

**GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**PAZARSUYU DERESİ (BULANCAK-GİRESUN) SU VE SEDİMENT
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

FİKRET USTAOĞLU

HAZİRAN 2017

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün Onayı.

Prof.Dr. Başak TAŞELİ

Müdür

... /... /...

Bu tezin Doktora Tezi olarak Biyoloji Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan AKYURT

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve doktora tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. A.Yalçın TEPE

Danışman

Jüri Üyeleri

1. Prof. Dr. A.Yalçın TEPE
2. Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN
3. Prof. Dr. Derya BOSTANCI
4. Doç. Dr. Beyhan TAŞ
5. Doç. Dr. Hakan BEKTAŞ

ÖZET

PAZARSUYU DERESİ (BULANCAK-GİRESUN) SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

USTAOĞLU, Fikret

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. A.Yalçın TEPE

Haziran 2017, 131 Sayfa

Giresun ili Bulancak ilçesinin batısından Karadeniz'e dökülen Pazarsuyu Deresi; 80 km uzunluğa, 874 km² su toplama havzasına, 674 hm³ yıllık akış miktarı ve 21,4 m³/sn ortalama debiye sahip olup bölgenin önemli akarsularındandır. Özellikle Bulancak ve Piraziz ilçelerinin içme ve kullanma suyu havzasını oluşturması sebebiyle su ve sediment kalitesi çalışmaları ile alınacak önlemler bölgede bulunan ekosistemlerin korunması açısından önemlidir. Evsel, tarımsal atıklar ile HES inşaatlarının, taş ve çakıl ocaklarının baskısına maruz kalan Pazarsuyu Deresi'nin su ve sediment kalitesini belirlemek için yapılan bu çalışma, Haziran 2014 ile Mayıs 2015 tarihleri arasında yürütülmüştür.

Akarsuyun su kalitesini belirlemek için dört istasyondan aylık olarak alınan örneklerin yıllık ortalama değerleri aşağıdaki gibi bulunmuştur: Sıcaklık;10,93°C, pH; 7,98, oksijen doygunluğu; %95,66, çözülmüş oksijen;10,30 mg/L, elektriksel iletkenlik; 65,53 µScm⁻¹, spesifik elektriksel iletkenlik; 87,02 µScm⁻¹, tuzluluk; 0,03 ppt, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli; -61,02 mV, toplam çözülmüş madde; 54,80 mg/L, Toplam Alkalinite; 30,17 mg/L CaCO₃, Toplam Sertlik; 40,52 mg/L CaCO₃, Toplam Fosfor; 0,11 mg/L, Çözünebilir Reaktif Fosfor; 0,02 mg/L, Toplam Amonyak Nitrojeni; 0,31 mg/L, Askıda Katı Madde; 31,67 mg/L, Biyolojik Oksijen İhtiyacı; 1,24 mg/L Klorofil_a; 3,74 µg/L, Si; 4,49 mg/L, Cl₂; 42,35 µg/L, NO₂⁻-N; 0,04 mg/L, NO₃⁻-N; 1,17 mg/L, SO₃⁻²; 2,29 mg/L, SO₄⁻²; 8,30 mg/L, anyonik sürfaktan; 0,12 mg/L, fenol; 0,21 mg/L, kimyasal oksijen ihtiyacı;7,07 mg/L, amonyum Azotu; 0,28

mg/L, amonyak azotu, 0,03 mg/L, toplam koliform; 2,63 log₁₀ kob/ml, fekal koliform;1,86 log₁₀ kob/ml ve *E. coli*; 1,63±0,78 log₁₀ kob/ml.

ICP-MS cihazında sedimentte mevsimsel olarak ölçülen ağır metal miktarları ppm cinsinden; Cr:10,64, Mn:155, Fe:8312, Co:5,73, Cu:17,79, Zn:32,74, Cd:0,16, Pb:19,69 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sediment pH'sı ve organik madde miktarları aylık olarak sırasıyla %6,64 ve %5,02 olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi ANOVA Tukey, Pearson Korelasyon, Kümeleme ve Faktör analizleriyle istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ulusal ve uluslararası mevzuatlarda yer alan limit değerlerle karşılaştırılmıştır.

Buna göre Pazarsuyu Deresi; Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre TP, anyonik sürfaktan, amonyum azotu, nitrit azotu, toplam koliform ve fekal koliform bakımından II. sınıf, serbest klor, ve fenol açısından ise III. sınıf, diğer parametreler bakımından ise I. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. İlaveten sedimentte tespit edilen ağır metal seviyelerinin sucul yaşam için tehlike oluşturacak boyutta olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Giresun, Pazarsuyu Deresi, Su Kalitesi, Sediment Kalitesi, Ağır Metal Seviyesi, Mikrobiyal Kirlilik

ABSTRACT

DETERMINATION OF WATER QUALITY AND POLLUTION LEVEL OF PAZARSUYU STREAM (BULANCAK, GİRESUN)

USTAOĞLU, Fikret

University of Giresun

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, Ph.D Thesis

Supervisor: Prof. Dr. A. Yalçın TEPE

June 2017, 131 pages

Pazarsuyu Stream, flow into sea from Bulancak- Giresun in East Black Sea region, is an important river of the region with its 80 km length, 872 km² watershed, 674 hm³ annual flow volume, and average flow rate of 21,4 m³/sec. Studies on its water and sediment quality are important for preserving the ecosystem in the region as being the drinking and usage water source for especially Bulancak and Piraziz District. Aiming to determine the water and sediment quality of Pazarsuyu Stream, facing the pressure of HES construction, stone and gravel mines, the present study was carried out between June 2014 and May 2015.

The average values of the water samples which are collected from four stations monthly to determine water quality are as follows: Temperature; 10,93°C, pH;7,98, oxygen saturation; 95,66, dissolved oxygen;10,30 mg/L, electrical conductivity; 65,53 μScm^{-1} , specific electrical conductivity; 87,02 μScm^{-1} , salinity;0,03 ppt, oxidation reduction potential;-61,02 mV, total dissolved solids; 54,80 mg/L, total alkalinity; 30,17 mg/L CaCO₃, total hardness; 40,52 mg/L CaCO₃, total phosphate; 0,11 mg/L, soluble reactive phosphorus; 0,02 mg/L, total ammonia nitrogen; 0,31 mg/L, total suspended solids; 31,67 mg/L, biological oxygen demand;1,24 mg/L, chlorophyll-a; 3,74 $\mu\text{g/L}$, Si; 4,49 mg/L, Cl₂; 42,35 $\mu\text{g/L}$, NO₂⁻-N; 0,04 mg/L, NO₃⁻-N; 1,17 mg/L, SO₃⁻²; 2,29 mg/L, SO₄⁻²; 8,30 mg/L, surfactant (anionic);0,12 mg/L, phenol; 0,21 mg/L, chemical oxygen demand;7,07 mg/L, NH₄-N; 0,28 mg/L, NH₃-N; 0,03 mg/L, total coliform; 2,63 log₁₀ cfu/ml, fekal coliform;1,86 log₁₀ cfu/ml and E. coli; 1,63 log₁₀ cfu/ml.

Heavy metal levels measured as ppm from sediment samples seasonally by ICP-MS. The average annual levels were found as follow; Cr:10,64, Mn:155, Fe:8312, Co:5,73, Cu:17,79, Zn:32,74, Cd:0,16, Pb:19,69. Additionally, sediment pH and organic matter contents amount were 6, 64 and 5,02 %, respectively. SPSS statistical program was used to evaluate obtained data. Obtained data were evaluated statistically by One Way ANOVA Tukey, Pearson Corelation, cluster and factor analyses and comparison has been made with national and international reference limit values.

According to these comparison Turkish Surface Water Quality Regulation Pazarsuyu Stream is determined to be in class II. for its TP, anionic surfactant, amonnum nitrogen, nitrite nitrogen, total coliform and fecal coliform, in class III. for its free chlorine, and phenol, in class I. for the rest of the parameters. Additionally, sediment's heavy metal levels are not determined to be at dangerous level for aquatic life.

Key words: Giresun, Pazarsuyu Stream, Water Quality, Sediment Quality, Heavy Metal Levels, Microbial Pollution

TEŐEKKÖR

Tez çalıőmamın tÖm aşamalarında her tÖrlÖ bilimsel desteği sağlayan değerli hocam Prof. Dr. A. Yalçın TEPE'ye, bilgi birikimleri ve gÖrÖőleriyle katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Mustafa TÖRKMEN ve Doç. Dr. Beyhan TAŞ'a, arazi ve laboratuvar çalışmalarında daima yanımnda olan Handan AYDIN ve Abuzer AKBAŞ'a, mikrobiyal analizlerin yapılmasında gÖrÖőlerinden faydalandığım Dr. Ahmet KATI ve Giresun Gıda Kontrol mÖdÖrlÖğÖ personellerinden Canan TÖRKER, Hatice KARADENİZ ile Dr. Orkun BABACAN'a, istatistik analizlerdeki katkıları için Doç. Dr. Aykut Emre BOZDOğAN ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa Serkan ABDÖSSELAM'a, ayrıca tez çalıőmam sırasında manevi yardımlarını esirgemeyen Eőim Zehra USTAOğLU' ile oğullarım Alperen ve Bahadır'a teőekkÖr ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER DİZİNİ.....	XIV
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVI
1. GİRİŞ	1
1.1. Su ve Özellikleri.....	2
1.2. Yüzeysel Su.....	2
1.2.1. Akarsu Bilimi (Potamoloji).....	3
1.3. Su Kirliliği.....	3
1.4. Ülkemizdeki Su Kaynakları	5
1.4.1. Ülkemizdeki Akarsu Havzaları	5
1.4.2. Doğu Karadeniz Havzası.....	7
1.5. Fiziko-Kimyasal Parametreler	9
1.5.1. Sıcaklık.....	9
1.5.2. pH.....	9
1.5.3. Çözünmüş Oksijen (ÇO).....	10
1.5.4. Elektriksel İletkenlik (Eİ) ve Spesifik Elektriksel İletkenlik (SEİ)	10
1.5.5. Tuzluluk (Salinite)	11
1.5.6. Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP).....	12
1.5.7. Toplam Çözünmüş Madde (TDS).....	12
1.5.8. Toplam Alkalinite (TA)	13
1.5.9. Toplam Sertlik (TH).....	13
1.5.10. Toplam Fosfor (TP) ve Çözünebilir Reaktif Fosfor (SRP).....	14
1.5.11. Toplam Amonyak Nitrojeni (TAN)	15
1.5.12. Nitrat Azotu (NO ₃ ⁻ -N) ve Nitrit Azotu (NO ₂ ⁻ -N)	17
1.5.13. Sülfat (SO ₄ ⁻²)	18
1.5.14. Sülfid (SO ₃ ⁻²)	18
1.5.15. Silisyum (Si)	19

1.5.16. Serbest Klor (Klorin - Cl ₂)	19
1.5.17. Anyonik Sürfaktan (AS)	19
1.5.18. Fenol.....	20
1.5.19. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	20
1.5.20. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	21
1.5.21. Askıda Katı Madde (AKM)	21
1.5.22. Klorofil-a.....	21
1.6. Sularda Mikrobiyal Kirlilik.....	22
1.6.1. Koliform Bakteriler	23
1.6.2. Toplam Koliform (TC).....	23
1.6.3. Termotolerant (fekal) koliform (CC)	24
1.6.4. <i>Escherichia coli</i> (EC).....	24
1.7. Sediment Ağır Metal Varlığı.....	25
1.7.1. Kadmiyum (Cd)	26
1.7.2. Kobalt (Co)	27
1.7.3. Krom (Cr).....	27
1.7.4. Bakır (Cu)	27
1.7.5. Demir (Fe).....	28
1.7.6. Mangan (Mn)	28
1.7.7. Kurşun (Pb).....	29
1.7.8. Çinko (Zn).....	29
2. MATERYAL-METOT	30
2.1. Saha Çalışması	30
2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	33
2.3. İstatistiksel Hesaplamalar	36
2.3.1. Kümeleme Analizi	36
2.3.2. Faktör Analizi.....	37
2.3.3. Korelasyon Analizi	37
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	38
3.1. Akarsuyun Fiziko-kimyasal Parametreleri.....	38
3.1.1. Su Sıcaklığı	39
3.1.2. pH.....	39
3.1.3. Oksijen Doygunluğu (%)	40
3.1.4. Çözünmüş Oksijen (ÇO).....	41

3.1.5. Elektriksel İletkenlik (Eİ).....	41
3.1.6. Spesifik Elektriksel İletkenlik(SEİ)	42
3.1.7. Tuzluluk	43
3.1.8. Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli (ORP)	44
3.1.9. Toplam Çözünmüş Madde (TDS).....	44
3.1.10. Toplam Alkalinite (TA)	45
3.1.11. Toplam Sertlik (TH).....	46
3.1.12. Toplam Fosfor (TP)	46
3.1.13. Çözünebilir Reaktif Fosfor (SRP).....	47
3.1.14. Toplam Amonyak Azotu (TAN).....	48
3.1.15. Amonyum Azotu (NH ₄ -N) ve Amonyak Azotu (NH ₃ -N).....	48
3.1.16. Askıda Katı Madde (AKM)	49
3.1.17. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	50
3.1.18. Klorofil-a.....	51
3.1.19. Silisyum (Si)	51
3.1.20. Serbest Klor (Cl ₂).....	52
3.1.21. Nitrit Azotu (NO ₂ ⁻ -N).....	53
3.1.22. Nitrat Azotu (NO ₃ ⁻ -N).....	53
3.1.23. Sülfid (SO ₃ ⁻²)	54
3.1.24. Sülfat (SO ₄ ⁻²).....	55
3.1.25. Anyonik Sürfaktan	55
3.1.26. Fenol.....	56
3.1.27. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	57
3.2. Akarsuyun Bakteriyolojik Parametreleri.....	57
3.2.1. Toplam koliform	58
3.2.2. Fekal Koliform.....	58
3.2.3. <i>Escherichia coli</i> (E. coli).....	59
3.3. Akarsuyun Sediment Kalite Parametreleri.....	60
3.3.1. Sediment pH.....	60
3.3.2. % Yanabilir Organik Madde	61
3.3.3. Krom(Cr).....	62
3.3.4. Mangan (Mn)	62
3.3.5. Demir (Fe).....	63
3.3.6. Kobalt (Co)	64

3.3.7. Bakır (Cu)	64
3.3.8. Çinko (Zn).....	65
3.3.9. Kadmiyum (Cd)	66
3.3.10. Kurşun (Pb)	66
3.4. İstatistik Analizler	67
3.4.1. Fiziko-kimyasal parametrelerinin kümeleme analizi	67
3.4.2. Sedimentteki ağır metal miktarına göre kümeleme analizi.....	68
3.4.3. Sudaki bakteriyolojik parametrelere göre kümeleme analizi.....	68
3.4.4. Fiziko-kimyasal parametrelerin faktör analizi	69
3.4.5. Sedimentteki ağır metallerin faktör analizi	71
3.4.6. Fiziko-kimyasal parametrelerin korelasyon analizi	74
3.4.7. Sedimentteki ağır metallerin korelasyon analizi	74
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	75
4.1. Suda Tespit Edilen Fizikokimyasal Parametreler	75
4.2. Suda Tespit Edilen Mikrobiyal Parametreler	101
4.3. Sediment Kalite Parametreleri	103
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	131

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1 Kirlilik durumuna göre akarsu sınıfları	4
Tablo 1.2 Akarsu havzalarının karakteristik değerleri (16)	7
Tablo 1.3 Doğu Karadeniz Havzasındaki baskı unsurlarının türü ve etkisi.....	8
Tablo 1.4 İletkenliğe dayalı olarak suyun içilebilirliğinin sınıflandırılması.....	11
Tablo 1.5 Sertliğe neden olan temel katyonlar ve bunlarla ilişkili anyonlar	14
Tablo 1.6 Sertlik derecesi karşılığı mg/L CaCO ₃ değerleri.....	14
Tablo 1.7 Sıcaklık ve pH'ya göre toplam iyonlaşmamış NH ₃ miktarı	16
Tablo 3.1 Pazarsuyu Deresi istasyonlarının fiziko-kimyasal parametreleri (Ort ± Standart sapma).....	38
Tablo 3.2 Mikroorganizma sayılarının aylara göre ortalama değişim değerleri. (Ort ± Standart sapma).	58
Tablo 3.3 Pazarsuyu Deresi istasyonlarında sediment kalite parametreleri (Ort ± Standart sapma).....	60
Tablo 3.4 Fiziko-kimyasal parametrelere göre istasyonlarının benzerlik yüzdeleri .	68
Tablo 3.5 Sediment ağır metal miktarına göre istasyonların benzerlik yüzdesi	68
Tablo 3.6 Mikrobiyal parametrelere göre istasyonların benzerlik yüzdeleri	69
Tablo 3.7 Pazarsuyu Deresi fiziko-kimyasal parametrelerin faktör analizi.....	70
Tablo 3.8 Fiziko- Kimyasal Parametrelerinin faktör analizi varyans tablosu.....	71
Tablo 3.9 Sedimentte bulunan ağır metal parametrelerin faktör analizi	72
Tablo 3.10 Sedimentin ağır metal faktör analizi varyans tablosu.....	72
Tablo 3.11 Pazarsuyu Deresi fiziko-kimyasal parametrelerinin korelasyon matrisi .	73
Tablo 3.12 Pazarsuyu Deresi sediment parametrelerinin korelasyon matrisi	74
Tablo 4.1 Sediment kalite kriterleri sınır değerleri	104
Tablo 4.2 Sediment kalite kriterleri ve açıklamaları	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Ülkemizdeki akarsu havzaları.....	6
Şekil 2.1 Giresun iline ait hava sıcaklığı ve yağış miktarı.....	31
Şekil 2.2 Pazarsuyu Deresi çalışma istasyonlarının genel görünüşü	32
Şekil 2.3 Pazarsuyu Deresi çalışma sahası ve istasyonları	32
Şekil 2.4 Mikrobiyal test kitleri ve Tempo reader cihazı.....	36
Şekil 3.1 İstasyonlara göre ortalama sıcaklık değerleri ve aylık değişimi.....	39
Şekil 3.2 İstasyonlara göre ortalama sıcaklık değerleri ve aylık değişimi.....	40
Şekil 3.3 İstasyonlara göre ortalama O ₂ doygunluğu değerleri ve aylık değişimi.....	40
Şekil 3.4 İstasyonlara göre ortalama çözünmüş O ₂ değerleri ve aylık değişimi.....	41
Şekil 3.5 İstasyonlara göre ortalama ei ve aylık değişimi	42
Şekil 3.6 İstasyonlara göre ortalama SEİ değerleri ve aylık değişimi	43
Şekil 3.7 İstasyonlara göre ortalama tuzluluk değerleri ve aylık değişimi	43
Şekil 3.8 İstasyonlara göre ortalama ORP değerleri ve aylık değişimi	44
Şekil 3.9 İstasyonlara göre ortalama TDS değerleri ve aylık değişimi.....	45
Şekil 3.11 İstasyonlara göre ortalama toplam sertlik değerleri ve aylık değişimi	46
Şekil 3.12 İstasyonlara göre ortalama toplam fosfor değerleri ve aylık değişimi	47
Şekil 3.13 İstasyonlara göre ortalama SRP değerleri ve aylık değişimi	47
Şekil 3.14 İstasyonlara göre ortalama TAN değerleri ve aylara göre değişimi	48
Şekil 3.15 İstasyonlara göre ortalama NH ₄ -N ve NH ₃ -N değeri ve aylık değişimi... ..	49
Şekil 3.16 İstasyonlara göre ortalama AKM değerleri ve aylık değişimi.....	50
Şekil 3.17 İstasyonlara göre ortalama (BOİ ₅) değerleri ve aylara göre değişimi	50
Şekil 3.18 İstasyonlara göre ortalama klorofil-a değerleri ve aylık değişimi	51
Şekil 3.19 İstasyonlara göre ortalama silisyum değerleri ve aylık değişimi.....	52
Şekil 3.20 İstasyonlara göre ortalama serbest klor değerleri ve aylık değişimi.....	52
Şekil 3.21 İstasyonlara göre ortalama nitrit azotu değerleri ve aylık değişimi.....	53
Şekil 3.22 İstasyonlara göre ortalama nitrat değerleri ve aylık değişimi.....	54
Şekil 3.23 İstasyonlara göre ortalama sülfid değerleri ve aylık değişimi	54
Şekil 3.24 İstasyonlara göre ortalama sülfat değerleri ve aylık değişimi	55
Şekil 3.25 İstasyonlara göre ortalama anyonik sürfaktan değeri ve aylık değişimi... ..	56
Şekil 3.26 İstasyonlara göre ortalama fenol değerleri ve aylık değişimi.....	56
Şekil 3.27 İstasyonlara göre ortalama KOİ değerleri ve aylık değişimi	57
Şekil 3.28 İstasyonlara göre ortalama toplam koliform değeri ve aylık değişimi	58
Şekil 3.29 İstasyonlara göre ortalama fekal koliform değerleri ve aylık değişimi	59

Şekil 3.30	İstasyonlara göre ortalama E. coli değerleri ve aylara göre değişimi.....	60
Şekil 3.31	İstasyonlara göre ortalama sediment pH değerleri ve aylık değişimi.....	61
Şekil 3.32	İstasyonlara göre sediment organik madde değeri ve aylık değişimi	61
Şekil 3.33	Sedimentteki Cr değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi.....	62
Şekil 3.34	Sedimentteki Mn değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi	63
Şekil 3.35	Sedimentteki Fe değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi.....	63
Şekil 3.36	Sedimentteki Co değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi	64
Şekil 3.37	Sedimentteki Cu değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi	65
Şekil 3.38	Sedimentteki Zn değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi	65
Şekil 3.39	Sedimentteki Cd değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi	66
Şekil 3.40	Pb değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi.....	67
Şekil 3.41	Fiziko-kimyasal parametrelere göre istasyonlarının benzerlik diyagramı	67
Şekil 3.42	Sedimentteki ağır metalin istasyonlara göre benzerlik diyagramı.....	68
Şekil 3.43	Mikrobiyal parametrelere göre istasyonlarının benzerlik diyagramı	69
Şekil 3.44	Pazarsuyu Deresi fiziko-kimyasal parametrelerinin çizgi eğim grafiği ...	70
Şekil 3.45	Sedimentte bulunan ağır metal parametrelerinin çizgi eğim grafiği	71
Şekil 4.1	Pazarsuyu Deresi sıcaklık verisi ve bazı sınır değerleri, (Su kalite sınıfları, EC-S/I: Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu; EC-C/I: Cyprinidler için aşılmaması zorunlu).....	76
Şekil 4.2	Pazarsuyu Deresi pH verileri ve bazı sınır değerleri, (Su kalite sınıfları, EC-S/I: Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu; EC-C/I: Cyprinid'ler için aşılmaması zorunlu).....	77
Şekil 4.3	Pazarsuyu Deresi ÇO verileri ve bazı sınır değerleri, (Su kalite sınıfları, EC-S/I: Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu; EC-C/I: Cyprinid'ler için aşılmaması zorunlu).....	78
Şekil 4.4	Pazarsuyu Deresi % O ₂ doygunluğu verileri ve su kalite sınıfları	79
Şekil 4.5	Pazarsuyu Deresi elektriksel iletkenlik verileri ve Su kalite sınıfları.....	81
Şekil 4.6	Pazarsuyu Deresi TDS verileri ve su kalite sınıfları.....	83
Şekil 4.7	Pazarsuyu Deresi toplam alkalinite sınıfları	84
Şekil 4.8	Pazarsuyu Deresi toplam sertlik sınıfları	85
Şekil 4.9	Pazarsuyu Deresi toplam fosfor verileri ve su kalite sınıfları	87
Şekil 4.10	Pazarsuyu Deresinde NH ₄ ⁺ -N ve NH ₃ -N için bazı sınır değerler. (EC-C/I: Cyprinid'ler, EC C/I: Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu)	89
Şekil 4.11	Pazarsuyu Deresi'nde NO ₃ ⁻ -N ve NO ₂ ⁻ -N için bazı sınır değerleri. (EC-C/G: Cyprinid'ler, EC S/G: Salmonid'ler için aşılmamalı).....	90
Şekil 4.12	Pazarsuyu Deresinde AKM için bazı sınır değerleri (EC S/G: Salmonid'ler, EC-C/G: Cyprinid'ler için aşılmamalı).....	91

Şekil 4.13 Pazarsuyu Deresi BOİ ₅ ve KOİ verileri ve bazı sınır değerleri, (Su kalite sınıfları, EC S/G: Salmonid'ler, EC-C/G: Cyprinid'ler için aşılmamalı)	93
Şekil 4.14 Pazarsuyu Deresi serbest klor verileri ve su kalite sınıfları.....	95
Şekil 4.15 Pazarsuyu Deresi sülfat verileri ve su kalite sınıfları	96
Şekil 4.16 Pazarsuyu Deresi anyonik sürfaktan verileri ve su kalite sınıfları	97
Şekil 4.17 Pazarsuyu Deresi istasyonlarının mikrobiyal su kalite sınıfları	102
Şekil 4.18 AB komisyonunun yüzeysel sularda bulunan <i>E. coli</i> miktarına göre kalite sınıfları.....	102
Şekil 4.19 Sedimentteki Cr ve Mn seviyeleri ve bazı sınır değerleri.....	105
Şekil 4.20 Sedimentteki Fe ve Co seviyeleri ve bazı sınır değerleri	106
Şekil 4.21 Sedimentteki Cu ve Zn seviyeleri ve bazı sınır değerleri.....	107
Şekil 4.22 Sedimentteki Cd ve Pb seviyeleri ve bazı sınır değerleri	108

SİMGELER DİZİNİ

Å	Angström
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
µg/L	Mikrogram/litre
µL	Mikrolitre
µm	Mikromilimetre
µS/cm	Mikrosimens/santimetre
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Cu	Bakır
Cl ⁻	Klorür
CO ₃	Karbonat
Fe	Demir
g	Gram
g/cm ³	Gram/santimetreküp
H	Hidrojen
Hg	Cıva
hm ³	Hektometreküp
HCl	Hidroklorik Asit
HCO ₃	Bikarbonat
HNO ₃	Nitrik Asit
K	Potasyum
K ₂ Cr ₂ O ₂	Potasyum dikromat
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
nm	Nanometre
m	Metre
m ³ /sn	Metreküp
mg	Magnezyum
mg/L	Miligram/Litre

mL	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Na	Sodyum
N ₂	Azot gazı
NH ₃	Amonyak
NH ₃ -N	Amonyak azotu
NH ₄	Amonyum
NH ₄ -N	Amonyum azotu
NO ₂	Nitrit
NO ₂ -N	Nitrit azotu
NO ₃	Nitrat
NO ₃ -N	Nitrat azotu
OH ⁻	Hidroksit
Pb	Kurşun
ppm	Part per million (milyonda bir)
ppt	Part per thousand (binde bir)
SO ₄	Sülfat
SO ₃	Sülfit
Zn	Çinko

KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	Askıda katı madde
AS	Anyonik sürfaktan
BOİ ₅	Biyolojik oksijen ihtiyacı
CC	Termotolerant (fekal) Koliform
ÇO	Çözünmüş oksijen
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	European Community
Eİ	Elektriksel iletkenlik
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Food and Agriculture Organization
HES	Hidro elektrik sanralı
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
ORP	Oksidasyon redüksiyon potansiyeli
SEİ	Spesifik elektriksel iletkenlik
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SRP	Çözünebilir Reaktif Fosfor
TA	Toplam alkalinite
TC	Total koliform
TH	Toplam sertlik
TAN	Toplam amonyak azotu
TDS	Toplam çözünmüş madde
TP	Toplam fosfor
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UHYS	Ulusal Havza Yönetim Stratejisi
YSKY	Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

İnsanlar, ilk çağlardan beri hayatlarını sürdürebilmek için yerleşim bölgelerini, özellikle ırmak ve nehir gibi akarsu kenarlarına kurmuşlardır. Böylece suyun içme, tarım ve ulaşımda sağladığı faydalara ilaveten ticaret faaliyetlerini de geliştirmişlerdir. Suyun birçok faydası olduğu gibi, zararlı olduğu durumlar da vardır. Örneğin kirlendiğinde hastalıkların yayılmasına, taşkınlarla çeşitli can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir. Geçmişte akarsulardan elde edilen suları süzerek içen ve ev ihtiyaçlarında kullanan insanoğlu, nüfusun ve çevre kirliliğinin artması ile suyu insana yararlı hale getirebilmek için birtakım yöntemleri geliştirmeye başlamıştır.

Sanayi devriminin gelişerek bütün dünyaya yayılması ile suya olan talep her geçen gün daha da artmıştır. Çünkü içme ve tarımda kullanılan suya ilave olarak, bir de sanayide çok miktarda suya ihtiyaç duyulunca, barajlar gibi büyük su haznelerinin yapılmasına başlanmıştır. Sanayi devriminin ilk yıllarında suların kontrolsüz bir şekilde kullanılması zamanla su kaynaklarının kirlenmesine ve kullanılamaz hale gelmesine neden olmuştur. Çağımızda kullanılabilir su kaynaklarına evsel, endüstriyel ve tarımsal kirleticilerin ulaşması sonucu, suların özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu neden içme suyu amacıyla kullanımları giderek sınırlamakta, ayrıca suların arıtılması için de büyük masraflar yapılmaktadır (1, 2).

Dünyanın 3/4'ü sularla kaplı olup toplam su miktarı 1 milyar 400 milyon km³ olmasına rağmen bu miktarın tamamına ulaşılabilmesi hem ekonomik hem de teknik açıdan mümkün değildir. Çünkü suların % 97,5'i tuzlu su olarak okyanuslarda ve denizlerde bulunmakta olup, sadece % 2,5'lik kısmı tatlı sudur. Tatlı suyun ise % 69,5'ini kutuplardaki buzullar, yaklaşık %30,1'ini yeraltı suları, kalan % 0,4'ünü ise atmosfer suları ve yüzey suları oluşturur. Yüzeyde bulunan tatlı su kaynaklarından akarsu ve göllerdeki su miktarının dünyadaki toplam mevcut su miktarına oranı yaklaşık on binde 1,5'tir. Dolayısıyla, bu oran kolaylıkla yararlanılabilecek elverişli tatlı su miktarın az olduğunu göstermektedir. Dünya genelinde dağılımı eşit olmayan bu miktar; su kirliliği, iklim değişikliği ve su havzalarındaki yapılaşmalarla daha da düşmektedir. Buna karşın, hızlı nüfus artışına ve tüketim alışkanlıklarının değişimine bağlı olarak talebin sürekli artması, dünyamızı giderek büyüyen su sorunlarıyla karşı karşıya bırakmaktadır (3).

1.1. Su ve Özellikleri

Su, hidrojenin oksijen ile birleşmesi sonucu meydana gelen ekzotermik bir reaksiyon ile oluşur. Tek proton taşıyan hidrojen atomları ile büyük bir elektron affinitesi olan oksijen atomunun birleşmesinden oluşan su molekülü düz bir H-O-H bağı biçiminde olmayıp hidrojen atomları arasında 105 derecelik bir açı vardır. Hidrojen ve oksijen atomlarının çekirdekleri arasındaki mesafe $0,96 \times 10^{-8}$ cm'dir. Su molekülünde oksijen (-), hidrojenler ise (+) kutupludur. Böylece bir su molekülü, elektriksel bir ortamda, (+) kutbunu negatif yöne, (-) kutbunu ise pozitif yöne çevirerek iki kutuplu (dipolar) olabilme özelliğine sahiptir. Bu özellik suyun iyonik bileşiklerde iyi bir çözücü olmasını sağlar. Suyun bu özelliği canlı yaşamı için de önemli bir avantajdır. Çünkü canlı bünyesinde meydana gelen tüm organik ve biyolojik reaksiyonlar suyun çözücü etkisiyle meydana gelir (4, 5).

Suyun sıcaklığı azaldığında $+4$ °C'ye kadar büzüşme özelliği, 4 °C ile 0 °C arasında genleşme özelliği gösterir. Bu özellik diğer kimyasal bileşiklerde gözlenmez. 0 °C'de buz haline geçen suyun bağ uzunluğu %14,6 oranında artarak $0,96$ Å'dan $1,1$ Å değerine ulaşır ve kristal yapısı düzensiz dörtüzlüden hegzagonal kristal şekline geçer. Buz halindeyken, suyun molekülleri bir kafes yapısındadır. Bu nedenle buz açık ve delikli bir yapı göstermektedir. Bu yapı buza düşük yoğunluk sağladığından buz suyun üzerinde yüzebilmektedir. Suyun genleşme özelliği olmasaydı kış aylarında nehir, göl ve denizlerde oluşan buzlar ve kutuplardaki buz dağları su üzerinde yüzmek yerine suların dibine çökecek ve oraların da donmasını sağlayarak sucul yaşamı tehdit edecekti (6).

1.2. Yüzeysel Su

Yüzeysel su; akarsular, nehirler, göller ve barajlar gibi akan veya durgun herhangi bir su kütesini tanımlayan genel bir terimdir. Yüzeysel sular; doğrudan yağış, yüzeysel akış, toprak altı akış ve su tablası deşarjı gibi çeşitli kaynakların birleşmesinden oluşmaktadır. Yüzeysel suyun kalitesi ve miktarı iklimsel ve jeolojik faktörlere bağlı olarak değişir. Örneğin havza alanında ortalama yağıştaki % 20 gibi bir azalma, yıllık akımı yarı yarıya azaltabilir. Jeolojik yapısı tebeşir taşı ve kireçtaşı olan havzaların suları berrak ve sert, granit gibi geçirimsiz kaya olanların ise bulanık ve yumuşak sulardan oluşur. Suyu yumuşak olan nehirler genellikle dağlardan gelen akışlarla oluşurlar. Kimyasal olarak bu nehirler yüzeysel akış ile nehre taşınan silt

nedeniyle bulanıktır ve ana kaya ile çok az temas ettikleri için düşük miktarda kalsiyum ve magnezyum iyonu içerirler (7).

1.2.1. Akarsu Bilimi (Potamoloji)

Doğal bir yatak içinde akan büyük küçük bütün su kütleleri, akarsu terimi ile ifade edilmektedir. Akarsuların doğuş noktalarına memba, göllere veya denizlere döküldükleri noktalara ise mansap denilmektedir. Genelde membalar temiz ve berrak, mansaplar ise kirli ve bulanık olabilmektedir. Akarsular çoğunlukla dereler ile başlamaktadır. Dereler birleşerek çayları, çaylar ırmakları, ırmaklar ise nehirleri oluşturur. Bunlar daha çok debilerine göre isimlendirilirler. Yıllık ortalama debileri 1m^3 'ün altında olanlara dere, $1-5\text{ m}^3$ arasındakilere çay, $5-20\text{ m}^3$ arasında olanlara ırmak, 20 m^3 'ün üzerinde olanlara ise nehir denilmektedir (8). Akarsuların oluşumunda iklim, zeminin litolojik özellikleri, jeomorfolojik özellikleri, yeraltı suları ve kaynaklar olmak üzere çeşitli etmenler rol oynar (9). Akarsular; küçük büyük birçok yan koldan ve bir akarsu ana kolundan meydana gelir. Ana akarsu kolu belirlenirken çoğunlukla belirleyici olan faktörler; debi, uzunluk veya ana kaynağın başlangıç noktasıdır. Bir akarsuyun ana kolu ile bütün yan kollarından meydana gelen şebekeye akarsu ağı denir (10).

Göl, gölet, baraj gibi iç suların kaynağını çoğunlukla akarsular meydana getirmektedir. Akarsular insanlar ve hayvanlar tarafından içme suyu olarak kullanıldığı gibi bitki sulamalarında da büyük rol oynamaktadırlar. Ayrıca elektrik elde edilmesinde ve taşımacılıkta kullanılmaktadırlar. Son yıllarda kültür balıkçılığı yapılması nedeniyle biyolojik yönden de büyük ölçüde önemleri artmıştır (7).

1.3. Su Kirliliği

Genel olarak insan faaliyetlerinden dolayı suyun fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklerinde meydana gelen olumsuz değişim şeklinde tanımlanmakla birlikte su kirliliği değişik şekillerde tanımlanmıştır. Örneğin; FAO su kirliliğini; “canlı kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık gibi çalışmalarını engelleyici, su kalitesini zedeleyici etkiler yaratabilecek maddelerin suya atılması” şeklinde tanımlar (11). Yine 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde su kirliliği; “Su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda,

insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılması” olarak tanımlanmıştır (12).

Yüzeysel sulara ve akarsularda görülen kirliliğin ana kaynağını; arıtılmış veya arıtılmamış evsel atık suların deşarjı, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler meydana getirir. Akarsu kirliliği doğal kaynakların tüketilmesi açasından öneminin yanı sıra ekonomik kayıpların sebebi olarak da değerlendirilir. Çünkü akarsu kirliliği tarımsal aktiviteler, içme suyu ve doğal balık üretimi açasından tehdit oluşturmaktadır (13).

Ülkemizde akarsu kirliliği Yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair yönetmelik uyarınca izlenmektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak gruplandırılan bu parametreler yüzey sularının sınıflandırılması amacıyla yapılmıştır. Buna göre akarsular tablo 1.1’deki gibi 4 ana sınıfa ayrılır. Yerüstü su kalitesi yönetmeliğine göre suların sınıflandırılması Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.1 Kirlilik durumuna göre akarsu sınıfları (69)

I. Sınıf	Yüksek kaliteli su (Tüm parametrelerin I. sınıf su kalitesi değerinde olması “ Çok iyi ” su durumunu ifade etmektedir). İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları, yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su, alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su.
II. Sınıf	Az kirlenmiş su (I. ve II. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “ iyi ” su durumunu ifade etmektedir). İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları, rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su, alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu.
III. Sınıf	Kirlenmiş su (II. ve III. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “ Orta ” su durumunu ifade etmektedir). Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu.
IV. Sınıf	Çok kirlenmiş su (III. ve IV. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “ Zayıf ” su durumu ve tüm parametrelerin IV. sınıf su kalitesi değerinde olması “ Kötü ” su durumunu ifade etmektedir). Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yerüstü suları.

1.4. Ülkemizdeki Su Kaynakları

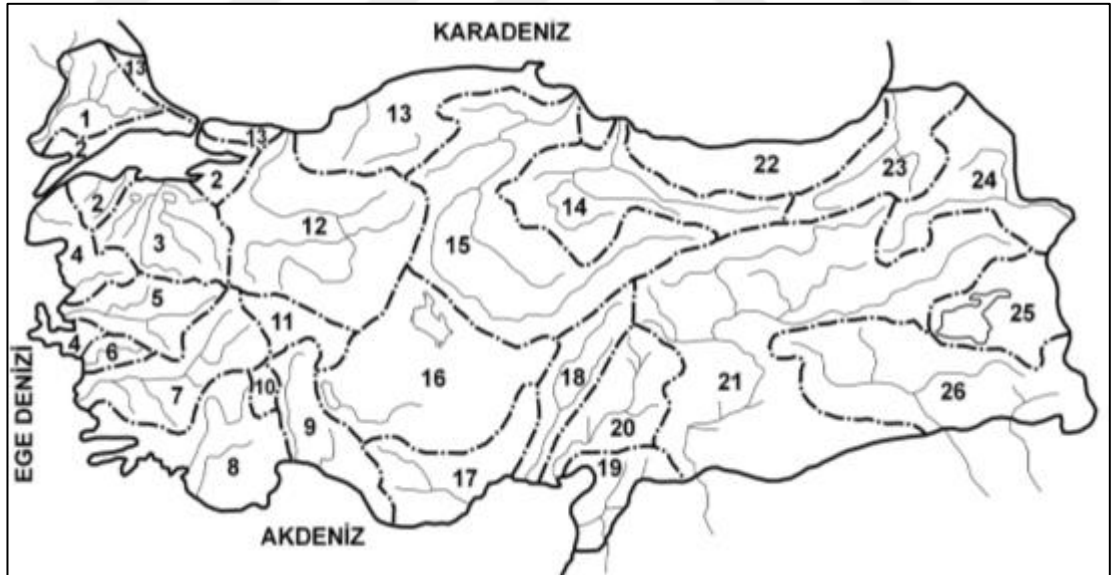
Ülkemiz toprakları yaklaşık olarak yıllık ortalama 643 mm yağış almaktadır. Bu miktar da yıllık toplamda 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Ancak bu suyun 274 milyar m³'ü bitkiler ile toprak ve su yüzeylerinde meydana gelen buharlaşmalar nedeniyle atmosfere geri dönüşümü olmaktadır. Ayrıca 69 milyar m³ kısmı da yeraltı suyuna karışmakta, geriye kalan yaklaşık 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek, dere, nehir ve ırmak gibi akarsularla denizlere ve göllere taşınmaktadır. Yeraltı suyuna katılan 69 milyar m³'lük suyun 28 milyar m³'ü tekrar kaynak suyu olarak yerüstü suyuna geri dönmektedir. Bunlara ilaveten sınırlarımızdaki ülkelerden de yılda ortalama 7 milyar m³ su ülkemiz sularına katılmaktadır. Böylece ülkemizin yerüstü suyu potansiyelinin toplamda 193 (158+28+7) milyar m³ olduğu söylenebilir. Yeraltı suyunun yapısına katılan 41 milyar m³ de göz önüne alındığında, Türkiye'nin yenilenebilir su potansiyelinin brüt 234 milyar m³ olduğu söylenebilir. Ancak bugünkü teknik ve ekonomik şartlar dikkate alındığında, çeşitli amaçlar için kullanılabilir yerüstü su potansiyelimiz yıllık ortalama 98 milyar m³'tür. Bunun 95 milyar m³'ünü yurtiçi akarsuları, 3 milyar m³'ünü de komşu ülkelerden gelen akarsular oluşturur. Bu değere 14 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli de ilave edildiğinde ülkemizin yıllık ortalama kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının toplamı 112 milyar m³ olmaktadır (14).

Günümüzde ülkeler; su zenginlikleri açısından, nüfus sayılarına ve kişi başına düşen kullanılabilir su miktarlarına göre sınıflara ayrılırlar. Eğer kişi başına yıllık kullanılabilir su miktarı 1000 m³'ün altında ise bu ülke "su yoksulu" sınıfına dâhil edilmektedir. Aynı şekilde kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2.000 m³'ün altında ise "su azlığı çeken" ülke, 2000 m³'ten fazla ise de "su zengini" ülkeler sınıfında kabul edilmektedir. Bu sınıflandırmaya göre ülkemiz, nüfusuna göre kişi başına düşen 1555 m³ kullanılabilir su miktarı ile su azlığı çeken ülke sınıfındadır. Ancak ilerleyen yıllarda ülke nüfusu 100 milyona ulaştığında kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1000 m³'e düşecek bu da bizi su yoksulu ülkeler kategorisine sokacaktır (15,16).

1.4.1. Ülkemizdeki Akarsu Havzaları

Havzalar, bütünleşik toprak/su koruma-kullanma yapılanmasının temelini oluştururlar. Bu amaçla ülkemiz 26 hidrolojik havza ve alt havzalara ayrılmıştır. Bu

havzaların coğrafi konumları Şekil 1.1’de gösterilmektedir. Akarsu havzalarının karakteristik değerleri ise Tablo 1.3’te verilmektedir. İlâveten bu havzalardaki doğal kaynakların muhafaza edilmesi, iyileştirilmesi ve yok etmeden kullanımı ile ilgili orta ve uzun vadeli kararlara ve yatırım planlarına danışmanlık etmek, toplumumuzun havzaların ekolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel fayda ve hizmetleri ile ilgili ihtiyaç ve beklentilerinin yeterli düzeyde ve sürdürülebilir olarak karşılanmasını sağlayacak çalışmalara müşterek bir yol göstermek amacıyla Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (UHYS) belirlenmiştir. Havza yönetimi genel anlamda akarsu havzası, alt havza ya da mikro havza seviyesinde yönetim anlamına gelmektedir. UHYS’nin öncelikli amacı; ülkemiz akarsu havzalarında uzun yıllardır devam eden doğal kaynak ve çevresel bozulma sürecini durdurmak, toprak, yeraltı ve yüzeysel suların ve kaynaklarının verimliliğini, kalitesini korumak ve geliştirmek, havzadaki hayvan ve bitki varlığının korunmasını ve geliştirilmesini sağlamak, alt havzalardaki kullanıcılara sunulan havza hizmetlerini havzanın ekosistem bütünlüğüne zarar vermeyecek biçimde üst düzeye çıkarmak ve havzada yaşayan insanların refah düzeyinin artırılmasına katkı sağlamaktır (17).



Şekil 1.1 Ülkemizdeki akarsu havzaları (15)

Tablo 1.2 Akarsu havzalarının karakteristik değerleri (16)

Nehir Havzası Adı	Yağış Alanı (km ²)	Yıllık Ortalama Akış (km ³)
(01) Meriç-Ergene Havzası	14,560	1.33
(02) Marmara Havzası	24,100	8.33
(03) Susurluk Havzası	22,399	5.43
(04) Kuzey Ege Havzası	10,003	2.09
(05) Gediz Havzası	18,000	1.95
(06) Küçük Menderes Havzası	6,907	1.19
(07) Büyük Menderes Havzası	24,976	3.03
(08) Batı Akdeniz Havzası	20,953	8.93
(09) Antalya Havzası	19,577	11.06
(10) Burdur Gölü Havzası	6,374	0.50
(11) Akarçay Havzası	7,605	0.49
(12) Sakarya Havzası	58,160	6.40
(13) Batı Karadeniz Havzası	29,598	9.93
(14) Yeşilirmak Havzası	36,114	5.80
(15) Kızılırmak Havzası	78,180	6.48
(16) Konya Kapalı Havzası	53,850	4.52
(17) Doğu Akdeniz Havzası	22,048	11.07
(18) Seyhan Havzası	20,450	8.01
(19) Asi Havzası	7,796	1.17
(20) Ceyhan Havzası	21,982	7.18
(21) Fırat Havzası	127,304	31.61
(22) Doğu Karadeniz Havzası	24,077	14.90
(23) Çoruh Havzası	19,872	6.30
(24) Aras Havzası	27,548	4.63
(25) Van Gölü Havzası	19,405	2.39
(26) Dicle Havzası	57,614	21.33
TOPLAM	779,452	186.05

1.4.2. Doğu Karadeniz Havzası

Doğu Karadeniz Havzası; Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde 40° 15' – 41° 34' kuzey enlemleri ile 36° 43' – 41° 35' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kuzeyde Karadeniz, doğuda Kaçkar Dağları, güneyde Yamanlı, Soğanlı, Kemer, İğdir Dağları, batıda Çarşamba Ovası'nın doğusuna kadar uzanan bu havza 2.284.439 hektar alanla Türkiye'nin %2,92'sini teşkil etmektedir. Havzası'nın yıllık ortalama yağış miktarı 1.198 mm ve yıllık ortalama akışı ise 566,23 m³/s dir. Derelerin hemen hepsi dar ve derin vadiler içerisinde denize dikey olarak akmaktadır. Çoğunlukla dağlık bir topoğrafyaya sahip olan havzada geniş ovalara rastlanmaz. Dağlar kıyından itibaren

hemen yükselir (18). Doğu Karadeniz Havzası, ülkemizin en fazla yağış alan bölgesi olmasına karşın, topografyasının aşırı derecede eğimli ve jeolojik yapısının genelde volkanik kayaç türünde olması nedeniyle kaynak ve yeraltı suyu potansiyeli bakımından ülkemizin en fakir bölgeleri arasında yer alır. Ayrıca topografyanın fazla eğimli olması, mevsimlik su debilerinde belirgin bir farklılığın ortaya çıkmasına neden olmuştur (15, 19)

Doğu Karadeniz Havzası kendi içerisinde başlıca 4 ana alt havzaya ayrılarak incelenir. Bunlar; Ordu-Giresun Suları Alt Havzası, Harşit Çayı Alt Havzası, Trabzon Suları Alt Havzası, Rize-Artvin Suları Alt Havzası'dır. Tablo 1.4'te görüldüğü gibi Doğu Karadeniz Havzasındaki sular çoğunlukla; arıtılmayan/kısmen arıtılan evsel atıksu deşarjları, arıtılmayan endüstriyel atıksu deşarjları, tarımsal/hayvancılık faaliyetlerden gelmesi muhtemel kirleticiler tarafından kirletilmektedir (18).

Tablo 1.3 Doğu Karadeniz Havzasındaki baskı unsurlarının türü ve etkisi (18)

No	Alt Havza	Baskı unsuru	Türü	Etki
1	Trabzon Suları	Evsel atıksular	Noktasal,Yayılı	Organik madde, N ve P kirliliği
		Endüstriyel atıksular	Noktasal	Organik madde, N ve P kirliliği
		Tarımsal faaliyetler	Yayılı	N ve P kirliliği
		HES'ler	Hidromorfolojik	Ekosistemin zarar görmesi
2	Ordu-Giresun Suları	Evsel atıksular	Noktasal,Yayılı	Organik madde, N ve P kirliliği
		Katı atık düzensiz depolama sahaları	Yayılı	Organik madde, N kirliliği
		Endüstriyel atıksular	Noktasal	Organik madde, N ve P kirliliği
		Tarımsal faaliyetleri	Yayılı	N ve P kirliliği
		Madencilik faaliyetleri	Yayılı	Ağır Metal Kirliliği
		HES'ler	Hidromorfolojik	Ekosistemin zarar görmesi
3	Harşit Çayı	Evsel atıksular	Noktasal,Yayılı	Organik madde, N ve P kirliliği
		Katı atık düzensiz depolama sahaları	Yayılı	Organik madde, N kirliliği
		Madencilik faaliyetleri	Yayılı	Ağır Metal Kirliliği
		HES'ler	Hidromorfolojik	Ekosistemin zarar görmesi
4	Rize-Artvin Suları	Evsel atıksular	Noktasal,Yayılı	Organik madde, N ve P kirliliği
		Tarımsal faaliyetleri	Yayılı	N ve P kirliliği
		Madencilik faaliyetleri	Yayılı	Ağır Metal Kirliliği
		HES'ler	Hidromorfolojik	Ekosistemin zarar görmesi

Ordu- Giresun Suları Alt Havzası'nda Ordu ve Giresun il merkezleri, 26'sı ilçe, 58'i belde olmak üzere 84 belediye ve bunlara bağlı köyler bulunmaktadır. Alt

havzanın başlıca akarsuları, Curi Deresi, Melet Irmağı, Bolaman Çayı, Elekçi Irmağı, Turnasuyu, Pazarsuyu, Aksu Deresi ve Yağlı Dere'dir.

1.5. Fiziko-Kimyasal Parametreler

1.5.1. Sıcaklık

Sıcaklık, sucul yaşamı doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Canlılarda yaşamın temelini oluşturan biyokimyasal reaksiyonlar, başta sıcaklık olmak üzere tüm fiziksel faktörlerin etkisi altındadır. Akarsularda suyun sıcaklığı, mevsimlere, günün çeşitli saatlerine, havanın sıcaklığına, yağış durumuna, coğrafik konuma, suyun derinliğine, akıntı hızına ve nehir yatağının yapısına göre değişmektedir. Genellikle ekvatordan uzaklaştıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe suların sıcaklığı düşer. Bu yüzden sıcaklık parametresi ile ilgili standart bir değer belirtmek uygun görülmemektedir. Ancak; 30 °C'den daha yüksek sıcaklığın ve ani sıcaklık artışlarının su kalitesini bozduğu bildirilmektedir (1, 5).

Her canlının optimum bir sıcaklık isteği vardır. Sıcaklık arttıkça canlıların biyolojik ve fizyolojik aktiviteleri artmaktadır. Canlıların büyüme hızı, üreme hızı, çevresel yaşamı, suyun sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca içme amaçlı kullanılan sularda da sıcaklık, önemli bir kalite özelliğidir. İçme sularında en uygun sıcaklık 7-14°C'dir. Aşırı soğuk ya da sıcaklığı 20°C üzerinde olan sular, sağlık açısından uygun kabul edilmemektedir (20).

1.5.2. pH

Sudaki hidrojen iyon konsantrasyonunun negatif logaritması olarak tanımlanır. Suyun asit ya da alkali özellikte olup olmadığı pH ile belirlenmektedir. Buna göre hidrojen iyonlarının konsantrasyonu arttıkça, pH azalmakta ve su asidik özellik kazanmaktadır. Tersini durumda pH artmakta ve su alkali yapı almaktadır. pH değeri 0-14 arasında değişmektedir, 7 nötr, 0-7 arası asidik, 7-14 arası alkali suları göstermektedir. Doğal suların pH değerleri, normal şartlarda 4-9 arasında değişiklik gösterir. Genellikle bataklıkların pH'sı düşük, akarsularınki yüksektir. Sudaki pH değişimlerine karşı balıkların gösterdiği dayanıklılık türlere göre değişmekle birlikte; su ürünleri açısından uygun görülen pH değerleri 6,5-8,5 arasındaki değerlerdir. Bunun dışındaki değerlerde ise balıklarda dibe çökme, solungaçlarında kahverengi renk değişimi ve büzülme, vücuttan salınan mukus miktarında artış, yüzgeçlerde lifleşmeler gibi olumsuzluklar görülebilir. Ayrıca pH'nın varlığına bağlı olarak metal

toksitesini artırır, yüksek pH'larda amonyak (NH₃) gibi maddelerin zehir etkisi artmaktadır (5, 21).

1.5.3. Çözünmüş Oksijen (ÇO)

Oksijen, sucul yaşamın bütün formları için hayati bir öneme sahiptir. Doğal suların oksijen içeriği; sıcaklık, tuzluluk, türbülans, alg ve diğer bitkilerin fotosentetik aktivitesi ve atmosferik basınç ile değişir. Çözünmüş oksijen, su içinde çözülmüş molekül halinde bulunan oksijen miktarıdır ve sucul ekosistemleri etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Yüksek oranda organik madde ve besin içeren atıkların suya boşaltılması mikrobiyal aktiviteyi arttırdığından ÇO seviyesinin azalmasına sebep olur. Kirli sularda ÇO yaklaşık 10 mg/L civarındadır. Çözünmüş oksijen, aynı zamanda, yüzde doygunluğu açısından da ifade edilebilir. İçme suyunda bu oran % 80'den aşağı olursa genellikle tüketiciler tarafından kötü bir tat ve koku tespit edilir. Çözünmüş oksijen seviyesi çok düşerse, balıklarda üremenin azalması, boğulma ve ölüm meydana gelebilir. Özellikle larva ve yavru balıklar daha hassastır ve erginlere nazaran daha fazla çözünmüş oksijene ihtiyaç duyarlar. Göllerde ve rezervuar alanlarında ÇO seviyesinin azalmasıyla meydana gelen çürüme nedeniyle oluşan hidrojen sülfid tat ve koku problemlerine neden olabilir. Soğuk sular genellikle daha fazla çözünmüş oksijen içerir. Bu yüzden akarsu ve göllerdeki sucul yaşam kış aylarıyla kıyaslandığında yazın daha fazla oksijen stresi altında olduğu görülür. Dengeli ve sürdürülebilir sucul ekosistemlerde ÇO seviyesi minimum 5 mg/L seviyesinde olmalıdır. Balıkların düşük ÇO miktarına olan tolerans seviyeleri birbirinden farklıdır. Somon ve alabalık gibi soğuk su balıkları, sıcak su balıklarına oranla daha fazla çözünmüş oksijene ihtiyaç duyarlar. Alabalık, yaşamını devam ettirebilmek için 7,5 mg/L ÇO'ya ihtiyaç duyarken; sazan için bu seviye 3 mg/L'dir (22, 23).

1.5.4. Elektriksel İletkenlik (Eİ) ve Spesifik Elektriksel İletkenlik (SEİ)

İletkenlik, suyun elektrik akımını geçirme yeteneğinin bir ölçüsüdür. İletkenlik su içinde çözülmüş inorganik tuzların varlığından etkilenir. Bu tuzlar genellikle negatif yüke sahip klorür, nitrat, sülfat ve fosfat gibi anyonlar ya da pozitif yüke sahip sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir, alüminyum gibi katyonlardır. Yağ, fenol, alkol ve şeker gibi organik bileşikler, elektrik akımını iyi iletmezler. İletkenlik ayrıca suyun sıcaklığından etkilenir. Sıcaklık arttıkça iletkenlikte artar. Bu nedenle iletkenlik

bilgileri 25 °C'ye ayarlanmış olarak verilir ve SEİ olarak adlandırılır. Başka bir deyişle araştırmacılar mevsimsel ve derinlikle ilgili sıcaklık farklarını ortadan kaldırmak için tüm Eİ okumalarında 25 °C'yi referans alırlar. SEİ tatlı sularda 0-1300 µS/cm aralığında, tuzlu sularda 1301-28800 µS/cm aralığındadır. Deniz suyundan ise 28800 µS/cm'den büyüktür. SEİ'deki hızlı değişiklikler tuzlu su girmesine veya su kirliliğine işaret edebilir. Dere ve nehirlerdeki iletkenlik öncelikle suyun aktığı bölgenin jeolojisinden etkilenir. Granit ana kaya alanlarından geçen akarsularda iletkenlik ana kayanın çözünmeyen yapısından dolayı düşüktür. Öte yandan, killi topraklardan geçen akarsular çözünmüş madde yoğunluğundan dolayı daha yüksek bir iletkenliğe sahip olma eğilimindedirler (23).

İletkenlik temel ölçüm birimi, Mho veya Siemens'tır. İletkenlik mikromhos (µmhos/cm) veya mikroSiemens (µS/cm) olarak ölçülür ve ikisi değer olarak birbirine eşittir. Damıtılmış su, 0,5-3 µmho/cm aralığındaki bir iletkenliğe sahiptir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki nehir sularındaki iletkenlik, genellikle 50 ile 1500 µmhos/cm arasında değişir. Tatlı sularda yapılan çalışmalarda balıkçılık için en uygun iletkenlik aralığının 150-500 µmhos/cm arasında olduğu bildirilmiştir. Bu aralığın dışındaki iletkenlik bazı balık ve küçük su omurgasızları için uygun olmayabilir. Endüstriyel sularda iletkenlik 10,000 µmhos/cm'ye kadar çıkabilir (24). Eİ kavramı, suyun içilebilirlik özelliğine göre sınıflandırılmasında bir araç olarak kullanılabilir. İnsanlar ve hayvanlar tarafından tüketimi uygun olan su, içilebilir sudur. Tablo 1.5'te iletkenlik ölçümüne dayalı içilebilirlik sınıflandırması gösterilmiştir.

Tablo 1.4 İletkenliğe dayalı olarak suyun içilebilirliğinin sınıflandırılması (25)

Sınıflama	İletkenlik aralığı (µS/cm)	Açıklama
Tatlı	<325	İçilebilir su
Marjinal	325-975	Çiftlik hayvanları ve sulama için uygun
Acımsı	975-3250	Seçici şekilde çiftlik hayvanları ve sulamada kullanılabilir
Tuzlu	>3250	Kaba endüstriyel faaliyetler için uygun

1.5.5. Tuzluluk (Salinite)

Tuzluluk, sudaki tuz yoğunluğunun bir ölçüsüdür. Yüksek tuzluluk, daha fazla çözünmüş tuz anlamına gelir. Sularda tuzluluğu belirleyen başlıca katyonlar (Ca⁺²,

Mg⁺², Na⁺, K⁺ gibi) ve anyonlar (HCO₃⁻, CO₃⁻², SO₄⁻², Cl⁻ gibi) çoğunlukla aynıdır fakat sulardaki iyon çeşitliliği ve oranları farklıdır. Tuzluluk 1 litre sudaki çözülmüş halde bulunan tuzların gram olarak miktarını ifade eder, çoğunlukla ppt veya ‰ şeklinde gösterilir ve nehir ağızlarındaki oranı 0- 33 ppt aralığında değişir. Dünya üzerindeki yüzey sularının tuzluluk değeri ortalama 0,12 ppt'dir. Sulardaki tuzluluk su yataklarındaki kayaçların özelliğine, yağışlara ve buharlaşmaya bağlı olarak değişir. Sucul canlılar, biyolojik istekleri bakımından farklı tuzluluk yoğunluklarına sahip su ortamlarında yaşayabilirler. Balıklar, tuz istekleri doğrultusunda tatlı su, acı su ve tuzlu su balıkları diye gruplandırılır. Canlıların yaşadığı ortamın özelliğinin bu yönden belirlenebilmesi için ortamın tuzluluk miktarının belirlenmesi önemlidir (6, 26).

1.5.6. Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP)

Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli, sulu çözeltilerin yükseltgeme ve indirgeme durumlarını gösteren sayısal bir indekstir ve milivolt (mV) olarak ölçülür. Yükseltgenme potansiyeli pozitif, indirgenme potansiyeli negatif olarak gösterilir. ORP'nin pozitif bir değer çıkması bu suyun oksidasyon yani paslandırma ve bozucu/çürütücü etkilerinin olduğunu, negatif bir değer çıkması ise bu suyun paslanmayı engelleyici özellikte yani antioksidan güce sahip olduğunu gösterir.

Redoks potansiyelinin belirlenmesinde oksijen, demir ve sülfürün yanı sıra bazı organik sistemler daha etkilidir. Örneğin; çözülmüş oksijen konsantrasyonu arttığında ORP değeri artar ve 700 mV'a ulaşabilir. ORP'de -100 mV veya daha fazla bir azalma genellikle hidrojen sülfür varlığıyla ilişkilidir. Doğal sulardaki değeri -500mV ile +700 mV arasında değişir. Çözülmüş oksijen içeren yüzey ve yeraltı sularındaki ORP değeri genellikle +100 mV ile +500 mV arasındadır (27).

1.5.7. Toplam Çözülmüş Madde (TDS)

Toplam çözülmüş madde, sularda çözülmüş halde bulunan inorganik tuzları ve az miktardaki organik madde miktarının toplamını içerir. Temel bileşenler, genellikle kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyumdan oluşan katyonlar ve karbonat, hidrojenkarbonat, klorür, sülfat ve nitrattan oluşan, anyonlardır. Suyun içinde bulunan çözülmüş katı madde varlığı suyun tadını etkileyebilir. Doğal suların TDS değeri su havzasındaki minerallerin çözünürlüğüne bağlı olarak 30-6000 mg/L arasında değişir. TDS mevcudiyetine göre içme sularının tadı şu şekilde sınıflandırılır. 300 mg/L'den az ise mükemmel, 300-600 mg/L arasında iyi, 600-900 mg/L arasında makul, 900-

1200 mg/L arası kötü, 1200 mg/L'den yukarısı kabul edilemez. TDS miktarının çok düşük olması da suyu yavan ve tatsız yaptığı için tercih edilmez. Sulardaki TDS, doğal kaynaklardan, kanalizasyon atıklarından, yüzeysel yağmur sularından ve endüstriyel atık sulardan kaynaklanır. Ayrıca yollarda buzlanmayı önlemek için kullanılan tuzlar da su kaynaklarının TDS yüküne katkıda bulunur (28).

1.5.8. Toplam Alkalinite (TA)

Bir suyun alkalitesi, o suyun asitleri nötralize etme kapasitesinin bir ölçüsüdür ve mg/L CaCO₃ cinsinden ifade edilir. Doğal suların alkalitesi başlıca hidroksil, karbonat ve bikarbonat iyonlarının toplamından oluşur. Alkaliniteye amonyak, borat, fosfat, silikat gibi maddeler de etki eder ancak bunlar doğal sularda çok az bulduklarından genellikle alkalinite hesaplamasında ihmal edilirler. Toplam alkalitenin pH üzerinde tamponlayıcı etkisi vardır. Alkalitesi düşük olan suların pH değişimlerine karşı direnci düşüktür. Böyle sularda yaşayan canlılar ani pH değişimlerinden olumsuz yönde etkilenebilirler. Alkalitesi yüksek sular genellikle tatsızdır. Doğal sulardaki konsantrasyonu 5-500 mg/L arasında değişir. Alkalitesi 10 mg/L'den az olan sular; çok düşük alkali sular, 10-50 mg/L arasında olanlar düşük alkali sular, 50-150 mg/L arasında olanlar makul alkali sular, 150-300 mg/L arasında olanlar yüksek alkali sular ve 300 mg/L'den fazla olanlar ise çok yüksek alkali sular olarak sınıflandırılabilir (29).

Alkalilik, su ürünleri açısından bazı zehirli maddelerin etkisini arttırıcı yönde etki yapar. Sucul ortamlarda alkalitenin 20-300 mg/L CaCO₃ aralığında olması istenir. Alkalitesi 20 mg/L'den az olan düşük alkali sular pH'daki değişime karşı hassas balık türlerine zarar verdiği için ve 300 mg/L'den yüksek olan sular yüksek oranda karbondioksit içerdiği için üretken değildir (5).

1.5.9. Toplam Sertlik (TH)

Toplam sertlik, suda bulunan kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonunun toplamının, mg/L CaCO₃ eşdeğeri olarak tanımlanır. Tablo 1.6'da gösterilen diğer (+2) kanyonlar da sertliğe katkıda bulunurlar, ancak doğal sudaki miktarları oldukça düşük olduğundan sertlik açısından önem taşımazlar. Ayrıca su sertliği, köpük oluşturmak üzere suyun sabun ile reaksiyona girme yeteneğinin geleneksel bir ölçüsü olarak ifade edilir. Doğal suların sertliği 5-1000 mg/L CaCO₃ arasında değişir. Suyun sertliği ve yumuşaklığı suyun temas ettiği bölgenin jeolojik yapısına göre değişir. Genellikle

yüzey suları yeraltı sularından daha yumuşaktır. Yumuşak sular granit gibi geçirimsiz havzalarla ilişkiliyken, sert sular, kalker ve kireçtaşı havzaları ile ilişkilidir. Sular genelde mg/L’de bulunan CaCO_3 içeriklerine göre; yumuşak (0-75), orta sert (75-150), sert (150-300) ve çok sert (300+) sular olarak sınıflandırılır (30).

Tablo 1.5 Sertliğe neden olan temel katyonlar ve bunlarla ilişkili anyonlar (30)

Sertlik Oluşturan Katyonlar	Anyonlar
Ca^{+2}	HCO_3^-
Mg^{+2}	SO_4^{-2}
Sr^{+2}	Cl^-
Fe^{+2}	NO_3^-
Mn^{+2}	SiO_3^{-2}

Sertlik, geçici sertlik ve kalıcı sertlik olmak üzere iki şekilde incelenir. Geçici veya karbonat sertliği: Genellikle, kalsiyum bikarbonat ve magnezyum bikarbonattan meydana gelir. Bu durum suyun kaynatılmasıyla giderilebilir. Ancak su kaynatıldığı zaman dipte tortu oluşturur. Kalıcı veya Karbonat Olmayan Sertlik: Karbonat hariç tüm anyonlarla ilişkili tüm katyonlardan oluşan sertliktir. Örneğin kalsiyum klorür, magnezyum sülfat, kalsiyum sülfat gibi. Kalıcı sertlik kaynatmayla giderilemez. Yalnızca zeolit veya yumuşatıcılarla giderilebilir (4).

Suların sertlik derecelerinin ifade edilmesinde ülkelere göre farklılıklar görülmektedir. Dünyadaki sertlik derecelerine karşılık mg/L CaCO_3 değerleri tablo 1.7’de gösterilmiştir. Dünyada en yaygın kullanılan sertlik derecesi Fransız Sertlik Derecesi’dir ve ülkemizde de kullanılmaktadır.

Tablo 1.6 Sertlik derecesi karşılığı mg/L CaCO_3 değerleri (31)

Sertlik Derecesi	CaCO_3 değeri
1 Fransız Sertlik Derecesi	10 mg/L
1 Alman Sertlik Derecesi	17,8 mg/L
1 Amerikan Sertlik Derecesi	17,6 mg/L
1 İngiliz Sertlik Derecesi	14,3 mg/L

1.5.10. Toplam Fosfor (TP) ve Çözünebilir Reaktif Fosfor (SRP)

Doğadaki başlıca fosfor kaynağı, kayalar ve doğal fosfat yığınlarıdır. Fosfor, nükleik asitlerin, fosfolipitlerin, fosfoproteinlerin ve birçok hayvan iskeletinin yapısında yer almaktadır. Azot ve fosfat tuzları birlikte ekosistemlerin verimliliğini tayin ederler. Su ekosistemlerindeki çok yönlü ve karmaşık kimyasal ve biyokimyasal dengelerin anahtar elemanıdır. Suların yapısına başlıca katılımı; kayaçlardan, tarımsal

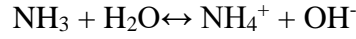
gübrelerden, deterjanlardan, kanalizasyon atıklarından, ölü canlıların atıklarından, yağmur sularından ve diğer yüzeysel akışlarla olmaktadır. Fosfor, azot gibi canlı yapısına giren bir besleyici elementtir. Düşük pH'da fosfor; alüminyum, demir ve mangan ile birleşir. Ancak pH'sı 6 ve daha yüksek ortamlarda ise kalsiyum ile birleşerek kalsiyum fosfatları oluşturmaktadır (5).

Evsel atık sular fosfor bileşikleri bakımından zengindir. Sentetik deterjanların yaygın kullanımından evvel, evsel atıksularda inorganik fosfor içeriği genellikle 2-3 mg/L, organik fosfor 0,5-1 mg/L arasında bulunmakta iken son yıllarda deterjan yapımında etkinlik arttırıcı madde olarak fosfat ve polifosfat bileşikleri çok miktarda kullanılmaktadır. Bu maddeler %12-13 fosfor veya %50'den fazla polifosfat içerir. Dolayısıyla sentetik deterjanların tüketiminin artışı ile yüzeysel sulara karışan fosfor miktarının eskiye göre 2-3 kat arttığı hesaplanmıştır. Atık sulardaki inorganik fosforun çoğu insan metabolizmasında proteinlerin ve nükleik asitlerin parçalanması sonucu oluşur. Açığa çıkan fosforlu atık, idrarla birlikte atılır (30).

Sucul ortamlarındaki inorganik ve organik fosfatların toplamı, toplam fosfor (TP) miktarı olarak ifade edilir. Ortofosfat olarak bilinen inorganik fosfatlar çözünebilir reaktif fosforlar (SRP) şeklinde de tanımlanmaktadır. Ortofosfat bitkilerce kullanılabilir durumdadır. Organik polifosfatlar mikrobiyal aktivite ile ortofosfatlara parçalanırlar. Doğal sularda TP oranı oldukça düşüktür. Ötrofik ve atık sular hariç nadiren 0,5 mg/L'yi aşar. SRP miktarı ise 0,05 mg/L'den daha azdır. Kirlenmemiş sularda bu oran 0,001-0,005 mg/L aralığındadır (29).

1.5.11. Toplam Amonyak Nitrojeni (TAN)

Azot, sucul ekosistemlerin verimliliğini etkileyen ana bir besleyici olmakla birlikte su içerisinde çözünürlüğü azdır. Bu miktar suda çözünen CO₂ ve O₂ ile kıyaslandığında CO₂'den 50 kat az ve O₂'nin yarısı kadardır. Fakat atmosferde fazla bulunması ve su ile teması, çözünürlüğünün nispeten fazla oluşuna sebep olur. Çözünürlüğü tıpkı CO₂ ve O₂ de olduğu gibi artan sıcaklık ve tuzlulukla azalır. Doğal sularda bulunan inorganik azot bileşikleri; amonyum iyonu (NH₄⁺) iyonize olmamış amonyak (NH₃), nitrit (NO₂⁻) ve nitrattır (NO₃⁻). Bunlar bitkilerce özümленerek birçok organik bileşiğin yapısına katılırlar. İyonize olmamış amonyak ve amonyum iyonu toplamı toplam amonyak azotu (TAN) olarak da tanımlanır. Aşağıdaki reaksiyonda gösterildiği gibi bunlar birbirlerine dönüşebilirler (32).



Sudaki amonyum, azotlu organik maddelerin bozunmasıyla, gübre veya inorganik amonyum kaynaklı kimyasal gübrelemeyle, evsel ve endüstriyel kirlenmeyle, yoğun akuakültür sistemlerinde özellikle balık ve kabukluların boşaltımı ve balığın solunumu sırasında oluşur. Sularda amonyak varlığı nitritte olduğu gibi, patojen mikroorganizma olasılığına işaret eder. Ayrıca amonyak, suya kanalizasyon karışmış olduğunun da bir göstergesidir. İyon halindeki amonyum (NH_4) balıklar ve diğer sucul organizmaların için önemli bir zehir değildir (6).

Amonyumun aksine amonyak balıklar için çok zehirlidir. Balıkların merkezi sinir sistemi ile kan dolaşımını olumsuz yönde etkilerler. Özellikle enzim aktivitesinde dengesizliğe, membran sağlamlığında azalışa, solungaçlarda bozulmalara ve büyümenin yavaşlamasına yol açarlar. Ayrıca amonyak zehirlenmesine maruz kalmış balıkların çeşitli organlarında yoğun kanamalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Balıklar, nadiren 1,2 mg/L yoğunluğundaki amonyak değerlerine dayanabilirler. Genel olarak, amonyağın 1 mg/L değeri balıklar için öldürücü etki yapar. Bu kriter küçük balıklar için 0,6 mg/L, yavru balıklar için 0,2 mg/L olarak kabul edilmektedir (5).

Tablo 1.8’de görüldüğü gibi sulardaki amonyak miktarı, pH ve sıcaklıkla değişmektedir. CO , tuzluluk ve CO_2 arttıkça amonyağın balıklar için zehir etkisi azalırken pH ve sıcaklıktaki artış ise zehir etkisini arttırmaktadır.

Tablo 1.7 Sıcaklık ve pH’ya göre toplam iyonlaşmamış NH_3 miktarı (33)

pH	Sıcaklık (°C)													
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7	0,0013	0,0016	0,0018	0,0022	0,0025	0,0029	0,0034	0,0039	0,0046	0,0052	0,0060	0,0069	0,0080	0,0093
7,2	0,0021	0,0025	0,0029	0,0034	0,0040	0,0046	0,0054	0,0062	0,0072	0,0083	0,0096	0,0110	0,0126	0,0150
7,4	0,0034	0,0040	0,0046	0,0054	0,0063	0,0073	0,0085	0,0098	0,0114	0,1310	0,0150	0,0173	0,0198	0,0236
7,6	0,0053	0,0063	0,0073	0,0086	0,0100	0,0116	0,0134	0,0155	0,0179	0,0206	0,0236	0,0271	0,0310	0,0369
7,8	0,0084	0,0090	0,0116	0,0135	0,0157	0,0182	0,0211	0,0244	0,0281	0,0322	0,0370	0,0423	0,0482	0,0572
8	0,0133	0,0156	0,0182	0,0212	0,0247	0,0286	0,0330	0,0381	0,0438	0,0502	0,0574	0,0654	0,0743	0,0877
8,2	0,0210	0,0245	0,0286	0,0332	0,0385	0,0445	0,0514	0,0590	0,0676	0,0772	0,0880	0,0998	0,1129	0,1322
8,4	0,0328	0,0383	0,0445	0,0517	0,0597	0,0688	0,0790	0,0904	0,1031	0,1171	0,1326	0,1496	0,1678	0,1948
8,6	0,0510	0,0593	0,0688	0,0795	0,0914	0,1048	0,1197	0,1361	0,154	0,1737	0,1950	0,2178	0,2422	0,2768
8,8	0,0785	0,0909	0,1048	0,1204	0,1376	0,1566	0,1773	0,1998	0,2241	0,2500	0,2774	0,3062	0,3362	0,3776
9	0,1190	0,1368	0,1565	0,1782	0,2018	0,2273	0,2546	0,2836	0,3140	0,3456	0,3783	0,4116	0,4453	0,4902
9,2	0,1763	0,2008	0,2273	0,2558	0,2861	0,3180	0,3512	0,3855	0,4204	0,4557	0,4909	0,5258	0,5590	0,6038
9,4	0,2533	0,2847	0,3180	0,3526	0,3884	0,4249	0,4618	0,4985	0,5348	0,5702	0,6045	0,6373	0,6685	0,7072
9,6	0,3496	0,3868	0,4249	0,4633	0,5016	0,5394	0,5762	0,6117	0,6456	0,6777	0,7078	0,7358	0,7617	0,7929
9,8	0,4600	0,5000	0,5394	0,5776	0,6147	0,6499	0,6831	0,7140	0,7428	0,7692	0,7933	0,8153	0,8351	0,8585
10	0,5745	0,6131	0,6498	0,6844	0,7166	0,7463	0,7735	0,7983	0,8207	0,8408	0,8588	0,8749	0,8892	0,9058
10,2	0,6815	0,7152	0,7463	0,7746	0,8003	0,8234	0,8441	0,8625	0,8788	0,8933	0,9060	0,9173	0,9271	0,9389

1.5.12. Nitrat Azotu (NO_3^- -N) ve Nitrit Azotu (NO_2^- -N)

Nitrat Azotu (NO_3^- -N), azotun doğal sularda bulunan yaygın bir formudur. Genellikle anaerobik şartlar altında denitrifikasyon olaylarıyla Nitrit Azotuna (NO_2^- -N) indirgenir. Nitrit iyonu da hızlı bir şekilde nitrata dönüşür. Yüzeysel sularındaki nitratin doğal kaynakları; volkanik kayalar toprağa verilen atık sular, bitki ve hayvan artıklarıdır. Nitrat, sucul bitkiler için zorunlu bir besleyicidir. Yüzeysel sularında nitrat yoğunluğu yaklaşık 0,2-2 mg/L değerleri arasındadır. Ancak endüstriyel atık sular, belediyelerin düzenli çöp toplama sahalarındaki sızıntılar bu oranı arttırabilir. Kırsal bölgelerde zirai faaliyetler için kullanılan inorganik nitrat gübreleri de önemli bir kaynaktır. İnsan faaliyetleri yüzeysel sularındaki nitrat oranını 5 mg/L'ye çıkarsa da sıklıkla bu oran 1 mg/L'den daha azdır. Nitratin 5 mg/L'yi aşması genellikle insan ya da hayvan atıklarıyla oluşmuş bir kirliliğin ya da gübrelerin yağmur sularıyla yüzeysel sularına karıştığına bir göstergesi olabilir. Aşırı kirlilik olması durumunda nitrat yoğunluğu 200 mg/L'ye ulaşabilir. WHO'nun içme suları için tavsiye ettiği değer maksimum 50 mg/L'dir. Daha yüksek nitrat içeriği sağlık açısından riskli olabilir. Göllerde nitratin 0,2 mg/L seviyesini aşması alg çoğalmasını uyarır ve zamanla ötrofikasyona sebep olabilir. Nitrat yeraltı sularında toprak erimesinin bir sonucu olarak da meydana gelebilir. Ancak yüksek miktarda azot içeren gübrelerin kullanılması sonucunda nitrat yoğunluğu 500 mg/L'ye ulaşabilir. Avrupa'da geleneksel tarım bölgelerinde son 20-30 yıl içerisinde yoğun gübre kullanımından dolayı yeraltı suyundaki nitrat yoğunluğu belirgin bir şekilde artmıştır (23).

Nitrit, azotun oksidasyonu sonucunda oluşur. Azotun diğer formlarına göre yüzeysel sularda çok daha az miktarda bulunur. Çünkü nitrit bir ara ürün olup ya oksitlenerek nitrata veya indirgenerek amonyağa dönüşmektedir. Nitrit yoğunluğu tatlı sularda genellikle 0,001 mg/L'den düşüktür. Nadir de olsa 1 mg/L'den yüksek olabilir. Yüksek nitrit oranı genellikle endüstriyel bir kirliliğin göstergesidir ve bu da sıklıkla suyun kötü bir mikrobiyal kaliteye sahip olmasıyla ilişkilidir. Nitrat, nitrite dönüştüğü zaman toksik bir etki meydana getirir. Özellikle hemoglobine etki ederek onun methemoglobinine dönüşümünü sağlayarak oksijen taşıma mekanizmasını olumsuz etkiler. Normalde kanda % 1-3 oranında bulunan methemoglobinin % 5-10 seviyesine çıktığında özellikle altı aydan daha küçük çocuklarda uyuşukluk, nefes darlığı ve mavi bebek sendromu gibi olumsuz durumlar görülebilir. Yüksek oranda nitrat veya nitrite maruz kalındığında kanda oksijen azlığı ve ölüm meydana gelebilir (34).

Nitrit, sulara çözülmüş oksijenin azalmasına, nitrifikasyon nedeniyle ötrofikasyona, asitli ortamda organik kökenli kanserojen maddelerin oluşmasına neden olur. İçme sularında 10 mg/L den daha fazla nitrat çocuklarda solunum problemlerine neden olabilir. Nitratın laboratuvar hayvanlarında kansere neden olduğu da tespit edilmiştir (35).

1.5.13. Sülfat (SO_4^{2-})

Sülfat iyonu, doğal sulara bulunan başlıca anyonlardan biridir. Aşırı miktarda bulunduğu insanlar üzerindeki müshil etkisinden dolayı evsel su kaynaklarında önem taşımaktadır. Bu nedenle EPA'nın sülfat için ikincil standardı, insani kullanım amaçlı sulara 250 mg/L olarak belirlenmiştir. Sülfat, atık suların uzaklaştırılması ve arıtımında sık karşılaşılan iki önemli problemle dolaylı olarak ilişkili olduğu için önemli bir endişe kaynağıdır. Bu problemler anaerobik koşullarda sülfatın hidrojen sülfüre indirgenmesi ile ortaya çıkan koku ve korozyon problemleridir (36). Suyun yapısına topraktan geçen sülfat, sulara bikarbonat ve klorürden sonra en yaygın bulunan iyondur. Toprakta sülfür minerallerinin oksidasyonu ile kükürtlü bileşikler kalsiyum sülfat tuzlarına dönüşür. Kalsiyum sülfat doğada iki molekül kristal suyu içeren jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve susuz kalsiyum sülfat olan anhidrit mineralleri halinde bulunur. Doğal suların sülfat yoğunluğu yaklaşık olarak 5-200 mg/L arasında değişir. İçme ve kullanma sularında sülfat için 250 mg/L sınır değeri verilmiştir. Bu değer aşılmaması durumunda insanlarda bağırsak sistemini olumsuz yönde etkileyerek müshil etkisi yapabilir (4).

Sülfat yoğunluğu doğal sulara her ne kadar 5-200 mg/L yoğunluğunda bulunsada; jips-alçı taşı gibi sülfat minerallerinin olduğu kurak bölgelerde veya endüstriyel deşarjların olduğu yerlerde 1000 mg/L seviyesini aşabilir. 400 mg/L'den daha yüksek yoğunlukta sülfat içeren suların tadı içmek için tatsız olabilir (23).

1.5.14. Sülfid (SO_3^{2-})

Sülfidin yeraltı suyunun yapısına katılması volkanik gazlardan ve kükürtlü minerallerin ayrışmasıyla olmaktadır. Yüzey sularında başlıca sülfid oluşumu; göllerin ve su toplanan alanların taban sedimentinde bulunan organik maddelerin anaerobik bakteriler tarafından bozulmasıyla meydana gelir. Eser miktardaki sülfid iyonu, kirlenmemiş dip sedimentlerindeki bitkilerin çürümesinden oluşur fakat yüksek konsantrasyondaki sülfid, kanalizasyon veya endüstriyel atıkların varlığının

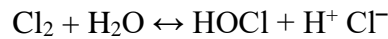
göstergesidir. Ortamda oksijen olması durumunda sülfid, hızlı bir şekilde sülfür ve sülfat iyonlarına dönüşür. Sülfid miktarında hissedilebilir bir artış olduğunda keskin koku ve toksiteden dolayı sülfid iyonları suyun içilmesini ve diğer kullanımlarını uygunsuz hale getirir (23).

1.5.15. Silisyum (Si)

Silisyum, yüzey ve yeraltı sularında çözülmüş halde, askıda madde ve kolloidal şekillerde her zaman mevcuttur ve yaygın bir şekilde bulunur. Silisyum formları genelde çözülmüş silika (SiO₂) bazen de silikat (H₄SiO₄) olarak silisli minerallerin ayrışmasından meydana gelir. Silika cam ve porselen sanayisinde kullanılan silisli hammaddelerin atıklarıyla da suyun yapısına katılabilir. Ayrıca başta diyatomeleler (Bacillariophyta) olmak üzere bazı sucul bitkiler için zorunlu bir elementtir. Bu yüzden diyatome miktarında artış olduğunda silika yoğunluğu düşüş gösterir. Artan diyatomeleler balıklar için önemli bir besin kaynağıdır. Bu nedenle Silika yoğunluğundaki artış, balık üretimi açısından avantajdır. Nehir ve göllerin silika içeriği genellikle 1-30 mg/L arasında değişir. Yeraltı sularında ve volkanik sularda bu oran daha yüksektir hatta termal sularda 1 g/L'yi geçebilir (27).

1.5.16. Serbest Klor (Klorin - Cl₂)

Serbest klor, doğal sularda bulunmaz. Sulardaki klor, dezenfeksiyon amacıyla suya katıldan artı kalan ya da çamaşır yıkama sırasında beyazlatmak amacıyla kullanılan maddelerden kaynaklanır. Suda kolay çözünen bir gaz olduğundan su ile reaksiyona girerek zayıf bir asit olan hipokloröz asidi oluşturur.



Eğer suda organik madde miktarı fazla ise klor bu maddelerle reaksiyona girerek kanserojen olan organoklorürlü bileşikleri oluşturur. Bu maddeler hem sucul yaşam için hem de insanlar için zararlıdır. Suda az miktarda bulunan klor zararlı değildir. Ancak suyun tadını ve kokusunu bozucu etkisi vardır. İçme ve kullanma sularında serbest klor sınır değeri 0,5 mg/L'dir. Balıkların cinsine göre öldürücü klor düzeyi 0,3-4 mg/L arasında değişir (4, 6).

1.5.17. Anyonik Sürfaktan (AS)

Anyonik yüzey aktif maddeleri, bulaşık, giysi yıkama deterjanlarının yanı sıra saç şampuanları gibi ev deterjanları ürünlerinde kullanılmaktadır. Linear alkilbenzen

sülfonatlar (LAS), en yaygın olanlarıdır (37). Suyun yapısına ise endüstriyel ve evsel atık suları ile girerler. Bununla birlikte yüzey aktif maddesi üreten fabrikaların atmosfere saldıkları maddelerin, yağış yoluyla geri dönmesi de önemli bir katkı sağlar. Yüzey aktif maddeleri, yüksek oranda toksik değildir, ancak sucul yaşamı etkileyebilirler. Eğer suda 0,4-3 mg/L oranında deterjan bulunursa suya tat ve koku verir. Klorlama da bu etkiyi artırır. Deterjanların suyun yüzeyinde oluşturduğu köpükler suyun hava ile temasını zorlaştırır ve oksijen seviyesinin düşmesine sebep olur. Bu düşüş de suyun kendi kendini temizlemesini zorlaştırır ve sucul yaşamı olumsuz etkiler. Sürfaktantın yapısına bağlı olarak 0,1–0,5 mg/L arasındaki yoğunluklar köpük oluşumu için eşik seviyedir (23).

1.5.18. Fenol

Fenol; demir-çelik, kömür, petrol, metalürji, plastik, deri, tekstil, parlatici boya, fotoğraf, ilaç, pestisit, kereste ve kâğıt sanayii gibi pek çok farklı endüstri atıklarıyla suyun yapısına katılan önemli bir kirleticidir. Fenol ayrıca doğal olarak su ve sedimentteki organik maddelerin biyokimyasal olarak çürümesiyle ve sucul organizmaların metabolizma faaliyetleriyle oluşur. Fenoller bir ya da birkaç hidroksil grubu içeren aromatik bileşiklerdir. Biyokimyasal, fotokimyasal veya kimyasal oksidasyonu kolaydır. Başta çözülmüş oksijen olmak üzere sucul canlılar, suyun kalitesi ve ekolojisi üzerinde zararlı etkileri vardır. İçme sularındaki varlığı suyun tadı ve kokusunu olumsuz etkiler. Fenol yoğunluğu kirlenmemiş sularda genelde 0,02 mg/L'den daha azdır. Ancak 0,01 mg/L'nin üzerindeki değerler balıklarda toksiteye sebep olabilir. Sudaki çözülmüş oksijenin azalması, tuz yoğunluğunun artması ve sıcaklığın yükselmesi fenolün toksik etkisini artırır. İçme sularındaki maksimum değeri Avrupa Birliği İçme Suları Standartları 80/778/EEC'ye göre 0,5 µg/L'dir (5, 38).

1.5.19. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİs)

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), belirli bir süre içinde ve belirli bir sıcaklıkta su içerisindeki organik maddelerin ayrışması için bakterilerce kullanılan toplam oksijen miktarının bir ölçüsüdür. Genellikle atık sularda daha yüksektir. BOİ, su kalitesinin ölçülmesinde ve organik kirliliğin belirlenmesinde önemli parametrelerden biridir. Bu parametrenin ölçülmesinin ana amacı, suyun kirlilik durumunun belirlenmesi, arıtma tesislerinde suyun temizlenme derecesinin belirlenmesi ve arıtılmış suların çevre

kaynaklara deşarjı halinde yönetmeliklerde verilen limit değerlere uygun olup olmadığının belirlenmesidir. BOİ deneyleri genellikle 20°C’de 5 gün süreli olarak yapılır ve BOİ₅ olarak verilir (4, 26).

1.5.20. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

KOİ, K₂Cr₂O₂ gibi güçlü kimyasal oksitleyiciler ile suda bulunan doğal ve kirletici organik maddelerin parçalanması esnasında tüketilen oksijen miktarıdır. Kanalizasyon, sanayi ve arıtma tesisi atıkları gibi içeriği sürekli değişen sularda yapılan ölçümlerde hızlı sonuç alındığından, KOİ önemli bir parametredir. KOİ deneyinde biyokimyasal olarak parçalanan organik maddelere ilaveten oksitlenebilen diğer maddeler de reaksiyona girdiğinden KOİ değerleri daima BOİ değerlerinden yüksektir. Evsel atıksular genellikle 0,4-0,5 BOİ₅ / KOİ oranına sahiptir. BOİ ve KOİ oranlarının karşılaştırılması bir atık sudaki toksitenin biyolojik olarak ayrışabilme oranı hakkında bilgi verir. Bu oran 1’e yaklaşırsa biyolojik olarak ayrışabilen, sıfıra yaklaşırsa biyolojik olarak ayrışamayan bir atık içeriğine işaret eder (22).

1.5.21. Askıda Katı Madde (AKM)

Su içinde askıda kalan ve zamanla çökebilen, boyutları 2 µ’den büyük olan organik ve inorganik maddelere askıda katı maddeler (AKM) denir. Alüvyon, kil parçacıkları, plankton, yosun, ince organik atıklar ve diğer partiküler maddeleri içerir. Akarsular bu maddeleri sürükler veya askı halinde taşırlar. Bu maddeler suyun renk ve bulanıklığı ile kimyasal kalitesini etkiler. AKM’lerin yüksek yoğunlukta olması pestisit gibi zararlı maddelerin taşınmasını da kolaylaştırır, suyun tadını bozarak içme suyu olarak kullanılmasını etkiler, su arıtma tesislerinin verimliliğini düşürür. Ayrıca suyun berraklığını azalttığından sucul canlıların fotosentez yapmasını yavaşlatır. Sulardaki AKM’lerin kaynağı genelde endüstriyel deşarjlar, kanalizasyon atıkları, gübreler, yağmur sularının toprak yüzeyinden taşıdığı maddeler ve toprak erozyonudur (39).

1.5.22. Klorofil-a

Klorofil-a bütün bitkilerde fotosentez yapan başlıca pigment maddesi olarak bulunur. Tüm fitoplanktonik organizmalarda kuru maddelerin ağırlıkça %1-2’sini oluşturduğundan alg bioması tahminlerinde ve suların trofik statülerinin belirlenmesinde bir gösterge olarak kullanılır. Klorofil-a miktarları fitoplankton büyümesinin de bir göstergesidir. Göl, gölet ve baraj gibi su toplama alanlarında

çoğalan algler suyun tadını ve kokusunu bozarak içilebilir hale getirilmesini zorlaştırır. Ayrıca çözünmüş oksijen seviyesini azaltabilir ve pH seviyesini değiştirebilir. Suyun içindeki planktonik alglerin büyüüp çoğalması başta nitrat, fosfat gibi besleyicilerin varlığının yanı sıra sıcaklık ve ışık ile de bağlantılıdır. Bu nedenle klorofil miktarındaki günlük ve mevsimsel değişimler, suyun derinliğine ve çevresel şartlara bağlıdır (23).

1.6. Sularda Mikrobiyal Kirlilik

Bakteri popülasyonları, sucul ekosistemlerde, besinlerin transformasyonu ve demineralize edilmesinde önemli rol oynarlar. Bu sayede enerji dönüşümüne de katkı sağlarlar. Ancak akarsuların özellikle yerleşim ve tarım alanları içerisinde kalan kısımları zaman zaman farklı mikrobiyal kirliliklere de maruz kalabilmektedir. Bunun temel nedenleri, evsel atıkların arıtılmadan deşarj edilmesi ve buna bağlı olarak insan, hayvan dışkılarının sucul ekosisteme karışması, tarım alanlarında sulama sonrası yeraltı sularının akarsulara taşınmasıdır (40). Özellikle aşırı nüfus artışına bağlı olarak halkın temiz su kullanım ihtiyacı artış göstermiştir. Bu ihtiyaçların tekrar su kaynaklarından temin edilmesi, su kaynaklı enfeksiyon hastalıklarının meydana getirmektedir. Sulardaki mikrobiyal kirlilik sıklıkla insan, evcil hayvanlar (kümes, küçükbaş, büyükbaş gübrelerinin yayılması) veya doğadaki diğer canlıların doğal fekal atıklarının karışmasıyla olmaktadır. Doğal su kaynaklarındaki mikrobiyal kirliliğin ana kaynağı su arıtma tesisleri, hastaneler veya endüstrilerden kaynaklanan deşarjlardır (41).

Sucul ekosistemlerde mikroorganizmalar su yüzeyi, sediment, sucul bitkiler ve hayvanlar dâhil olmak üzere çevresel bileşenlerde bulunurlar. Sediment ve su altı bitkileri, mikroorganizmalar için önemli birikim alanlarıdır. Yapılan çalışmalarda patojen mikroorganizmaların besin eldesinin kolaylığı ve ultraviyole radyasyonundan korunma amacıyla sedimentlerde daha fazla yer aldığı gözlenmiştir. Buna bağlı olarak sedimentler suya göre 10 kat daha fazla virüs içermektedirler (42). Su kaynaklı ölümcül enfeksiyonlar özellikle gelişmekte olan ülkelerde doğrudan veya dolaylı olarak enfeksiyon ajanlarına, insanların aşağıdaki nedenlerden dolayı maruz kalmasıyla yaşanmaktadır:

- i. Patojen bakteri, virüs veya parazitler tarafından kirlenmiş suların insanlar tarafından içilmesi. Bu durumda özellikle kolera, dizanteri, tifo, paratifo, ishal, hepatit ve polyomilitis meydana gelmektedir.
- ii. Kişisel temizlik, çamaşır, ev temizliği, yemek gibi ihtiyaçların kullanımında temiz su kıtlığı ve buna bağlı olarak kirli su kaynaklarının kullanılması. Bu durumda uyuz, deri hastalıkları, göz hastalıkları gibi problemlere rastlanmaktadır.
- iii. Kirli su kaynaklarında yetişen sucul canlıların (balık, midye, yengeç vb.) tüketilmesi nedeniyle enfeksiyon problemleri yaşamaktadır.
- iv. İnsanların kirli suların çevresinden beslenen böcekler tarafından ısırılması. Bu hastalıklar genellikle malarya, ateşli sarıhumma, sıtma olabilmektedir.

1.6.1. Koliform Bakteriler

Koliform grubu bakteriler, benzer biyokimyasal ve büyüme karakteristiği gösteren ve özellikle dışkı kontaminasyonlarında tanımlanan bakterilerden oluşmaktadır. Toplam koliform, genellikle 37 °C'de büyüeyebilen geniş bir bakteri grubunu ifade etmektedir. Bunun yanı sıra termotolerant koliformlar 45 °C'ye kadar dayanım gösteren bir başka gruptur. Bu grup içerisinde en bilineni, fekal örneklerde spesifik olarak yer alan *Escherichia coli*'dir (43).

1.6.2. Toplam Koliform (TC)

Koliform organizmalar, diğer gruplar ile karışıklığı engellemek amacıyla toplam koliform tanımlanmışlardır. Bu grup bakteriler özellikle su kalitesi hakkında önemli bir parametredir. Bu grup bakterilerin karakterize edilmesinde birçok geleneksel metot vardır. Bu metotlar şu karakteristik özelliklerin tespitine dayanmaktadır: Gram negatif olmaları, sporsuz, çubuk şeklinde, safra tuzlarında büyüeyebilme, oksidaz negatif, 35-37 °C laktozu fermente edip gaz çıkışı göstermeleri. toplam koliformlar, *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* ve *Klebsiella* grubu bakteri gruplarını içermektedir. Bu grup *Enterobacter cloacae* ve *Citrobacter freundii* özellikle laktoz-fermente edebilen bakterileri içermektedirler ki bu bakteriler hem fekal florada bulunabilirken hem de yüksek organik madde içeren içme sularında bulunabilmektedirler. Toplam koliform grubu ayrıca memeli dışkısında bulunmayan *Budvicia* ve *Rahnella* grubu bakterileri de içermektedir.

Doğal su kaynaklarında fekal kaynaklı olmayan toplam koliform grubu bakteriler bulunabilir ve bunlar spesifik bir değerlendirme indeksi bulunmadığı için doğal sularda tolere edilebilmektedir. Buna bağlı olarak fekal kökenli olmayan toplam koliformların ortadan kaldırılması için çok büyük bir çaba sarf edilmemektedir. Doğal suların temizliğindeki en önemli parametre, fekal kaynaklı mikroorganizmaların % 95 oranında arındırılmış olmasıdır (43).

1.6.3. Termotolerant (fekal) koliform (CC)

Termotolerant koliformlar, 44-45°C’de laktozu fermente edebilme özellikleri ile toplam koliform grubu içerisinde yer alırlar. Termotolerant bakteriler *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* ve *Citrobacter* grubu bakterileri içermektedir. Bunlar içerisinden *E. coli* fekal orijinli olup her zaman insan, diğer memeli ve kuşların feçeslerinde bulunmaktadır (44).

1.6.4. *Escherichia coli* (EC)

E. coli, Enterobacteriaceae familyası içerisinde en iyi tanımlanan türdür ve β -galactosidase ve β -glucuronidase enzimlerine sahip olması onun en karakteristik özelliğidir. *E. coli* kompleks besiyeri ortamlarında 44-45°C’de dahi büyüyebilir, laktoz ve mannitolü fermente ederek asit ve gaz üretir, triptofanı indole dönüşterebilirler. *E. coli* oksidaz üretmez ve üreyi parçalayamaz. *E. coli*’nin doğru şekilde tanımlanabilmesi için birçok hızlı ve güvenilir metot geliştirilmiştir. Bu metotların bir kısmı ulusal ve uluslararası olarak kabul gören metotlar (ISO 9308-1; ISO 9308-2) olarak onaylanarak kullanılmaya ve geliştirilmeye devam edilmektedir (45, 46).

E. coli insan ve hayvan dışkılarında en fazla oranda bulunan mikroorganizmadır. Özellikle lağım suları, atık maddeler, doğal su kaynakları ve dışkı karışmış topraklarda bulabilirler. Ayrıca *E. coli* dışkı kaynaklı olmadığı halde tropikal sularda bulunabilirler. *E. coli*, fekal kontaminasyon belirteci olarak sıklıkla kullanılır ve tercih edilir. Ayrıca atık sulara temizleme işlemi yapıldıktan sonra yapılan işlemin etkinliğini doğrulamak amacıyla kullanılmaktadır. *E. coli*’nin bulunup bulunmaması bir su dezenfeksiyon işlemi sonrası önemli bir belirteçtir (46).

1.7. Sediment Ağır Metal Varlığı

Ağır metaller, çözeltilerinde pozitif iyon oluşturan ve yoğunlukları 5 g/cm^3 büyük olan metaller olarak adlandırılırlar. Tanımlanan 118 elementin 60 tanesini ağır metaller oluşturur. Bunlar, özellikle toksikolojik önem taşımaktadır. Demir gibi yaşam için hayati öneme sahip olanların yanı sıra kadmiyum, kurşun, nikel, gümüş gibi toksik etkiye sahip olanlar da vardır. Bu toksik metaller bazı organik maddeler gibi metabolik olarak parçalanamazlar ve canlıların dokularında birikerek ciddi sağlık problemlerine veya ölümlerine sebep olabilirler. Ayrıca bu metaller atık sularında çözünerek yüzey sularına karışır ve besin zincirine katılarak halk sağlığını tehdit ederler. İlâveten metaller yeraltı suyuna sızarak içme suyunu kirletirler ve tüketicilere zarar verirler. Yüzey sularının kimyasını, suların aktıkları veya toplandıkları havzanın toprak ve kayaç yapısı büyük oranda belirler. Ayrıca sıcaklık, pH, ORP, taban sedimenti, organik ve inorganik AKM, iyon değişimleri, buharlaşma ve organizmaların varlığı suyun fiziksel kimyasal biyolojik parametrelerini etkilerler. Örneğin, akarsu kireçtaşı içeren (CaCO_3) yüzeylerden akıyorsa pH'ı yaklaşık 8 civarında olurken, granitli yüzeylerden akan sular pH'sı yaklaşık 6 olur. Düşük pH ağır metallerin çözünürlüğünü etkileyerek sudaki akışkanlığını arttırabilir. pH'nın 5'ten aşağıya düşmesi sucul ekosistemler için ciddi problemler oluşturur. Ağır metaller başta algler olmak üzere sucul canlılarda birikerek besin zincirindeki canlılara zarar verirler. Ağır metaller kayalar ve mineraller içinde bulunurlar. Buralardan çok çeşitli yollarla topraklara, sedimentlere ve sulara dağılırlar. Böyle yerlerde yoğunlukları çok düşüktür. Bu yoğunluklara, taban veya doğal yoğunluklar denir. Metaller taban yoğunluklarının üzerinde olursa canlılara zarar vermeye başlarlar. Bu olay teknolojik faaliyetler sonucu meydana gelir ve buna da çevre kirlenmesi denir (48).

Doğal sularında bulunan metaller genellikle iyon halinde bazen organik bileşikler bazen de partiküler maddelere tutunmuş halde bulunurlar. Ancak metaller sedimente çökmüş veya tutunmuş olsalar bile bazı fiziksel ve kimyasal olaylarla tekrar canlılara zarar verebilecek forma dönüşebilirler. Sediment tabakası kirleticiler için bir toplanma haznesidir. Uzun yıllar bozulmadan kalabilen inorganik ve organik kökenli kirleticiler sedimentte birikebilirler. Bu maddeler zamanla sucul canlılar ve insan sağlığını için potansiyel tehlike oluşturabilirler. Bu nedenle sucul yaşam, insan yaşamı ve doğal dengenin korunmasının yanı sıra, doğal suların biyolojik olarak korunması ve kendilerini yenileyebilmeleri açısından da sediment kalitesinin bozulmaması önem ar

etmektedir. Sedimentte bulunan kirleticiler akuatik canlıları veya ekolojik öneme sahip türleri ya doğrudan etkileyerek ya da besin zincirini etkileyerek yok eder veya azaltır. Hatta bazı sediment kirleticileri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar neticesinde besin zincirinde birikebilir veya doğrudan suyun yapısına geçebilir (49).

1.7.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum kimyasal olarak çinko ile benzer özelliklere sahip olup sülfat içeren kayalarda çinko, bakır ve kurşun ile birlikte doğal olarak bulunmaktadır. Ancak sulara karışmasının ana kaynağı endüstri atık sularıdır. Fosil yakıtların yanması neticesinde çevreye önemli ölçüde kadmiyum salınımı olur. Kadmiyumun başlıca kullanıldığı yerler; korezyonu önleyici olarak metal ve uçak sanayinde, diş alaşımları, aküler, seramikler, tekstil boyama, nikel-kadmiyumlu piller, bakır rafinerisi, elektrik kaplama, pestisitler, plastik kaplamalar gibi çok yaygın kullanım alanları vardır. Kadmiyum ayrıca gübre, deterjan ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar. İnsanın kadmiyuma maruz kalma kaynakları ise çoğunlukla sigara dumanı, işlenmiş gıdalar, şebeke sularının boruları, kahve ve çay gibi içecekler, kabuklu deniz ürünleri, bitkisel üretimde tohum aşamasında gübre kullanımı, kömür gibi fosil yakıtların tüketilmesi ve baca gazlarıdır (50).

Ağır metaller içerisinde suda çözünme özelliği en yüksek olan element kadmiyumdur. Bundan dolayı doğada kolayca yayılır. İnsan vücudunun ihtiyacı olan bir element değildir. Cd^{+2} şeklinde bitkiler ve deniz canlıları tarafından alınır ve besin zincirine katılır. Kadmiyum bakımından zengin olan karaciğer, mantarlar ve balık gibi ürünler insan vücudunda kadmiyum yoğunluğunu artırır. Kronik kadmiyum zehirlenmesinin en şiddetli şekli 'itai-itai' hastalığıdır. İlk kez 1955 yılında Japonya'da kadınlarda görülmüştür. Hastalar eklemlerinde meydana gelen kalsiyum kaybı sebebiyle hareket ederken çok büyük acı çekerler. 1955-1968 yılları arasında bu hastalıktan 100 kişinin öldüğü bildirilmiştir. Yüksek miktarda kadmiyum insanlarda yüksek tansiyon, anemi, mide ağrısı ve kusma, kolay kemik kırılması, kısırlık, sinir sisteminde bozukluk, bağışıklık sisteminde zayıflama, kanser, saç dökülmesi, cilt kuruması, iştah kaybı, böbrek ve karaciğer rahatsızlıkları gibi sağlık sorunlarına yol açmaktadır (51).

1.7.2. Kobalt (Co)

Kobalt doğada bakır ve nikel mineralleri ile birlikte bulunmaktadır. Kobalt bileşikleri cam ve seramik sanayinde renk maddesi olarak uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Kobalt 20. yüzyılın başlarından itibaren ise alaşımlarda, süper alaşımlar ve manyetik alaşımlarda, çeliği güçlendirmekte kullanılmaya başlamıştır. Sert metal üretiminde, işlenmesinde ve porselen boyamasında kobalta maruz kalınabilmektedir. Özellikle solunum yoluyla tozların ve dumanın solunması neticesinde kobalta maruz kalınabilir. Hayvansal kaynaklı gıdalardan da Co alınımı söz konusudur. İnsanlarda kobalt kanserojen bir etki göstermektedir (52). Topraktaki normal kobalt içeriği ise genellikle 1 ile 40 ppm arasındadır. Bu elementin kanalizasyon artıklarındaki miktarı düşük olduğu için, toprakta kobalt kirliliği sorununun ortaya çıkma ihtimali azdır (53). Doğal sulardaki kobalt yoğunluğu 0,01 mg/L'den daha düşüktür. İçme ve kullanma sularında kobalt için bir sınır değeri verilmemiştir. Sulama sularında 0,05 mg/L'den fazla kobalt bulunması istenilmeyen bir durumdur (4).

1.7.3. Krom (Cr)

Krom doğada çeşitli formlarda bulunur. Bu formlar; redoks potansiyeli, pH ve oksitleyici veya indirgeyici bileşiklerin varlığı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilir. Su ortamında çözünür krom esas itibarıyla (Cr^{+6}) formunda bulunur. (Cr^{+3}) formu nötr sulara tamamen hidroliz olarak hidroksit bileşikleri şeklinde çöker. Krom çoğunlukla paslanmaz çelik, krom kaplama ve metal seramik gibi alaşımlarda kullanılır. Ayrıca metalürjide aşınmaya karşı dayanıklılığı arttırmak ve de manyetik yapıştırıcıları üretmek için de kullanılır (54).

Kromun farklı formları, hava, su ve toprağa doğal yollarla ve insan faaliyetleri sonucu katılmaktadır. Krom toprak tanecikleri tarafından kuvvetle tutulduğu yeraltı suyuna ulaşmamaktadır. Aynı şekilde suda sediment tarafından tutulduğu için çok küçük miktarlarda suda çözünmektedir. Krom zehirlenmesi, deri yapısında bozulmalara ve karaciğer tahribatına neden olur. Bu nedenle içme ve kullanma sularında krom limit değeri 50 µg/L ile sınırlandırılmıştır (50).

1.7.4. Bakır (Cu)

Bakır başta bitkilerin beslenmesi ve klorofil oluşumu olmak üzere birçok enzimin yapısına katıldığı için eser miktarda bulunması gereken temel elementtir.

Hayvanların metabolizması ve kandaki hemoglobin için de gereklidir. Bakır, kanın oksijen taşıma mekanizmasında görev alır. Bakır eksikliğinde demir hareketi azalacağından kansızlık meydana gelir (4). Bakır esas itibariyle suya bakır minerallerinden geçer. Ancak su iletim hatlarında kullanılan bakır borularda meydana gelen korozyon yoluyla da bir miktar bakır suya karışır. Bakır, sindirim sistemini tahriş etse de genelde mg/L seviyesinde düşük yoğunlukları insan için zararsızdır. Buna rağmen Wilson Hastalığı olarak tanımlanan bakır kaynaklı metabolizma bozuklukları nadir de olsa görülebilir. Yüzeysel sulara 1 mg/L üzerindeki bakır yoğunluğu su bitkilerinde toksik etki yaptığı için su temin edilen rezervuarlarda ve havuzlardaki büyümesini önlemek için bakır sülfat tuzları kullanılır. Sularda 1 mg/L civarındaki yoğunluk bazı balıklar için toksik olabilir (54).

1.7.5. Demir (Fe)

Demir son derece yaygın metaldir ve normalde çözünmeyen formda olmasına rağmen toprakta doğal olarak meydana gelen birçok kompleks reaksiyon nedeniyle çözünür demir formları oluşabilir. Bunlar daha sonra topraktan geçen suyu kirletebilirler. Demir ferro (Fe^{+2}) durumunda çözünürdür ve hava ile temas ettiğinde çözünmez ferrik (Fe^{+3}) durumuna oksitlenir. Demirin tavsiye edilen günlük asgari gereksinimi, yaşa, cinsiyete ve fizyolojik duruma bağlı olarak 10-50 mg/gün arasında değişen esansiyel bir elementtir. Öldürücü dozları vücut ağırlığı başına 200-250 mg/kg arasında değişmektedir. İçme ve kullanma sularında 0,3 mg/L'den fazla demir bulunması suyun tadını bozduğu ve çamaşır yıkamada renk oluşturduğu için istenilmeyen bir durumdur. Sucul canlılar için 1 mg/L'den fazla demir zararlı etki yapar (4, 55).

1.7.6. Mangan (Mn)

Mangan, kayaç, toprak ve sedimentte yaygın olarak bulunur ve bu yapılardan yeraltı suyuna geçer. Hava ile temas ettiğinde suda çözünen mangan (Mn^{+2}) bileşikleri oksitlenerek siyah bir çökelti oluşturur. 0,02 mg/L derişimde bile borularda çökeltme oluşabilir ve çökelen siyah partiküller suya karışabilir. Aşırı mangan alımı olumsuz fizyolojik etkilere özellikle nörolojik etkilere yol açar. Ayrıca suda fazla miktarda mangan bulunması suyun tadını bozmasının yanı sıra çamaşırlarda demir gibi leke yapar. Özellikle tekstil endüstrisinde kullanılan sularda 0,01 mg/L'den fazla mangan bulunması istenmez. İçme ve kullanma sularında mangan limiti 50 µg/L'dir (4, 55).

1.7.7. Kurşun (Pb)

Kurşun, ağır metaller içinde en yaygın olanlarından biridir. Genellikle bakır, gümüş ve çinko maden cevherlerinde bulunur ve bunlarla beraber çıkarılır. Doğada az bulunmasına rağmen çevrede bulunan kurşunun çoğunluğu insan faaliyetleri sonucunda oluşan katı sıvı atıklarla, egzoz gazlarıyla yayılarak yağış suları ve akarsularla yeraltı suyuna karışırlar. Başlıca kurşun kaynakları otomobil aküleri, egzoz gazları, pestisitler, boyalar, sigara, oyuncaklardır. İnsan vücuduna başta yiyecek olmak üzere su ve hava yoluyla alınmaktadır. Kurşun, sinir sistemini etkileyerek doğmamış bebeklerde ve çocuklarda zekâ geriliği ve davranış bozukluklarına neden olabilir. Ayrıca yüksek tansiyon böbrek yetmezliği, kansızlık, sperm sayısının azalması, baş ağrısı, sinirlilik dikkat kaybı gibi sağlık problemlerine de yol açar (56).

1.7.8. Çinko (Zn)

Çinko, hava, su ve toprakta doğal olarak bulunan bir elementtir. Birçok yiyecek maddesi ve suyun içinde bulunan çinko, insan faaliyetlerinin sonucu giderek artmaktadır. Çinkonun çoğu madencilik, kömür ve atık yakımı ve çelik işleme gibi endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Çinkonun çıkarıldığı ve arıtıldığı veya endüstriyel alanlardaki kanalizasyon çamurlarının gübre olarak kullanıldığı yerlerde topraklar yoğun bir şekilde kirlenmektedir (50).

Çinko bileşikleri suda çok az çözünür. Genellikle doğal sulara 0,05 mg/L'den daha az oranda bulunur. Suyu daha çok sanayi atık sularından girer. İnsan vücudu için gerekli olan çinko için, içme ve kullanma sularındaki sınır değeri 5 mg/L olarak verilmiştir. Enzimlerin ve hormonların yapısına katıldığı için eksikliğinde bazı hastalıklar oluşur. Ancak aşırı miktarda çinko alınması da mide krampları, kaşıntı, kusma, pankreasta hasara protein metabolizmasının bozulması gibi sağlık problemlerine neden olur. Suların çinko ile kirlenmesi neticesinde, çinko suda yaşayan balıkların vücutlarında birikerek besin zincirine karışır. Çinko toprakta da yüksek miktarda bulunabilir. Tarım yapılan alanlar çinko ile kirlenirse, bitkiler ve hayvanlar sağlıklarını olumsuz etkileyen çinkoyu vücutlarına alırlar. Toprak suyunda çözünebilen çinko yeraltı suyunu da kirletebilmektedir (4, 50).

2. MATERYAL-METOT

2.1. Saha Çalışması

Bu çalışmanın amacı, Giresun ili Bulancak ilçesinin batısından Karadenize dökülen Pazarsuyu Deresi'nin su ve sediment kalitesini belirlemektir. Bunun için yapılan arazi çalışmaları Haziran 2014- Mayıs 2015 tarihleri arasında aylık örneklemelemlerle 12 ay boyunca yürütülmüştür.

Giresun'da akarsuların akım ve rejimleri üzerinde yağış ve sıcaklık gibi iklim elemanları, son derece önemli rol oynamakla birlikte sahanın litolojik, topografik ve bitki örtüsü özelliklerinin de etkisi büyüktür. Başta kıyı kesimi olmak üzere ilde litolojik yapının çoğunluğu geçirimsiz kayalardan oluşması, yüzey sularının yeraltına sızmasını büyük ölçüde engellemektedir. İlaveten akarsu yatak eğimlerinin fazla olması nedeniyle, eriyen kar ve yağmur sularının büyük bir kısmı hızlı bir şekilde yüzeysel akışa geçmektedir (57).

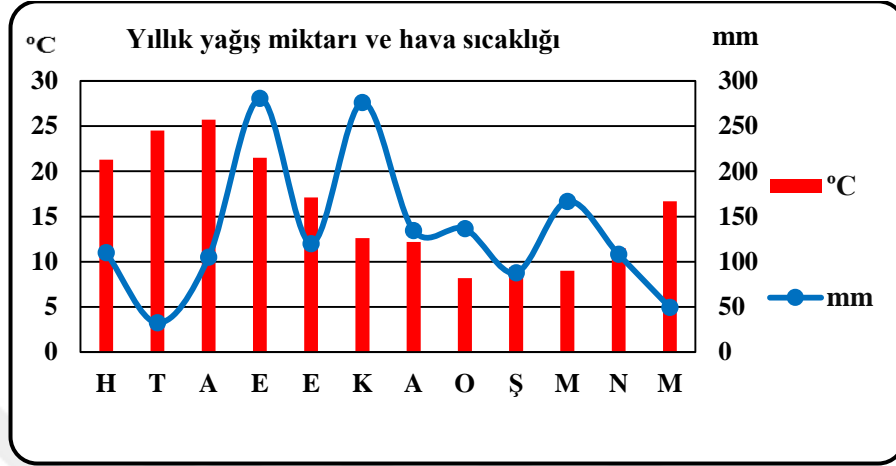
Pazarsuyu Deresi, Giresun'un batısındaki Gündeliç Tepesi (2736 m), Memişek Kayası Tepesi (2297 m) ve Yanık Tepe (2378 m) çevresindeki kaynaklardan Göz Deresi ve Maden Deresi adıyla doğar. Daha sonra Serpi Deresi adıyla Kiragören Deresi ile birleşir ve Kovanlık köyü yakınlarında Ahırlı Deresi adını alır. Bahçeli köyü yakınlarında Pazarsuyu adını alan akarsu Bozat, Bostanlı ve Cindi Deresi'ni de bünyesine katarak Bulancak ilçe merkezinin batısından Karadeniz'e dökülür. Uzunluğu 80 km, su toplama havzası 874 km²'dir. Yıllık akış miktarı 674 hm³ olup debisi 21,4 m³/s'dir. Pazarsuyu Havzası'nda 18 hidroelektrik santrali ve regülatör projesi olup bunlardan şimdilik beş tanesi (Ören, Zekere, Tokmadin, Çiğdem, Merek) aktif olarak çalışmaktadır (57, 58).

Pazarsuyu Havzası Aydındere, Kovanlık ve Bozat belediyeleri ile bu belediyelere ait köylerin evsel atıksularının baskısı altındadır. Havzada oluşan tüm atıksular arıtılmamakta, doğrudan ya da dolaylı olarak Pazarsuyu'na deşarj edilmektedir (18). Bulancak ve Piraziz Belediyeleri içme suyu ihtiyaçlarını Pazarsuyu Deresi su havzasındaki keson kuyulardan temin ettikleri için, Pazarsuyu Deresi'nin su kalitesi önem arz etmektedir.

Çalışma süresi boyunca, Giresun ilinde en yüksek sıcaklık ortalaması 25,7 °C ile Ağustos 2014'de, en düşük sıcaklık ortalaması 8,2 °C ile Ocak 2015'te görülmüştür.

Ayrıca en fazla yağışın meydana geldiği ay 280,6 mm ile Eylül 2014 olurken, en kurak geçen ay ise 32,4 mm ile Temmuz 2014 olmuştur.

Şekil 2.1’de çalışma süresi boyunca Giresun ilinde tespit edilen hava sıcaklığı ve yağış miktarı verilmiştir.



Şekil 2.1 Giresun iline ait hava sıcaklığı ve yağış miktarı

Pazarsuyu Deresi su ve sediment kalitesini belirlemek amacıyla tespit edilen istasyonlardan birincisi, derenin Kovanlık beldesine giriş noktası olup 40°44' 37" Kuzey / 38° 07' 40" Doğu koordinatlarında ve denizden yüksekliği 530 metredir. Çalışmanın ikinci istasyonu 40°48' 10" Kuzey / 38° 09' 16" Doğu koordinatlarında ve rakım 270 metredir. Üçüncü istasyon Pazarsuyu Deresi'nin iki ana kolu olan Bozat ve Bostanlı derelerinin birleşim noktasından sonra olup 40°52' 15" Kuzey / 38° 09' 26" Doğu koordinatlarına sahip olup rakım 100 metredir. Belirlenen dördüncü istasyon ise derenin denize birleştiği yerden 100 m içeride olup 40°56'38" Kuzey / 38° 10' 29" Doğu koordinatlarında ve rakımı 4 metredir.

Şekil 2.2’de istasyonların genel görünüşü ve Şekil 2.3’te çalışma alanının ve istasyonların konumu gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Pazarsuyu Deresi çalışma istasyonlarının genel görünüşü



Şekil 2.3 Pazarsuyu Deresi çalışma sahası ve istasyonları

Su kalitesi parametrelerinden sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, spesifik elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen (mg/L ve % cinsinden), tuzluluk, TDS ve ORP'nin ölçümleri akarsuda yapılmıştır. Çözülmüş oksijeni (mg/L ve % cinsinden) ölçmek için YSI marka 550A model oksijen metre; sıcaklık, pH, iletkenlik ve spesifik iletkenlik, tuzluluk, TDS ve ORP'yi ölçmek için de YSI pro1030 model multiprob kullanılmıştır. Su numuneleri, derenin ortalarından örnekleme kaplarının çalkalanarak derenin akış yönüne ters ve yüzeyden 15–20 cm derinden suyun kendi doğal akışıyla kapların doldurulmasıyla yoluyla alınmıştır. Sediment örnekleme de aynı noktalardan akarsuyun taban yüzeyinden yapılmıştır.

Mikrobiyolojik analizler için numune alma kapları olarak koyu renkli cam şişeler kullanılmış ve her örnekleme yapılmadan önce otoklav ile steril hale getirilmiştir. Alınan su ve sediment örnekleri ile dolu olan polietilen kaplar soğuk zincir yoluyla taşınarak aynı gün içerisinde gerekli analizlerin yapılması amacıyla Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiştir. Numune alma işlemleri, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 10.10.2009 tarihli 27372 sayılı resmî gazetede yayınlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği” ne göre yapılmıştır (59).

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Su ve sediment kalitesini belirleyen parametrelerin analizlerinde kullanılacak su ve sediment örnekleri Haziran 2014 tarihinden Mayıs 2015 tarihine kadar dört istasyondan aylık olarak toplanmış ve aynı gün içerisinde analizleri yapılmıştır. Araziye çıkmadan önce, gerekli olan tüm malzemeler, arazi tipi ölçüm cihazları ve numune kaplarının bakım ve temizliği yapılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Analizlerin yapılmasında kullanılacak cam malzemeler önce %1-2'lik HCl asit banyosuna yatırılıp sonrasında saf su ile yıkanmış ve etüvde kurutulmuştur (33).

Su kalitesi parametrelerinden alkalinite ve sertliğin belirlenmesinde titrimetrik yöntemler, toplam amonyak azotu (TAN), klorofil-a tayini, nitrat, toplam fosfor (TP) ve çözünebilir reaktif fosfor (SRP) analizleri içinde fotometrik yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) ve askıda katı madde (AKM) tayinleri de yine laboratuvar şartlarında yapılmıştır. Bahsi geçen tüm bu su analizleri Boyd and Tucker'de (33) belirtilen standart analiz yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Silisyum, serbest klor, nitrit, sülfid, sülfat, anyonik sürfaktan, fenol, kimyasal oksijen

ihtiyacı analizleri ise Merck marka ticari kitler ile fotometrik yöntemlerle yapılmıştır. Fotometrik ölçüm gerektiren parametreleri belirlemek için Shimadzu marka UV-1240 model spektrofotometre kullanılmıştır. Toplam alkalinitenin tespiti için 0,02 N sülfürik asitle titrasyon yapılmıştır. Toplam sertlik için ise 0,01 M EDTA ile titrasyon yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar her iki tayinde de mg/L CaCO₃ cinsinden ifade edilmiştir.

Askıda katı madde (AKM) miktarını belirlemek için whatman marka 0,45 µm membran filtreler önce saf sudan geçirilerek etüvde kurutulup hassas terazide tartılmıştır. Sonra filtre kâğıtları ile örnek su süzülerek filtre kâğıtları 103°C'de 24 saat kurularak tekrar tartılmıştır. İki tartım arasındaki farktan mg/L cinsinden AKM miktarı hesaplanmıştır (33).

Klorofil-a ölçümleri için su numuneleri 0,45 µm filtre kâğıtlardan süzülmüştür. Kâğıt üzerindeki kalıntı rulo yapılarak vida kapaklı cam şişelere bırakılmıştır. Analiz için aseton-metanol ilave edilip su banyosunda 65°C'de 2 dakika tutulduktan sonra oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. 3000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilip spektrofotometrede 665 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (33).

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) değerini belirlemek için 1 litre örnek suyunun oksijen miktarı oksijen metre ile ölçülüp karanlık bir ortamda 20°C'ye ayarlı etüvde 5 gün bekletilerek tekrardan oksijen değeri ölçülmüştür. Aradaki fark mg/L cinsinden BOİ₅ değerleri olarak tespit edilmiştir. TP ve SRP analizleri için uygun şekilde kombine reaktif hazırlanmış ve gerekli prosedürler uygulanarak 880 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma yapılmıştır (33).

Toplam amonyak azotunun belirlenmesinde TAN 1 ve TAN 2 çözeltileri kullanılmıştır. Gerekli karışımlar hazırlanıp 45 dakika bekletildikten sonra 635 nm dalga boyunda spektrofotometre ile okuma yapılmıştır. TAN, SRP ve toplam fosfor değerleri için 0,1, 0,25, 0,5, 0,75 ve 1 ppm'lik standart çözeltiler hazırlanmıştır. Kör olarak saf su kullanılıp her biri analiz süresince okunarak değerlere göre eğri hesaplanmıştır. Eğriye göre elde edilen konstant (sabit) değeri kullanılarak gerçek sonuçlara ulaşılmıştır. Amonyak azotu (NH₃-N) ve amonyum azotu (NH₄-N) tespiti için Tablo 1.8'den faydalanılmıştır (33).

Sediment örneklerinde pH ölçümleri ve yanabilir organik madde yüzdesi tespit edilmiştir. pH ölçümleri için 103°C'de kurutulmuş 20 g sediment 50 ml'lik beherlere koyulmuştur. 20 mL saf su ilave edilerek 10-15 dakika karıştırılıp 10 dakika bekletilmiş, sonra tekrar karıştırılmıştır. Karışımın bulanıklığı çökeldikten sonra Hanna marka HI221 model pH metre ile ölçümü yapılmıştır. Sedimentte bulunan organik madde yüzdesini tespit edebilmek için; 2 g kurutulmuş sediment örneği porselen kroze konularak, 550°C'de 2 saat boyunca yakma fırınında bekletilmiş ve desikatörde oda sıcaklığına ulaştıktan sonra tekrar tartılıp ilk tartımdan çıkarılarak yüzdesi hesaplanmıştır (60).

Sedimentte ağır metal analizi için mevsimsel olarak 4 farklı istasyondan alınan sediment örnekleri buz korumalı kaplarda laboratuvara getirilerek etüvde sabit ağırlığa gelene kadar 70°C'de kurutulup 0,5 mm'lik elekten elenmiştir. Etüvde tamamen nemi giderilen numunelerden 0,5 g alınarak Cem Mars 5 marka mikrodalgada nitrik asit ve perklorik asit ile sindirme işlemine tabi tutulup, organik yıkımları biten örnekler soğutulmuştur. Soğutulan örnekler santrifüjlendikten sonra filtre kâğıdından süzülerek, hacimleri 100 mL'ye tamamlanıp Bruker 820-MS marka ICP-MS Spektrometresi ile metal içerikleri saptanmıştır (61). Bu işlemler Giresun Üniversitesi Mekezi Araştırma Laboratuvarı'nda hizmet alımı yoluyla yapılmıştır.

E. coli (EC), Total koliform (TC) ve Fekal koliform (CC) sayıları Giresun Gıda Kontrol Laboratuvarı'nda test kitleri ile Tempo 2007'ye (62) göre doğrudan belirlenmiştir. Test kitleri özel şişede besiyeri ve karttan oluşmaktadır (Şekil 2.4). Buna göre test kitlerinin içerisine önce 3 ml saf su konularak seyreltilmiş, daha sonra 1 mL su numunelerinde ilave edilen besiyerleri En Muhtemel Sayı (EMS) metoduna göre tasarlanmış kartlara doldurulmuştur. Kartlarda herhangi bir kontaminasyonu engellemek için hava geçirmez şekilde kesilip mühürlenmiştir. Bu kartlar EC, TC ve CC için sırasıyla 37 °C'de 22-27 saat, 30°C'de 24-27 saat ve 35°C'de 22-27 saat inkübe edilerek Tempo read programında okutulmuştur (62).



Şekil 2.4 Mikrobiyal test kitleri ve Tempo reader cihazı

2.3. İstatistiksel Hesaplamalar

Araştırmada analizleri ve ölçümleri yapılan parametrelerin istatistiksel hesaplamaları ile TAN, SRP ve TP için gerekli olan standart eğrinin çizilmesi ve buna bağlı olarak konstant (sabit) sabitinin hesaplanması Microsoft Office Professional Edition 2010 programının bir parçası olan Microsoft Office Excel 2010 programı kullanılarak yapılmıştır. Parametrelerin yıllık ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleriyle, istasyonlara göre parametrelerin ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) ve Tukey testi kullanılmıştır. Bu işlemler için SPSS 22 istatistik programı kullanılmıştır. Past istatistik programı kullanılarak parametrelerin ortalamalarına göre istasyonların birbirleriyle olan benzerliklerini tespit edebilmek için Bray-Curtis Cluster (kümeleme) analizi metodu kullanılmıştır.

2.3.1. Kümeleme Analizi

Kümeleme Analizi; bireyleri ya da olguları farklı kümelere ayıran ve verileri temel özelliklerine göre gruplandıran çok değişkenli bir analiz tekniğidir. Temel amacı gözlenen birey ya da nesnelere arasındaki benzerlikleri ya da uzaklıkları/yakınlıkları belirlemektir. Herhangi iki küme arasındaki uzaklık değeri, ne kadar küçük ise bu iki küme birbirine o kadar yakındır veya benzerdir (63,64). İstasyonların benzerliklerine göre gruplandırılmasında kümeleme analizi kullanılmıştır.

2.3.2. Faktör Analizi

Faktör analizi; çok sayıdaki değişkeni, belirli sayıda gruplara ayırarak, her bir grubun içindeki değişkenler arasındaki ilişkiyi maksimum, gruplar arasındaki ilişkiyi minimum yaparak, grupları yeni değişkenlere değiştiren bir analiz türüdür. Türetilen bu yeni değişkenlere faktör adı verilir. Faktör analizi, çok sayıda değişken arasındaki ilişkilere dayanarak, birbirinden bağımsız ve daha az sayıda, daha anlamlı ve özet bir biçimde yeni değişkenler bulunmasını sağlar. Mevcut olduğu bilinmekle beraber direk olarak gözlemlenemeyen, gizli boyutları ortaya çıkarmak ve çok daha fazla sayıdaki veriler setini azaltarak birleştirmeyi amaçlar (63).

Verilerin faktör analizi için uygunluğunun araştırılmasında, parametreler arası ilişkinin olması gereken derecelerine ilişkin bir ölçüt veren Kaiser- Meyer- Olkin (KMO) testi ile Korelasyon matrisindeki ilişkilerin anlamlı düzeyde olup olmadığını gösteren Barlett küresellik testi uygulanmıştır. KMO, testinde bulunan değer 0,5'in altında ise kabul edilemez, 0,5-0,7 arası yeterli, 0,7 ve üzeri iyi olarak kabul edilir. Barlett testinde p (Sig.) değerinin 0,05'in altında olması sonucun anlamlı olduğunu gösterir. Yani değişkenler arasında yüksek korelasyonlar mevcuttur ve veriler çoklu normal dağılımdan gelmiş demektir (64).

2.3.3. Korelasyon Analizi

Korelasyon (ilgileşim), iki veri dizisi arasındaki ilişkinin miktarını ve yönünü gösteren istatistiksel bir işlem olup bu işlemin sonunda korelasyon katsayısı olarak adlandırılan ve -1 ile +1 arasında değer alan bir sonuç elde edilir. Korelasyon katsayısının +1 olması mükemmel bir pozitif ilişkiyi; -1 olması, mükemmel bir negatif ilişkiyi; 0 olması, ilişkinin olmadığını gösterir. Korelasyon katsayısının büyüklük bakımından yorumlanmasında mutlak değer olarak, 0,9-1 arasında olması çok yüksek; 0,7-0,89 arasında olması, yüksek; 0,5-0,69 arasında olması orta; 0,26-0,49 arasında olması zayıf; 0-0,25 arasında olması ise çok zayıf düzeyde bir ilişki olarak tanımlanabilir. Değişkenler arasında ilişkinin negatif olması ise, değişkenlerden birine ait değerlerin artması durumunda diğer değişkenin değerlerinin düşme eğiliminde olduğunu gösterir (65, 66).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Akarsuyun Fiziko-kimyasal Parametreleri

Pazarsuyu Deresi'nin su ve sediment kalitesini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada dört farklı istasyondan elde edilen veriler Tablo 3.1'de verilmiştir.

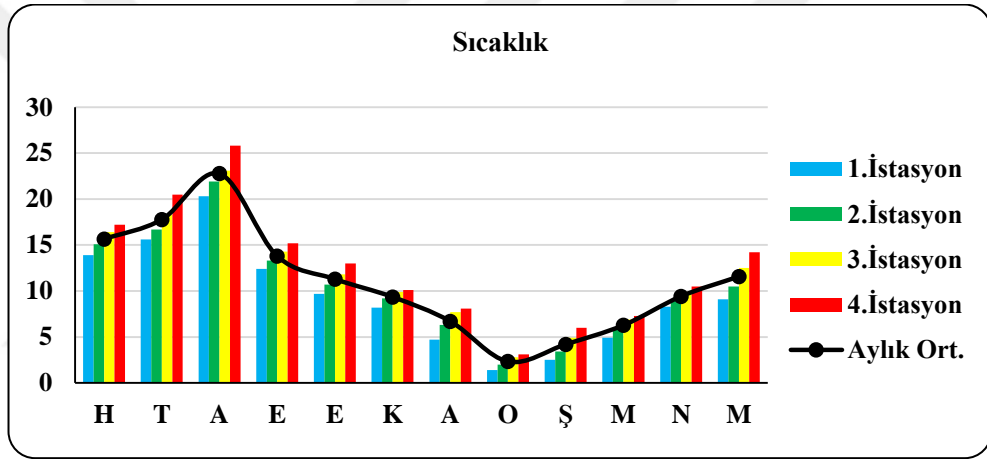
Tablo 3.1 Pazarsuyu Deresi istasyonlarının fiziko-kimyasal parametreleri (Ort ± Standart sapma)

PARAMETRELER	I. İST.	II. İST	III. İST.	IV. İST.	MİN.	ORT.	MAX.
Sıcaklık (°C)	9,25±5,58	10,34±5,73	11,54±5,83	12,58±6,47	1,40	10,93±5,86	25,80
pH	8,09±0,53	7,92±0,24	7,95±0,42	7,95±0,54	7,27	7,98±0,44	9,38
(%)Oksijen Doygunluğu (OD)	97,28±1,99	96,29±3,01	96,07±3,09	92,99±8,15	77,20	95,66±4,84	101,60
ÇÖ (mg/L)	10,42±1,14	10,52±1,54	10,31±1,59	9,97±2	6,37	10,30±1,56	13,26
Eİ (µS/cm)	50,98±26,5	57,32±32,1	69,97±36,92	83,86±44,59	25,70	65,53±36,77	201,00
SEİ (µS/cm)	68,13±29,21 ^a	78,49±31 ^{ab}	93,42±32,14 ^{ab}	108,03±42,94 ^b	25,70	87,02±36,48	223,00
Tuzluluk (ppt)	0,01±0,03	0,01±0,03	0,04±0,05	0,05±0,07	0,00	0,03±0,05	0,20
ORP (mV)	-61±18,3	-61,08±16,07	-61,50±17,34	-60,50±26,71	-121,00	-61,02±19,40	-26,00
TDS (mg/L)	43,92±17,29 ^a	48,99±20,08 ^{ab}	58,87±21,84 ^{ab}	67,43±26,10 ^b	23,00	54,80±22,78	123,60
Toplam Alkalinite (mg/L CaCO ₃)	27,42±5,37 ^a	24,92±5,93 ^a	31,58±8,85 ^{ab}	36,75±9,91 ^b	18,00	30,17±8,76	60,00
Toplam Sertlik (mg/L CaCO ₃)	34,25±9,20 ^a	36,08±11,37 ^{ab}	42,42±13,91 ^{ab}	49,33±16,47 ^b	19,00	40,52±13,95	90,00
TP (mg/L)	0,08±0,09	0,10±0,12	0,11±0,12	0,15±0,17	0,02	0,11±0,13	0,52
SRP (mg/L)	0,014±0,01 ^a	0,018±0,01 ^{ab}	0,018±0,01 ^{ab}	0,031±0,02 ^b	0,005	0,02±0,01	0,058
TAN ((mg/L)	0,28±0,06 ^a	0,29±0,07 ^a	0,29±0,04 ^a	0,39±0,1 ^b	0,15	0,31±0,08	0,53
AKM (mg/L)	19,33±11,32 ^a	26,92±14,36 ^{ab}	33,00±22,05 ^{ab}	47,42±26,12 ^b	7,00	31,67±21,45	102,00
BOİ ₅ (mg/L)	0,84±0,35 ^a	1,19±0,39 ^{ab}	1,23±0,49 ^{ab}	1,69±0,68 ^b	0,30	1,24±0,57	3,52
Klorofil-a (µg/L)	2,71±1,03 ^a	3,53±1,12 ^a	3,79±1,54 ^{ab}	4,93±1,03 ^b	1,30	3,74±1,41	8,17
Silisyum (mg/L)	4,69±0,91	4,64±0,72	4,35±0,46	4,29±0,49	3,36	4,49±0,67	6,44
Serbest Klor (µg/L)	33,43±18,79	37,88±23,63	40,19±21,28	57,91±35,43	13,80	42,35±26,49	135,50
Nitrit (mg/L)	0,03±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	0,05±0,02	0,02	0,04±0,01	0,09
Nitrat (mg/L)	0,95±0,66	1,00±0,55	1,30±0,77	1,43±0,8	0,23	1,17±0,71	2,96
Sülfit (mg/L)	2,16±0,20	2,23±0,22	2,23±0,23	2,53±0,58	1,78	2,29±0,36	4,10
Sülfat (mg/L)	7,65±6,02	8,08±5,58	7,22±4,6	10,24±10,76	1,23	8,30±7,01	38,40
Anyonik Sürfaktan (AS) (mg/L)	0,11±0,04 ^a	0,11±0,02 ^{ab}	0,11±0,03 ^{ab}	0,14±0,02 ^b	0,04	0,12±0,03	0,16
Fenol (mg/L)	0,17±0,08	0,19±0,08	0,21±0,09	0,28±0,17	0,10	0,21±0,11	0,67
KOİ (mg/L)	5,01±2,23 ^a	6,04±1,71 ^a	6,90±2,12 ^a	10,33±3,46 ^b	1,54	7,07±3,13	17,67
NH ₄ -N (mg/L)	0,25±0,08 ^a	0,27±0,07 ^{abc}	0,26±0,06 ^{ab}	0,36±0,12 ^c	0,07	0,28±0,09	0,50
NH ₃ -N (mg/L)	0,03±0,03	0,02±0,01	0,04±0,06	0,03±0,03	0,003	0,03±0,04	0,22

(Not: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları belirtir.)

3.1.1. Su Sıcaklığı

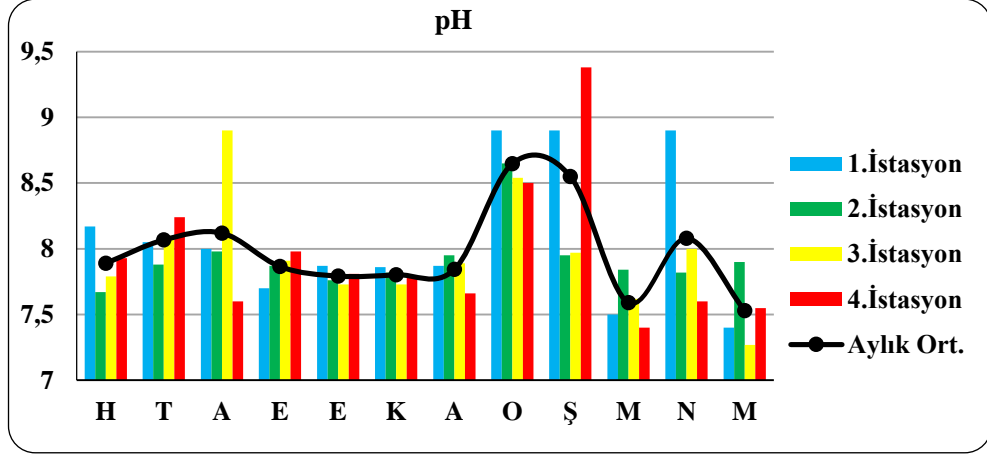
Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca yapılan ölçümlerde I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 9,3°C, 10,3°C, 11,5°C ve 12,6°C olarak hesaplanmıştır. İstasyonların ortalama sıcaklık değeri 10,9°C'dir. Ölçülen en düşük su sıcaklığı Ocak 2015'de I. istasyonda 1,4 °C, en yüksek değer ise Ağustos 2014'de IV. istasyonda 25,8 °C'dir. İstasyon ortalamalarına göre Ocak 2015 2,3 °C ile akarsuyun en soğuk olduğu ay, Ağustos 2014'de 22,8 °C ile en sıcak ay olarak tespit edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$). Yıl boyunca belirlenen sıcaklık değerleri istasyon bazında ve ortalama değer olarak Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 İstasyonlara göre ortalama sıcaklık değerleri ve aylık değişimi

3.1.2. pH

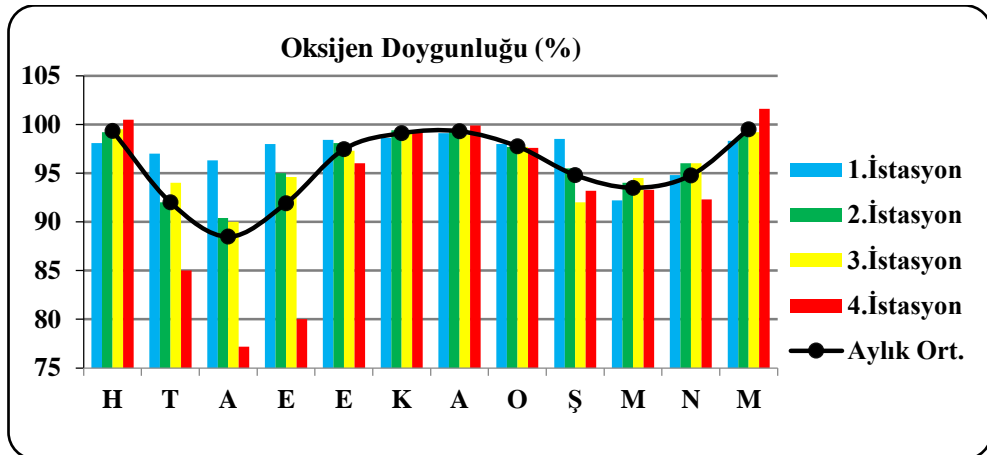
Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca yapılan ölçümlerde I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama pH değerleri sırasıyla 8,09-7,92-7,95-7,95 olarak hesaplanmıştır. İstasyonların ortalama pH değeri 7,98'dir. pH değeri en düşük Mayıs 2015'de I. istasyonda 7,4 ve en yüksek ise Şubat 2015'de IV. istasyonda 9,38 olarak ölçülmüştür. Aylara göre bakıldığında en yüksek pH ortalaması 8,65 ile Ocak 2015'de, en düşük pH ortalaması ise 7,53 ile Mayıs 2015'de kaydedilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$). Yıl boyunca ölçülen pH değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 İstasyonlara göre ortalama sıcaklık değerleri ve aylık değişimi

3.1.3. Oksijen Doygunluğu (%)

Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca ölçülen en düşük oksijen doygunluğu Ağustos 2014'te IV. istasyonda (%77,2), en yüksek değer ise Mayıs 2015'te IV. istasyonda (%101,6) olarak ölçülmüştür. I., II., III. ve IV. istasyonlarda ölçülen ortalama oksijen doygunluğu sırasıyla %97,28, %96,29, %97,06, %92,99 oranında ölçülmüştür. İstasyonların ortalama oksijen doygunluğu %95,66'dır. Oksijen doygunluğu ortalamasının en yüksek (%99,5) olduğu ay Mayıs 2015, en düşük (%88,5) olduğu ay ise Ağustos 2014 olmuştur. Yıl boyunca belirlenen oksijen doygunluğu değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 3.3'te verilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

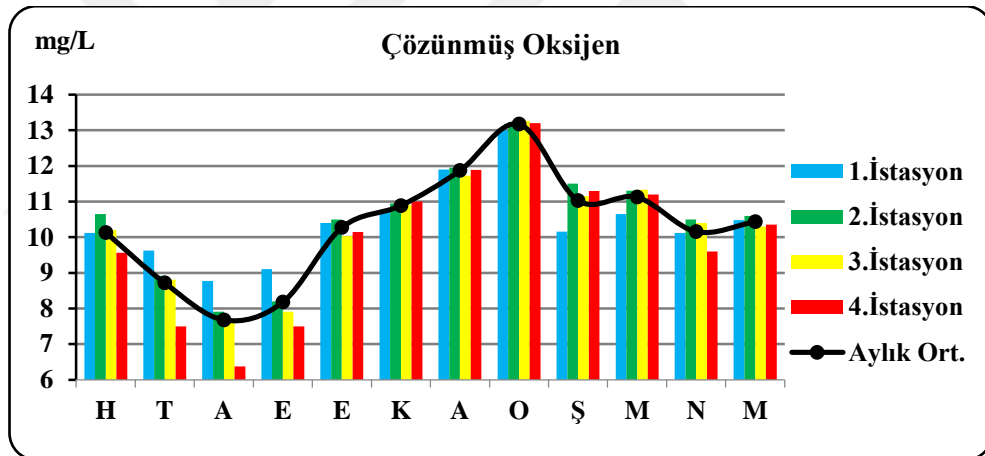


Şekil 3.3 İstasyonlara göre ortalama O₂ doygunluğu değerleri ve aylık değişimi

3.1.4. Çözünmüş Oksijen (ÇO)

Pazarsuyu Deresi'nde yapılan çalışma boyunca tüm istasyonların çözünmüş oksijen değerinin ortalamasının 10,30 mg/L olduğu hesaplanmıştır. En yüksek değer 13,26 mg/L ile Ocak 2015'te III. istasyonda, en düşük değer ise Ağustos 2014'te IV. istasyonda ölçülmüştür. Aylara göre en yüksek ortalama çözünmüş oksijen değeri 13,12 mg/L ile Ocak 2015'te, en düşük ortalama değer 7,68 mg/L ile Ağustos 2014'de ölçülmüştür. I., II., II., IV. istasyonların ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin ise sırasıyla 10,42 mg/L, 10,52, mg/L, 10,31 mg/L ve 9,97 mg/L olduğu görülmüştür. Yıl boyunca belirlenen ÇO değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.4'de verilmiştir.

Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

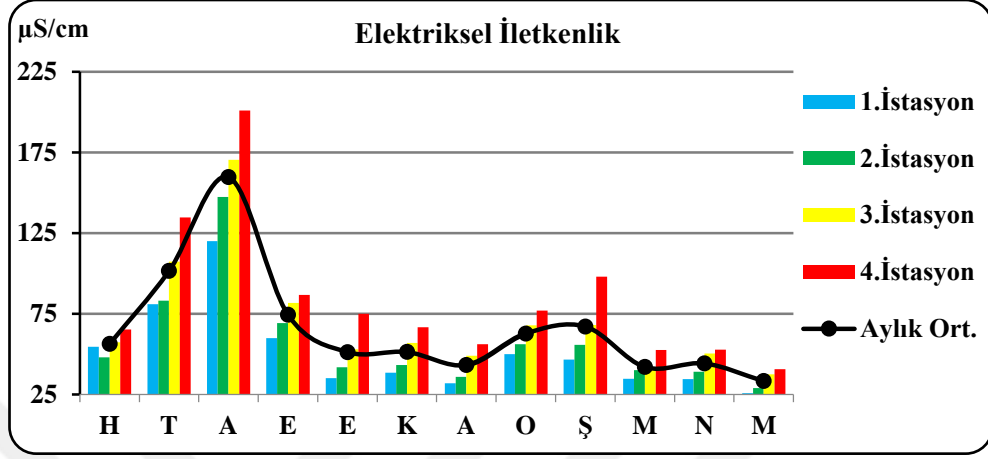


Şekil 3.4 İstasyonlara göre ortalama çözünmüş O₂ değerleri ve aylık değişimi

3.1.5. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

Pazarsuyu Deresi'nde yapılan çalışma boyunca tüm istasyonların elektriksel iletkenlik değerlerinin ortalaması 65,53 $\mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer 201 $\mu\text{S/cm}$ ile Ağustos 2014'de IV. istasyonda, en düşük değer ise Mayıs 2015'de 25,7 $\mu\text{S/cm}$ olarak I. istasyonda ölçülmüştür. Eİ ortalaması bakımından 159,68 μScm^{-1} ile Ağustos 2014 en yüksek ay, 32,2 $\mu\text{S/cm}$ ile de Mayıs 2015 en düşük ay olarak görülmektedir. I., II., II., IV. istasyonların ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin ise sırasıyla 50,98 $\mu\text{S/cm}$ 57,32 $\mu\text{S/cm}$, 69,97 $\mu\text{S/cm}$ ve 83,86 $\mu\text{S/cm}$ olduğu görülmüştür.

Yıl boyunca belirlenen Eİ değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi şekil 3.5'te verilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

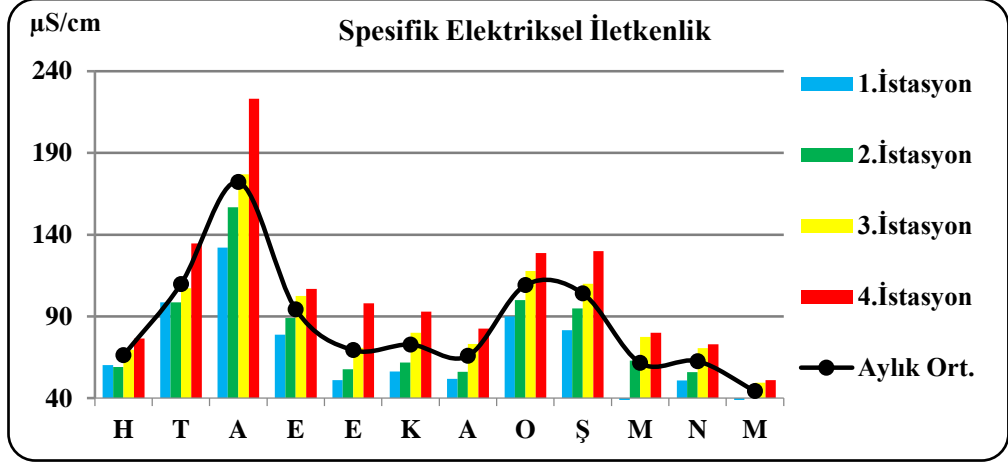


Şekil 3.5 İstasyonlara göre ortalama ei ve aylık değişimi

3.1.6. Spesifik Elektriksel İletkenlik(SEİ)

Pazarsuyu Deresi'nde yapılan çalışma boyunca tüm istasyonların spesifik elektriksel iletkenlik değerlerinin ortalaması 87,02 $\mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer 223 $\mu\text{S/cm}$ ile Ağustos 2014'te IV. istasyonda, en düşük değer ise 36,9 $\mu\text{S/cm}$ ile Mayıs 2015'te I. istasyonda ölçülmüştür. SEİ ortalaması bakımından 172,15 $\mu\text{S/cm}$ ile Ağustos 2014 en yüksek ay, 44,35 $\mu\text{S/cm}$ ile de Mayıs 2015 en düşük ay olarak görülmektedir. I., II., III., IV. istasyonların ortalama SEİ değerlerinin ise sırasıyla 68,13 $\mu\text{S/cm}$ 78,49 $\mu\text{S/cm}$, 93,42 $\mu\text{S/cm}$ ve 108,03 $\mu\text{S/cm}$ olduğu görülmüştür.

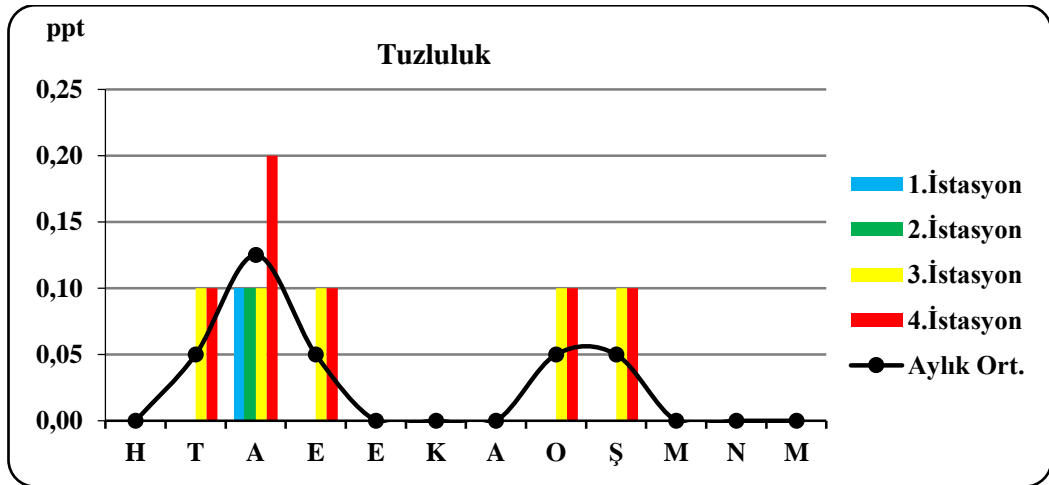
Yıl boyunca belirlenen SEİ değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.6'da verilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda I. ve IV istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$).



Şekil 3.6 İstasyonlara göre ortalama SEİ değerleri ve aylık değişimi

3.1.7. Tuzluluk

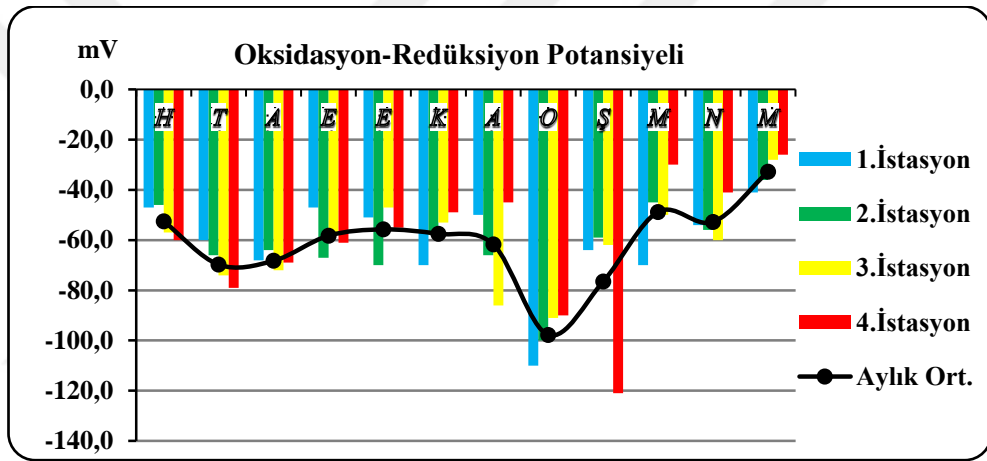
Pazarsuyu Deresi'nde yapılan çalışma boyunca tüm istasyonların tuzluluk değerlerinin ortalaması 0,03 ppt olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer 0,2 ppt ile Ağustos 2014'te IV. istasyonda ölçülmüştür. I. ve II. istasyonlarda Ağustos 2014'te ölçülen 0,1 ppt'nin haricinde tuzluluk değeri saptanamamıştır. III ve IV istasyonlarda ise Temmuz, Ağustos, Eylül, Ocak ve Şubat aylarının haricinde tuzluluk değeri saptanamamıştır. I., II., III., IV. istasyonların ortalama tuzluluk değerleri ise sırasıyla 0,01 ppt, 0,01ppt, 0,04 ppt ve 0,05 ppt olduğu görülmüştür. Yıl boyunca belirlenen tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.7'de verilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).



Şekil 3.7 İstasyonlara göre ortalama tuzluluk değerleri ve aylık değişimi

3.1.8. Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli (ORP)

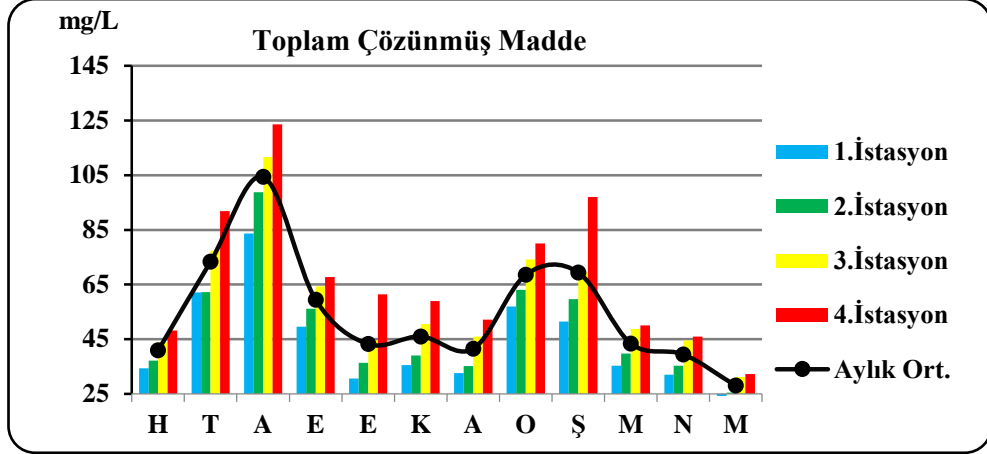
Pazarsuyu Deresi'nde aylık ölçülen ORP değerinde Şekil 3.8'de görüldüğü gibi negatif değerler elde edilmiştir. Çalışma süresi boyunca yapılan ölçümlerde I., II., III. ve IV istasyonların ortalama ORP değerleri sırasıyla -61 mV, -61,08 mV, -61,50 mV ve -60,50 mV olarak hesaplanmıştır. İstasyonların ortalama ORP değeri -61,02 mV'tur. En düşük ORP -121 mV ile Şubat 2015'de IV. istasyonda, en yüksek değer ise -26 mV ile Mayıs 2015'de yine IV. istasyonda kaydedilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre ORP'nin en düşük olduğu ay -97,8 mV ile Ocak 2015, en yüksek olduğu ay ise -32,8 mV ile Mayıs 2015'tir. ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).



Şekil 3.8 İstasyonlara göre ortalama ORP değerleri ve aylık değişimi

3.1.9. Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

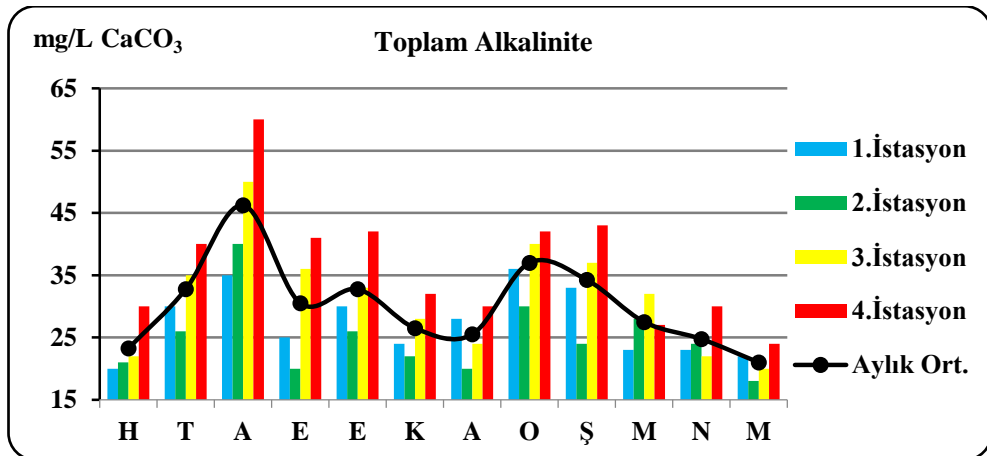
Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca yapılan ölçümlerde, toplam çözünmüş madde (TDS) miktarının minimum değeri Mayıs 2015'te I. istasyonda 23 mg/L, maksimum değeri ise Ağustos 2014'te IV. istasyonda 123,6 mg/L olarak kaydedilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre TDS'nin en düşük olduğu ay 27,98 mg/L ile Mayıs 2015, en yüksek olduğu ay ise 104,4 mg/L ile Ağustos 2015'tir. İstasyonların yıllık ortalama TDS değeri 54,8 mg/L'dir. I., II., III. ve IV istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 43,92 mg/L, 48,99 mg/L, 59,87 mg/L ve 67,43 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi ANOVA içinde bulunan Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda I. ve IV. istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yıl boyunca ölçülen TDS değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9 İstasyonlara göre ortalama TDS değerleri ve aylık değişimi

3.1.10. Toplam Alkalinite (TA)

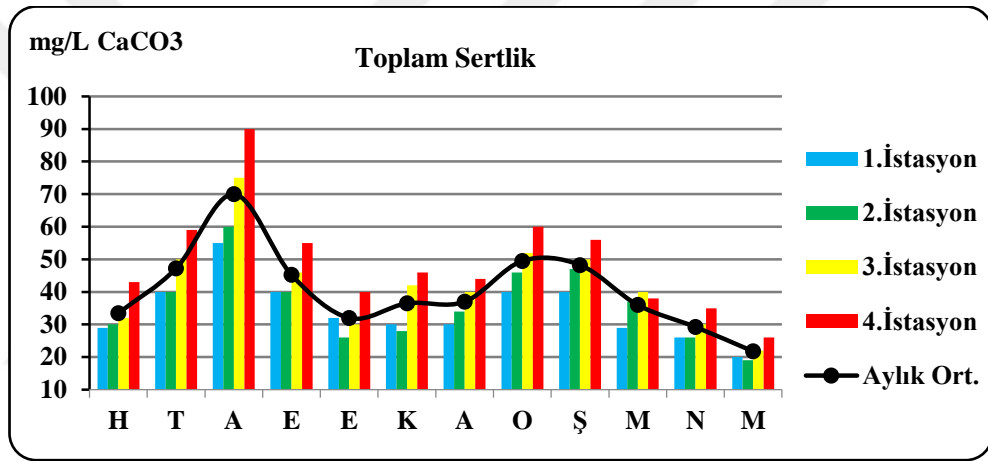
Pazarsuyu Deresi'nde araştırma süresi boyunca ölçülen en düşük alkalinite değeri Mayıs 2015'te II. istasyonda 18 mg/L CaCO₃, en yüksek değer ise Ağustos 2014'te IV. istasyonda 60 mg/L CaCO₃ olarak ölçülmüştür. İstasyonların yıllık ortalama alkalinite değeri 30,17 mg/L'dir. İstasyon ortalamalarına göre alkalinitenin en düşük olduğu ay 21 mg/L ile Mayıs 2015, en yüksek olduğu ay 46,25 mg/L CaCO₃ ile Ağustos 2015'dir. I. II. III ve IV istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 27,42, 24,92, 31,58 ve 36,75 mg/L CaCO₃'tür. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda I. ve IV. istasyonlar ile II. ve IV. istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir (p<0,05). Yıl boyunca belirlenen alkalinite değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.10 İstasyonlara göre ortalama toplam alkalinite değeri ve aylık değişimi

3.1.11. Toplam Sertlik (TH)

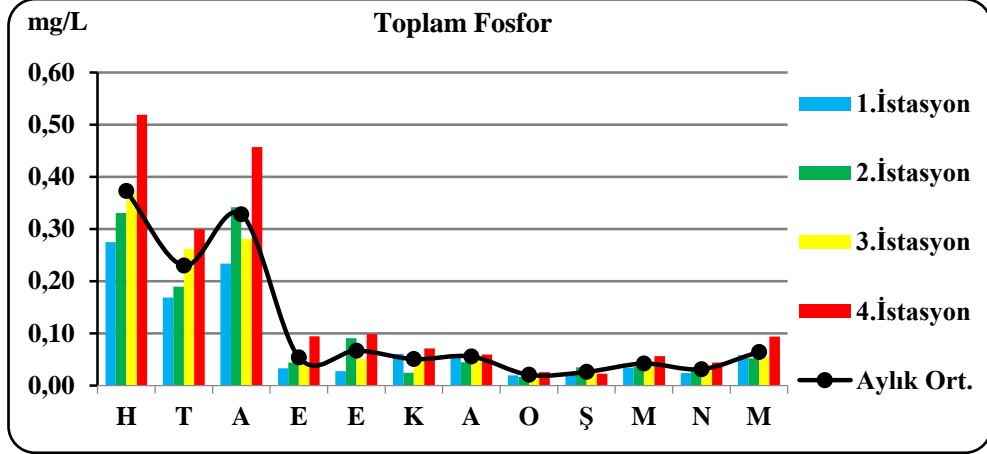
Pazarsuyu Deresi'nde araştırma süresi boyunca ölçülen en düşük sertlik değeri Mayıs 2015'te II. istasyonda 19 mg/L CaCO₃, en yüksek değer ise Ağustos 2014'de IV. istasyonda 90 mg/L CaCO₃ olarak ölçülmüştür. İstasyonların yıllık ortalama sertlik değeri 40,52 mg/L CaCO₃'tür. İstasyon ortalamalarına göre sertliğin en düşük olduğu ay 21,75 mg/L CaCO₃ ile Mayıs 2015, en yüksek olduğu ay 70 mg/L CaCO₃ ile Ağustos 2014'dür. I., II., III. ve IV istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 34,25, 36,08, 42,42 ve 49,33 mg/L CaCO₃'dür. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan hesaplamalarda I. ve IV. istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir (p<0,05). Yıl boyunca belirlenen sertlik değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11 İstasyonlara göre ortalama toplam sertlik değerleri ve aylık değişimi

3.1.12. Toplam Fosfor (TP)

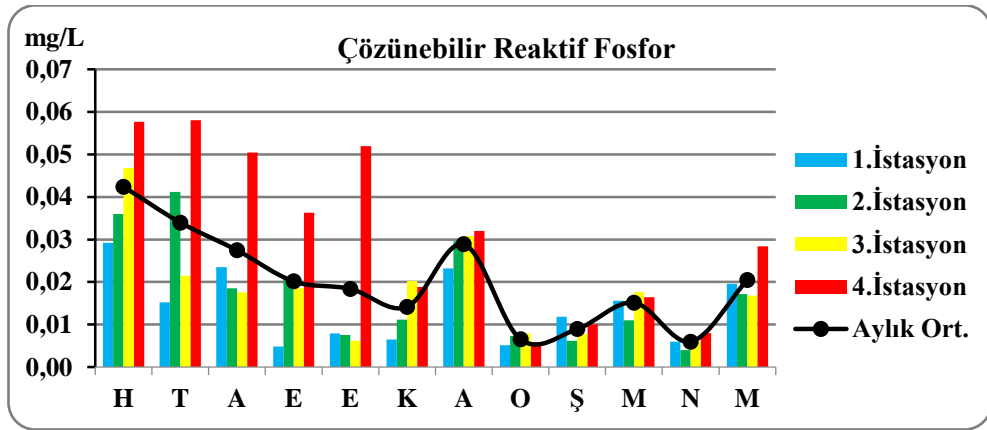
Pazarsuyu Deresi'nde araştırma süresi boyunca ölçülen en düşük TP değeri Ocak 2015'de I., II., III. istasyonlarda ve Şubat ile Nisan 2015'de I. istasyonda 0,02mg/L olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer ise Ağustos 2014'de IV. istasyonda 0,52 mg/L olarak ölçülmüştür. İstasyonların yıllık TP ortalaması 0,11 mg/L'dir. İstasyon ortalamalarına göre TP'nin en düşük olduğu ay 0,02 mg/L ile Ocak 2015, en yüksek olduğu ay 0,37 mg/L ile Haziran 2014'dür. I., II., III. ve IV istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 0,08 mg/L, 0,1 mg/L, 0,11 mg/L ve 0,15 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir (p>0,05). Yıl boyunca belirlenen TP değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12 İstasyonlara göre ortalama toplam fosfor değerleri ve aylık değişimi

3.1.13. Çözünabilir Reaktif Fosfor (SRP)

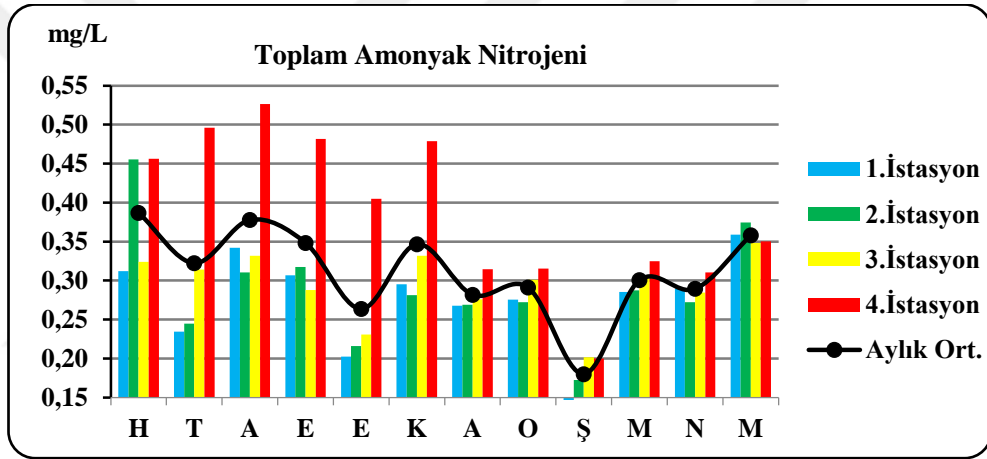
Pazarsuyu Deresi'nde yapılan analizler sonucunda ortalama SRP değeri 0,02 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum değer Eylül 2014 ve Ocak 2015 aylarında 0,005 mg/L olarak I. istasyonda, maksimum değer ise Haziran 2014 ve Temmuz 2014 aylarında 0,058 mg/L olarak IV. istasyonda tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre SRP'nin en düşük olduğu ay 0,006 mg/L ile Nisan 2015, en yüksek olduğu ay 0,042 mg/L ile Haziran 2014'dür. I., II., III., ve IV. istasyonların ortalama değerleri sırasıyla 0,014 mg/L, 0,018 mg/L, 0,018 mg/L ve 0,031 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi ANOVA sonucunda I. ve IV. istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Yıl boyunca belirlenen SRP değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.13 İstasyonlara göre ortalama SRP değerleri ve aylık değişimi

3.1.14. Toplam Amonyak Azotu (TAN)

Pazarsuyu Deresi'nde araştırma süresi boyunca ölçülen en düşük TAN değeri Şubat 2015'te I. istasyonda 0,15 mg/L, en yüksek değer ise Ağustos 2014'te IV. istasyonda 0,53 mg/L'dir. İstasyonların yıllık ortalama TAN değeri 0,31 mg/L'dir. İstasyon ortalamalarına göre TAN değerinin en düşük olduğu ay 0,18 mg/L ile Şubat 2015, en yüksek olduğu ay 0,39 mg/L ile Haziran 2014'tür. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 0,28 mg/L, 0,29 mg/L, 0,29 mg/L ve 0,39 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda IV. istasyon ile diğer istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Yıl boyunca belirlenen TAN değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.14'te verilmiştir.

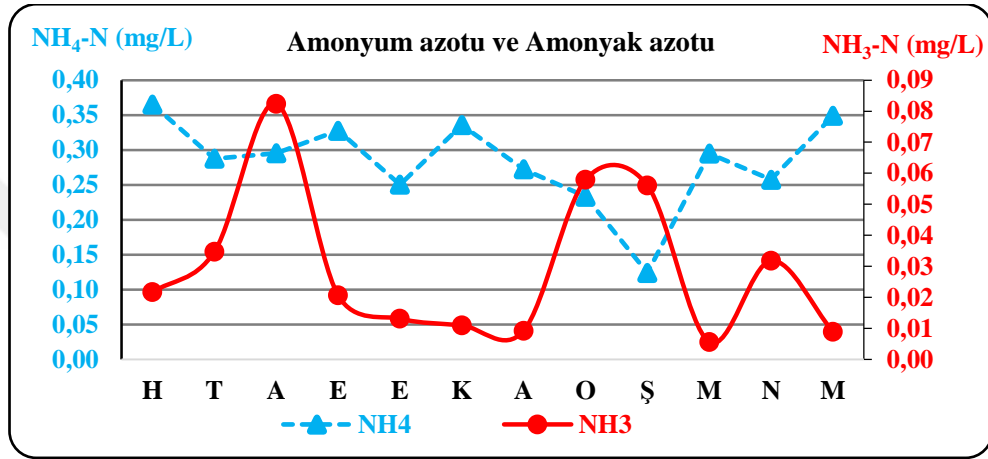


Şekil 3.14 İstasyonlara göre ortalama TAN değerleri ve aylara göre değişimi

3.1.15. Amonyum Azotu (NH₄-N) ve Amonyak Azotu (NH₃-N)

Sıcaklık ve pH değerlerine bağlı olarak sudaki amonyak azotu ve amonyum azotu değerleri Tablo 1.8'de görüldüğü gibi değişmektedir. Amonyum azotunun minimum değeri I. istasyonda Şubat 2015'te 0,07 mg/L, maksimum değeri ise Ağustos 2014'te IV. istasyonda 0,5 mg/L olarak kaydedilmiştir. İstasyonların yıllık ortalama NH₄-N değeri 0,28 mg/L'dir. İstasyon ortalamalarına göre NH₄-N değerinin en düşük olduğu ay 0,12 mg/L ile Şubat 2015, en yüksek olduğu ay 0,37 mg/L ile Haziran 2014'tür. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 0,25 mg/L, 0,27 mg/L, 0,26 mg/L ve 0,36 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda I. ile IV. istasyon ve III. ile IV. istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

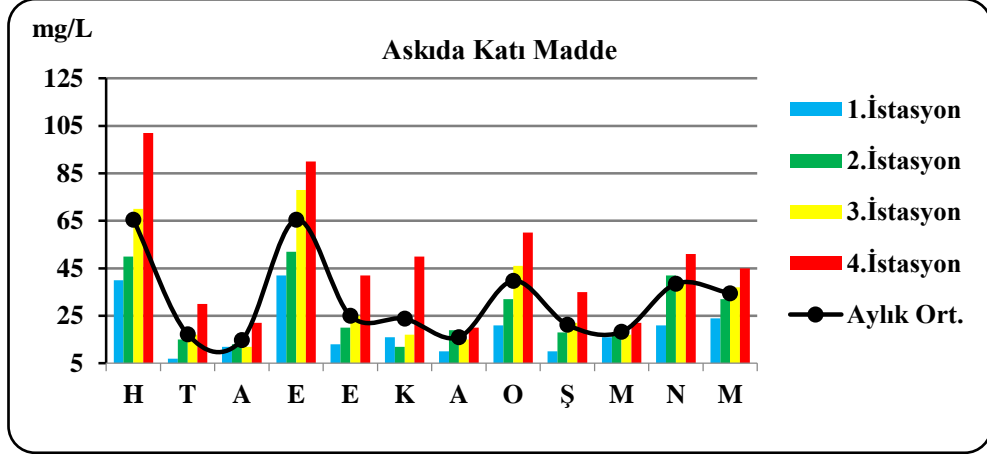
Amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) en az Mart 2015'te IV. istasyonda 0,003 mg/L, en fazla ise Şubat 2015'de yine IV. istasyonda 0,12 mg/L hesaplanmıştır. İstasyonların yıllık ortalama $\text{NH}_3\text{-N}$ miktarı 0,03 mg/L olup en düşük ortalamanın görüldüğü ay 0,006 mg/L ile Mart 2015, en yüksek ise 0,082 mg/L ile Ağustos 2014 olmuştur. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 0,03 mg/L, 0,02 mg/L, 0,04 mg/L ve 0,03 mg/L'dir. İstasyonlar arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Yıl boyunca belirlenen $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NH}_3\text{-N}$ değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.15'de verilmiştir.



Şekil 3.15 İstasyonlara göre ortalama $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NH}_3\text{-N}$ değeri ve aylık değişimi

3.1.16. Askıda Katı Madde (AKM)

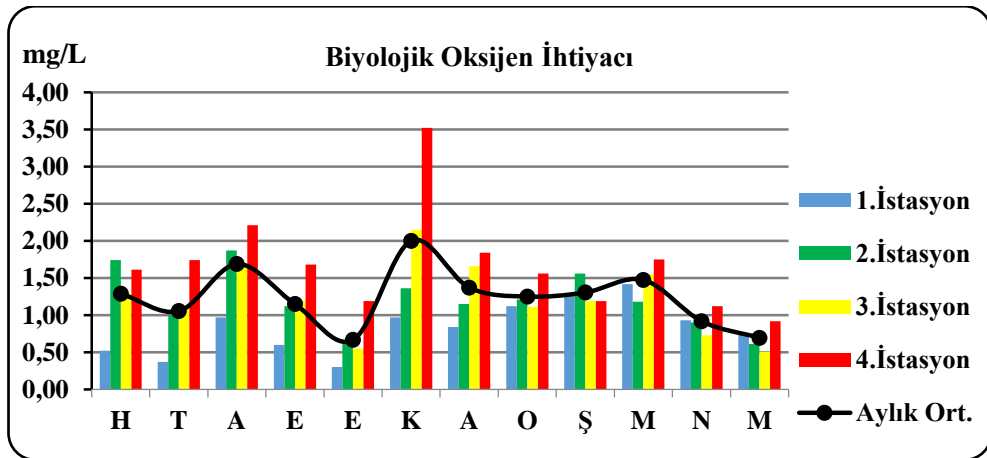
Pazarsuyu Deresi'nde araştırma süresi boyunca ölçülen en düşük AKM değeri Temmuz 2014'de I. istasyonda 7 mg/L, en yüksek değer ise Haziran 2014'te IV. istasyonda 102 mg/L'dir. İstasyonların yıllık ortalama AKM değeri 31,67 mg/L'dir. İstasyon ortalamalarına göre AKM değerinin en düşük olduğu ay 14,8 mg/L ile Ağustos 2014, en yüksek olduğu ay 65,5 mg/L ile Haziran 2014'tür. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 19,33 mg/L, 26,92 mg/L, 33 mg/L ve 47,42 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan hesaplamalarda I. ve IV. istasyon arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yıl boyunca belirlenen AKM değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16 İstasyonlara göre ortalama AKM değerleri ve aylık değişimi

3.1.17. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅)

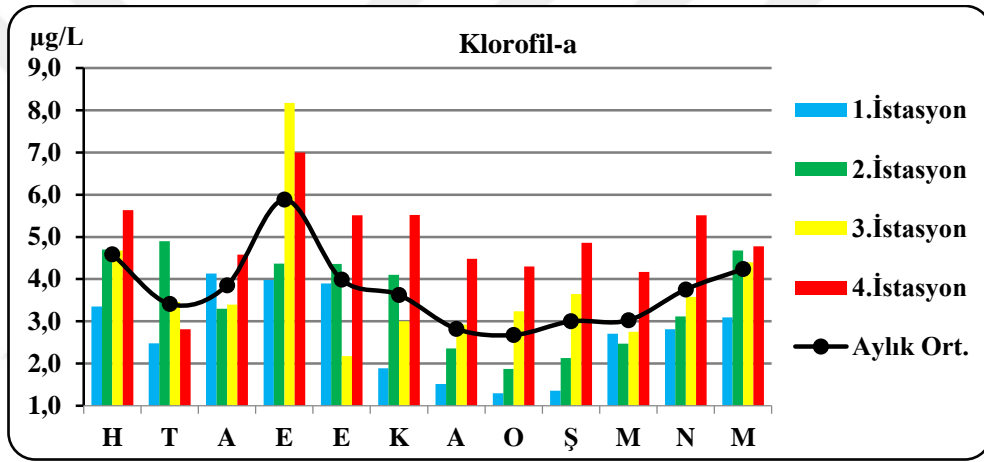
Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca yapılan ölçümlerde Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) miktarının minimum değeri Ekim 2014'te I. istasyonda 0,3 mg/L, maksimum değeri ise Kasım 2014'te IV. istasyonda 3,52 mg/L olarak kaydedilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre BOİ₅'in en düşük olduğu ay 0,67 mg/L ile Ekim 2014, en yüksek olduğu ay ise 2 mg/L ile Kasım 2014'dir. İstasyonların yıllık ortalama BOİ₅ değeri 1,24 mg/L'dir. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 0,84 mg/L, 1,19 mg/L, 1,23 mg/L ve 1,69 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda I. ve IV. istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Yıl boyunca ölçülen BOİ₅ değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17 İstasyonlara göre ortalama (BOİ₅) değerleri ve aylara göre değişimi

3.1.18. Klorofil-a

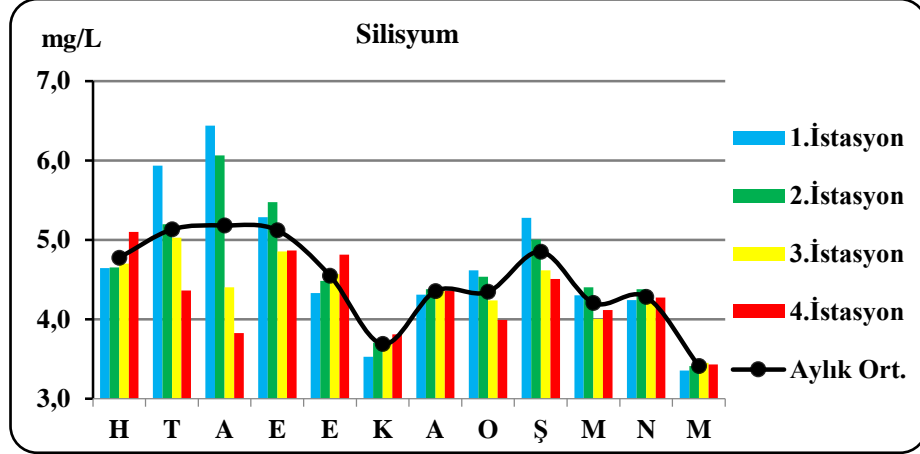
Pazarsuyu Deresi'nde tespit edilen ortalama klorofil-a değeri 3,74 µg/L'dir. Minimum klorofil- a değeri I. istasyonda Ocak 2015'te 1,3 µg/L, maksimum değeri ise Eylül 2014'te III. istasyonda 8,14 µg/L olarak saptanmıştır. Ortalamanın en düşük olduğu ayın 2,68 µg/L ile Ocak 2015, en yüksek olduğu ayın ise 5,88 µg/L ile Eylül 2014 olduğu görülmektedir. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama klorofil-a değerleri sırasıyla 2,71 µg/L, 3,53 µg/L, 3,79 µg/L, 4,93 µg/L'dir. ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda I. ile IV. ve II. ile IV istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir (p<0,05).Yıl boyunca ölçülen klorofil-a değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.18 İstasyonlara göre ortalama klorofil-a değerleri ve aylık değişimi

3.1.19. Silisyum (Si)

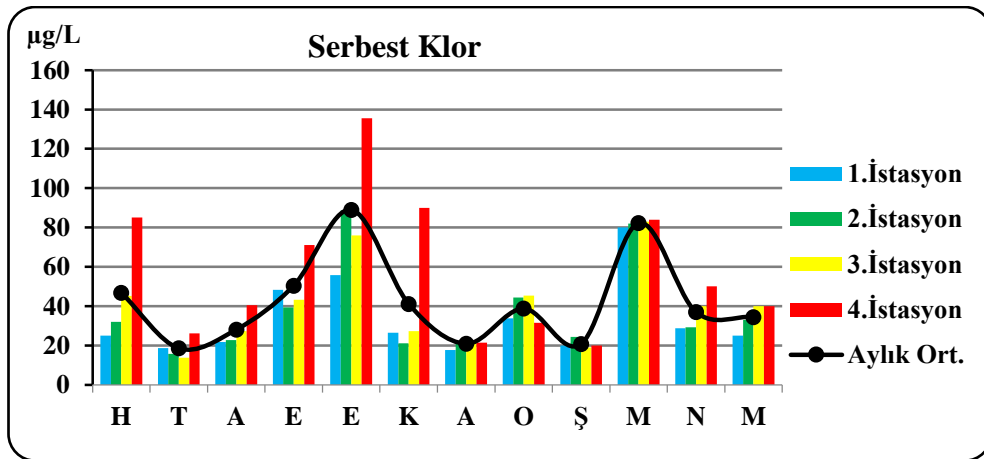
Pazarsuyu Deresi'nde araştırma süresi boyunca tespit edilen en düşük Silisyum değeri Mayıs 2015'te I. istasyonda 3,36 mg/L, en yüksek ise Ağustos 2014'te I. istasyonda ölçülen 6,44 mg/L'dir. İstasyonların yıllık silisyum ortalaması 4,49 mg/L'dir. İstasyon ortalamalarına göre silisyumun en düşük olduğu ay 3,41 mg/L ile Mayıs 2015, en yüksek olduğu ay 5,18 mg/L ile Ağustos 2014'tür. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalamaları ise sırasıyla 4,69 mg/L, 4,64 mg/L, 4,35 mg/L ve 4,29 mg/L'dir. İstatistiksel olarak istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir (p>0,05). Yıl boyunca belirlenen silisyum değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.19 İstasyonlara göre ortalama silisyum değerleri ve aylık değişimi

3.1.20. Serbest Klor (Cl_2)

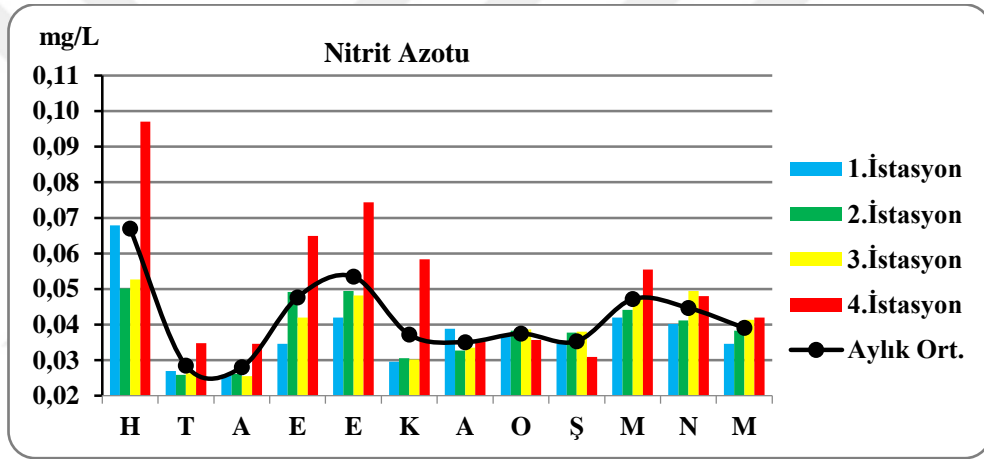
Pazarsuyu Deresi'nde tespit edilen ortalama serbest klor değeri $42,35 \mu g/L$ 'dir. Minimum klor değeri III. istasyonda Temmuz 2014'te $13,8 \mu g/L$, maksimum değeri ise Ekim 2014'te IV. istasyonda $135,5 \mu g/L$ olarak saptanmıştır. Ortalamanın en düşük olduğu ay $18,58 \mu g/L$ ile Temmuz 2014, en yüksek olduğu ay ise $89 \mu g/L$ ile Ekim 2014 olarak görülmektedir. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama serbest klor değerleri sırasıyla $33,43 \mu g/L$, $37,88 \mu g/L$, $40,19 \mu g/L$, $57,91 \mu g/L$ 'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Yıl boyunca belirlenen klor değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.20 İstasyonlara göre ortalama serbest klor değerleri ve aylık değişimi

3.1.21. Nitrit Azotu (NO₂⁻-N)

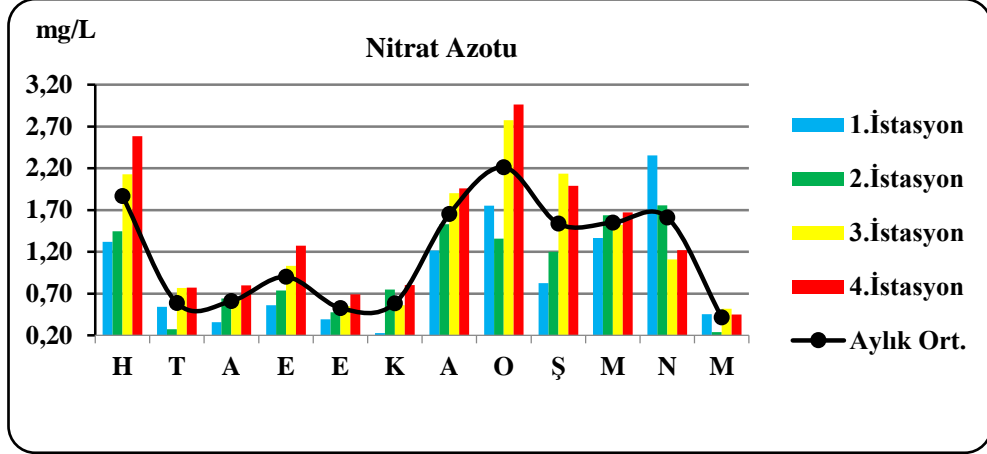
Pazarsuyu Deresi'nde yapılan analizler sonucunda ortalama nitrit azotu değeri 0,04 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum değer Temmuz-Ağustos 2014 aylarında 0,02 mg/L olarak I. II. ve III. istasyonlarda, maksimum değer ise Haziran 2014'te 0,09 mg/L olarak IV. istasyonda tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre nitrit'in en düşük olduğu aylar 0,02 mg/L ile Temmuz-Ağustos-Kasım 2014, en yüksek olduğu ay 0,06 mg/L ile Haziran 2014'tür. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama değerleri sırasıyla 0,03 mg/L, 0,03 mg/L, 0,03 mg/L ve 0,05 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi ANOVA içinde bulunan Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir (p>0,05). Yıl boyunca belirlenen nitrit değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.21'de verilmiştir.



Şekil 3.21 İstasyonlara göre ortalama nitrit azotu değerleri ve aylık değişimi

3.1.22. Nitrat Azotu (NO₃⁻-N)

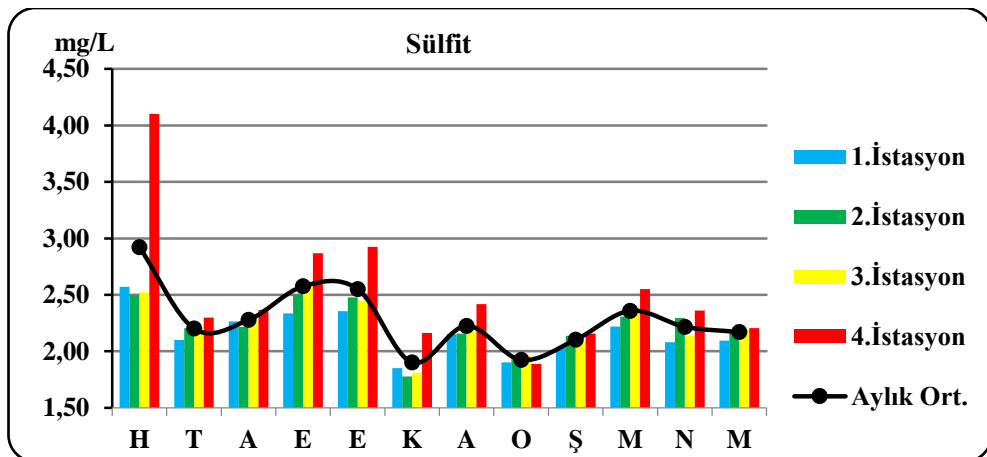
Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca yapılan analizler sonucunda ortalama nitrat değeri 1,17 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum değer Kasım 2014 ayında 0,23 mg/L olarak I. istasyonda, maksimum değer ise Ocak 2015'te 2,96 mg/L olarak IV. istasyonda tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre nitrat değerinin en düşük olduğu ay 0,42 mg/L ile Mayıs 2015, en yüksek olduğu ay 2,21 mg/L ile Ocak 2015'tir. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama değerleri sırasıyla 0,95 mg/L, 1 mg/L, 1,3 mg/L ve 1,43 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir (p>0,05). Yıl boyunca belirlenen nitrat değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22 İstasyonlara göre ortalama nitrat değerleri ve aylık değişimi

3.1.23. Sülfid (SO_3^{-2})

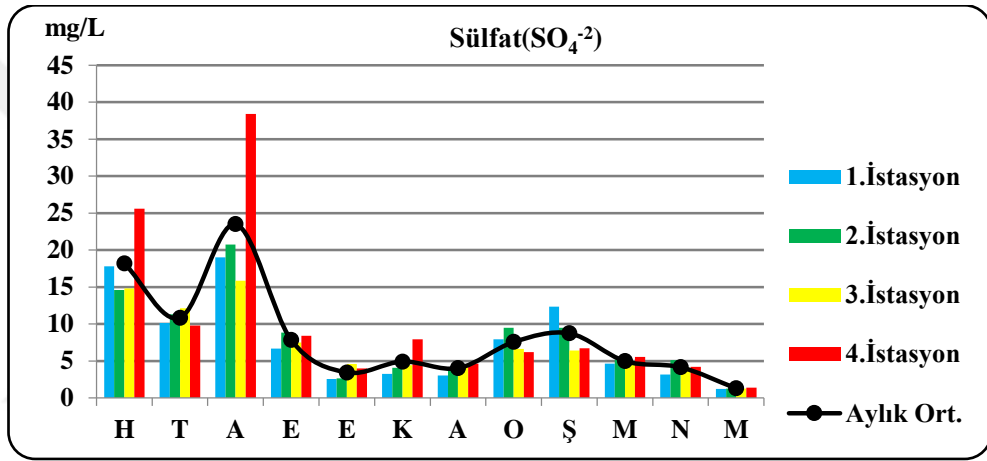
Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca yapılan analizler sonucunda ortalama sülfid değeri 2,29 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum değer Kasım 2014 ayında 1,78 mg/L olarak II. istasyonda, maksimum değer ise Haziran 2014'te 4,10 mg/L olarak IV. istasyonda tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre sülfid değerinin en düşük olduğu ay 1,90 mg/L ile Kasım 2014, en yüksek olduğu ay 2,92 mg/L ile Haziran 2014'tür. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama değerleri sırasıyla 2,16 mg/L, 2,23 mg/L, 2,23 mg/L ve 2,53 mg/L'dir. Tek yönlü varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Yıl boyunca belirlenen sülfid değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.23'te verilmiştir.



Şekil 3.23 İstasyonlara göre ortalama sülfid değerleri ve aylık değişimi

3.1.24. Sülfat (SO₄²⁻)

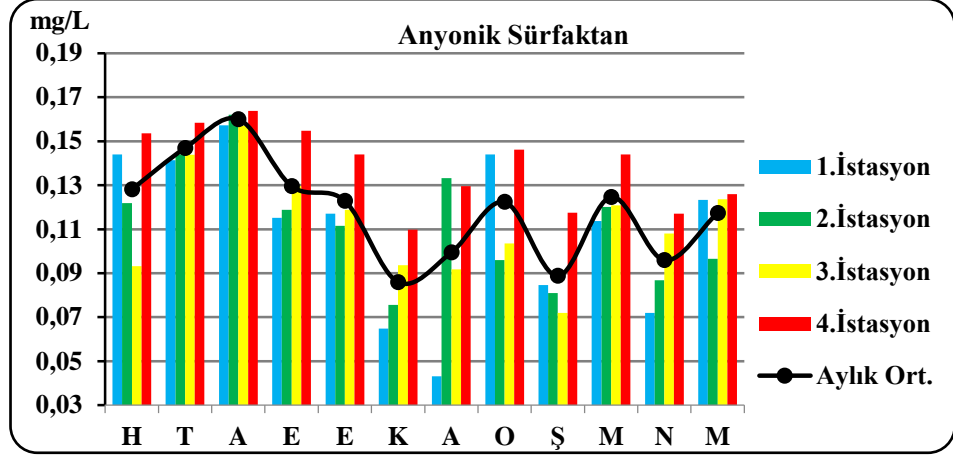
Pazarsuyu Deresi'nde yapılan çalışma boyunca tüm istasyonların sülfat değerlerinin ortalaması 8,30 mg/L olduğu hesaplanmıştır. En yüksek değer 38,40 mg/L ile Ağustos 2014'te IV. istasyonda, en düşük değer ise Mayıs 2015'te IV. İstasyonda ölçülmüştür. Aylara göre en yüksek ortalama sülfat değeri 23,5 mg/L ile Ağustos 2014'te, en düşük ortalama 1,29 mg/L ile Mayıs 2015'de ölçülmüştür. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama sülfat değerlerinin ise sırasıyla 7,65 mg/L, 8,08, mg/L, 7,22 mg/L ve 10,24 mg/L olduğu görülmüştür. Yıl boyunca belirlenen sülfat değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi şekil 3.24'te verilmiştir. İstatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir (p>0,05).



Şekil 3.24 İstasyonlara göre ortalama sülfat değerleri ve aylık değişimi

3.1.25. Anyonik Sürfaktan

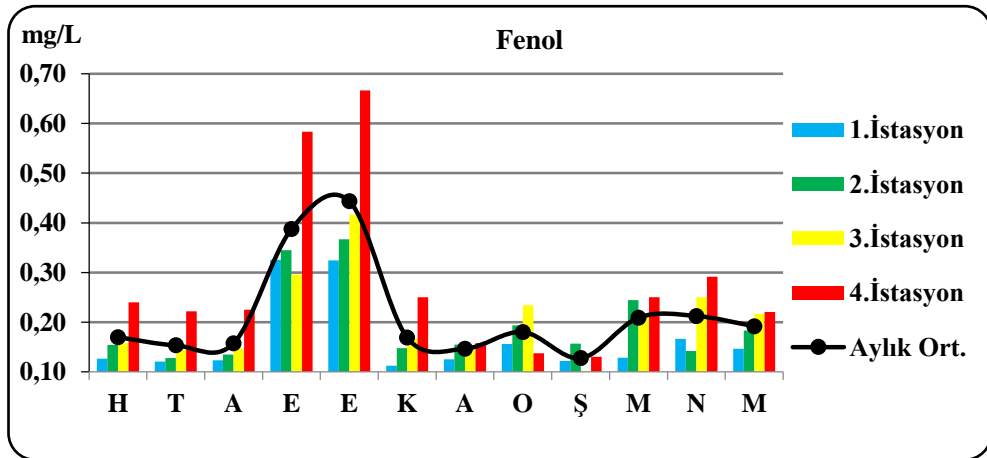
Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca yapılan ölçümlerde anyonik sürfaktan miktarının minimum değeri Aralık 2014'de I. istasyonda 0,04 mg/L, maksimum değeri ise Ağustos 2014'te tüm istasyonda 0,16 mg/L olarak kaydedilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre anyonik sürfaktanın en düşük olduğu ay 0,04 mg/L ile Aralık 2014, en yüksek olduğu ay ise 0,16 mg/L ile Ağustos 2014'tür. İstasyonların yıllık ortalama değeri 0,12 mg/L'dir. İlk üç istasyonun yıllık ortalama değeri 0,11 mg/L, IV. istasyonun ise 0,14 mg/L'dir. Anova ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda I. ve IV. istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir (p<0,05). Yıl boyunca ölçülen Anyonik sürfaktan değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.25'te verilmiştir.



Şekil 3.25 İstasyonlara göre ortalama anyonik sürfaktan değeri ve aylık değişimi

3.1.26. Fenol

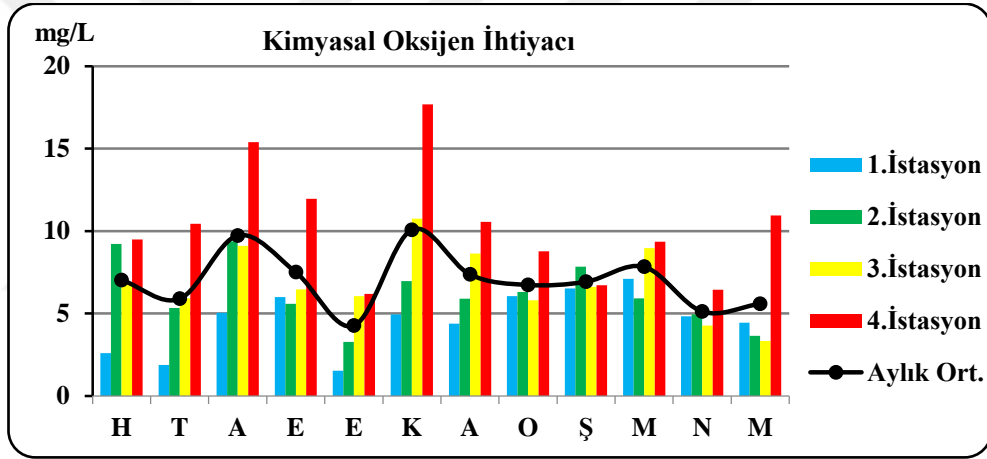
Pazarsuyu Deresi'nde yapılan çalışma boyunca tüm istasyonların fenol değerlerinin ortalaması 0,21 mg/L olduğu hesaplanmıştır. En yüksek değer 0,67 mg/L ile Ekim 2014'te IV. istasyonda, en düşük değer ise 0,11 mg/L olarak Kasım 2014'te IV. istasyonda ölçülmüştür. Aylara göre en yüksek ortalama fenol değeri 0,44 mg/L ile Ekim 2014'te, en düşük ortalama 0,13 mg/L ile Şubat 2015'te ölçülmüştür. I., II., III. ve IV. İstasyonların ortalama fenol değerlerinin ise sırasıyla 0,17 mg/L, 0,19 mg/L, 0,21 mg/L ve 0,28 mg/L olduğu görülmüştür. Yıl boyunca belirlenen fenol değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi şekil 3.26'da verilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).



Şekil 3.26 İstasyonlara göre ortalama fenol değerleri ve aylık değişimi

3.1.27. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Pazarsuyu Deresi'nde çalışma süresi boyunca yapılan ölçümlerde KOİ miktarının minimum değeri Ekim 2014'de I. istasyonda 1,54 mg/L, maksimum değeri ise Kasım 2014'te 17,67 mg/L olarak kaydedilmiştir. İstasyon ortalamalarına göre KOİ'nın en düşük olduğu ay 4,26 mg/L ile Ekim 2014, en yüksek olduğu ay 10,08 mg/L ile Kasım 2014'dür. İstasyonların yıllık ortalama değeri 7,07 mg/L'dir. I., II., III. ve IV. istasyonların ortalama KOİ değerlerinin ise sırasıyla 5,01 mg/L, 6,04 mg/L, 6,9 mg/L ve 10,33 mg/L olduğu görülmüştür. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda IV. istasyon ile diğer istasyonlar arasında arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yıl boyunca ölçülen KOİ değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.27'de verilmiştir.



Şekil 3.27 İstasyonlara göre ortalama KOİ değerleri ve aylık değişimi

3.2. Akarsuyun Bakteriyolojik Parametreleri

Araştırma süresince Pazarsuyu Deresi'nden belirlenen istasyonlarda alınan su numunelerinin bakteriyolojik değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Verilere logaritmik dönüşüm uygulanarak, istasyonlar arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi ile incelenmiştir ($p<0,05$).

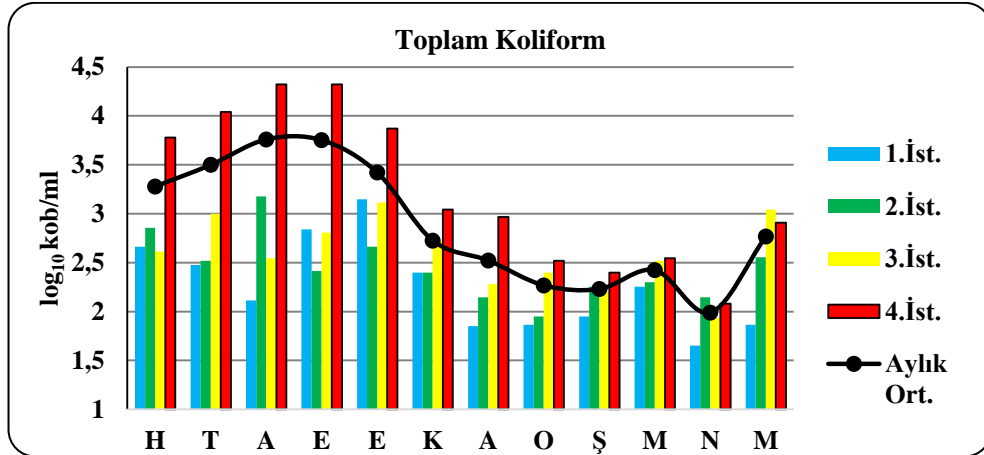
Tablo 3.2 Mikroorganizma sayılarının aylara göre ortalama değişim değerleri. (Ort \pm Standart sapma).

Mikrobiyal Parametreler	I. İST.	II. İST	III. İST.	IV. İST.	ORT	MİN	MAX.
Toplam koliform (\log_{10} kob/mL)	2,26 \pm 0,46 ^a	2,45 \pm 0,34 ^a	2,60 \pm 0,36 ^a	3,23 \pm 0,79 ^b	2,63 \pm 0,63	1,65	4,32
Fekal koliform (\log_{10} kob/mL)	1,29 \pm 0,52 ^a	1,56 \pm 0,4 ^a	1,98 \pm 0,68 ^{ab}	2,62 \pm 0,98 ^b	1,86 \pm 0,83	0,6	3,83
E.coli (\log_{10} kob/mL)	1,04 \pm 0,48 ^a	1,47 \pm 0,39 ^a	1,54 \pm 0,56 ^a	2,47 \pm 0,84 ^b	1,63 \pm 0,78	0,48	3,64

(Not: Aynı satırda farklı harfler istatistiksel farklılıkları belirtir.)

3.2.1. Toplam koliform

En yüksek toplam koliform 4,32 \log_{10} kob/mL değeriyle Ağustos ve Eylül aylarında IV. istasyonda, en düşük değer ise 1,65 \log_{10} kob/mL değeriyle Nisan ayında I. istasyonda bulunmuştur. İstasyonların yıllık ortalama toplam koliform değerleri ise sırasıyla 2,5, 2,59, 2,72 ve 3,77 \log_{10} kob/mL olarak bulunmuştur. İstasyon ortalamalarına göre en yüksek değer 3,75 \log_{10} kob/mL ile Ağustos ayında en düşük değer ise 2,09 \log_{10} kob/mL ile Nisan ayında tespit edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda IV. istasyon ile diğer istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Yıl boyunca ölçülen toplam koliform değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.28’de verilmiştir.

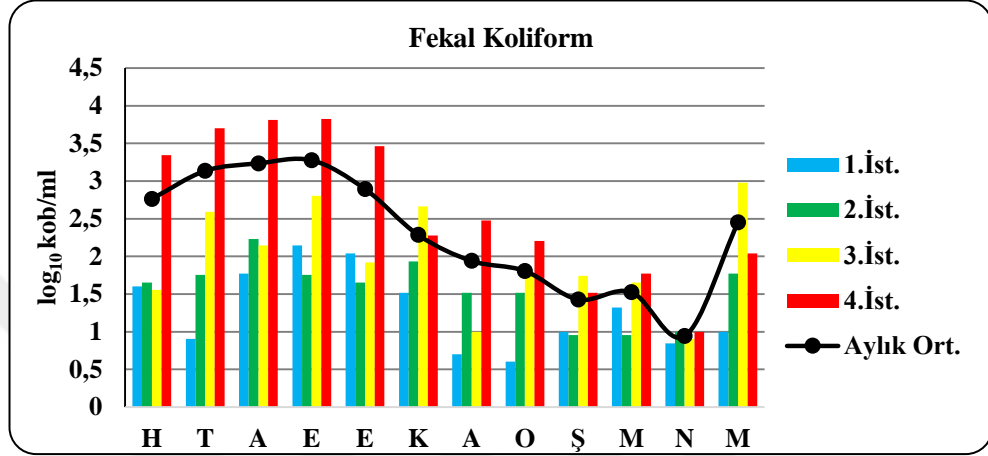


Şekil 3.28 İstasyonlara göre ortalama toplam koliform değeri ve aylık değişimi

3.2.2. Fekal Koliform

En yüksek fekal koliform 3,83 \log_{10} kob/mL değeriyle Eylül aylarında IV. istasyonda, en düşük değer ise 0,6 \log_{10} kob/mL değeriyle Ocak ayında I. istasyonda bulunmuştur. İstasyonların yıllık ortalama Fekal koliform değerleri ise sırasıyla 1,57,

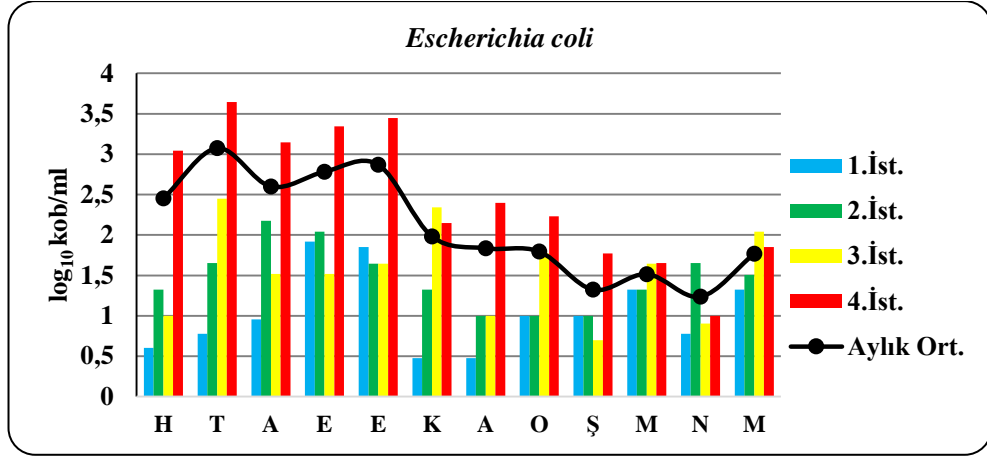
1,71, 2,38 ve 3,3 log₁₀ kob/ml olarak bulunmuştur. İstasyon ortalamalarına göre en yüksek değer 3,28 log₁₀ kob/ml ile Eylül ayında en düşük değer ise 0,94 log₁₀ kob/mL ile Nisan ayında tespit edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda IV. istasyon ile I. ve II. İstasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir (p<0,05). Yıl boyunca ölçülen fekal koliform değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi şekil 3.29’da verilmiştir.



Şekil 3.29 İstasyonlara göre ortalama fekal koliform değerleri ve aylık değişimi

3.2.3. *Escherichia coli* (E. coli)

Yapılan çalışmada en yüksek E.coli 3,45 log₁₀ kob/mL değeriyle Eylül ayında IV. istasyonda, en düşük değer ise 0,48 log₁₀ kob/mL değeriyle Kasım ve Aralık aylarında I. istasyonda bulunmuştur. İstasyonların yıllık ortalama E.coli değerleri ise sırasıyla 1,32, 1,64, 1,85 ve 3,02 log₁₀ kob/mL olarak bulunmuştur. İstasyon ortalamalarına göre en yüksek değer 3,07 log₁₀ kob/mL ile Temmuz ayında en düşük değer ise 1,24 log₁₀ kob/mL ile Nisan ayında tespit edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda IV. istasyon ile diğer istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir (p<0,05). Yıl boyunca ölçülen E.coli değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.30’da verilmiştir.



Şekil 3.30 İstasyonlara göre ortalama E. coli değerleri ve aylara göre değişimi

3.3. Akarsuyun Sediment Kalite Parametreleri

Araştıma süresi boyunca Pazarsuyu Deresi'nden belirlenen istasyonlardan alınan sedimentlerin pH, yanabilir organik madde (YOM) ve ağır metal miktarları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 Pazarsuyu Deresi istasyonlarında sediment kalite parametreleri (Ort ± Standart sapma)

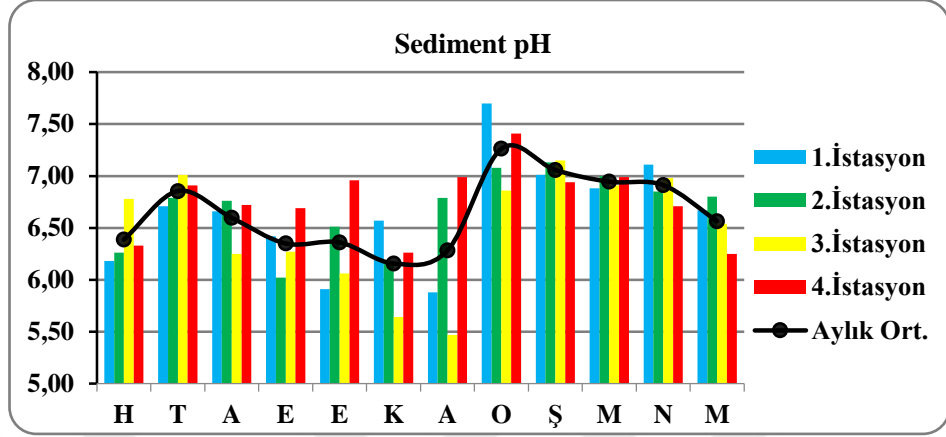
SEDİMENT PARAMETRELERİ	I. İST	II. İST	III. İST.	IV. İST.	MİN.	ORT±SS	MAX.
Cr (ppm)	8,58±1,32 ^a	10,16±1,39 ^a	10,03±0,68 ^{ab}	12,80±1,4 ^b	7,12	10,64±1,92	14,67
Mn (ppm)	131,4±17,14	147,48±7,95	141,88±15,55	202,55±90,96	106,08	155,83±50,86	285,81
Fe (ppm)	7713±1287	8498±2235	8415±1950	8621±1927	5364,06	8312±1722	10902
Co (ppm)	5,41±0,66	6,20±0,37	5,90±0,75	5,42±0,21	4,82	5,73±0,60	6,97
Cu (ppm)	18,20±3,28	18,39±2,96	18,21±2,08	16,40±1,26	14,54	17,79±2,41	22,71
Zn (ppm)	29,22±6,65	35,21±9,2	33±6,52	33,55±2,35	22,05	32,74±6,36	48,48
Cd (ppm)	0,16±0,01	0,17±0,02	0,17±0,01	0,14±0,01	0,12	0,16±0,02	0,21
Pb (ppm)	21±9,25	20,89±5,16	19,46±2,33	17,46±0,84	14,78	19,69±5,09	34,59
pH	6,64±0,35	6,68±0,38	6,49±0,17	6,76±0,05	5,88	6,64±0,13	7,7
YOM(%)	4,15±0,35	4,16±0,46	5,99±1,1	5,8±0,0	1,9	5,02±0,48	12,75

(Not: Aynı satırda farklı harfler istatistiksel farklılıkları belirtir.)

3.3.1. Sediment pH

Pazarsuyu Deresi sediment pH'sı en düşük Aralık 2014'te I. istasyonda 5,88, en yüksek ise Ocak 2015'de I. istasyonda 7,7 olarak ölçülmüştür. Ortalama sediment pH'sı 6,64'tür. I., II., II., IV. istasyonların ortalama sediment pH değerlerinin ise

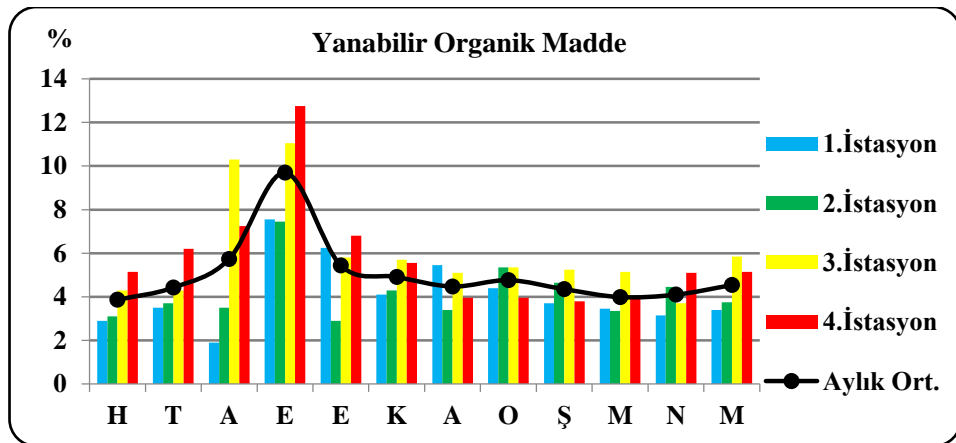
sırasıyla 6,64, 6,68, 6,49 ve 6,76 olduğu görülmüştür. Tukey testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$). Yıl boyunca ölçülen sediment pH değerlerinin istasyonlara göre aylık değişimi Şekil 3.31’de verilmiştir.



Şekil 3.31 İstasyonlara göre ortalama sediment pH değerleri ve aylık değişimi

3.3.2. % Yanabilir Organik Madde

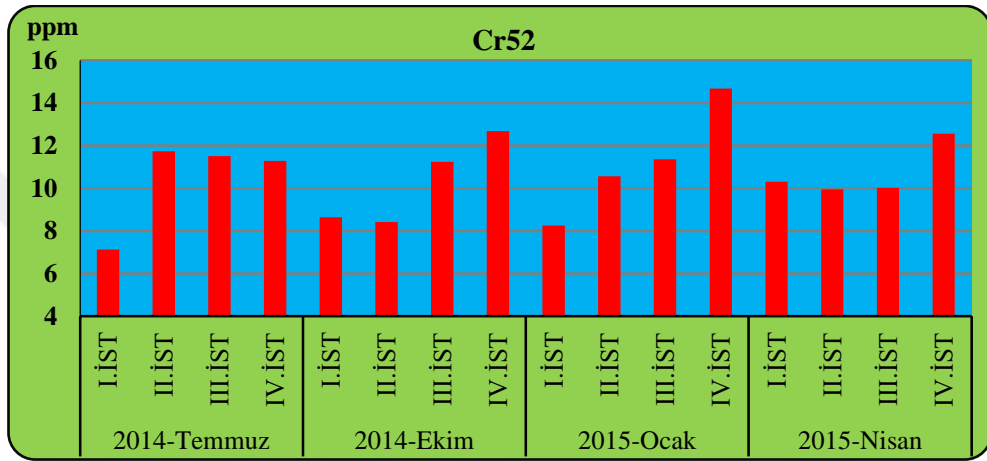
Tespit edilen ortalama % yanabilir organik madde değeri 5,02’dir. Minimum değer ağustos ayında % 1,9 ile I. istasyonda, maksimum değeri ise Eylül ayında %12,75 ile IV istasyonda saptanmıştır. I., II., III., IV. istasyonların ortalama değerleri sırasıyla %4,15, %4,16, %5,99 ve 5,80’dir. İstasyon ortalamalarına göre en yüksek değer %9,7 ile Eylül ayında, en düşük değerse %3,86 ile Haziran ayında hesaplanmıştır. İstasyonlar arası istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiş olup ($p>0,05$) % yanabilir organik maddenin aylara göre değişimi Şekil 3.32’de verilmiştir.



Şekil 3.32 İstasyonlara göre sediment organik madde değeri ve aylık değişimi

3.3.3. Krom(Cr)

Pazarsuyu Deresi'nde dört istasyondan mevsimsel olarak toplanan sedimentlerde bulunan ortalama krom miktarı 10,64 ppm'dir. Minimum değer 7,12 ppm, maksimum değer 14,67 ppm olarak bulunmuştur. I., II., II., IV. istasyonların ortalama krom değerleri ise sırasıyla 8,58, 10,16, 10,03 ve 12,80 ppm'dir. Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda 4. istasyon ile 1. ve 2. istasyonlar arasında arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Krom (Cr) değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 3.33'deki gibidir.

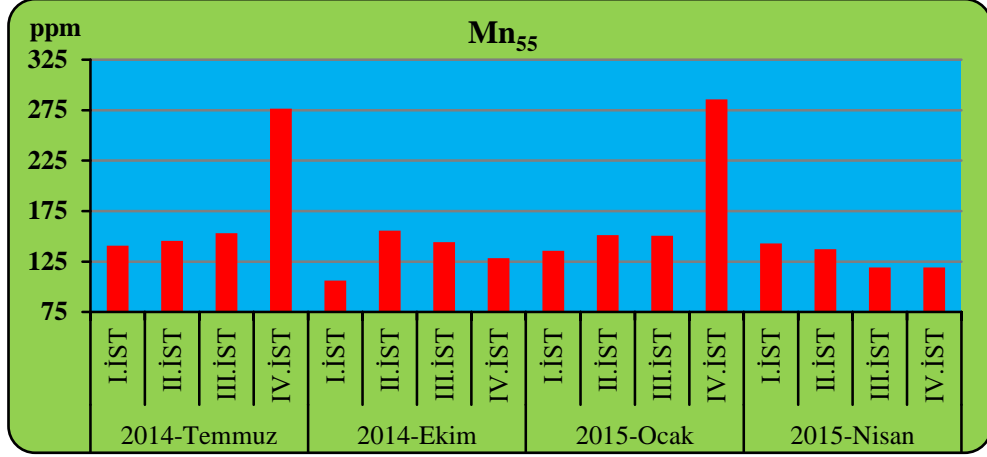


Şekil 3.33 Sedimentteki Cr değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

3.3.4. Mangan (Mn)

Pazarsuyu Deresinde dört istasyondan toplanan sedimentlerde mevsimsel olarak bulunan ortalama mangan miktarı 155,83 ppm'dir. Minimum değer Ekim 2014'te I. istasyonda 106,08 ppm, maksimum değer Ocak 2015'te IV. istasyonda 285,81 ppm olarak bulunmuştur. I., II., II., IV. istasyonların ortalama mangan değerleri ise sırasıyla 131,4, 147,48, 141,88 ve 202,55 ppm'dir. Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

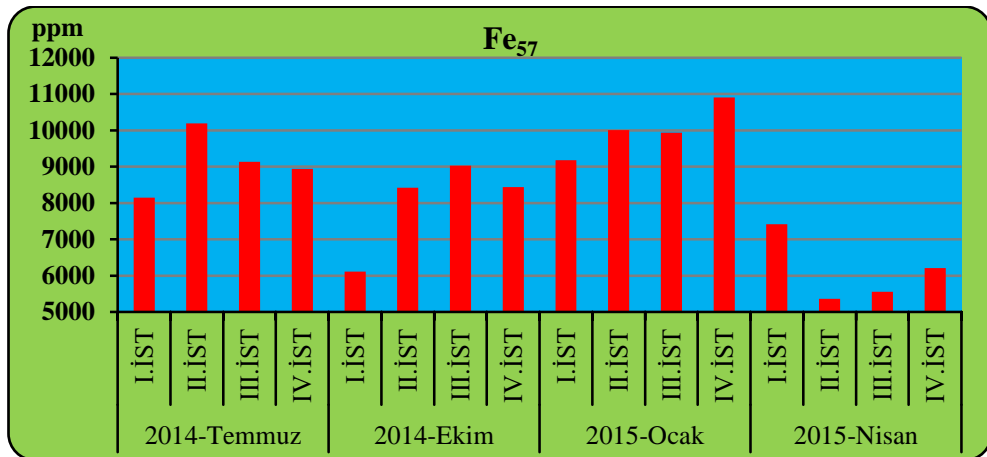
Mangan (Mn) değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 3.34'teki gibidir.



Şekil 3.34 Sedimentteki Mn değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

3.3.5. Demir (Fe)

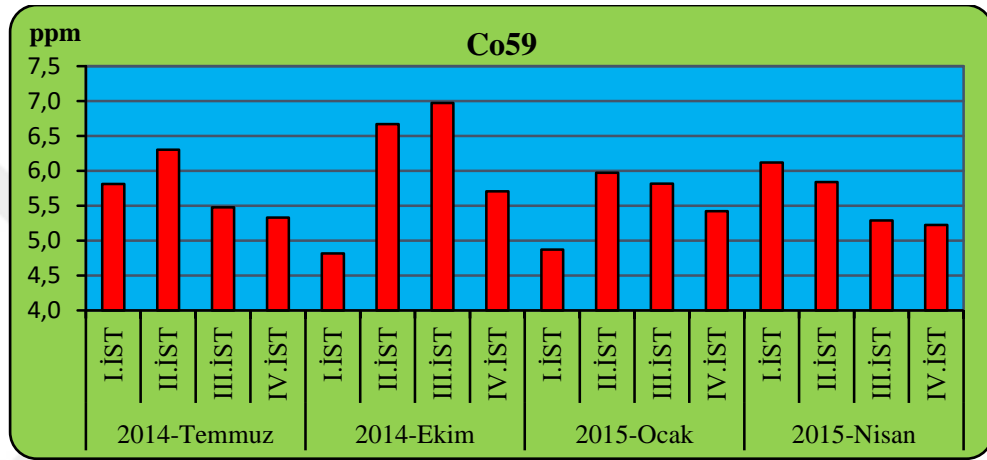
Pazarsuyu Deresi'nde dört istasyondan toplanan sedimentlerde mevsimsel olarak bulunan ortalama demir miktarı 8312 ppm'dir. Minimum değer Nisan 2015'te II. istasyonda 5364 ppm, maksimum değer Ocak 2015'te IV. istasyonda 10092 ppm olarak bulunmuştur. I., II., III., IV. istasyonların ortalama demir değerleri ise sırasıyla 7713, 8498, 8415 ve 8621 ppm'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Mevsimsel ölçülen demir değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 3.35'te verilmiştir.



Şekil 3.35 Sedimentteki Fe değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

3.3.6. Kobalt (Co)

Pazarsuyu Deresi'nde yapılan çalışma boyunca tüm istasyonların sedimentinde Kobalt değerlerinin ortalamasının 5,73 ppm olduğu hesaplanmıştır. En yüksek değer 6,97 ppm ile Ekim 2014'te III. istasyonda, en düşük değer ise 4,82 ppm olarak Ekim 2014'de I. İstasyonda ölçülmüştür. I., II., II., IV. İstasyonların sedimentte bulunan kobalt değerlerinin ise sırasıyla 5,41-6,20-5,90 ve 5,42 ppm olduğu görülmüştür. Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$). Kobalt (Co) değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi şekil 3.36'daki gibidir.

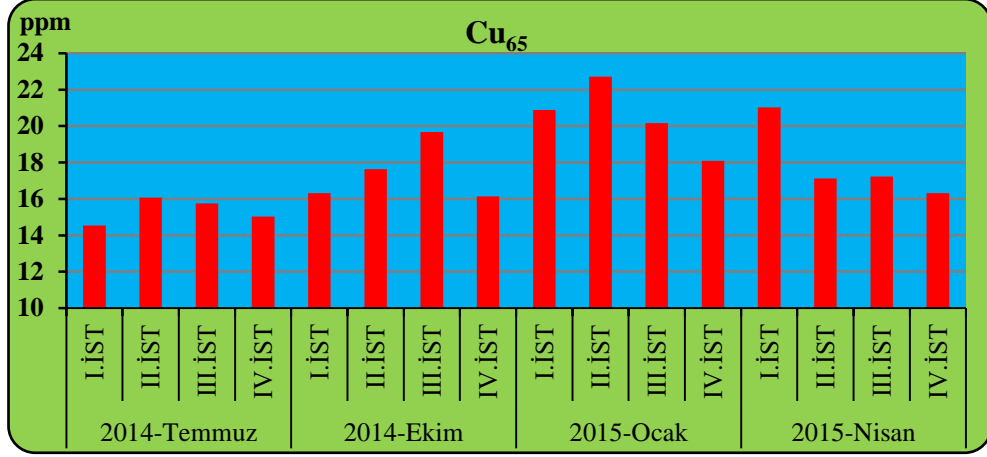


Şekil 3.36 Sedimentteki Co değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

3.3.7. Bakır (Cu)

Pazarsuyu Deresi'nde dört istasyondan toplanan sedimentlerde mevsimsel olarak bulunan ortalama bakır miktarı 17,79 ppm'dir. Minimum değer Temmuz 2014'te I. istasyonda 14,54 ppm, maksimum değer Ocak 2015'te II. istasyonda 22,71 ppm olarak bulunmuştur. I., II., II., IV. istasyonların ortalama bakır değerleri ise sırasıyla 18,20, 18,39, 18,21 ve 16,40 ppm'dir. Tek yönlü varyans analizi Anova içinde bulunan Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

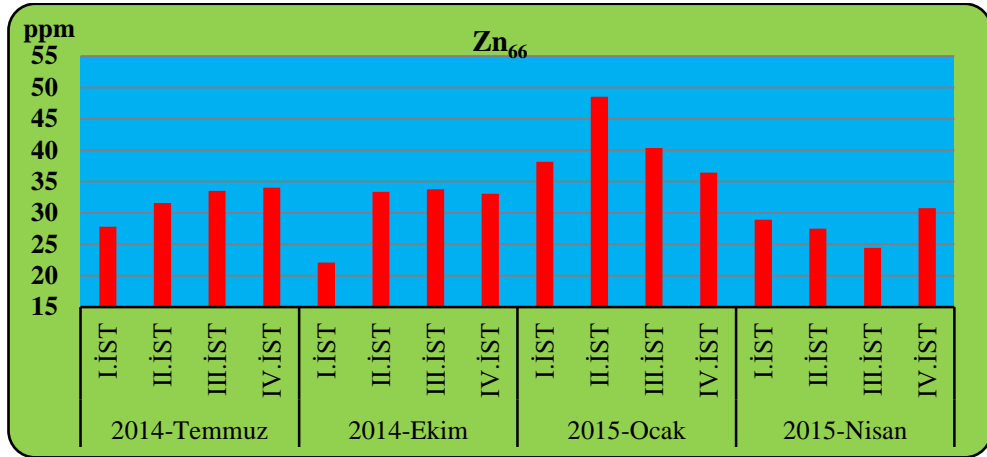
Ölçülen bakır değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 3.37'de verilmiştir.



Şekil 3.37 Sedimentteki Cu değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

3.3.8. Çinko (Zn)

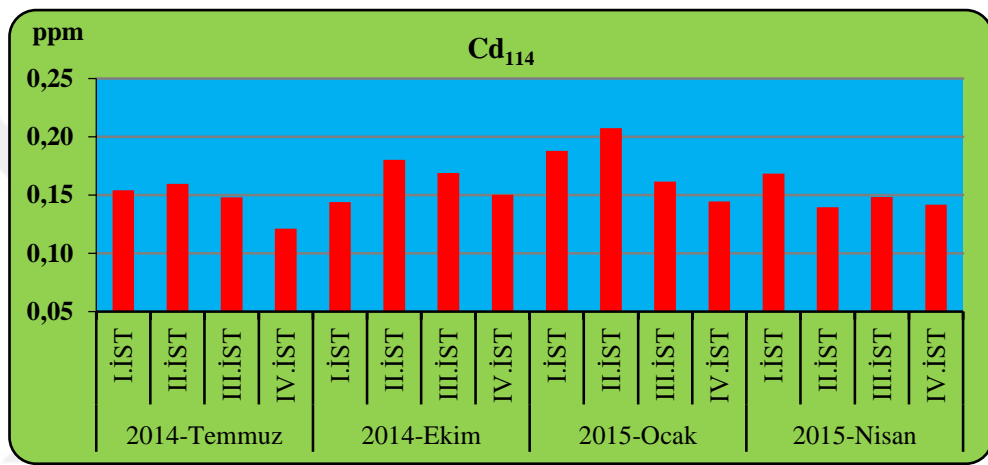
Pazarsuyu Deresi'nde dört istasyondan toplanan sedimentlerde mevsimsel olarak bulunan ortalama Çinko miktarı 32,74 ppm'dir. Minimum değer Ekim 2014'te I. istasyonda 22,05 ppm, maksimum değer Ocak 2015'te II. istasyonda 48,48 ppm olarak kaydedilmiştir. I., II., III., IV. istasyonların ortalama çinko değerleri ise sırasıyla 29,22, 35,21, 33,6 ve 33,55 ppm'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ölçülen Çinko değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 3.38'de verilmiştir.



Şekil 3.38 Sedimentteki Zn değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

3.3.9. Kadmiyum (Cd)

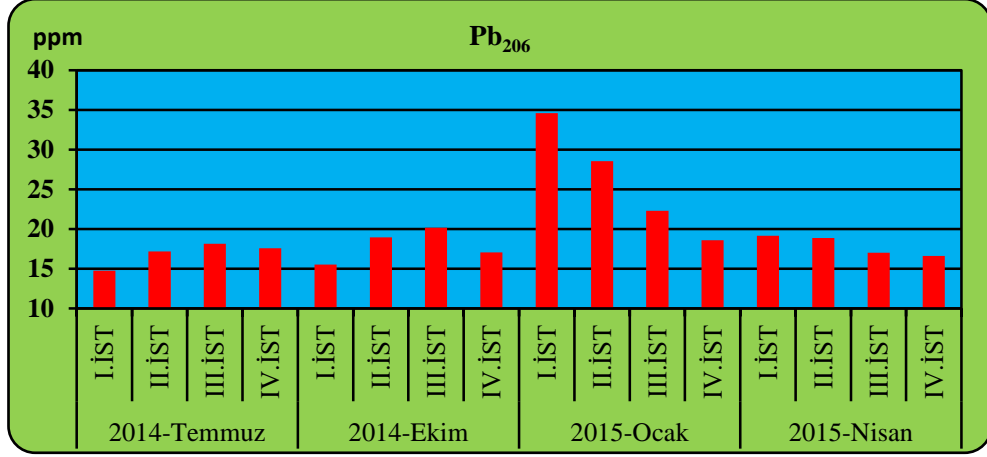
Pazarsuyu Deresi'nde dört istasyondan toplanan sedimentlerde mevsimsel olarak tespit edilen ortalama kadmiyum miktarı 0,16 ppm'dir. Minimum değer Temmuz 2014'de VI. istasyonda 0,12 ppm, maksimum değer Ocak 2015'de II. istasyonda 0,21 ppm olarak kaydedilmiştir. I. II. III. ve IV. istasyonların ortalama kadmiyum değerleri ise sırasıyla 0,16, 0,17, 0,17 ve 0,14 ppm'dir. Tek yönlü varyans analizi ANOVA ve Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$). Kadmiyum değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 3.39'daki gibidir.



Şekil 3.39 Sedimentteki Cd değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

3.3.10. Kurşun (Pb)

Pazarsuyu Deresi'nde dört istasyondan toplanan sedimentlerde mevsimsel olarak tespit edilen ortalama kurşun miktarı 19,69 ppm'dir. Minimum değer Temmuz 2014'de I. istasyonda 14,78 ppm, maksimum değer Ocak 2015'te I. istasyonda 34,59 ppm olarak kaydedilmiştir. I., II., III., IV. istasyonların ortalama kurşun değerleri ise sırasıyla 21,9, 20,89, 19,46 ve 17,46 ppm'dir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda istasyonların arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ölçülen kurşun değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 3.40'ta verilmiştir.

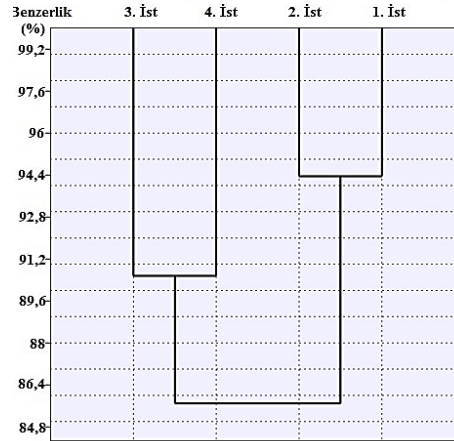


Şekil 3.40 Pb değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi

3.4. İstatistiki Analizler

3.4.1. Fiziko-kimyasal parametrelerinin kümeleme analizi

Pazarsuyu Deresi'nden seçilen 4 istasyonun 28 fiziko-kimyasal parametrenin yıllık ortalamalarına göre istasyonların benzerliklerini belirlemek için yapılan kümeleme analizi diyagramı Şekil 3.41'de verilmiştir. Fiziko-kimyasal parametrelerin, istasyonlar arası benzerlik analizinden elde edilen verilere göre iki kümede toplandığı görülmektedir. I. ve II. istasyonlar bir kümede, III. ve IV. istasyonlarda diğer kümede toplanmıştır.



Şekil 3.41 Fiziko-kimyasal parametrelere göre istasyonlarının benzerlik diyagramı

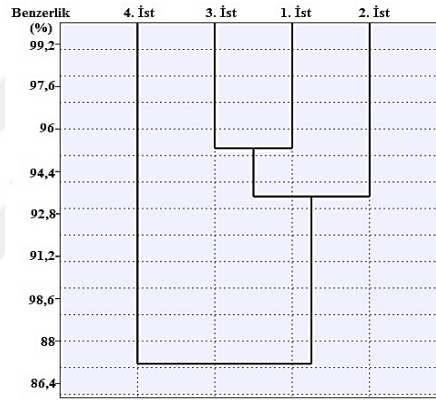
Kümeleme analizi sonuçlarına göre istasyonların fiziko-kimyasal parametreler açısından benzerlik yüzdeleri Tablo 3.4'te verilmiştir. Buna göre ilk kümeyi oluşturan I. ve II. İstasyonlar %94 oranında benzerdir. İkinci kümeyi oluşturan III. ve IV. istasyonlar da %91 oranında benzerdir. %79 oranı ile birbirine ez az benzeyen istasyonlar ise I. ve IV. istasyonlardır.

Tablo 3.4 Fiziko-kimyasal parametrelere göre istasyonlarının benzerlik yüzdeleri

İstasyonlar	1	2	3	4
1	1	0,94	0,88	0,79
2	0,94	1	0,93	0,84
3	0,88	0,93	1	0,91
4	0,79	0,84	0,91	1

3.4.2. Sedimentteki ağır metal miktarına göre kümeleme analizi

Pazarsuyu Deresi sedimentinde bulunan bazı ağır metaller (Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Cd, Pb) açısından istasyonların birbirine benzerliğini belirlemek amacıyla yapılan kümeleme analizi grafiğine göre; iki farklı küme meydana gelmiştir. İlk küme I., II. ve III. istasyonlardan, oluşturmuştur. 2. Kümeyi ise bunlardan farklı olarak IV. istasyon oluşturmuştur (Şekil 3.42).



Şekil 3.42 Sedimentteki ağır metalin istasyonlara göre benzerlik diyagramı

Kümeleme analiz sonuçlarına göre istasyonların birbirine olan benzerlik yüzdeleri Tablo 3.5'te verilmiştir. Tablo 3.5'te ve Şekil 3.42'de görüldüğü gibi birbirine en çok benzerlik gösteren istasyonlar %95 oranı ile 1 ve 3 nolu istasyonlar, birbirine en az benzeyen istasyonlar ise %76 oranı ile 3 ve 4 nolu istasyonlardır.

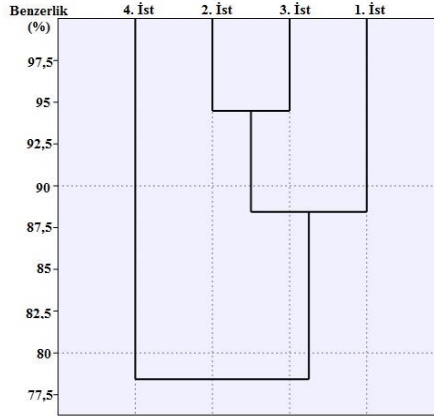
Tablo 3.5 Sediment ağır metal miktarına göre istasyonların benzerlik yüzdesi

İstasyonlar	1	2	3	4
1	1	0,93	0,95	0,81
2	0,93	1	0,89	0,87
3	0,95	0,89	1	0,76
4	0,81	0,87	0,76	1

3.4.3. Sudaki bakteriyolojik parametrelere göre kümeleme analizi

Pazarsuyu Deresi su örneklerinde bulunan bazı mikrobiyal parametreler (toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli*) açısından istasyonların birbirine benzerliğini

belirlemek amacıyla yapılan kümeleme analizi grafiğine göre iki farklı küme meydana gelmiştir. İlk küme I., II. ve III. istasyonlardan, oluşmuştur. İkinci Kümeyi ise bunlardan farklı olarak IV. istasyon oluşturmuştur (Şekil 3.43).



Şekil 3.43 Mikrobiyal parametrelere göre istasyonlarının benzerlik diyagramı

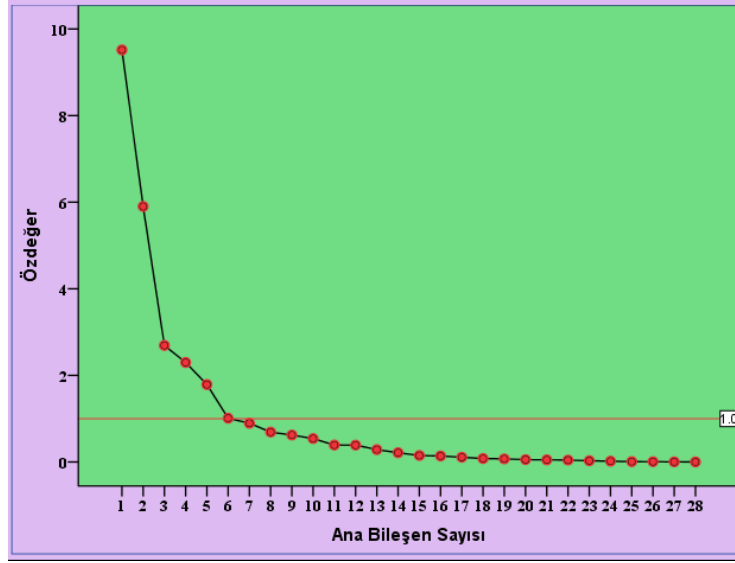
Kümeleme analiz sonuçlarına göre istasyonların birbirine olan benzerlik yüzdeleri Tablo 3.6’da verilmiştir. Tablo 3.6’da ve şekil 3.43’te görüldüğü gibi birbirine en çok benzerlik gösteren istasyonlar %94 oranı ile II ve III nolu istasyonlar, birbirine en az benzeyen istasyonlar ise % 71 oranı ile I ve IV nolu istasyonlardır.

Tablo 3.6 Mikrobiyal parametrelere göre istasyonların benzerlik yüzdeleri

İstasyonlar	1	2	3	4
1	1	0,91	0,86	0,71
2	0,91	1	0,94	0,79
3	0,86	0,94	1	0,85
4	0,71	0,79	0,85	1

3.4.4. Fiziko-kimyasal parametrelerin faktör analizi

Pazarsuyu Deresi fizikokimyasal parametreleri için yapılan faktör analizinde KMO değeri 0,65 olarak hesaplanmıştır. Barlett testi için ise $p < 0,05$ bulunmuştur. Tablo 3.7’de görüldüğü gibi bu çalışmadaki 28 fiziko-kimyasal su kalitesi parametresi döndürülmüş temel bileşenler analizi sonucunda özdeğeri 1’den büyük 6 faktör elde edilmiştir. Bu 28 parametrenin ana bileşenler analizi bulguları Şekil 3.44’teki çizgi eğim grafiğinde verilmiştir. Düşey çizgide bulunan 6 faktör ana bileşen sayısı olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.44 Pazarsuyu Deresi fiziko-kimyasal parametrelerinin çizgi eğim grafiği

Tablo 3.7 Pazarsuyu Deresi fiziko-kimyasal parametrelerin faktör analizi

Parametreler	Faktör					
	1	2	3	4	5	6
TDS	,954					
SEİ	,931					
TH	,919					
TA	,911					
Eİ	,891					
TUZ	,864					
OD	-,725					
NH ₃ -N	,619					
AS	,504					
TP		,902				
SO ₄		,765				
SRP		,708				
T(°C)		,639				
SO ₃		,625				
KOİ			,815			
BOİ ₅			,751			
NH ₄ ⁺ -N			,708			
TAN			,659			
Si			-,576			
NO ₃ ⁻ -N				,852		
ÇO				,622		
pH				,614		
ORP				-,570		
Cl ₂					,919	
Fenol					,837	
NO ₂ ⁻ -N					,639	
AKM						,824
KI-a						,792

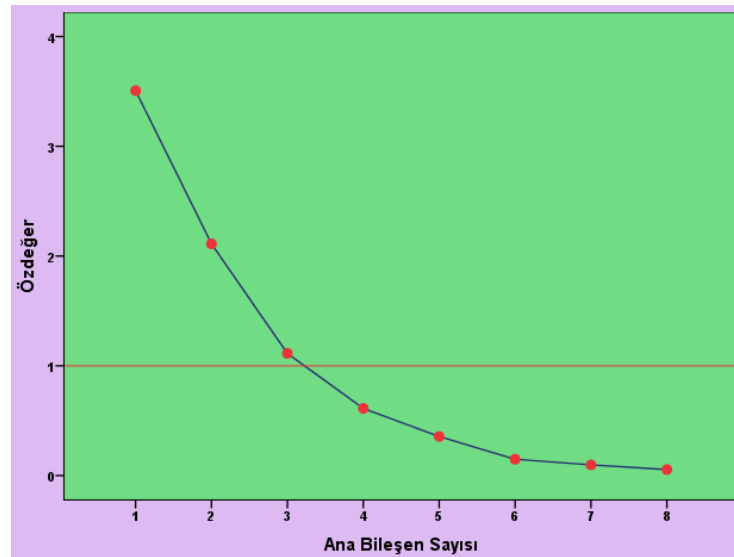
Tablo 3.7 incelendiğinde; açıklanan toplam varyansı, dönüşümden önceki ve sonraki özdeğerleri vermekte ve 6 faktörün oluştuğunu göstermektedir. Birinci faktörü TDS, SEİ, TH, TA, Eİ, Tuzluluk, OD, NH₃-N, Anyonik sürfaktan (AS); ikinci faktörü TP, SO₄, SRP, Sıcaklık, SO₃; üçüncü faktörü; KOİ, BOİ, NH₄-N, TAN, Si; dördüncü faktörü NO₃-N, ÇO, pH, ORP; beşinci faktörü Cl₂, fenol, NO₂-N ve altıncı faktörü ise AKM ve Klorofil –a parametreleri oluşturur. Toplam varyansta faktörlerin bulunma yüzdeleri sırasıyla; 28,01, 14,786, 11,363, 9,987, 9,967, 8,77’dir. Özdeğerlerin açıkladıkları birikimli varyans miktarı, toplam varyansın %82,884’üdür (Tablo 3.8).

Tablo 3.8 Fiziko- Kimyasal Parametrelerinin faktör analizi varyans tablosu

Bileşen	Başlangıç Özdeğerler			Yüklerin Açıklanabilir Kareler Toplamları			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %
1	9,517	33,99	33,99	9,517	33,99	33,99	7,843	28,01	28,01
2	5,901	21,075	55,065	5,901	21,075	55,065	4,14	14,786	42,797
3	2,692	9,613	64,678	2,692	9,613	64,678	3,182	11,363	54,16
4	2,299	8,209	72,887	2,299	8,209	72,887	2,796	9,987	64,147
5	1,789	6,389	79,276	1,789	6,389	79,276	2,791	9,967	74,114
6	1,01	3,608	82,884	1,01	3,608	82,884	2,456	8,77	82,884

3.4.5. Sedimentteki ağır metallerin faktör analizi

Pazarsuyu Deresi istasyonlarında sedimentte bulunan ağır metal parametreleri için yapılan faktör analizinde KMO değeri 0,563 olarak hesaplanmıştır. Barlett testi için ise $p < 0,05$ bulunmuştur.



Şekil 3.45 Sedimentte bulunan ağır metal parametrelerinin çizgi eğim grafiği

Sedimentte analizi yapılan 8 ağır metal parametresi verilerine uygulanan faktör analizi sonucunda özdeğeri 1’den büyük 3 faktör elde edilmiştir. Bu 8 parametrenin ana bileşenler analizi bulguları Şekil 3.45’teki çizgi eğim grafiğinde verilmiştir. Düşey çizgide bulunan 3 faktör ana bileşen sayısı olarak belirlenmiştir (Tablo 3.9).

Tablo 3.9 Sedimentte bulunan ağır metal parametrelerin faktör analizi

	Faktör		
	1	2	3
Pb	,943		
Cd	,875		
Cu	,874		
Zn	,793		
Mn		,863	
Cr		,783	
Fe		,716	
Co			,979

Tablo 3.10 Sedimentin ağır metal faktör analizi varyans tablosu

Bileşen	Başlangıç Özdeğerler			Yüklerin Açıklanabilir Kareler Toplamları			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %
1	3,507	43,834	43,834	3,507	43,834	43,834	3,307	41,337	41,337
2	2,111	26,393	70,227	2,111	26,393	70,227	2,184	27,301	68,638
3	1,113	13,913	84,14	1,113	13,913	84,14	1,24	15,502	84,14

Tablo 3.9 ve 3.10 incelendiğinde; açıklanan toplam varyansı, dönüşümden önceki ve sonraki özdeğerleri vermekte ve 3 faktörün oluştuğunu göstermektedir. Birinci faktörü; Pb, Cd, Cu, Zn 2; ikinci aktörü; Mn, Cr, Fe, üçüncü faktörü Co parametreleri oluşturur. Toplam varyansta faktörlerin bulunma yüzdeleri sırasıyla; 41,337, 27,301 ve 15,502’dir. Özdeğerlerin açıkladıkları birikimli varyans miktarı, toplam varyansın %84,140’ıdır.

Tablo 3.11 Pazarsuyu Deresi fiziko-kimyasal parametrelerinin korelasyon matrisi

n=48	t	pH	ÇO	Eİ	TUZ	ORP	TDS	TA	TH	TP	SRP	TAN	AKM	BOİ5	KI.a	Si	S.Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₃	SO ₄	AS	Fenol	KOI
t	1																							
pH	-0,209	1																						
ÇO	-,868**	0,159	1																					
Eİ	,711**	0,246	-,649**	1																				
TUZ	,440**	,286*	-,448**	,830**	1																			
ORP	0,189	-,728**	-0,195	-,340*	-,410**	1																		
TDS	,454**	,417**	-,420**	,939**	,852**	-,534**	1																	
TA	,322*	,379**	-,326*	,804**	,819**	-,445**	,874**	1																
TH	,398**	,354*	-,378**	,899**	,837**	-,482**	,958**	,882**	1															
TP	,795**	-0,07	-,564**	,616**	,375**	0,006	,419**	,304*	,417**	1														
SRP	,590**	-0,23	-,430**	,374**	0,185	0,094	0,218	0,192	0,257	,714**	1													
TAN	,548**	-0,28	-,408**	,380**	,299*	0,181	0,231	0,265	,292*	,543**	,662**	1												
AKM	0,154	-0,06	-0,153	-0,02	0,095	0,057	-0,02	0,031	0,027	0,231	,326*	,473**	1											
BOİ5	0,121	-0,01	-0,065	,380**	0,275	-0,111	,431**	,377**	,527**	0,245	,322*	,502**	0,145	1										
KI.a	,423**	-0,25	-,417**	0,211	0,271	0,22	0,147	0,166	0,144	0,218	,367*	,450**	,690**	0,205	1									
Si	,301*	0,228	-,343*	,357*	0,169	-0,24	,361*	0,168	,298*	,311*	0,105	-0,203	0,009	-0,101	0,016	1								
S.Cl	-0,036	-,312**	0,014	-0,15	-0,208	0,225	-0,15	0,095	-0,101	-0,04	0,146	,288*	,334*	0,162	,307*	-0,095	1							
NO ₂	0,052	-0,23	-0,033	-0,24	-0,266	,302*	-,297*	-0,12	-0,223	0,234	,413**	,408**	,697**	0,118	,452**	-0,057	,685**	1						
NO ₃	-,427**	,337*	,493**	-0,13	0,104	-,335*	0,051	0,101	0,13	-0,034	-0,016	-0,042	,361*	0,201	-0,01	-0,038	0,031	,297*	1					
SO ₃	,396**	-0,23	-,366*	0,1	-0,02	0,233	-0,01	0,072	0,043	,526**	,582**	,410**	,630**	0,058	,518**	0,274	,534**	,807**	0,157	1				
SO ₄	,625**	0,121	-,519**	,737**	,542**	-0,199	,627**	,504**	,662**	,839**	,494**	,396**	0,151	,343*	0,133	,431**	-0,1	0,099	0,042	,369**	1			
AS	,608**	-0,01	-,477**	,613**	,435**	-0,08	,525**	,471**	,497**	,505**	,420**	,455**	0,215	0,147	,379**	,318*	0,181	0,126	-0,116	,394**	,473**	1		
Fenol	0,141	-0,22	-0,257	0,003	-0,029	0,187	-0,02	0,189	-0,005	-0,105	0,192	,295*	,429**	-0,038	,467**	0,045	,741**	,547**	-0,17	,485**	-0,15	0,249	1	
KOI	0,189	-0,12	-0,141	,343*	,294*	-0,009	,351*	,403**	,446**	0,212	,408**	,575**	0,199	,775**	,318*	-,328*	0,221	0,108	0,028	0,106	0,25	0,249	0,11	1

*. Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlı ** .Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlı n: Örnek sayısı

3.4.6. Fiziko-kimyasal parametrelerin korelasyon analizi

Tablo 3.11 incelendiğinde sıcaklık ile çözünmüş oksijen arasında yüksek düzeyde negatif bir korelasyonun olduğu görülmektedir. Ayrıca sıcaklık ile TP arasında pozitif yönde yüksek, SO₄ ve anyonik sülfaktan arasında pozitif yönde orta düzeyde bir ilişki vardır. pH ile ORP arasında negatif yönde yüksek bir korelasyon (r=-,728; p<0,01) mevcuttur.

Eİ parametresi; sıcaklık(r=,711; p<0,01) tuzluluk (r=,830; p<0,01), TDS (r=,939; p<0,01), TA (r=,804; p<0,01), TH (r=,899; p<0,01), SO₄ (r=,737; p<0,01) parametreleri ile pozitif yönde yüksek, ÇO ile de negatif yönde orta düzeyde bir korelasyon ((r=-,649; p<0,01) içindedir. Benzer şekilde TH ile tuzluluk (r=,837; p<0,01), TDS (r=,985; p<0,01) ve TA (r=,882; p<0,01) arasında da pozitif yönde yüksek düzeyde korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

3.4.7. Sedimentteki ağır metallerin korelasyon analizi

Tablo 3.12’de gösterildiği gibi Pazarsuyu Deresi sedimentinde belirlenen ağır metal seviyelerine bakıldığında Mn elementinin Fe ile orta düzeyde pozitif bir korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Fe aynı zamanda Zn pozitif yüksek düzeyde bir ilişki içindedir. Cu; Zn ile orta düzeyde, Cd ve Pb ile ise yüksek bir korelasyona sahiptir. Ayrıca Pb; Zn ile orta, Cd ile de yüksek bir korelasyonun içindedir.

Tablo 3.12 Pazarsuyu Deresi sediment parametrelerinin korelasyon matrisi

	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Cd	Pb	pH	% YOM
Cr	1									
Mn	0,472	1								
Fe	0,363	0,534*	1							
Co	0,012	-0,044	0,274	1						
Cu	-0,014	-0,098	0,285	0,223	1					
Zn	0,279	0,315	0,752**	0,195	0,619*	1				
Cd	-0,304	-0,328	0,345	0,38	0,792**	0,605*	1			
Pb	-0,175	-0,037	0,369	-0,099	0,770**	0,694**	0,738**	1		
pH	0,219	0,341	0,34	-0,329	0,301	0,444	0,205	0,538*	1	
% YOM	0,286	0,014	0,012	-0,25	-0,056	0,162	-0,23	0,022	-0,299	1

*: Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlı **Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlı

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Akarsu havzaları çevre kirliliğinden önemli oranda etkilenen alanlardır. Çalışma alanımızın içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Havzası'ndaki başlıca kirlenici kaynakları arasında evsel atıklar, katı atık düzensiz depolama sahaları, endüstriyel atık sular, tarımsal ve madensel faaliyetler, HES'ler, plansız işletilen taş ocakları ve heyelanlar en başta gelir (18).

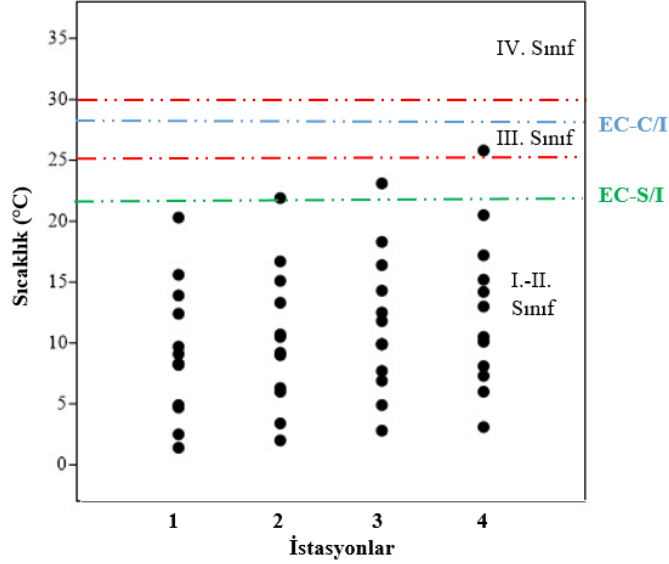
Pazarsuyu Deresi havzasından Haziran 2014- Mayıs 2015 tarihleri arasında belirlenen dört istasyondan alınan su ve sediment örneklerinin aylık olarak analizleri yapılmıştır. Su kalitesi verileri; Avrupa Birliği Komisyonu'nun (EC) tatlı sularda balık sağlığının korunması amacıyla sağlanması gereken su kalite kriterleri direktifine (67), Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynaklarının sınıflarına (68), Orman ve Su İşleri Bakanlığının Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (69), Türk Standartları Enstitüsü'nün İnsani Tüketim Amaçlı Sular Tebliği'ne (70), Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suları kalitesi tebliğine (71) göre değerlendirilmiştir. Çalışmamızda tespit edilen verilerin sonuçlarının yukarıda bahsedilen mevcut kriterlere göre daha iyi yorumlanabilmesi ve görsel olarak anlaşılabilmesi için parametrelerin PAST İstatistik programında jitter plot noktalama grafikleri yapılmıştır.

4.1. Suda Tespit Edilen Fizikokimyasal Parametreler

Su sıcaklığı, sucul ekosistemde biyotik faktörler üzerinde oldukça etkili olan bir parametredir. Üreme, beslenme ve metabolik faaliyetlerde önemli olup, biyolojik aktivite hızını artırır, çözünmüş oksijen miktarını azaltır. Başta balıklar olmak üzere suda yaşayan canlıların metabolizmalarının sıcaklık ile değişim gösterdiği bilinmektedir (72). Akarsularda sıcaklık değişimleri, iklime, atmosfer koşullarına, akıntı hızına, nehir yatağının yapısına ve bitki örtüsüne göre değişmektedir (1).

Pazarsuyu Deresi'nde su sıcaklığı 1,4-25,8 °C arasında değişiklik göstermiştir. Derenin yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 10,93 °C olarak hesaplanmıştır. İstasyonlar ve aylara göre bakıldığında sıcaklığın yaz mevsiminde arttığı ve maksimum değere Ağustos ayında ulaştığı, kış mevsiminde ise azaldığı ve minimum değere Ocak ayında ulaştığı tespit edilmiştir. Pazarsuyu Deresi'nde sıcaklık açısından termal bir kirlenme söz konusu olmayıp, sadece mevsimsel değişikliklerden söz edilebilir. Sıcaklık parametresi; Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (69), göre IV. İstasyonda ağustos ayı hariç tüm istasyon ve aylarda I. II. sınıf su kalitesindedir. Ayrıca EC, 2006

direktiflerine göre (67) su sıcaklığı Cyprinid'ler için aşılmaması zorunlu olan 28 °C limit değerini hiçbir ayda aşmamıştır. Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu olan 21,5 °C değeri 1.istasyonda aşılmamıştır (Şekil 4.1).



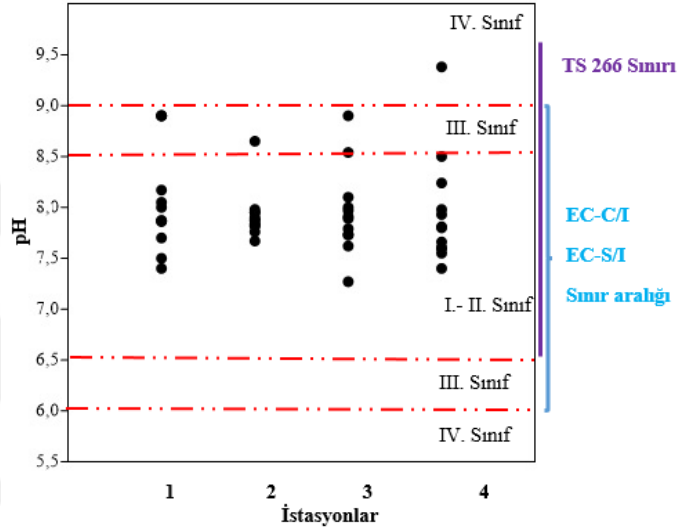
Şekil 4.1 Pazarsuyu Deresi sıcaklık verisi ve bazı sınır değerleri, (Su kalite sınıfları, EC-S/I: Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu; EC-C/I: Cyprinidler için aşılmaması zorunlu)

Bölgede yapılan diğer çalışmalar da su sıcaklığı bakımından benzerlik göstermektedir. Örneğin; Giresun il sınırlarından denize dökülen akarsularda yıllık ortalama sıcaklık değerini Şengün (73) Aksu Deresi'nde 12,52°C, Yıldız (74) Gelevera Deresi'nde 13,19°C, Dinçer (75) Çanakçı Deresi'nde 12,97°C, Aydın (76) Batlama Deresi'nde 11,54°C olarak tespit etmişlerdir. Özoktay (77) yapmış olduğu çalışmada; Ordu il sınırları içinden denize dökülen Melet Irmağı, Turnasuyu Deresi ve Akçaova derelerinin I. kalite su sınıfında yer aldığını belirtmiştir. Benzer şekilde Yılmaz (78) Ordu ili Fatsa ilçesinden denize dökülen Elekçi Deresi'nde yapmış olduğu çalışmada Elekçi Deresi'nin sıcaklık bakımından I. sınıf su kalitesinde olduğunu bildirmiştir.

Doğal sularda pH, kimyasal ve biyolojik açıdan önemli parametrelerin başında gelir. pH'nın suda artması veya azalması bazı bileşiklerin toksisitesini etkilemektedir. Pazarsuyu Deresi'nde pH 7,4 -9,38 arasında değişirken istasyonlar bazında istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir ($p>0,05$). Yıllık ortalama pH değeri 7,98 olarak saptanmıştır. Hafif alkali olarak ifade edilebilecek bu su YSKY'ye (69) göre I.-II. sınıf su kalitesindedir. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine (67)

göre, Cyprinid ve Salmonid cinsi balıklar için sulardaki zorunlu pH aralığının (EC/C-I, EC/S-I) 6-9 olması istenmektedir. Çalışma sahasında ölçülen pH verilerine göre Cyprinid ve Salmonid cinsi balıklar açısından herhangi bir tehdit görülmemektedir. İlaveten akarsuyun pH değerlerinin, Türk Standartları Enstitüsü'nün insani kullanım amaçlı sular tebliğinde pH için belirtilen 6,5-9,5 aralığının içinde olduğu tespit edilmiştir (70).

Pazarsuyu Deresi'nde tespit edilen pH seviyelerinin ifade edildiği ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafiği Şekil 4.2'de verilmiştir.



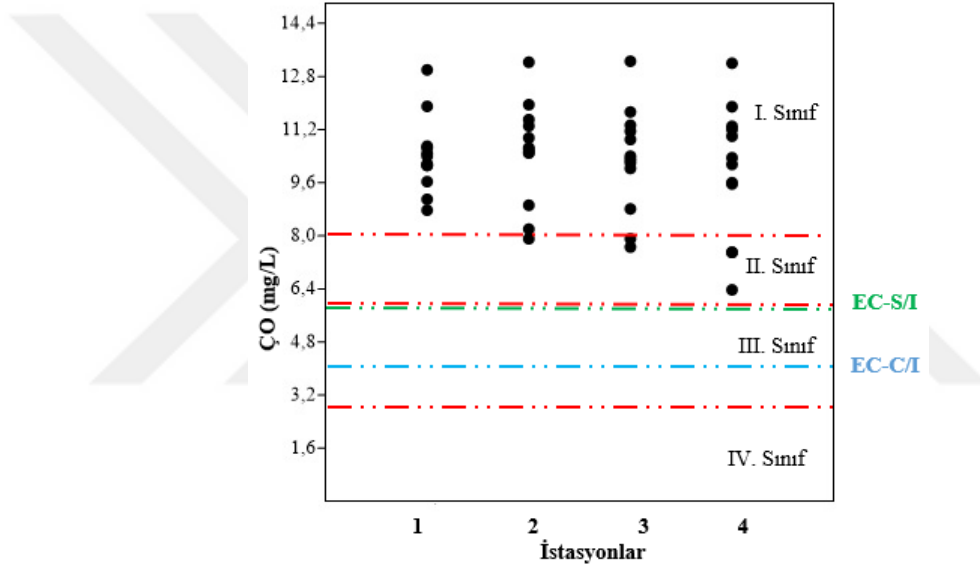
Şekil 4.2 Pazarsuyu Deresi pH verileri ve bazı sınır değerleri, (Su kalite sınıfları, EC-S/I: Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu; EC-C/I: Cyprinid'ler için aşılmaması zorunlu)

Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan benzer çalışmalarda da bölge akarsularının pH açısından I.-II. Sınıf su kalitesinde olduğu belirtilmiştir. Örneğin; Serdar (79) İyidere ve Çiftekavak derelerinde yapmış olduğu çalışmada pH değerini sırasıyla 7,96-8,1 olarak ölçmüştür. Gedik ve arkadaşları (80) Fırtına Deresi'nde pH değerini 7,16, Ustaoglu ve arkadaşları (81) Melet Irmağı'nda 7,45, Aydın ve arkadaşları (82) Çömlekçi Deresi'nde 7,53, olarak kaydetmişlerdir.

Belli bir zamanda akarsuda ölçülen oksijen miktarı, o andaki suyun sıcaklığına, su yüzeyinde atmosferik gazın kısmi basıncına, suda çözülmüş tuz yoğunluğuna, solunum ve fotosentez gibi biyolojik olaylara bağlıdır (83). Oksijenin sudaki çözünürlüğü; atmosfer basıncıyla doğru, yükseklik, tuz oranı ve sıcaklıkla ters orantılı olarak değişir (84). Akarsu havzasında yapılan incelemede çözülmüş oksijen 6,37-

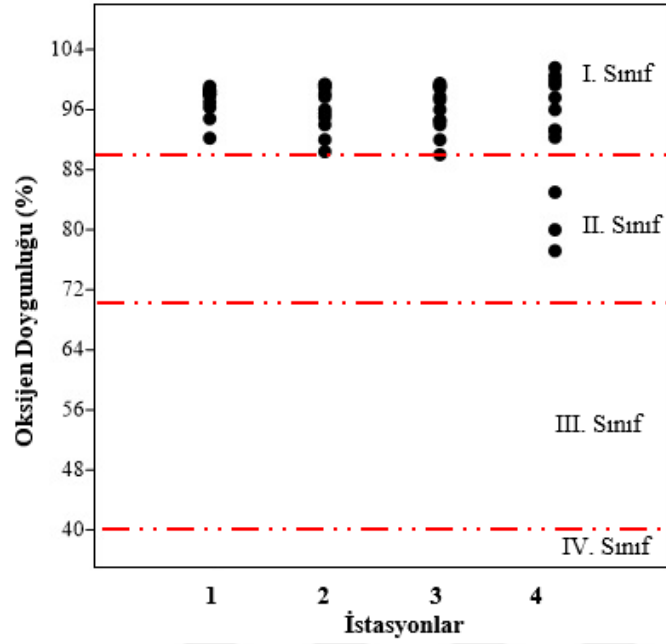
13,26 mg/L arasında ölçülmüştür. Yıllık ortalama ÇO değeri 10,3 mg/L'dir. ÇO ortalamasının 13,17 mg/L olarak en fazla ölçüldüğü ay, 2,3°C ile en düşük ortalama su sıcaklığının olduğu Ocak ayıdır. Yine ÇO ortalamasının 7,68 mg/L olarak en düşük olduğu ay, 22,8°C ile en yüksek ortalama su sıcaklığının olduğu Ağustos ayıdır. Verilere uygulanan Pearson Korelasyon Analizi sonuçlarına göre ÇO ile sıcaklık verileri arasında yüksek negatif korelasyon tespit edilmesi bu durumu desteklemektedir ($r = -0,868$; $p < 0,01$).

Pazarsuyu Deresi'nde tespit edilen ÇO ve % oksijen doygunluğu seviyelerinin ifade edildiği ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafikleri Şekil 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3 Pazarsuyu Deresi ÇO verileri ve bazı sınır değerleri, (Su kalite sınıfları, EC-S/I: Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu; EC-C/I: Cyprinid'ler için aşılmaması zorunlu)

YSKY'ye (69) göre ortalama % çözünmüş oksijen ve ÇO değeri sıcaklığın yüksek olduğu Ağustos ayında II. sınıf su kalitesinde olsa da yılın diğer aylarında I. sınıf su kalitesindedir. Yine Avrupa Birliği Komisyonunu tatlı sularda balık sağlığının korunması amacıyla hazırladığı direktife göre, Cyprinid türleri için sudaki çözünmüş oksijen seviyesinin 4 mg/L, Salmonid türleri için ise 6 mg/L'nin altına düşmemesi gerekmektedir (67). Akarsu havzasında tespit edilen ÇO seviyelerinin belirtilen zorunlu değerin (EC-C/I, EC-S/I) altına düşmediği tespit edilmiştir.



Şekil 4.4 Pazarsuyu Deresi % O₂ doygunluğu verileri ve su kalite sınıfları

Kalyoncu ve Zeybek (85), Ağlasun ve Isparta Derelerinde altı istasyonda yaptıkları çalışmada ortalama ÇO değerini 7,43 -9,01 mg/L aralığında bulmuşlardır. Küçük (86), Büyük Menderes Nehri su kalitesi verilerini su ürünleri açısından incelemiş ve ÇO'nun 6,4 ile 9,7 mg/L aralığında seyrettiğini bunun da su ürünleri yetiştiriciliği için sınır değer olan 5 mg/L'nin üzerinde olduğunu belirtmiştir. Simeonov ve ark. (87), Kuzey Yunanistan'ın yüzeysel su kalitesini belirlemek için Aliakmon, Axios, Loudias, Strymon, Gallikos akarsuları ve yan kollarında yaptıkları araştırmada ÇO'nun minimum, ortalama ve maksimum değerlerinin sırasıyla 3,7 mg/L, 7,4 mg/L, 12,3 mg/L olduğunu belirtmişlerdir. Nas ve Nas (88), bölge akarsularından olan Harşit Irmağında yaptıkları su kalitesi modellemesi ve çözünmüş oksijen dengesi çalışmalarında ÇO değerlerinin 3,35 mg/L ile 10,44 mg/L arasında değiştiğini, en düşük değer Ağustos en yüksek değer ise Aralık ayında tespit edildiğini belirtmişlerdir. Yine Alkan ve ark. (89), Orta ve Doğu Karadeniz Bölgelerinde bulunan 13 akarsuyun ortalama ÇO değerini 11,7 mg/L olarak tespit etmişler ve bunlardan İyidere, Büyükdere, Fırtına, Çağlayan ve Kapistre derelerinin 1. sınıf su kalitesinde olduğu bildirmişlerdir.

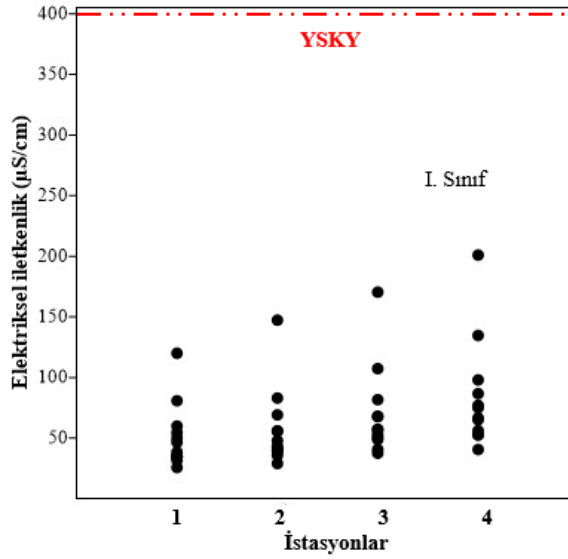
Yüzey sularının elektriksel iletkenliğinin jeolojik yapıya ve yağış miktarına göre değiştiği bilinmektedir. Pazarsuyu Deresinde Eİ 25,70-201 µS/cm aralığında bulunmuştur. Derenin yıllık ortalama Eİ değeri ise 65,53 µS/cm olarak hesaplanmıştır.

Akarsuyun debisinin sırasıyla en düşük (4,3 m³/sn, 3,5 m³/sn ve 2,86 m³/sn) olduğu Temmuz, Ağustos, Eylül ayları, iletkenliğin de en yüksek olduğu aylar olarak kaydedilmiştir. Mevsimsel olarak su sıcaklığının artmasıyla iletkenlik artmış ÇO miktarı azalmıştır.

Verilere uygulanan Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre iletkenlik ile sıcaklık verileri arasında pozitif yönde yüksek ($r= 0,711$; $p<0,01$), Eİ ile ÇO arasında negatif yönde orta düzeyde ($r=-0,649$; $p<0,01$) bir korelasyonun varlığı bu durumu destekler mahiyettedir. Mayıs ayı elektriksel iletkenliğin en düşük ölçüldüğü (33,2 $\mu\text{S/cm}$) aydır. Bunun da ilkbahar yağmurları ve eriyen kar sularının etkisiyle meydana geldiği düşünülmektedir.

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi araştırma istasyonlarında tespit edilen yıllık ortalama Eİ değerleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (YSKY) I. sınıf su kalitesi için belirtilen değerin (<400 $\mu\text{S/cm}$) oldukça altında yer almaktadır (69). Ayrıca istasyonların Eİ değerleri, su ürünleri standartları ve yüzeysel su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması hakkındaki protokolda belirtilen değerlerin (150–500 $\mu\text{S/cm}$) altındadır (90). İlaveten Eİ değerlerimiz TS 266 ve Avrupa Birliği içme suyu tebliğinde belirtilen 2500 $\mu\text{S/cm}$ sınır değerinden de bir hayli düşük olduğu tespit edilmiştir (70, 91).

Spesifik iletkenlik mevsimsel ve derinlikle ilgili sıcaklık farklarını ortadan kaldırmak için tüm Eİ okumalarında +25°C'nin referans olarak alındığı bir parametredir. Pazarsuyu Deresi'nde spesifik iletkenlik ortalama değeri 87,02 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür. Göksu (5), SEİ değerinin 25°C'de 1000 $\mu\text{S/cm}$ 'yi aşan sularda balık barınmadığını, yetiştiricilik yapılacak suyun iletkenliğinin ise yaklaşık 12,50-1800 $\mu\text{S/cm}$ aralığında olması gerektiği bildirmiştir.



Şekil 4.5 Pazarsuyu Deresi elektriksel iletkenlik verileri ve Su kalite sınıfları

Kalyoncu ve arkadaşları (92), Aksu Çayı'nda altı örnekleme noktasında yaptıkları çalışmada Eİ değerlerini 173,8 – 493,16 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Atıcı ve Ahıska (93), ise Ankara'nın içinden geçen başkentin fabrika ve evsel atık yükünü çeken Ankara Çayı'nda ortalama Eİ değerini 944 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak kaydetmişlerdir. Taşdemir ve Göksu (94), Asi Nehri'nin bazı su kalite özelliklerini belirledikleri araştırmada beş farklı istasyonda Eİ değerini 25- 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında tespit etmişlerdir. Bulut (95), Trabzon iline içme ve kullanma suyu sağlayan Atasu Barajı'nın sularını taşıyan Kalyan Deresi'nde iletkenlik değerini 80- 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak kaydetmiştir. Yine Gültekin ve arkadaşları (96), Trabzon ili akarsularının yağışlı dönem su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmada ortalama iletkenlik değerini Sürmene Deresi'nde 90,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Solaklı Deresi'nde 71,2, Karadere'de 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Değirmendere'de 159,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak hesaplamışlardır.

Giresun ilinde yapılan diğer çalışmalarda Eİ değerini; Şengün (73), Aksu Deresi'nde 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Yıldız (74), Gelevera Deresi'nde 131,81 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Dinçer (75) Çanakçı Deresi'nde 147 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve Aydın (76), Batlama Deresi'nde 203,92 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulmuşlardır. Sonuç olarak Eİ parametresi açısından bölge akarsularından birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

Sulardaki tuzluluk su yataklarındaki kayaçların özelliğine, yağışlara ve buharlaşmaya bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Sulardaki çözünmüş oksijeni

etkileyen en önemli parametrelerden biri tuzluluktur. Tuz yoğunluğunun artmasıyla tatlı sularda çözünmüş oksijen miktarı azalır.

Pazarsuyu Deresi'nde tuzluluk değeri yıllık ortalama 0,03 ppt bulunmuştur. Bu değer dünya üzerindeki yüzey sularının ortalama tuzluluk değeri olan 0,12 ppt'nin oldukça altındadır. I. ve II. İstasyonlarda Ağustos ayı hariç tuzluluk tespit edilememiştir. Benzer şekilde III. ve IV. İstasyonlarda ise su sıcaklığının yüksek olduğu Temmuz, Ağustos, Eylül ayları ile yağışların azaldığı ve akarsuyun debisinin düştüğü Ocak, Şubat aylarının haricinde tuzluluk tespit edilememiştir.

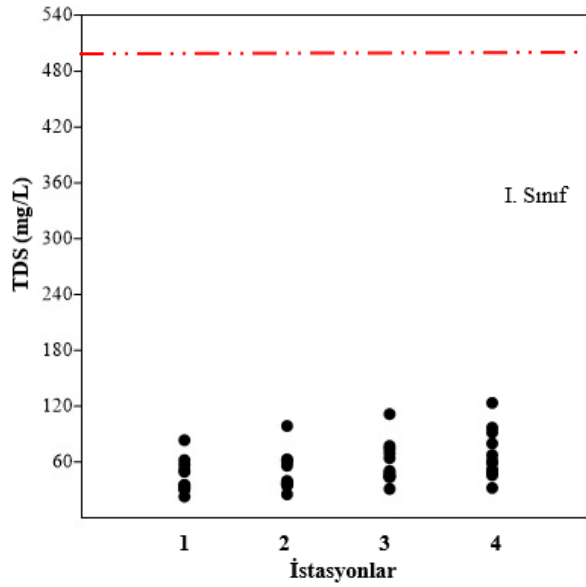
Tuzluluk değerinin tespit edildiği aylarda iletkenlik değerleri de yüksek bulunmuştur. Aralarındaki yüksek pozitif korelasyonun ($r=0,830$; $p<0,01$) istatistiki açıdan da belirlenmiş olması mevcut literatür bilgisini desteklemektedir. Verep ve arkadaşları (97), İyidere'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi amacıyla belirledikleri dört istasyonda yürüttükleri çalışmada tuzluluk değerini 0-0,1 ppt aralığında tespit etmişlerdir. Çiçek ve Ertan (98), Köprüçay Nehri'nin fiziko-kimyasal özelliklerine göre su kalitesinin belirlenmesi amacıyla yedi istasyonda gerçekleştirdikleri çalışmada ortalama tuzluluk oranını 0,25 ppt olarak bulmuşlardır. Tepe ve arkadaşları (99) ise Hasan Çayı'nda yaptıkları çalışmada tuzluluk değerininin 0,19 ppt olduğunu belirtmişlerdir.

ORP genellikle negatif bir değere sahiptir ve antioksidant olarak bilinir. Literatür bilgilerine göre asidik suların ORP'si alkali sulardan daha yüksektir. Bu yüzden yüksek oksijen içeren alkali sularda görülen düşük ORP beklenen bir durumdur (100). ORP; doğal sulardaki değeri -500 mV ile +700 mV arasında değişen ve sulu çözeltilerin yükseltgeme indirgeme durumlarını gösteren sayısal bir indekstir. Bu çalışmada ORP -61,02 mV olarak ölçülmüştür ve istasyon ortalamaları birbirine çok yakın çıkmıştır. Giresun ilinde yapılan benzer çalışmalarda ORP değeri Batlama Deresi'nde -77,25 mV (76), Aksu Deresi'nde -93,1 mV (73), Çanakçı Deresi'nde -94,2 mV (75), Gelevera Deresi'nde -95,1 mV (74) olarak kaydedilmiştir. Vieira ve arkadaşları (101), Liz Nehri'nde ORP değerini ortalama 137 mV olarak bildirmişlerdir.

Toplam çözünmüş maddeler (TDS); doğal suların kimyasal içeriğini belirlenmesinde yarar sağlayan önemli bir parametredir. Aynı zamanda suyun verimliliğine de katkısı vardır. TDS doğal kaynaklardan, evsel ve endüstriyel atık

sulardan ve tarımsal alanlardan kaynaklanır. TDS miktarı içme sularının tat, sertlik, korozyon gibi özelliklerini etkiler (72).

Pazarsuyu Deresi'nde ölçülen ortalama TDS değerleri 23-123,6 mg/L aralığında tespit edilmiş olup, ortalama 54,80 mg/L'dir. SKKY'ye (68) göre TDS değerleri 500 mg/ L'nin altında olduğundan I.sınıf su kalitesindedir (Şekil 4.6). Benzer şekilde WHO'ya göre TDS miktarı 300 mg/L den az olduğu için mükemmel su sınıfına dahildir (71).



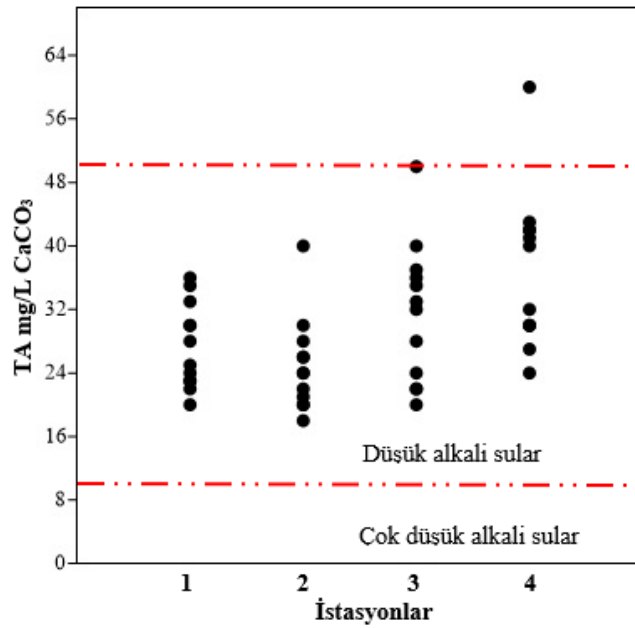
Şekil 4.6 Pazarsuyu Deresi TDS verileri ve su kalite sınıfları

Akarsuda ölçülen TDS ve Eİ değerleri mevsimsel olarak paralellik arz etmektedir. Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre TDS ile iletkenlik verileri arasında pozitif yönde çok yüksek ($r= 0,936$; $p<0,01$), bir korelasyonun olması bu durumu desteklemektedir. Sulardaki TDS çoğunlukla çözünmüş halde bulunan inorganik tuzlardan oluştuğu için TDS ile tuzluluk parametreleri arasında yüksek düzeyde ($r= 0,852$; $p<0,01$) bir korelasyon tespit edilmiştir.

Gedik ve arkadaşları (80), Fırtına Deresi'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesini belirledikleri araştırmada yedi istasyonun ortalama TDS değerini 28,28 mg/L Boyacıoğlu ve Boyacıoğlu (102), İzmir'in su ihtiyacının karşılandığı ana havzalardan biri olan Tahtalı Nehri'ndeki çalışmalarında sekiz istasyonda ortalama TDS miktarını 375,45 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Yerel ve Ankara (103), Sakarya Nehri'nin su kalitesini değerlendirdikleri çalışmada beş istasyonda ortalama TDS değerini 621,69

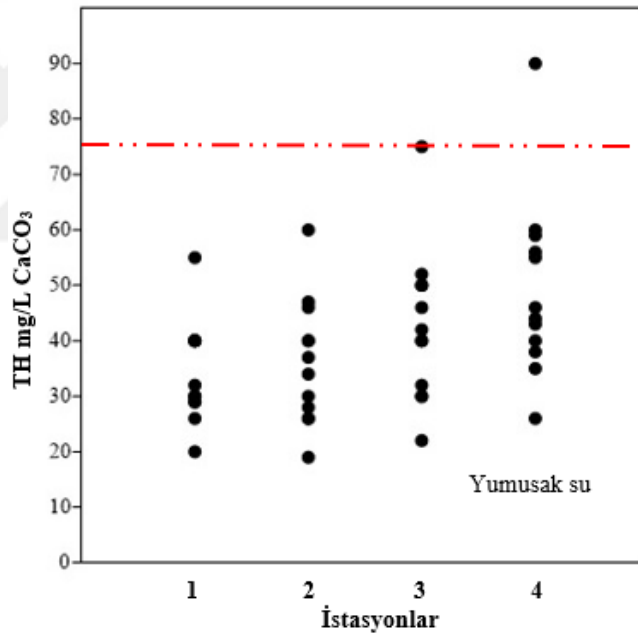
mg /L bulmuşlardır. Boyacıoğlu (104) Büyük Menderes Havzası'nda 17 istasyonda ortalama TDS değerini 663,53 mg/L kaydetmiştir. Varol ve Şen (105), Behrimaz Deresi'nde TDS miktarının 4 istasyon için 96-148 mg/L aralığında seyrettiğini belirtmişlerdir.

Suyun alkalitesi, asitleri nütürleştirme özelliği olarak bilinir. Alkaliliği özellikle karbonat, bikarbonat ve hidroksil iyonları meydana getirir. Sudaki miktarları az olmakla birlikte borat, fosfat ve silikat gibi asit kökleri de suyun alkaliliğini etkiler. Suların sertliği ise, başta kalsiyum ve magnezyum bikarbonat iyonları olmak üzere, kalsiyum ve magnezyum klorür, kalsiyum ve magnezyum nitrat ve az miktarda da demir, alüminyum ve stronsiyum iyonlarından ileri gelmektedir (106). Kireçli topraklar üzerindeki doğal sular orta ve yüksek seviyelerde toplam alkalinite ve sertlik değerlerine sahip olup, çoğu zaman bu iki parametre değeri birbirine yaklaşık olarak eşittir (107). Toplam alkalinite ile Eİ ($r= 0,804$; $p<0,01$), tuzluluk ($r= 0,819$; $p<0,01$), TDS ($r= 0,874$; $p<0,01$) arasında yüksek korelasyon görülmesi, aynı şekilde toplam sertlikle Eİ ($r= 0,899$; $p<0,01$), tuzluluk ($r= 0,837$; $p<0,01$), TDS ($r= 0,958$; $p<0,01$) arasında da yüksek bir korelasyonun tespiti bu tanımları destekler mahiyettedir. Pazarsuyu Deresi'nde ölçülen alkalinite değerleri 18-60 mg/L CaCO₃ aralığında tespit edilmiş olup, ortalama 30,17 mg/L CaCO₃'dür. Boyd (29) alkalinite değerleri, 10-50 mg/L CaCO₃ arasında olan suları düşük alkali sular sınıfına dahil etmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Pazarsuyu Deresi toplam alkalinite sınıfları

Sertlik değerleri, 19-90 mg/L CaCO₃ aralığında olup ortalama 40,52 mg/L CaCO₃ olarak tespit edilmiştir. DeZuane (31) ortalama sertlik değeri 0-75 mg/L CaCO₃ aralığında olan suları yumuşak su sınıfına dahil etmiştir (şekil 4.8). Alkalinite ve sertlik değerleri yıl boyunca benzer şekilde dalgalı bir seyir izlemiştir. Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre alkalinite ile sertlik verileri arasında pozitif yönde yüksek ($r= 0,882$; $p<0,01$), bir korelasyonun olması da bu durumu desteklemektedir. Dere yatağının toprak ve kayaç yapısına bağlı olarak, su seviyesinin az olduğu dönemlerde alkalinite ve sertlik yüksek çıkabilir (99). Benzer şekilde zbay ve arkadaşları (108) Berdan ayı’nda ortalama alkalinite değerlerinin su akımının düşük olduğu zamanlarda yüksek, su akımının yüksek olduğu zamanlarda düşük olduğunu bildirmişlerdir. Pazarsuyu Deresi’nde de böyle bir durum gözlenmiştir. Sertlik ve alkalinite özellikle debinin düşük olduğu aylarda yüksek, debinin yüksek olduğu aylarda ise düşük çıkmıştır.



şekil 4.8 Pazarsuyu Deresi toplam sertlik sınıfları

Toplam alkalinite değerlerinin alt akarsu bölgelerinde, st bölgelere göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (109-111). Pazarsuyu Deresi’nin de aşağı havzalarında alkalinite ve sertlik değerleri daha yüksektir. Tek yönlü varyans analizi ANOVA ve Tukey oklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda alkalinite değerleri için IV. İstasyon ile I. ve II. istasyonlar arasında, sertlik değerleri için ise IV. istasyonla I. istasyon arasında anlamlı bir farkın olması bu durumu desteklemektedir.

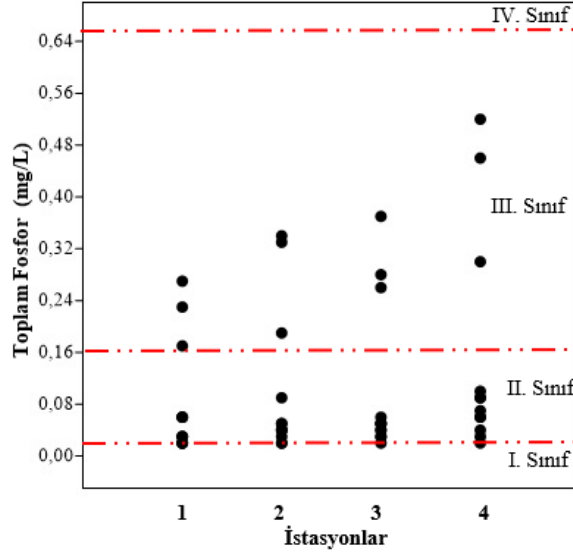
Sucul ekosistemler için besleyici bir parametre olan fosforun iç sulardaki normal değerleri 0,05-0,3 mg/L arasında değişir. Atık sular ve gübreler en önemli fosfor kaynaklarıdır. Kirlenmemiş doğal sularda oldukça küçük miktarlarda bulunur (1). Akuatik ortamdaki fosfor sucul bitkiler tarafından alınarak canlı yapısına katılır.

Fosfor'un yüzey sularında artış göstermesi ötrofikasyona sebep olduğu bilinmektedir. Yüzey sularındaki fosforun varlığı, nüfus yoğunluğuna, tarımsal gübreleme ve hayvancılık faaliyetlerine, bitki örtüsüne, toprak yapısına, atık su toplama ve arıtma sistemlerinin durumuna göre değişiklik göstermektedir. Yine evlerde kullanılan ve atık sularla alıcı su ortamına ulaşan deterjanlar da fosfor derişimini önemli oranda etkilediği bilinmektedir (90). Alıcı sulardaki fosforun %91'inin evsel ve endüstriyel atık sulardan, %9'unun ise tarımsal alanlardan geldiği bildirilmiştir (6).

Pazarsuyu Deresi istasyonlarının ortalama toplam fosfor değeri 0,02 - 0,52 mg/L aralığında olup, yıllık ortalaması 0,11 mg/L'dir. Fosfor değerleri yıl boyunca fazla bir değişiklik göstermemekle birlikte yaz mevsiminde diğer mevsimlere nazaran oldukça yüksek (0,31 mg/L) çıkmıştır. Bu durumun; yağışların azlığı, tarımsal amaçlı fosfatlı gübrelerin o dönemde kullanılıyor olması ve su sıcaklığının yükselmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre toplam fosfor ile su sıcaklığı verileri arasında pozitif yönde yüksek ($r= 0,795$; $p<0,01$) bir korelasyonun olması da bu durumu desteklemektedir. Benzer şekilde Tepe ve arkadaşları (99) Hasan Çayı'nda, Köse (112) Porsuk Çayı'nda, Aydın (76) Batlama Deresi'nde, Yıldız (74) Gelevera Deresi'nde yaptıkları çalışmalarda fosfat miktarının yazın yükseldiğini bildirmişlerdir.

Bulut ve arkadaşları (113), Burdur Kestel Deresi'nde toplam fosfor değerini iki istasyonda ortalama olarak 0,098- 0,199 mg/L, Varol ve Şen (105), Hazar Gölü'ne dökülen Behrimaz Deresi'nde dört istasyonda ortalama toplam fosfor değerini 0,179- 0,196 mg/L aralığında, Taşdemir ve Göksu (94) Hatay bölgesinin sahip olduğu en önemli su kaynaklarından biri olan Asi Nehri'nin bazı su kalite özelliklerinin düzeyinin belirlenmesi amacıyla beş farklı istasyonda gerçekleştirdikleri araştırmada istasyonların ortalama fosfor değerlerinin 0,11-0,73 mg/L aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Boyd (114) Nebraska'daki nehirlerde yaptığı bir çalışmada, fosfat düzeyini, en yüksek 1.05 mg/L ve en düşük 0.25 mg/L olarak bulmuş ve nehirdeki

fosfatın ana kaynağının, evsel atıklar ve kimyasal gübreler olduğu belirtmiştir. Pazarsuyu Deresi 0,11 mg/L ortalama toplam fosfor değeriyle YSKY'ye (69) göre II. sınıf su kalitesindedir (Şekil 4.9). Ancak yaz mevsiminde III. sınıf su kalitesine düşmektedir.



Şekil 4.9 Pazarsuyu Deresi toplam fosfor verileri ve su kalite sınıfları

Toplam fosfor değerini oluşturan parametrelerden olan çözünebilir reaktif fosfor (Orto-fosfor= SRP), fosforun inorganik olan şeklidir. SRP değeri fosforun biyolojik olarak kullanılabilir miktarını ifade eder. Sucul organizmalar tarafından ilk olarak kullanıldığından düşük miktarlarda bulunmaktadır. Ötrofik ve kirlenmemiş sular hariç 0,05 mg/L'yi nadiren aşar. Pazarsuyu Deresi'ndeki çözünebilir reaktif fosfor (SRP) miktarları ortalama 0,02 mg/L, minimum 0,005, maksimum 0,058 mg/L aralığında tespit edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiki hesaplamalarda I. istasyon ile IV. istasyon arasında anlamlı düzeyde bir fark bulunmuştur. Bulut ve arkadaşları (113) Burdur Kestel Deresi'nde, Orto-fosfat (SRP) değerini 0,034- 0,073 mg/L aralığında, yine Bulut ve arkadaşları (115) Denizli ve Muğla sınırları içinde bulunan Karanfilliçay Deresi üzerinde memba ve dere sonu olarak seçilen iki istasyonda orto-fosfat değerini ortalama 0,1-0,13 mg/L olarak belirlemişlerdir. Giresun ilinde farklı akarsularda yapılan çalışmalarda Aydın (76), SRP değerlerinin yıllık ortalamasını Batlama Deresi'nde 0,02 mg/L, Şengün (73), Aksu Deresi'nde 0,045 mg/L, Yıldız (74), Gelevera Deresi'nde 0,019 mg/L ve

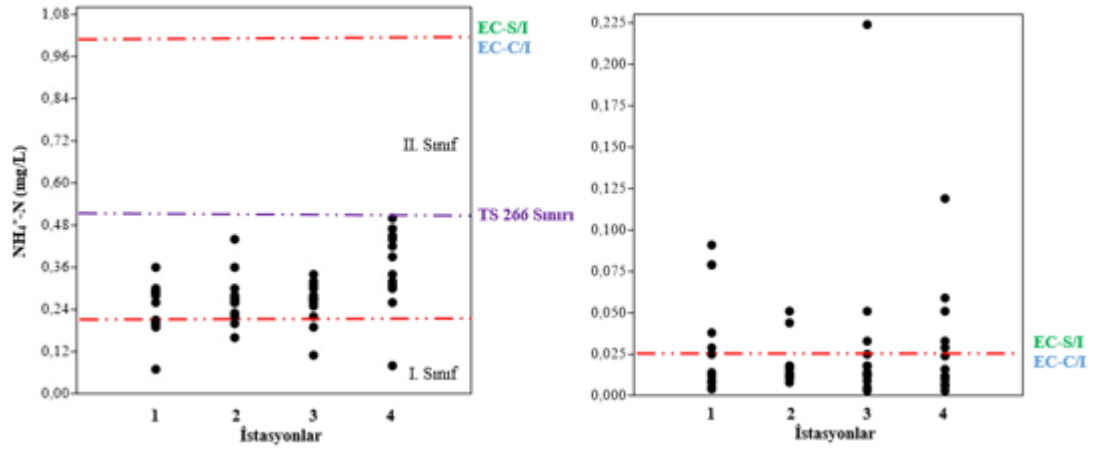
Dinçer (75), Çanakçı Deresi'nde 0,02 mg/L olarak bulmuşlardır. Tespit edilen bu değerler bizim bulgularımızla paralellik arz etmektedir.

İyonize olmamış amonyak ve amonyum iyonlarının toplamı olarak ifade edilen toplam amonyak azotu (TAN), Pazarsuyu Deresi'nde ortalama 0,31 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sırasıyla 0,28, 0,29, 0,29 mg/L ortalamalarıyla ilk 3 istasyonun değerleri birbirine çok yakındır. Ancak IV. istasyon 0,39 mg/L ortalama değeriyle diğer istasyonlardan hem yüksektir hem de bu fark İstatistiksel ANOVA Tukey olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Bu farklılığın evsel, kanalizasyon artıklarından ve III. ile IV. istasyon arasında dere yatağında bulunan vahşi çöp depolama alanındaki sızıntılardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Aydın'ın (76) Giresun ili Batlama Deresi'nde tespit ettiği 0,34 mg/L ortalama TAN değeri bu çalışma ile paralellik gösterir.

TAN'ı oluşturan amonyum ve amonyak azotu miktarları pH ve sıcaklık parametrelerine göre değişiklik gösterir. pH 7'ye doğru yaklaştıkça amonyak miktarı azalmakta, amonyum azotu miktarı artmaktadır. Amonyumun aksine amonyak balıklar için çok zehirlidir. pH ve sıcaklıktaki artış amonyak azotunun zehir etkisini arttırmaktadır. Sularda amonyak varlığı, suya kanalizasyon karışmış olduğunun bir göstergesi ve patojen mikroorganizmaların olabileceğinin işaretidir (116).

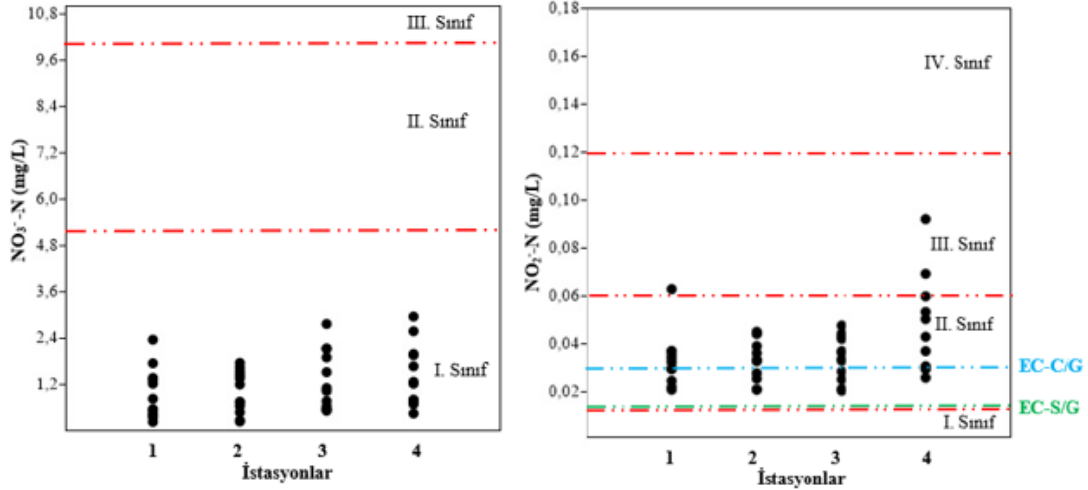
İyon halindeki amonyum azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) balıklar ve diğer sucul organizmaların için önemli bir zehir değildir. Bu çalışmada tespit ettiğimiz ortalama 0,28 mg/L amonyum azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) değeri YSKY'ye (69) göre II. sınıf su kalitesindedir (Şekil 4.10). Ayrıca EC direktifine göre (67), Cyprinid ve Salmonid cinsi balıkların sağlıklı büyüüp gelişebilmeleri için aşılması zorunlu olarak bildirilen 1 mg/L'nin ve TS 266 (70) insani kullanım amaçlı sular tebliğinde bildirilen 0,5 mg/L sınır değerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Taşdemir ve Göksu (94), Asi Nehri'nin bazı su kalite özelliklerini belirledikleri araştırmada beş farklı istasyonda $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerini 0,11-0,89 mg/L, Dirican ve Barlas (117) Dipsiz ve Çine Çayında 0-1,8 mg/L, Kalyoncu ve Zeybek (85) Ağlasun ve Isparta Derelerinde altı istasyonda 0,06- 8,74 mg/L aralığında tespit etmişlerdir. Yine Bulut ve arkadaşları (118) alabalık üretimi yapılan Akpınar Deresi'ndeki iki istasyonda $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerini ortalama olarak sırasıyla 0,15- 0,19 mg/L olarak kaydetmişlerdir.

Pazarsuyu Deresi'nin amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) ortalaması 0,03 mg/L'dir. Bu değer EC (67) direktifine göre Cyprinid ve Salmonid cinsi balıkların uygun büyüme gelişmeleri için aşılmaması zorunlu olarak bildirilen 0,025 mg/L'nin biraz üzerindedir. Fakat istasyon bazında bakıldığında çoğu zaman bu değer altındadır (Şekil 4.10) Benzer şekilde Aydın (76), Batlama Deresi'nde ortalama $\text{NH}_3\text{-N}$ miktarını 0,052 mg/L olarak kaydetmiştir. Kalyoncu ve arkadaşları (119) ise Akyaka Kadın Azmağı akarsuyunda $\text{NH}_3\text{-N}$ değerini üç istasyonda ortalama olarak sırasıyla 0,028, 0,029, 0,036 mg/L olarak belirlemişlerdir.



Şekil 4.10 Pazarsuyu Deresinde $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ve $\text{NH}_3\text{-N}$ için bazı sınır değerler. (EC-C/I: Cyprinid'ler, EC C/I: Salmonid'ler için aşılmaması zorunlu)

Pazarsuyu Deresi'nde araştırma süresi boyunca tespit edilen nitrat azotu miktarı mevsimsel dalgalanmalar göstermiş olmakla birlikte, istatistiksel açıdan istasyonlar arasında bir fark tespit edilememiştir. Nitrat sucul bitkiler için zorunlu bir besleyici olduğu için fotosentez faaliyetlerinin minimuma indiği kış mevsiminde diğer mevsimlere oranla yüksektir. Akarsu 1,17 mg/L ortalama $\text{NO}_3^-\text{-N}$ miktarı ile YSKY'ye (69) göre I. sınıf su kalite sınırı olan 5 mg/L'nin oldukça altındadır. Nitrat azotu bakımından Pazarsuyu Deresi'nin tüm istasyonları YSKY'ye (69) göre 1. Sınıf su kalitesindedir. Ayrıca, tüm istasyon ve aylarda belirlenen nitrat değerleri; EPA (120) tarafından tavsiye edilen 10 mg/L sınır değerinin, WHO (71), Avrupa Birliği (91) ve TS 266 (70)'da bildirilen 50 mg/L sınır değerinin altındadır. Aydın (76), Yıldız (74), Özoktay (77), Ustaoglu ve arkadaşları (81) ile Alkan ve arkadaşları da (89), nitrat azotu bakımından bölge akarsularının I. sınıf olduğunu bildirmişlerdir. Pazarsuyu Deresi'nde aylık olarak tespit edilen nitrat azotu ve nitrit azotu dağılım diyagramları Şekil 4.11'de verilmiştir.



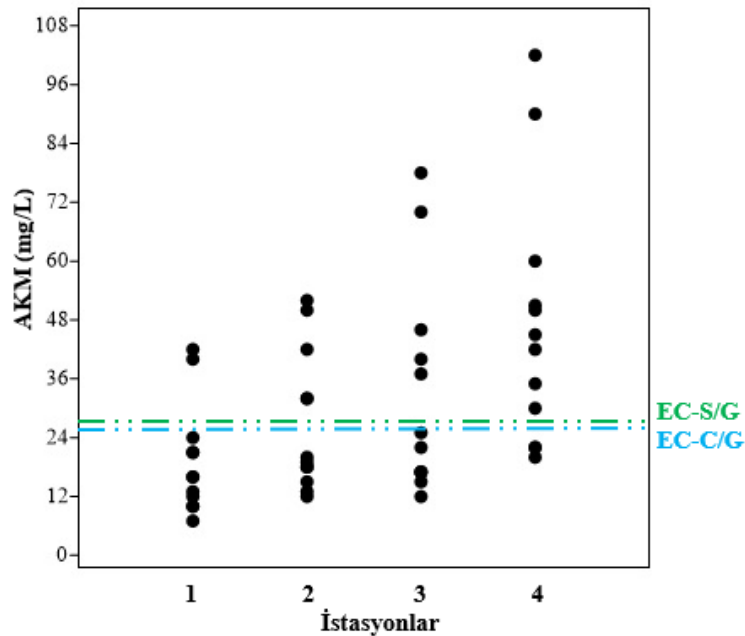
Şekil 4.11 Pazarsuyu Deresi'nde NO₃⁻-N ve NO₂⁻-N için bazı sınır değerleri. (EC-C/G: Cyprinid'ler, EC S/G: Salmonid'ler için aşılmamalı)

Azotun diğer formlarına göre yüzeysel sularda çok daha az miktarda bulunan nitrit azotu (NO₂⁻-N), bir ara ürün olup ya oksitlenerek nitrata veya indirgenerek amonyağa dönüşmektedir. Eser miktardaki nitrit azotunun ekolojik önemi bilinmemektedir ancak fazla miktarda tespit edilmesi suya kanalizasyon karışığının bir göstergesidir (121). Pazarsuyu Deresi'nde tespit edilen ortalama 0,04 mg/L nitrit azotu, YSKY'ye (69) göre II. sınıf su kalitesine karşılık gelir. Ancak WHO'nun içme sularında aşılmamasını tavsiye ettiği 0,2 mg/L'nin oldukça altındadır (71). Bölge akarsularında yapılan araştırmalar da bu çalışmayla paralellik göstermektedir. Örneğin; Ustaoglu ve arkadaşları (81), nitrit azotunu Melet Irmağı'nda 0,02 mg/L, (III. Sınıf) Şengün (73), Aksu Deresi'nde 0,011 mg/L (III. Sınıf), Akbal ve arkadaşları (122) Yeşilirmak'da 0,0143 mg/L (III. sınıf), Mert Irmağı'nda 0,024 mg/L (III. sınıf) olarak kaydetmişlerdir. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine göre, nitrit azotu değerinin Cyprinidlerin bulunduğu sularda 0,03 mg/L, Salmonid'lerin bulunduğu sularda 0,01 mg/L değerlerini aşmaması beklenmektedir (67). Oysa Pazarsuyu Deresi'nin nitrit miktarı Salmonidler için sınır değeri aşmıştır. Cyprinidlerin için ise çoğu aylarda sınır değerinin üzerinde seyretmiştir.

Sulardaki bulanıklığın bir ifadesi olan AKM miktarı, 10 mg/L'den az olabileceği gibi suyun bulunduğu bölgenin özelliklerine göre 1000 mg/L'yi de aşabilir (123). Pazarsuyu Deresi'nde AKM miktarı aylara göre dalgalı bir seyir izlemiştir. Arazi çalışmalarımızın yağışlı günlere rasgeldiği Haziran ve Eylül, 65,5 mg/L ortalama ile AKM'nin en yüksek tespit edildiği aylar olmuştur. İstasyonların yıllık ortalaması

31,67 mg/L olup, I. istasyondan IV. istasyona doğru AKM miktarları artış göstermiştir. Bu durumun akarsuyun üst havzasında alt havzasına doğru artış gösteren heyelan/erozyon materyali, yan kollardan gelen ilave organik kirlilik ve yağmur sularının yüzeysel dere yatağına taşıdığı materyallerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tek yönlü varyans analizi ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda I. ile IV. İstasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiş olması da bu durumu desteklemektedir. Verilere uygulanan Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre AKM ile klorofil-a verileri arasında orta düzeyde pozitif bir korelasyon tespit edilmesi ($r= 0,690$; $p<0,01$) ölçülen AKM miktarına alglerin de katkısı olduğunu gösterir. Ayrıca faktör analizinde AKM ile klorofil-a parametrelerinin toplam varyansın 8,77'sini açıklayan bir faktör oluşturmaları da bu durumu desteklemektedir (Tablo 3.7).

Pazarsuyu Deresi'nin yıllık ortalama 31,67 mg/L olan AKM miktarı, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC (67) direktifine göre, Cyprinid'lerin ve Salmonid'lerin bulunduğu sularda aşılmaması istenen 25 mg/L'nin üzerindedir (Şekil 4.12). Ancak EPA'nın (120) bildirdiği akuatik yaşam açısından sakıncalı olabilecek 80 mg/L AKM sınır değeri sadece IV. İstasyonda Haziran ve Eylül aylarında aşılmıştır.

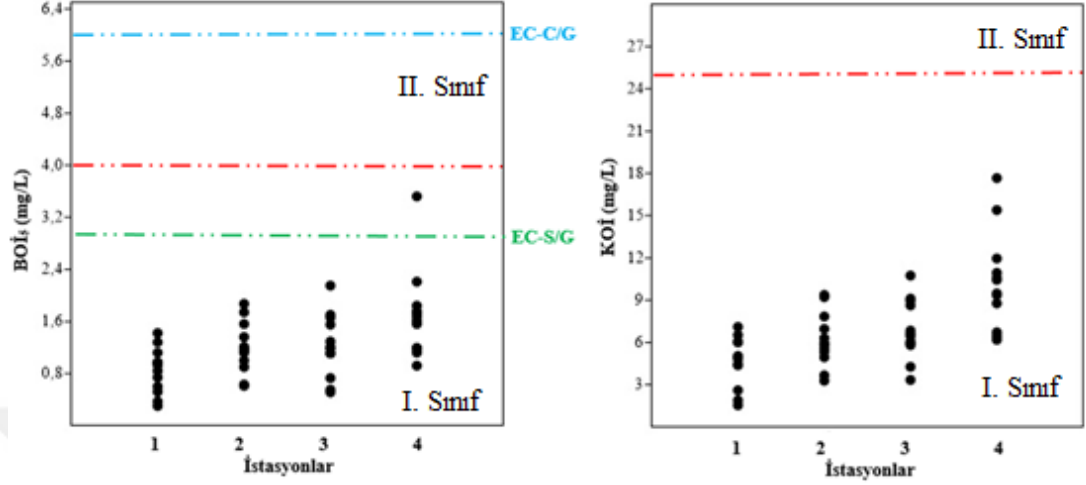


Şekil 4.12 Pazarsuyu Deresinde AKM için bazı sınır değerleri (EC S/G: Salmonid'ler, EC-C/G: Cyprinid'ler için aşılmamalı)

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin fazla yağışlı olması, derelerin debilerinin fazlalığı ve yer üstü su akımının yüksekliğinden dolayı denizlere doğru fazla miktarda sediment taşınmaktadır. Bu durumda bölge akarsularında AKM miktarının artmasına sebep olmaktadır. Örneğin; Erüz ve arkadaşları (124) Doğu Karadeniz Bölgesi'nde 10 akarsuyun ortalama AKM miktarının 39,81 mg/L olduğunu bildirmişlerdir. Bu akarsulardan Değirmendere 60 mg/L ve Yomra Deresi 88,21 mg/L yıllık ortalama AKM değerleriyle bölge ortalamasının oldukça üzerindedir. Benzer şekilde Aydın (76) Giresun il merkezinden denize dökülen Batlama Deresi'nde ortalama AKM miktarını 40,94 mg/L olarak kaydetmiştir. Ayrıca Ankara Çayı'nda, 359 – 830 mg/L aralığında tespit edilen AKM miktarı, evsel ve fabrika atıklarının AKM miktarını çok fazla arttırdığının bir göstergesidir (93). Oysa Tepe ve Mutlu (123) herhangi bir erozyon ve partikül kirliliğine maruz kalmayan Harbiye kaynak suyunda AKM miktarı 1,75 mg/L, yine Tepe ve arkadaşları (99) İskenderun körfezinden denize dökülen Hasan Çayı'nın ortalama AKM miktarı 3,17 mg/L olduğunu bildirmişlerdir.

BOİ; aerobik koşullarda organik maddelerin bakteriler tarafından ayrıştırılması ve mineralizasyonu esnasında tükettikleri oksijen miktarını ifade eder. BOİ akuatik ekosistemlerde meydana gelen biyolojik olayların ve organik kirliliğin en önemli göstergelerinden biridir (106). Pazarsuyu Deresi'nin ortalama BOİ değeri 1,24 mg/L olup, tüm istasyonlar ve aylarda ölçülen değerler YSKY'ye (69) göre I. sınıf su kalitesindedir. Birçok parametrede olduğu gibi akarsuyun üst havzasından alt havzalarına doğru BOİ değerleri de artış göstermiş olup II. ve IV. İstasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir fark bulunmuştur. EC talimatlarına göre BOİ'nin Cyprinidlerin bulunduğu sularda 6 mg/L, Salmonid'lerin bulunduğu sularda ise 3 mg/L değerini geçmemesi gerektiği bildirilmiştir (67). Buna göre Pazarsuyu Deresi'nin BOİ değerleri tüm istasyon ve aylarda Cyprinid'lerin ve Salmonid'lerin sağlıklı bir şekilde yaşayabilmesi için uygundur. EC'ye göre Salmonid'ler için üst sınır sadece IV. İstasyonda Kasım ayında (3,52 mg/L) aşılmıştır. Aydın (76), Şengün (73), Dinçer (75), Gedik ve arkadaşları (80) bölgede yaptıkları benzer çalışmalarda akarsuların çoğunlukla BOİ açısından YSKY'ye (69) göre I. sınıf su kalitesinde olduğunu bildirmişlerdir.

Pazarsuyu Deresi'nde belirlenen biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) seviyelerinin ifade edildiği ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafiği Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13 Pazarsuyu Deresi BOİ₅ ve KOİ verileri ve bazı sınır değerleri, (Su kalite sınıfları, EC S/G: Salmonid'ler, EC-C/G: Cyprinid'ler için aşılmamalı)

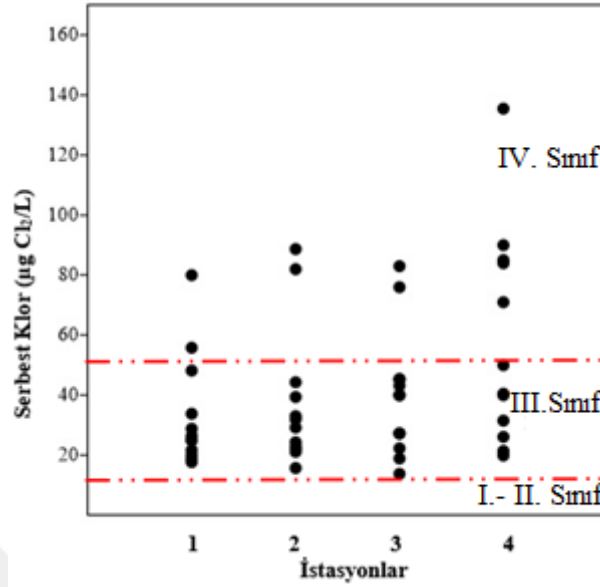
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ); biyokimyasal olarak parçalanmış organik maddelere ilaveten oksitlenebilen diğer maddelerin parçalanmasını da kapsadığından, KOİ değerleri daima BOİ değerlerinden yüksektir. Pazarsuyu Deresi'nde tespit edilen ortalama 7,07 mg/L KOİ değeri, YSKY'ye (69) göre tüm aylarda ve istasyonlarda I. sınıf su kalitesindedir. BOİ verilerinde olduğu gibi IV. İstasyona doğru KOİ değerleri de artış göstermiştir. Verilere uygulanan Pearson Korelasyon analizi sonuçlarına göre BOİ ile KOİ verileri arasında yüksek pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir ($r = 0,775$; $p < 0,01$). ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda ise IV. istasyon ile diğer istasyonlar arasında fark tespit edilmiştir. Bu farklılığın Bulancak Belediye'sinin III. ile IV. istasyon arasında vahşi depolama yaptığı çöplerin sızıntılarından ve Bulancak Sanayi Sitesi'nin atıklarının akarsuya karışmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyacıoğlu ve Boyacıoğlu (102) Tahtalı Nehri'ndeki çalışmalarında KOİ miktarını 8,93 mg/L, Tepe ve Mutlu (123) Hatay Harbiye sularında 10,5 mg/L, Bulut ve arkadaşları (113) Burdur Kestel Deresi'nde 1. istasyondan ortalama 7,95 mg/L, 2. istasyonda 12,77 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Bulut ve arkadaşları (115) Denizli ve Muğla sınırları içinde bulunan Karanfilliçay Deresi'nde iki istasyonda KOİ değerlerinin sırasıyla 16,85 mg/L ve 22,97 mg/L olduğunu bildirmişlerdir.

Akarsulardaki planktonik alglerin miktarı nitrat, fosfat gibi besleyici elementlerin varlığına göre değişir. İlâveten ışık, sıcaklık ve suyun derinliği gibi çevresel şartlar da alglerin miktarını mevsimsel hatta günlük olarak değişmesine sebep olur (27). Pazarsuyu Deresi'nde klorofil-a miktarı 1,3-8,17 µg/L aralığında seyretmiş olup ortalama değer 3,74 µg/L'dir. Ortalamanın en düşük olduğu Ocak ayı (2,68 µg/L), su sıcaklığı ortalamasının da en düşük olduğu (2,3°C) aydır. Giresun ilinde bulunan akarsularda yapılan çalışmalarda klorofil-a miktarını ortalama olarak Aydın (76) Batlama Deresi'nde 2,37 µg/L, Dinçer (75) Çanakçı Deresi'nde 1,92 µg/L, Yıldız (74) Gelevera Deresi'nde 1,55 µg/L, Aydın ve arkadaşları (82) Çömlekcı Deresi'nde 2,02 µg/L olarak kaydetmişlerdir. Yine Taş ve arkadaşları (125) Ordu ilinde bulunan 43 akarsuda yapmış oldukları çalışmada klorofil-a miktarını 0,051- 3,86 µg/L aralığında kaydetmişlerdir. Tüm bu araştırmalar bölge akarsularının klorofil-a değerlerinin yaklaşık olarak birbirine benzediğini göstermektedir.

Doğal sularda 1-30 mg/L aralığında bulunan silisyum bu çalışmada 3,36-6,44 mg/L aralığında olup ortalama 4,49 mg/L olarak tespit edilmiştir. Aylık bazda önemli dalgalanmalar görülmemiştir ve istatistiksel olarak da istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir. Tepe ve arkadaşları da Hasan Çayı'nda Silisyum miktarının dalgalanma göstermediğini ve yıllık ortalamasının 2,47 mg/L (99), Tepe ve Mutlu Hatay Harbiye kaynak suyunda ortalama silisyum miktarını 3,68 mg/L, olarak bildirmişlerdir (123). Taşdemir ve Göksu da, Asi Nehri'nde beş istasyonda Silisyum miktarının sırasıyla 7,61-5,27-6,78-6,22 ve 6,29 mg/L olarak kaydetmişlerdir (94). İlâveten Samandağ Karamanlı Göleti'nde (126) ve Hatay Karagöl'de (127) Silisyum miktarının sırasıyla 9,55- 9,29 mg/L olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada elde edilen Silisyum ile ilgili veriler literatür bilgileriyle benzerlik göstermektedir.

Serbest klor normal şartlarda sularda bulunmaz ancak dezenfeksiyon amacıyla suya katıldan arta kalan ya da çamaşır yıkama sırasında beyazlatmak amacıyla kullanılan maddelerden kaynaklanır. Bu çalışmada serbest klor (Cl₂) aylara göre dalgalı bir seyir izlemiş olmakla beraber istasyonlar arasından istatistiksel olarak bir fark tespit edilememiştir. Yıllık ortalama 42,35 µg Cl₂/L olup, içme ve kullanma sularında bildirilen 0,5 mg/L sınır değerinin ve balıklar için türüne göre değişmekle birlikte öldürücü sınır olan 0,3-0,4 mg/L'nin oldukça altındadır (4). Ancak bu

çalışmada ölçülen ortalama serbest klor (Cl_2) miktarı YSKY'ye (69) göre III. sınıf su kalitesindedir (Şekil 4.14).

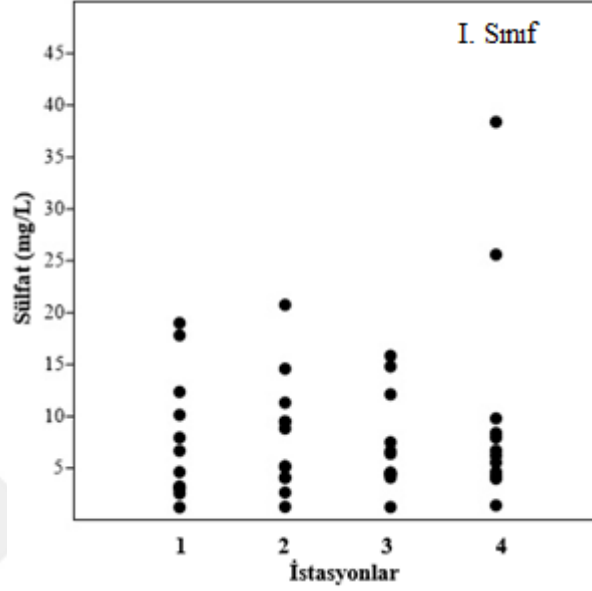


Şekil 4.14 Pazarsuyu Deresi serbest klor verileri ve su kalite sınıfları

Yüzeysel sularda serbest klor miktarını tespit etmek için yapılan çalışmalarda; Bulut ve arkadaşları (113) Burdur Kestel Deresi'nin alabalık yetiştiriciliği açısından su kalitesini değerlendirdikleri çalışmalarında serbest kloru iki farklı istasyonda ortalama olarak 0,155-0,226 mg/L, Bulut ve arkadaşları (115) Karanfilliçay Deresi'nde iki istasyonda Cl_2 miktarını 0,11-0,12 mg/L, yine Bulut ve arkadaşları (118) alabalık üretimi yapılan Denizli Akpınar Deresi'nde iki istasyonda Cl_2 miktarının 0,23-0,5 mg/L olduğunu bildirmişlerdir. Tepe ve arkadaşları (99) Hasan Çayı'nda tespit ettikleri 0,0034 mg/L Cl_2 değerinin balık türlerine zarar verecek seviyede olmadığını bildirmişlerdir.

Doğal sularda bulunan başlıca anyonlardan biri olan Sülfat (SO_4^{2-}) iyonu bu çalışma boyunca 1,23-38,40 mg/L aralığında tespit edilmiş olup ortalama 8,30 mg/L'dir. İstasyon ortalamaları birbirine yakın değerlerde seyrettiğinden istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir. Sülfat değerleri yaz aylarında diğer aylara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu farklılığın tarımsal faaliyetlerde kullanılan sülfatlı gübrelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre sülfat ile su sıcaklığı arasında orta düzeyde ($r= 0,625$; $p<0,01$), Eİ ile yüksek düzeyde ($r= 0,737$; $p<0,01$), TDS ile orta düzeyde ($r= 0,627$; $p<0,01$), sertlik ile orta düzeyde ($r= 0,662$; $p<0,01$) ve TP ile yüksek düzeyde ($r= 0,839$; $p<0,01$) bir korelasyon mevcuttur.

Pazarsuyu Deresi'nde tüm aylar ve istasyonlarda tespit edilen sülfat değerleri; SKKY'ye (68) göre I. sınıf su kalitesi olan 200 mg/L sınırının ve TSE'nin insani tüketim amaçlı sular tebliğinde (70) bildirilen 250 mg/L sınırının oldukça altındadır (Şekil 4.15).



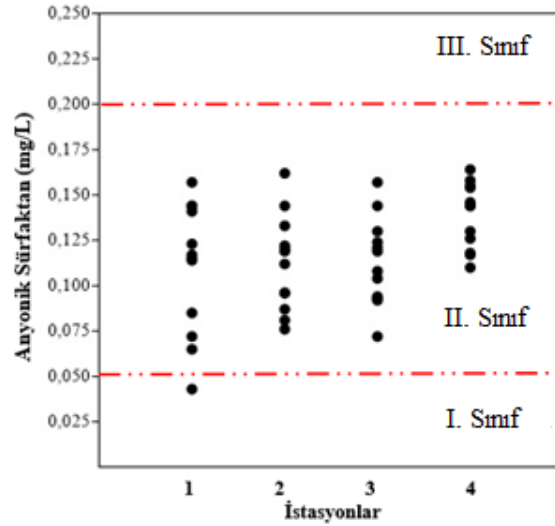
Şekil 4.15 Pazarsuyu Deresi sülfat verileri ve su kalite sınıfları

Yer kabuğunda oldukça bol miktarda bulunan sülfür (SO_3^{2-}), canlılar için başta çözünebilir sülfat yapısında veya indirgen sülfür bileşiklerinde bulunmaktadır. Sülfür bileşikleri sularda meydana getirdikleri tat, koku ve toksite sorunlarından dolayı sular için önemli bir kirleticidir. Suda 10 mg/L'den fazla sülfür sucul yaşam için tehlike oluşturmaktadır (128). Bu çalışmada sülfür değeri 2,29 mg/L olarak tespit edilmiş olup, yıl boyunca 1,78-4,10 mg/L aralığında bir değişim göstermiştir. İstasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Akarsuda ölçülen sülfür değerleri sucul ekosistem için tehlike oluşturmayacak boyuttadır.

Akarsularda yapılan benzer çalışmalarda; Tepe ve arkadaşları (123) Harbiye kaynak sularında sülfat miktarını 77,63 mg/L, sülfür miktarını 7,06 mg/L, yine Tepe ve arkadaşları (99) Hasan Çayı'nda sülfat miktarını 26 mg/L, sülfürü ise 1,86 mg/L, olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Mutlu ve arkadaşları (128) Horohon Deresi'nin sülfat değerlerinin yıllık ortalamasını 50,11 mg/L, sülfür değerlerini ise 3,99 mg/L olarak belirlemişlerdir. Ayrıca deredeki sülfat miktarının su sıcaklığına bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir.

Anyonik sürfaktan (yüzey aktif maddeleri) veya deterjanlar, pek çok endüstri alanında ve günlük yaşamda kullanılmaktadır. En önemli zararları sucul ekosistemlerin oksijen kaynağı olan mikroalglerin fonksiyonlarını bozmaları, suyun yüzeyinde oluşturulan köpük nedeniyle oksijenin suya geçmesini engellemeleri ve ötrofikasyona sebep olmalarıdır. Genellikle deniz suyundaki deterjan miktarının 0,1 g/m³'ten fazla olması halinde organizmalara toksik etkiler yapabileceği belirtilmiştir. 3 mg/L üzerinde deterjanın her türlü balık cinsi için ve su bitkisine de zararlı olacağı saptanmıştır (6, 129)

Bu çalışmada tespit edilen anyonik sürfaktan miktarı 0,04-0,16 mg/L aralığında olup ortalama değeri 0,12 mg/L'dir. İlk üç istasyonun ortalama değerleri aynı (0,11 mg/L) olup I. istasyonla IV. istasyon arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir fark bulunmuştur. Bu farklılığın akarsuyun ve yan kollarının bütün kirlilik yükünün IV. istasyonda toplanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre anyonik sürfaktan ile su sıcaklığı ($r= 0,608$; $p<0,01$), Eİ ($r= 0,613$; $p<0,01$) ve TP arasında orta düzeyde ($r= 0,505$; $p<0,01$) bir korelasyon tespit edilmiştir. Bu korelasyon sudaki fosfat miktarına, fosfatlı deterjanlarında katkısının olduğunu göstermektedir. Bu parametre açısından Pazarsuyu Deresi'nin tüm istasyonları SKKY'ye (68) göre II. sınıf su kalitesindedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Pazarsuyu Deresi anyonik sürfaktan verileri ve su kalite sınıfları

Akarsularda yapılan benzer çalışmalarda Minareci ve arkadaşları (129) Gediz Nehri'nde deterjan miktarını 0.084- 5.592 g/m³, Başaran (130) Bakırçay'da 0,01-0,29

mg/L aralığında Balık ve arkadaşları (131) Yuvarlak Çay'da 0,12 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Minareci ve arkadaşları (132) ise Karaçay'da anyonik deterjan yoğunluğu 0.071–1.122 mg/L aralığında belirlemişler ve akarsuyun bu parametre bakımından III. kalite (kirlenmiş) su olduğunu bildirmişlerdir. Karadeniz Bölgesi akarsularında yapılan çalışmalarda ise Ustaoglu ve arkadaşları (81) Melet Irmağı'nda anyonik sürfaktan değerini 1,11 mg/L, Akbal ve arkadaşları (122) Yeşilirmak'ta 1,15 mg/L, Mert Irmağı'nda 2,13 mg/L, Kızılırmak'ta ise 1,573 mg/L olarak kaydetmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda şehir merkezlerinden geçen ve evsel kirlilik baskısına maruz kalan akarsularda deterjan miktarlarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ancak arıtma sistemleriyle bu miktarları azaltmak mümkündür. Drewes ve arkadaşları (133) yapmış oldukları bir çalışmada yaklaşık 6 mg/L LAS içeren bir atık suyun arıtıldıktan sonra LAS oranının 4 µg/L'ye kadar düştüğünü belirtmişlerdir.

Fenol, hem doğal hem de insan kaynaklı oluşabilen önemli bir çevresel kirlenici, aynı zamanda toksik bir maddedir. Bu çalışmada tespit edilen fenol miktarı 0,21 mg/L'dir. Akarsuyun üst havzasından alt havzasına doğru miktarı artsa da istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Kirlenmemiş doğal sularda fenol genellikle 0,02 mg/L'den daha azdır. Ancak 0,06-0,4 mg/L aralığında fenol içeren sularda yaşayan balıklarda toksik etkiler görülebilir (135). EPA (Amerikan Çevre Koruma Ajansı) yönetmeliklerine göre, atık sularda fenol içeriğinin 1 mg/L'den aşağı olması gerektiğini öngörmüştür (136). Aydın ve arkadaşları (82) Çömlekci Deresi'nin su kalitesini belirledikleri çalışmada, fenol yoğunluğunun 0,1835mg/L olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde Akbal ve arkadaşları (122) fenol miktarının Yeşilirmakta 0,125 mg/L, Mert Irmağı'nda 0,2093 mg/L, Kızılırmak'ta 0,0963 mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Pazarsuyu Deresi'nde yıl boyunca analizi yapılan parametrelerin sınıflandırılması, yorumlanması, su kalitesinin değerlendirilebilmesi için tek yönlü varyans analizi ANOVA Tukey, Pearson korelasyon, kümeleme ve faktör analizi gibi multivaryete istatistik uygulamaları yapılmıştır. Buna göre istasyon benzerliklerini tespit edebilmek için fiziko-kimyasal parametrelere göre yaptığımız kümeleme analizinde; ilk iki istasyon 1. kümeyi, sonraki iki istasyonda 2. kümeyi oluşturmuştur (Şekil 3.41). Nitekim bu parametrelerle yapılan tek yönlü varyans analizinde hiçbir parametrede I. ve II. İstasyonlar arasında anlamlı bir fark ($p < 0,05$) olmaması da bu

benzerliği desteklemektedir. Birbirine en az benzeyen istasyonlar %79 oranı ile I. ve IV. İstasyonlardır (Tablo. 3.4). Bu durum beklenen bir sonuçtur. Çünkü IV. İstasyon denize 100 m mesafedeki son istasyondur, akarsuyun ve yan kolların tüm kirlilik yükünü taşımaktadır.

Faktör analizi, birbirleriyle ilişkili çok sayıdaki değişkeni az sayıda, anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler haline getiren ve yerüstü su kalitesinin değerlendirilmesinde son yıllarda oldukça sık kullanılan çok değişkenli istatistik tekniklerinden biridir (66). Liu ve arkadaşları faktör yüklerini kuvvetli (<0,75), ılımlı (orta) (0,75-0,50) ve zayıf (0,50-0,30) olarak sınıflandırmıştır (136). Bu çalışmada toplam varyansın %82, 88'ini açıklayan 6 faktör tespit edilmiştir.

Toplam varyansın %28,1'ini açıklayan 1. faktörde OD negatif bir yüke, NH₃-N ve anyonik sürfaktan orta derecede pozitif yüke sahiptir. TDS, SEİ, TH, TA, Eİ ve tuzluluk parametreleri kuvvetli bir pozitif yüke sahip olduklarından 1. faktöre “iyonik faktör” adı verilmiştir. İkinci faktör toplam varyansın %14,78'ini oluşturur. Bu faktörde TP, sülfat kuvvetli pozitif etkili ve SRP, sıcaklık, sülfat orta derecede pozitif etkili olduklarından bu faktöre “tarımsal drenaj faktörü” adı verilmiştir. Toplam varyansın %11,36'sını açıklayan 3. faktörde NH₄-N ve TAN orta derecede pozitif yüke silisyum ise negatif bir yüke sahiptir. KOİ ve BOİ kuvvetli pozitif yüke sahip olduklarından bu faktöre “organik faktör” ismi verilmiştir. Toplam varyansın 9,98'ini açıklayan 4. Faktörde ORP negatif bir yüke, pH ve ÇO orta derecede pozitif yüke sahiptir. Bu faktörde NO₃-N kuvvetli pozitif yüke sahip olduğundan bu faktöre “nitrat faktörü” adı verilmiştir. Toplam varyansın 9,96'sını açıklayan 5. faktörde NO₂-N azotu orta derecede pozitif bir yüke, fenol ve klor kuvvetli pozitif yüke sahip olduklarından bu faktöre “evsel atık faktörü” adı verilmiştir. AKM faktörü adı verilen 6. faktör ise toplam varyansın 8,77'sini açıklar ve bu faktörde AKM ile klorofil-a güçlü bir pozitif yüke sahiptirler (Tablo 3.7).

Sonuç olarak Pazarsuyu Deresi'nin su kalitesinin üzerinde; havzanın kayaç yapısının, evsel değerjların ve belediyelerin katı atıklarının, zirai faaliyetlerde kullanılan ilaç ve gübrelerin, yağmur sularının getirdiği yüzeysel kirliliklerin belirleyici olduğunu söyleyebiliriz.

Akarsuların su kalitelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi çalışmalarından faktör analizi kullanılarak pek çok çalışma yapılmıştır. Örneğin; Akbal ve arkadaşları (122) Orta Karadeniz Bölgesi akarsularında yüzeysel su kalitesini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada faktör analizi uygulamışlar ve toplam varyansın %82,24'ünü açıklayan 7 faktör belirlemişlerdir. Bu faktörlere göre suların kalitesini; belediye atıklarının oluşturduğu organik kirlilikler, endüstriyel atıklardan ve çöp imha alanlarından kaynaklanan inorganik kirlilikler ile yağmur sularının taşıdığı gübreler ve tuzların belirlediğini bildirmişlerdir.

Singh ve arkadaşları (137) Gomti Nehri'nde yürüttükleri çalışmada 24 parametreden oluşan veri setine uyguladıkları faktör analizinde, toplam varyansın %70,84'ünü kapsayan 6 faktör belirlemişlerdir. Bu faktörleri oluşturan parametreler ve bunların kaynaklarını değerlendirdiklerinde akarsuyun su kalitesinin belirlenmesinde doğal olarak çözünen tuzlar ve insan kaynaklı organik kirliliklerin sorumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Tokatlı ve arkadaşları (138) Seydisuyu akarsuyunun su kalitesini belirledikleri çalışmada veri kümesinin %74,4'ünü açıklayan 4 faktör belirlemişlerdir. Nutrient faktör olarak isimlendirdikleri ilk faktör; TDS, Eİ, Mg, Salinite, Sülfat, Sodyum ve sıcaklık parametrelerinden oluşmuş toplam değişimin %32,8'ini açıklamıştır. Zirai faktör olarak adlandırılan 2. faktör; Mg, nitrat, BOİ, arsenik, sıcaklık ve KOİ parametrelerinden meydana gelmiş ve toplam değişimin %17,7'sini açıklamıştır. Bor faktörü olarak adlandırılan 3 faktör, sülfat, sodyum, BOİ, KOİ ve bordan oluşmuş ve toplam varyansın %14,4'ünü açıklamıştır. pH faktörü olarak isimlendirdikleri 4. faktör ise; salinite, ÇO, ve pH'dan oluşmuş olup toplam varyansın %12,2'sini meydana getirmiştir.

Köse ve arkadaşları (139) Porsuk Çayı yüzeysel su kalitesini; toplam varyansın %71.83 kapsayan ve sırasıyla nutrient faktör (%33,78; Na, K, Mg, TP, amonyum azotu, nitrit azotu, toplam klor ve ÇO), evsel ve tarımsal drenaj faktörü (%23,293; BOİ, tuzluluk, nitrat azotu, fosfat, sülfat ve toplam klor) ve iyonik faktör (%14,76; iletkenlik, pH ve ÇO) olarak adlandırdıkları 3 faktör ile değerlendirmişlerdir.

İşçen ve arkadaşları (140), Fırat Nehri'nin yüzeysel su kalitesini belirledikleri çalışmada faktör analizi kullanmışlardır. Toplam varyansın %86,02'sini açıklayan

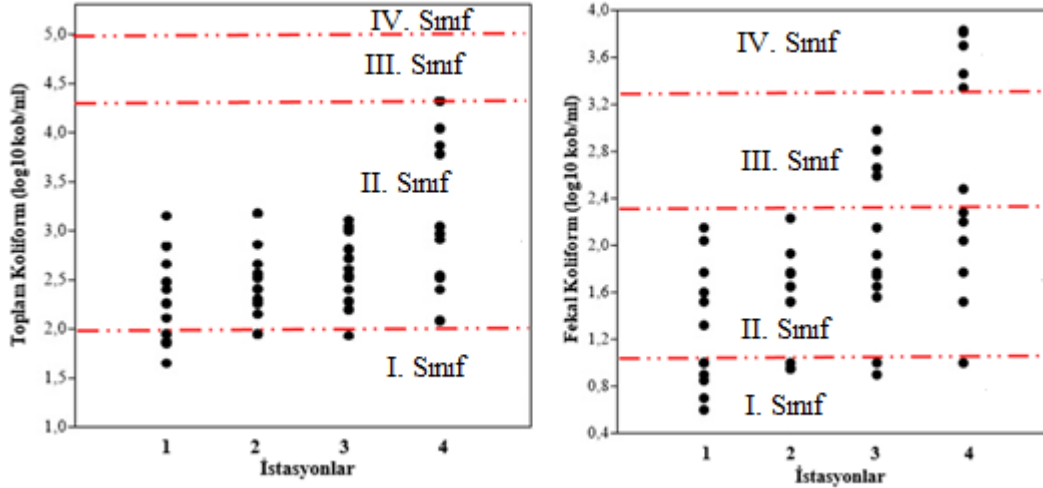
Kentsel arazi kullanım faktörü (%44,201) ve zirai faktör (%41,814) adını verdikleri iki faktör elde etmişler, bölgenin kentsel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirlilikten etkilendiği sonucuna varmışlardır.

Boyacıoğlu ve arkadaşları (141) Büyük Menderes Nehri yüzeysel su kalitesini faktör analizi uygulayarak değerlendirdikleri çalışmada toplam varyansın %85'ini temsil eden iki faktör (1. %63,383- 2. %21,073) belirlemişlerdir. Eİ, sülfat, Na, toplam kjehldahl azotunun kuvvetli pozitif yüke sahip olduğu 1. faktörü; tarımsal deşarjlarla ilişkilendirerek “İnorganik kirlilik faktörü”, KOİ, BOİ ve toplam koliformun kuvvetli pozitif yüke sahip olduğu 2. faktörü ise evsel atık sularla ilişkilendirerek “organik kirlilik faktörü” olarak isimlendirmişlerdir.

4.2. Suda Tespit Edilen Mikrobiyal Parametreler

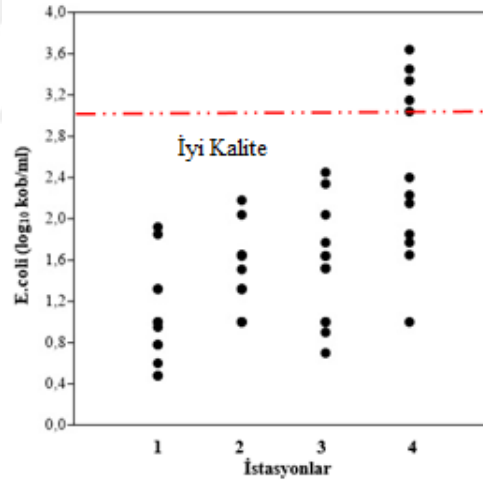
Yürütülen bu çalışmada Pazarsuyu Deresi'nin mikrobiyal bir kirlilik baskısı altında olduğu kanaatine varılmıştır. Çünkü Bulancak Belediyesi akarsu havzasını vahşi çöp depolama alanı olarak kullanmaktadır. Ayrıca Aydındere, Kovanlık, Bozat Belediyelerinin ve civar köylerin evsel atıkları doğrudan ve ya dolaylı olarak dereye veya kollarına verilmektedir. İlave olarak Pazarsuyu Deresi'nin iki büyük kolu olan Bozat ve Bostanlı dereleri üzerinde işletilmekte olan alabalık tesislerinin yanı sıra havzada yürütülen tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin akarsuyun mikrobiyal kalitesini etkilediği düşünülmektedir.

Pazarsuyu Deresi'nde tespit edilen ortalama toplam koliform, fekal koliform ve *E.coli* değerleri sırasıyla 2,63 log₁₀ kob/ml, 1,86 log₁₀ kob/ml, 1,63 log₁₀ kob/ml olarak belirlenmiştir. YSKY'ye (69) göre toplam koliform ve fekal koliform ortalamaları açısından dere; II. sınıf su kalitesindedir. Özellikle yaz mevsiminde sıcaklığın da artmasıyla fekal koliform açısından III. ve IV. istasyonlarda su kalitesinin III.- IV. sınıf su kalitesine düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Fekal koliformun tüm aylarda tespit edilmesi, kanalizasyon kaynaklı kirlenmenin tüm mevsimlerde meydana geldiğinin bir göstergesidir.



Şekil 4.17 Pazarsuyu Deresi istasyonlarının mikrobiyal su kalite sınıfları

YSKY'ye (69) yüzeysel sularda *E. coli* miktarı açısından bir ölçüt bulunmamakla birlikte, Avrupa Birliği komisyonunun (67) yüzeysel sularda bulunan *E. coli* miktarına göre mükemmel su kalite sınıfının bir kademe altı olan iyi kalite su sınıfındadır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 AB komisyonunun yüzeysel sularda bulunan *E. coli* miktarına göre kalite sınıfları

Erkan ve Vural (142) Dicle Nehri'nin hijyenik kalitesini belirlemek için yaptıkları araştırmada toplam koliform sayısını 2,10- 4,02 log10 kob/ml, fekal koliform sayısını 0,83- 3,10 log10 kob/ml ve *E.coli* sayısını 0- 2,95 log10 kob/mL aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlar neticesinde Dicle Nehri'nin SKKY'ye (68) göre kirli su sınıfı özelliği taşıdığını bu durumun da halk sağlığı açısından potansiyel bir tehlike arz ettiğini bildirmişlerdir. Toroğlu ve arkadaşları (143) yaptıkları çalışmada Kahramanmaraş şehri yakınlarındaki Aksu Çayı'nın toplam

koliform ve fekal koliform açısından kirli su statüsünde olduğunu, bunun da evsel ve endüstriyel kaynaklı kirlenmeden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Goja (144), Nil Nehri'nin patojen bakteriler tarafından kirlendiğini ve nehirdaki *E. coli* mevcudiyetinin halk sağlığını tehdit edebileceğini belirtmiştir. Kolören ve arkadaşları (145), Gaga Gölü'nün mikrobiyolojik açıdan SKKY(68) göre II. sınıf su kalitesinde, az kirlenmiş su olduğu bildirmişlerdir. Patır ve arkadaşları (146) Elâzığ Bölgesi içme ve kullanma, kaynak, kuyu ve göl sularının hijyenik kaliteleri üzerine yaptıkları araştırmada 37 adet göl suyu örneğinin %73'ünde *E. coli* tespit etmişlerdir. Samastı ve arkadaşları (147) ise Terkos Gölü ve derelerindeki koliform ve *E. coli* varlığının sırasıyla %93 ve %27 oranında olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmada analiz edilen su numunelerinin hepsinde toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* tespit edilmiştir.

Akarsu, göl ve baraj gibi su kaynaklarında yapılan mikrobiyal çalışmalarda farklı sonuçların elde edilmesi su kaynaklarının beslendiği havzanın kirlilik durumuna, yerleşim merkezlerine, sanayi tesislerine olan mesafesine, iklim ve mevsimsel faktörlere göre değişir (142). Pazarsuyu Deresi'nde tespit edilen mikrobiyal parametre değerlerinin akarsuyun membandan (I. İstasyon), mansabına (IV. İstasyon) doğru arttığı tespit edilmiştir. Yapılan istatistiki hesaplamalarda bu parametreler açısından I. ve IV. İstasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir farkın olması yine yapılan kümeleme analizinin neticesinde %71 oranıyla birbirine en az benzeyen istasyonların I. ve IV. istasyonlar olması bu tespitleri doğrular mahiyettedir (Tablo 3.6).

Sonuç olarak her ne kadar Pazarsuyu Deresi'nin ortalama mikrobiyal su kalitesi II. Sınıf (az kirlenmiş) olsa da yaz mevsiminde sıcaklıkların artması ve akarsuyun debisinin azalmasına bağlı olarak özellikle fekal koliform bakımından mansaba doğru III. Sınıf (kirlenmiş su) ve IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) su kalitesine düştüğü belirlenmiştir. Bu durumun halk sağlığını olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Akarsuyun mikrobiyal su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik olarak akarsu havzasındaki vahşi depolama sahalarının kaldırılması ve katı atıklar için kompostlaşma tesislerinin kurulması, belediyelerin evsel atıklarının arıtılması, sanayi atıklarının akarsuya verilmesinin önlenmesi gibi tedbirlerin alınması önerilmektedir.

4.3. Sediment Kalite Parametreleri

Ağır metaller, biyolojik olarak ayrışmamaları, toksik olmaları ve bol bulunmalarından dolayı sucul ekosistemler için ciddi bir kirlilik tehdidi meydana

getirirler. Suyun yapısına karışmaları; jeolojik ayrışma, erozyon, atmosferik birikim, arıtılmış ve arıtılmamış sıvı atıklar, metal içeren gübreler, pestisitler, yüzeysel yağmur suları, kimyasal kaynaklı çeşitli kentsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler yoluyla olabilmektedir (148). Sedimentler, akuatik yaşam kaynaklarının temelini oluşturan mikro ve makro flora ile faunanın temel besin kaynağının temelini oluşturdukları için sucul ekosistemler için önemli bir role sahiptir (149). Sedimentte yüksek seviyede bulunan ağır metaller, sucul canlılara ve en nihayetinde besin zinciri yoluyla insanlara ulaşması potansiyel bir risk oluşturur (150).

Pazarsuyu Deresi sediment kalitesini belirlemek için sedimentte bulunan ağır metal seviyeleri ölçülmüş ve sediment pH'sı ile yanabilir organik madde miktarları hesaplanmıştır. Tatlısu sediment kalitesinin değerlendirilmesine dair ülkemizde hazırlanmış bir kriter bulunmadığı için bu çalışmada elde edilen veriler Tablo 4.1'de verilen MacDonald ve arkadaşları (151), Persaud ve arkadaşları (152) tarafından yayınlanan sediment kalite kriterlerine göre ve Krauskopf (153) tarafından bildirilen yerkabuğu ortalama ağır metal içeriği ile değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1 Sediment kalite kriterleri sınır değerleri (151-153)

	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Cd	Pb
LEL ^a	26	460	20.000		16	120	0,6	31
TEL ^b	37,3				35,7	123	0,6	35
MET ^c	55				28	150	0,9	42
TET ^d	100				86	540	3	170
SAV ^e	100	850	47.000	8	50	90	0,3	20
MÇ ^f	10,64	155,83	8312	5,73	17,79	32,74	0,16	19,69

^aLEL: Lowest effect level, ^bTEL: Threshold effect level, ^cMET: Minimal effect threshold, ^dTET: Toxic effect threshold, ^eSAV(Shale Average Value): Yerkabuğu ortalama ağır metal içeriği ^fMÇ: Mevcut çalışmada ölçülen değer

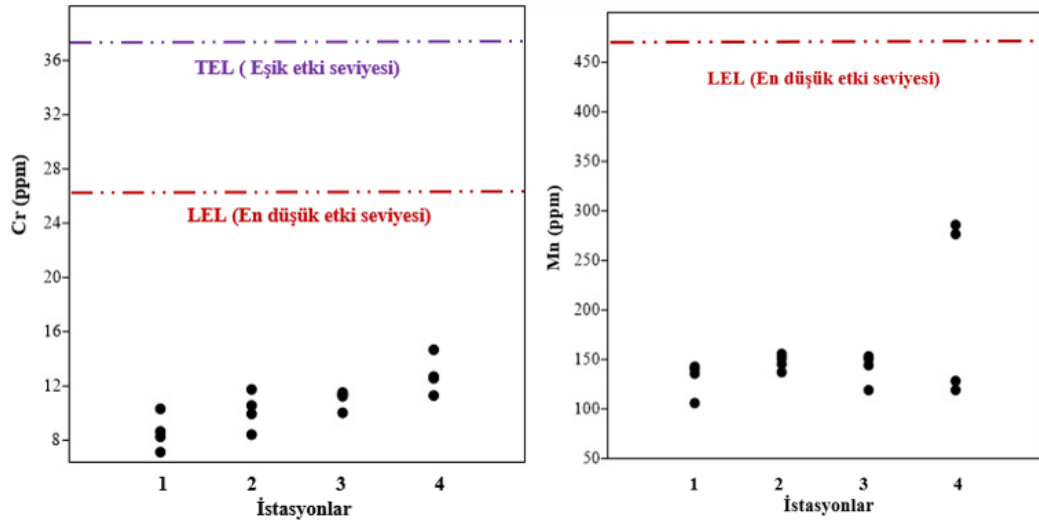
Sediment kalite kriterine göre LEL (Lowest Effect Level=En düşük etki seviyesi), TEL (Threshold effect level=Etki eşik seviyesi), MET (Minimal effect threshold= Minimum etki eşik seviyesi), TET (Toxic effect threshold=Toksik etki eşik seviyesi) olarak ifade edilir (Tablo 4.2). Bu kriterlere göre sedimentte birikim gösteren ağır metal seviyesi TET sınırını aşarsa, sucul organizmalara zarar vermeye başlayabilir. Bu çalışmada sedimentte tespit edilen ağır metal miktarları ortalaması

ppm olarak büyükten küçüğe doğru Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Cr > Co > Cd şeklindedir.

Tablo 4.2 Sediment kalite kriterleri ve açıklamaları

Kriterler	Açıklamalar
LEL (en düşük etki seviyesi)	Bu sınırın altında genellikle sedimentteki canlılarda olumsuz etkiler gözlenmez
TEL (eşik etki seviyesi)	Bu sınırın altında sedimentteki canlılarda olumsuz etkiler çok nadiren gözlenir
MET (minimum etki eşik seviyesi)	Bu sınırın altında genellikle sedimentteki canlıların çoğunda olumsuz etkiler gözlenmez
TET (toksik etki eşik seviyesi)	Bu sınırın üzerinde genellikle sedimentteki canlıların çoğunda olumsuz etkiler gözlenir

Kromun Pazarsuyu Deresi sedimentinde ölçülen ortalama, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 10,64, 7,12, 14,67 ppm'dir. Bu değerler yer kabuğunda doğal olarak bulunan kromun ortalama değerinden (100 ppm) oldukça düşüktür (153). Ayrıca McDonald ve arkadaşları (151) tarafından bildirilen sediment kalite kriterlerinden LEL (26 ppm) ve TEL (37,3 ppm) sınır değeri hiçbir istasyonda ve ayda aşılmamıştır. Bu bulgulardan yola çıkarak akarsuyun krom kirliliğine maruz kalmadığı söylenebilir. Pazarsuyu Deresi sedimentlerinde, tespit edilen krom ve mangan seviyelerini gösteren ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafikleri ise Şekil 4.19'da verilmiştir.

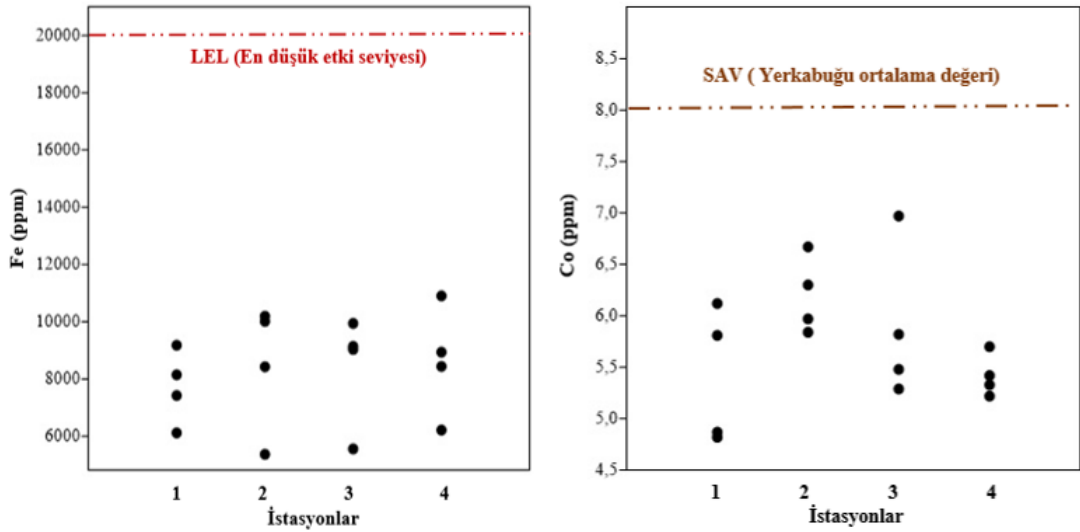


Şekil 4.19 Sedimentteki Cr ve Mn seviyeleri ve bazı sınır değerleri

Mangan (Mn) yoğunluğu bu çalışmada 106,08-285,81 ppm aralığında olup, havzada yıl boyu tespit edilen ortalama değer 155,85 ppm'dir. Bu değer yer kabuğu ortalaması olan 850 ppm değerinin oldukça altındadır. Ayrıca Persaud ve arkadaşları (152) tarafından bildirilen sediment kalite kriterlerinden olan LEL değeri de (460 ppm) hiçbir ayda ve istasyonda aşılmamıştır.

Demir (Fe) ortalama 47000 ppm değeriyle yer kabuğunda en fazla bulunan elementtir (153). Bu çalışmada tespit edilen demir yoğunluğu 5364,06-10902 ppm aralığında olup 8312 ppm ortalama ile en fazla tespit edilen element olmuştur. Persaud ve arkadaşları (152) tarafından bildirilen sediment kalite kriterlerinden olan LEL değeri (20000 ppm) değeri hiçbir ayda ve istasyonda aşılmamıştır. Bu verilerden yola çıkarak akarsu sedimentinin sucul ekosistemler için tehdit oluşturmayacak seviyede olduğu söylenebilir.

Pazarsuyu Deresi sedimentlerinde, tespit edilen Fe ve Co seviyelerini gösteren ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafikleri ise Şekil 4.20'de verilmiştir.

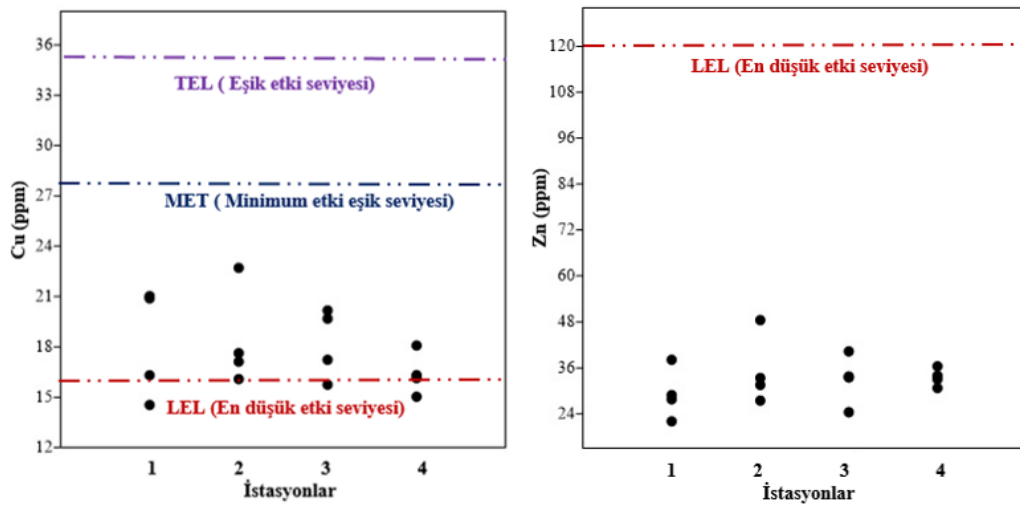


Şekil 4.20 Sedimentteki Fe ve Co seviyeleri ve bazı sınır değerleri

Kobalt (Co), Pazarsuyu Deresi'nde 4,82-6,79 ppm aralığında tespit edilmiş olup 5,73 ppm ortalama miktarıyla 8 ppm olan yer kabuğu ortalamasının altındadır (153). Bu değerler itibariyle akarsu sedimenti kobalt elementi yönünden sucul ekosistem için herhangi bir tehlike içermemektedir.

Bakır (Cu), tatlısu ve sedimentlerdeki akuatik yaşam için zorunlu olan mikro besleyici elementtir. Ancak yüksek seviyelerde toksisiteye sebep olur. Çevreye yayılması volkanik patlamalar, bitkilerin çürüyerek ayrışması gibi doğal yollarla ve belediye ve sanayi atık suları gibi insan faaliyetlerinin neticesiyle olmaktadır. Cu suda az çözünür ancak AKM'lere kolayca tutunur ve nihayetinde sedimentte birikim gösterir. Sedimentte birikim gösteren Cu miktarı suyun kirlilik derecesini yansıtır (154). Bu çalışmada tespit edilen bakır miktarı 14,54-22,71 ppm aralığında olup, yıllık ortalaması 17,79 ppm'dir. Bu sonuçlar McDonald ve arkadaşları (151) tarafından bildirilen sediment kalite kriterlerinden LEL sınır değeri olan 16 ppm'in üzerindedir. Ancak sedimentlerde tespit edilen tüm verilerin MET (28 ppm), TEL (35,7 ppm), TET (86 ppm) sınır değerlerinden düşük olması, havza sedimentlerinin önemli bir bakır kirliliğine maruz kalmadığını göstermektedir.

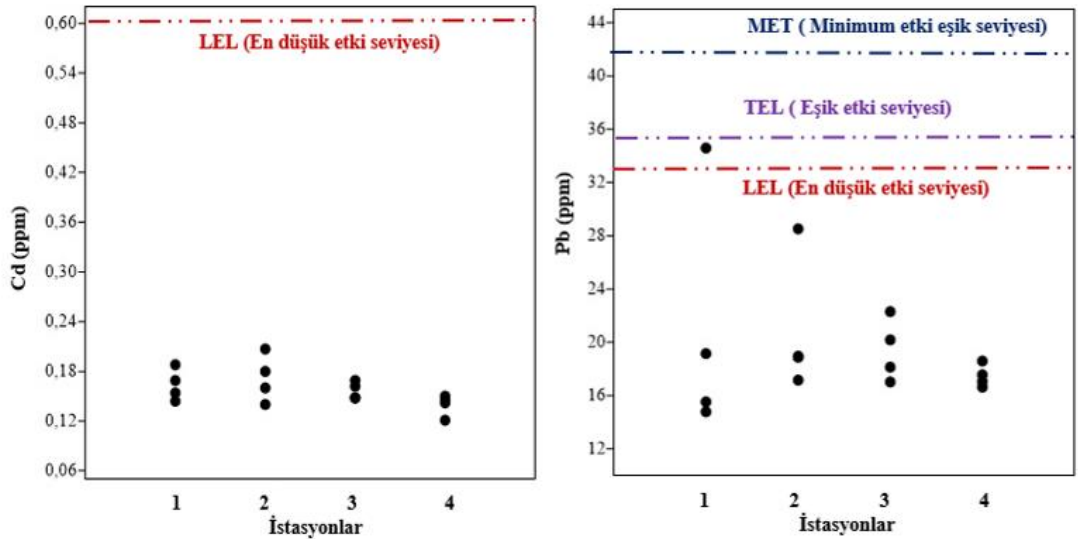
Çinko (Zn) konsantrasyonunun Pazarsuyu Deresi'nde ölçülen ortalama, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 32,74, 22,05, 48,48 ppm'dir. Bu değerler sedimentte doğal olarak bulunan çinko değerinden (100 ppm) bir hayli düşüktür (155). Ayrıca McDonald ve arkadaşları (151) tarafından bildirilen sediment kalite kriterlerinden LEL sınır değeri olan 120 ppm hiçbir istasyonda ve ayda aşılmamıştır. Bu bulgulardan yola çıkarak havza sedimentlerinin bir çinko kirliliğine maruz kalmadığı sonucuna varılabilir. Pazarsuyu Deresi sedimentlerinde, tespit edilen Cu ve Zn seviyelerini gösteren ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafiği ise Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21 Sedimentteki Cu ve Zn seviyeleri ve bazı sınır değerleri

Kadmiyum (Cd), canlılar için zorunlu olmayan, hayvanlar üzerinde genetik ve ekolojik toksisiteye sebep olduğu gibi bitki büyüme ve gelişmesini de olumsuz yönde etkileyen bir elementtir. Doğaya salınımı genellikle elektrik santralleri, metal endüstrisi, jeolojik ayrışma, atmosferik çökeltme, kullanılan fosfat gübreleri, yakılan katı atıklar, sanayi tesislerinin zehirli atıkları ve kanalizasyonlar yoluyla (156, 157).

Pazarsuyu Deresi sedimentinde kadmiyum miktarı 0,12-0,21 ppm aralığında olup yıllık ortalaması 0,16 ppm'dir ve mevsimsel farklılıklar fazla değildir. İstasyonlar arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Bu çalışmada elde edilen ortalama Cd değeri yer kabuğundaki ortalama Cd değeri olan 0,1- 0,5 mg/kg aralığındadır (157). Ayrıca bütün istasyonlarda ve mevsimlerde McDonald ve arkadaşları (151) tarafından bildirilen sediment kalite kriterlerinin çok altındadır (Şekil 4.22). Sonuç itibarı ile akarsuyun Cd açısından sediment değerleri tatlı su ekosistemleri için uygundur.



Şekil 4.22 Sedimentteki Cd ve Pb seviyeleri ve bazı sınır değerleri

Pb (kurşun), canlılar için zorunlu olmadığı gibi toksik bir element olan kurşun, doğal yollardan ve insan faaliyetleri neticesinde çevreye yayılır. Başlıca kurşun salınım kaynakları; araç emisyonları, volkanlar, havadaki toprak partikülleri, orman yangınları, katı atıkların yakılması, endüstri atıkları, kurşun içeren boya ve pestisitlerdir (154). Yer kabuğunun Pb doğal konsantrasyonu 15 ila 20 ppm arasında değişir. Bu çalışmada ölçülen Pb değerleri 19,69- 34,59 ppm aralığında olup yıllık ortalaması 19,69 ppm ile yer kabuğu ortalamasındadır. McDonald ve arkadaşları (151) tarafından bildirilen sediment kalite kriterlerine göre; tüm istasyonlar MET ve TEL

sınır değerlerinin altındadır. Sadece I. istasyonda 31 ppm olan LEL sınırı, 34,59 ppm değeriyle biraz aşılmıştır. Bu verilere göre akarsu sedimentinde tespit edilen Pb seviyelerinin sucul ekosistem için tehdit oluşturmayacak seviyede olduğunu söyleyebiliriz.

Soylak ve arkadaşları (158), Yozgat çevresindeki akarsulardan topladıkları sediment örneklerinde Cu, Fe, Ni, Co, Pb, Mn, Cr seviyelerini sırasıyla 10.4-16.7 µg/g, 58.3-113.7 µg/g, 31.9-76.4 µg/g, 8.3-19.2 µg/g, 31.2-60.3 µg/g, 34.3-64.4 µg/g 26.7-39.6 µg/g, aralığında tespit ederek, sedimentlerin element içeriklerinin bu akarsularda yaşayan canlılar için tehlikeli olmadığını bildirmişlerdir.

Varol ve Şen (150) Dicle Nehri sedimentinde As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, ortalama miktarlarını sırasıyla 5,9 mg/kg, 3,02 mg/kg, 135,81 mg/kg, 1257,76 mg/kg, 284 mg/kg, 380,45 mg/kg, 509,84 mg/kg olarak tespit etmiştir. Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn miktarlarının sedimentte yaşayan organizmalar üzerinde zararlı etkilerinin olabileceğini bildirmiştir. İlaveten Pb ile Cu, Zn ve Cd arasında tespit edilen korelasyon, bu çalışmada da saptanmıştır.

Köse ve arkadaşları (159), Porsuk Çayı sedimentinde Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Pb, As değerlerini sırasıyla 28,2-234,57 mg/kg, 9,9-47,8 mg/kg, 177,8-404,6 mg/kg, 30,9-292,1 mg/kg, 22,33-161,9 mg/kg, 4,2-85,1 mg/kg, 3,5-7,6 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir. Çayın Eskişehir ve Kütahya bölgelerinden gelen inorganik kirlilikten önemli oranda etkilendiğini bildirmişlerdir.

Rauf ve arkadaşları (160) Ravi Nehri'nin sedimentinde ağır metal miktarını Cd; 0,99 -3.17 µg/g, Cr; 4,60-57,40 µg/g, Co; 2,22- 8,53 µg/g ve Cu; 3,38-159,79 µg/g aralığında saptamışlar. Bu değerlerden yola çıkarak akarsuyun yoğun bir ağır metal kirliliğine maruz kaldığını ve sedimentindeki ağır metal miktarlarının bir hayli yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Öner ve Çelik (161) Gediz Nehri aşağı havzasında sediment örneklerinde ağır metal miktarlarını Pb; 5,5-18 µg/g Cd; 6,9-11 µg/g Ni; 44,2-69,4 µg/g Cr; 53-891,01 µg/g Cu; 53,7-89,82 µg/g Fe; 25,5-47,89 mg/g Zn; 60,7-279,69 µg/g aralığında tespit etmişler ve bu ağır metallerle ilgili sanayi tesisleri tarafından Gediz Nehri'nin kirletildiğini ortaya koymuşlardır.

İslam ve arkadaşları (162) Korotoa Nehri sedimentinde kışın ve yazın ortalama ağır metal miktarının sırasıyla Cr; 118-99 mg/kg, Ni;103-86 mg/kg, Cu;82-71 mg/kg, As; 27-22 mg/kg, Cd; 2,8-1,6 mg/kg, Pb; 63-54 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Bu

verilere göre sedimentin Cd ve Pb bakımından önemli oranda, diğer metaller açısından ise makul seviyede kirletildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca nehirde en fazla bulunan metalin krom olmasının nedenini tekstil ve deri endüstri artıklarının arıtılmadan doğrudan nehre verilmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Özbay ve arkadaşları (163) Berdan Çayı sedimentinde ağır metal düzeylerinin araştırılması için yürüttükleri çalışmada; ağır metal birikim düzeylerini, Fe; 18521,91 µg/g, Al; 12907,70 µg/g, Mn; 377,40 µg/g, Ni; 167,68 µg/g, Cr; 57,81 µg/g, Zn; 45,59 µg/g, Cu; 28,38 µg/g, Pb; 22,82 µg/g ve Cd; 4,54 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Bu verileri değerlendirdiklerinde Berdan Çayı ağır metal düzeyinin yüksek olduğunu, bunun da bölgenin jeomorfolojik yapısından, sanayi ve evsel atık sularından, yoğun olarak kullanılan gübre ve tarım ilaçlarından ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Zheng ve arkadaşları (164) Hg, Pb, Cd, Zn, Cu miktarını Wuli Nehri'nde sırasıyla 8,668-80,5- 7,947- 525,2- 56,63 mg/kg, Cishan Nehri'nde 33,07- 454,1- 250,3- 5595- 217 mg/kg, Lianshan Nehri'nde 1,584-104,9-9,727- 450,9-73,08 mg/kg olarak kaydetmişlerdir. Wali Nehri'ndeki Pb, Cd, Zn, Cu kirliliğinin atmosferik birikimden, Cishan Nehri'ndeki yoğun çinkonun, çinko fabrikasından, Lianshan nehrindeki metal kirliliğinin ise atmosferik birikim ve kanalizasyon atıklarından kaynaklandığını bildirmişlerdi. Demirak ve arkadaşları (165) Dipsiz Çayı sedimentinde ortalama Cd, Cu, Pb, Zn, Cr konsantrasyonunu sırasıyla 0,8 µg/g, 13 µg/g, 83 µg/g, 37 µg/g, 19,7µg/g olarak tespit etmişler ve akarsuda tespit edilen kurşun miktarının önceki çalışmalara göre yükseldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca Cu ve Zn arasında pozitif bir korelasyonun varlığını saptamışlardır.

Fu ve arkadaşları (166) Jialu Nehrinde yüzey sedimentinde ağır metal miktarını minimum maksimum ve ortalama olarak sırasıyla; As, 2,39, 14,57, 6,31; Cd, 2,12, 3,64, 2,93; Cr, 40,04, 96,39, 60,80; Cu, 8,82, 107,61, 39,22; Hg, 0,046, 0,19, 0,10; Ni, 19,75, 80,26, 42,44; Pb, 14,79, 51,17, 29,35; Zn, 42,39, 210,00, 107,58 mg/kg olarak kaydetmişlerdir. Bu değerlerin Çin'de bildirilen diğer çalışmalardan düşük olsa da orta derecede ekolojik risklere sebep olabileceğini, özellikle kadmiyum ve nikelde bu ihtimalin daha fazla olduğu ve dikkat edilmesi gerektiği bildirmişlerdir. Maloku ve arkadaşları (167) Ereniku Nehri sedimentinde ortalama Ni, Pb, Zn, Cu, Cr, Co konsantrasyonlarını sırasıyla 355,4, 14,8, 157, 70,6, 625,3, 0,1967 mg/kg olarak kaydetmişler ve yüksek Cr oranının insan faaliyetlerinden çok jeolojik yapıdan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Pazarsuyu Deresi sedimentinde tespit edilen ağır metallerin birbiriyle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla yapılan Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre Fe ile Mn arasında orta düzeyde ($r=0,534$, $p<0,05$), Zn ile Fe arasında yüksek ($r=0,752$, $p<0,01$), Zn ile Cu arasında orta düzeyde ($r=0,619$, $p<0,05$), Cd ile Cu arasında yüksek düzeyde ($r=0,792$, $p<0,01$), bir ilişkinin varlığı saptanmıştır. Ayrıca Pb'nin Cu, Cd, Zn ile sırasıyla yüksek ve orta düzeyde ($r=0,770$, $p<0,01$), ($r=0,738$, $p<0,01$), ($r=0,694$, $p<0,01$) pozitif yönde bir ilişkisinin olduğu belirlenmiştir.

Akarsu sedimentlerinden elde edilen ağır metal verilerine uygulanan korelasyon analizi sonuçları literatür bilgileriyle benzerlik göstermektedir. Örneğin; Soylak ve arkadaşları (158) Cu ve Pb arasında belirledikleri korelasyon ($r=0,612$), bu çalışmada belirlenen korelasyon sonuçlarını desteklemektedir ($r=0,770$; $p<0,01$). Zheng ve arkadaşları (164) Wuli Nehri'nde Pb, Cd, Cu ve Zn arasındaki yüksek korelasyonun olduğunu göstermişler, bunun nedenini de metallerin benzer kirlilik kaynaklarından yayılma ihtimali ile açıklamışlardır. Hu ve arkadaşları (168) Cu ve Zn arasındaki yüksek korelasyonun bu metallerin kaynaklarının muhtemelen ortak olmasıyla açıklamışlar, ayrıca Mn ve Fe arasındaki korelasyonun insan faaliyetlerinden ziyade bu iki elementin yer kabuğunda doğal olarak fazla olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Sediment pH'sı sedimentin kimyasal yapısı hakkında genel bir bilgi vermektedir. Bu çalışmada tespit edilen sediment pH aralığı 5,88-7,7 olup 6,64 yıllık ortalama değeriyle hafif asidik olduğu söylenebilir. Öte yandan organik madde yüzdesi; akarsuyun kollarından ve evsel atıklardan akarsuya taşınan organik maddelerin sedimentte birikmesini gösteren bir parametredir. Akarsu sedimentlerindeki organik madde miktarına tarımsal faaliyetlerin ve insan kaynaklı kirleticilerin önemli etkisi vardır (169).

Pazarsuyu Deresi'nde Sedimentte yanabilir organik madde miktarı ise %1,9-12,75 aralığında olup yıllık ortalaması %5,02'dir. Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda; Bakan ve Şenel (170) Samsun Mert Irmağı'nda sediment pH'sını 6,8-7,65 aralığında, sedimentte yanabilir organik madde miktarını ise %5,61 olarak tespit etmişlerdir. Sedimentteki bu organik madde miktarının evsel ve tarımsal kirlilik birikimlerinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Giresun ilinde yapılan çalışmalarda sediment organik madde miktarını ve pH değerini sırasıyla Yıldız (74) Gelevera Deresinde %4,56 ve 7,4, Şengül (73) ise Aksu Deresi'nde %3,92 ve 7,4 olarak tespit etmişlerdir. Özbay ve arkadaşları (163) Berdan Çayı sedimentinde organik madde miktarının minimum, maksimum ve yıllık ortalama miktarının sırasıyla % 3,62, 8,26, 6,7 olduğunu belirlemişlerdir. İslam ve arkadaşları (162) Korotoa Nehri sedimentinde organik madde miktarını %0,74, 2,5 aralığında, ortalama sediment pH değerini ise 6,5 olarak kaydetmişlerdir. Benzer şekilde Davutluoğlu ve arkadaşları (169) Seyhan Nehri sedimentinde organik madde miktarının %1,4, %15,1 pH değerinin ise 7,18-8,21 aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Pazarsuyu Deresi sedimentindeki ağır metal miktarlarına göre istasyonlar için yapılan kümeleme analizinde %95 oranıyla birbirine en çok benzeyen istasyonların I. ve III istasyonlar., %76 oranıyla en az benzeyenlerin ise III. ve IV. İstasyonlar olduğu görülmüştür (Tablo 3.5). İstasyonlar iki küme oluşturacak şekilde dağılım göstermiştir. İlk üç istasyon 1. kümeyi, IV. İstasyon ise 2. kümeyi oluşturmuştur (Şekil 3.42). IV. İstasyon ile diğer istasyonlar arasındaki farklılığın başlıca nedeni, Bulancak Belediyesinin katı atıklarını III. İstasyondan sonra gelen dere yatağındaki bir noktaya vahşi depolama yapması ve bu atıklardaki ağır metallerin zamanla akarsuya karışması olabilir.

Sedimentte tespit edilen ağır metallere uygulanan faktör analizinde ise toplam varyansın %84,14'ünü açıklayan 3 faktör tespit edilmiştir. Toplam varyansın %41,337'sini açıklayan 1. faktörde bulunan tüm elementler (Pb, Cd, Cu, Zn) kuvvetli bir pozitif yüke sahiptirler. Pb ile Cd, Cu ve Zn arasında tespit edilen yüksek korelasyonda bu durumu desteklemektedir. Toplam varyansın %27,30'unu oluşturan 2. faktörde Mn, Cr kuvvetli pozitif, Fe orta derecede pozitif yüke sahiptir. Bu faktörü oluşturan elementlerinde arasında da orta ve zayıf düzeyde de olsa bir korelasyon bulunmaktadır. Toplam varyanstaki payı %15,50 olan 3. faktörü ise tek başına Co oluşturmaktadır (Tablo 3.9).

Sediment kalitesini ve kirlilik kaynaklarını belirlemek için yapılmış pek çok çalışmada faktör analizi kullanılmıştır. Örneğin; Varol (171) Dicle Nehri sedimentindeki ağır metal kirliliğini değerlendirdiği çalışmasında toplam varyansın %85,196'sını temsil eden 3 faktör belirlemiş ve sedimentteki kirliliğin insan faaliyetleri ile akarsu kayaç yapısından kaynaklandığını bildirmiştir. Wang ve

arkadaşları (172) Yangtze Nehri sedimentindeki ağır metal miktarının çevresel önemini çoklu istatistiksel yöntemlerle belirledikleri çalışmada toplam varyansın %86,78'ini açıklayan 3 faktör belirlemişler ve sedimentteki ağır metalin varlığının endüstriyel ve evsel atıklardan, kayaç yapısından, doğal erozyondan ve zirai faaliyetlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Pazarsuyu Deresi'nin su ve sediment kalitesini belirleyebilmek için yaptığımız bu çalışmada bütçe ve laboratuvar imkânları ölçüsünde 41 adet su ve sediment kalitesi parametresi incelenmiştir. Bu parametrelerden ph, OD, ÇO, Eİ, SEİ, tuzluluk, ORP, TDS taşınabilir cihazlarla arazide yerinde ölçülmüş, diğer parametreler ise laboratuvarlarda analiz edilmiştir. Parametrelerin ortalama değerleri çoğunlukla YSKY'ye (69) göre değerlendirilmiştir. Buna göre akarsu; TP, anyonik sürfaktan, amonyum azotu, nitrit azotu, toplam koliform ve fekal koliform bakımından II. sınıf, serbest klor, ve fenol açısından ise III. sınıf, diğer parametreler bakımından ise I. Sınıf su kalitesindedir. Sedimentte tespit edilen ağır metal seviyeleri şimdilik sucul yaşam için tehlike oluşturacak boyutta değildir. Su ve sediment kalitesini tam olarak belirleyebilmek için bu sayı yeterli görülmemektedir. İleride yapılacak çalışmalarda daha fazla parametrenin incelenmesi daha faydalı olacaktır.

Akarsular doğal yapıları gereği kendi kendilerini temizleyebilseler de, belli noktalardan deşarj edilen sürekli kirli sular nedeniyle kirlilik yüklerini tamamen ortadan kaldırmaları mümkün değildir. Bu nedenle yerleşim yerlerinden evsel ve kanalizasyon atıklarının arıtılmadan akarsuya deşarjlarının önüne geçilmelidir. Ayrıca havzanın büyük bir kısmında fındık tarımı yapıldığından yöre halkının gübre ve pestisit kullanımı konusunda bilinçlendirilmesi önerilmektedir.

Karadeniz havzalarının genel sorunlarından olan HES'ler, taş ocağı ve çakıl işletmeleri Pazarsuyu havzasında da bulunmaktadır. Bu işletmelerin hem yapım aşamasında hem de işletim aşamalarında suyun bulanıklığı, dolayısıyla AKM yükü artmaktadır. Bu durum beraberinde suda inorganik kirlenmeye sebep olmakta ve balıkların gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Taş ocakları, estetik olarak da havzada çirkin bir görüntü oluşturmaktadır. Ayrıca havzanın topoğrafik yapısı ve iklimin yağışlı olması nedeniyle heyelanlara son derece müsait olması da başka bir sorundur. Bu sebeple HES ve taş ocağı işletmeciliğinde çok daha seçici davranılması ve heyelanların önüne geçilebilmesi için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Pazarsuyu havzasındaki en önemli sorunlardan biri kuşkusuz katı atıkların havzaya vahşi depolama şeklinde gömülmesidir. Bunun sonucunda meydana gelen sızıntı suları, hem yerüstü sularının hem de yeraltı sularının kirlenmesine yol açmaktadır. Bu yüzden mevcut su kaynaklarının korunabilmesi amacıyla katı atıklar için işletme tesislerinin kurulması gerekmektedir.

Sonuç olarak, Pazarsuyu Deresi'nde genel olarak kirlilik düzeyine bakıldığında kirliliğin şu an için kritik düzeyde olmadığı söylenebilir. Ancak bu durumun zamanla değişebileceği ve tür çeşitliliğinin azalabileceği dikkate alınarak, akarsuyun doğru politikalar ile kullanılması, kirlilik parametrelerinin düzenli olarak takip edilmesi, flora ve fauna sistematığının tespit edilmesi gereklidir. Bu çalışma bundan sonra akarsuda yapılacak olan çalışmalar için bir referans teşkil edecek olması nedeniyle önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Cirik, S ve Cirik, Ş. 2012. *Limnoloji*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
2. Şen, Z. 2002. *Su Bilimi Temel Konuları*. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
3. Anonim, 2014. T.C Kalkınma Bakanlığı Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
4. Yalçın, H. ve Gürü, M. 2010. *Su Teknolojisi*, Palme Yayıncılık, Ankara.
5. Göksu, M.Z.L. 2015. *Su Kirliliği*. Akademisyen Kitabevi, Ankara.
6. Egemen, Ö. 2011. *Su Kalitesi*, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir.
7. Akbal, F. 2015. Su Kaynakları. In: *İçme Suyu Kalitesi problemleri ve Çözümleri* (Işık, M., Çeviri Ed.), ss. 77-114, Nobel Akademik ve Yayıncılık, Ankara.
8. Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G. ve Aras, M.S., 2008. *Sular Bilgisi*. Nobel Yayın Dağıtım A.Ş. Ankara
9. Hoşgören, M.Y. 2004. *Hidrografya'nın Ana Çizgileri I*. Çantay Kitabevi. İstanbul.
10. Berkün, M. 2005. *Su Kaynakları Mühendisliği*. Birsen Yayınevi, İstanbul.
11. Egemen, Ö.2000. *Çevre ve Su Kirliliği*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
12. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 31.12. 2004, Sayı: 25687
13. Anonim, 2003. *Türkiye'nin Çevre Sorunları*. Türkiye Çevre Vakfı, Ankara.
14. Anonim, 2011. T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Durum Raporu, Yayın No:11, Altan Matbaacılık, Ankara.
15. Akın, M. ve Akın, G. 2007. Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2), 105-118.
16. Anonim, 2014. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Ulusal Havza Yönetim Stratejisi* (2014-2023)
17. Anonim 2013. T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Ormancılık ve Şurası 21-23 Mart 2013 *Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu*, Ankara.

18. Anonim, 2013. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Ve Temiz Üretim Enstitüsü, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Doğu Karadeniz Havzası Proje Nihai Raporu, ss. 853, Gebze/ Kocaeli.
19. Öziş, Ü., Baran, T., Durnabaşı, İ. ve Özdemir, Y. 1997. Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli Meteoroloji Mühendisliği. TMMOB *Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı*, Sayı 2: 40-45.
20. Barlas, M. ve Kiris, E. 2004. Akçay (Muğla-Denizli)'ın Fiziko-kimyasal ve Bentik Makro İnvertebrata Yönünden İncelenmesi, *Muğla Üniversitesi Yayınları*: 49.
21. EPA, 2001. Parameters of Water Quality Interpretation and Standards Published by the Environmental Protection Agency, Ireland.
22. Chin, D.A 2006. Water-Quality Engineering in Natural Systems, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada.
23. Chapman, D. and 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.), pp.74-133, Second Edition. UNESCO, WHO, and UNEP. E & FN Spon, London UK.
24. <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms59.cfm> (05.05.2017)
25. Toröz, İ. 2013. *Çevre Kimyasında Temel Kavramlar*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
26. Ji, Z. G. 2008. *Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries*. John Wiley & Sons, Canada,
27. Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessments. A guide to use biota, sediments and water in environmental monitoring*, Second Edition. University Press, Cambridge, London.
28. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/tds.pdf (15.04.2017)
29. Boyd, C,E. 2000. *Water Quality An Introduction*. Kluwer Academic Publishers, USA.

30. Samsunlu, A. 2013. *Çevre Mühendisliği Kimyası*. Birsen Yayınevi, İstanbul.
31. DeZuane, J.1997. *Handbook of drinking water quality*. John Wiley & Sons. New York. USA
32. Boyd, C.E. ve Tucker, C.S. 2014. *Handbook for Aquaculture Water Quality*, Craftmaster Printers, Auburn, Alabama.
33. Boyd, C.E. ve Tucker, C.S. 1992. *Water Quality And Pond Soil Analyses For Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA.
34. 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.
35. Kenneth, M. ve Vigil, P.E. 2003. *Clean Water An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control*. Oregon State University Press, 101 Waldo Hall.
36. Vergili, İ. 2013. Sülfat. In: *Çevre Mühendisliği ve Bilimi için Kimya* (Toröz, İ., Ed.),pp. 670-676, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
37. McGraw-Hill, 2011. *Water quality & treatment: a handbook on drinking water*. New York. USA.
38. Bartram, J. and Balance, R. 1996. *Water Quality Monitoring – A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programs* UNEP/WHO
39. <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms58.cfm> (08.03.2017)
40. Obasohan, E. E., Agbonlahor, D. E. and Obano, E. E. 2010. "Water pollution: A review of microbial quality and health concerns of water, sediment and fish in the aquatic ecosystem." *African Journal of Biotechnology*, 9(4).
41. Bao, L. J., Maruya, K. A., Snyder, S. A., and Zeng, E. Y. 2012. China's water pollution by persistent organic pollutants. *Environmental Pollution*, 163, 100-108.
42. Bartram, J. 2009. *Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. World Health Organization. Geneva, Switzerland

43. Garcia, B. C. B., Dimasupil, M. A. Z., Vital, P. G., Widmer, K. W., and Rivera, W. L. 2015. Fecal contamination in irrigation water and microbial quality of vegetable primary production in urban farms of Metro Manila, Philippines. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 50(10), 734-743.
44. Kostyla, C., Bain, R., Cronk, R., and Bartram, J. 2015. Seasonal variation of fecal contamination in drinking water sources in developing countries: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 514, 333-343.
45. Jalliffier-Verne, I., Heniche, M., Madoux-Humery, A. S., Galarneau, M., Servais, P., Prévost, M., & Dorner, S. 2016. Cumulative effects of fecal contamination from combined sewer overflows: Management for source water protection. *Journal of Environmental Management*, 174, 62-70.
46. Jung, A. V., Le Cann, P., Roig, B., Thomas, O., Baurès, E., and Thomas, M. F. 2014. Microbial contamination detection in water resources: Interest of current optical methods, trends and needs in the context of climate change. *International journal of environmental research and public health*, 11(4), 4292-4310.
47. Bradl, H.B. 2004. Sources and Origins of Heavy Metals. In: *Heavy Metals in the Environment* (Bradl, H.B; Ed.), pp. 14-283. Elsevier Academic Press. New York, USA.
48. Gündüz, T. 2008. *Çevre Kimyası*. Gazi Kitabevi, Ankara.
49. USEPA, 2001. Methods for Collection Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual: EPA 823-B-01-002; US. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
50. Merdun, H. 2008. Toprak Kirliliği ve Kontrolü. In: *Çevre Kirliliği ve Kontrolü* (Çınar, Ö., Ed.), ss.86-112, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
51. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., & Timur, S. 2004. Metallerin çevresel etkileri-I. *Metalurji Dergisi*, 136, 47-53.
52. Kabadayı, F. 2010. Samsun Şehir Tozlarında Ağır Metal ve Türlerinin Tayini. Ondokuz Mayıs üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp.126, Samsun.

53. Tok, H.H. 1997. *Çevre Kirliliği*, Anadolu Matbaa Ambalaj Sanayi. Ticaret. Limited. Şirketi. İstanbul.
54. Kurt, U. 2013. İz (Eser) Kirleticiler. In: *Çevre Mühendisliği ve Bilimi İçin Kimya* (Toröz, İ., Ed.), ss.709-728. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
55. Akbal, F. 2015. Metaller. In: *İçme Suyu Kalitesi problemleri veÇözümleri* (Işık, M., Çeviri Ed.),ss. 191-202, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
56. Naja, G. M. and Volesky, B. 2009. Toxicity and sources of Pb, Cd, Hg, Cr, As, and Radionuclides in the Environment. In: *Heavy metals in the environment* (Wang, L. K., Chen, J. P., Hung, Y. T. and Shamma N. K. Eds.), pp. 13–61. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
57. Sever, R. 2015. Fiziki Coğrafya. *Geçmişten Günümüze Giresun* (Bekdemir, Ü ve Fatsa, M., Editör), pp. 92-138, Giresun İl Özel İdaresi Kültür Serisi- 4, Maviofset, İstanbul.
58. Anonim 2014. Giresun Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Giresun İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu, ss. 131, Giresun.
59. Anonim, 2009. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği. Resmi Gazete 27372, T.C. Başbakanlık, Ankara.
60. Egemen, Ö. 1999. *Çevre ve Su Kirliliği* (Ders Kitabı), E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi., Bornova-İzmir, 42:75-77. 86).
61. EPA Method 3051. 1998. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils.
62. Tempo, 2007. Instructions for Tempo EC (E. coli) Ref 80 004, Tempo TC (Total Coliforms) Ref 80 006, TEMPO CC (Coliform count) Ref 80 044, bioMe'rieux, France.
63. Karagöz, Y. 2015. *SPSS 22 Uygulamalı Biyoistatistik*, Nobel Yayıncılık, Ankara.
64. Can, A.2016. *SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi*, Pegem Akademi, Ankara.

65. Büyüköztürk, Ş. 2010. *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Pegem Akademi, Ankara.
66. Kalaycı, Ş. 2016. *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Asil Yayın, Ankara.
67. EC (European Communities), 2006. EC of the European Parliament and of the council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. Directive 2006/44.
68. Anonim, 2004. SKKY (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği) 31 Aralık 2004 tarih 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara
69. Anonim, 2015. YSKY (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği) 15 Nisan 2015 tarih 29327 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
70. TS 266, 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 13.060.20.
71. WHO (World Health Organization), 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, NLM classification: WA 675.
72. Taş, B. ve Çetin, M. 2011. Gökğöl (Ordu-Türkiye)'ün Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 75-84.
73. Şengün, E. 2013. Aksu Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss. 66, Giresun.
74. Yıldız, İ. 2013. Gelevera Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss. 92, Giresun.
75. Dinçer, S. 2014. Çanakçı Deresi Su kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss. 72, Giresun.

76. Aydın, H. 2015. Batlama Deresi Su kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss. 88, Giresun.
77. Özoktay, S. 2015. Melet Irmağı, Turnasuyu Deresi ve Akçaova Deresi (Ordu)'nin Aşağı Havzalarında Epilitik Alg Florası ve Su Kalitesinin İncelenmesi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss. 84, Ordu.
78. Yılmaz, Ö. 2013. Elekçi Deresi (Fatsa, Ordu)'nin Fizikokimyasal Özellikleri ve Epilitik Alg Florasının İncelenmesi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss. 175, Ordu.
79. Serdar, O. 2012. İyidere ve Çiftekavak Derelerinin Su Kalitesinin FizikoKimyasal Parametreler ve Saprobik Sistem Kullanılarak Belirlenmesi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss. 121, Rize.
80. Gedik, K., Verep, B., Terzi, E. ve Fevzioğlu, S. 2010. Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Ekoloji*, 19, 76, 25-35.
81. Ustaoglu, F., Tepe, Y., Aydın, H. and Akbaş, A. 2014. Seasonal Water Quality and Pollution Level of Lower Melet River. Oral Presentation, FABA-2014, International Symposium on Fisheries and Aquatic Science Conference 25th to 27th September 2014, Trabzon.
82. Aydın, H., Tepe, Y., Ustaoglu, F. and Akbaş, A. 2014. Assesment of Water Quality and Pollution Level of Çömlekçi Creek, Black Sea Coast of Turkey. Oral Presentation, FABA-2014, International Symposium on Fisheries and Aquatic Science Conference 25th to 27th September 2014, Trabzon.
83. Taş, B. 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Ekoloji* 15 (61): 6-15.
84. Munsuz, N. ve I. Ünver, 1995. *Su Kalitesi*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No: 1389, Ders Kitabı No: 403, Ankara
85. Kalyoncu, H. ve Zeybek, M. 2009. Ağlasun ve Isparta Derelerinin Bentik Faunası ve Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Belçika Biyotik İndeksine Göre Belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2 (1): 41-48.

86. Küçük, S., 2007. Investigation of Water Quality Parameters of the Büyük Menderes River for Fisheries A.D.U. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 4(1-2), s: 7-13.
87. Simeonov, V., Stratis, J. A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A. And Kouimtzis, T. 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water research*, 37(17), 4119-4124
88. Nas, S. S. ve Nas, E. 2009. Water Quality Modeling and Dissolved Oxygen Balance in Streams: A Point Source Streeter-Phelps Application in the Case of the Harsit Stream. *Clean-Soil, Air, Water*, 37(1), 67-74.
89. Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbaşı, U., Zengin, B. and Baran, M. 2013. Physico-Chemical Characteristics and Nutrient Levels of the Eastern Black Sea Rivers. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13, 847-859.
90. Uslu, O., Türkman, A., 1987. *Su Kirliliği ve Kontrolü*. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi I, Ankara.
91. EC (European Communities), 2007. European Communities (drinking water) (no. 2), Regulations 2007, S.I. No. 278 of 2007.
92. Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, M. Z., and Zeybek, M. 2008. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine Etkisi. *Fırat Üniversitesi. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(1), 23-33.
93. Atıcı, T., and Ahıska, S. 2005. Pollution and algae of Ankara Stream. *Gazi University Journal of Science*, 18(1), 51-59.
94. Taşdemir, M. ve Göksu, Z. L. 2001. Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 18(1), 55-64.
95. Bulut, V.N. 2005. Trabzon (Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 150, Trabzon.

96. Gültekin, F., Ersoy, A. F., Hatipoğlu, E. and Celep, S. 2012. Trabzon İli akarsularının yağışlı dönem su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 21(82), 77-88.
97. Verep, B., Serdar, O., Turan, D. ve Sahin, C. 2005. Determination of Water Quality in terms of Physico-Chemical Structure of the River İyidere (Trabzon). *Ekoloji* 15 (57): 7-16.
98. Çiçek N. L. ve Ertan O. O. 2012. Köprüçay Nehri (Antalya)'nin Fiziko-kimyasal Özelliklerine Göre Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Ekoloji*, 21, 84, 54-65.
99. Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E. ve Töre, Y. 2006. Hasan Çayı (ErzinHatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* 23 (1/1): 149-154.
100. Manahan S.E. 2011. *Water Chemistry: Green Science And Technology Of Nature's Most Renewable Resource*, pp. 398, CRC Press Taylor And Francis Group, Boca Raton, Florida.
101. Vieira, J. S., Pires, J. C., Martins, F. G., Vilar, V. J., Boaventura, R. A. And Botelho, C. M. (2012). Surface water quality assessment of Lis river using multivariate statistical methods. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(9), 5549-5561.
102. Boyacıoğlu, H. and Boyacıoğlu, H. 2008. Water pollution sources assessment by multivariate statistical methods in the Tahtali Basin, Turkey. *Environmental Geology*, 54(2), 275-282.
103. Yerel, S. and Ankara, H. 2012. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in Sakarya River, Turkey. *Geological Society of India*, 79(1), 89-93.
104. Boyacioglu, H. 2007. Surface water quality assessment using factor analysis. *Water SA*, 32(3), 389-393.
105. Varol, M. and Şen, B. 2009. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Behrimaz Stream, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 159(1-4), 543-553.

106. Güler, Ç. 1997. *Su Kalitesi*, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, pp.92. Ankara.
107. Boyd, C. E. and Tucker, C. S. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management* Kluwer Academic Publishers. Boston, MA, 700.
108. Özbay, Ö., Göksu, M. L., & Alp, M. T. 2011. Bir Akarsu Ortamında (Berdan Çayı, Tarsus-Mersin) En Düşük ve En Yüksek Akım Dönemlerinde Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerin İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 31-39.
109. Perona, E., Bonilla, I. and Mateo, P. 1999. Spatial and temporal changes in water quality in a Spanish river, *The Science of the Total Environment*, 241, 75-90.
110. Varol, M. 2004. Hazar Gölü'ne Dökülen Behrimaz Çayı'nın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, ss,109. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
111. Şen, B, and Gölbaşı, S. 2008. Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi* 25.4.
112. Köse, E. 2012. Porsuk Çayı Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Miktarlarının Araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp, 181, Kütahya.
113. Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Çınar, Ş., Küçükkara, R., Savaşer, S. ve Köse, E. 2012. Kestel Deresi (Burdur) Su Kalitesinin Belirlenmesi Ve Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (28), 1-10.
114. Boyd, R., 1996. Distribution of Nitrate and Ortophosphate In Selected Streams In Central Nebraska. *Water Resources Bulletin*, 132 (6): 1247-1257.
115. Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükkara, R. ve Savaşer, S. 2010. Karanfilliçay Deresi Suyunun Fizikokimyasal Ve Mikrobiyolojik Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi Ve Akuakültür Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (21), 1-7.

116. Tepe, Y. 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 18(70), 38-46.
117. Dirican, S. and Barlas, M. 2005. Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Balıkları. *Ekoloji*, 14(54), 25-30.
118. Bulut, C., Akçimen, U., Küçükkara, R., Savaşer, S., Uysal, K., Köse, E., and Tokatlı, C. 2012. Alabalık Üretimi Yapılan Akpınar Deresi (Denizli) Su Kalitesinin Değerlendirilmesi.
119. Kalyoncu, H., Barlas, M., Yıldırım, M. Z., & Yorulmaz, B. 2008. Gastropods of two important streams of Gökova Bay (Muğla, Turkey) and their relationships with water quality. *International Journal of Science & Technology*, 3(1), 27-36.
120. EPA (United States Environmental Protection Agency), 1979. A Review of the Epa Red Book Quality Criteria for Water. Environmental Protection Agency, 311 pp. USA.
121. Tanyolaç, J. 2004. *Limnoloji (Tatlısu Bilimi)*, Hatipoğlu Yayınevi, ss, 263. Ankara
122. Akbal, F., Gürel, L., Bahadır, T., Güler, İ., Bakan, G. And Büyükgüngör, H. 2011. Multivariate statistical techniques for the assessment of surface water quality at the mid-Black Sea coast of Turkey. *Water, Air, Soil Pollution*, 216(1-4), 21-37.
123. Tepe, Y. ve Mutlu, E. 2004. Hatay Harbiye Kaynak Suyunun Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6, 77-88.
124. Erüz, C., Köse, E., Güneroğlu, A., Başar, E., Sivri, N., Feyzioğlu, M. ve Toraman, Ç. 2005. Doğu karadeniz akarsularında askıda katı madde (AKM) dinamiği, Ulusal Su Günleri, Trabzon, 28-30 Eylül .
125. Taş B, Can O, Kolören Z. 2011. Investigation on photosynthetic pigments content of lotic systems (Blacksea River Basin, Ordu-Turkey). *Energy Education Science And Technology -A*;28:417-426.
126. Tepe, Y., Mutlu, E., Ateş, A. And Başusta, N. 2004. Samandağ Karamanlı göleti (Hatay) su kalitesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2(3), 408-414.

127. Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E. and Töre, Y. 2006. Karagöl'ün (Erzin-Hatay) Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(1).
128. Mutlu, E., Yanık, T. and Demir, T. 2013. Horohon Deresi (Hafik-Sivas) Su Kalitesi Özelliklerinin Aylık Değişimleri/Horohon Stream (Hafik-Sivas) Water Quality Characteristics and Monthly Variations. *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*, 25(2).
129. Minareci, O., Öztürk, M., Egemen, Ö., & Minareci, E. 2009. Detergent and phosphate pollution in Gediz River, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3568-3575.
130. Başaran A.K. 2004, Pollution parameters in Bakırçay Delta and with relation Çandarlı Bay (in Turkish). Doktora Tezi. pp, 174 Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
131. Balık, S., Ustaoglu, M. R., Egemen, Ö., Cirik, S., Eltem, R., Sarı, H. M. and Köksal, Y. 2002. *The formulation of a action plan sustainable usage for Yuvarlak Stream*. TC Çevre Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, ss.182. Ankara.
132. Minareci, O., Minareci, E. and Öztürk, M. 2009. Karaçay'da (Manisa) Deterjan, Fosfat ve Bor Kirliliğinin Araştırılması. *Su Ürünleri Dergisi*, 26(3), 171-177.
133. Drewes, J. E., Dickenson, E. and Snyder, S. 2009. Contributions of household chemicals to sewage and their relevance to municipal wastewater systems and the environment. *Water Intelligence Online*, 8, 9781780403632.
134. Anonymous, 1984. Methods 604. Phenols in federal register. October 26, Part VIII, 40cfr, Part 136, EPA, Washington, DC.
135. Dutta, N.N., Brothakur, S. and Baruah, R. 1998. A novel process for recovery of phenol from alkaline wastewater: laboratory study and predesign cost estimate. *Water Environmental Research* 70, 4-9.
136. Liu, C.W., Lin, K.H. and Kuo, Y.M. 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a Blackfoot disease area in Taiwan. *Science of the Total Environment* 313, 77-89.

137. Singh, K. P., Malik, A., Mohan, D. and Sinha, S. 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. *Water research*, 38(18), 3980-3992.
138. Tokatli, C., Köse, E. and Çiçek, A. 2014. Assessment of the effects of large borate deposits on surface water quality by multi statistical approaches: A case study of Seydisuyu Stream (Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(5), 1741-1751.
139. Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Arslan, N. and Emiroğlu, Ö. 2016. Evaluation Of Surface Water Quality In Porsuk Stream. *Anadolu University Journal Of Science And Technology—C Life Sciences And Biotechnology*, 4(2), 81-93.
140. İşçen, C. F., Altın, A., Şenoğlu, B. and Yavuz, H. S. 2009. Evaluation of surface water quality characteristics by using multivariate statistical techniques: A case study of the Euphrates river basin, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 151(1-4), 259-264.
141. Boyacioglu, H., Boyacioglu, H. and Gunduz, O. 2005. Application of factor analysis in the assessment of surface water quality in Buyuk Menderes River Basin. *European Water*, 9(10), 43-49.
142. Erkan, M. E. and Vural, A. 2006. Dicle Nehrinin Hijyenik Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. *Dicle Tıp Dergisi*, 33(4), 205-209.
143. Toroğlu, E., Toroğlu, S. ve Alaeddinoğlu, F. 2006. Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) Akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4 (1): 93-103.
144. Goja, A. M. 2013. Bacterial Genera and Their Some Species of Nile Water *Asian Journal of Biological Sciences*, 6(2), 116-123.
145. Kolören, Z., Taş, B. and Kaya, D. 2011. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye)'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 1(3), 74-85.

146. Patır, B., Güven, A. M. ve Arslan, A. 1992. Elazığ bölgesi içme ve kullanma, kaynak, kuyu ve göl sularının hijyenik kaliteleri üzerinde araştırmalar. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6, 127-134.
147. Samastı, M., Ulusoy, M., Akıncı, T., Akdemir, R., & Özdemir, H. 1989. Terkos Gölü ve dereleriyle Büyükçekmece Gölü'nün halk sağlığı açısından değerlendirilmesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 19, 199-205.
148. Hanif, N., Eqani, S. A. M. A. S., Ali, S. M., Cincinelli, A., Ali, N., Katsoyiannis, I. A. and Bokhari, H. 2016. Geo-accumulation and enrichment of trace metals in sediments and their associated risks in the Chenab River, *Pakistan Journal of Geochemical Exploration*, 165, 62-70.
149. Guo, W., Liu, X., Liu, Z., Li, G., 2010. Pollution and potential ecological risk evaluation of heavy metals in the sediments around Dongjiang Harbor, Tianjin. *Procedia Environmental Sciences*. 2, 729–736
150. Varol, M. and Şen, B. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *Catena* 92, 1–10.
151. MacDonald D.D, Ingersoll C.G. and Berger T.A . 2000. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Archives of Environmental Contamination Toxicology* 39: 20-31.
152. Persaud, D.R., Jaagumagi, R. and Hayton. A. 1993. *Guidelines for the protection and management of aquatic sediments in Ontario*. Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy. Toronto, Canada.
153. Krauskopf, K.B. 1979. *Introduction to geochemistry*. International series in the earth and planetary sciences. McGraw-Hill, Tokyo.
154. Eqani, S.A.M.A.S., Kanwal, A., Ali, S.M., Sohail, M., Bhowmik, A.K., Ambreen, A., Ali, N., Fasola, M. and Shen, H., 2016. Spatial distribution of dust-bound trace metals from Pakistan and its implications for human exposure. *Environmental Pollution*, 213, 213–222

155. WHO, 2001. Environmental Health Criteria 221 Zinc. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
156. World Health Organization, 2010. Exposure to cadmium: a major public health concern. Preventing Disease through Healthy Environments. 27 (Geneva)
157. Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR), 2012. Toxicological profile for cadmium. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>.
158. Soylak, M., Divrikli, U., Saracoglu, S., & Elci, L. 2002. Monitoring trace metal levels in Yozgat-Turkey: Copper, iron, nickel, cobalt, lead, cadmium, manganese and chromium levels in stream sediments. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(1), 47-52.
159. Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö. and Arslan, N. 2015. Heavy Metal Accumulations in Water, Sediment, and Some Cyprinid Species in Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87(3), 195-204.
160. Rauf, A., Javed, M., Ubaidullah, M. and Abdullah, S. 2009. Assessment of heavy metals in sediments of the river Ravi, Pakistan. *International Journal of agriculture and Biology*, 11(2), 197-200.
161. Öner, Ö. ve Çelik, A. 2011. Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan alınan su ve sediment örneklerinde bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi. *Ekoloji*, 20(78), 48-52.
162. Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M. and Islam, M. K. 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecological Indicators*, 48, 282-291.
163. Özbay, Ö., Göksu, M., Alp, M. T. and Sungur, M. A. 2013. Berdan Çayı (Tarsus-Mersin) Sedimentinde Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. *Ekoloji Dergisi*, 22(86), 68-74.
164. Zheng, N. A., Wang, Q., Liang, Z. and Zheng, D. 2008. Characterization of heavy metal concentrations in the sediments of three freshwater rivers in Huludao City, Northeast China. *Environmental Pollution*, 154(1), 135-142.

165. Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, A. L. and Ozdemir, N. 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere*, 63(9), 1451-1458.
166. Fu, J., Zhao, C., Luo, Y., Liu, C., Kyzas, G. Z., Luo, Y. and Zhu, H. 2014. Heavy metals in surface sediments of the Jialu River, China: Their relations to environmental factors. *Journal of Hazardous Materials*, 270, 102-109.
167. Maloku, F., Ahmeti, A., Kopali, A., Doko, A., Malltezi, J., Brahushi, F. and Sulçe, S. 2015. Water and Sediment Heavy Metal Pollution in Ereniku River of Kosovo. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 14(2), 137.
168. Hu, Y., Liu, X., Bai, J., Shih, K., Zeng, E. Y. and Cheng, H. 2013. Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(9), 6150-6159.
169. Davutluoglu, O. I., Seckin, G., Ersu, C. B., Yilmaz, T. and Sari, B. 2011. Heavy metal content and distribution in surface sediments of the Seyhan River, Turkey. *Journal of environmental management*, 92(9), 2250-2259.
170. Bakan, G. ve Şenel, D. 2000. Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 24:135-141.
171. Varol, M. 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, 195, 355-364.
172. Wang, L., Wang, Y., Zhang, W., Xu, C. and An, Z. 2014. Multivariate statistical techniques for evaluating and identifying the environmental significance of heavy metal contamination in sediments of the Yangtze River, China. *Environmental Earth Sciences*, 71(3), 1183-1193.

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Samsun'un Terme ilçesinde doğdu. İlkokulu Sinop'ta, orta ve lise öğrenimini Kastamonu Göl Öğretmen Lisesi'nde tamamladı. 1990 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Biyoloji Bölümünü 1994 yılında bitirdi. 1994-1997 yılları arasında Hakkâri Çukurca Lisesi, 1997-2000 yılları arasında Sinop merkez Anadolu İHL'nde Biyoloji öğretmeni olarak görev yaptı. 2000 yılında Giresun Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümüne öğretim görevlisi olarak atandı. 2011 yılında Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisansını tamamladı.

