T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
YER ve DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİLDERESİ (DİLOVASI-KOCAELİ) DRENAJ ALANININ FİZİKSEL ve KİMYASAL KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

MELTEM YAĞCIOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
YER ve DENİZ BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2021

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
YER ve DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİLDERESİ (DİLOVASI-KOCAELİ) DRENAJ ALANININ FİZİKSEL ve KİMYASAL KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

MELTEM YAĞCIOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
YER ve DENİZ BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. M. SALİM ÖNCEL

GEBZE
2021

T.R.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

INSTITUE of EARTH and MARINE SCIENCES

DETERMINATION of PHYSICAL and CHEMICAL CHARACTERISTICS of DİL STREAM (DİLOVASI-KOCAELİ) DRAINAGE AREA

MELTEM YAĞCIOĞLU

A THESIS SUBMITTED for THE DEGREE of MASTER of SCIENCE

DEPARTMENT of EARTH and MARINE

THESIS SUPERVISOR

PROF. DR. M. SALİM ÖNCEL

GEBZE

2021

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	**YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU**

GTÜ Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20/05/2021 tarih ve 2021/08 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 25/05/2021 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Meltem YAĞCIOĞLU' nun tez çalışması Yer ve Deniz Bilimleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

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

ÜYE : Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN

ÜYE : Doç. Dr. Fatih GÜLGEN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..…/……/…… tarih ve ……/…..... sayılı kararı.

ÖZET

Dilderesi Havzası, plansız yerleşim alanları, yoğun nüfus, kontrolsüz tarım ve hayvancılık alanları, organize sanayi bölgeleri, atık su arıtma tesisleri, kontrolsüz ve kontrollü düzenli depolama alanları, tarihi zenginliğin yanı sıra taş ocakları, tabiat parkı, verimli su kaynaklarını bir arada barındırmaktadır. Bu nedenle karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapı, geçmişten gelen doğal bir ortamın hala bazı kesimlerinde izlerini taşırken, insan kaynaklı faaliyetler sonucunda yerini kirli ve tahrip olmuş bir çevreye kademe kademe nasıl bıraktığının kanıtı olarak görülebilmektedir.

Pek çok açıdan stratejik öneme sahip olan Dilderesi Havzası, bu çalışmada 7 alt havzaya bölünmüş, yüzey suları kimyası ve sediment karakterizasyonu incelenmiştir. Kurak ve yağışlı sezonlardaki değişimin gözlenmesi için 16 noktadan su ve sediment örnekleri alınmıştır. Analiz sonuçlarında maksimum BOİ (538 mg/L), KOİ (916 mg O_2/L), TOK (235,1 mg/L), amonyak (34,21 mg NH_3_N/L), nitrat (45,72 NO_3_N/L), AKM (97 mg/L), iletkenlik (2218 µs/cm) ve minimum çözünmüş oksijen değeri (0,33 mg/L) ölçülmüştür. Analiz sonuçlarında ölçülen maksimum Al (21,06 mg/L), Fe (11,20 mg/L), Cu (374,5 µg/L), Zn (180 mg/L), Pb (226,40 µg/L), Ni (4377 µg/L), Cd (1,42 µg/L), Cr (967,91 µg/L), Mn (2,76 mg/L) ve Co (14,66 µg/L) değerleri genel olarak Kocakaya Alt Havzasında tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde çoğunlukla çakıl yüzdesinin daha yüksek olduğu, kurak sezonda baskın litolojinin Kumlu Çakıl ve Çakıllı Kum, yağışlı sezonda ise Çamurlu Kumlu Çakıl, Kumlu Çakıl ve Çakıllı Çamurlu Kum olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Dilderesi Havzası, Jeomorfoloji, Alt Havza, Su Kalitesi, Sediment

SUMMARY

Dil Stream Basin hosts unplanned settlements, dense population, uncontrolled agriculture and animal husbandry areas, organized industrial zones, wastewater treatment facilities, uncontrolled and controlled landfills, historical wealth, quarries, natural parks, and efficient water resources. Therefore, it has a complex structure. While this complex structure still carries the traces of a natural environment from the past in some parts, it can be seen as proof of how it gradually left its place in a dirty and destroyed environment as a result of human-induced activities.

Dil Stream Basin, which has strategic importance in many respects, is divided into 7 sub-basins in this study, and surface water chemistry and sediment characterization are investigated. In order to observe the change in dry and rainy seasons, water and sediment samples were taken from 16 points. Maximum BOD (538 mg/L), COD (916 mg O_2/L), TOC (235.1 mg/L), ammonia (34.21 mg NH_3_N/L), nitrate (45.72 NO_3_N/L) , Suspended Solid (97 mg/L), conductivity (2218 µs/cm) and minimum dissolved oxygen value (0.33 mg/L) were measured. Maximum Al (21.06 mg/L), Fe (11.20 mg/L), Cu (374.5 µg/L), Zn (180 mg/L), Pb (226.40 µg/L), Ni (4377 µg/L), Cd (1.42 µg/L), Cr (967.91 µg/L), Mn (2.76 mg/L) and Co (14.66 µg/L) values are generally measured in Kocakaya Sub-basin. It has been observed that the percentage of pebbles is mostly higher in sediment samples, the predominant lithology is Sandy Gravel and Gravelly Sand in the dry season, and Sludgy Sand Gravel, Sandy Gravel and Gravelly Sludgy Sand in the rainy season.

Keywords: Dil Stream Basin, Geomorphology, Sub Basin, Water Quality, Sediment

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın yolunu açan, tez danışmanım, saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. M. Salim ÖNCEL'e

Tez çalışmamın her aşamasında beni yönlendiren, kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile katkılarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Saha ve deneysel çalışmalarımda desteklerini ve güler yüzünü esirgemeyen değerli hocam ve arkadaşlarım Öğr. Gör. E. Ender ÇELEBİ, Arş. Gör. Halil. N. ORUÇ ve Proje Asistanı Sinem VURAL' a teşekkür ederim.

Büyük fedakârlıklarla beni destekleyen, her zorlukta yanımda olduğunu bildiğim değerli eşim Levent YAĞCIOĞLU' na,

Hayatım boyunca yanımda olan, destekleri ile güçlendiğim, bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan canım babam Burhan Murat ERDEM ve canım ablam Didem SAZAK' a,

Hayatıma ışık tutan ve her zaman yanımda olduğunu hissettiğim canım annem Mediha ERDEM'e, sonsuz saygı ve sevgimle teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLOLAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı	2
1.2. İnceleme Alanının Özellikleri	3
1.3. Literatür Özeti	9
2. DİLDERESİ HAVZASININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	13
2.1. Pelitli Alt Havzası	22
2.2. Adatepe Alt Havzası	22
2.3. Denizli Alt Havzası	26
2.4. Demirciler Alt Havzası	27
2.5. Tembelova Alt Havzası	29
2.6. Kocakaya Alt Havzası	31
2.7. Öteyüz Alt Havzası	31
3. DİLDERESİ HAVZASI AKARSULARININ KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	33
3.1. Arazi Çalışmaları	34
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	36
3.3. Fizikokimyasal ve Organik Kirlilik Parametreleri	37
3.3.1. pH	38
3.3.2. Çözünmüş Oksijen	40
3.3.3. Elektriksel İletkenlik	46
3.3.4. Askıda Katı Madde (AKM)	48
3.3.5. Alkalinite	50

3.3.6. Nitrat 52
3.3.7. Amonyak 55
3.3.8. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) 58
3.3.9. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) 61
3.3.10. Toplam Organik Karbon (TOK) 64
3.4. Majör Katyonlar (Ca, Mg, Na, K) 65
3.5. İz Element ve Ağır Metaller 74
3.5.1. Alüminyum (Al) 75
3.5.2. Demir (Fe) 78
3.5.3. Bakır (Cu) 81
3.5.4. Çinko (Zn) 84
3.5.5. Kurşun (Pb) 86
3.5.6. Nikel (Ni) 90
3.5.7. Kadmiyum (Cd) 93
3.5.8. Krom (Cr) 95
3.5.9. Mangan (Mn) 97
3.5.10. Kobalt (Co) 100
3.5.11. Silisyum (Si) 102
3.6. Sediment Analizleri (Tane Boyu, Organik Madde, Karbonat) 104
4. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME 111
5. SONUÇLAR ve YORUMLAR 118

KAYNAKLAR 126
ÖZGEÇMİŞ 134
EKLER 135

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
Al	:	Alüminyum
^0C	:	Santigrat Derece
Ca	:	Kalsiyum
$CaCO_3$	:	Kalsiyum Karbonat
CH_4	:	Metan
Co	:	Kobalt
CO_3	:	Karbonat
Cr	:	Krom
Cu	:	Bakır
Fe	:	Demir
ha	:	Hektar
HCO_3	:	Bikarbonat
K	:	Potasyum
kg	:	Kilogram
km	:	Kilometre
km^2	:	Kilometrekare
L	:	Litre
µg/L	:	Mikrogram/Litre
µS/cm	:	MikroSiemens/santimetre
mg/L	:	Miligram/Litre
mL	:	Mililitre
mm	:	Milimetre
m^3/sn	:	Metreküp/saniye
mg	:	Miligram
Mg	:	Magnezyum
Mn	:	Mangan
N	:	Azot
Na	:	Sodyum

Ni	:	Nikel
NH_3	:	Amonyak
NO_3	:	Nitrat
O_2	:	Oksijen
Pb	:	Kurşun
pH	:	Potansiyel Hidrojen
ppm	:	Milyonda bir kısım
r	:	Korelasyon Katsayısı
Si	:	Silisyum
%	:	Yüzde
Zn	:	Çinko
AKM	:	Askıda Katı Madde
BOİ	:	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CORINE	:	Coordination of Information on the Environment - Çevresel Bilginin Koordinasyonu
KOİ	:	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
max	:	Maksimum
min	:	Minimum
OSB	:	Organize Sanayi Bölgesi
TOK	:	Toplam Organik Karbon
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu
YHT	:	Yüksek Hızlı Tren

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
1.1:	Çalışma alanının lokasyon haritası.	4
1.2:	Gebze meteoroloji istasyonu 2019 yılı aylık ortalama sıcaklık grafiği.	5
1.3:	Gebze meteoroloji istasyonu 2008 – 2019 yılları arası toplam yağış grafiği.	6
1.4:	Masif kireçtaşı tabakalarından oluşan ballıkayalar vadisinin güney kesiminden görünümü.	8
1.5:	Ballıkayalar vadisi uydu görüntüsü.	8
2.1:	Dilderesi havzasını oluşturan 7 alt havzanın sınırlarını gösteren harita.	13
2.2:	Dilderesi havzasındaki yerleşim, kaynak, taş ocakları, çöplük ve OSB alanlarının konum haritası.	14
2.3:	Çalışma alanı yükselti haritası.	16
2.4:	Çalışma alanının eğim haritası.	17
2.5:	Çalışma alanındaki büyük toprak grupları.	18
2.6:	2000 a) ve 2018 b) yılları arasında dilderesi havzasındaki arazi kullanımı değişikliğini gösteren haritalar.	19
2.7:	Dilderesi havzasında sanayi ve yerleşim alanlarının (sarı kesikli çizgi sınırları) gelişimini gösterir 1986 a), 2006 b) ve 2020 c) uydu görüntüleri.	21
2.8:	Adatepe alt havzasında yeraltı suyu kullanım noktaları.	23
2.9:	Adatepe alt havzasında dilderesi, İSU gebze atıksu arıtma tesisi ve kuzey marmara otoyolu viyadüğü konumu.	24
2.10:	Adatepe mesire alanı, yerleşim alanı ve dolum tanklarının konumu.	25
2.11:	Mimar Sinan Köprüsü'nün 2012 a) ve 2020 b) yılındaki görünümü.	26
2.12:	Denizli Göleti.	27
2.13:	Rekonstrüksiyon çalışması ile yeniden inşa edilen Demirciler Konağı.	28
2.14:	Tembelova alt havzası'nda eski gebze çöp depolama sahası, yerleşim ve sanayi yeri konumu.	30
2.15:	Kirazpınar Mahallesinde yerleşim alanı ve yakınındaki fabrikalar.	30
2.16:	Öteyüz alt havzasında mera ve hayvancılık yapılan alanlar.	32

3.1: Örnekleme noktalarının alt havzalardaki konumu. 35
3.2: Su ve sediment örnekleri toplama çalışmaları. 36
3.3: Alt havzalara göre pH değerleri. 40
3.4: Alt havzalara göre çözünmüş oksijen değerleri. 42
3.5: D5 örnekleme noktasında görülen su yüzeyindeki gaz çıkışları. 43
3.6: D5 örnekleme noktasında organik maddece zenginleşmiş ve çözünmüş oksijeni azalmış değirmen dere'nin görünümü. 44
3.7: Çözünmüş oksijenin en düşük ölçüldüğü D1-2 noktası (Pelitli Alt Havzası-Temmuz 2020). 44
3.8: Çözünmüş oksijenin düşük seviyede ölçüldüğü dilderesi üzerindeki D12 örnekleme noktası (Adatepe Alt Havzası-Temmuz 2020). 45
3.9: Alt havzalara göre iletkenlik değerleri. 47
3.10: Alt havzalara göre AKM değerleri. 49
3.11: Alt havzalara göre alkalinite değerleri. 51
3.12: Alt havzalara göre nitrat değerleri. 53
3.13: D5 örnekleme noktasında dere kenarındaki seralar ve tarım alanları (Kocakaya Alt Havzası). 54
3.14: Alt havzalara göre amonyak değerleri. 56
3.15: Eski gebze çöp depolama sahası atıklarının dere ile temas ettiği nokta (Tembelova Alt Havzası). 58
3.16: Alt havzalara göre KOİ değerleri. 59
3.17: Adatepe alt havzasını temsil eden örnekleme noktasında ölü hayvan atıkları ve çeşitli evsel atıklar. 60
3.18: Alt havzalara göre BOİ değerleri. 62
3.19: Öteyüz ve Demirciler alt havzalarındaki dere yüzeylerinde görülen su mercimekleri. 63
3.20: Alt havzalara göre TOK değerleri. 65
3.21: Alt havzalara göre Ca^{+} değerleri. 67
3.22: Alt havzalara göre Cg^{+2} değerleri. 68
3.23: Ca ve Mg elementlerinin korelasyon ilişkisi a) kurak sezon b) yağışlı sezon c) uzun dönemli. 69
3.24: Alt havzalara göre Na^{+} değerleri. 70
3.25: Alt havzalara göre K^{+} değerleri. 71

3.26: K ve Na elementlerinin korelasyon ilişkisi a) kurak sezon b) yağışlı sezon c) uzun dönemli. 73
3.27: Örnekleme noktalarından çekilen fotoğraflar a) D5 örnekleme noktası, b) D8 örnekleme noktası. 74
3.28: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Al konsantrasyonları. 77
3.29: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Fe konsantrasyonları. 79
3.30: Dilderesi'ne karışan eski evsel katı atık sahası sızıntı suları. 80
3.31: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Cu konsantrasyonları. 83
3.32: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Zn konsantrasyonları. 85
3.33: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Pb konsantrasyonları. 88
3.34: Kocakaya alt havzasında yüksek Zn ve Pb konsantrasyonuna neden olabilecek taş ocaklarının uydu görüntüsü. 89
3.35: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Ni konsantrasyonları. 92
3.36: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Cd konsantrasyonları. 94
3.37: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Cr konsantrasyonları. 96
3.38: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Mn konsantrasyonları. 99
3.39: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Co konsantrasyonları. 101
3.40: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Si konsantrasyonları. 103
3.41: Sediment örneklerinin a) kurak sezon ve b) yağışlı sezonda üçgen diyagramdaki tanımlamaları. 106
3.42: D8, D9 ve D10 numune noktalarından yağışlı sezonda alınan sediment örnekleri. 107
3.43: D5 noktasından alınan sediment örneğinin içinde bulunan yaprak, odun ve talaş parçacıkları. 110

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		Sayfa
2.1:	Oluşturulan alt havzalara ait akarsu kolları, alan ve yükselti bilgileri.	15
2.2:	Çalışma alanındaki büyük toprak grupları.	18
2.3:	CORINE arazi kullanım haritalarında 2018 ve 2000 yılları alan karşılaştırması.	20
3.1:	Örnekleme noktalarının koordinatları.	35
3.2:	Kıtaiçi yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri.	38
3.3:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen pH değerleri.	40
3.4:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen çözünmüş oksijen değerleri.	41
3.5:	YSKY'ne göre alt havzaların çözünmüş oksijene bağlı su kalite sınıfları.	45
3.6:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri.	47
3.7:	YSKY'ne göre alt havzaların iletkenliğe bağlı su kalite sınıfları.	48
3.8:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen AKM değerleri.	49
3.9:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen alkalinite değerleri.	51
3.10:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen nitrat azotu değerleri.	53
3.11:	YSKY'ne göre alt havzaların nitrat azotuna bağlı su kalite sınıfları.	55
3.12:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen amonyak değerleri.	57
3.13:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen KOİ değerleri.	59
3.14:	YSKY'ne göre alt havzaların KOİ' ye bağlı su kalite sınıfları.	61
3.15:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen BOİ değerleri.	62
3.16:	YSKY'ne göre alt havzaların BOİ'ye bağlı su kalite sınıfları.	64
3.17:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen TOK değerleri.	65
3.18:	Alt havza bazında su örneklerinde majör katyon analiz sonuçları.	66
3.19:	YSKY Tablo 5 – Kıta içi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.	75
3.20:	Dilderesi alt havzalarında ölçülen Al konsantrasyonları.	76
3.21:	YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Al konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.	78

3.22: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Fe konsantrasyonları. 79
3.23: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Fe konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 81
3.24: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Cu konsantrasyonları. 82
3.25: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Cu konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 84
3.26: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Zn konsantrasyonları. 85
3.27: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Zn konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 86
3.28: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Pb konsantrasyonları. 88
3.29: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Pb konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 90
3.30: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Ni konsantrasyonları. 91
3.31: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Ni konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 92
3.32: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Cd konsantrasyonları. 93
3.33: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Cd konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 94
3.34: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Cr konsantrasyonları. 96
3.35: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Cr konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 97
3.36: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Mn konsantrasyonları. 98
3.37: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Mn konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 99
3.38: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Co konsantrasyonları. 101
3.39: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Co konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları. 102
3.40: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Si konsantrasyonları. 103
3.41: Örnekleme noktalarından alınan sedimentlerdeki çakıl, kum ve silt-kil oranları. 105
3.42: Alt havza bazında sediment organik madde ve karbonat miktarı. 109
4.1: Kurak sezon iz element, ağır metal ve majör katyon korelasyon analizi tablosu. 113

4.2: Kurak sezon fizikokimyasal ve organik kirlilik parametrelerinin korelasyon analizi tablosu. 115
4.3: Yağışlı sezon iz element ve majör katyon korelasyon analizi tablosu. 116
4.4: Yağışlı sezon fizikokimyasal ve organik kirlilik parametrelerinin korelasyon analizi tablosu. 117

1. GİRİŞ

Drenaj sistemleri, su kütlesinin içinde ve üzerinde bulunan birçok unsurdan oluşmaktadır. Bu unsurlar; toprak ve üzerinde yetişen bitki örtüsü, toprağın altında yer alan jeolojik materyal, yüzeyde su taşıyan su kanalları, suyun toprakta tutulduğu ve yüzey altında hareket ettiği bölgeler, borular ve menfezler, temizlenmiş ve sıkıştırılmış kara yüzeyleri, kaldırım ve tüm geçirimsiz yüzeylerdir [Booth, 1991].

Su ekosisteminde dere sistemleri, havza hidrolojisini dengeleyen; yerüstü kaynaklarını, yağış sularını toplayan ve boşaltan doğal drenaj havzası, su kaynakları ve biyolojik rezerv alanlarıdır. Bu dere sistemleri, hakim hidrolojik koşullar altında yüzlerce veya binlerce yıl boyunca gelişmiştir. Doğal drenaj havzasının, ormancılık, tarım veya kentleşmenin etkisiyle değiştirilmesi, suyun hareketi ve depolanmasında değişikliklere sebebiyet vermektedir. Su baskınları, kanal erozyonu, toprak kayması ve sucul habitatın yok edilmesi, bu değişikliklerden kaynaklanabilecek durumlardır.

Kentsel alanların büyümesi, bitki örtüsünün baskılanması, değişen yüzey drenajı, atıksuların su kütlelerine boşaltılması ve yüksek geçirimsiz topraklar arazi kullanımında önemli değişikliklere yol açmaktadır. Bu durum, dere ve nehir kıyı erozyonlarına, gıda ve su kaynaklı hastalıkların yayılmasına ve artan yüzeysel akış gibi çevresel sorunlara neden olmaktadır [Cabral vd., 2020]. Hatalı yerleşim ve hatalı arazi kullanım kararları ve uygulamalar, derelerin fiziksel yapısının değişmesine, doğal morfolojisinin kaybolmasına, havza akış yönlerini kaybetmesine, taşkınları sıklaştırmasına ve çevre kullanım alışkanlıklarının yarattığı baskı ile kirliliğe neden olmakta dolayısıyla kent sağlığını tehdit etmektedir.

1960'lı yıllarda, sanayileşmenin başlamasıyla Kocaeli'nin Gebze ilçesinde, önemli büyük işletmeler faaliyet göstermeye başlamıştır. 1980'li yıllarda sanayileşme çok büyük boyutlara ulaşmış ve E-5 karayolu boyunca devam etmiş, Dilovası ile Çayırova arasındaki bölge hem konut hem de sanayi tesislerinin iç içe olduğu bir bölge haline gelmiştir. Dilderesi Havzası içerisinde sanayi tesisleri, yerleşim yerleri, taş ocakları, küçük ölçekli tarım ve hayvancılık arazileri, atık su arıtma tesisleri ve bu kaynaklardan havzaya giren organik maddeler başta olmak üzere çeşitli atıklar ve atık sular havzada kirlilik tehdidi oluşturmaktadır.

İnsan ve sanayi kaynaklı etkilerin son 30 yıldır doğal süreçlerden daha etkili olduğu görülmektedir. Özellikle yerüstü suları ve yer şekilleri gibi unsurlar sanayi ve yerleşme aktiviteleri, arazi kullanımı gibi özelliklere bağlı olarak, insanın neden

olduğu önemli değişimlerden etkilenmektedir. Sanayi komplekslerinin yakınındaki alanlarda kentleşmenin etkileri üzerine yapılan çalışmalar, sayısız faaliyetin, özellikle ağır metallerin oluşumu nedeniyle hidrolojik sistemlerde potansiyel kirlilik kaynakları olduğunu ortaya koymaktadır. Ağır metal kontaminasyonu, insan sağlığı ve ekosistemler için büyük risk teşkil eden kritik bir çevresel endişe olmaya devam etmektedir. Bazı metallerin organizmalara karşı yüksek toksisite seviyeleri ve bu elementlerin uzun süre gıda ağına girmesi, su ortamlarındaki konsantrasyonlarının belirlenmesi konusundaki çalışmaların önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışmada, Dilderesi Havzasının zaman içerisindeki jeomorfolojik değişimi ve su kalitesini belirlemek için coğrafi bilgi sistemleri kullanılmış, haritalama, fiziksel ve kimyasal veri oluşturma ve veri analizleri yapılmıştır. Yedi adet alt havza ve her bir alt havzayı temsil eden örnekleme noktaları belirlenmiş, saha çalışmaları yapılarak 16 noktadan alınan su ve sediment örneklerine analizler uygulanmış mevcut kirlilik durumu değerlendirilmiştir.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma, Dilderesi Havzası'nın fiziksel (coğrafik, jeolojik, jeomorfolojik, topografik ve beşeri) özellikleri ile kimyasal (su kalitesi, sediment kompozisyonu) özelliklerinin incelenerek mevcut kirlilik düzeyi ve morfolojik değişiminin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu hususta yapılan literatür araştırmasında, inceleme alanında çok sayıda çalışma yapılmadığı, yapılan çalışmalarda Dilderesi Havzasının bir bütün olarak ele alındığı, alt havzalara ayrılarak detaylı inceleme yapılmadığı tespit edilmiştir.

Yerleşim alanları, tarım ve hayvancılık yapılan araziler, organize sanayi bölgeleri, arıtma tesisi, çöp sahası, taş ocakları, buna karşın tabiat parkları, doğal yaşam alanları ve ciddi sayıda tatlı su kaynaklarını bir arada bulundurması nedeniyle karmaşık bir yapıya sahip olan Dilderesi Havzası, bu çalışmayla ilk defa alt havzalara ayrılmıştır. Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) modeli kullanılarak oluşturulan 7 adet her bir alt havzanın, geçmişten günümüze jeomorfolojik koşullarının, arazi kullanımının, topografik görünümdeki değişimlerinin ve bu değişimlerin etkileri incelenmiş, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak analiz ve değerlendirme yöntemleri denenmiştir. Dilderesi Havzası'nda mevsimsel olarak 2 kez (Temmuz ve Kasım 2020) örnekleme yapılarak, 16 noktadan alınan su örneklerinde,

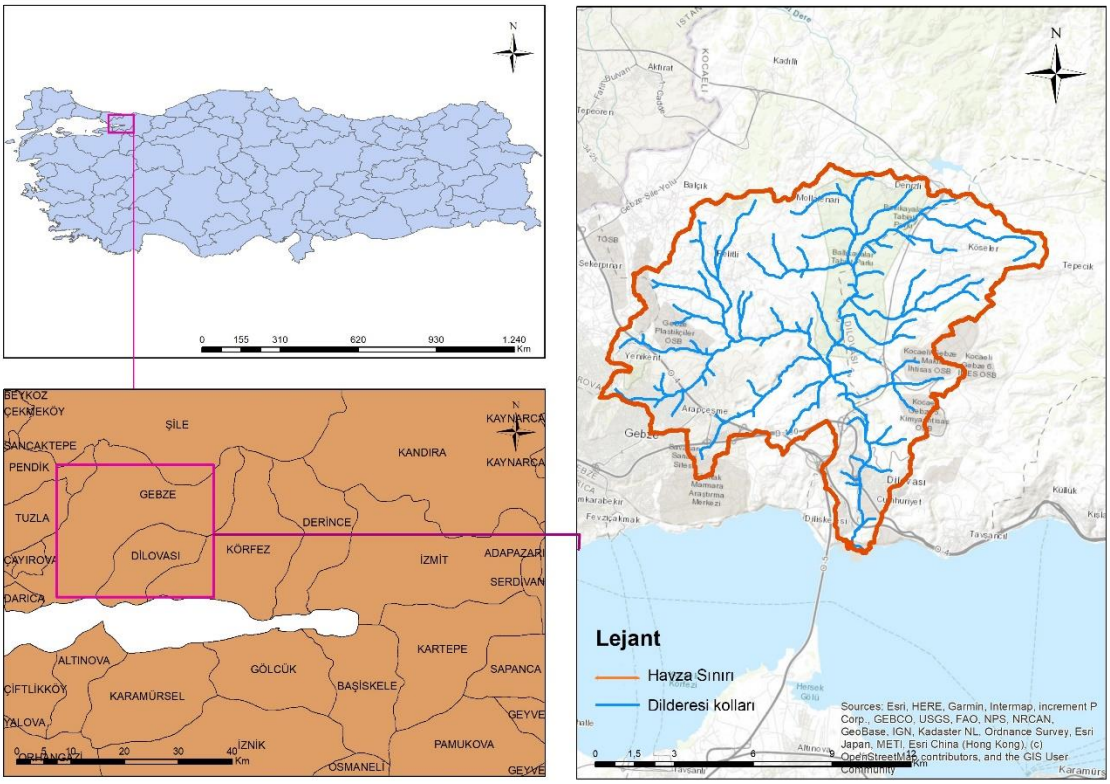
su kalitesi ve metal konsantrasyon ölçümleri yapılmış, bununla birlikte sediment örneklerinde ise tane boyu dağılımı, organik madde ve karbonat miktarı saptanmıştır. Havzanın su kalitesi, mevsimsel ve ölçüm noktalarına bağlı olarak değerlendirilerek alt havzalara göre karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca kimyasal su analizleri ve sediment çalışmalarına ait sonuçlarına korelasyon analizi uygulanmıştır.

1.2. İnceleme Alanının Özellikleri

- Coğrafik Özellikler

Araştırma sahasının bulunduğu Kocaeli İli, Türkiye'nin kuzeybatısında 40°74' ve 41°04' kuzey enlemleriyle, 29°22' ve 29°51' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Yüzölçümü 3.623 km² olup, 2019 yılı nüfusu 1.953.035'tir [TUIK, 2019]. İlin kuzeybatı tarafında İstanbul, güneybatıda Yalova doğusunda Sakarya yer almaktadır. Çayırova, Darıca, Derince, Dilovası, Gebze, Gölcük, İzmit, Başiskele Kandıra, Karamürsel, Kartepe ve Körfez olmak üzere toplam 12 ilçeden oluşmaktadır. 2019 yılı verilerine göre Kocaeli'nin ilçeleri arasında en fazla nüfusa sahip olan ilçesi 382.166 kişi ile Gebze'dir. Dilovası'nın toplam nüfusu ise 50.551 kişidir [TUIK, 2019].

Dilderesi havzası, Dilovası ilçesinin tamamını ve Gebze merkezin Kuzey Doğu (KD) kısımlarını içermekte, $40^0$45'-$40^0$55'kuzey enlemleri ile $29^0$24'-$29^0$36' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzanın sınırlarını, güneyde İzmit Körfezi, kuzeyde hafif tepelik alanlar ve Kocaeli Platosu'ndaki aşınım düzlükleri, batıda Çayırova dere havzası oluşturmaktadır. Dilderesi, 131,54 km² havza alanı ile orta büyüklükte havzalara dahil olup akarsu dantritik drenaj tipine sahiptir [Uzun, 2020]. Dilderesi Ana Havzası, 18,8 km uzunluğunda ve açık havza özelliğinde olup Marmara Denizi İzmit Körfezi'ne taşınmaktadır. Dilderesi'nin başlangıç ve bitiş noktaları Denizli Köyü ve İzmit Körfezi'dir. Dilovası İlçe merkezini ikiye bölen bu derenin üzerinden D100, Anadolu Otoyolu, Kuzey Anadolu Otoyolu ve YHT demiryolu hattı geçmektedir (Şekil 1.1).



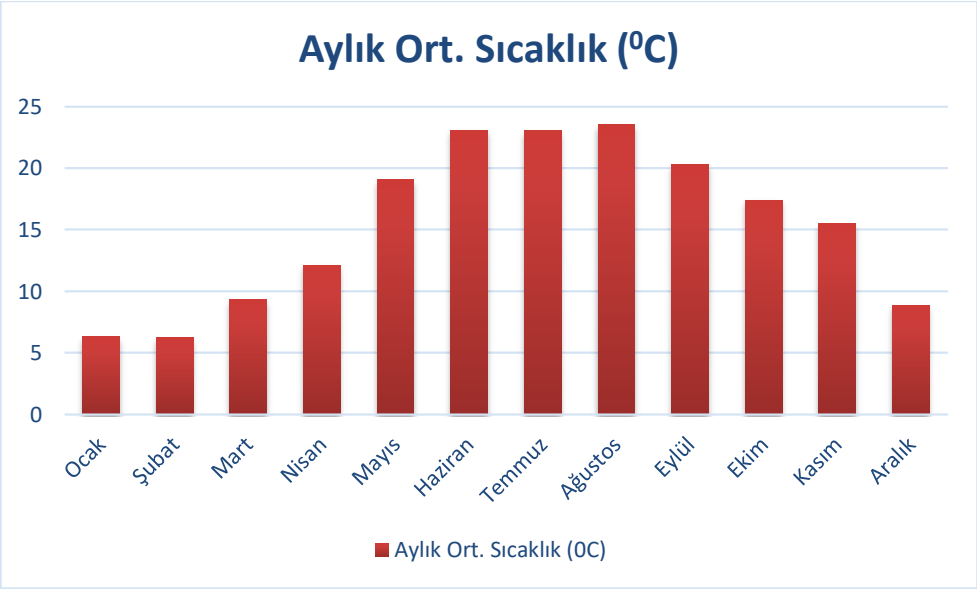
Şekil 1.1: Çalışma alanının lokasyon haritası.

Gebze ve Dilovası İlçeleri son 50 yıldır hızlı bir artış gösteren doğudan batıya doğru göç nedeniyle nüfusu en fazla artan ilçeler arasındadır. Özellikle Gebze'de tarım alanları yerleşme ve sanayi alanları haline dönüştürülmektedir. Bu durum neticesinde arazi kullanımında önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Özellikle Dilovası'nda değerli alüvyal toprakların olduğu alanlar yerleşim, fabrika ve ulaşım için kullanılmaktadır. Bu durum, verimli toprakların kullanılmasını engellemektedir. Tarımsal üretim için oldukça elverişli olan alüvyal toprakların sanayi arazisine dönüştürülmesi, yanlış arazi kullanımına örnek gösterilebilir.

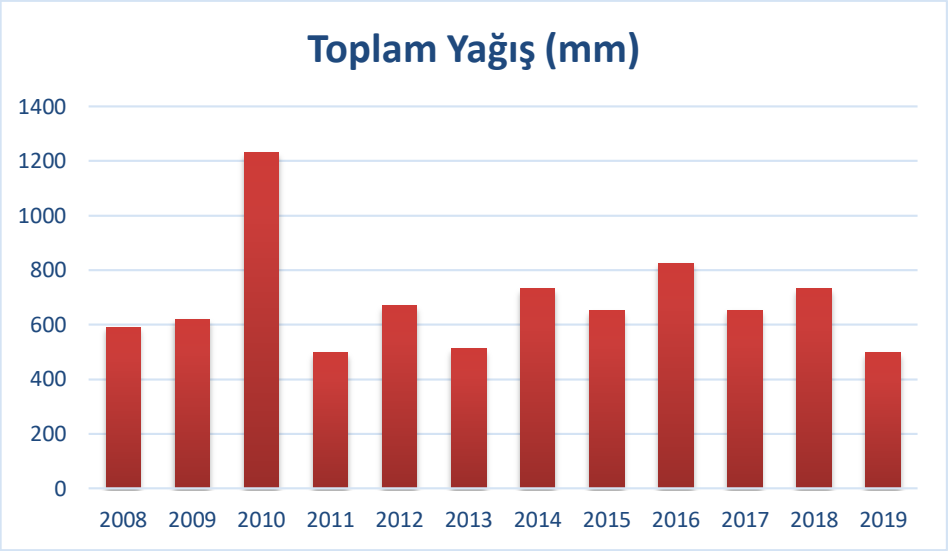
Doğal ve yapay göl bulunmayan çalışma sahasında, çok sayıda kaynağa rastlanmaktadır. Dilderesi Havzası içerisinde 10 adet kaynak olduğu tespit edilmiştir. Bu kaynaklar; Çiftlik, Küplü, Durdur, Bağlar, Kamanlar, Kamışlık, Söğürce, Ören, Kiraz, Yumrukaya çeşmesi'dir. Çalışma sahasındaki dereler çoğunlukla yaz mevsiminde kuru, kış mevsiminde ise sürekli akış halindedir. Mevsimsel kuruma eğiliminde olan derelerden bazıları; Heybeli Dere, Horoz Dere, Koyun Dere, Kabakoza Dere, Ören Dere, Pınarcık Dere, Tarla Dere, Arabacı Dere, Kokurgan Dere, Kavakçayır Dere, Söğürce Dere, Kaya Dere, Koca Dere, Dikenli Dere'dir. Her mevsim akan derelere ise; Gürlek Dere, Kırkık Dere, Tavşanlı Dere, Suçıkan Dere, Yumrukaya

Dere, Ballıkaya Dere, Değirmen Dere, Ayvalık Dere, Aren Dere, Köy Dere, Çakıllı Dere, Kızılcıklı Dere, Bostan Dere, Fındıklı Dere örnek gösterilebilir.

Marmara Bölgesi'nin doğu kısmında bulunan Kocaeli Bölgesi, Akdeniz iklimi kuşağında yer almaktadır. Marmara Bölgesi'nin topografyasının karakteri, alçak deniz sahası ve boğazların oluşturduğu koridorda yer almaktadır. Bu topografik yapının iklim üzerinde etkili olduğu bilinmektedir [Şükür, 2020]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 2019 yılı Gebze İstasyonu verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 15,4 0C civarındadır. Aylara göre ortalama sıcaklık dağılımı Şekil 1.2.'de gösterilmiştir. En soğuk ay 6,29 0C ortalaması ile Ocak ayı iken en sıcak ay ortalama 23,5 0C ile Ağustos ayıdır. 2008-2019 yılları arası toplam yıllık yağış miktarları Şekil 1.3.'de gösterilmiştir. Söz konusu yıllar içerisinde en düşük yağış miktarı 2011 yılında 498,6 mm, en yüksek toplam yağış miktarı 2010 yılına ait olup, miktarı 1231,2 mm'dir. İklim özellikleri bakımından Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında geçiş özelliği taşımaktadır. Yaz mevsimi sıcak ve az yağışlı, kış mevsimi serin ve yağışlı geçmektedir.



Şekil 1.2: Gebze meteoroloji istasyonu 2019 yılı aylık ortalama sıcaklık grafiği.



Şekil 1.3: Gebze meteoroloji istasyonu 2008 – 2019 yılları arası toplam yağış grafiği.

Gebze İlçesinin toprak yapısı genellikle killi, kireçli, kalkerli bir arazi şeklindedir. Toprağın bileşimi, Paleozoik yaşlı kuvarsitler ve siyah renkli kalsit damarlı kireçtaşlarının ayrışmasıyla oluştuğuna işaret etmektedir. Başka bir toprak türü de Neojen yaşlı formasyonlardan kaynaklanan topraklardır. Bu topraklar düzlük zeminlerde gözlenen alüvyonlardan oluşmaktadır.

Çalışma sahasının bir kısmını kireçsiz kahverengi topraklar oluşturmaktadır. Akarsuların vadileri ve yamaçlarında kolüvyal topraklar görülürken vadi tabanları, ova sahaları ve havzanın güneyinde alüvyal topraklar görülmektedir. Kireçtaşının bulunduğu sahalarda rendzinalar (koyu renkte killi ve kireçli toprak) toprak örtüsünü oluşturmaktadır [Uzun, 2020].

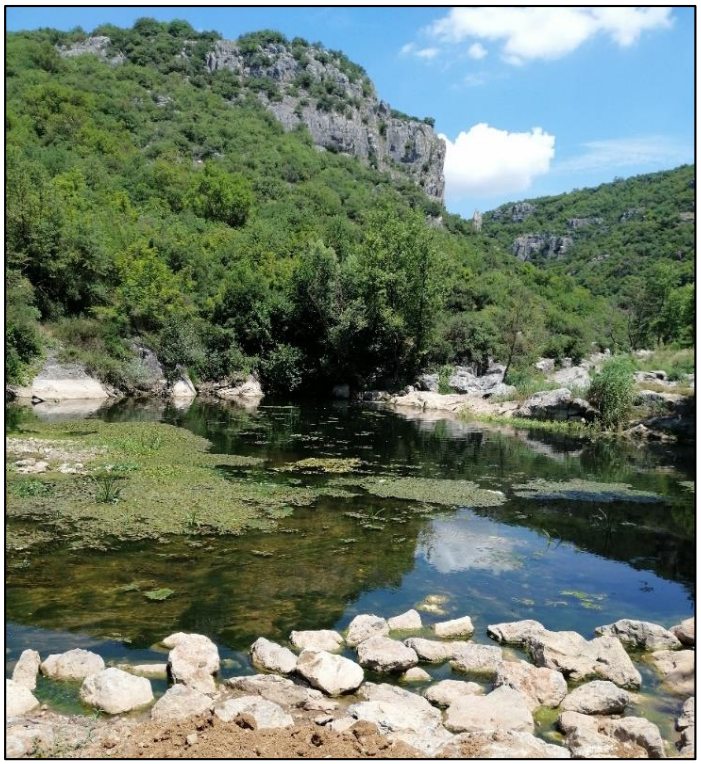
Kocaeli İli'nin bitki örtüsü genel olarak Marmara Bölgesinin özelliklerini taşımaktadır. Gebze İlçesi'nin kuzeyinden güneyine doğru gidildikçe Akdeniz bitki örtüsüne rastlanmaktadır. Denize yaklaştıkça Akdeniz ikliminin bitki örtüsü olan makilere rastlanmaktadır. Kayın ve meşe türlerine de sıkça rastlanan Gebze İlçesinde, kayın Yağcılar, Kargalı ve Tepemanayır Mahallesi civarında bulunurken meşe türleri ise Denizli, Mollafenari, Ovacık ve Mudarlı Mahallesi civarlarında yayılış göstermektedir. Darıca ile Tavşancıl arasında kıyıdan itibaren vadiler boyunca içeri doğru sokulan türler maki formasyonuna aittir. Tavşancıl ve Çerkeşli arası maki türleri geniş ölçüde Kermez meşesi ve Akçakesmedir [Bom, 2007].

- Jeolojik Yapı

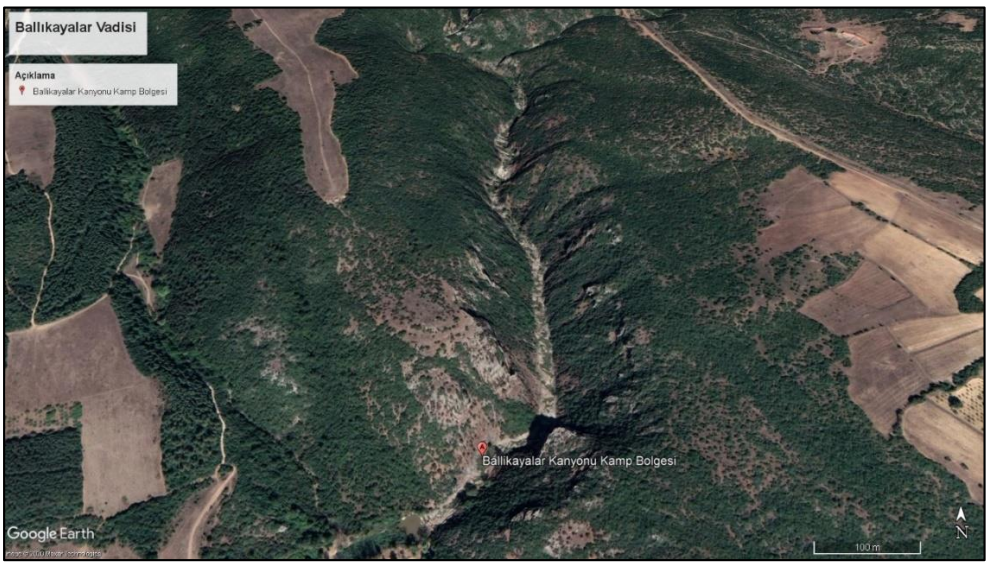
Kocaeli Yarımadasının ana fiziki karakteri; Jeolojinin birinci zamanına kadar inen ve zaman içinde meydana gelen genç tabakalardan sonra uzun bir aşınım devresi geçirerek Peneplen haline geçmiş bir yapı ile tanımlanabilmektedir. Şile-Gebze arasına bir çizgi çekilecek olursa, güney batıda kalan topraklar Devoniyen devri arazisi, Gebze-İzmit arası ise Triyas devri arazisi olarak bilinmektedir. [Web-1, 2020].

Dilderesi Havzası jeomorfolojik açıdan Kocaeli Platosu üzerinde yer almaktadır. Uzun, (2020)'a göre buradaki genel topografik görünüm, alçak plato alanları, kıyı ovaları, hafif yüksek tepelik alanlar, alüvyal vadiler ve akarsular tarafından ayrılmış bir görüntü şeklindedir.

Dilderesi Havzası sınırları içerisinde Gebze İlçesinin 8 km kuzeydoğusunda Ballıkayalar Vadisi bulunmaktadır. Vadinin güneyinde Tavşanlı Mahallesi, doğusunda Demirciler Mahallesi, kuzeyinde Denizli Mahallesi yer almaktadır. Bu vadi, kireçtaşlarının aşınması sonucunda oluşan kanyon şeklinde ve çeşitli karstik yapıların bulunduğu jeolojik ve jeomorfolojik yönden ilgi çekici bir alandır. Dağcılık, dağ yürüyüşü, kampçılık için oldukça elverişli bir arazi yapısına, zengin flora ve faunaya sahiptir. İrili ufaklı şelalerin olduğu masif tabakalı kayalarla kaplı olan çok sayıda karstik yapılarla ilgili göletlerin ve vadi kenarlarında çatlak ve kırık sistemlerine bağlı kaynakların olduğu yaklaşık 2 km kadar devam eden bir özellik göstermektedir (Şekil 1.4, Şekil 1.5).



Şekil.1.4: Masif kireçtaşı tabakalarından oluşan ballıkayalar vadisinin güney kesiminden görünümü.



Şekil 1.5: Ballıkayalar vadisi uydu görüntüsü.

Gebze'nin Paleozoik, Mesozoik ve Senozoik yaşlı çökellerden oluşan bölgeleri çok kompleks bir yapıya sahip olmakla birlikte, bu bölgeyi etkileyen orojenik hareketler Alt Karboniferden sonra oluşan Hersiniyen ve Alpin hareketlerine bağlı olarak şekillenmektedir. Morfolojik yapısı, litolojiye ve bölgenin tektonik

özelliklerine bağlı olarak gelişim göstermektedir. Kuzeydoğu-güneybatı ve kuzey-güney doğrultusunca uzanan vadi ve sırtlar genellikle kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu faylar tarafından kesilmektedir [Bom, 2007].

İnceleme alanı sınırları içerisinde yer alan jeolojik formasyonlar kumtaşı, çakıltaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Bölgenin en büyük akarsularından biri olan Dilderesi, geniş bir alüvyon formasyonla Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Bu alüvyon formasyon, İzmit Körfezi'nde sualtı deltası şeklinde devam etmektedir.

1.3. Literatür Özeti

Çalışma sahası ve çevresinde, geçmişten günümüze makale ve tez şeklinde birçok yayın yapılmıştır. Bu bölümde çalışma sahası çevresinden alınan sediment, su ve toprak örneklerindeki metal kirliliği, bölgedeki sanayinin çevresel etkileri, bölgenin jeomorfolojisinin değerlendirildiği çalışmalardan bahsedilmiştir.

Ergin vd.,(1991), Haliç ve İzmit Körfezi'nde toplanan toplam 57 sediment numunesini ağır metaller açısından analiz etmiş ve sonuçları çeşitli doğal ve antropojenik kaynaklarla karşılaştırmıştır. Haliç sedimentlerinde Zn, Cu, Pb ve Cr konsantrasyonlarının, oldukça sanayileşmiş ve yoğun nüfuslu bölgelerin çevresinde bulunan diğer denizlerin çoğuyla karşılaştırılabilir olduğunu göstermiştir. Metal:Al ve metal:Fe oranlarından yaptığı hesaplamalara göre, Haliç'in alt sedimanlarının bölgesel arka plan seviyelerine kıyasla Zn, Cu, Pb ve daha az oranda Cr bakımından zengin olduğunu, Fe, Mn, Co ve Ni' in çoğunlukla doğal seviyelerde olduğunu tespit etmiştir. Buna karşılık, İzmit Körfezi'ndeki dip çökeltilerinin metal seviyelerinin önemli ölçüde daha düşük olduğunu ve antropojenik etkilerden çok litojenik etkiler tarafından kontrol edildiği sonucuna varmıştır [Ergin et al., 1991].

Aktaş, (1998), Gebze-Dilovası arasındaki bölgenin jeolojisi ve taş ocaklarının ekonomik jeolojisini incelemek üzere yaptığı çalışmada, bölgenin çoğunlukla Paleozoik yaşlı kayalarla kaplı olduğunu belirtmiştir. Dilovası ve Gebze arasında işletilen yedi taş ocağının varlığına ve diğer kaya birimlerinin çoğunlukla şehir alanlarının altında kaldıkları için işletme olanaklarının mümkün olmadığına değinmiştir [Aktaş, 1998].

Tolun et al., (2001), yaptığı çalışmada İzmit Körfezi ana deşarjlarının ağızlarından alınan sedimentlerde, organik karbon, toplam polisiklik aromatik

hidrokarbon (t-PAH) ve eser inorganik element (Cd, Al, As, Pb, Hg ve Cu) içerikleri açısından analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarında, İzmit körfezinin iç bölgelerinden toplanan sedimentlerin Cd, Hg, As ve PAH'larla kirlendiği ve organik karbon içeriklerinin de daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [Tolun et al., 2001].

Pekey, (2006), İzmit Körfezi'nin batı kesimindeki 34 noktadan toplanan <63-lm'lik fraksiyondaki yüzey çökeltilerindeki kirlilik durumunu değerlendirmek üzere metal konsantrasyonlarını deniz sediman kalite standartları (SQS) ve literatür verileriyle karşılaştırmıştır. Gözlenen konsantrasyonların arka plan veya kontamine seviyeleri temsil edip etmediğini değerlendirmek için zenginleştirme faktörü hesaplamıştır. Analiz sonucunda, Sn'nin en zengin element, As, Cd, Pb ve Zn'nin minör zenginleştirilmiş elementler ve Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn ve Ni elementlerinin ise arka plan konsantrasyonlarında oldukları saptanmıştır [Pekey, 2006].

Tezkızan, (2009), yaptığı çalışmada Gebze-Dilovası'ndaki sanayileşmenin nedenleri ve sonuçları değerlendirilmiş, bu durumun çevresel etkileri ve yaşam koşullarındaki değişimine değinmiştir [Tezkızan, 2009].

Özler ve Karaman, (2011), Gebze, Dilovası ve yakın çevresini Çayırova Havzası ve Dilderesi Havzası olarak iki havzaya bölmüştür. Yüzey ve yeraltı sularının saptanması, beslenme alanlarının incelenmesi ve bölgede yaygın görülen karstik kireçtaşlarının yeraltı suyu olanaklarını araştırmıştır. Her iki havzada da yeraltı suyu seviyelerinin oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Yapılan analizler sonucunda fay zonlarında bulunan çözünmüş gazların Ph'ı düşürdüğü belirtilmiştir [Özler ve Karaman, 2011].

Abanuz, (2011), Gebze Organize Sanayi Bölgesi ve Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'nden toprak örnekleri alarak metal içeriklerini analiz etmiştir. Analiz sonuçlarında toprakların yüksek konsantrasyonlarda Cd, As, Pb, Zn, Mn, Cu, Cr ve Hg ile karakterize olduğu tespit edilmiştir. Faktör, küme ve korelasyon analizleri, topraklardaki ağır metal kirliliğinin antropojenik kökenli endüstriyel faaliyetler ve yoğun trafikten kaynaklandığı ortaya çıkarılmıştır [Abanuz, 2011].

Cücü, (2013), Dilovası İlçesi'nin fiziki ve beşeri özelliklerinin ortaya konabilmesi için istatistikler ve haritalar oluşturmuş, sanayi-göç ilişkisinin doğurduğu sonuçları incelemiştir [Cücü, 2013].

Bingöl et al., (2013), Dilovası bölgesinde 10 lokasyondan alınan su örneklerinde ağır metal içeriklerinin kemometrik yöntemlerle sınıflandırılması üzerine çalışmıştır. Korelasyon analizi, temel bileşen analizi (PCA) ve küme analizi (CA) kullanarak su

numuneleri ve olası kaynakları arasındaki ilişkiyi tespit etmeye çalışmıştır. PCA kullanarak yaklaşık 10 su numunesini beş gruba ayırmış, CA kullanarak çok benzer bir gruplama elde etmiştir [Bingöl et al., 2013].

Ergül et al., (2013), yaptığı çalışmada, İzmit Körfezi'nde deniz suyunda ağır metal birikimi ile ilgili sonuçlar rapor edilmiştir. Körfez doğu, orta ve batı havzaları olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Nisan 2008 ve Mayıs 2010 tarihleri arasında körfezdeki çeşitli derinliklerdeki ağır metal seviyeleri belirlenmiştir. Metal konsantrasyonlarındaki önemli mevsimsel farklılıklar ve kıyıya yakın sularda birçok metalin daha yüksek konsantrasyonları, sudaki kontrolsüz kirletici salımının kanıtı olarak gösterilmiştir [Ergül et al., 2013].

Dumansızoğlu, (2017), yaptığı çalışmada Gebze Organize Sanayi Bölgesinin (GOSB) ve yakın çevresinin 1990 yılından 2016 yılına kadar geçirdiği mekânsal değişimi tespit etmiş, bu değişimde etkili olan beşeri ve fiziki coğrafya faktörleri üzerinde durmuş ve gerekli çözüm önerileri ortaya koymuştur [Dumansızoğlu, 2017].

Kılınç, (2017), yaptığı çalışmada Dilovası'nda sanayinin gelişmesine etki eden başlıca nedenleri incelemiş, sanayi faaliyetlerinin sektörel dağılımı ve mekânsal dağılışı ve çevresel etkilerini irdelemiştir [Kılınç, 2017].

Uzun, (2020), Dilderesi Havzası'nın Antropojenik jeomorfolojisini incelemiş, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak farklı analiz ve değerlendirme yöntemleri uygulamıştır. Sahada 500'ün üzerinde nokta belirlenerek uydu görüntüleri ve arazi çalışmalarındaki gözlem ve ölçümlerle etki-değişim haritası üreterek, havzadaki rölyef değişiminin nicel verileri ortaya koymuştur. Rölyef üzerinde boyutsal olarak en büyük değişimlerin taş ocakları, ana ulaşım güzergâhları ve sanayi alanlarında olduğu, bu alanların topografyayı değiştirerek havzanın doğal koşullarını etkilediği tespit edilmiştir [Uzun, 2020].

Gögyıldız, (2019), Dilovası'nda Şubat, Temmuz ve Ekim aylarında 23 farklı noktadan toprak örnekleri alarak pH ve metaller açısından analiz etmiştir. Haritalandırma yöntemi kullanarak kirleticilerin mekânsal değişimlerini gözlemlemiştir. Pb, Cr, Ni ve Zn gibi parametrelerin ana yollara yakın noktalardaki örneklerde daha yüksek seviyelerde olduğunu saptamıştır [Gögyıldız, 2019].

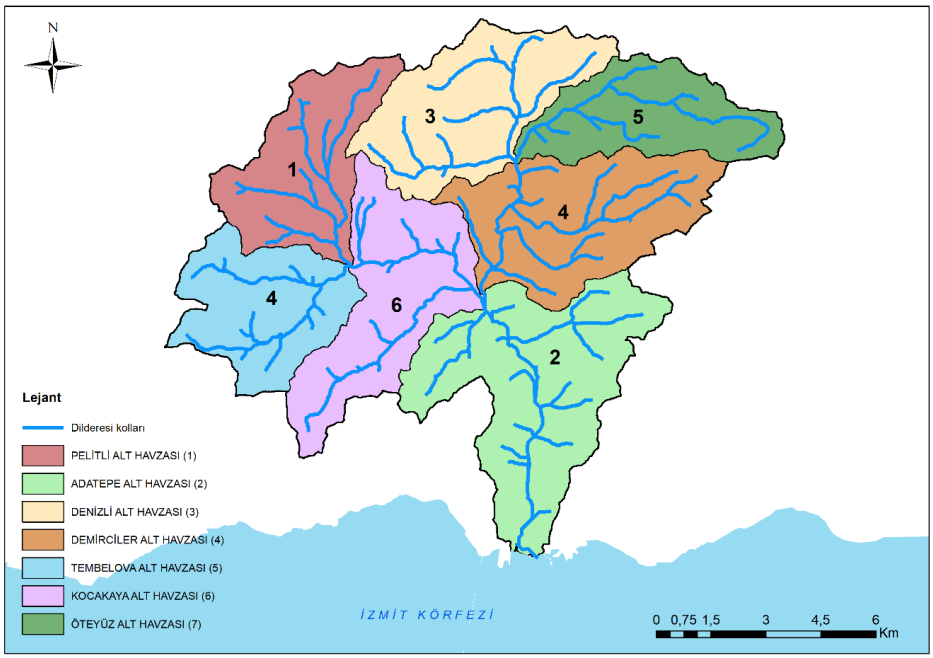
Uzun, (2019), Dilderesi Havzası'nda morfometrik indisler uygulayarak havzanın jeomorfolojik yapısı ile drenaj ağı hakkında yaptığı çalışmalar neticesinde litolojik farklılıklar ve aktif tektoniğin etkisiyle drenaj hatlarının henüz tam anlamıyla olgun bir profil sergilemediğini saptamıştır. Bunun yanında havzanın aşağı ve yukarı

çığırında asimetrik bir yapının olduğunu, vadilerde tektonizmanın etkisinin görüldüğünü tespit etmiştir. Havzada genel olarak dandritik drenaj şebekesi mevcut olsa da morfolojik gelişimdeki etkenler nedeniyle farklı drenaj türlerinin görüldüğünü belirtmiştir [Uzun, 2019].

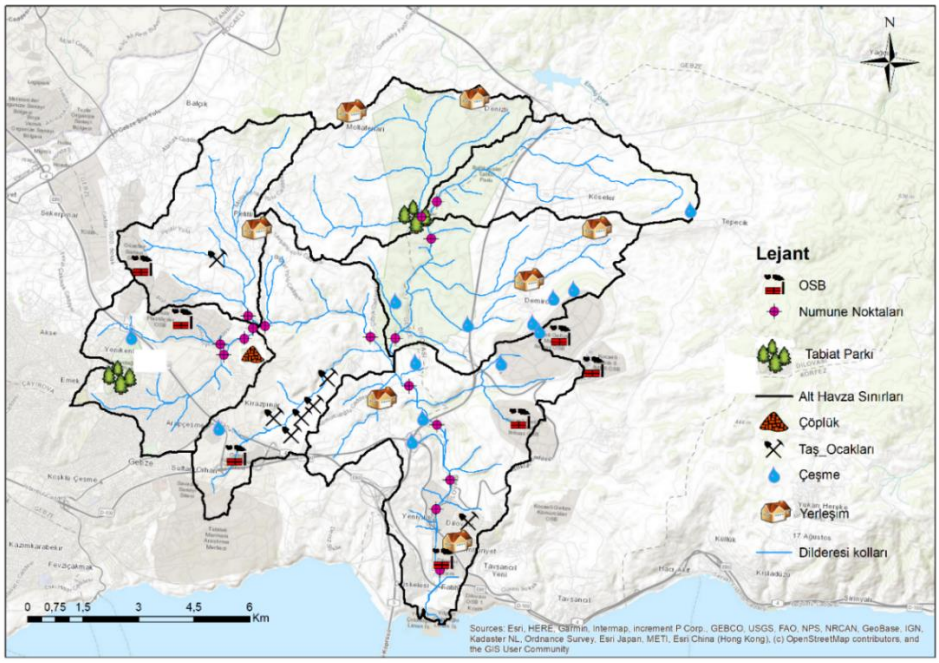
Tan and Aslan, (2020), yaptıkları çalışmada İzmit Körfezi'nin kirli iç bölgelerinin yüzey çökellerinde metal konsantrasyonları belirlenmiştir. 25 örnekleme noktasında belirlenen veri seti ile çeşitli çökelti kalite yönergeleri ve kirlilik değerlendirme yöntemleri kullanılarak metallerin kontaminasyonu, toksisitesi ve ekolojik risk seviyeleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda, Zn, Cu, Cr ve Ni konsantrasyonlarının Marmara Denizi için belirlenen arka plan seviyelerini 1,2 - 4 kat aştığını, toplam As, Cd ve Pb konsantrasyonlarının yüzey arka plan değerleri ile karşılaştırılabilir olduğu tespit edilmiştir [Tan and Aslan, 2020].

2. DİLDERESİ HAVZASININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Dilderesi ve kendisini besleyen küçük derelerin su kalitesi ve sediment profilinin daha önce detaylı araştırmasının yapıldığı az sayıda çalışma olduğu gözlenmiştir [Özler ve Karaman, (2011); Bingöl et al., (2013); Pekey et al., (2004); Tezkızan, (2009)]. Bu duruma ek olarak Dilderesi'nde kontrolsüz deşarjlar, kirlilik seviyesindeki artış gibi birçok olumsuz haber ulusal yazılı ve görsel basında çok sık yer almaktadır. Bu amaçla çalışma alanında Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (ArcSWAT 2012) modelinden yararlanılarak hidrolojik analiz işlem basamakları ile akarsu ağı oluşturulmuştur. ArcSWAT 2012 Havza tanımlayıcı (Watershed Delinator) modülünde her alt havza çıkışı, gözlem istasyonlarının lokasyonları göz önüne alınarak modele tanımlanmış, 35 hektarlık alt havzalar oluşturulmuştur. Toplam 7 adet alt havza sınırı belirlenmiştir. Oluşturulan alt havzalar Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Alt havzaların seçiminde özellikle organize sanayi bölgelerinin, kaynakların, tarım ve hayvancılık yapılan alanların, taş ocaklarının, tabiat parklarının ve yerleşim alanlarının konumları dikkate alınmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.1: Dilderesi havzasını oluşturan 7 alt havzanın sınırlarını gösteren harita.



Şekil 2.2: Dilderesi havzasındaki yerleşim, kaynak, taş ocakları, çöplük ve OSB alanlarının konum haritası.

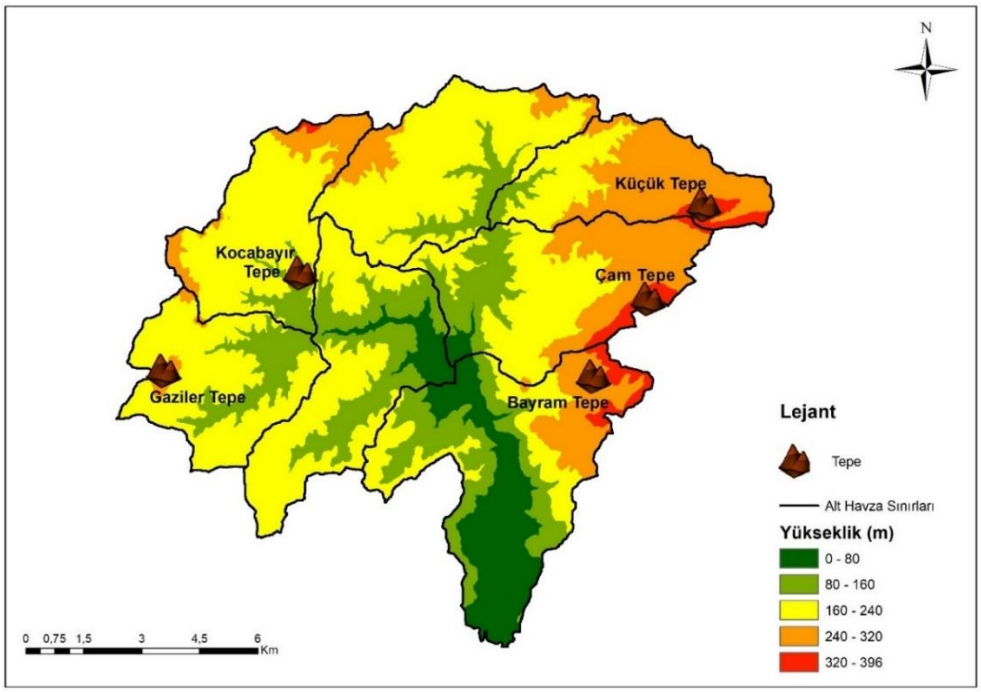
Bu çalışmada oluşturulan alt havzaların adları, alt havza sınırları içerisindeki akarsu kolları, alt havzalara ait alan ve yükselti bilgileri Tablo 2.1'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere Adatepe Alt Havzası 26,85 km^2'lik alan ile en büyük alt havza, 13,97 km^2 ile Öteyüz Alt Havzası da en küçük alt havzaları oluşturmaktadır.

Tablo 2.1: Oluşturulan alt havzalara ait akarsu kolları, alan ve yükselti bilgileri.

HAVZA	AKARSU	ALAN (km^2)	Min. Yükselti (m)	Max. Yükselti (m)
Tembelova Alt Havzası	Değirmen Dere	14,92	85	312
Pelitli Alt Havzası	Bostan Dere	15,33	85	361
Adatepe Alt Havzası	Dil Dere (Ova Dere)	26,85	0	371
Denizli Alt Havzası	Aren Dere-Kılıç Dere	18,93	115	296
Demirciler Alt Havzası	Tavşanlı Dere	24,38	28	396
Öteyüz Alt Havzası	Ayvalık Dere	13,97	117	372
Kocakaya Alt Havzası	Suçıkan Dere	19,10	28	232

Engebeli bir topografik yapıya sahip, çalışma alanının fiziksel özelliklerinin daha iyi tanımlanması için ARCGIS programı üzerinden öncelikle havzanın yükselti haritası çıkartılmıştır (Şekil 2.3). Çevre ve Orman Bakanlığından alınan 30 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli (DEM) verisi ArcGIS 10.4.1 yazılımına aktarılmıştır. DEM verisi üzerinden sahanın eğim ve yükselti haritaları oluşturulmuştur.

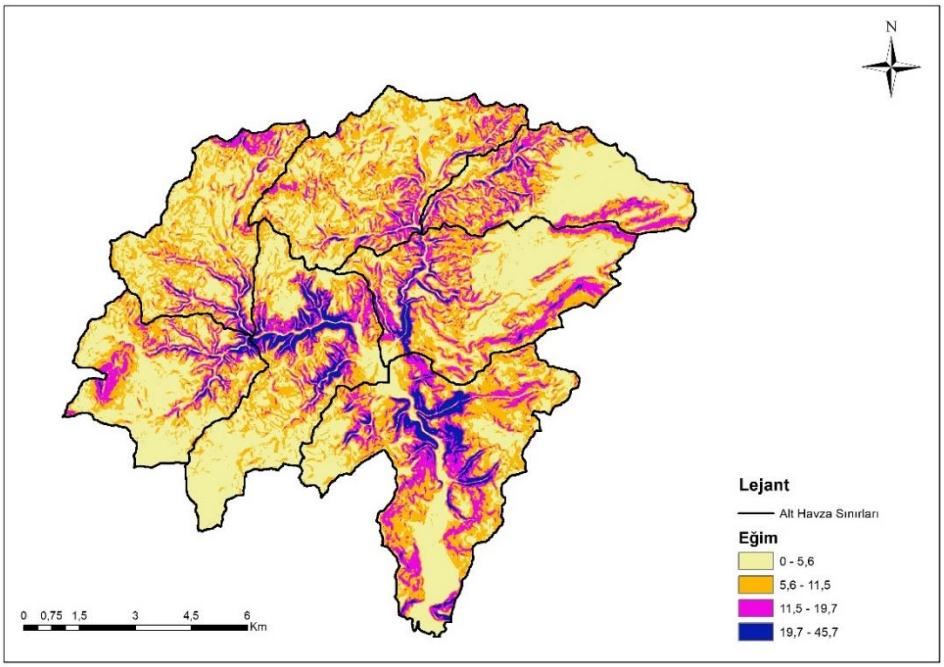
Her bir alt havzaya ait en yüksek ve en alçak yükselti değerleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir. Ana havza genelinde, havzanın doğu kısımlarında yüksek noktaların daha fazla olduğu, güneyde ise yükseltinin azaldığı, özellikle Adatepe Alt Havzasında, Dilderesi'nin denize döküldüğü noktadan itibaren deniz seviyesinden başladığı görülmektedir.



Şekil 2.3: Çalışma alanı yükselti haritası.

Şekil 2.3.'de havzanın yükselti seviyesi 0-396 metre arasında değiştiği alanlar görülmektedir. Havzanın en yüksek noktası (396 m) olan Çam Tepe, Demirciler Alt Havzası sınırları içerisinde bulunan Köseler Köyü'nün güneyinde yer almaktadır. Çalışma alanının diğer yüksek noktalarını Kocabayır Tepe (346 m), Bayram Tepe (334 m), Küçük Tepe (367 m), Gaziler Tepe (314 m) oluşturmaktadır.

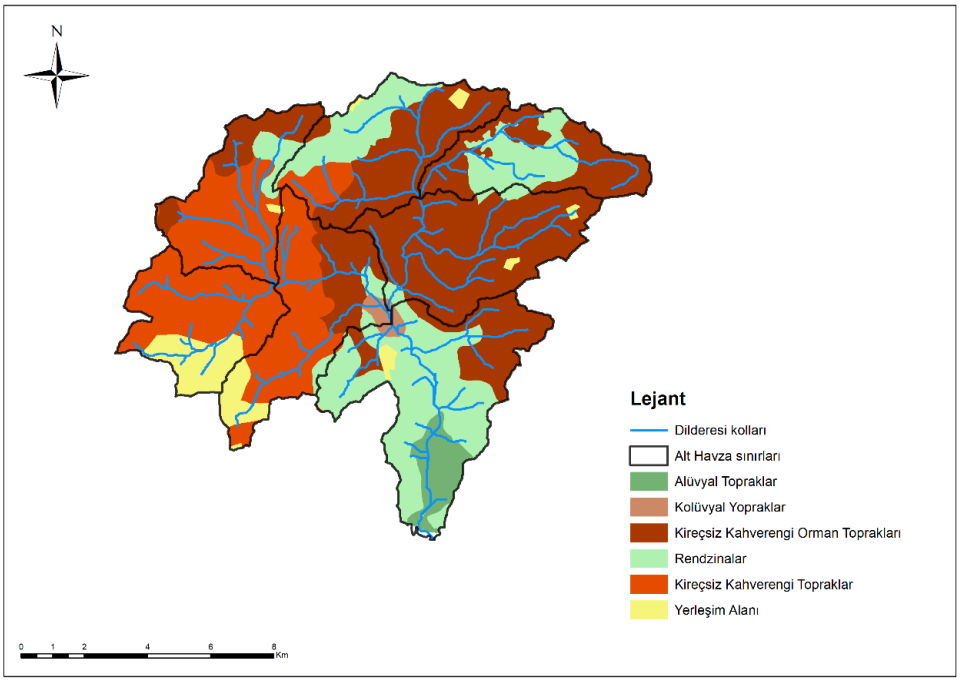
Araştırma sahasında eğim derecesi 0^0-$11,5^0$ arasında değişmektedir. Bu durum yörenin bir plato olmasının doğal bir sonucudur. Bu açıdan arazinin büyük bir çoğunluğu düzlüklerden oluşmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Çalışma alanının eğim haritası.

Eğimin arttığı alanlar, Kocaeli Platosu'ndan İzmit Körfezi'ne doğru akmakta olan küçük derelerin vadileri ve yöredeki küçük tepelerin etekleridir. Bu alanlardaki eğim 20^{0}'yi geçmekte Ballıkayalar Tabiat Parkı'nda dik kanyonlar oluşturacak şekilde ortalama $40^{0'}$ lik bir eğime erişmektedir. Eğimin böyle fazla olduğu alanlar sınırlı olup, sahada düzlükler daha fazla alan kaplamaktadır.

Çalışma alanının toprak özelliklerini belirlemek amacıyla Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan 1965 yılına ait harita kullanılarak ArcGIS 10.4.1 yazılımı ile havzaya ait büyük toprak grupları haritası elde edilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Çalışma alanındaki büyük toprak grupları.

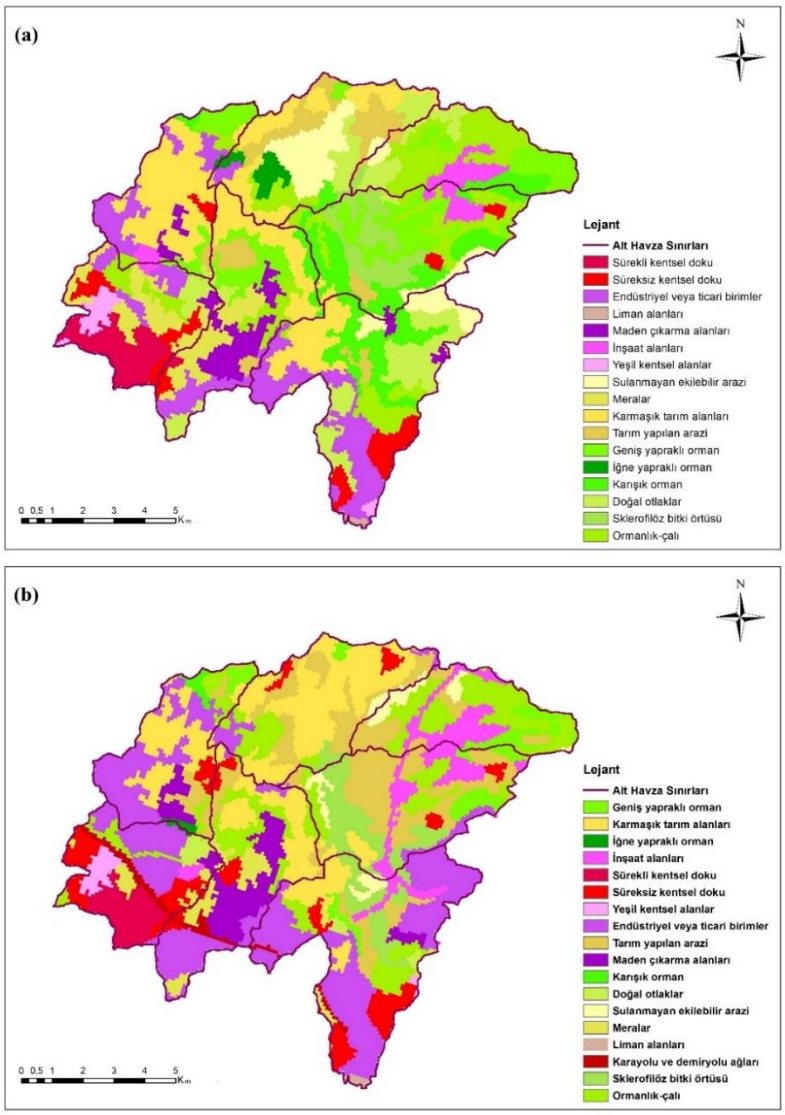
Çalışma alanında tespit edilmiş 5 Büyük Toprak Grubunun en yaygın olanı Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları, % 42,3'lük bir orana sahiptir. Onu sırasıyla % 26 ile Kireçsiz Kahverengi toprak, % 22,6 ile Rendzinalar, % 2,9 ile Alüvyal topraklar ve % 0,8 ile Kolüvyal topraklar takip etmektedir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Çalışma alanındaki büyük toprak grupları.

Toprak Sınıfı	Alan (%)
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	42,3
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	26
Rendzinalar	22,6
Alüvyal Topraklar	2,9
Kolüvyal Topraklar	0,8

Toplam alanın %0,8'ini oluşturan kolüvyal toprakların genellikle dik eğimlerin eteklerinde yerçekimi, toprak kayması, yüzey akışı veya yan dereler vasıtasıyla biriktirildiği ve kolüvyum denilen materyaller üzerinde bulunduğu belirtilmektedir [Öztürk, 2011].

Çalışma alanında, CORINE (Coordination of Information on the Environment) sistemine göre Arazi Kullanımı-Arazi Örtüsü sınıflarındaki değişiklikleri belirlemek amacıyla 2000 ve 2018 yıllarına ait CORINE verileri ArcGIS programına aktarılarak haritalar oluşturulmuş ve değerlendirilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: 2000 a) ve 2018 b) yılları arasında Dilderesi havzasındaki arazi kullanımı değişikliğini gösteren haritalar.

2000 yılı CORINE verilerine göre; Dilderesi Havzasının en büyük alanı % 33,62 ile karışık ormanı kapsamaktadır. % 10,15 ile ormanlık-çalı alanlar havzayı kapsayan en büyük ikinci alandır. 2018 yılı CORINE verilerine göre; Dilderesi Havzasının en büyük alanı % 22,05 ile karayolu ve demiryolu ağları, % 18,24 ile endüstriyel veya ticari birim alanları ikinci büyük bölgeyi kapsamaktadır. 2000 yılı CORINE verilerine karayolu ve demiryolu ağları dahil edilmemişken, 2018'de karayolu ve demiryolu ağları toplam alanın % 22,05' ini oluşturduğu görülmüştür. Kullanılan haritalar, çalışma alanındaki arazi kullanımındaki 18 yıllık değişimin net bir şekilde görülebilmesine olanak sağlamıştır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: Corine arazi kullanım haritalarında 2000 ve 2018 yılları alan karşılaştırması.

Arazi Örtüsü	2000 yılı Alan (ha)	Alan yüzdesi (%)	2018 yılı Alan (ha)	Alan yüzdesi (%)
Karışık orman	9802,50	33,62	207,70	0,71
Ormanlık-Çalılık	2953,89	10,15	5106,08	17,37
Karayolu ve demiryolu ağları	NA	NA	6481,77	22,05
Endüstriyel veya ticari birimler	1757,87	6,03	5361,70	18,24
Sürekli kentsel doku	2354,31	8,07	1216,62	4,14
Geniş yapraklı orman	1730,69	5,94	732,81	2,49

CORINE 2000 verilerinin sonuçlarına göre; Dilderesi Havzasının en geniş alanı % 33,62 ile karışık ormanı kaplamaktadır. CORINE 2018 verilerine göre karma orman alanının % 0,71 olduğu görülmektedir. 2000 yılında % 6,03 olan sanayi veya ticari birim alanları 2018 yılında % 18,24'e yükselmiştir.

Tabloda ormanlık alanlarda önemli bir azalma ve endüstriyel alanlarda önemli artış görülmektedir. Bu bilgileri kanıtlar şekilde havza geneline ait özellikle yerleşim ve sanayi bölgelerindeki artışın zaman içerisindeki değişimi Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Dilderesi Havzasının 1986, 2006 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntülerindeki sarı kesikli çizgilerle ifade edilen alanlar yerleşim ve sanayi alanlarını göstermektedir. Uydu görüntüsünde (2020) havzanın batı kesimindeki işaretli alan yaklaşık 36,78 km^2, güneyindeki 11,85 km^2, kuzeydoğusundaki 3,1 km^2 ve doğusundaki 12,20 km^2'lik bir bölgeyi göstermektedir. Uydu görüntüsünde (2006) ise

havzanın batısında 23,81 km^2, güneyinde 6,72 km^2, kuzeydoğusunda 0,87 km^2 ve doğusunda 1,26 km^2 ile çok daha az bir alanı kaplayan yerleşim ve sanayi bölgeleri görülmektedir. 2006 ve 2020 yılını kıyasladığımızda havza genelinde, endüstriyel ve yerleşim alanlarında yüzde 50'den fazla bir artış gözlenmiştir. 1986 uydu görüntüsü incelendiğinde yeni endüstriyel ve yerleşim alanlarının oluştuğu fakat bu alanların havza geneline oranla değerlendirilemeyecek kadar az olduğu göze çarpmaktadır. Tüm bu veriler ışığında, göç nedeniyle hızlı nüfus artışı, kentsel büyüme, sanayileşme gibi antropojenik faktörlerin jeomorfolojik koşullar üzerindeki baskıyı ne derece artırdığı açık bir şekilde görülmektedir.

Şekil 2.7: Dilderesi havzasında sanayi ve yerleşim alanlarının (sarı kesikli çizgi sınırları) gelişimini gösterir 1986 a), 2006 b) ve 2020 c) uydu görüntüleri.

2.1. Pelitli Alt Havzası

Pelitli Alt Havzası, Dilderesi Ana Havzasının batısında yer alır. Komşu alt havzaları; güneyinde Tembelova, kuzeydoğusunda Denizli, güneydoğusunda ise Kocakaya Alt Havzalarıdır (Şekil 2.1). Havza alanı 15,33 km^2, maksimum ve minimum yükseklikleri sırasıyla 85 m ve 361 m'dir (Tablo 2.1).

Pelitli Alt Havzası sınırları içinde bulunan Bostan Dere, Tembelova Alt Havzasından gelen Değirmen Dere ile birleşerek Dilderesini besleyen ana kolları oluşturmaktadır. Alt Havza sınırları içerisinde bulunan tek yerleşim yeri olan Pelitli Mahallesi, Gebze İlçesinin en büyük ve merkeze en yakın mahalleleri arasında yer almaktadır. 5 km kuzeybatısında Mollafenari, 7 km batısında Balçık, 6 km güneydoğusunda Tavşanlı Mahalleleri, güney batı yönünde ise Gebze İlçe merkezi yer almaktadır. 2019 yılı adrese dayalı nüfus kayıt bilgilerine göre mahallenin nüfusu 2163 kişidir [TUIK, 2019].

Arazi çalışmaları esnasında alt havza genelinde tavuk çiftlikleri, besi çiftlikleri, küçük çaplı tarım alanları ve taş ocakları göze çarpmıştır. Geçmişte Pelitli Mahallesinin belli başlı gelir kaynaklarının tarım ve hayvancılık olduğu bununla beraber mahalle ve civarının taş ocakları bakımından zengin bir bölge olduğu belirtilmiştir [Şükür, 2020]. Gebze Organize Sanayi Bölgesi ve Gebze Plastikçiler Organize Sanayi Bölgesinin bir kısmı Pelitli Alt Havza sınırları içerisinde yer almaktadır. Gebze Organize Sanayi Bölgesine sadece 3 km uzaklıkta olması nedeniyle mahalledeki tarım arazileri üzerinde çok sayıda sanayi tesisi olduğu gözlenmiştir. Gebze Belediyesi tarafından alt havza içinde büyük bir bölgeye mezarlık yapılmıştır. Bu mezarlık yaklaşık 0,22 km^2'lik bir alanı kaplamaktadır. Bu alanın 0,05 km^2'si Pelitli Alt Havzası içerisinde, geri kalan kısmı Kocakaya Alt Havzası sınırları içerisinde kalmaktadır.

2.2. Adatepe Alt Havzası

Adatepe Alt Havzası, Dilderesi Ana Havzasının güneyinde yer alır. Komşu alt havzaları; kuzeyde Demirciler, kuzeybatıda ise Kocakaya Alt Havzalarıdır (Şekil 2.1). Alanı 26,85 km^2, minimum ve maksimum yükseklikleri sırasıyla 0 ve 371 m'dir (Tablo 2.1). Alt Havzanın mansabı, Dilderesi'nin İzmit Körfezi'ne döküldüğü noktadır.

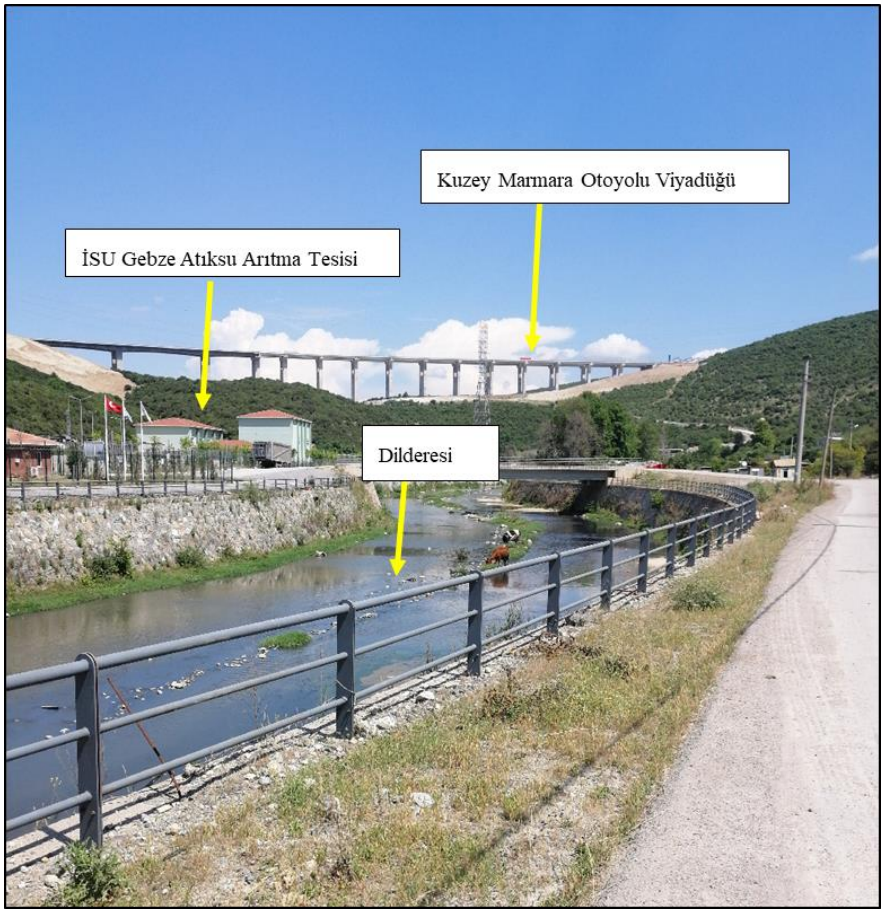
Adatepe Alt Havzası sınırları içerisinde bulunan, ana akarsu varlığını oluşturan Dilderesi, havzanın yüksek kesimlerindeki Ballıkaya Dere ve Değirmen Dere'nin kollarıyla Tavşanlı Mahallesi civarında birleşerek, buradan İzmit Körfezi'ne dökülmektedir. Alt havza alanının büyük bir kısmını doğuda Dilovası, küçük bir kısmını ise batıda Gebze İlçesi oluşturmaktadır. Gebze İlçesinin doğusunda, en büyük yerleşim yerlerinden birisi olan Tavşanlı ve Dilovası İlçesine bağlı Dil İskelesi Mahalleleri alt havza sınırları içerisinde bulunmaktadır.

Adatepe Alt Havzası içerisinde bulunan bazı kaynaklara örnek Küplü, Çiftlik, Kamışlık ve Ören Çeşmeleri gösterilebilir. Bu kaynaklar daha çok havzanın kuzeyinde yer almaktadır. Bu bölgede yeraltı suyunun yüzeye yakın ve büyük miktarda rezerve sahip olması nedeniyle arazi çalışmaları sırasında çok sayıda su deposu ve su dolum istasyonlarına rastlanmıştır. Bu noktalardan alınan su, bölgedeki küçük ve orta ölçekli sanayi tesislerinin proses suyu olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.8).

Şekil 2.8: Adatepe alt havzasında yeraltı suyu kullanım noktaları.

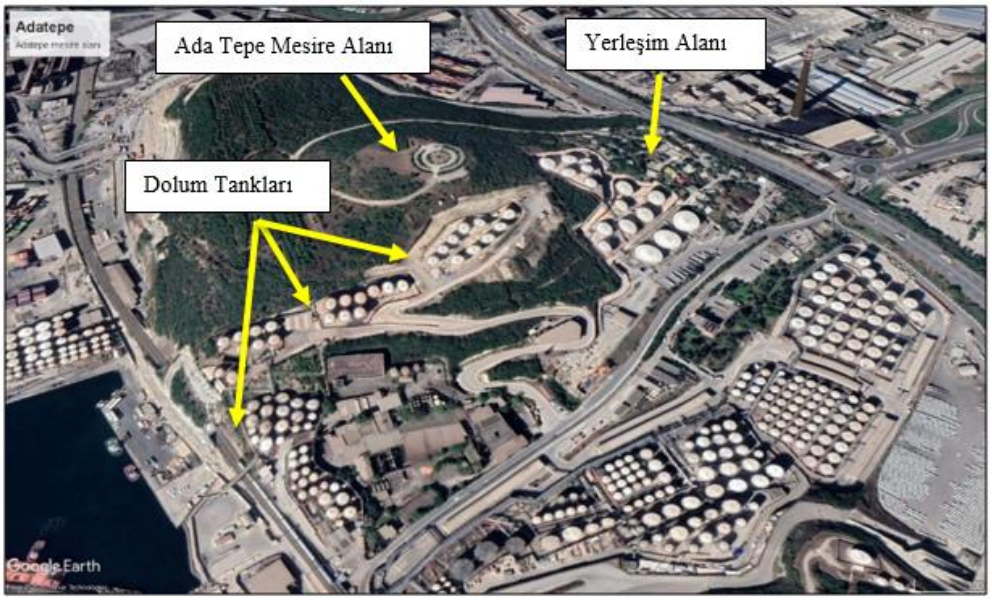
Alt Havzada, Dilovası Organize Sanayi Bölgesi, Gebze Kimya İhtisas Organize Sanayi Bölgesi ve bir kısmının yer aldığı Demirciler Organize Sanayi Bölgesinin bir arada bulunması dolayısıyla endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı olumsuz (hava kirliliği, su kirliliği, trafik yükü vb.) bir takım baskılar ortaya çıkmaktadır.

Başlangıç noktası İstanbul Kınalı, bitiş noktası Sakarya Akyazı olan 398 km uzunluğundaki Kuzey Marmara Otoyolu Adatepe Alt Havzasından geçmektedir (Şekil 2.9). Ağır vasıtaların kullanması ile özellikle İstanbul içindeki çevre yolları olan bölgelerin trafik yükünün azaltılması ve alternatif yolların oluşturulması amacıyla yapılan otoyol çok sayıda duble yol ve viyadüklerden oluşmaktadır.



Şekil 2.9: Adatepe alt havzasında Dilderesi, İSU gebze atıksu arıtma tesisi ve kuzey marmara otoyolu viyadüğü konumu.

Adatepe Alt Havzası, deniz seviyesinden başlayarak 160 m yüksekliğe çıkarak güneyden kuzeye doğru yükseltinin yoğunlaştığı bir bölge konumundadır. Havza sınırları içerisinde bulunan önemli tepeler; Gürmeşe Tepe, Ada Tepe, Kayabaşı Tepe, Zeytin Tepe, Kocabayır Tepe'dir. Rakımı 98 metre olan ve Dilovası İlçesinden karayolu ile geçerken yoğun sanayi tesislerinin arasında tek yeşil alan olarak göze çarpan Ada Tepe, mesire yeri olarak da kullanılmaktadır. Fakat bu alanın son yıllarda kimyasal tank depolarıyla çevrilerek, tepenin yamaçlarına her geçen gün yeni tesislerin kuruluyor olması, doğal yapısının bozulmasına sebep olup, doğal varlıkların korunması açısından tehdit oluşturmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Adatepe mesire alanı, yerleşim alanı ve dolum tanklarının konumu.

Ada Tepe'nin batısında kalan ve Dilderesi'nin Marmara Denizi'ne döküldüğü yer olan Dil İskelesi Ada Tepe Alt Havza sınırları içerisinde bulunan önemli tarihi değer taşıyan bir bölgedir. Dil İskelesi'nin karşısında Hersek Deltası bulunmaktadır. Tarihin eski dönemlerinde Hersek burnu ile Dil İskelesi arasındaki deniz mesafesi çok kısa olduğu için Roma, Bizans ve Osmanlı imparatorlukları Bursa ve İznik'e ulaşımı bu noktadan sağlanmıştır [Web-2, 2020].

Bir diğer önemli tarihi değerlerimizden 16.yy.'da Mimar Sinan'ın yapmış olduğu Mimar Sinan Köprüsü, Gebze'nin doğusunda, Dilderesi üzerinde yer almaktadır. 65 m uzunluğunda üç gözlü tarihi bir köprüdür [Web-3, 2020]. Tarihte Osmanlı Devleti'nin doğuya uzanan en önemli ana yolu olan İstanbul-Bağdat yolu üzerinde yer aldığı, ordunun doğuya yapacağı seferler için ordugâhın Gebze yakınında Sultançayırı denilen yerde kurulduğu bilinmektedir. Bu sebeple köprü kervan ve sefer yolunun üzerindeki önemli mimari tesislerden biri olmuştur [Web-4, 2020]. Şuan köprü araç trafiğine kapatılmış olup sadece yayalar kullanmaktadır. Sanayi yapılarının yoğunluğu köprünün fabrikalar arasında unutulup gitmesine sebep olmaktadır (Şekil 2.11).

Şekil 2.11: Mimar Sinan Köprüsü'nün 2012 a) ve 2020 b) yılındaki görünümü.

Dilovası İlçesinde nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu mahallelerden Mimar Sinan ve Diliskelesi Mahallesi Adatepe Alt Havzası içinde yer almaktadır. Alt Havza içerisinde bulunan bir diğer yerleşim alanı ise Tavşanlı Mahallesidir. 2014 yılına kadar köy statüsünde olan Tavşanlı Mahallesi, 30 Mart 2014 Yerel Seçimleri ile Büyükşehir Yasası gereği Mahalle statüsüne geçmiştir. Alt Havza içerisinde tarıma en elverişli topraklar bu bölgede bulunmaktadır. Bölge özellikle armut, şeftali ve diğer meyve ağaçlarının yetiştirildiği oldukça geniş bir alana sahiptir.

2.3. Denizli Alt Havzası

Denizli Alt Havzası, Dilderesi Ana Havzasının kuzeyinde yer alır. Komşu alt havzaları; doğusunda Öteyüz, batısında Pelitli, güneyinde Kocakaya ve Demirciler Alt Havzalarıdır (Şekil 2.1). Alanı 18,93 km^2, minimum ve maksimum yükseklikleri 115 m ve 296 m'dir (Tablo 2.1). Aren Dere, Kılıç Dere ve Öteyüz Alt Havzası sınırları içerisindeki Ayvalık Dere, Üçdeğerağzı'nda birleşerek Dilderesi'ni besleyen ana kolları oluşturmaktadır.

Alt Havza içerisinde bulunan Denizli Mahallesi, Gebze'nin en büyük mahallelerinden biridir. Gebze İlçe merkezine kuzey yönünde 19 km mesafede bulunan Denizli Mahallesi, eski İstanbul-İzmit karayolunun Mollafenari-İzmit bölümünde yer almaktadır. Mahalle yakınlarında Elmalı dere, Doğan dere, Ballıkaya vadisine akan Değirmen dere gibi küçük akarsular bulunmaktadır. Denizli Alt Havzası genelinde geçim kaynağı olarak geçmiş yıllarda tarım ve hayvancılık ile uğraşıldığı bilinmektedir. Arazi çalışmalarında köy ve civarında çiftlik ve ağıllarda küçük ve büyükbaş hayvancılığın az da olsa hala devam ettiği görülmüştür.

Denizli Mahallesinde 1935 yılında nüfus 450 iken, 2019 yılında 1092 kişidir. Gebze İlçe merkezine olan göçler nedeniyle nüfus artışı durmuştur [Şükür, 2020]. Bu bölgede sulama amaçlı kullanılmak üzere 1988 yılında Denizli Göleti yapılmıştır [Web 5, 2020] (Şekil 2.12). Bu gölet, Gebze ve civarındaki yerleşim yerlerinde ikamet edenler tarafından içme suyu olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda Denizli barajının rezervuar hacmi artırılarak bölgedeki OSB'lerin ihtiyacı olan suyun da bir kısmı Denizli Göleti'nden sağlanmaktadır.

Şekil 2.12: Denizli Göleti.

2.4. Demirciler Alt Havzası

Demirciler Alt Havzası, Dilderesi Ana Havzasının doğusunda yer alır. Komşu alt havzaları; kuzeyinde Öteyüz, güneyinde Adatepe, batısında Kocakaya Alt Havzalarıdır (Şekil 2.1). Alanı 18,93 km^2, minimum ve maksimum yükseklikleri 28 m ve 396 m'dir (Tablo 2.1). Demirciler Alt Havzası içerisinde bulunan Ballıkaya Dere ile Kocakaya Alt Havzasından gelen Suçıkan Derenin birleşmesiyle Tavşanlı Deresi oluşmaktadır.

Demirciler Mahallesi, Gebze İlçe merkezinin kuzeydoğu kesiminde yer almaktadır. Mahallenin kuzeydoğusunda Köseler Mahallesi, batısında Mollafenari, doğusunda Çerkeşli Mahallesi, 10 km güneydoğusunda Dilovası, 5 km güneybatısında Tavşanlı Mahallesi bulunmaktadır. Gebze İlçe merkezine uzaklığı 14 km'dir.

Denizden yüksekliği 130 metredir. Alt Havzanın en yüksek noktası (396 m) olan Çam Tepe, Köseler Mahallesi'nin güneyinde, Demirciler Mahallesi'nin doğusunda bulunmaktadır. Mahallenin geçmiş yıllardaki belli başlı geçim kaynakları meyve, sebze ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğidir. Mahalle çevresinde çok sayıda ağıl bulunmaktadır. 1935 yılında yapılan nüfus sayımında 439, 2019 yılı TÜİK nüfus verilerine göre 596 kişi ikamet etmektedir [Şükür, 2020].

Ondokuzuncu Yüzyıl Osmanlı mimari örneği sergileyen, yapı içindeki kalem işi bezemeler ve mimari üslup açısından Kocaeli'deki tek örnek olma özelliği taşıyan, Süleymaniye Müderrisisi Abdullah Şerif Efendi tarafından 1825 yılında yaptırılan Demirciler Konağı (Şekil 2.13), Demirciler Mahallesi'nde bulunmaktadır [Web-6, 2020] [Tezkızan, 2009].

Şekil 2.13: Rekonstrüksiyon çalışması ile yeniden inşa edilen Demirciler Konağı.

Belen dağının eteğinde Belen ovasına kurulan Köseler Mahallesi, Gebze İlçesine 18 km uzaklıkta bulunmakta ve Gebze'nin kuzeydoğu kesiminde yer almaktadır. Mahallenin 3 km kuzeyinde Tepecik Mahallesi, 10 km kuzeydoğusunda Yağcılar Mahallesi, 9 km kuzeybatısında Denizli Mahallesi, güneybatısında Demirciler Mahallesi, güneydoğusunda ise Çerkeşli Mahallesi bulunmaktadır. Mahalle, E-5 karayoluna 9 km mesafede bulunmaktadır. 2020 Eylül ayında Gebze-İzmit etabı açılan Kuzey Marmara Otoyolu Çerkeşli ve Demirciler Mahallesi sınırlarından geçmektedir.

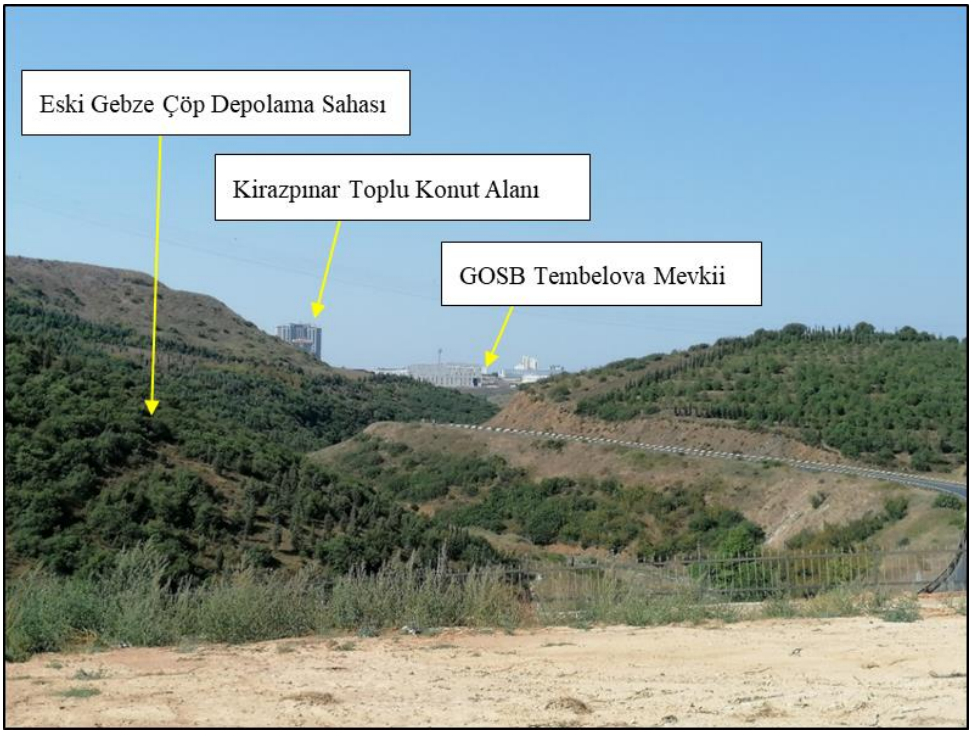
Bu bölgede yaşayanların geçim kaynakları 2000'li yıllara kadar tarım ve hayvancılık olmuştur. Organize sanayi kuruluşlarının oluşması ve faaliyete geçmesi ile bölgenin doğal yapısı büyük ölçüde değişmiştir. 2013 yılında nüfus 551 kişi iken 2019 yılı TÜİK verilerine göre Köseler Mahallesinde 2485 kişinin yaşadığı belirtilmiştir. Bu hızlı nüfus artışının, mahalleye yapılan toplu konut projelerinin neden olduğu düşünülmektedir.

E-5 ve TEM otoyolundan kuzeye doğru gidildikçe nüfus yoğunluğu azalmaktadır. Tepecik ve Köseler Mahalleleri nüfus yoğunluğunun en az olduğu alanları oluşturmaktadır [Cücü, 2013].

2.5. Tembelova Alt Havzası

Tembelova Alt Havzası, Dilderesi Ana Havzasının batısında yer alır. Komşu alt havzaları; kuzeyinde Pelitli, doğusunda Kocakaya Alt Havzalarıdır (Şekil 2.1). Alanı 14,92 km^2, minimum ve maksimum yükseklikleri sırasıyla 85 m ve 314 m'dir (Tablo 2.1). En yüksek noktalara örnek olarak Gaziler Tepe (314 m), Tembelova Tepe (194 m) ve Karabayır Tepe (218 m) gösterilebilir. Havza sınırları içerisinde Gebze Tembelova Organize Sanayi Bölgesi, Gebze Plastikçiler Organize Sanayi Bölgesi ve Gebze İlçe merkezi yer almaktadır.

Alt Havza içerisinden geçen Yumrukaya Dere, uzantısı boyunca Değirmen Dere ismini alarak Dilderesini besleyen ana kolu oluşturmaktadır. Gaziler düzü civarında Yumrukaya Çeşmesi yer almaktadır. Alt Havzanın batısında Gaziler Tepe çevresinde Gaziler Dağı Tabiat Parkı bulunmaktadır. Gebze Organize Sanayi Bölgesi, Güzeller Organize Sanayi Bölgesi ve Gebze Plastikçiler Organize Sanayi Bölgesinden Yumrukaya Deresine deşarj uygulanmaktadır [KOCVAL, 2019]. Tembelova Alt Havzası sınırları içerisinde yakın zamanda ömrünü tamamlamış Gebze Eski Çöp Depolama Sahası bulunmaktadır (Şekil 2.14). Gebze Organize Sanayi Bölgesi sınırından başlayarak Kirazpınar Mahallesine kadar devam eden TEM otoyolu Alt Havza sınırları içerisinden geçmektedir. Kirazpınar Mahallesi yakın zamanda toplu konut projeleriyle birlikte yerleşim alanlarında büyüme göstermiştir. Buna karşın yine bu bölgede gelişen ve büyüyen OSB ve endüstriyel işletmelerin bulunması, yerleşim alanlarıyla sanayi tesislerinin iç içe olduğu bir görüntü vermektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.14: Tembelova alt havzasında eski Gebze çöp depolama sahası, yerleşim ve sanayi yeri konumu.

Şekil 2.15: Kirazpınar Mahallesinde yerleşim alanı ve yakınındaki fabrikalar.

2.6. Kocakaya Alt Havzası

Kocakaya Alt Havzası, Dilderesi Ana Havzasının güney batısında yer alır. Komşu alt havzaları; kuzeyinde Denizli, batısında Tembelova, güneyinde Adatepe ve doğusunda Demirciler Alt Havzalarıdır (Şekil 2.1). Alanı 19,10 km^2, minimum ve maksimum yükseklikleri sırasıyla 28 m ve 232 m'dir (Tablo 2.1). Havzanın kuzeyinde Kocakoru, Kocaorman tepe, güneyinde Kiraz çeşme bulunmaktadır. Kuzey kesiminde besi çiftlikleri ve tavuk çiftlikleri yer almaktadır.

Alt Havzanın batısından başlayarak güney doğuya doğru uzanan Değirmen Dere Suçıkan Dere ile birleşerek Dilderesini besleyen ana kollardan biri olan Tavşanlı Deresini oluşturmaktadır. Havza sınırları içerisinde arazi çalışmaları esnasında çok sayıda tarım alanlarına rastlanmıştır. TEM Otoyolu ve D100 karayolunun bu bölgeden geçmesi dolayısıyla Havza, yoğun trafik koşullarına maruz kalmaktadır. Bununla birlikte Kocakaya Alt Havzası sınırları içerisinde çok sayıda taş ocakları yer almaktadır.

2.7. Öteyüz Alt Havzası

Öteyüz Alt Havzası, Dilderesi Ana Havzasının kuzey doğusunda yer alır. Komşu alt havzaları; batısında Denizli, güneyinde Demirciler Alt Havzalarıdır (Şekil 2.1). Alanı 13,97 km^2, minimum ve maksimum yükseklikleri sırasıyla 117 m ve 372 m'dir (Tablo 2.1). Alt Havza sınırları içerisinde, ana havzanın en yüksek noktalarından biri olan Küçük Tepe (367 m), Köy Tepe (317 m), Delice Tepe (287 m) ve Çardak Tepe (271 m) bulunmaktadır.

Denizli Alt Havzasından güneye doğru inen Aren Dere ve Kılıç Dere ile Öteyüz Alt Havzası içerisinde güneybatı doğrultusunda akan Ayvalık Dere, Üçdereağzında birleşerek Dilderesini besleyen ana kollardan Gürgen Deresini oluşturmaktadır.

Alt Havzada bulunan Öteyüz Ovası çevresinde büyük ve küçükbaş hayvan ağılları ve mera alanı bulunmaktadır. Mera alanları yıllar içerisinde küçülmekle beraber bölge insanı hala sınırlı da olsa hayvancılık faaliyetlerine devam etmektedir. Arazi çalışmaları esnasında da bu bölgede çok sayıda küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapıldığı görülmüştür (Şekil 2.16).

Şekil 2.16: Öteyüz alt havzasında mera ve hayvancılık yapılan alanlar.

3. DİLDERESİ HAVZASI AKARSULARININ KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Yaşadığımız gezegende ekosistem üzerindeki baskıların her geçen gün artması ve bu baskının en önemli etkilenen bileşenin su olması, birçok bilim insanını çevre otoritelerini alarm durumuna geçirmiştir. Son yıllarda önemi artan su rezervleri bu tehditte özelliklerini en kolay kaybeden bileşen haline gelmiştir.

Yüzey suyunun toksik kimyasallarla kirlenmesi ve fazla besin içeren nehir ve göllerin ötrofikasyonu, dünya çapında büyük çevresel kaygılara neden olmaktadır. Tarımsal, endüstriyel ve kentsel faaliyetler sucul ekosistemler için başlıca kimyasal ve besin kaynakları olarak kabul edilirken, atmosferik birikim cıva ve nitrojen gibi bazı bileşenler için önemli bir kaynak olabilir. Aşırı toksik kimyasalların ve biyolojik olarak mevcut besin maddelerinin konsantrasyonları, toksik alg patlamaları, oksijen kaybı, balıkların öldürülmesi, biyolojik çeşitlilik kaybı ve sucul bitki yataklarının ve kömür resiflerinin kaybı gibi çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Besin zenginleştirme, su ekosistemlerini ciddi şekilde bozmakta, suyun içme, endüstri, tarım, eğlence ve diğer amaçlar için kullanılmasına olumsuz yönde etki etmektedir [Ouyang et al., 2006]. Yüzey suları kalitesi 6 faktör ile değerlendirilmektedir. Bunlar; organik, nütrient, fizikokimyasal parametreler, hava tesiri ile meydana gelen değişiklikler, su ve topraktaki çözünmeler ile toksik antropojenik faktörlerdir [Karadavut, 2007].

Çevre kirliliği problemlerinin üç ana boyutu hava, su ve toprak olarak bilinmektedir. Günümüzde yeni yeni önem kazanan bir diğer çevre boyutu ise su yapılarının tabanında yer alan ve farklı karakterli maddelerin birikimi ile oluşan "sediment" tabakasıdır. Sedimentler sucul ortamda farklı karakterli maddeleri içine alarak, su içindeki ölü algler ile organik ve inorganik partiküllerin erozyon gibi doğal sebepler ile dibe çökerek birikmesi sonucu meydana gelmektedir. Sediment tabakası devamlı su ile temas halinde olduğu için suda ayrışan çeşitli kirleticilerin birikimine ve reaksiyonuna neden olmaktadır. Bu nedenle sediment tabakaları, su kalitesini belirgin olarak etkileyen faktörlerden biridir [Bakan ve Şenel, 2000]. Su kara yüzeyinden akarken, kalıntıları karadan taşımaktadır. Yüzey akışı, özellikle ilk su akıntısı durumunda, noktasal olmayan kaynak kirliliğinin önemli bir kaynağıdır. Farklı arazi kullanım türlerinden kaynaklanan yüzey akışı, farklı türdeki kirleticilerle zenginleştirilebilmektedir. Örneğin, tarım arazilerinden gelen yüzey akışı besinler ve

tortularla, oldukça gelişmiş kentsel alanlardan gelen yüzey akışı ise kauçuk parçaları, ağır metaller ve yollarda kullanılan buz çözücülerden gelen sodyum ve sülfatla zenginleştirilebilmektedir [Tong and Chen, 2002].

Dilderesi Havzasının su kalitesini etkileyebilecek en önemli kaynakları bölgede gerçekleşen tarım, hayvancılık, kentsel ve endüstriyel faaliyetlerdir. Havzanın batısında, doğusunda ve güneyinde olmak üzere birçok organize sanayi bölgesi yer almaktadır. Ada Tepe Alt Havzasında özellikle metal ve kimya sanayi, Tembelova Alt Havzasında ise ağırlıklı olarak plastik sanayi işletmelerine rastlanmaktadır.

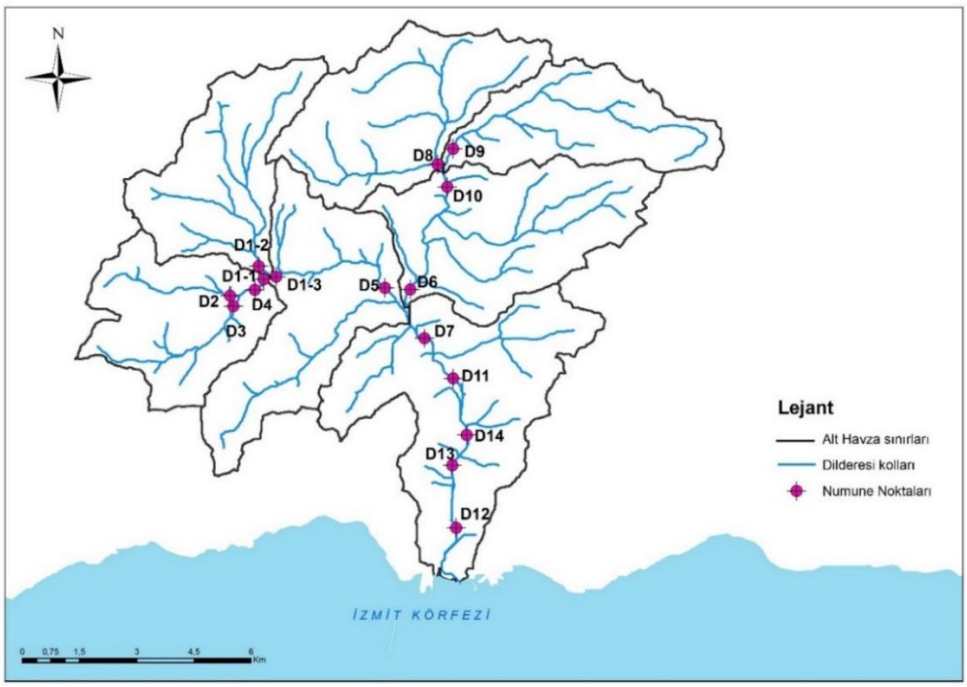
Dilderesi Havzasında su ve sediment çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere iki aşamada gerçekleşmiştir;

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma sahasında, Dilderesi ve onu besleyen kolları üzerinde Temmuz 2020 ve Kasım 2020 tarihlerinde 2 kez olmak üzere 16 noktadan dere suyu ve dere sedimanı örnekleri alınmıştır. Örnekleme noktalarının seçiminde evsel ve endüstriyel yerleşim alanları ve bunların atık boşaltım yerleri, dereye karışan yan kollar ve alınan örneğin o noktadaki su ve sediment niteliğini taşıyor olması ayrıca farklı dönemleri yansıtması göz önünde bulundurulmuştur. Örnekleme noktalarının koordinatları GPX Viewer Pro (mobil uygulama) programı ile belirlenmiştir. Analizler hem arazide hem de laboratuvar ortamında yapılmıştır. Tablo 3.1' de, örnekleme noktalarının haritası Şekil 3.1 'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Örnekleme noktalarının koordinatları.

Örnekleme Noktası	Koordinat	
	Kuzey	Doğu
D1-1	40°50'04.79" K	29°27'59.99" D
D1-2	40°50'15.72" K	29°27'53.27" D
D1-3	40°50'07.65" K	29°28'13.59" D
D2	40°49'48.87" K	29°27'23.63" D
D3	40°49'40.06" K	29°27'28.18" D
D4	40°49'55.56" K	29°27'50.76" D
D5	40°50'07.95" K	29°30'14.87" D
D6	40°50'07.42" K	29°30'43.71" D
D7	40°49'24.78" K	29°31'04.06" D
D8	40°51'56.37" K	29°31'04.17" D
D9	40°52'09.89" K	29°31'20.47" D
D10	40°51'37.54" K	29°31'16.97" D
D11	40°48'51.64" K	29°31'38.92" D
D12	40°46'32.45" K	29°31'53.26" D
D13	40°47'42.01" K	29°31'46.72" D
D14	40°48'08.57" K	29°32'00.39" D



Şekil 3.1: Örnekleme noktalarının alt havzalardaki konumu.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Dilderesi Havzasında alt havzalardaki kimyasal farklılıkları ortaya koyabilmek amacıyla, su ve sediment örnekleri alınmıştır. Su örneklerinde pH, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, alkalinite, nitrat, amonyak, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, toplam organik karbon analizleri, majör katyon (Ca, Mg, Na, K) ve ağır metal – iz element (Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, As, Hg, Si) analizleri yapılmıştır. Sedimentlerde ise tane boyu analizi, organik madde ve karbonat tayini çalışılmıştır.

Şekil 3.2: a) Su ve b) sediment örnekleri toplama çalışmaları.

Su örnekleri, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları'na göre her bir noktadan 0,5 L'lik pet şişelerle toplam 3 adet (1,5 lt) numune alınmıştır. Numunelerden biri asitlenerek ağır metal analizlerinde kullanılmak üzere uygun saklama koşullarında laboratuvar ortamında bekletilmiştir. pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerleri numune noktalarında Hach Lange markalı portatif cihaz ile ölçülmüştür.

Su örneklerinin majör katyon (Ca, Mg, Na, K) ve ağır metal – iz element (Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, As, Hg, Si) analizleri ile askıda katı madde (AKM) ve alkalinite analizleri Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Enstrümantal Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Majör katyon ve ağır metal-iz element analizleri Perkin & Elmer model İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır. AKM analizi Solids (2540); Total Suspended Solids 2540 D, Standard Methods yöntemiyle gravimetrik olarak tayin edilmiştir. AKM değeri, su örneklerinin geçirildiği whatman marka 42 nolu 0.45 µm membran filtrenin süzülme işlemi bittikten sonraki ağırlığı ile filtrenin etüvde 105 °C'de 24 saat

bekletilmesi sonucundaki oluşan ağırlığının farkını alarak hesaplanmıştır. Alkalinite tayini fenol fitaleyn indikatörü kullanılarak 0,02 N'lik sülfürik asit (H_2SO_4) ile volumetrik titrasyonu ile yapılmıştır. Toplam Organik Karbon (TOK) ve Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) ölçümleri, Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Genel Kimya Laboratuvarında yapılmıştır. TOK analizinde Shimadzu TOC-L Total Organic Carbon Analyzer cihazı kullanılmıştır. BOİ analizleri FTD 220 İnkübatör ve WTW Oxitop sistemiyle yapılmıştır. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve amonyak analizleri Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Membran Teknolojileri Laboratuarında yapılmıştır. KOİ analizi için Blok Isıtıcı TBT-12 Teknosem marka termoreaktör kullanılmıştır. Chemical Oxygen Demand (5220) / Closed Reflux, Colorimetric Method, Standard Methods kullanılmıştır. KOİ değeri, kuvvetli kimyasal oksitleyiciler kullanılarak, doğal ve kirletici organik yükün parçalanması esnasında tüketilen oksijen miktarını belirlemeye dayanan demir amonyum sülfat ile titrasyon yoluyla hesaplanmıştır. Nitrat analizi ise Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Laboratuvarında yapılmış Thermo Scientific Genesys 150 UV-Visible spektrofotometre kullanılmıştır.

Sediment örneklerinin analizleri Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Katı Atık Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler için Nüve FN 500 marka etüv, Nüve MF 120 marka kül fırını ve 0,063 mm, 1 mm ve 2 mm boyutlarında elekler kullanılmıştır. Plastik torbalara konulan sediment örnekleri +4 ^{o}C' de saklanarak en kısa sürede tane boyu analizi, organik madde ve karbonat tayini yapılmıştır. Bunun için belli miktardaki yaş örnek, önce 105 ^{o}C' de kurutulup saklanmıştır. Organik madde miktarını bulabilmek için 105 ^{o}C'de kurutulan sediment örnekleri 550 ^{o}C'lik kül fırınında yakıldıktan sonra tekrar tartılarak son ağırlıkları bulunmuş ve organik madde yüzdesi hesaplanmıştır. Karbonat tayini için ise kül fırını 950 ^{o}C'ye ayarlanarak fırın öncesi ve sonrası tartımlar hesaplanmış, $CaCO_3$ cinsinden karbonat miktarı bulunmuştur.

3.3. Fizikokimyasal ve Organik Kirlilik Parametreleri

Su kirlilik kontrolü ve su kaynaklarının etkin yönetimi için çok sayıda fizikokimyasal su kalitesi verisinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu bölümde her bir alt havza için, pH, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, alkalinite, nitrat, amonyak, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik

oksijen ihtiyacı ve toplam organik karbon analiz sonuçları değerlendirilmiş, kurak ve yağışlı sezon için su kalite parametreleri detaylı şekilde incelenmiştir. Fizikokimyasal parametre analiz sonuçları, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmeliği (YSKY) 10/8/2016 Ek-5 Tablo 2 Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'ne göre değerlendirilmiştir. Tablo 3.2'de sınıflama ile ilgili parametreler ve sınır değerler verilmiştir.

Tablo 3.2: Kıtaiçi yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
Renk (m^{-1})	RES 436 nm: ≤ 1,5 RES 525 nm: ≤ 1,2 RES 620 nm: ≤ 0,8	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	RES 436 nm: 4,3 RES 525 nm: 3,7 RES 620 nm: 2,5	RES 436 nm: > 4,3 RES 525 nm: > 3,7 RES 620 nm: > 2,5
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Yağ ve Gres (mg/L)	< 0,2	0,3	0,5	> 0,5
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	3	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ($BOİ_5$) (mg/L)	< 4	8	20	> 20
Amonyum azotu (mg NH_4^+-N/L)	< 0,2	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg NO_3^--N/L)	< 3	10	20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	< 0,5	1,5	5	> 5
Toplam azot (mg N/L)	< 3,5	11,5	25	> 25
Orto fosfat fosforu (mg o-PO_4-P/L)	< 0,05	0,16	0,65	> 0,65
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	0,8	> 0,8
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	2000	> 2000
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	3000	> 3000
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	20	> 20
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	10	> 10

3.3.1. pH

pH; sudaki canlı yaşamını etkileyen ve suyun asitlik özelliğinin göstergesi olan önemli parametrelerdendir. Verimli doğal tatlı sularda pH 6,5–8,5 arası değişmektedir. Bu aralığa sahip sularda birçok balık ve suda yaşayan organizma türü iyi gelişmektedir [Güher and Öterler, 2020]. Zayıf iyonize asitlerin bir bölümü 6,0 pH değerinin

üzerinde tehlikelidir. Çünkü bunlar hem yüksek pH değerlerinde iyonize olmakta, hem de molekül formunda bile zehirleyici olmaktadır [Çalışkan, 2018].

Tüm numune noktalarından alının sularda dikkate değer pH değişiklikleri olmadığı, genel olarak alkali değer aralığında (7,0-8,27) olduğu görülmüştür. En düşük pH değeri kurak sezonda Kocakaya Alt Havzasında 7,0, en yüksek pH değeri yağışlı sezonda Öteyüz Alt Havzasında 8,27 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.3, Şekil 3.3).

Kurak sezonda en düşük ve en yüksek pH değerleri Kocakaya Alt Havzası'nda 7,0 ve Öteyüz Alt Havzası'nda 8,1 olarak ölçülmüştür. Yağışlı sezonda en düşük ve en yüksek pH değerleri Tembelova Alt Havzası'nda 7,87 ve Öteyüz Alt Havzası'nda 8,27 olarak ölçülmüştür.

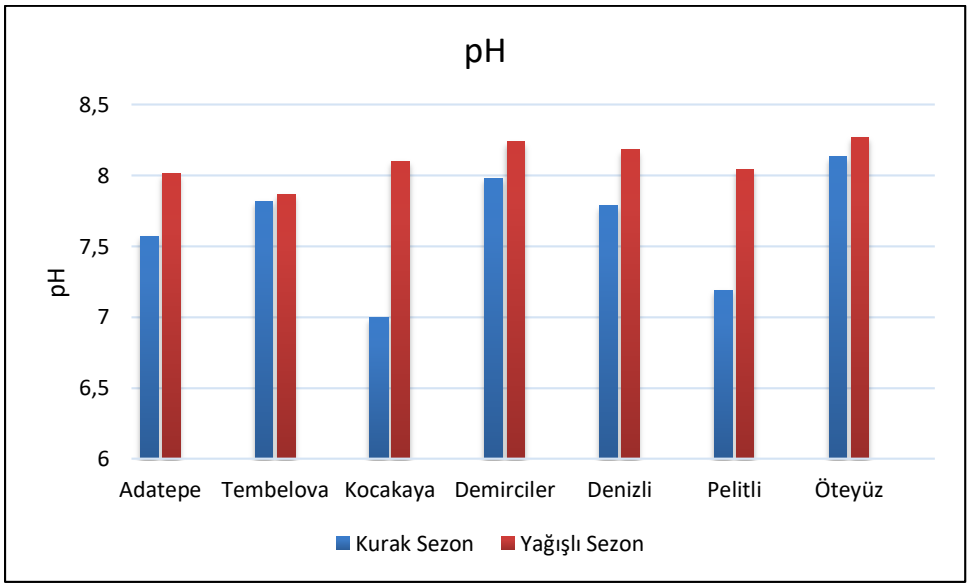
YSKY' de kıtaiçi yerüstü su kaynaklarının kabul edilebilir pH aralığı 6-9 olarak belirtilmiştir. YSKY Tablo 2'de tüm su kalitesi sınıfları için pH aralığı 6-9 olarak belirlenmiştir. Buna göre çalışma alanı suları pH değerleri bakımından ilgili yönetmelikte belirlenen sınırlar içerisindedir.

pH değerleri açısından Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında dönemsel olarak farkedilebilir değişimler gözlenirken, diğer havzalardaki değişimler kabul edilebilir aralıktadır. Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarındaki değişikliklerin çoğu zaman organize sanayi bölgelerinden kaynaklanan atıksu arıtım tesisleri deşarjlarının miktarları ile ilgili olduğu düşünülürken bir başka açıdan da Kocakaya Alt Havzasındaki kireçtaşı taş ocaklarından kaynaklanan su gelimleriyle alakalı olduğu ilişkilendirilebilir.

Yüzey sularındaki pH değişiklikleri suda bulunan diğer kimyasal parametrelerin davranışlarında değişikliklere sebep olmaktadır. Bu değişiklikler sucul bitki ve hayvanları etkilemektedir. Örneğin amonyak doğal ya da asidik koşullarda canlılar üzerinde nispeten zararsızken, pH değeri arttığı zaman oldukça toksik olmaktadır [Özer, 2008].

Tablo 3.3: Dilderesi alt havzalarında ölçülen pH değerleri.

ALT HAVZALAR	pH	
	Temmuz 2020	Kasım 2020
Adatepe	7,57	8,01
Tembelova	7,82	7,87
Kocakaya	7,00	8,10
Demirciler	7,98	8,24
Denizli	7,79	8,18
Pelitli	7,19	8,04
Öteyüz	8,13	8,27



Şekil 3.3: Alt Havzalara göre pH değerleri.

3.3.2. Çözünmüş Oksijen

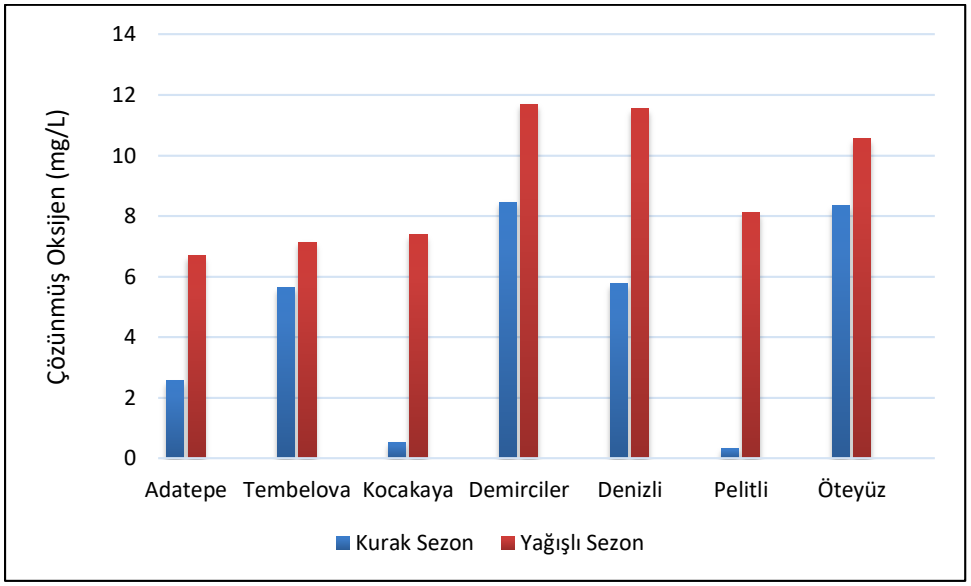
Doğal sulardaki çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, tuzluluk, suyun karışımı (türbülans) ve atmosferik basınç gibi fiziksel şartlara bağlı olarak değişmektedir. Tatlı

su ekosistemlerinde oksijenli koşullarda sucul yaşamın sürdürülebilmesi için suyun çözünmüş oksijen değerinin 5 mg/L'den yüksek olması gerekmektedir. Tatlı sularda 1 atm basınçta, havanın oksijeninin çözünürlüğü 0°C'de 14,6 mg/l ve 35 ^{o}C'de 7mg/l'dir. Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü verilen sıcaklıkta atmosfer basıncı ile doğrudan değişmektedir. Henry Kanuna göre; sabit sıcaklıkta sıvı içinde çözünen gaz miktarı doğrudan basınç miktarına bağlıdır.

Dilderesi Alt Havzalarında çözünmüş oksijen değerleri mevsimsel olarak 0,33 – 11,7 mg/L arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 3.4, Şekil 3.4). Kurak sezonda gözlemlenen anoksiye yakın seviyeler, yağışlı dönemde oksijen ile aşırı doymuş seviyelere kadar değişmiştir. Kocakaya, Pelitli ve Adatepe Alt Havzalarında kurak sezonda ortalama çözünmüş oksijen değerleri 0,53, 0,33 ve 2,55 mg/L iken, yağışlı sezonda 7,38, 8,1 ve 6,69 mg/L seviyelerine yükselmiştir. Bu durum kısmen su sıcaklığının düşmesine bağlanabilirken, tuzluluk ve organik madde arttıkça suda çözünen oksijen miktarı azalmaktadır. Bu nedenle, bir derenin veya gölün çözünmüş oksijen konsantrasyonu yıl boyunca değişecektir, çünkü sıcaklıklar mevsimsel olarak yükselecek ve düşecektir.

Tablo 3.4: Dilderesi alt havzalarında ölçülen çözünmüş oksijen değerleri.

ALT HAVZALAR	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	
	Temmuz 2020	Kasım 2020
Adatepe	2,55	6,69
Tembelova	5,64	7,14
Kocakaya	0,53	7,38
Demirciler	8,46	11,7
Denizli	5,76	11,54
Pelitli	0,33	8,10
Öteyüz	8,36	10,56



Şekil 3.4: Alt havzalara göre çözünmüş oksijen değerleri.

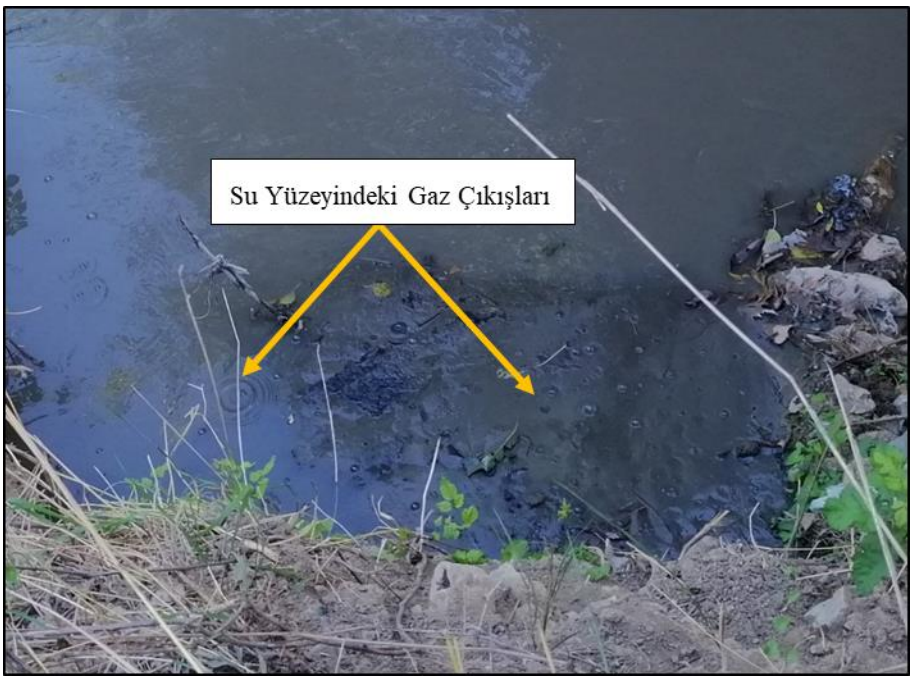
Ortalama çözünmüş oksijen değerleri yüzey suyunun ekolojik durumunu temsil etmese de, Kocakaya, Pelitli ve Adatepe Alt Havzaları diğer alt havzalar arasında en düşük çözünmüş oksijen seviyelerini göstermiştir. Bu, kısmen örnek alınan noktalarda zayıf su oksijenasyonuna neden olan daha az türbülanslı akışla ilişkili olabilir. Zeybek ve Kalyoncu, (2016)' ya göre çevresindeki kirletici faktörler nedeniyle yoğun kirlilik baskısı altında olan bölgelerde oksijen değerinin düşük olması beklenilen bir durumdur. Çözünmüş oksijen değeri düşük olan Kocakaya, Pelitli ve Adatepe Alt Havzalarını temsil eden D5, D12 ve D1-2 noktalarında (Şekil 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8) derenin kirli, kötü kokulu ve koyu renkte olduğu, özellikle D5 noktasında su yüzeyinde gaz çıkışlarının olduğu gözlenmiştir. Bu noktaların yakın çevresinde OSB'lerin bulunması yoğun kirlilik baskısı altında olduğunu göstermektedir. D5 noktasında dikkat çeken su yüzeyindeki gaz çıkışlarının, kötü koku ile birlikte değerlendirildiğinde H_2S ve muhtemelen CH_4 kaynaklı oluştuğu düşünülmektedir.

Suda bulunan bakteriler sudaki organik maddeler ile biyokimyasal reaksiyonları gerçekleştirerek kendi metabolizmaları için gereken enerjiyi sağlarlar. Bu reaksiyonlarda bakteriler tarafından kullanılan oksijen, sudaki çözünmüş oksijenden sağlanmaktadır. Bu nedenle sudaki çözünmüş oksijen miktarı azalmaktadır. Çözünmüş oksijen ile bakteriler arasındaki ilişkiyi açıklayan Streeter and Phelps, (1925)'in Ohio Akarsuyu'nda yaptıkları çalışmada bakteriler tarafından kullanılan çözünmüş oksijen miktarının sudaki organik madde miktarı ile doğru orantılı olduğu vurgulanmıştır [Küçükali, 2006]. Öztürk, (2017)' e göre oksijensiz şartlarda

kontamine olmuş sucul ortamda bulunan bakteriler, biyokimyasal reaksiyon için (Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2) sülfattaki oksijeni kullanmaktadır. Reaksiyon sonucu oluşan sülfür iyonu, hidrojen iyonu ile reaksiyona girerek H_2S gazı oluşturmaktadır. Bu reaksiyonlar kurak dönemlerde daha hızlı gerçekleşmektedir.

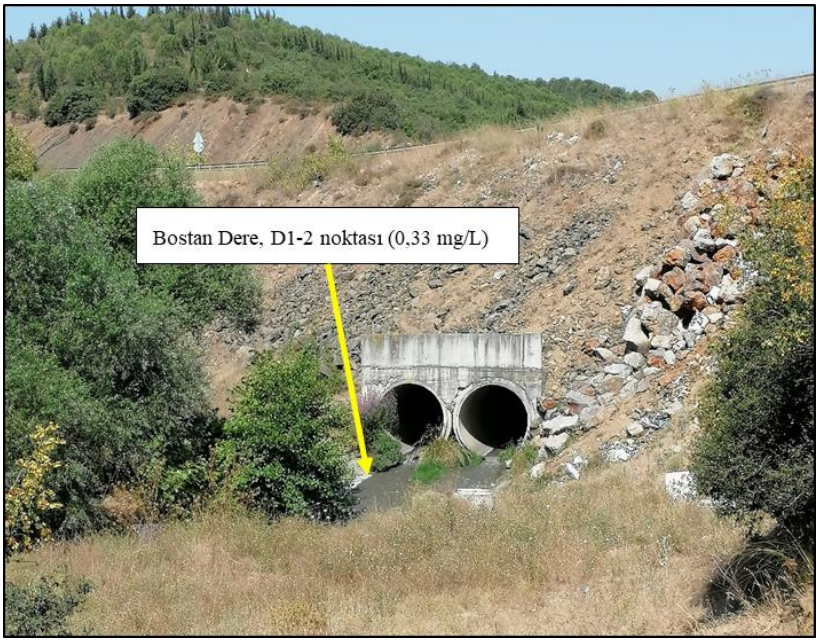
$$SO_4^{2-} + \text{Organik madde} \rightarrow S^{2-} + CO_2 + H_2O \tag{3.1}$$

$$S^{2-} + 2H^+ \leftrightarrow H_2S \tag{3.2}$$



Şekil 3.5: D5 örnekleme noktasında görülen su yüzeyindeki gaz çıkışları.

Şekil 3.6: D5 örnekleme noktasında organik maddece zenginleşmiş ve çözünmüş oksijeni azalmış Değirmen Dere'nin görünümü.



Şekil 3.7: Çözünmüş oksijenin en düşük ölçüldüğü D1-2 noktası (Pelitli Alt Havzası-Temmuz 2020).

Şekil 3.8: Çözünmüş oksijenin düşük seviyede ölçüldüğü Dilderesi üzerindeki D12 örnekleme noktası (Adatepe Alt Havzası-Temmuz 2020).

Alt Havzalara ait ortalama çözünmüş oksijen değerleri YSKY Ek-5 Tablo 2 Kalite Kriterleri Sınıflarına göre değerlendirildiğinde kurak sezon ve yağışlı sezonlarda su kalite sınıflarının da değiştiği görülmüştür (Tablo 3.5).

Tablo 3.5: YSKY'ne göre alt havzaların çözünmüş oksijene bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları*	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	IV	II
Tembelova	III	II
Kocakaya	IV	II
Demirciler	I	I
Denizli	III	I
Pelitli	IV	I
Öteyüz	I	I

* I: çok iyi: > 8 mg/L, II: iyi: 6-8 mg/L, III: orta: 3-6 mg/L, IV: zayıf: < 3 mg/L

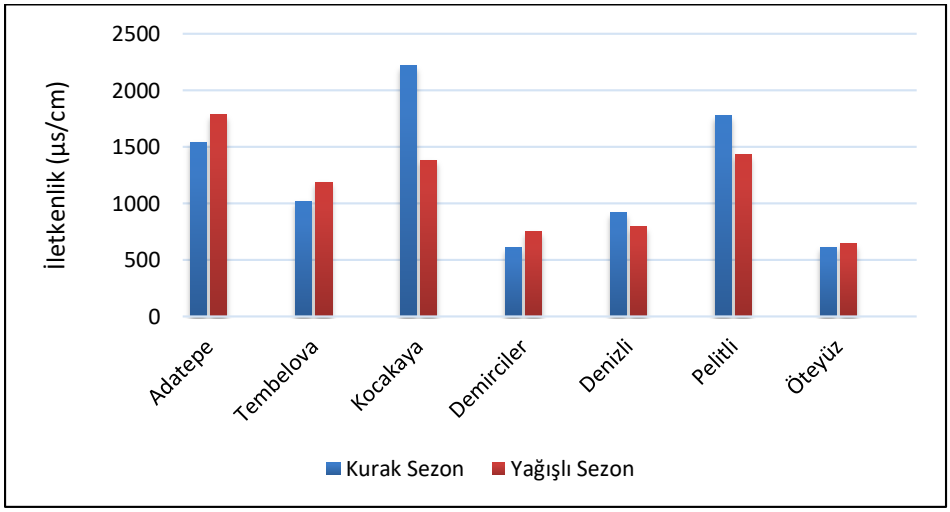
3.3.3. Elektriksel İletkenlik

Sulardaki çözünmüş iyon konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan bir parametre olan elektriksel iletkenlik, çözünmüş katı maddelerden ve daha çok çözünmüş tuzlardan ileri gelmektedir. Suda bulunan tuzların veya çözünebilir madde miktarının toplamı, sudaki elektriksel iletkenliği vermektedir. Bir akarsu havzasında elektriksel iletkenlik, jeolojik faktörler (kayaçların mineral içeriği, toprak yapısı) ve dış etkenlerden (arazi kullanımı, iklim koşulları, evsel ve endüstriyel atık su deşarjları, suya karışan tarımsal atık su vb.) etkilenmektedir.

Alt Havzaları temsil eden su örneklerinde yapılan analiz sonucunda iletkenlik için geniş bir değer aralığı gözlenmiştir (613–2218 µs/cm). En düşük iletkenlik değeri Öteyüz Alt Havzasında kurak sezonda ölçülmüştür (613 µs/cm). En yüksek iletkenlik değeri ise kurak sezonda Kocakaya Alt Havzasında (2218 µs/cm) ölçülmüştür (Tablo 3.6). Yağışlı sezonda ise Adatepe Alt Havzasındaki iletkenlik değerinin en yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.9). Dilderesi'nin denize dökülen ağız kısmının Adatepe Alt Havzasını temsil eden noktalara yakın yerde olması sebebiyle yüksek iletkenlik değeri deniz suyu girişimiyle ilişkilendirilebilir. Yüksek iletkenlik değerleri, bu alanlarda metal işleme ile ilgili organize sanayi bölgelerinin bulunması ve atıksu deşarjlarından kaynaklı bir durum olduğunu gösterebilir. Özellikle Kocakaya Alt Havzasında yer alan açık taş ocağı işletmelerinden gelen suların iletkenlik seviyesinde yükselmelere neden olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.6: Dilderesi alt havzalarında ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri.

ALT HAVZALAR	Elektriksel İletkenlik (µs/cm)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	1544	1786
Tembelova	1019	1190
Kocakaya	2218	1384
Demirciler	607	750
Denizli	919	795
Pelitli	1780	1428
Öteyüz	613	646



Şekil 3.9: Alt havzalara göre iletkenlik değerleri.

Alt Havzalara ait ortalama elektriksel iletkenlik değerleri YSKY Ek-5 Tablo 2 Kalite Kriterleri Sınıflarına göre değerlendirildiğinde kurak sezon ve yağışlı sezonlarda su kalite sınıflarının değişmediği ve 4 Alt Havzanın su kalite sınıflarının III (orta), 3 Alt Havzanın ise su kalite sınıflarının II (iyi) olduğu görülmüştür (Tablo 3.7).

Tablo 3.7: YSKY'ne göre alt havzaların iletkenliğe bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	III	III
Tembelova	III	III
Kocakaya	III	III
Demirciler	II	II
Denizli	II	II
Pelitli	III	III
Öteyüz	II	II

* I: çok iyi: < 400 µS/cm, II: iyi: 400-1000 µS/cm, III: orta: 1000-3000 µS/cm, IV: zayıf: > 3000 µS/cm

3.3.4. Askıda Katı Madde (AKM)

Askıda katı maddeler, su içerisinde yüzen ve uzun süre sonra çökelebilen, suda çözünmeyen çok küçük çaplı organik ve inorganik katı maddelerdir. Doğal sularda ışık geçirgenliğini azaltıp, dip birikintilerine yol açarak, su canlılarını etkilemektedir. Askıda katı maddeler, evsel ve endüstriyel atık sular ile alıcı su ortamlarına taşınmaktadır.

Akarsu kirlenmesi kontrol çalışmalarında, tüm askıda katılar çökelebilir madde olarak dikkate alınmaktadır. Bunun nedeni olarak çökelemeyen askıda kalan maddelerin de zamanla nehir içinde biyolojik, kimyasal olaylar ve floklaşma dolayısıyla çökelerek birikime yol açmaları gösterilmektedir [Samsunlu, 2008].

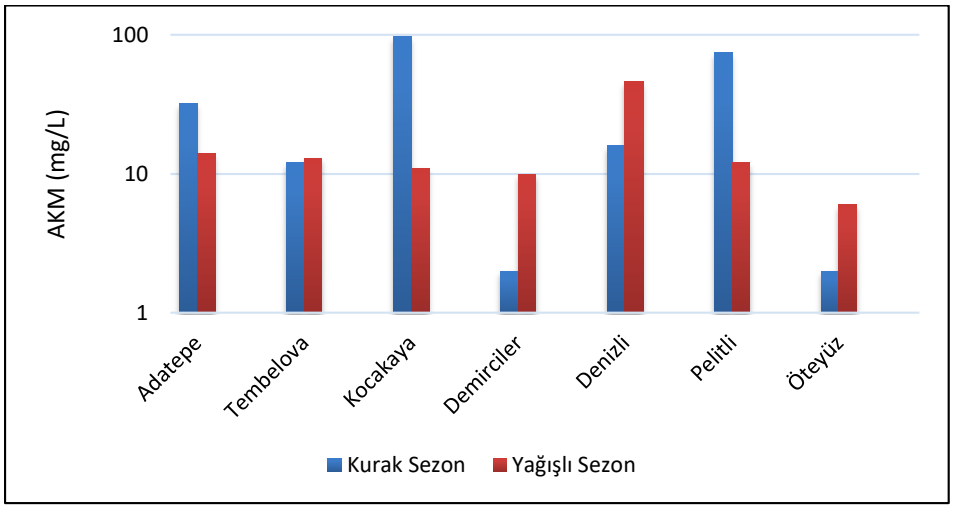
AKM analizi sonucunda en yüksek değerler kurak sezonda Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında (97 – 74 mg/L), en düşük değerler ise kurak sezonda Demirciler ve Öteyüz Alt Havzalarında 2 mg/L ölçülmüştür (Tablo 3.10). Dilderesi ana havzası genelinde AKM sonuçları 2 mg/L ve üzerinde tespit edilmiştir. Askıda katı maddenin, suda 2 mg/L den fazla bulunmasının suyun fiziksel olarak kirlenmesine neden olduğu bilinmektedir. AKM değerlerinin alt havzalardaki mevsimsel değişimi Şekil 3.10'da

verilmiştir. Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında kurak sezondan yağışlı sezona geçildiğinde AKM miktarında azalma olduğu gözlenmiştir. Denizli Alt Havzasında ise bunun tersine kurak sezondan yağışlı sezona geçildiğinde AKM miktarında artış gözlenmiştir.

Dilderesi Havzasının özellikle taş ocaklarınca zengin alt havzaları olan Pelitli ve Kocakaya Alt Havzalarında AKM miktarının diğer alt havzalara göre daha yüksek olması, dolaylı olarak taş ocaklarında yapılan faaliyetler, yine yakın bölgelerdeki arazi düzleme çalışmaları ve yeni açılan karayolları ile ilişkili olduğunu akla getirmektedir.

Tablo 3.8: Dilderesi alt havzalarında ölçülen AKM değerleri.

ALT HAVZALAR	Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	32	14
Tembelova	12	13
Kocakaya	97	11
Demirciler	2	10
Denizli	16	46
Pelitli	74	12
Öteyüz	2	6



Şekil 3.10: Alt havzalara göre AKM değerleri.

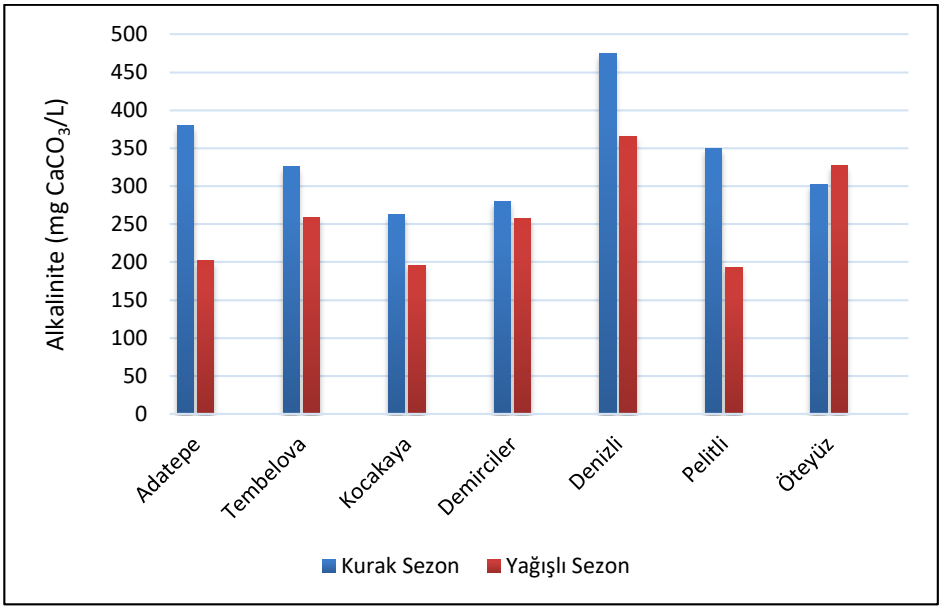
3.3.5. Alkalinite

Alkalinite, pH'a karşı suyun gösterdiği direnci ölçmesi nedeniyle suyun tampon kapasitesini yansıtmaktadır. Ani asidik veya bazik durumlar görüldüğünde pH değişimini kontrol etmede tampon görevi yapmaktadır. Hidroksitler, karbonatlar ve bikarbonatlar suyun alkalinitesine katkıda bulunmaktadır.

Alkalinite değerleri suda genellikle 30 – 500 mg/l $CaCO_3$ aralığında kabul edilmektedir. Alkalinitesi çok düşük olan sular korozyona neden olmaktadır. WHO ve TSE içme suyu standartlarında alkalinite için herhangi bir sınır değer belirtilmemiştir. Akarsulardaki alkalinite, kayalar ve topraklardan, tuzlardan, belirli tesis faaliyetlerinden ve belirli endüstriyel atık su deşarjlarından etkilenmektedir [Gölbaşı ve Şen, 2008].

Alt Havzalarda ölçülen ortalama alkalinite değerlerinin kurak ve yağışlı sezondaki değişimi Şekil 3.11'de verilmiştir. Buna göre; en yüksek alkalinite değeri kurak sezonda 475 mg $CaCO_3$/L ile Denizli Alt Havzasında, en düşük alkalinite değeri ise yağışlı sezonda 193.5 mg $CaCO_3$/L ile Pelitli Alt Havzasında ölçülmüştür (Tablo 3.9). Grafikten görüldüğü üzere alkalinite değerleri, kurak ve yağışlı sezonlarda farklı bir dağılım göstermektedir. Dolayısıyla alkalinite üzerinde farklı etkiler söz konusu olabilmektedir. Yağmur, dere suyuna karışmalar, dere içinde katı madde çökmesi vb. etkiler örnek verilebilir. Benzer şekilde yapılan çalışmalarda alkalinite değişimini; Sajeev et al., (2020), 100-390 mg $CaCO_3$/L; Durhasan, (2006), 120-192 mg $CaCO_3$/L; Yeşilyurt ve Hasenekoğlu, (2004), 60-260 mg $CaCO_3$/L değerler arasında bulduklarını bildirmişlerdir. Yüksek konsantrasyondaki HCO_3^- ve fazla miktardaki evsel atıksu, alkalinite konsantrasyonunda artışa neden olmaktadır [Sajeev et al., 2020].

Dilderesi Alt Havzalarında alkalinite değerleri, kurak sezonu temsil eden Temmuz 2020 örnekleri, yağışlı sezonu temsil eden Kasım 2020 örnekleri ile kıyaslandığında Öteyüz Alt Havzası dışında düşme eğilimindedir. Bunun nedenleri yüzeysel yağış miktarlarıyla ilgili olabileceği gibi, seyrelme faktörü de göz önünde bulundurulmalıdır. Öteyüz Alt Havzasındaki bu sistematiği bozan alkalinite konsantrasyonu havza üzerindeki kontrolsüz deşarjların, numunenin alındığı gün yaşanan sıra dışı bir olayı temsil ediyor olabilir.



Şekil 3.11: Alt havzalara göre alkalinite değerleri.

Tablo 3.9: Dilderesi alt havzalarında ölçülen alkalinite değerleri.

ALT HAVZALAR	Alkalinite (mg $CaCO_3$/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	380,2	202,2
Tembelova	326,4	259,4
Kocakaya	262,2	195,7
Demirciler	279,7	257,2
Denizli	475,0	366,2
Pelitli	350,2	193,5
Öteyüz	302,5	322,7

3.3.6. Nitrat

Yüzey sularında belirlenen en önemli kirleticilerden olan azot, genellikle nitrat (NO_3^-) şeklinde bulunmaktadır. Nitrat konsantrasyonu, tarımsal faaliyetler, evsel atıkların toprağa verilmesi ve toprak yüzeyindeki gübreler nedeniyle artış göstermektedir. Doğal sulardaki nitrat, inorganik azotun yaygın formu olmasının yanında kirlenmemiş göllerde nitrifikasyonun son ürünüdür.

Sucul ortamda bulunan mikroorganizmalar, azotun bir besin maddesi olması sebebiyle amonyak azotunu asimile ederek yeni hücre yapımında kullanmaktadırlar. Asimilasyon yolu ile giderilebilecek azot miktarından daha fazla azot konsantrasyonları görülebilmektedir. Bu durumda sucul ortamda bulunan aerobik bakteriler azot, amonyum ve nitriti kullanarak iki adımda nitrata dönüştürmektedir. Bu dönüşüme nitrifikasyon adı verilmektedir. Dönüşüm reaksiyonları Eşitlik 3.3 ve Eşitlik 3.4'te verilmiştir;

$$NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O \tag{3.3}$$

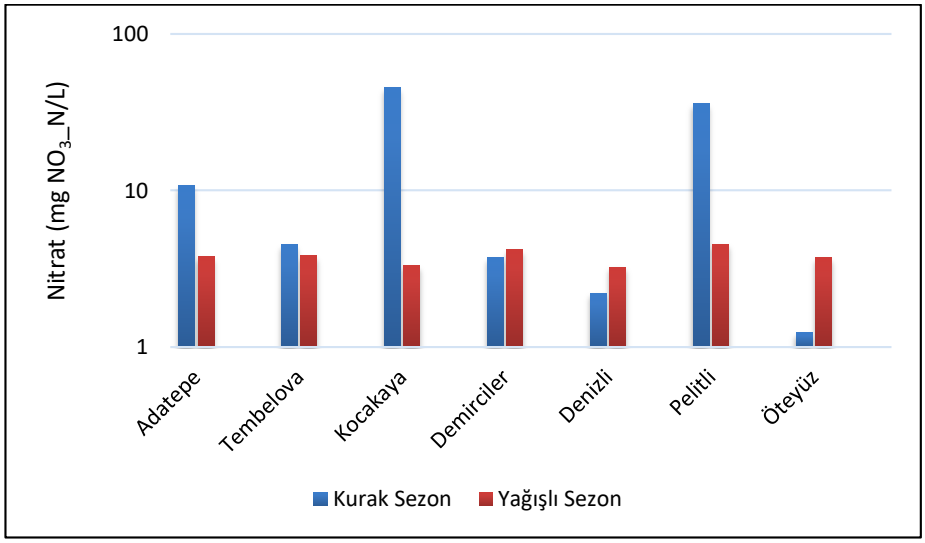
$$NO_2^- + 0{,}5\ O_2 \rightarrow NO_3^- \tag{3.4}$$

Nitrosomonas ve Nitrobakter bakterileri tarafından gerçekleştirilmektedir. Nitrifikasyon bakterileri çevre şartlarından büyük ölçüde etkilenmektedirler.

UV-Visible Spektrofotometre ile ölçülen ortalama nitrat değerleri, kurak sezonda özellikle Kocakaya ve Pelitli Alt Havzaları olmak üzere yağışlı sezona göre daha yüksek seviyelerde (45,72 mg NO_3^--N/L ve 36,13 mg NO_3^--N/L) gözlenmiştir. En düşük nitrat değerleri (1,23 mg NO_3^--N/L ve 2,21 mg NO_3^--N/L) kurak sezonda Öteyüz ve Denizli Alt Havzalarında tespit edilmiştir (Tablo 3.10). Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında kurak ve yağışlı sezonlarda ölçülen değerler arasında önemli değişimler gözlenmiştir (Şekil 3.12). Bu iki alt havzada da kurak sezondaki nitrat seviyesi, yağışlı sezona kıyasla çok daha yüksek seviyede ölçülmüştür.

Tablo 3.10: Dilderesi alt havzalarında ölçülen nitrat azotu değerleri.

ALT HAVZALAR	Nitrat Azotu (mg NO_3^--N/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	10,73	3,76
Tembelova	4,51	3,85
Kocakaya	45,72	3,31
Demirciler	3,69	4,18
Denizli	2,21	3,25
Pelitli	36,13	4,52
Öteyüz	1,23	3,70



Şekil 3.12: Alt havzalara göre nitrat değerleri.

Tespit edilen yüksek seviyelerdeki nitrat konsantrasyonunun, bahçe bitkilerinin yetiştirildiği dere kenarındaki tarım alanlarından gelen organik ve inorganik gübrelerin ayrışma ürünü, bitki kalıntılarının parçalanması ve bölgedeki büyük ve küçükbaş

hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kocakaya Alt Havzasını temsil eden D5 noktasında (Şekil 3.13) dereye çok yakın mesafede tarım alanları ve seraların bulunması bu düşünceyi kanıtlar niteliktedir. Sajeev et al., (2020)' e göre tarım alanlarından kanalizasyon ve gübre parçalanma ürünlerinin daha yüksek NO_3 konsantrasyonuna neden olmaktadır. Bu durum aynı zamanda yüksek amonyak seviyelerini de açıklayabilir, ancak bu kirletici, atık su deşarjlarında oluşan proteinler ve üre gibi azot içeren organik bileşiklerin ayrışmasından da kaynaklanabilir. Kasımoğlu ve Yılmaz, (2014)'a göre organik kirlenmenin olduğu dönemlerde, kanalizasyon sularının akarsuya karışması halinde nitrat azotu derişimi artmaktadır. Yüzey sularında nitrat azotu miktarının yüksek olması, evsel ya da yoğun tarımsal faaliyetlere de bağlanmaktadır.

Şekil 3.13: D5 örnekleme noktasında dere kenarındaki seralar ve tarım alanları (Kocakaya Alt Havzası).

YSKY'ne göre kurak sezonda Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarının su kalite sınıfları IV, yağışlı sezonda ise II 'dir. Diğer alt havzaların YSKY'ne göre su kalite sınıfları Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11: YSKY'ne göre alt havzaların nitrat azotuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	III	II
Tembelova	II	II
Kocakaya	IV	II
Demirciler	II	II
Denizli	I	II
Pelitli	IV	II
Öteyüz	I	II

* I: çok iyi: < 3 mg NO_3^--N/L, II: iyi: 3-10 mg NO_3^--N/L, III: orta: 10-20 mg NO_3^--N/L, IV: zayıf: > 20 mg NO_3^--N/L

3.3.7. Amonyak

Azot, su kalitesine önemli etkileri olduğundan sürekli kontrol edilmesi gereken parametrelerden biridir. Azot atıksularda organik, amonyak, nitrit veya nitrat şeklinde bulunabilir. Özellikle evsel atıksularda azot, organik azot veya amonyak şeklinde bulunmaktadır. Organik azotun amonyuma dönüşmesi sürecine amonifikasyon (amonyaklaşma) denilmektedir. Amonifikasyon süreci su tablasının üstünde organik madde ve oksijenin bol olduğu toprak katmanlarında yer almaktadır. Amonifikasyon reaksiyonu Eşitlik 3.5 ve Eşitlik 3.6'da gösterilmiştir.

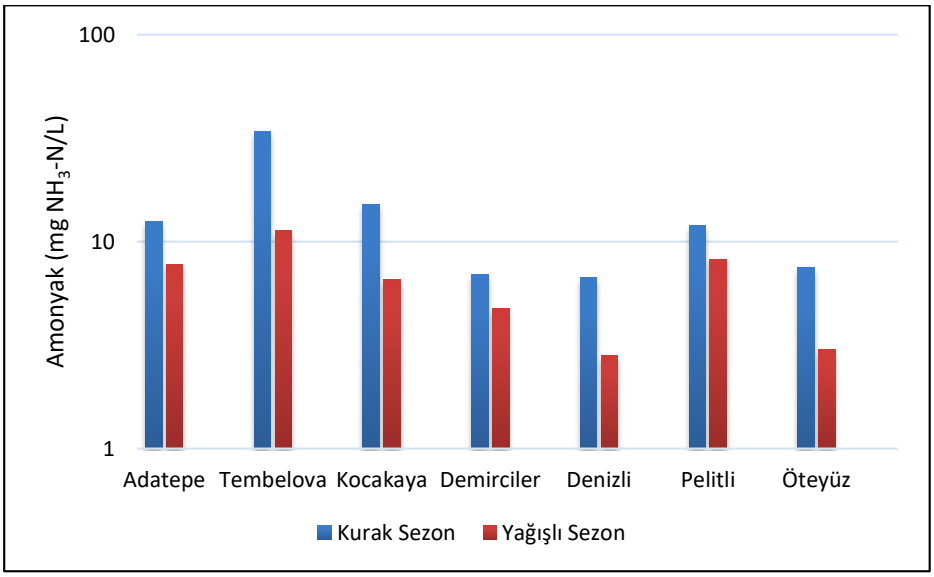
$$R^* - NH_2 + HOH \rightarrow R - OH + NH_3 + \text{Enerji} \quad (3.5)$$

(R= Parçalanmış organik madde ürünleri)

$$2NH_3 + H_2CO_3 \rightarrow 2NH_4 + CO_3 \quad (3.6)$$

Organik maddelerin parçalanması sonucu oluşan amonyağın, inorganik bileşiklere dönüşmesi sırasındaki ilk oksidasyon safhasını oluşturur. Kirlilik göstergesi olduğundan içme ve kullanma sularında bulunmamalıdır [Verep ve Ödün, 2016].

Tüm alt havzalarda amonyak değeri kurak sezonda, yağışlı sezona göre daha yüksek seviyede ölçülmüştür (Şekil 3.14). [Dişli vd., 2004], amonyağın toksik etkisinin oksijen eksikliği, sıcaklık artışı ile daha da arttığını belirtmiştir. En yüksek amonyak değeri 34,21 mg NH_3_N/L olarak, kurak sezonda Tembelova Alt Havzasında tespit edilmiştir. Onu takip eden yüksek amonyak seviyeleri kurak sezonda Kocakaya (15,12 mg NH_3_N/L) ve Adatepe (12,51 mg NH_3_N/L) Alt Havzalarında, en düşük amonyak değerleri ise yağışlı sezonda Denizli (2,8 mg NH_3_N/L) ve Öteyüz (2,99 mg NH_3_N/L) Alt Havzalarında ölçülmüştür (Tablo 3.12).

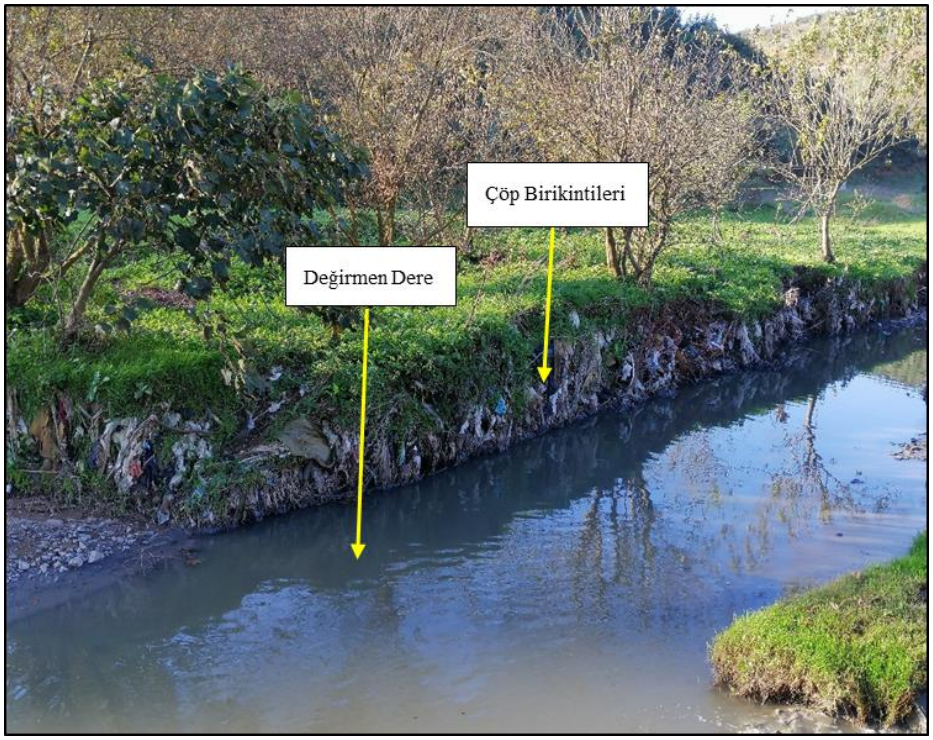


Şekil 3.14: Alt havzalara göre amonyak değerleri.

Tablo 3.12: Dilderesi alt havzalarında ölçülen amonyak değerleri.

ALT HAVZALAR	Amonyak (mg NH_3-N/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	12,51	7,76
Tembelova	34,21	11,25
Kocakaya	15,12	6,54
Demirciler	6,91	4,76
Denizli	6,72	2,80
Pelitli	11,95	8,21
Öteyüz	7,47	2,99

Tembelova Alt Havzasında görülen en yüksek amonyak seviyelerinin, alt havza sınırları içerisinde bulunan eski Gebze Çöp Depolama Sahası sızıntı suları ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Örneklerin alındığı Değirmen Dere'nin bu kısmında rehabilitasyon çalışmaları tamamlanmış eski Gebze Çöplüğü'ne ait çok çeşitli atık parçaları hala söz konusu dere ile irtibat halindedir (Şekil 3.15). Bu durum Trebouet et al., (2001)'e göre de katı atık sahalarından kaynaklanan sızıntı sularının yüksek oranda organik kirleticiler, halojenleştirilmiş hidrokarbonlar, ağır metal ve amonyak içeriği ile açıklanmaktadır.

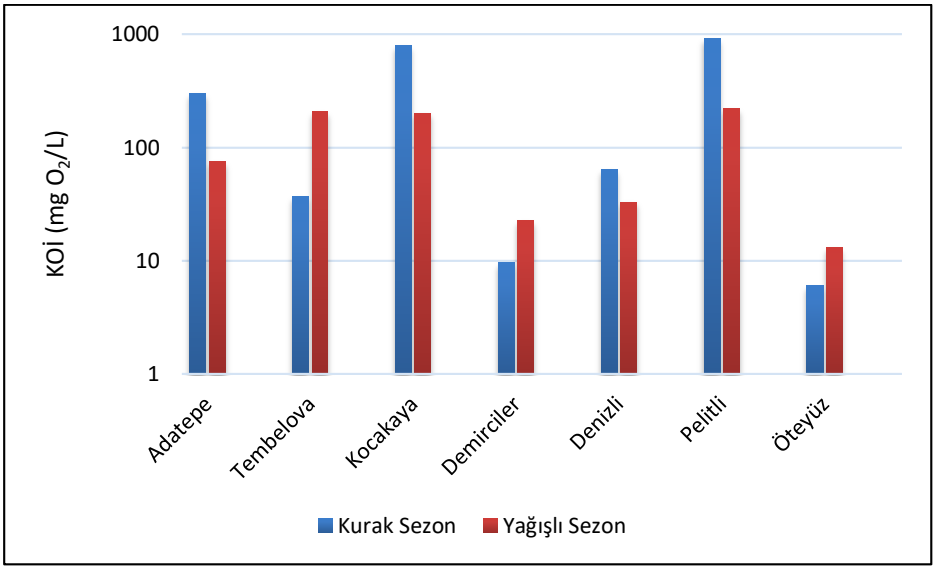


Şekil 3.15: Eski Gebze çöp depolama sahası atıklarının dere ile temas ettiği nokta (Tembelova alt havzası).

3.3.8. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ); su ve atık sulardaki organik maddelerin kimyasal olarak parçalanabilmesi için ihtiyaç duyulan oksijen miktarıdır. KOİ, su ve atık suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Kimyasal oksijen ihtiyacının sularda 25 mg/L'den fazla bulunması kirlilik göstergesi olmakta, 50 mg/L'den fazla bulunması ise suyun çok kirli olduğunu ve içinde bulunan su canlıları için toksik etki gösterebileceğini belirtmektedir [Mutlu vd., 2013].

Alt Havzaları temsil eden su örneklerinde gerçekleştirilen KOİ analizi sonuçlarında en düşük değerlerin Öteyüz ve Demirciler Alt Havzalarında sırasıyla 6 mg O_2/L ve 9,5 mg O_2/L, en yüksek değerlerin Pelitli ve Kocakaya Alt Havzalarında sırasıyla 916 mg O_2/L ve 790 mg O_2/L olduğu görülmüştür (Şekil 3.16) (Tablo 3.13).



Şekil 3.16: Alt Havzalara göre KOİ değerleri.

Tablo 3.13: Dilderesi alt havzalarında ölçülen KOİ değerleri.

ALT HAVZALAR	KOİ (mg O_2/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	299	75,2
Tembelova	36,75	207,25
Kocakaya	790	202
Demirciler	9,5	22,5
Denizli	64	33
Pelitli	916	219
Öteyüz	6	13

Analiz sonuçlarında genel olarak kurak sezondaki KOİ seviyesi yağışlı sezona göre daha yüksek ölçülmüştür. Kurak sezonda KOİ değerlerinin daha yüksek seviyede olması, Katip, (2010) tarafından Uluabat Gölünde yapılan çalışmada belirtildiği üzere kurak sezonda mikrobiyal aktivitenin artması sebebiyle organik maddelerin bozunma

hızlarının artış göstermesi ile ilişkilendirilebilmektedir. Kocakaya Alt Havzasından sonra en yüksek KOİ değeri (299 mg O_2/L) Adatepe Alt Havzasında ölçülmüştür. Adatepe Alt Havzasındaki dere kenarlarında evsel atıklar ve ölü hayvan atıklarına rastlanması buradaki yüksek KOİ değeriyle ilişkilendirilebilir (Şekil 3.17).

Şekil 3.17: Adatepe alt havzasını temsil eden örnekleme noktasında a) ölü hayvan atıkları ve b) çeşitli evsel atıklar.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı yönünden Demirciler ve Öteyüz Alt Havzalarının ortalama değerleri su kalitesi sorunu oluşturmayacak seviyelerdedir. YSKY'ne göre Demirciler ve Öteyüz Alt Havzaları I. Sınıf su kalitesi, Adatepe, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzaları ise hem kurak hem de yağışlı sezonda IV. Sınıf su kalitesi niteliğindedirler (Tablo 3.14).

Tablo 3.14: YSKY'ne göre alt havzaların KOİ' ye bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	IV	IV
Tembelova	II	IV
Kocakaya	IV	IV
Demirciler	I	I
Denizli	III	II
Pelitli	IV	IV
Öteyüz	I	I

* I: çok iyi: < 25 mg O_2/L, II: iyi: 25-50 mg O_2/L, III: orta: 50-70 mg O_2/L, IV: zayıf: > 70 mg O_2/L

Bu çalışmada havza ölçeğinde yapılan kimyasal analizlerde çözünmüş oksijen değerleri ile KOİ değerleri arasında bir bağıntı olduğu, çözünmüş oksijen değerleri düştüğünde KOİ değerlerinin yükseldiği bunun tam tersi çözünmüş oksijen değerleri arttığında ise KOİ değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu durum, havzadaki yüzey sularının organik ve inorganik kirleticilerin baskısı altında olduğuna işaret etmektedir.

3.3.9. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)

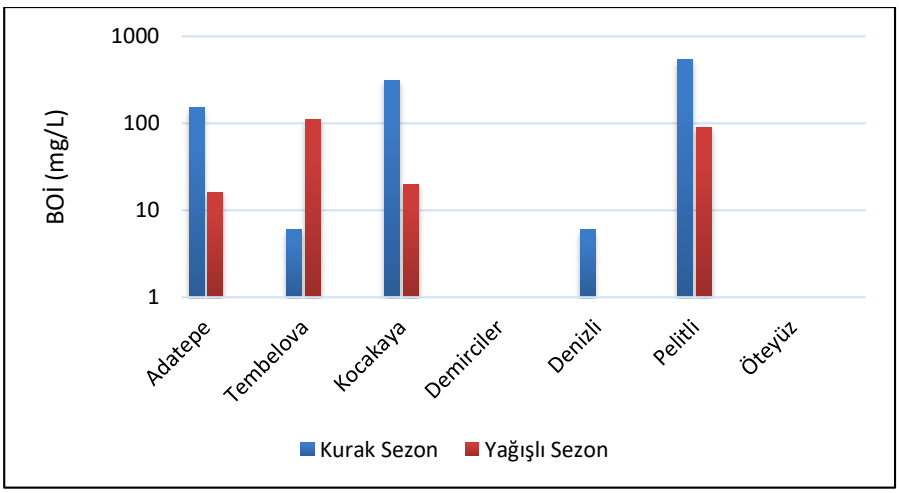
Biyolojik oksijen ihtiyacı, oksijenli koşullarda bakterilerin organik maddeyi parçalaması için ihtiyaç duyduğu oksijen miktarıdır. BOİ ölçümü, sudaki organik kirlenmenin bir ölçüsüdür. Biyolojik oksijen ihtiyacına etki eden faktörler; mikroorganizma sayısı, nütrient derişimi, organik madde miktarı ve sıcaklıktır [Kasımoğlu ve Yılmaz, 2014].

Su ortamında biyolojik aktivite için önemli göstergelerden biri olan BOİ değeri inceleme alanında Demirciler, Denizli ve Öteyüz Alt Havzalarına ait su örneklerinde oldukça düşük, Adatepe, Tembelova, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında 6 – 538 mg/L arasında değişmiştir. (Tablo 3.15). Tembelova Alt Havzası hariç diğer alt

havzalarda ölçülen BOİ değeri yağışlı sezonda daha düşüktür (Şekil 3.18). En yüksek BOİ değeri kurak sezonda Pelitli ve Kocakaya Alt Havzalarında ölçülmüştür (538 ve 313 mg/L). BOİ değerlerinin en yüksek görüldüğü Pelitli ve Kocakaya Alt Havzalarında, kurak sezonda tüm alt havzalara kıyasla en düşük çözünmüş oksijen değerleri ölçülmüştür. Bu durum, Kurtboğazı Havzasında [Çalışkan, 2018] tarafından incelenen su kalite parametrelerinde ölçülen BOİ seviyesindeki artışın sudaki çözünmüş oksijen değerlerini düşürerek anaerobik koşulların oluşmasına neden olması ile açıklanabilir.

Tablo 3.15: Dilderesi alt havzalarında ölçülen BOİ değerleri.

ALT HAVZALAR	BOİ (mg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	150,8	16
Tembelova	6	111,5
Kocakaya	313	20
Demirciler	0	0
Denizli	6	1
Pelitli	538	90
Öteyüz	0	0



Şekil 3.18: Alt havzalara göre BOİ değerleri.

BOİ seviyesinin en düşük olduğu Demirciler ve Öteyüz Alt Havzasındaki ana dereyi besleyen kısmen daha az su taşıyan özellikle organik maddece zengin küçük yan kollarının yüzeylerinde su mercimekleri dikkat çekmiştir (Şekil 3.19). Doğal arıtma sistemlerinde kullanıldığı bilinen su mercimeklerinin, nütrient gideriminde uygulanabilirliği üzerine birçok çalışma olduğu belirtilmektedir [Topal vd., 2011]. Yapılan araştırmalar sonucunda su mercimekleri ile kaplı sistemlerde BOİ ve KOİ giderme oranının %50-95 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler ışığında çalışma alanındaki yan kollardaki su mercimeği patlamaları ana kollardaki KOİ ve BOİ değerlerinin Demirciler ve Öteyüz Alt Havzalarında en düşük seviyede gözlenmesi, bu bölgelerdeki su mercimeklerinin su arıtımında olumlu katkıları ile açıklanabilir.

Şekil 3.19: a) Öteyüz ve b) Demirciler alt havzalarındaki dere yüzeylerinde görülen su mercimekleri.

Hem kurak hem yağışlı sezonda Demirciler ve Öteyüz Alt Havzalarını, yağışlı sezonda Denizli Alt Havzasını temsil eden su örneklerinde tespit edilen BOİ değerleri incelendiğinde YSKY'ne göre I. Sınıf su kalitesinde oldukları görülmüştür (Tablo 3.16). YSKY'ne göre Adatepe, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzaları ise hem kurak hem de yağışlı sezonda IV. Sınıf su kalitesi niteliğindedirler.

Tablo 3.16. YSKY'ne göre alt havzaların BOİ'ye bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	IV	III
Tembelova	II	IV
Kocakaya	IV	III
Demirciler	I	I
Denizli	II	I
Pelitli	IV	IV
Öteyüz	I	I

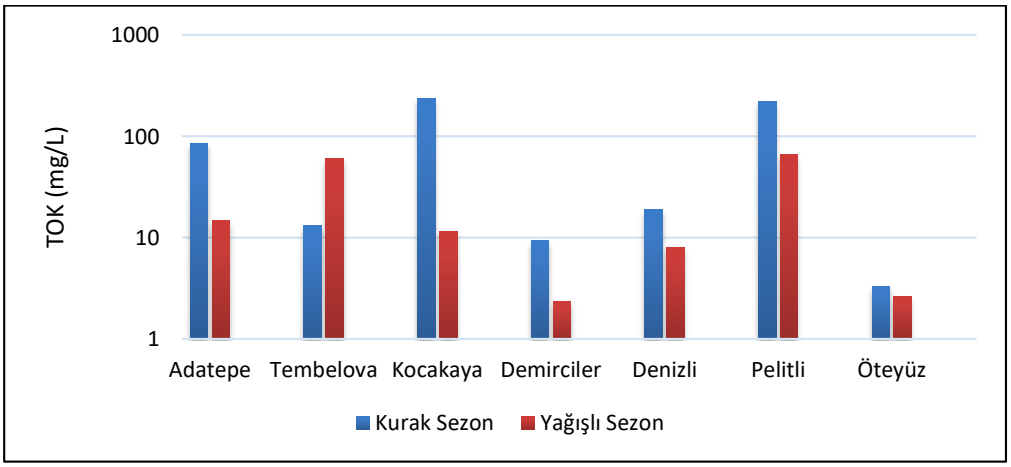
* I: çok iyi: < 4 mg/L, II: iyi: 4-8 mg/L, III: orta: 8-20 mg/L, IV: zayıf: > 20 mg/L

3.3.10. Toplam Organik Karbon (TOK)

Toplam organik karbon, su içerisinde çözünmüş veya askıda olan toplam organik maddelerde bulunan karbon miktarını ifade etmektedir. Organik karbon, doğrudan bitkisel fotosentez sonucu veya dolaylı olarak karadan taşınan hümik asit, aminler ve üre gibi doğal organik maddelerin çürümesinden kaynaklanmaktadır [Satılmış, 2015]. Bununla birlikte Dilderesi Havzasında yerleşim, sanayi tesisleri, küçük ve orta ölçekli olsa bile tarım ve hayvancılık faaliyetleri, yüzey sularındaki TOK değerinin düşüş ve artışında doğrudan akla gelen kaynaklardandır. Bu çalışmada, Dilderesi Havzasındaki dere ve dere kollarından alınan su numunelerinin TOK analizi sonuçları kurak sezonda 3,31 – 235,1 mg/L aralığında, yağışlı sezonda 2,36 – 65,4 mg/L arasında ölçülmüştür (Tablo 3.17). En yüksek değerler kurak sezonda, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında 235,1 ve 224,55 mg/L, en düşük değerler ise yağışlı sezonda, Demirciler ve Öteyüz Alt Havzalarında 2,36 ve 2,61 mg/L olarak ölçülmüştür. Tembelova Alt Havzası hariç diğer alt havzalarda kurak sezonda yağışlı sezona göre daha yüksek seviyeler gözlenmiştir (Şekil 3.20).

Tablo 3.17: Dilderesi alt havzalarında ölçülen TOK değerleri.

ALT HAVZALAR	TOK (mg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	85,19	14,78
Tembelova	13,19	61,16
Kocakaya	235,10	11,58
Demirciler	9,27	2,36
Denizli	18,85	8,01
Pelitli	224,55	65,40
Öteyüz	3,31	2,61



Şekil 3.20: Alt havzalara göre TOK değerleri.

3.4. Majör Katyonlar (Ca, Mg, Na, K)

Çalışma alanında majör katyonlar olarak Ca, Mg, Na ve K iyonları incelenmiştir. Bu 4 elementin bulunduğu alkali ve toprak alkali grubundakilerin oksit ve hidroksitlerinin sulu çözeltilerinin pH'ları ölçüldüğünde bazik karakter göstermektedirler. Bu nedenle alkali (baz) adını almaktadırlar. Toprak alkaliler suda

kolay çözünmeleri nedeniyle su kalite değerlendirmesi çalışmalarında öncü parametrelerdir.

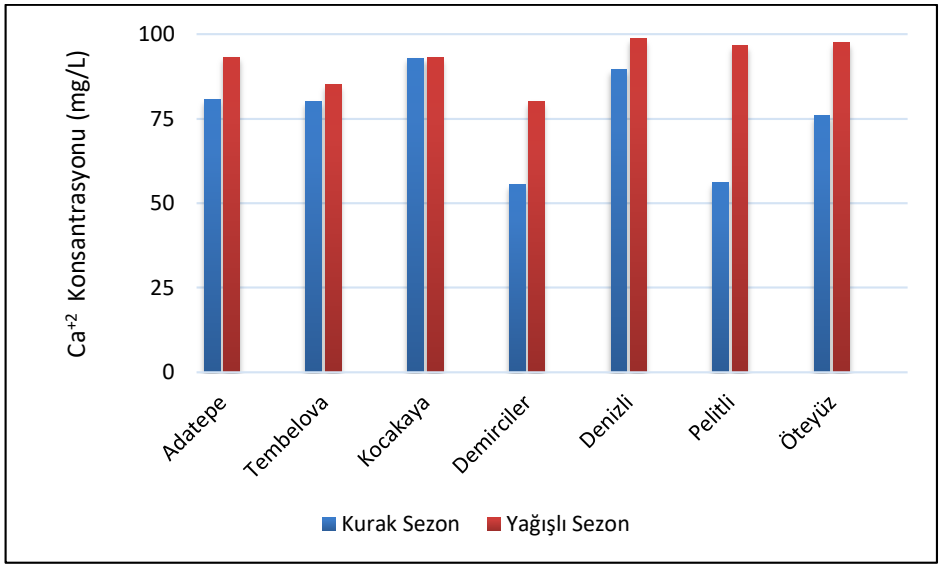
Kalsiyum (Ca) iyonu doğal sularda bulunan önemli bir pozitif iyondur. Birçok mineralde yaygın olarak bulunmaktadır. Çalışma alanında özellikle Ballıkayalar Vadisi başta olmak üzere yaygın bir yüzeyleme alanına sahip kireçtaşı formasyonları yer almaktadır. Kalsiyumun doğadaki en yaygın formu olan kalsit şeklinde bilinen mineral, kalsiyum karbonat ($CaCO_3$)'dır.

Çalışma sahasından alınan su örneklerinde en yüksek Ca değeri (98,6 mg/L) yağışlı sezonda Denizli Alt Havzasında, en düşük Ca değeri ise kurak sezonda Demirciler Alt Havzasında (55,59 mg/L) ölçülmüştür (Tablo 3.18). Ca konsantrasyonlarının yağışlı sezonda daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.21). Bu durum yüzeyleyen kireçtaşı formasyonlarının ayrışma proseslerinin devam ettiğini akla getirmektedir. Kurdi et al., (2015) tarafından İran'da yapılan çalışmada asidik yağmur suyunun, kalsiyumun topraktan sızmasını artırabildiği belirtilmiştir. Buna ek olarak Ca bileşiklerinin, karbondioksit mevcut olduğunda suda stabil olduğu ancak kalsiyum karbonat, artan su sıcaklığı, fotosentetik aktivite veya basınçtaki artışlar nedeniyle karbondioksit kaybı nedeniyle çökeldiğinde kalsiyum konsantrasyonlarının azalabildiği belirtilmiştir.

Tablo 3.18: Alt havza bazında su örneklerinde majör katyon analiz sonuçları.

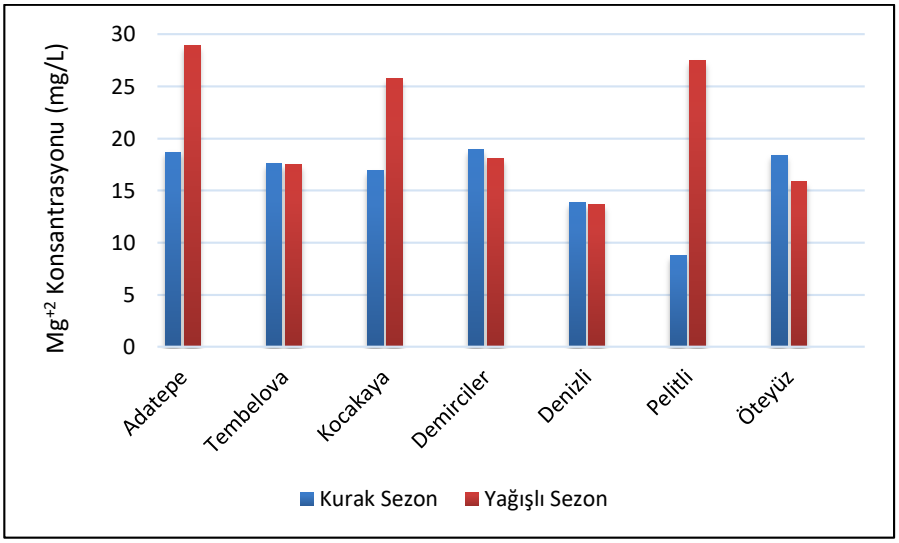
ALT HAVZALAR	Ca^{+2} (mg/L)		Mg^{+2} (mg/L)		K^{+} (mg/L)		Na^{+} (mg/L)	
	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Adatepe	80,67	93,27	18,72	28,91	19,00	27,26	159,70	245,00
Tembelova	80,16	85,19	17,58	17,49	10,00	19,86	84,26	133,00
Kocakaya	93,05	93,07	16,90	25,78	13,00	18,19	185,00	167,00
Demirciler	55,59	80,02	18,91	18,08	2,62	4,65	16,85	28,00
Denizli	89,56	98,62	13,83	13,71	33,13	10,00	34,61	38,81
Pelitli	56,05	96,71	8,76	27,49	15,61	22,32	165,6	178,70
Öteyüz	75,98	97,60	18,38	15,90	3,62	2,62	15,08	20,01

*K: Kurak Sezon *Y: Yağışlı Sezon



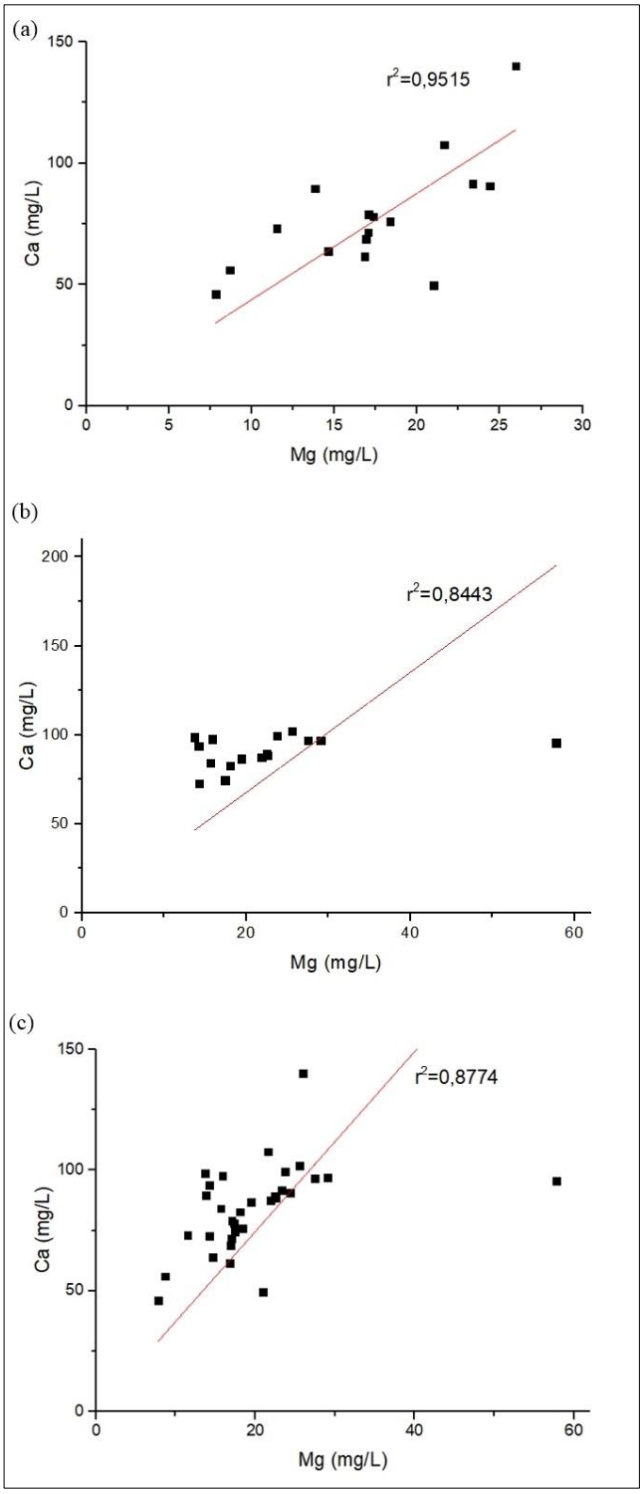
Şekil 3.21: Alt havzalara göre Ca^{+} değerleri.

Magnezyum (Mg) suyun sertliğini oluşturan katyonlardan biridir. Doğal su kütlelerindeki magnezyum konsantrasyonu, sodyum konsantrasyonundan sonra en yüksek ikinci düzeydedir. Doğal sularda 10-50 mg/l arasında bulunmaktadır [Güher and Öterler, 2020]. Mg^{+2} iyonları alkali toprak elementi olarak sularda en fazla bulunan iyonlar arasındadır [Mutlu et al., 2016]. Yüksek konsantrasyonları suyun içme, endüstri ve sulama suyu olarak kullanımını kabuklanma problemi nedeniyle kısıtlamaktadır. Çalışma sahasında Mg değerleri 8,76 mg/L - 28,91 mg/L arasında değişmektedir. En yüksek Mg değeri yağışlı sezonda Adatepe Alt Havzasında, en düşük Mg değeri kurak sezonda Pelitli Alt Havzasında ölçülmüştür. Mg'nin yüksek derişimleri yüzeye yakın kayaçlardan ya da sığ sulardan karıştığını göstermektedir. Pelitli Alt Havzasında kurak ve yağışlı sezonlarda Mg seviyelerinde önemli fark gözlenmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22: Alt havzalara göre Mg^{+2} değerleri.

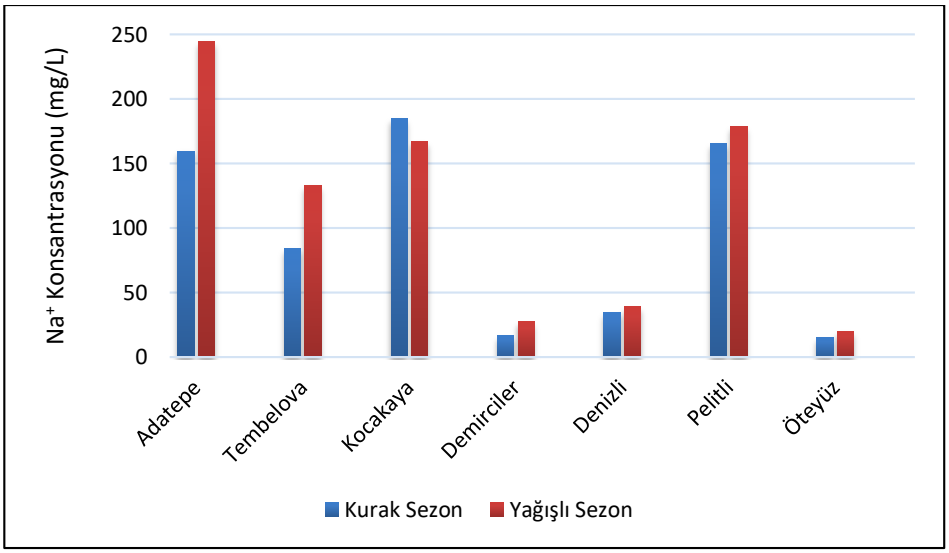
Dilderesi Havzasındaki Ca ve Mg konsantrasyonlarının aralarındaki ilişki değerlendirilirken kurak, yağışlı sezon ve her iki sezon verilerini kapsayan uzun dönemli korelasyon grafikleri elde edilmiştir (Şekil 3.23). Bu sonuçlara göre kurak sezonda korelasyon katsayısının r^2= 0,9515, yağışlı sezonda r^2= 0,8443 ve uzun dönemde r^2= 0,8774 olduğu görülmüştür. Ca ve Mg arasında çok güçlü lineer pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. Bu durumun, Ca ve Mg minerallerinin ayrışması ve kireçtaşlarından süzülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kalsiyum, kalsit ($CaCO_3$) ve dolomit $CaMg(CO_3)_2$ gibi karbonat minerallerinin birincil katyonudur. Ca ve Mg kendi aralarında çok güçlü pozitif bir korelasyona sahip olması, Mg elementinin daha çok dolomit fazındaki kayaçlardan kaynaklı suya karıştığına işaret etmektedir. Dilderesi Havzasındaki korelasyon ilişkilerine bakıldığında kökenin atık sulardan daha çok bölgedeki yağışların kontrolünde olduğu ve buna bağlı olarak Ca ve Mg'un kaynağının jeojenik olduğu görüşü hakim olmuştur.



Şekil 3.23: Ca ve Mg elementlerinin korelasyon ilişkisi a) kurak sezon b) yağışlı sezon c) uzun dönemli.

Sodyum (Na) bileşikleri suda kolay çözünmesi nedeniyle, tüm su ortamlarında bulunmaktadır. Çalışma sahasından alınan numunelerde en yüksek Na değeri (245 mg/L) yağışlı sezonda Adatepe Alt Havzasında, en düşük sodyum değeri ise kurak sezonda Öteyüz Alt Havzasında (15,08 mg/L) ölçülmüştür. En yüksek Na

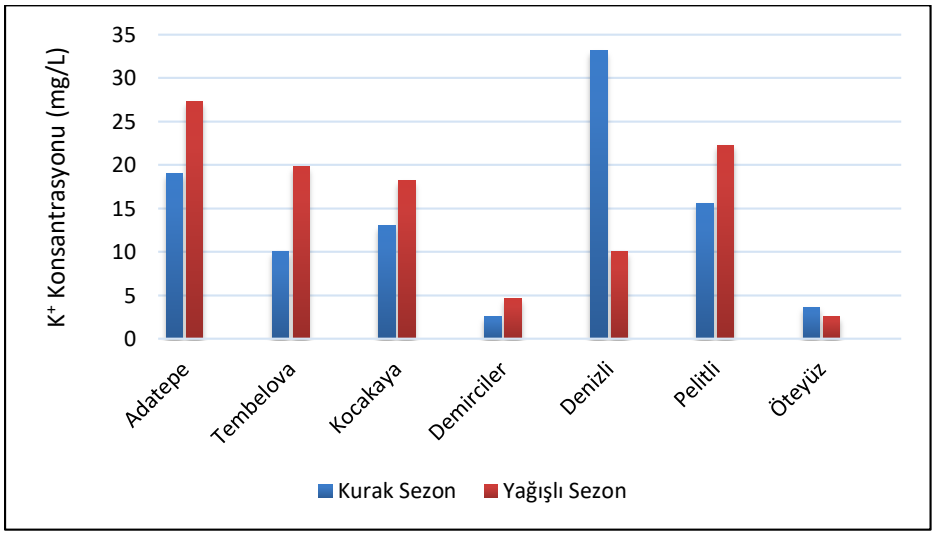
konsantrasyonları Adatepe, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında tespit edilmiştir. Adatepe Alt Havzası dışında diğer alt havzalarda kurak ve yağışlı sezonlardaki Na konsantrasyonunda önemli sayılabilecek bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 3.24). WHO ve TS 266 tarafından sodyum için belirlenen sınır değer 200 mg/L'dir. Analiz sonuçlarında bu sınır değerin üzerinde kalan, yağışlı sezonda Adatepe Alt Havzası olmuştur.



Şekil 3.24: Alt havzalara göre Na^+ değerleri.

Na konsantrasyonu belirgin bir şekilde özellikle OSB'lerden kaynaklanan atıksuların deşarj edildiği Dilderesi Alt Havzalarında (Adatepe, Tembelova, Kocakaya ve Pelitli) yüksek seviyede görülmüştür. Bunun nedeni, birçok sektörde en önemli sodyum bileşiği olan tuz kullanımının yaygın olmasına bağlanabilir. Antropojenik faaliyetlerin yüzey sularındaki Na konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Adatepe Alt Havzasında yağışlı sezondaki Na konsantrasyonundaki artışa, örnekleme noktalarının Dilderesi'nin denize döküldüğü konuma çok yakın yerde olması, yağmurun ve akıntının etkisiyle deniz suyu girişiminin neden olduğu düşünülmektedir. Buna ek olarak sanayi tesislerinden atık su deşarjlarının örnekleme noktalarının yakınında yapılıyor olması da artışa etken gösterilebilir. Ankara civarında Kurtboğazı Barajını besleyen akarsularda yapılan analizlerde sodyum değeri kurak mevsimler için 86,9 mg/L bulunmuştur. Tembelova Alt Havzası kurak mevsimde ölçülen Na konsantrasyonlarıyla benzerlik göstermektedir [Çalışkan, 2018].

Doğal sulardaki potasyum (K) içeriği, sodyum içeriğinden çok daha düşüktür. Bunun nedeni; potasyum içeren kayaçların, sodyum içeren kayaçlara göre daha yavaş ayrışma oranına sahip olmasıdır. Potasyum, silvitin (KCl) ve silikatların, özellikle kil minerallerinin kimyasal ayrışmasından kaynaklanmaktadır [Saha et al., 2019]. Potasyum tuzları endüstride yaygın olarak kullanılmakta ve endüstriyel atıklardan, tarım arazilerinden doğal sulara karışmaktadır. Çalışma sahasındaki örnekler üzerinde yapılan analizlerde en yüksek K seviyesi, kurak sezonda Denizli Alt Havzasında (33,13 mg/L), en düşük K seviyesi ise kurak sezonda Demirciler Alt Havzasında (2,62 mg/L) ölçülmüştür. Demirciler ve Öteyüz Alt Havzaları hariç diğer alt havzalarda yağışlı sezondaki K konsantrasyonu, kurak sezona göre daha yüksek ölçülmüştür (Şekil 3.25).

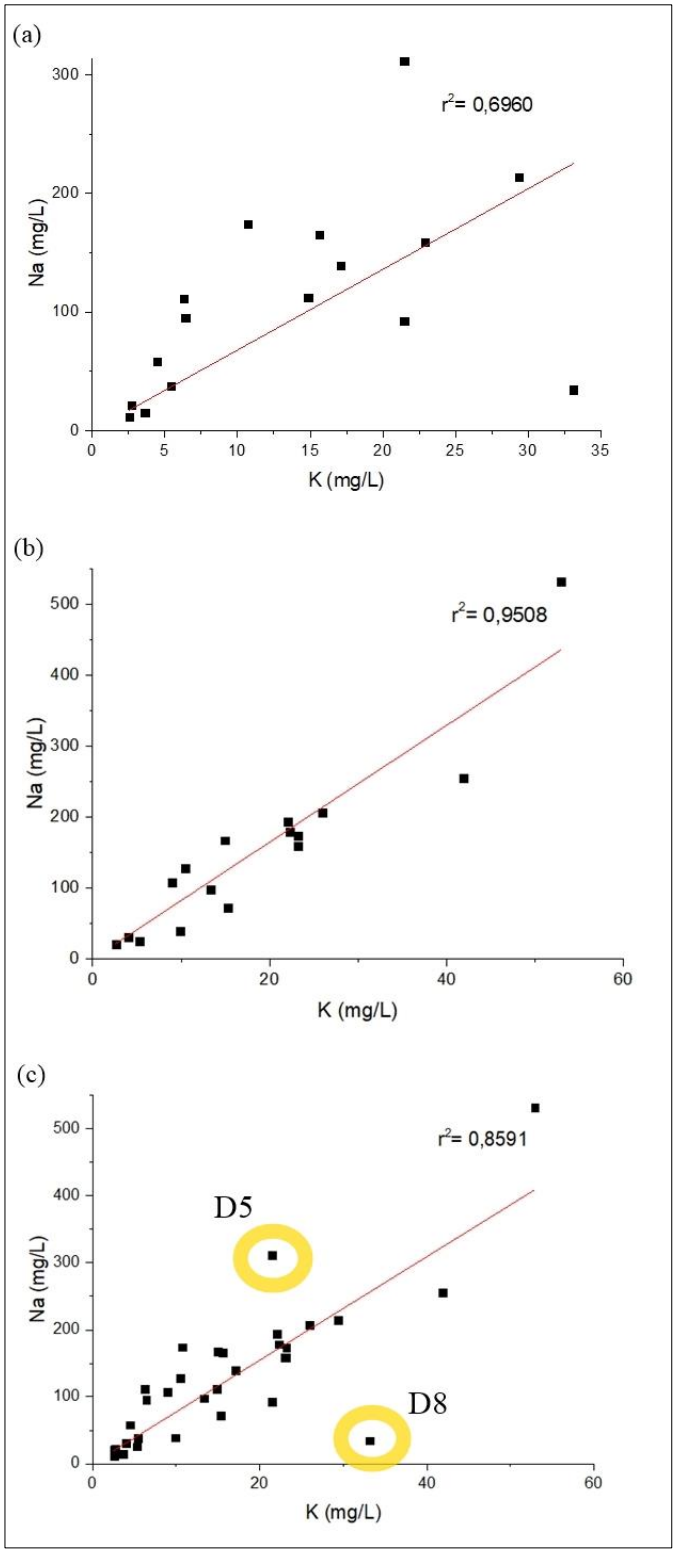


Şekil 3.25: Alt havzalara göre K^+ değerleri.

K ve Na elementlerinin kurak, yağışlı sezon ve her iki sezon verilerini kapsayan uzun dönemli korelasyon ilişkisi Şekil 3.26'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre kurak sezonda korelasyon katsayısının r^2=0,6960, yağışlı sezonda r^2=0,9508 ve uzun dönemde r^2=0,8591 olduğu görülmüştür. Havzadaki Na ve K arasındaki korelasyon ilişkisinde dikkat çeken husus, kurak sezondaki Kocakaya ve Denizli alt havzalarındaki D5 ve D8 noktalarından alınan örneklerin farklı karakterde olmaları korelasyon katsayısını düşürmektedir. Bu durum antropojenik etkilerin su kalitesi üzerinde çok büyük önemi olduğuna işaret eden bir husustur. D8 noktasında tamamen doğal şartların hüküm sürdüğü (Na: 34,6 mg/L, K: 33,13 mg/L), D5 noktasında (Na: 311,8 mg/L, K: 21,48 mg/L) ise çözünmüş oksijen miktarının çok düştüğü ve gaz

çıkışlarının hakim olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu D5 ve D8 örnekleme noktalarından çekilen fotoğraflar Şekil 3.27'de verilmiştir.

Dilderesi Alt Havzalarında kurak sezonda ölçülen Na konsantrasyonları 15,08 ve 185,00 mg/L arasında değişiklik göstermiştir. Buna benzer şekilde Gayathri et al., (2021) tarafından yapılan çalışmada Netravati Deresi Havzasında ölçülen Na konsantrasyonlarının 3,33 ve 183,56 mg/L arasında değiştiği görülmüştür. Yüksek Na konsantrasyonunun, jeolojik özellikler, litojenik sodyumun çözünmesi ve sodyumun katyon değiştirme işlemiyle iyon değişimi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.



Şekil 3.26: K ve Na elementlerinin korelasyon ilişkisi a) kurak sezon b) yağışlı sezon c) uzun dönemli.

Şekil 3.27: Örnekleme noktalarından çekilen fotoğraflar a) D5 örnekleme noktası, b) D8 örnekleme noktası.

3.5. İz element ve Ağır Metaller

Tüm ekolojik çalışmalarda kimyasal anlamda iz element kavramı; konsantrasyonu çok düşük element, ağır metal kavramı ise düşük derişimlerde bile toksik etki gösterebilen elementler şeklinde kullanılmaktadır. İz seviyelerinde, çeşitli elementler toprağın doğal bileşenleri olmasına rağmen, madencilik, sanayi ve tarım gibi faaliyetler ile belirli bir konsantrasyonun üzerine çıkarak, doğal çevrede istenmeyen toksik etkilere neden olmaktadırlar. İz element kontaminasyonu, hem doğal jeokimyasal süreçlerden hem de antropojenik faaliyetlerden (madencilik faaliyetleri, fosil yakıtların yakılması, gübre ve pestisit kullanımı, sıvı ve katı atıkların düzensiz bertarafı vb.) kaynaklanabilmektedir [Bonanno, 2012].

Ağır metaller, doğal kaynakların yanı sıra kentsel ve endüstriyel baskılar, jeotermal kaynakların düzensiz kullanılması gibi birçok antropojenik faktörler ile çeşitli taşınım süreçleri ve çözünme kinetiklerine bağlı olarak sucul ortama ulaşmaktadır. Yüzey ve yeraltı sularındaki inorganik kirleticilerin en önemlilerinden olan ağır metallerin sucul ortamlardaki miktarları, taşınım ve birikim mekanizmaları birçok farklı parametreye bağlı olarak değişen karmaşık süreçlerdir. Doğal süreçler, evsel ve endüstriyel atıklarla sucul ortama giren ağır metaller, ya sediment yüzeylerinde toplanacak ya çökelecek ya da alıcı ortama taşınacaktır. Alıcı ortama taşınırken su içerisinde birçok fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonlar gerçekleşecektir.

Dilderesi ve onu besleyen kollar üzerinden alınan örneklerde Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Si konsantrasyonları ölçülmüştür. Analiz sonuçları, 15 Nisan 2015 tarihli 29327 sayılı Resmi Gazete yayınlanan Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi

Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Madde 7 Tablo 5 Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerinde belirtilen değerlere göre sınıflandırılmıştır (Tablo 3.19).

Tablo 3.19: YSKY Tablo 5 – Kıta içi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametreleri				
Alüminyum (mg Al/L)	≤ 0,3	≤ 0,3	1	> 1
Bakır (µg Cu/L)	≤ 20	50	200	> 200
Çinko (µg Zn/L)	≤ 200	500	2000	> 2000
Demir (µg Fe/L)	≤ 300	1000	5000	> 5000
Kadmiyum (µg Cd/L)	≤ 2	5	7	> 7
Kobalt (µg Co/L)	≤ 10	20	200	> 200
Krom (µg Cr/L)	≤ 20	50	200	> 200
Kurşun (µg Pb/L)	≤ 10	20	50	> 50
Mangan (µg Mn/L)	≤ 100	500	3000	> 3000
Nikel (µg Ni/L)	≤ 20	50	200	> 200

I. Sınıf - Yüksek kaliteli su (Tüm parametrelerin I. sınıf su kalitesi değerinde olması "Çok İyi" su durumunu ifade etmektedir.)
II. Sınıf - Az kirlenmiş su (I. ve II. sınıf su kalitesi arasındaki değerler "İyi" su durumunu ifade etmektedir.)
III. Sınıf - Kirlenmiş su (II. ve III. sınıf su kalitesi arasındaki değerler "Orta" su durumunu ifade etmektedir.)
IV. Sınıf - Çok kirlenmiş su (III. ve IV. sınıf su kalitesi arasındaki değerler "Zayıf" su durumunu ve tüm parametrelerin IV. Sınıf su kalitesi değerinde olması "Kötü" su durumunu ifade etmektedir.)

3.5.1. Alüminyum (Al)

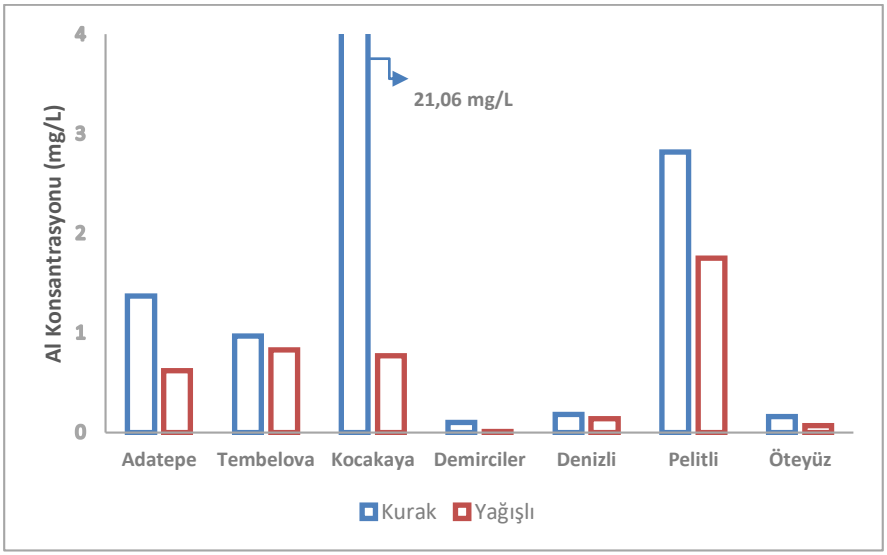
Doğal sulardaki Al konsantrasyonu çeşitli fizikokimyasal faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Nötr pH değerlerine yakın sularda çözünmüş alüminyum konsantrasyonları genellikle 0.001 ila 0.05 mg/L arasında değişmekle beraber su kalitesi kötü olan baraj ve göletlerde 1 mg/L'den daha yüksek Al konsantrasyonlarına da rastlanmaktadır [Güher and Öterler, 2020]. Çalışma alanında en yüksek Al konsantrasyonu kurak sezonda Kocakaya Alt Havzasında 21,06 mg/L, en düşük Al konsantrasyonu ise yağışlı sezonda Demirciler Alt Havzasında 0,01 mg/L ölçülmüştür. Kocakaya Alt havzasında kurak sezondaki Al konsantrasyonu 21,06 mg/L iken yağışlı sezonda 0,77 mg/L'ye düşmüştür. Aynı şekilde diğer tüm alt havzalarda yağışlı sezonda ölçülen Al konsantrasyonu, kurak sezona göre daha düşük seviyede ölçülmüştür (Tablo 3.20 ve Şekil 3.28).

Çalışma alanımızdaki yüksek Al konsantrasyonlarına, iki havza sınırları içerisinde organize sanayi bölgelerinin bulunması ile ilişkili olarak endüstriyel atıksu deşarjlarının sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Gokalp and Mohammed, (2019) tarafından yapılan Irak Heshkaro nehrindeki ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi konulu çalışmada yüksek Al seviyesinin esas olarak nehirin yakın çevresindeki atıksu deşarjı yapan atfedilebileceği belirtilmiştir.

Sullivan and Cosby, (1998), yüzey sularında alüminyum konsantrasyonunun modellenmesi konulu çalışmasında, asidik birikimin havza ekosistemleri üzerindeki en önemli etkilerinden birinin, Al' un topraktan yüzey sularına hareketinin artması olduğunu belirtmiştir. Asidik drenaj sularındaki Al konsantrasyonlarının, genellikle bazik sulardaki Al konsantrasyonundan daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu bilgiyi kanıtlar nitelikte, çalışma sahasındaki pH seviyeleri değerlendirildiğinde en düşük pH seviyesinin görüldüğü başta Kocakaya Alt Havzası olmak üzere, sırasıyla Pelitli ve Adatepe Alt Havzalarında Al konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.20: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Al konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Al (mg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	1,37	0,62
Tembelova	0,97	0,83
Kocakaya	21,06	0,77
Demirciler	0,10	0,01
Denizli	0,18	0,14
Pelitli	2,82	1,75
Öteyüz	0,16	0,07



Şekil 3.28: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Al konsantrasyonları.

YSKY Tablo 5'e göre Al konsantrasyonuna bağlı Alt Havza Su Kalite Sınıfları Tablo 3.21'de gösterilmiştir. Kurak sezonda Adatepe, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarının su kalitesinin IV. Sınıf (Çok Kirlenmiş Su) olduğu görülmüştür. Pelitli Alt Havzası yağışlı sezonda da IV. Sınıf su kalitesinde yer alırken, Adatepe ve Kocakaya Alt Havzalarının I. Sınıf (Yüksek Kaliteli Su) su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Al konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıflandırmasında, Demirciler, Denizli ve Öteyüz Alt Havzaları hem kurak hem de yağışlı sezonda I. Sınıf'da yer almışlardır.

Tablo 3.21: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Al konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları*	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	IV	I
Tembelova	III	I
Kocakaya	IV	I
Demirciler	I	I
Denizli	I	I
Pelitli	IV	IV
Öteyüz	I	I

* I: yüksek kaliteli su: ≤ 0,3 mg/L, II: az kirlenmiş su: ≤ 0,3 mg/L, III: kirlenmiş su: 1 mg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 1 mg/L

3.5.2. Demir (Fe)

Demir, yer kabuğunda ağırlıkça en çok bulunan dördüncü elementtir. Doğal sular, jeolojik alana ve suyolunun diğer kimyasal bileşenlerine bağlı olarak değişken miktarlarda demir içermektedir. Fe^{+2} ve Fe^{+3} iyonları, su ortamında istenmeyen parametrelerden biridir. Demir iyonlarının suya renk verme dışında, çökelti oluşturma problemi mevcuttur. Demirin çeşitli formları, organik veya inorganik atık su akışlarında olabilmektedir. Fe^{+2} formu, çözünmüş oksijen içermeyen suda bulunabilmekte ve genellikle pompalanan veya boşaltılan yeraltı sularından veya madenlerden kaynaklanmaktadır [Web-7, 2021]. Fe^{+2} içeren yüzey suları oksijen miktarının artmasıyla yükseltgenme reaksiyonu ile Fe^{+3} 'e dönüşmektedir. Bu reaksiyon sonucunda $Fe(OH)_3$'e dönüşerek çökelme eğilimine girmektedir (Eşitlik 3.7). Çökelti genellikle sarımsı-kahverengimsi, kırmızıya çalan renkler göstermektedir.

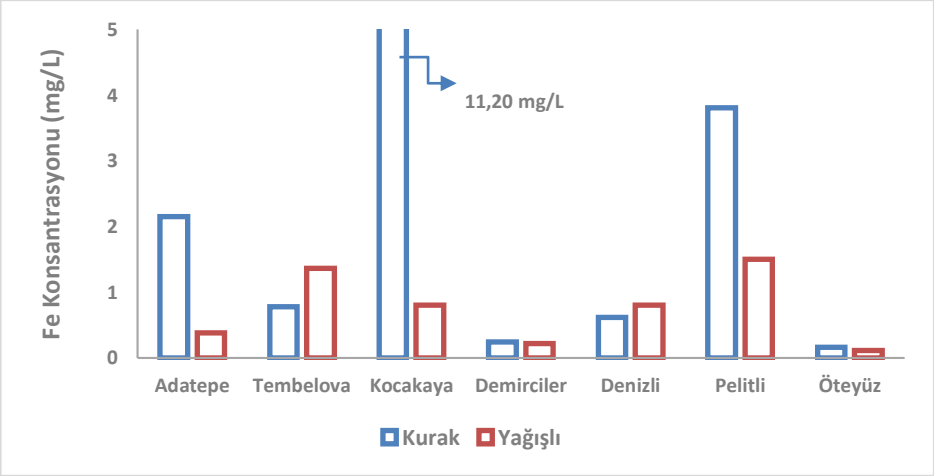
$$4Fe^{+2} + O_2 + 10H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8H^+ \quad (3.7)$$

Çalışma alanında en yüksek Fe konsantrasyonu kurak sezonda Kocakaya Alt Havzasında 11,20 mg/L, en düşük Fe konsantrasyonu ise yağışlı sezonda Öteyüz Alt Havzasında 0,11 mg/L ölçülmüştür. Benzer sonuçlar, [Aksever et al., 2015] tarafından Isparta Senirkent-Uluborlu Havzasında yapılan çalışmada en yüksek Fe konsantrasyonu 10,28 mg/L, en düşük 0,10 mg/L ölçülmüştür. Çalışmadaki, benzer iyonların yüksek konsantrasyonu antropojenik faaliyetlere bağlanmıştır.

Tembelova, Demirciler, Denizli ve Öteyüz Alt havzalarında ölçülen Fe konsantrasyonlarında, iki sezon arasında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir (Tablo 3.22 ve Şekil 3.29).

Tablo 3.22: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Fe konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Fe (mg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	2,15	0,38
Tembelova	0,78	1,36
Kocakaya	11,20	0,80
Demirciler	0,24	0,22
Denizli	0,62	0,80
Pelitli	3,81	1,50
Öteyüz	0,16	0,11



Şekil 3.29: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Fe konsantrasyonları.

Gayathri et al., (2021) tarafından Netravati havzasındaki ağır metal kirliliği üzerine yapılan çalışmada alınan su örneklerinde Fe konsantrasyonunun (0,14 - 1,09 mg/L) WHO tarafından 0,3 mg/L olarak belirtilen maksimum Fe değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonlara, jeolojik yapıların, asit maden drenajları, endüstriyel atıklar ve çöp sahası sızıntılarının etki edebileceği belirtilmiştir. Benzer şekilde çalışma sahamızda Dilderesi üzerinde bulunan endüstriyel işletmeler ve çöp sahalarından dereye atık su sızıntılarının bulunduğu görülmektedir (Şekil 3.30). Öner ve Çelik, (2011) tarafından Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzasında su ve sediment örneklerinde kirlilik parametrelerinin incelendiği çalışmada da Fe kirliliğine çevrede yaygın olan sanayinin neden olduğu belirtilmiştir.

Şekil 3.30: Dilderesi'ne karışan eski evsel katı atık sahası sızıntı suları.

Kurak ve yağışlı sezonda tüm alt havzaların su kalite sınıfları değerlendirildiğinde sadece Kocakaya Alt Havzasının IV. Sınıfta yer aldığı görülmüştür (Tablo 3.23). Kurak sezonda Adatepe ve Pelitli Alt Havzaları III. Sınıf, Tembelova ve Denizli Alt Havzaları II. Sınıf, Demirciler ve Öteyüz Alt Havzaları ise I. Sınıf su kalite sınıfında değerlendirilmiştir. Al konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıflamasında olduğu gibi, Fe konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıflamasında da Demirciler ve Öteyüz Alt Havzaları I. Sınıf su kalitesinde yer almıştır. Bu iki alt havzayı temsil eden örnekleme noktalarının endüstriden uzak bir bölgede yer alması, bu noktalardan alınan su örneklerinin yüksek kaliteli su sınıfında olmasıyla ilişkilendirilebilir.

Tablo 3.23: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Fe konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	III	II
Tembelova	II	III
Kocakaya	IV	II
Demirciler	I	I
Denizli	II	II
Pelitli	III	III
Öteyüz	I	I

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 300 µg/L, II: az kirlenmiş su: 1000 µg/L, III: kirlenmiş su: 5000 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 5000 µg/L

3.5.3. Bakır (Cu)

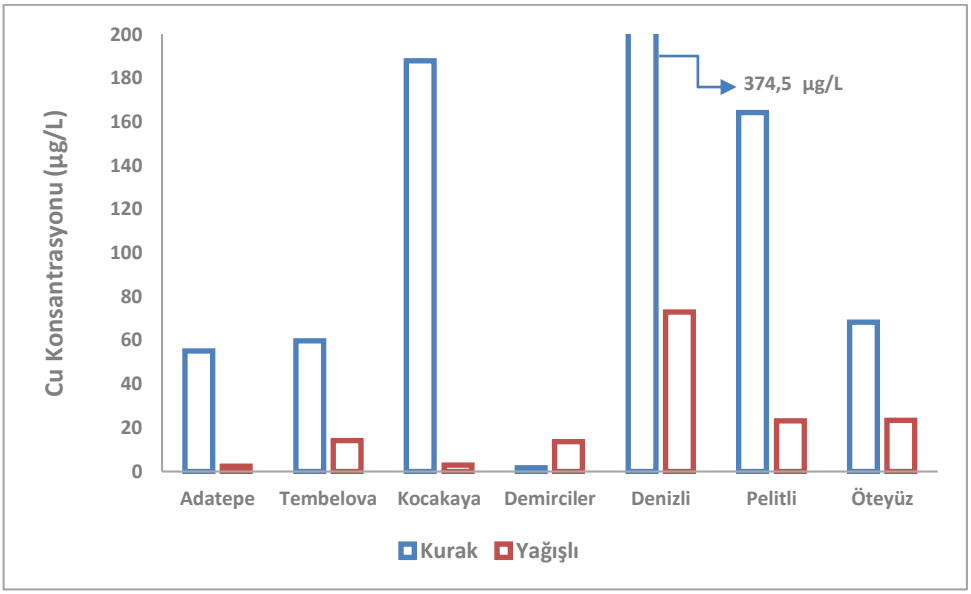
Bakır, yerkabuğunda ve yüzey sularında doğal olarak bulunan eser elementtir. Bakır, hem doğal hem de antropojenik kaynakların bir sonucu olarak su sistemlerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Su sistemlerindeki doğal bakır kaynakları arasında jeolojik tortular, volkanik aktivite, kayaların ve toprakların aşınması bulunur. Antropojenik bakır kaynakları arasında madencilik faaliyetleri, tarım, metal ve elektrik üretimi, arıtmadan kaynaklanan çamurlar ve böcek ilacı kullanımı bulunmaktadır [Web-8, 2021].

Halk arasında göztaşı olarak bilinen bakır sülfat ($CuSO_4$), meyve yetiştirerek geçimini sağlayanların sıklıkla kullandığı bir tarım ilacıdır. Göztaşı su ile karıştırılarak ağaçlara püskürtülmekte, bu sayede ağaçların hastalıklardan korunması sağlanmaktadır. Rengi açık mavi ile turkuaz arasında değişmektedir. Çözünürlüğü çok fazla olan bu bakır bileşiği, doğal ortamda çok sık karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma sahasında Cu konsantrasyonu en yüksek kurak sezonda Denizli Alt Havzasında 374,5 µg/L, en düşük kurak sezonda Demirciler Alt Havzasında 1,55 µg/L ölçülmüştür (Tablo 3.24 ve Şekil 3.31). Benzer Cu konsantrasyonları Zakir et al., (2020) tarafından Bangladeş Jamalpur Sadar Bölgesinde incelenen ağır metalin sağlık üzerine etkisi konulu çalışmasında yüzey suyunda ölçülen Cu konsantrasyonları minimum 3 µg/L, maksimum 495 µg/L ölçülmüştür. Zakir et al., (2020) Cu kaynağı olarak antropojenik faaliyetlere işaret etmiştir. Demirciler Alt Havzası haricindeki tüm alt havzalarda kurak sezondan yağışlı sezona geçildiğinde Cu konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür. En fazla düşüş, Cu konsantrasyonunun en yüksek görüldüğü Denizli Alt Havzasında görülmüş, kurak sezonda 374,5 µg/L olarak ölçülen değer, yağışlı sezonda 72,82 µg/L olarak ölçülmüştür. Obasi and Akudinobi, (2019) tarafından yapılan Güneydoğu Nijerya, Abakaliki'deki kurşun-çinko maden sahalarının su kaynaklarındaki ağır metal oluşumuna etkisinin incelediği çalışmada da, kurak sezonda ölçülen Cu konsantrasyonlarının çok daha yüksek olduğu (27 – 341 µg/L) belirtilmiştir. Dönemsel olarak alıcı ortama giren endüstriyel kökenli Cu konsantrasyonu değişmemekle beraber, yağışlı sezondaki düşük konsantrasyonlar seyrelme ile açıklanabilmektedir.

Tablo 3.24: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Cu konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Cu (µg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	55,18	2,27
Tembelova	59,76	14,13
Kocakaya	187,80	2,90
Demirciler	1,55	13,47
Denizli	374,50	72,82
Pelitli	164,30	23,14
Öteyüz	68,40	23,36



Şekil 3.31: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Cu konsantrasyonları.

Kocakaya ve Pelitli Alt Havzası sınırları içerisindeki metal işleme faaliyetleri, boya, plastik, kaplama endüstrisi, tarım ilaçları ve yem sanayi kaynaklı fabrika atıklarının deşarjının, yüksek Cu konsantrasyonuna neden olduğu söylenebilmektedir. Buna benzer şekilde, Cabral et al., (2020) tarafından Brezilya'nın São Luís şehri Bacanga and Cachorros havzalarındaki ağır metal kirliliğinin incelendiği çalışmada, yüksek Cu konsantrasyonlarının madencilik ve dövme faaliyetleri, kömürün yakılması, kanalizasyon arıtma istasyonlarından çıkan atıklar ile ilişkilendirilebildiği belirtilmiştir.

Kurak ve yağışlı sezonda tüm alt havzaların su kalite sınıfları değerlendirildiğinde sadece Denizli Alt Havzasının kurak sezonda IV. Sınıfta yer aldığı görülmüştür (Tablo 3.25). Denizli Alt Havzası, çok geniş drenaj alanına sahip olup Dilderesi'nin Kılıç Dere kolu bakır kaynağı olabilecek birçok metal geri dönüşüm, ambalaj yıkama vb. faaliyet gösteren tesislerin atık sularını taşımaktadır. Demirciler Alt Havzası hem kurak hem de yağışlı sezonda Cu konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıflamasında I. Sınıf (yüksek kaliteli su) kategorisinde yer almıştır. Tüm alt havzalarda kurak sezondan yağışlı sezona geçildiğinde su kalite sınıfının iyi yönde değiştiği dikkat çekmiştir.

Tablo 3.25: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Cu konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	III	I
Tembelova	III	I
Kocakaya	III	I
Demirciler	I	I
Denizli	IV	III
Pelitli	III	II
Öteyüz	III	II

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 20 µg/L, II: az kirlenmiş su: 50 µg/L, III: kirlenmiş su: 200 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 200 µg/L

3.5.4. Çinko (Zn)

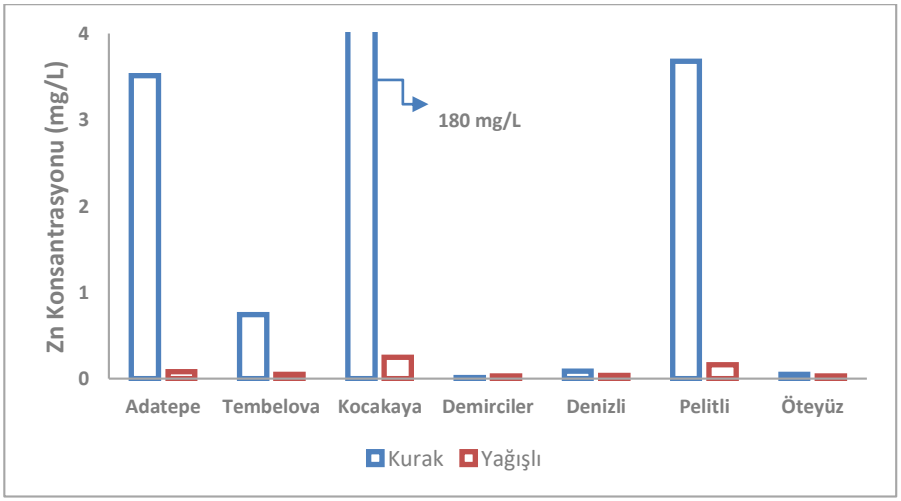
Yeraltı suyunun ve toprağın zehirli metallerle antropojenik kirlenmesi, yaygın ve kalıcı bir sorundur. Kontamine alanlarda en sık görülen toksik metaller kurşun, krom, arsenik, çinko, kadmiyum, bakır ve civadır. Ağır metal kirliliğinin genellikle yoğun şekilde sanayileşmiş alanlarla ilişkili olduğu varsayılsa da, karayolları ve otomobiller en yaygın ağır metal kaynakları gibi görünmektedir. Çinko, bakır ve kurşun, karayolu akışında toplam metallerin en az % 90' ını oluşturan, karayolundan salınan en yaygın üç ağır metaldir. Tipik otoyol akışının 22–7033 µg/L bakır, 73–1780 µg/L kurşun ve 56–929 µg/L çinko içerdiği bildirilmiştir [Małecki et al., 2017].

Çalışma sahasında Zn konsantrasyonu en yüksek kurak sezonda Kocakaya Alt Havzasında 180 mg/L, en düşük kurak sezonda Demirciler Alt Havzasında 0,01 mg/L ölçülmüştür. Hussain et al., (2020) tarafından Hindistan'da Mahanadi nehrinde yapılan, yerüstü su kalitesinin değerlendirilmesi konulu çalışmada, muson yağmurları öncesinde Zn konsantrasyonu en düşük 0,6 mg/L, en yüksek 387,5 mg/L ölçülmüştür. Çalışmada yüksek Zn konsantrasyonlarının antropojenik kaynaklı olduğuna değinilmiştir. Zn konsantrasyonları tüm alt havzalarda kurak sezonda yağışlı sezona

göre daha yüksek seviyelerde ölçülmüştür (Tablo 3.26 ve Şekil 3.32). Yağışlı sezonda ölçülen değerler 0,03 – 0,25 mg/L arasında gözlenmiştir. Benzer Zn konsantrasyonları, Bidhendi et al., (2007) tarafından İran'ın kuzeybatısında yer alan Aras Nehri Havzasında gerçekleştirilen, madencilik faaliyetlerinin bölgesel yüzey sularının kalitesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada Kasım ayındaki Zn konsantrasyonları 0,05 – 0,19 mg/L arasında ölçülmüştür.

Tablo 3.26: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Zn konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Zn (mg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	3,51	0,08
Tembelova	0,74	0,05
Kocakaya	180,00	0,25
Demirciler	0,01	0,03
Denizli	0,09	0,04
Pelitli	3,68	0,16
Öteyüz	0,05	0,03



Şekil 3.32: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Zn konsantrasyonları.

Alt havzaların Zn konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları değerlendirildiğinde, hem kurak hem yağışlı sezonda Demirciler, Denizli ve Öteyüz Alt Havzalarının I. Sınıf su kalitesinde olduğu gözlenmiştir. Endüstriyel faaliyetlerin ve taş ocaklarının diğer alt havzalara oranla daha büyük oranda yer aldığı Adatepe, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında kurak sezondaki su kalite sınıfı IV (çok kirlenmiş su) olarak belirlenmiştir (Tablo 3.27).

Tablo 3.27: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Zn konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	IV	I
Tembelova	III	I
Kocakaya	IV	II
Demirciler	I	I
Denizli	I	I
Pelitli	IV	I
Öteyüz	I	I

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 200 µg/L, II: az kirlenmiş su: 500 µg/L, III: kirlenmiş su: 2000 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 2000 µg/L

3.5.5. Kurşun (Pb)

Kurşun, yoğun kullanımı olan toksik, ağır metallerden biridir. Kurşunun inorganik formları, yiyecek, su vb yollarla canlı vücuduna emilebilmektedir [Hussain et al., 2017]. Geçmişte kurşun, benzinde katkı maddesi olarak kullanılmış ve otomobil egzoz emisyonlarının bir sonucu olarak havaya, toprağa ve suya yayılmıştır. 1980'lerin ortalarında kurşunlu benzinin kurşunsuz benzinle değiştirilmesinden sonra, bu kaynaktan gelen kurşun hemen hemen ortadan kalkmıştır. Günümüzde kurşunun

başlıca kullanım alanları akü ve piller, kimyasal maddeler ve pigmentler, kablo izolasyonu, mühimmat, alaşımlar ve diğer metal ürünlerdir.

Aküler, birbirine seri olarak bağlanmış altı adet 2 voltluk hücreden meydana gelmektedir. Her eleman grubu içerisinde, birbirlerine paralel bağlanmış pozitif ve negatif yüklü plakalar mevcuttur. Pozitif plakalar aktif madde olarak, kurşundioksit, negatif plaklar ise aktif madde olarak, saf kurşun içermektedir. Ömrünü tamamlamış akülerin geçmişte çevreye kontrolsüz şekilde bırakılması, ilkel şartlarla yapılan geri dönüşümleri çevreyi kirletici kaynaklardan biriydi. Diğer taraftan kurşun, aşınmaya karşı çok dayanıklı olduğundan, su borularında, çatı kaplamalarında ve kabloların korunmasında kullanılmaktaydı. Bu yaygın kullanım doğada ortalamaların üzerinde kurşun konsantrasyonlarına neden olmaktaydı. Günümüzde kurşunun fiziksel özelliklerini taşıyan, hem de ondan daha hafif ve sünmeye karşı daha dayanıklı olan plastikler, yavaş yavaş kurşunun yerini almaktadır. Bununla birlikte kurşun, sülfürik aside karşı dayanıklılığı nedeniyle, kimya endüstrisinde hâlâ geniş çapta kullanılmaktadır [Web-9, 2021].

Madencilik, eritme ve diğer endüstriyel emisyonlar, yanma kaynakları ve katı atık yakma tesisleri artık ana kurşun kaynakları olmuştur. Kurşun su kütlelerine ya kentsel yüzey akışı yoluyla ya da kanalizasyon arıtma tesisleri ve endüstriyel tesisler gibi deşarjlar yoluyla ulaşmaktadır. Ayrıca havadan yağış yoluyla (yağmur veya kar) da yüzey suyuna aktarılabilmektedir [Web 7, 2021].

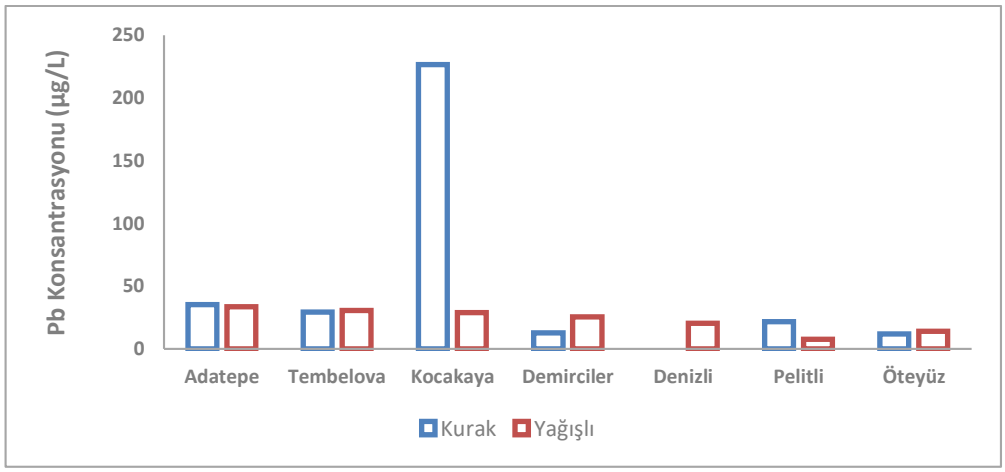
Çalışma alanında en yüksek Pb değeri Kocakaya Alt Havzasında kurak sezonda 226,4 µg/L ölçülmüştür. Diğer alt havzalarda ölçülen Pb konsantrasyonları Kocakaya Alt Havzasına göre çok daha düşük seviyelerde gözlenmiştir (Tablo 3.28 ve Şekil 3.33). Kocakaya Alt Havzasında diğer alt havzalara göre daha yüksek konsantrasyonda Zn ve Pb metallerinin görülmesi, bu bölgede yer alan taş ocaklarında ve buna bağlı ağır taşıtların çalışması ile oluşan emisyonlar, metal atıkların kontrolsüz bir şekilde ocaklarda tutulması, yapılan saha çalışmalarındaki gözlemler bu durumdan kaynaklı olabileceğini göstermektedir (Şekil 3.34). Dilderesi Havzası da kimya, metal vb. OSB'lere ev sahipliği yaptığı için özellikle teknolojik metallerin işletilmesi, geri dönüştürülmesi vb. işletmelerin yoğun olarak bulunması, bu hammaddelerin yoğun olarak bölgede taşınması, depolanması yanı sıra ürüne dönüştürülmesi metal kirliliği açısından potansiyel riskleri de içinde bulundurmaktadır. Literatürde de çok sık rastlandığı gibi, maden ergitme faaliyetinde en çok bilinen çevresel etkilerden biri olan kalıntı (cüruf) oluşumu, Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn gibi ağır metallerin kaynağı olarak kabul

edilmektedir [Espinosa-Reyes et al., 2014]. Maden atık malzemelerinin yakındaki topraklara, gıda mahsullerine ve akarsu çökeltilerine boşaltılması ve dağıtılmasının bir sonucu olarak, hem terk edilmiş hem de aktif madenlerin çevresinde artan iz metal konsantrasyonları bulunabilmektedir [Ramani et al., 2014].

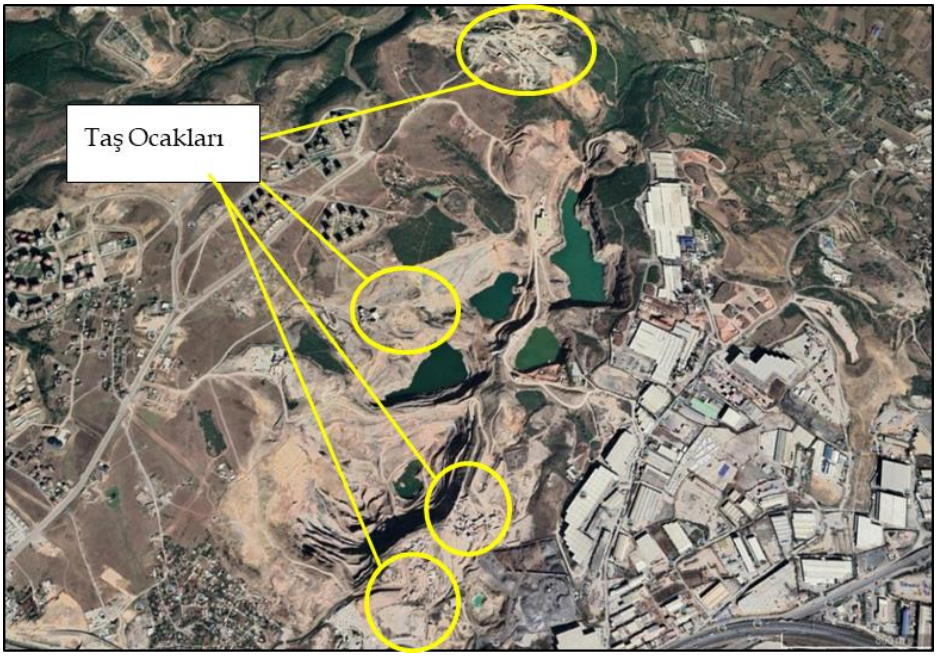
Tablo 3.28: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Pb konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Pb (µg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	35,10	33,47
Tembelova	29,21	30,56
Kocakaya	226,40	28,58
Demirciler	12,41	25,23
Denizli	LA*	20,33
Pelitli	21,49	7,60
Öteyüz	11,91	13,95

*LA: Cihazın (ICP – OES) Algılama Limiti Altında



Şekil 3.33: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Pb konsantrasyonları.



Şekil 3.34. Kocakaya alt havzasında yüksek Zn ve Pb konsantrasyonuna neden olabilecek taş ocaklarının uydu görüntüsü.

Alt havzaların Pb konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları değerlendirildiğinde, en yüksek Pb konsantrasyonunun ölçüldüğü Kocakaya Alt Havzasının, kurak sezonda IV. Sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Onu III. Sınıf su kalitesi ile takip eden alt havzalar Adatepe, Tembelova ve Pelitli Alt Havzaları olmuştur. Demirciler ve Denizli Alt Havzaları kurak sezonda sırasıyla; II. Sınıf ve I. Sınıf su kalite sınıfında bulunuyorken, yağışlı sezonda her iki alt havzanın da III. Sınıf su kalitesinde olduğu gözlenmiştir (Tablo 3.29).

Tablo 3.29: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Pb konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	III	III
Tembelova	III	III
Kocakaya	IV	III
Demirciler	II	III
Denizli	I	III
Pelitli	III	I
Öteyüz	II	II

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 10 µg/L, II: az kirlenmiş su: 20 µg/L, III: kirlenmiş su: 50 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 50 µg/L

3.5.6. Nikel (Ni)

Nikel, önemli bir endüstriyel metaldir. Paslanmaz çelik ve diğer korozyona dayanıklı alaşımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir diğer kullanım alanı ise yağ sertleştirilmesinde katalizör olarak kullanılmasıdır. Hidrojenasyon işleminde kullanılan katalizörlerin büyük bir kısmı metal ve metal oksitlerden meydana gelen katı maddelerdir. Nikel katalizörler, nikel oksit, nikel hidroksit, nikel karbonat, nikel formiyat ve Ni-Al alaşımının nikele indirgenmesiyle hazırlanmaktadır. Atık katalizör içindeki silis, demir ve alüminyum gibi metalik safsızlıklar, fosfor ve kükürt gibi katalizör zehirleri uzaklaştırılmaktadır. Ancak, nikelli atıkların biriktirilmesinin yarattığı çevresel tehlike ve önemli miktardaki nikel kaybı ciddi sorunlar doğurmaktadır [Öz ve Şengil, 2002].

Nikel, yoğun kullanımından dolayı atık bertarafı ile çevrede, önemli miktarlarda çeşitli yollarla kontrolsüz bir şekilde bulunabilmektedir. Nehir suyundaki ve muhtemelen diğer birçok doğal tatlı sudaki ortalama nikel konsantrasyonu 20 µg/L'nin altında olması beklenir, kobaltın ortalama konsantrasyonundan biraz daha fazladır. Kimyasal işlemlerin olası etkilerinin yanı sıra, bu daha yüksek konsantrasyon, daha

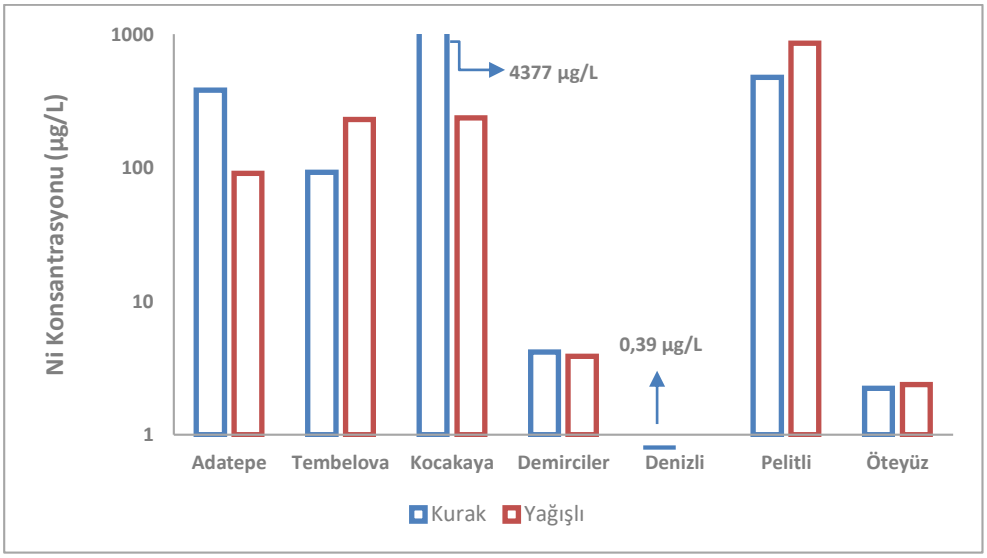
fazla doğal nikel bolluğunun ve antropojenik kaynaklardan potansiyel olarak temin edilebilen çok daha fazla miktarda nikelin bir yansıması olabilmektedir [Hem, 1985].

Çalışma alanında Ni konsantrasyonu en yüksek, kurak sezonda Kocakaya Alt Havzasında ölçülmüştür (4377 µg/L). Yukarıda belirtildiği üzere nikelin, yağ üretimi yapan işletmelerde hidrojenasyon işleminde katalizör olarak kullanıldığı bilgisine istinaden, Kocakaya Alt Havzasına dökülen dere kollarının çok yakınında yağ fabrikalarının yer aldığı dikkat çekmiş ve bu durumun yüksek Ni konsantrasyonunun nedenlerinden biri olduğu düşünülmüştür. Pelitli ve Adatepe Alt Havzalarında da Ni konsantrasyonunun yüksek seviyede olduğu görülmüştür (Tablo 3.30 ve Şekil 3.35). En düşük Ni konsantrasyonu Denizli Alt Havzasında kurak sezonda ölçülmüştür (0,39 µg/L). Ni konsantrasyonunun en yüksek olduğu alt havzalar değerlendirildiğinde bir diğer neden olarak düşünülebilecek, endüstriyel faaliyetlerin büyük oranda yer aldığı bölgeler olduğu dikkat çekmektedir. Abdel-Satar et al., (2017) tarafından Mısır Nil nehri üzerinde yapılan çalışmada sanayileşme sürecinde, birçok nikel bileşiğinin ticari ve endüstriyel kullanımlara dahil edilmesinin ekosistemlerde Ni emisyonunu arttırdığına dikkat çekilmiştir. Obasi and Akudinobi, (2019), Güneydoğu Nijerya, Abakaliki'deki kurşun-çinko maden sahalarının su kaynaklarındaki ağır metal oluşumuna etkisi konulu çalışmasında, madencilik alanlarındaki nikel kaynaklarının, madencilik ve eritme işlemlerinden üretilen atık sular, atık yığınlarından gelen akışlar veya maden operasyonları için kullanılan kullanım suyu olabileceğini belirtmiştir.

Tablo 3.30: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Ni konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Ni (µg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	381,8	91,10
Tembelova	92,87	229,67
Kocakaya	4377,00	236,45
Demirciler	4,17	3,88
Denizli	0,39	LA*
Pelitli	479,00	858,90
Öteyüz	2,23	2,38

*LA: Cihazın (ICP – OES) Algılama Limiti Altında



Şekil 3.35: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Ni konsantrasyonları.

Alt havzaların Ni konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları değerlendirildiğinde, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarının her iki sezonda da IV. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmüştür. Adatepe Alt Havzası kurak sezonda, Tembelova Alt Havzası ise yağışlı sezonda IV. Sınıf su kalitesinde yer almıştır. Demirciler, Denizli ve Öteyüz alt havzaları her iki sezonda da I. Sınıf su kalitesinde yer almıştır. (Tablo 3.31).

Tablo 3.31: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Ni konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	IV	III
Tembelova	III	IV
Kocakaya	IV	IV
Demirciler	I	I
Denizli	I	I
Pelitli	IV	IV
Öteyüz	I	I

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 20 µg/L, II: az kirlenmiş su: 50 µg/L, III: kirlenmiş su: 200 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 200 µg/L

3.5.7. Kadmiyum (Cd)

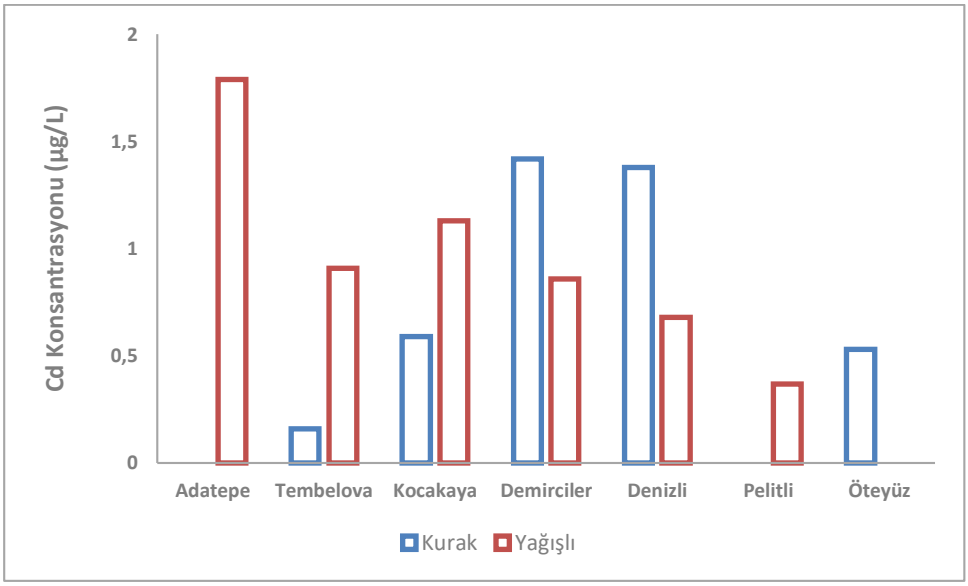
Kadmiyum, endüstriyel bölgelerdeki en yaygın kirleticilerden biridir ve serbest iyonik kadmiyum, hidroksitler, karbonatlar ve çeşitli diğer organik ve inorganik kompleksler halinde su sistemlerinde bulunmaktadır. Kadmiyum, yüksek hareketliliği ve birçok yaşam formuna toksik etkisi nedeniyle çevresel ve sağlık açısından önemli bir öneme sahiptir. Havadaki kadmiyum parçacıkları yere veya suya düşmeden önce uzun mesafeler kat edebilmektedir. Atık bertarafı sonucu su ve toprağa karışmakta, tehlikeli atık sahalarından sızmaktadır [Hansen and van Afferden, 2004].

Çalışma alanında Cd konsantrasyonu en yüksek Adatepe Alt Havzasında yağışlı sezonda ölçülmüştür (1,79 µg/L). Adatepe Alt Havzasında kurak sezonda, Pelitli Alt Havzasında kurak sezonda ve Öteyüz Alt Havzasında yağışlı sezonda ölçülen Cd konsantrasyonu cihaz algılama limiti altında çıkmıştır (Tablo 3.32 ve Şekil 3.36). YSKY Tablo 5'e göre I. Sınıf su kalite sınıfı (yüksek kaliteli su) için $\leq$ 2 µg/L şartı bulunmaktadır. Tüm alt havzalardaki ölçüm sonuçları bu şarta uymaktadır (Tablo 3.33). Benzer sonuçlar, Bonanno, (2012) tarafından İtalya Sicilya Bölgesinde belediye ve endüstriyel deşarjlardan etkilenen Catania akarsuyunda iz element kontaminasyonunu belirlemek amacıyla yapılan çalışmada da görülmüş, örnekleme noktalarından alınan numunelerdeki Cd konsantrasyonu $\leq$ 0,50 µg/L olarak ölçülmüştür.

Tablo 3.32: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Cd konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Cd (µg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	LA	1,79
Tembelova	0,16	0,91
Kocakaya	0,59	1,13
Demirciler	1,42	0,86
Denizli	1,38	0,68
Pelitli	LA	0,37
Öteyüz	0,53	LA

*LA: Cihazın (ICP – OES) Algılama Limiti Altında



Şekil 3.36: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Cd konsantrasyonları.

Tablo 3.33: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Cd konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	I	I
Tembelova	I	I
Kocakaya	I	I
Demirciler	I	I
Denizli	I	I
Pelitli	I	I
Öteyüz	I	I

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 2 µg/L, II: az kirlenmiş su: 5 µg/L, III: kirlenmiş su: 7 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 7 µg/L

Cd, nadir bulunan bir metal olması nedeniyle çalışma alanında düşük konsantrasyonlarda rastlanmıştır.

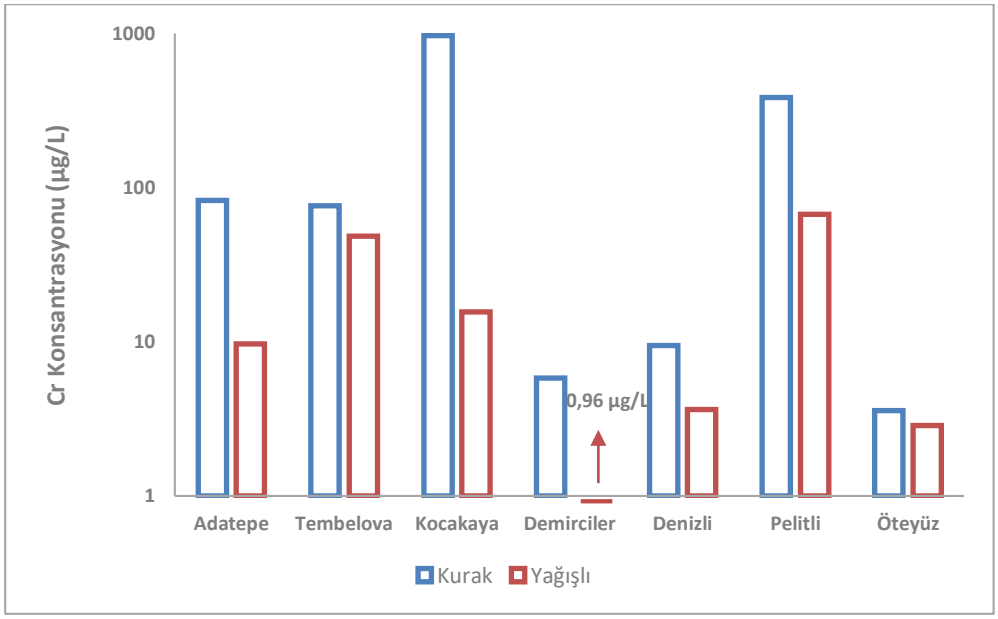
3.5.8. Krom (Cr)

Krom, doğada en çok bulunan 21. elementtir. Kayalarda, hayvanlarda, volkanik tozlarda ve bitkilerde bulunmaktadır. Esas olarak Cr^{+3} ve Cr^{+6} formlarında bulunmaktadır. Cr^{+6} genellikle endüstriyel işlemlerde kullanılmakta ve kanserojen olarak kabul edilmektedir. Deniz suyunda doğal krom konsantrasyonu yaklaşık 0,04–0,5 µg/l'dir. Yüzey suyunda krom konsantrasyonu yaklaşık 0,5-2 µg/l'dir. Yüzey suyunda krom varlığı, endüstriyel faaliyetlerin ne ölçüde gerçekleştirildiğinin bir göstergesidir. Yeraltı suyundan sızan krom bileşikleri (Cr^{+3} ve Cr^{+6}) başlangıç konsantrasyonuna, yönüne, gradyan akışına ve atık su varlığına bağlıdır [Tripathi and Chaurasia, 2020]. Deri tabaklama endüstrisi, krom ve diğer toksik maddeleri nehre boşaltan zehirli kirliliğin birincil kaynağı olarak kabul edilmektedir. Krom bileşikleri esas olarak tabakhane faaliyetlerinde, aynı zamanda krom kaplama endüstrilerinde, tekstil boyama ve pigmentasyonda, selüloz ve kağıt üretiminde kullanılmaktadır [Hayzoun et al., 2015].

Çalışma sahasında Cr konsantrasyonu en yüksek kurak sezonda Kocakaya Alt Havzasında ölçülmüştür (967,91 µg/l). En düşük Cr konsantrasyonu Demirciler Alt Havzasında yağışlı sezonda ölçülmüştür (0,96 µg/l) (Tablo 3.34 ve Şekil 3.37). Cr için yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde her bir alt havza için, kurak sezondaki Cr konsantrasyonu yağışlı sezonda ölçülen Cr konsantrasyonundan daha yüksek ölçülmüştür. Öner ve Çelik, (2011) tarafından Gediz Nehri'nde yapılan çalışmada, 5 farklı istasyondan alınan su numunelerinde 1999 yılı ve 2008 yıllarında ölçülen Cr konsantrasyonları 19 – 40 µg/l arasında değişiklik göstermiştir.

Tablo 3.34: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Cr konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Cr (µg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	82,70	9,70
Tembelova	76,29	48,43
Kocakaya	967,91	15,66
Demirciler	5,79	0,96
Denizli	9,45	3,62
Pelitli	385,80	67,05
Öteyüz	3,57	2,85



Şekil 3.37: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Cr konsantrasyonları.

Alt Havzaların Cr konsantrasyonlarına bağlı su kalite sınıfları incelendiğinde, Demirciler, Denizli ve Öteyüz Alt Havzalarının her iki sezonda da I. Sınıf (yüksek kaliteli) su kalitesi sınıfında yer aldığı görülmüştür. Kocakaya ve Pelitli Alt Havzaları

kurak sezonda IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) su kalite sınıfında yer almıştır. Adatepe, Tembelova, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarının yağışlı sezonda daha iyi kalitede ölçüldüğü gözlenmiştir. Yağışlı sezondaki yağışın etkisiyle görülen seyrelmenin etkisi ile Cr konsantrasyonun azalmış olduğu düşünülmektedir (Tablo 3.35).

Tablo 3.35: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Cr konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	III	I
Tembelova	III	II
Kocakaya	IV	I
Demirciler	I	I
Denizli	I	I
Pelitli	IV	III
Öteyüz	I	I

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 20 µg/L, II: az kirlenmiş su: 50 µg/L, III: kirlenmiş su: 200 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 200 µg/L

3.5.9. Mangan (Mn)

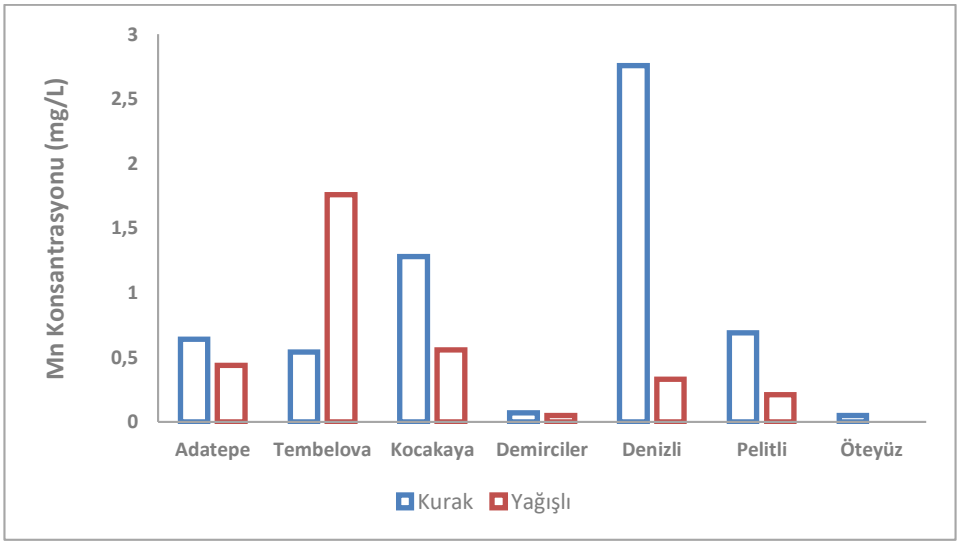
Mangan, çevrede doğal olarak bulunan ve yeryüzünde, havada, suda ve toprakta en bol bulunan metallerden biridir. Hem yeraltı sularında hem de doğal kaynaklardan gelen yüzey sularında veya madencilik ve endüstriyel deşarjlar gibi insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak oluşmaktadır. Mangan, demir ve çelik alaşımları, piller, cam, havai fişek, çeşitli temizlik malzemeleri, gübre, vernik, mantar ilaçları, kozmetikler ve hayvancılık besin takviyeleri gibi çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır. Yeraltı sularında, yüzey suyundan daha yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır [Web-10, 2021]. Mn, hem indirgeyici hem de oksitleyici özelliğinden dolayı, çökeltme-çözünme süreçleri yoluyla eser inorganik kirleticilerin hareketliliği üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir [Bonanno, 2012].

Çalışma alanında Mn konsantrasyonu en yüksek kurak sezonda Denizli Alt Havzasında (2,76 mg/L) ölçülmüştür. Tembelova Alt Havzasında da yağışlı sezonda yüksek konsantrasyonlara rastlanmıştır (1,76 mg/L). En düşük konsantrasyonlar Öteyüz Alt Havzasında gözlenmiştir. Kurak sezonda 0,05 mg/L iken yağışlı sezonda analiz sonucunda algılama limiti altında kalmıştır. (Tablo 3.36 ve Şekil 3.38). Demirciler Alt Havzasında da hem kurak hem yağışlı sezonda düşük konsantrasyonlar ölçülmüştür (0,07 – 0,05 mg/L). Tembelova Alt Havzası hariç diğer alt havzalardaki Mn konsantrasyonu kurak sezonda, yağışlı sezona göre daha yüksek ölçülmüştür. Benzer sonuçlar Bidhendi et al., (2007) tarafından yapılan Aras nehri çevresinde bulunan bakır madenlerinin yüzey suyu kalitesine etkisinin araştırıldığı çalışmada kurak sezonda ölçülen Mn konsantrasyonlarının yağışlı sezona göre daha yüksek ölçüldüğü tespit edilmiştir. Özer, (2008) tarafından Göksu Deltasında yapılan çalışmada, alüvyon akiferden alınan numunelerde mangan değerleri, 2006 yılı Haziran ayında 0-2,8 mg/L, 2008 yılı Ocak ayında ise 0 – 2 mg/L arasında ölçülmüştür.

Tablo 3.36: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Mn konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Mn (mg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	0,64	0,44
Tembelova	0,54	1,76
Kocakaya	1,28	0,56
Demirciler	0,07	0,05
Denizli	2,76	0,33
Pelitli	0,69	0,21
Öteyüz	0,05	LA

*LA: Cihazın (ICP – OES) Algılama Limiti Altında



Şekil 3.38: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Mn konsantrasyonları.

Alt Havzaların Mn konsantrasyonlarına bağlı su kalite sınıfları incelendiğinde, Demirciler ve Öteyüz Alt Havzalarının her iki sezonda da I. Sınıf (yüksek kaliteli) su kalitesinde yer aldığı görülmüştür. Adatepe, Tembelova, Kocakaya, Denizli ve Pelitli Alt Havzalarının kurak sezonda III. Sınıf su kalitesinde olduğu, Tembelova ve Kocakaya Alt Havzalarının yağışlı sezonda da aynı su kalitesinde (III) bulunduğu gözlenmiştir (Tablo 3.37).

Tablo 3.37: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Mn konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	III	II
Tembelova	III	III
Kocakaya	III	III
Demirciler	I	I
Denizli	III	II
Pelitli	III	II
Öteyüz	I	I

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 100 µg/L, II: az kirlenmiş su: 500 µg/L, III: kirlenmiş su: 3000 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 3000 µg/L

3.5.10. Kobalt (Co)

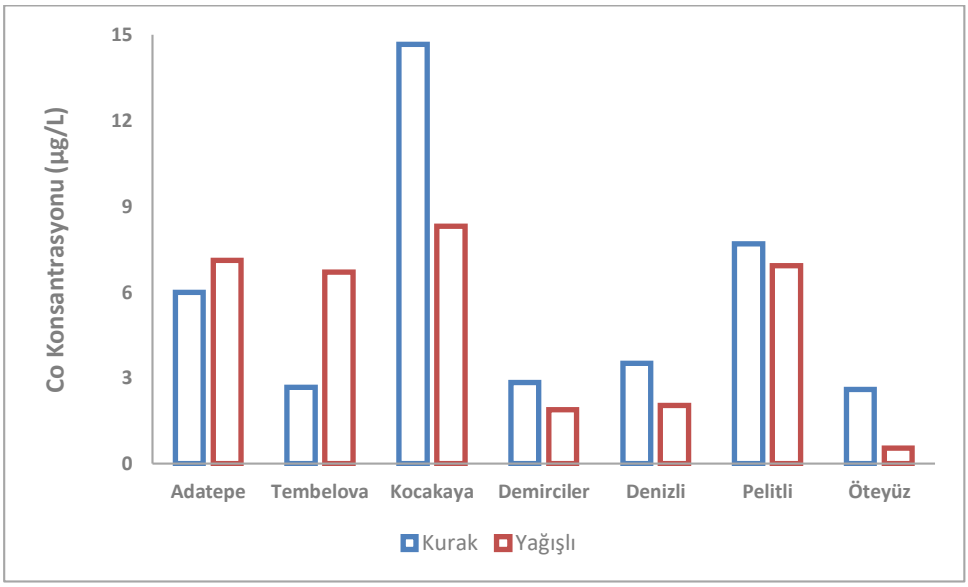
Kobalt; havada, suda, toprakta, kayalarda, bitkilerde ve hayvanlarda, böylece çok değişik ortamlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Yağmur suyu, kobalt içeren toprak ve kayalardan hareket ederken bünyesine Co alabilmekte ve ilişki içinde bulunduğu yüzey suyu ortamlarına taşıyabilmektedir. Kömür yakma ve madencilikte, kobalt içeren cevherlerin işlenmesiyle ve kobalt kimyasallarının üretimiyle, çevreye kobalt salınmaktadır. Co, diğer partiküllerle reaksiyona girebilmekte, toprak partikülleri veya su tortuları üzerinde adsorbe edilebilmektedir [Khan et al., 2011]. Kobalt, atom numaraları açısından demir ve nikel ile benzer özelliklere sahiptir. Genellikle oksijen, kükürt ve arsenik gibi diğer elementlerle birlikte bulunmaktadır [Obasi and Akudinobi, 2019]. Organik ve inorganik kobalt bileşiklerine maruz kalma kaynakları hem doğal hem de antropojeniktir. Doğal kaynaklar arasında rüzgar ile savrulan toz, deniz suyu spreyi, volkanlar, orman yangınları, kıtasal ve deniz biyojenik emisyonları bulunmaktadır. Antropojenik kaynaklar arasında ise fosil yakıtların yakılması, kanalizasyon çamuru, fosfat gübreleri, kobalt cevherlerinin madenciliği ve eritilmesi, kobalt alaşımlarının işlenmesi ve kobalt bileşikleri kullanan ya da işleyen endüstriler yer almaktadır [Kim and Gibb, 2006].

Çalışma sahasında Co konsantrasyonu en yüksek kurak ve yağışlı sezonda Kocakaya Alt Havzasında ölçülmüştür (14,66 – 8,31 µg/L). En düşük Co konsantrasyonu ise yağışlı sezonda Öteyüz Alt Havzasında ölçülmüştür (0,54 µg/L) (Tablo 3.38 ve Şekil 3.39).

Smith and Carson, (1981) çevresel kobaltın başlıca antropojenik kaynaklarının, kobalt içeren cevherlerin madenciliği ve işlenmesi, kobalt içeren çamur veya fosfat gübrelerin toprakta kullanılması, kobalt içeren atıkların bertarafı ve yakılması gibi faaliyetler olduğunu belirtmişlerdir. Dünya kobalt üretiminin yaklaşık % 44' ünün nikel cevherlerinden oluştuğu bilinmektedir. Nikel ve kobalt birbiriyle yakın ilişkili elementlerdir [Kim and Gibb, 2006]. Bu bilgiyi kanıtlar nitelikte çalışma sahasında Ni konsantrasyonlarının yüksek olduğu alt havzalarda aynı şekilde Co konsantrasyonunun da yüksek olduğu, Ni konsantrasyonun düşük olduğu alt havzalarda yine Co konsantrasyonun düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.38: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Co konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Co (µg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	6,00	7,11
Tembelova	2,68	6,71
Kocakaya	14,66	8,31
Demirciler	2,83	1,88
Denizli	3,51	2,04
Pelitli	7,69	6,92
Öteyüz	2,59	0,54



Şekil 3.39: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Co konsantrasyonları.

Alt Havzaların Co konsantrasyonlarına bağlı su kalite sınıfları incelendiğinde, kurak sezonda Kocakaya Alt Havzası hariç diğer tüm alt havzaların kurak ve yağışlı sezonlarda I. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmüştür. (Tablo 3.39).

Tablo 3.39: YSKY Tablo 5'e göre alt havzaların Co konsantrasyonuna bağlı su kalite sınıfları.

ALT HAVZALAR	YSKY - Su Kalite Sınıfları	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	I	I
Tembelova	I	I
Kocakaya	II	I
Demirciler	I	I
Denizli	I	I
Pelitli	I	I
Öteyüz	I	I

*I: yüksek kaliteli su: ≤ 10 µg/L, II: az kirlenmiş su: 20 µg/L, III: kirlenmiş su: 200 µg/L, IV: çok kirlenmiş su: > 200 µg/L

3.5.11. Silisyum (Si)

Silisyum, oksijenden sonra dünyada en çok bulunan elementtir. Okyanuslarda ve hemen hemen tüm diğer sularda silisik asit olarak bol miktarda bulunmaktadır. Okyanusların yüzey katmanlarında silisyum konsantrasyonları 30 ppb iken, daha derin su katmanları 2 ppm silisyum içerebilmektedir. Nehirler denize büyük miktarda silisyum taşımaktadırlar. Muhtemelen, çözünmüş silisyumun % 20' sinden daha azı, biyolojik veya kimyasal dönüşüm süreçleri yoluyla nehirlerden uzaklaştırılmaktadır. Doğal sularda silisyum konsantrasyonu 1 – 30 mg/L arasında değişmektedir [Ustaoğlu and Tepe, 2019]. Silisyum, magmatik ve metamorfik kayalardaki silikat minerallerinin bozuşması sonucu suya geçmektedir.

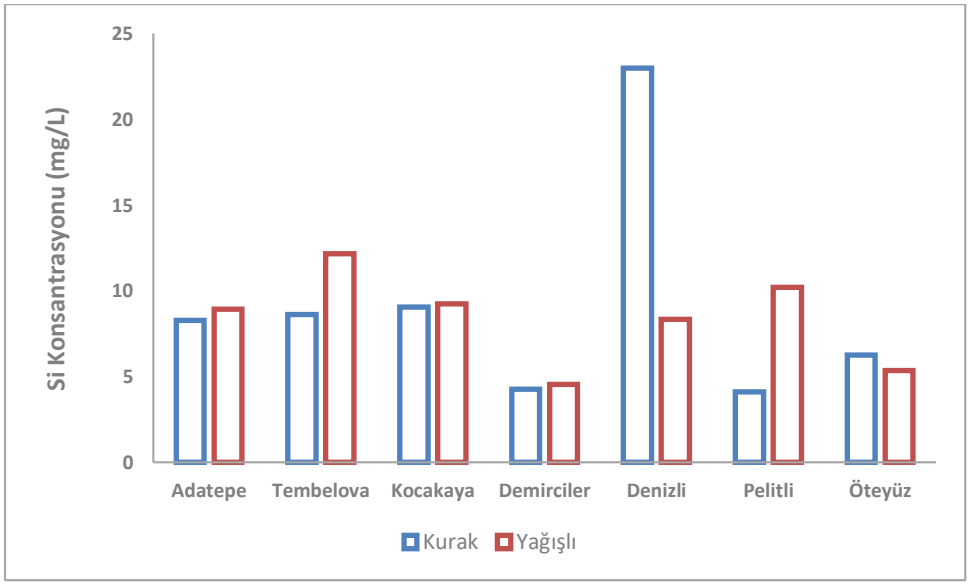
Talk, mika, feldispat, nefelin, olivin, vermikülit, perlit ve kaolinit gibi mineraller de silisyum içermektedir. Değerli taşlardan opal ve ametistin de silisyum içerdiği bilinmektedir. Silisyum, yüksek sıcaklıklarda işlenen çelik, kimya ve elektron endüstrilerinde yardımcı eleman olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel açıdan önemli olan silisyum bileşikleri, genellikle suya dirençli olan ve ayrıca oksidasyon süreçlerine ve kimyasal aşınmaya dayanıklı olan kauçuk veya reçine benzeri bileşiklerdir. Bunlar, yüksek sıcaklıklarda yağlayıcı olarak, pencereler, çatılar ve borular için sızdırmazlık

kiti olarak, lastik hortumlarda ve araba motorları için plastik parçalarda kullanılmaktadır [Web-11, 2021].

Çalışma sahasında Si konsantrasyonu 4,12 mg/L – 23,00 mg/L arasında değişim göstermiştir (Tablo 3.40 ve Şekil 3.40). Bu değerlerin doğal sularda bulunan silisyum miktarını geçmediği görülmüştür.

Tablo 3.40: Dilderesi alt havzalarında ölçülen Si konsantrasyonları.

ALT HAVZALAR	Si (mg/L)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
Adatepe	8,29	8,95
Tembelova	8,61	12,16
Kocakaya	9,05	9,24
Demirciler	4,28	4,54
Denizli	23,00	8,33
Pelitli	4,12	10,22
Öteyüz	6,27	5,35



Şekil 3.40: Kurak ve yağışlı sezonda alt havzalarda ölçülen Si konsantrasyonları.

İz element ve ağır metaller arasındaki korelasyon ilişkisi 4. Bölümde detaylı incelenmiş ve yorumlanmıştır.

3.6. Sediment Analizleri (Tane Boyu, Organik Madde, Karbonat)

Akarsu sedimentleri, yüzey suları tarafından taşınan kayalardan veya biyolojik malzemelerden türeyen parçacıklar ve suda asılı ya da suda çökelmiş katı malzemeler (çamur) olarak tanımlanmaktadır. Sediment, suyolunun dibinde geçici olarak durağan olan, sıvı ve yatak materyali tarafından aktif olarak taşınan asılı tortu materyalini içermektedir. Sediment, potansiyel olarak su sisteminin kimyasal bileşenleri için önemli bir kaynak ve aynı zamanda depolama görevi görmektedir. Bu faktörler nedeniyle, su kirliliği kaynaklarının ve etkilerinin araştırılmasında anahtar rol oynamaktadır [Sinolungan et al., 2008]. Sedimentler, taşındığı ortamın fiziksel, kimyasal verilerini kronolojik olarak kayıt eden önemli bir veri kaynağıdır.

Sedimentlerdeki organik madde ve organik karbonun birincil kaynağının genellikle bitkilerin parçacıklı döküntülerinden olduğu düşünülmektedir ve sadece küçük bir yüzde hayvanlardan türetilmiştir. Su ekosistemleri içinde dip sedimentleri, çeşitli maddeler için etkili bir doğal biriktirme alanı olarak ve ayrıca su tabanında meydana gelen süreçlerin doğal bir düzenleyicisi olarak önemli bir işleve sahiptir. Ayrıca büyük miktarlarda organik madde depolayabilir ve alttaki suyun oksijen içeriğini olumsuz yönde etkileyebilirler [Vijayaraj and Achyuthan, 2015]. Bu bağlamda sedimentler, üstlerindeki su kolonuna bir besin kaynağı olarak bentik organizmalar için yaşam ortamı sunmaktadır.

Bu çalışmada, Dilderesi Alt Havzalarından alınan sediment örneklerinde organik madde ve karbonat içeriğinin yanı sıra tane boyu dağılımına ilişkin bilgiler de incelenmiştir. Üçgen diyagramlar üzerinde hem kurak hem yağışlı sezon için tane boyu dağılımındaki değişimler gösterilmiştir [Folk and Ward, 1957; Bulut vd., 2019] (Şekil 3.41). Çalışma alanında belirlenen 7 adet alt havzayı temsil eden 16 sediment örneği için elek analizi yapılmıştır. Örneklerin tane boyu dağılımının belirlenmesi amacıyla 2 mm – 0,053 mm'lik elekler kullanılmıştır. Elek analizi ile değişik boyutlara ayrılan sediment örnekleri, tartılarak yüzde miktarları hesaplanmıştır. Taneler, boyut dağılımına göre çakıl, kum ve kil-silt gruplarına ayrılmıştır.

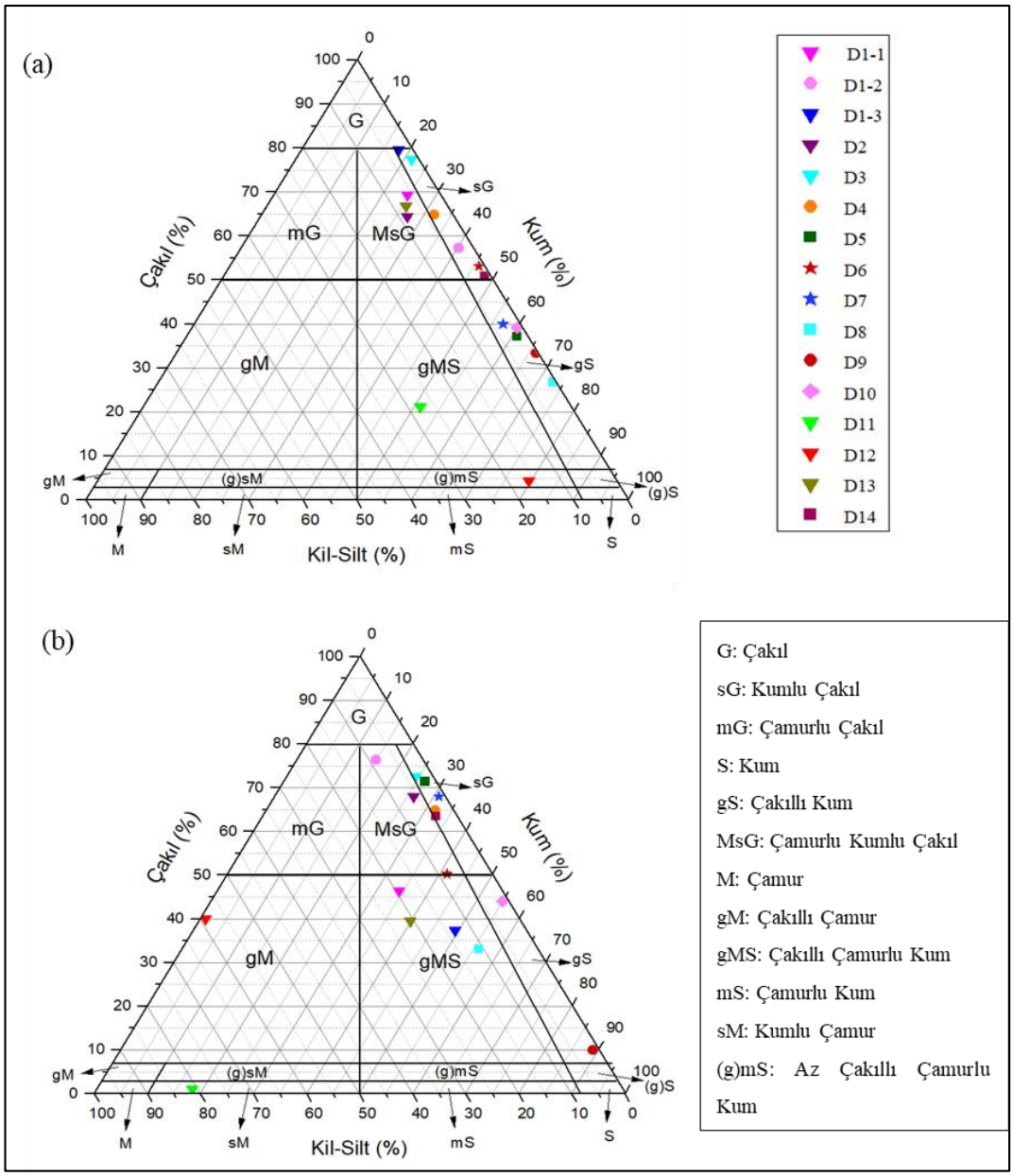
Tane boyu dağılımları genel olarak değerlendirildiğinde, tüm örnekleme noktalarında çoğunlukla çakıl yüzdesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Özellikle Kocakaya Alt Havzasını temsil eden noktalardan biri olan D1-3 noktası en yüksek çakıl yüzdesine (%79,60) sahiptir. Çalışma alanından alınan sediment örneklerinde tespit edilen kum miktarı kurak sezonda % 17,91 - % 79,60 arasında, yağışlı sezonda ise % 0,51 - % 84,09 arasında değişiklik göstermiştir. Silt-kil miktarı kurak sezonda % 0,09 - 27,67 arasında, yağışlı sezonda % 0,04 - % 81,82 arasında değişim göstermiş, çakıl miktarı ise kurak sezonda % 4,33 - % 79,60 arasında, yağışlı sezonda % 0,1 - % 76,46 arasında tespit edilmiştir (Tablo 3.41). Bu veriler ışığı altında sedimentlerin sınıflamasının yapılması için kurak ve yağışlı sezonlar için üçgen diyagramlardaki yerleri belirlenmiştir. Kurak sezonda Dilderesi Havzasındaki sedimentlerin çoğunluğunun Çamurlu Kumlu Çakıl (MsG) ve Çakıllı Çamurlu Kum (gMS) sınıfında olduğu, yağışlı sezonda ise yine hakim dağılımın Çamurlu Kumlu Çakıl (MsG) olduğu görülmüştür.

Tablo 3.41: Örnekleme noktalarından alınan sedimentlerdeki çakıl, kum ve silt-kil oranları.

Örnekleme Noktaları	Kurak Sezon				Yağışlı Sezon			
	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt-Kil (%)	Sınıflama	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt-Kil (%)	Sınıflama
D1-1	69,33	24,69	5,98	MsG	46,40	34,29	19,31	gMS
D1-2	57,33	40,16	2,51	sG	76,46	14,89	8,65	MsG
D1-3	79,60	17,91	2,49	sG	37,34	49,38	13,28	gMS
D2	64,44	27,11	8,44	MsG	67,99	26,23	5,78	MsG
D3	77,38	21,43	1,19	sG	72,60	24,36	3,04	sG
D4	64,88	31,82	3,30	sG	65,00	32,00	3,00	sG
D5	37,31*	60,77*	1,92	gS	71,58	26,46	1,96	sG
D6	53,16	45,95	0,89	sG	50,27	41,39	8,34	MsG
D7	38,62	60,18	1,20	gS	68,49	31,47	0,04	sG
D8	26,94	72,76	0,30	gS	25,17	70,97	3,86	gMS
D9	33,41	66,40	0,19	gS	15,71	84,09	0,2	gS
D10	39,13	60,00	0,87	gS	45,09	54,47	0,44	gS
D11	21,18	51,15	27,67	gMS	0,10	18,18	81,82	sM
D12	4,33	79,60	16,07	(g)mS	40,20	0,51	59,29	gM
D13	66,78	25,72	7,50	MsG	39,49	39,88	20,63	gMS
D14	50,29	49,62	0,09	sG	63,67	32,53	3,80	sG

*Organik malzeme



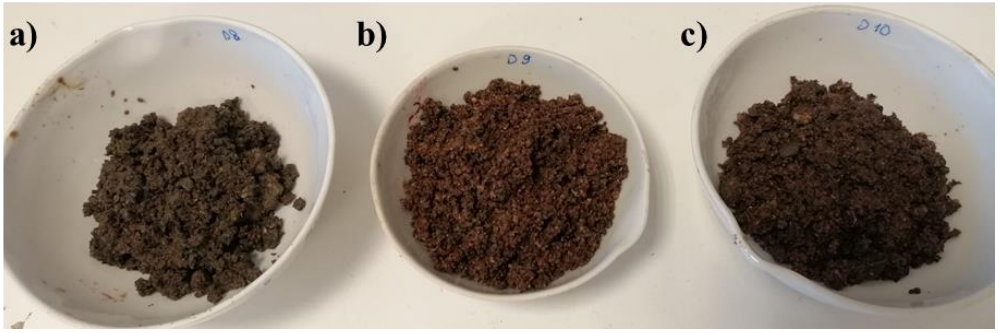
Şekil 3.41: Sediment örneklerinin (a) kurak sezon ve (b) yağışlı sezonda üçgen diyagramdaki tanımlamaları.

Çalışma alanında tane boyu analiz sonuçlarına göre; en yüksek kum içeriği % 84,09 ile yağışlı sezonda Öteyüz Alt Havzasını temsil eden D9 noktasında, silt-kil içeriği % 81,82 ile yağışlı sezonda Adatepe Alt Havzasını temsil eden D11 noktasında, çakıl içeriği ise % 79,60 ile Kocakaya Alt Havzasını temsil eden D1-3 noktasında tespit edilmiştir. Öteyüz Alt Havzası ve Demirciler Alt Havzası, havzaları temsil eden D9 ve D10 örnekleme noktaları ile değerlendirilmiştir. Bu noktalardaki tane boyu dağılımı kurak ve yağışlı sezonda farklılık göstermeyerek, her iki sezonda da Çakıllı Kum (gS) tane boyutunda gözlenmiştir. Bu örnekler, özellikle akarsuyun enerjisinin azaldığı kısmen menderesimsi bir yapının olduğu kenar kısımlardan alınmıştır. Bu

nedenle tane boyundaki olması gereken yağışlı ve kurak sezondaki değişiklikler gözlenememiştir.

Kurak sezonda baskın litoloji Kumlu Çakıl (sG) ve Çakıllı Kum (gS) dur. Özellikle Adatepe ve Tembelova Alt Havzalarını temsil eden D11, D12, D13, D1-1 ve D2 noktaları olmak üzere tane boyundaki küçülmelere bağlı olarak Çakıllı Çamurlu Kum (gMS) ve Çamurlu Kumlu Çakıl (MsG) litolojileri ön plana çıkmaktadır. Yağışlı sezonda baskın litolojinin Çamurlu Kumlu Çakıl (MsG), Kumlu Çakıl (sG) ve Çakıllı Çamurlu Kum (gMS) olduğu görülmüştür. Kurak sezona kıyasla yağışlı sezonda sediment örneklerinin kum ve silt-kil oranının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle üçgen diyagramda yer alan örnekleme noktaları daha çok kum ve çamurlu bölgeye doğru dağılım göstermiştir.

D8, D9 ve D10 numune noktalarından yağışlı sezonda alınan örnekler Tane boyu dağılımları değerlendirildiğinde, bu örneklerdeki kum oranlarının çakıl ve silt-kil'e göre çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.42).



Şekil 3.42: a) D8, b) D9 ve c) D10 numune noktalarından yağışlı sezonda alınan sediment örnekleri.

Sedimentlerdeki organik maddeler ölü ya da yaşayan organizmalardan kaynaklanmaktadır. Sedimentler bakterilere, makro ve mikroorganizmalara ev sahipliği yapan yapılardır. Sedimentteki ölü organik partiküllerin kaynağı, sudaki canlıların ölümü sonucu sedimentasyona uğramaları veya sedimentte bulunan canlıların ölümü sonrası sedimentte biriken organik atıklardır [Topçu, 2006]. Bununla birlikte sanayileşmiş bölgelerdeki organik madde içeren evsel ve endüstriyel sular alıcı ortama deşarj edildiğinde söz konusu materyallerin de sedimentte birikme eğilimi çok fazladır. Bu proses çoğu zaman absorpsiyon ve doğrudan çökelme şeklinde ortaya çıkabilir. Sediment bünyesindeki tüm organiklerin ayrışması sonucu son ürünler hümik maddeler, bitüm, sapropel olarak adlandırılmaktadır. Bunun yanında tipik H_2S

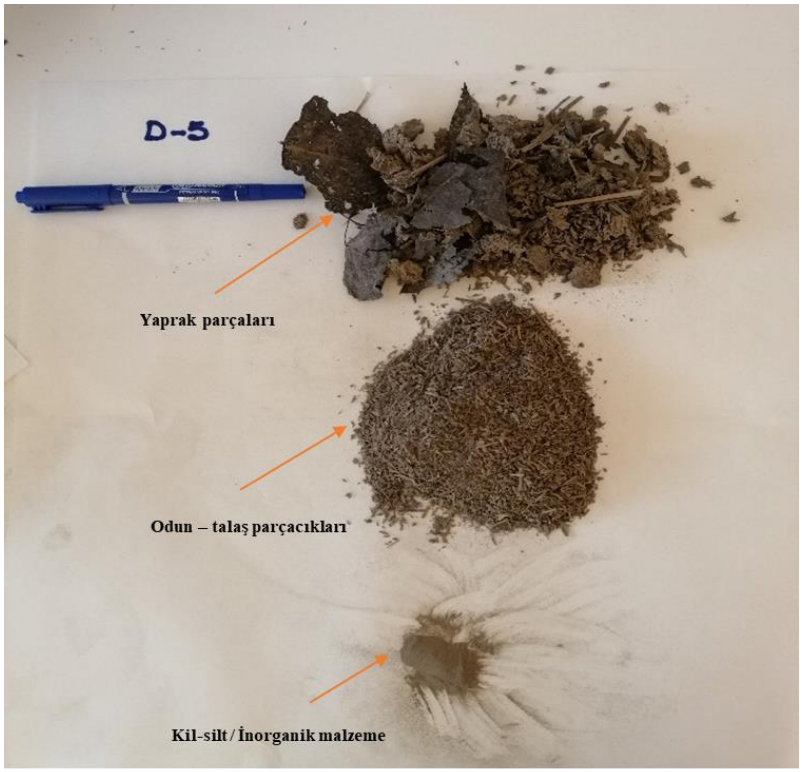
ve CH_4 gibi gaz çıkışları çok yoğun olarak gözlenmektedir. Bu tip sedimentlerin rengi siyaha çalan koyu kahverengidir. Sucul sistemlerde sedimentteki organik madde konsantrasyonunun artışı yüksek oranda çözünmüş oksijen miktarını düşürmekte, parçalanma reaksiyonlarını hızlandırmaktadır. Bu anoksik ortam hem su kalitesini hem canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir.

Yukarıdaki paragraftaki tanımlamalar ışığında Dilderesi Havzası kendine özgü ekosistemi, sucul flora ve faunası, en önemlisi çarpık şehirleşme kapsamındaki evsel ve endüstriyel madde içeren atıksuların bolluğu nedeniyle organik maddece zengin olması beklenmektedir. Çalışma sahasında ardışık sezonlarda alınan sediment örneklerinde organik madde miktarı önemli farklılıklar göstermiştir (Tablo 3.42). En önemli farklılıklar, Tembelova ve Kocakaya Alt Havzalarında tespit edilmiştir. Kocakaya Alt Havzasındaki organik madde miktarı kurak sezonda % 72,25 iken yağışlı sezonda % 5,23'e düşmüştür. Tembelova Alt Havzasında ise kurak sezonda % 30,20 iken yağışlı sezonda % 5,97'ye düşmüştür. Bunun başlıca nedenlerinden birisi, organik maddenin çok ciddi oranlarda Dilderesi vasıtasıyla İzmit Körfezine taşınmasıdır. Akıncı vd., (2013) tarafından İzmir İç Körfezi'ne ağır metal katkılarını belirlemek adına farklı havza özelliklerine sahip kentsel nehirlerin incelendiği çalışmada, sediment numunelerinin organik madde içeriklerindeki hızlı değişikliklerin, nehir yataklarında yıkama, taşıma, birikme ve biyolojik bozunma gibi birçok doğal süreci gösterdiğini belirtmiştir.

Tablo 3.42: Alt havza bazında sediment organik madde ve karbonat miktarı.

Örnekleme Noktaları	Organik Madde (%)		$CaCO_3$ (%)	
	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon	Kurak Sezon	Yağışlı Sezon
D1-1	0,4	9,37	7,58	14,16
D1-2	55,39	2,12	5,05	8,33
D1-3	54,50	4,73	25,00	21,49
D2	4,00	3,73	6,50	6,37
D3	5,40	4,82	1,52	6,69
D4	56,20	50,00	22,50	19,00
D5	98,00	8,34	-	44,93
D6	4,50	7,65	4,44	12,08
D7	4,39	3,97	42,05	10,14
D8	13,00	6,32	5,68	0,59
D9	15,60	2,87	14,55	5,78
D10	7,30	5,42	28,03	0,59
D11	19,01	6,22	16,67	57,83
D12	31,00	14,21	30,68	26,17
D13	25,00	4,24	11,36	25,28
D14	0,20	2,60	19,70	37,90

Sediment örneklerinde ortalama en yüksek kalsiyum karbonat değerleri yağışlı sezonda Adatepe ve Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında tespit edilmiştir. Bu değerler sırasıyla % 31,36, % 26,63 ve % 21,49'dur. Kocakaya Alt Havzasından alınan D5 nolu sediment örneğinde kurak sezonda % 98 oranında organik madde çıktığından bu örnek üzerinde karbonat içeriği çalışmaları yapılamamıştır. İlgili numunenin görünümü Şekil 3.43'de verilmiştir. Adatepe Alt Havzası hem kurak hem de yağışlı sezonda alt havzalar arasında en yüksek kalsiyum karbonat içeriğine sahiptir. Sedimentlerdeki karbonatlı bileşiklerin kökeni bölgede yaygın olarak rastlanan jeolojik formasyonlarla ilgilidir.



Şekil 3.43: D5 noktasından alınan sediment örneğinin içinde bulunan yaprak, odun ve talaş parçacıkları.

4. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

Dilderesi Havzası ve alt havzalarında ölçülen fizikokimyasal ve organik kirlilik su kalite parametreleri, iz elementler, ağır metaller ve majör katyonların kendi aralarında istatiksel olarak anlamlılığının test edilmesi ve havzadaki analiz sonuçlarındaki değişimlerin değerlendirilmesi amacı Pearson's Korelasyon Analizi gerçekleştirilmiştir. İz element, ağır metal ve majör katyonların kendi aralarındaki korelasyon analizini gösteren Tablo 4.1 ve Tablo 4.3'de çok güçlü lineer pozitif korelasyon (r=0,75–1) ve güçlü pozitif korelasyona (r=0,50–0,75) sahip olan değişkenler tablo üzerinde kırmızı renk ile gösterilmiştir. Fizikokimyasal ve organik kirlilik su kalite parametrelerinin korelasyon analizi tablosunda çok güçlü lineer pozitif korelasyon (r=0,75–1) ve güçlü pozitif korelasyona (r=0,50-0,75) sahip değişkenler kırmızı renk ile çok güçlü lineer negatif korelasyon ve güçlü negatif korelasyona sahip değişkenler ise yeşil renk ile gösterilmiştir (Tablo 4.2 ve Tablo 4.4). Bu istatistiksel veriler yağışlı ve kurak sezonlar için ayrı ayrı incelenmiş ve yorumlanmıştır.

Dünyadaki göl ve nehirlerin yaklaşık % 40' ı ağır metallerle kirlenmiştir. Bu kirleticilerin kaynakları doğal ve insan kaynaklı olabilmektedir. Doğal kaynaklar, normalde çevrede bulunan metal içeren kayalarla etkileşimleri ve volkanik patlamaları içermektedir [Ledezma et al., 2021]. Ağır metaller Dünya'nın kabuğunun doğal bileşenleri olsa da, su ortamına öncelikle insan faaliyetleri yoluyla girmektedir. Genel olarak, rezervuarların drenaj alanındaki fabrikalar ve tesisler, özellikle metal eritme endüstrisi, imalat süreci, elektro kaplama endüstrisi ve kimya endüstrisi, su ortamındaki antropojenik ağır metallerin ana kökenleridir [Wang et al., 2015]. Noktasal kaynaklara ek olarak, özellikle Dilderesi Havzasındaki çok sayıdaki metal sektörüne ait işletmelerin bacalarından çıkan tozlar, rüzgâr vasıtasıyla taşınan atmosferik ağır metaller alıcı ortama geçiş sağlayabilmektedir.

Kurak sezon için yapılan istatistiksel değerlendirmede, Al elementinin Cr, Fe, Ni, Zn ve Pb ile çok güçlü lineer pozitif korelasyona (0,97-1) sahip olduğu görülmüştür (Tablo 4.1). Akıncı vd., (2013)'e göre Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn metalleri antropojenik kaynaklar tarafından üretilmektedir. Bu bilgiye göre bahsedilen metaller ile güçlü pozitif korelasyona sahip Al elementinin de yüksek olasılıkla antropojenik kaynaklı üretildiği düşünülmektedir. Ni ile Zn ve Pb arasında çok güçlü lineer pozitif korelasyonlar (1 – 0,97) bulunmuştur. Johansson et al., (2009) tarafından yapılan bir

çalışmada Ni elementinin yaklaşık %80'inin, Zn elementinin % 40'ının ve Pb elementinin % 90'ının egzos emisyonlarından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Taşıt emisyonlarından kaynaklanan kirleticilerin kimyasal bileşimleri bölgelere, şartlara, araca, kullanılan yakıta ve zamana göre değişmektedir. Emisyon maddelerinin özelliklerinin kapsamlı karakterizasyonun yapıldığı çalışmalarda egzos emisyonunun ağırlıkça % 0,19 – 0,55 arasında Zn içerdiği, % 0,03 – 6,69 arasında Pb içerdiği ve % 0,67 – 2,77 arasında da Al içerdiği belirtilmiştir [Hao et al., (2019); Chaparro et al., (2010); Güney ve Küçüksarıyıldız, (2019)]. Motorlu taşıtlardaki ağır metal atıklarına bakıldığında, Pb; aşınmış, yıpranmış lastik tozlarında, gres ve motor yağında, benzin içerisinde, Cr; klima ve motor parçalarında, Cu; rulman aşınmasında, motor parçalarında, fren balata tozlarında, Ni ise dizel yakıtlarda ve benzinde, motor yağlarında, fren balata tozlarında görülmektedir [Öztemel vd, 2016]. Çalışma alanında özellikle E5 ve TEM otoyoluna yakın olan bölgelerin Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan 2019 yılı Trafik Hacim Haritası incelendiğinde, Gebze merkezi içine alan bölgede günlük 17967 motorlu araç, Dilovası İlçesinde ise günlük 31988 motorlu araç yoğunluğunun olduğu görülmektedir. Taşıt yoğunluğunun olduğu bahsi geçen bölgelerde çalışma sahasının alt havzalarını oluşturan; Adatepe, Kocakaya, Tembelova ve Pelitli Alt Havzaları yer almaktadır. Bu alt havzalardaki Cr, Ni, Pb, Zn ve Al gibi metallerin konsantrasyonları değerlendirildiğinde diğer alt havzalara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu yüksek metal konsantrasyonlarında trafik yükünün de olumsuz yönde etkileri olduğu düşünülmektedir. Benzer birkaç çalışmada Cr, Zn, Cd ve Pb gibi ağır metallerin başlıca antropojenik kaynaklarının arasında araç trafiği kaynaklı emisyonların olduğu belirtilmiştir [Johansson et al., (2009); Ali vd., (2019)]. Bir başka çalışmada ise İzmir Körfezine dökülen nehirlerden alınan su örneklerinde Ni – Cr, Ni – Zn ve Zn – Pb konsantrasyonlarının arasında güçlü korelasyonlar bulunduğu ve Ni' in muhtemelen Cr ve Zn ile aynı kaynak tarafından üretildiğini, tüm şehri etkileyen atmosferik kirliliğin bu metallerin ana kaynağı olabileceği belirtilmiştir [Akıncı et al., 2013].

Mn ile Al (0,58), Cr (0,57), Co (0,64), Zn (0,56), Cu (0,88), Ni (0,57) ve Fe (0,59) güçlü korelasyona sahiptir. Benzer korelasyonlar Turhan et al., (2021) tarafından Sivas Tohma deresinde toksik metallerin yüzey suyuna etkisinin araştırıldığı çalışmada görülmüştür. Bu çalışmada Mn'nin Fe, Ni, Cu ve Zn ile yüksek korelasyona sahip olduğu, bu metallerin benzer kaynaklardan elde edildiği ve birlikte hareket ettikleri belirtilmiştir. Cr ile Zn (0,98), Pb (0,96) arasında çok güçlü lineer

pozitif korelasyon olduğu dikkat çekmektedir. Korelasyon analizi tablosunda aralarında çok güçlü lineer pozitif korelasyon (0,99) bulunan Cr ve Ni metalleri değerlendirildiğinde, iki metal için de ortak antropojenik kaynağın metal sektörü yanında fosil yakıtlardan kömürün yakılması ve odun/odun türevleri yakma işlemleri olduğu düşünülmektedir. Ali vd., (2019) tarafından yapılan tehlikeli ağır metallerin çevre kimyası ve ekotoksikolojisi konulu çalışmada küresel olarak, yaklaşık 50.000 ton/yıl Cr ve 60.000 ton/yıl Ni'in kömür yanmasından ortama salındığı, Nikelin büyük bir kısmının da külün içerisinde kalarak depolandığı belirtilmiştir.

Tablo 4.1: Kurak sezon iz element, ağır metal ve majör katyon korelasyon analizi tablosu.

	Al	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Si	Ca	Mg	K	Na
Al	1														
Cd	-0,20	1													
Cr	1	-0,19	1												
Co	0,92	-0,15	0,91	1											
Cu	0,53	0,07	0,54	0,55	1										
Fe	1	-0,20	0,99	0,94	0,53	1									
Mn	0,58	0,01	0,57	0,64	0,88	0,59	1								
Ni	1	-0,16	0,99	0,91	0,52	0,99	0,57	1							
Pb	0,97	-0,25	0,96	0,87	0,40	0,97	0,49	0,97	1						
Zn	0,99	-0,14	0,98	0,88	0,51	0,98	0,56	1	0,97	1					
Si	0,33	-0,02	0,31	0,34	0,78	0,33	0,89	0,34	0,29	0,35	1				
Ca	0,76	-0,31	0,73	0,80	0,59	0,76	0,73	0,76	0,75	0,74	0,66	1			
Mg	0,44	0,03	0,40	0,52	0,13	0,44	0,23	0,49	0,47	0,45	0,22	0,69	1		
K	0,21	-0,12	0,20	0,26	0,66	0,24	0,61	0,21	0,16	0,20	0,65	0,45	0,24	1	
Na	0,74	-0,47	0,73	0,79	0,39	0,77	0,46	0,71	0,73	0,68	0,21	0,65	0,41	0,51	1

Kurak sezonda, KOİ ve Çözünmüş Oksijen parametreleri arasında güçlü negatif korelasyon (-0,77), KOİ ve BOİ parametreleri arasında da çok güçlü lineer pozitif korelasyon (0,97) olduğu görülmüştür (Tablo 4.2). Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) sudaki yükseltgenebilir maddelerin kimyasal yollarla oksitlenmeleri için gerekli oksijen miktarıdır. Evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), aerobik bakteriler tarafından parçalanabilen organik maddeler için tüketilen oksijen miktarıdır. Sudaki kirlilik yükünün genel bir göstergesidir. Kimyasal olarak oksitlenebilecek bileşikler, biyolojik olarak oksitlenebileceklerden daha fazla olduğundan bir atık

maddenin KOİ' si, BOİ' sinden genel olarak daha büyüktür. Birçok su numunesinde BOİ ve KOİ arasında korelasyon kurmak mümkündür [Web-12, 2020].

Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun düşüklüğü, yüksek KOİ ve BOİ 'ye işaret etmektedir. Bu çerçevede KOİ – BOİ ile çözünmüş oksijen arasında negatif güçlü korelasyon ile karşılaşılırken, KOİ ve BOİ arasındaki çok güçlü lineer pozitif korelasyon istatistiksel olarak beklenen bir durumdur. Fan et al., (2010)'nin Çin'in güneydoğusunda bulunan Pearl Nehri Deltası'nda yapmış olduğu çalışmada KOİ ve BOİ arasındaki çok güçlü lineer pozitif korelasyonun evsel ve endüstriyel atık sudan gelen organik kirleticilerle ilgili olduğu, BOİ ve çözünmüş oksijen arasındaki negatif korelasyonun ise dereye çok sayıda atık su deşarjına neden olan yoğun kentsel ve endüstriyel faaliyetlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Yaz aylarında mikrobiyal aktivitenin artması sebebiyle organik maddelerin bozunması ve bu reaksiyonlara bağlı çözünmüş oksijen seviyesinin düşmesi nedeniyle KOİ ve BOİ değerleri yükselmektedir. Bu durumu korelasyon grafiğinde gözlenen çözünmüş oksijen ile KOİ ve BOİ parametrelerinin arasındaki güçlü negatif korelasyon (-0,77 ve 0,79) da açıklamaktadır. Çözünmüş oksijen ile Toplam Organik Karbon arasında kurak sezonda güçlü negatif korelasyon (-0.74) görülmüş, ancak yağışlı sezonda aralarındaki korelasyon (-0.40) keskin bir şekilde azalmıştır. Bu veriler, çözünmüş oksijenin her zaman TOK ile yüksek oranda ilişkili olmadığını göstermektedir. Bu nedenle, yerüstü su kalitesini değerlendirmek için bir gösterge parametresi olarak çözünmüş oksijen kullanılırken mevsimsel değişiklikler de dikkate alınmalıdır. Laboratuvar sonuçları göstermiştir ki Dilderesi Havzasında pH parametresi diğer değişkenler ile anlamlı bir ilişki içerisinde görülmemektedir.

Tablo 4.2: Kurak sezon fizikokimyasal ve organik kirlilik parametrelerinin korelasyon analizi tablosu.

	pH	İletkenlik	Çöz. Oksijen	KOİ	BOİ	Nitrat	TOK	AKM	Amonyak	Alkalinite
pH	1									
İletkenlik	-0,88	1								
Çöz. Oksijen	0,78	-0,84	1							
KOİ	-0,90	0,90	-0,77	1						
BOİ	-0,81	0,83	-0,79	0,97	1					
Nitrat	-0,92	0,86	-0,69	0,95	0,87	1				
TOK	-0,89	0,91	-0,74	0,99	0,94	0,95	1			
AKM	-0,93	0,92	-0,75	0,96	0,88	0,97	0,97	1		
Amonyak	-0,00	0,09	-0,15	0,02	0,02	0,02	0,03	0,07	1	
Alkalinite	0,15	0,14	-0,25	0,05	0,18	-0,20	0,05	-0,08	0,07	1

Yağışlı sezonda, Al elementinin, Cr, Fe, Ni ile çok güçlü lineer pozitif korelasyona (0.82 – 0.91 arası) sahip olduğu görülmüştür (Tablo 4.3). Bu parametreler literatür çalışmalarında antropojenik kaynaklı kirliliğe işaret etmektedir [Vega et al., (1998); Voutsa et al., (2001)]. Dolayısıyla, çalışma alanındaki Al kaynağının da yüksek olasılık ile antropojenik kaynaklı olduğu söylenebilir. Toprak alkali metal kaynaklarını temsil eden Ca ve Mg'un diğer elementler ile anlamlı bir korelasyona sahip olmadığı tespit edilmiştir. Diğer bir açıdan, iletkenlik parametresinin Mg, K ve Na elementleri ile güçlü pozitif korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Cr ile Ni (0,94) ve Fe (0,94) arasında çok güçlü lineer pozitif korelasyon, Mn (0,61) ile arasında güçlü pozitif korelasyon görülmüştür. Cr'un Ni, Fe ve Mn ile güçlü korelasyonu, bu metallerin benzer benzer kaynaklardan oluştuğunu göstermektedir.

Tablo 4.3: Yağışlı sezon iz element ve majör katyon korelasyon analizi tablosu.

	Al	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Si	Ca	Mg	K	Na
Al	1														
Cd	0,04	1													
Cr	**0,89**	-0,24	1												
Co	**0,56**	0,25	0,46	1											
Cu	0,23	-0,32	0,35	-0,20	1										
Fe	**0,82**	-0,21	**0,94**	0,49	0,44	1									
Mn	0,34	-0,03	**0,61**	0,37	-0,03	**0,61**	1								
Ni	**0,91**	-0,06	**0,94**	**0,63**	0,32	**0,90**	0,46	1							
Pb	0,16	-0,02	0,21	0,47	-0,23	0,18	0,19	0,27	1						
Zn	0,35	-0,15	0,14	-0,07	-0,07	0,14	-0,19	0,06	-0,39	1					
Si	0,36	-0,09	0,49	0,38	-0,06	**0,56**	**0,80**	0,36	0,20	0,13	1				
Ca	0,22	0,26	0,04	-0,03	0,15	-0,05	-0,12	0,01	-0,16	0,28	-0,07	1			
Mg	0,27	0,14	0,06	0,20	-0,22	-0,02	-0,21	0,09	0,39	0,36	0,00	0,34	1		
K	**0,59**	0,06	0,48	**0,64**	0,00	0,42	0,22	**0,57**	**0,53**	0,10	0,37	0,17	**0,72**	1	
Na	0,45	0,16	0,27	**0,53**	-0,17	0,21	0,05	0,36	**0,54**	0,19	0,27	0,22	**0,89**	**0,94**	1

Turan ve Ülkü, (2013)' nün yapmış oldukları çalışmada iletkenlik parametresinin, sulardaki iyon konsantrasyonunun belirlenebilmesi için geliştirilmiş bir parametre olduğu, çözünmüş katı maddelerden (nitrat, karbonat, sülfat, klorür, sodyum, potasyum, kalsiyum) ileri geldiği belirtilmiştir. Bununla birlikte pH ve Çözünmüş Oksijen parametrelerinin, incelenen kirleticiler ile genellikle güçlü negatif korelasyona sahip olduğu görülmüştür (Tablo 4.4). Bunun nedeni, pH değerlerinin değişiminin diğer parametrelere kıyasla düşük olması ile ilişkilendirilebilir. KOİ ile BOİ ve TOK arasında çok güçlü lineer pozitif korelasyon (0,88) görülmüştür. Buna benzer şekilde BOİ ile TOK arasında da çok güçlü lineer pozitif korelasyon (0,98) görülmüştür. TOC ve KOİ arasındaki güçlü doğrusal ilişki, atık su analizlerinde KOİ'ye alternatif bir ölçüm olarak TOC' nin potansiyel kullanımını desteklemektedir. Benzer şekilde BOİ ile güçlü ilişkisi, TOK ölçümlerinin evsel ve belediye atık sularının giriş gücünün bir ölçüsü olarak güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini doğrulamaktadır [Dubber and Gray, 2010].

Kurak sezonda çözünmüş oksijen ile organik ilişkili TOK ve nitrat arasında, güçlü negatif korelasyon (-0,74 ve -0,69) görülürken, yağışlı sezonda önemli ölçüde azalmıştır (-0,40 ve -0,05). Çalışma alanında çözünmüş oksijenin her zaman TOK ve nitrat ile güçlü düzeyde ilişkili olmadığı görülmektedir. Bu nedenle, yüzey suyu

kalitesini değerlendirmek için çözünmüş oksijen bir gösterge olarak kullanılırken, mevsimsel değişiklikler dikkate alınmalıdır.

Tablo 4.4: Yağışlı sezon fizikokimyasal ve organik kirlilik parametrelerinin korelasyon analizi tablosu.

	pH	İletkenlik	Çöz. Oksijen	KOİ	BOİ	Nitrat	TOK	AKM	Amonyak	Alkalinite
pH	1									
İletkenlik	-0,24	1								
Çöz. Oksijen	**0,56**	-0,48	1							
KOİ	**-0,55**	0,22	-0,48	1						
BOİ	**-0,61**	0,15	-0,33	**0,88**	1					
Nitrat	-0,23	0,30	-0,05	**0,52**	**0,71**	1				
TOK	**-0,62**	0,18	-0,40	**0,88**	**0,98**	**0,67**	1			
AKM	-0,09	0,29	0,08	0,18	0,24	0,33	0,28	1		
Amonyak	**-0,60**	0,27	**-0,60**	**0,66**	**0,73**	0,40	**0,72**	-0,02	1	
Alkalinite	-0,29	-0,11	0,24	0,25	0,48	**0,60**	0,45	**0,57**	0,00	1

5. SONUÇLAR ve YORUMLAR

İklim değişikliği ve küresel ısınma son 10 yıldır hayatımıza giren iki önemli kavramdır. Bu iki kavramın sonuçlarından en önemlisi su kaynakları ile ilgili olandır. Önümüzdeki birkaç 10 yılda bütün dünyayı olduğu gibi, ülkemizi de su kısıtı tehdit etmektedir. Bu nedenle doğal su kaynaklarımızı koruma ve kontrol altında tutmak sadece bilim insanlarının değil tüm yurttaşların, yerel yönetimlerin ve merkezi idarenin sorumluluğu altındadır.

Dilderesi, tarihi süreçlerde bölge için önemli su kaynaklarından biriyken 1960'lı yıllardan sonra kontrolsüz yerleşim ve sanayi tehdidi ile su kalitesinde önemli olumsuz yönde değişikliklere uğramıştır. Denize döküldüğü İzmit Körfezi'nden Adatepe Alt Havzası boyunca, çok çeşitli sektörlere ait çok sayıda sanayi tesisi ev sahipliği yapmaktadır. Bu bölge, özellikle verimli toprakların, dere yatağına bağlı alüvyonların dolayısıyla yeraltı suyu rezervinin çok yüksek olduğu bir alandır. Bu alanda 1980'li yıllara kadar yakın yerleşim yerlerinin içme ve kullanma sularını temin ettikleri sondaj kuyuları bulunmaktaydı. Günümüzde bu özelliklerinin büyük bir kısmını kaybetmiş durumdadır.

Dilderesi ve onu besleyen kolların, yakın gelecekte en önemli su temin noktalarından biri olabilir. Bu nedenle, Dilderesi ve yakın çevresinin koruma ve kontrol altına alınması, su kalitesi ile ilgili araştırmaların derinleştirilmesi, kontrolsüz deşarjların önlenmesi, her türlü kontrolsüz atığın havza içerisine girmesinin önüne geçilmesi acilen gerekmektedir. Bu görüşten hareketle bu çalışma belirtilen konuya ışık tutmak amacıyla yüksek lisans tezi kapsamında araştırılmaya çalışılmıştır. Dilderesi ve onu besleyen akarsu kolları, su ortamının kalitesindeki değişime katkıda bulunabilecek olan Gebze ve Dilovası sanayi merkezini kapsayan bir bölgenin parçasıdır. Tezin metodolojisi sanayileşme ve kentsel yoğunluk etkilerinden kaynaklanan akarsuların drenaj havzalarında meydana gelen su kalitesindeki ve sediment karakteristiğindeki değişiklikleri ortaya çıkartmaktadır. Çalışma sonucundaki bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- Dilderesi ve kendisini besleyen küçük derelerin su kalitesi ve sediment profilinin detaylı araştırmasının yapılabilmesi için geniş bir alana sahip olan Dilderesi Havzası, 7 adet alt havzaya (Pelitli, Adatepe, Denizli, Demirciler, Tembelova, Kocakaya ve Öteyüz Alt Havzaları) ayrılmıştır. Oluşturulan alt havzaların

seçiminde özellikle organize sanayi bölgelerinin, kaynakların, tarım ve hayvancılık yapılan alanların, taş ocaklarının, tabiat parklarının ve yerleşim alanlarının konumları dikkate alınmıştır.

- Engebeli bir topografik yapıya sahip, çalışma alanının fiziksel özelliklerinin daha iyi tanımlanması için Dilderesi Havzasının yükselti ve eğim haritaları çıkartılmıştır. Havza genelinde, yükselti seviyesinin 0-396 metre arasında değiştiği, doğu kısımlarda yüksek noktaların daha fazla olduğu, güneyde ise yükseltinin azaldığı görülmüştür. Çalışma sahasındaki en yaygın eğim derecesinin 0^0-$11,5^0$ arasında değiştiği, bu durum yörenin morfolojik olarak bir plato olmasının doğal bir sonucu olduğunu göstermektedir.
- Çalışma alanının toprak özelliklerini belirlemek amacıyla havzaya ait büyük toprak grupları haritası elde edilmiştir. Çalışma alanında tespit edilen 5 Büyük Toprak Grubunun oranlarının; % 42,3 Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları, % 26 Kireçsiz Kahverengi toprak, % 22,6 Rendzinalar, % 2,9 Alüvyal topraklar ve % 0,8 Kolüvyal topraklar olduğu görülmüştür.
- Dilderesi Havzasının 2000 ve 2018 yıllarına ait CORINE verileri karşılaştırılmıştır. 2000 yılı CORINE verilerine göre Dilderesi Havzasının % 33,62 ile en yüksek oranda karışık ormanlara, % 10,15 ile ormanlık-çalı alanlara sahip olduğu görülmüştür. 2018 yılı CORINE verilerine göre ise % 22,05 ile en yüksek oranda karayolu ve demiryolu ağlarına, % 18,24 ile endüstriyel veya ticari alanlara sahip olduğu görülmüştür. Bu veriler, çalışma alanındaki arazi kullanımındaki 18 yıllık değişimin net bir şekilde görülebilmesine olanak sağlamıştır.
- Çalışma alanının 1986, 2006 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntülerinde elde edilmiştir. Havza genelinde 2006 yılı ile 2020 yılları arasında endüstriyel ve yerleşim alanlarında yüzde 50'den fazla bir artış gözlenmiştir. 1986 yılına ait uydu görüntülerinde yeni endüstriyel ve yerleşim alanlarının oluştuğu fakat bu alanların havza geneline oranla değerlendirilemeyecek kadar az olduğu dikkat çekmiştir. Uydu görüntüleri ve CORINE verileri, göç nedeniyle hızlı nüfus artışı, kentsel büyüme, sanayileşme gibi antropojenik faktörlerin jeomorfolojik koşullar üzerindeki baskıyı ne derece artırdığı açık bir şekilde göstermiştir.
- Her bir alt havzanın coğrafik ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. Pelitli Alt Havzasında, tavuk çiftlikleri, besi çiftlikleri, küçük çaplı tarım alanlarının

yanında tarım arazileri üzerinde çok sayıda sanayi tesisi olduğu ve taş ocaklarının yer aldığı göze çarpmıştır. Adatepe Alt Havzasında, yeraltı suyunun yüzeye yakın ve büyük miktarda rezerve sahip olması nedeniyle çok sayıda su deposu ve su dolum istasyonlarına rastlanmıştır. Alt Havza sınırları içerisinde Dilovası OSB, Gebze Kimya İhtisas OSB ve Demirciler OSB'nin bir kısmı yer almaktadır. Bu nedenle çok sayıda endüstriyel işletme kaynaklı olumsuz koşullar (hava kirliliği, su kirliliği, trafik yükü) göze çarpmıştır. Geçmiş yıllarda tarım ve hayvancılık ile uğraşıldığı bilinen Denizli Alt Havzasında, köy ve civarında çiftlik ve ağıllarda küçük ve büyükbaş hayvancılığın az da olsa hala devam ettiği görülmüştür. Demirciler Alt Havzası sınırları içerisinde yaşayanların geçim kaynaklarının 2000'li yıllara kadar tarım ve hayvancılık olduğu belirtilmekte fakat bu durumun organize sanayi kuruluşlarının oluşması ve faaliyete geçmesi ile büyük ölçüde değiştiği görülmüştür. Denizli Alt Havzasında bulunan Köseler Mahallesinde 2013 yılı nüfusu 551 kişi iken 2019 yılında bu rakam 2485'e yükselmiştir. Bu hızlı nüfus artışına, toplu konut projelerinin neden olduğu düşünülmektedir. Tembelova Alt Havzası, çokça endüstriyel işletme ve OSB'lerin yer aldığı, yerleşim alanları ile sanayi tesislerinin iç içe olduğu bir bölge durumundadır. TEM otoyolu, Tembelova Alt Havza sınırları içerisinden geçmektedir. TEM otoyolunun geçtiği bir diğer Alt Havza, Kocakaya Alt Havzasıdır. TEM otoyoluna ek olarak D100 karayolunun da bu bölgeden geçmesi dolayısıyla yoğun trafik yükü görülmektedir. Kocakaya Alt Havzasında birçok taş ocağı bulunmaktadır. Buna bağlı çok sayıda ağır taşıt, taş ocakları yakınında çalışmaktadır. Öteyüz Alt Havzası, diğer alt havzalar içerisinde daha çok yeşil alana sahip olan, küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin hala devam ettiği nadir bölgelerden birisidir.

- Dilderesi Havzasının akarsu kollarının kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Dilderesi ve onu besleyen kolları üzerinde Temmuz ve Kasım (2020) aylarında 2 kez olmak üzere 16 noktadan su örnekleri alınmıştır. Fizikokimyasal ve organik kirlilik parametrelerinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm örneklerde pH değerleri genel olarak alkali değer aralığında (7,00 – 8,27) ölçülmüştür. Kocakaya, Pelitli ve Adatepe Alt Havzalarında kurak sezonda ortalama çözünmüş oksijen değerleri 0,53, 0,33 ve 2,55 mg/L iken, yağışlı sezonda 7,38, 8,1 ve 6,69 mg/L seviyelerine yükselmiştir. İletkenlik değerlerinde geniş bir değer aralığı (613–2218 µs/cm) gözlenmiştir. Dilderesi'nin denize

dökülen ağız kısmının Adatepe Alt Havzasını temsil eden noktalara yakın yerde olması sebebiyle yüksek iletkenlik değeri deniz suyu girişimiyle ilişkilendirilmiştir. Çözünmüş oksijenin düşük olduğu noktaların yakın çevresinde OSB'lerin bulunması, suyun yoğun kirlilik baskısı altında olduğunu göstermiştir. Dilderesi ana havzasında AKM sonuçları 2 mg/L ve üzerinde tespit edilmiştir. Özellikle taş ocaklarınca zengin olan Pelitli ve Kocakaya Alt Havzalarında AKM miktarının diğer alt havzalara göre daha yüksek olması, taş ocaklarında yapılan faaliyetler, yakın bölgelerdeki arazi düzleme çalışmaları ve yeni açılan karayolları ile ilişkilendirilmiştir. Ölçülen alkalinite değerlerinin yağışlı sezonda daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin yüzeysel yağış miktarları ve seyrelme faktörüyle ilgili olabileceği düşünülmüştür. Nitrat ve amonyak değerleri, kurak sezonda yağışlı sezona göre daha yüksek ölçülmüştür. En yüksek nitrat konsantrasyonu (45,72 mg NO_3^--N/L) Kocakaya Alt Havzasında ölçülmüştür. Yüksek nitrat konsantrasyonu, bahçe bitkilerinin yetiştirildiği dere kenarındaki tarım alanlarından gelen organik ve inorganik gübrelerin ayrışma ürünü, bitki kalıntılarının parçalanması ve bölgedeki büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği ile ilişkilendirilmiştir. Amonyak seviyesinin en yüksek ölçüldüğü Tembelova Alt Havzası sınırları içerisinde eski Gebze Çöp Depolama Sahası bulunmaktadır. Yüksek amonyak konsantrasyonu, çöp depolama sahasının sızıntı suları ile ilişkilendirilmiştir. BOİ değerleri (0 – 6 mg/L) ve KOİ değerleri (6 – 64 mg O_2/L), Demirciler, Öteyüz ve Denizli Alt Havzalarında düşük seviyelerde ölçülmüştür ancak arıtılmamış evsel atık sulardan ve / veya endüstriyel atık sulardan daha çok etkilenen Adatepe, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında yüksek BOİ ve KOİ değerleri gözlenmiştir. Dilderesi Havzasında TOK değerinin düşüş ve artışında doğrudan akla gelen kaynaklar; yerleşim, sanayi tesisleri, küçük ve orta ölçekli olsa bile tarım ve hayvancılık faaliyetleridir.

- Fizikokimyasal ve organik kirlilik parametreleri YSKY Ek-5 Tablo 2 Kalite Kriterleri Sınıflarına göre değerlendirildiğinde, tüm parametreler için genel olarak Kocakaya, Adatepe ve Pelitli Alt Havzalarının III. Sınıf (orta) ya da IV. Sınıf (zayıf) su kalitesinde buna karşılık Öteyüz, Denizli ve Demirciler Alt Havzalarının genel olarak I. Sınıf (çok iyi) ya da II. Sınıf (iyi) su kalitesinde oldukları tespit edilmiştir.

- Majör Katyonların (Ca, Mg, Na ve K) analiz sonuçlarında; Ca konsantrasyonlarının yağışlı sezonda daha yüksek ölçüldüğü görülmüştür. Bunun nedeni olarak yüzeyleyen kireçtaşı formasyonlarının ayrışma proseslerinin devam etmesi gösterilmiştir. Mg değerleri 8,76 mg/L - 28,91 mg/L arasında değişmiştir. Mg'nin yüksek derişimleri yüzeye yakın kayaçlardan ya da sığ sulardan karıştığını göstermiştir. Ca ve Mg arasında çok güçlü lineer pozitif korelasyon olduğu görülmüş, bu durum Mg elementinin daha çok dolomit fazındaki kayaçlardan kaynaklı suya karıştığına işaret etmiştir. Buna ek olarak Ca ve Mg'un kaynağının jeojenik olduğu görüşü hakim olmuştur. Na konsantrasyonu özellikle OSB'lerden kaynaklanan atıksuların deşarj edildiği Adatepe, Tembelova, Kocakaya ve Pelitli Alt Havzalarında yüksek oranda ölçülmüştür. Adatepe Alt Havzasında yağışlı sezondaki Na konsantrasyonundaki artışın, buradaki örnekleme noktalarının Dilderesi'nin denize döküldüğü konuma çok yakın yerde olması, yağmurun ve akıntının etkisiyle deniz suyu girişiminin neden olduğu düşünülmüştür. Buna ek olarak sanayi tesislerinden atık su deşarjlarının örnekleme noktalarının yakınında yapılıyor olması da artışa neden olarak gösterilmiştir. K değeri, 2,62 mg/L ile 33,13 mg/L arasında değişmiştir. Na ve K arasındaki korelasyon ilişkisi değerlendirildiğinde kurak sezonda Kocakaya ve Denizli alt havzalarındaki D5 ve D8 noktalarından alınan örneklerin farklı karakterde olmaları nedeniyle korelasyon katsayısını düşürdükleri dikkat çekmiştir. Bu durum, antropojenik etkilerin su kalitesi üzerinde çok büyük bir öneme sahip olduğunu işaret etmiştir.
- İz element ve ağır metallerin analiz sonuçları değerlendirildiğinde; çalışma alanındaki Al konsantrasyonu 0,01 mg/L - 21,06 mg/L arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek Kocakaya Alt Havzasında ölçülmüştür. Yüksek Al konsantrasyonı ölçülen alt havzalarda, havza sınırları içerisinde OSB'lerin bulunması ile ilişkili olarak endüstriyel atıksu deşarjlarının sebebiyet verdiği düşünülmüştür. Fe konsantrasyonu, Al konsantrasyonu ile benzer şekilde en yüksek (11,20 mg/L) Kocakaya Alt Havzasında ölçülmüştür. Jeolojik yapıların, asit maden drenajları, endüstriyel atıklar ve çöp sahası sızıntılarının Fe konsantrasyonu artışına etki ettiği düşünülmüştür. Kocakaya ve Pelitli Alt Havzasındaki metal işleme faaliyetleri, boya, plastik, kaplama endüstrisi, tarım ilaçları ve yem sanayi kaynaklı fabrika atıklarının deşarjının, bu havzalardaki yüksek Cu konsantrasyonuna neden olduğu söylenebilmektedir. En yüksek Cu

konsantrasyonunun ölçüldüğü Denizli Alt Havzasında, bakır kaynağı olabilecek Dilderesi'nin Kılıç Dere kolu, birçok metal geri dönüşüm, ambalaj yıkama vb. faaliyet gösteren tesislerin atık sularını taşımaktadır. Çalışma alanında Zn ve Pb konsantrasyonlarının en yüksek ölçüldüğü alt havza Kocakaya Alt Havzası olmuştur. Bu bölgede yer alan taş ocaklarında ve buna bağlı ağır taşıtların çalışması ile oluşan emisyonlar, metal atıkların kontrolsüz bir şekilde ocaklarda tutulması, yapılan saha çalışmalarındaki gözlemler bu durumdan kaynaklı olabileceğini göstermiştir. Çalışma alanında Ni konsantrasyonu en yüksek, Kocakaya Alt Havzasında ölçülmüştür (4377 µg/L). Kocakaya Alt Havzasına dökülen dere kollarının çok yakınında yağ fabrikalarının yer aldığı dikkat çekmiş, bu durum nikelin yağ üretimi yapan işletmelerde hidrojenasyon işleminde katalizör olarak kullanılması ile ilişkilendirilerek yüksek Ni konsantrasyonunun nedenlerinden biri olduğu düşünülmüştür. Nikel ve Co birbiriyle yakın ilişkili elementlerdir. Ni konsantrasyonlarının yüksek olduğu alt havzalarda aynı şekilde Co konsantrasyonunun da yüksek olduğu, Ni konsantrasyonun düşük olduğu alt havzalarda yine Co konsantrasyonun düşük olduğu tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonu tüm alt havzalarda 2 µg/L'den daha az ölçülmüştür. Bu da tüm alt havzaları yüksek kaliteli su sınıfında göstermiştir. Cr konsantrasyonları incelendiğinde, tüm alt havzalarda yağışlı sezonda daha düşük konsantrasyonda ölçülmüştür. Yağışlı sezondaki yağışın etkisiyle görülen seyrelmenin etkisi ile Cr konsantrasyonun azalmış olduğu düşünülmektedir. İz element ve ağır metal konsantrasyonları genel olarak değerlendirildiğinde Mn, Cd ve Cu hariç diğer metallerin en yüksek konsantrasyonları Kocakaya Alt Havzasında ölçülmüştür.

- İz element ve ağır metal analiz sonuçları, 15 Nisan 2015 tarihli 29327 sayılı Resmi Gazete yayınlanan Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Madde 7 Tablo 5'e göre değerlendirilmiştir. Organik kirlilik ve fizikokimyasal parametrelerin sınıflandırılmasına benzer şekilde yine aynı alt havzaların (Kocakaya, Adatepe, Tembelova ve Pelitli) genel olarak III. Sınıf (kirlenmiş su) ya da IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) su kalitesinde, Öteyüz, Denizli ve Demirciler Alt Havzalarının da genel olarak I. Sınıf (yüksek kaliteli su) ya da II. Sınıf (az kirlenmiş su) su kalitesinde oldukları görülmüştür.

- Çalışma sahasından alınan sediment örneklerinin karakteristiğinin belirlenmesi amacıyla yapılan organik madde ve karbonat tayini ile tane boyu dağılımı analizleri sonucunda; tüm örnekleme noktalarında çoğunlukla çakıl yüzdesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiş, kurak sezonda baskın litolojinin Kumlu Çakıl ve Çakıllı Kum, yağışlı sezonda ise Çamurlu Kumlu Çakıl, Kumlu Çakıl ve Çakıllı Çamurlu Kum olduğu görülmüştür. Sediment örneklerinde organik madde miktarında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak organik maddenin çok ciddi oranlarda Dilderesi vasıtasıyla İzmit Körfezine taşınması gösterilmiştir. Hem kurak hem de yağışlı sezonda alt havzalar arasında en yüksek kalsiyum karbonat içeriği Adatepe Alt Havzasında ölçülmüştür. Karbonatlı bileşiklerin kökeninin bölgedeki yaygın olarak rastlanan jeolojik formasyonlarla ilişkili olduğu düşünülmektedir.
- Havzadaki analiz sonuçlarındaki değişimlerin değerlendirilmesi amacı ile kurak ve yağışlı sezonlar için Pearson's Korelasyon Analizi uygulanmıştır. Kurak sezon için yapılan iz element, ağır metal ve majör katyon korelasyon analizinde özellikle Al, Cr, Co ve Fe olmak üzere, metallerin kendi aralarında çok güçlü lineer ve güçlü pozitif korelasyona sahip oldukları görülmüştür. Kurak sezonda fizikokimyasal ve organik kirlilik parametrelerinin korelasyon analizinde ise pH ve çözünmüş oksijen parametrelerinin diğer parametreler ile çok güçlü lineer negatif korelasyona, iletkenlik, KOİ ve BOİ parametrelerinin ise diğer parametreler ile çok güçlü lineer pozitif korelasyona sahip olduğu gözlenmiştir. Yağışlı sezon için yapılan iz element, ağır metal ve majör katyon korelasyon analizinde kurak sezona benzer şekilde Al, Cr, Co ve Fe elementlerinin diğer metaller ile çok güçlü lineer ve güçlü pozitif korele olduğu, fizikokimyasal ve organik kirlilik parametrelerinin korelasyon analizinde de pH'ın diğer parametreler ile güçlü negatif korelasyona, KOİ ve BOİ parametrelerinin ise diğer parametreler ile çok güçlü lineer ve güçlü pozitif korelasyona sahip olduğu gözlenmiştir.

Dilderesi Havzası, doğal su kalitesini korumada evsel ve endüstriyel atıksu deşarjlarının baskısı altındadır. Bu çerçevede Dilderesi ve kolları için sistematik bir hidrokimya çalışması çok farklı sonuçlar vermektedir. Bu sonuçlar, durum tespitinde zorluklar ve kesin olmayan yorumların yapılmasına neden olabilmektedir.

Dilovası Havzası hızlı sanayileşme, buna bağlı olarak ulaşım ihtiyacı, tüm bunlarla beraber çok hızlı gelişim gösteren Marmara Bölgesinin hemen girişinde yer alması nedeniyle her yönüyle büyük bir baskı altındadır. Havza genelinde çok sayıda bulunan doğal kaynak suları bu baskılardan öncelikle etkilenen unsurlardan biridir. Kuzey Otoyolu inşaatı sırasında 10 dan fazla kaynağın artık ulaşılabilir olmadığı özellikle küçük çaplı hayvancılık yapan bölge insanının bu durumdan etkilendiği yönünde bilgilere ulaşılmıştır.

Bu çalışmanın oluşturulması sırasında global olarak yaşanan COVID-19 Salgın süreci ve araştırma bütçesinin sınırlı olması daha çok data üretilmesini engellemiştir. Gelecekteki çalışmaların, daha büyük bütçeli ve örnek noktaları çoğaltılarak, daha sık örnek alınarak yapılması tarafımızdan önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abdel-Satar A. M., Ali M. H., Goher M. E., (2017), "Indices of water quality and metal pollution of Nile River, Egypt", Egyptian Journal of Aquatic Research, 43, 21-29.

Akinci G., Guven D., Ugurlu S. K., (2013), "Assessing pollution in Izmir Bay from rivers in western Turkey: Heavy metals", Environmental Science: Processes and Impacts, 15 (12), 2252– 2262.

Aksever F., Karagüzel R., Mutlutürk M., (2015), "Evaluation of groundwater quality and contamination in dirnking water basins: a case study of the Senirkent-Uluborlu basin (Isparta-Turkey)", Environmental Earth Sciences, 73, 1281-1293.

Aktaş E., (1998), "Gebze-Dilovası Arasındaki Bölgenin Jeolojisinin ve Taş Ocaklarının Ekonomik Jeolojisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.

Ali H., Khan E., Ilahi I., (2019), "Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity and Bioaccumulation", Journal of Chemistry, 4, 1-14.

Bakan G., Şenel B., (2000), "Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması", Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 24, 135-141.

Bidhendi G. R. N., Karbassi A. R., Nasrabadi T., Hoveidi H., (2007), "Influence of copper mine on surface water quality", International Journal of Environmental Science & Technology, 4 (1), 85-91.

Bingöl D., Ay Ü., Bozbaş S. K., Uzgören N., (2013), "Chemometric evaluation of the heavy metals distribution in waters from the Dilovası region in Kocaeli, Turkey", Marine Pollution Bulletin, 68, 134–139.

Bom A., (2007), "Gebze ve Yakın Çevresinin Coğrafi Özellikleri ve Şehiriçi Arazi Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Bonanno G., (2012), "Arundo donax as a potential biomonitor of trace element contamination in water and sediment", Ecotoxicology and Environmental Safety, 80, 20-27.

Booth B. D., (1991), "Urbanization and the Natural Drainage System – Impacts, Solutions, and Prognoses", The Northwest Environmental Journal, 7, 93-118.

Bulut M. S., Yalçın M. N., Algan O., (2019), "İstanbul-Yenikapı'daki Holosen yaşlı istifin sedimentolojik özellikleri ve çökelme ortamları", Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 160, 21-43.

Cabral P. F. P., Silva M. H. L., da Silva I. S., Castro A. C. L., (2020), "Evaluation of Heavy Metals in Streams of the Bacanga and Cachorros Watersheds in São Luís, Brazil", Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 105, 299-306.

Chaparro M. A. E., Marie D. C., Gogorza C., Navas A., Sinito A. M., (2010), "Magnetic studies and scanning electron microscopy-X-ray energy dispersive spectroscopy analyses of road sediments, soils and vehicle-derived emissions", Studia Geophysica et Geodaetica, 54, 633-650.

Cücü A., (2013), "Dilovası İlçesinin Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası", Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi.

Çalışkan L., (2018), "Kurtboğazı Havzası ve Onu Besleyen Havzaların Kalite Parametrelerinin İzlenmesi ve Planlanması", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Dişli M., Akkurt F., Alıcılar A., (2004), "Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Bazı Kimyasal Parametrelerinin Mevsimlere Göre Değişiminin Değerlendirilmesi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19, 287-294.

Dubber D., Gray N. F., (2010), "Replacement of chemical oxygen demand (COD) with total organic carbon (TOC) for monitoring wastewater treatment performance to minimize disposal of toxic analytical waste", Journal of Environmental Science and Health Part A, 45 (12), 1595-1600.

Dumansızoğlu M., (2017), "Gebze Organize Sanayi Bölgesinin Gelişim Süreci ve Mekansal Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.

Durhasan D., (2006), "Baraj Göllerinden Su Temininde Derinliğin Su Kalitesine Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.

Ergin M., Saydam C., Baştürk Ö., Erdem E., Yörük R., (1991), "Heavy metal concentrations in surface sediments from two coastal inlets (Golden Horn Estuary and İzmit Bay) of the Northeastern Sea of Marmara", Chemical Geology, 91, 269-285.

Ergül H. A., Varol T., Ay Ü., (2013), "Investigation of heavy metal pollutants at various depths in the Gulf of Izmit", Marine Pollution Bulletin, 73, 389–393.

Espinosa-Reyes G., Gonzalez-Mille D. J., Ilizaliturri-Hernandez C. A., Mejía-Saavedra J., Cilia-Lopez G., Costilla-Salazar R., Díaz-Barriga F., (2014), "Effect of Mining Activities in Biotic Communities of Villa de la Paz, San Luis Potosi, Mexico", BioMed Research International, 165046.

Fan X., Cui B., Zhao H., Zhang Z., Zhang H., (2010), "Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques", Procedia Environmental Sciences, 2, 1220-1234.

Folk R. L., Ward W. C., (1957), "Brazos River Bar: a Study of Significance of Grain Size Parameters. Journal of Sedimentary Petrology", 27, 3-26.

Gayathri S., Krishnan K. A., Krishnakumar A., Maya T. M. V., Dev V. V., Antony S., Arun V., (2021), "Monitoring of heavy metal contamination in Netravati river basin: overview of pollution indices and risk assessment", Sustainable Water Resources Management, 7, 20.

Gokalp Z., Mohammed D., (2019), "Assessment of heavy metal pollution in Heshkaro stream of Duhok city, Iraq", Journal of Cleaner Production, 237, 117681.

Gögyıldız S., (2019), "Dilovası (Kocaeli) Endüstriyel Bölgesinde Gözlenen Toprak Kirliliğinin Mekânsal Ve Zamansal Değişiminin Metaller Açısından İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi.

Gölbaşı S., Şen B., (2008), "Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri", E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 25, 353-358.

Güher H., Öterler B., (2020), "Seasonal Change of Physicochemical Properties of Kayalıköy Reservoir (Kırklareli/Turkey) and Determination of Water Quality", Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 6 (2), 127-143.

Güney B., Küçüksarıyıldız H., (2019), "Taşıt Emisyonlarının Mikroyapı Analizi", Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (035902), 884-893.

Hansen A. M., van Afferden M., (2004), "Modeling cadmium concentration in water of Lake Chapala, Mexico", Aquatic Sciences, 66, 266-273.

Hao Y., Deng S., Yang Y., Song W., Tong H., Qiu Z., (2019), "Chemical composition of particulate matter from traffic emissions in a road tunnel in xi'an, China", Aerosol and Air Quality Research, 19, 234-246.

Hayzoun H., Garnier C., Durrieu G., Lenoble V., Le Poupona C., Angeletti B., Ouammou A., Mounier S., (2015), "Organic carbon, andmajor and trace element dynamic and fate in a large river subjected to poorly-regulated urban and industrial pressures (Sebou River, Morocco)", Science of the Total Environment, 502, 296–308.

Hem J. D., (1985), "Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water", U.S. Geological Survey Water-Supply, Paper No. 2254, 3rd Edition.

Hussain J., Dubey A., Husain I., Arif M., Shankar A., (2020), "Surface water quality assessment with reference to trace metals in River Mahanadi and its tributaries, India", Applied Water Sciences, 10, 193.

Hussain J., Husain I., Arif M., Gupta N., (2017), "Studies on heavy metal contamination in Godavari river basin", Applied Water Sciences, 7, 4539-4548.

Johansson C., Norman M., Burman L., (2009), "Road traffic emission factors for heavy metals", Atmospheric Environment, 43, 4681-4688.

Karadavut İ. S., (2007), "Melendiz Havzası Yüzey ve Yeraltısuyu Kirliliğinin Araştırılması", Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi.

Kasımoğlu C., Yılmaz F., (2014), “Tersakan Çayı’ nın (Muğla, Türkiye) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması”, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16 (2), 51-67.

Katip A., (2010), “Uluabat Gölü Su Kalitesinin İzlenmesi”, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi.

Khan S. A., Din Z. U., Zubair I. A., (2011), “Levels of selected heavy metals in drinking water of Peshawar city”, International Journal of Science and Nature, 2 (3), 648-652.

Kılınç M., (2017), “Yoğun Sanayileşmiş Orta Ölçekli Yerleşim Yerlerinde Karşılaşılan Çevre Problemleri, Etkileri Ve Çözümü: Dilovası Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Kim J. H., Gibb H. J., (2006), “Cobalt and inorganic cobalt compounds”, Concise international chemical assessment document; 69, World Health Organization.

KOCVAL, (2019), Kocaeli İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu, Kocaeli Valiliği.

Kurdi M., Eslamkish T., Seyedali M., Ferdows M. S., (2015), “Water quality evaluation and trend analysis in the Qareh Sou Basin, Iran”, Environmental Earth Sciences, 73, 8167-8175.

Küçükali S., (2006), “Hidrolik Sıçramanın Havalandırma Verimliliğinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Małecki J. J., Schoeneich M. K., Eckstein Y., Hołownia M. S., Gruszczynski T., (2017), “Mobility of copper and zinc in near-surface groundwater as a function of the hypergenic zone lithology at the Kampinos National Park (Central Poland)”, Environmental Earth Sciences, 76, 276.

Mutlu E., Demir T., Yanik T., Sutan N. A., (2016), “Determination of Environmentally Relevant Water Quality Parameters in Serefiye Dam-Turkey”, Fresenius Environmental Bulletin, 25, 5812-5818.

Mutlu E., Yanık T., Demir T., (2013), “Horohon Deresi (Hafik-Sivas) Su Kalitesi Özelliklerinin Aylık Değişimleri”, Alınteri Zirai Bilimler Dergisi, 25, 45-57.

Obasi P. N., Akudinobi B. E. B., (2019), “Heavy metals occurrence, assessment and distribution in water resources of the lead–zinc mining areas of Abakaliki, Southeastern Nigeria”, International Journal of Environmental Science and Technology, 16, 8617-8638

Ouyang Y., Nkedi-Kizza P., Wu Q. T., Shinde D., Huang C. H., (2006), “Assessment of seasonal variations in surface water quality”, Water Research, 40, 3800-3810.

Öner Ö., Çelik A., (2011), “Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası’ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi”, Ekoloji 20 (78), 48-52.

Öz Y., Şengil İ. A., (2002), “Bitkisel Yağ Hidrojenasyon Katalizörü Atıklarının Emaye Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6 (1).

Özer O., (2008), “Göksu Deltası’nda Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Su Kalitesi Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi.

Özler H. M., Karaman S., (2011), “Gebze ve Dilovası’nın (Kocaeli) Hidrojeolojik İncelenmesi”, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, 5, 131-180.

Öztemel Z., Tüfenkçi Ş., Çakmakcı T., (2016), “Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi: Şanlıurfa-Viranşehir Karayolu Örneği”, YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 26 (2), 282-287.

Öztürk M., (2017), “Hidrojen Sülfürün Kanalizasyona ve Sağlık Üzerine Etkileri”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Öztürk S., (2011), “Devrekani Çayı Alt Havzası Örnekleminde Havza Yönetim Planının Geliştirilmesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.

Pekey H., (2006), “Heavy Metal Pollution Assessment in Sediments of the İzmit Bay, Turkey”, Environmental Monitoring and Assessment, 123, 219–231.

Pekey H., Karakaş D., Bakoğlu M., (2004), “Source apportionment of trace metals in surface waters of a polluted stream using multivariate statistical analyses”, Marine Pollution Bulletin, 49, 809–818.

Ramani S., Dragun Z., Kapetanovic D., Kostov V., Jordanova M., Erk M., Musliu-Hajrulai Z., (2014), “Surface Water Characterization of Three Rivers in the Lead/Zinc Mining Region of Northeastern Macedonia”, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 66 (4), 514-528.

Saha S., Reza A. H. M. S., Roy M. K., (2019), “Hydrochemical evaluation of groundwater quality of the Tista floodplain, Rangpur, Bangladesh”, Applied Water Science, 9, 198.

Sajeev S., Sekar S., Kumar B., Senapathi V., Chung S. Y., Gopalakrishnan G., (2020), “Variations of water quality deterioration based on GIS techniques in surface and groundwater resources in and around Vembanad Lake, Kerala, India”, Geochemistry, 80, 125626.

Samsunlu A., (2008). “Çevre Mühendisliği Kimyası”, 6. Baskı, Birsen Yayınevi.

Satılmış U., (2015), “Değirmendere Havzası (Trabzon) Yerüstü Su Kalitesinin Mekana ve Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Sinolungan M. T. M., Soeroto B., Kondo F., Koumoto T., (2008), “The geochemical characteristics of sediment in Tondano Lake, Indonesia: heavy metals and organic matter contents, and grain size distribution”, Paddy and Water Environment, 6, 341–348.

Smith I. C., Carson B. L., (1981), “Trace Metals in the Environment”, Vol. 6, Ann Arbor Science Publishers.

Streeter J. W., Phelps E. B., (1925), “A study of the pollution and natural purification of the Ohio River”, Public Health Bull., 146.

Sullivan T. J., Cosby B. J., (1998), “Modeling the concentration of aluminium in surface waters”, Water, Air and Soil Pollution, 105, 643-659.

Şükür R., (2020), “Gebze Çevresinde Kırsal Yerleşim”, 47083, Gece Kitaplığı.

Tan İ., Aslan E., (2020), “Metal pollution status and ecological risk assessment in marine sediments of the inner Izmit Bay”, Regional Studies in Marine Science, 33, 100850.

Tezkızan S., (2009), “Gebze-Dilovası Arasında Sanayi Faaliyetlerinin Gelişi ve Çevreye Olan Etkileri”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.

Tolun L. G., Okay O. S., Gaines A. F., Tolay M., Tüfekçi H., Kıratlı N., (2001), “The pollution status and the toxicity of surface sediments in Izmit Bay (Marmara Sea), Turkey”, Environment International, 26, 163-168.

Tong S. T. Y., Chen W., (2002), “Modeling the relationship between land use and surface water quality”, Journal of Environmental Management, 66, 377-393.

Topal M., Karagözoğlu B., Öbek E., Topal E. I. A., (2011), “Bazı Su Mercimeklerinin Nütrient Gideriminde Kullanımı”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4, 12-28.

Topçu A., (2006), “Mogan Gölü Litoral Sedimentte Fosforun Mevsimsel ve Yersel Değişimi ile Göle Salınım Potansiyelinin Araştırılması”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Trebouet D., Schlumpf J. P., Jaouen P., Quemeneur F., (2001), “Stabilized landfill leachate treatment by combined physicochemical-nanofiltration processes”, Water Research, 35 (12), 2935-2942.

Tripathi S. M., Chaurasia S., (2020), “Detection of Chromium in surface and groundwater and its bio-absorption using bio-wastes and vermiculite”, Engineering Science and Technology, an International Journal, 23, 1153–1161.

TUIK, (2019), Adrese dayalı nüfus kayıt bilgileri, Türkiye İstatistik Kurumu.

Turan F., Ülkü G., (2013), "Gökpınar ve Çürüksu Çaylarının Kirlilik Parametre ve Yüklerinin İzlenmesi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (3), 133-144.

Turhan Ş., Duran C., Kurnaz A., Hancerliogullari A., Metin O., Altikulac A., (2021), "Impact of toxic metal pollution on surface water pollution: a case study of Tohma stream in Sivas, Turkey", International Journal of Environmental Analytical Chemistry.

Ustaoğlu F., Tepe Y., (2019), "Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators", International Soil and Water Conservation Research, 7, 47–56.

Uzun M., (2019), "Evaluation of fluvial processes and formation of drainage network with morphometric indices in Dilderesi Basin (Kocaeli)", International Journal of Geography and Geography Education, 40, 454-477.

Uzun M., (2020), "Anthropogenic geomorphology in the Dilderesi basin (Gebze-Dilovası): Changes, dimensions and effects", International Journal of Geography and Geography Education, 41, 319-345.

Vega M., Pardo R., Barrado E., Deban L., (1998), "Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis", Water Research, 32 (12), 3581-3592.

Verep B., Ödün N. A., (2016), "Çay Tarımında Kullanılan Suni ve Doğal Gübrelerin Fırtına Vadisi (Çamlıhemşin-Rize) Behice Deresinin Fiziko-Kimyasal Su Kalitesine Etkisi", Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi, 1, 1-13.

Vijayaraj R., Achyuthan H., (2015), "Distribution of Sediments and Organic Matter Source: Berijam Lake, Tamil Nadu", Journal Geological Society of India, 86, 620-626.

Voutsa D., Manoli E., Samara C., Sofoniou M., Stratis I., (2001), "A Study Of Surface Water Quality in Macedonia, Greece: Speciation Of Nitrogen And Phosphorus", Water, Air, and Soil Pollution, 129, 13–32.

Wang G., A Y., Jiang H., Fu Q., Zheng B., (2015), "Modeling the source contribution of heavy metals in surficial sediment and analysis of their historical changes in the vertical sediments of a drinking water reservoir", Journal of Hydrology, 520, 37–51.

Web-1, (2020), https://issuu.com/dunyadadevrialem/docs/kocaeli, (Erişim Tarihi: 13.04.2020).

Web-2, (2020), http://www.dilovasi.gov.tr/ilcenin-tarihcesi, (Erişim Tarihi: 07.03.2020).

Web-3, (2020), https://tr.wikipedia.org/wiki/Dilderesi, (Erişim Tarihi: 08.03.2020).

Web-4, (2020), https://islamansiklopedisi.org.tr/kanuni-koprusu, (Erişim Tarihi: 20.04.2020).

Web-5, (2020), http://www.yakintakipgazetesi.com/haber/gebze-denizli-goleti-kapasitesi artirilacak_h22797.html, (Erişim Tarihi: 21.04. 2020).

Web-6, (2020), https://www.gazetegebze.com.tr/genel/demirciler-konagina-duzenleme-37453.html, (Erişim Tarihi: 21.04.2020).

Web-7, (2021), https://water-research.net/index.php/metals-in-the-environment, (Erişim Tarihi: 08/02/2021).

Web-8, (2021), https://www.epa.gov/wqc/aquatic-life-criteria-copper, (Erişim Tarihi: 01.03.2021)

Web-9, (2021), http://www.metaluzmani.com/malzeme-menusu/kursun/, (Erişim Tarihi: 26.02.2021).

Web-10, (2021), https://www.wqa.org/learn-about-water/water-q-a/manganese, (Erişim Tarihi: 28/02/2021).

Web-11, (2021), https://www.lenntech.com/periodic/water/silicon/silicon-and water.htm, (Erişim Tarihi: 28/02/2021).

Web-12, (2020), https://cevre.erciyes.edu.tr/upload/XYN1LR12-koI.pdf, (Erişim Tarihi: 04/01/2020).

Yaylalı-Abanuz G., (2011), "Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey", Microchemical Journal 99, 82–92.

Yeşilyurt S., Hasenekoğlu İ., (2004), "Erzurum İl Sınırları İçinde Kalan Aras Nehri'nde Çürüyen Yaprakların Akuatik Hyphomycetes Florası Üzerine Bir Araştırma", Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5 (1), 19-27.

Zakir H. M., Sharmin S., Akter A., Rahman M. S., (2020), "Assessment of health risk of heavy metals and water quality indices for irrigation and drinking suitability of waters: a case study of Jamalpur Sadar area, Bangladesh", Environmental Advances 2, 100005.

Zamora-Ledezma C., Negrete-Bolagay D., Figueroa F., Zamora-Ledezma E., Ni M., Alexis F., Guerrero V. H., (2021), "Heavy metal water pollution: A fresh look about hazards, novel and conventional remediation methods", Environmental Technology & Innovation, 22, 101504.

Zeybek M., Kalyoncu H., (2016), "The determination of water quality of Kargı Stream (Antalya, Turkey) in terms of physicochemical parameters", Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33 (3), 223-231.

ÖZGEÇMİŞ

Meltem YAĞCIOĞLU 1989 yılında Kocaeli' de doğdu. 2008 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünü 2012 yılında tamamladı. 2012-2018 yılları arasında özel sektörde Proje Uzmanı, Kalite ve Çevre Sorumlusu pozisyonlarında çalıştı. 2018 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. Aynı sene TÜBİTAK 1003 projesinde Proje Asistanı olarak çalışmaya başladı. 2020 Ocak ayında yatay geçiş ile Gebze Teknik Üniversitesi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine devam edip aynı dönemde Araştırma Görevlisi olarak atandı.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Yagcioglu M., Oncel M. S., Oruc H. N., Celen M., (2020), "Influence of Current Environmental Pressures on Ecosystem of Dil Stream Basin", 5th Eurasia Waste Management Symposium, İstanbul, Türkiye, 26-28 October.