

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI AKARSULARININ FİZİKO-  
KİMYASAL SU KALİTESİ MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**SERKAN SERDAR**

**TEZ DANIŞMANI**  
**PROF. DR. BÜLENT VEREP**  
**TEZ JÜRİLERİ**  
**YRD. DOÇ. DR. ALİ ALKAN**  
**YRD. DOÇ. DR. ERTUĞRUL TERZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**RİZE-2015**

**Her Hakkı Saklıdır**

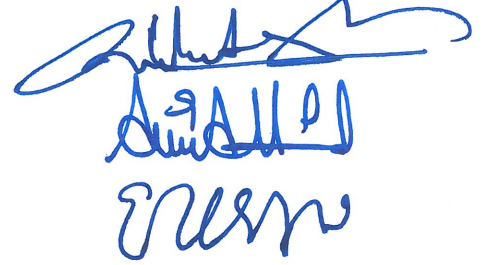
T.C.  
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI AKARSULARININ FİZİKO-KİMYASAL SU  
KALİTESİ MEVSİMSSEL DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Bülent VEREP danışmanlığında, Serkan SERDAR tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 30/09/2015 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. Bülent VEREP
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Ali ALKAN
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul TERZİ

İmzası





Prof. Dr. Selami ŞAŞMAZ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programında gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasının danışmanlığını yürüten ve her aşamasında tecrübesinden ve bilgisinden istifade ettiğim değerli hocam Sn. Prof. Dr. Bülent VEREP'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen, yapıcı eleştiri ve önerileri ile beni yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ali ALKAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında teknik yardımlarını esirgemeyen Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü personellerinden değerli mesai arkadaşlarım Kimya Müh. Dilek FİDAN, Çevre Mühendisi M. Baran KILIÇ, Kimyager Ufuk AKBAŞ, Laborant Bayram ZENGİN, Laborant Ömer KALIPÇI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca sabır ve sevgi ile her zaman yanımda olan ailemin tüm fertlerine minnetlerimi sunarım.

Hazırlanan bu yüksek lisans tezi Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından TAGEM/HAYSÜD/12/11/02/01 no'lu "Doğu Karadeniz'de Karasal Kaynaklı Kirleticilerin Kıyı ve Deniz Ekosistemine Etkilerinin Belirlenmesi" isimli proje ile desteklenmiştir.

**Serkan SERDAR**

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemleri kabul ettiğimi beyan ederim. 04/09/2015

Serkan SERDAR

*Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

## ÖZET

### DOĞU KARADENİZ HAVZASI AKARSULARININ FİZİKO-KİMYASAL SU KALİTESİ MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

**Serkan SERDAR**

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışmanı: Prof. Dr. Bülent VEREP**

Bu çalışmada, Türkiye'nin 25 farklı hidrolojik su havzası içerisinde Fırat ve Dicle havzalarından sonra 3.sırada önemi bulunan Doğu Karadeniz havzasına ait Ordu ilinden Artvin'e kadar seçilmiş akarsuların nehir ağızları üzerinde belirlenen örnekleme noktalarında, fiziko-kimyasal su kalitesi mevsimsel olarak belirlenmiştir. Geniş bir araştırma alanını kapsayan bu çalışmada, örnekleme mevsimsel ölçekte gerçekleştirilmiş olup incelenen su kalite parametreleri sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, askıda katı madde, toplam sertlik, bulanıklık, permanganat indeksi, sülfat, nitrit, nitrat, amonyum, o-fosfat, silikat, klorofil-a, toplam azot ve toplam fosfor'dur. Doğu Karadeniz havzası akarsularının mevsimsel fiziko-kimyasal su kalitesi üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, havza akarsularının su sıcaklıkları 7,93-27,5 °C, pH değerleri 6,30-8,87, elektriksel iletkenlik değerleri 0,041-0,577 mS/cm, çözünmüş oksijen 7,80-11,44 mg/L, bulanıklık <1,00-311,00 FTU, askıda katı madde 0,40-299,60 mg/L, toplam sertlik 15-240 mg CaCO<sub>3</sub>/L, permanganat indeksi 0,64-3,14 mg O/L, klorofil-a 0,26-8,11 µg/L, sülfat <1,00-55,00 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 0,094-2,396 mg/L, NO<sub>2</sub>-N 0,0008-0,0241 mg/L, NH<sub>4</sub>-N <0,020-0,131 mg/L, o-PO<sub>4</sub>-P <0,003-0,024 mg/L, SiO<sub>2</sub>-Si 3,356-9,397 mg/L, TP <0,003-0,056 mg/L, TN ise 0,270-3,075 mg/L arasında değişim göstermiştir. Havza akarsularının su kalitesi açısından genel karakteristikleri ılıman, hafif alkali, düşük mineralli, yağışlı dönemlerde bulanık diğer dönemlerde ise düşük bulanıklığa sahip, havzanın doğu bölgelerindeki akarsular yumuşak su karakteri gösteriyorken batı kesimlerindeki akarsular orta sert, çok düşük düzeyde organik madde ihtiva eden, düşük sülfatlı, amonyum ve nitrat açısından yüksek kaliteli, nitrit açısından ise az kirlenmiş, düşük fosfat ve silikatlı bir su karakteri arz etmektedir.

**2015, 119 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Karadeniz, Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi, Su Kirliliği, Akarsu.

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF SEASONAL VARIATION OF PHYSICO-CHEMICAL WATER QUALITY OF STREAMS IN THE EASTERN BLACK SEA BASIN

**Serkan SERDAR**

**Recep Tayyip Erdogan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Fisheries  
Master Thesis  
Supervisor: Prof. Dr. Bülent VEREP**

In this study, the seasonal physico-chemical water quality of streams in the eastern black sea watershed which is third order important after from Euphrates and Tigris basin in twenty-five watersheds of Turkey has been determined at the sampling points of each stream mouths from Ordu to Artvin cities. In this work that covers a large research area, samplings was done seasonally and the water quality parameters that investigated were temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, total suspended solids, total hardness, turbidity, permanganate index, sulfate, nitrate, nitrite, ammonium, o-phosphate, silicate, chlorophyll-a, total nitrogen and total phosphorus. In the results of these studies conducted on seasonal physico-chemical water quality of the Eastern Black Sea streams, It was determined that the water temperature as 7,93 to 27,5 °C, pH values as 6,30 to 8,87, electrical conductivity as 0,041 to 0,577 mS/cm, dissolved oxygen as 7,80 to 11,44 mg/L, turbidity as <1,00 to 311,00 FTU, total suspended solids as 0,40 to 299,60 mg/L, total hardness as 15 to 240 mg CaCO<sub>3</sub>/L, permanganate index as 0,64 to 3,14 mg O/L, chlorophyll-a as 0,26 to 8,11 µg/L, sulphate as <1,00 to 55,00 mg/L, NO<sub>3</sub>-N as 0,094 to 2,396 mg/L, NO<sub>2</sub>-N as 0,0008-0,0241 mg/L, NH<sub>4</sub>-N as <0,020 to 0,131 mg/L, o-PO<sub>4</sub>-P as <0,003 to 0,024 mg/L, SiO<sub>2</sub>-Si as 3,356 to 9,397 mg/L, TP as <0,003 to 0,056 mg/L, and also TN as 0,270 to 3,075 mg/L varies respectively. General characteristics of the streams of Eastern Black Sea Water Basin in terms of water quality are temperate, slightly alkaline, low mineral content, turbid water in raining periods but low turbidity other periods, moderate hardness water character in the western part of the basin streams while soft water character in the eastern part of water basin streams, very low level content in organic matter, low sulfate, high quality in terms of ammonium and nitrate, less contaminated in terms of nitrite and exhibits a water character in terms of low phosphate and silicate.

**2015, 119 page**

**Keywords:** East Black Sea, Physico-Chemical Water Quality, Water Pollution, Stream.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT .....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XI
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Su Kalitesi Kavramı.....	2
1.3. Fiziksel Su Kalitesi Parametreleri .....	5
1.3.1. Sıcaklık .....	5
1.3.2. pH .....	6
1.3.3. Elektriksel İletkenlik.....	7
1.3.4. Bulanıklık .....	7
1.3.5. Askıda Katı Madde .....	8
1.3.6. Çözünmüş Oksijen.....	9
1.4. Kimyasal Su Kalitesi Parametreleri.....	10
1.4.1. Toplam Sertlik .....	10
1.4.2. Sülfat.....	11
1.4.3. Permanganat İndeksi (Organik Madde).....	12
1.4.4. Klorofil-a .....	13
1.4.5. Nitrat Azotu (NO <sub>3</sub> -N) .....	14
1.4.6. Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N).....	15
1.4.7. Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N) .....	15
1.4.8. Orto-Fosfat Fosforu (o-PO <sub>4</sub> -P) .....	17
1.4.9. Silikat (SiO <sub>2</sub> -Si).....	18
1.4.10. Toplam Fosfor (TP) .....	19
1.4.11. Toplam Azot (TN) .....	20
1.5. Su Kalite Çalışmalarında Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar .....	21

1.5.1.	Örnekleme Öncesi .....	21
1.5.2.	Örnekleme Aşaması.....	23
1.5.2.1.	Akarsu Ortamları .....	24
1.5.2.2.	Göl, Baraj ve Rezervuar Ortamları.....	25
1.5.2.3.	Yeraltı Su Ortamları .....	26
1.5.2.4.	Atıksu Ortamları .....	26
1.5.2.5.	Denizel Ortamlar .....	26
1.5.2.6.	Beklenmeyen (kaza, ani canlı ölümü vb.) Durumlarda Numune Alma .....	27
1.5.2.7.	Numune Kaplarının Doldurulması ve Yerinde Ölçümlerin Yapılması .....	28
1.5.3.	Örnekleme Sonrası.....	29
1.6.	Literatür Araştırması.....	30
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	44
2.1.	Materyal .....	44
2.1.1.	Çalışma Alanı ve Çalışılan Akarsular Hakkında Genel Bilgiler .....	44
2.1.2.	Su Örneklerinin Alınması ve Muhafazası.....	52
2.2.	Metod.....	53
3.	BULGULAR.....	56
3.1.	Fiziksel Su Kalitesi Bulguları.....	56
3.1.1.	Su Sıcaklığı.....	56
3.1.2.	pH .....	56
3.1.3.	Elektriksel İletkenlik.....	57
3.1.4.	Bulanıklık .....	57
3.1.5.	Askıda Katı Madde .....	57
3.1.6.	Çözünmüş Oksijen.....	58
3.2.	Kimyasal Su Kalitesi Bulguları .....	65
3.2.1.	Toplam Sertlik .....	65
3.2.2.	Sülfat.....	65
3.2.3.	Permanganat İndeksi (Organik Madde).....	65
3.2.4.	Klorofil-a .....	66
3.2.5.	Nitrat Azotu (NO <sub>3</sub> -N) .....	66
3.2.6.	Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N).....	67
3.2.7.	Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N) .....	67
3.2.8.	Orto-Fosfat Fosforu (o-PO <sub>4</sub> -P) .....	67



3.2.9.	Silikat (SiO <sub>2</sub> -Si).....	68
3.2.10.	Toplam Fosfor (TP).....	68
3.2.11.	Toplam Azot (TN).....	69
4.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	81
5.	ÖNERİLER.....	99
	KAYNAKLAR.....	103
	ÖZGEÇMİŞ.....	116

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Çalışma alanı (Doğu Karadeniz akarsu havzası) .....	45
Şekil 2.	a) Çalışma istasyonları (Ordu-Giresun-Trabzon).....	51
Şekil 2.	b) Çalışma istasyonları (Rize-Artvin).....	52
Şekil 3.	Havza bazında incelenen akarsuların mevsimsel su sıcaklığı değişimleri.....	59
Şekil 4.	Havzada incelenen akarsuların yıllık su sıcaklığı değişimleri .....	59
Şekil 5.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel pH değişimleri.....	60
Şekil 6.	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık pH değişimleri ..	60
Şekil 7.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel elektriksel iletkenlik değişimleri .....	61
Şekil 8.	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık elektriksel iletkenlik değişimleri.....	61
Şekil 9.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel bulanıklıkdeğişimleri .....	62
Şekil 10.	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre mevsimsel bulanıklık değişimleri .....	62
Şekil 11.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel askıda katı madde değişimleri .....	63
Şekil 12.	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre mevsimsel askıda katı madde değişimleri .....	63
Şekil 13.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel çözünmüş oksijen değişimleri .....	64
Şekil 14.	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre mevsimsel çözünmüş oksijen değişimleri .....	64
Şekil 15.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel toplam sertlik değişimleri.....	70
Şekil 16.	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık toplam sertlik değişimleri.....	70
Şekil 17.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel sülfat değişimleri.....	71
Şekil 18.	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık sülfat değişimleri.....	71
Şekil 19.	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel permanganat indeksi değişimleri .....	72
Şekil 20.	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık permanganat indeksi değişimleri .....	72

<b>Şekil 21.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel klorofil-a değişimleri.....	73
<b>Şekil 22.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık klorofil-a değişimleri.....	73
<b>Şekil 23.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel nitrat azotu değişimleri .....	74
<b>Şekil 24.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık nitrat azotu değişimleri .....	74
<b>Şekil 25.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel nitrit azotu değişimleri .....	75
<b>Şekil 26.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık nitrit azotu değişimleri .....	75
<b>Şekil 27.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel amonyum azotu değişimleri .....	76
<b>Şekil 28.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık amonyum azotu değişimleri .....	76
<b>Şekil 29.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel orto-fosfat fosforu değişimleri .....	77
<b>Şekil 30.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık orto-fosfat fosforu değişimleri .....	77
<b>Şekil 31.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel silikat( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ) değişimleri .....	78
<b>Şekil 32.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık silikat ( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ) değişimleri.....	78
<b>Şekil 33.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel toplam fosfor değişimleri .....	79
<b>Şekil 34.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık toplam fosfor değişimleri .....	79
<b>Şekil 35.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel toplam azot değişimleri .....	80
<b>Şekil 36.</b>	Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık toplam azot değişimleri .....	80

## TABLÖLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b>	Suların sertlik derecesine göre sınıflandırılması .....	10
<b>Tablo 2.</b>	Çalışma alanında seçilen istasyonlara ait bilgiler .....	50
<b>Tablo 3.</b>	Çalışmada kullanılan ölçüm ve analiz metotları .....	54
<b>Tablo 4.</b>	Kıtaçi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri .....	55
<b>Tablo 5.</b>	Havzadaki akarsuların YSKYY'ne göre su kalite sınıfları.....	98

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

m <sup>3</sup> /sn	: Metreküp/saniye
mS/cm	: miliSiemens/santimetre
µg/L	: Mikrogram/Litre
mg/L	: Miligram/Litre
cm	: Santimetre
m	: Metre
°C	: Santigrat derece
%	: Yüzde
km <sup>2</sup>	: Kilometrekare
km <sup>3</sup>	: Kilometreküp
µS/cm	: MikroSiemens/santimetre
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit
FTU	: Formazin Turbidity Unit
JTU	: Jackson Turbidity Unit
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
SM	: Standard Methods
LDO	: Lüminesans Dissolved Oxygen
CFA	: Continuous Flow Analysis (Sürekli Akış Analizi)
FIA	: Flow Injection Analysis (Akış Enjeksiyon Analizi)
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
EIFAAC	: European Inland Fisheries and Aquaculture Advisory Commission (Avrupa İçsu Balıkçılığı ve Su Ürünleri Danışma Komisyonu)
HDPE	: High Density Polyethylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)
GPS	: Geographical Positioning Ssystem (Coğrafi Konumlandırma Sistemi)
EUWFD	: European Union Water Framework Directive (Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi)
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
UK	: United Kingtom (Birleşik Krallık)
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
PCA	: Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
YSKYY	: Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği
USEPA	: United State Environmental Protection Agency (Amerikan Çevre Koruma Ajansı)
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
HES	: Hidro Elektrik Santrali
BOD	: Biological Oxygen Demand (Biyolojik Oksijen İhtiyacı)
COD	: Chemical Oxygen Demand (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)
KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOİ5	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı (5 Günlük)
TDS	: Total Dissolved Solids (Toplam Çözünmüş Katı Madde)
HNO <sub>3</sub>	: Nitrik Asit
KMnO <sub>4</sub>	: Potasyum Permanganat
CaCO <sub>3</sub>	: Kalsiyum Karbonat
O <sub>2</sub>	: Oksijen
Cl <sup>-</sup>	: Klorür İyonu
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	: Sülfat İyonu
H <sup>+</sup>	: Hidrojen İyonu
OH <sup>-</sup>	: Hidroksil İyonu
TDIN	: Total Dissolved İnorganic Nitrogen (Toplam Çözünmüş İnorganik Azot)
TKN	: Total Kjeldahl Nitrogen (Toplam Kjeldahl Azotu)
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
Eİ	: Elektriksel İletkenlik
AKM	: Askıda Katı Madde
TSS	: Total Suspended Solid (Askıda Katı Madde)
UV	: Ultraviyole
S	: Sıcaklık
NH <sub>3</sub>	: Amonyak
NH <sub>3</sub> -N	: Amonyak Azotu
NH <sub>4</sub>	: Amonyum

NH <sub>4</sub> -N	: Amonyum Azotu
NO <sub>3</sub>	: Nitrat
NO <sub>3</sub> -N	: Nitrat Azotu
NO <sub>2</sub>	: Nitrit
NO <sub>2</sub> -N	: Nitrit Azotu
o-PO <sub>4</sub>	: Orto-Fosfat
o-PO <sub>4</sub> -P	: Orto-Fosfat Fosforu
SiO <sub>2</sub> -Si	: Silikat Silisi
SiO <sub>2</sub>	: Silisyum Dioksit (Kuartz)
Si	: Silisyum
TP	: Toplam Fosfor
TN	: Toplam Azot
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	: Karbonat İyonu
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Bikarbonat iyonu
DSİ	: Devlet Su İşleri
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
İst.	: İstasyon

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Canlıların yeryüzündeki yaşam mücadelesinde, en önemli destekçisi olan su kaynaklarının varlığı; medeniyetlerin gelişmesine, yokluğu ise yeryüzünde oldukça uzaklara göçlerine sebep olmuştur. Nil nehri etrafında yeşeren ve gelişen Mısır ve medeniyetler beşiği olarak adlandırılan Mezopotamya uygarlığının ise Fırat ve Dicle arasındaki alanda süregelmiş olması su kaynaklarının önemini gözler önüne sermektedir. Nitekim Anadolu'da yüzlerce yıldan beri hüküm sürmekte olan Türk uygarlığının Orta Asya bozkırlarında büyük bir gölün kurumasından sonra su kaynaklarınca zengin topraklara sahip Anadolu'ya göç ederek yerleşmeleriyle oluştuğu bilinmektedir. Türklerin Anadolu'ya yerleşmelerinden önce de Hititler, İyonyalılar, Frigler, Urartular, Lidyalılar ve Asurlular birçok uygarlıkların Anadolu'da yerleşmelerinde Anadolu ve Trakya topraklarının sahip olduğu su kaynaklarının çok önemli bir yer tuttuğu muhakkaktır. Özellikle Urartuların su kaynaklarına uzak şehir merkezlerine su kanallarıyla suyu ulaştırmaları tarihte suyun taşınmasında ilk yapılaşmalar olarak ileri sürülmektedir.

Medeniyetlerin gelişmesinde ve sürmesinde önemli yer tutan su kaynakları bakımından Anadolu'nun bugünkü su havzalarına bakıldığında 25 farklı su havzasının Anadolu'nun her bölgesine dağıldığı görülmektedir. Başta Fırat ve Dicle gelmekle beraber Doğu Karadeniz akarsu havzaları Anadolu su havzaları içerisinde üçüncü sırada yer alan önemli su kaynaklarını oluşturmaktadır.

Orta ve Batı Karadeniz akarsu kaynaklarına nazaran deniz seviyesinden hızlı bir eğimle yükselen tepelerden doğan Doğu Karadeniz su havzası akarsularının akışları hızlı ve alüvyon bakımından oldukça zengindir. Yağışların mevsimlere neredeyse eşit düzeyde dağılması nedeniyle akarsu rejimleri mevsimsel olarak çok büyük değişimler göstermemektedir. Bölgesel topoğrafya ve iklim koşulları nedeniyle yerleşim ve tarımsal alanların dışındaki bölgelerde zengin bitki örtüsü ve ormanlık alanlar öne çıkmaktadır. Bu bölgelerin dışında akarsu yatakları, nehir ağzlarında oluşan deltalar ve deniz kıyısı alanları arazi topoğrafyasının eğimli olmasından dolayı yerleşim, tarım,



endüstriyel tesislerin konuşlanması ve diğer rekreatif amaçlar için kullanıldığından mevsimsel olarak su kaynaklarının su kalitelerinin değişimleri ve kirlenmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Doğu Karadeniz akarsu havzasında büyüklü küçüklü birçok akarsu tarımsal, endüstriyel ve evsel atıklar nedeniyle menfi yönde etkilenmektedir. Tarımsal üretimin artırılması için gübre ve zirai mücadele kimyasallarının kullanımı, arıtılmadan en yakın deşarj noktası olan akarsu yataklarına bırakılan evsel ve endüstriyel katı ve sıvı atıklar, ülke enerji ihtiyacının karşılanmasında büyük umutlar bağlanan hidroelektrik santrallerin gerek inşaa sürecinde akarsu yataklarını bozması, daraltması ve atıklarla kirlenmesi ve gerekse işletme aşamasında su yatağının ihtiyacı olan can suyunun gerektiği kadar bırakılmaması, arazi kıtlığı nedeniyle dere yataklarının yerleşim, endüstriyel tesisler için üretim alanı ve ulaşım amaçlı yol yapımı için kullanılması gibi birçok faktör akarsu kaynaklarının su kalitesini tehdit etmektedir. Dolayısıyla su havzalarının mevsimsel olarak su kalitelerinin izlenmesi ve iş işten geçmeden gerekli önlemlerin alınması oldukça önem arz etmektedir.

## **1.2. Su Kalitesi Kavramı**

Su kaynakları birçok canlı türünün içinde barındığı, belirli topluluklar ve yaşamsal habitatlar içeren ekosistemler halinde olduğu görülmektedir. Bu kompleks yapının ortaya çıkışında ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ön planda bulunmaktadır. Su sıcaklığı, iletkenlik, tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde, pH, alkalinite, sertlik, nutrientler, metaller, mikrobiyolojik ölçekteki tüm canlılar, tüm flora ve fauna bu kompleks yapının ayrılmaz parçalarıdır. Burada sayılan tüm faktörlerin her birinin diğer faktörlerle etkileşimleri söz konusu olmakla beraber su kaynaklarını oluşturan ve devamlı olarak besleyen karasal yağış havzasının da jeolojik, jeofiziksel ve antropojenik özellikleri su havzasının fizikokimyasal su kalitesinin belirli yapıda oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu süreçte önemli bir hususta su kaynağının barındırdığı canlı topluluklarının özellikleri, dağılımları, tür sayıları ve canlıların fiziksel ortamla ilişkileridir. Dolayısıyla tüm bu fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin birlikte oluşturdukları yapı genel olarak ekosistem olarak adlandırılırken sucul ortamın genel karakterini açıklayan fiziko-kimyasal su ortamı ve biyolojik yaşamı

temsil edebilecek tüm faktörler su kalitesi kavramını oluşturmaktadır (Li ve Micliaggio, 2010). Bazen bu yapının gerek erozyon, sel, ötrofikasyon ve deprem gibi doğal süreçler ve gerekse antropojenik etkilerle (evsel, tarımsal ve endüstriyel atıklar) bozulabilmekte ve su kalitesi problemleri oluşabilmektedir. Burada ifade edilen evsel ve tarımsal faaliyetler nedeniyle oluşabilecek su kalitesi problemleri insanların toplu olarak yaşamış oldukları her bölgede oluşabilirken endüstriyel sebepler şehirleşmenin ve sanayileşmenin daha yoğun olduğu bölgelerde görülmektedir.

Yüzeysel su kaynakları kalitesinin alansal ve zamansal değişimleri yağış, yüzeysel akış, sığ ve derin yeraltı akışları ve akarsudaki seyrelme, sedimentten suya metal alışı verisi gibi hidrolojik girdiler tarafından etkilenir (Khound vd., 2012). Bu yüzden akarsuların su kalitesinin uzun süreli yönetimlerini yapabilmek için akarsuyun hidromorfolojik, fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesi gerekir (Dixon ve Chiswell, 1996).

Doğal ve antropojenik kaynaklı partikül ve çözünmüş maddeleri bulunduğu yerden oldukça uzak yerlere taşıyabilen sistemler olan akarsuların su kalitesini, havzanın girdileri, iklimsel koşullar ve havzayı etkileyen antropojenik süreçler oluşturur (Bricker ve Jones, 1995). Akarsuların kirliliğinde akuatik ekosisteme giren çeşitli nutrientleri taşıyan iki önemli etken, yüzeysel akışlar ve evsel-endüstriyel deşarjlardır (Kumar vd., 2011). Akarsu yağış havzalarının yüzeysel akışı mevsimsel farklılıkların etkisinde iken evsel endüstriyel atıksu deşarjları noktasal ve süreklidir. Tarımsal alanlardan yüzeysel akışla gelen sular, evsel ve endüstriyel kökenli deşarj edilen atıksuların büyük su havzalarına taşınarak seyrelme ve dağılma yoluyla bertaraf olmasında akarsular önemli rol oynarlar (Singh vd., 2004). Dolayısıyla havza bazında düşünüldüğünde su toplama havzaları olan akarsu, göl ve denizlerin su kalitesi karakteristikleri, ilgili havzanın kayaç yapısı, bitki örtüsü ve demografik yapısı tarafından yönlendirilir. Bu açıdan akarsu, göl veya deniz gibi su toplama havzalarının su kalitesi incelenirken havzanın tüm özellikleriyle ilişkilendirilerek değerlendirilmesi yapılır.

Türkiye'nin yedi büyük coğrafik bölgesi içerisinde 25 farklı akarsu havzası bulunmakla beraber bu havzalar içerisinde su kapasitesi bakımından Fırat ve Dicle

havzalarından sonra Doğu Karadeniz havzası gelmektedir. Doğu Karadeniz Havzası, Çoruh ve Yeşilirmak havzalarının arasında yer almakta olup Ordu'nun doğusundaki Melet Çayı'ndan Gürcistan sınırına kadar uzanan, Karadeniz bölgesinin en dağlık ve yükseltisinin en fazla olduğu bölümüdür. Doğu Karadeniz Havzası, güneyde Doğu Karadeniz dağları kuzeyde ise Karadeniz ile çevrilidir (Uzlu vd., 2008; Fakıoğlu ve Kağnıcıoğlu, 2009).

Toplam alanı 18265 km<sup>2</sup> olan havza, yılda ortalama 12.392 km<sup>3</sup> yüzeysel su potansiyeli ile Türkiye potansiyelinin % 6,6'sını sağlamaktadır. Eğimin yüksekliği ve yüzey altı tabakasının geçirimsiz veya yarı geçirimli olması sebebiyle, yağın yağmurun önemli bir kısmı yüzeysel akışa geçmektedir. Bu nedenle Doğu Karadeniz Havzası oldukça eğimli ve sık bir akarsu ağına sahiptir (Uzlu vd., 2008).

Havzanın denizden ortalama yüksekliği 900 m'dir. Giresun'da Karagöl tepesi 3331 m, Soğanlı dağlarında Aladağ 3395 m, Rize'de Kaçkar dağı 3937 m ile havzanın en yüksek noktalarıdır. Havzanın ortalama eğimi Karadeniz'e doğru % 3-4 mertebesinde dir. 500 m kotunun üstünde eğim daha da artmaktadır. Havza içerisinde irili ufaklı birçok (küçük) alt havza bulunmaktadır. Havzada bulunan derelerin ortalama uzunlukları 60-80 km arasında değişmektedir. Bunlardan başlıcaları, Melet, Bolaman, Pazarsuyu, Aksu, Yağlıdere, Görele deresi, Gelevera deresi, Harşit çayı, Değirmendere, Karadere, Solaklı çayı, Baltacı deresi, İyidere, Büyükçay, Fırtına deresi, Çağlayan deresi ve Kapistre deresidir. Harşit çayı 143 km uzunluğu ve 3280 km<sup>2</sup> yağış alanı ile havzanın en büyük alt havzasıdır (Fakıoğlu ve Kağnıcıoğlu, 2009).

Havzada derelerin denize dökülme noktalarındaki çok küçük deltalar dışında kayda değer bir ova bulunmamaktadır. Havza geneli 4. derece deprem bölgesi, Ordu ve Giresun illerinin bir bölümü 3. derece deprem bölgesidir. Havza geneli nüfus yoğunluğu Türkiye ortalamasının altında olup, havza genelinde yerleşimler sahil boyunca yoğunluk arz etmektedir (Fakıoğlu ve Kağnıcıoğlu, 2009).

Ülkemizin en zengin biyoçeşitlilik ve bitki örtüsüne sahip bölgesi olan Doğu Karadeniz Havzasının % 44,7'sini ormanlık alanlar oluşturur. Havzada akarsu kenarlarında genellikle kızılâğaç türleri hakim olmakla beraber diğer alanlarda ladin,

sarıçam, karaçam, ıhlamur, kestane, gürgen, kayın, göknar, meşe, dişbudak gibi ağaç türleri yaygın olarak bulunur. Ayrıca havzanın bazı illerinde fındık ve çay tarımı yaygın olarak yapılmaktadır (Anonim-1, 2013). Doğu Karadeniz Havzasında, iç kesimlerden kuzeye doğru nemli iklimden çok nemli iklime doğru geçiş vardır. Havzanın iç kesimlerinde yarı kurak iklim tipi hakimken, dağların arka yamaçlarıyla Karadeniz'e bakan yamaçlarında, nemli ve yarı nemli iklim tipi hakimdir. Trabzon ilinde ortalama yıllık yağış 831,3 mm, Rize 2233,5 mm Giresun'da 1259,4 mm, Ordu'da 1041,1 mm, ve Gümüşhane'de 461,5 mm' dir (Anonim-1, 2013).

### **1.3. Fiziksel Su Kalitesi Parametreleri**

#### **1.3.1. Sıcaklık**

Su sıcaklığı, akuatik ortamlardaki fiziksel, kimyasal olaylar (konsantrasyon, çözünürlük, doygunluk, reaksiyon hızı ve difüzyon vb.) ve suyun faydalı kullanımlarının uygunluğu üzerine etkisi olduğundan önemli bir su kalite parametresidir (Mutlu, 2013; Aydın, 1995). Suda oksijenin çözünme miktarını, gazların emilme oranını, balığın metabolizma hızını ve patojenik organizmaların varlık potansiyelini etkilemesi bakımından birçok çevresel faktörden daha fazla önem arz etmektedir (Boyd, 1990).

Akarsu ortamlarındaki anlık su sıcaklığı; akarsuyun debisi, hızı, iklimsel ve atmosferik şartlar ve rakım gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Suyun anlık sıcaklığı, akuatik hayat için kritik öneme sahip çözünmüş oksijen, pH gibi fiziko-kimyasal parametrelere tesir ederek sucul canlıların hayati faaliyetleri üzerine direkt etki etmektedir (Göksu, 2003).

Suyun anlık sıcaklığı, arazide numune alma esnasında ısı direnç sensörü olan -5 °C ile 45 °C arasında sıcaklık ölçümü yapabilen çeşitli marka ve özelliklerde problemlerle ölçülürken bu çalışmada YSI 556 MPS marka çoklu parametrik sensör ile ölçülmüştür.

### 1.3.2. pH

Hidrojen iyonları  $[H^+]$  aktivitesinin (-) logaritması olarak tarif edilen pH, suyun asidik veya bazik derecesinin nicel göstergesi olan önemli bir su kalite parametresidir. pH değeri, hidrojen iyonu ( $H^+$ ) ile hidroksil iyonu ( $OH^-$ ) konsantrasyonları oranına bağlı olarak değişir. Saf suda bu iyonlar denge halinde olduğundan pH nötr, yani 7'dir. Ölçüm skalası 0 ile 14 arasında değişen pH skalasına göre; asidik özellikli sularda (pH 0-7 aralığı) hidrojen iyonları ( $H^+$ ), hidroksil iyonlarından ( $OH^-$ ) daha fazla, bazik özellikli sularda ise (pH 7-14 aralığı) hidroksil iyonları ( $OH^-$ ), hidrojen iyonlarından ( $H^+$ ) daha fazla bulunur.

Bir suyun pH değeri, sıcaklık ve biyolojik olaylara bağlı olarak mevsimsel, aylık, hatta günlük olarak değişim gösterebilmektedir (Cole, 1983). Suda çözülmüş halde bulunan karbondioksit ( $CO_2$ ) ile pH arasında yakın bir ilişki vardır. Fotosentez reaksiyonları sonucunda fitoplanktonlar, ortamda bulunan  $CO_2$ 'yi tüketerek pH'yı yükseltirler (Boyd, 1990).

Doğal bir suda pH değeri, sucul ortamdaki kimyasal ve biyolojik sistemler hakkında önemli bilgiler sağlar. Tatlı su canlıları 5-9 arasındaki pH değerlerinde fazla etkilenmezler. Ancak bazı kimyasal maddelerin toksisitesinde pH'nın tesiri çok önemlidir. Sülfür ve siyanür tuzlarının toksik etkisi pH düştükçe yükselirken, amonyağın toksik etkisi pH yükseldikçe artar. Bundan dolayı pH 5-9 arasındaki sularda sucul canlılar kimyasal kirlenme yoksa zarar görmeden yaşayabilirler. Ancak bu aralığın dışındaki pH değerlerine uzun süre maruz kalan balıkların solungaçlarında kahverengileşme ve büzüşme, sümüksü salgı ve yüzgeçlerinde lifleşme görülür (Lyod, 1992; Wedemeyer, 1996). Suların korozif veya çökelme eğiliminin bir göstergesi olan pH'nın düşük ya da yüksek olması, en başta endüstriyel kirlenmeye bağlıdır. Ayrıca suyun geçtiği toprakların kimyasal içeriği de pH'yı etkiler. Organik maddelerin su içinde bozunması sonucu suyun pH'sında değişme gözlenebilir. Amonyak ( $NH_3$ ) oluşumu esnasında pH yükselir;  $CO_2$  ve Hidrojen Sülfür ( $H_2S$ ) oluşumunda ise pH düşer (MEGEP, 2011).

Suyun pH'sı, genellikle pH belirteçleri (kimyasal çözeltiler; fenol kırmızısı, bromkrezol yeşili, timol mavisi, kongo kırmızısı vb., pH indikatör kağıtları) ve pH metreler yardımıyla belirlenirken arazi çalışmalarında numune alma esnasında kombine cam elektrod'a sahip pH problemleriyle ölçülür. pH metre cihazları kullanıldığında cihazın kalibrasyonu, ölçümden hemen önce standart kalibrasyon solüsyonları kullanılarak yapılmalıdır. Bu çalışmada YSI 556 MPS (Multi Probe System) marka çoklu parametrik cihaz kullanılarak arazide ölçülmüştür.

### **1.3.3. Elektriksel İletkenlik**

Suda bulunan tuzların veya çözünebilir maddelerin toplam miktarlarının göstergesi olan elektriksel iletkenlik, jeolojik yapıya ve yağış miktarına bağlı değişim gösterip tuzluluk ve sıcaklık artışına paralel olarak arttığı bildirilmektedir (Barlas vd., 1995; Temponeras vd., 2000). Akarsulara kanalizasyon, bazı endüstriyel atıksular ve sulama sularının deşarj edilmesi elektriksel iletkenlik değerinde artışlara neden olmaktadır. Çoğu tatlı sularda elektriksel iletkenlik değeri, 10-1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişirken, özellikle kirletilmiş sularda bu değerin 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'nin üzerine çıktığı bildirilmektedir (Polat, 1997; Chapman ve Kimstach, 1996).

Elektriksel iletkenlik suyun elektriği iletmeye karşı gösterdiği direncin tersi olarak ifade edilmekte olup kondüktometre cihazlarıyla elektrometrik olarak ölçülür. Ölçümden önce cihazların kalibrasyonu standart solüsyonlar kullanılarak yapılmalıdır. Elektriksel iletkenlik değeri kullanılarak suyun tuzluluğu ve toplam çözünmüş katı madde miktarı da saptanabilmektedir. Bu çalışmada, elektriksel iletkenlik değeri, 0-200  $\text{mS}/\text{cm}$  arasında ölçüm yapabilen YSI 556 MPS marka cihaz ile arazide ölçülmüştür.

### **1.3.4. Bulanıklık**

Bulanıklık, su içerisinde ışığın absorplanması ve yansıtılmasına neden olan optik bir özelliktir (APHA, 1999). Kil, silt, parçalanmış organik ve inorganik maddeler, çözünmüş renkli organik bileşikler, plankton ve mikroskobik organizmaların meydana getirdiği askıdaki katı maddeler bulanıklığa neden olur. Bulanıklığın nedeni cansız materyallerden (inorganik maddeler, mil, toprak vs) meydana gelmişse o suyun

biyolojik verimliliği düşük, canlı materyallerden (planktonlar) meydana gelmişe verimlilik yüksektir. Bulanıklık arttıkça sularda fotosentez olayı azalır. Dolayısıyla sudaki oksijen ve plankton üretimi düşer ve neticede akuatik yaşamdaki besin dengesi bozulur. Balıkların mukus tabakasını zedelemesi, görmeyi azaltması, beslenmeyi olumsuz etkilemesi, predatörlere yakalanmayı kolaylaştırması, solungaçlara zarar vermesi ve üreme faaliyetlerini engellemesi bulanıklığın sucul ortamdaki diğer etkileri arasındadır (Bulut vd., 2009). Özellikle akarsularda oluşan yüksek bulanıklığın nedeni, yağmurlarla taşınan toprak, mil, vs. ile akarsuya deşarj edilen evsel veya endüstriyel atık sularıdır. Yapılan çalışmalarda 200 NTU'luk bulanıklık değerinin balıklar için öldürücü doz olduğu belirlenmiştir (Göksu, 2003; Jones, 1964).

Suyun bulanıklığı, doğrudan veya dolaylı metotlarla belirlenebilmektedir. Bulanıklığın doğrudan ölçümünde fotometrik veya nefelometrik ölçüm yöntemleri (NTU, FTU, JTU birimleriyle) kullanılırken, dolaylı ölçüm yöntemleri ise gravimetrik ve volümetrik metotlar olan askıda katı madde, çökebilen katı madde (imhof konisi), nessler tüpü ve seki diski derinliği yöntemleridir. En hassas ve yaygın kullanılan yöntem ise nefelometrik yöntemdir. Bu çalışmada bulanıklık ölçümü, 0-450 FTU arasında ölçüm yapabilen HACH DR/2000 model spektrofotometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Amerikan su kirliliği kontrol idaresine göre 1FTU=1NTU olarak hesaplanabilmektedir (FWPCA, 1969)

### **1.3.5. Askıda Katı Madde**

Askıda katı madde, su içerisinde bulunan çökebilen veya asılı haldeki maddelerin toplamı olarak ifade edilir. Antropojenik faaliyetler ve tarım arazilerinden meydana gelen erozyonlar sonucu yüzey sularındaki askıda katı madde miktarı artar. Sularda belli bir miktardan daha fazla askıda katı madde bulunması, suyun fiziksel olarak kirlenmesine sebep olur. Askıda katı maddenin fazla oluşu suyun bulanmasına, toksisitesinin artmasına, ışık geçirgenliği ve oksijen miktarının ise azalmasına yol açarak sucul canlılara zarar verir. Askıda katı maddelerin etki derecesi bu maddelerin türü, miktarı, sucul canlıların cinsi ve büyüklüğüne göre değişmektedir (TS 7094, 1989). Suda bulunan askıda katı madde miktarının aşırı artması, balıklarda solungaç

gibi hassas dokuların zarar görmesine, yavru ve yumurta ölümlerine yol açmaktadır (Alabaster ve Lloyd, 1980).

Askıda katı madde, su kalitesi tayininde kullanılan gravimetrik bir metot olup suda bulanıklığı oluşturan maddelerin miktarının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. AKM fotometrik yöntemlerle de ölçülebilmektedir. Bu çalışmada, askıda katı madde miktarı, SM 2540 D metoduna göre gravimetrik yöntemle tayin edilmiştir.

### **1.3.6. Çözünmüş Oksijen**

Oksijen, sucul yaşamın parçası olan tüm canlılar için gerekli olup doğal sulardaki derişimi; sıcaklık, tuzluluk, türbülans, akım, alg ve bitkilerin fotosentetik aktiviteleri ve atmosferik basınca bağılı olarak değişebilmektedir. Sularda biyolojik solunum ve çeşitli organizmaların bozunması, yüksek organik madde ve besin elementi derişimlerine sahip atık deşarjların, bakteriyolojik aktiviteler sonucu indirgenmesi, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır (Tanyolaç, 2004; Anonim-2, 2001). Oksijen derişiminin doğal ya da antropojenik sebeplerle aşırı düştüğü durumlarda, çöken maddelerin çürümesinin bir sonucu olarak sediment-su arayüzünde anaerobik (oksijensiz) koşullar meydana gelebilir (Chapman ve Kimstach, 1996). Tatlı sularda, sucul hayatın devam edebilmesi için en az 5 mg/L çözünmüş oksijen miktarının gerekliliği bildirilmektedir (Egemen ve Sunlu, 1999; Bremond et Vuichard, 1973).

Suda çözünmüş oksijen, titrimetrik, elektrometrik ve optik metotlarla ölçülebilmektedir. Standart yöntem olarak Winkler titrasyon metodu önerilirken arazi ölçümlerinde pratiklik sağlaması açısından membran elektrometrik ve optik yöntemler tercih edilmektedir. Fakat bu pratik yöntemler, referans yöntem olan Winkler titrasyon yöntemi ile de kontrol edilerek ölçümler yapılmalıdır. Bu çalışmada, çözünmüş oksijen 0.2-20 mg/L ölçüm aralığına sahip Hach marka HQ40D model, LDO (Lüminesans Dissolved Oxygen) sensöre sahip cihaz ile arazide ölçülmüştür.



## 1.4. Kimyasal Su Kalitesi Parametreleri

### 1.4.1. Toplam Sertlik

Suda sertliği, çözünmüş (+2) değerkli iyonlar ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Sr}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  vb.) oluşturur.  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  iyonları doğal sularda diğer iyonlardan çok daha fazla bulduklarından genellikle toplam sertlik kavramı,  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  iyonları konsantrasyonlarının toplamı şeklinde ifade edilir ve 1 litre suyun içerdii Ca ve Mg iyonlarının kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) veya kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) cinsinden ifade edilmesi ile belirlenir. Kalsiyum ve mağnezyum dışındaki diğer iyonlar kompleks yapıda olduklarından sertliğe fazla bir katkıları olmaz. Suyun sertliği, sabunu çöktürme kapasitesinin bir ölçüsü olarak da ifade edilmektedir. Sabun suda yaygın olarak  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  iyonları ile çöktürülür. Diğer bazı metallerin iyonları da (Al, Fe, Mn, Sr, Zn) sabunu çöktürmekle beraber genelde kompleks yapıda olduklarından sertliğe fazla bir katkıları olmaz.

Sularda, geçici ve kalıcı olmak üzere iki türlü sertlik vardır. Geçici sertliği (karbonat sertliği), su içerisindeki kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzlarının miktarı belirler. Su ısıtıldığında geçici sertlik veren maddeler, karbondioksit vererek ayrışır ve kalsiyum karbonat ve magnezyum hidroksit çökerek sudan ayrılırlar. Bu şekilde ısıtılarak giderilen sertliğe “Geçici Sertlik” denir. Magnezyum ve kalsiyum sülfat, nitrat ve klorür tuzlarından oluşan sertliğe ise “Kalıcı Sertlik (karbonat olmayan sertlik)” denir. Kalıcı sertliği oluşturan tuzlar ısı ile ayrışmazlar. Kalıcı sertlik ile geçici sertliğin toplamı sertlik bütünü yani toplam sertlik olarak tarif edilmektedir.

Suların sertlik sınıfları ülkelere göre farklılık göstermekle beraber bu çalışmada Sawyer, (1960) tarafından aşağıda tabloda belirtilen sınıflandırma kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Suların sertlik derecesine göre sınıflandırılması (Sawyer, 1960).

Toplam Sertlik (mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$ )	Sertlik Sınıfı
0-75	Yumuşak
75-150	Orta sert
150-300	Sert
>300	Çok sert

Zehirli maddelerin toksisite artırıcı etkisi nedeniyle su ürünleri yetiştiriciliğinde sert suların kullanılmasının uygun olmadığı bildirilmektedir (Göksu, 2003). Yüksek sertlik konsantrasyonlarının, sucul ekosistemde ötrofikasyona doğru gidişin bir belirtisi olduğu bildirilmektedir (Rai, 1974).

Sularda sertlik tayini, sabun eriyiği, hesap yöntemi ve EDTA ile kompleksometrik titrasyon yöntemleriyle yapılabilmektedir. Yaygın olarak EDTA ile kompleksometrik titrasyon yöntemi kullanılmaktadır. Sularda sertlik yapan divalent iyonların EDTA ile kompleks oluşturmasına dayanan bu metot, standart yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada da, EDTA ile titrasyon yöntemi kullanılarak toplam sertlik tayini yapılmıştır.

#### **1.4.2. Sülfat**

Suyun doğal anyonlarından biri olan sülfat, biyolojik verimin artması için doğal sularda bulunmalıdır. Akuatik ortamlarda gerekli miktarlarda bulunmaması fitoplankton gelişimini engeller ve bitkilerin gelişimini yavaşlatır (Taş vd., 2010; Atıcı ve Obalı, 1999).

Tatlı sular, genelde 10-30 mg/L arasında sülfat ( $SO_4^{2-}$ ) iyonu içerir. Sülfat'ın doğal kaynakları arasında yağmur suları, jips (alçı taşı) gibi sülfatlı kayalar bulunmaktadır. Alçılı kayaların kolay çözünebilirliği neticesi sularda 100 mg/L hatta daha yüksek oranlarda sülfat'a rastlamak mümkündür. Sucul ortamlarda çeşitli endüstri atıkları, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların neden olduğu sülfat artışı kirliliğin bir göstergesi olarak kabul edilmekte, 250 mg/L'den fazla olması durumunda ise ciddi derecede kirlenmeye işaret etmektedir (Nisbet ve Verneaux, 1970; Barlas vd., 1995). Sucul ortamlarda sülfatların düşük dozları balıklar için toksik değildir ancak 100 mg/L ve üzeri konsantrasyonlarda tatlı su balıkları için ölümlerin başladığı bildirilmiştir (Boyd, 1990).

Sulardaki sülfat tayininde, en yaygın gravimetrik kalıntı (yakma ve kurutmalı) ve turbidimetrik metotlar kullanılmakla beraber iyon kromatografik yöntem, sürekli akış analizi (CFA) metiltimol mavisi ve akış enjeksiyon analizi (FIA) metiltimol mavisi

yöntemleri, standart olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, türbidimetrik yöntem ile spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür.

### **1.4.3. Permanganat İndeksi (Organik Madde)**

Sucul ortamlardaki organik maddeler, genellikle makro ve mikro boyuttaki organizmalar ile ortama taşınan karasal kökenli organik atıklardır. Çeşitli yollardan yüzeysel sulara karışabilen organik maddeler, belirli bir konsantrasyon'a kadar sucul canlılar için besin kaynağı görevi görürken, yüksek konsantrasyonlarda bir organik kirlilik etkeni olarak karşımıza çıkar.

Organik maddeler sucul ortamlarda devamlı olarak mikroskopik bir ayrışma uğrarlar. Bu süreçte yoğun olarak çözülmüş oksijen kullanıldığı için sucul ortamların oksijen bütçesi pozitif olmalıdır. Genel olarak sağlıklı sucul ortamlarda gelen ve harcanan organik maddeler denge halindedir. Bu tür ortamlarda tür çeşitliliği zengin olup, canlı biyomasi dengededir. Ancak oksijen bütçesinin negatife döndüğü ortamlarda sudaki organik madde miktarı gereğinden fazla olduğu ve ortamın üretim potansiyelinin düştüğü anlaşılır. Dolayısıyla ortamın kaldırabileceği organik madde limiti aşıldığında canlı çeşitliliği azalır, hassas türler yok olur ve dayanıklı fırsatçı türler ise ortamda dominant hale geçer (Lampert ve Sommer, 1997; Yılmaz vd., 1992).

Sularda toplam organik madde kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri olan permanganat indeksi, asidik ortamda su içerisindeki tüm organik maddenin permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) ile yükseltgenmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Genellikle içme suları gibi düşük organik madde içeren sularda güvenilir sonuçlar veren bir yöntemdir. Organik maddelerin ölçüsü, asidik ortamda 1 litre suda bulunan organik maddeleri yükseltgeyebilen mg  $\text{KMnO}_4$  veya buna eşdeğer mg oksijen ile ifade edilir. Bu çalışmada permanganat indeksi tayini, Türk Standartları Enstitüsü yayınlarından TS 6288, (1998)'e göre potasyum permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) ile titrimetrik olarak yapılmıştır.

#### 1.4.4. Klorofil-a

Klorofil-a, alglerin de dahil olduğu tüm bitkilerin temel fotosentetik pigmentlerinden biridir. Tüm sucul ortamlardaki klorofil-a konsantrasyonu, fotosentetik plankton biomasının bir indikatörü olup fosfor, azot ve silikat gibi besleyici elementler, ışık ile birlikte planktonik organizmaların büyümesi ve dağılımını etkileyen en önemli faktörlerin başında gelmektedir (Calow ve Petts, 1992; Horne ve Goldman, 1994). Bundan dolayı sucul ortamın alg biyoması hakkında bilgi verirken ekosistemlerin dinamiğini takip etmede birinci adım olarak kullanılan temel parametrelerden birisidir (Boyce vd., 2010; Yunev vd., 2002).

Sucul ekosistemlerde fitoplankton yoğunluğunun en iyi göstergelerinden bir tanesi klorofil-a miktarı olmasına rağmen hem akarsu hem de deniz ekosistemlerinde klorofil-a değişimlerinin her zaman besin elementleri yükünü yansıtmadığı bilinmektedir (Tomasko vd., 1996; Cloern, 2001). Ancak klorofil-a birincil üretimi ve ötrofikasyon seviyelerini göstermesinden dolayı önemli su kalitesi parametresi olarak kullanılmaktadır (Salihoğlu vd., 1990). Sucul ortamlarda fitoplanktonik aktivite ve fitoplankton topluluklarının trofik yapısının belirlenmesinde klorofil-a'nın tespiti ve fotosentetik pigment analizleri kullanılmaktadır (Barlow vd., 1997). Klorofil-a analizi kolaylıkla gerçekleştirilebilmekle beraber tüm fitoplankton türlerinde klorofil-a'nın bulunması sebebiyle yaygın olarak tercih edilmektedir (Lalli ve Parsons, 1993).

Klorofil-a değerleri, Yerüstü su kalitesi yönetimi yönetmeliğine göre denizlerde kıyı ve geçiş sularında, göl, gölet ve barajlarda ise ötrofikasyon ve trofik seviye belirlenmesinde kullanılan su kalitesi parametrelerinden biridir. Örneğin Ege ve Akdeniz'de ötrofikasyon sınırı 2 µg/L iken Karadeniz ve Marmara'da ise 3,1 µg/L'dir. Diğer taraftan göl, gölet ve baraj göllerinde genel olarak ötrofikasyon sınırı için 9,1 µg/L değeri kullanılmaktadır (YSKYY, 2012).

Sularda klorofil-a'nın belirlenmesinde standart olarak spektrofotometrik, florometrik ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, aseton ekstraksiyonunu takiben spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

#### 1.4.5. Nitrat Azotu (NO<sub>3</sub>-N)

Nitrat akuatik ortamlardaki verimliliği etkileyen önemli su kalitesi parametrelerden birisidir (Atay, 1995). Sulardaki nitrat iyonları hayvansal ve bitkisel atıkların içerdiği protein ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden, tarımsal amaçlı kullanılan nitratlı gübrelerden, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucunda azotun doğrudan azot oksitlere yükseltgenmesi ve bu oksitlerin sudaki reaksiyonlarından kaynaklanmaktadır (Solak, 2003). Sulardaki nitrat miktarı doğada çok değişkenlik gösterir. Kurak geçen dönemlerden sonraki yağışlarda miktarı çok artabilir. Nitratlar ayrıca suların kirliliği açısından da bir gösterge olabilir (WHO, 1984).

Doğal sulardaki nitrat, inorganik bileşik azotun yaygın formudur ve kirlenmemiş sularda bulunan nitrat, nitrifikasyonun son ürünüdür (Tepe, 2009). Nitrat, tarımsal alanlardan (Wetzel, 2001; Tepe vd., 2006) ve diğer antropojenik atıklardan, organik madde karışımından (Jarvie vd., 1998; Dirican ve Barlas, 2005; Fianko vd., 2010) kaynaklanmaktadır. Fytianos vd. (2002), çalışmalarında yüksek nitrat değerinin, yağmur sularının tarım arazilerinden getirmiş olduğu gübrelerden kaynaklanabileceği, benzer şekilde Bellos vd., (2004) ise sadece tarımsal aktiviteleri işaret etmiştir. Wetzel (2001)'e göre akarsularda nitrat değerleri 0,05-1,00 mg/L arasında değişiyorsa, bu akarsular nitrat bakımından kirlenmemiş olarak kabul edilmektedir.

Yüzey sularında nitrat azotunun 5 mg/L'nin üzerinde olması evsel ya da yoğun tarımsal etkinliklere bağlanmaktadır (Chapman ve Kimstach, 1996). Yüzeysel sularda 5 mg NO<sub>3</sub>/L'nin üzerindeki nitrat değerleri, yüzeysel suyun belirgin bir kirliliğe maruz kaldığı düşüncesini akla getirmelidir (WHO, 2004). İçme suları için 45 mg/L'nin üzerindeki değerler tehlikelidir (Yılmaz, 2004).

Sularda nitrat'ın belirlenmesinde, Ultra Viyole (UV) spektrofotometrik yöntemler, kadmiyum veya hidrazin sülfat indirgemesi takiben spektrofotometrik veya kolorimetrik yöntemler, kadmiyum indirgemeyi takiben sürekli akış analizi (CFA) veya akış enjeksiyon analiz (FIA) yöntemleriyle kolorimetrik olarak, iyon kromatografik yöntemler, yüksek performanslı sıvı kromatografik (HPLC) yöntemler ve iyon seçici nitrat elektrod ile potansiyometrik olarak ölçülebilmektedir. Bu çalışmada, kadmiyum

indirgemeyi takiben sürekli akış analiz yöntemi kullanılarak otoanalizör cihazında kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

#### **1.4.6. Nitrit Azotu (NO<sub>2</sub>-N)**

Azot bileşiklerinden nitrit, son derece kararsız bir azot formu olup ortamda nitrifikasyon veya denitrifikasyon reaksiyonlarının gerçekleşmekte olduğunu gösteren bir iyondur. Temiz sularda bulunmaz veya eser düzeyde bulunur. Kararsız bir ara ürün olduğundan ortamda birikim yapmaz, hemen nitrat iyonuna dönüşür (Boyd ve Tucker, 1998). Sucul canlılar için toksik olmasından dolayı doğal sularda bulunması sakıncalıdır. Nitrit'in sucul ortamlarda sürekli bulunması genellikle evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan bir kirliliğin olduğunun göstergesidir (Stevens vd., 1994; Girgin ve Kazancı, 1994). Sulardaki nitrit'in kaynağını; organik maddeler, azotlu gübreler ve tabiattaki bazı mineraller teşkil etmektedir. Sudaki nitrit miktarının 1 mg/L'nin üzerine çıkması kirliliğin başladığını gösterir (Yılmaz vd., 1995).

Sularda nitrit düzeyinin 0,003 mg/l altında olması, nitrit bakımından sulara kirleticilerin karışmadığını göstermektedir (Wetzel, 2001).

Sularda nitrit'in belirlenmesinde, spektrofotometrik, kolorimetrik, sürekli akış analiziyle (CFA) kolorimetrik, iyon kromatografik, termometrik titrasyon, elektrokimyasal metotlar, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ve biyolojik sensörler gibi cihaz ve metotlar kullanılarak ölçülebilmektedir. Bu çalışmada, sürekli akış analizi yöntemi ile otoanalizör cihazı kullanılarak kolorimetrik metotla ölçülmüştür.

#### **1.4.7. Amonyum Azotu (NH<sub>4</sub>-N)**

Amonyak, sucul ortamlarda iyonize olmuş amonyak (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ve iyonize olmamış amonyak (NH<sub>3</sub>) olmak üzere iki formda bulunur. Suda çok kolay çözünerek hemen amonyum iyonuna (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dönüşür (Lawson, 1995). Akuatik sistemlerde iyonlaşmamış amonyağın (NH<sub>3</sub>), iyonlaşmış amonyağa (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) oranı, suyun pH ve sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık ve pH yükseldikçe toksik amonyak (NH<sub>3</sub>) miktarı artar, suyun

tuzluluğu arttıkça düşer (Trussell, 1972; Uslu ve Türkman, 1987). Serbest amonyak ( $\text{NH}_3$ ) çoğu organizmalar için çok toksiktir. Fakat iyonlaşmış amonyak ( $\text{NH}_4^+$ ) iyonu sadece orta derecede toksik özellik gösterir. Sıcaklık ve pH artarken serbest amonyağın oranı da artmaktadır. Avrupa Kıtaıçi Balıkçılık Danışma Komisyonu (EIFAC), iyonlaşmamış amonyak derişiminin 0.025 mg/L'yi aşmaması gerektiğini ileri sürmektedir (Abel, 2002).

Amonyum iyonu, sucul canlıların artık maddesidir. Organizmalar tarafından tekrar absorplanırlar. Oksijence zengin sularda amonyum iyonuna çok az miktarda rastlanır (Çelikkale, 1994).

Amonyak, hayvansal atıklardan oluşan en temel azotlu atık üründür. Amonyak aynı zamanda azotlu organik maddelerin ayrışması sonucu da açığa çıkar (Tomasso, 1994). Suda amonyak birikimi, sucul organizmalara toksik olduğundan istenmez ve toksik etkisi, pH ve su sıcaklığı arttıkça artar (Emerson vd., 1975).

Amonyak azotu, yüksek alkali sular ( $\text{pH}>9$ ) dışında sularda iyonik formu olan amonyum ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ) şeklinde bulunur. Amonyum, akarsu ve göllerdeki bitkiler, algler ve bakteriler için çok önemli azot kaynağıdır, çünkü sularda çok düşük miktarlarda bulunur ve çok çabuk form değiştirir (Wetzel ve Likens, 2000). Kirlenmemiş akarsular 0,005-0,04 mg/l aralığında amonyum azotu içermektedir (Wetzel, 2001).

Sularda amonyum'un belirlenmesinde, doğrudan nessler ve fenat yöntemi, salisilat ile spektrofotometrik, destilasyon-titrimetrik, destilasyon-nessler, destilasyon-fenat, mikrokulometrik, gaz kromatografik, iyon seçici elektrod, hipoklorid-kemilüminesans, kolorimetrik, sürekli akış analiziyle fenat ve salisilat yöntemleri ve akış enjeksiyon analizi gibi yöntemlerle ölçülebilmektedir. Bu çalışmada, sürekli akış analiz prensibine göre salisilat yöntemi kullanılarak otoanalizör cihazı ile kolorimetrik metotla ölçülmüştür.

#### 1.4.8. Orto-Fosfat Fosforu (o-PO<sub>4</sub>-P)

Yüzeysel sularda önemli bir kirlilik göstergesi olan fosfor, doğal suların verimliliğini etkileyen en önemli besleyici mineral ve ötrofikasyonun oluşmasındaki en temel elementtir (Harper, 1992). Doğal sularda toplam fosfor yoğunluğu; havzanın morfometrisine, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik maddenin olup olmadığına ve sudaki organik metabolizmaya bağlıdır (Tanyolaç, 2006). Fosforun tatlı sulardaki miktarı sınırlıdır. Fosfor miktarını etkileyen en önemli kaynaklar atık sular ve gübrelerdir. Fosfor miktarının aşırı artması bitkisel üretimi hızlandırır ve suların kalitesini değiştirerek ötrofikasyona neden olmaktadır. Sulardaki orto-fosfat fosforunun normal değerleri 0,05-0,30 mg/L arasındadır (Cirik ve Cirik, 2005).

Fosfor, sularda çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur. Canlı protoplazmanın yaklaşık % 2'sini teşkil ettiğinden yetersizliği özellikle fotosentezle üretim yapan ototrof canlıların büyümelerini sınırlayıcı, dolayısıyla hetetrof canlıların gelişmesini engelleyici bir etkiye sahiptir. Bu sebeplerden dolayı sularda yeterli fosfor'un bulunmaması suda bulunan canlıların büyümesini sınırlayıcı en önemli etken olmaktadır. (Atay ve Pulatsü, 2000; Scholten vd., 2005). Akarsu, göl ve denizlere ticari gübreler, diğer tarımsal girdiler, kanalizasyon suları, deterjanlar ve besin sanayii atıkları gibi çeşitli kaynaklardan fosfor ulaşmaktadır. Bu kaynaklardan yüzey sularına ulaşan fosfatlar suyun oksijen bakımından zengin üst kısmında bulunan alg ve fotosentez yapan diğer yeşil bitkilerin aşırı miktarda çoğalmasına yol açmaktadır (Atay ve Pulatsü, 2000).

Göllerde ve akarsularda çözülmüş inorganik fosfat, çözülmüş organik fosfat ve organik partiküler fosfat şeklinde bulunur. Çözülmüş inorganik fosfat fotoototrof üreticiler tarafından alınır, organik olarak bağlanır ve besin zincirine katılır (Schwörbel, 1987).

Orto-fosfat fosforu (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>-P), kirlilik girdisi olmayan nehirlerde 0,005-0,05 mg/L aralığında bulunur (Koukal vd., 2004). Nehir sistemlerine çeşitli kaynaklardan fosfat'ın



taşınması su kalitesini etkilemektedir. Bu kaynakların yaklaşık % 45'ni evsel, % 45'ni tarımsal ve sanayi, geri kalan kısmını diğer kaynaklar oluşturur (Bellos vd., 2004).

Sularda orto-fosfat'ın belirlenmesinde, vanadomolibdofosforik asit, kalay klorür ve askorbik asit ile kolorimetrik ve spektrofotometrik yöntemler, iyon kromatografik yöntem, çok düşük seviyeler için ekstraksiyon işlemlerini takiben otoanalizör ile askorbik asit indirgeme metot, akış enjeksiyon analizi gibi yöntemlerle ölçülebilmektedir. Bu çalışmada, sürekli akış analiz prensibine göre askorbik asit indirgeme yöntemi ile otoanalizör cihazı kullanılarak kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

#### **1.4.9. Silikat (SiO<sub>2</sub>-Si)**

Silisyum, ametal karakterli kimyasal bir elementtir ve yer kabuğunun yaklaşık % 27,6'sı gibi büyük bir kısmını meydana getirir. Hayvan iskeletlerinde, bitki dokularında, denizlerde yaşayan diatom hücrelerinin duvar yapılarında da bulunur. Normal olarak tabiatta serbest halde bulunmaz. Fakat hemen hemen bütün kayalarda, kum, kil ve topraklarda ya silis (SiO<sub>2</sub>) halinde ya da Oksijen, Alüminyum, Mağnezyum, Kalsiyum, Demir, Sodyum, Potasyum gibi başka elementlerle oluşturduğu silikatlar halinde bulunur (URL-1).

Karasal orijinli bir besleyici element olan silis, yerkabuğunda oksijenden sonra en çok bulunan element olup yalnız anyon şeklinde bulunarak silikat asidin tuzları (silikatlar) veya bu asidin anhidriti SiO<sub>2</sub> (kuvars) şeklinde bulunur. Gayet sert olan ve hemen hemen hiç çözünmeyen SiO<sub>2</sub> tanecikleri ve kristalleri, taşların parçalanmasında serbest kalırlar ve su ile bir yerden diğer bir yere taşınışlarda yontulurlar. Bu suretle çakıl taşları ve kum oluşur (URL-2).

Diğer besleyici elementler gibi silis (Si) elementi, canlı yapısına doğrudan girmez ancak pek çok denizel ve tatlısu formlarının (diatomlar, silisli süngerler ve silisli algler gibi) iskelet yapısını oluşturur. Bunun yanında diatomların üremesi için deniz ortamında, silis konsantrasyonunun belirli bir minimum değerinin üzerinde olması gerekir. Ayrıca suda 30-40 µg/L oranında veya daha fazla çözünmüş silisyum ancak üreme sürecinin devamını sağlar (Egemen, 2000; Fogg, 1965).

Nehir ve deniz sularında çözünmüş olarak bulunan eser miktardaki silikat asidi, bitkiler ve hayvanlar tarafından bünyelerinin mekanik sağlıklarını temin etmek amacıyla alınır. Otlar ve kuş tüyleri, SiO<sub>2</sub> ihtiva ederken mikroskobik büyüklükteki bazı deniz canlıları yani diyatomlar, kabuklarını suda mevcut SiO<sub>2</sub>'den oluştururlar. Suda bulunan çözünmüş silisin kaynağı silikatların metamorfik veya atmosferik olaylarla kimyasal parçalanmaları sürecidir. Doğal sularda 10 mg/L' den az olmamakla beraber, bazı sularda ve özellikle volkanik sularda 60 mg/L ve hatta 100 mg/L kadar silikat bulunabilir (URL-2). Doğal sulardaki silis konsantrasyonları 1 ile 80 mg/L arasında seyretmektedir (Boyd, 1990).

Sucul ortamlarda silisyum derişiminde mevsimlere, derinliğe, bölgelere bağlı değişimler gözlemlendiği, bir hücreli alg çoğalmasının fazla olduğu ilkbahar aylarında Si derişiminin çok düşük düzeyde bulunmasına karşın, fotosentez'in az yoğun olduğu kış aylarında derişimde yükselme görüldüğü bildirilmektedir (Egemen ve Sunlu, 1996).

Sularda reaktif silikat'ın belirlenmesinde, akış enjeksiyon analiz (FIA) tekniği ile molibdat reaktifi kullanılarak kolorimetrik olarak, sürekli akış analiz (CFA) tekniği ile molibdat reaktifi kullanılarak kolorimetrik olarak, molibdosilikat ile spektrofotometrik yada kolorimetrik olarak ölçülebilmektedir. Bu çalışmada, sürekli akış analizi (CFA) prensibine göre molibden mavisi metodu ile otoanalizör cihazı ile kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

#### **1.4.10. Toplam Fosfor (TP)**

Doğal suların verimliliğini etkileyen, canlı organizmalar için vazgeçilmez bir besin kaynağı olan fosfor, sucul ortamlarda çözünmüş inorganik, çözünmüş organik ve organik partiküler fosfat şeklinde bulunmaktadır. Bu fosfor bileşiklerinin toplamı toplam fosforu oluşturmaktadır (Schwörbel, 1987). Fosfor'un biyolojik en aktif formu olan ortofosfat fosforu, sudaki alglerin aşırı büyümesini teşvik ederek su kalitesi sorunlarına neden olabilmektedir (Bellingham, 2009). Özellikle fotosentez yapan ototrof ve heterotrof organizmaların büyümelerinde sınırlayıcı etki gösterir. Doğal sularda toplam fosfor miktarı; havzanın morfometrik yapısına, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde ve evsel atık özellikle deterjan

olup olmadığına ve sudaki organik metabolizmaya bağlıdır (Tanyolaç, 2004). Fosfat sucul ortamlara organik maddelerin bozunması, tarımsal gübrelere yıkanması, evsel ve endüstriyel atıksuların su ortamına deşarjı veya sızıntı şeklinde karışmaktadır. Fosfor su ortamında meydana gelen ötrofikasyonun en temel elementidir (Harper, 1992). Fosfat konsantrasyonu 0,15-0,30 mg/L olan sularda prodüktivitenin yüksek olduğunu ancak bu değerin 0,30 mg/L'yi aşması halinde suyun kirlenmiş sayılacağı, 0,50 mg/L'yi aşması halinde ise aşırı kirlenme ve ötrofikasyonun meydana geldiği bildirilmiştir (Nisbet ve Verneaux, 1970). Toplam fosfor parametresi akarsularda belirli zaman periyotları için organik fosfor yükünün tespitinde ve göl, rezervuar ve denizel alanlarda faaliyet gösteren organik atık oluşturan tesislerden dolayı oluşan çevresel taşıma kapasitesinin belirlenmesinde önemlidir (Mhlanga vd., 2013).

Sularda toplam fosfor'un belirlenmesinde, ön işlemlerden sonra orto fosfat ölçümü ile aynı yöntemler kullanılabilir. Bu ön işlem gerektiren yöntemler ise persülfat ile parçalama, sülfürik asit+nitrik asit karışımı ile parçalama, perklorik asit ile parçalama işlemleri en yaygın kullanılan standart uygulamalardır. Bu çalışmada, otoklavda persülfat ile parçalama işlemini takiben sürekli akış analiz prensibine göre askorbik asit indirgeme yöntemiyle, otoanalizör cihazı kullanılarak kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

#### **1.4.11. Toplam Azot (TN)**

Azot canlıların yapısını oluşturan temel elementlerden biridir. Doğada azot döngüsü içerisinde sürekli bir dönüşüm halindedir. Azot gerek canlı bünyesinde gerek besin maddelerinde ve gerekse de ölü organizmalarda bulunabilmektedir. Doğal sularda en yaygın bulunan azot formları amonyak, nitrit, nitrat ve organik azottur. Toplam azot, bu dört formun toplamından ibarettir. Toplam azot formlarının kaynağı yağmur suyu ile taşınan atmosferik azot, toprak yapısında bulunan nitrat tuzları olabildiği gibi tarımsal faaliyetler neticesinde toprakta yıkanan, evsel ve endüstriyel atıklardan suya karışan bileşiklerde olabilir. Mavi-yeşil algler ve bitkiler tarafından atmosferik azot'un bağlanması da söz konusudur (Hutchinson, 1944). Sucul ortama karışan azotlu bileşikler, birincil üretimi teşvik ederek ötrofikasyon ve oksijen tüketimi gibi önemli sorunlara sebep olarak su kirliliğine neden olmaktadır (Henry vd., 1984).

Sularda toplam azot'un belirlenmesinde, ön işlemler takiben nitrat tayini ile aynı yöntemler kullanılabilir. Ön işlem olarak persülfat ve UV/Persülfat ile parçalama işlemleri en yaygın kullanılan standart yöntemlerdir. Bu çalışmada, otoklavda persülfat parçalama işlemini takiben sürekli akış analiz (CFA) tekniğine göre nitrat tayinindeki gibi kadmiyum indirgeme yöntemiyle, otoanalizör cihazı kullanılarak kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

### **1.5. Su Kalite Çalışmalarında Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar**

Sucul ortamlarda gerçekleştirilen çalışmalar arazi, iklim, araştırmacı ve laboratuvar dörtgeni içerisinde yer alan birçok faktörün etkisi altındadır. Bu faktörlerin her biri çalışmaların öncesinde ve sonrasında yapılması gereken çalışmaları içermektedir. Dolayısıyla arazi ve laboratuvar çalışmalarının yolunda gitmesi, bu hazırlıkların standart süreçlere göre yapılmasına bağlıdır. Diğer taraftan arazi çalışmaları ancak uygun iklimsel koşullarda, yeterli teorik bilgi ve deneyime sahip araştırmacılar tarafından yapılarak en doğru sonuçlar elde edilebilir. Burada bu hususlarla ilgili arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında dikkat edilmesi gereken konulara değinilecektir.

#### **1.5.1. Örnekleme Öncesi**

Fiziko-kimyasal su kalitesi çalışmalarında doğru ve güvenilir analiz sonuçları elde edebilmek için arazi çalışması (örnekleme) sırasında ihtiyaç duyulabilecek her türlü cihaz, malzeme ve aparatları önceden tedarik etmek, kaliteli bir çalışma yapmak için çok önemlidir. Bunun için malzeme, cihaz vs. için kontrol listesi hazırlanarak arazi görevlerine çıkılması, örnekleme esnasında oldukça pratiklik sağlayacaktır. Örneklemeden sonra laboratuvarda hemen yapılması gereken analizler varsa gerekli kimyasallar ve stok çözeltiler örnekleme öncesinde hazırlanmalı veya hazırlanmış kimyasal reaktiflerin son kullanma tarihleri kontrol edilerek uygun koşullarda saklanmalıdır. Örneklemede kullanacak olduğumuz cihazların ayarları veya kalibrasyonları örnekleme öncesinde kontrol edilmeli varsa arızalı cihazlar, tamir ettirilmelidir. Arazide kalibrasyon imkanı varsa kullanılacak kalibrasyon solüsyonları çalışma öncesinde hazırlanmalı ve yerinde kalibrasyonlar yapılarak ölçümler

gerçekleştirilmelidir. Güç kaynağı olarak pille çalışan cihazların pil seviyeleri kontrol edilmeli ve yedek pil alınmalıdır.

Su kalitesi çalışmalarında numunelerin alınması ve muhafaza edilmesinde kullanılacak kapların seçimi ve temizliği, güvenilir ve doğru sonuçlar elde etmenin en önemli şartlarından biridir. Hatalı analiz sonuçları elde edilmesindeki en önemli sebeplerden biri, numune almada kullanılan kapların seçimi ve temizliğinde dikkatsizce yapılan hatalardır. Bu hata kaynağını bertaraf etmek için analiz edilecek fiziko-kimyasal parametrelerin gerektirdiği niteliğe uygun numune kaplarını seçmek ve uygun temizleme solüsyonları ile temizliklerinin yapılması gerekmektedir.

Numune kaplarının seçiminde dikkat edilmesi gereken bazı temel prensipler vardır. Bunlar; numunenin içerisindeki tayin edilecek maddeyi absorbe veya adsorbe etmemeli, hacim kaybına ve bulaşmadan kaynaklanan kirliliğe neden olmamalı, kolay açılıp kapanabilmeli, temizlenip yeniden kullanılabilir olmalı, sızdırmazlığı iyi olmalı, hacim, şekil ve büyüklük bakımından kullanışlı ve ekstrem sıcaklıklara karşı dayanıklı olmalı gibi sıralanabilir. Işıktan etkilenen maddeler için ışık absorplayıcı koyu renkli cam kaplar kullanılmalıdır. Borosilikat veya soda kireç camdan üretilen numune kapları, sodyum ve silikat gibi parametrelerin tayininde bulaşma nedeniyle pozitif hatalara neden olabilmektedir. Bu nedenle sertlik, pH, iletkenlik, klorür, toplam alkalilik, sodyum ve silisyum analizleri yapılacak numune için yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kapların tercih edilmesi daha uygun olacaktır. Hidrokarbonlar polietilen numune kaplarında, eser seviyedeki metaller ise cam numune kaplarının yüzeyinde adsorbe edilebilir. Böyle numuneleri asitlendirmek suretiyle adsorpsiyonu önlemek mümkündür. Seçilen numune kaplarının temizliğini kontrol etmek için numunelerin analizi esnasında aynı zamanda içinde damıtık su bulunduran numune (şahit numune kabı) de analiz edilerek numune kaplarının temizlik seviyeleri kontrol edilebilir (TS 5090, 1997; TS 5106, 1997).

Yeni alınmış numune kapları kullanılacak ise ambalaj malzemelerinin kalıntı ve tozlarından arındırılması gerekir. Bunun için uygun deterjanlı suyla yıkanarak destile suyla bolca durulanmalıdır. Kullan-at ya da tek kullanımlık kaplar kullanılmayacaksa, bulaşmadan kaynaklanan kirliliği en aza indirmek için belirli parametrelerin tayini için

belirli kap setleri kullanılmalıdır. Aynı numune kabı kullanılacağı zaman, yüksek derişimli bir numuneden sonra düşük derişimli bir numune almak gerektiği durumlarda kirlenmeyi engellemek için parametrelere uygun fiziksel ve kimyasal temizliğin çok iyi yapılması gerekmektedir. Fosfat, silikat, bor ve yüzey aktif madde tayinlerinde temizleme amacıyla kesinlikle deterjan kullanılmamalıdır (TS 5106, 1997).

Cam veya plastik numune kapları deterjanla yıkanmış ise kap ve kapak deterjan ve suyun seyreltik çözeltileri ile yıkanmalı, bolca musluk suyu ile durulanmalı, ardından saf su veya deiyonize su ile birkaç kez durulandıktan sonra iyice kurutularak kapak kapalı bir şekilde saklanmalıdır. Numune kapları asitle yıkanmış ise, kap ve kapak deterjan ve musluk suyunun seyreltik çözeltileri ile yıkanmalı, musluk suyu ile iyice durulanmalı, % 10'luk nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) çözeltisi ile çalkalandıktan sonra yine aynı çözelti ile ağzına kadar doldurularak kapalı bir şekilde 24 saat bekletilmeli ardından kap boşaltılıp saf su ile iyice durulandıktan sonra kapak kapalı bir şekilde saklanmalıdır. Temizlemede kullanılacak reaktif ya da deterjanlardaki katkı maddeleri veya safsızlıklar, analizi yapılacak parametreler açısından kirlilik oluşturmamalı ya da minimum düzeye indirilmelidir. Özellikle deterjan ya da fosfat tayini için hazırlanan kaplar, fosfor içermeyen deterjanlarla yıkanmalıdır (TS 5106, 1997).

### **1.5.2. Örnekleme Aşaması**

Fiziko-kimyasal su kalitesi çalışmalarında en önemli konulardan biri de örnekleme ve yerinde (arazide) ölçümlerin yapıldığı aşamadır. Bu aşamada örnekleme yapılacak kaynaktan örnekleme noktalarının seçimi, sayısı, zamanı ve örnekleme şeklinin nasıl olacağına karar verilir. Örneğin atıksulardan, akarsulardan, göl, baraj ve göletlerden, deniz sularından vs. örnekleme yapma, istasyon yerlerinin seçimi ve hangi sıklıkta örnekleme yapılacağı farklılık gösterebilmektedir. Atıksulardan örnekleme yaparken atıksuların alıcı ortama bırakılma zamanları, atık suyun debisi, alıcı ortamdaki karışım noktaları, örnekleme şeklini (anlık, kompozit, vs.) ve zamanını belirlemede çok önemli hususlardır. Akarsularda ise yan kolların akarsuya karışım noktaları, akarsuya etkisi ve debileri, noktasal ve alansal kirlilik kaynakları ve akarsuların fizikokimyasal özellikleri öne çıkmaktadır. Bu gibi farklılıklar göz önünde bulundurularak yapılan

örnekleme ve yerinde ölçümler, amaca uygun analiz sonuçları ve akabinde yapılacak değerlendirmelerin isabetliliğini doğrudan etkileyecek hususlardır.

Su numunesi alınırken, numunenin alındığı tarih, saat, meteorolojik şartlar (yağış, hava sıcaklığı, rüzgâr durumu, akıntı yönü), su sıcaklığı, derinlik, koordinat, rakım ve örneklemenin yapıldığı bölgede noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları gibi bilgiler not edilmelidir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde bu bilgiler çok faydalı olacaktır.

Farklı su kaynaklarından numune alma noktalarının seçimi yapılırken temel prensip, su kaynağını tam temsil edebilecek noktanın bulunmasıdır. Bunun için farklı noktalardan aynı zamanda örnek alınabileceği gibi aynı noktadan farklı zamanlarda da örnekler alınarak su kalite özellikleri ortaya konulabilir. Ancak farklı zamanlarda aynı noktadan alınarak birleştirilen numunelerin analizine gidilmesi her zaman sağlıklı sonuç vermez. Su kaynakları kirlilik etkenleri, fiziko-kimyasal ve dinamik özellikler yönünden farklılık gösterebildiğinden bu kaynaklarda örnekleme noktalarının seçiminde kullanılacak kriterler de farklı olabilmektedir. Örneğin göl, deniz gibi ortamlarda bazı fiziko-kimyasal parametreler açısından tabakalı bir yapı ortaya çıkabilirken, akarsu veya yeraltı suyu gibi kaynaklarda böyle durum söz konusu değildir. Bu gibi özelliklerin yanında numune alma amacı da dikkate alınarak örnekleme noktalarını belirlemek, su kaynağının genel karakteristik özelliğini ve zamana bağlı değişkenliğini ortaya koymak adına en doğru yöntem olacaktır.

Örnekleme noktası seçiminde farklı su ortamlarında ne gibi etkenlere dikkat edilmesi gerektiği aşağıda belirtilmiştir.

#### **1.5.2.1. Akarsu Ortamları**

Bir akarsuyun bileşimi; derinlik, akıntı hızı, genişlik ve seçilen nokta ile kıyılar arasındaki uzaklıklara bağlı olarak değişir. Akarsu ortamlarında yeterli derinlik mevcutsa akıntının etkisini de dikkate alınarak, akarsu yatağının orta noktasından, dipten yüzeye doğru birkaç kısım alınır ve bunlar karıştırılarak numune oluşturulur. Derinliğin az olduğu akarsu ortamlarında ise tam orta nokta ve orta derinlikten tek numune alınır. Akarsularda kıyıdan en az 1-2 m uzaktan ve akıntılı kısımdan örnek

alınmalı, durgun veya çok yavaş akan kısımlardan alınmamalı çünkü bu kısımlar özellikle debinin düşük olduğu zamanlarda akarsuyun genel karakteristik bileşimini yansıtmaz. Noktasal bir kirletici kaynaktan akarsuya bir karışım olduğu tespit edildiğinde, karışımın en iyi olduğu nokta, numune alma noktası olarak tespit edilir. Genellikle akarsularda, numune yüzeyin 40-50 cm altına kap daldırılarak alınır ve uygun numune kaplarına aktarılır. Numune kapları akarsuya doğrudan daldırılarak da alınabilir. Özel analizler istenmedikçe akarsuyun yüzeyinden numune almaktan sakınılmalıdır.

Küçük akarsu kollarının ana akarsu kolu kalitesi üzerindeki etkileri incelemek gerektiğinde, yan kolun karışımından hemen önce, diğeri ise ana koldaki karışım noktasından epeyce uzakta bulunan bir noktadan olmak üzere en az iki örnekleme noktası seçimi yapılarak numune alınır. Bir akarsuda kirleticiler düşey, yatay ve boyuna (akarsu boyunca) olmak üzere üç şekilde karıştığı dikkate alınarak örnekleme noktalarının seçimi yapılır (TS 5667, 1997).

#### **1.5.2.2. Göl, Baraj ve Rezervuar Ortamları**

Durgun su kütlelerinde örnekleme noktalarının seçimi yapılırken akarsulardan farklı olarak çeşitli derinliklerden de numune almanın gerekliliği, alınacak ve analiz edilecek örnek sayısını ve iş gücünü çok artıracığından örnekleme noktalarının yerinin ve sayısının belirlenmesine büyük özen göstermek gerekir (Çevlik ve Elibol, 2009). Öncelikle durgun su kaynağının (rezervuar, baraj, göl vs.) etrafında bir keşif turu yapılır. Varsa bu su kaynağının besleyen akarsular, noktasal ve alansal kirlilik kaynakları tespit edilerek karışımın en iyi olduğu noktalarda numune alma noktası seçilir. Rezervuar, baraj ve göl gibi durgun su kütlelerinde başlıca su giriş ve çıkışları ile kıyılardan gelebilecek kirlilik kaynaklarının etkilerinin belirlenebileceği en az beş farklı koordinatta numune alma noktaları belirlenerek GPS (coğrafik yer konumlama cihazı) ile işaretlenir (SKKY, 2009). Su kütesinin yüzeyinde gridler oluşturularak yüzey alanının büyüklüğüne ve kirletici kaynaklarının konumlarına göre daha fazla nokta ve derinliklerden fiziko-kimyasal su kalitesi belirleme amaçlı örnekleme noktaları belirlenebilir.



### **1.5.2.3. Yeraltı Su Ortamları**

Su numunesi kaynaklardan alınıyorsa kaynak gözünden, açık kuyularda ise su seviyesinin altından alınır. Su numunesi, derin kuyudan pompa yardımıyla alınıyorsa beş dakika kadar akıtılarak yan etkilerin giderilmesine çalışılır. Numune sayısı, yörenin hidrojeolojik özelliklerine bağlı olarak değişebilmekle beraber; bir yeraltı suyunun kalite ölçümü için alınacak numune sayısı yılda üçten az olamaz (SKKY, 2009). Yeraltı sularından numune alırken numunenin hangi derinlikten alındığı belirtilmelidir. Küçük debili kaynaklardan suyun çıktığı yerden, büyük debili ve göllenmiş kaynaklarda ise gözelerden birinden numune alma noktası belirlenebilir.

### **1.5.2.4. Atıksu Ortamları**

Atıksu ortamlarında örnekleme noktalarını belirlerken genel kriter; atıksuyun alıcı ortamda tam karışımın sağlandığı ve temsil özelliği olan noktalar, numune alma noktası olarak seçilir. Bu karışım noktasından itibaren atıksuyun, akarsu ya da diğer yüzeysel su kaynaklarında seyrelme, dağılmadan dolayı kirlilik etkisinin alıcı ortamların hangi kısımlarına kadar devam ettiği ve kirlilik etkisinin bittiği noktaları belirlemek için birçok örnekleme noktasının seçilmesi gerekmektedir. Atıksularda genellikle amaca göre değişmekle beraber 2 saatlik, 24 saatlik olarak kompozit örnekleme ya da anlık örnekleme şeklinde örnekler toplanabilmektedir.

### **1.5.2.5. Denizel Ortamlar**

Denizel ortamda fiziko-kimyasal su kalitesi belirleneceği durumlarda üç boyutlu örnekleme yapmak gerekmektedir. Dolayısıyla kıyıdan açığa doğru oluşturulan örnekleme alanı içerisinde derin su istasyonları oluşturulmalıdır. Kıyısal bölgeler ile açık deniz bölgeleri derinlik açısından oldukça farklılık gösterdiğinden, denizlerin dinamik yapısının da etkisiyle bazı fiziko-kimyasal su kalitesi parametreleri açısından farklılık göstermektedir. Bu yüzden kıyısal bölgeler, karasal kaynaklı kirleticilerin etkisine daha çok maruz kaldığından kıyısal örnekleme noktaları önemlidir.

Denizde ağ kafes balıkçılığı yapan çiftliklerin denizel ortama etkilerinin belirlenmesi gereken durumlarda, balık çiftliğinin kapladığı alanın ortasından ve dört kenarının 20'şer (yirmişer) metre açığından olmak üzere toplam beş noktada örnekleme yapılır. Her örnekleme noktasında yüzeyden, ortadan ve dipten olmak üzere toplam üç derinlikten birer numune alınarak örnekleme yapılır (SKKY, 2009).

Atıksu derin deşarjı yapılan denizel ortamlarda, deşarj noktasını 1 km çevreleyen çember üzerinde numune alınması zorunludur. Hakim rüzgar yönü ve akıntı hareketlerinin, deşarj edilen atıksu bulutunu taşıması ihtimalini de göz önüne alarak daire içerisinde, iki farklı derinlikte (dip ve yüzey), iki ara numune alma noktası belirlenir. (SKKY, 2009).

Gemilerin deniz ortamında sebep olduğu kirlilik durumlarında, denizdeki kirliliğin tespiti amacıyla; kirliliğin olduğu bölgeden, kirliliğin olmadığı bölgeden ve gemi deşarj noktalarından numuneler almak gerekir. Kirliliğin olduğu bölgede numune alınırken, yoğunluğun en fazla olduğu bölgede üç farklı noktadan alınır, bu şekilde analiz için gereken miktarın çok olması sağlanır. Numune alınacak üç noktanın bulunmaması halinde numune yoğunluğun en fazla olduğu yerden alınır. (SKKY, 2009).

Denizel ortamlarda su kalitesini belirlemek için numuneler, istisnai olmayan şartlar altında alınmalı ve normal çevresel şartları kapsayacak uygunlukta tekrarlanmalıdır. Özellikle belirli bir zaman için kalite belirlemek gerekiyorsa, meridyen dereceleri boyunca numune almak gereklidir (SKKY, 2009).

#### **1.5.2.6. Beklenmeyen (kaza, ani canlı ölümü vb.) Durumlarda Numune Alma**

Su kaynaklarında çeşitli nedenlerden (kaza, doğal afet, balık ölümleri vb.) dolayı çevre kirliliği meydana gelebilmektedir. Bu durumlarda gerek kirlilik kaynağının tespit edilmesi gerekse kirliliği önleyici faaliyetleri planlayabilmek için örnekleme yapılması gerekmektedir. Böyle durumlarda kirliliğin olduğu bölgeden, kirliliğin olmadığı referans bölgeden ve kirlilik olan bölgenin sonrasındaki farklı mesafelerden (seyrelme durumuna göre) anlık örnekleme yapılarak kirliliğin hangi bölgelerde etkisini gösterdiği ve etkisini hangi noktalarda kaybettiği ortaya konulmalıdır. Mümkün

olduğunca kirlilik anındaki temel fiziko-kimyasal parametrelerin (sıcaklık, pH, bulanıklık, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik gibi) ölçümü yapılarak ilk tespitlerin yapılması çok önemlidir. Ancak gerek hangi analizlerin yapılacağı gerekse analiz sonuçlarının değerlendirilmesine ışık tutması açısından olaya neden olan sebeplerin neler olduğu araştırılmalı ve olayla ilgili tamamlayıcı bilgiler not edilmelidir. Olayın meydana geldiği tarih ve saat, numunenin alındığı tarih ve saat, olayın olduğu bölgeye ait varsa daha önceki analiz sonuçları ve teknik çalışmalar, olaya neden olan, bilinen ve şüphelenilen kaynaklarla ilgili teknik bilgiler toparlanarak tamamlayıcı bilgi olarak kullanılabilir.

#### **1.5.2.7. Numune Kaplarının Doldurulması ve Yerinde Ölçümlerin Yapılması**

Örneklerin doldurulması esnasında su yüzeyinde istenmeyen büyük katı partikül (odun parçası, kağıt vs.) ya da geçici yağ tabakası gibi maddeler varsa bu tür maddelerin numune kabına girmesi engellenerek temiz bir kovaya su örneği doldurulur. İlk önce bileşimi ve değeri hemen değişebilen (sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik vb.) parametrelerin ölçümü yapılır. Daha sonra analiz edilecek su kalite parametrelerinin niteliğine göre gerekli ön işlemler (süzme, koruyucu reaktif ilevesi vb.) yapıldıktan sonra dondurulması gereken numuneler, numune kabının 2/3'lik hacmine kadar doldurulur, diğer numuneler ayrı bir kapta hava almayacak şekilde doldurulur ve +4 °C'lik ortamda (buz kutusu, araç tipi buzdolabı) ve ışıktan koruyarak saklanır.

Çözünmüş gazların (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) analizinde titrasyon tekniği kullanılacak ise özel oksijen şişelerinin dip kısmına yumuşak bir hortum daldırılarak hava kabarcığı oluşturmada n fazla taşıyılarak alınır ve şişenin kapağı hemen kapatılır. Çözünmüş oksijen için uygun reaktiflerle fiksasyon işleminden sonra karanlık ortamda 6-7 saat kadar süreyle saklanabilir. Hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ise hemen analiz edilmelidir.

Örnekleme esnasında yerinde ölçümler yapılmadan 10-15 dk önce cihazlar açılarak ortam sıcaklığına adaptasyonu sağlanır. Araziye yapılması gereken kalibrasyonlar yapıldıktan sonra yerinde ölçümler gerçekleştirilir. Ölçüm yaparken cihazlar suya daldırılınca kararlı ölçüm yapılana kadar beklenmesi gerekir. Kararlı ölçüm yapılamıyorsa böyle durumlarda birkaç kez ölçüm yapılarak ortalama değeri

kullanılır. Yağmurlu, rüzgârlı ya da çok güneşli havalarda ölçüm cihazları yağmur ve aşırı sıcak gibi etkilerden korunmalıdır.

Örnekleme anındaki çevresel ve meteorolojik şartlar not edilir. Örnekleme noktasındaki fiziko-kimyasal su kalitesine etkisi olabilecek anlık çevresel etkiler, fotoğraf makinesi, kamera vb. cihazlarla kayıt altına alınır veya not edilir.

### **1.5.3. Örnekleme Sonrası**

Örnekleme sonrası yapılacak ilk iş, alınan numunelerin örnekleme anındaki özelliklerinin analiz aşamasına kadar ki süreçte bozulmayacak şartlarda muhafazası ve laboratuvara taşınma işlemlerinin gerçekleştirilmesidir. Laboratuvara getirilen numunelerin analizleri hemen yapılmalı fakat bunu her parametre için yapmak çoğu zaman mümkün değildir. Numuneler soğutucu veya dondurucuda saklanacaksa numune kapları ağzına kadar doldurulmamalıdır. Örneklerin soğutulması ve dondurulması örnekler alındıktan hemen sonra uygulanırsa gerçek anlamda etkilidir. Mümkünse numunenin alındığı yerde, araç tipi buzdolapları veya soğutma kutularının kullanımı sağlanmalıdır. Örneklerin kısa süreli saklanmalarında 2-5 °C'lik karanlık ortamlarda muhafaza edilmesi yeterlidir. Uzun süreli saklamalarda ise süzme, koruyucu reaktif ilavesi, ışıktan koruma ve -21 °C'de dondurarak saklama gibi yöntemler uygulanabilmektedir ancak bazı parametreler için süzme işlemi uygulanmaz (örneğin toplam fosfor, toplam azot, askıda katı madde, çökebilir katı madde vb.). Süzme ekipmanlarının tekrar kullanılması durumunda da, kullanılan malzemelerin bulaşmamaya sebep olmaması için uygun tekniklerle temizlenmesi gerekir. Cam numune kapları, dondurarak saklanması gereken örnekler için uygun değildir (TS 5106, 1997).

Koruyucu reaktifler, numunelere örnek alındıktan hemen sonra ya da örnek alınmadan hemen önce ilave edilebilir. Fiziko-kimyasal parametreler ya da kimyasal gruplar bazında, numunelerin korunması ve saklanmasında kullanılacak kapların türü, saklama süresi, yöntemi ve koruyucu reaktiflerin ilavesi gibi etkenler farklılık göstermektedir. Bu farklı etkenler TS 5106, 1997'de ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Örneklerin laboratuara taşınmasında analiz edilecek parametreler için belirlenmiş olan bekleme süreleri aşılmamalıdır. Bunun için numunelerin alınma zamanları ve analiz zamanları kaydedilerek muhafaza sürelerinin aşılp aşılmadığı kontrol edilmelidir. Taşıma sırasında örneğin bileşiminin bozulmaması ve buharlaşmaması için örnek kapları açılmayacak şekilde mühürlenmeli ve korunmalıdır. Ambalajlama, örnek kaplarını kırılma ve muhtemel bulaşmalardan korumalıdır. Taşıma süresince örnekler uygun serinlikte tutulmalı, ışıktan korunmalı ve mümkünse su geçirmez kaplar içerisinde muhafaza edilmelidir (TS 5106, 1997).

Laboratuvar'a getirilen numunelerin hemen analizleri mümkün değilse muhafaza şartlarında belirtilen ışıktan muhafazalı soğuk şartlarda saklanmalıdır. Donmuş numuneler çözündürülerek oda sıcaklığına getirildikten sonra analizlerin yapılması gerekir. Koruyucu reaktif ilavesinden dolayı bazı numunelerde pH ayarlaması yapıldıktan sonra analizler mümkün olmaktadır.

## **1.6. Literatür Araştırması**

Dünyada ve Türkiye'de çevresel problemler günlük yaşamı etkiledikçe araştırmacılar tarafından su kaynaklarının kalitesi üzerine çalışmalar da artmaktadır. Özellikle dünya su potansiyeli içerisinde kıt sayılabilecek su kaynaklarından olan akarsular üzerinde, uluslararası ve ulusal düzeyde birçok araştırmalar sözkonusudur. Türkiye'nin hemen yanı başında bulunan Avrupa kıtası ve dünya ölçeğinde, Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgesinde ulusal ölçekte akarsuların fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalitesi, kirliliği ve çevresel durumları araştırmacılar tarafından çalışılmış ve rapor edilmiştir.

Akarsularda fosfor nutrientinin doğru ölçümü için örnekleme, koruma, fosfor türleri ve hassasiyet konularını ele alan bir çalışmada, su kalite tespiti çalışmalarında ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkisini ifade ederken dikkat edilecek hususların su örnekleme, analiz öncesi hazırlık ve diğer analiz süreçlerinin doğru sonuca ulaşmakta son derece önemli olduğunu vurgulamaktadır (Jarvie vd., 2002).

Avrupa Birliği Ülkeleri su havzalarında belirli bir su kalitesi düzeyini korumak üzere Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktiflerini (EU WFD) yayınlamışlar ve ülkelerin su havzalarında su kalitelerini bu direktiflere uygun hale getirmeleri veya daha iyi referans koşulları sağlamaları beklenmektedir (Naddeo vd., 2005).

Birleşik Krallık (UK) yüzey sularının silis konsantrasyonu üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada, İngiltere'nin akarsu, göl ve benzeri tatlı su ortamlarının doğal, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden etkilenen alanlarında, silikat (Si) konsantrasyonunu belirlemek üzere ulusal ve uluslararası işbirliği ile ilgili araştırma kurumları tarafından, uzun yıllar süren bir süreç içerisinde belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda izlenen yüzlerce su kaynağının Si seviyesinin 0-19 mg/L aralığında değiştii ifade edilmektedir (Neal vd., 2005).

Skoulikidis, (2009) tarafından yayınlanan bir derleme çalışmasında, Balkan ülkelerinde 15 farklı akarsuyun çevresel durumu rapor edilmiştir. Bu akarsuların sulama, hidroelektrik santral inşaatı, içme suyu temini ve evsel-endüstriyel atıklar nedeniyle risk altında olduğu belirtilmiştir. Doğu Çin'de tarımsal atık suların bırakıldığı bir akarsuda, azot ve fosfor birikiminin mevsimsel değişimi araştırılmış olup tarımsal kökenli nutrientlerin azaltılması için yasal düzenlemelerin yapılması gerekliliği vurgulanmıştır (Chen vd., 2010).

İran'ın Doğu Azerbaycan bölümünün Ahmetabad şehrinde, evsel ve endüstriyel atıklarla etkilenen Sabarmati akarsuyunun, mevsimsel su kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada ise akarsuyun üst kesimlerinden alt kesimlerine doğru kirlilik yükünün tedricen artmış olduğu bildirilmektedir (Kumar vd., 2011). İran'da Kuzey Doğu Hazar denizinin en büyük nehri olan Gorganrod nehrinin son bölümünde, 2009-2010 döneminde mevsimsel olarak temel fiziko-kimyasal su kalitesinin incelendiği ve 5 farklı istasyonda, aylık olarak çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, BOD, COD, elektriksel iletkenlik, mineral azot, nitrat, nitrit, amonyum ve orto-fosfat parametrelerinin izlendiği bildirilmektedir (Balaly vd., 2011).

Hindistan'ın Andra Pradesh eyaletinin Karimnagar bölgesindeki Aşağı Manair Rezervuarının fiziko-kimyasal su kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada, Eylül (2009) ile

Ağustos (2010) tarihleri arasında her ayın ilk haftası rezervuardaki dört farklı istasyondan örnekler toplanmış ve su kalite indeksi belirlenmiştir. Çalışmada, Alt Manair Rezervuar suyunun tüm fiziksel ve kimyasal özelliklerinin arzu edilen sınırlar içerisinde olduğu ve havuz kültürü, sulama ve içme suyu için zararlı olmadığı belirtilmiştir (Thirupathaiyah vd., 2012).

Eneji vd. (2012) tarafından Nijerya'daki Benue nehri su kalitesinin zamansal ve alansal değişimi isimli araştırmasında ise 12 ay süresince Benue nehri üzerinde 10 farklı noktada su kalite parametreleri araştırılmış, mevsimsel ve alansal değişimleri istatistiksel yöntemlerle belirlenmeye çalışılmıştır.

Voudouris ve Voutsas (2012)'nin editörlüğünde su kalitesi izleme ve değerlendirme süreçlerinin anlatıldığı bir kitapta, son dönemlerde dünya ölçeğinde çeşitli sucul ortamların (akarsu, göl, deniz vb.) su kalitesinin izleme örnekleri ve değerlendirme yöntemleri bölümler halinde verilmektedir.

Uzak Asya bölgesinde Hindistan'ın Kuzey Brahmaputra düzlüklerinde Jia-Bharali akarsu havzasında yüzey sularının fiziko-kimyasal kalitesi, 3 yıl boyunca 35 istasyonda suyun esas iyonları üzerine yapılan analizlerin değerlendirilmesiyle bu kaynağın tarımsal, evsel ve endüstriyel kullanıma uygun olduğuna karar verilmiştir (Khound vd., 2012).

Sánchez-Montoya vd., (2012), Avrupa'nın güney Akdeniz bölgesinde İspanya'ya ait 23 akarsu havzasında 116 noktada su kaynaklarının Avrupa Birliği su çerçeve direktiflerine uygunluğunu saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada su kaynaklarının önemli bir kısmının 20 Akdeniz referans kriterini sağladığı, su kalitesini etkileyen en önemli faktörün tarımsal girdiler olduğu ve en az etkilenen su kaynaklarının silisli kaynak suları, geçici sular ve kalkerli (kireçli) kaynak suları olduğu belirtilmektedir.

Dünyanın bir başka bölgesinde Afrika kıtasında Tanzanya'nın Pangani nehir havzasında hızla artan nüfus nedeniyle ortaya çıkan evsel ve endüstriyel atıkların akarsulara etkileri, fiziko-kimyasal su ve sediment parametreleri, çözülmüş inorganik iyonlar ve nutrient yüklerinin çoklu değişken korelasyonları ve öncelikli bileşen analiz

(PCA) testleriyle belirlenmeye çalışılmış olup jeokimyasal süreçler ve arazi kullanımının etkileri tartışılmıştır (Hellar-Kihampa vd., 2013).

Akarsular, göller, denizler ve yer altı su akiferleri, kıtaların yağış havzalarının su kaynaklarının toplanma havzası olmasından dolayı gerek şehirselleşen bölgelerde ve gerekse tarım, orman ve yaban hayatının hüküm sürdüğü doğal ortamlarda, gerek rutin izleme ve gerekse çevresel etki değerlendirme çalışmaları kapsamında dünya çapında binlerce uluslararası düzeyde su kalitesi ve kirliliğini ortaya koymak adına çalışmalar yapılırken, Türkiye’de de azımsanmayacak ölçüde araştırmalar yapılmaktadır.

“Büyük Menderes Nehrindeki Bazı Kirletici Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Değişimi” isimli çalışmada, yaklaşık 560 km uzunluğundaki Büyük Menderes nehrinin kirlilik boyutlarını aylık ve mevsimsel olarak ortaya koymak için Temmuz 1997’den itibaren bir yıl süreyle aylık periyotlarda 13 farklı istasyonda yapılan su kalitesi çalışmasında, fiziko-kimyasal parametreler, iz elementler ve ağır metal parametrelerinin derişim seviyeleri belirlenerek, nehrin hem kirlenme boyutları hem de bölgedeki tarımsal aktivitelere nehir suyunun yapacağı etkiler araştırılmıştır. Çalışma sonucunda nehir suları aydan aya değişiklikler gösterdiği, bazı örnek alma noktaları hemen hemen tüm yıl boyunca yüksek bir kirlilik gösterdiği, örneğin önemli bir kirlilik göstergesi olan elektriksel iletkenlik değerinin nehrin genelinde yüksek değerler gösterdiği, bazı örnekleme noktalarının nehrin Bor elementi yönünden, büyük risk oluşturacak boyutlara ulaştığı, yoğun bir amonyak ve nitrit kirlenmesinin meydana geldiği, Fe, Cu, Pb, Cr ve Al parametreleri yönünden henüz kirlilik oluşturacak boyutlara ulaşmamakla beraber, Zn, Mn ve Co yönünden kirlilik düzeyine ulaştıkları tespit edildiği bildirilmiştir (Okur vd., 2001).

Sümer vd., (2001)’nin yaptıkları “Büyük Melen ve Kollarındaki Su Kalitesi” isimli çalışmada ise, Karadeniz bölgesinde bulunan ve İstanbul’a su temini projesi kapsamında olan Büyük Melen Nehri ve kolları üzerinde sekiz farklı noktadan Ekim 1997- Ağustos 1998 tarihleri arasında aylık örnekleme yapılmış bazı fiziko-kimyasal parametreler (KOİ, BOİ5, pH ve AKM) ölçülerek su kalitesi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Büyük Melen Nehri’nin kollarından Asar Suyu’nun su kalitesi 3. Sınıf, Küçük Melen’in 2. Sınıf, Aksu ve Uğur Suyu’nun 1. Sınıf, Büyük Melen’in su



kalitesinin ise 2. Sınıf olduğu tespit edilmiştir. Bölgede yerleşme ve sanayileşme hızla arttığı için nehirlerdeki su kalitesinin olumsuz yönde etkilendiği, Büyük Melen nehrinde erozyondan kaynaklanan sediment miktarının yüksek olduğu bu nedenle 2002 yılında İstanbul'a su temini amacıyla Büyük Melen Nehri üzerinde yapılacak olan Melen regülatöründe siltasyon problemi olacağı bildirilmiştir.

Taşdemir ve Göksu, (2001), "Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri" isimli çalışmada, Hatay bölgesinin sahip olduğu en önemli su kaynaklarından biri olan Asi Nehri'nin bazı su kalite özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada, nehrin kolları, kendisi ve nehir ağzı olmak üzere toplam 5 istasyonda, aylık bazda 1 yıl (Eylül 1996-Ağustos 1997) süreyle ölçüm ve örneklemeler yapılmış ve fiziko-kimyasal su kalite parametreleri kullanılarak Asi Nehri'nin su kalite özellikleri belirlenmiştir. Yapılan araştırma sonucunda, Asi Nehri'nin genel olarak bakıldığında II. sınıf (az kirli) su sınıfında olduğu ve tarım alanlarından dolayı potansiyel kirlilik tehdidi altında olduğu bildirilmiştir.

Kalyoncu vd., (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, Ağlasun Deresi'nin su kalitesi, fiziko-kimyasal parametreler ve epilitik algelere göre belirlenmiştir. Çalışma Nisan 1995-Mart 1996 tarihleri arasında Ağlasun Deresi üzerinde belirlenen 3 ayrı istasyonda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında fiziko-kimyasal parametrelere ve epilitik algelere göre iki farklı su kalitesi basamağı tespit edilmiş ve epilitik algelere göre yapılan su kalitesi değerlendirmesi yarım su kalite basamağı iyi yönde sapma gösterdiği, bugünkü durum itibarıyla Ağlasun Deresi'ndeki kirlilik düzeyinin ise endişe verici boyutlara ulaşmadığı belirtilmiş, ancak nüfus artışı ve sanayileşmenin hızla artmasına paralel olarak kirlilik seviyesinin de zaman içerisinde artacağı dolayısıyla bugünden alınacak önlemlerle akarsu sistemindeki canlı kaynaklar ve doğal çevrenin korunmuş olacağı belirtilmektedir.

Hunt ve Sarıhan, (2004), Seyhan (Adana) Nehri'nin önemli kollarından biri olan Sarıçam Deresi'nin bazı su kalitesi özelliklerinin düzeyinin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, fiziko-kimyasal ve bakteriyolojik bazı parametrelerdeki aylık değişimleri incelemişler ve çalışma sonucunda Sarıçam Deresi'nin özellikle yaz aylarında derenin ana kaynağını oluşturan su sızıntılarının büyük bir bölümünün kuruduğu ve dereye

büyük ölçüde kanalizasyon atıklarının karıştığını, evsel ve endüstriyel atıklarla yoğun olarak kirletildiğini ve doğal su özelliğini tümüyle kaybettiğini bildirmişlerdir.

Kara ve Çömlekçioğlu, (2004)'nin Ekim 2001-Nisan 2002 tarihleri arasında yaptıkları bir çalışmada, Karaçay (Kahramanmaraş)'ın kirlilik düzeyini aylık olarak fiziko-kimyasal ve biyolojik parametreler ile incelemişler ve söz konusu çayın evsel, endüstriyel ve tarım arazilerinden kaynaklanan yoğun kirlilik baskısı altında olduğu ve bu kirlilikten dolayı sucul organizmaların önemli derecede etkilendiği bildirilmiştir.

Dipsiz ve Çine Çayı'nın fiziko-kimyasal özellikleri ve balıklarının belirlenmesi amacıyla Kasım 1999-Şubat 2001 tarihleri arasında seçilen 7 ayrı istasyonda 8 ay boyunca fiziko-kimyasal ölçümlerin yapıldığı ve balık örneklerinin yakalandığı bir çalışmada elde edilen fiziko-kimyasal veriler değerlendirilerek, Dipsiz ve Çine Çayı'nda seçilen istasyonların su kalitesi sınıfları ve araştırma alanında Osteichthyes sınıfına ait 10 tür ve 4 alt tür belirlenmiştir. Fiziko-kimyasal ve ekolojik özellikleri bakımından Dipsiz ve Çine Çayı'nın balıklar bakımından zengin sayılabilecek bir yapıya sahip olduğu yapılan bu çalışma ile Dipsiz ve Çine Çayı'nda, henüz yoğun bir kirliliğin olmadığı fakat bu akarsu, üzerinde Çine Barajı ve Hidroelektrik Santrali yapım çalışmaları nedeniyle Dipsiz ve Çine Çayı üzerinde yapay bir engel oluşacağı ve büyük bir durgun su ekosistemi meydana geleceği, buna bağlı olarak da akarsuyun akıntı hızı, debisi, su sıcaklığı gibi parametrelerinde değişimler olacağı, bu ve benzeri etkilerin özellikle balıkların üreme mevsimlerini, üreme bölgelerini ve göç eden balıkların akarsudaki dağılımlarını olumsuz yönde etkileyeceği, bu nedenle, tatlı su ekosistemlerinin korunması ve akılcı kullanılması için su kalitesi izleme çalışmalarının yapılmasının büyük önem taşıdığı bildirilmiştir (Dirican ve Barlas, 2005).

Kalyoncu vd., (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, Akdeniz'e dökülen Aksu çayı'nın su kalitesindeki değişimler incelenmiştir. Çalışma Şubat 2000-Ocak 2001 tarihleri arasında yaklaşık 145 km uzunluğundaki Aksu Çayı'nın 6 farklı noktasından aylık olarak su örneklerinin alınması ve bazı fiziko-kimyasal parametreler yardımıyla su kalitesinin incelenmesini kapsamaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen fiziko-kimyasal veriler değerlendirildiğinde akarsuyun farklı istasyon ve zamanlarında 4 farklı su kalite sınıfında verilerin elde edildiği tespit edilmiştir. Akarsuyun ve akarsu üzerinde

kurulmuş olan barajların su ürünleri üreticiliğinde, sulamada ve içme suyu olarak kullanılabilmesi için akarsuyu kirleten kaynakların biran önce kaldırılması ve akarsuyun ıslah edilmesi gerektiği bildirilmiştir.

Tepe vd., (2006) tarafından, kaynağı Osmaniye ili sınırları içerisinde olan ve sık ormanlık alandan geçerek Hatay ili Dörtyol ilçesinde İskenderun körfezine dökülen Dörtyol ve Payas ilçelerinin içme suyunu karşılayan Hasan Çayı'nın bazı su kalitesi özelliklerinin incelendiği çalışma, Mayıs 2003- Nisan 2004 tarihleri arasında tek bir istasyonda aylık örnekleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Hasan Çayı su kalitesi parametrelerinin aylara ve mevsimlere göre değişimleri belirlenmiş olan Hasan Çayı'nın su kalitesinin, alabalık yetiştiriciliği için uygun olduğu bildirilmiştir.

“Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri” isimli bir çalışmada, Aralık 2004-Kasım 2005 tarihleri arasında kaynaktan mansaba doğru belirlenen beş farklı istasyonda aylık örnekleme şeklinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Fiziko-kimyasal parametrelerin incelendiği bu çalışma sonucunda, Kürk Çayı'nın hafif alkali karakterde su özelliğinde olduğu, kıta içi su kaynakları için belirlenen kalite kriterleri dikkate alındığında, Kürk Çayı'nın klorür değerleri bakımından II. sınıf (az kirli su) ve diğer parametreler açısından ise I. sınıf (yüksek kaliteli su) su özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Su kalitesi açısından eldeki veriler değerlendirildiğinde, Kürk Çayı'nda kirliliğin daha az öneme sahip olduğu, buna karşılık havzanın karmaşık bir jeolojik yapıya sahip olmasının daha etkili olduğu bildirilmiştir (Şen ve Gölbaşı, 2008).

Sarıçay (Çanakkale) Akarsuyu ile ilgili gerçekleştirilen bir çalışmada, Klorofil-a, çevresel parametreler ve besin elementlerinin günlük değişimleri incelenmiş olup çalışmada 8 Temmuz - 6 Ağustos 2004 tarihleri arasında günde üç kez (sabah 7:00, öğle 13:00 ve akşam 19:00) yüzey suyu örnekleri alınarak çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular ışığında genel olarak Sarıçay Akarsuyu'nun su kalitesinin bozulmakta olduğu ve özellikle çevresel parametre (sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen) değerlerine göre değerlendirildiğinde zaman zaman kirlenmiş su sınıfına girdiği bildirilmiştir (Odabaşı ve Büyükkateş, 2009).

Kalyoncu ve Zeybek, (2009) tarafından yapılan “Ağlasun ve Isparta Derelerinin Bentik Faunası ve Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Belçika Biyotik İndeksine Göre Belirlenmesi” adlı çalışma, Eylül (2006) ile Ağustos (2007) tarihleri arasında Ağlasun ve Isparta dereleri üzerinden seçilen 6 istasyonda yapılmıştır. Belirlenen istasyonlarda fauna çalışmasının yanı sıra fiziko-kimyasal su kalite parametreleri de aylık olarak ölçülmüş, elde edilen fiziko-kimyasal veriler ile fauna çalışması sonucu teşhis edilen bentik organizmalar arasındaki ilişki irdelenmiştir. Elde edilen fiziko-kimyasal su kalitesi verilerine göre Ağlasun Deresi I. ve II. kalite sınıfları arasında belirlenirken Isparta Deresinin ise aşırı derecede kirlenmiş olduğu bildirilmiştir.

Kazancı vd., (2010)’nin yaptıkları bir çalışmada ise Yeşilirmak Nehri’nin su kalitesi fiziko-kimyasal parametreler ve taban büyük omurgasızlarına dayalı olarak incelenmiş ve çalışma sonucunda Yeşilirmak Nehri’nin araştırmanın yapıldığı bölgelerinde, evsel atık sular, tarımdan kaynaklanan organik kirlilik, endüstriyel kirlilik ve barajların, nehrin akış rejimine olumsuz etkileri nedeni ile ekolojik kalitesinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Bulut vd. (2010) tarafından Karanfilliçay (Denizli, Muğla) deresinin fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler açısından su kalitesinin mevsimsel değişimi incelenmiş ve akuakültür açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda Karanfilliçay Deresi’nde debi ve sıcaklık değişimleri hariç fiziko-kimyasal su kalite parametreleri açısından akuakültürü olumsuz etkileyecek bir durum olmadığı bildirilmiştir.

Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası’ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelendiği bir çalışmada, Eylül 2007 ve Mart 2008 tarihleri arasında, Gediz Nehrine karışan ve kirlilik kaynağı olarak belirlenen 5 ayrı istasyonda, aylık örnekleme şeklinde yapılmış ve bazı fiziko-kimyasal parametreler ile buradan alınan su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal derişimleri ölçülmüştür. Çalışılan kirlilik parametre sonuçları, SKKY su kalite kriterleri ve bu istasyonlarda eski yıllarda yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen fiziko-kimyasal parametre sonuçları, SKKY’ne göre kabul edilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında

Gediz Nehri su kalitesinin 4. sınıf çok kirlenmiş su sınıfında olduğunu bildirilmiştir. Ayrıca kirlilik tespiti çalışmalarının tüm nehir boyunca düzenli aralıklarla tekrarlanması, arıtma tesislerinin ciddi bir şekilde denetlenmesi, gerektiğinde kapatılması ve alternatif ucuz arıtma sistemlerinin geliştirilmesi, özellikle akü, boya, elektrik ve elektronik eşya ve demir-çelik işleme fabrikalarının ağır metal içeren atıklarının atılmaması, halkın eğitilmesi gibi önlemlerin alınması durumunda, nehirdeki kirliliğin azaltılabileceği belirtilmiştir (Öner ve Çelik, 2011).

Köprüçay Nehri (Antalya)'nin fiziko-kimyasal su kalitesinin incelendiği bir araştırmada ise, Şubat 2008-Ocak 2009 tarihleri arasında kaynak ile nehirağzı bölgesi arasında seçilen 7 farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir. Köprüçay Nehri'nin, fiziko-kimyasal su kalitesi açısından nehir ağzındaki son istasyon hariç diğer tüm istasyonların I. sınıf ve tüm kullanımlar için uygun olduğu ancak nehirağzında belirlenen son istasyonda elektriksel iletkenlik, bulanıklık, klorür, toplam sertlik, biyolojik oksijen ihtiyacı, organik madde miktarı, amonyum azotu, sülfat vb. parametre değerlerinin diğer istasyonlardan daha yüksek saptandığı bunun da sebebinin dönemsel olarak denizel etkiye, daha sıcak hava şartlarına sahip olmasına ve akarsu boyunca sürüklenerek gelen materyallerin birikimine bağlı olarak gerçekleştiği bildirilmiştir (Çiçek ve Ertan, 2012).

Bulut vd., (2012) tarafından Burdur il sınırları içerisinde yer alan ve üzerinde 3 adet 52 ton kapasiteli alabalık üretim işletmesi bulunan Kestel Deresinin, fiziko-kimyasal su kalitesinin belirlenmesi ve alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesinin yapıldığı bir araştırmada, birçok fiziko-kimyasal parametre (pH, sıcaklık, debi, bulanıklık, çözülmüş oksijen, vb.) aylık olarak ölçülmüştür. Kestel Deresi üzerinde kaynak bölgesi ve üretim tesisleri sonrası belirlenen 2 farklı istasyonda yapılmış ölçümlerden elde edilen veriler, Avrupa Birliği Komisyonunun Tatlı Su Balıkları Direktifine (EC Direktifi) ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, üretim tesisleri sonrasındaki 2. istasyonda su kalitesinin belirgin biçimde azaldığı, özellikle azotlu bileşiklerin artışına paralel olarak BOİ ve KOİ değerlerinde önemli artışlar meydana geldiği bildirilmiştir.

Berdan ayı'nın bazı su kalite parametre düzeylerini belirlemek ve çayın gelecekteki durumunu kıyaslayabilmek amacıyla 2008-2009 yılları arasında Berdan Baraj çıkışından çayın denize döküldüğü noktaya kadar ki mesafede belirlenmiş 6 farklı istasyonda fiziko-kimyasal parametreler kullanılarak yapılan bir çalışmada, fiziko-kimyasal su kalitesi parametrelerinin su kalite sınıfları ve SKKY'ne göre belirlenmiş ve çalışma sonucunda Berdan ayı'nın bölgedeki kentsel ve endüstriyel atıklar için alıcı ortam olmasının yanı sıra yöre halkının en önemli geçim kaynaklarından olan tarımın denize kadar bu çay boyunca yoğun olarak yapılması nedeniyle evsel, endüstriyel ve tarımsal kaynaklı kirleticiler tarafından kirlendiğiyi bildirilmiştir (zbay vd., 2012).

Bulut vd., (2012)'nin Denizli sınırları içinde yer alan, üzerinde toplam 13 adet alabalık üretim tesisi bulunan Akpınar Deresi'nin, su kalitesinin değeriendirilmesinin yapıldığı çalışmada 2007 yılında aylık, 2008 ve 2009 yıllarında ise mevsimsel olmak üzere 20 fiziko-kimyasal parametre llmş ve elde edilen veriler Avrupa Birliğı Komisyonunun Tatlı Su Balıkları Direktifi (EC Direktifi) ve SKKY kriterlerine göre değeriendirilmiştir. Çalışma neticesinde balık dışkı ve yem atıklarının doğrudan dereye verilmesinden dolayı özellikle organik kirlilik kaynaklı parametrelerde önemli derecede artışların gzlendiğı, daha sağılıklı üretim için; eltme havuzlarının amacına uygun kullanımının sağılanması ve denetimlerin arttırılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Sivas İli, Hafik İlçesi sınırları içerisindeki Sakar Dağından doğan ve Sivas İlinin en önemli mesire alanı konumunda bulunan Hafik Gölü'nün esas su kaynağını oluşturan Horohon Deresinin fiziko-kimyasal su kalitesindeki değeriimlerin Kasım (2011)-Kasım (2012) tarihleri arasında aylık olarak incelendiğı bir çalışmada, araştırma sonucunda derenin řu anki su kalitesi durumu bakımından iyi durumda olduğu, bu su kaynağının daha da kirlenmemesi, su kalitesinin korunması, doğal balık stokları ve diğeri su canlılarının oluşturduğu doğal ekolojik dengenin devamlılığının sağılanması açısından periyodik olarak sürekli izlenmesi gerekliliğı vurgulanmıştır (Mutlu vd., 2013).

Tersakan ayı' nın bazı fiziko-kimyasal zellikleri Eylül (2011) - Ağıustos (2012) tarihleri arasında 4 farklı istasyonda mevsimsel olarak incelenmiş ve su kalitesi yönünden değeriendirilmiş olduğu bir çalışmada, SKKY'ne göre Tersakan ayı'nın genelde su kalite sınıfının I. sınıf yani yüksek kalite su sınıfında olduğu dolayısıyla

önemli bir kirlilik probleminin olmadığı belirlenmiş fakat tarım alanlarının sulanması nedeniyle yaz aylarında su seviyesindeki bir azalma neticesinde kirlilik parametreleri seviyesinde bir artışa neden olduğu bildirilmiştir (Kasımoğlu ve Yılmaz, 2014).

Eğimi yüksek bir topoğrafya, yoğun bir bitki örtüsü, yoğun nüfus ve sık ormanlarla kaplı bir arazi yapısına sahip Doğu Karadeniz, Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olup sayıca bol ve hızlı akarsulara sahiptir. Gerek kırsal ve gerekse şehirsal alanlarında akarsu havzalarının çevresi yerleşim, ulaşım, turizm, endüstri ve üretim merkezleri olarak kullanılmakta olduğundan su kalitesini etkileyebilecek faktörlerce akarsular baskı altındadır. Nitekim yürütülen birçok çalışmada bu konular araştırılmaktadır.

Sayın, (2000)'nin yaptığı bir çalışmada Değirmendere Havzasındaki Bazı İşletmelerin Atık Sularının Değirmendere Su Kalitesine Etkisi, fiziko-kimyasal parametreler ile incelenmiş ve endüstriyel tesislerin dereye direkt olarak bıraktıkları atıkların dere suyunun kalitesini etkilediği bildirilmiştir.

Boran ve Sivri, (2001)'nin 2000 Yılı bahar döneminde, 15 günlük periyotlarla Solaklı ve Sürmene Derelerinin nehir ağızı bölgelerinde yaptıkları bir çalışmada bu derelerin nütrient ve askıda katı madde yükleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda akarsuların nütrient ve AKM yükleri karşılaştırıldığında, Solaklı Deresi yüklerinin Sürmene Deresine oranla daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Trabzon ili'nin doğu tarafındaki 10 farklı akarsu veya derenin aylık ve yıllık askıda katı madde yüklerinin incelendiği bir çalışmada, akarsuların aylık ortalama askıda katı madde yüklerinin  $39,81 \pm 29,40$  mg/L olduğu ve genel olarak bahar aylarında askıda katı madde yükünün arttığı bildirilmiştir (Erüz vd., 2005).

Kasım 2003-Mayıs 2004 tarihleri arasında İyidere akarsuyu'nun fiziko-kimyasal su kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada İyidere sularının fiziksel ve kimyasal tüm özellikleri, SKKY'de bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre yüksek kaliteli (Sınıf 1) su standartında olduğu bildirilmiştir (Verrep vd., 2005).

Aşağı Değirmendere Havzasındaki yüzey ve kaynak suları ile ilgili diğer bir çalışmada ise Değirmendere ve kollarının SKKY (1998)'e göre bazı fiziksel su kalite parametreleri açısından (pH, TDS, Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) yüksek kaliteli su sınıfında olduğu, nitrit (NO<sub>2</sub>) miktarına göre Sümela Deresinin yüksek kaliteli su sınıfında, Meryemana, Maçka ve Galyan Deresinin kirli, Değirmendere sularının ise çok kirlenmiş su sınıfında olduğu bildirilmektedir (Gültekin vd., 2005).

Trabzon ili için önemli bir içme suyu kaynağı olan ve Değirmendere akarsuyunun en önemli kollarından biri olan Galyan akarsuyunun fiziko-kimyasal su kalitesi çalışmasında elde edilen veriler SKKY, İçme Suyu Standartları (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen standartlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda bazı aylarda ölçülen toplam sertlik, bulanıklık, orto-fosfat, deterjan, toplam krom değerleri standart değerlerin üstünde çıkmış, diğer parametreler ise normal kalite değerleri seviyesinde bulunduğu belirtilmiştir (Bulut ve Tüfekçi, 2005).

Aksungur vd., (2007), Haziran 1998 ile Temmuz 2001 tarihleri arasında yaptıkları “Karadeniz Alabalığının Tatlısu Ortamındaki Göçü Üzerine Bazı Çevresel Parametrelerin Etkisi” isimli çalışmada, Karadeniz alabalığının yoğun olarak dağılım gösterdiği önemli akarsuların (Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı) fiziko-kimyasal yapısı belirlenmiş, alabalık stokları ve yaşam döngüsü üzerine çevresel etkiler incelenmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Rize ilinin Ardeşen ve Çamlıhemşin ilçeleri sınırları içinde bulunan Fırtına Deresi'nin su kalitesinin incelendiği bir çalışmada Fırtına Deresi suyunun fiziksel ve kimyasal tüm özellikleri, su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre incelendiğinde fosfat fosforu hariç yüksek kaliteli (Sınıf 1) su standardında olduğu ve insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmeliğe uygun olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla Fırtına Deresi sularının, sadece dezenfeksiyon ile içme suyu temininin yanında, rekreasyonel amaçlar, su ürünleri yetiştiriciliği ve diğer amaçlar için kullanılabilir su özelliğinde olduğu bildirilmiştir (Gedik vd., 2010).

2009 Mart-2010 Şubat tarihleri arasında yapılan “Harşit Çayı (Giresun-Tirebolu) Tarafından Karadeniz'e Taşınan Kirleticilerin Belirlenmesi” isimli bir çalışmada, Harşit



Çayı'nın Giresun İli, Doğankent ve Tirebolu İlçeleri arasında kalan bölgede seçilen iki istasyonda bir yüzeysel su kalitesi çalışması yürütülmüş ve elde edilen değerler SKKY'ne göre irdelenmiştir. Çalışma sonucunda yıllık ortalama değerler dikkate alındığında, Harşit Çayı'nın KOİ, NH<sub>4</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N bakımından I. sınıf su (yüksek kaliteli su), NO<sub>2</sub>-N ve PO<sub>4</sub>-P bakımdan ise II. sınıf su (az kirlenmiş su) kalitesine sahip olduğubelirlenmiştir (Bayram ve Önsoy, 2011).

Gültekin vd., (2012) tarafından Trabzon il sınırları içerisinde bulunan Akhisar, Foldere, İskefiye, Kalanima, Sera, Beşirli, Değirmendere, İkisu, Yomra, Yanbolu, Karadere, Manahoz, Solaklı ve Baltacı Derelerinin hidrokimyasal özellikleri ve su kalitesinin belirlendiği çalışmada bir çok parametre için yüksek kaliteli su ve bazı ağır metal, nutrient ve kirlilik parametreleri açısından belirli düzeylerde kirlenmiş su kalitesi bildirilirken çoğunlukla bu durumun tarımsal ve evsel atıklardan kaynakladığı ifade edilmiştir.

Ekingen ve Kazancı, (2012) tarafından Temmuz 2008-Haziran 2009 tarihleri arasında yapılan bir çalışmada, Aksu Çayı'nın ana kol ve yan kolları üzerinde seçilen istasyonların habitat kaliteleri, fiziko-kimyasal su kalite parametreleri ve Su Çerçeve Direktifi (SÇD) tarafından önerilen yaklaşımların rehberliğinde incelenmiş ve çalışma sonucunda fiziko-kimyasal değişkenlere göre bütün istasyonlar I. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirtilmiştir.

Nisan 2010-Mart 2011 tarihleri arasında yapılan "İyidere ve Çiftekavak Derelerinin Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal Parametreler ve Saprobik Sistem Kullanılarak Belirlenmesi" isimli yüksek lisans tez çalışmasında, Rize ilindeki Çiftekavak ve İyidere derelerinin fiziko-kimyasal su kalitesi incelenmiş ve elde edilen veriler, Kıtaçi Su Kalite Standartlarındaki kriterlere göre değerlendirilmiştir. Fiziko-kimyasal veriler ile biyolojik bulguların değerlendirilmesi sonucunda fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalite değerlerinin paralellik gösterdiği görülmüştür. İyidere deresinin biyolojik ve fiziko-kimyasal açıdan kirlenmemiş su kalitesinde olduğu halde Çiftekavak deresinin gerek fiziko-kimyasal gerekse biyolojik verilerin analizine göre yoğun kirlilik tehdidi altında olduğu belirtilmiştir (Serdar, 2012).

Alkan vd., (2013) tarafından yapılan bir çalışmada “Doğu Karadeniz Akarsularının Fiziko-Kimyasal Karakteristikleri ve Besin Elementi Düzeyleri” incelenmiş ve çalışma sonucunda elde edilen veriler Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiş ve parametreler bazında akarsulardaki su kalite sınıfları belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada sınıflandırma analizleri de yapılmıştır. Çalışma sonucunda sülfat, toplam sertlik ve elektriksel iletkenlik yönünden Kızılırmak nehrinin diğer akarsulardan farklı bir sınıfta yer aldığı, pH yönüyle ise bölgenin doğusundaki akarsuların batıdakilere göre daha asidik özellik taşıdığı bildirilmiştir.

Dinçer, (2014) tarafından Mart 2013-Şubat 2014 tarihleri arasında yapılan bir yüksek lisans tez çalışmasında, Giresun ili Görele ilçesinden Karadeniz’e dökülen Çanakçı Deresi’nin bazı su kalitesi parametreleri ve kirlilik durumu incelenmiş ve çalışma sonucunda Çanakçı Deresi fiziko-kimyasal su kalitesinin tarımsal faaliyetler için kullanılabilir, sucul canlı yaşamı için uygun olabileceği belirtilmiş ancak toplam fosfor ve oksijen doygunluğu bakımından kirlenmiş su sınıfına girdiği, amonyum ve çözülmüş oksijen bakımından az kirlenmiş su sınıfına girdiği diğer parametrelerin kirlilik tehdidi oluşturmayacak düzeyde olduğu bildirilmiştir.

Doğu Karadeniz havzasında akarsuların su kalitesinin değerlendirilmesi konusunda bütün havzayı kapsayan eş zamanlı bir çalışmanın eksikliğinden dolayı bu çalışma planlanmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada Doğu Karadeniz havzası akarsuları incelenmekte olup havza sularının fiziko-kimyasal su kalitesinin mevsimsel değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Havza’da Karadeniz’e dökülen küçükü büyüklü birçok akarsu olmakla beraber debisi  $10 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’den büyük olan 11 farklı büyük akarsuyun, nehir ağzı bölgelerindeki fiziko-kimyasal su kalitesi mevsimsel olarak incelenecektir. Doğu Karadeniz havzası akarsularının mevsimsel bazda fiziko-kimyasal su kalitesi araştırılacak olup, sonuçlar su kalite sınıflarının belirlenmesi için Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği-Türkiye (YSKYY), Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (ECWFD) ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı (USEPA) su kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Ayrıca havza akarsularının her bir parametre için istasyonlara göre mevsimsel farklılıklarının ortaya koyulması amaçlanmıştır.

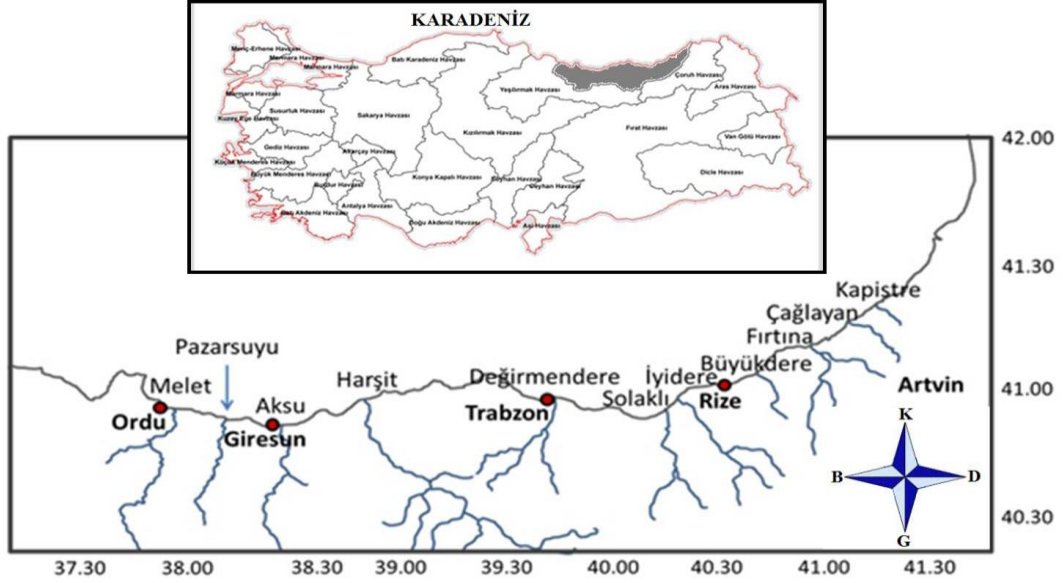
## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

Bu çalışma, Doğu Karadeniz akarsu havzasında aylık ortalama debileri yaklaşık  $10 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'nin üzerindeki büyük akarsularda, 2013 yılı boyunca mevsimsel periyotlarla 11 farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). İstasyonların seçildiği akarsular OM (Melet), GB (Pazarsuyu), GM (Aksu), GT (Harşit), TM (Değirmendere), TO (Solaklı), Rİ (İyidere), RÇ (Büyükdere), RA (Fırtına), RF (Çağlayan) ve AA (Kapistre) olmak üzere kodlanmıştır (Tablo 2). Akarsu ağızlarına yakın noktada belirlenmiş istasyonlarda sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ölçümleri YSI 556 model su analiz seti ve çözünmüş oksijen ölçümleri ise Hach 40QD model oksijenmetre ile yerinde ölçülmüştür. Çözünmüş besin elementi analizleri için alınan örnekler  $0,45 \mu\text{m}$  gözenek çapındaki membran filtrelerden örnekleme anında filtre edilmiş ve su numuneleri araç tipi soğutucu/dondurucu ile laboratuvara taşınmıştır.

#### 2.1.1. Çalışma Alanı ve Çalışılan Akarsular Hakkında Genel Bilgiler

Bu çalışma, Ordu-Melet ırmağından başlayarak Artvin Kapistre deresine kadar uzanan yaklaşık  $335 \text{ km}$ 'lik kıyı hattı boyunca denize dökülen akarsuların, fiziko-kimyasal su kalitesini konu edinmiştir (Şekil 1). Çalışmada 11 farklı akarsu istasyonundan mevsimsel olarak su örnekleme yapılmış ve bazı fiziko-kimyasal su kalite parametreleri yerinde ölçülmüştür.



**Şekil 1.** Çalışma alanı (Doğu Karadeniz akarsu havzası)

Doğu Karadeniz ile Orta Karadeniz bölgelerini birbirinden ayıran ve Ordu ilinin önemli bir içme suyu kaynağı olan Melet ırmağı, Karagöl dağlarından doğup Mesudiye ilçesinden geçerken Esat deresi ile birleştikten 85 km sonra Ordu ilinin doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir (DSİ, 2003). Kolları ile beraber 161 km uzunluğa sahip Melet ırmağının yağış havzası alanı 1859,2 km<sup>2</sup> (41 m kotunda)'dir. Yıllık ortalama debisi (2009-2013 yılları arası) 24,393 m<sup>3</sup>/sn ile Doğu Karadeniz akarsu havzası içerisinde su potansiyeli bakımından 3. sırada yer almaktadır (DOKAP-1, 2013; DSİ-1, 2014). Bu çalışmanın 1. istasyonu, Ordu-Samsun Karayolu köprüsünün hemen altında uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 a.).

Giresun ili Piraziz ilçesi için önemli bir içme suyu kaynağı olan Pazarsuyu deresi, Karagöl ve Yürücek bölgelerinden gelen sularla birleşip Bulancak ilçesinin batısından Karadeniz'e ulaşmaktadır (DOKAP-2, 2013). Kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar tüm kolları ile beraber uzunluğu 80 km, yağış havzası alanı 770,70 km<sup>2</sup> (20 m kotunda) olan Pazarsuyu deresinin yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 17,515 m<sup>3</sup>/sn ile Doğu Karadeniz akarsu havzasının 4. büyük su potansiyeline sahip akarsuyudur (DOKAP-2, 2013; DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 2. istasyonu, Pazarsuyu deresinin Bulancak ilçesinden Karadeniz'e döküldüğü mevkide, Giresun-Trabzon Karayolu köprüsünden yaklaşık 500 m içerdeki uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 a.).

Giresun ili Karagöl bölgesinden doğan Aksu deresi, Kızıлтаş, Sarıyakup, Pınarlar ve Güdün bölgelerinin sularıyla birleştikten sonra Dereli ilçe merkezinden geçerek Giresun il merkezinin doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir (DOKAP-2, 2013). Kaynağından Karadeniz'e döküldüğü noktaya kadar uzunluğu 58,8 km olan Aksu deresinin yağış havzası alanı 741 km<sup>2</sup> (175 m kotunda)'dir. Yıllık ortalama debisi (2005-2013 yılları arası) 14,796 m<sup>3</sup>/sn'dir (Anlı ve Okman, 2005; DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 3. istasyonu, Aksu deresinin Giresun il merkezinin doğusundan Karadeniz'e döküldüğü mevkide, Trabzon-Giresun karayolu köprüsünün yukarısındaki uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 a.).

Gümüşhane ilinin doğu sınırındaki Vauk Dağı'nın kuzey eteklerinde bulunan Sifon deresinden kaynağını alan Harşit çayı, Keçi deresi, Mavrangel deresi ve Gümüşhane derelerini aldıktan sonra Torul ve Kürtün ilçelerinden geçerek Günyüzü yakınlarından Giresun il topraklarına girer. Hidroelektrik santrallerinin de bulunduğu Doğankent ilçesinden geçerek Tirebolu'nun doğusundan Karadeniz'e dökülür (DOKAP-2, 2013; İÇDR, 2013; DTMP, 2012). Kaynağından Karadeniz'e döküldüğü noktaya kadar uzunluğu 142 km olan Harşit çayının Giresun il sınırlarındaki toplam uzunluğu 95 km'dir. Yağış havzası alanı 3175,6 km<sup>2</sup> (111 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (1998-2007 yılları arası) 37,718 m<sup>3</sup>/sn'dir (DTMP, 2012; DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 4. istasyonu, Harşit çayının Tirebolu'nun doğusundan Karadeniz'e döküldüğü mevkide, Tirebolu ilçe merkezinden geçen Giresun-Trabzon karayolu köprüsünün yukarısında uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 a.).

Trabzon ili güneyini çevreleyen Horos ve Kalkanlı dağlarının kuzey eteklerinden doğan akarsu Meryemana, Hamsiköy, Maçka, Altıntaş, Galyan kollarının birleşmesiyle Değirmendere oluşur. Akarsu, kuzeyden güneye doğru Maçka, Esiroğlu, Çağlayan ve Akoluk merkezlerinden geçerek Trabzon il merkezinin doğusundan Karadeniz'e dökülür (DOKAP-3, 2013; Boran vd., 2004). Değirmendere yaklaşık 53 km uzunluğundadır (Beret, 1956). Yağış havzası alanı 728,4 km<sup>2</sup> (160 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 11,256 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Bu akarsuyun aşağı kesimleri boyunca ve deniz'e döküldüğü delta alanında, yoğun olarak küçük büyüklü birçok endüstriyel tesis ve fabrikalar faaliyet göstermektedir. Trabzon çevresindeki akarsular içerisinde evsel, tarımsal ve endüstriyel atıksulardan en çok

etkilenen akarsulardan biridir. Bu çalışmanın 5. istasyonu olan Değirmendere, Trabzon şehir merkezinin doğusunda Rize-Trabzon şehirlerarası karayolu köprüsünün altındaki uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 a.).

Solaklı deresi, Trabzon'un Of ilçesinin güneyinde yer alan Soğanlı dağlarının kuzeye bakan yamaçlarından doğup Uzungölü besleyen Haldizen deresi ve bu dereyle birleşen Ögene deresinin devamı olup diğer küçük kollarla Çambaşı mevkiinde birleşerek Solaklı deresini oluşturmaktadır. Solaklı deresi, Uzungöl'den çıkan Haldizen deresinin Çaykara ve Of ilçe merkezlerinden geçerken küçük kollarla beslenerek Karadeniz'e dökülmektedir (Verep vd., 2002; Anonim-3, 2010). Toplam uzunluğu 80 km olan Solaklı deresi, Trabzon ilinin en uzun akarsuyudur (Anonim-4, 2013). Yağış havzası alanı 576,80 km<sup>2</sup> (275 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 14,607 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 6. İstasyonu olan Solaklı deresi, Trabzon'un Of ilçesinin batısında ve Rize-Trabzon karayolu köprüsünden Uzungöl (Çaykara) istikametinde yaklaşık 200 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 a.).

İyidere, kaynağını Doğu Karadeniz Dağları'nın en yüksek kesimlerinden alır ve Çamlık ve Cimil derelerinin birleşmesiyle oluşan İkizdere'nin devamı olan bir akarsudur. Rize ilinin en büyük ilçesi olan İkizdere'nin ilçe sınırından itibaren İyidere adıyla devam eder ve Kalkandere'yi de bünyesine alarak Trabzon-Rize il sınırını çizdikten sonra İyidere ilçesinin batısından Karadeniz'e dökülmektedir (Zaman, 2007; Zaman ve Birinci, 2011; URL-3, 2014). Rize ilinin en uzun akarsuyu olan İyidere deresi, kaynağından itibaren Karadeniz'e döküldüğü noktaya kadar ki uzunluğu 78,4 km'dir (Verep, 2006). Yağış havzası alanı 445,20 km<sup>2</sup> (942 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 14,973 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 7. İstasyonu olan İyidere, Rize'nin İyidere ilçesinin batısında ve Rize-Trabzon karayolu köprüsünden Rize-Erzurum istikametinde yaklaşık 100 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 b.).

Kaynağını Demir dağının Tekfur tepesinden alan Büyükdere, Kaptanpaşa'nın üst kesimlerinde Çataldere ve Karadere gibi iki anakol ile birleştikten sonra birçok küçük kolları da alarak Çayeli'nin batısından Karadeniz'e dökülmektedir (URL-4; Dinçer vd.,

2012). Büyükderenin Çataldere ve Karadere ile birleşim noktasından itibaren denize döküldüğü noktaya kadar ki yaklaşık uzunluğu 25 km'dir. Yağış havzası alanı 231,20 km<sup>2</sup> (400 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 11,364 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 8. İstasyonu olan Büyükdere, Rize'nin Çayeli ilçesinin batısında ve Rize-Artvin karayolu köprüsünden Çayeli-Madenli Beldesi istikametinde yaklaşık karayolu köprüsünden 30 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 b.).

Fırtına deresi, Kaçkar, Verçenik (Üçdoruk), Göller (Hunut) ile Bulut-Altıparmak dağlarının zirvelerinden kaynağını alan ve Çamlıhemşin ilçe merkezinde birleşen Ayder (Hala) ve Büyükdere (Hemşin) dereleri ile vadinin alt kesimlerinde bu vadiye karışan Tunca ve Durak dereleri ve çok sayıda kolların (Kavran, Ceymakcur, Palakcur, Avucur, Kaçkar, Yukarı Şimşirlik) birleşerek Çamlıhemşin ilçesinden geçerek Ardeşen ilçesinin batısından Karadeniz'e dökülür. Doğu Karadeniz akarsu havzaları içerisinde Harşit Çayı havzasından sonra en geniş yağış havzasına (toplam 1177,03 km<sup>2</sup>) sahip olan bir akarsudur. Yağış havzası kuzeyden Karadeniz, güneyden Kaçkar ve Soğanlı dağlarıyla çevrelenmiş olup denizden itibaren hızla yükselen dağlar 3900 metrelere kadar ulaşır. En yüksek noktası, 3932 m ile Kaçkar dağı zirveleridir (Bayrakdar, 2006; Zaman, 2007). Fırtına deresinin kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar ki uzunluğu yaklaşık 57 km'dir (Bayrakdar, 2006). Yağış havzası alanı 763,20 km<sup>2</sup> (237 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 33,844 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Yıllık toplam yağış miktarı 1956 mm ile Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan Fırtına deresi havzası, deniz kıyısından itibaren orografik yağışların sık görüldüğü bölgedir (Bayrakdar, 2006). Yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 33,844 m<sup>3</sup>/sn ile Doğu Karadeniz akarsu havzaları içerisinde Harşit Çayı'ndan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Bu çalışmanın 9. istasyonu, Fırtına deresinin denize dökülmekte olduğu bölgede Pazar Hamidiye'yi Ardeşen ilçesine bağlayan karayolu köprüsünün üst tarafında uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 b.).

Çağlayan deresini Kaçkar dağlarının doğu uzantıları üzerinde 2800 m kotlarında Öküzboğan Gölünden doğan adını aynı gölden alan dere ile başlayıp Abuçağlayan deresine bağlanan kaynak suları oluşturmaktadır. Çağlayan deresi Karadeniz'e doğru akarken 1000 m kotlarında Ayılık deresi ve bir çok yan kollarla birleşerek Paşalar

mevkiinde 2000 m kot kaybederek derenin eğimi azalırken bu mevkiilerde Mersekdere, Fidanlıkdere ve Kebanlıdere kolları ile beslenerek Fındıklı ilçesi yakınlarından Karadeniz'e dökülmektedir (Anonim-5, 2008). Çağlayan deresinin kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar ki uzunluğu yaklaşık 34,7 km'dir (DOKAP-4, 2013). Yağış havzası alanı 156 km<sup>2</sup> (60 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 9,460 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 10. İstasyonu olan Çağlayan deresi, Rize'nin Fındıklı ilçe merkezinin doğu çıkışında bulunan Rize-Artvin karayolu köprüsünden yaklaşık 50 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 b.).

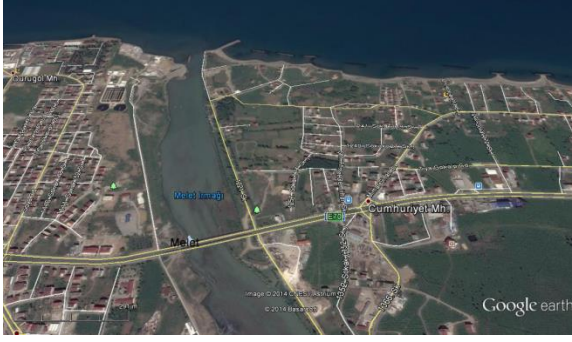
Kaynağının deniz seviyesinden itibaren yaklaşık 3000 metreye kadar çıkan (Kızıltepe-3210 m, Çatalkaya-2985 m, Koyunyayla-2292 m, Mete-2142 m, Dikme-2068 m, Vat-1180 m, Ağra- 1143 m, Baştepe-1049 m, Demirağa- 1013 m) dağlık yapıdan alan ve Ballıdere, Sidere, Üçirmak, Nagodid, Dülgerli (Orçi), Dikme (Zurgiza), Agora (Ajara) ve Kavak gibi akışı düzensiz birçok yan kolların birleşmesiyle oluşan Kapistre deresi Arhavi ilçe merkezinin batısından Karadeniz'e boşalmaktadır (URL-5, 2014; Anonim-6, 2011). Kapistre deresinin kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar ki uzunluğu yaklaşık 35 km'dir (URL-5, 2014). Yağış havzası alanı 186,20 km<sup>2</sup> (100 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 10,471 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-3, 2014). Bu çalışmanın 11. İstasyonu olan Kapistre deresi, Artvin'in Arhavi ilçe merkezinin batısında bulunan Rize-Artvin karayolu köprüsünden yaklaşık 100 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 2, Şekil 2 b.).

İstasyonlar, her akarsuda nehir ağzına yakın deniz etkisinden uzak en uygun yerde seçilmiş olup Melet, Pazarsuyu, Aksu, Harşit, Değirmendere, Solaklı, İyidere, Büyükdere, Fırtına, Çağlayan ve Kapistre derelerinde çalışmalar yürütülmüştür (Şekil 1; Şekil 2 a ve b). İstasyonlarla ilgili ayrıntılı bilgiler (Tablo 2) sunulmuştur.



**Tablo 2.** Çalışma alanında seçilen istasyonlara ait bilgiler.

<b>İstasyon No</b>	<b>İstasyonun Adı</b>	<b>İst. Bulunduğu İl-İlçe</b>	<b>İstasyon Kodu</b>	<b>Koordinat</b>	
				<b>X</b>	<b>Y</b>
İst-1	Melet	Ordu-Merkez	OM	37.935317	40.975600
İst-2	Pazarsuyu	Giresun-Bulancak	GB	38.176367	40.942533
İst-3	Aksu	Giresun-Merkez	GM	38.441117	40.912617
İst-4	Harşit	Giresun-Tirebolu	GT	38.849733	41.005500
İst-5	Değirmendere	Trabzon-Merkez	TM	39.756900	41.002317
İst-6	Solaklı	Trabzon-Of	TO	40.267152	40.943021
İst-7	İyidere	Rize-İyidere	RI	40.331817	40.986617
İst-8	Büyükdere	Rize-Çayeli	RÇ	40.712045	41.082830
İst-9	Fırtına	Rize-Ardeşen	RA	40.963833	41.187133
İst-10	Çağlayan	Rize-Fındıklı	RF	41.150417	41.278967
İst-11	Kapistre	Artvin-Arhavi	AA	41.297417	41.349450



İst-1. Melet Irmağı (Ordu-Merkez)



İst-2. Pazarsuyu (Giresun-Bulancak)



İst-3. Aksu Deresi (Giresun-Merkez)



İst-4. Harşit Çayı (Giresun-Trebolu)



İst-5. Değirmendere (Trabzon-Merkez)



İst-6. Solaklı Deresi (Trabzon-Of)

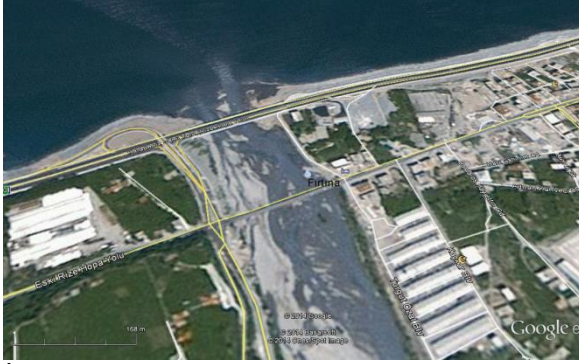
Şekil 2-a. Çalışma istasyonları (Ordu-Giresun-Trabzon)



İst-7. İyidere (Rize-İyidere)



İst-8. Büyükdere (Rize-Çayeli)



İst-9. Fırtına Deresi (Rize-Ardeşen)



İst-10. Çağlayan Deresi (Rize-Fındıklı)



İst-11. Kapistre Deresi (Artvin-Arhavi)

Şekil 2-b. Çalışma istasyonları (Rize-Artvin)

### 2.1.2. Su Örneklerinin Alınması ve Muhafazası

Su örnekleri, havzada belirlenen akarsuların nehir ağzı (mansap) bölgelerindeki deniz etkileşiminin olmadığı kısımlarda, akarsuyun en yoğun aktığı ve kıyasal etkiden uzak olan (1-3 m) bölgelerden alınmıştır. Numuneler en az 3 kez ortam suyu ile çalkalanmış temiz bir kovaya bolca taşımak suretiyle anlık örnekleme yapılarak alınmış ve yerinde ölçülmesi gereken sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözülmüş oksijen parametreleri örnekleme anında ölçülmüştür. Alınan anlık su numunesinden

toplam fosfor, toplam azot ve permanganat indeksi analizleri için 2x100 mL'lik polietilen şişelere numuneler süzülmeden ayrılmıştır. Çözünmüş besin elementi analizleri için el tipi vakum pompası yardımı ile 0,45 µm gözenek çapındaki membran filtrelerle (GF/C) örnekleme anında filtre edilerek 3x100 mL'lik gereğine göre temizlenmiş ve anlık su örneği ile en az 3 kez çalkalanmış polietilen şişeler 2/3 hacmine kadar doldurulmuş, kovadaki kalan diğer su örneği ise 1x1000 mL'lik (beyaz şişe) ve 1x1000 mL'lik (siyah şişe) ışık geçirmez polietilen şişelere aynı su örneği ile bir kaç kez çalkalanarak doldurulmuş ve araç tipi soğutucu/dondurucu ile laboratuvara taşınmıştır. Sadece klorofil-a için en az 1 L su örneğinin süzölmüş olduğu GF/F membrane filtre kağıtları da uygun işlemlerden sonra analiz edilmek üzere dondurucuda ışıktan korunarak muhafaza edilmiştir.

## 2.2. Metod

Bu çalışmada Doğu Karadeniz havzası akarsularının fiziko-kimyasal su kalitesinin mevsimsel değişimlerinin belirlenmesinde, istasyonlardan temin edilen su örneklerinin analizleri ve yerinde yapılan ölçümlerle ilgili metotlar, kullanılan cihaz ve aletler aşağıda sunulmuştur (Tablo 3).

Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözönmüş oksijen gibi fiziksel su kalite parametreleri hiç bir ön işlem yapılmadan yerinde ölçölmüştür. Bulanıklık ve askıda katı madde miktarının belirlenmesinde ise alınan su numuneleri herhangi bir ön işlem yapılmadan laboratuvar ortamına ulaştırılarak gerekli ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir. Titrimetrik olarak gerçekleştirilen toplam sertlik ve permanganat indeksi ve kolorimetrik olarak ölçölen toplam azot ve toplam fosfor analizleri ise alınan su numuneleri üzerinde süzme veya herhangi bir koruyucu katmadan laboratuvar koşullarında ilgili metotlarla (Tablo 3) analizleri yapılmıştır. Klorofil-a, sülfat, nitrit, nitrat, amonyum, orto fosfat, silisyum analizlerinde ise su numuneleri arazide GF/F ve GF/C ile filtre edildikten sonra klorofil-a için filtratlar ve diğer besin elementleri için ise süzölen su örnekleri araç tipi soğutucu/dondurucuda laboratuvara ulaştırılmıştır.

**Tablo 3.** Çalışmada kullanılan ölçüm ve analiz metotları.

Parametre	Ölçüm/Analiz Yöntemi/Metot	Kullanılan Alet/Cihaz	Ölçüm Peryodu/Yeri
Sıcaklık	Termometrik	YSI 556 MPS	Mevsimsel/ Yerinde
pH	Elektrometrik		
E. İletkenlik	Elektrometrik		
Çöz. Oksijen	LDO (Lüminesans Çözünmüş Oksijen)	HACH 40QD	Mevsimsel/ Laboratuarda
Bulanıklık	Nefelometrik	DR2000	
Sülfat	Türbidimetrik	Spektrofotometre	
Askıda Katı Madde	Gravimetrik (SM 2540 D)	Genel Laboratuvar Aletleri	
Toplam Sertlik	EDTA ile Titrimetrik (SM 2340 C)		
Permanganat İndeksi	Permanganat ile Titrimetrik (SM 4500-O D)		
Klorofil-a	Aseton Ekstraksiyonundan Sonra Spektrofotometrik (SM 10200 H)	Shimadzu UV mini 1240- Spektrofotometre	
Nitrat Azotu	Otomatik Kadmiyum İndirgeme CFA (Sürekli Akış Analizörü)	SEAL AA3 HR Kimyasal Otoanalizör	
Nitrit Azotu	Otomatik Kolorimetrik CFA (Sürekli Akış Analizörü)		
Amonyum Azotu	Otomatik Salisilat Yöntemi CFA (Sürekli Akış Analizörü)		
o-Fosfat Fosforu	Otomatik Askorbik Asit Yöntemi CFA (Sürekli Akış Analizörü)		
Silisyum	Otomatik Molibdat CFA (Sürekli Akış Analizörü)		
Toplam Fosfor	Persülfat Parçalama+Otomatik Askorbik Asit CFA (Sürekli Akış Analizörü)		
Toplam Azot	Persülfat Parçalama+Otomatik Kadmiyum İndirgeme CFA (Sürekli Akış Analizörü)		

Çalışmada elde edilen su kalite verilerinin değerlendirilmesi Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre yapılmıştır (YSKYY, 2012). Bu yönetmeliğe göre kıta içi yüzey sularının kalitesi dört sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar; Sınıf I (Yüksek kaliteli su), Sınıf II (Az kirlenmiş su), Sınıf III (Kirlenmiş su) ve Sınıf IV (Çok kirlenmiş su) olarak ifade edilmiştir (tablo 4). Bu çalışmada Doğu Karadeniz havzası akarsularının fiziko-kimyasal su kalitesi araştırıldığı için tablo 4’te belirtilen Genel şartlar, oksijenlendirme parametreleri (A) ve nutrient (besin elementleri) parametreleri (B) verilerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Diğer iz elementler (metaller) ve bakteriyolojik parametrelere değinilmemiştir. Ayrıca verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde Statistica (Version 10) paket programı kullanılmıştır. İstatistiki olarak havza ve istasyonlar bazında ortalama, minimum, maksimum değerler ve bu değerlerin grafiksel gösterimleri yapılmıştır.

**Tablo 4:** Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKYY, 2012)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
<b>Genel Şartlar</b>				
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
<b>(A) Oksijenlendirme Parametreleri</b>				
Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>a</sup>	> 8	6-8	3-6	< 3
Oksijen doygunluğu (%) <sup>a</sup>	90	70-90	40-70	< 40
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	25-50	50-70	> 70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) (mg/L)	< 4	4-8	8-20	> 20
<b>(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri</b>				
Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	< 0,2 <sup>b</sup>	0,2-1 <sup>b</sup>	1-2 <sup>b</sup>	> 2
Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	> 0,05
Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0,5	1,5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,03	0,03-0,16	0,16-0,65	> 0,65
<b>(C) İz Elementler (Metaller)</b>				
Cıva (µg Hg/L)	< 0,1	0,1-0,5	0,5-2	> 2
Kadmiyum (µg Cd/L)	≤ 2	2-5	5-7	> 7
Kurşun (µg Pb/L)	≤ 10	10-20	20-50	> 50
Bakır (µg Cu/L)	≤ 20	20-50	50-200	> 200
Nikel (µg Ni/L)	≤ 20	20-50	50-200	> 200
Çinko (µg Zn/L)	≤ 200	200-500	500-2000	> 2000
<b>(D) Bakteriyolojik Parametreler</b>				
Fekal koliform (EMS/100 mL)	≤ 10	10-200	200-2000	> 2000
Toplam koliform (EMS/100 mL)	≤ 100	100-20000	20000-100000	> 100000
Tehlikeli maddeler	Tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2015'den itibaren değerlendirilecektir.			

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH<sub>3</sub>-N/L değerini geçmemelidir.

(c) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

**Sınıf I** - Yüksek kaliteli su;

- 1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yüzeysel sular,
- 2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
- 3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

**Sınıf II** - Az kirlenmiş su;

- 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yüzeysel sular,
- 2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
- 3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Mer'i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

**Sınıf III** - Kirlenmiş su;

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,

**Sınıf IV** - Çok kirlenmiş su;

Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yüzeysel sular.

### **3. BULGULAR**

Doğu Karadeniz havzası kıyı hattında Karadeniz'e dökülen akarsuların (Melet, Pazarsuyu, Aksu, Harşit, Solaklı, Değirmendere, Çağlayan, Fırtına, Büyükdere, İyidere, Kapistre) nehir ağızlarında belirlenen örnekleme noktalarında fiziko-kimyasal su kalitesi ölçümleri yapılmış ve elde edilen bulgular parametrelere bağlı olarak ayrı ayrı aşağıda sunulmuştur.

#### **3.1. Fiziksel Su Kalitesi Bulguları**

##### **3.1.1. Su Sıcaklığı**

Araştırma bölgesinde mevsimsel olarak gerçekleştirilen su sıcaklığı ölçümlerinde Doğu Karadeniz havzasında seçilen akarsuların yıl boyunca su sıcaklığı 7,93 °C ile 27,50 °C arasında değiştiği ve ortalama 15,32 °C olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). En yüksek su sıcaklığı yaz mevsiminde Giresun Bulancak Pazarsuyu istasyonunda, en düşük su sıcaklığı ise kış mevsiminde Trabzon Değirmendere istasyonunda kaydedilmiştir (Şekil 2). Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık sıcaklık ortalaması; Melet 15,98 °C, Pazarsuyu 16,83 °C, Aksu 16,73 °C, Harşit 14,99 °C, Değirmendere 15,06 °C, Solaklı 14,64 °C, İyidere 14,02 °C, Büyükdere 15,42 °C, Fırtına 13,95 °C, Çağlayan 15,39 °C, Kapistre 15,50 °C'dir (Şekil 4).

##### **3.1.2. pH**

Çalışmada havza bazında gerçekleştirilen pH ölçümlerinde yıl boyunca pH'ın 6,30 ile 8,87 arasında değiştiği ve ortalama 7,78 olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). En yüksek pH değeri yaz mevsiminde Giresun Bulancak Pazarsuyu istasyonunda, en düşük pH değeri ise ilkbahar mevsiminde Artvin Arhavi Kapistre istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere istasyonların yıllık pH ortalamaları; Melet 8,10; Pazarsuyu 8,00; Aksu 8,08; Harşit 8,16; Değirmendere 8,23; Solaklı 7,63; İyidere 7,61; Büyükdere 7,53; Fırtına 7,50; Çağlayan 7,39 ve Kapistre 7,36 olarak tespit edilmiştir (Şekil 6).

### 3.1.3. Elektriksel İletkenlik

Doğu Karadeniz akarsu havzasında gerçekleştirilen elektriksel iletkenlik ölçümlerinde yıl boyunca elektriksel iletkenlik değerlerinin 0,041 mS/cm ile 0,577 mS/cm arasında değiştiği ve ortalama 0,183 mS/cm olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). En yüksek elektriksel iletkenlik değeri ilkbahar mevsiminde Trabzon Değirmendere istasyonunda, en düşük elektriksel iletkenlik değeri ise ilkbahar mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere istasyonların yıllık elektriksel iletkenlik ortalaması; Melet 0,270 mS/cm, Pazarsuyu 0,225 mS/cm, Aksu 0,352 mS/cm, Harşit 0,218 mS/cm, Değirmendere 0,336 mS/cm, Solaklı 0,167 mS/cm, İyidere 0,142 mS/cm, Büyükdere 0,111 mS/cm, Fırtına 0,059 mS/cm, Çağlayan 0,048 mS/cm, Kapistre 0,085 mS/cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 8).

### 3.1.4. Bulanıklık

Çalışma boyunca yürütülen bulanıklık ölçümlerinde yıl boyunca <1,00-311,00 FTU arasında değiştiği ve ortalama 39,6 FTU olduğu belirlenmiştir (Şekil 9). En yüksek bulanıklık değeri yaz mevsiminde Rize Çayeli Büyükdere istasyonunda, en düşük bulanıklık değeri ise kış mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere istasyonların yıllık ortalama bulanıklık değerleri; Melet 44,25 FTU, Pazarsuyu 17,00 FTU, Aksu 16,50 FTU, Harşit 48,75 FTU, Değirmendere 87,41 FTU, Solaklı 33,75 FTU, İyidere 43,50 FTU, Büyükdere 122,50 FTU, Fırtına 11,25 FTU, Çağlayan 2,50 FTU, Kapistre 8,50 FTU olarak saptanmıştır (Şekil 10).

### 3.1.5. Askıda Katı Madde

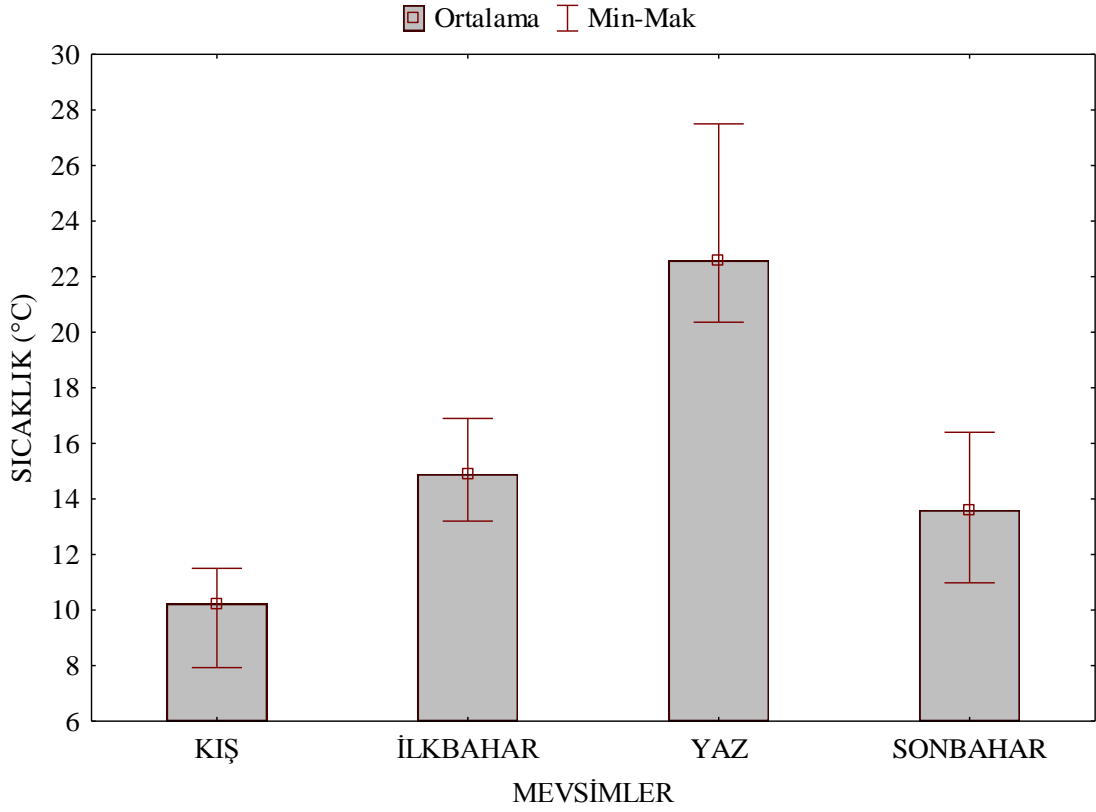
Askıda katı madde (AKM) ölçümlerinde yıl boyunca 0,40 mg/L ile 299,6 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 40,36 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 11). En yüksek AKM değeri yaz mevsiminde Trabzon Değirmendere istasyonunda, en düşük AKM değeri ise sonbahar mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere istasyonların yıllık ortalama AKM



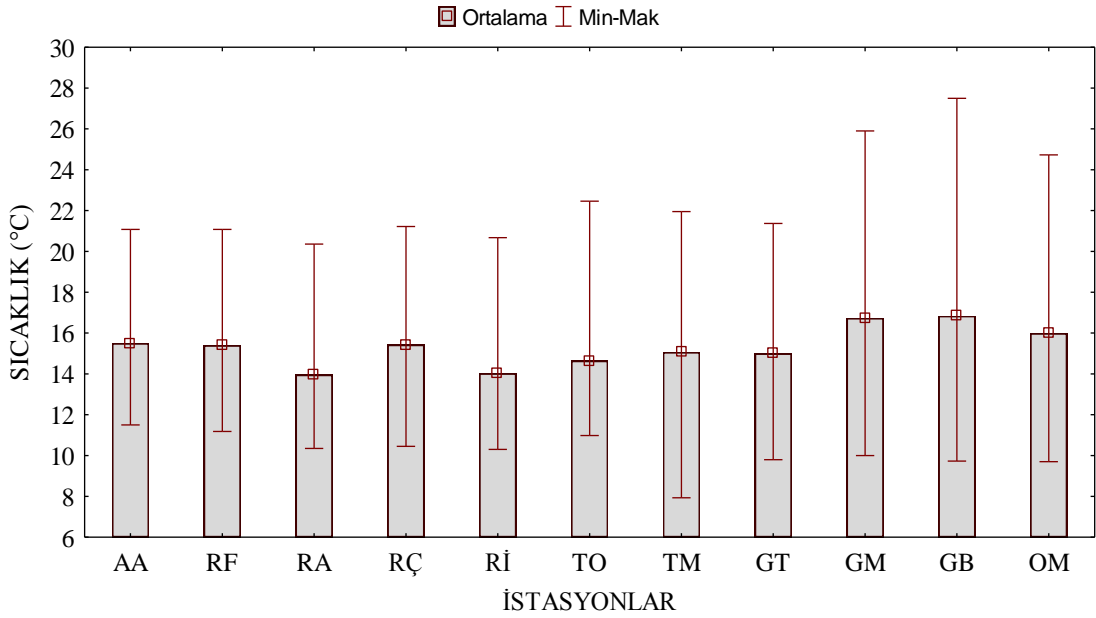
değerleri; Melet 41,07 mg/L, Pazarsuyu 16,88 mg/L, Aksu 26,98 mg/L, Harşit 47,80 mg/L, Değirmendere 92,83 mg/L, Solaklı 31,01 mg/L, İyidere 34,88 mg/L, Büyükdere 122,46 mg/L, Fırtına 18,84 mg/L, Çağlayan 3,18 mg/L ve Kapistre 8,05 mg/L olarak bulunmuştur (Şekil 12).

### **3.1.6. Çözünmüş Oksijen**

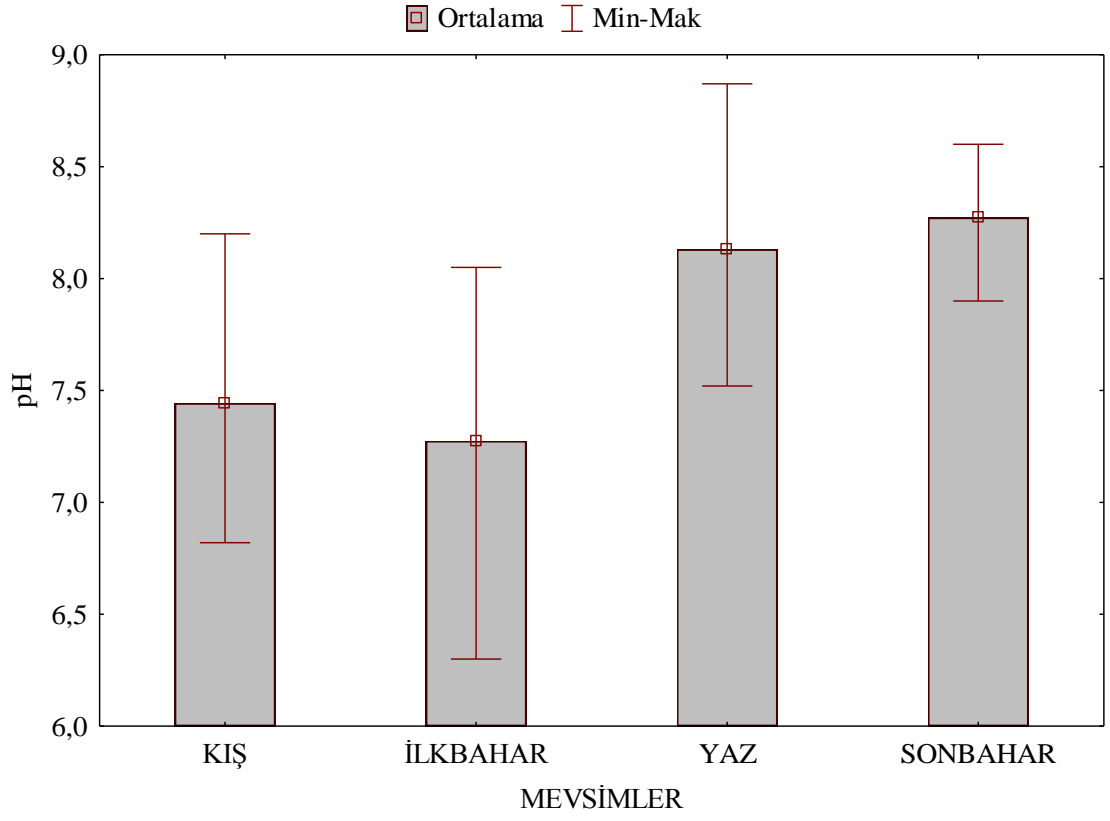
Sucul yaşam açısından en önemli su kalite parametrelerinden biri olan çözünmüş oksijen derişimlerinin yıl boyunca 7,80 mg/L ile 11,44 mg/L arasında deđiştđđ ve ortalama 9,17 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 13). En yüksek çözünmüş oksijen değeri yaz mevsiminde Trabzon Değirmendere istasyonunda, en düşük çözünmüş oksijen değeri ise sonbahar mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere istasyonlardaki yıllık çözünmüş oksijen ortalamaları; Melet 9,41 mg/L, Pazarsuyu 9,24 mg/L, Aksu 8,95 mg/L, Harşit 9,27 mg/L, Değirmendere 9,00 mg/L, Solaklı 9,41 mg/L, İyidere 9,53 mg/L, Büyükdere 8,73 mg/L, Fırtına 9,38 mg/L, Çağlayan 8,97 mg/L, Kapistre 8,97 mg/L olarak belirlenmiştir (Şekil 14).



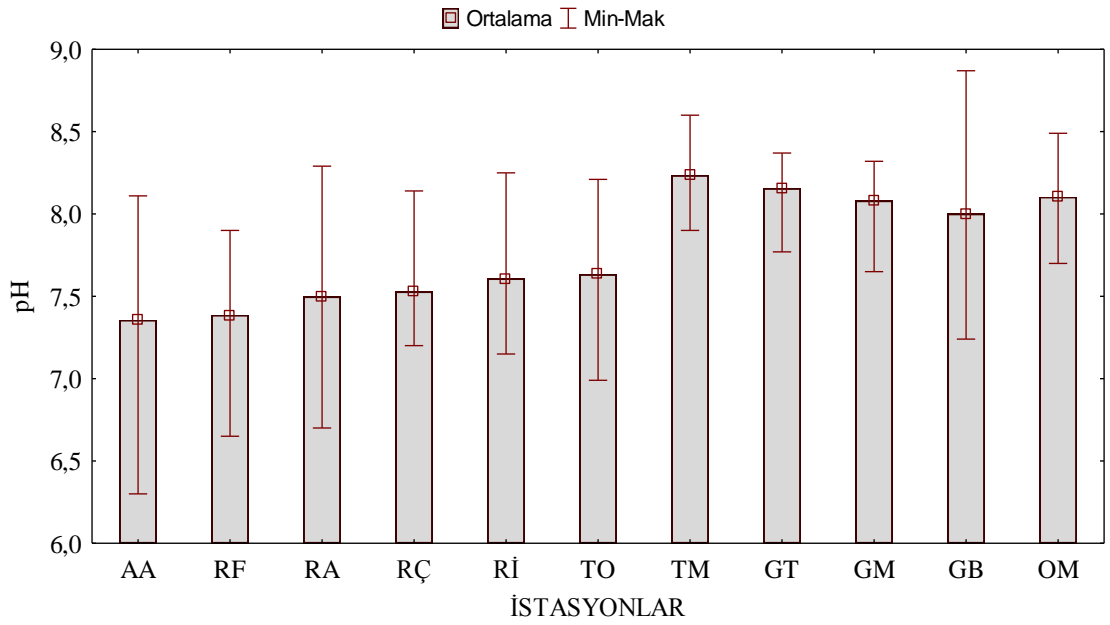
**Şekil 3.** Havza bazında incelenen akarsuların mevsimsel su sıcaklığı değişimleri.



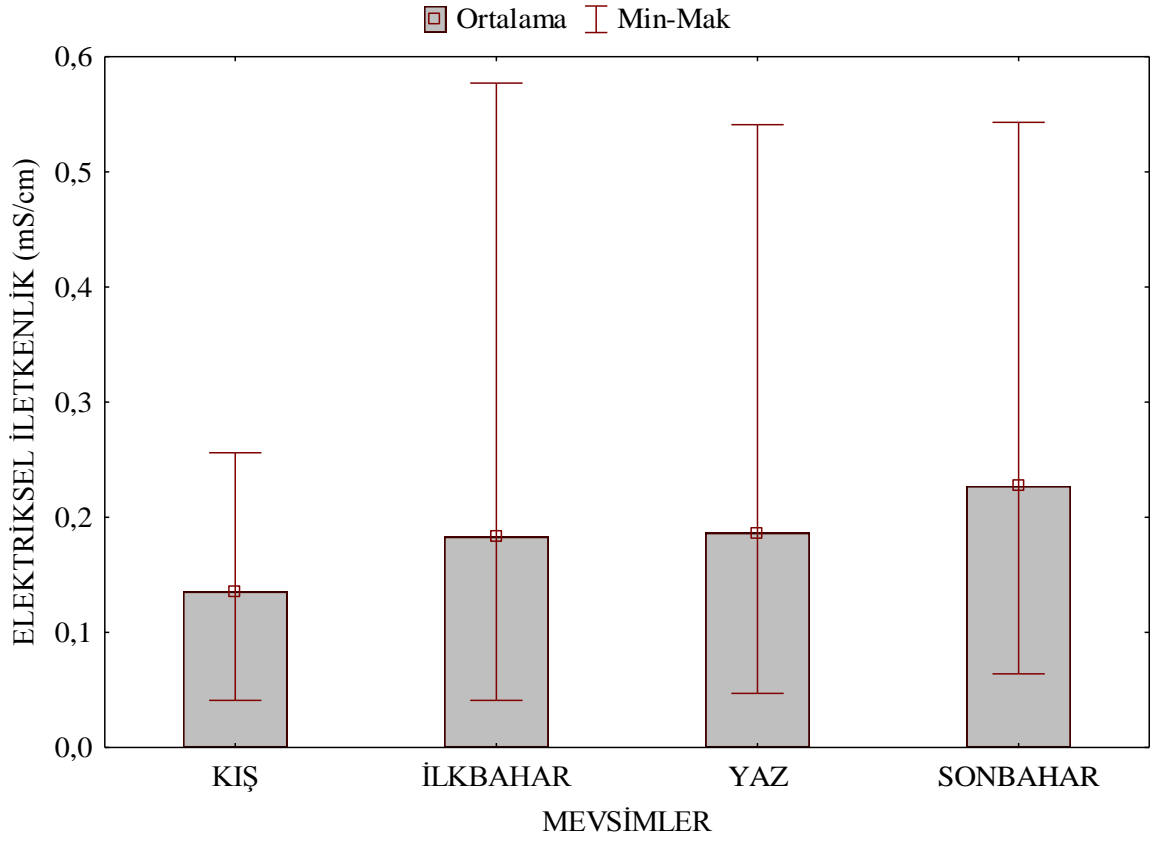
**Şekil 4.** Havzada incelenen akarsuların yıllık su sıcaklığı değişimleri.



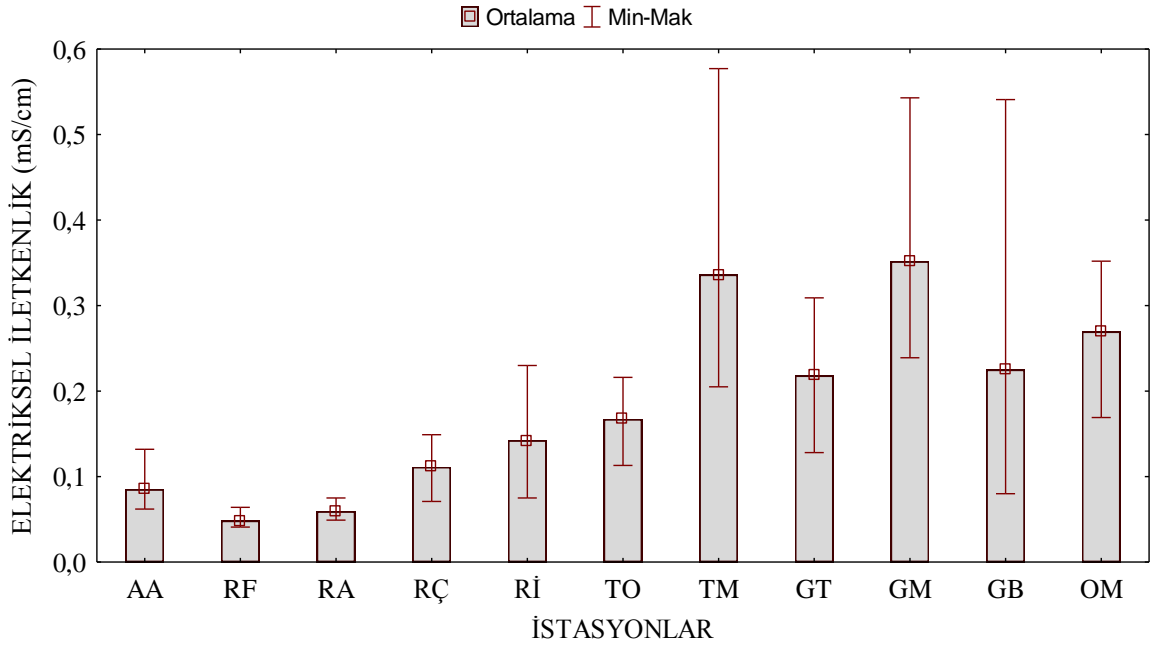
Şekil 5. Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel pH değişimleri.



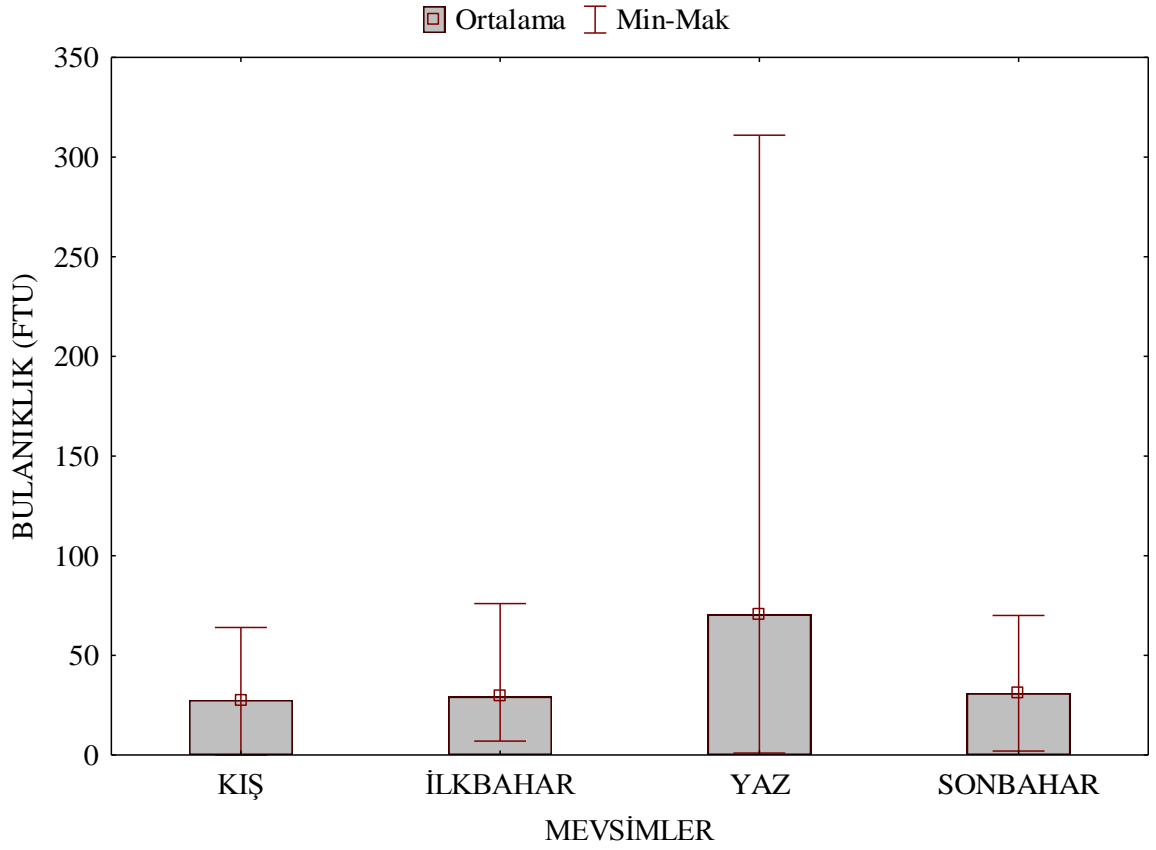
Şekil 6. Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık pH değişimleri.



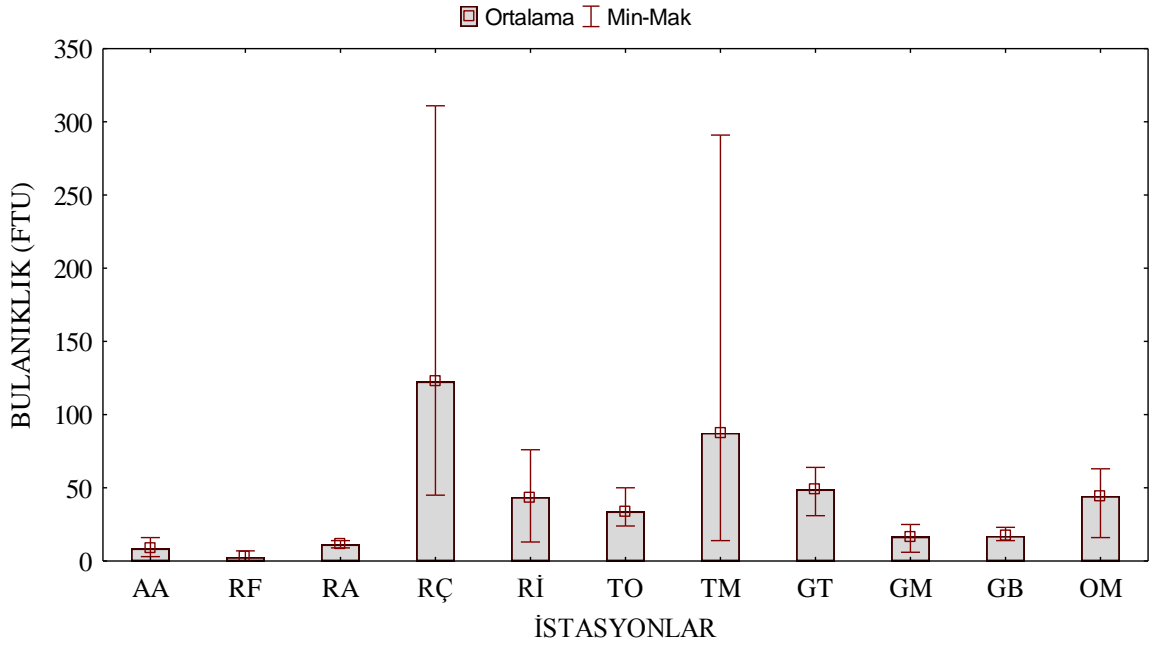
**Şekil 7.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel elektriksel iletkenlik değişimleri.



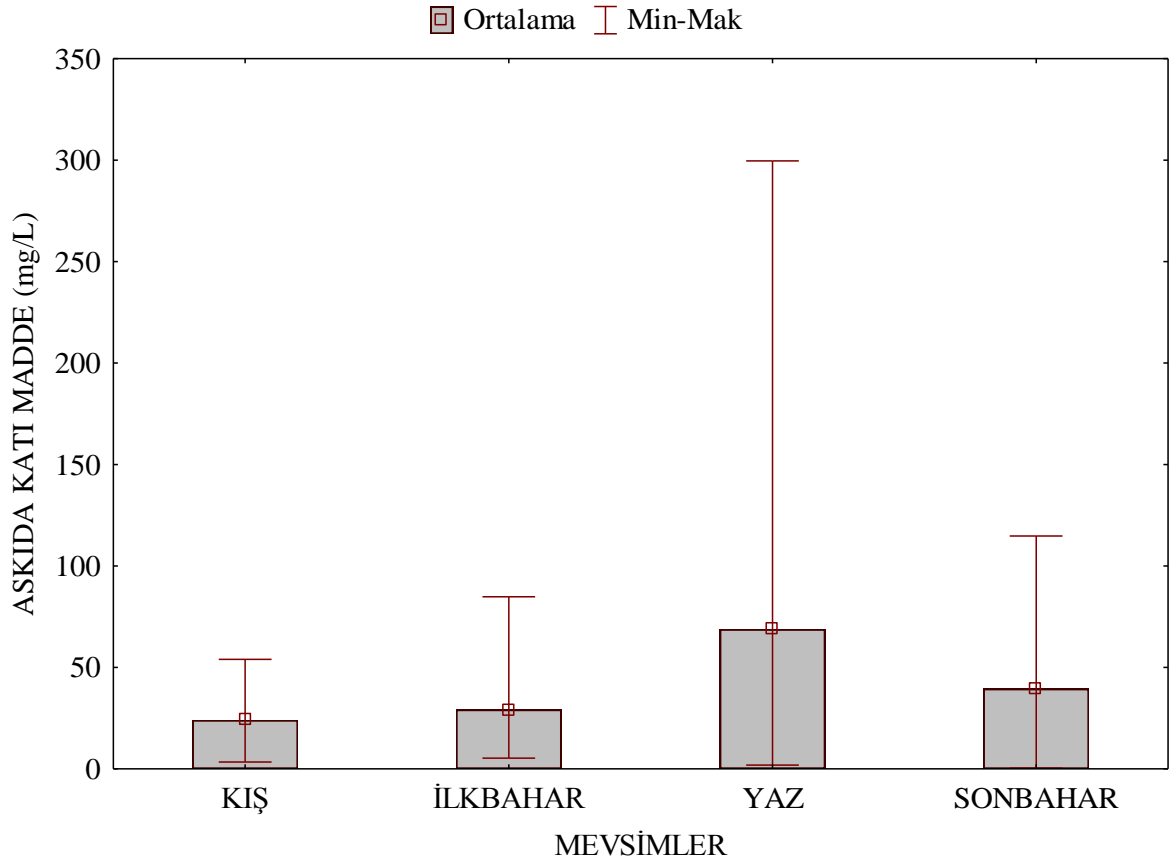
**Şekil 8.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık elektriksel iletkenlik değişimleri.



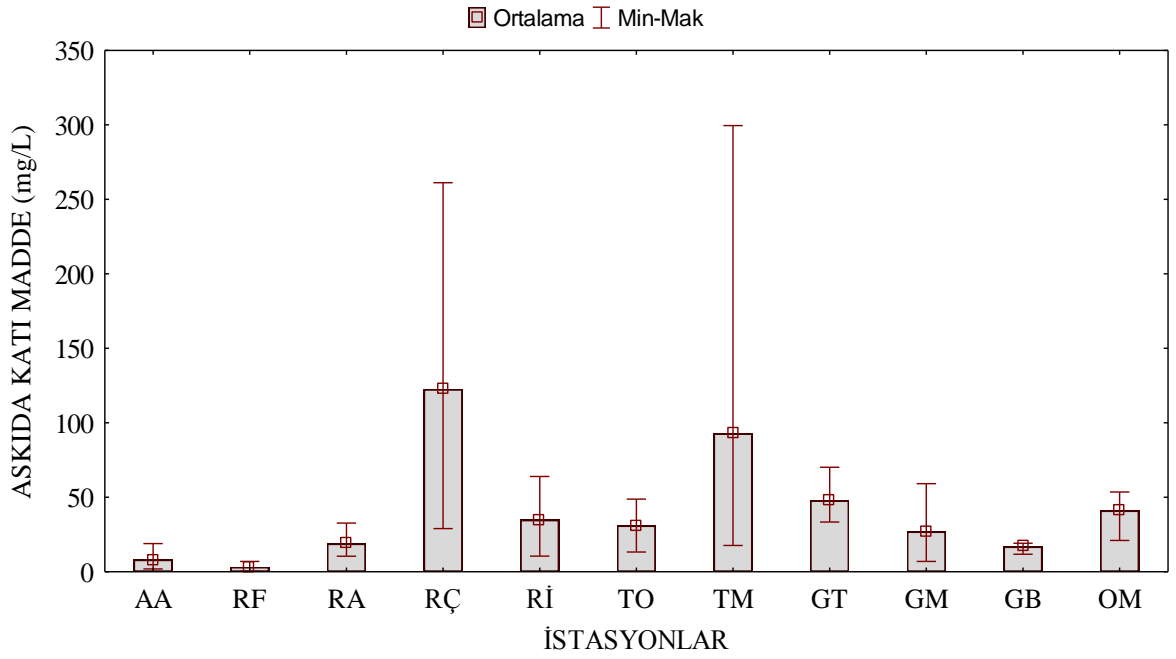
**Şekil 9.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel bulanıklık değişimleri.



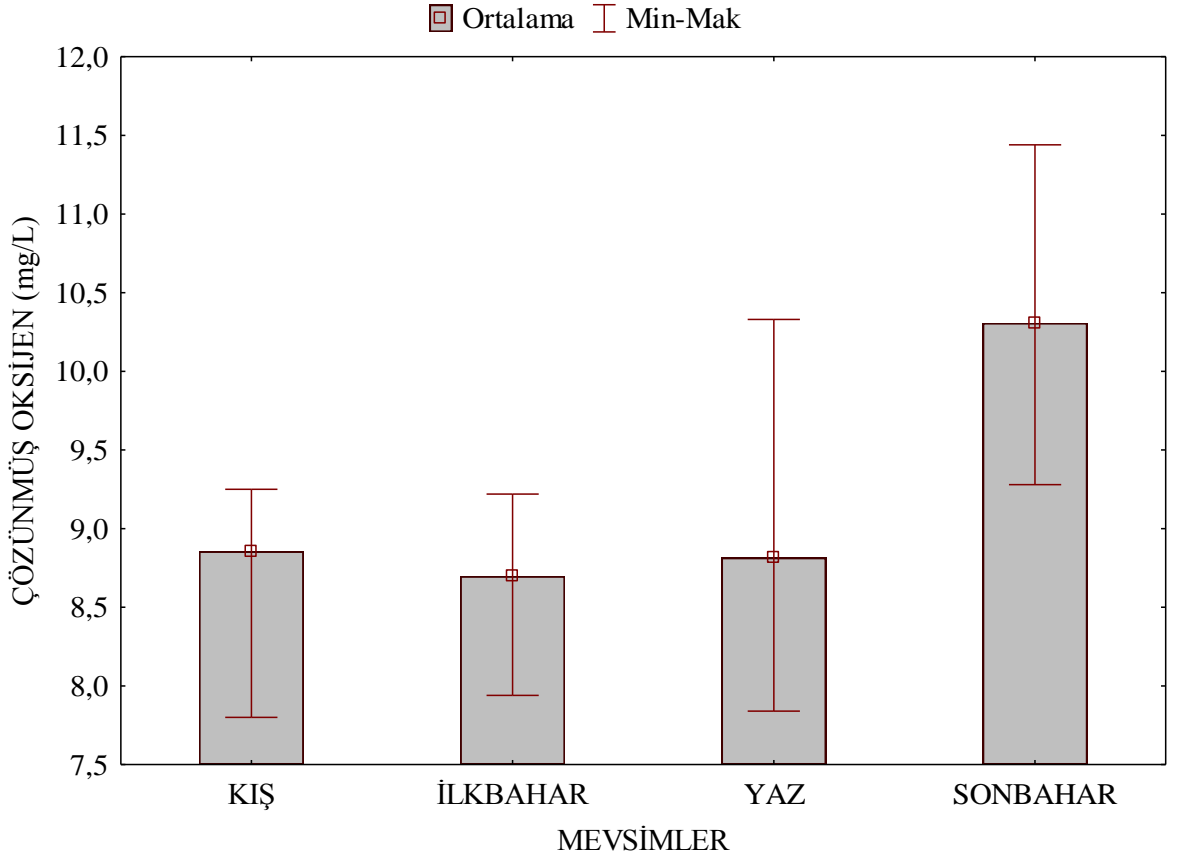
**Şekil 10.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre mevsimsel bulanıklık değişimleri.



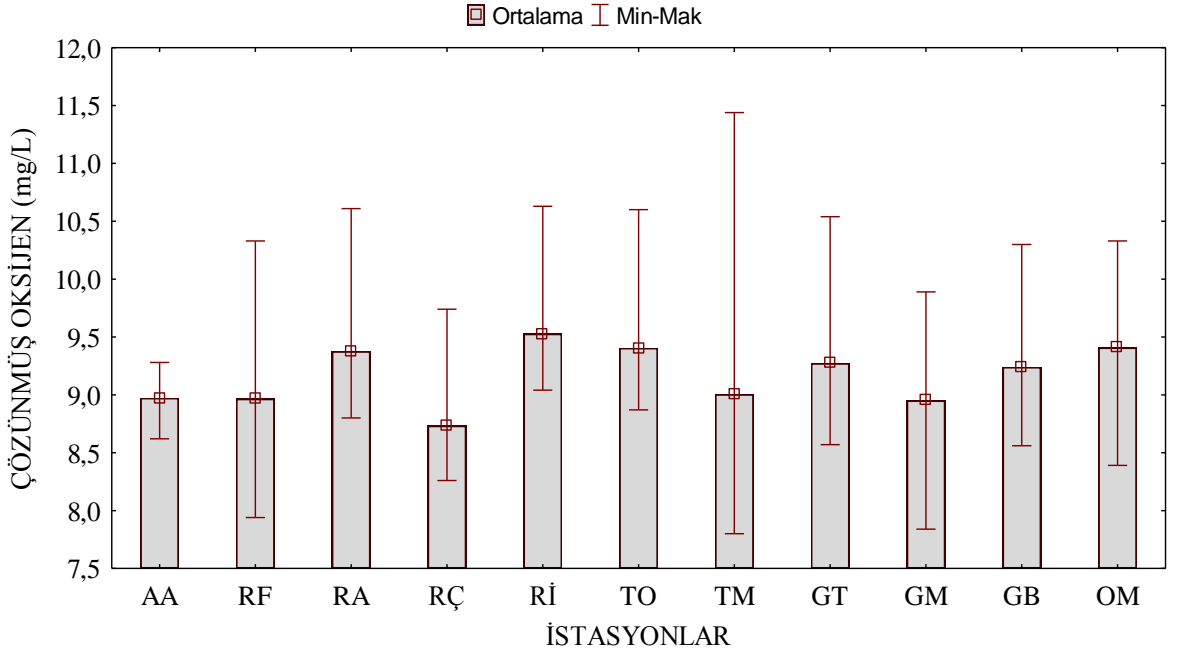
Şekil 11. Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel askıda katı madde değişimleri.



Şekil 12. Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre mevsimsel askıda katı madde değişimleri.



**Şekil 13.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel çözünmüş oksijen değışimleri.



**Şekil 14.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre mevsimsel çözünmüş oksijen değışimleri.

## 3.2. Kimyasal Su Kalitesi Bulguları

### 3.2.1. Toplam Sertlik

Çalışma alanında suda ölçülen toplam sertlik değerlerinin yıl boyunca 15,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L ile 240,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında değiştiği ve havzanın ortalama toplam sertlik değerinin 90,45 mg CaCO<sub>3</sub>/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 15). En yüksek toplam sertlik değeri sonbahar mevsiminde Giresun Aksu istasyonunda, en düşük toplam sertlik değeri ise ilkbahar mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan ve Rize Ardeşen Fırtına istasyonlarında kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık toplam sertlik ortalaması; Melet 125,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Pazarsuyu 72,50 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Aksu 150,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Harşit 110,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Değirmendere 131,25 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Solaklı 106,25 mg CaCO<sub>3</sub>/L, İyidere 75,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Büyükdere 66,25 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Fırtına 53,75 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Çağlayan 47,50 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Kapistre 57,50 mg CaCO<sub>3</sub>/L 'dir (Şekil 16).

### 3.2.2. Sülfat

Bölge su kaynaklarında gerçekleştirilen sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) ölçümlerinde yıl boyunca <1,00 mg/L ile 55,00 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 16,06 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 17). En yüksek sülfat değeri yaz mevsiminde Giresun Bulancak Pazarsuyu istasyonunda, en düşük sülfat değeri ise kış mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık sülfat ortalaması; Melet 19,75 mg/L, Pazarsuyu 25,50 mg/L, Aksu 30,25 mg/L, Harşit 26,50 mg/L, Değirmendere 26,38 mg/L, Solaklı 16,00 mg/L, İyidere 10,50 mg/L, Büyükdere 11,75 mg/L, Fırtına 3,00 mg/L, Çağlayan 3,00 mg/L, Kapistre 4,00 mg/L 'dir (Şekil 18).

### 3.2.3. Permanganat İndeksi (Organik Madde)

Doğu Karadeniz akarsu havzasında su örneklerinde yapılan permanganat indeksi ölçümlerinde yıl boyunca 0,64 mg O/L ile 3,14 mg O/L arasında değiştiği ve ortalama 1,71 mg O/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 19). En yüksek permanganat indeksi değeri



yaz mevsiminde Trabzon Değirmendere ve sonbahar mevsiminde Rize Çayeli Büyükdere istasyonlarında, en düşük permanganat indeksi değeri ise kış mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık permanganat indeksi ortalaması; Melet 2,27 mg O/L, Pazarsuyu 2,06 mg O/L, Aksu 1,82 mg O/L, Harşit 1,98 mg O/L, Değirmendere 1,92 mg O/L, Solaklı 1,38 mg O/L, İyidere 1,48 mg O/L, Büyükdere 2,13 mg O/L, Fırtına 1,43 mg O/L, Çağlayan 1,26 mg O/L, Kapistre 1,14 mg O/L 'dir (Şekil 20).

#### **3.2.4. Klorofil-a**

Birincil üretimin indirekt bir göstergesi olan klorofil-a ölçümlerinde yıl boyunca 0,26 µg/L ile 8,11 µg/L arasında değiştiği ve ortalama 2,46 µg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 21). En yüksek klorofil-a değeri yaz mevsiminde Giresun Bulancak Pazarsuyu istasyonunda, en düşük klorofil-a değeri ise yaz mevsiminde Rize Ardeşen Fırtına istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık klorofil-a ortalaması; Melet 2,91 µg/L, Pazarsuyu 4,40 µg/L, Aksu 4,18 µg/L, Harşit 2,69 µg/L, Değirmendere 2,03 µg/L, Solaklı 2,78 µg/L, İyidere 2,74 µg/L, Büyükdere 1,34 µg/L, Fırtına 0,69 µg/L, Çağlayan 2,69 µg/L, Kapistre 0,63 µg/L 'dir (Şekil 22).

#### **3.2.5. Nitrat Azotu (NO<sub>3</sub>-N)**

Su ortamında bitkisel organizmaların ihtiyaç duydukları besin elementlerinden azot'un önemli bir formu olan nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N) ölçümlerinde yıl boyunca 0,094 mg/L ile 2,396 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 0,685 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 23). En yüksek nitrat azotu değeri sonbahar mevsiminde Rize İyidere istasyonunda, en düşük nitrat azotu değeri ise yaz mevsiminde Ordu Melet istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık nitrat azotu ortalaması; Melet 0,424 mg/L, Pazarsuyu 0,416 mg/L, Aksu 0,702 mg/L, Harşit 0,511 mg/L, Değirmendere 0,761 mg/L, Solaklı 0,853 mg/L, İyidere 1,297 mg/L, Büyükdere 0,860 mg/L, Fırtına 0,537 mg/L, Çağlayan 0,452 mg/L, Kapistre 0,723 mg/L 'dir (Şekil 24).

### 3.2.6. Nitrit Azotu (NO<sub>2</sub>-N)

Akarsuların oluşturduğu sucul ekosistemlerde organik madde ayrışımının önemli ürünlerinde biri olan nitrit azotu (NO<sub>2</sub>-N) ölçümlerinde yıl boyunca 0,0008 mg/L ile 0,0241 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 0,0041 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 25). En yüksek nitrit azotu değeri yaz mevsiminde Trabzon Değirmendere istasyonunda, en düşük nitrit azotu değeri ise ilkbahar mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık nitrit azotu ortalaması; Melet 0,0037 mg/L, Pazarsuyu 0,0030 mg/L, Aksu 0,0050 mg/L, Harşit 0,0026 mg/L, Değirmendere 0,0132 mg/L, Solaklı 0,0048 mg/L, İyidere 0,0049 mg/L, Büyükdere 0,0027 mg/L, Fırtına 0,0020 mg/L, Çağlayan 0,0017 mg/L, Kapistre 0,0019 mg/L 'dir (Şekil 26).

### 3.2.7. Amonyum Azotu (NH<sub>4</sub>-N)

Sucul ortamlarda organik madde ayrışımında önemli yer tutan azot döngüsündeki major bir parametre olan amonyum azotu (NH<sub>4</sub>-N) ölçümlerinde yıl boyunca <0,020 mg/L ile 0,131 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 0,028 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 27). En yüksek amonyum azotu değeri sonbahar mevsiminde Trabzon Değirmendere istasyonunda, en düşük amonyum azotu değeri ise sonbahar mevsiminde Rize İyidere istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık amonyum azotu ortalaması; Melet 0,049 mg/L, Pazarsuyu 0,029 mg/L, Aksu 0,037 mg/L, Harşit <0,020 mg/L, Değirmendere 0,110 mg/L, Solaklı 0,021 mg/L, İyidere <0,020 mg/L, Büyükdere 0,026 mg/L, Fırtına <0,020 mg/L, Çağlayan <0,020 mg/L, Kapistre <0,020 mg/L 'dir (Şekil 28).

### 3.2.8. Orto-fosfat Fosforu (o-PO<sub>4</sub>-P)

Akarsu ve göl ekosistemlerinde birincil üretimi sınırlayan ve aynı zamanda tetikleyen bir parametre olan orto-fosfat fosforu (o-PO<sub>4</sub>-P) ölçümlerinde yıl boyunca <0,003 mg/L ile 0,024 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 0,006 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 29). En yüksek orto-fosfat fosforu değeri kış mevsiminde Trabzon Değirmendere istasyonunda, en düşük orto-fosfat fosforu değeri ise yaz mevsiminde

Artvin Arhavi Kapistre ve Rize Fındıklı Çağlayan istasyonlarında kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık orto-fosfat fosforu ortalaması; Melet 0,007 mg/L, Pazarsuyu 0,005 mg/L, Aksu 0,007 mg/L, Harşit 0,004 mg/L, Değirmendere 0,014 mg/L, Solaklı 0,004 mg/L, İyidere 0,005 mg/L, Büyükdere 0,007 mg/L, Fırtına 0,003 mg/L, Çağlayan <0,003 mg/L, Kapistre 0,003 mg/L 'dir (Şekil 30).

### **3.2.9. Silikat (SiO<sub>2</sub>-Si)**

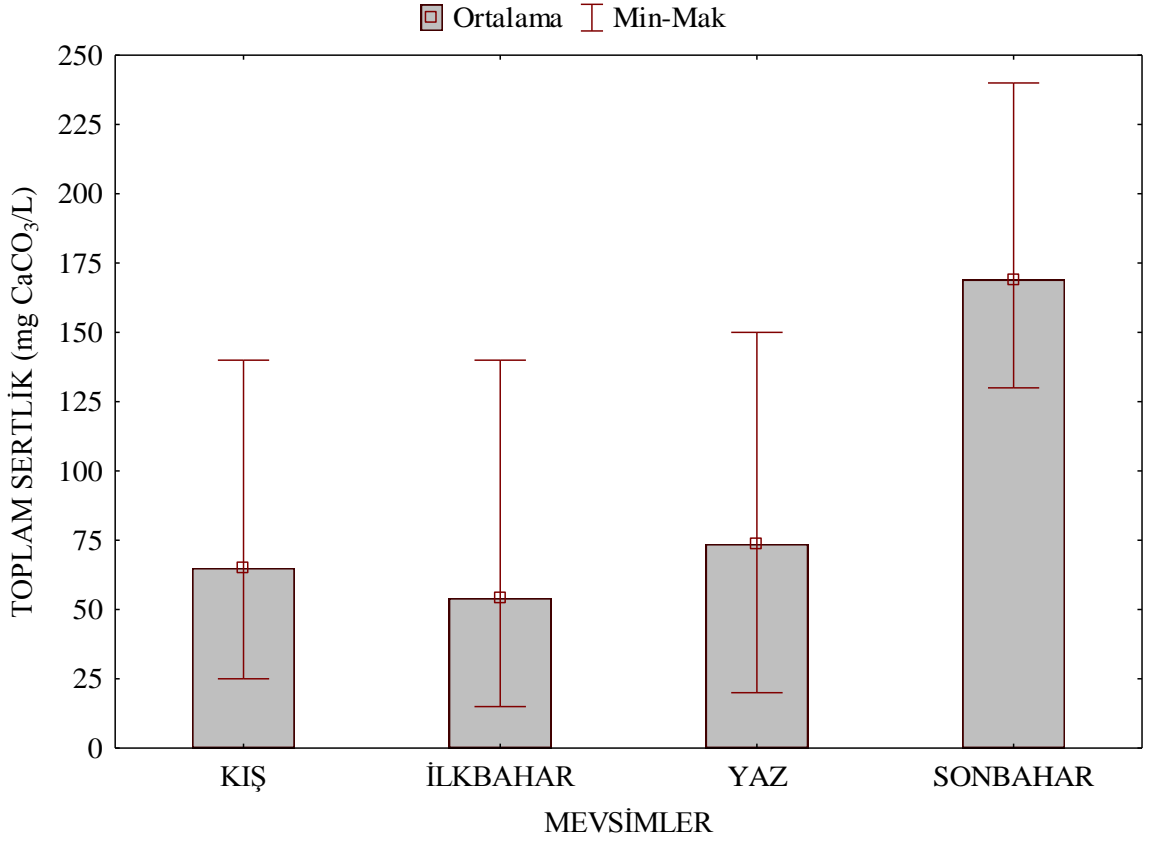
Besin elementleri grubunda yer alan silikat (SiO<sub>2</sub>-Si) ölçümlerinde yıl boyunca 3,36 mg/L ile 9,40 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 7,16 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 31). En yüksek silikat değeri sonbahar mevsiminde Artvin Arhavi Kapistre istasyonunda, en düşük silikat değeri ise ilkbahar mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık silikat ortalaması; Melet 8,14 mg/L, Pazarsuyu 6,85 mg/L, Aksu 7,48 mg/L, Harşit 6,73 mg/L, Değirmendere 7,57 mg/L, Solaklı 7,03 mg/L, İyidere 7,45 mg/L, Büyükdere 8,01 mg/L, Fırtına 6,82 mg/L, Çağlayan 5,93 mg/L, Kapistre 6,76 mg/L 'dir (Şekil 32).

### **3.2.10. Toplam Fosfor (TP)**

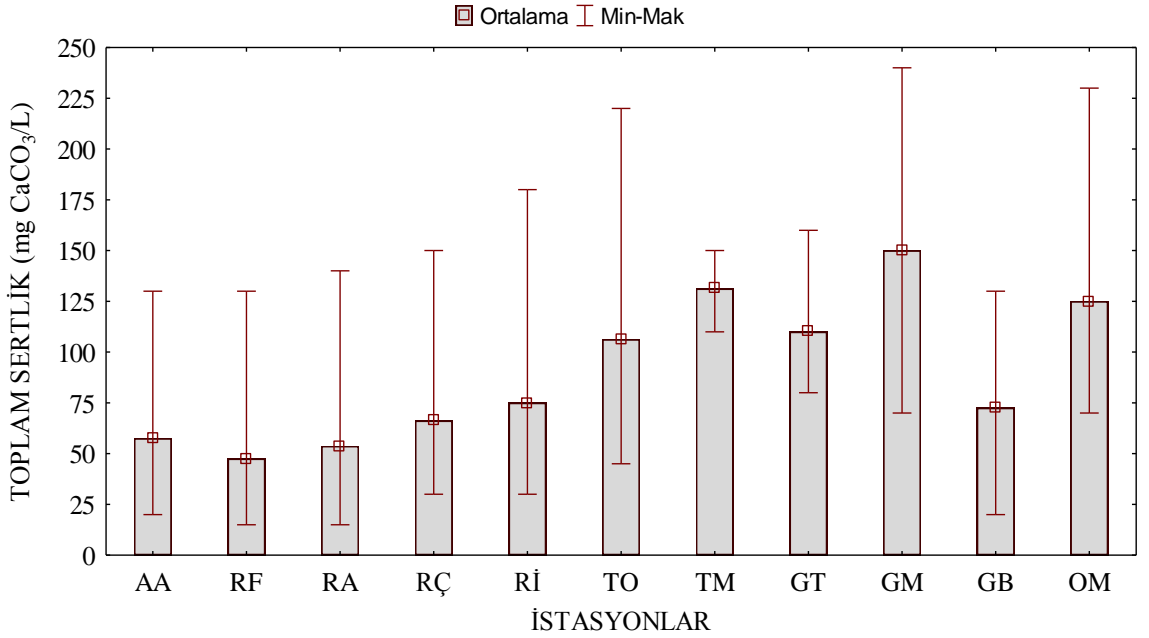
Su ortamında çözünmüş ve çözünmemiş fazda partikül, inorganik ve organik fosforların toplamını temsil eden toplam fosfor (TP) ölçümlerinde yıl boyunca <0,003 mg/L ile 0,056 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 0,018 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 33). En yüksek toplam fosfor değeri yaz mevsiminde Trabzon Değirmendere istasyonunda, en düşük toplam fosfor değeri ise yaz mevsiminde Artvin Arhavi Kapistre istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık toplam fosfor ortalaması; Melet 0,028 mg/L, Pazarsuyu 0,014 mg/L, Aksu 0,024 mg/L, Harşit 0,012 mg/L, Değirmendere 0,036 mg/L, Solaklı 0,014 mg/L, İyidere 0,016 mg/L, Büyükdere 0,027 mg/L, Fırtına 0,008 mg/L, Çağlayan 0,008 mg/L, Kapistre 0,008 mg/L'dir (Şekil 34).

### 3.2.11. Toplam Azot (TN)

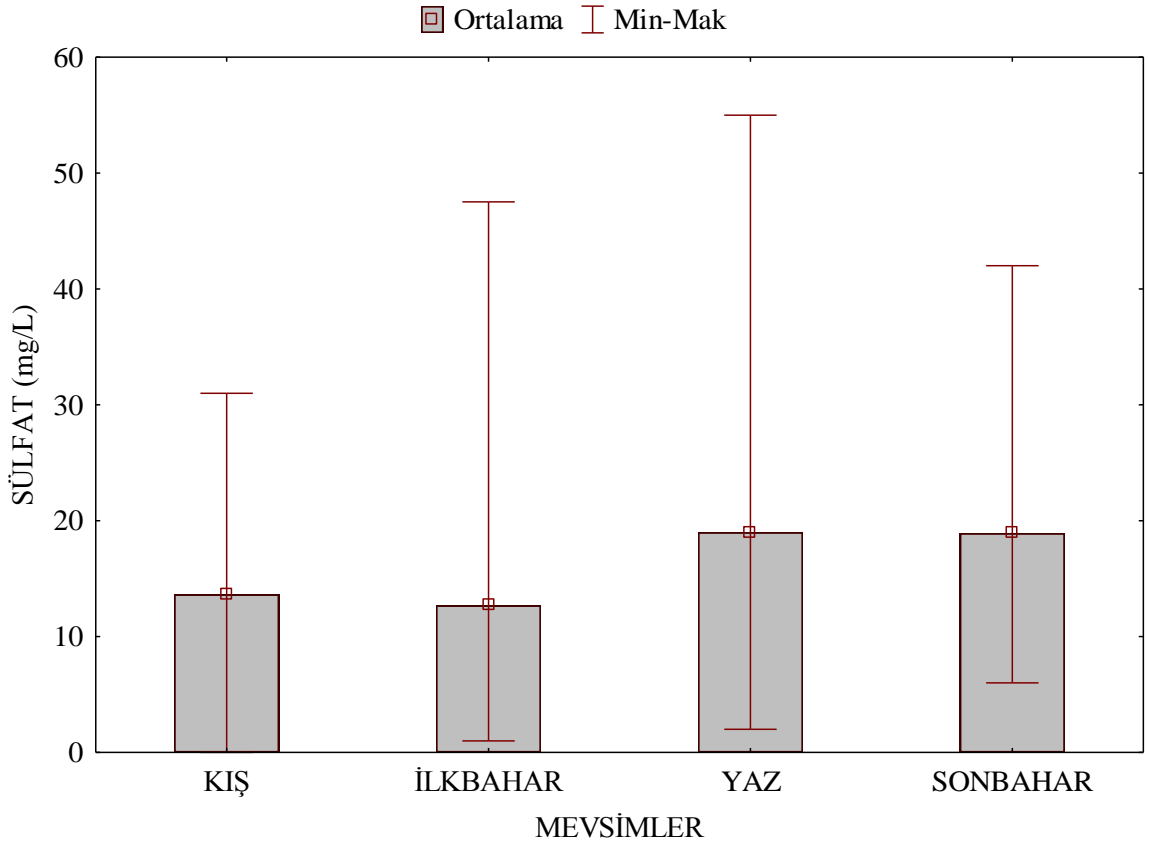
Sucul ortamda bulunan Kjeldahl (organik azot, amonyak ( $\text{NH}_3$ ) ve amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) ve nitrit-nitrat azot formları toplamını temsil eden toplam azot (TN) ölçümlerinde yıl boyunca 0,270 mg/L ile 3,075 mg/L arasında değiştiği ve ortalama 0,942 mg/L olduğu belirlenmiştir (Şekil 35). En yüksek toplam azot değeri sonbahar mevsiminde Rize İyidere istasyonunda, en düşük toplam azot değeri ise ilkbahar mevsiminde Rize Fındıklı Çağlayan istasyonunda kaydedilmiştir. Havzada batıdan doğuya doğru olmak üzere her istasyonun yıllık toplam azot ortalaması; Melet 0,790 mg/L, Pazarsuyu 0,709 mg/L, Aksu 0,934 mg/L, Harşit 0,705 mg/L, Değirmendere 1,082 mg/L, Solaklı 1,148 mg/L, İyidere 1,587 mg/L, Büyükdere 1,146 mg/L, Fırtına 1,239 mg/L, Çağlayan 0,576 mg/L, Kapistre 0,948 mg/L 'dir (Şekil 36).



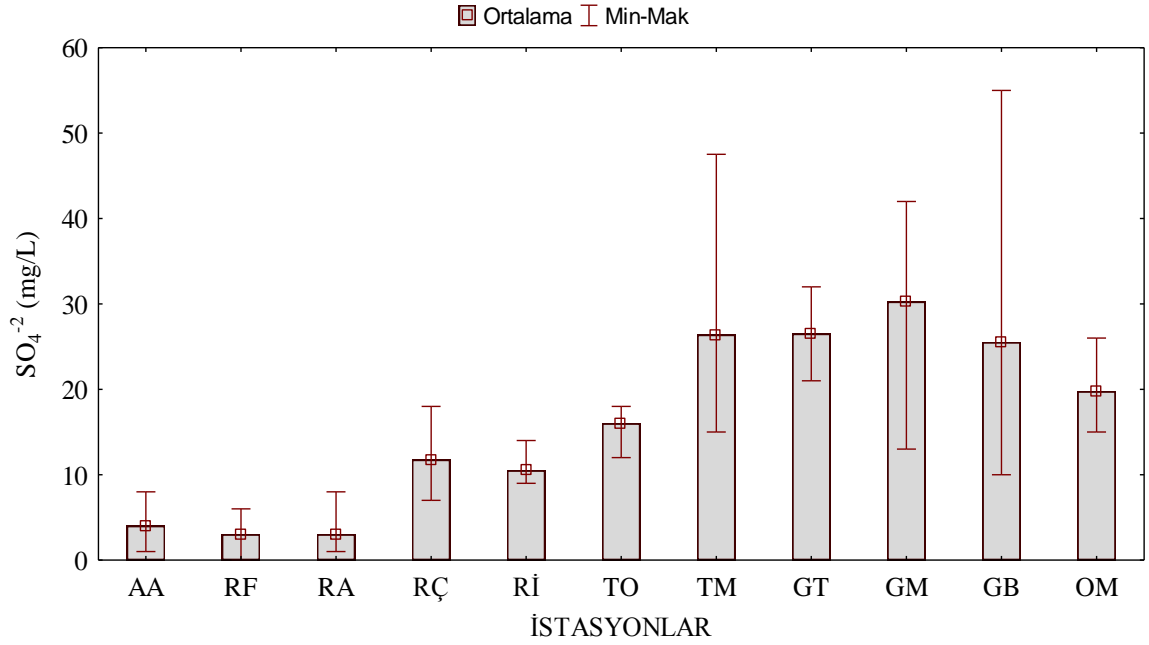
**Şekil 15.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel toplam sertlik değişimleri.



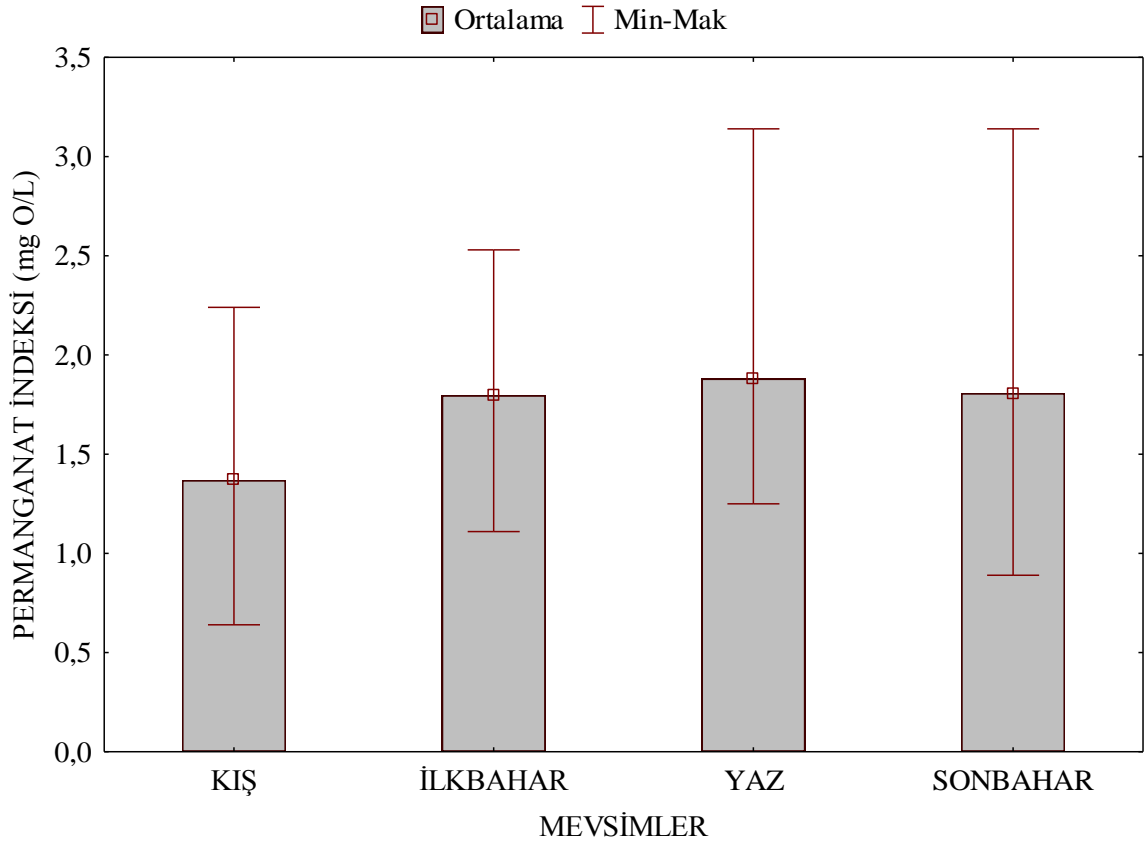
**Şekil 16.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık toplam sertlik değişimleri.



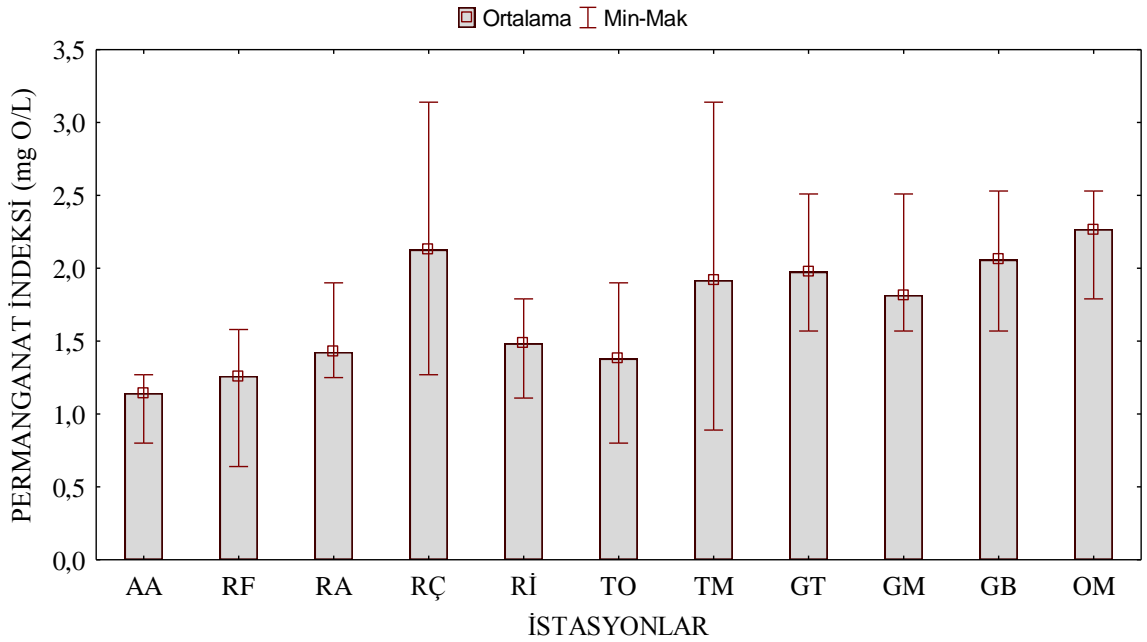
Şekil 17. Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel sülfat değişimleri.



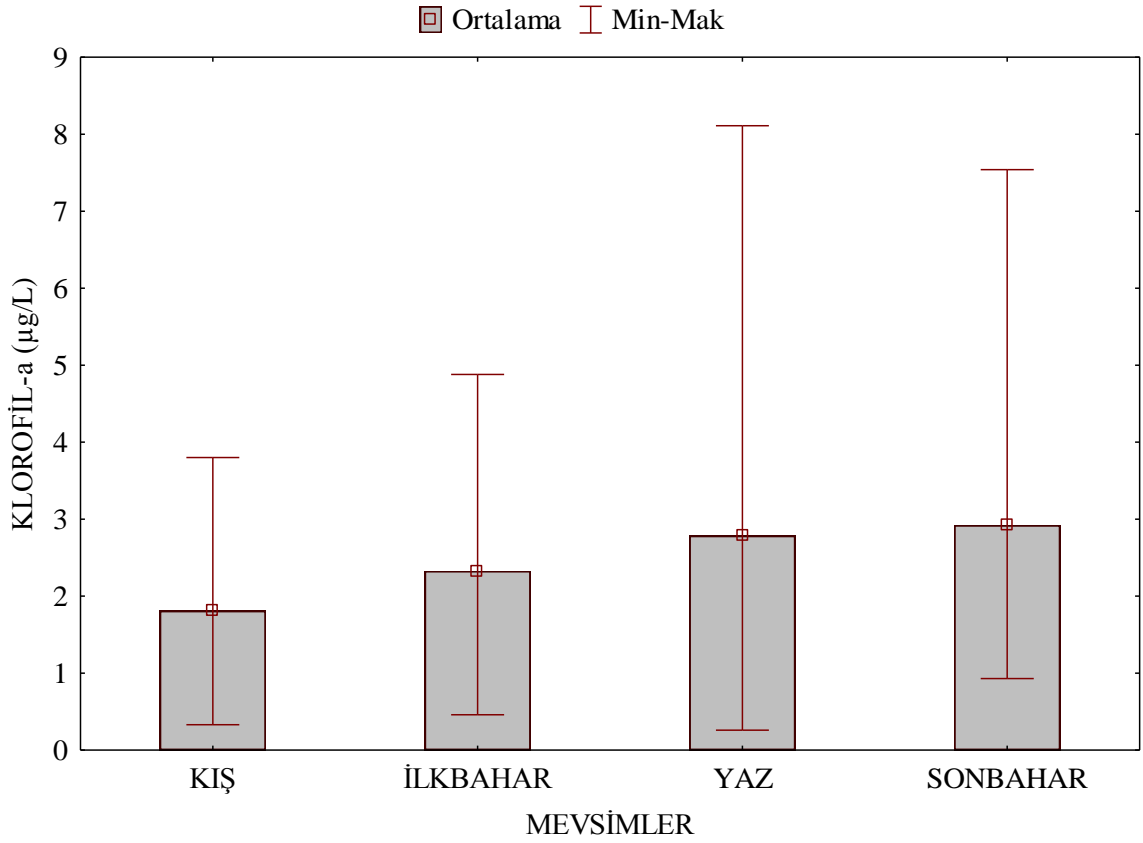
Şekil 18. Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık sülfat değişimleri.



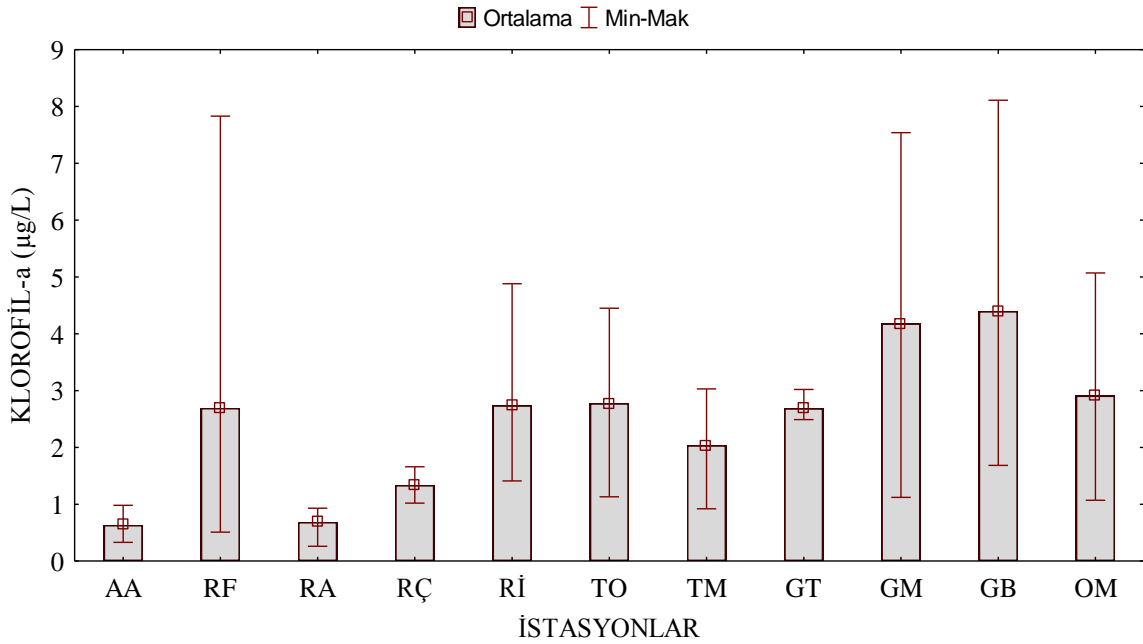
Şekil 19. Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel permanganat indeksi değışimleri.



Şekil 20. Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık permanganat indeksi değışimleri.

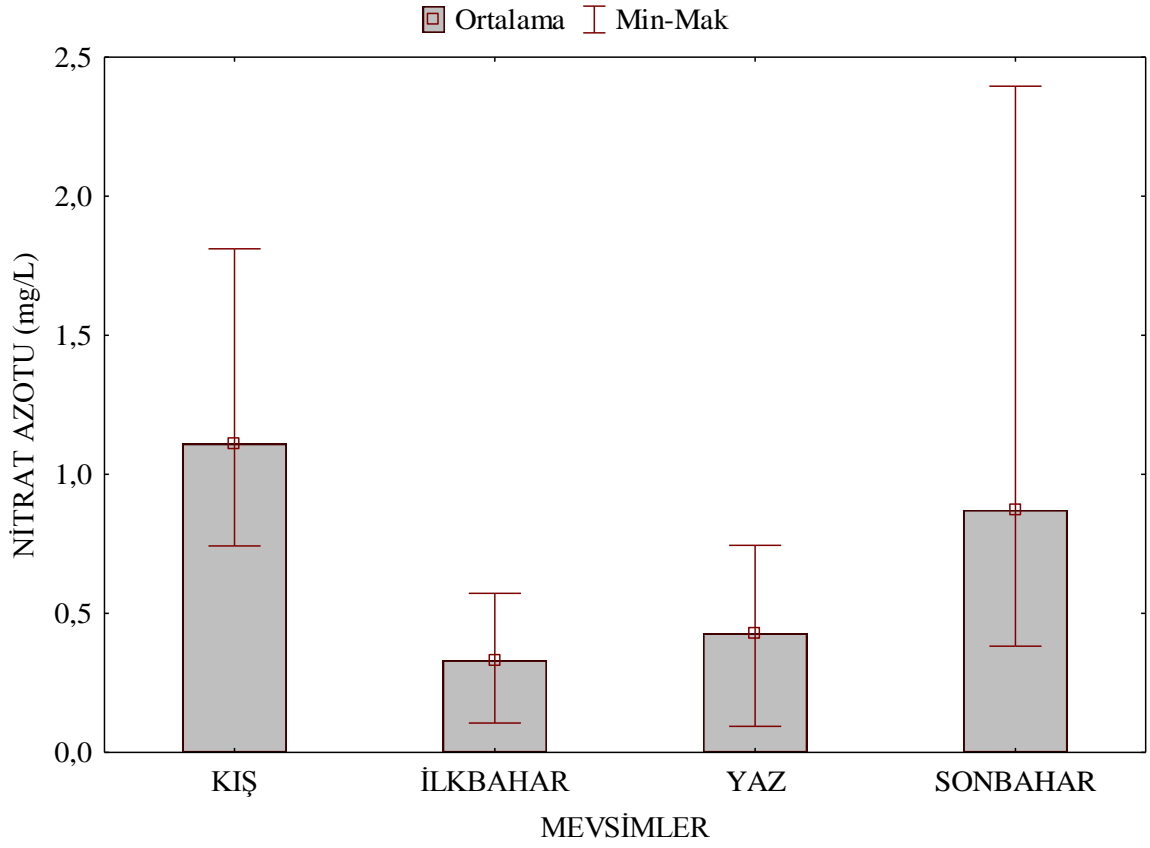


**Şekil 21.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel klorofil-a değişimleri.

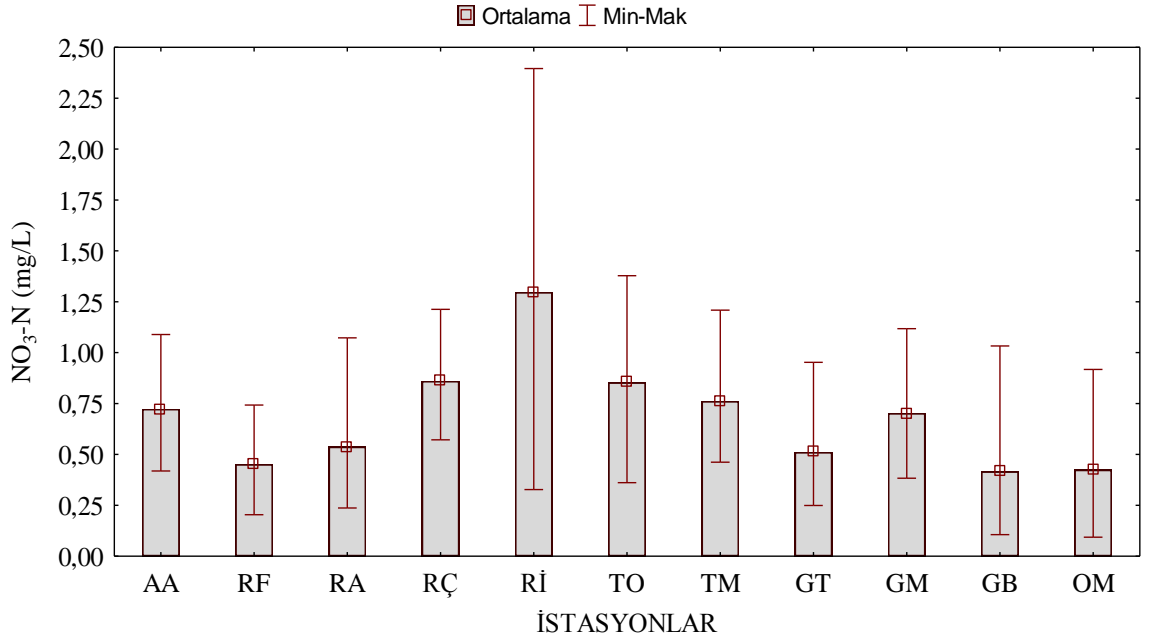


**Şekil 22.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık klorofil-a değişimleri.

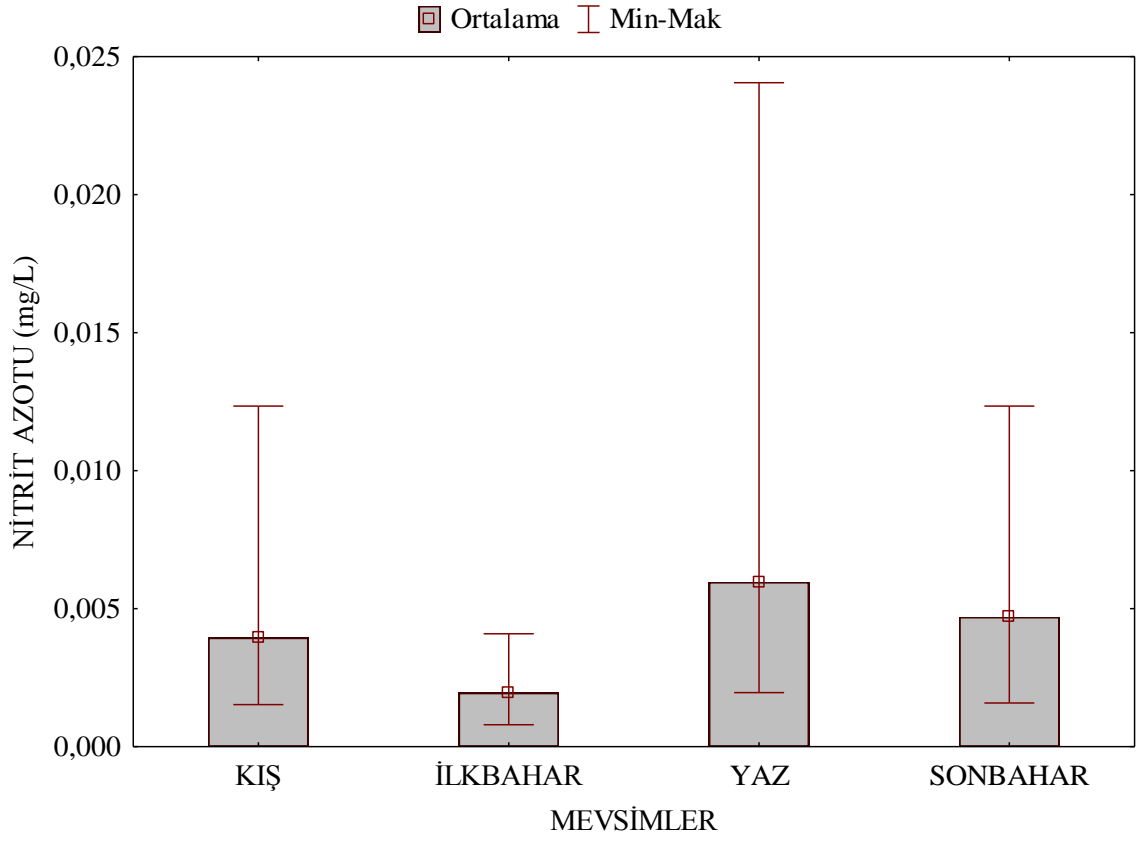




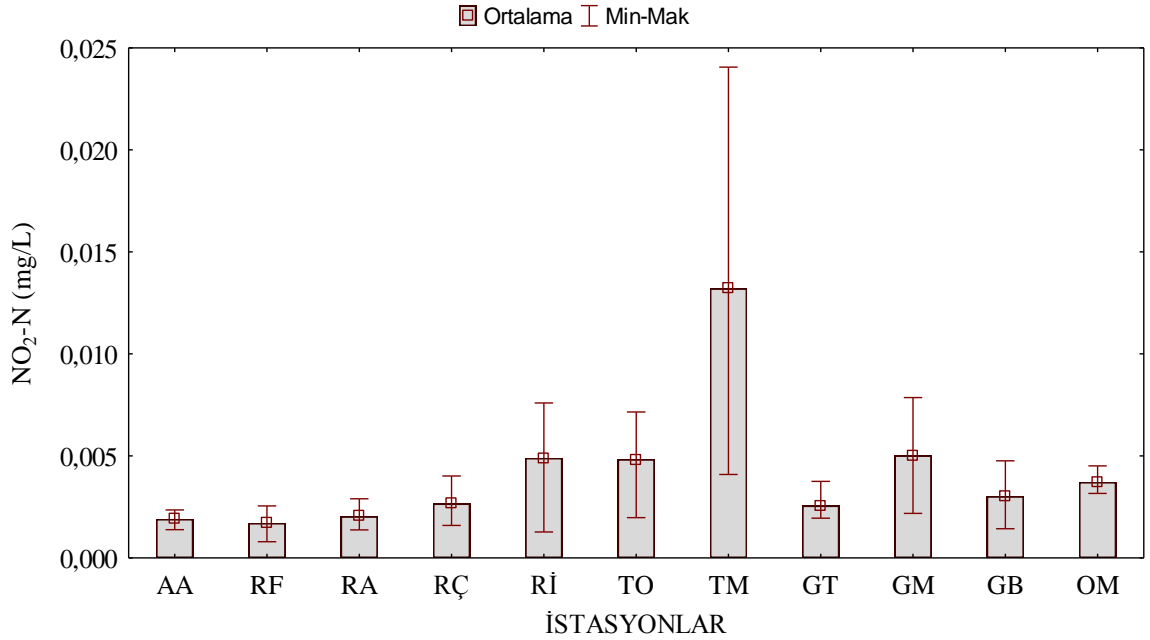
**Şekil 23.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel nitrat azotu değişimleri.



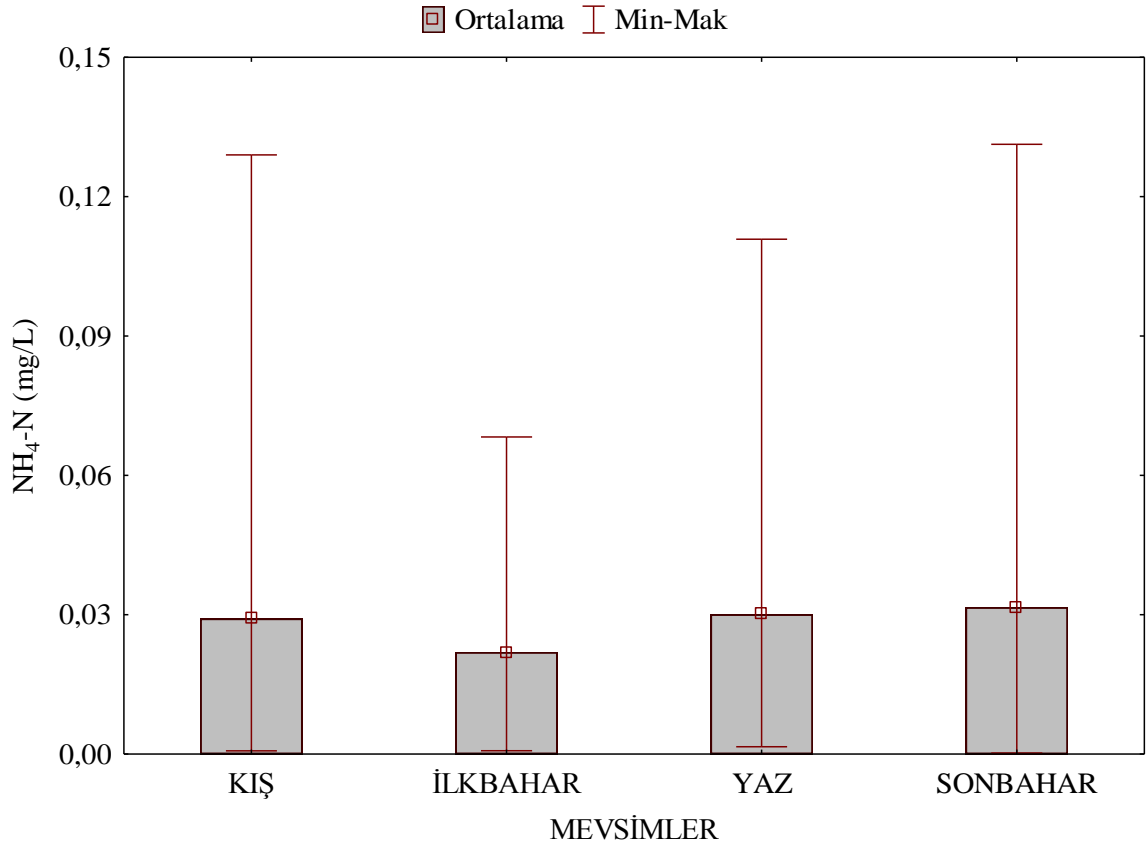
**Şekil 24.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık nitrat azotu değişimleri.



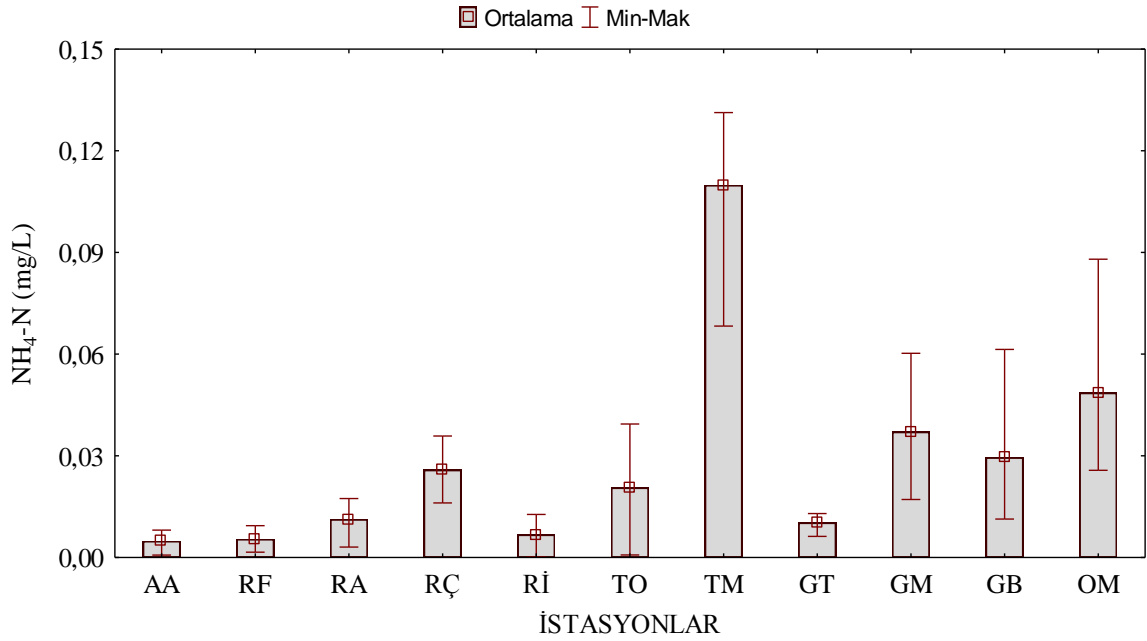
**Şekil 25.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel nitrit azotu değişimleri.



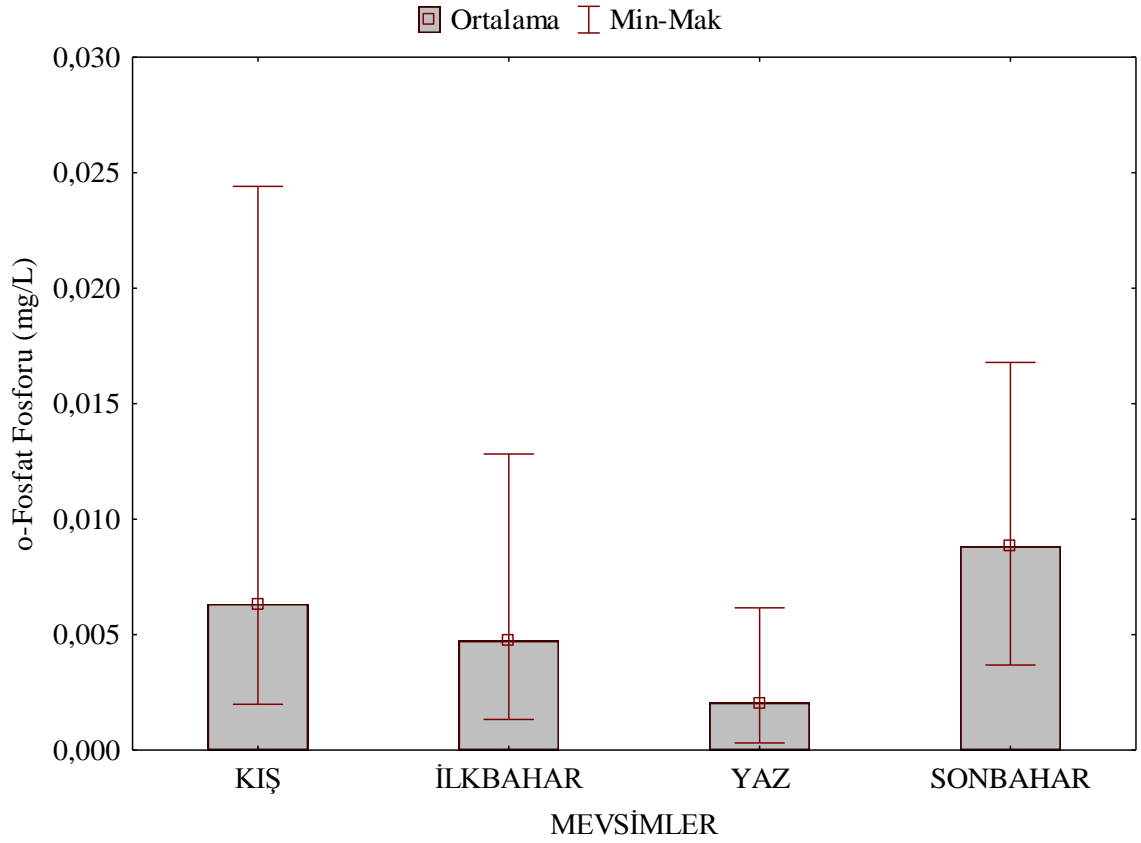
**Şekil 26.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık nitrit azotu değişimleri.



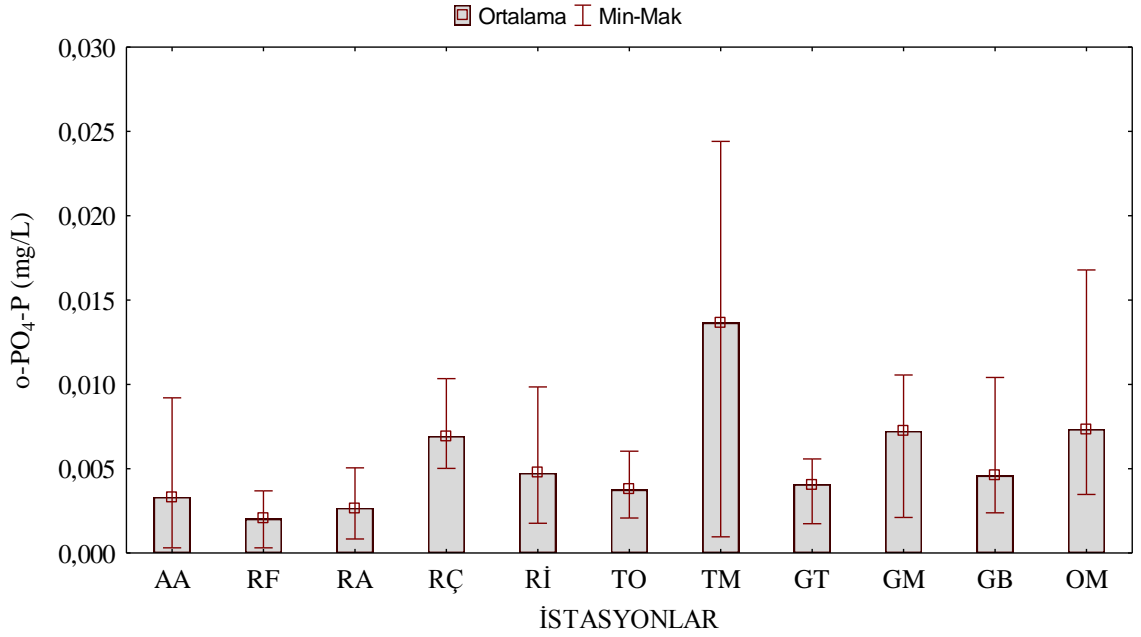
Şekil 27. Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel amonyum azotu değışimleri.



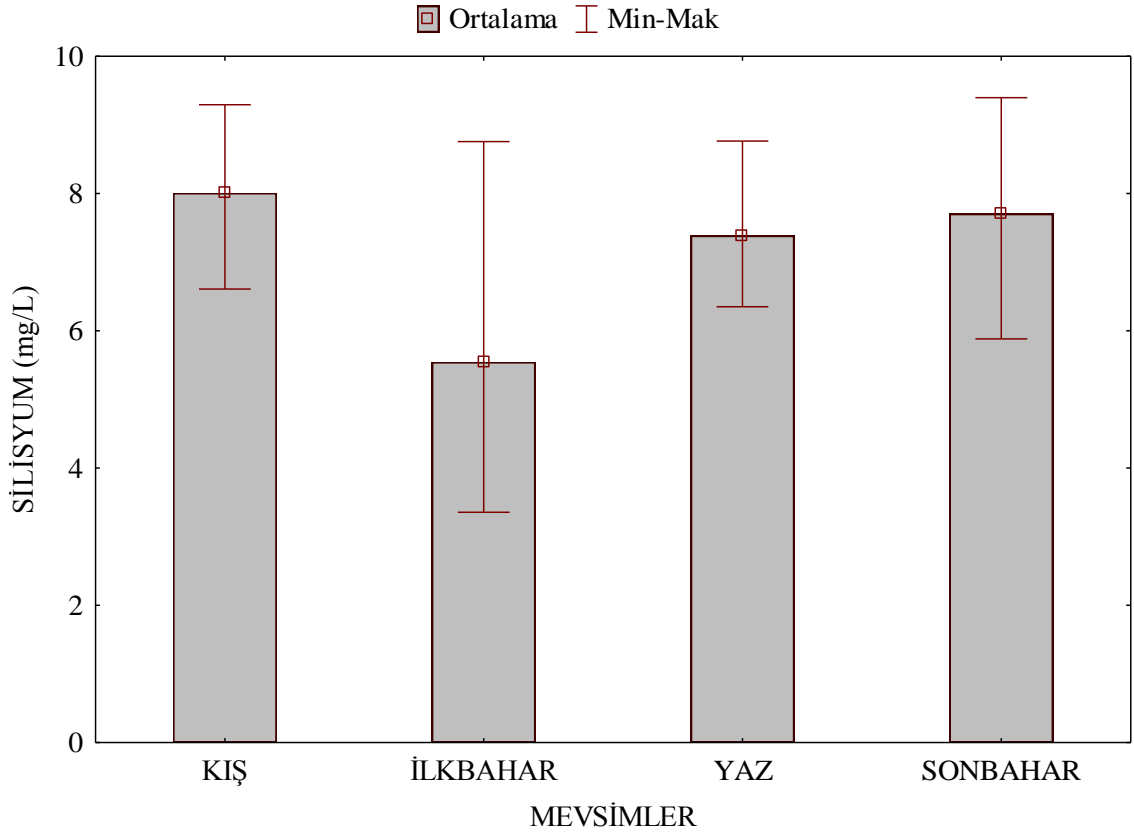
Şekil 28. Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık amonyum azotu değışimleri.



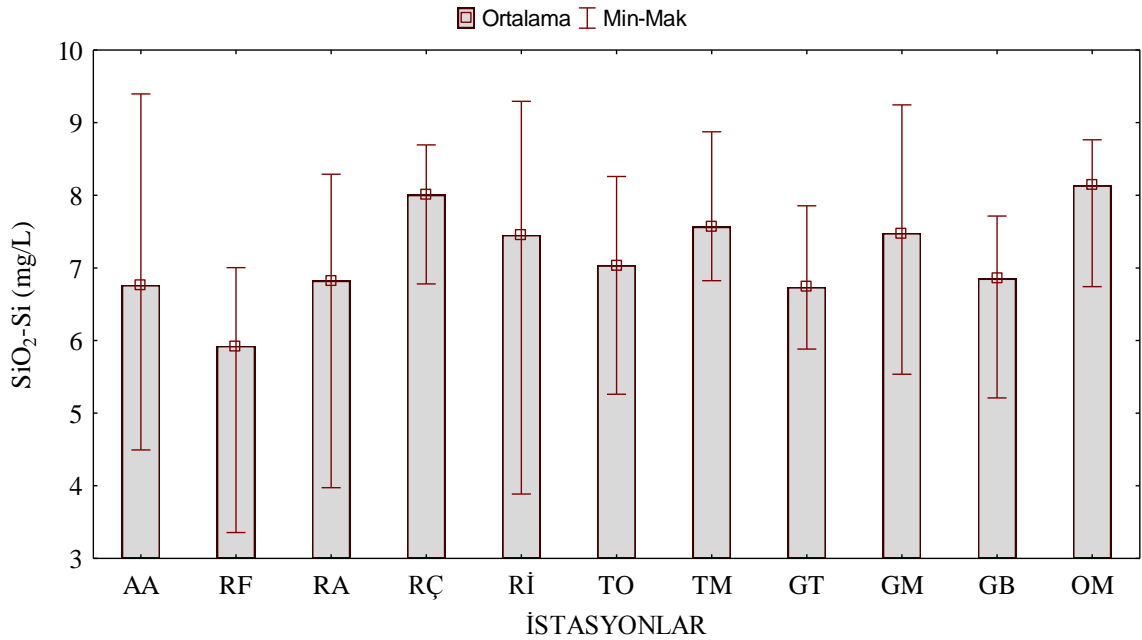
**Şekil 29.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel orto-fosfat fosforu değişimleri.



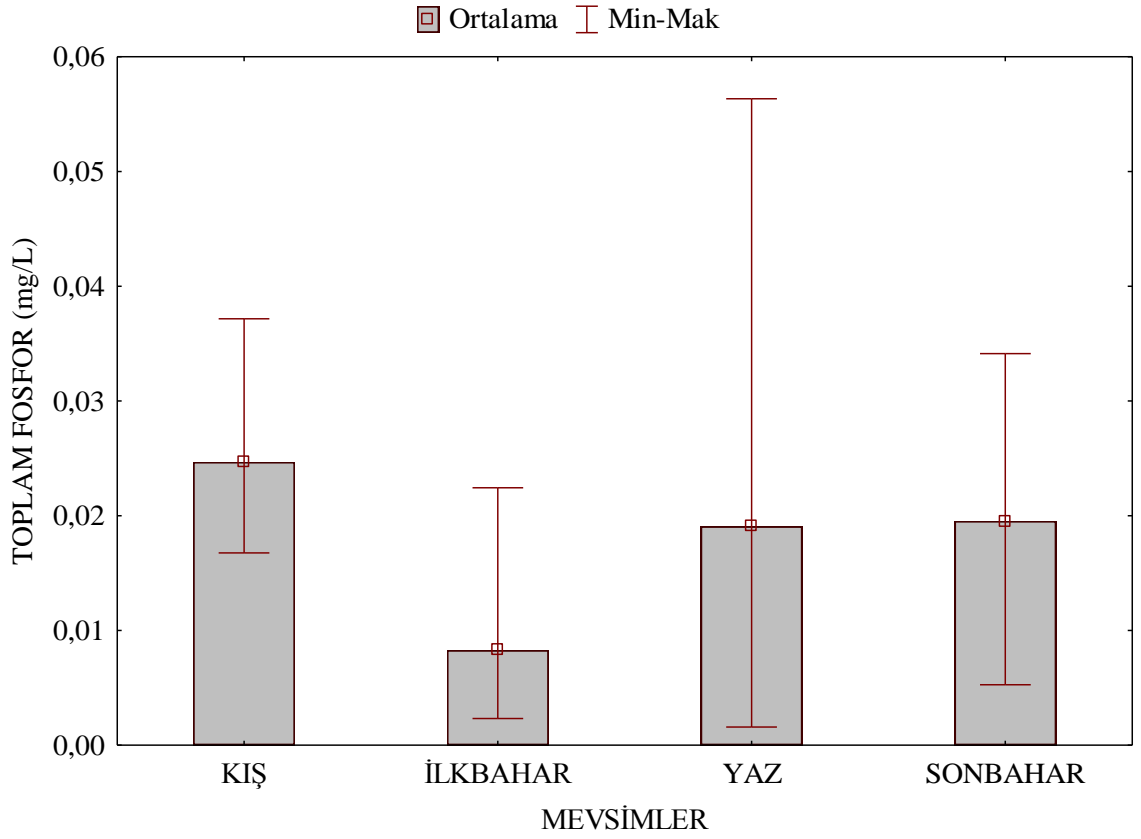
**Şekil 30.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık orto-fosfat-fosforu değişimleri.



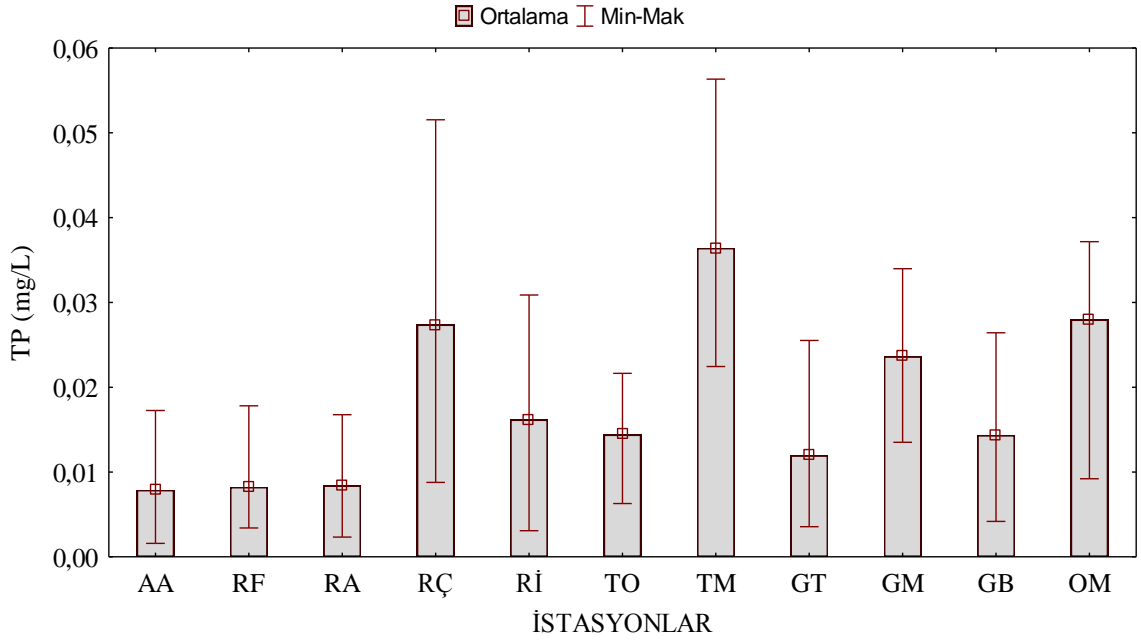
**Şekil 31.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel silikat ( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ) değişimleri.



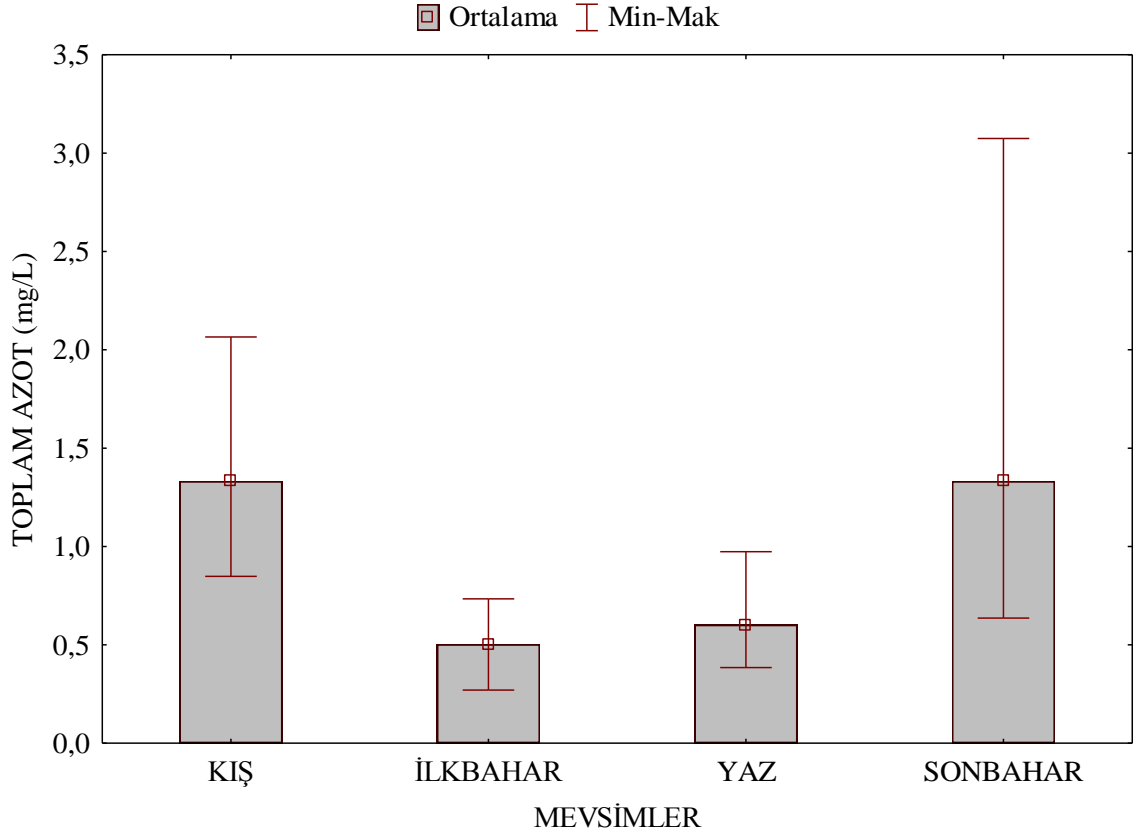
**Şekil 32.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık silikat ( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ) değişimleri.



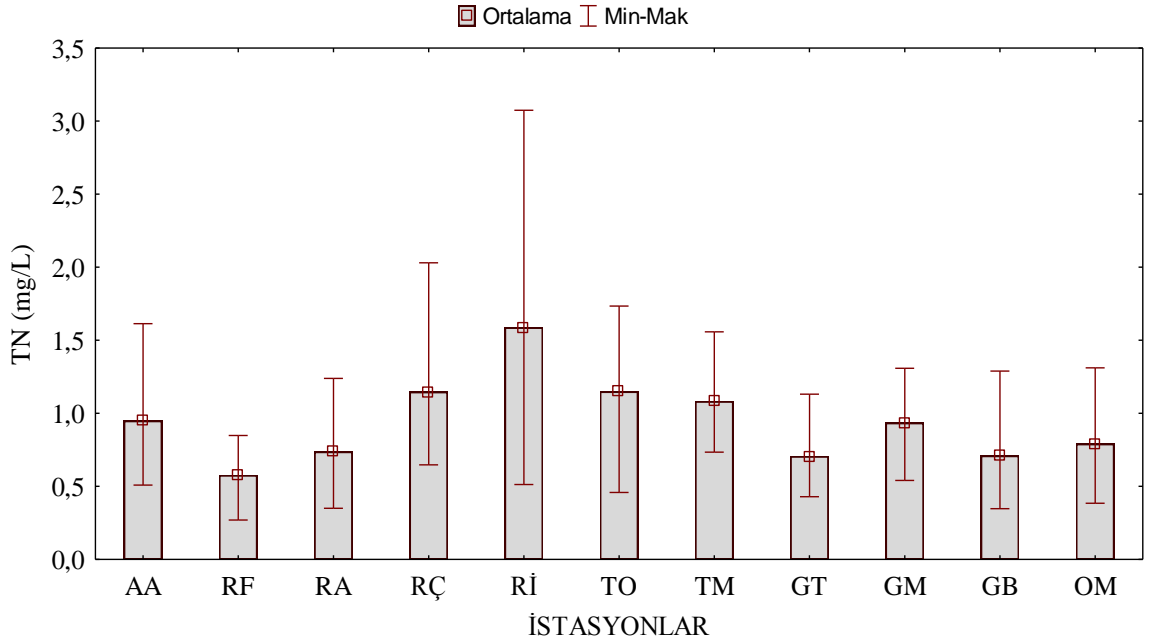
**Şekil 33.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel toplam fosfor değişimleri.



**Şekil 34.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık toplam fosfor değişimleri.



**Şekil 35.** Doğu Karadeniz Havzası akarsularının havza bazında mevsimsel toplam azot değişimleri.



**Şekil 36.** Doğu Karadeniz Havzası akarsu istasyonlarına göre yıllık toplam azot değişimleri.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma ile Doğu Karadeniz havzasındaki akarsuların fiziko-kimyasal su kalitesi parametrelerinin Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği kapsamında değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Havzadaki çalışılan akarsularının yıllık sıcaklık ortalaması 15,32 °C olarak belirlenmiş ve en düşük sıcaklık değeri 7,93 °C ile Değirmendere deresinde (Trabzon), en yüksek sıcaklık değeri ise 27,5 °C olarak Pazarsuyu deresinde (Giresun) istasyonunda tespit edilmiştir.

Su sıcaklığı, sucul ortamlarda çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, yoğunluk vb. birçok fiziksel su özelliklerini doğrudan değiştirirken sucul canlıların optimal yaşam koşullarını ve bir çok biyo-kimyasal süreci etkileyen bir parametredir (UNEP, 2008). Bu nedenle su kalitesi çalışmalarında öncelikle incelenen önemli fiziksel parametrelerden birisidir. Havzadaki 11 farklı akarsu istasyonunun incelendiği bu çalışmada, İyidere (Rİ) istasyonundan batıya doğru yıllık ortalama su sıcaklığının arttığı, doğuya doğru ise yine artacak şekilde bir dalgalanma gözlenmektedir (Şekil 4). Akarsuların yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde en düşük ve en yüksek yıllık ortalama sıcaklık değerleri arasında 2,88 °C'lik bir fark söz konusudur. Bu farklılık istasyonlardaki ölçüm zamanları arasındaki güneş ışınları açısı ve gün içi hava sıcaklığı değişiminden kaynaklanabilecek bir durum olarak değerlendirilebilir. Ayrıca havzanın batısındaki akarsuların yatak eğimlerinin doğuya nazaran daha düşük seviyede olması da bir diğer etken olarak değerlendirilebilir.

Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda ortalama sıcaklık değerleri; Alkan vd., (2013) 12,90 °C, Boran ve Sivri, (2001)'nin Trabzon'daki Solaklı ve Sürmene derelerinde yaptıkları çalışmada 10,6 °C, Aksungur vd., (2007) ise 12,42 °C, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki akarsuların yağışlı dönem su sıcaklık ortalaması 9,10 °C, Dinçer, S., (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptığı çalışmada yıllık ortalama sıcaklık değerini 13 °C, Serdar, (2012) İyidere deresinin ortalama su sıcaklığını 11,3 °C olarak bulunmuştur. Bu çalışmada ise havza bazında ortalama su sıcaklığı 15,32 °C olarak tespit edilmiştir. Belirlenen bu



değerin YSKYY'ne göre su sıcaklığı açısından havza akarsularının su kalite sınıfı I. sınıf olarak tespit edilmiş ve akarsuların ise su kalite sınıfları tablo 5'te görülmektedir.

Havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama pH değeri 7,78 olup en düşük pH değeri ilkbahar mevsiminde Kapistre deresinde (6,30) ölçülürken en yüksek pH değeri 8,87 ile yaz mevsiminde Pazarsuyu istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 6).

Sucul ortamlarda suyun asit-baz dengesi, tamponlama kapasitesi ve  $CO_2/CO_3/HCO_3$  ilişkisi hakkında bilgi veren, su kalitesi çalışmalarında öncelikle tespit edilen ve bir çok su kalite parametresinin etki seviyesini değiştirmesi açısından önemli bir fiziko-kimyasal parametredir. Bu çalışmada 11 farklı akarsu istasyonunun incelendiği havzada, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ortalama pH'nın 8,00-8,50 (alkali karakter) aralığında, kış ve İlkbahar mevsimlerinde ise ortalama pH'nın 7,50 (hafif alkali) civarında seyrettiği tespit edilmiştir (Şekil 5). Havza bazındaki istasyonlar dikkate alındığında Değirmendere deresi (TM) ve batısındaki akarsularda ortalama pH 8,00 civarında iken, doğusundaki akarsularda ise 7,50 düzeylerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).

Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda tespit edilen ortalama pH değerleri; Alkan vd., (2013) 8,00, Boran ve Sivri, (2001)'nin Mart-Mayıs ayları arasında Trabzon'daki Solaklı ve Sürmene derelerinde yaptıkları çalışmada 8,14 ve 8,61, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 7,17; 7,31; 7,46; 7,24 ve 7,80, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşalttığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönem ortalama pH değerleri sırasıyla 8,10 ve 7,80, Serdar, (2012) İyidere ve Çifte kavak derelerinin ortalama pH değerleri 7,96 ve 8,07 olarak rapor edilmiştir. Diğer taraftan Dinçer, (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama pH değerini 7,92, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzı bölgesinde ortalama pH seviyesini 7,68 olarak bildirirken Turan vd., (2008)'in Melet Irmağında gerçekleştirdiği çalışmada ise pH 8,48 olarak ifade edilmiştir. Burada görüldüğü gibi havza bazında gerçekleştirilen çalışmalarda pH 7,17 ile 8,61 arasında değişmektedir. Bu çalışmada ise havza bazında ortalama pH değeri 7,78 olarak tespit edilmiştir. pH yönünden çalışılan akarsular dikkate alındığında

havzanın hafif alkali karakterde olduğu ve YSKYY'ne göre I. sınıf su kalite sınıfında yer aldığı saptanmış olup akarsuların pH yönünden su kalite sınıfları Tablo 5'te görülmektedir.

Havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değeri 0,183 mS/cm olup en düşük elektriksel iletkenlik değeri ilkbahar mevsiminde ağlayan deresinde (0,041 mS/cm) llrken en yüksek değer ise 0,577 mS/cm ile ilkbahar mevsiminde Değirmendere istasyonunda ölçülmüştür (şekil 8).

Akarsu havzasının toprak yapısı, arazi kullanımı, kayaçlarının mineral içeriği, iklimsel koşullar ile evsel, tarımsal ve endüstriyel deşarjlardan etkilenen su içerisindeki çözünmüş iyonların miktarı hakkında bilgi veren fiziksel bir su kalite parametresi olan elektriksel iletkenliğin, akarsulardaki doğal seviyeleri 0,01-1,00 mS/cm arasındadır (Bellingham, 2009). Havza bazında yapılan bu çalışmada ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin kış mevsiminde düşük seviyelerde ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimine doğru bir artış gösterdiği ve sonbahar mevsiminde maksimum değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir (şekil 7). Havza bazındaki istasyonlar dikkate alındığında en yüksek iletkenlik değerlerinin Değirmendere (TM) ve Aksu (GM) istasyonlarında gözlendiği, Değirmendere (TM) istasyonundan doğuya doğru iletkenlik değerlerinin düştüğü batıya doğru ise gittikçe artan bir seyir izlediği tespit edilmiştir (şekil 8).

Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda ortalama elektriksel iletkenlik değerleri; Alkan vd., (2013) 0,109 mS/cm, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, ağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 0,05; 0,04; 0,05; 0,06 ve 0,11 mS/cm, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 0,251 ve 0,089 mS/cm, Serdar, (2012), İyidere ve ifte kavak derelerinin ortalama elektriksel iletkenlik değerleri 0,075 ve 0,104 mS/cm olarak bildirilmiştir. Verep vd., (2005), İyidere de yaptıkları çalışmada nehir ağzı bölgesindeki istasyonda ortalama elektriksel iletkenlik değerini 0,070 mS/cm, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında ortalama iletkenlik değerini 0,056 mS/cm olarak ölçmüşlerdir. Diğer taraftan Dinçer, S., (2014)'nin Giresun ili sınırları içindeki anaklı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değerini

0,147 mS/cm, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzı bölgesinde ortalama iletkenlik değerini 0,202 mS/cm olarak bildirirken Kazancı vd., (2010)'nin Aksu Çayı'nda yaptıkları bir çalışmada elektriksel iletkenlik değerlerinin 0,038-0,389 mS/cm aralığında olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada havza bazında elde edilen ortalama elektriksel iletkenlik değeri ise 0,183 mS/cm olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu ortalama değer dikkate alındığında, YSKYY'ne göre elektriksel iletkenlik açısından havzanın I. sınıf su kalitesine sahip olduğu, akarsuların ayrı ayrı su kalite sınıfları ise Tablo 5'te görülmektedir.

Havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama bulanıklık değeri 39,63 FTU olup en düşük (<1,00 FTU) bulanıklık değeri kış mevsiminde Çağlayan (RF) istasyonunda, en yüksek (311,00 FTU) bulanıklık değeri ise yaz mevsiminde Büyükdere (RÇ) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 10).

Su içerisine ışığın geçişini engelleyen, suyun berraklığını değiştiren her türlü akıdaki katı madde suda bulanıklık oluşturur. Bulanıklık sudaki fitoplanktonların ve bentik alglerin gelişimini etkilediği gibi diğer hayvansal organizmaların av, avcı, üreme ve beslenme ilişkileri üzerinde doğrudan etkilidir (Bellingham, 2009). Havza bazında yapılan bu çalışmada ortalama bulanıklık değerlerinin dere ıslah çalışmaları ve ani yağışların etkisi ile yaz mevsiminde, diğer mevsimlere oranla daha yüksek olduğu diğer mevsim ortalamalarının ise birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9). İstasyonlar dikkate alındığında havzadaki en yüksek bulanıklık Büyükdere (RÇ) ve Değirmendere (TM) istasyonlarında gözlemlendiği, diğer istasyonlarda ise ortalama bulanıklık değerlerinin birbirlerine yakın ve düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 10).

Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda ortalama bulanıklık değerleri; Alkan vd., (2013) 49,15 FTU, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 4,15; 9,06; 22,22; 28,32 ve 48,28 NTU, Gültekin vd., (2012)'nin yaptıkları bir çalışmada Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere'nin nehir ağzı bölgesinde, yağışlı dönemdeki ortalama bulanıklık değeri 58 NTU, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzı istasyonunda ortalama bulanıklık değerini 18,24 NTU olarak ölçmüşlerdir. Diğer taraftan Bayram, (2011), Harşit Çayı'nın nehir

ağzı bölgesinde ortalama bulanıklık değerini 134,75 NTU olarak bildirmiştir. Bu çalışmada ise havza bazında elde edilen ortalama bulanıklık değeri 39,60 FTU olarak tespit edilmiştir.

Havza akarsularının yıllık ortalama askıda katı madde (AKM) miktarı 40,36 mg/L olup en düşük (0,40 mg/L) AKM değeri sonbahar mevsiminde Çağlayan (RF) istasyonunda, en yüksek (299,60 mg/L) değer ise yaz mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 9).

Havza akarsularındaki mevsimsel ortalama askıda katı madde değerlerinin yaz ve sonbahar mevsimlerinde yüksek olduğu, ilkbahar ve kış mevsimlerinde ise daha düşük değerlerin gözlemlendiği tespit edilmiştir (Şekil 11). İstasyon bazlı yıllık ortalama askıda katı madde değerleri incelendiğinde, havzadaki en yüksek AKM değerlerinin bulanıklık parametresinde olduğu gibi Büyükdere (RÇ) ve Değirmendere (TM) derelerinde, en düşük askıda katı madde değerlerinin ise Kapistre, Çağlayan ve Fırtına derelerinde gözlemlendiği diğer istasyonların ise birbirine yakın ortalamalar gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 12).

Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda ortalama AKM değerleri; Alkan vd., (2013) 57,7 mg/L, Dinçer, S., (2014) Giresun Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama AKM miktarını 20,3 mg/L, Boran ve Sivri, (2001)'in Solaklı deresinde yaptıkları çalışmada, yağışlı dönem (Mart, Nisan, Mayıs) için ortalama AKM değeri 82,0 mg/L, Erüz vd., (2005)'nin Trabzon ili akarsularında yaptıkları bir çalışmada yıllık ortalama AKM değerleri Değirmenderede 60,0 mg/L, Solaklı deresinde 52,36 mg/L, İyiderede ise 33,86 mg/L il bazındaki bütün akarsuların ortalama AKM değerini 39,81 mg/L, Gedik vd., (2010)'in Fırtına deresi nehir ağzı bölgesinde AKM değerini 19,28 mg/L, Sayın, (2000) ise Eylül-Şubat döneminde Değirmenderede ortalama AKM değerini 303,2 mg/L, Verep vd., (2005) Kasım-Mayıs arasında İyiderede ortalama AKM değerini 25,56 mg/L, Serdar, (2012) yine İyiderede yıllık ortalama AKM değerini 32,13 mg/L olarak bildirmişler diğer taraftan Bayram, (2011) ise Harşit Çayı'nın nehir ağzı bölgesinde ortalama AKM değerini 69,98 mg/L olarak bildirmiştir. Bu çalışmada ise havza bazında elde edilen ortalama AKM değeri 40,36 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Havza bazındaki bu çalışmada elde edilen akarsuların yıllık ortalama çözünmüş oksijen içeriği 9,17 mg/L olup en düşük değer (7,80 mg/L) kış mevsiminde Değirmendere (TM) ölçülürken en yüksek değer 11,44 mg/L ile sonbahar mevsiminde yine Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 14).

Deniz seviyesindeki tatlı suların çözünmüş oksijen seviyeleri 0 °C'de 15 mg/L'den 25 °C sıcaklıkta 8 mg/L'ye kadar değişmektedir. Kirlenmemiş bir tatlı sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonları 10 mg/L'ye kadar yaklaşmaktadır (Bellingham, 2009). Tatlı su ortamındaki oksijenli yaşamın devamı için gerekli oksijen miktarının 5,0 mg/L olması istenmektedir (EPA, 1979). Bu çalışma kapsamında elde edilen havza akarsularının ortalama çözünmüş oksijen içerikleri incelendiğinde, en yüksek değerler Sonbahar ve Kış mevsimlerinde, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde ise en düşük değerler elde edilmiştir (Şekil 13). Havzada istasyonlar dikkate alındığında en yüksek ve en düşük çözünmüş oksijen değerlerinin Değirmendere (TM) istasyonunda gözlendiği, ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin havzadaki tüm istasyonlarda birbirine yakın olduğu ve bu değerlerin sucül yaşam için tehlike oluşturmayacak seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 14).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama çözünmüş oksijen değerleri; Alkan vd., (2013) 10,07 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 10,03; 10,53; 10,63; 10,62 ve 10,26 mg/L, Boran ve Sivri, (2001) Mart, Nisan ve Mayıs aylarında Solaklı deresinde ortalama çözünmüş oksijen değerini 9,60 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda ortalama oksijen değerini 10,32 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında ortalama çözünmüş oksijen değerini 10,40 mg/L, Verep vd., (2005), İyidere'de yaptıkları çalışmada nehir ağzı bölgesindeki istasyonda ortalama oksijen değerini 8,58 mg/L, Turan vd., (2008) 9,61 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama çözünmüş oksijen değerleri sırasıyla 11,20 ve 9,90 mg/L, Kazancı vd., (2010) Aksu Çay'ında yaptıkları çalışmada minimum ve maksimum çözünmüş oksijen değerleri 7,91-12,05 mg/L olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan Dinçer, S., (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerini 7,11 mg/L, Bayram, (2011), Harşit

Çayı nehir ağız bölgesinde ortalama çözünmüş oksijen değerini 10,78 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise elde edilen ortalama çözünmüş oksijen değeri 9,17 mg/L olarak tespit edilmiştir. Havza akarsuları, çözünmüş oksijen içeriği bakımından sucul hayat için sorun oluşturabilecek bir durumun sözkonusu olmadığı, ortalama değerler dikkate alındığında havza akarsularının YSKYY'ne göre, çözünmüş oksijen parametresi bakımından su kalite sınıfı I. sınıf iken akarsuların ayrı ayrı su kalite sınıfları Tablo 5'te görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama toplam sertlik değeri 90,45 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (15,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L) ilkbahar mevsiminde Çağlayan (RF) ve Fırtına (RA) derelerinde ölçülürken en yüksek değer 240,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L ile sonbahar mevsiminde Aksu (GM) deresinde ölçülmüştür (Şekil 16).

Çalışma kapsamında akarsularının havza bazındaki mevsimsel ortalama toplam sertlik değerleri incelendiğinde, en yüksek değer Sonbahar mevsiminde gözlemlendiği, diğer mevsimlerin ortalamalarının ise birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 15). İstasyonlarda gözlenen en yüksek toplam sertlik değeri Aksu (GM) deresinde, en düşük değer ise Çağlayan (RF) deresinde gözlemlenmiştir. Pazarsuyu (GB) istasyonu hariç istasyonlar arasındaki ortalama toplam sertlik değerleri incelendiğinde genel itibarla doğudan batıya doğru istasyonlarda toplam sertlik değerlerinin artış eğiliminde oldukları görülmüştür (Şekil 16).

Sawyer (1960)'ın ileri sürdüğü sertlik sınıflandırmasına göre sular; çok yumuşak (0-75 mg CaCO<sub>3</sub>/L), orta sert (75-150 mg CaCO<sub>3</sub>/L), sert (150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L) ve çok sert (>300 mg CaCO<sub>3</sub>/L) olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamaya göre havza akarsularının çok yumuşak ve sert su özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Havzada hiçbir zaman çok sert özellikte sular tespit edilmemiştir.

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen CaCO<sub>3</sub> cinsinden ortalama toplam sertlik değerleri; Alkan vd., (2013) 70,34 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 31,7; 29,4; 37,2; 33,1 ve 51,5 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda ortalama toplam

sertlik değerini 96,76 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Firtına deresinin nehir ağzında 34,83 mg/L, Verep vd., (2005), İyidere nehir ağzı bölgesinde 40,36 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama toplam sertlik değerleri sırasıyla 122 ve 43,9 mg/L, Dinçer, S., (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama toplam sertlik değerini 68 mg/L, Bayram, (2011) ise Harşit Çayı nehir ağzı bölgesinde ortalama toplam sertlik değerini 120,75 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise havzanın ortalama toplam sertlik değeri 90,45 mg CaCO<sub>3</sub>/L ile orta sert su özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama sülfat değeri 16,06 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (<1,00 mg/L) Kış mevsiminde Çağlayan (RF) İstasyonunda ölçülürken en yüksek değer (55,00 mg/L) Yaz mevsiminde Pazarsuyu (GB) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 18).

Çalışma kapsamında akarsularının havza bazındaki mevsimsel ortalama sülfat değerleri incelendiğinde, en yüksek değerlerin Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde gözleendiği, en düşük değerler ise İlkbahar ve Kış mevsimlerinde gözlenmiştir (Şekil 17). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek sülfat değeri Pazarsuyu (GB) istasyonunda, en düşük değer ise Çağlayan (RF) deresinde gözlenmiştir. İstasyonlar arasındaki ortalama sülfat değerleri incelendiğinde doğudan batıya doğru Aksu (GM) istasyonunda maksimum seviyede olmak üzere düzenli bir artış eğiliminin gözleendiği, buna rağmen sülfat iyonu açısından havza akarsularının oldukça fakir olduğu söylenebilir (Şekil 18).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) değerleri; Alkan vd., (2013) 10,33 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Firtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 1,53; 2,00; 2,14; 6,31 ve 10,31 mg/L, Boran vd., (2004) Değirmendere nehir ağzı istasyonunda sülfat değerini 303,17 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama sülfat değerleri sırasıyla 25,0 ve 162 mg/L, Turan vd., (2008) Aşağı Melet havzasında yaptıkları çalışmada sülfat değerini 14,72 mg/L, Ekingen ve Kazancı, (2012), Aksu Çay'ında yaptıkları çalışmada sülfat minimum ve maksimum olarak 7-74 mg/L, olarak

bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama sülfat değeri 16,06 mg/L olarak tespit edilmiştir. Genellikle yüzey suları 2-80 mg/L aralığında sülfat iyonu içerir. Endüstriyel deşarjların yapıldığı sularda ve kurak bölgelerde 1000 mg/L'ye kadar yükselebildiği halde bir suyun kirli sayılabilmesi için sülfat konsantrasyonunun 400 mg/L'nin üzerinde olması gerekmektedir (Chapman ve Kimstach, 1996; Göksu, 2003). İnsani tüketim amaçlı sularda sülfat derişimine 250 mg/L'ye kadar izin verilmektedir. Havzada sülfat iyonu açısından sucul hayat için sorun oluşturabilecek bir durumun sözkonusu olmadığı, ortalama değerler dikkate alındığında havzanın sülfat açısından oldukça fakir olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama permanganat indeksi değeri 1,71 mg O/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,64 mg O/L) Kış mevsiminde Çağlayan (RF) İstasyonunda ölçülürken en yüksek değer (3,14 mg O/L) Yaz mevsiminde Değirmendere (TM) ve Sonbahar mevsiminde Büyükdere (RÇ) istasyonlarında ölçülmüştür (Şekil 20).

Çalışma kapsamında akarsularının havza bazındaki mevsimsel ortalama permanganat indeksi değerleri incelendiğinde, Kış mevsiminde yaklaşık 1,5 mg O/L diğer mevsimlerde ise yaklaşık 2,0 mg O/L civarlarında ölçülmüştür (Şekil 19). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek permanganat indeks değerleri Değirmendere (TM) ve Büyükdere (RÇ) istasyonlarında, en düşük değer ise Çağlayan (RF) istasyonunda ölçülmüştür. İstasyonlar arasındaki ortalama değerler incelendiğinde trend olarak doğudan batıya doğru artışın gözlemlendiği (Büyükdere istasyonu hariç) dikkati çekmektedir (Şekil 20).

Permanganat indeksi araştırmacılar tarafından çok kullanılan bir parametre olmamakla beraber, Doğu Karadeniz havzasındaki aynı akarsularda Alkan vd., (2013) tarafından yapılmış bir çalışmada ortalama permanganat indeksi değerinin 2,14 mg O/L olduğu bildirilmiştir. Permanganat indeksi ağırlıklı olarak yüzey, içme ve kullanma sularının organik kirlilik seviyesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Temel prensibi, sudaki organik maddelerin permanganat ile yükseltgenerek oksijen cinsinden ifade edilmesidir. Türkiye insani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte (Ek-1,c) ifade edilen standartlara göre, gösterge parametrelerinden biri olan permanganat indeksi



değeri 5,0 mg O<sub>2</sub>/L olarak verilmektedir (RG, 2005). Bu çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında, havza bazında ortalama, maksimum ve minimum değerler açısından hiçbiri aşılmamış olup doğu karadeniz havzası sularının permanganat indeksi bakımından uygun olduğu, yıl içerisinde hiçbir dönem 5,0 mg/L seviyesinin aşılmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama klorofil-a değeri 2,46 µg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,26 µg/L) Yaz mevsiminde Fırtına (RA) İstasyonunda ölçülürken en yüksek değer (8,11 µg/L) Yaz mevsiminde Pazarsuyu (GB) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 22).

Çalışma kapsamında akarsularının havza bazındaki mevsimsel ortalama klorofil-a değerleri incelendiğinde, en yüksek değerlerin Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde gözlemlendiği, en düşük değerler ise Kış ve İlkbahar mevsimlerinde gözlenmiştir (Şekil 21). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek klorofil-a değeri Pazarsuyu (GB) istasyonunda, en düşük değer ise Fırtına (RA) deresinde gözlenmiştir. İstasyonlar arasındaki ortalama klorofil-a değerleri incelendiğinde doğudan batıya doğru Fırtına (RA) istasyonu hariç olmak üzere düzenli olmayan bir artış eğiliminin gözlemlendiği, buna rağmen klorofil-a açısından havza akarsularının oldukça verimsiz olduğu söylenebilir (Şekil 22).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama klorofil-a değerleri; Alkan vd., (2013) 0,90 µg/L, Dinçer, S., (2014) Giresun Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama klorofil-a değerini 1,92 µg/L, Yerüstü su kalitesi yönetimi yönetmeliğinde göl, gölet ve baraj göllerinde trofik sınıflandırma sınır değerler tablosunda klorofil-a için ötrofik seviye sınır değerinin 9,1-25 µg/L iken 25 µg/L'nin üstü ise hipertrofik, mezotrofik seviye için 3,5-9,0 µg/L iken ≤ 3,5 µg/L'nin altı ise oligotrofik seviye olarak belirtilmektedir. Bu kriterlere göre havza akarsuları genel olarak oligotrofik, bazı dönemlerde ise mezotrofik bir karakter göstermektedir. Mevsimsel olarak Kış aylarında Solaklı ve Aksu, İlkbahar mevsiminde İyidere ve Aksu, Yaz mevsiminde Solaklı, Çağlayan ve Pazarsuyu ve Sonbahar mevsiminde ise Pazarsuyu ve Melet akarsularında mezotrofik bir su kalitesi görülmektedir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama nitrat azotu değeri 0,685 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,094 mg/L) Yaz mevsiminde Melet (OM) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (2,396 mg/L) Sonbahar mevsiminde İyidere (Rİ) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 24).

Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama nitrat azotu değerleri incelendiğinde, Sonbahar ve Kış mevsimlerindeki değerlerin, İlkbahar ve Yaz mevsimindeki değerlere göre daha yüksek olmasına rağmen, ortalama nitrat azotu konsantrasyonu YSKYY’de belirtilen su kalite kriterlerine göre I. sınıf (yüksek kaliteli) su kalitesine sahiptir (Şekil 23). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek nitrat azotu değeri İyidere (Rİ) istasyonunda, en düşük değer ise Melet (OM) deresinde gözlenmiştir. İstasyonlar arasındaki ortalama değerler incelendiğinde İyidere (Rİ) istasyonu merkez olmak üzere doğu ve batı istikametine doğru gittikçe azalan bir eğilimin olduğu söylenebilir (Şekil 24).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama nitrat azotu değerleri; Alkan vd., (2013) 1,04 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 1,65; 1,26; 1,06; 1,69 ve 1,63 mg/L, Boran ve Sivri, (2001) Solaklı deresinde Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ortalama nitrat azotunu 0,25 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere’nin Galyan Kolunda ortalama nitrat azotunu değerini 1,26 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 1,80 mg/L, Gültekin vd., (2012)’nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama nitrat azotu değerleri sırasıyla 0,474 ve 0,158 mg/L, Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında ortalama 2,49 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzı bölgesindeki ortalama nitrat azotu değerini 0,669 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama nitrat azotu değeri 0,685 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde verilen Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından havzanın ortalama nitrat azotu değeri bakımından I. Sınıf (yüksek kaliteli su) bir su kalitesine sahip oldukları görülmektedir. Diğer taraftan insani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte nitrat azotu açısından belirtilen sınır değere (11,30 mg NO<sub>3</sub>-N/L) göre havza akarsularınının ortalama nitrat azotu (0,685 mg

NO<sub>3</sub>-N/L) bakımından içme ve kullanma amaçlı kullanılabilir kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama nitrit azotu değeri 0,0040 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,0008 mg/L) ilkbahar mevsiminde Çağlayan (RF) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (0,0241 mg/L) yaz mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 26).

Çalışmada akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama nitrit azotu değerleri incelendiğinde, en düşük değerlerin ilkbahar mevsiminde, en yüksek değerler ise yaz mevsiminde gözlenmiştir. Kış ve sonbahar mevsimlerinde ise nitrit azotu değerleri birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 25). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek nitrit azotu değeri Değirmendere (TM) istasyonunda, en düşük değer ise Çağlayan (RF) deresinde gözlenmiştir. İyidere (Rİ), Solaklı (TO) ve Aksu (GM) istasyonlarında birbirine çok yakın ortalama nitrit azotu değerleri tespit edilmiş, diğer istasyonlarda ise nispeten daha düşük değerler ölçülmüştür (Şekil 26).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama nitrit azotu değerleri; Alkan vd., (2013) 0,0044 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 0,010; 0,010; 0,005; 0,005 ve 0,001 mg NO<sub>2</sub>-N/L, Boran ve Sivri, (2001), Solaklı deresinde Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ortalama nitrit azotunu 0,0012 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda ortalama nitrit azotu değerini Nisan ve Aralık aylarındaki ortalama nitrit azotu değerini 0,0055 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 0,0024 mg/L, Verep vd., (2005), İyidere nehir ağzı bölgesinde Kasım (2003)-Mayıs (2004) tarihleri arasında ortalama nitrit azotunu 0,0026 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama nitrit azotu değerleri sırasıyla 0,0274 ve 0,0335 mg/L, Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında ortalama 0,020 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzında 0,0045 mg/L ve Serdar, (2012) ise İyidere ve Çiftekavak derelerinde yapmış olduğu çalışmada nitrit azotu değerlerini sırasıyla ortalama olarak 0,0255 ve 0,0508 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama nitrit azotu değeri 0,0040 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi

Yönetimi Yönetmeliğinde verilen Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından değerlendirildiğinde havzanın ortalama nitrit azotu bakımından II. Sınıf (az kirlenmiş su) bir su kalitesine sahip oldukları görülmektedir. Diğer taraftan insani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte belirtilen sınır değerler (0,152 mg NO<sub>2</sub>-N/L) kapsamında değerlendirildiğinde, havza akarsularınının ortalama nitrit azotu içeriği (0,0040 mg NO<sub>2</sub>-N/L) bakımından içme ve kullanma amaçlı değerlendirilebilecek kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama amonyum azotu değeri 0,028 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (<0,020 mg/L) sonbahar mevsiminde İyidere (Rİ) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (0,131 mg/L) sonbahar mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 28).

Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama amonyum azotu değerleri incelendiğinde, en düşük ortalama değerlerin ilkbahar mevsiminde, diğer mevsimlerde ise birbirine yakın ortalama değerler tespit edilmiştir (Şekil 27). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek amonyum azotu değeri Değirmendere (TM) istasyonunda, en düşük değer ise İyidere (Rİ) deresinde ölçülmüştür. Büyükdere (RÇ), Solaklı (TO), Aksu (GM), Pazarsuyu (GB) ve Melet (OM) istasyonlarında ortalama amonyum azotu değerlerinin sucül ortam canlıları için kritik değer olan 0,02 mg/L'nin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Bu kritik değer, sıcaklık ve pH değerlerinin yüksek olduğu durumlarda tehlikeli olabilecek bir değerdir (Şekil 28).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama amonyum azotu değerleri; Alkan vd., (2013) 0,028 mg/L, Boran ve Sivri, (2001), Solaklı deresinde Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ortalama amonyum azotunu 0,23 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda Nisan ve Aralık ayları arasındaki ortalama amonyum azotu değerini 0,041 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 0,0051 mg/L, Verep vd., (2005), İyidere nehir ağzı bölgesinde Kasım (2003)-Mayıs (2004) tarihleri arasında ortalama amonyum azotunu 0,0095 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama amonyum azotu

değerleri sırasıyla 0,388 ve <0,078 mg/L, Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında ortalama 0,23 mg/L, Dinçer, S., (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama amonyum azotunu 0,67 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzında 0,135 mg/L ve Ekingen ve Kazancı, (2012) ise Aksu Çayı'nda yaptıkları bir çalışmada minimum ve maksimum amonyum azotu değerlerini 0-0,147 mg/L olarak ölçtüklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama amonyum azotu değeri 0,028 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde verilen Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından değerlendirildiğinde havzanın ortalama amonyum azotu bakımından I. Sınıf (yüksek kaliteli su) bir su kalitesine sahip oldukları görülmektedir. İnsani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte belirtilen sınır değere (<0,388 mg NH<sub>4</sub>-N/L) göre değerlendirildiğinde de havza akarsularınının ortalama amonyum azotu içeriği (0,028 mg NH<sub>4</sub>-N/L) bakımından içme ve kullanma amaçlı değerlendirilebilecek kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama orto-fosfat fosforu değeri 0,006 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (<0,003 mg/L) yaz mevsiminde Kapistre (AA) ve Çağlayan (RF) istasyonlarında, en yüksek değer (0,024 mg/L) kış mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 30).

Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama orto-fosfat fosforu değerleri incelendiğinde, en düşük ortalama değerlerin yaz mevsiminde, en yüksek ortalama değerlerin ise sonbahar mevsiminde ölçüldüğü görülmektedir. Ayrıca kış mevsiminden yaz'a doğru ise tedricen bir azalma göze çarpmaktadır (Şekil 29). İstasyonlar arasında 0,010 mg/L'den büyük ölçülen orto-fosfat fosforu değeri sadece Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülür iken, 0,005-0,010 mg/L aralığında ise Büyükdere (RÇ), Aksu (GM) ve Melet (OM) istasyonlarında ve geri kalan istasyonlar ise 0,005 mg/L'nin altındadır (Şekil 30).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama orto-fosfat fosforu değerleri; Alkan vd., (2013) 0,011 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 0,408; 0,303; 0,457; 0,339 ve 0,280 mg /L,

Boran ve Sivri, (2001), Solaklı deresinde Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ortalama orto-fosfat fosforu 0,059 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda Nisan ve Aralık ayları arasında yaptıkları çalışmada ortalama orto-fosfat fosforu değerini 0,078 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 0,12 mg/L, Verep vd., (2005), İyidere nehir ağzı bölgesinde çalışmada ortalama orto-fosfat fosforu 0,007 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama değerleri sırasıyla 0,300 ve 0,169 mg/L, Dinçer, S., (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama 0,02 mg/L, Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında ortalama 2,235 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzında 0,112 mg/L ve Serdar, (2012) ise İyidere ve Çiftekavak derelerinde yapmış olduğu çalışmada sırasıyla ortalama olarak 1,083 ve 2,472 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise havzanın ortalama orto-fosfat fosforu değeri 0,006 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama silikat ( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ) değeri 7,16 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (3,36 mg/L) İlkbahar mevsiminde Çağlayan (RF) istasyonunda, en yüksek değer (9,40 mg/L) Sonbahar mevsiminde Kapistre (AA) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 32).

Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama silikat ( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ) değerleri incelendiğinde, en düşük değerler ilkbahar mevsiminde, en yüksek değerler Kış mevsiminde gerçekleşmekle beraber ilkbahar, yaz, sonbahar sıralamasında tedrici olarak bir artış olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 31). İstasyonlar arasındaki silikat ( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ) değerleri dikkate alındığında, en yüksek değerler Melet (OM) ve Büyükdere (RÇ) İstasyonlarında ( $\cong 8,00$  mg/L) olmak üzere havza akarsularının ortalama silikat içerikleri istasyonlar arasında çok önemli farklılıklar olmamakla beraber 5,93-8,14 mg/L aralığında değişim göstermektedir. (Şekil 32).

Havzada yapılan diğer çalışmalardaki Si ölçümlerine sadece Alkan vd., (2013)'nin 2012 yılında Doğu Karadeniz havzasındaki bazı akarsularda yaptıkları çalışmada rastlanılmış ve bu çalışmada Kızılırmak, Yeşilirmak, Melet, Pazarsuyu, Aksu, Harşit, Değirmendere, Solaklı, İyidere, Büyükdere, Fırtına, Çağlayan ve Kapistre

derelerinin nehir ağızı bölgelerinde elde edilen Si değerleri sırasıyla 8,15; 7,14; 8,55; 7,29; 8,13; 6,97; 8,23; 8,13; 7,91; 8,25; 6,93; 6,18; ve 7,05 mg/L olarak tespit edilmiş ve Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri hariç diğer akarsuların ortalama Si derişimlerini 7,60 mg/L olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ise ortalama SiO<sub>2</sub>-Si değeri 7,16 mg/L olarak bulunmuş olmakla beraber Alkan vd., (2013)'nin elde ettiği ortalama değerlerle çok yakın oldukları tespit edilmiştir. Silikat, okyanusların yüzey sularında 0,03 mg/L, derin sularda 2 mg/L ve akarsu sistemlerinde ise genellikle 4-13 mg/L düzeylerinde bulunduğu bildirilmektedir (URL-6; Horne and Goldman 1994).

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama toplam fosfor değeri 0,018 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (<0,003 mg/L) yaz mevsiminde Kapistre (AA) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (0,056 mg/L) yine yaz mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 34).

Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama toplam fosfor değerleri incelendiğinde, en düşük değerlerin ilkbahar mevsiminde, en yüksek değerler ise kış mevsiminde gözleendiği yaz ve sonbahar mevsimlerindeki ortalama toplam fosfor değerlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 33). İstasyonlar arasında ölçülen ortalama değerlere göre, en yüksek toplam fosfor değerinin Değirmendere (TM) istasyonunda ölçüldüğü daha sonraki görece yüksek değerler ise Melet (OM), Büyükdere (RÇ), Aksu (GM) istasyonlarında ölçülmüş geriye kalan diğer akarsuların ise 0,02 mg/L'nin altında ölçüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca toplam fosforun havza boyunca değişimi incelendiğinde doğudan batıya doğru nispeten belirli bir yükselmenin olduğu belirlenmiştir (Şekil 34).

Havzadaki diğer çalışmalarda ortalama toplam fosfor değerleri; Dinçer S., (2014)'in Mart 2013-Şubat 2014 tarihleri arasında Giresun ilindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama toplam fosfor derişiminin 0,46 mg/L olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ise ortalama toplam fosfor derişimi 0,018 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde verilen Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından değerlendirildiğinde havzanın ortalama toplam fosfor bakımından I. Sınıf (yüksek kaliteli su) bir su kalitesine sahip oldukları görülmektedir. Ancak istasyonlar arasında Değirmendere (TM) akarsuyunun

toplam fosfor açısından II. Sınıf (az kirlenmiş su) su kalitesine sahip olduğu halde diğerlerinin I. Sınıf (yüksek kaliteli su) su olması dikkat çekmektedir (Tablo 5).

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama toplam azot değeri 0,942 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,270 mg/L) ilkbahar mevsiminde Çağlayan (RF) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (3,075 mg/L) sonbahar mevsiminde İyidere (Rİ) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 36).

Çalışmada akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama toplam azot değerleri incelendiğinde, en düşük değerlerin (0,5 mg/L) ilkbahar mevsiminde, en yüksek değerlerin ise kış ve sonbahar mevsimlerinde gözlenmekle beraber yaz mevsiminde de ilkbahar mevsimindeki değerlere çok yakın sonuçlar tespit edilmiştir (Şekil 35). İstasyonlar arasında ölçülen ortalama değerlere göre, en yüksek toplam azot değerlerinin (~1,5 mg/L) İyidere (Rİ) istasyonunda en fazla olmak üzere yine bu istasyonun hemen doğusu ve batısında yer alan Büyükdere (RÇ), Solaklı (TO), Değirmendere (TM) istasyonlarında diğer istasyonlara nazaran biraz daha yüksek değerler gözlemlendiği geriye kalan diğer akarsu istasyonlarının ise 1,000 mg/L'nin altında ölçüldüğü gözlenmiştir. Havzadaki toplam azot trendinin doğudan batıya doğru İyidere (Rİ) istasyonuna kadar bir artışın gözlemlendiği, bu istasyondan sonra ise bir azalmanın gözlemlendiği dikkati çekmektedir (Şekil 36).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama toplam azot değerleri; Aksungur vd., (2007), Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde yaptıkları bir çalışmada toplam azot'un en önemli çözünmüş inorganik azot bileşenlerinden biri olan nitrat+nitrit azotunu ortalama olarak 1,500 mg/L bulmuşlardır. Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında toplam azotun en önemli bileşenlerinden biri olan toplam çözünmüş inorganik azotu (TDIN) 2,740 mg/L, Bayram ve Önsoy, (2011) Harşit Çayında yaptıkları çalışmada toplam azot değerini 1,491mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama toplam azot değeri 0,942 mg/L olarak tespit edilmiştir. YSKYY'inde verilen Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre toplam azotun (TN=TKN+NO<sub>3</sub>-N+NO<sub>2</sub>-N) I. Sınıf su kalite sınır değerinin 5,502 mg/L olduğu hesaplandığında, havzanın ortalama toplam azot değeri bakımından I. Sınıf (yüksek kaliteli su) (0,942 mg/L) su kalitesine sahip olduğu



görülmektedir. Ayrıca havzada ölçülen maksimum toplam azot değerleri açısından da su kalitesinin I. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Havzadaki akarsuların yerüstü su kalitesi yönetimi yönetmeliği'ne göre su kalite sınıfları.

AKARSU	KOD	S	pH	Eİ	ÇO	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TP
Kapistre	AA	I	I	I	I	I	II	I	I
Çağlayan	RF	I	I	I	I	I	II	I	I
Fırtına	RA	I	I	I	I	I	II	I	I
Büyükdere	RÇ	I	I	I	I	I	II	I	I
İyidere	Rİ	I	I	I	I	I	II	I	I
Solahlı	TO	I	I	I	I	I	II	I	I
Değirmendere	TM	I	I	I	I	I	III	I	II
Harşit	GT	I	I	I	I	I	II	I	I
Aksu	GM	I	I	I	I	I	II	I	I
Pazarsuyu	GB	I	I	I	I	I	II	I	I
Melet	OM	I	I	I	I	I	II	I	I

Sınıf I (Yüksek kaliteli su), Sınıf II (Az kirlenmiş su), Sınıf III (Kirlenmiş su), Sınıf IV (Çok kirlenmiş su)

## 5. ÖNERİLER

Bu çalışmada Doğu Karadeniz havzası akarsularının mevsimsel fiziko-kimyasal su kalitesi üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, havza akarsularının su sıcaklıkları 7,93-27,5 °C, pH değerleri 6,30-8,87 arasında, elektriksel iletkenlik değerleri 0,041-0,577 mS/cm, çözünmüş oksijen 7,80-11,44 mg/L, bulanıklık <1,00-311,00 FTU, askıda katı madde 0,40-299,60 mg/L, toplam sertlik 15,00-240,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L, permanganat indeksi 0,64-3,14 mg O/L, klorofil-a 0,26-8,11 µg/L, sülfat <1,00-55,00 mg/L, nitrat azotu 0,094-2,396 mg/L, nitrit azotu 0,0008-0,0241 mg/L, amonyum azotu <0,020-0,131 mg/L, orto-fosfat fosforu <0,003-0,024 mg/L, silikat (Si) 3,356-9,397 mg/L, toplam fosfor <0,003-0,056 mg/L, toplam azot ise 0,270-3,075 mg/L arasında değişmektedir. Havza akarsularının su kalitesi açısından genel karakteristikleri ılıman, hafif alkali, düşük mineralli, yağışlı dönemlerde bulanık diğer dönemlerde ise düşük bulanıklığa sahip, havzanın doğu bölgelerindeki akarsular yumuşak su karakteri gösteriyorken batı kesimlerindeki akarsular orta sert, çok düşük düzeyde organik madde ihtiva eden, düşük sülfatlı, amonyum ve nitrat açısından yüksek kaliteli, nitrit açısından ise az kirlenmiş ve düşük fosfat ve silikatlı bir su karakteri arz etmektedir.

Bu çalışmada, havza akarsularının nehir ağızlarından alınan örnekler incelendiğinden, her akarsu havzasının genel yapısı sonuçlar üzerinde etkilidir. Bölgede yerleşim ve küçük ölçekteki endüstriyel tesisler, ağırlıklı olarak akarsu yataklarında oluşan düz alanlarda geliştiği için nehir ağızları su kaliteleri bu oluşumdan etkilenmektedir. Nitekim havza akarsularının taşıdığı azot ve fosfor bileşiklerine bakıldığında nitrat, amonyak ve fosfat düzeyi düşük iken tüm havzada nitrit miktarı II. sınıf (az kirlenmiş) seviyededir. Nitrit'in yüksek olması, organik atık içeren arıtılmamış atıksuların, evsel ve endüstriyel tesislerden sürekli olarak bırakıldığını göstermektedir. Bu durum, havzada bütün akarsularda benzer bir yapıda süregelmektedir.

Çalışmalar süresince gözlemlenen problemlerden bazıları, kum-çakıl ocakları ve hazır beton tesislerinin faaliyetlerinden oluşan etkilerdir. Havzada çoğunlukla bu tesisler, akarsu yatağı üzerine veya çok yakınına kurulmaktadır. Bu tesislerin faaliyetleri sırasında oldukça yüksek askıda katı maddeye sahip atıksuların yanında çimento katkı maddeleri içeren ve karıştığı akarsuyun pH seviyesini 10-12 gibi hiçbir sucul canlılığın

yaşayamayacağı bir ortama dönüştürecek maddeler suya karışmaktadır. Bu problemle ilgili yasal tedbirler alınmış olmakla beraber yerel idarelerin ilgili yönetmelikleri siyaseten uygulayamamaları yüzünden havzadaki tüm faaliyetler, akarsuların fiziko-kimyasal su kalitesini menfi ölçüde etkiledikleri (Büyükdere, Fırtına, Solaklı, İyidere, Harşit, Aksu ve Melet) gözlenmektedir. Dolayısıyla havza akarsularının su kalitesinin korunması için bu tesislerin akarsu yatağından uzakta kurulması ve faaliyetlerinin ciddi ölçüde kontrol altında tutulmaları gerekmektedir.

Havzada su kalitesini etkileyebilecek bir diğer problemde, hidro elektrik santral (HES) inşaatları, dere ıslah çalışmaları ve yol-köprü gibi sanat yapıları inşaatları sırasındaki faaliyetlerdir. Özellikle son yıllarda, Doğu Karadeniz havzasında bir seferberlik gibi yürütülen su enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürme çalışmaları olan HES inşaatları, maalesef ÇED kurallarına aykırı bir şekilde yürütülmektedir. HES inşaatları sırasında dere yataklarının daraltılması, atıksuların bırakılması ve çevre bitki örtüsünün yok olması gibi etkiler bölgede iyi bilinmektedir. Ayrıca inşaat çalışmaları sırasında beton dökme faaliyetlerinin etkileri, tünel açılmasında oluşan sızıntı sularının derelere akması ve oluşan evsel atıkların akarsulara bırakılması akarsuların su kalitesini, dolayısıyla ekolojik yaşamı etkilemektedir. Diğer taraftan Doğu Karadeniz bölgesinin dağlık yapısı nedeniyle akarsu yataklarında oluşan düz alanlar, gerek yerleşim gerekse endüstriyel tesislerin yerleşmesine uygun alan olarak görülmektedir. Bu bölgeler, daha kırsal alanlarda tarımsal alan olarak da değerlendirilmektedir. Dolayısıyla bu tür alanların korunması için nehir ağızlarından üst kesimlere doğru akarsu yataklarının kıyı duvarları yapılması ve yol-köprü gibi sanat yapılarını içeren dere ıslah çalışmaları, tüm havzada gözlenmektedir. Bu çalışmalar sırasında da, akarsulara fiziksel müdahaleler, katı ve sıvı atıklar ve özellikle suyun kimyasal yapısını değiştiren çimento katkı maddeleri bırakılmaktadır. Bu tür problemleri çözmek için akarsuların su kalitesini koruyucu tedbirlerin (beton dökümü sırasında izolasyon veya akarsu yatağının akış yönünün değiştirilmesi, katı ve sıvı atıkların bırakılmaması ve akarsu yataklarının doğal yapısının bozulmaması vb.) alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada irdelenen akarsuların su kalite sınıfları incelendiğinde, nitrit azotu ve toplam fosfor dışında havza akarsularının su kalitesinin I. Sınıf (yüksek kaliteli) olduğu söylenebilir. Ancak nitrit azotu açısından Değirmendere III. sınıf (kirlenmiş su),

toplam fosfor açısından ise yine Değirmenderenin II. sınıf (az kirlenmiş) diğer istasyonların ise I. Sınıf (yüksek kaliteli) su karakterinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla havzada su kalitesi açısından en etkilenmiş akarsuyun Değirmendere deresi olduğu söylenebilir. Nitekim arazi çalışmalarında yapılan gözlemlere göre Değirmendere nehir ağzından iç kesimlere doğru neredeyse Maçka ilçesine kadar akarsu yatağının küçükü büyüklü endüstriyel tesislerle çevrelendiği gözlemlenmiştir. Bu açıdan Değirmenderenin su kalitesinin iyileştirilmesi için atıksu deşarj standartlarının uygulanması için ilgili tedbirlerin biran önce alınması gerekir. Ayrıca Değirmendere havzasının önemli bir tarımsal ve yerleşim alanı olması nedeniyle tarımsal üretimde çevre dostu politikaların (organik gübre veya dengeli gübreleme teknikleri vb.) uygulanması, evsel atıkların depolandığı foseptik çukurların yaygınlaştırılması, çevre dostu temizlik ürünlerinin kullanılması ve daha az atıksu üretilmesi gibi önlemlerin toplumda ve yetkili merciler tarafından uygulanması gerekir.

Doğu Karadeniz havzası akarsularında yukarıda ifade edilen problemlerin dışında mevsimsel olarak toplam fosfor, iletkenlik ve pH açısından su kalitesinin yüksek kaliteliden az kirlenmiş su sınıfına düştüğü gözlenmektedir. Örneğin toplam fosfor açısından Melet, Büyükdere, İyidere, Değirmendere ve Aksu akarsularında, iletkenlik açısından Değirmendere, Aksu ve Pazarsuyu akarsularında ve pH açısından ise Değirmendere, Pazarsuyu, Melet ve Kapistre derelerinde az kirlenmiş su standardı oluşabilmektedir.

Akarsu yataklarında gerçekleştirilen rehabilitasyon, yol vb. sistematik olmayan faaliyetlerin etkileri nedeniyle bazı dönemlerde akarsularda ölçülen parametreler, akarsuyun genel karakteristik özelliğinden farklı olabilmektedir. Bu nedenle bu amaçla yapılacak çalışmalarda örnekleme istasyonlarının bu faaliyetlerin akarsu üzerindeki etkilerini ortaya koyabilecek şekilde belirlenmesi gereklidir.

Mevsimsel yapılan çalışmalarda örnekleme sayısının mevsim karakterlerini daha iyi yansıtabilmesi için fazla tutulmalıdır. Çünkü mevsimsel dalgalanmalar çok farklı olabilmekte ve ortalama değerlerin üzerine çıkabilmektedir.

Akarsulardaki debi ölçümü yasal olarak sadece DSİ tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Birçok akarsuyun üzerinde işletilen akım ölçerlerin ölçüm periyotları birbirleriyle uyuşmamaktadır. Bu açıdan önemli akarsuların üzerinde yeterli sayıda ve eş zamanlı ölçüm yapabilecek akım istasyonlarının kesintisiz işletilmesi ve verilerin araştırmacıların ulaşımına açık tutulması gereklidir.

Su kalitesinin belirlenmesi için yapılacak çalışmaların, fiziko-kimyasal parametrelerin yanında biyolojik parametreleri de kapsayacak şekilde gerçekleştirilmesi sonuçların yorumlanmalarında büyük kolaylık ve katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada olduğu gibi havza bazlı ve daha kapsamlı fiziko-kimyasal su kalitesi çalışmalarının, kamu kurumlarınca süreklilik sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesinin gerekliliği, literatür ve havzalardaki su yönetimi planlamaları açısından önemli bir katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abel, P.D., 2002.** Water Pollution Biology. The Northumbrian Water Ecology Centre, University of Sunderland, Sunderland, UK., 286 pp.
- Aksungur, M., Alkan, A., Zengin, B., Tabak, İ. ve Yılmaz, C., 2007.** Karadeniz Alabalığının Tatlısu Ortamındaki Göçü Üzerine Bazı Çevresel Parametrelerin Etkisi. Ekoloji Dergisi, 65, 28-35. (doi: 10.5053/ekoloji.2007.655)
- Alabaster, J.S. and Lloyd, R., 1980.** Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Butterworths, London-Boston, 297 pp.
- Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbaş, U., Zengin, B. and Kılıç, M.B., 2013.** Physico-Chemical Characteristics and Nutrient Levels of the Eastern Black Sea Rivers. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13, 847-859. (DOI: 10.4194/1303-2712-v13\_5\_09).
- Anlı, A. S.ve Okman, C., 2005.** Aksu Çayı Günlük Ekstrem Akışlarının Dağılımı. Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, Şanlıurfa, 9(4), 53-60.
- Anonim-1, 2013.** Baraj Havzaları Yeşil Kuşak Ağaçlandırma Eylem Planı (2013-2017). Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 100-102.
- Anonim-2, 2001.** Eğrekkaya Baraj Gölü ve Havzasında Kirlilik Araştırması Raporu. T.C.Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim-3, 2010.** Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Proje Tanıtım Dosyası. Enerjisa Enerji Üretim A.Ş., İstanbul, 236 s.
- Anonim-4, 2013.** Yukarı Havza Sel Kontrolü Eylem Planı (2013-2017). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, 2013, 115 s.
- Anonim-5, 2008.** Paşalar Regülatörü HES ve Malzeme Ocakları ÇED Raporu. Ayen Enerji A.Ş., Ankara, 317 s.
- Anonim-6, 2011.** Arhavi Balıklı I-II-III Regülatörleri ve HES Projesi Nihai ÇED Raporu. ASSU Elektrik Enerji Üretim Ltd. Şti., Çınar Mühendislik Müşavirlik ve Proje Hizmetleri Ltd. Şti., Ankara, 2011.
- APHA, 1999.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th. edition. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Atay, D. ve Pulatsü, S., 2000.** Su Kirlenmesi ve Kontrolü. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1513, Ankara.
- Atay, R., 1995.** Su Kirliliği Laboratuvar Notları. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, 17-54 s.

- Atıcı, T., ve Obalı, O., 1999.** Susuz Göleti (Ankara) Algleri ve Su Kalite Değerlendirmesi. Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 19(3), 99-104.
- Aydın, F., 1995.** Balık Üretiminde Su Kriterleri Ders Notları (Yayınlanmamış). Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Balaly, S., Hosseini, S.A., and Balaly, S., 2011.** Seasonal investigation of main physico-chemical parameters in terminal part of Gorganroud River during 2009-2010. AACL Bioflux,4(3), 368-381. (<http://www.bioflux.com.ro/aac1>).
- Barlas, M., İkiel, C. ve Özdemir, N., 1995.** Gökova Körfezi'ndeki Akarsu Kaynaklarının Fiziksel ve Kimyasal Açından İncelenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu, 14-16 Haziran 1995, Erzurum, 704-712.
- Barlow, R.G., Mantoura, R.F.C., Cummings, D.G., and Fileman, T.W., 1997.** Pigment chemo taxonomic distributions of phytoplankton during summer in the western Mediterranean. Deep Sea Res. II., 44, 3-4, 833-850.
- Bayrakdar, C., 2006.** Fırtına Deresi Havzasının Uygulamalı Jeomorfoloji Etüdü. Yüksek Lisans Tezi. İ.Ü., Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul, 120 s.
- Bayram, A. ve Önsoy, H., 2011.** Harşit Çayı (Giresun-Trebolu) Tarafından Karadeniz'e Taşınan Kirleticilerin Belirlenmesi. TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Trabzon. Türkiye, 545-555.
- Bayram, A., 2011.** Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 164 s.
- Bellingham, K., 2009.** Physicochemical Parameters of Natural Waters. Stevens Water Monitoring Systems, Inc., 17 s. (<http://www.stevenswater.com>).
- Bellos, D., Sawidis, T., and Tsekos, I., 2004.** Nutrient chemistry of River Pinios (Thessalia, Greece). Environment International, 30, 105-115.
- Beret, B., 1956.** Çakırgöl Dağında Glasiyal İzler. Türk Coğrafya Dergisi, İstanbul Üniv. Yay. Sayı:15-16, İstanbul, 121-124.
- Boran, M. ve Sivri, N., 2001.** Trabzon (Türkiye) İl Sınırları İçerisinde Bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde Nütrient ve Askıda Katı Madde Yüklerinin Belirlenmesi. E.Ü., Su Ürünleri Dergisi, 18(3-4), 343-348.
- Boran, M., Karaçam, H. ve Sayın, A., 2004.** Değirmendere Havzasında (Trabzon, Türkiye) Bulunan Bazı İşletmelere Ait Atık Suların Özelliklerinin İncelenmesi ve Dere Suyundaki Kirleticilerin Düzey ve Dağılımlarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 21(1-2), 17-21.

- Boyce, D.G., Lewis, M.R. and Worm, B., 2010.** Global phytoplankton decline over the past century. *Nature*, 466 (7306), 591-596. (doi: 10.1038/nature09268).
- Boyd, C.E. and Tucker, C.S., 1998.** Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA, 700 pp.
- Boyd, C.E.,1990.** Water Quality in Ponds for Aquaculture. Auburn, AL: Auburn University. Alabama Agricultural Experiment Station Pres. 482 pp.
- Bremond, R. et Vuichard, R., 1973.** Parameters de la qualite des eaux. Ministere de la Protection de la Nature et de Environnement, Documentation, Française, Paris, 179 pp.
- Bricker, O.P. and Jones, B.F.,1995.** Main factors affecting the composition of natural waters. In: Trace Elements in Natural Waters, Salbu, B. and Steinnes, E. (eds), CRC Press, Boca Raton, FL, 1-5.
- Bulut, C., Akçimen, U., Küçükbara, R., Savaşer, S., Uysal, K., Köse, E. Tokatlı, C., 2012.** Alabalık Üretimi Yapılan Akpınar Deresi (Denizli) Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 61-68.
- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Çınar, Ş., Küçükbara, R., Savaşer, S., Tokatlı, C. Öztürk, G.N., Köse,E., 2012.** Kestel Deresi (Burdur) Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28, 1-10. (ISSN 1302-3055).
- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükbara, 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.
- Bulut, C., Atay, R. ve Uysal, K., 2009.** Eğirdir Gölü'nde Fiziko-Kimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişimi ve Limnolojik Açıdan Değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(2), 447-454.
- Bulut, V.N. ve Tüfekçi, M., 2005.** Trabzon (Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin İncelenmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 4, 377-384.
- Calow, P. and Petts, G.E., 1992.** The Rivers Handbook: Hydrological and Ekological Principles. Vol. 1. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 526 pp.
- Chapman, D. and Kimstach, V., 1996.** Selection of Water Quality Variables (Chapter 3). *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - 2nd Edition*, UNESCO/WHO/UNEP, 651 pp. (ISBN 0 419 21590 5 (HB) 0 419 21600 6 (PB)).
- Chen, D., Lu, J., Wang, H., Shen, Y. and Kimberley, M.O., 2010.** Seasonal variations of nitrogen and phosphorus retention in an agricultural drainage river in



East China. Environ. Sci. Pollut. Res. 17, 312-320. (DOI 10.1007/s11356-009-0246-x).

**Cirik, S. ve Cirik, Ş., 2005.** Limnoloji (Ders Kitabı). Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:21, Bornova, İzmir, 166 s.

**Cloern, J.E., 2001.** Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. Marine Ecology Progress Series 210, 223-253.

**Cole, G.A., 1983.** Textbook of Limnology. Third Edition. The C. V. Mosby Comp., St. Louis, 401 pp.

**Çelikkale M. S., 1994.** İç su Balıkları ve Yetiştiriciliği. Cilt:1, KTÜ Sürmene Deniz Bil. Fak. Yayınları, Trabzon, 460 s.

**Çevlik, H. ve Elibol, M.İ., 2009.** Yamula Baraj Gölü Limnolojisi. Çevre ve Orman Bakanlığı (Orman ve Su İşleri Bakanlığı), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s.186.

**Çiçek, N.L. ve Ertan, Ö.O., 2012.** Köprüçay Nehri (Antalya)'nin Fiziko-Kimyasal Özelliklerine Göre Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji, 21(84), 54-65. (doi: 10.5053/ekoloji.2012.847).

**Dinçer, D., Yüksek, T., Çilli, M. ve Yılmaz, S., 2012.** Rize Kenti Doğal Güzellikleri ve Rekreatyonel Potansiyeli. I. Rekreatyon Araştırmaları Kongresi, 12-15 Nisan 2012, Kemer, Antalya, 991-1005.

**Dinçer, S., 2014.** Çanakçı Dersi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeylerinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Giresun, Türkiye, 72 s.

**Dirican, S. ve Barlas, M., 2005.** Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Balıkları. Ekoloji Çevre Dergisi, 14 (54), 25-30.

**Dixon, W. And Chiswell, B., 1996.** Review of aquatic monitoring program design. Water Research, 30(9), 1935-1948.

**DOKAP-1, 2013.** T.C. Kalkınma Bakanlığı, Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, ORDU İL RAPORU, Mayıs 2013, 18 s.

**DOKAP-2, 2013.** T.C. Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, GİRESUN İL RAPORU, Mayıs 2013, 21 s.

**DOKAP-3, 2013.** T.C. Kalkınma Bakanlığı, Doğu Karadeniz Projesi, Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Trabzon İl Raporu, Mayıs, 2013, 20 s.

**DOKAP-4, 2013.** T.C. Kalkınma Bakanlığı, Doğu Karadeniz Projesi, Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, RİZE İl Raporu, Mayıs, 2013, 21 s.

- DSİ, 2003.** Ordu Projesi, Ordu Barajı ve HES Planlama Raporu, Cilt I, Planlama Raporu ve Çizimleri. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, VII. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ-1, 2014.** DSİ 7. Bölge Müdürlüğü, Aylık Ortalama Akım Gözlem Verileri, 2014, Samsun.
- DSİ-2, 2014.** DSİ 22. Bölge Müdürlüğü, Aylık Ortalama Akım Gözlem Verileri, 2014, Trabzon.
- DSİ-3, 2014.** DSİ 26. Bölge Müdürlüğü, Aylık Ortalama Akım Gözlem Verileri, 2014, Artvin.
- DTMP, 2012.** Gümüşhane İlinde Doğa Turizmi Master Planı (2013-2023). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 12. Bölge Müdürlüğü, Gümüşhane Şube Müdürlüğü, Gümüşhane, 104 s.
- Egemen, Ö. ve Sunlu, U., 1999.** Su Kalitesi (Ders Kitabı), Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:14 3. Baskı, İzmir, 153 s.
- Egemen, Ö., 2000.** Çevre ve Su Kirliliği. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 42, İzmir.
- Ekingen, P. ve Kazancı, N., 2012.** Aksu Çayı'nın (Giresun, Türkiye) Taban Büyük Omurgasız Faunası ve Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Kriterlerine Göre Habitat Kalitesinin Değerlendirmesi. *Review of Hydrobiology*, 5(1), 35-55.
- Emerson, K., Russo, R.C., Lund, R.E., and Thurston, R.V., 1975.** Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32, 2379-2388.
- Eneji, I.S., Onuche, A.P. and Ato, R.S., 2012.** Spatial and Temporal Variation in Water Quality of River Benue, Nigeria. *Journal of Environmental Protection*, 3, 915-921. (<http://dx.doi.org/10.4236/jep.2012.328106>).
- EPA, 1979.** A Review of the Epa Red Book Quality Criteria for Water. Environmental Protection Agency (EPA), USA. 311 pp.
- Erüz, C., Köse, E., Güneroğlu, A., Başar, E., Sivri, N., Feyzioğlu, M. and Toraman, Ç. 2005.** Doğu Karadeniz Akarsularında Askıda Katı Madde (AKM) Dinamiği. *Türk Sucul Yaşam Dergisi (Ulusal Su Günleri 2005 Sempozyum Özel Sayısı)*, 28-30 Eylül 2005, Trabzon, 4, 235-239.
- Fakıoğlu, S. ve Kağncıoğlu, N., 2009.** Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzalarının Hidroelektrik Enerji Üretimi Açısından Değerlendirilmesi. *Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri*, 13-15 Kasım 2009, Trabzon, Türkiye, 40-50.

- Fianko, J.R., Lowor, S. T., Donkor, A., and Yeboah, P.O., 2010.** Nutrient chemistry of the Densu River in Ghana. *The Environmentalist*, 30 (2), 145-152.
- Fogg, G. E., 1965.** *Algal Culture and Phytoplankton Ecology*. Univ. Wis. Press, Madison, 126 pp.
- FWPCA, 1969.** U.S. Department of The Interior, Federal Water Pollution Control Administration, *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*, Division of Water Quality Research Analytical Quality Control Laboratory, Cincinnati, Ohio, Clean Water, 280 pp.
- Fytianos, K., Siumka, A., Zachariadis, G.A., and Beltsios, S., 2002.** Assessment of The Quality Characteristics of Pinios River, Greece. *Water, Air, and Soil Pollution*, 136 (1), 317-329.
- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E. ve Fevzioglu, S., 2010.** Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 76, 25-35. (doi: 10.5053/ekoloji.2010.764).
- Girgin, S. ve Kazancı, N., 1994.** Ankara Çayı'nda Su Kalitesini Belirlemek İçin Taban Büyük Omurgasızların Fiziko-Kimyasal Parametrelerle Birlikte Kullanılması. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi Bildiri Kitabı, Edirne, 235-239.
- Göksu, M.Z.L., 2003.** Su Kirliliği Ders Kitabı, Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:7, Nobel Kitabevi, Adana, 232 s.
- Gültekin, F., Dilek, R., Fırat Ersoy, A. ve Ersoy, H., 2005.** Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(1), 21-34.
- Gültekin, F., Ersoy, A.F., Hatipoğlu, E. ve Celep, S., 2012.** Trabzon İli Akarsularının Yağışlı Dönem Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 82, 77-88. (doi: 10.5053/ekoloji.2011.8211).
- Harper, D. 1992.** *Eutrophication of freshwaters: Principles, problems and restoration*. Chapman and Hall, London, UK.
- Hellar-Kihampa, H., Wael, K.D., Lugwisha, E. and Grieken, R.V., 2013.** Water quality assessment in the Pangani River basin, Tanzania: natural and anthropogenic influences on the concentrations of nutrients and inorganic ions. *Intl. J. River Basin Management*, 11(1), 55-75. (<http://dx.doi.org/10.1080/15715124.2012.759119>).
- Henry, R., Tundisi, J.G., Curi, P.R., 1984.** Effects of Phosphorus and Nitrogen Enrichment on the Phytoplankton in a tropical Reservoir (Lobo Reservoir, Brasil). *Hydrobiologia*, 118, 177-185.
- Horne, A. J. And Goldman, C. R., 1994.** *Limnology*. 2nd Edition. McGraw-Hill, New York, 57 pp.

- Hunt, A.Ö. ve Sarıhan, E., 2004.** Seyhan Nehri'nin kollarından birini oluşturan Sarıçam Deresi'nin fizikokimyasal ve bakteriyolojik özellikleri. SDÜ, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Cilt II, Sayı XII, 2,51-58.
- Hutchinson, G.E., 1944.** Nitrogen in the Biogeochemistry of the Atmosphere. American Scientist, 86, 201-214.
- İÇDR, 2013.** Giresun İl Çevre Durum Raporu. T.C. Giresun Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2012, 111 s.
- Jarvie, H.P., Whitton, B.A. and Neal, C., 1998.** Nitrogen and phosphorus in east coast British rivers: Speciation, sources and biological significance. Science of the Total Environment, 210/211, 79-109. (doi:10.1016/S0048-9697(98)00109-0).
- Jarvie, H.P., Withers, P.J.A. and Neal, C., 2002.** Review of robust measurement of phosphorus in river water: sampling, storage, fractionation and sensitivity. Hydrology and Earth System Sciences, 6(1), 113-131.
- Jones, J.R.E., 1964.** Fish and River Pollution. Butterworth, London, UK., 203 pp.
- 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, 1(3), 41-48.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö.O. ve Çavuşoğlu, K., 2005.** Aksu Çayı'nın Su Kalitesi Değişimi Üzerine Bir Araştırma. SDÜ, FBE Dergisi, 9(1), 5-13.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö.O. ve Gülboy, H., 2004.** Ağlasun Deresi'nin su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve epilitik alglere göre belirlenmesi. SDÜ, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2(12), 7-14.
- Kara, C. ve Çömlekçioğlu, U., 2004.** Karaçay (Kahramanmaraş)'ın Kirliliğinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ), Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 1-7.
- Kasımoğlu, C. ve Yılmaz, F., 2014.** Tersakan Çayı'nın (Muğla, Türkiye) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. Balıkesir Üniversitesi (BAÜ), Fen Bil. Enst. Dergisi, 16(2) 51-67.
- Kazancı, N., Ekingen, P., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Dügel, M. ve Gültutan, Y., 2010.** Aksu Çayı'nın (Giresun, Türkiye) Ekolojik Kalitesinin Taban Büyük Omurgasızlarına Dayalı Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. Review of Hydrobiology, 3(2), 165-184. ([www.reviewofhydrobiology.com](http://www.reviewofhydrobiology.com)).
- Kazancı, N., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Ekingen, P., Öz, P. ve Gültutan, Y., 2010.** Su Çerçeve Direktifi kapsamındaki taban büyük omurgasızlarına dayalı

yöntemlerin uygulanması ile Yeşilırmak Nehri'nin ekolojik kalitesinin belirlenmesi. *Review of Hydrobiology*, 3(2), 89-110.

- Khound, N.J., Phukon, P. and Bhattacharyya, K.G., 2012.** Physico-chemical studies on surface water quality in the Jia-Bharali River Basin, North Brahmaputra Plain, India, *Archives of Applied Science Research*, 4 (2), 1169-1174.
- Koukal, B., Dominik, J., Vignati, D., Arpagaus, P., Santiago, S., Ouddane, B., and Benaabidate, L., 2004.** Assessment of water quality and toxicity of polluted Rivers Fez and Sebou in the region of Fez (Morocco). *Environmental Pollution*, 131, 163-172.
- Kumar, R.N., Solanki, R. and Nirmal Kumar J.I., 2011.** An Assessment of Seasonal Variation and Water Quality Index of Sabarmati River and Kharicut Canal at Ahmedabad, Gujarat. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry (EJEAFChe)*, 10(8), 2771-2782.
- Lalli, C.M. and Parsons, T.R., 1993.** *Biological Oceanography: An Introduction.* Pergamon Press, Oxford, 301 pp.
- Lampert, W. and Sommer, U., 1997.** *Limnology: The Ecology of Lakes and Streams.* Oxford University Press, New York, USA, 382 pp. (ISBN 0-19-509592-8).
- Lawson, T.B., 1995.** *Fundamentals of Aquacultural Engineering.* Chapman-Hall, USA, 355 pp.
- Li, Y. and Mieliaggio, K., 2010.** *Water quality concepts, sampling and analysis.* CRC Press, 340 pp.
- Lloyd, R., 1992.** *Pollution and Freshwater Fish.* Blackwell Scientific Publication Ltd., England, 176p. (ISBN: 0-85238-187-5).
- MEGEP, 2011.** *Suların Analiz Parametreleri (850CK0011).* Megep Projesi Eğitim Modülleri, Çevre Sağlığı, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 64 s.
- Mhlanga, L., Mhlanga, W. and Mwera, P., 2013.** The application of a phosphorus mass balance model for estimating the carrying capacity of Lake Kariba. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37, 316-319.
- Mutlu, E., 2013.** Sivas İli Kızılırmak Havzasında 5 Farklı İstasyonda Yaşayan Tatlı Su Kefali (Akba-lık=LeuciscusCephalus)'un Biyokimyasal Özelliklerine Su Kalitesinin, Aylık ve Mevsimsel Değişimlerinin Etkisi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 728 s.
- Mutlu, E., Yanık, T. ve Demir, T., 2013.** Horohon Deresi (Hafik-Sivas) Su Kalitesi Özelliklerinin Aylık Değişimleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Alınları Zirai Bilimler Dergisi, Erzurum, 25(2), 45-57.

- Naddeo, V., Zarra, T. and Belgiorno, V., 2005.** European Procedures To River Quality Assessment. Global NEST Journal, 7(3), 306-312. (<http://journal.gnest.org/>).
- Neal, C., Neal, M., Reynolds, B., Maberly, S.C., May, L., Ferrier, R.C., Smith, J. and Parker, J.E., 2005.** Silicon concentrations in UK surface waters. Journal of Hydrology, 304, 75-93. (DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.07.023).
- Nisbet, M., and Verneaux, J. 1970.** Composants chimiques des eaux courantes: discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. Annales de Limnologie 6(2), 161-190.
- Odabaşı, S. ve Büyükkateş, Y., 2009.** Klorofil-a, Çevresel Parametreler ve Besin Elementlerinin Günlük Değişimleri: Sarıçay Akarsuyu Örneği (Çanakkale, Türkiye). Ekoloji, 19(73), 76-85.
- Okur, B., Yener, H., Okur, N. ve İrget, E., 2001.** Büyük Menderes Nehrindeki Bazı Kirlenici Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Olarak Değişimi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2), 243-250.
- Öner, Ö. ve Çelik, A., 2011.** Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. Ekoloji, 20(78), 48-52. (doi: 10.5053/ekoloji.2011.788).
- Özbay, Ö., Göksu, M.Z.L. ve Alp, M.T., 2012.** Akarsu Ortamında Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi, Berdan Çayı Örneği (Tarsus-Mersin). Ç.Ü., Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(1), 109-117.
- Polat, M., 1997.** Akarsu ve Göllerde İzlenen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler. Su Kalitesi Yönetimi Semineri Bildiri Kitabı, D.S.İ. Genel Müdürlüğü, Ankara, 45-57.
- Rai, H., 1974.** Limnological Studies on the River Yamuna at Delhi (Part-I): Relation between chemistry and the state of pollution. Archives of Hydrobiology, 73, 269-393.
- Sa'nchez-Montoya, M.M., Arce, M.I., Vidal-Abarca, M.R., Marı'a Luisa Sua'rez, M.L., Narcı's Prat, N. and Go'mez, R., 2012.** Establishing physico-chemical reference conditions in Mediterranean streams according to the European Water Framework Directive. Water Research, 46, 2257-2269. (doi:10.1016/j.watres.2012.01.042).
- Salihoğlu, İ., Saydam, C., Baştürk, Ö., Yılmaz, K., Göçmen, D., Hatipoğlu E. ve Yılmaz, A., 1990.** Transport and Distribution of Nutrients and Chlorophyll-a by Mesoscale Eddies in the Northeastern Mediterranean, Marine Chemistry, 29, Elsevier Sci. Publ., B.V. Amsterdam, 375-390.
- Sawyer, C.H., 1960.** Chemistry for Sanitary Engineers. New York: McGraw Hill Book Co., New York, 367 pp.

- Sayın, A., 2000.** Değirmendere Havzasında Bazı Kirleticilerin Düzeyleri ve Ortama Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. KTÜ, Fen Bil. Enst., Trabzon, 44 s.
- Scholten, M.C.Th., Foekema, E.M., Van Dokkum, H.P., Kaag, N.H.B.M. and Jak, R.G., 2005.** Eutrophication Management and Ecotoxicology, Springer, New York.
- Schwörbel, J., 1987.** Einführung in die Limnologie. 6 Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 269 pp.
- Serdar, O., 2012.** İyidere ve Çiftekavak Derelerinin Su Kalitesinin Fiziko Kimyasal Parametreler ve Saprobitik Sistem Kullanılarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 104 s.
- 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.
- SKKY, 2009.** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği. Resmi Gazete 10.10.2009, sayı: 27372.
- Skoulidakis, N.T., 2009.** The environmental state of rivers in the Balkans - a review within the DPSIR framework. Science of the Total Environment, 407, 2501-2515.
- Solak, C.N., 2003.** Akçay (Muğla-Denizli)'ın fiziko-kimyasal ve epilitik alg florası yönünden incelenmesi. Yüksek lisans tezi. Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Stevens, R.J. and Laughlin, R.J., 1994.** Determining Nitrogen-15 in Nitrite or Nitrate by Producing Nitrous Oxide, Soil Science Society of America Journal, 58, 1108-1116.
- Sümer, B., İleri, R., Şamandar, A., Şengörür, B., 2001.** Büyük Melen ve Kollarındaki Su Kalitesi. Ekoloji ve Çevre Dergisi, 10(39), 13-19.
- Şen, B. ve Gölbaşı, S., 2008.** Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. E. Ü., Su Ürünleri Dergisi, 25 (4), 353-358.
- T.C. Resmi Gazete, 2005.** İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. 25730, 17.02.2005, 32 s.
- Tanyolaç, J., 2004.** Limnoloji (Tatlı su Bilimi). Hatipoğlu Basım ve Yayımlar San. Tic., 4. Baskı, Ankara, 237 s.
- Tanyolaç, J., 2006.** Limnoloji. Hatipoğlu Basım ve Yayımlar Sanayi, 4. Baskı, Ankara.

- Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. ve Topkara, S., 2010.** Ulugöl (Ordu)'ün Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Journal of Fisheries Sciences*, 4(3), 254-263.
- Taşdemir, M. ve Göksu, Z.L. 2001.** Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*,18(1-2), 55-64.
- Temponeras, M., Kristiansen, J. And Moustaka Gouni, M., 2000.** Seasonal Variation in Phytoplankton Composition an Physical Chemical Features of the Shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece *Hydrobiologia*, 424, 109-122.
- Tepe, Y., 2009.** Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Ekoloji* 70, 38-46.
- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E. ve Töre, Y., 2006.** Hasan Çayı,(Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri. *E. Ü., Su Ürünleri Dergisi*, 23(Ek 1/1), 149-154.
- Thirupathaiah, M., Samatha, Ch. and Sammaiah, C., 2012.** Analysis of water quality using physico-chemical parameters in lower manair reservoir of Karimnagar district, Andhra Pradesh. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(1), 172-180.
- Tomasko, D.A., Dawes, C.J. and Hall, M.O., 1996.** The Effects of Anthropogenic Nutrient Enrichment on Turtle Grass (*Thalassiatestudinum*) in Sarasota Bay, Florida. *Estuaries* 19, 2B, 448-456.
- Tommasso, J.R., 1994.** The toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. *Rewiews of Fisheries Science*, 2, 291-314.
- Trussel, R.P., 1972.** The Percent Un-ionized Ammonia in Aqueous Ammonia Solutions at Different pH Levels and Temperatures. *J.Fish. Resch. Bd. Canada*, 29, 1739-1744.
- TS 5090, 1997.** Su Kalitesi-Numune Alma-Kısım 2: Numune Alma Teknikleri Klavuzu. TSE., Ankara, 1. baskı, 15 s.
- TS 5106, 1997.** Su kalitesi-Numune Alma-Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşınma Kuralları. TSE., Ankara, 1. baskı, 30 s.
- TS 5667, 2008.** Su Kalitesi-Numune Alma-Bölüm 6 - Nehirlerden ve Akarsulardan Numune Alma Kılavuzu. TSE., Ankara, 1. baskı, 20 s.
- TS 6288, 1998.** Su Kalitesi-Permanganat İndeksinin Tayini. TSE., Ankara, 1. baskı, 8 s.
- TS 7094, 1989.** Su Kalitesi-Toplam Askıda Katı Madde Tayini. TSE, Ankara, 1. Baskı, 6 s.
- Turan, D., Taş, B., Çilek, M. ve Yılmaz, Z., 2008.** Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye) Balık Faunası. *Journal of Fisheries Sciences*, 2(5), 698-703.



- UNEP, (2008).** Water Quality for Ecosystem and Human Health. 2nd Edition, United Nations Environment Programme, Global Environment Monitoring System (GEMS) Water Programme, 110 s. (ISBN 92-95039-51-7).
- URL-1, 2014.** <http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/silisyum> (14.04.2015).
- URL-2, 2014.** <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0DEFD%20B46DECB1F2A2> (26.05.2015).
- URL-3, 2014.** <http://karadenizguzellikleri.blogspot.com.tr> (12.06.2015).
- URL-4, 2014.** <http://rize.nedir.com> (12.06.2014).
- URL-5, 2014.** <http://www.arhavi.bel.tr/arhavi-cografyasi.html> (12.06.2014).
- URL-6, 2015.** <http://www.lenntech.com/periodic/water/silicon/silicon-and-water.htm>. (26.05.2015).
- Uslu, O. ve Türkman, A., 1987.** Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müd. Yayınları, Eğitim Dizisi 1, 364 s.
- Uzlu, E., Filiz, M.H., Kömürcü, M.İ., Akpınar, A. ve Yavuz, O., 2008.** Doğu Karadeniz Havzası'ndaki Küçük Hidroelektrik Santrallerin Durumu. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, 17-19 Aralık 2008, İstanbul, Türkiye, 459-466.
- Verep, B., Çelikkale, M.S. ve Düzgüneş, E., 2002.** Uzungöl'ün Bazı Limnolojik ve Hidrografik Özellikleri. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 19(1-2), 233-240.
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D. ve Şahin, C., 2005.** İyidere (Trabzon)'nin Fiziko-Kimyasal Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji Dergisi, 15(57), 7-16.
- Voudouris, K. and Voutsas, D., 2012.** Water Quality: Monitoring and Assessment. Publisher: In Tech, 602 pp. (ISBN-13: 9789535104865).
- Wedemeyer, G.A., 1996.** Physiology of Fish in Intensive Culture Systems. Chapman and Hall, New York, 232 pp. (ISBN 0-412-07801-5).
- Wetzel, R.G. and Likens, G.E., 2000.** Limnological Analyses. Springer Science Business Media, Inc. United States of America, 435 pp.
- Wetzel, R.G., 2001.** Limnology: Lake and River Ecosystems. Academic Press, 3rd Edition, San Diego, California. 1006 pp.
- WHO, 1984.** Guidelines for Drinking Water Quality. Vol. 2. World Health Organization, Geneva, 100-292.
- WHO, 2004.** Guidelines for Drinking-water Quality, Nitrates and nitrites in drinking-water (rolling revision of the draft for review and comments, Report. World

Health Organization (WHO), WHO/SDE/WSH/04.08/56, Geneva, Switzerland, 133 pp.

**Yılmaz, F., 2004.** Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Ekoloji*, 50, 10-17.

**Yılmaz, M., Akyürek, M. ve Balık, İ., 1992.** Çivril (Işıklı) Gölü Limnolojik Araştırma Projesi Sonuç Raporu. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araş. Gen. Müd., Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eğirdir, 193 s.

**Yılmaz, M., Gül, A. ve Solak, K., 1995.** Kapulukaya Baraj Gölü (Kırıkkale)'nün Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Balıkçılık açısından Değerlendirilmesi. *Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 136-152.

**YSKYY, 2012.** Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Resmi Gazete, Sayı: 28483, 30 Kasım 2012, Ankara, (RG-15/4/2015-29327).

**Yunev O., Vladimir A., Basturk O., Yilmaz A., Kideys A.E., Moncheva S. and Konovalov S.K., 2002.** Long-term variation of surface chlorophyll-a and primary production in the open Black Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 230, 11-28.

**Zaman, M. ve Birinci, S., 2011.** Doğu Karadeniz'de Termal Turizminin Geliştirilebileceği Merkezlere Yeni Bir Örnek: İkizdere Kaplıcası. *Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15 (1), 411-412.

**Zaman, M., 2007.** Doğu Karadeniz Kıyı Dağları'nda Yaylalar ve Yaylacılık. *Atatürk Üniv. Yay. No: 960, Fen Edebiyat Fak. Yay. No: 105, Araştırma Serisi No: 75, Erzurum*, 509 s.

## ÖZGEÇMİŞ

Serkan SERDAR, 29/09/1974 tarihinde Trabzon-Akçaabat'ta doğdu. İlköğretimini 1988 yılında Trabzon ili Akçaabat ilçesi 60.Yıl İlköğretim Okulu'nda, Ortaöğretimini 1992 yılında Trabzon Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi'nde tamamladı. 1994 yılında Rize Meslek Yüksek Okulu Makine Resim ve Konstrüksiyon Bölümünden Tekniker ünvanı ile mezun olduktan sonra 1995 yılında başladığı lisans eğitimini, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü'nde 1999 yılında tamamladı. 2011 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalında başladığı yüksek lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir.

2003-2015 yılları arasında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsünde Kimyager olarak görev yapmıştır. 2015 yılı Mart ayından itibaren Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda Kontrol Genel Müdürlüğüne bağlı Trabzon Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğüne atandı ve halen bu kurumda Kimyager olarak çalışmaktadır. Orta seviyede İngilizce bilen Serkan Serdar, evli ve 2 çocuk babasıdır.

### **Bilimsel Çalışmaları ve Yayınları;**

#### **Uluslararası Yayınları**

**Akbulut, B., Zengin, M., Dagtekin, M., Özkan, B., Eroglu, O., Ciftci, Y., Firidin, Ş., Cakmak, E., Cavdar, Y., Aksungur, N., Aydın, İ., Ustaoglu Tırıl, S., Memis, D., Alkan, A., Üstündağ, E. and Serdar, S., 2009.** Present Status of Sturgeon Population and Rearing Possibilities in Turkish Black Sea Coastline and Rivers. The 6th International Symposium on Sturgeon Wuhan, Hubei Province, China.

**Alkan, A., Zengin, B. and Serdar, S., 2009.** The Investigation Of Some Physical and Chemical Characteristics In Water Column Of South-Eastern Black Sea Coast (Trabzon), 5th Black Sea Basin Conference on Analytical Chemistry, (Ab 320) 23-26 September, Fatsa-Ordu.

- Akbulut, B., Zengin, M., Ciftci, Y., Ustaoglu Tırlı, S., Memis, D., Alkan, A., Cakmak, E., Kurtoglu, I.Z., Aydın, I., Üstündag, E., Eroglu, O. and Serdar, S., 2011.** Stimulating sturgeon conservation and rehabilitation measures in Turkey: an overview on major projects (2006-2009). *J. Appl. Ichthyol.* 27, 415-419.
- Alkan, A., Zengin, B., Serdar, S. and Oguz, T., 2013.** Long-term (2001-2011) temperature, salinity and chlorophyll-a variations at a South eastern coastal site of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, DOI: 10.4194/1303-2712-v13\_1\_08.
- Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbas, U., Zengin, B., and Kılıc, M.B. 2013.** Physico-chemical characteristics and nutrient levels of the eastern Black Sea rivers. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, DOI: 10.4194/1303-2712-v13\_5\_09
- Bascınar, N.S., Gözler, A., Sahin, C., Erüz, C., Tolun, L., Ağırbaş, E., Mantıkcı, M., Serdar, S. and Verep, B., 2014.** The Impact Assessment of Cage Aquaculture on the Benthic Ecosystem Along the South Eastern Black Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(3):720-739.

#### **Ulusal Yayınları**

- Alkan, A., Zengin, B., Yıldırım, C. ve Serdar, S. 2004.** Trabzon Açıklarında Deniz Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, Sürekli İzleme Projesi 2001-2003 Sonuç Raporu. Su Ürünleri Merkez Araş. Enst. Müd.-Trabzon, 102 s.
- Alkan, A., Akbulut, B., Başçınar, S., Zengin, B. ve Serdar, S., 2006.** Yetiştiricilik İşletmelerinin Denizel Ekosisteme Olan Etkilerinin Belirlenmesi, SUMAE Yunus Araştırma Bülteni 6 (1), 4-5.
- Çavdar, Y., Serdar, S., Aydın, İ., Aksungur, M., Çakmak, E., Alkan, A., Zengin, B. ve Şahin, T. 2006.** Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Organik Balık Yetiştiriciliği İmkanlarının Araştırılması Projesi Sonuç Raporu. Su Ürünleri Merkez Araş. Enst. Müd. - Trabzon, 67 s.
- Alkan, A., Serdar, S., ve Fidan, D., 2008.** Kirlilik ve Karadeniz. SUMAE Yunus Araştırma Bülteni, 8:1, 6-7.
- Alkan, A., Serdar, S. ve Zengin, B., 2008.** Yeşilırmak ve Kızılırmak Nehirlerinde Su Kalite Kriterlerinin İncelenmesi. Mersin Balığı Çalıştay: Koruma Stratejisi ve Üretim Çalıştay. Özdemir, A., Akbulut, B., Aksungur, M. (Ed.) Çalıştay Bildiri Kitabı. 30-31 Ekim 2008- Samsun: 64-73.
- Alkan, A., Serdar, S., Zengin, B., 2010.** Su Kalite Parametrelerinde Değişim ve Modelleme, Su Ürünleri Yetiştiricilik İşletmelerinin Denizel Ekosisteme Olan Etkilerinin Belirlenmesi Çalıştay, 25-26 Mayıs, Kartepe, Kocaeli.

**Karakoç, F.T., Okumuş, İ., İşmen, A., Özdemir, A., Akhan, S., Deniz, H., Demirbaş, M., Eke, S., Bahadırlar, Y., Tüfekçi, V., Tolun, L., Tüfekçi, H., Olgun, A., Başçınar, N.S., Büyükkateş, Y., Türkoğlu, M., Akbulut, B., Alkan, A., Ögüt, H., Feyzioğlu, M., Gözler, A.M., Şahin, C., Erüz, Ç., Verep, B., Şahin, Ş.A., Yandı, İ., Çelebi, R., Serdar, S., Önal, U., Ergün, S., Erdem, Z. ve Erciyes, K. 2010.** Su Ürünleri Yetiştiricilik İşletmelerinin Denizel Ekosisteme Olan Etkilerinin Belirlenmesi Projesi Final Raporu, TÜBİTAK-YDABAG-105G038.

**Çavdar, Y., Serdar, S., Aydın, İ., Çakmak, E., Aksungur, M., Alkan, A., Zengin, B. Okumuş, İ. ve Şahin, T., 2010.** Türkiye Balıkçılığı İçin Bir Fırsat: Organik Su Ürünleri Yetiştiriciliği. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran-1 Temmuz, Erzurum (Sunulu Bildiri).

**Akbulut, B., Zengin, M., Dağtekin, M., Özkan, B., Eroğlu, O., Çiftçi, Y., Firidin, Ş., Çakmak, E., Çavdar, Y., Aksungur, N., Aydın, İ., Ustaoglu Tırıl, S., Memiş, D., Alkan, A., Üstündağ, E. ve Serdar, S., 2011.** Mersin Balıkları Populasyonlarının Mevcut Durumlarının Belirlenmesi ve Yetiştiricilik İmkanlarının Araştırılması, Proje sonuç raporu. (TAGEM/HAYSÜD/2006/09/02/01). Su Ürünleri Merkez Araş. Enst. Müd. - Trabzon, 286 s.

**Alkan, A., Serdar, S. ve Zengin, B. 2011.** Karadeniz Yüzey Suyu Sıcaklığının (Trabzon) Son On Yıldaki (2000-2010) Değişimi. Balıkçılık ve Akuatik Bilimler Sempozyumu (FABA), 7-9 Eylül, Samsun.

**Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbaş, U., Zengin, B., Kılıç, M. B., 2013.** Doğu Karadeniz Akarsularının Besin Elementi Düzeyleri. Balıkçılık ve Akuatik Bilimler Sempozyumu (FABA), 30 Mayıs-01 Haziran, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

**Alkan, A., Fidan, D., Serdar, S., Akbaş, U., Zengin, B., Kılıç, M. B., 2013.** Rize-Fırtına Deresi Su Kalitesinin Aylık Değişimlerinin Belirlenmesi. Fırtına Vadisi Sempozyumu, 26-27 Nisan, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Rize.

**Fidan, D., Alkan, A., Zengin, B. ve Serdar, S., 2013.** Kafes Balığı Yetiştiriciliği Kıyısız Alanında Trix İndeksi. FABA 2013 Sempozyumu, Erzurum.

**Alkan, A., Fidan, D. and Serdar, S. 2013.** The Winter Nutrient Profile Of Oxic/Anoxic Interface Layer In The Southeastern Black Sea Water Column. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 40, Marseille.

#### **Görev Aldığı Projeler;**

**1.** Trabzon Açıklarında Deniz Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, (TAGEM Sürekli İzleme Projesi, 2003-2014) (Araştırmacı).

2. Çayeli Bakır İşletmesi, Karadeniz ve Büyükdere Çevresel Ölçme ve İzleme Programı, (Özel Sektör Sürekli İzleme Projesi, 2003-2014) (Araştırmacı).
3. Doğu Karadeniz Bölgesinde Organik Balık Yetiştiriciliği Uygulama İmkânlarının Araştırılması Projesi (TAGEM Projesi, 2003–2006) (Araştırmacı).
4. Ordu İli Perşembe İlçesinde Faaliyet Gösteren Yüzer Ağ Kafes İşletmelerinin Çevresel Etki ve Su Ürünleri Sağlığı Yönünden İzlenmesi, (TAGEM Projesi, 2004-2006) (Araştırmacı).
5. Mersin Balıkları Populasyonlarının Mevcut Durumlarının Belirlenmesi ve Yetiştiricilik İmkânlarının Araştırılması Projesi (TAGEM Projesi, 2006–2009) (Araştırmacı).
6. Yüzer Sistemlerde (SAPANCA Gemisi) Balık Yetiştiriciliği, (Özel Sektör Destekli TAGEM İzleme Projesi, 2008-2009) (Araştırmacı).
7. Su Ürünleri Yetiştiricilik İşletmelerinin Denizel Ekosisteme Etkilerinin Belirlenmesi Projesi, (TÜBİTAK 1007 Projesi; No:105G038; 2007-2010) (Araştırmacı).
8. Türkiye’deki Mersin Populasyonlarının İyileştirilmesi: Habitat Değerlendirilmesi ve Balıklandırma Projesi (FAO Projesi, 2008-2011) (Araştırmacı).
9. Mersin Balığı Yetiştiriciliği ve Koruma Stratejisi Geliştirilmesi Projesi, (TAGEM Projesi, 2011-2014) (Araştırmacı).
10. Doğu Karadeniz’de Karasal Kaynaklı Kirleticilerin Kıyı ve Deniz Ekosistemine Etkilerinin Belirlenmesi Projesi (TAGEM Projesi, 2012-2014) (Araştırmacı).