4.15: Su örneklerindeki bakır değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Bakır analiz sonuçlarına göre en düşük 12. İstasyonda Kasım ayı 0,445 µg/L, en yüksek 9. İstasyonda Eylül ayı 27,456 µg/L belirlenmiştir. 3. İstasyonda hiçbir ayda Bakır tespit edilememiştir.

4.2.16 Krom

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen krom değerleri Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

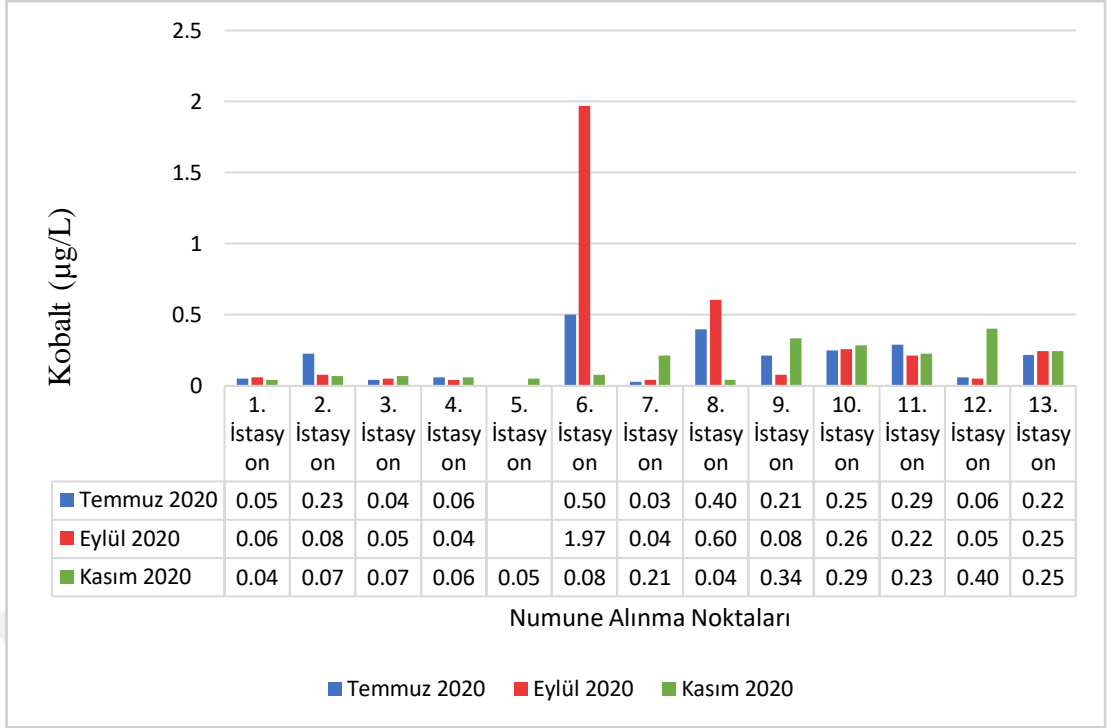


Şekil 4.16: Su örneklerindeki krom değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Krom analiz sonuçlarına göre en düşük 2. İstasyonda Temmuz ayı 0,206 µg/L, en yüksek 6. İstasyonda Eylül ayı 3,952 µg/L belirlenmiştir. 1 ve 7. İstasyonlarda hiçbir ayda kurşun tespit edilememiştir. 5, 11, 12 ve 13. İstasyonda Kasım ayında, 2. İstasyonda Eylül ayında, 10. İstasyonda Temmuz ve Eylül aylarında krom tespit edilememiştir.

4.2.17 Kobalt

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen kobalt değerleri Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

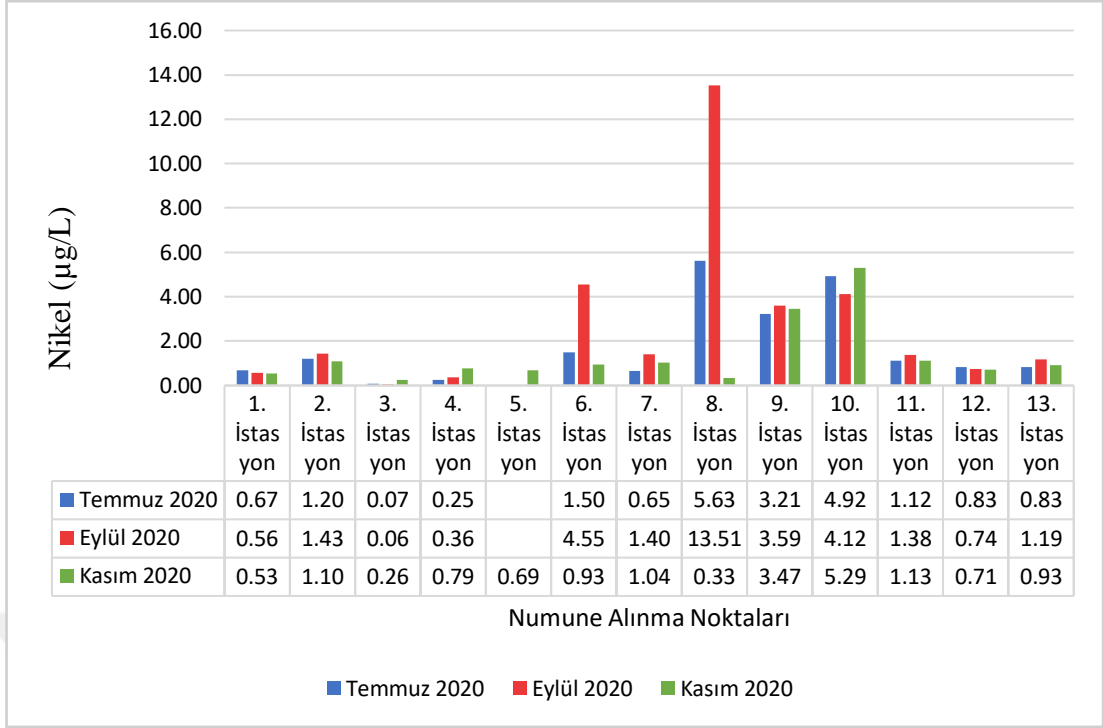


Şekil 4.17: Su örneklerindeki kobalt değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Kobalt analiz sonuçlarına göre en düşük 7. İstasyonda Kasım ayı 0,213 µg/L, en yüksek 6. İstasyonda Eylül ayı 1,968 µg/L belirlenmiştir. 1,3 ve 4. İstasyonlarda hiçbir ayda kurşun tespit edilememiştir. 2. İstasyonda Eylül ve Kasım ayında, 5. İstasyonda Kasım ayında, 7. İstasyonda Temmuz ve Eylül ayında, 9. İstasyonda Eylül ayında, 12. İstasyonda Temmuz ve Eylül aylarında kobalt tespit edilememiştir.

4.2.18 Nikel

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen nikel değerleri Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

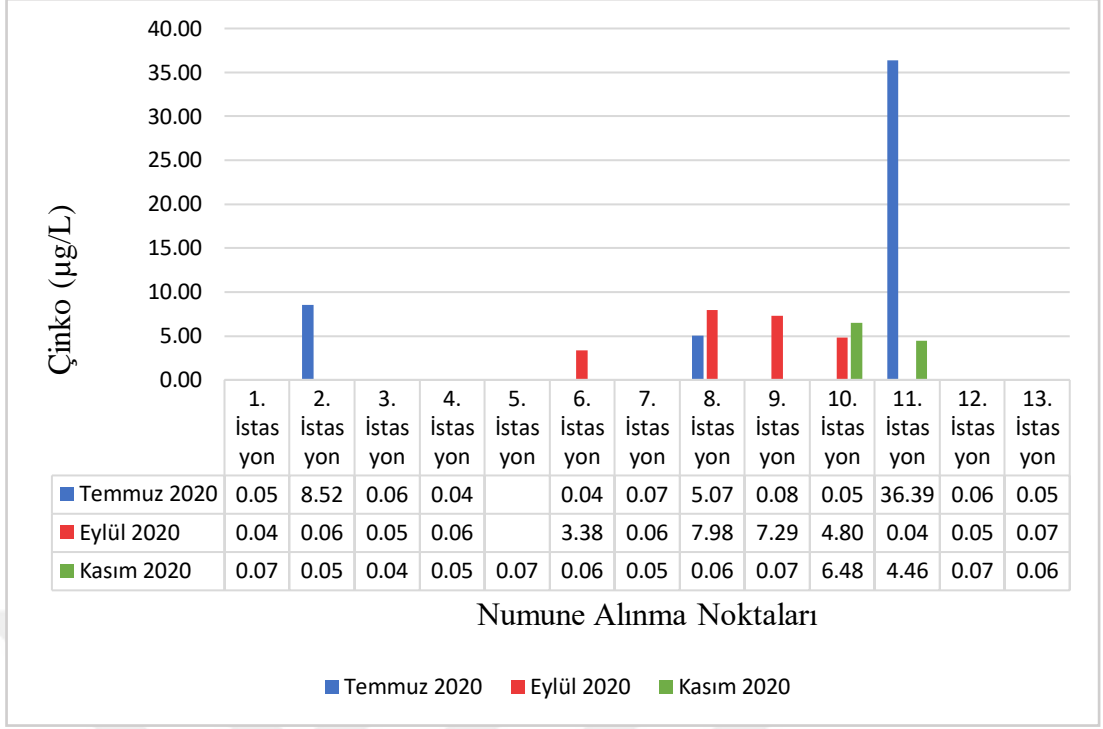


Şekil 4.18: Su örneklerindeki nikel değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Nikel analiz sonuçlarına göre en düşük 4. İstasyonda Temmuz ayı 0,25 µg/L, en yüksek 8. İstasyonda Eylül ayı 13,512 µg/L belirlenmiştir. 3. İstasyonda Temmuz ve Eylül aylarında nikel tespit edilememiştir.

4.2.19 Çinko

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen çinko değerleri Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

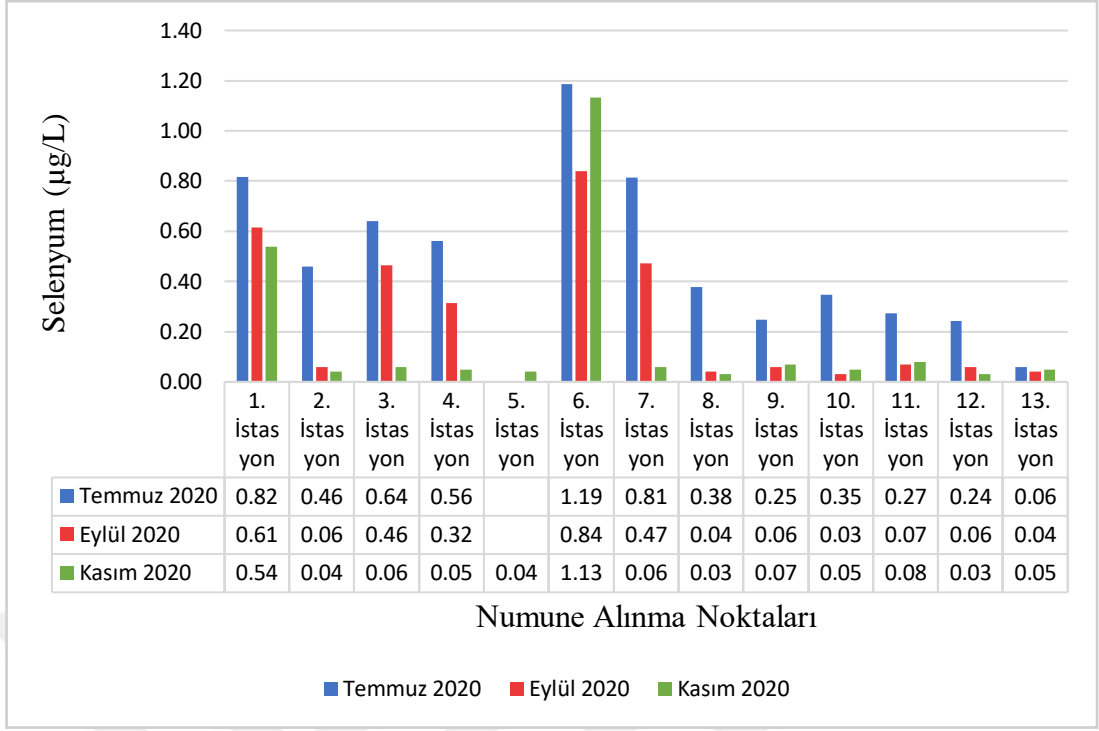


Şekil 4.19: Su örneklerindeki çinko değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Çinko analiz sonuçlarına göre en düşük 6. İstasyonda Eylül ayı 3,377 µg/L, en yüksek 11. İstasyonda Temmuz ayı 36,388 µg/L belirlenmiştir. 1, 3, 4, 7, 12 ve 13. İstasyonlarda hiçbir ayda çinko tespit edilememiştir. 2. İstasyonda Eylül ve Kasım ayında, 6. İstasyonda Temmuz ve Kasım ayında, 8. İstasyonda Kasım ayında, 9. İstasyonda Temmuz ve Kasım ayında, 10. İstasyonda Temmuz ayında, 11. İstasyonda Eylül ayında çinko tespit edilememiştir.

4.2.20 Selenyum

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen selenyum değerleri Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

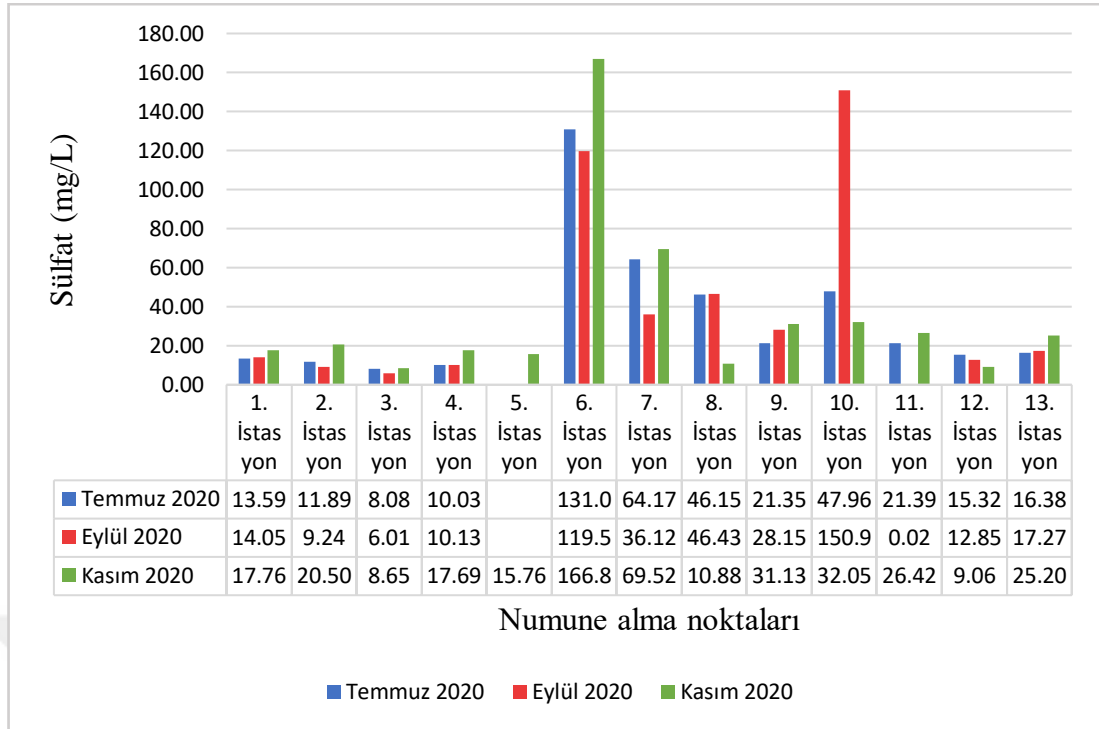


Şekil 4.20: Su örneklerindeki selenyum değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Selenyum analiz sonuçlarına göre en düşük 9. İstasyonda Temmuz ayı 0,249 µg/L, en yüksek 6. İstasyonda Temmuz ayı 1,186 µg/L belirlenmiştir. 13. İstasyonda hiçbir ayda selenyum tespit edilememiştir. 2, 8, 9, 10, 11 ve 12. İstasyonlarda Eylül ve Kasım ayında, 3, 4, 5 ve 7. İstasyonlarda Kasım ayında selenyum tespit edilememiştir.

4.2.21 Sülfat

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen sülfat değerleri Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

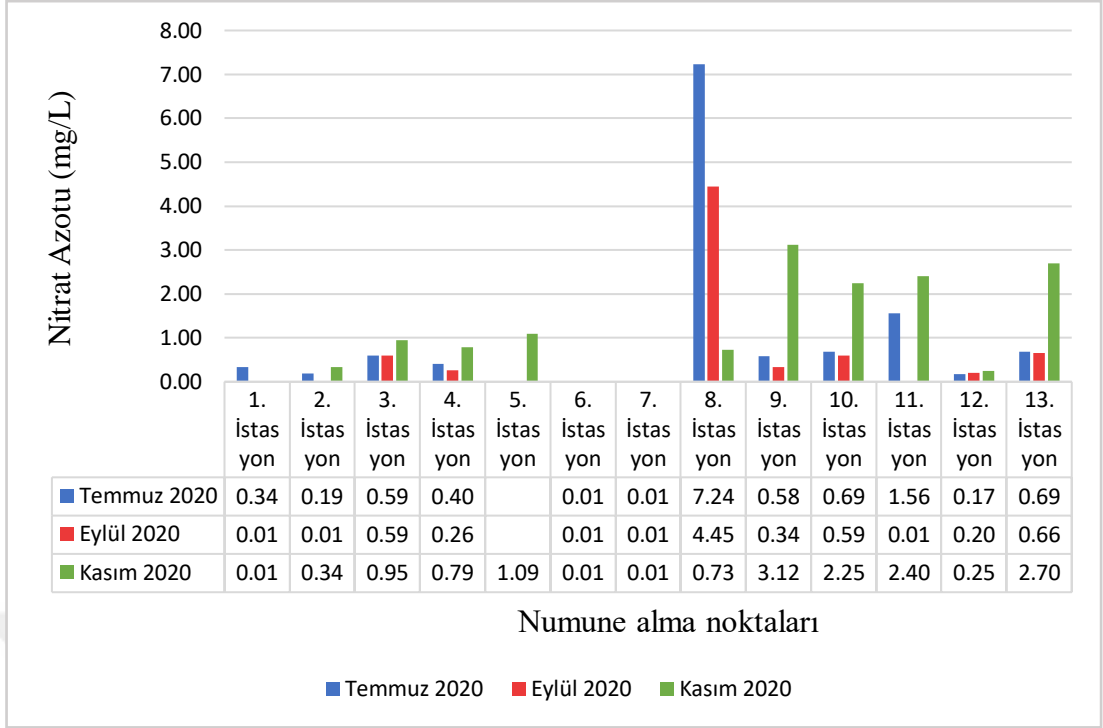


Şekil 4.21: Su örneklerindeki sülfat değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Sülfat analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Eylül ayı 6,011 mg/L, en yüksek 6. İstasyonda Kasım ayı 166,89 mg/L belirlenmiştir. 11. İstasyonda Eylül ayında sülfat tespit edilememiştir.

4.2.22 Nitrat Azotu

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen nitrat azotu değerleri Şekil 4.22'de gösterilmiştir.

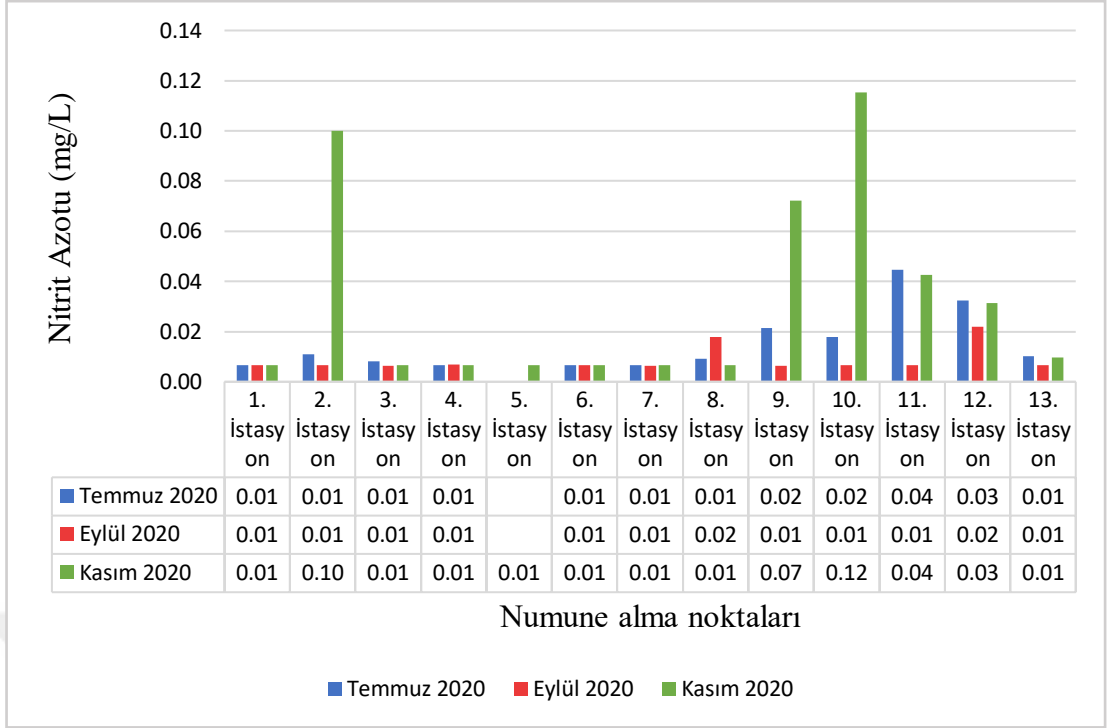


Şekil 4.22: Su örneklerindeki nitrat azotu değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Nitrat azotu analiz sonuçlarına göre en düşük 12. İstasyonda Temmuz ayı 0,17 mg/L, en yüksek 8. İstasyonda Temmuz ayı 7,238 mg/L belirlenmiştir. 6 ve 7. İstasyonlarda hiçbir ayda nitrat azotu tespit edilememiştir. 1. İstasyonda Eylül ve Kasım ayında, 2 ve 11. İstasyonlarda Eylül ayında nitrat azotu tespit edilememiştir.

4.2.23 Nitrit Azotu

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen nitrit azotu değerleri Şekil 4.23'de gösterilmiştir.

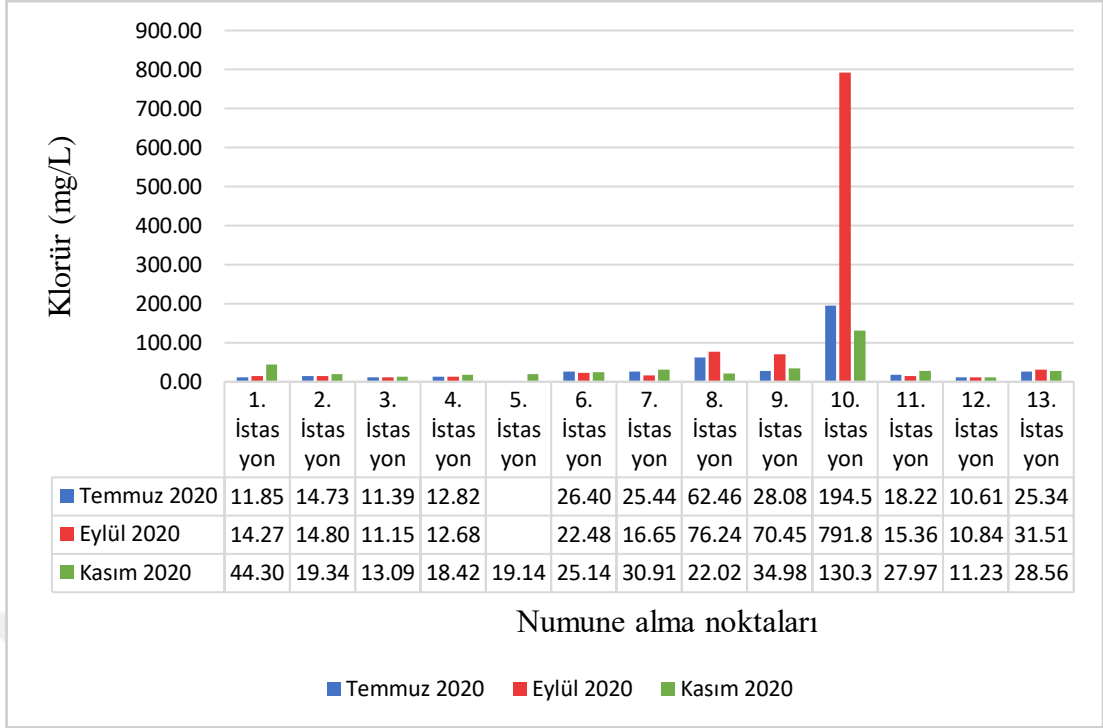


Şekil 4.23: Su örneklerindeki nitrit azotu değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Nitrit azotu analiz sonuçlarına göre en düşük 7. İstasyonda Eylül ayı 0,0063 mg/L, en yüksek 10. İstasyonda Kasım ayı 0,1153 mg/L belirlenmiştir. 6. İstasyonda hiçbir ayda nitrit azotu tespit edilememiştir. 1. İstasyonda Eylül ve Kasım ayında, 2, 10, 11 ve 13. İstasyonlarda Eylül ayında, 3, 4 ve 8. İstasyonlarda Kasım ayında, 7. İstasyonda ise Temmuz ve Kasım aylarında nitrit azotu tespit edilememiştir.

4.2.24 Klorür

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen klorür değerleri Şekil 4.24'de gösterilmiştir.

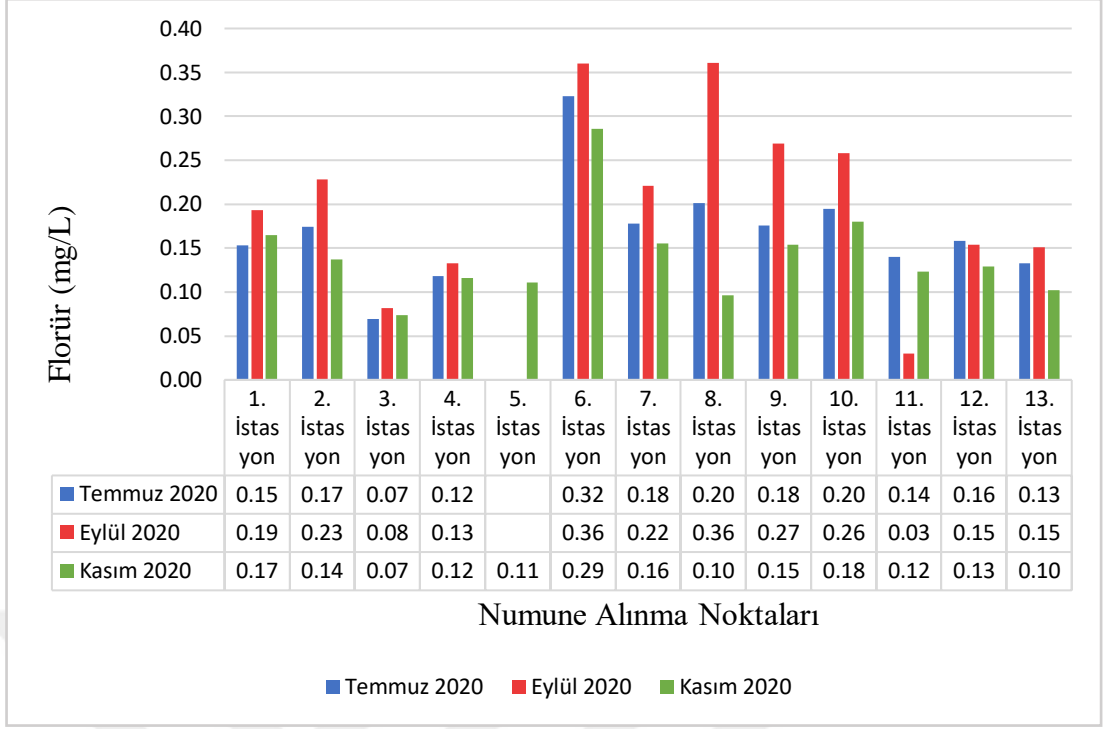


Şekil 4.24: Su örneklerindeki klorür değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Klorür analiz sonuçlarına göre en düşük 12. İstasyonda Temmuz ayı 10,61 mg/L, en yüksek 10. İstasyonda Eylül ayı 791,81 mg/L belirlenmiştir.

4.2.25 Florür

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen florür değerleri Şekil 4.25'de gösterilmiştir.

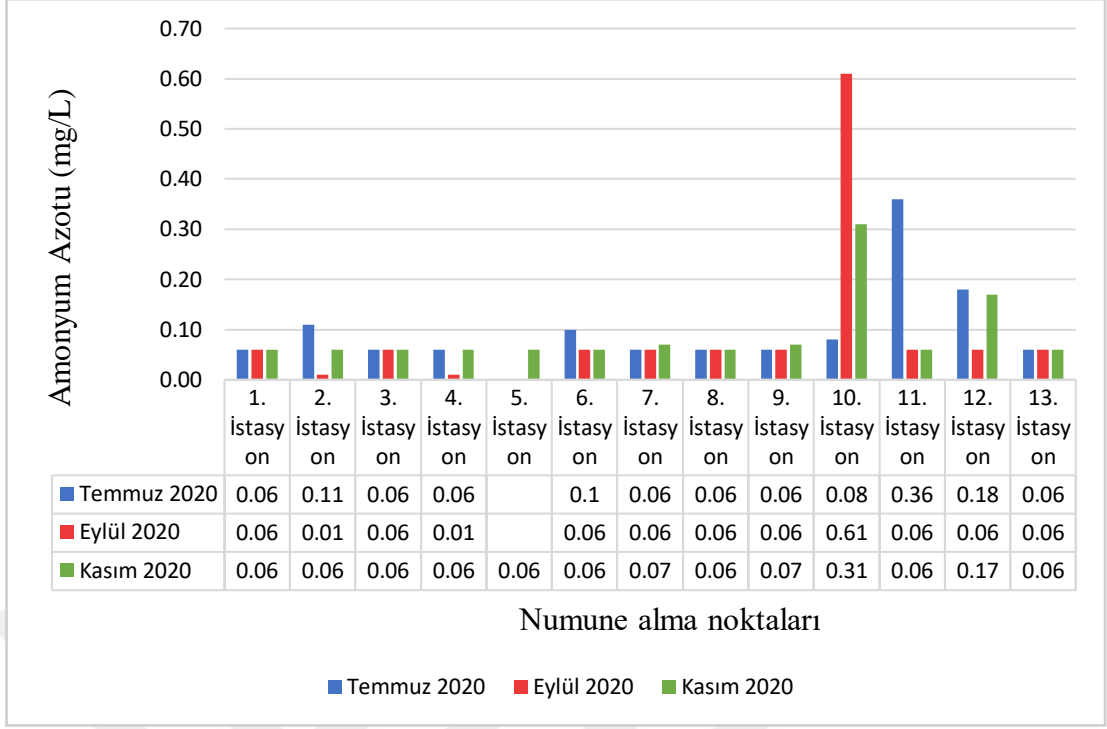


Şekil 4.25: Su örneklerindeki florür değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Florür analiz sonuçlarına göre en düşük 3. İstasyonda Temmuz ayı 0,069 µg/L, en yüksek 6. İstasyonda Eylül ayı 0,36 mg/L belirlenmiştir. 11. İstasyonda Eylül ayında florür tespit edilememiştir.

4.2.26 Amonyum Azotu

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen amonyum azotu değerleri Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

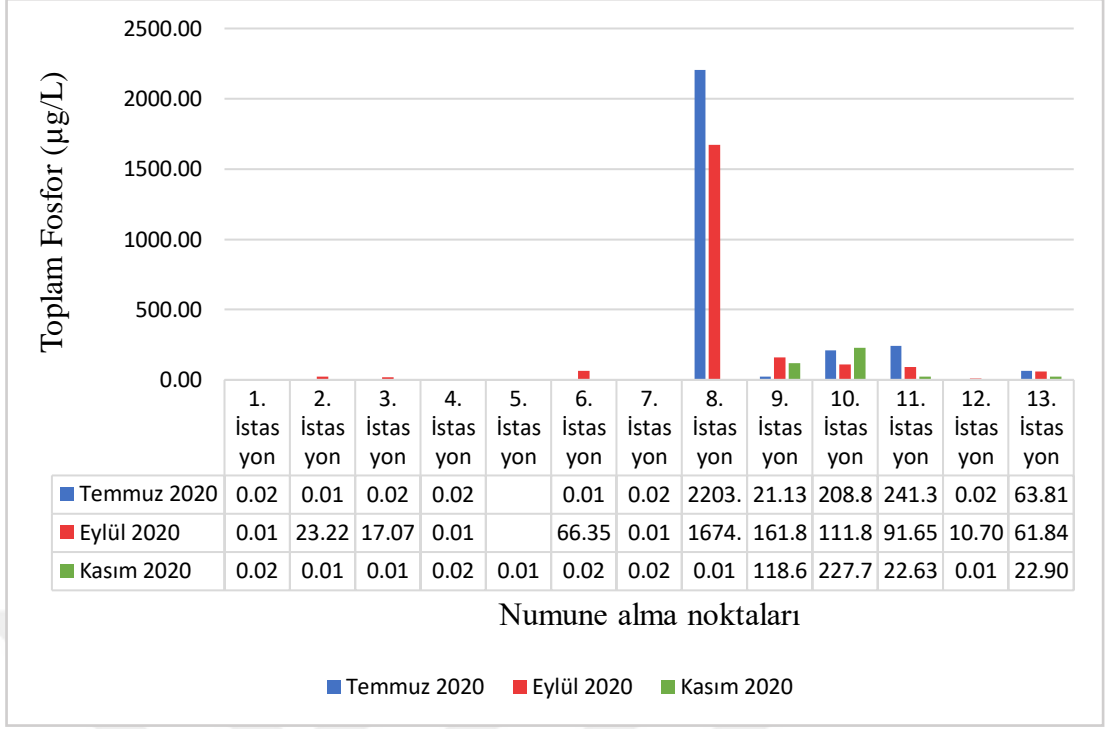


Şekil 4.26: Su örneklerindeki amonyum azotu değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısı çayı su numunelerinde yapılan Amonyum azotu analiz sonuçlarına göre en düşük 6. İstasyonda Eylül ayı 0,061 mg/L, en yüksek 10. İstasyonda Eylül ayı 0,614 mg/L belirlenmiştir. 2 ve 4. İstasyonda Eylül aylarında amonyum azotu tespit edilememiştir.

4.2.27 Toplam Fosfor

Su örneklerinin analizi sonucu ölçülen toplam fosfor değerleri Şekil 4.27'de gösterilmiştir.

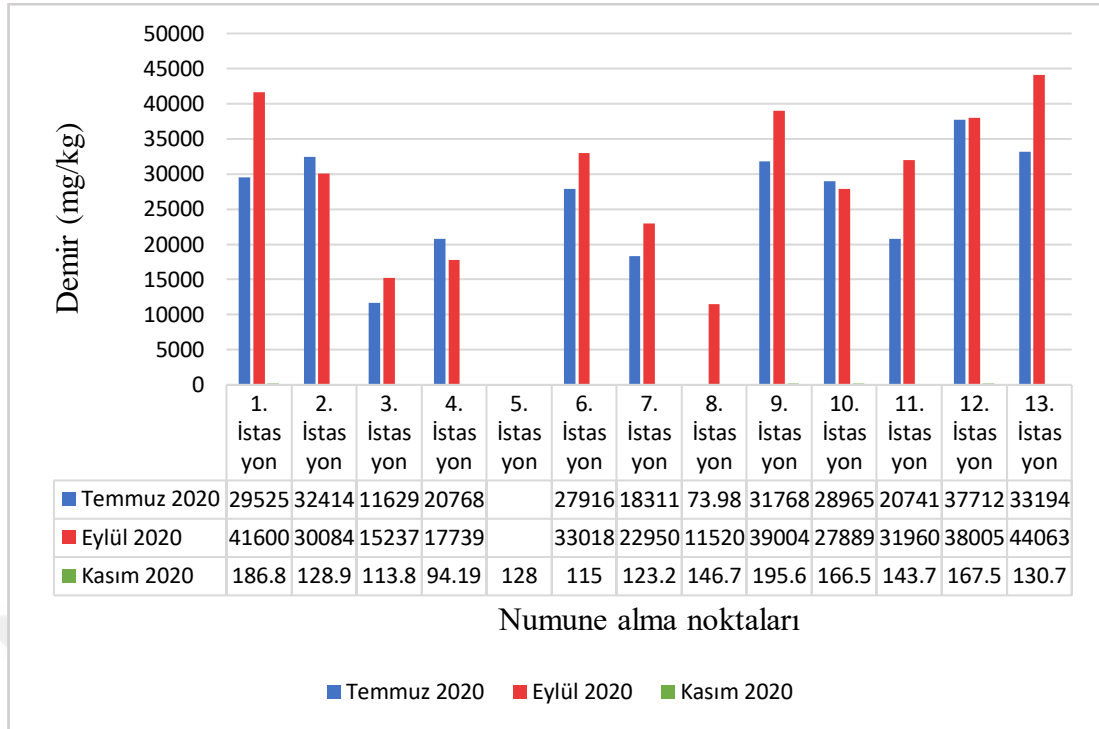


Şekil 4.27: Su örneklerindeki toplam fosfor değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı su numunelerinde yapılan Toplam Fosfor analiz sonuçlarına göre en düşük 9. İstasyonda Temmuz ayı 21,13 µg/L, en yüksek 8. İstasyonda Temmuz ayı 2203,17 µg/L belirlenmiştir. 1, 3, 4, 7 ve 12. İstasyonlarda hiçbir ayda toplam fosfor tespit edilememiştir. 2 ve 6. İstasyonda Temmuz ve Kasım ayında, 5 ve 8. İstasyonlarda Kasım ayında toplam fosfor tespit edilememiştir.

4.2.28 Demir

Sediment örneklerinin analizi sonucu ölçülen demir değerleri Şekil 4.28'de gösterilmiştir.

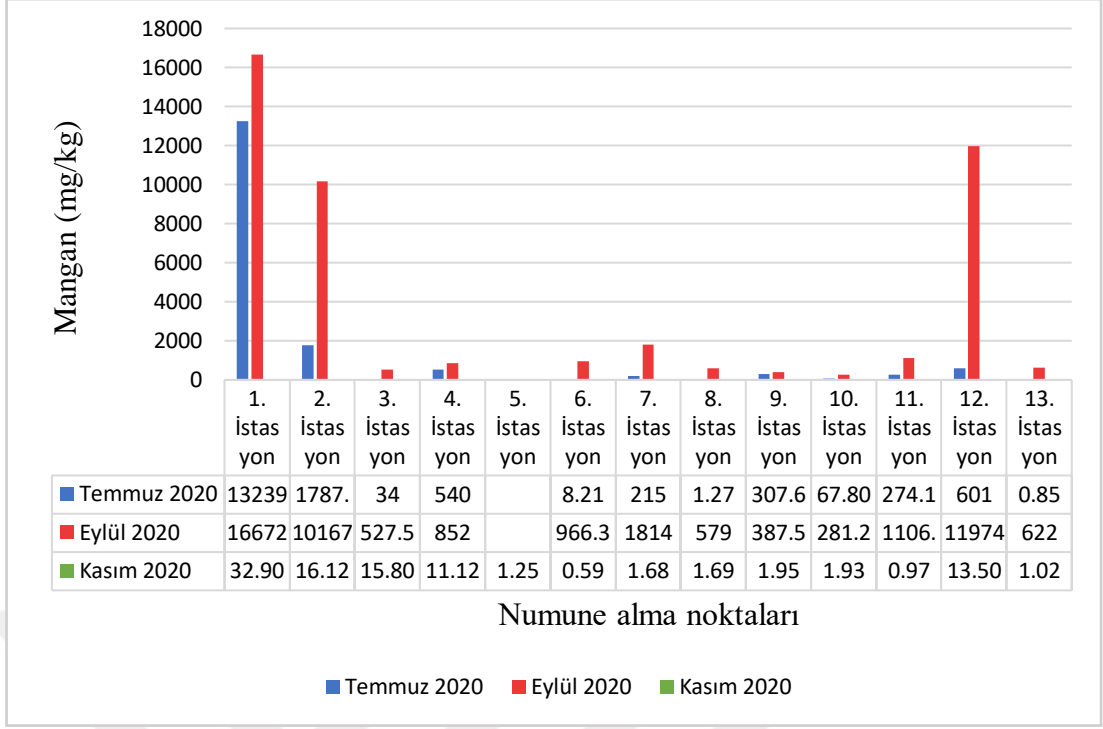


Şekil 4.28: Sediment örneklerindeki demir değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı sediment numunelerinde yapılan Demir analiz sonuçlarına göre en düşük 8. İstasyonda Temmuz ayı 73,977 mg/kg, en yüksek 13. İstasyonda Eylül ayı 44063 mg/kg belirlenmiştir.

4.2.29 Mangan

Sediment örneklerinin analizi sonucu ölçülen mangan değerleri Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



Şekil 4.29: Sediment örneklerindeki mangan değişimlerinin istasyonlara bağlı karşılaştırması.

Sarısu çayı sediment numunelerinde yapılan Mangan analiz sonuçlarına göre en düşük 6. İstasyonda Temmuz ayı 8,21 mg/kg, en yüksek 1. İstasyonda Eylül ayı 16672 mg/kg belirlenmiştir. 8 ve 13. İstasyonlarda Temmuz ve Kasım aylarında, 5, 7, 9, 10 ve 11. İstasyonlarda Kasım ayında mangan tespit edilememiştir.

5. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Bu tez çalışması, Sarısu Çayı havzasının yer altı ve yer üstü su kaynaklarının kirlilik durumlarının ve su kalite sınıflarının belirlenmesi, bu noktalardaki sediment örneklerinin mevsimsel değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Marmara Havzası'nın alt havzalarından biri olan Kocaeli-Sakarya arasında kalan bölgede bulunan Sarısu Çayı Havzası'ndan 2020 yılında mevsimsel olarak 13 istasyondan su ve sediment numuneleri alınmıştır. Numune istasyonları belirlenirken havzadaki tarımsal faaliyetler, hayvancılık faaliyetleri ve su kütleleri dikkate alınmıştır.

Alınan su örneklerinde ağır metal ve fizikokimyasal parametreler, sedimentte ise ağır metal parametrelerinin analizi yapılmıştır. Çalışmadaki parametreler suda pH, sıcaklık, iletkenlik, çözülmüş oksijen, toplam organik karbon, toplam azot, arsenik, bor, baryum, alüminyum, demir, mangan, sodyum, kurşun, bakır, krom, kobalt, nikel, çinko, selenyum, sülfat, nitrat azotu, nitrit azotu, klorür, amonyum azotu, toplam fosfor parametreleri sedimentte ise demir ve mangandır. Her bir parametrenin ulusal ve uluslararası mevzuatlardaki limit değerleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmeler yapılmıştır.

Çalışma alanından alınan bazı su örneklerinde saptanan derişimlerde, birkaç parametrede pik değerler bulunmuştur. Havza ortalamasının üzerindeki bu değerlerin örnekleme dönemine denk gelen ani deşarjlardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

pH

Havza genelindeki pH değerleri 7-8,5 arasındadır. SKKY Kalite Kriterlerine göre I ve II. sınıf sular aralığına girmektedir.

Sıcaklık

Havzada ölçülen sıcaklık değerleri mevsimlere bağlı olarak 13,1-31,1 °C aralığında değişmiştir. 1. istasyon eylül, 2. istasyon temmuz, 6. istasyon eylül, 7, 8, 9, 10 ve 11. istasyonlar temmuz ve eylül ayı, 13. istasyon temmuz ayı III. kalite, 6. istasyon temmuz ayı IV. kalite diğer tüm istasyon ve aylar I ve II. kalitedir.

Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen derişimi, su kalitesi açısından önemli bir parametredir. 6. istasyon eylül ayına denk gelen ani deşarj sudaki çözünmüş oksijen değerini düşürmüştür. Bunun dışında mevsimsel ortalamaya bakıldığında havza I. sınıf su kalitesine sahiptir.

Toplam Organik Karbon

Toplam organik karbon parametresi bakımından havzada ölçülen en yüksek derişim kasım ayında 9 nolu istasyonda 11,69 mg/L'dir. En düşük derişim ise eylül ayında 3 nolu istasyonda 0,691 mg/L ölçülmüştür.

Arsenik

Sarısu Çayı havzasında 13 istasyonun değerlerine bakıldığında arsenik değerleri 0,225-3,279 µg/L arasında değişmektedir ve I. sınıftadır.

Bor

Havzadaki tüm istasyonlarda tespit edilen bor derişimleri mevzuat limit değeri olan 1 mg/L seviyesinin altında olup I. sınıftadır.

Baryum

Baryum parametresi de Sarısu Çayı Havzası'nda çok düşük derişimlerde saptanmıştır. Ortalamalara bakıldığında havza su kalitesi baryum bakımından I. Sınıftır.

Alüminyum-Demir

Alüminyum ve demir derişimleri 6. istasyonda eylül ayında yaptığı pik derişim, numune alma dönemine denk gelmiş olan ani bir etkinin göstergesidir. Bunun dışında havzada tüm mevsimlerde ortalama bir dağılım göstermektedir.

Mangan

Mangan derişimleri 6. istasyon eylül ve 12. istasyon kasım aylarında III. kalite diğer mevsimlerde ortalama bir dağılım göstermektedir.

Sodyum

Sodyum derişimlerinin 10 nolu istasyonda eylül ayında yaptığı pik derişim numune alma dönemine denk gelen denizden ters giriş sonucu gerçekleşen ani bir etkinin sonucudur. Bunun dışında havza sodyum kalitesi açısından I. kalitedir.

Kurşun

Derişimi en düşük saptanan bir diğer parametrelerden biri de kurşundur. İstasyonlarda ölçülen en yüksek derişim 6 nolu istasyon eylül ayında 1,546 µg/L olarak ölçülmüştür. Pek çok istasyonda saptanabilir limitlerin altında kalmıştır.

Bakır

Havzada 9 nolu istasyon eylül ayında bakır derişiminin su kalitesi açısından II. kalite olduğu diğer tüm istasyon ve mevsimlerde bakır parametresi açısından I. sınıf su kalitesindedir.

Krom

Analiz sonuçlarına bakıldığında krom derişimleri 6. istasyon eylül ayında yüksek olarak görülmüştür. Diğer istasyonlarda krom tespit edilememiştir.

Kobalt

Analiz sonuçlarına bakıldığında kobalt derişimleri 6. istasyon eylül ayında yüksek olduğu görülmüştür. 1, 3, 4 ve 5. istasyonlarda hiçbir ayda kobalt tespit edilememiştir. Genel olarak tespit edilen kobalt miktarı eser düzeydedir.

Nikel

Analiz sonuçlarına bakıldığında genel olarak nikel değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. 8. istasyon eylül ayında nikel içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu ayda yerleşim yeri bölgesinden nikel içerikli bileşiklerin deşarjı diğer aylara göre daha fazla olduğu düşünölmektedir. 3 ve 5. istasyonlarda temmuz ve eylül aylarında nikel tespit edilememiştir.

Çinko

Analiz sonuçlarına bakıldığında genel olarak çinko değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. 11. istasyon temmuz ayında çinko içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu ayda dereye çinko içerikli bileşiklerin deşarj olduğu tahmin edilmektedir.

Selenyum

Havza selenyum parametresi bakımından I. sınıf su kalitesine sahiptir.

Sülfat

Havzada en yüksek ortalama sülfat derişimi 6. istasyonda 139,16 mg/L olarak ölçülmüştür. Bunun dışındaki tüm istasyon ve mevsimlerde ortalama bir dağılım vardır ve su kalitesi açısından I. sınıftır.

Nitrat Azotu

Havzada yer alan istasyonlardan 8 nolu istasyonda nitrit azotu derişimi 8 nolu istasyonda temmuz ayında II. kalite diğer tüm istasyon ve mevsimlerde I. kalite olduğu görülmektedir. 8 nolu istasyondaki pik değerin yürütülen tarımsal faaliyetlere bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Nitrit Azotu

Havzada ölçülen en düşük derişimli parametrelerden birisi de nitrit azotu olup havza nitrit azotu açısından I. sınıf su kalitesindedir.

Klorür

Klorür derişiminde 10 nolu istasyon eylül ayında pik derişim yapmıştır sebebi ise numune alma dönemine denk gelen denizden ters giriş etkisidir. Su kalitesi açısından IV. kalitedir. Diğer aylarda 10 nolu istasyon II. sınıf su kalitesindedir. Bunun dışında havzada tüm mevsimlerde ortalama bir dağılım görülmekte olup su kalitesi bakımından I. sınıf su kalitesindedir.

Amonyum Azotu

Havzada ölçülen en yüksek amonyum azotu derişimleri 10 nolu istasyon eylül ve kasım ayları ve 11. istasyon Temmuz ayı olup su kalitesi açısından II. kalitedir. Diğer istasyon ve mevsimlerde amonyum azotu parametresi bakımından I. sınıf su kalitesine sahiptir.

Toplam Fosfor

Havzada ölçülen en yüksek toplam fosfor sonucu 8. istasyon Temmuz ayı 2203,17 µg/L, Eylül ayı 1674,2 µg/L olup su kalitesi açısından IV. kalitedir. Bu değerlerin numune alma dönemine denk gelen ani bir deşarj sonucundan kaynaklandığı düşünülmektedir. 1, 3, 4, 5, 7 ve 12. istasyonlarda tespit edilememiştir. Bunun dışında kalan istasyon ve mevsimlerde ortalama değerler mevcuttur.

Sediment kirliliği öncelikle sucul yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. Sedimentin yapısında biriken ağır metaller sucul yaşamın kalitesinde değişimlere yol açar. Biyoakümülyasyon ile birlikte bu kirlilik zincirin üst halkalarına kadar uzanır. Havzada derişimi artması muhtemel gözükken bazı ağır metal parametrelerinin sedimentlerde yüksek oranlarda saptanması, havzanın kayaç yapısı ve toprak tipiyle alakalı olduğu gözükmektedir.

Ülkemizde sediment kalitesi izlemeyle alakalı yönetmelik yoktur. Bu yüzden Kanada Sediment Kalite Yönergesine göre karşılaştırma yapılmıştır [67]. Sarısu Çayı Havzası'ndan alınan sediment örneklerinde ölçülen demir derişimleri 2, 6, 9, 10, 11 ve 12. istasyon temmuz ve eylül ayları, 1, 4 ve 13. istasyon temmuz ayı demir derişimleri en düşük etki seviyesi (%2) üzerindedir. 1 ve 13. istasyon eylül ayları kuvvetli etki seviyesi (%4) üzerindedir. Bu durum havzadaki olası bir demir kirliliğini göstermektedir.

Sediment numunelerinde ölçülen mangan derişimleri 1. istasyon temmuz ve eylül ayı, 2. istasyon eylül ayı ve 12. istasyon eylül ayı mangan derişimleri kuvvetli etki seviyesinin (1100 mg/kg) çok üzerindedir. Diğer istasyonlarda derişim düşüktür.

Sonuç olarak; Kocaeli iline bağlı Sarısu Çayı havzası tarımsal faaliyetler ve hayvancılık amacıyla yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Tarım ile daha çok uğraşılan yerlerde organik yük ve azot formları pik yapmıştır. Hayvancılığın özellikle manda yetiştiriciliğinin yoğun olduğu Doğançay üzerinde ise Al, Fe, Mn kirliliği görülmektedir. Ayrıca Kandıra yerleşim yeri içerisinde zaman zaman azot ve fosfor kaynaklı bileşiklerin deşarjı olduğu düşünölmektedir. Sedimentte yapılan analizlerde ise havzanın kahverengi toprak yapısına bağlı olarak Fe ve Mn sonuçları yüksek çıkmıştır.

Çalışmanın neticesine bağlı olarak yapılacak öneriler; havzada tarımsal faaliyetlerde gübre ve ilaç kullanımı daha bilinçli olmalıdır. Doğançay üzerindeki hayvan hareketliliği kontrol altına alınmalıdır. Manda yetiştiriciliği tekrar değerlendirilmelidir. Kandıra yerleşim yeri içerisinde Çevre Bakanlığı, Belediye ve yerel yetkili kuruluşlar denetimlerini arttırmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Kiracı A., (2014), “Azap Gölü’nün Sedimentlerindeki ve Sularındaki Ağır Metal Miktarlarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi.
- [2] Toprak M., (2017), “Sarısu Havzası’nın Doğal Ortam Koşullarının Arazi Kullanımına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi.
- [3] Halaçoğlu Y., (2009), “Anadolu’da aşiretler, cemaatler, oymaklar (1453-1650)” (C.1-6) Türk Tarih Kurumu Yayınları.
- [4] Çetin A., (2008), “Kandıra temettüat defterleri (1844-1845)”, Kocaeli Valiliği İl Özel İdaresi Yayını.
- [5] Solak M., Doğan M., (2000), “Suyun özellikleri ve suyun kirliliği”, Su kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları, 1-155.
- [6] Akın M., Akın G., (2007), “Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği”, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47(2):105-118.
- [7] Güler Ç., Çobanoğlu Z., (1994), “Su Kalitesi”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, Ankara, 12-30.
- [8] Akbal F., (2015), “Su Kaynakları”, İçme Suyu Kalitesi problemleri ve Çözümleri, Nobel Akademik ve Yayıncılık, 77-114.
- [9] Van Wijk., F. S., De La Haye M. A. A., Hehenkamp, M. J., Velde, I. A., De Bruin E. F.L.M. and Schelleman F. J. M., (2003), “Su Çerçeve Yönergesi’nin Türkiye’de Uygulanması”, Project Number: 105774, GronmijAdvies-Techniekbv, Vestiging Utrecht Houten, 32.
- [10] WDF, (2000), Water Framework Directive.
- [11] Atalık A., (2006), “Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri”, Bilim ve Ütopya Dergisi, 139(1), 18-21.
- [12] Dağlı H., (2005), “İçme suyu kalitesi ve insan sağlığına etkileri”, İller Bankası Aylık Yayın Organı, 3(1), 16-21.
- [13] Haviland E., William A., (2002), “Kültürel Antropoloji”, 143 (3), Sosyoloji Serisi, Kaktüs Yayınları, İstanbul.
- [14] Kurt A., (2012), “Doğancı Baraj Gölü Su Kalitesinin TBA Yardımıyla Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi.
- [15] Lulucf G., (2006), “Land Use Change And Forestry”, İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu Raporu, Ankara, 15.

[16] Anonim, (2006), “Uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri”, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.

[17] Web 1, (2021), <https://cevreonline.com/su/> (Erişim Tarihi: 01/01/2021)

[18] Web 2, (2020), https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27deki_barajlar_listesi (Erişim Tarihi: 08/04/2020).

[19] Anonim, (2011), “T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Durum Raporu”, Yayın No:11, Altan Matbaacılık, Ankara.

[20] Anonim, (2014), “Orman ve Su İşleri Bakanlığı Ulusal Havza Yönetim Stratejisi” (2014-2023).

[21] ResGaz 1, (2004), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.

[22] Web 2, (2015), <http://www.forumdas.com/konu/suyun-kirlenme-nedenleri.180067>. (Erişim Tarihi: 13/02/2015).

[23] Cirik S., Cirik Ş., (2012), “Limnoloji”, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

[24] Göksu, M. Z. L., (2015), “Su Kirliliği”, Akademisyen Kitabevi, Ankara.

[25] EPA, (2001), “Parameters of Water Quality Interpretation and Standards Published by the Environmental Protection Agency”, Ireland.

[26] Chin D. A., (2006), “Water-Quality Engineering in Natural Systems”, Published by John Wiley&Sons, Inc.,Hoboken, New Jersey. Published Simultaneously in Canada.

[27] Chapman D.,Kimstach V., (1996), “Selection of Water Quality Variables”. In: Water Quality Assessments: A Guide to Use Biota, Sediments and Water Environmental Monitoring (Chapman, D. V.,Ed), 74-133, Second Edition. UNESCO, WHO, and UNEP. E&FN Spon, London UK.

[28] Güven G., (2004), “Büyük Menderes Nehri, Aydın Yöresindeki Sularda Bazı Kirleticilerin Düzeylerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi.

[29] Edzwald J.K., (2011), “Water Quality and Treatment: A Handbook on Drinking Water”, Sixth Edition, American Water Works Association, American Society of Civil Engineers, McGraw-Hill.

[30] Vergili İ., (2013), “Sülfat”. In: Çevre Mühendisliği ve Bilimi için Kimya (Toröz, İ., Ed.), 670-676, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

[31] Yalçın H., Gürü M., (2010), “Su Teknolojisi”, Palme Yayıncılık, Ankara.

- [32] Tanaka A., (2004), "Toxicity of indium arsenide, gallium arsenide, and aluminium gallium arsenide, Toxicology and applied pharmacology". 198:405-411.
- [33] WHO, (2011), "Guidelines for drinking water quality", 4th Edition, World Health Organization, Geneva.
- [34] Bast-Pattersen R., Drablos P. A., Goffeng L. O., Thomassen Y., Torres C. G., (1994), "Neuropsychological deficit among elderly workers in aluminium production", Am. J. Ind. Med. 25: 649-62.
- [35] Okumuş E., (2007), "Küçükçekmece Gölü Sedimentinde Ağır Metal (Zn^{+3} , Fe^{+2} , Cu^{+2}) Adsorpsiyonu", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [36] Akbal F., (2015), "Metaller". In: İçme Suyu Kalitesi problemleri ve Çözümleri (Işık, M., Çeviri Ed.), 191-202, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- [37] Web 3, (2013), <https://tr.wikipedia.org/wiki/Azot> (Erişim tarihi: 28/09/2013).
- [38] Yılmaz G., "Büyük Melen Nehrinin Kirlilik Durumunun Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- [39] Adriano, D.C., (1986), "Trace Elements In The Terrestrial Environment", New York, Ny: Springer New York.
- [40] Doğan, G., Sabah, E. ve Erkal, T., (2005), "Borun çevresel etkileri üzerine Türkiye'de yapılan bilimsel araştırmalar", Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi IMCET, İzmir.
- [41] Kim, K.W., Kim, S. O., (2001), "Monitoring of electrokinetic removal of heavy metals in tailing-soils using sequential extraction analysis", Journal Of Hazardous Materials, C. 85, 195-211.
- [42] Akgiray, Ö., (2003), "İçme Suyu ve Su Arıtımı, Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları", (Ed: Şen, Z. ve Sırdaş, S.), 22 Mart Dünya Su Günü Paneli, Bildiriler, İstanbul, 62-75.
- [43] Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J. A., Finkelman, R. B., Fuge, R., Lindh, U. ve Smedley, P., (2005), "Medical Geology", Elsevier, 7, 115-594.
- [44] Kaçaroğlu, F., (1991), "Eskişehir Ovası Yeraltı Suyu Kirliliği İncelemesi", Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- [45] Uğurluoğlu, A., (2013), "Seydisuyu Havzası Yeraltı Su Kalitesinin ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.
- [46] Roberts S., Gunn G., (2014), "Cobalt", Critical Metal Handbook. 122-149.
- [47] Grandjean, P., (1984), "Human exposure to nickel", IARC Sci. Publ. 53: 469.

- [48] Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M.C and Egwurugwu, J. N., (2007), “Heavy metal pollution and human biotoxic effects”, International Journal of Physical Sciences, 2:112-118.
- [49] Şengül, F., Müezzinoğlu, A., (1997), “Çevre Kimyası”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- [50] Anonymous, (1996), “Ammonia in Drinking-water, Guidelines for drinking-water quality”, 2nd edition., World Health Organization, Geneva.
- [51] Web 4, (2020), <https://dishekimligi.istanbul.edu.tr/tr/haber/florur-uygulamalari-hakkinda-bilinmesi-gerekenler> (Erişim Tarihi: 03/03/2020).
- [52] Gündüz T., (1998), “Çevre Sorunları”, Gazi Kitabevi, Ankara.
- [53] Web 5, (2008), http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/mikro/bolum_03.pdf. (Erişim Tarihi: 12/01/2008).
- [54] Manav R., (2014), “Bafa Gölü'nde (Milas-Muğla) Bazı Ağır Metallerin ve Doğal Radyonüklidlerin Askıdaki Katı Madde ve Sediment Örneklerinde Araştırılması”, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi.
- [55] Tayab M. R., (1991), “Environmental impact of Heavy Metal Pollution In Natural Aquatic Systems”, Doktora Tezi, The University of West London.
- [56] Price N. B., Skei J. M., (1975), “Areal and seasonal variations in the chemistry of suspended particulate matter in a deep water flord”, Estuarine and Coastal Marine Science, 3: 349-369.
- [57] Price N. B., (1976), “Chemical diagenesis in sediments”. Chemical Oceanography, 6: 1-58.
- [58] Luoma S. N., Bryan G. W., (1978), “Factors controlling the availability of sediment-bound lead to the estuarine bivalve *Scrobicularina plana*”. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 58: 793-802.
- [59] Ryding S. O., Forsberg C., (1977), “Sediments as a nutrient source in shallow polluted lakes”. In Interactions Between Sediments and FreshWater; Proceedings of an International Symposium.
- [60] Baldwin D.S., Howitt A. J., (2007), “Baseline assessment of metals and hydrocarbons in the sediments of Lake Mulwala”, Lakes and Reservoirs: Research and Management, 12:167-174.
- [61] Singh M., Ansari A. A., Muller G., Singh I. B., (1997), “Heavy metals in freshly Deposited sediments of Gomti River (a tributary of the Ganga River)”, Effects of human activities, 29: 246-252.

[63] McCready S., Birch G. F., Long E. R., (2006), "Metallic and organic contaminants in sediments of Sydney Harbour, Australia and vicinity-A chemical dataset for evaluating sediment quality guidelines". *Environment International*, 32: 455-465.

[64] Chapman D., Chapman D. E., (1996), "Water quality assessments", A guide to the use of biota, sediments and water in environmental Monitoring, 2nd Edition, Chapman and Hall, London.

[65] Lamberson J. O., Dewitt T. H., Swartz R. C., (1992), "Assessment of sediment toxicity to marine benthos". In: Buron, G. S. (Ed): "Sediment toxicity Assessment", Lewis Pub, Boca raton, FL. 183-211.

[66] Shuhaimi M. O., (2008), "Metal concentration in the sediments of Richard Lake, Sudbury, Canada and sediment toxicity in an Ampipod *Hyalella azteca*". *J. Environmental Science Technology*, 1: 34-41.

[67] Chukwujindu M. A., Godwin E. N., Francis O. A., (2007), "Assessment of contamination by heavy metals in sediments of Ase-River", Niger Delta, Nigeria. *Reasearch Journal of Environmental Science*, 1:220-228.

ÖZGEÇMİŞ

Soner AKGÜN, 2006 yılında başladığı İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünü 2013 yılında tamamlayarak yüksek lisans eğitimine 2018 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. 2016 yılından bu yana Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İSU Merkez Laboratuvarında Su Laboratuvar Sorumlusu olarak çalışmaktadır.



TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN YAYINLAR

Akgün S., (2022), “Sarısu Çayı (Kocaeli) ve Havzasında Su ve Sediment Kirliliğinin Mevsimsel İzlenmesi”, International Marmara Sciences Congress, 627, 223-229.

