



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÖREN- UĞURLU (SEYDİKEMER-MUĞLA) ARASINDA EŞEN
ÇAYININ SU KALİTESİ VE DİP SEDİMENTLERİNDEKİ AĞIR
METAL İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hayri SERT

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Özlem GÜLLÜ

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 222302707 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Hayri SERT tarafından hazırlanan “**ÖREN- UĞURLU (SEYDİKEMER-MUĞLA) ARASINDA EŞEN ÇAYININ SU KALİTESİ VE DİP SEDİMENTLERİNDEKİ AĞIR METAL İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özlem GÜLLÜ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Uğur Erdem DOKUZ

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 27/05/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Hayri SERT



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen kıymetli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özlem GÜLLÜ'ye teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca tezin okunup eksikliklerinin giderilmesinde emek sarf eden tez jürilerimden Sayın Prof. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Uğur Erdem DOKUZ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasının analizlerinin gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) kurucusu Sayın Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na ve Merkez Müdürü Sayın Doç. Dr. Kıymet DENİZ YAĞCIOĞLU'na katkılarından dolayı sonsuz şükranlarımı sunarım.

Küçük yüreği ile her daim yanımda olan canım kızım İpek Liya SERT'e ve aileme sevgilerimi sunarım.

Bizleri yetiştiren ve bu günlere gelmemize vesile olan Aksaray Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Hayri SERT
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Önemi ve Amacı	1
1.2 İnceleme Alanının Konumu ve Jeomorfolojik Özellikleri	2
1.3 İklim ve Bitki Örtüsü.....	4
1.4 Sosyo-Ekonomik Durum	5
1.5 Önceki Çalışmalar	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
2.1 Arazi Çalışmaları.....	9
2.1.1 Yağışlı dönem su örnekleme çalışmaları	12
2.1.2 Kurak dönem su örnekleme çalışmaları	14
2.1.3 Yağışlı dönem sediment örnekleme çalışmaları	15
2.1.4 Kurak dönem sediment örnekleme çalışmaları.....	17
2.2 Laboratuvar Çalışmaları	19
2.3 Büro Çalışmaları.....	19
3. BÖLGESEL JEOLJİ	21
3.1 Stratigrafi.....	22
3.1.1 Yeşilbarak napı (Ara Zon)	24
3.1.1.1 Elmalı formasyonu (Te).....	24
3.1.2 Tavas napı.....	24
3.1.2.1 Babadağ formasyonu (JKb)	24
3.1.2.2 Oolitli kireçtaşı üyesi (JKbo)	25
3.1.3 Marmaris ofiyolit napı	25
3.1.3.1 Marmaris peridotiti (Kmo).....	25
3.1.4 Neotokton örtü kayaları	26
3.1.4.1 Çameli formasyonu (plç)	26
3.1.4.2 Göçmenler konglomera üyesi (plçgö).....	26
3.1.5 Kuvaterner	26
3.1.5.1 Düzçam formasyonu (Q1d).....	26
3.1.5.2 Yamaç molozu ve birikinti konileri (Qym)	27
3.1.5.3 Alüvyon yelpazeleri (Qay).....	27
3.1.5.4 Alüvyon (Qal)	27
3.2 Tektonik.....	27
4. HİDROLOJİ.....	28
4.1 Meteoroloji Verileri.....	28
4.1.1 Aylık maksimum yağış	28
4.1.2 Aylık ortalama-maksimum sıcaklık.....	29
4.1.3 Aylık ortalama minimum sıcaklık	30
4.1.4 Aylık ortalama sıcaklık.....	30
4.1.5 Aylık toplam yağış.....	31
4.2 Akarsular	32
4.2.1 Eşen çayı.....	32

4.3 Barajlar	34
4.4 Göller.....	35
4.4.1 Girdev Gölü	35
5. HİDROJEOLJİ	37
6. BULGULAR	38
6.1 Su Numunelerinin Analiz Sonuçları.....	38
6.1.1 Bakır (Cu)	45
6.1.2 Krom (Cr)	45
6.1.3 Çinko (Zn)	46
6.1.4 Kurşun (Pb).....	47
6.1.5 Nikel (Ni).....	48
6.2 Sediment Numunelerine Ait Ağır Metal Analiz Sonuçları	49
6.2.1 Bakır (Cu)	49
6.2.2 Krom (Cr)	51
6.2.3 Çinko (Zn)	53
6.2.4 Kurşun (Pb).....	55
6.2.5 Nikel (Ni).....	57
6.3 Zenginleşme Faktörü (EF).....	59
6.3.1 Bakır (Cu) elementi zenginleşme faktörü (EF _{Cu})	60
6.3.2 Krom (Cr) elementi zenginleşme faktörü (EF _{Cr})	61
6.3.3 Çinko (Zn) elementi zenginleşme faktörü (EF _{Zn}).....	62
6.3.4 Kurşun (Pb) elementi zenginleşme faktörü (EF _{Pb})	63
6.3.5 Nikel (Ni) elementi zenginleşme faktörü (EF _{Ni})	64
6.4 Kirlenme Faktörü (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI)	65
6.5 Jeoakümülyasyon İndeksi (I _{geo}).....	69
6.6 Ekolojik Risk Faktörü (E _r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI).....	72
7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	76
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	84

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖREN- UĞURLU (SEYDİKEMER-MUĞLA) ARASINDA EŞEN ÇAYININ SU KALİTESİ VE DİP SEDİMENTLERİNDEKİ AĞIR METAL İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

Hayri SERT

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özlem GÜLLÜ

ÖZET

Çalışma, Muğla İli Seydikemer İlçesi'nde bulunan Eşen Çayı'nın su kalitesi ve sedimentlerindeki ağır metal içeriklerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Yapılan su analizlerinden elde edilen sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre Cu ve Zn için I. sınıf, Pb için II. sınıf, Cr için IV. sınıf, Ni için I., II. ve III. sınıf su kalite sınıfında olduğu belirlenmiştir. Suların ağır metal içerikleri, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA)'nın referans değerlerine göre ise Cu, Zn ve Pb metal konsantrasyonlarının daha düşük olması nedeniyle daha iyi, Cr konsantrasyonunun referans değerinin üzerinde olması nedeniyle de orta kalitede su özelliğinde olduğu tespit edilmiştir.

Sedimentlerden yapılan analizlerde ağır metal (Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni) konsantrasyonlarına bağlı Zenginleşme Faktörü (EF)'ne göre düşük, orta boyutta, orta derece şiddetli, şiddetli zenginleşme ve çok şiddetli zenginleşmeler belirlenmiş olup çalışma kapsamında belirlenen Kirlenme Faktörü (CF)'ne göre düşük, orta derecede, önemli boyutta ve yüksek derecede kirlenme tespit edilmiştir. Kirlilik Yük İndeksi (PLI)'ne göre değerlendirildiğinde tüm noktaların S6 noktası ve S20 hariç kirlenmiş bölge olduğu görülmektedir. Jeoakümülyasyon İndeksi'ne (I_{geo}) göre yapılan değerlendirmede ise tüm örnekleme noktalarında her iki dönemde de kirlenmemiş-orta derece kirli bölge sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Sedimentlerin Ekolojik Risk Faktörü'ne (Er) göre yapılan değerlendirmesinde ise yağışlı ve kurak dönemlerde Cu, Cr, Zn ve Pb ağır metallerinde her örnekleme noktasında düşük ekolojik risk; Ni için ise yağışlı dönemde S1 (referans noktası) noktasında orta ekolojik risk ve S17 noktasında önemli ekolojik risk olarak belirlenmiştir. Ni ağır metali kurak dönemde de S17 noktasında yüksek ekolojik riske; S18 noktasında da orta ekolojik riske yükselmiştir.

Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerine bağlı hesaplanan Potansiyel Ekolojik Risk İndisi'ne (PERI) göre S17 noktası hariç tüm noktalarda düşük ekolojik risk belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Eşen Çayı, Dip Sedimenti, Zenginleşme Faktörü

Haziran, 2024; 84 sayfa

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF WATER QUALITY AND HEAVY METAL CONTENT IN BOTTOM SEDIMENTS OF EŞEN STREAM BETWEEN ÖREN AND UĞURLU (SEYDİKEMER-MUĞLA)

Hayri SERT

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Özlem GÜLLÜ

ABSTRACT

The study aims to determine the water quality and heavy metal contents in the sediments of Eşen Stream in the Seydikemer District of Muğla Province. According to the Water Pollution Control Regulation, the water analysis results were determined to be in water quality Class I for Cu and Zn, Class II for Pb, Class IV for Cr, and Class I, II, and III for Ni. According to the limit values of the World Health Organization (WHO) and the United States Environmental Protection Agency (USEPA), the heavy metal contents of the waters were determined to be of better quality due to the lower Cu, Zn and Pb metal concentrations, and of medium quality due to the Cr concentration being above the limit values.

According to the Enrichment Factor (EF) based on heavy metal (Cu, Cr, Zn, Pb and Ni) concentrations in the analysis of sediments, low, moderate, moderately severe, moderately severe, severe enrichment and very severe enrichment were determined, and according to the Contamination Factor (CF) determined within the scope of the study, low, moderate, significant and high contamination was determined. When evaluated according to the Pollution Load Index (PLI), it is seen that all points are contaminated except points S6 and S20. According to the Geoaccumulation Index (Igeo), all sampling points were classified as unpolluted-moderately polluted in both periods. In the evaluation of the sediments according to the Ecological Risk Factor (ER), Cu, Cr, Zn and Pb heavy metals were determined as low ecological risk at each sampling point in the wet and dry periods; for Ni, it was determined as moderate ecological risk at point S1 (reference point) in the wet period and significant ecological risk at point S17. Ni heavy metal increased to high ecological risk at point S17 and medium ecological risk at point S18 in the dry period.

According to the Potential Ecological Risk Index (PERI) calculated for Cu, Cr, Zn, Pb and Ni heavy metals, low ecological risk was determined at all points except point S17.

Key Words: Heavy Metal, Eşen Stream, Bottom Sediment, Enrichment Factor

June, 2024; 84 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının konumu.	2
Şekil 1.2. Çalışma alanı yer bulduru haritası.	3
Şekil 1.3. Seydikemer İlçesi'nin yeryüzü şekilleri haritası.....	3
Şekil 1.4. Batı Akdeniz Havzası'nın alt havzaları	4
Şekil 2.1. Eşen Çayı su örnekleme noktaları.	10
Şekil 2.2. Sediment örnekleme noktaları.	12
Şekil 2.3. Yağışlı döneme ait su örnekleme çalışmaları (W1-W2-W3-W4-W5- W6-W7-W8-W9-W10 noktaları).	13
Şekil 2.4. Kurak dönem örnekleme su örnekleme çalışmaları (W1-W2-W3-W4- W5-W6- W7-W8-W9-W10 noktaları).	14
Şekil 2.5. Yağışlı dönem sediment örnekleme çalışmaları (S1-S2-S3-S4-S5-S6- S7-S8-S9 noktaları).	15
Şekil 2.6. Yağışlı dönem sediment örnekleme çalışmaları (S10-S11-S12-S13- S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20 noktaları).	16
Şekil 2.7. Kurak dönem sediment örnekleme çalışmaları (S1-S2-S3-S4-S5-S6- S7-S8-S9 noktaları).	17
Şekil 2.8. Kurak dönem sediment örnekleme çalışmaları (S10-S11-S12-S13- S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20 noktaları).	18
Şekil 3.1. İnceleme alanına ait 1/100.000 ölçekli yapısal jeoloji haritası.....	22
Şekil 3.2. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası.....	23
Şekil 4.1. 2015-2023 Yılları arası aylık maksimum yağış miktar değişim grafiği.	29
Şekil 4.2. 2015-2023 Yıllarına ait aylık ortalama -maksimum sıcaklık grafiği.....	29
Şekil 4.3. 2015-2023 yıllarına ait aylık ortalama minimum sıcaklık grafiği.	30
Şekil 4.4. 2015-2023 Yıllarına Ait Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği.	31
Şekil 4.5. 2015-2023 yıllarına ait aylık toplam yağış değişim grafiği.	32
Şekil 4.6. Eşen Çayı genel görünüm.	32
Şekil 4.7. Fethiye ilçesi hidroloji haritası	33
Şekil 4.8. Eşen 1 baraj gölet alanına ait uydu görüntüsü	35
Şekil 4.9. Girdev gölü ve yaylasına ait bir görünüm	36
Şekil 6.1. Yağışlı ve kurak dönem Bakır (Cu) konsantrasyon grafiği.	50
Şekil 6.2. Yağışlı ve kurak dönem Bakır (Cu) konsantrasyon dağılım haritası.....	51
Şekil 6.3. Yağışlı ve kurak dönem Krom (Cr) konsantrasyonları grafiği.	52
Şekil 6.4. Yağışlı ve kurak dönem krom (Cr) konsantrasyon dağılım haritası.....	53
Şekil 6.5. Yağışlı ve kurak dönem çinko (Zn) konsantrasyon grafiği	54
Şekil 6.6. Yağışlı ve kurak dönem çinko (Zn) konsantrasyon dağılım haritası.....	55
Şekil 6.7. Yağışlı ve kurak dönem Kurşun (Pb) konsantrasyon grafiği.....	56
Şekil 6.8. Yağışlı ve kurak dönem kurşun (Pb) konsantrasyon dağılım haritası.	57
Şekil 6.9. Yağışlı ve kurak dönem nikel (Ni) konsantrasyon grafiği.....	58
Şekil 6.10. Yağışlı ve kurak dönem nikel (Ni) konsantrasyon dağılım haritası.	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Eşen Çayı su örnekleme noktalarına ait koordinatlar ve faaliyet yoğunlukları.	9
Çizelge 2.2. Sediment örnekleme noktaları koordinatları ve faaliyet yoğunlukları. .	11
Çizelge 4.1. Seydikemer/Kavaklı orman ekip istasyonu özellikleri	28
Çizelge 4.2. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonu'ndan alınan aylık maksimum yağış miktarları (mm).	28
Çizelge 4.3. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonu'ndan alınan aylık ortalama maksimum sıcaklık (°C).	29
Çizelge 4.4. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonundan alınan aylık ortalama minimum sıcaklık (°C).	30
Çizelge 4.5. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonundan Alınan Aylık Ortalama Sıcaklık değerleri (°C).	31
Çizelge 4.6. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonundan Alınan Aylık Toplam Yağış (mm).	31
Çizelge 4.7. Eşen Çayı'nın 1940 ve 2015 yılları arasındaki akım ölçümleri.	34
Çizelge 4.8. Eşen-I barajının başlıca karakteristikleri	35
Çizelge 6.1. Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	38
Çizelge 6.2. Yağışlı dönem su numuneleri analiz sonuçları.	39
Çizelge 6.3. Kurak dönem su numuneleri analiz sonuçları.	40
Çizelge 6.4. Yağışlı dönem sediment numuneleri analiz sonuçları.	41
Çizelge 6.5. Yağışlı dönem sediment numuneleri ait ana oksit içerikleri.	42
Çizelge 6.6. Kurak dönem sediment numunelerine ait ağır metal içerikleri.	43
Çizelge 6.7. Kurak dönem sediment numunelerine ait ana oksit içerikleri.	44
Çizelge 6.8. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Bakır (Cu) değerlerine göre sınıflandırılması.	45
Çizelge 6.9. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Krom (Cr) değerlerine göre sınıflandırılması.	46
Çizelge 6.10. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Çinko (Zn) değerlerine göre sınıflandırılması.....	47
Çizelge 6.11. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Kurşun (Pb) değerlerine göre sınıflandırılması.....	48
Çizelge 6.12. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Nikel (Ni) değerlerine göre sınıflandırılması.....	48
Çizelge 6.13. Zenginleşme Faktörü (EF) değerlendirme kriterleri.....	60
Çizelge 6.14. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Cu Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.	61
Çizelge 6.15. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Cr Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.	62
Çizelge 6.16. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Zn Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.	63
Çizelge 6.17. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Pb Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.	64
Çizelge 6.18. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Ni Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.	65
Çizelge 6.19. Kirlenme Faktörü (CF) değerlendirme kriterleri	66
Çizelge 6.20. Kirlilik Yüğü İndeksi (PLI) değerlendirme kriterleri.	66
Çizelge 6.21. Yağışlı döneme ait Kirlenme Faktörü (CF) ve Kirlilik Yüğü İndeksi (PLI).	67

Çizelge 6.22. Kurak döneme ait Kirlenme Faktörü (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI).	69
Çizelge 6.23. I_{geo} değerlendirilme kriterleri.....	70
Çizelge 6.24. Yağışlı döneme ait Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}).	71
Çizelge 6.25. Kurak döneme ait Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}).	71
Çizelge 6.26. Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) değerlendirme kriterleri.....	73
Çizelge 6.27. Yağışlı döneme ait Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI).	74
Çizelge 6.28. Kurak döneme ait Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI).	75



SİMGELER VE KISALTMALAR

EF	Zenginleştirme Faktörü
HES	Hidroelektrik Santrali
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
km	Kilometre
km²	Kilometrekare
L	Litre
LOI	Ateşte Kayıp Miktarı
m	Metre
m³	Metreküp
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
PED-XRF	Polarize Enerji Dağılımlı X-Ray Floresans Spektrometresi
PERI	Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi
pH	colog[H ⁺] (Çözeltinin asitlik ve bazlık derecesi ölçü birimi)
PLI	Kirlilik Yük İndeksi
ppm	Milyonda bir
S1	Sediment Örnekleme Noktası
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmenliği
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
W1	Akarsu Örnekleme Noktası
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
I_{geo}	Jeoakümülyasyon İndeksi
µg	Mikrogram
°C	Santigrat derece

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Önemi ve Amacı

Bizi bağrına basan ve cömertliği ile kendine hayran bırakan dünyamız; yaklaşık olarak 4.54 milyar yıl yaşındadır. İnsanoğlunun ortaya çıkışından itibaren günümüze kadar bizlere hizmet etmiş, beş büyük buzul çağı yaşamış ve iç-dış kuvvetlerin etkisi ile günümüzdeki halini almıştır.

Tüm canlıların evi olan dünyamız son yıllarda küresel ısınmanın etkisi ile ciddi zararlar görmeye başlamış olup, başta orman yangınları ve deniz suyundaki sıcaklık artışları nedeniyle birçok canlı türünün yok oluşu, farklı canlı türlerinin farklı yaşam alanlarını istila edişi gibi birçok sonuç sayabiliriz. Ancak bunların en önemli olanı tüm canlıların olmazsa olmazı sudur.

Günümüzde temiz su kaynakları her geçen gün azalmakta, var olan temiz su kaynakları ise artan nüfus ve bilinçsiz kullanımlar sonucunda yok olmakta ya da kirlenmektedir. Bu kirliliğin başlıca nedenleri arasında; maden ocakları, endüstriyel atıklar, sanayi atıkları, alt yapı eksikliğine bağlı kentsel kirlilikler gibi birçok faktörler bulunmaktadır.

Bu faktörlerden yayılan ağır metaller zamana bağlı olarak su kaynaklarını ve bu kaynakların bulunduğu ortamdaki sedimentlerde birikerek kirliliğe neden olmaktadır (Tepe ve Boyd, 2002; Bagheri vd., 2011). Zamanla birikme özelliğine sahip olan ağır metaller, bulundukları su ve sediment ortamlarında suda yaşayan canlılar ve insan sağlığı için büyük riskler oluşturmaktadır (Tepe ve Boyd, 2003). Suda yaşayan canlılar, besin zinciri yoluyla yaşadıkları ortamlarda biriken ağır metalleri insanlara taşımaktadır (Song ve Müller, 1999; USEPA, 2001; Varol vd., 2012; Ustaoglu ve Tepe, 2018)

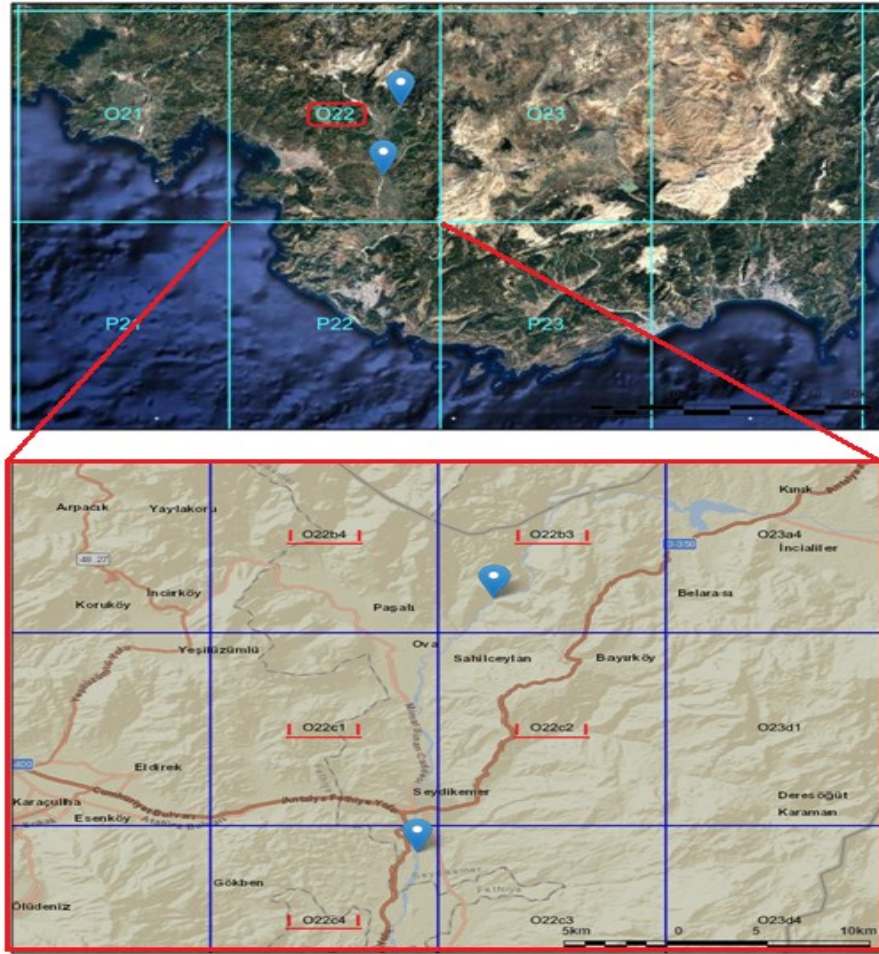
Çalışma alanının en önemli su kaynağı olan Eşen Çayı, Muğla İl'ine bağlı Seydikemer İlçesinde bulunmaktadır. Eşen Çayı yaklaşık kuzey-güney yönlü olarak akmakta olup, akış güzergâhı boyunca tarım, alabalık yetiştiriciliği, enerji, madencilik (kum ve çakıl ocakları) ve hayvancılık gibi birçok faaliyete de hizmet etmektedir.

Son yıllarda ilçe merkezinde alt yapı eksiklikleri ve artan nüfus nedeniyle bilinçsiz

kullanımlar sonucunda kirlenme olasılığı artmakta olup, sulama suyu açısından da kullanılabilirliğinin araştırılması önem arz etmektedir.

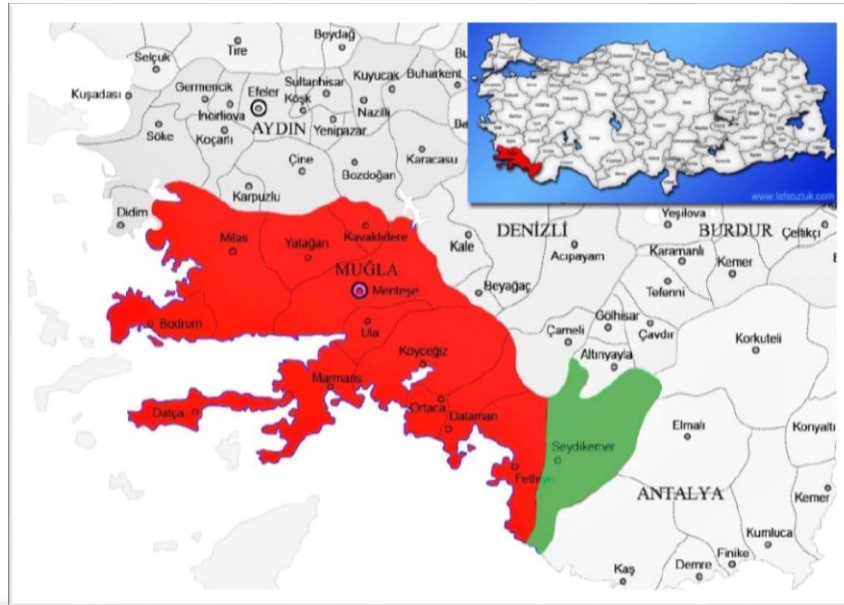
1.2 İnceleme Alanının Konumu ve Jeomorfolojik Özellikleri

Çalışma alanı; Akdeniz Bölgesinin Antalya Bölümünde ve Muğla İli, Seydikemer İlçesi, sınırları içerisinde 1/100.000 ölçekli pafta indeksine göre O22 paftasında, 1/25.000 ölçekli pafta indeksine göre ise O22-b4, O22-b3, O22-c1, O22-c2 ve O22-c4 paftalarında kalmaktadır (Şekil 1.1).

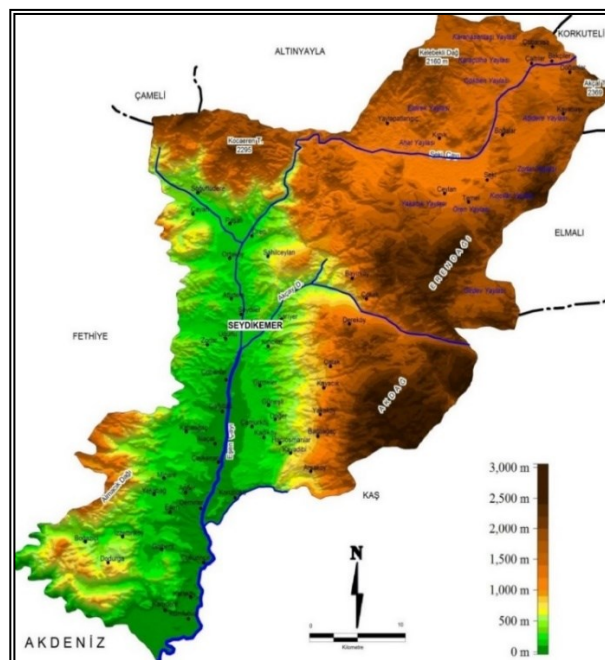


Şekil 1.1. Çalışma alanının konumu.

Seydikemer yaklaşık olarak 2208 km²'lik yüz ölçümü ile Muğla İli'nin en büyük yüzölçümüne sahip 13 ilçesinden biridir. Bulunduğu konum itibariyle batısında Fethiye İlçesi, kuzeyinde Altınyayla (Dirmil), Çameli ve Gölhisar İlçeleri, doğusunda ise Kaş ve Elmalı İlçeleri bulunmaktadır (Şekil 1.2).



Seydikemer İlçesi'nin en yüksek kesimlerini, kuzeyde Eşen Çayı vadi tabanından oldukça eğimli bir şekilde yükselen Boncuk Dağları'nın güneybatı uzantıları olan Karadağ (2233 m), Yüylükbaşı T.(2418 m), Kocaeren T. (2295 m), Karadiş T.(2235 m) ve Teşnekçibaşı T. (1722 m) oluştururken doğuda ise Ziyaret T. (2591 m), Oluklusivrisi T. (2156 m), Elbisdağı (2596 m), Erendağı (2677 m), Çatal T. (2534 m), Dumlu T. (2458 m), Atkuyruksalmaz T. (2879 m) ve Uyluk T. (3024 m) oluşturmaktadır (Şekil 1.3) (Bozyiğit, 2020).



1.3 İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı Batı Akdeniz Havzasının alt havzası olan ve su kaynakları açısından oldukça zengin özelliği ile göze çarpan Eşen Çayı Havzası'nda yer almaktadır. Havzada her mevsim akan Eşen Çayı diğer adıyla Kocaçay yer almaktadır (Şekil 1.4). Bölgede; tarım, enerji, alabalık yetiştiriciliği, madencilik, hayvancılık, seracılık gibi pek çok sektörün su ihtiyacı Eşen Çayı tarafından karşılanmaktadır.



Şekil 1.4. Batı Akdeniz Havzası'nın alt havzaları (Monzo Enguix vd., 2021).

Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu bölgenin iklimi, tipik Akdeniz iklimi olup, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Çalışma alanın batı, güneybatı ve güneyinde deniz kıyısının bulunması, dağların denize dik uzanması nedeniyle iç kesimlere kadar Akdeniz iklimi ve bu iklimin etkileri gözlenmektedir. Ancak çalışma alanının kuzey, doğu kuzeydoğu ve güneydoğusuna doğru gidildikçe yükseltilerin artması nedeniyle karasallaşmaktadır. Eşen Çayı Havzası'nda yağışlar genellikle kış aylarında yağmur şeklinde gözlenirken yüksek dağlık kesimlerde ve platolarda kar yağışı şeklindedir (Şenol, 2023).

Eşen Çayı Havzası'nın %73'ünü orman ve yarı tabii alanlar, %25'ini tarım alanları ve %0,1 gibi düşük bir kısmını da meralar oluşturmaktadır. Havzanın doğal bitki örtüsü

genel olarak makidir. Makiler Akdeniz ikliminin hâkim olduğu alanlarda, iklime de uyum sağlayabilen bir bitki örtüsü olması nedeniyle geniş bir alan kaplamaktadır. Ayrıca havzanın yüksek kesimlerinde iğne yapraklı ormanlar, iç kesimlerine doğru iklimin karasallaşması nedeniyle bozkırlar gözlenmektedir (Şenol, 2023).

1.4 Sosyo-Ekonomik Durum

Seydikemer İlçesi, Fethiye İlçesi'nin Kemer beldesi iken 12 Kasım 2012 tarihinde TBMM'de kabul edilen 6360 sayılı Yasa ile ilçe olmuştur. İlçenin hâlihazırda 65 mahallesi bulunmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu'nun 31 Aralık 2023 tarihli adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarına göre ilçe nüfusunun toplamı 65.851 kişi olarak kaydedilmiştir. Bu nüfusun 34.346'sını erkek, 31.505'ini ise kadın nüfusu oluşturmaktadır (URL-3).

İlçe ekonomisi tarımsal ve hayvansal üretime dayalı olup, ilçe sahip olduğu tarım arazisi yüzölçümü ile Muğla İl'inin tarım arazilerinin yaklaşık ¼'ine sahiptir. Ekilebilir tarım arazisi bakımından 502.166 dekar ile Milas İlçesi'nden sonra ikinci sırada yer almaktadır. Tarım arazilerinin kullanımında en fazla alanı; %51,42 ile tarla bitkileri, %19,03 ile meyvecilik, %18,96 ile nadas, %7,04 ile sebzecilik, %2,57 ile örtü altı yetiştiriciliği, %0,96 ile tarıma elverişli olup kullanılmayan arazi ve %0,001 oran ile süs bitkileri oluşturmaktadır.

İlçede üretilen tarla bitkilerinin başında buğday, arpa, fiğ, anason, susam, silajlık mısır, patates, dane mısır, pamuk bitkileri, meyve ürünlerinin başında ise nar, zeytin, elma, şeftali, portakal, ceviz, armut, erik, nektarin, kiraz, limon, incir vs. gelmektedir. Diğer en önemli tarımsal üretim de örtü altı sebzeciliğidir. Çiftçilerin %80'i yılda iki ürün alacak şekilde üretim yapmaktadır. Örtü altı sebzeciliğinde en büyük üretim %86'lık üretim ile domates gelmekte olup, domatesin dışında hıyar, patlıcan, kavun, fasulye, marul, karpuz, çilek ve kabak ürünleri de üretilmektedir. Ayrıca yıl boyunca yavru alabalık ve porsiyonluk alabalık üretimi yapan tesislere ev sahipliği yapılmasıdır. İlçe genelinde yaklaşık 55 alabalık üretimi yapan işletme bulunmaktadır. Seydikemer alabalık üretiminde ilin alabalık üretiminin %61,5'ini tek başına karşılamaktadır.

İlçe tarım ve hayvancılığın yanı sıra uluslararası marka haline gelmiş Saklıkent gibi alternatif turizm alternatifleri; doğal, arkeolojik, kentsel sit alanları ve kıyı bandıyla

ilçeye turizm geliri sağlamaktadır. Turizm istihdamının yanında doğrudan ve dolaylı alışveriş sayesinde döviz geliri sağlamaktadır (Fethiye ve Seydikemer, 2017).

1.5 Önceki Çalışmalar

Philippson 1915 yılında bölgede yapmış olduğu çalışmada Eşen vadisinin Üst Miyosen-Pliyosen’de tektonik deformasyonlarla oluşan büyük bir senklinale tekabül ettiğini kaydetmiş ve Eşen çayının antik ismini kullanarak vadiyi “Xanthos Grabeni” olarak tanımlamıştır.

Colin 1962 yılındaki çalışmasında, Eşen Çayı vadisini sınırlayan dik yamaçların, senklinali barizleştiren birer fay dikliği olduğunu ve vadinin güney bölümünün büyük bir graben ile meydana geldiğini belirtmiştir. En Üst Pliyosen veya Pleyistosen’de şiddetli yükselmeler ve fayların oluştuğunu Pleyistosen ve Holosen süresince de artık sadece tek tük moloz koridorlarının, vadi alüvyonları ve yamaç breşlerinin oluştuğunu belirtmiştir.

Bozyiğit (1997), Eşen Çayı Havzası’nın jeomorfolojisini inceleyerek Eşen Çayı Havzası’ndaki yer alan ovaların oluşumunda tektonik, karstik ve akarsular tarafından taşınan ve depolanan sedimanların (flüvyal) etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Kemer Ovası’nda Eşen Çayı’nın ve kollarının ovanın sularının drene ettiği, Ortaköy Ovası’nda ise geniş menderesler çizdiği ifade etmiştir.

Yorulmaz (2006), Eşen Çayı’nın su kalitesinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada 7 farklı su kalitesi belirleme yöntemi (fiziko-kimyasal, beşi biyolojik) kullanmış ve bunun sonucunda fiziko-kimyasal ve biyolojik yöntemlere bağlı sonuçların birbiri desteklediğini belirtmiştir.

Alabalık çiftliklerinden sonraki örnekleme noktası olan Ören örnekleme noktasında; elde ettiği fiziko-kimyasal bulgulara göre alabalık çiftliklerinden kaynaklı bir kirlilik belirlenemediğini ortaya koymuştur.

Tarımda kullanılan gübreler ile az da olsa karışan evsel atıkların Eşen Çayı üzerinde baskı oluşturduğunu bunun yanı sıra kum ocaklarının akarsu yatağından bilinçsiz

şekilde aldığı kum alımlarının Eşen Çayı'nı tehdit eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir.

Eşen Çayı üzerindeki örnekleme noktalarından su kalitesi bakımından en iyi su kalitesine sahip noktanın Saklıkent örnekleme noktası olduğu Ören örnekleme noktasının ise az kirlenmiş su sınıfında yer aldığını söylemiştir.

Sonuç olarak; Eşen Çayı üzerinde baskın bir kirlilik baskısının bulunmadığı, akarsuyun alt havzalarında orta derecede kirliliğin söz konusu olduğunu tespit etmiştir.

Uysal (2008), Eşen Çayı'nın, Eşen Çayı vadisinin orta ve aşağı kısımlarında menderesli olarak aktığı ve Patara kıyılarından denize ulaştığını belirtilmiştir.

Özdal (2013), Eşen Çayı (Kemer-Fethiye) havzasındaki alabalık yetiştiriciliği yapan işletmelerin sürdürülebilirliği için çevre, sosyal yaşam ve ekonomi üzerine etkilerinin araştırılması ve buna yönelik yönetim modelinin belirlenmesini araştırılmış. Eşen Çayı Havzası'nda alabalık yetiştiriciliğinin sürdürülebilmesi için işletmelere düşen görevlerin başında işletmeler tarafından kullanılan balık yem çuvalı, aşı kutuları, ölü balık gibi katı atıkların derelere atılmaması gerektiği, işletmelerde kullanılan dezenfekte gibi kimyasalların kontrollü şekilde kullanılmasının önemi, tambur filtrelerden çıkan kirletici öğeler barındıran suların çaya doğrudan deşarj etmek yerine dinlendirme havuzlarına alınarak çökeltme işlemlerinin yapıldıktan sonra çaya bırakılması, işletmelerde balıklar tarafından sindirilebilirliği yüksek yemler tercih edilerek atık üretimlerinin azaltılabileceğini belirtmiştir.

Şimşek (2015), Eşen Çayı (Fethiye-Muğla) üzerinde faaliyet gösteren alabalık işletmelerinin çıkış sularının Eşen Çayı'na olan etkilerinin araştırmıştır. Yapılan araştırma kapsamında aylık periyotlarda işletme giriş ve çıkış sularının fiziko-kimyasal su kalite parametreleri incelenmiş ve çıkış sularının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2008) ile Yüzey Suları Kalite Yönetmeliği (2015) kapsamında değerlendirildiğinde; tuzluluk, elektrik iletkenliği, su sıcaklığı ve pH verilerine göre I. sınıf su, oksijen doygunluğu bakımından II. sınıf su, çözünmüş oksijen, nitrit ve nitrat, amonyum, biyolojik oksijen miktarı, askıda katı madde ve toplam fosfor verilerine göre II. ve IV. Sınıf su sınıfları arasında kaldığını bulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlar literatür taraması, arazi çalışması, laboratuvar çalışması ve verilerin değerlendirilmesi şeklindedir.

Literatür taraması kapsamında çalışma alanının jeolojisi, hidrojeolojisi ve özellikle Eşen çayının su kalitesi ve kirlilik unsurlarını ele alan çalışmalar derlenerek ayrıntılı olarak incelenmiştir. İncelenen literatür kaynaklardan yararlanılarak tezde belirtilen amaçların gerçekleştirilebilmesi için bir alt yapı oluşturulmuş ve bu kapsamda çalışmalara yoğunlaşmıştır.

Tez çalışması kapsamında yağışlı ve kurak olmak üzere 2 dönem arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında Eşen çayından 10 adet ve Eşen çayının dip sedimentlerinden ise 20 adet olmak üzere toplam 30 adet numune alınmıştır. Alınan numunelerin koordinatları GPS ile belirlenerek harita üzerine aktarılmıştır.

Arazi çalışmalarından alınan su örneklerinin analizleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) ICP laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Multi element standartlarıyla kalibrasyonu yapılarak hazırlanan kurum içi ölçüm metoduyla gerçekleştirilen analizler için SPECTRO marka ICP-OES (Inductively Coupled Plasma- Optic Emission Spectrometry) cihazı kullanılmıştır.

Eşen çayı dip sedimanlarından alınan örneklerin jeokimyasal analizleri için öncelikle numune hazırlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnek hazırlama sürecinde öncelikle örneklerin tamamı oda sıcaklığında 48 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekler RETCH marka çeneli kırıcı ile 0,5 mm boyutunda kırılmıştır. Kırılan örneklerden çeyrekleme yöntemi ile 80 gr örnek alınarak bilyeli tungsten karbür FRITSCH marka öğütücü ile 90 sn öğütülmüş ve 6 gr örnek 1 gr bağlayıcı malzeme (wachs) ile karıştırılıp ve hidrolik pres altında 14 ton basınç altında sıkıştırılarak pres-pastil halinde analize hazır hale getirilmiştir. Pres-pastil halinde hazırlanan örnekler YEBİM Petrografi Uygulama ve Araştırma Laboratuvarındaki Spectro X-Lab 2000 model PED-XRF (Polarized Energy Dispersive XRF) cihazında ana element oksit ve iz element analizleri yapılmıştır. XRF analizleri Tq-7220 ve GEO-7220 yöntemleriyle yapılmıştır. Ayrıca öğütülen örneklerden yaklaşık 5 gr alınarak PROTHERM marka

kül fırında 12 saat süreyle 900°C tutularak ateşte kayıp (LOI) miktarları hesaplanmıştır.

Analizler sonucunda elde edilen tüm veriler bölgenin morfolojik, jeolojik ve hidrolojik özellikleri göz önünde bulundurularak topluca değerlendirilmiştir

2.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında Eşen Çayı'nın Ören ve Uğurlu Mahalleri arasında yağışlı ve kurak dönem olmak üzere 2 farklı dönemde su ve sediment numuneleri alınmıştır. Büro çalışmaları sonrasında belirlenen ve koordinatları Çizelge 2.1'de verilen Eşen Çayı üzerindeki 10 farklı lokasyondan su numunesi ve Çizelge 2.2'de koordinatları verilen 20 farklı noktadan sediment örnekleri alınmıştır.

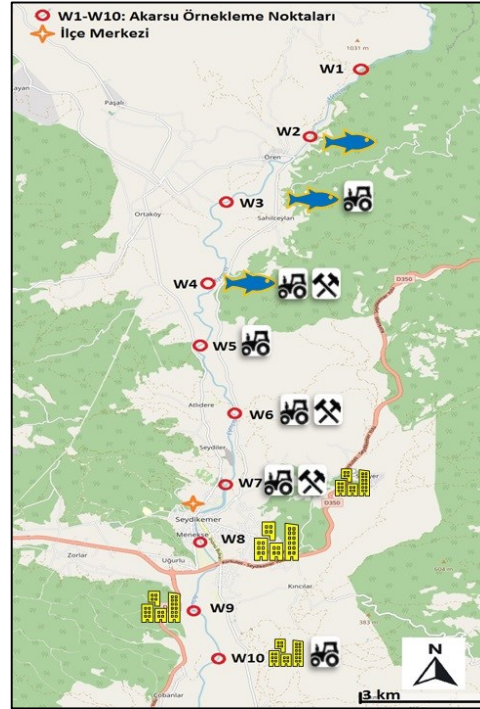
Örnekleme noktalarının yerleri; çalışma alanı ve çevresinde bulunan tarım, alabalık tesisleri, Eşen Çayı üzerinde yapılan madencilik faaliyetleri ve çayın içerisinde geçtiği ilçe merkezindeki riskler de göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 2.1. Eşen Çayı su örnekleme noktalarına ait koordinatlar ve faaliyet yoğunlukları.

Akarsu Örnekleme Noktaları	Enlem	Boylam	Faaliyet Yoğunlukları
W1	36.771812°	29.405676°	Referans noktası
W2	36.753317°	29.392069°	Alabalık yetiştiriciliği
W3	36.735247°	29.369800°	Tarım- Alabalık yetiştiriciliği
W4	36.713181°	29.364739°	Tarım- Alabalık yetiştiriciliği- Kum, çakıl üretim tesisi (Madencilik)
W5	36.696071°	29.362620°	Tarım
W6	36.677227°	29.371917°	Tarım- Kum, çakıl üretim tesisi (Madencilik)
W7	36.657685°	29.369335°	İlçe merkezi girişi-Tarım- Kum, çakıl üretim tesisi (Madencilik)
W8	36.641862°	29.362678°	İlçe merkezi
W9	36.622920°	29.360943°	İlçe merkezi- Tarım
W10	36.609901°	29.367405°	İlçe merkezi çıkışı- Tarım

W1 örnekleme noktası, Ören Mahallesi'nde yer alan Eşen Çayı'nın herhangi bir faaliyete maruz kalmadığı referans noktasıdır. Bu noktadan itibaren alabalık tesislerinin yoğunluğu artmaktadır. W2 örnekleme noktası yoğun alabalık tesislerinin bulunduğu alanın çıkışında yer almaktadır. W1 ve W2 örnekleme noktalarının konumu itibari ile alabalık tesislerine giriş yapan su ile çıkışındaki su kalitesinin

değerlendirilebilmesi amacıyla seçilmiştir. W2 noktasından itibaren alabalık tesislerinin yoğunluğunun azalmaya başlamış, tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu artmıştır. W3 noktası gelindiğinde yine alabalık tesislerinin ve tarımsal faaliyetlerin yoğunlaştığı görülmüştür. W4 noktası alabalık tesislerinin yoğunluğunun azaldığı, tarımsal faaliyetlerinin yoğunluğunun arttığı, kum- çakıl üretim tesisinin bulunduğu noktadır. W5 ve W6 örnekleme noktaları alabalık tesislerinin tamamen bittiği, tarımsal faaliyetlerin devam ettiği noktalardır. Ayrıca W6 noktası kum-çakıl üretim faaliyetlerinin yapıldığı alana yakın konumdadır. W7 örnekleme noktası, kum-çakıl üretim tesislerinin altında bulunan tarımsal faaliyetlerinin yoğun olduğu noktadır. W7 noktası bulunduğu konum itibariyle ilçe merkezine giriş yapan suyun hangi özelliklerde giriş yaptığını ve çıkışında ilçe merkezinden alınan örneklerin hangi noktalarda kirliliklerin yaşanıp/yaşanmadığının kontrolü amacıyla seçilmiştir. W8 ve W9 noktaları Eşen Çayı'nın ilçe merkez mahallelerinden geçen ve nüfusun yoğun olduğu yer olması nedeniyle kentsel kirliliklerin değerlendirilebilmesi için belirlenmiştir. W9 noktasının bulunduğu noktada kentsel kirliliğin yanı sıra tarımsal faaliyetlerde yapılmaktadır. W10 noktası ilçe merkezinin bitiminde yer alan tarımsal faaliyetler yoğunlukta olduğu çalışma alanının bitiş noktasıdır. W1 noktası dışındaki tüm noktaların çevresinde yerleşim yerleri bulunmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Eşen Çayı su örnekleme noktaları.

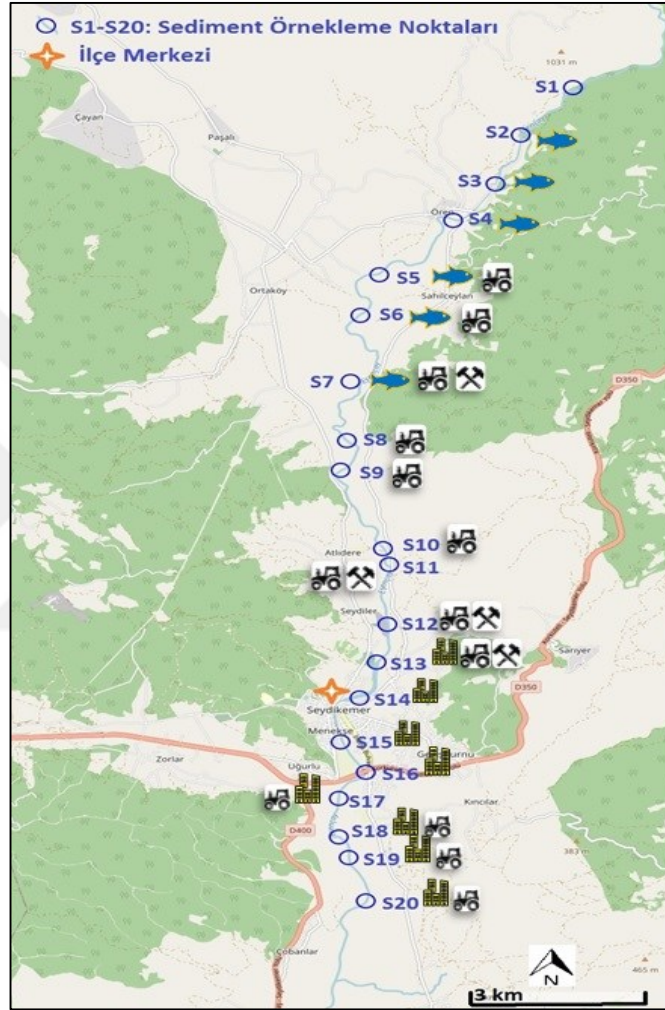
Çizelge 2.2. Sediment örnekleme noktaları koordinatları ve faaliyet yoğunlukları.

Sediment Örnekleme Noktaları	Enlem	Boylam	Faaliyet Yoğunlukları
S1	36.772648°	29.406811°	Referans noktası
S2	36.763077°	29.396900°	Alabalık yetiştiriciliği
S3	36.753367°	29.392053°	Alabalık yetiştiriciliği
S4	36.746069°	29.383952°	Alabalık yetiştiriciliği
S5	36.735213°	29.369858°	Tarım- Alabalık yetiştiriciliği
S6	36.727107°	29.366235°	Tarım- Alabalık yetiştiriciliği
S7	36.713855°	29.364478°	Tarım- Alabalık yetiştiriciliği- Kum, çakıl üretim tesisi (Madencilik)
S8	36.701945°	29.363688°	Tarım
S9	36.696135°	29.362533°	Tarım
S10	36.680376°	29.370517°	Tarım
S11	36.677258°	29.371818°	Tarım- Kum, çakıl üretim tesisi (Madencilik)
S12	36.665313°	29.371438°	Tarım- Kum, çakıl üretim tesisi (Madencilik)
S13	36.657717°	29.369348°	İlçe merkezi girişi- Kum, çakıl üretim tesisi (Madencilik)- Tarım
S14	36.650541°	29.366037°	İlçe merkezi
S15	36.641767°	29.362583°	İlçe merkezi
S16	36.635667°	29.367308°	İlçe merkezi
S17	36.630447°	29.362107°	İlçe merkezi- Tarım
S18	36.622705°	29.362143°	İlçe merkezi- Tarım
S19	36.618600°	29.364035°	İlçe merkezi- Tarım
S20	36.609912°	29.367373°	İlçe merkezi çıkışı-Tarım

S1 noktası Ören Mahallesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Bu nokta herhangi bir faaliyete maruz kalmadığı için referans noktası olarak seçilmiştir. S2 ve S3 örnekleme noktaları alabalık üretim tesislerinin en yoğun olduğu örnekleme noktalarıdır. S4 noktası tarımsal faaliyetlerin artmaya başladığı alabalık üretim tesislerinin kısmen azaldığı noktadır. S5 ve S6 örnekleme noktaları tarımsal ve alabalık üretim faaliyetlerinin yoğun olduğu noktalardır. S7 noktası tarımsal, alabalık tesisleri ve kum-çakıl üretim tesisinin bulunduğu örnekleme noktasıdır. S8, S9, S10 ve S11 sediment örnekleme noktalarında tarımsal faaliyetler yoğun olup, bu noktaların çevresinde herhangi bir alabalık üretim tesisi bulunmamaktadır. Ancak S11 noktası kum-çakıl üretim tesisi faaliyet alanına yakın bir konumdadır. S12 örnekleme noktası kum-çakıl üretim tesisinin çalışma alanı içerisinde kalmaktadır. S13 sediment örnekleme noktası kum- çakıl üretim tesisinin faaliyet alanına yakın konumda, tarımsal faaliyetlerin azaldığı, ilçe merkezinin başladığı en önemli örnekleme noktasıdır. S14, S15 ve S16 noktaları ilçe merkezinde bulunan örnekleme noktaları olup, kentsel kirliliğin bulunup/bulunmadığının tespiti amacıyla belirlenmiş noktalardır. S17, S18 ve S19

numaralı sediment örnekleme noktaları ilçe merkezinin yoğunluğunun azaldığı ve tarımsal faaliyetlerin arttığı noktalardır. S20 noktası ilçe merkezi dışında bulunan, tarımsal faaliyetlerin yapıldığı, çalışma alanının en son örnekleme noktasıdır. Bu nokta ilçe merkezine yakın olan Uğurlu Mahallesinde yer almaktadır (Şekil 2.2).

S1 örnekleme noktası dışındaki tüm noktalar etrafında yerleşim yerleri bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Sediment örnekleme noktaları.

2.1.1 Yağışlı dönem su örnekleme çalışmaları

Yağışlı döneme ait su numunelerinin toplanması amacıyla 27.05.2023 tarihinde arazi çalışması yapılmıştır. Arazi çalışmasında her bir noktadan 2 adet 500 ml'lik şişelerde örnekler alınmış ve laboratuvara iletmek üzere hazır hale getirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Yağışlı döneme ait su örnekleme çalışmaları (W1-W2-W3-W4-W5-W6-W7-W8-W9-W10 noktaları).

2.1.2 Kurak dönem su örnekleme çalışmaları

Kurak döneme ait su numuneleri 11.11.2023 ve 12.11.2023 tarihinde 2 adet 500 ml'lik örnekleme şişelerine alınarak laboratuvara ileilmek üzere toplanmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Kurak dönem örnekleme su örnekleme çalışmaları (W1-W2-W3-W4-W5-W6- W7-W8-W9-W10 noktaları).

2.1.3 Yağışlı dönem sediment örnekleme çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında yağışlı dönem sediment örneklerinin toplanması amacıyla 07.05.2023-11.05.2023 tarihleri arasında arazi çalışması gerçekleştirilmiş ve her bir numune noktasından yaklaşık 500 gr'lık sediment örnekleri alınarak laboratuvara iletmek üzere hazır hale getirilmiştir (Şekil 2.5 ve Şekil 2.6).



Şekil 2.5. Yağışlı dönem sediment örnekleme çalışmaları (S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8-S9 noktaları).



Şekil 2.6. Yağışlı dönem sediment örnekleme çalışmaları (S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20 noktaları).

2.1.4 Kurak dönem sediment örnekleme çalışmaları

Kurak döneme ait sediment örnekleme çalışmaları ise 11.11.2023-12.11.2023 tarihleri arasında gerçekleştirilen arazi çalışması ile her bir numune noktasından alınan 500 gr'lık numuneler alınarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.7 ve Şekil 2.8).



Şekil 2.7. Kurak dönem sediment örnekleme çalışmaları (S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8-S9 noktaları).



Şekil 2.8. Kurak dönem sediment örnekleme çalışmaları (S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20 noktaları).

2.2 Laboratuvar Çalışmaları

Alınan su örneklerinin analizleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) ICP laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler multi element standartlarıyla kalibrasyonu yapılarak hazırlanan kurum içi ölçüm metoduyla gerçekleştirilmiş ve analizler esnasında SPECTRO marka ICP-OES (Inductively Coupled Plasma- Optic Emission Spectrometry) cihazı kullanılmıştır.

Eşen çayı sediment örneklerinin jeokimyasal analizleri için ise öncelikle numune hazırlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Numune hazırlama sürecinde ilk önce örneklerin tamamı oda sıcaklığında 48 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekler RETCH marka çeneli kırıcı kullanılarak 0,5 mm boyutunda kırılmıştır. Kırılan örneklerden çeyrekleme yöntemi ile 80 gr örnek alınarak bilyeli tungsten karbür FRITSCH marka öğütücü ile 90 sn öğütülmüş ve 6 gr örnek 1 gr bağlayıcı malzeme (wachs) ile karıştırılıp hidrolik pres altında 14 ton basınç altında sıkıştırılarak pres-pastil halinde analize hazır hale getirilmiştir. Pres-pastil halinde hazırlanan örnekler YEBİM Petrografi Uygulama ve Araştırma Laboratuvarındaki Spectro X-Lab 2000 model PED-XRF (Polarized Energy Dispersive XRF) cihazında ana element oksit ve iz element analizleri yapılmıştır. XRF analizleri Tq-7220 ve GEO-7220 yöntemleriyle yapılmıştır. Ayrıca öğütülen örneklerden yaklaşık 5 gr alınarak PROTHERM marka kül fırında 12 saat süreyle 900°C tutularak ateşte kayıp (LOI) miktarları hesaplanmıştır.

2.3 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları, literatür taranması ile başlamış olup, arazi çalışmaları ve tez yazımı süresi boyunca devam etmiştir.

İlk etapta inceleme alanında, araştırma konusuna veri ve bilgi sağlayacak tüm tez, makale, rapor, yayın, kamu kumu ve kuruluşlarının yapmış olduğu çalışmalar araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda su ve sediment numunelerinin alınacağı lokasyonlar Google Earth programı kullanılarak belirlenmiştir.

Belirlenen lokasyonlardan Fethiye Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden alınan veriler incelenerek yağışlı ve kurak olmak üzere iki dönem belirlenmiş sonrasında sediment ile su örnekleri toplanmıştır.

Yağışlı ve kurak dönemlerde 20 farklı noktadan toplamda 40 adet sediment ve 10 adet noktadan 20 adet (2 adet 500 ml) su numunesi toplanmıştır. Toplanan numunelerin laboratuvarda analizleri yapılmış, elde edilen veriler Office (Excel, Word vb.) ve Surfer programları kullanılarak grafik, tablo ve haritalar haline getirilerek değerlendirilmiştir. Tüm değerlendirmeler sonucunda tez son halini almıştır.



3. BÖLGESEL JEOLojİ

Türkiye'nin güneybatısında Batı Toroslar'da bulunan bölge Teke yarımadasının da kuzeybatısında yer almaktadır. Bölgede Beydağları otoktonu ve Likya napları (Tavas Napı, Dumanlıdağ Napı, Bodrum Napı, Marmaris Ofiyolit Napı ve Domuzdağ Napı) arasında yanal olarak Yeşilbarak napı yüzeyleyir (Şenel, 1997).

Beydağları otoktonu farklı isimlerle de karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; Ricou vd., (1974) tarafından "Toros kireçtaşı eksen", Güvenç (1981) tarafından "Tetis yükseltisi", Koçyiğit (1981) tarafından "Toros karbonat platformu", Şengör ve Yılmaz (1983) tarafından "Anadolu-Torid platformu", Özgül (1976) tarafından "Geyikdağı birliği", Woodcock ve Robertson (1977) tarafından "Beydağları zonu" ve Yılmaz vd. (1981) tarafından da "Beydağları masifi" olarak da betimlenmiştir (Aksoy ve Aksarı, 2008).

Beydağları otoktonu bölgede; Günay vd. (1982), tarafından adlandırılan Üst Kretase yaşlı kireçtaşlarından oluşan Beydağları formasyonu (Kb), Üst Paleosen-Orta Eosen yaşlı, açık şelf ortamında çökelmiş, mikrit ve çörtlü mikritlerden oluşan Dişitaştepe formasyonu (Ted) ve Önalın (1979) tarafından adlandırılan, Alt Miyosen yaşlı, algi kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kıltaşlarından Sinekçi (Tms) formasyonu ile temsil edilmektedir (Şenel, 1997).

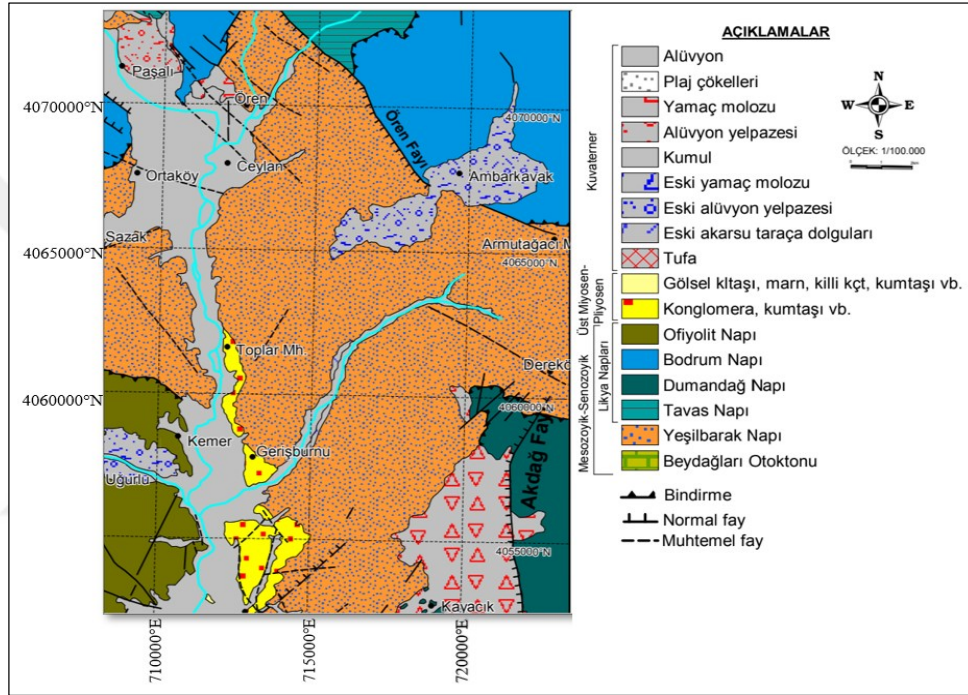
Beydağları otoktonuna ait bu birimler üzerinde tektonik örtü olarak Yeşilbarak napı, Yeşilbarak napı üzerinde tekrardan tektonik örtü ile Likya napları bulunmaktadır (Darbaş ve Gül, 2017).

Yeşilbarak napı alt yapısal ve üst yapısal birimler olmak üzere ikiye ayrılır. Alt yapısal birimler Gömbe birimi, üst yapısal birim ise Yavuz birimidir. Gömbe birimi, Üst Kretase yaşlı, neritik karbonatlardan oluşan Gebeler Formasyonu (Kge) ve Üst Lütəsiyen-Alt Burdigaliyen yaşlı, genellikle kumtaşı ve şeyllerden oluşan Elmalı formasyonundan (Te), Yavuz birimi ise Üst Lütəsiyen-Priaboniyen yaşlı, kıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan Yavuz formasyonundan (Tey) oluşmaktadır (Şenel, 1997).

Allokton olarak Türkiye'nin güneybatısında, Menderes Masifi ile Beydağları otoktonu arasında kalan Likya napları farklı araştırmacılar tarafından farklı isimler ile

adlandırılmıştır. Bu adlandırmaları yapan araştırmacılar ile vermiş oldukları isimler; Demirtaşlı (1975) “Teke Torosları”, Blumental (1963) “Lisiyen veya Likya Torosları”, Poisson (1968, 1977), Gutnic vd. (1979), Meşhur ve Akpınar (1984), Şenel (1997a,b) “Lisiyen Napı” gibidir (Aksoy ve Aksarı, 2008).

Likya napları; Tavas napı, Dumanlıdağ napı, Bodrum napı, Gülbahar napı, Marmaris ofiyolit napı ve Domuzdağ naplarından meydana gelmektedir (Şekil 3.1) (Şenel, 1997).



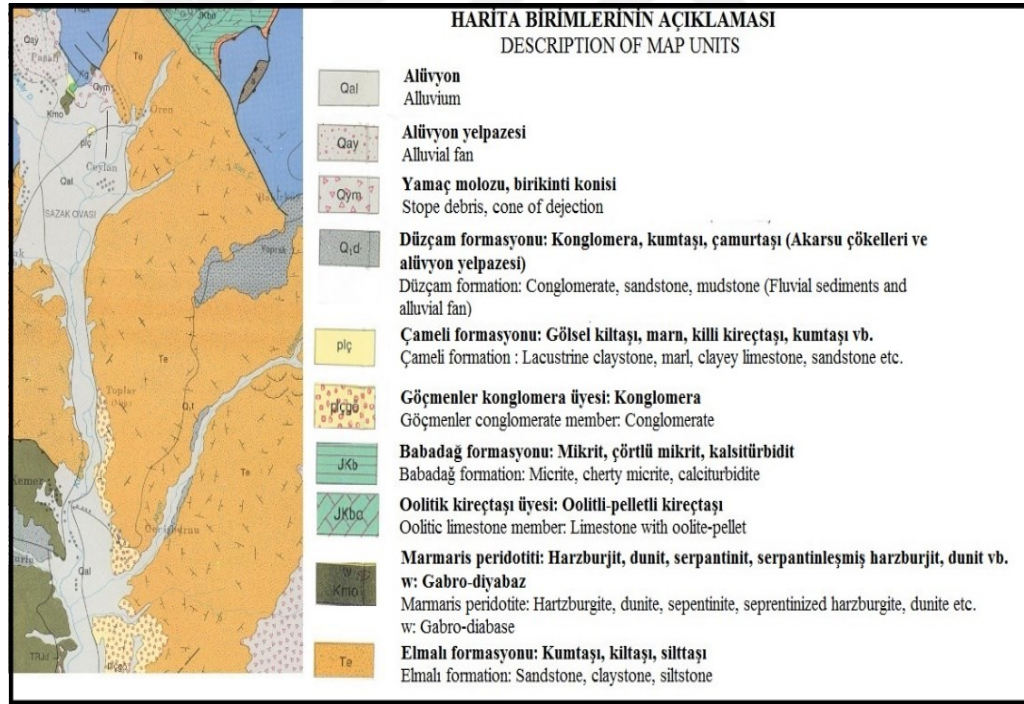
Şekil 3.1. İnceleme alanına ait 1/100.000 ölçekli yapısal jeoloji haritası (Uysal, 2009’dan değiştirilerek).

3.1 Stratigrafi

Bölgede Beydağları otoktonu, Yeşilbarak napı ve Likya napları yüzeylenmektedir. Beydağları otoktonu tektonik pencereler şeklinde görülmekte olup, Beydağları otoktonu; Beydağları, Dişitaştepe ve Sinekçi formasyonlarından oluşmaktadır. Beydağları otoktonu üzerinde tektonik olarak Yeşilbarak napı onun da üzerinde Likya napları bulunmaktadır. Likya naplarını açısız uyumsuzluk ile gölsel çökeltiler ve en üstte ise Kuvaterner yaşlı karasal oluşuklar kaplamaktadır (Şenel, 1997).

Çalışma alanı ve yakın çevresini Likya napları, Yeşilbarak napı ve neotokton örtü kayaları oluşturmaktadır (Şekil 3.2).

Bu birimler; Likya ve Beydağları otoktonu arasında ara zon olarak bulunan, Yeşilbarak napına ait Lütésiyen-Alt Burdigaliyen yaşlı kumtaşı ve şeyllerden oluşan, Te simgeli Elmalı Formasyonu, onun üzerine tektonik örtü olarak yer alan Likya naplarına ait Tavas ve Marmaris Ofiyolit napları bulunmaktadır. Tavas napı çalışma alanı içerisinde Toarsiyen-Maastrichtiyen yaşlı çörtlü mikrit ve kalsitürbiditler oluşan, Jkb simgeli Babadağ formasyonu ve bu formasyonun üyesi olan Toarsiyen-Maastrichtiyen yaşlı, JKbo simgeli, oolitle kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Tavas napı üzerinde alt üst ilişkisi tektonik olan Marmaris ofiyolit napına ait çoğu yerde sepantinleşmiş, Alt Kretase oluşum yaşlı, Kmo simgeli Marmaris peridotiti yer almaktadır. Likya napların üzerinde açılal uyumsuzluk ile Pliyosen yaşlı, Plç simgeli kumtaşı, kıltaşı, marn, konglomera vb. kaya türlerinden oluşan gölsel çökeller ve Kuvaterner yaşlı Qıd simgeli Düzçam formasyonu, Qym simgeli yamaç molozu ve birikinti konileri, Qay simgeli alüvyon yelpazeleri, Qal simgeli alüvyon birimleri bulunmaktadır (Şenel, 1997).



Şekil 3.2. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası (Şenel, 1997).

3.1.1 Yeşilbarak napı (Ara Zon)

3.1.1.1 Elmalı formasyonu (Te)

Önal (1979) tarafından adlandırılan, kalınlığı 400-1500 metre arasında değişen bu formasyon kumtaşı ve şeyllerden oluşmaktadır. Üst Lütésiye-Alt Burdigaliye yaşı formasyon inceleme alanında yaygın olarak ince-orta-kalın tabakalı, Gri, koyu gri, yeşilimsi gri, grimsi kahve, sarımsı kahve renkli küçük konglomera, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı ve kumlu-killi kireçtaşlarından meydana gelir (Şenel, 1997).

Elmalı formasyonu, Likya naplarını meydana getiren yapısal birimler tarafından tektonik olarak örtülmektedir. Tamamıyla türbiditik nitelikte olan formasyon, topoğrafyanın uygun olması durumunda farklı ölçeklerde heyelanların meydana gelmesine neden olmaktadır (Şenel, 1997).

3.1.2 Tavas napı

3.1.2.1 Babadağ formasyonu (JKb)

Formasyonun ilk kez Graciansky (1972) tarafından detaylı olarak tanımlanmış ve Erakman vd. (1982) tarafından da Babadağ formasyonu olarak adlandırılmıştır (Soycan, 2009).

Babadağ formasyonu çörtlü mikrit ve kalsitürbiditlerden oluşmaktadır. Formasyonun iki üyesi bulunmaktadır. Bunlar birincisi Üst Toarsiyen yaşı kırmızı mikrit üyesi (Ammonitico-rosso fasiyesi, JKbar) diğeri ise, Üst Dogger – Malm yaşı oolitle kireçtaşları üyesi (JKbo)'dir (Şenel, 1997).

Kırmızı mikrit üyesi; Babadağ formasyonun tabanında kırmızı renkli, ammonitli kireçtaşları (Ammonitico-rosso fasiyesi) ile Oolitle kireçtaşı üyesi ise kalın seviyeler oluşturan ve sınırlı alanlarda gözlenen oolitle kireçtaşlarıyla temsil edilmektedir (Şenel, 1997).

İnceleme alanımızın kuzeydoğusunda (S1 ve W1 örnekleme noktalarının yer aldığı lokasyonda) Babadağ formasyonuna ait oolitle kireçtaşı üyesine ait birimler gözlenmiştir.

3.1.2.2 Oolitli kireçtaşı üyesi (JKbo)

Babadağ formasyonunun Oolitli Kireçtaşı Üyesi (JKbo) Üst-Dogger-Malm yaşlı seviyelerinde gözlenir. Oolitli kireçtaşı üyesi, orta-kalın tabakalı, gri kırılma, koyu gri aşınma yüzeyli, krem renkli oolitli kireçtaşlarından oluşur. Kalınlığı 100-250 metre arasında olan kireçtaşları ara sıra pelletli seviyeler içerir ve nadiren çört yumruludur. Yanal doğrultuda çörtlü kireçtaşlarına geçiş yapar (Şenel, 1997).

3.1.3 Marmaris ofiyolit napı

3.1.3.1 Marmaris peridotiti (Kmo)

Çoğu yerde serpantinleşmiş ultrabazik kayalardan oluşan Marmaris peridotiti (Kmo) Çapan (1980) tarafından adlandırılmıştır. Diğer kaya türlerine göre yaygın olan kayaç harzburjitlerdir. Harzburjitlerin aşınma yüzeyleri yeşilimsi gri, kıvıllı, kıvıllı kahve renkli olup, kırılma yüzeyleri ise yeşilimsi gri, siyahımsı yeşil, koyu yeşil ve koyu gri renklidir (Şenel, 1997).

Yer yer lizarditleşmiş olan piroksenler ayrıca aşınmaya karşı dirençli olması nedeniyle de kayaç yüzeylerince çıkıntılar şeklinde de görülmektedir. Olivin kristalleri ise orta-iri kayalarda yeşil rengi ve cam parlaklığı ile dikkatleri üzerine çekmektedir. Ancak birçok yerde serpantinleşme neticesinde parlaklığını kaybederek matlaşmış ve ağ dokusu kazanmış haldedir (Şenel, 1997).

Dunit kayacı genellikle serpantinleşmiş olarak açık yeşil, açık yeşilimsi gri ve kahverengimsi renklerde bulunurlar. Kırılma yüzeyi zeytin yeşilidir. Dunit kayacında olivin kristali bol miktarda bulunurken piroksen kristali seyrek (Şenel, 1997).

Pek çok krom yatağının bulunduğu Marmaris peridotiti, yaklaşık olarak 1000 metre kalınlığı sahiptir. Birimin oluşum yaşı kesin olmamak ile birlikte Alt Kretase yaşlıdır (Thuizat vd.,1981; Şenel, 1997).

Marmaris Peridotiti'ne ait birimler çalışma alanının güneybatı kısmında gözlenmiştir.

3.1.4 Neotokton örtü kayaları

Çalışma alanı ve çevresinde farklı yaştaki fasiyesteki karasal tortullar neotokton örtü kayalarını meydana getirir. Neotokton örtü kayaları Pilyosen ve Kuvaterner yaşlı birimler olarak ikiye ayrılır. Pliyosen yaşlı örtü kayalarını Çameli formasyonu (plç), Kuvaterner yaşlı örtü kayalarını ise Düzçam formasyonu (Q1d), yamaç molozu ve birikinti konileri (Qym), alüvyon yelpazeleri (Qay) ve alüvyon (Qal) birimleri temsil etmektedir (Şenel, 1997).

3.1.4.1 Çameli formasyonu (plç)

Çameli formasyonu (plç), Erakman vd. (1982) tarafından adlandırılmış olup, gölsel kilitaşı, kumtaşı ve marn gibi kaya çeşitlerinden oluşur. Formasyonda genel olarak ince-orta-kalın tabakalı, kirlili sarı kirlili beyaz, yeşilimsi gri, açık gri renkli kumtaşı, killili kireçtaşı, marn, kilitaşı, konglomera, kireçtaşı gibi kaya çeşitleri gözlenir. Çameli formasyonu, gölsel fasiyeslerin yanı sıra akarsu, delta ve/veya göle uzanmış yelpaze çökelleri ve göl kıyılı fasiyeslerini de kapsar. Çameli formasyonunun taban seviyesinde akarsu ve bataklık ortamında kömür düzeyli kırıntılılar da bulunmaktadır. Yaklaşık 600 metre kalınlıkta olan formasyon Likya napları üstünde açısali uyumsuzluk ile yer alır ve Pliyosen yaşlı olarak kabul edilirler (Şenel, 1997).

3.1.4.2 Göçmenler konglomera üyesi (plçgö)

Kalınlığı 100-150 metre arasında değişen Göçmenler konglomera üyesi (plçgö); kalın tabakalı ve/veya masif, gri, yeşil, kirlili sarı, yeşilimsi gri renkli genellikle ofiyolit, nispeten kireçtaşı ve dolomit orijinli az köşeli-iyi yuvarlak kaba çakıllı konglomeralar ile görülür. Birçok yerde matriks ve birçok yerde tane ile destekli, kum veya çamur matrikslidir. Çökelme ortamı göle uzanan yelpaze deltası-alüvyon yelpazesi niteliktedir (Şenel, 1997).

3.1.5 Kuvaterner

3.1.5.1 Düzçam formasyonu (Q1d)

Alüvyon yelpazesi ortamında çökelmiş olan Düzçam formasyonu (Q1d), olası Üst Pliyosen-Pleyistosen yaşlı olarak kabul edilir. Birim yaklaşık 30-40 metre kalınlıkta

olup, sarımsı kahve renkli, kıızıl, kıızıl kahve, belirli olmayan kalın tabakalı, yersel çapraz tabakalı, çamurtaşı, kumtaşı ve polijenik konglomeralardan oluşur (Şenel, 1997).

3.1.5.2 Yamaç molozu ve birikinti konileri (Qym)

Birim dağ yamaç ve eteklerinde, bloklu ve köşeli çakıllı, tutturulmamış yamaç molozu ve birikinti konilerinden oluşur (Şenel, 1997).

3.1.5.3 Alüvyon yelpazeleri (Qay)

Ova ve akarsu kenarlarında, yuvarlak, az yuvarlak, gevşek veya köşeli çakıl, kum dolgularından oluşur (Şenel, 1997).

3.1.5.4 Alüvyon (Qal)

Birim ovalarda, akarsu yataklarında, çöküntü alanlarda, çakıl, kum ve çamur birikintilerinden oluşur (Şenel, 1997).

3.2 Tektonik

Bölgede birbirinden farklı deformasyon izlerine sahip yapısal birimler ile otokton konumlu Beydağları otoktonu, allohton konumlu Likya ve Yeşilbarak naplarına ait kaya birimler yüzeylenmektedir (Şenel, 1997).

K-G yönlü sıkışma sistemine bağlı olarak Üst Senoniye'de zamanında gelişmiş Domuzdağı napı, Gülbahar napı ve Marmaris ofiyolit napı bir araya gelmiştir. Senoniye sonlarında da devam eden sıkışma sistemi nedeniyle bu birimler Bodrum napı üzerine yerleşmişlerdir. Eosen sonlarında tekrar aynı yönlü sıkışma sistemi ile Bodrum napı üzerine yerleşen bu birimler Bodrum napı ile birlikte Tavas napı üzerine sürüklenmişlerdir (Şenel, 1997).

Bölgede K-G yönlü sıkışma rejimi Alt Miyosen'de tekrar gelişmiş, daha önce Menderes Masifi güneyine yerleşen Likya napları Alt Langiyen'de, Beydağları otoktonu ile Menderes Masifi arasından kaynaklanan Yeşilbarak napını da altlarına alarak kuzeyden güneye doğru Beydağları otoktonu üzerine bindirmişlerdir. Büyük çapta normal faylanmalar Pliyosen sonu ve sonrasında gelişmiştir (Şenel, 1997).

4. HİDROLOJİ

4.1 Meteoroloji Verileri

Çalışma kapsamında, çalışma alanı içerisinde kalan Eşen Çayı'nı ve bu çayı besleyen küçük derelerin beslenim kaynağı olan yağışlar meteorolojik veriler yardımıyla incelenmiştir. 2015-2023 yılları arasındaki Aylık Maksimum Yağış, Aylık Ortalama Maksimum Sıcaklık, Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık, Aylık Ortalama Nispi Nem, Aylık Ortalama Sıcaklık, Aylık Ortalama Su buharı Basıncı ve Aylık Toplam Yağış verileri, Eşen Çayı'na en yakın konumunda bulunan ve özellikleri Çizelge 4.1'de verilen Fethiye Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nün Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip (18625) istasyonundan temin edilmiştir.

Çizelge 4.1. Seydikemer/Kavaklı orman ekip istasyonu özellikleri (URL-2).

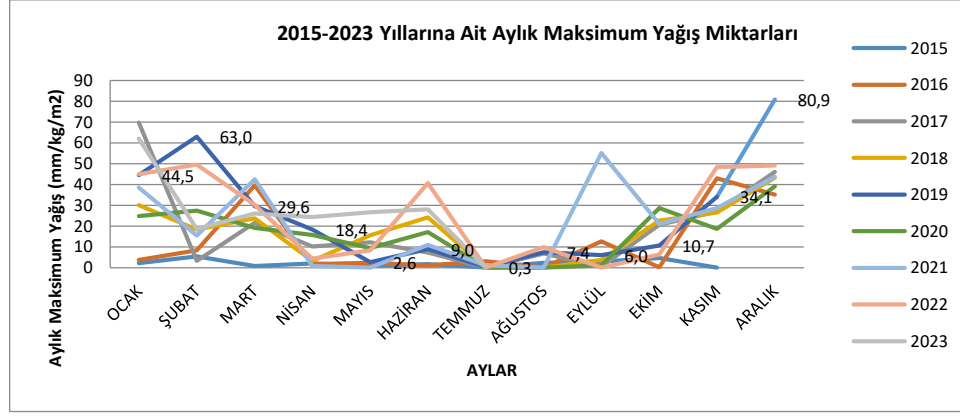
İstasyon Adı	İstasyon No	Rasat Yılları	Enlem	Boylam
Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip	18625	2015-2023	36.700000	29.411700

4.1.1 Aylık maksimum yağış

Fethiye Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'ne ait Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip (18625 numaralı) istasyondan alınan 2015-2023 yıllarını kapsayan verilere göre aylık maksimum yağış miktarı 2019 yılının Aralık ayında 80,9 mm olarak ölçülmüş (Çizelge 4.2) olup, yıl içerisinde en az aylık maksimum yağış Temmuz ve Ağustos aylarında gözlenmiştir (Şekil 4.1).

Çizelge 4.2. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonu'ndan alınan aylık maksimum yağış miktarları (mm).

Yıl/Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2015	-	2,2	5,5	0,8	2,1	1,0	1,7	0,0	2,4	3,0	4,6	0,0
2016	3,7	8,4	39,6	1,7	2,3	1,1	3,1	0,0	12,6	0,2	43,0	35,1
2017	69,8	3,2	21,6	10,2	12,2	7,3	0,0	6,8	0,5	20,7	27,0	46,0
2018	30,0	18,3	23,8	3,2	15,6	24,2	0,0	0,0	3,7	22,7	26,5	43,3
2019	44,5	63,0	29,6	18,4	2,6	9,0	0,3	7,4	6,0	10,7	34,1	80,9
2020	24,9	27,5	19,2	15,8	9,4	17,1	0,0	0,0	1,1	28,7	18,6	39,2
2021	38,5	15,4	42,6	0,8	0,0	10,9	1,1	0,0	55,2	20,9	28,7	43,8
2022	45,0	49,6	30,2	4,3	8,3	40,7	0,0	9,9	0,0	6,3	48,3	49,1
2023	62,0	18,6	26,0	24,3	26,6	28,0	0,0	-	-	-	-	-



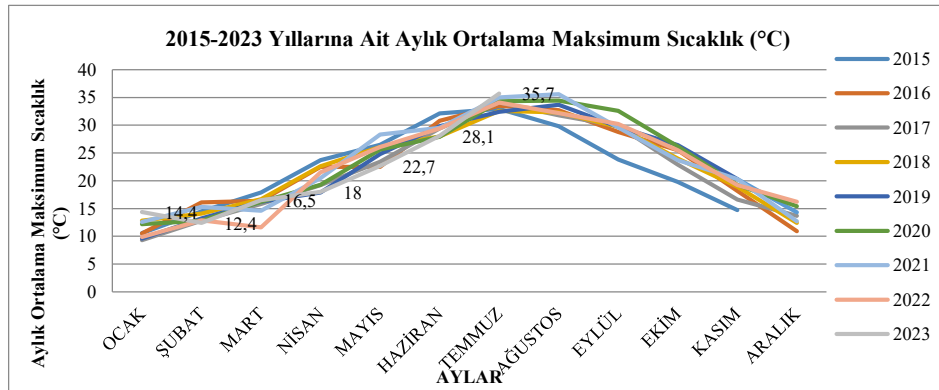
Şekil 4.1. 2015-2023 Yılları arası aylık maksimum yağış miktar değişim grafiği.

4.1.2 Aylık ortalama-maksimum sıcaklık

Fethiye Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'ne ait Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip (18625 numaralı) istasyondan alınan ve 2015-2023 yıllarını kapsayan verilere göre aylık ortalama maksimum sıcaklık değeri 2021 yılının Temmuz ayında 35,7 °C olarak ölçülürken (Çizelge 4.3) aynı yıl aylık ortalama maksimum sıcaklık Ağustos ayında gözlenmiştir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.3. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonu'ndan alınan aylık ortalama maksimum sıcaklık (°C).

Yıl/Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2015	-	10,60	14,50	17,90	23,70	26,50	32,10	32,90	29,80	23,80	19,80	14,70
2016	10,50	16,10	16,40	22,50	22,50	30,80	33,50	32,70	28,80	25,50	18,20	10,90
2017	9,30	12,80	15,80	19,20	23,40	29,40	34,10	31,80	29,90	22,90	16,60	13,70
2018	12,80	14,10	16,70	22,60	26,10	28,00	32,60	32,30	29,70	24,00	18,90	12,40
2019	9,60	13,20	16,20	17,90	24,80	29,80	32,40	33,70	29,70	26,40	20,30	14,30
2020	12,20	12,80	16,20	19,30	25,60	27,90	34,30	34,40	32,60	26,20	19,30	15,40
2021	12,60	15,30	14,60	20,50	28,30	29,50	35,00	35,60	29,60	23,70	20,30	12,70
2022	9,90	12,90	11,60	21,50	26,10	29,40	34,10	32,20	30,20	25,50	19,20	16,20
2023	14,40	12,40	16,50	18,00	22,70	28,10	35,70	-	-	-	-	-



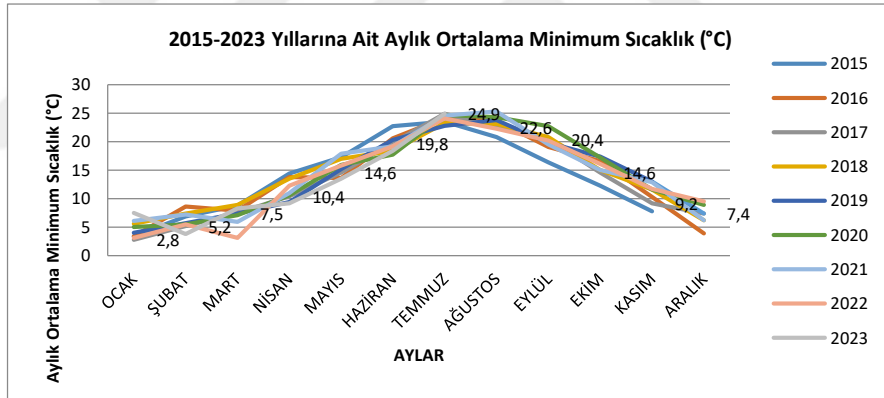
Şekil 4.2. 2015-2023 Yıllarına ait aylık ortalama -maksimum sıcaklık grafiği

4.1.3 Aylık ortalama minimum sıcaklık

Fethiye Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'ne ait Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip (18625 numaralı) istasyondan alınan ve 2015-2023 yıllarını kapsayan verilere göre aylık ortalama minimum sıcaklık 2017 yılının ocak ayında 2,8 °C olarak ölçülmüş (Çizelge 4.4) olup, aynı yıl içerisinde aylık ortalama minimum sıcaklık Ocak ayında gözlenmiştir (Şekil 4.3).

Çizelge 4.4. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonundan alınan aylık ortalama minimum sıcaklık (°C).

Yıl/Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2015	-	3,4	6,9	8,8	14,4	17,3	22,7	23,5	20,8	16,4	12,3	7,8
2016	3,4	8,6	7,9	13,8	13,6	20,6	24,2	23,7	19,1	16,6	10,3	3,9
2017	2,8	5,2	7,5	10,4	14,6	19,8	24,9	22,6	20,4	14,6	9,2	7,4
2018	5,6	7,4	8,9	13,5	17	18,4	23,3	23,1	20,8	15	11,6	6,2
2019	4	5,7	7,4	9,4	15,2	20,3	22,8	23,8	19,8	17,4	13	7,4
2020	5	5,5	7,1	10,6	15,9	17,7	24,7	24,3	22,7	17,2	11,6	8,9
2021	6,1	7,2	5,9	11	17,9	19,2	24,6	25,3	19,5	15	12,9	6,2
2022	3,1	5,5	3,1	12,3	15,8	19,2	24,1	22,3	20,2	16,1	11,7	9,5
2023	7,5	3,8	8,3	9,2	13,5	18,4	24,9	-	-	-	-	-



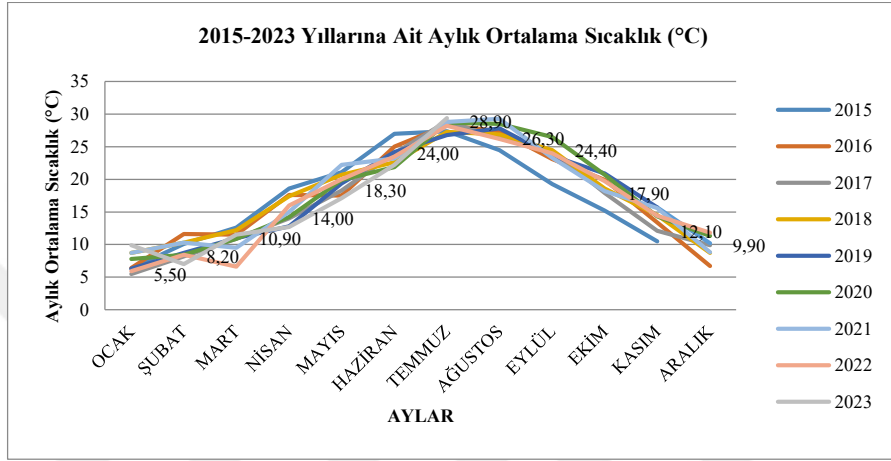
Şekil 4.3. 2015-2023 yıllarına ait aylık ortalama minimum sıcaklık grafiği.

4.1.4 Aylık ortalama sıcaklık

Fethiye Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'ne ait Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip (18625 numaralı) istasyondan alınan ve 2015-2023 yıllarını kapsayan verilere göre aylık ortalama sıcaklık 2017 yılının Ocak ayında 5,5 °C olarak ölçülmüş (Çizelge 4.5) olup, yıl içerisinde aylık ortalama sıcaklık en düşük Ocak-Şubat aylarında, aylık ortalama sıcaklık en yüksek Temmuz-Ağustos aylarında gözlenmiştir (Şekil 4.4).

Çizelge 4.5. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonundan Alınan Aylık Ortalama Sıcaklık değerleri (°C).

Yıl/Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2015	-	6,3	10,1	12,6	18,6	21,1	27	27,4	24,5	19,3	15,2	10,5
2016	6,4	11,6	11,5	17,6	17,5	25	28,3	27,4	23,1	19,9	13,4	6,7
2017	5,5	8,2	10,9	14	18,3	24	28,9	26,3	24,4	17,9	12,1	9,9
2018	8,7	10,3	12,2	17,4	20,7	22,6	27,3	26,9	24,5	18,6	14,5	8,7
2019	6,3	8,7	11	12,8	19,4	24,2	26,8	27,8	23,6	20,9	15,7	10,2
2020	7,8	8,4	10,9	14,2	19,9	21,9	28,7	28,5	26,5	20,7	14,3	11,3
2021	8,7	10,3	9,5	15	22,2	23,2	28,8	29,3	23,3	18,2	15,6	8,8
2022	5,9	8,4	6,6	16	20	23,5	28,2	26,2	24	19,7	14,4	11,8
2023	9,9	7	11,5	12,7	17,1	22,2	29,4	-	-	-	-	-



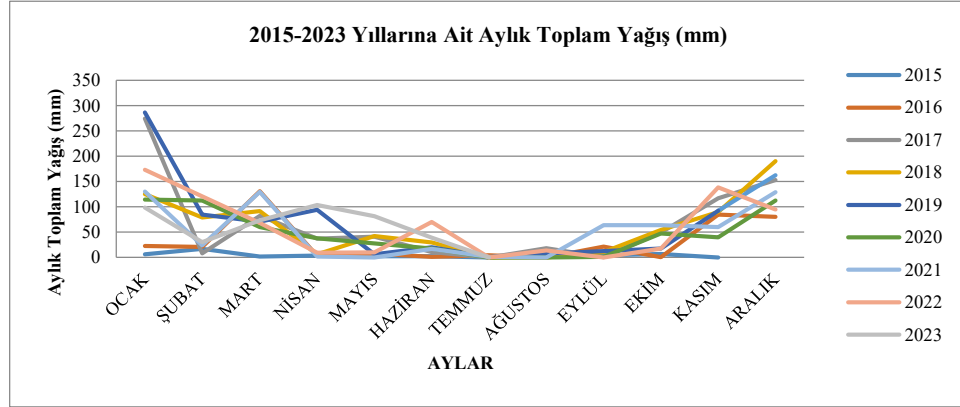
Şekil 4.4. 2015-2023 Yıllarına Ait Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği.

4.1.5 Aylık toplam yağış

Fethiye Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'ne ait Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip (18625 numaralı) istasyondan alınan ve 2015-2023 yıllarını kapsayan verilere göre aylık toplam yağış miktarı en düşük Temmuz ve Ağustos aylarında 0.0 mm olarak ölçülmüş (Çizelge 4.6) olup, en yağışlı aylar ise Aralık ve Ocak ayları olmuştur (Şekil 4.5).

Çizelge 4.6. Seydikemer/Kavaklı Orman Ekip İstasyonundan Alınan Aylık Toplam Yağış (mm).

Yıl/Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2015	-	5,8	16,8	1,8	3,3	2,4	2,1	0,0	6,8	4,0	6,7	0,0
2016	22,7	20,9	131	3,00	7,4	1,2	4,3	0,0	21,1	0,2	84,3	80,4
2017	274,6	7,8	82	37,1	40,6	10,5	0,0	18,1	0,5	49,2	117	153
2018	125,2	79,1	91,8	6,4	42,0	29,5	0,0	0	10,3	54,4	89,8	190,4
2019	286,3	84,5	70,8	94,2	6,10	20	0,3	7,4	12,2	17,7	92	162,1
2020	114,4	112,2	60,1	37,7	27,9	17,7	0,0	0,0	1,2	47,3	39,8	112,4
2021	130	23,9	129,6	1,7	0,0	17	1,1	0,0	63,8	63,8	60,1	129
2022	172,9	120,5	68,4	9,2	10,0	69,7	0,0	13,9	0,0	17,2	138,1	94,9
2023	98,5	30,2	73,1	103,5	81,5	39,1	0,0	-	-	-	-	-



Şekil 4.5. 2015-2023 yıllarına ait aylık toplam yağış değişim grafiği.

4.2 Akarsular

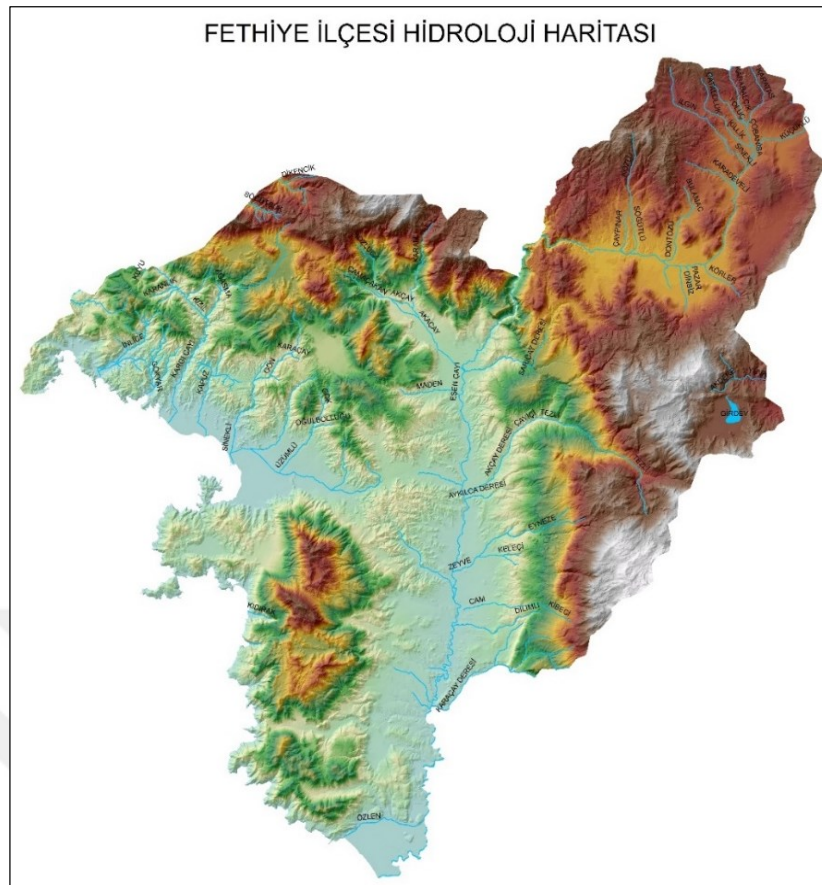
4.2.1 Eşen çayı

Eşen Çayı, Batı Akdeniz Havzası'nın en büyük akarsularından biridir (Şekil 4.6). Yaklaşık 128 km uzunluğunda olan çay kış aylarında ve kar erimelerine bağlı olarak ilkbahar aylarında debisi artmaktadır (Fethiye İlçesi Afet Tehlike Analizi, AFAD, 2012). Eşen Çayı Havzası'nın yaklaşık yağış alanı 2614 km²'dir (Eraydın, 2015).



Şekil 4.6. Eşen Çayı genel görünüm.

Eşen Çayı; çalışma alanının da içerisinde yer alan Ören Mahallesi'nden itibaren geniş bir vadiye yayılmaktadır. Bu Çay Seydikemer İlçesi'nin birçok mahallesi içerisinde geçmekte olup, akım yönü genel olarak güney (Şekil 4.7) yönlüdür (AFAD, 2012).



Şekil 4.7. Fethiye ilçesi hidroloji haritası (AFAD, 2012).

Eşen Çayı'na Ören-Uğurlu arasında birçok dere-çay birleşimleri bulunmaktadır. Bu dere-çay birleşimleri memba tarafından mansap tarafına doğru Yukarı Akçay Yalvak Deresi birleşimi, Yukarı Akçay, Sarıçay birleşimi, Sazak Dere birleşimi, Koca Dere birleşimi, Boynuz Dere birleşimi, Akçay birleşimi ve Aykıtça birleşimidir (Çavuşoğlu vd., 2013)

Eşen Çayı üzerinde bulunan Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'ne ait Kemer-802 (36°38'50"K- 29°21'42"D) gözlem noktası ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait Kavaklıdere-E08A009 gözlem noktası (36°49'31"K- 29°33'43"D) ile Kınık-E08A015 gözlem noktasından (36°21'23"K- 29°19'0"D) alınan 1940-2015 yıllarına ait akım verileri Çizelge 4.7'de verilmektedir.

Çizelge 4.7. Eşen Çayı'nın 1940 ve 2015 yılları arasındaki akım ölçümleri (URL-1).

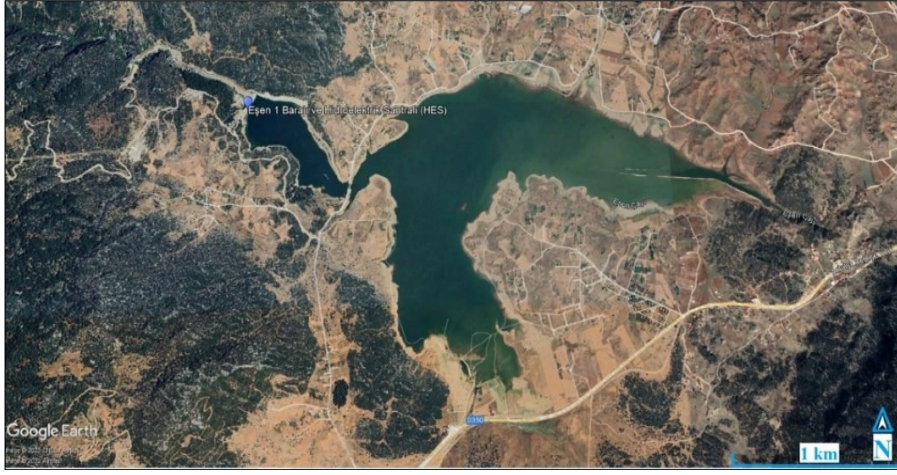
GÖZLEM NOKTASI	SU YILI	YAĞIŞ ALANI (km ²)	SU YILINDA ORTALA MA AKIM (m ³ /s)	SU YILIN DA EN ÇOK AKIM (m ³ /s)	SU YILINDA EN AZ AKIM (m ³ /s)	YILLIK TOPLAM AKIM (xmilyon m ³)	YILLIK VERİM (L/ s/km ²)
EİE-802- Kemer	1940	1210,0	53,3	354,0	26,6	1520,0	44,0
EİE-802- Kemer	1941	1210,0	40,2	595,0	21,8	1268,0	33,2
EİE-802- Kemer	1942	1210,0	32,0	309,0	17,2	1009,0	26,4
EİE-802- Kemer	1943	1210,0	28,2	354,0	17,2	889,0	23,3
EİE-802- Kemer	1944	1210,0	26,4	249,0	16,0	835,0	21,80
EİE-802- Kemer	1945	1210,0	26,8	249,0	16,0	845,0	22,1
EİE-802- Kemer	1946	1210,0	26,2	519,0	17,8	826,0	21,7
EİE-802- Kemer	1947	1210,0	26,6	150,0	18,4	839,0	22,0
EİE-802- Kemer	1948	1210,0	29,6	225,0	18,4	936,0	24,5
EİE-802- Kemer	1949	1210,0	38,9	180,0	20,6	1227,0	32,1
EİE-802- Kemer	1950	1210,0	33,7	294,0	25,4	1063,0	27,9
EİE-802- Kemer	1951	1210,0	34,0	519,0	24,2	1072,0	28,1
EİE-802- Kemer	1952	1210,0	49,2	345,0	27,8	1556,0	40,7
EİE-802- Kemer	1953	1210,0	36,5	519,0	17,0	1151,0	30,2
EİE-802- Kemer	1954	1210,0	23,8	166,0	16,3	751,0	19,7
EİE-802- Kemer	1955	1210,0	27,8	149,0	16,3	877,0	23,0
EİE-802- Kemer	1956	1210,0	30,2	189,0	19,4	955,0	25,0
EİE-802- Kemer	1957	1210,0	18,5	57,0	14,0	583,0	15,3
EİE-802- Kemer	1958	1210,0	35,0	213,0	15,0	1104,0	28,9
EİE-802- Kemer	1964	1194,4	15,9	79,0	10,3	503,0	13,3
EİE-802- Kemer	1965	1194,4	26,8	169,0	11,5	845,0	22,4
EİE-802- Kemer	1966	1194,4	30,0	426,0	15,3	946,0	25,1
EİE-802- Kemer	1967	1194,4	29,8	142,0	15,7	940,0	24,9
EİE-802- Kemer	1968	1194,4	38,7	364,0	18,7	1224,0	32,4
EİE-802- Kemer	1969	1194,4	31,8	193,0	17,0	1003,0	26,6
EİE-802- Kemer	1970	1194,4	31,6	298,0	15,4	997,0	26,5
EİE-802- Kemer	1971	1194,4	22,4	109,0	13,0	706,0	18,8
DSİ-E08A009- Kavaklıdere	2015	546,8	4,903	244,0	0,029	154,63	9,0
DSİ-E08A015- Kınık	2015	2448,0	52,989	555,0	8,170	1670,80	21,6

4.3 Barajlar

4.3.1. Eşen 1 barajı ve hidroelektrik santrali (HES)

Çalışma alanında içerisinde kalan Ören Mahallesi'nin yaklaşık 11 km kuzeydoğusunda yer alan Eşen 1 Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES) Göltaş Enerji Şirketi tarafından yapılmıştır (Şekil 4.8).

Eşen 1 Barajı ve Hidroelektrik Santrali'ne ait başlıca karakteristikleri Çizelge 4.8'de verilmiştir (Bozcu vd., 2007).



Şekil 4.8. Eşen 1 baraj gölet alanına ait uydu görüntüsü (Google Earth 09.08.2023 tarihli görüntüsü).

Çizelge 4.8. Eşen-I barajının başlıca karakteristikleri (Bozcu vd., 2007).

Yağış Alanı	662 km ²
Ortalama Yıllık Akım	138.700.000 m ³
Barajın Tipi	Beton Çekirdekli Kaya Dolgu
Bent'in Talvegten (Nehir tabanından) Yüksekliği	19 m
Nehir Tabanının Kot Değeri	1099 m
Bent'in Uzunluğu	270 m
Suyun Çıkabileceği En Fazla Kot Değeri	1115 m
Nehrin Ortalama Debisi	4.5 m ³ /sn
Nehrin Maksimum Debisi	250 m ³ /sn
Baraj Gölü En Fazla Su Hacmi	35.000.000 m ³
En Düşük İşletme Seviyesi	1109,50 m
Aktif Göl Hacmi	28.000.000 m ³
Kuvvet Tünelinin Uzunluğu	5050 m
Kuvvet Tünelinin Tipi	Dairesel Kesit. Betonarme Kaplamalı. Serbest Akışlı

4.4 Göller

4.4.1 Girdev Gölü

Girdev Gölü yaklaşık 1750 m yükseklikte ve 25 km²'lik alana sahip Girdev Yaylası diğer ismi ile Alaçat Yaylası'nda bulunmaktadır. Girdev Gölü'nün kış aylarında yüzölçümü artarken yaz aylarında azalmaktadır (Güner ve Ertürk, 2005).

Gölün etrafı alçak tepeler ile çevrilidir (Şekil 4.9). Elmalı Polyesi'nin batısında, çalışma alanının yaklaşık 25 km doğusunda bulunan bu göl bölgenin önemli su kaynaklarının başında gelmektedir.



Şekil 4.9. Girdev gölü ve yaylasına ait bir görünüm

5. HİDROJEOLOJİ

Çalışma alanı içerisinde kalan ve Eşen Çayı'nın yatağında ve etrafında mostra vermiş olan birimlerin hidrojeolojik özellikleri şu şekildedir. İl ve ilçe genelinde gözlenen dolomitik mermer ve kireçtaşları bölgenin en önemli akiferlerin başında gelmektedir. Genellikle kırıklı çatlaklı ve karstik bir yapıda olmaları nedeniyle büyük su kaynaklarının bu birimlerin çatlakları ve fayları boyunca yeryüzüne çıkmaktadır.

Çalışma alanında yer alan Elmalı Formasyonu (Te), kumtaşı, silttaşı ve kilitaşı araldanmasından oluşur. Bu birimler arasında killi siltli birimlerin bulunması nedeniyle yeraltı suyunun iletilmesi ve depolanması bakımından elverişsizdir. Bu nedenle birim geçirimsiz yani akifüj olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma alanındaki bir diğer birim olan Babadağ Formasyonu (JKb) ise Dogger-Maestrihtiyen arasında çökelmiş çörtlü kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyon bölgede yüksek alanlarda yüzlek verdiğinden dolayı yüzey sularının yeraltına iletilmesinde önemli unsurdur. Bu nedenle bu yerler yeraltı sularının beslenme alanlarını oluşturmaktadır.

Marmaris Peridotiti (Kmo); serpantin, serpantinleşmiş harzburgit, düşük miktarlarda dunit, serpantinleşmiş dunit ve piroksenitlerden oluşur. Nadiren diabaz daykları da görülür. Marmaris Peridotiti akifüj (su tutmayan-geçirimsiz) olarak değerlendirilmiş olup peridotit içerisinde bulunan diyabaz dayklar ise yeraltı suyu yönünden geçirimsiz sınır koşullarını oluşturmaktadır.

Çameli Formasyonu (plç) gölssel kilitaşı, marn, kumtaşı vb. kaya türlerinden oluşmaktadır. Bu kaya birimleri arasında ince taneli siltli ve killi birimlerinde bulunmasından dolayı formasyonun geçirimsizliği düşük bu nedenle de yeraltı suyu bakımından fakirdir.

Genellikle gevşek tutturulmuş çakıl ve kum birimlerinden oluşan alüvyon (Qal); bölgenin önemli akiferleri arasında yer almaktadır. Bölge halkı tarafından alüvyon birimler içerisinde sulama amaçlı keson ve derin su kuyuları açılmış olup debileri 3-5 L/sn arasındadır (Dişli, 2010).

6. BULGULAR

Çalışma alanı olan Batı Akdeniz Havzası'nın önemli su kaynaklarının başında gelen Eşen Çayı'nın Ören ve Uğurlu Mahalleleri arasında 20 farklı noktadan sediment ve 10 farklı noktadan da su örnekleri toplanmış olup, yağışlı ve kurak dönemlere ait analiz sonuçları Çizelge 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 ve 6.7'de verilmiştir.

6.1 Su Numunelerinin Analiz Sonuçları

İnceleme alanından 2 farklı dönemde (yağışlı-kurak) su numuneleri toplanmıştır. Toplanan su numuneleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) ICP laboratuvarında analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar; Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (13.02.2008 tarih ve 26786 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik) (Çizelge 6.1), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA)'da belirtilen kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.1. Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (SKKY, 2008).

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	>200
Krom (µg Cr+6/L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	>50
Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	>2000
Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	>50
Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	>200
(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.				

Çizelge 6.2. Yağışlı dönem su numuneleri analiz sonuçları.

YAĞIŞLI	ÖRNEK	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Er	Fe	Gd	Ho
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	W1	0,02	0,06	0,060	0,07	0,06	0,03	35930,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,005	0,064	0,07	0,001	0,04
	W2	0,02	0,06	0,040	0,07	0,06	0,03	35140,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,004	0,063	0,07	0,001	0,04
	W3	0,02	0,06	0,020	0,07	0,06	0,03	35440,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,008	0,004	0,063	0,07	0,002	0,04
	W4	0,11	0,06	0,040	0,06	0,06	0,03	42440,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,004	0,062	0,04	0,001	0,04
	W5	0,03	0,06	0,050	0,06	0,06	0,02	45660,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,008	0,004	0,064	0,06	0,002	0,04
	W6	0,06	0,06	0,050	0,06	0,06	0,02	42360,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,004	0,064	0,06	0,001	0,04
	W7	0,03	0,06	0,030	0,06	0,06	0,02	40030,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,005	0,064	0,06	0,002	0,04
	W8	0,02	0,06	0,030	0,06	0,06	0,02	43360,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,004	0,063	0,06	0,002	0,04
	W9	0,09	0,06	0,020	0,06	0,06	0,02	40740,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,004	0,062	0,04	0,001	0,04
	W10	0,03	0,06	0,040	0,06	0,06	0,02	36720,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,008	0,004	0,064	0,06	0,002	0,04
	ÖRNEK	In	K	Li	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	Rb	Se	Sm	Sr	Th	Tm	U	Zn
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	W1	0,01	0,39	0,001	3945,00	0,088	1187,00	0,02	0,10	0,02	0,004	0,10	0,12	0,45	0,10	0,10	0,11	0,08
	W2	0,01	0,57	0,005	3906,00	0,088	1188,00	0,03	0,33	0,02	0,006	0,09	0,12	0,40	0,07	0,10	0,10	0,08
	W3	0,01	0,60	0,002	4039,00	0,088	4163,00	0,03	0,30	0,02	0,003	0,10	0,11	0,40	0,05	0,10	0,10	0,08
	W4	0,01	0,96	0,002	5483,00	0,087	2865,00	0,04	0,27	0,02	0,004	0,07	0,12	0,47	0,08	0,10	0,10	0,08
	W5	0,01	0,84	0,004	5163,00	0,087	2622,00	0,03	0,24	0,02	0,007	0,08	0,12	0,45	0,07	0,10	0,10	0,08
	W6	0,01	0,88	0,001	5222,00	0,087	2675,00	0,04	0,24	0,02	0,003	0,08	0,12	0,45	0,08	0,10	0,09	0,08
	W7	0,01	0,88	0,001	5097,00	0,087	2738,00	0,05	0,18	0,02	0,001	0,09	0,11	0,45	0,09	0,10	0,10	0,08
	W8	0,01	0,86	0,000	5097,00	0,088	2714,00	0,04	0,18	0,02	0,003	0,10	0,11	0,47	0,10	0,10	0,11	0,08
	W9	0,01	1,04	0,005	7231,00	0,087	3054,00	0,14	0,21	0,02	0,003	0,11	0,12	0,45	0,10	0,10	0,11	0,08
	W10	0,01	1,01	0,002	6385,00	0,088	3626,00	0,10	0,20	0,02	0,004	0,09	0,12	0,46	0,08	0,10	0,10	0,08

a.e.: analiz edilemedi

Çizelge 6.3. Kurak dönem su numuneleri analiz sonuçları.

KURAK	ÖRNEK	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Er	Fe	Gd	Ho
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	W1	0,14	a.e.	0,106	0,07	0,06	0,02	34000,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,008	0,003	0,060	0,07	0,001	0,04
	W2	0,14	a.e.	0,117	0,07	0,06	0,16	32880,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,008	0,002	0,060	0,07	0,001	0,04
	W3	0,14	a.e.	0,177	0,07	0,06	0,04	34300,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,008	0,002	0,057	0,07	0,002	0,04
	W4	0,08	a.e.	0,092	0,07	0,06	0,02	43190,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,003	0,057	0,07	0,001	0,04
	W5	0,04	a.e.	0,058	0,07	0,06	0,02	41540,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,001	0,057	0,07	0,001	0,04
	W6	0,12	a.e.	0,073	0,07	0,06	0,04	41480,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,003	0,057	0,07	0,001	0,04
	W7	0,30	a.e.	0,055	0,07	0,06	0,02	42680,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,008	0,002	0,057	0,07	0,001	0,04
	W8	0,14	a.e.	0,058	0,07	0,06	0,02	38520,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,002	0,059	0,07	0,001	0,04
	W9	0,12	a.e.	0,046	0,07	0,06	0,01	40690,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,002	0,057	0,07	0,001	0,04
	W10	0,12	a.e.	0,046	0,07	0,06	0,01	39840,00	a.e.	0,08	0,08	0,08	0,009	0,002	0,059	0,07	0,002	0,04
	ÖRNEK	In	K	Li	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	Rb	Se	Sm	Sr	Th	Tm	U	Zn
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	W1	0,01	0,47	0,005	4585,00	0,088	1668,00	0,01	0,24	0,02	a.e.	0,10	0,12	0,43	0,06	0,10	0,08	0,08
	W2	0,02	0,62	0,003	4213,00	0,088	1619,00	0,01	0,16	0,02	0,003	0,12	0,11	0,39	0,05	0,10	0,08	0,07
	W3	0,02	0,67	0,006	4339,00	0,088	1835,00	0,02	0,14	0,02	0,003	0,10	0,12	0,41	0,07	0,10	0,08	0,08
	W4	0,01	1,01	0,005	5719,00	0,087	3359,00	0,06	0,13	0,02	a.e.	0,09	0,12	0,44	0,09	0,10	0,09	0,07
	W5	0,02	1,10	a.e.	6251,00	0,087	3136,00	0,07	0,12	0,02	0,003	0,10	0,13	0,43	0,08	0,10	0,09	0,07
	W6	0,01	1,00	0,003	6062,00	0,088	3258,00	0,05	0,14	0,02	0,005	0,10	0,12	0,43	0,07	0,10	0,09	0,07
	W7	0,02	1,13	0,006	6765,00	0,087	3566,00	0,06	0,20	0,02	0,003	0,10	0,13	0,45	0,07	0,10	0,09	0,07
	W8	0,01	0,97	0,003	5972,00	0,088	3535,00	0,05	0,23	0,02	0,002	0,09	0,12	0,43	0,07	0,10	0,08	0,07
	W9	0,01	1,08	0,003	8038,00	0,088	3957,00	0,16	0,13	0,02	0,003	0,10	0,12	0,44	0,08	0,10	0,09	0,07
	W10	0,02	1,09	0,002	8090,00	0,088	3969,00	0,11	0,27	0,02	0,003	0,12	0,13	0,44	0,05	0,10	0,09	0,07

a.e.: analiz edilemedi

Çizelge 6.4. Yağışlı dönem sediment numuneleri analiz sonuçları.

Element	Birim	SEDİMENT ÖRNEKLEME NOKTALARI																			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
S	ppm	a.e.	301,2	593,9	2395,8	314,9	20,0	365,8	219,2	138,5	a.e.	a.e.	354,1	380,0	186,8	a.e.	89,6	a.e.	606,1	1375,9	612,7
Cl	ppm	278,4	238,4	223,8	175,8	205,4	129,6	71,9	99,7	194,7	199,1	94,8	69,2	106,0	43,2	161,6	118,7	151,1	58,3	68,8	98,6
Sc	ppm	20,8	21,6	18,3	20,4	15,6	22,0	14,1	16,5	17,2	19,1	19,2	20,1	16,5	18,2	20,0	20,3	16,3	19,9	17,3	20,0
V	ppm	12,7	6,5	a.e.	31,9	24,2	1,6	82,2	71,5	19,4	18,6	26,5	77,5	38,0	114,0	10,7	20,1	33,6	86,6	80,6	30,1
Co	ppm	11,0	a.e.	a.e.	11,2	9,6	a.e.	20,9	24,8	1,4	2,1	6,0	23,3	6,9	33,3	2,1	3,1	58,9	27,4	23,6	7,1
Ni	ppm	478,0	133,1	91,0	268,3	294,3	72,3	222,4	362,9	106,9	122,1	209,9	251,9	176,1	300,5	164,0	161,2	1507,1	271,5	247,8	203,3
Cu	ppm	31,4	29,8	25,3	32,4	34,2	27,6	44,9	42,3	29,6	30,9	24,8	43,4	47,2	51,5	29,9	31,1	33,1	49,7	53,1	37,6
Zn	ppm	48,3	66,8	46,5	112,9	73,0	42,0	75,0	69,5	44,9	40,0	45,8	74,0	59,0	95,3	42,8	50,3	58,4	87,2	85,1	58,4
Ga	ppm	5,9	5,3	5,9	8,0	8,2	7,0	12,4	13,3	8,1	6,6	8,2	12,6	11,4	15,7	7,6	8,4	7,4	15,4	15,2	9,6
As	ppm	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	1,0	0,7	a.e.	a.e.	1,1	1,0	a.e.	3,2	a.e.	a.e.	a.e.	1,5	1,0	a.e.
Rb	ppm	18,3	18,5	15,4	29,1	25,6	28,2	69,5	60,7	32,8	18,0	38,7	66,4	46,5	101,0	24,8	39,1	24,7	85,7	81,2	44,6
Sr	ppm	225,6	405,3	495,8	322,6	304,7	528,0	289,8	313,9	404,0	490,0	744,7	306,2	354,6	237,0	402,9	413,7	221,1	265,2	278,3	361,5
Y	ppm	5,8	9,6	6,4	11,1	10,7	19,7	24,8	22,8	17,5	13,1	18,5	24,3	19,9	33,1	17,2	17,3	8,3	29,5	29,8	16,2
Zr	ppm	38,7	45,2	43,4	52,9	50,2	61,6	86,2	87,8	64,8	50,7	89,1	88,1	72,7	98,8	58,2	64,1	51,8	94,5	94,8	64,4
Nb	ppm	5,0	3,1	1,9	4,7	4,7	2,4	6,9	7,4	4,1	2,1	1,7	7,3	5,4	9,7	5,4	3,4	6,1	8,3	8,4	4,6
Mo	ppm	4,7	3,1	3,1	3,9	4,8	2,7	3,7	3,6	3,1	2,7	3,4	4,5	2,8	3,1	3,0	2,2	3,9	2,8	3,0	1,5
Cd	ppm	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
Sn	ppm	a.e.	a.e.	1,8	5,0	0,6	1,8	1,9	a.e.	2,2	4,5	2,4	0,8	1,7	3,2	a.e.	3,3	a.e.	6,6	0,8	3,7
Ba	ppm	172,7	144,1	107,8	168,1	171,0	191,3	221,8	238,6	150,7	119,6	180,5	265,1	181,0	253,6	140,8	135,2	182,0	229,2	228,6	140,2
Nd	ppm	89,3	101,2	111,1	81,5	84,8	100,2	52,9	58,0	83,2	101,7	84,7	57,1	77,2	48,8	93,5	84,7	62,1	56,0	60,2	87,2
Sm	ppm	3,1	1,4	1,5	1,9	2,7	2,0	10,3	2,3	1,9	1,6	1,8	6,3	2,1	7,1	7,6	1,4	2,3	2,5	2,2	2,1
Gd	ppm	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	a.e.	2,7	2,2	1,6	0,4	1,2	2,3	0,7	2,5	0,6	1,2	1,0	2,8	2,2	0,3
Yb	ppm	44,4	9,0	4,6	24,8	27,1	2,9	25,7	41,9	8,0	8,1	18,7	30,2	13,9	36,8	12,4	12,6	169,4	29,5	26,2	17,2
Hf	ppm	1,4	1,2	0,9	1,8	2,1	2,5	3,6	3,7	2,5	2,1	4,1	4,2	3,0	4,4	2,2	2,1	2,1	4,4	3,9	2,6
Pb	ppm	25,0	20,0	19,6	22,5	19,9	20,8	25,3	25,0	23,6	18,7	31,3	25,9	24,2	27,9	21,2	22,4	16,7	27,7	26,3	21,7
Th	ppm	18,7	23,5	24,8	18,5	17,2	21,2	14,9	14,3	22,8	9,8	18,7	15,2	18,3	14,2	20,4	18,7	15,3	16,5	17,0	16,8
U	ppm	8,7	8,7	8,6	8,8	8,9	8,9	9,9	9,6	8,9	8,8	9,2	9,8	9,3	10,6	8,9	9,1	8,9	10,1	10,1	9,2

a.e.: analiz edilemedi

Çizelge 6.5. Yağışlı dönem sediment numuneleri ait ana oksit içerikleri.

Element	SEDİMENT ÖRNEKLEME NOKTALARI																			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Na ₂ O (%)	0,16	0,19	0,10	0,25	0,22	0,20	0,50	0,43	0,27	0,21	0,28	0,50	0,32	0,49	0,26	0,27	0,29	0,45	0,45	0,28
MgO (%)	12,14	6,43	6,51	7,52	8,78	2,24	5,85	7,91	6,24	4,87	4,80	6,19	5,14	6,35	4,66	4,03	16,99	5,80	5,48	4,01
Al ₂ O ₃ (%)	2,23	2,07	1,11	3,97	3,49	2,53	9,37	7,72	3,74	2,28	4,51	8,69	5,55	10,96	2,84	4,13	3,72	9,31	8,54	4,87
SiO ₂ (%)	18,59	12,02	7,56	23,40	23,20	20,68	39,93	36,60	21,79	17,13	25,05	39,93	26,46	42,10	22,29	21,48	32,19	37,77	36,74	21,31
P ₂ O ₅ (%)	0,04	0,46	0,12	0,97	0,38	0,06	0,11	0,11	0,08	0,05	0,08	0,11	0,11	0,12	0,07	0,08	0,06	0,14	0,15	0,11
K ₂ O (%)	0,28	0,25	0,13	0,54	0,44	0,43	1,76	1,40	0,60	0,24	0,74	1,62	0,92	2,26	0,43	0,71	0,52	1,79	1,62	0,86
CaO (%)	34,62	45,43	49,63	34,21	34,23	45,39	18,44	20,30	36,58	44,81	37,34	19,26	32,68	14,71	41,42	39,65	19,77	19,44	21,28	37,28
TiO ₂ (%)	0,20	0,19	0,12	0,32	0,26	0,21	0,53	0,47	0,27	0,26	0,35	0,52	0,37	0,61	0,27	0,30	0,22	0,56	0,55	0,37
Cr ₂ O ₃ (%)	0,04	0,01	0,02	0,06	0,04	0,01	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,09	0,03	0,02	0,13	0,03	0,02	0,02
MnO (%)	0,09	0,08	0,07	0,09	0,09	0,13	0,09	0,10	0,09	0,10	0,15	0,10	0,09	0,08	0,17	0,08	0,12	0,09	0,09	0,08
Fe ₂ O ₃ (%)	3,22	2,28	1,36	3,53	3,36	2,01	4,65	4,73	2,52	2,78	3,31	4,76	3,29	5,69	2,58	2,83	6,83	5,17	4,96	3,28
LOI	29,34	31,90	35,08	25,60	25,87	25,94	18,72	20,36	28,68	27,57	23,15	18,09	25,70	16,36	24,92	27,18	18,96	19,56	20,25	28,70
Toplam	101,0	101,3	101,8	100,5	100,4	99,8	100,0	100,2	100,9	100,3	99,8	99,8	100,7	99,8	99,9	100,8	99,8	100,1	100,1	101,2

Çizelge 6.6. Kurak dönem sediment numunelerine ait ağır metal içerikleri.

Element	Birim	SEDİMENT ÖRNEKLEME NOKTALARI																			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
S	ppm	59,5	554,2	1051,4	746,3	63,7	a.e.	203,9	615,1	16,7	a.e.	1551,6	a.e.	a.e.	61,1	7,4	16,6	a.e.	255,8	1204,7	158,2
Cl	ppm	278,1	240,8	246,5	242,5	236,4	129,0	102,7	71,8	163,2	191,5	72,1	74,7	157,6	105,2	96,7	153,6	189,6	103,5	52,4	153,4
Sc	ppm	19,4	19,4	16,2	22,0	22,0	21,1	17,6	16,2	18,6	21,8	16,8	17,4	17,8	17,9	15,8	20,3	14,8	15,1	16,5	21,9
V	ppm	a.e.	a.e.	a.e.	8,2	0,9	a.e.	42,6	88,2	11,0	4,7	90,3	62,9	8,5	48,9	50,9	8,3	18,0	81,7	96,1	a.e.
Co	ppm	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0,9	a.e.	11,5	28,1	1,8	a.e.	27,8	20,0	4,7	14,0	15,6	7,6	70,6	45,2	30,5	a.e.
Ni	ppm	244,8	139,2	122,4	118,2	197,3	46,7	218,6	263,0	111,0	104,3	267,7	235,0	216,8	224,9	248,2	391,5	1871,3	698,5	274,1	128,2
Cu	ppm	26,8	29,4	26,5	29,4	34,1	26,9	41,8	50,1	31,0	30,6	50,8	45,3	31,8	40,2	42,4	30,9	27,9	46,5	53,3	24,9
Zn	ppm	37,0	101,8	75,1	44,0	44,2	35,5	61,9	86,6	48,3	36,1	92,3	69,9	38,9	66,5	61,6	41,4	52,2	83,5	91,9	31,1
Ga	ppm	3,7	6,4	6,5	4,1	4,5	5,2	11,3	12,4	6,2	5,4	13,9	10,3	5,1	9,6	9,4	6,5	2,6	12,0	15,7	4,8
Ge	ppm	0,6	0,5	a.e.	0,3	0,0	0,1	0,4	0,5	0,3	a.e.	1,3	0,1	a.e.	0,3	0,1	a.e.	a.e.	0,1	a.e.	0,1
As	ppm	a.e.	3,7	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	1,7	a.e.	6,6	0,9	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	1,1	2,5	a.e.
Rb	ppm	15,8	17,8	15,0	16,9	15,7	22,6	51,6	80,3	26,5	20,0	81,5	60,3	28,9	61,7	54,8	21,0	10,9	73,8	92,9	16,5
Sr	ppm	312,0	451,5	427,8	414,6	332,3	553,2	364,3	253,3	448,7	503,5	260,6	334,6	441,5	323,9	318,5	354,7	197,1	221,0	247,6	469,9
Y	ppm	8,0	8,1	5,6	9,4	6,8	19,5	21,7	28,2	17,5	13,9	29,4	24,5	15,7	23,4	21,1	11,5	2,2	24,0	32,4	7,1
Zr	ppm	36,4	43,3	41,9	42,3	39,5	55,4	72,0	100,0	56,9	52,3	96,9	94,0	57,7	76,5	76,3	46,9	38,5	82,5	101,3	48,1
Nb	ppm	3,7	2,9	2,2	2,9	3,3	1,4	5,2	8,9	4,0	2,5	9,4	6,5	2,9	6,4	6,3	3,6	4,9	7,9	9,8	2,0
Mo	ppm	3,5	2,6	3,0	2,2	3,5	2,2	3,6	4,1	3,1	2,4	3,6	3,9	3,6	2,8	3,5	3,0	3,7	4,4	3,6	0,3
Cd	ppm	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
Sn	ppm	5,0	1,9	4,9	0,0	3,7	a.e.	3,6	0,1	3,5	a.e.	1,9	3,2	1,4	1,0	a.e.	5,4	2,5	3,9	4,1	5,0
Sb	ppm	a.e.	a.e.	a.e.	0,8	a.e.	a.e.	0,2	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Ba	ppm	125,4	115,7	122,0	147,7	118,4	136,4	191,0	239,7	155,8	118,8	240,0	217,5	138,2	184,2	188,7	139,0	137,2	221,5	241,6	79,1
Nd	ppm	102,5	109,6	108,2	109,1	102,6	99,6	70,9	51,0	86,7	97,6	52,2	55,6	82,8	62,8	59,3	88,3	63,6	49,5	48,7	111,3
Sm	ppm	7,5	7,3	5,5	5,5	7,5	7,6	8,0	8,1	4,9	4,3	7,8	7,1	4,8	3,0	6,8	2,6	5,6	6,4	7,1	5,2
Gd	ppm	0,4	1,0	0,0	a.e.	a.e.	1,2	0,6	3,0	0,4	0,5	2,2	1,8	a.e.	2,1	1,6	1,2	a.e.	1,5	3,2	0,0
Yb	ppm	18,0	7,3	8,6	7,6	12,8	1,4	22,7	31,9	8,3	6,5	31,3	26,0	19,2	21,6	24,6	32,9	204,8	82,7	30,9	5,4
Hf	ppm	1,1	0,7	1,0	0,6	0,7	1,1	2,3	3,0	1,3	1,2	2,5	2,4	1,4	2,1	1,9	0,9	a.e.	2,2	3,1	0,3
Pb	ppm	19,2	49,9	19,8	16,2	16,3	19,0	21,2	24,2	16,8	58,6	23,9	24,2	20,3	22,4	23,3	20,8	12,1	21,6	25,4	16,3
Th	ppm	21,8	13,5	22,1	18,4	22,9	20,7	17,7	15,6	21,8	a.e.	15,2	16,3	18,2	17,7	15,3	20,3	15,6	15,0	15,3	22,4
U	ppm	8,7	8,7	8,6	8,7	8,6	8,9	9,4	10,1	8,8	8,8	10,2	9,6	8,9	9,6	9,5	8,7	8,6	10,0	10,3	8,7

a.e.: analiz edilemedi

Çizelge 6.7. Kurak dönem sediment numunelerine ait ana oksit içerikleri.

Element	SEDİMENT ÖRNEKLEME NOKTALARI																			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Na₂O (%)	0,11	0,20	0,19	0,22	0,17	0,21	0,42	0,55	0,31	0,26	0,50	0,51	0,26	0,43	0,44	0,25	0,29	0,45	0,56	0,18
MgO (%)	5,62	5,24	5,58	4,89	6,85	1,25	5,80	6,49	4,33	3,83	6,00	5,86	5,11	5,72	6,25	5,96	21,11	10,20	5,76	2,08
Al₂O₃ (%)	0,92	1,57	1,28	1,91	1,54	1,78	6,08	9,56	2,78	1,91	9,38	7,90	2,65	6,94	6,84	2,44	1,72	8,60	9,86	1,16
SiO₂ (%)	7,37	9,53	10,35	11,95	13,14	20,85	30,66	41,14	21,58	16,18	39,63	36,82	22,97	30,78	32,39	20,93	29,07	38,51	40,84	6,49
P₂O₅ (%)	0,03	0,82	0,84	0,15	0,10	0,05	0,09	0,17	0,06	0,05	0,19	0,10	0,06	0,10	0,09	0,06	0,03	0,11	0,13	0,05
K₂O (%)	0,13	0,21	0,16	0,19	0,15	0,31	1,08	1,77	0,42	0,25	1,75	1,44	0,42	1,29	1,19	0,32	0,13	1,63	1,91	0,18
CaO (%)	24,75	42,35	43,60	43,09	42,44	45,27	27,89	16,32	39,56	43,96	16,89	22,05	38,50	25,83	24,39	38,32	20,80	15,28	16,35	49,46
TiO₂ (%)	0,08	0,14	0,13	0,19	0,16	0,14	0,38	0,55	0,24	0,21	0,57	0,48	0,22	0,43	0,43	0,21	0,12	0,47	0,59	0,16
Cr₂O₃ (%)	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,04	0,04	0,20	0,07	0,03	0,01
MnO (%)	0,05	0,08	0,07	0,08	0,08	0,11	0,12	0,10	0,13	0,10	0,09	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,12	0,09	0,09	0,08
Fe₂O₃ (%)	1,26	2,29	1,62	2,17	2,27	1,54	3,75	5,15	2,60	2,15	5,26	4,50	2,65	3,93	4,02	3,17	7,45	5,91	5,47	1,42
LOI	61,37	36,61	35,34	33,95	32,73	28,77	23,96	18,30	28,32	30,53	19,86	20,33	27,34	24,78	24,14	27,54	19,06	18,83	18,54	37,94
Toplam	101,7	99,05	99,19	98,8	99,64	100,29	100,26	100,13	100,36	99,46	100,15	100,16	100,32	100,35	100,32	99,34	100,1	100,15	100,13	99,21

6.1.1 Bakır (Cu)

İki farklı dönemde alınan su numuneleri üzerinde yapılan Bakır (Cu) elementine ait analiz sonuçları Çizelge 6.8’de verilmiştir. Buna göre Bakır (Cu) ağır metalinin yağışlı dönemlerdeki konsantrasyonları 0,004-0,005 ppm arasında, kurak dönemde ise 0,001-0,003 ppm arasında izlenmiştir. Her iki döneme de bakıldığında Bakır (Cu) konsantrasyonunun yağışlı dönemlerde arttığı kurak dönemlerde ise azaldığı belirlenmiştir.

Bakır (Cu) ağır metali; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne (SKKY, 2008) göre I. sınıf sular sınıfına girerken, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ağır metal iyonları değerleri ile Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA)’nın referans değerlerine göre daha yüksek kalitede su olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6.8).

Çizelge 6.8. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Bakır (Cu) değerlerine göre (SKKY, 2008), WHO (2011) ve US EPA) sınıflandırılması.

Bakır (Cu)							
Su Örnekleme Noktaları	Dönemler (mg/L)		Dönemler (µg/L)		SKKY, 2008 (µg/L)	WHO	US EPA
	Yağışlı	Kurak	Yağışlı	Kurak	Su Kalite Sınıfı	ppm	ppm
W1	0,005	0,003	5	3	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W2	0,004	0,002	4	2	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W3	0,004	0,002	4	2	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W4	0,004	0,003	4	3	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W5	0,004	0,001	4	1	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W6	0,004	0,003	4	3	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W7	0,005	0,002	5	2	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W8	0,004	0,002	4	2	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W9	0,004	0,002	4	2	I. Sınıf	<1,5	<1,3
W10	0,004	0,002	4	2	I. Sınıf	<1,5	<1,3

6.1.2 Krom (Cr)

Krom (Cr) ağır metale ait yağışlı ve kurak dönemlere ait konsantrasyonlar Çizelge 6.9’da verilmiştir. Krom (Cr) elementinin yağışlı ve kurak dönemlere ait konsantrasyonlarının tüm örnekleme noktalarında 0,80 ppm olduğu tespit edilmiştir. Krom (Cr) elementine ait konsantrasyonun yağışlı ve kurak dönemlerde değişmediği görülmüştür.

Krom (Cr) ağır metali; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne (SKKY, 2008) göre IV. sınıf sular sınıfına girerken, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ağır metal iyonları değerleri ile Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA)'nın referans değerlerine göre orta kalitede su olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6.9).

Çizelge 6.9. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Krom (Cr) değerlerine göre (SKKY, (2008), WHO (2011) ve USEPA) sınıflandırılması.

Su Örnekleme Noktaları	Krom (Cr)						
	Dönemler (ppm=mg/L)		Dönemler (µg/L)		SKKY, 2008 (µg/L)	WHO	US EPA
	Yağışlı	Kurak	Yağışlı	Kurak	Su Kalite Sınıfı	ppm	ppm
W1	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W2	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W3	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W4	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W5	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W6	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W7	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W8	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W9	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<
W10	0,08	0,08	80	80	IV. Sınıf	0,05<	0,05<

6.1.3 Çinko (Zn)

Yağışlı ve kurak dönemlerde alınan su numuneleri üzerinde yapılan Çinko (Zn) elementine ait analiz sonuçları Çizelge 6.10'da verilmiştir. Buna göre Çinko (Zn) ağır metalinin yağışlı dönemdeki konsantrasyonu tüm örnekleme noktalarında 0,08 ppm, kurak dönemde ise 0,07-0,08 ppm arasında olduğu görülmüştür. Her iki döneme bakıldığında Çinko (Zn) konsantrasyonunun yağışlı dönemlerde arttığı kurak dönemlerde ise azaldığı belirlenmiştir.

Çinko (Zn) ağır metali; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne (SKKY, 2008) göre I. sınıf sular sınıfına girerken, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ağır metal iyonları değerleri ile Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA)'nın referans değerlerine göre daha yüksek kalitede su olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Çinko (Zn) değerlerine göre (SKKY, (2008), WHO (2011) ve US EPA) sınıflandırılması

Su Örnekleme Noktaları	Çinko (Zn)						
	Dönemler (ppm=mg/L)		Dönemler (µg/L)		SKKY. 2008 (µg/L)	WHO	USEPA
	Yağışlı	Kurak	Yağışlı	Kurak	Su Kalite Sınıfı	ppm	ppm
W1	0,08	0,08	80	80	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W2	0,08	0,07	80	70	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W3	0,08	0,08	80	80	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W4	0,08	0,07	80	70	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W5	0,08	0,07	80	70	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W6	0,08	0,07	80	70	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W7	0,08	0,07	80	70	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W8	0,08	0,07	80	70	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W9	0,08	0,07	80	70	I. Sınıf	<5,0	<5,0
W10	0,08	0,07	80	70	I. Sınıf	<5,0	<5,0

6.1.4 Kurşun (Pb)

Kurşun (Pb) ağır metale ait yağışlı ve kurak dönemlere ait konsantrasyonlar Çizelge 6.11’de verilmiştir. Kurşun (Pb) elementinin yağışlı ve kurak dönemlere ait konsantrasyonlarının tüm örnekleme noktalarında 0,20 ppm olduğu tespit edilmiştir. Kurşun (Pb) elementine ait konsantrasyonun yağışlı ve kurak dönemlerde değişmediği görülmüştür.

Kurşun (Pb) ağır metali; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne (SKKY, 2008) göre II. sınıf sular sınıfına girerken, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ağır metal iyonları değerleri ile Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA)’nın referans değerlerine göre daha yüksek kaliteli su olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6.11).

Çizelge 6.11. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Kurşun (Pb) değerlerine göre (SKKY, (2008), WHO (2011) ve US EPA) sınıflandırılması.

Su Örnekleme Noktaları	Kurşun (Pb)						
	Dönemler (ppm=mg/L)		Dönemler (µg/L)		SKKY. 2008 (µg/L)	WHO	US EPA
	Yağışlı	Kurak	Yağışlı	Kurak	Su Kalite Sınıfı	ppm	ppm
W1	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W2	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W3	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W4	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W5	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W6	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W7	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W8	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W9	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0
W10	0,02	0,02	20	20	II. Sınıf	<5,0	<5,0

6.1.5 Nikel (Ni)

Nikel (Ni) ağır metale ait yağışlı ve kurak dönemlere ait konsantrasyonlar Çizelge 6.12’ de verilmiştir. Nikel (Ni) elementinin yağışlı döneme ait konsantrasyonu 0,02-0,14 ppm aralığında, kurak dönemde ise 0,01-0,16 ppm’in aralığında olduğu tespit edilmiştir. Her iki döneme bakıldığında Nikel (Ni) konsantrasyonunun kurak dönemlerde arttığı yağışlı dönemlerde ise azaldığı belirlenmiştir.

Nikel (Ni) ağır metali; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne (SKKY, 2008) göre I., II. ve III. sınıf sular sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Çizelge 6.12).

Çizelge 6.12. Yağışlı-kurak dönemlere ait suların Nikel (Ni) değerlerine göre (SKKY, (2008), WHO (2011) ve USEPA) sınıflandırılması

Su Örnekleme Noktaları	Nikel (Ni)				
	Dönemler (ppm=mg/L)		Dönemler (µg/L)		SKKY. 2008 (µg/L)
	Yağışlı	Kurak	Yağışlı	Kurak	Su Kalite Sınıfı
W1	0,02	0,01	20	10	I. Sınıf
W2	0,03	0,01	30	10	I. Sınıf
W3	0,03	0,02	30	20	II. Sınıf
W4	0,04	0,06	40	60	II. Sınıf
W5	0,03	0,07	30	70	II. Sınıf
W6	0,04	0,05	40	50	II. Sınıf
W7	0,05	0,06	50	60	III. Sınıf
W8	0,04	0,05	40	50	II. Sınıf
W9	0,14	0,16	140	160	III. Sınıf
W10	0,10	0,11	100	110	III. Sınıf

6.2 Sediment Numunelerine Ait Ağır Metal Analiz Sonuçları

Günümüzün önemli bir problem olan ağır metaller; çevre kirliliği ve ekosistemin her kademesinde toksik etkileri ile karşımıza çıkmaktadır. Ağır metaller doğal yollar ile veya madencilik, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucunda toprağa, su kaynaklarına ve atmosfere geçmektedir.

Ağır metal içeriğine bağlı olarak kanalizasyon sistemine kısmen ya da hiç arıtılmadan dahil edilen endüstriyel atık sular önemli bir kirletici kaynağıdır (Yıldız, 2004; Önder, 2012).

Çalışma alanı ve çevresindeki faaliyetlerde göz önüne alınarak Eşen Çayı'nın Ören ve Uğurlu mahalleleri arasından alın sediment örnekleri üzerinde başlıca risk oluşturabilecek ağır metaller (Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni) çalışılmıştır. Sedimentlerden yağışlı ve kurak dönem olarak örnekleme yapılarak analiz edilmesindeki amaç akarsu debi değişiminin olduğu dönemlerde taşınan farklı sediment türünün varlığının belirlenmesidir. Yapılan analizlerde her iki dönemde taşınan sediment türlerinin birbirine benzer olduğu gözlenmiştir.

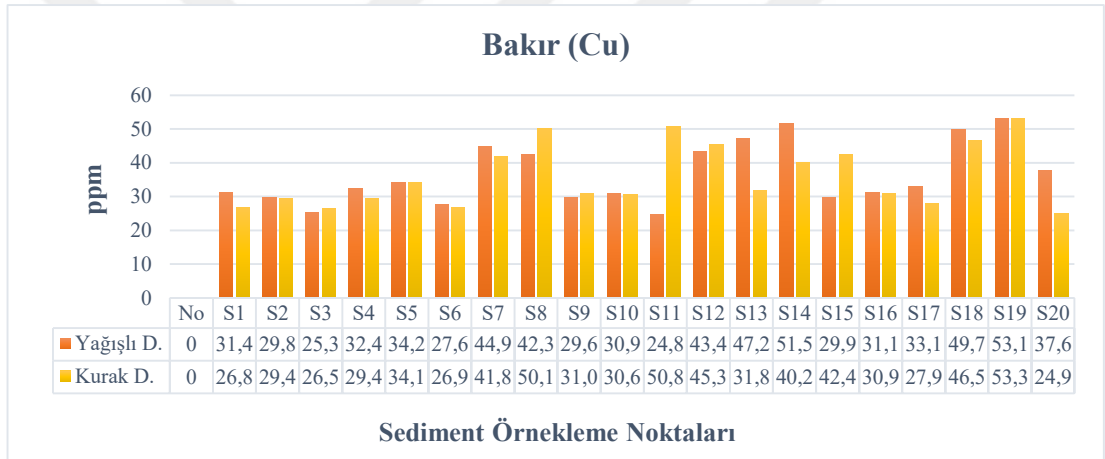
6.2.1 Bakır (Cu)

Bakır tabiatta bol miktarda bulunan bir elementtir. Bakır tarımda ve endüstride yaygın olarak kullanılması nedeniyle doğada sıkça karşılaşılmasına neden olmaktadır. Bakır elementinin bitkiler ve canlılar üzerinde gösterdiği etki kimyasal formuna ve canlı büyüklüğüne göre değişiklik göstermektedir. Canlı büyüklüğüne göre etki göstermesi büyük canlılarda temel yapı özelliği gösterirken küçük ve basit yapıli canlılarda zehir özelliği göstermektedir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, antibakteriyel madde ve böcek ilaçları (insektisit) olarak tarımda kullanılmaktadır (Seven vd., 2018).

Tarımda kullanılan bakır içerikli gübreler, bakırın temel kaynağını oluşturmaktadır. Mantar (fungusit) ve bakterilere karşı (bakterisit) kullanılan tarım ilaçları toprakta fitotoksik düzeyde bakır birikimine neden olabilmektedir (Bradl, 2005; Palas, 2019). Ayrıca bakır elementi hayvansal gübreler, foseptik atıklar ve pestisit uygulaması gibi birçok kaynaklardan ekosisteme dahil olmaktadır (Duman, 2005).

Çalışma alanında 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen bakır (Cu) konsantrasyonu yağışlı dönemde 24,8 ile 53,1 ppm aralığında belirlenmiştir. Yağışlı döneme ait ortalama bakır (Cu) konsantrasyonu ortalama 36,5 ppm'dir. Aynı örnekleme noktalarından alınan kurak döneme ait bakır (Cu) konsantrasyonu ise 24,9 ile 53,3 ppm aralığında belirlenmiş, kurak döneme ait bakır (Cu) konsantrasyonu ortalama 36,0 ppm'dir (Şekil 6.1). Her iki dönem ortalamasına bakıldığında anlamlı bir konsantrasyon farklılığı olmadığı görülmüştür.

Yağışlı dönemde alınan sediment numuneleri üzerinde yapılan analizler sonucunda bakır (Cu) konsantrasyonunun S7, S8, S12, S13, S14, S18, S19 ve S20 noktalarında; kurak dönemde ise S7, S8, S11, S12, S14, S15, S18 ve S19 noktalarında dönem ortalamalarının üzerinde olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 6.1. Yağışlı ve kurak dönem Bakır (Cu) konsantrasyon grafiği.

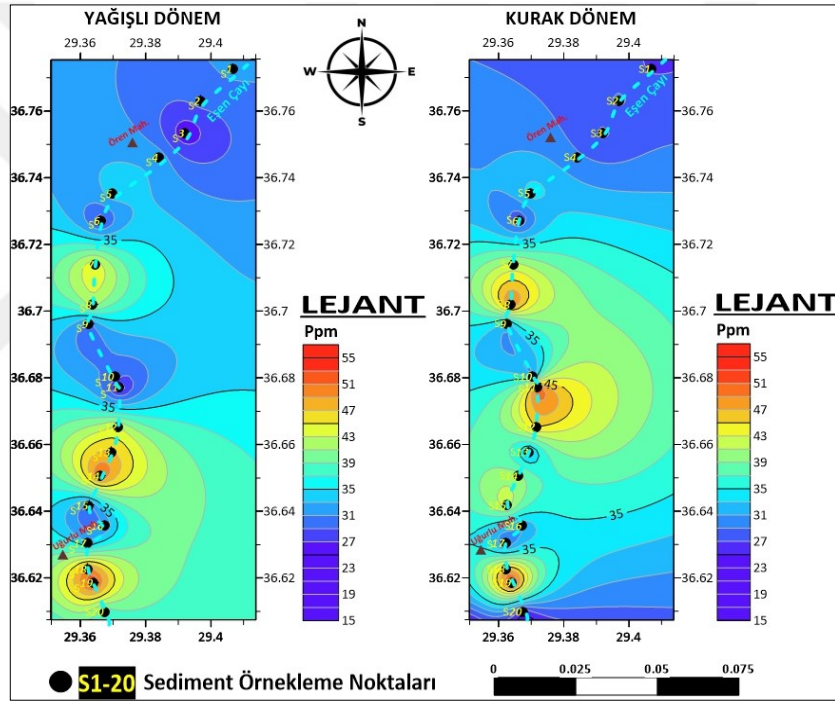
S7 ve S8 noktaları ve etrafında alabalık havuzları, tarım alanları ve kum-çakıl üretim tesisi bulunmaktadır. Bu noktalarda tarımsal faaliyetlerin yoğun olması nedeniyle tarım alanlarında kullanılan ilaç ve gübrelere bağlı olarak bakır konsantrasyonunun yükseldiği düşünülmektedir.

S11, S12 ve S13 noktaları ve etrafında tarım alanları ile kum-çakıl üretim tesisi bulunmaktadır. Bu noktalardaki bakır konsantrasyonunun yüksekliği S7 ve S8 noktalarına göre daha az tarımsal faaliyetlerin olduğu ancak kum-çakıl üretimin tesislerine yakın olan noktalar olması nedeniyle bakır konsantrasyonunun kum-çakıl üretim tesislerine bağlı olarak arttığı düşünülmektedir.

S14 ve S15 noktalarında bakır konsantrasyonunun yüksek olmasının nedeni özellikle ilçe merkezindeki kentsel atıklara bağlı olabileceği, S18, S19 ve S20 noktalarında ise kentsel atık sularının yanında tarım alanlarının bulunması nedeniyle tarımda kullanılan ilaç ve gübreler nedeniyle yüksek olduğu düşünülmektedir.

Bakır (Cu) konsantrasyonu her iki döneme göre karşılaştırıldığında; S7, S8, S12, S14, S18 ve S19 noktalarında yağışlı ve kurak dönemlerde ortalama değerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre yağışlı ve kurak döneme ait bakır (Cu) konsantrasyon dağılım haritası Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. Yağışlı ve kurak dönem Bakır (Cu) konsantrasyon dağılım haritası.

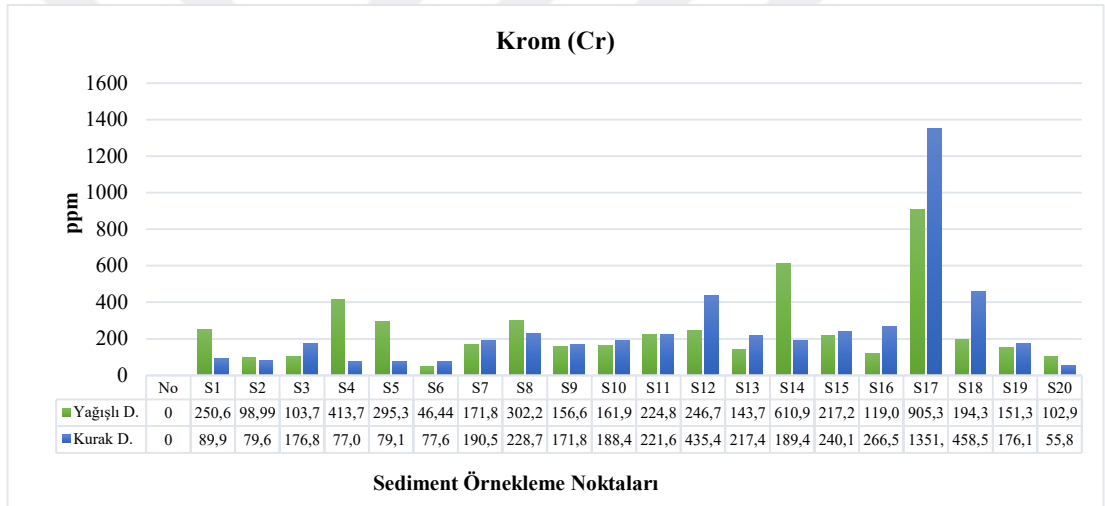
6.2.2 Krom (Cr)

Krom, atom numarası 24 olan ve doğada 3 farklı iyonu (Cr^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{+6}) bulunan bir elementtir (Weeks ve Leichester, 1968; Şahinoğlu, 2016). Krom elementi kromit mineralleri içerisinde ve kökensel olarak bağlı olan ultrabazik kayalar içerisinde bulunur (Gültekin, 2006; Şahinoğlu, 2016).

Krom ağır metalinin endüstriyel kullanım ve tarımda kullanılan ilaçlardan da kaynaklandığı anlaşılmıştır (Durmaz, 2019).

Çalışma alanında 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen krom (Cr) konsantrasyonu yağışlı dönemde 46,44 ile 905,39 ppm aralığında belirlenmiştir. Yağışlı döneme ait ortalama krom (Cr) konsantrasyonu ortalama 245,92 ppm'dir. Aynı örnekleme noktalarından alınan kurak döneme ait krom (Cr) konsantrasyonu ise 55,8 ile 1351,0 ppm aralığında belirlenmiş, kurak döneme ait krom (Cr) konsantrasyonu ortalama 248,6 ppm'dir (Şekil 6.3). Her iki dönem ortalamasına bakıldığında anlamlı bir konsantrasyon farklılığı olmadığı görülmüştür.

Yağışlı dönemde alınan sediment numuneleri üzerinde yapılan analizler sonucunda krom (Cr) konsantrasyonunun S1, S4, S5, S8, S12, S14 ve S17 noktalarında, kurak dönemde ise S12, S16, S17 ve S18 noktalarında ortalamanın üzerinde olduğu görülmüştür.



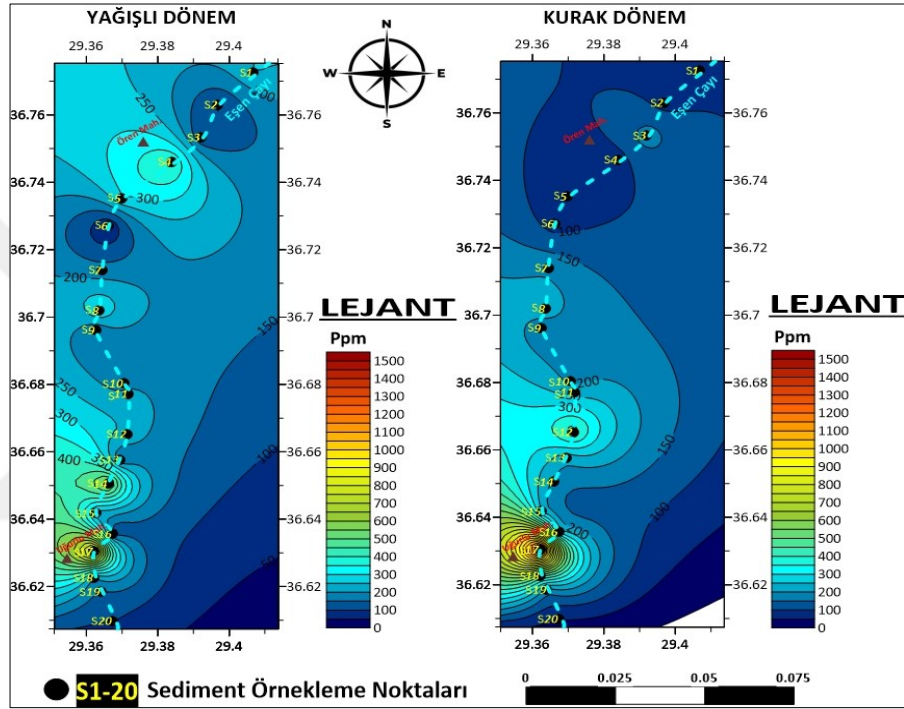
Şekil 6.3. Yağışlı ve kurak dönem Krom (Cr) konsantrasyonları grafiği.

S1 örnekleme noktası çalışma alanının başlangıç noktasıdır. S4, S5 ve S8 noktaları alabalık havuzları ve tarım alanlarına yakın olan örnekleme noktalarıdır. Bu noktalardaki krom (Cr) konsantrasyonunun yüksekliğinin alabalık tesisleri ile tarımda kullanılan ilaç-gübrelerle bağlı olduğu düşünülmektedir.

S12 örnekleme noktası ve etrafında kum-çakıl üretim tesisinin ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak arttığı düşünülmektedir. S14 ve S16 örnekleme noktaları şehir merkezinde bulunan lokasyonlardır. Bu lokasyonlarda konsantrasyonun artmasının nedeninin kentsel atıklara bağlı olduğu düşünülmektedir.

S17 ve S18 örnekleme noktası şehir merkezi dışına doğru olan ve en yüksek konsantrasyonun gözlemlendiği noktalardır. Bu noktalardaki yüksek konsantrasyonun görülmesinin başlıca nedeni Eşen Çayı'nın Boynuz Dere birleşimidir. Boynuz Deresi Kmo simgeli Marmaris Peridotiti'ne ait kayaçları içerisinden aktığından dolayı jeolojik birimlerden kaynaklı olarak yüksek olduğu düşünülmektedir.

Yağışlı ve kurak döneme ait krom (Cr) konsantrasyon dağılım haritası Şekil 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.4. Yağışlı ve kurak dönem krom (Cr) konsantrasyon dağılım haritası.

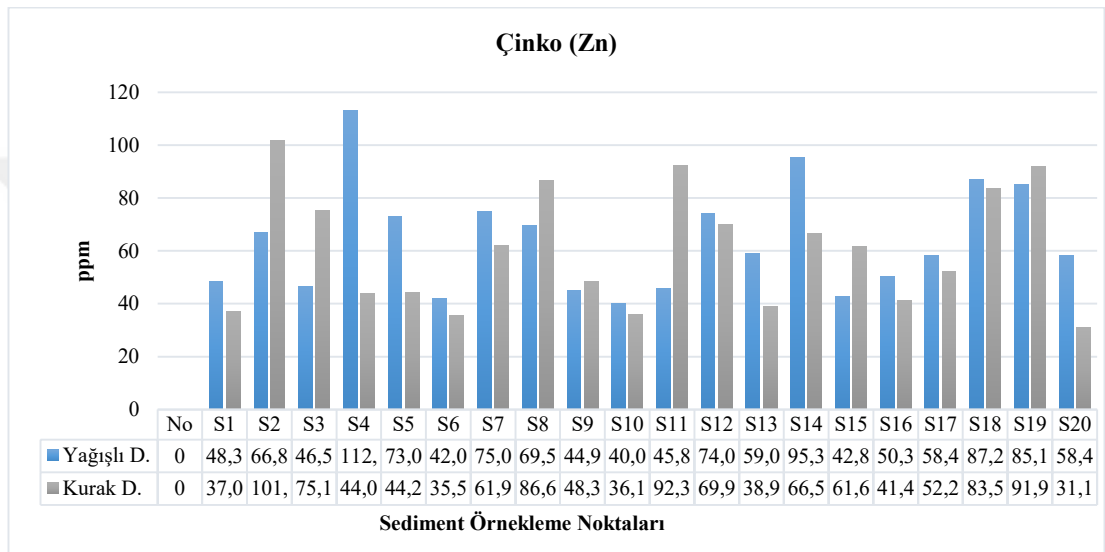
6.2.3 Çinko (Zn)

Çinko, antropojenik faaliyetler sonucu konsantrasyonu artan ve yer kabuğunda en bol bulunan 23. Elementtir (Nasernejad vd., 2005; Kaya, 2019). Çinko gübreler, böcek ilaçları, fosil yakıt yanması, vb. endüstrilerde yaygın olarak kullanılan bir metaldir. Bu endüstrilerden çevreye deşarj olan atık sularda bulunan çinko miktarları çevre kirliliğe neden olmaktadır (Parmar ve Thakur, 2013; Holdren vd., 1991; Kaya, 2019).

Çalışma alanında 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen çinko (Zn) konsantrasyonu yağışlı dönemde 40,0 ile 112,9 ppm aralığında belirlenmiştir. Yağışlı döneme ait ortalama çinko (Zn) konsantrasyonu 63,8 ppm'dir. Aynı örnekleme

noktalarından alınan kurak döneme ait çinko (Zn) konsantrasyonu ise 31,1 ile 101,8 ppm aralığında belirlenmiştir. Kurak döneme ait çinko (Zn) konsantrasyonu ortalama 60,0 ppm'dir (Şekil 6.5).

Yağışlı dönemde alınan sediment numuneleri üzerinde yapılan analizler sonucunda çinko (Zn) konsantrasyonunun S2, S4, S5, S7, S8, S12, S14, S18 ve S19 noktalarında, kurak dönemde ise S2, S3, S7, S8, S11, S12, S14, S15, S18 ve S19 noktalarında ortalamanın üzerinde olduğu görülmüştür.



Şekil 6.5. Yağışlı ve kurak dönem çinko (Zn) konsantrasyon grafiği

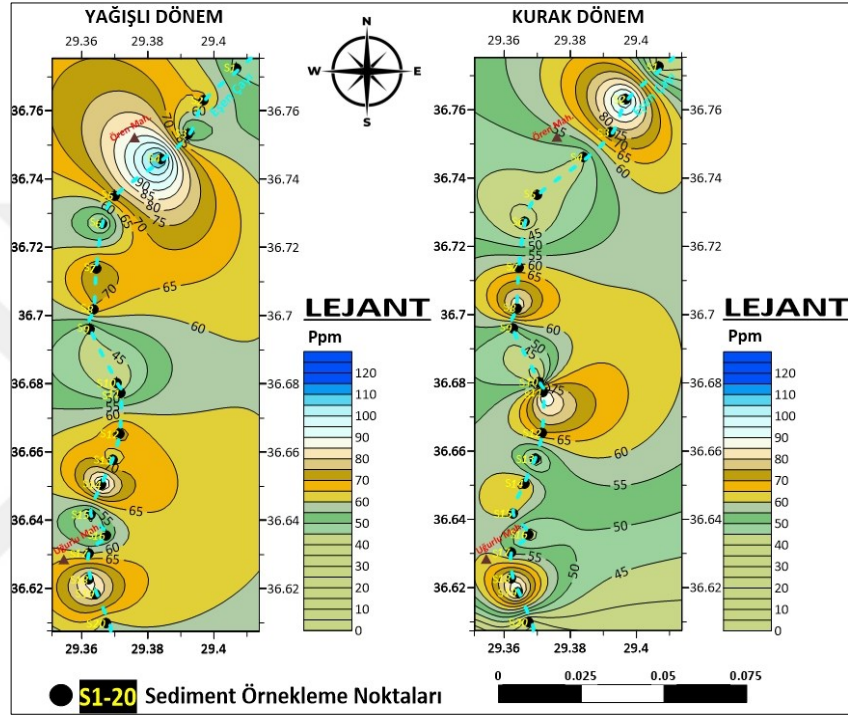
S2, S3, S4 ve S5 noktaları alabalık üretim tesislerine ve tarım alanlarına yakın olan örnekleme noktalarıdır. Bu noktalardaki çinko (Zn) konsantrasyonunun yüksekliğinin alabalık tesisleri ile tarımda kullanılan ilaç-gübrelerle bağlı olduğu düşünülse de temel olarak litolojik bir konsantrasyon artışı söz konusu olabilir.

S7 örnekleme noktası ve etrafında alabalık havuzları, kum-çakıl üretim tesisi ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak arttığı düşünülmektedir. S8 örnekleme noktası etrafında tarımsal faaliyetler yoğunlukta olup, çinko (Zn) konsantrasyonunun tarımda kullanılan ilaç ve gübrelerden kaynaklandığı düşünülse de Zn konsantrasyonunun artışı litolojik kaynaklı bir artışı ifade edebilir.

S11 ve S12 örnekleme noktalarında çinko (Zn) konsantrasyon artışının çevrede bulunan kum-çakıl üretim tesisi ile tarımsal faaliyetlerden kaynaklı arttığı düşünülmektedir. S14 örnekleme noktası şehir merkezinde bulunan bir lokasyondur.

Bu lokasyonda konsantrasyonun artmasının nedeninin kentsel atıklara bağlı olduğu düşünülmektedir. S18 ve S19 noktalarında kentsel atıklar yanında tarım alanlarının bulunması nedeniyle tarımda kullanılan ilaç ve gübreler nedeniyle yüksek olduğu düşünülmektedir.

Yağışlı ve kurak döneme ait çinko (Zn) konsantrasyon dağılım haritası Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.6. Yağışlı ve kurak dönem çinko (Zn) konsantrasyon dağılım haritası

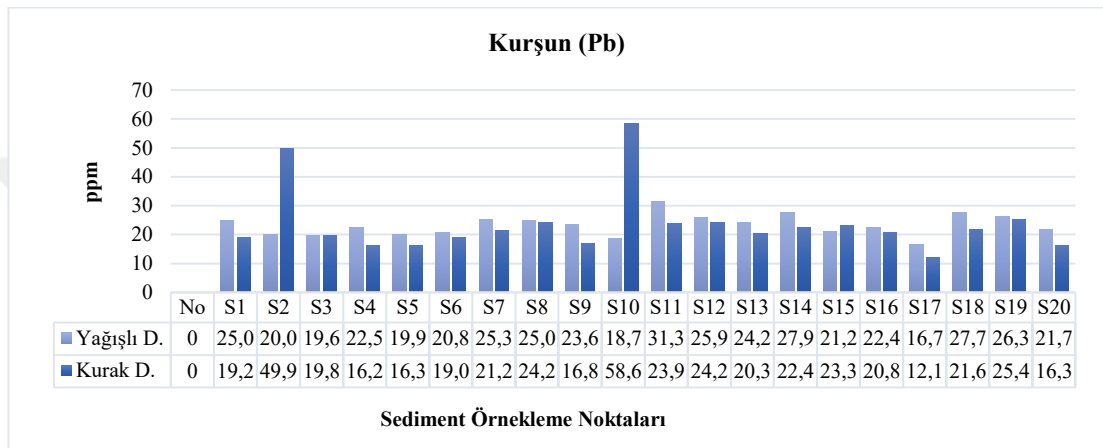
6.2.4 Kurşun (Pb)

Kurşun elementi, doğaya en fazla zarar veren ağır metallerin başında gelmektedir. İnsan faaliyetleri ile ekolojik sisteme dahil olan kurşun atmosfere metal ve bileşik olarak yayılmaktadır. Toksik özelliği nedeniyle çevre kirliliğine neden olmaktadır (Öztura, 2021). Kurşun; madencilik, araç egzozlarından, gübrelerden, pestisitlerden, kurşun bazlı boyalardan, vb. kaynaklardan çevreye yayılan ağır metallerin başında gelmektedir (Chakraborty, 2013; Eski, 2019).

Çalışma alanında 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen kurşun (Pb) konsantrasyonu yağışlı dönemde 16,7 ile 31,3 ppm aralığında belirlenmiştir. Yağışlı döneme ait ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonu ortalama 23,3 ppm'dir. Aynı

örnekleme noktalarından alınan kurak döneme ait kurşun (Pb) konsantrasyonu ise 12,1 ile 58,6 ppm aralığında belirlenmiştir. Kurak döneme ait kurşun (Pb) konsantrasyonu ortalama 23,6 ppm'dir (Şekil 6.7).

Yağışlı dönemde alınan sediment numuneleri üzerinde yapılan analizler sonucunda kurşun (Pb) konsantrasyonunun S1, S7, S8, S9, S11, S12, S13, S14, S18 ve S19 noktalarında, kurak dönemde ise S2, S8, S10, S11, S12 ve S19 noktalarında ortalamanın üzerinde olduğu görülmüştür.

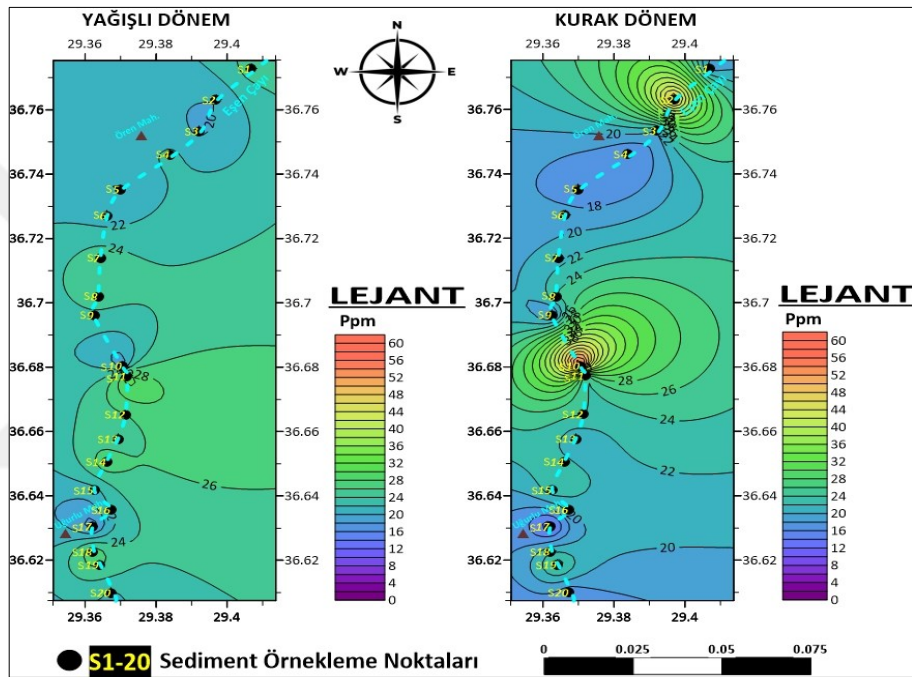


Şekil 6.7. Yağışlı ve kurak dönem Kurşun (Pb) konsantrasyon grafiği

S1 noktası çalışma alanının referans noktasıdır. S2 noktası alabalık tesislerinin yoğun olduğu bir nokta olup kurşun (Pb) konsantrasyonunun alabalık tesislerinden dolayı artış gösterdiği düşünülmektedir. S7 örnekleme noktasında kurşun (Pb) konsantrasyonunun alabalık havuzları, kum-çakıl üretim tesisinde kullanılan iş makinelerinden ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan ilaç-gübreler kaynaklı arttığı düşünülmektedir. S8 ve S9 örnekleme noktaları ve çevresinde başta tarımsal faaliyetler yoğunlukta olup bunun yanında Sahil Ceylan, Ortaköy ve Ören Mahallelerine ulaşım sağlayan yollara da yakın konumdadır. Buna bağlı olarak tarımda kullanılan ilaç ve gübrelerin yanı sıra araç egzozlarından açığa çıkan kurşun (Pb) ağır metallerinin bu noktalarda kurşun (Pb) konsantrasyonunu arttırdığı da düşünülmektedir. S10, S11, S12 ve S13 örnekleme noktalarının kurşun (Pb) konsantrasyonu kum-çakıl üretim tesisinde kullanılan iş makineleri ile Sahil Ceylan-Ören yoluna çok yakın konumda olması nedeniyle egzozlardan açığa çıkan kurşun (Pb) ve bunun yanında tarımsal faaliyetlerde kullanılan ilaç ve gübrelerden kaynaklı arttığı düşünülmektedir. S14 örnekleme noktası şehir merkezinde bulunması nedeniyle trafik yoğunluğu nedeniyle maruz

kaldığı egzoz gazları ve kentsel atıklara bağlı olarak kurşun (Pb) konsantrasyonun arttığı düşünülmektedir. S18 ve S19 noktalarında kentsel atıklar yanında tarım alanlarının bulunması nedeniyle tarımda kullanılan ilaç ve gübreler nedeniyle yüksek olduğu düşünülmektedir. Her ne kadar Pb değişimleri bölgedeki faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülse de bölgenin jeolojik özellikleri de dikkate alındığında litolojik kaynaklı bir artış da önemli bir faktördür.

Yağışlı ve kurak döneme ait kurşun (Pb) konsantrasyon dağılım haritası Şekil 6.8’de verilmiştir.



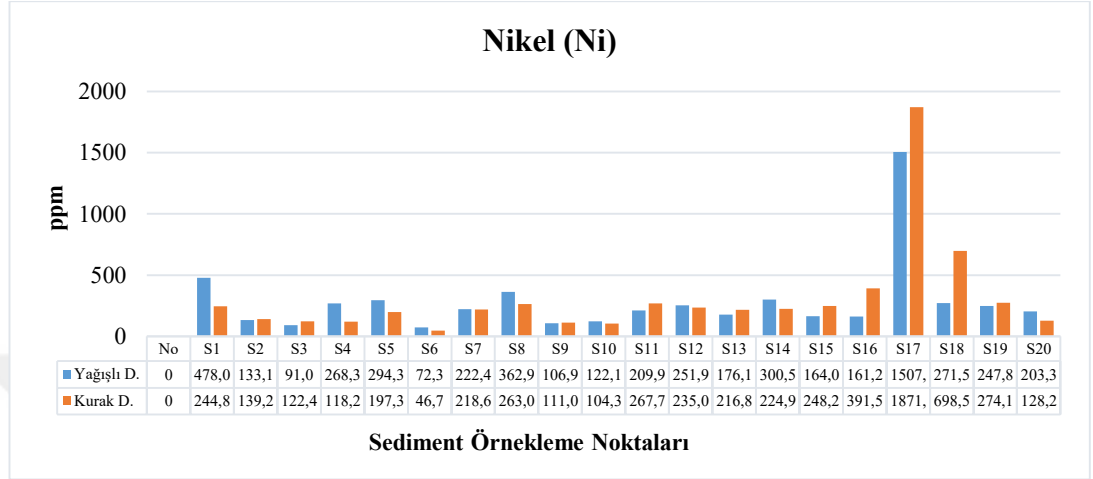
Şekil 6.8. Yağışlı ve kurak dönem kurşun (Pb) konsantrasyon dağılım haritası.

6.2.5 Nikel (Ni)

Nikel, serpantin içeren topraklarda yüksek seviyelerde olması kuvvetle muhtemeldir (Epstein, 2005; Özyürek, 2016). Nikel ağır metali kirliliğine en çok endüstriyel faaliyetler olmak üzere; gübreler, kimyasal ilaçlar, nikel katkılı yakıtlar ve bu yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan egzoz gazları, endüstriler, rafineriler ve kanalizasyon atıkları neden olmaktadır (Cabrera-Vique vd., 2011; Türközü ve Şanlıer, 2012).

Çalışma alanında 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen nikel (Ni) konsantrasyonu yağışlı dönemde 72,3 ile 1507,1 ppm aralığında belirlenmiştir.

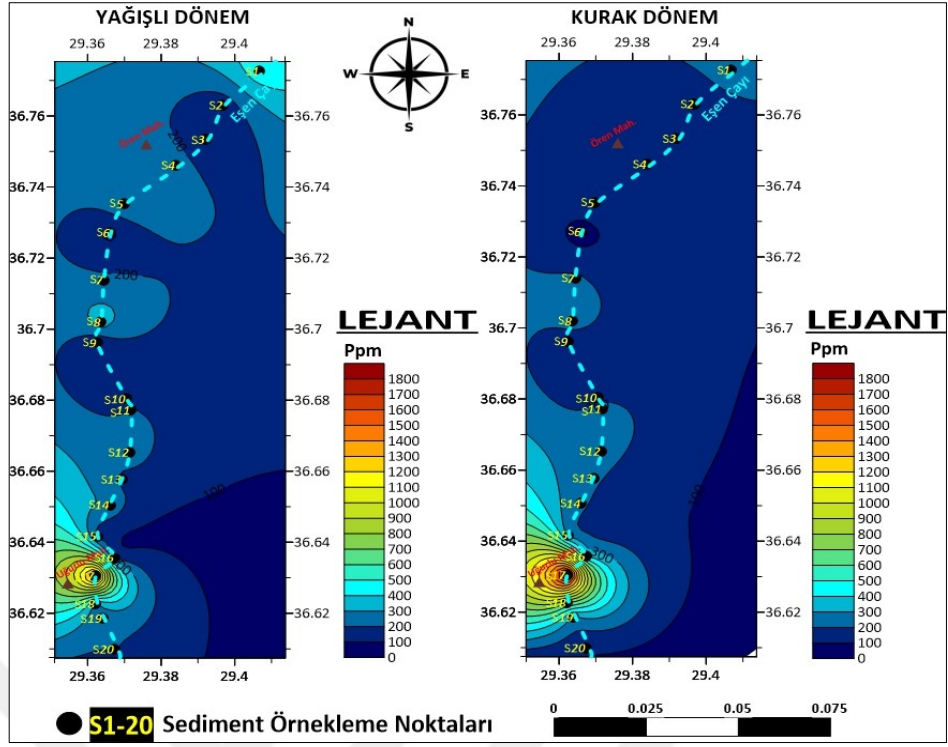
Yağışlı döneme ait ortalama nikel (Ni) konsantrasyonu 282,2 ppm'dir. Aynı örnekleme noktalarından alınan kurak döneme ait nikel (Ni) konsantrasyonu ise 46,7 ile 1871,3 ppm aralığında belirlenmiştir. Kurak döneme ait nikel (Ni) konsantrasyonu 306,1 ppm'dir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Yağışlı ve kurak dönem nikel (Ni) konsantrasyon grafiği.

Yağışlı dönemde alınan sediment numuneleri üzerinde yapılan analizler sonucunda Nikel (Ni) konsantrasyonunun S1, S5, S8, S14 ve S17 noktalarında; kurak dönemde ise S16, S17 ve S18 noktalarında ortalamanın üzerinde olduğu görülmüştür. S1 noktası çalışma alanının referans noktasıdır. S5 noktası alabalık havuzları ve tarım alanlarına yakın olan örnekleme noktasıdır. Bu noktada nikel (Ni) konsantrasyonunun yüksekliğinin alabalık tesisleri ile tarımda kullanılan ilaç ve gübrelere bağlı olduğu düşünülmektedir. S8 noktası ve çevresinde tarımsal faaliyetler yoğunlukta olup bu nokta etrafında tarımda kullanılan ilaç ve gübrelere bağlı nikel (Ni) konsantrasyonunun arttırdığı düşünülmektedir. S14 örnekleme noktası şehir merkezinde nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu noktalardan biridir. S17 ve S18 örnekleme noktaları nikel (Ni) konsantrasyonunun en fazla arttığı noktalardır. Ani konsantrasyon artışının nedeni Eşen Çayı'nın Boynuz Dere birleşimidir. Boynuz Deresi Kmo simgeli Marmaris Peridotiti'ne ait kayaçları içerisinden aktığından dolayı jeolojik birimlerden kaynaklı olarak yüksek olduğu düşünülmektedir.

Yağışlı ve kurak döneme ait nikel (Ni) konsantrasyon dağılım haritası Şekil 6.10'da verilmiştir.



Şekil 6.10. Yağışlı ve kurak dönem nikel (Ni) konsantrasyon dağılım haritası.

6.3 Zenginleşme Faktörü (EF)

Zenginleşme faktörü (EF), sedimentlerde antropojenik ağır metal kirliliği oranını yansıtan yararlı bir indekstir. Bu indeks çeşitli referans (normalizasyon) elementleri (Al, Fe, Mn vb.) kullanılarak hesaplanmaktadır. Çalışma alanında referans (normalizasyon) elementi olarak Fe elementi kullanılmıştır (Barbieri, 2016; Kaçar, 2021)

Çalışma alanından alınan örnekler üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen demir üç oksit (Fe_2O_3) bileşiğinden Fe elementi, krom üç oksit (Cr_2O_3) bileşiğinden Cr elementi hesaplanarak elde edilmiştir.

Zenginleştirme faktörü (EF); çalışma alanından elde edilen sonuçlara göre eşitlik (6.1) kullanılarak hesaplanmıştır (Özkul, 2019; Mason, 1966; Kırat ve Savcı, 2022).

$$EF = \frac{\left(\frac{C_n}{C_{ref}}\right)_{örnek}}{\left(\frac{B_n}{B_{ref}}\right)_{referans}} \quad (6.1)$$

C_n : Analizi yapılan örneğin değeri.

B_n : Yerkabuğundaki ortalama değeri

C_{ref} : Referans elementin değeri.

B_{ref} : Yerkabuğundaki ortalama değeri

Zenginleşme Faktörleri (EF), Sakan ve vd. (2009) Çizelge 6.13'te verilen sınıflamasına göre sınıflandırılmıştır (Sakan vd., 2009; Kaçar, 2021).

Çizelge 6.13. Zenginleşme Faktörü (EF) değerlendirme kriterleri (Kaçar, 2021).

EF<1 Zenginleşme yok
1<EF<3 Düşük zenginleşme
3<EF<5 Orta boyutta zenginleşme
5<EF<10 Orta derecede şiddetli zenginleşme
10<EF<25 Şiddetli zenginleşme
25<EF<50 Çok şiddetli zenginleşme
EF>50 Aşırı derece zenginleşme

Çalışma alanından yağışlı ve kurak dönemlerine ait Zenginleşme Faktörleri (EF) Çizelge 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18'de verilmiştir.

Hesaplamalarda kullanılan referans elementlerinin yer kabuğu konsantrasyonları sırasıyla Bakır (Cu) için 25,0, Krom (Cr) için 126,0, Çinko (Zn) için 65, Kurşun (Pb) için 14,80, Nikel (Ni) için 56,0, Demir (Fe) için 54000 ppm olarak alınmıştır (Wedepohl, 1995).

6.3.1 Bakır (Cu) elementi zenginleşme faktörü (EF_{Cu})

Yağışlı döneme ait 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen bakır (Cu) elementlerine ait Zenginleşme Faktörü (EF) Sakan vd., (2009)'ne göre; S4, S7, S8, S11, S12, S14, S17, S18 noktalarında düşük zenginleşme; S1, S2, S5, S6, S9, S10, S13, S15, S16, S19 ve S20 noktalarında orta boyutta zenginleşme ve S3 örnekleme noktasında da Orta derecede şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır.

Aynı noktalardan alınan Kurak döneme ait sediment örneklerinin Zenginleşme Faktörü (EF) ise; S11, S17 ve S18 noktalarında düşük zenginleşme, S2, S4, S5, S7, S8, S9, S10, S12, S13, S14, S15, S16 ve S19 noktalarında orta boyutta zenginleşme ve S1, S3, S6 ve S20 örnekleme noktalarında da Orta derecede şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 6.14).

Çizelge 6.14. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Cu Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.

Yağışlı Dönem				Kurak Dönem			
Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF
S1	3,012	S11	2,317	S1	6,571	S11	2,978
S2	4,032	S12	2,812	S2	3,956	S12	3,106
S3	5,723	S13	4,429	S3	5,036	S13	3,714
S4	2,832	S14	2,793	S4	4,185	S14	3,155
S5	3,134	S15	3,573	S5	4,624	S15	3,257
S6	4,241	S16	3,391	S6	5,384	S16	3,008
S7	2,977	S17	1,493	S7	3,439	S17	1,156
S8	2,761	S18	2,967	S8	3,003	S18	2,429
S9	3,634	S19	3,302	S9	3,683	S19	3,004
S10	3,421	S20	3,543	S10	4,397	S20	5,424
Yağışlı Dönem Ortalama			3.320	Kurak Dönem Ortalama			3,775

Çalışma alanının yağışlı ve kurak dönemlere ait zenginleşme faktörlerinin (EF) ortalamalarına göre her iki dönemde de Bakır (Cu) zenginleşmelerinin orta boyutta zenginleşme olduğu belirlenmiştir.

6.3.2 Krom (Cr) elementi zenginleşme faktörü (EF_{Cr})

Yağışlı döneme ait 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen krom (Cr) elementlerine ait Zenginleşme Faktörü (EF) Sakan vd. (2009)'ne göre; S2, S6, S7, S13, S16, S18, S19 ve S20 noktalarında düşük zenginleşme; S1, S3, S8, S9, S10, S11 ve S12 noktalarında orta boyutta zenginleşme ve S4, S5, S14, S15 ve S17 örnekleme noktalarında da Orta derecede şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır.

Aynı noktalardan alınan Kurak döneme ait sediment örneklerinin Zenginleşme Faktörü (EF) ise; S2, S4, S5, S8, S11, S14, S19 ve S20 noktalarında düşük zenginleşme; S1, S6, S7, S9, S15 ve S18 noktalarında orta boyutta zenginleşme; S3, S10, S12, S13 ve S16 örnekleme noktalarında Orta derecede şiddetli zenginleşme ve S17 noktasında da şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 6.15).

Çizelge 6.15. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Cr Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.

Yağışlı Dönem				Kurak Dönem			
Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF
S1	4,771	S11	4,162	S1	4,377	S11	2,579
S2	2,655	S12	3,176	S2	2,126	S12	5,926
S3	4,663	S13	2,678	S3	6,660	S13	5,031
S4	7,173	S14	6,569	S4	2,174	S14	2,949
S5	5,378	S15	5,156	S5	2,131	S15	3,659
S6	1,416	S16	2,580	S6	3,078	S16	5,150
S7	2,262	S17	8,113	S7	3,112	S17	11,104
S8	3,914	S18	2,302	S8	2,718	S18	4,754
S9	3,810	S19	1,866	S9	4,050	S19	1,971
S10	3,562	S20	1,924	S10	5,371	S20	2,409
Yağışlı Dönem Ortalama			3,907	Kurak Dönem Ortalama			4,066

Çalışma alanının yağışlı ve kurak dönemlere ait zenginleşme faktörlerinin (EF) ortalamalarına göre her iki dönemde de Krom (Cr) zenginleşmelerinin orta boyutta zenginleşme olduğu belirlenmiştir.

6.3.3 Çinko (Zn) elementi zenginleşme faktörü (EF_{Zn})

Yağışlı döneme ait 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen çinko (Zn) elementlerine ait Zenginleşme Faktörü (EF) Sakan vd. (2009)'ne göre; S1, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 ve S20 noktalarında düşük zenginleşme; S2, S3 ve S4 noktalarında da orta boyutta zenginleşmeler olarak sınıflandırılmıştır.

Aynı noktalardan alınan Kurak döneme ait sediment örneklerinin Zenginleşme Faktörü (EF) ise; S17 noktasında zenginleşme olmadığı gözlemlendiği, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S18, S19 ve S20 noktalarında düşük zenginleşme, S1 noktasında orta boyutta zenginleşme; S2 ve S3 örnekleme noktalarında da Orta derecede şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 6.16).

Çizelge 6.16. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Zn Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.

Yağışlı Dönem				Kurak Dönem			
Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF
S1	1,783	S11	1,642	S1	3,489	S11	2,083
S2	3,474	S12	1,845	S2	5,266	S12	1,845
S3	4,050	S13	2,131	S3	5,488	S13	1,746
S4	3,795	S14	1,985	S4	2,406	S14	2,006
S5	2,577	S15	1,969	S5	2,308	S15	1,819
S6	2,482	S16	2,113	S6	2,729	S16	1,552
S7	1,914	S17	1,013	S7	1,960	S17	0,831
S8	1,745	S18	2,001	S8	1,996	S18	1,678
S9	2,118	S19	2,033	S9	2,208	S19	1,993
S10	1,705	S20	2,114	S10	1,996	S20	2,600
Yağışlı Dönem Ortalama			2,225	Kurak Dönem Ortalama			2,400

Çalışma alanının yağışlı ve kurak dönemlere ait zenginleşme faktörlerinin (EF) ortalamalarına göre her iki dönemde de Çinko (Zn) zenginleşmelerinin düşük zenginleşme olduğu belirlenmiştir.

6.3.4 Kurşun (Pb) elementi zenginleşme faktörü (EF_{Pb})

Yağışlı döneme ait 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen kurşun (Pb) elementlerine ait Zenginleşme Faktörü (EF) Sakan vd. (2009)'ne göre; S7, S8, S12, S14, S17, S18, S19 noktalarında düşük zenginleşme; S1, S2, S4, S5, S9, S10, S11, S13, S15, S16 ve S20 noktalarında orta boyutta zenginleşme ayrıca S3 ve S6 örnekleme noktalarında da Orta derecede şiddetli zenginleşmeler olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 6.17. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Pb Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.

Yağışlı Dönem				Kurak Dönem			
Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF
S1	4,051	S11	4,934	S1	7,953	S11	2,372
S2	4,572	S12	2,835	S2	11,342	S12	2,800
S3	7,513	S13	3,836	S3	6,343	S13	3,999
S4	3,325	S14	2,549	S4	3,882	S14	2,975
S5	3,088	S15	4,282	S5	3,739	S15	3,017
S6	5,408	S16	4,130	S6	6,417	S16	3,420
S7	2,837	S17	1,276	S7	2,951	S17	0,844
S8	2,756	S18	2,793	S8	2,449	S18	1,906
S9	4,891	S19	2,762	S9	3,376	S19	2,420
S10	3,498	S20	3,453	S10	14,217	S20	5,980
Yağışlı Dönem Ortalama			3,740	Kurak Dönem Ortalama			4,620

Aynı noktalardan alınan Kurak döneme ait sediment örneklerinin Zenginleşme Faktörü (EF) ise; S17 noktasında zenginleşme yok. S7, S8, S11, S12, S14, S18 ve S19 noktalarında düşük zenginleşme; S4, S5, S9, S13, S15 ve S16 noktalarında orta boyutta zenginleşme, S1, S3, S6 ve S20 örnekleme noktalarında da Orta derecede şiddetli zenginleşme gözlenirken S2 ve S10 noktalarında da şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 6.17).

Çalışma alanının yağışlı ve kurak dönemlere ait zenginleşme faktörlerinin (EF) ortalamalarına göre her iki dönemde de Kurşun (Pb) zenginleşmelerinin orta boyutta zenginleşme olduğu belirlenmiştir.

6.3.5 Nikel (Ni) elementi zenginleşme faktörü (EF_{Ni})

Yağışlı döneme ait 20 farklı noktadan alınan sediment örneklerinden elde edilen nikel (Ni) elementlerine ait Zenginleşme Faktörü (EF) Sakan vd. (2009)'ne göre; S6 noktasında orta boyutta zenginleşme; S2, S3, S7, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S18, S19 ve S20 orta derecede şiddetli zenginleşme; S1, S4, S5 ve S8 örnekleme noktalarında şiddetli zenginleşme ayrıca S17 örnekleme noktasında da çok şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır.

Aynı noktalardan alınan Kurak döneme ait sediment örneklerinin Zenginleşme Faktörü (EF) ise; S6 noktasında orta boyutta zenginleşme; S2, S4, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S14, S15, S19 örnekleme noktalarında Orta derecede şiddetli zenginleşme; S3, S5, S13, S16, S18 ve S20 örnekleme noktalarında şiddetli zenginleşme ayrıca S1

ve S17 noktalarında da çok şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 6.18).

Çizelge 6.18. Sedimentlere ait Fe'e göre hesaplanmış Ni Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması.

Yağışlı Dönem				Kurak Dönem			
Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF	Numune Noktası	EF
S1	20,475	S11	8,742	S1	26,821	S11	7,008
S2	8,035	S12	7,295	S2	8,359	S12	7,196
S3	9,199	S13	7,384	S3	10,378	S13	11,291
S4	10,465	S14	7,271	S4	7,504	S14	7,876
S5	12,058	S15	8,760	S5	11,954	S15	8,512
S6	4,959	S16	7,859	S6	4,170	S16	17,023
S7	6,589	S17	30,386	S7	8,035	S17	34,605
S8	10,574	S18	7,236	S8	7,034	S18	16,294
S9	5,851	S19	6,876	S9	5,885	S19	6,899
S10	6,041	S20	8,550	S10	6,692	S20	12,452
Yağışlı Dönem Ortalama			9,731	Kurak Dönem Ortalama			11,299

Çalışma alanının yağışlı ve kurak dönemlere ait zenginleşme faktörlerinin (EF) ortalamalarına göre yağışlı dönemde Ni (Nikel) zenginleşmelerinin orta boyutta şiddetli zenginleşme olduğu; kurak dönemde ise zenginleşmenin şiddetli zenginleşmeye yükseldiği belirlenmiştir.

6.4 Kirlenme Faktörü (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI)

Kirlenme faktörü (CF), sediment örneğindeki ölçülen metal konsantrasyon değerinin aynı metalin yer kabuğundaki doğal konsantrasyonuna oranı olarak ifade edilir (Hakanson, 1980; Kaçar, 2021).

Kirlenme faktörü (CF) değeri (6.2) eşitliği kullanılarak hesaplanır (Özkul, 2019; Kırat ve Savcı, 2023).

$$CF = \frac{C_{metal}}{C_o} \quad (6.2)$$

C_{metal} : Topraktaki Metal değeri

C_o : Yer kabuğundaki ortalama değer

Kirlenme faktörü (CF) Çizelge 6.19'da verilen dört ayrı sınıfa göre sınıflandırılmıştır. (Özkul, 2019; Hakanson, 1980; Kırat ve Savcı, 2023).

Çizelge 6.19. Kirlenme Faktörü (CF) değerlendirme kriterleri (Kaçar, 2021).

Kirlenme Faktörü (CF)
Düşük Kirlenme; $CF < 1$;
Orta Derecede Kirlenme; $1 < CF < 3$
Önemli Boyutta Kirlenme; $3 < CF < 6$
Yüksek Derece Kirlenme; $CF > 6$

Kirlilik yük indeksi (PLI), her bir lokasyondaki ağır metal kirliliğinin değerlendirilebilmesi için kullanılan indekstir. Kirlilik yükü indeksi (6.3) eşitliği ile hesaplanmaktadır (Malvandi, 2017; Kaçar, 2021).

Hesaplamalarda kullanılan referans elementlerinin yer kabuğu konsantrasyonları Zenginleştirme faktöründe (EF) kullanılan konsantrasyonlar ile aynıdır.

PLI sınıflaması Çizelge 6.20’de verilen kriterlere göre iki sınıfta sınıflandırılmaktadır (Kaçar, 2021).

PLI değerinin; 1’den küçük olması durumunda kirlilik olmadığını, 1’den büyük olması durumunda ise kirlilik olduğunu göstermektedir (Özkul, 2019; Chakravarty, 2009; Kırat ve Savcı, 2022).

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \dots \dots \times CF_n)^n \quad (6.3)$$

Çizelge 6.20. Kirlilik Yükü İndeksi (PLI) değerlendirme kriterleri (Kaçar, 2021).

Kirlilik Yükü İndeksi (PLI)
$PLI < 1$ Kirlenmemiş Bölge
$PLI > 1$ Kirlenmiş Bölge

Yağışlı dönemde çalışma alanından toplanan 20 farklı lokasyona ait sediment örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda ağır metal konsantrasyonları elde edilmiştir. Bu ağır metal konsantrasyonları kullanılarak Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerinin kirlenme faktörleri (CF) hesaplanmıştır.

Bu hesaplamalar sonucunda; Bakır (Cu) ağır metali S11 noktasında düşük kirlenme; S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 ve S20 noktalarında orta derecede kirlenme; Krom (Cr) ağır metali S2, S3, S6, S16 ve S20 noktalarında düşük kirlenme; S1, S5, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S15, S18 ve S19 noktalarında orta derecede kirlenme; S4 ve S14 noktalarında önemli boyutta

kirlenme; S17 noktasında yüksek derece kirlenme; Çinko (Zn) ağır metali S1, S3, S6, S9, S10, S11, S13, S15, S16, S17 ve S20 noktalarında düşük kirlenme; S2, S4, S5, S7, S8, S12, S14, S18 ve S19 noktalarında orta derecede kirlenme, Kurşun (Pb) ağır metali tüm örnekleme noktalarında orta derecede kirlenme; Nikel (Ni) ağır metali S2, S3, S6, S9, S10, S15 ve S16 noktalarında orta derecede kirlenme; S4, S5, S7, S11, S12, S13, S14, S18, S19 ve S20 noktalarında önemli boyutta kirlenme; S1, S8 ve S17 noktasında yüksek derece kirlenmeler gözlenmektedir. Kirlilik yük indeksi (PLI) 5 adet ağır metalle (Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni) göre (6.3) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun sonucunda; S6 noktasında (PLI<1) kirlenmemiş bölge S1, S2, S3, S4, S5, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 ve S20 noktalarında (PLI>1) kirlenmiş bölge olarak belirlenmiştir (Çizelge 6.21).

Çizelge 6.21. Yağışlı döneme ait Kirlenme Faktörü (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI).

Numune Noktası	Yağışlı Dönem					PLI
	Cu-CF	Cr-CF	Zn-CF	Pb-CF	Ni-CF	
S1	1,25588	1,98891	0,74348	1,68885	8,53563	1,92988509
S2	1,19304	0,78563	1,02803	1,35277	2,37745	1,25384268
S3	1,01048	0,82341	0,71523	1,32662	1,62430	1,05099502
S4	1,29656	3,28375	1,73738	1,5225	4,79107	2,22028992
S5	1,36620	2,34395	1,12349	1,34595	5,25534	1,91043541
S6	1,10344	0,36859	0,64598	1,40736	1,29036	0,86243338
S7	1,79436	1,36394	1,15378	1,7102	3,97148	1,80536931
S8	1,69236	2,39897	1,06951	1,68899	6,47946	2,16457912
S9	1,18588	1,24349	0,69123	1,59601	1,90930	1,25442166
S10	1,23448	1,28527	0,61529	1,26236	2,17986	1,21852548
S11	0,99360	1,78448	0,70434	2,11561	3,74846	1,58182664
S12	1,73400	1,95844	1,13782	1,74858	4,49877	1,97953061
S13	1,88664	1,14094	0,90802	1,63426	3,14534	1,58637723
S14	2,06164	4,84916	1,46552	1,88209	5,36695	2,7167403
S15	1,19488	1,72395	0,65858	1,43196	2,92911	1,41587694
S16	1,24212	0,94512	0,77394	1,5125	2,87811	1,31653407
S17	1,32308	7,18566	0,89780	1,13061	26,9127	3,04018846
S18	1,98808	1,54264	1,34086	1,87122	4,84739	2,06225849
S19	2,12528	1,20117	1,30886	1,77736	4,42486	1,92272848
S20	1,50468	0,81718	0,89783	1,46628	3,63043	1,42503751
Ortalama	1,45933	1,95173	0,98085	1,57360	5,03982	1,39568686

Kurak döneme ait Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerinin kirlenme faktörleri (CF) hesaplanmış olup, bu hesaplamalar sonucunda;

Bakır (Cu) için S20 noktasında düşük kirlenme tespit edilmiş olup S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18 ve S19 noktalarında orta derece kirlenme söz konusudur.

Krom (Cr) için S1, S2, S4, S5, S6 ve S20 noktalarında düşük kirlenme gözlenirken S3, S7, S8, S9, S10, S11, S13, S14, S15, S16 ve S19 noktalarında orta derecede kirlenme; S12 ve S18 noktalarında önemli boyutta kirlenme; S17 noktasında yüksek derece kirlenme tespit edilmiştir.

Çinko (Zn) için CF değerlendirmesinde ise S1, S4, S5, S6, S7, S9, S10, S13, S15, S16, S17 ve S20 noktalarında düşük kirlenme belirlenirken S2, S3, S8, S11, S12, S14, S18 ve S19 noktalarında orta derecede kirlenme söz konusudur.

Kurşun (Pb) için CF değerleri değerlendirildiğinde ise S17 noktasında düşük kirlenme sınıfında iken; S1, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S11, S12, S13, S14, S15, S18, S19 ve S20 noktalarında orta derecede kirlenme söz konusu olup S2 ve S10 noktalarında önemli boyutta kirlenme tespit edilmiştir.

Nikel (Ni) için CF sonuçlarına bakıldığında S6 noktasında düşük kirlenme mevcutken S2, S3, S4, S9, S10 ve S20 noktalarında orta derecede kirlenme ile S1, S5, S7, S8, S11, S12, S13, S14, S15 ve S19 noktalarında önemli boyutta kirlenme ve S16, S17 ve S18 noktasında yüksek derece kirlenmeler gözlenmektedir.

Ağır metaller için Kirlilik yük indeksi (PLI) hesaplamalarında (Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni) 6.3 eşitliği kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda; S6 ve S20 noktaları ($PLI < 1$) kirlenmemiş bölge olarak belirlenirken; S1, S2, S3, S4, S5, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18 ve S19 noktaları ($PLI > 1$) kirlenmiş bölge olarak belirlenmiştir (Çizelge 6.22).

Çizelge 6.22. Kurak döneme ait Kirlenme Faktörü (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI).

Numune Noktası	Kurak Dönem					
	Cu-CF	Cr-CF	Zn-CF	Pb-CF	Ni-CF	PLI
S1	1,07088	0,71339	0,56862	1,29615	4,37093	1,19735519
S2	1,17644	0,63209	1,56606	3,37277	2,48568	1,57731409
S3	1,06088	1,40284	1,15602	1,33608	2,18602	1,38110027
S4	1,17704	0,61149	0,67682	1,09196	2,11068	1,02342394
S5	1,36304	0,62800	0,68042	1,10203	3,52355	1,17728973
S6	1,07660	0,61553	0,54577	1,28318	0,83382	0,82705586
S7	1,67084	1,51198	0,95237	1,43385	3,90366	1,68210330
S8	2,00552	1,81487	1,33260	1,63554	4,69716	2,06183363
S9	1,24004	1,36349	0,74345	1,13655	1,98161	1,23137098
S10	1,22412	1,49521	0,55566	3,95818	1,86305	1,49627498
S11	2,03116	1,75892	1,42063	1,61811	4,78046	2,08348223
S12	1,81168	3,45592	1,07575	1,63297	4,19677	2,15204034
S13	1,27348	1,72501	0,59862	1,37115	3,87138	1,47494705
S14	1,60848	1,50329	1,02280	1,51669	4,01543	1,72018688
S15	1,69600	1,90530	0,94735	1,57122	4,43234	1,84397101
S16	1,23528	2,11531	0,63749	1,40466	6,99157	1,74884860
S17	1,11580	10,72203	0,80245	0,81527	33,41538	3,04442596
S18	1,85972	3,63919	1,28432	1,45939	12,47404	2,75334864
S19	2,13072	1,39792	1,41369	1,71635	4,89414	2,04046431
S20	0,99764	0,44303	0,47809	1,09980	2,29007	0,88148614
Ortalama	1,44127	1,97274	0,92295	1,59259	5,46589	1,66991616

Çalışma alanının yağışlı ve kurak dönemlere ait kirlenme faktörlerinin (EF) ortalamalarına göre her iki dönemde de Bakır (Cu), Krom (Cr) ve Kurşun (Pb) kirlenmelerinin orta derece kirlenme; Çinko (Zn) kirlenmelerinin düşük kirlenme; Nikel (Ni) kirlenmelerinin ise önemli boyutta olduğu belirlenmiştir.

Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerine göre hesaplanmış olan kirlilik yük indeksi (PLI) ortalamalarına göre çalışma alanı her iki dönemde de kirlenmiş bölge sınıfında yer almaktadır.

6.5 Jeoakümülayon İndeksi (I_{geo})

Muller (1969) tarafından ortaya çıkarılmış olan Jeoakümülayon İndeksi, sedimentteki kirlilik derecesini belirlemede kullanılan bir indekstir (Kurt, 2010).

Jeoakümülayon indeksi çalışma alanından elde edilen sonuçlara göre (6.4) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan B_n değeri kirlenme faktöründe kullanılan (CF) konsantrasyonlar ile aynıdır (Malvandi, 2017; Kaçar, 2021).

$$I_{geo} = \frac{\log_2 (C_n)}{1.5 (B_n)} \quad (6.4)$$

C_n : Analizi yapılan örneğin değeri.

B_n : Yerkabuğundaki ortalama değeri.

Jeoakümülyasyon İndeksi (I_{geo}) Çizelge 6.23'te verilen 7 farklı kirlilik değeriendirme kriterine göre sınıflandırılmıştır (Kaçar, 2021).

Çizelge 6.23. I_{geo} değeriendirilme kriterleri (Kaçar, 2021).

Sınıf 0 (Kirlenmemiş bölge): $I_{geo} \leq 0$
Sınıf 1 (kirlenmemiş ile orta derecede kirlili bölge): $0 < I_{geo} < 1$
Sınıf 2 (Orta derecede kirlili): $1 < I_{geo} < 2$
Sınıf 3 (orta ile çok kirlili arası bölge): $2 < I_{geo} < 3$
Sınıf 4 (Çok kirlili bölge): $3 < I_{geo} < 4$
Sınıf 5 (Aşırı derecede kirlili bölge): $4 < I_{geo} < 5$
Sınıf 6 (Çok aşırı kirlili bölge): $5 > I_{geo}$

Çalışma alanından yağışlı ve kurak dönemlerine ait Kirlenme Faktörleri (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI) Çizelge 6.21 ve Çizelge 6.22'de verilmiştir.

Yağışlı dönemde çalışma alanından toplanan 20 farklı lokasyona ait sediment örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda ağır metal konsantrasyonları elde edilmiştir. Bu ağır metal konsantrasyonları kullanılarak Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerinin Jeoakümülyasyon İndeksi (I_{geo}) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda; Bakır (Cu), Krom (Cr), Çinko (Zn), Kurşun (Pb) ve Nikel (Ni) ağır metallerinin tüm lokasyonlarda Sınıf 1 dolayısıyla kirlenmemiş-orta derece kirlili bölgede yer aldığı görülmüştür (Çizelge 6.24).

Çizelge 6.24. Yağışlı döneme ait Jeoakümülyasyon İndeksi (I_{geo}).

Yağışlı Dönem					
Numune Noktası	Igeo-Cu	Igeo-Cr	Igeo-Zn	Igeo-Pb	Igeo-Ni
S1	0,132601	0,042165	0,057382	0,209170	0,105963
S2	0,130627	0,035075	0,062177	0,194750	0,084009
S3	0,124237	0,035434	0,056809	0,193481	0,077466
S4	0,133828	0,045993	0,069941	0,202431	0,096044
S5	0,135841	0,043419	0,063491	0,194421	0,097633
S6	0,127623	0,029298	0,055302	0,197321	0,073513
S7	0,146329	0,039286	0,063885	0,209986	0,092822
S8	0,144077	0,043596	0,062762	0,209175	0,101229
S9	0,130395	0,038580	0,056304	0,205495	0,080243
S10	0,131940	0,038833	0,054582	0,190255	0,082519
S11	0,123589	0,041338	0,056582	0,223811	0,091829
S12	0,145012	0,042048	0,063678	0,211428	0,094963
S13	0,148258	0,037923	0,060340	0,207034	0,088816
S14	0,151671	0,048968	0,067423	0,216210	0,097994
S15	0,130686	0,041074	0,055588	0,198447	0,087593
S16	0,132178	0,036486	0,057976	0,202003	0,087291
S17	0,134607	0,051970	0,060173	0,183091	0,125685
S18	0,150273	0,040226	0,066108	0,215833	0,096245
S19	0,152840	0,038316	0,065751	0,212489	0,094678
S20	0,139555	0,035376	0,060173	0,199986	0,091280
Ortalama	0,137308	0,040270	0,060821	0,203841	0,092391

Aynı noktalardan alınan Kurak döneme ait sediment örneklerinin Jeoakümülyasyon İndeksi (I_{geo}) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda; Bakır (Cu), Krom (Cr), Çinko (Zn), Kurşun (Pb) ve Nikel (Ni) ağır metallerinin tüm lokasyonlarda Sınıf 1 dolayısıyla kirlenmemiş-orta derece kirli bölgede yer aldığı görülmüştür (Çizelge 6.25).

Çizelge 6.25. Kurak döneme ait Jeoakümülyasyon İndeksi (I_{geo}).

Kurak Dönem					
Numune Noktası	Igeo-Cu	Igeo-Cr	Igeo-Zn	Igeo-Pb	Igeo-Ni
S1	0,126471	0,034339	0,053414	0,191971	0,094468
S2	0,130088	0,033415	0,068405	0,254120	0,084774
S3	0,126110	0,039501	0,063913	0,193943	0,082567
S4	0,130107	0,033162	0,055992	0,180831	0,081965
S5	0,135752	0,033366	0,056070	0,181427	0,090767
S6	0,126676	0,033213	0,052807	0,191317	0,066014
S7	0,143585	0,040073	0,061046	0,198532	0,092526
S8	0,150609	0,041466	0,066017	0,207085	0,095704
S9	0,132113	0,039284	0,057381	0,183432	0,080881
S10	0,131616	0,039987	0,053073	0,264521	0,079822
S11	0,151098	0,041227	0,066963	0,206389	0,096006
S12	0,146698	0,046383	0,062848	0,206983	0,093769
S13	0,133137	0,041079	0,054175	0,195627	0,092383
S14	0,142121	0,040029	0,062101	0,202182	0,093011
S15	0,144160	0,041838	0,060968	0,204478	0,094707
S16	0,131965	0,042636	0,055106	0,197196	0,102535
S17	0,128052	0,055025	0,058511	0,161841	0,129402
S18	0,147705	0,046777	0,065471	0,199680	0,112479
S19	0,152939	0,039474	0,066891	0,210219	0,096410
S20	0,123745	0,030702	0,050849	0,181296	0,083366
Ortalama	0,136737	0,039649	0,059600	0,200654	0,092178

Çalışma alanında yağışlı ve kurak dönemlerde hesaplanan ortalama jeoakümülyasyon indekslerine (Igeo) göre Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerinin her iki dönemde de kirlenmemiş ile orta derece kirli bölge sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

6.6 Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI)

Sediment ve toprak numunelerinde yer alan ağır metallerin potansiyel ekolojik risk indeksini bulmak için Hakanson tarafından tanımlanan değişkenler kullanılmaktadır (Ustaoglu, 2017; Cihan, 2022).

Hesaplanmak istenen metalin ekolojik riski faktörü (E_r) (6.5) eşitliği kullanılarak, potansiyel ekolojik risk indeksi (PERI) ise (6.6) eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır (Keshavarzi vd., 2015; Cihan, 2022).

$$E_r = T_r \times CF \quad (6.5)$$

$$PERI = \sum_{i=1}^m E_r \quad (6.6)$$

CF : Kirlenme Faktörü

T_r : Hakanson tarafından belirlenen kat sayı (toxic-response factor)

CF değeri, kirlenme faktöründe kullanılan (6.2) eşitliği ile hesaplanmıştır. Ekolojik risk faktörü (E_r) hesaplamalarında kullanılan T_r katsayısı; Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Nikel (Ni) metalleri için; 5 Krom (Cr) için; 2 ve Çinko (Zn) için 1 olarak alınmıştır. Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) Çizelge 6.26'da değerlendirme kriterine göre sınıflandırılmıştır (Kaçar, 2021).

Çizelge 6.26. Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) değerlendirme kriterleri (Kaçar, 2021).

Potansiyel Risk Faktörü (E_r)
$E_r < 40$. düşük ekolojik risk
$40 < E_r \leq 80$. orta ekolojik risk
$80 < E_r \leq 160$. önemli ekolojik risk
$160 < E_r \leq 320$. yüksek ekolojik risk
$E_r > 320$. ciddi ekolojik risk
Potansiyel Ekolojik Risk indeksi (PERI)
$PERI < 150$ düşük ekolojik risk
$150 \leq PERI < 300$. orta ekolojik risk
$300 \leq PERI < 600$. önemli ekolojik risk
$PERI > 600$. çok yüksek ekolojik risk

Yağışlı dönemde çalışma alanından toplanan 20 farklı lokasyona ait sediment örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda ağır metal konsantrasyonları elde edilmiştir. Bu ağır metal konsantrasyonları kullanılarak Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerinin Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) hesaplanmıştır.

Bu hesaplamalar sonucunda; Bakır (Cu), Krom (Cr), Çinko (Zn) ve Kurşun (Pb) ağır metalleri için S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 ve S20 noktalarında Potansiyel Risk Faktörü ($E_r < 40$ olması nedeniyle) düşük ekolojik risk sınıfında olduğu belirlenmiştir. Nikel (Ni) için ise S1 noktasında Potansiyel Risk Faktörü ($40 < E_r \leq 80$ arasında kalması nedeniyle) orta ekolojik risk sınıfında ve S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S18, S19 ve S20 noktalarında ($E_r < 40$ olması nedeniyle) düşük ekolojik risk sınıfında olduğu belirlenirken S17 noktasında ($80 < E_r \leq 160$ arasında kalması nedeniyle) önemli ekolojik risk sınıfında yer almaktadır.

Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI)'ne göre S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S18, S19 ve S20 noktalarında ($PERI < 150$ olması nedeniyle) düşük ekolojik risk sınıfında; S17 noktasında ise ($150 \leq PERI < 300$ arasında kalması nedeniyle) orta ekolojik risk sınıfında yer almaktadır (Çizelge 6.27).

Çizelge 6.27. Yağışlı döneme ait Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI).

Yağışlı Dönem						
Numune Noktası	E_r -Cu	E_r -Cr	E_r -Zn	E_r -Pb	E_r -Ni	PERI
S1	6,2794	3,9778	0,7435	8,4443	42,6781	62,1231
S2	5,9652	1,5713	1,0280	6,7639	11,8872	27,2156
S3	5,0524	1,6468	0,7152	6,6331	8,1215	22,1691
S4	6,4828	6,5675	1,7374	7,6125	23,9554	46,3555
S5	6,8310	4,6879	1,1235	6,7297	26,2767	45,6488
S6	5,5172	0,7372	0,6460	7,0368	6,4518	20,3890
S7	8,9718	2,7279	1,1538	8,5510	19,8574	41,2619
S8	8,4618	4,7979	1,0695	8,4449	32,3973	55,1715
S9	5,9294	2,4870	0,6912	7,9801	9,5465	26,6342
S10	6,1724	2,5705	0,6153	6,3118	10,8993	26,5693
S11	4,9680	3,5690	0,7043	10,5780	18,7423	38,5617
S12	8,6700	3,9169	1,1378	8,7429	22,4938	44,9614
S13	9,4332	2,2819	0,9080	8,1713	15,7267	36,5211
S14	10,3082	9,6983	1,4655	9,4105	26,8347	57,7172
S15	5,9744	3,4479	0,6586	7,1598	14,6455	31,8862
S16	6,2106	1,8902	0,7739	7,5625	14,3905	30,8278
S17	6,6154	14,3713	0,8978	5,6530	134,5637	162,1012
S18	9,9404	3,0853	1,3409	9,3561	24,2370	47,9596
S19	10,6264	2,4023	1,3089	8,8868	22,1243	45,3487
S20	7,5234	1,6344	0,8978	7,3314	18,1521	35,5391
Ortalama	7,2967	3,9035	0,9808	7,8680	25,1991	45,2481

Aynı noktalardan alınan Kurak döneme ait Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerinin Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) hesaplanmıştır.

Hesaplamalar sonucunda; Bakır (Cu), Krom (Cr), Çinko (Zn) ve Kurşun (Pb) için S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 ve S20 noktalarında Potansiyel Risk Faktörü ($E_r < 40$ olması nedeniyle) düşük ekolojik risk sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Nikel (Ni) için S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S19 ve S20 noktalarında Potansiyel Risk Faktörü ($E_r < 40$ olması nedeniyle) düşük ekolojik risk sınıfında olduğu belirlenirken S18 noktasında Potansiyel Risk Faktörü ($40 < E_r \leq 80$ arasında kalması nedeniyle) orta ekolojik risk sınıfında ve S17 noktasında ($160 < E_r \leq 320$ arasında kalması nedeniyle) yüksek ekolojik risk sınıfında yer almaktadır.

Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi'ne (PERI) göre S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S18, S19 ve S20 noktalarında ($PERI < 150$ olması nedeniyle) düşük ekolojik risk sınıfında; S17 noktasında ise ($150 \leq PERI < 300$ arasında kalması nedeniyle) orta ekolojik risk sınıfında yer almaktadır (Çizelge 6.28).

Çizelge 6.28. Kurak döneme ait Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI).

Numune Noktası	Kurak Dönem					PERI
	E_r -Cu	E_r -Cr	E_r -Zn	E_r -Pb	E_r -Ni	
S1	5,3544	1,4268	0,5686	6,4807	21,8546	35,6852
S2	5,8822	1,2642	1,5661	16,8639	12,4284	38,0047
S3	5,3044	2,8057	1,1560	6,6804	10,9301	26,8766
S4	5,8852	1,2230	0,6768	5,4598	10,5534	23,7982
S5	6,8152	1,2560	0,6804	5,5101	17,6178	31,8795
S6	5,3830	1,2311	0,5458	6,4159	4,1691	17,7448
S7	8,3542	3,0240	0,9524	7,1693	19,5183	39,0181
S8	10,0276	3,6297	1,3326	8,1777	23,4858	46,6534
S9	6,2002	2,7270	0,7434	5,6828	9,9080	25,2614
S10	6,1206	2,9904	0,5557	19,7909	9,3153	38,7728
S11	10,1558	3,5178	1,4206	8,0905	23,9023	47,0871
S12	9,0584	6,9118	1,0758	8,1649	20,9838	46,1947
S13	6,3674	3,4500	0,5986	6,8557	19,3569	36,6287
S14	8,0424	3,0066	1,0228	7,5834	20,0771	39,7324
S15	8,4800	3,8106	0,9474	7,8561	22,1617	43,2557
S16	6,1764	4,2306	0,6375	7,0233	34,9579	53,0257
S17	5,5790	21,4441	0,8024	4,0764	167,0769	198,9787
S18	9,2986	7,2784	1,2843	7,2970	62,3702	87,5285
S19	10,6536	2,7958	1,4137	8,5818	24,4707	47,9156
S20	4,9882	0,8861	0,4781	5,4990	11,4504	23,3017
Ortalama	7,2063	3,9455	0,9229	7,9630	27,3294	47,3672

Çalışma alanında yağışlı ve kurak dönemlerde hesaplanan ortalama ekolojik risk faktörü (E_r) ve ortalama potansiyel ekolojik risk indeksi (PERI)'ne göre Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerinin her iki dönemde de düşük ekolojik risk sınıfında kaldığı görülmüştür.

7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

- ❖ Çalışma alanı ve çevresinde; Yeşilbarak napına ait Te simgeli Üst Lütésiyen-Alt Burdigaliyen yaşlı Elmalı formasyonu, Marmaris Ofiyolit napına ait Kmo simgeli Marmaris Peridotiti, Tavas napına ait JKb simgeli Babadağ formasyonunun JKbo simgeli Üst-Dogger-Malm yaşlı Oolitli Kireçtaşı Üyesi ve Eşen çayının içerisinde aklığı Kuvaterner yaşlı Qal simgeli alüvyon birimler gözlenir.
- ❖ İnceleme alanında referans noktası olarak seçilen S1-W1 örnekleme noktalarının dışındaki tüm noktalarda; tarımsal faaliyetler, alabalık tesisleri, madencilik (kum-çakıl tesisi), kentsel atık (ilçe merkezi) ve kısmen trafik yoğunluğu bulunmaktadır.
- ❖ Eşen Çayı'nın su ve sediment kirliliğinin bulunup/bulunmadığı, kirlilik tespiti halinde kirlilik kaynaklarının hangi faaliyetlerden kaynaklandığının tespiti amacıyla yağışlı-kurak dönemlerde 20 farklı lokasyondan sediment ile 10 farklı lokasyondan su numunesi alınmıştır.
- ❖ Örnekleme noktalarından alınan su ve sediment numuneleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) ICP laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda ana element, oksit ve ağır metal (Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni) konsantrasyonları elde edilmiş, su ve sediment kirliliği bakımından değerlendirilmiştir.
- ❖ Eşen Çayı üzerinden yağışlı ve kurak dönemde toplanan su numunelerine ait ağır metal konsantrasyonlarına bakıldığında kurak dönemde Cu ve Zn konsantrasyonların azaldığı; Ni konsantrasyonun arttığı, Cr ve Pb konsantrasyonlarının ise değişmediğı gözlenmiştir.
- ❖ Eşen Çayı su kalitesi; Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı (SKKY, 2008) sınıflamalarına göre Cu ve Zn için I. sınıf, Pb için II. sınıf, Cr için IV. sınıf, Ni için I., II. ve III. sınıf su kalite sınıfında değerlendirilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA)'nın referans değerlerine göre ise elde edilen Cu, Zn ve Pb metal konsantrasyonlarının; WHO ile USEPA değerlerine göre daha düşük olması nedeniyle daha kaliteli, Cr konsantrasyonunun üstünde bir değer olması nedeniyle orta kalitede bir su olduğu yorumlanmıştır.
- ❖ Eşen Çayı'nda yağışlı ve kurak dönemlerde alınan sediment örneklerine ait ortalama konsantrasyonları karşılaştırıldığında; Cu, Cr, Zn ve Pb metallerinde

anlamalı bir değişimin olmadığı, Ni metalinin kurak dönemde arttığı ancak bu artışın kayda değer bir artış olmadığı gözlenmiştir.

- ❖ Çalışma alanından alınan yağışlı ve kurak dönemlerdeki sediment numunelerindeki kirlilik ve düzeyinin belirlenmesi ve bu kirliliğe neden olan kaynakların zenginleşme faktörü (EF), kirlenme faktörü (CF) ve kirlilik yük indeksi (PLI), jeoakümülayon indeksi (I_{geo}), Ekolojik Risk Faktörü (E_r) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.
- ❖ Yağış ve kurak dönemlere ait zenginleşme faktörleri (EF); Cu için düşük, orta boyutta ve orta derece şiddetli zenginleşme; Cr içeriğine göre yağışlı dönemde düşük, orta boyutta ve orta derece şiddetli zenginleşme, kurak dönemde ise düşük, orta boyutta, orta derece şiddetli ve şiddetli zenginleşme; Zn içeriğine göre yağışlı dönemde düşük ve orta boyutta zenginleşme, kurak dönemde ise zenginleşme yok, düşük, orta boyutta ve orta derece şiddetli zenginleşme; Pb içeriğine göre yağışlı dönemde düşük, orta boyutta ve orta derece şiddetli zenginleşme, kurak dönemde ise zenginleşme yok, düşük, orta boyutta, orta derece şiddetli ve şiddetli zenginleşme; Ni içeriğine göre yağışlı ve kurak dönemlerde orta boyutta, orta derece şiddetli, şiddetli ve çok şiddetli zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır.
- ❖ Referans noktası olan S1 noktası ile S20 çıkış noktası arasında sedimentlerdeki Bakır (Cu) içeriğine bağlı zenginleşmeler karşılaştırıldığında herhangi bir değişiklik olmadığı; Krom (Cr) içeriğine bağlı zenginleşmeler karşılaştırıldığında azaldığı; Çinko (Zn) içeriğine bağlı zenginleşmeler karşılaştırıldığında yağışlı dönemde değişmediğı, kurak dönemde azaldığı; Kurşun (Pb) içeriğine bağlı zenginleşmeler karşılaştırıldığında herhangi bir değişiklik olmadığı; Nikel (Ni) içeriğine bağlı zenginleşmeler karşılaştırıldığında yağışlı ve kurak dönemlerde azaldığı görülmüştür.
- ❖ Kirlenme Faktörü (CF) sınıflamasına göre; Bakır (Cu) içeriğine bakımından kurak ve yağışlı dönemlerde düşük, orta derecede kirlenme; Krom (Cr) içeriğine bakımından kurak ve yağışlı dönemlerde düşük, orta derecede, önemli boyutta ve yüksek derecede kirlenme; Çinko (Zn) içeriğine bakımından kurak ve yağışlı dönemlerde düşük, orta derecede kirlenme; Kurşun (Pb) içeriğine bakımından kurak ve yağışlı dönemlerde düşük, orta derece ve önemli boyutta kirlenme; Nikel (Ni) içeriğine bakımından kurak ve yağışlı dönemlerde düşük, orta derecede, önemli boyutta ve yüksek derecede kirlenme tespit edilmiştir. Kirlilik Yük İndeksi (PLI) bakımından değerlendirildiğinde tüm noktaların S6 noktası ve S20 kurak

dönem hariç kirlenmiş bölge olarak sınıflandırıldığı görülmüştür. S6 noktasında kirlenmemiş bölge olarak sınıflandırılmasının nedeni Yukarı Akçay birleşiminin bulunması ve bu çayın üzerinde herhangi bir faaliyet bulunmaması nedeniyle daha temiz olduğu düşünülmektedir.

- ❖ Eşen Çayı sedimentlerindeki ağır metallere (Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni) ait Jeoakümülyasyon İndeksi (I_{geo}) hesaplanmış olup tüm örnekleme noktalarında her dönemde (yağışlı ve kurak) kirlenmemiş ile orta derece kirli bölge tespit edilmiştir.
- ❖ Ekolojik Risk Faktörü (Er) Yağışlı ve kurak dönemlerde Cu, Cr, Zn ve Pb ağır metallerinde her örnekleme noktasında düşük ekolojik risk; Ni için ise yağışlı dönemde S1 (referans noktası) noktasında orta ekolojik risk ve S17 noktasında önemli ekolojik risk olarak belirlenmiştir. Ni ağır metali kurak dönemde de S17 noktasında yüksek ekolojik riske; S18 noktasında da orta ekolojik riske yükselmiştir.
- ❖ Cu, Cr, Zn, Pb ve Ni ağır metallerine bağlı hesaplanan Potansiyel Ekolojik Risk İndisi (PERI)'ne göre yağışlı-kurak dönemlerde S17 noktası hariç tüm noktalarda düşük ekolojik risk belirlenmiştir.
- ❖ S17 ve S18 noktalarındaki Nikel (Ni) metalindeki Potansiyel Risk Faktörü (Er) ve S17 noktasındaki Potansiyel Ekolojik Risk İndisinin (PERI) ani değişimi Eşen Çayı'nın Kmo simgeli ultrabazik kayalar içerisinden gelen Boynuz Dere birleşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.
- ❖ Eşen Çayı ait su ve sedimentteki ağır metal kirliliğine (Cu, Cr, Zn, Pb, Ni) tarımsal gübre ve ilaçlar, alabalık üretim tesisleri, kentsel kirlilik, kum-çakıl üretim tesisleri ve kısmen trafiğin neden olduğunu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- AFAD, 2012, Fethiye İlçesi afet tehlike analizi. URL Adres: <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/mugla-ili-fethiye-ilcesi-afet-tehlike-analizi.pdf> Erişim tarihi: 05.05.2024.
- Aksoy, R. ve Aksarı, S., 2008. Elmalı (Antalya, Batı Toroslar) kuzeyinde Likya napılarının jeolojisi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 23, 2, 45-59.
- Bagheri, H., Alinejad, S. ve Bastami, KD., 2011. Heavy Metals (Co, Cr, Cd, Ni, Ph and Zn) in sediment of Gorganrud River, Iran, Research Journal of Environmental Toxicology, 5, 2, 147-151.
- Barbieri, M., 2016. The Importance of Enrichment Factor (EF) and geoaccumulation index (Igeo) to evaluate the soil contamination, Journal of Geology & Geophysics, 5, 1, 1-4.
- Bozcu, M., Uyanık, O., Çakmak, O. ve Türker, E., 2007. Eşen I HES projesi alanının jeoteknik özellikleri, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11, 1, 75-83.
- Bozyiğit, R., 1997. Eşen Çayı Havza'sının jeomorfolojisi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bozyiğit, R., 2020. Seydikemer ilçesi (Muğla) topraklarının özellikleri ve kullanımı üzerine bir değerlendirme, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 18, 695-706.
- Bradl, H. B., 2005. Sources and origins of heavy metals, Elsevier, 6, 1-27.
- Cabrera-Vique, C., Mesías, M., ve Bouzas, P. R., 2011. Nickel levels in convenience and fast foods: In vitro study of the dialyzable fraction, Science of the total environment, 409, 8, 1584-1588.
- Chakraborty, S., Mukherjee, A. ve Das, T.K., 2013. Biochemical characterization of a lead-tolerant strain of aspergillus foetidus: an implication of bioremediation of lead from liquid media, International Biodeterioration & Biodegradation, 84, 134-142.
- Cihan, E., 2022. Akarsu kıyı sedimentlerinde metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ve ekolojik risk indekslerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Colin, H. J., 1962. Fethiye-Antalya-Kaş-Finike (Güneybatı Anadolu) bölgesinde yapılan jeolojik etüdler, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 59, 59, 19-59.
- Çavuşoğlu, M., Çam, N., Gençosmanoğlu, K., Tunç, R., ve Kurtoglu, T., 2013. Muğla-Fethiye Eşen Çayı ana kol ıslahı taşkın koruma ön inceleme raporu, Etüt Kod No: 460470, Bu-Se Ormancılık Müh. ve Dan. Hiz. İnş. Tur. Tic. Ltd. Şti.

- Darbaş, G. ve Gül, M., 2017. Dalaman-Ortaca-Göcek (Muğla-GB Türkiye) dolaylarının stratigrafisi, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20, 4, 60-73.
- Dişli, E., 2010. Muğla İli 1/25 000 ölçekli arazi kullanımına esas jeolojik etüt raporu, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 2010.
- Duman, F., 2005. Sapanca ve Abant Gölü su, sediment ve sucul bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Durmaz, A., 2019. Sığ göllerde ağır metal kirliliği ve kaynaklarının değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Epstein, E., 2005. Land aplication of sewage sludge and biosolids, CRC Press, Boca Raton, USA.
- Eraydın, E., 2015. Uzaktan algılama ve CBS yöntemleri kullanılarak akış eğri numaralarından Eşen çayı havzası için taşkınların belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eski, M. E., 2019. Kurşun ağır metali biyoremediyasyon potansiyeline sahip mikroorganizma izolasyonu ve adaptasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Güner, İ. ve Ertürk, M., 2011. Fethiye’de yaylalar ve yaylacılık, Doğu Coğrafya Dergisi, 10, 14, 141-178.
- Holdren, C., Harte, J., Schneider, R. ve Shirley, C., 1991. A guides to commonly encountered toxics”, In: Harte J, Holdren C, Schneider R, Shirley C, Toxics A to Z – a guide to everyday pollution hazards, University of California Press, Berkeley, USA.
- Kaçar, H., 2021. Meriç-Ergene nehir havzası sedimentlerinde ağır metal kirliliğinin tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kaya, E., 2019. Batman yöresindeki yüzeysel ve atık sularda ağır metal kirliliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
- Keshavarzi, B., Tazarvi, Z., Rajabzadeh, M. A. ve Najmeddin, A., 2015. Chemical speciation, human health risk assessment and pollution level of selected heavy metals in urban street dust of Shiraz, Iran, Atmospheric Environment, 119, 1-10.
- Kırat, G. ve Savcı, S., 2023. Ulutaş köyü (Erzurum) bölgesindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 10, 2, 223-233.

- Kurt, M. A., 2010, Deliçay ve Tarsus Çayı (Mersin) arasında kalan alandaki toprak profillerinin mineralojisi, toprak ve su kirliliğinin araştırılması, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approach, *Water Research*, 14, 8, 975-1001.
- Mason, B., 1966. Principles of geochemistry, 3rd ed., Wiley, New York, USA.
- Malvandi, H., 2017. Preliminary evaluation of heavy metal contamination in the Zarrin-Gol River sediments, Iran, *Marine Pollution Bulletin*, 117, 1-2, 547–553.
- Monzo Enguix, R., Colino, J. A., Roncak, P., Toth, K., Köken, E., Arıkan, O., Şenduran, C., Ünal, Ç. ve Şimşek, Ç., 2021. 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları İçin Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001) Batı Akdeniz Nehir Havzası Yönetim Planı.
- Nasernejad B., Zadeh, T.E., Pour, B.B., Bygi, M.E. ve Zamani, A., 2005. Comparison for biosorption modeling of heavy metals (Cr(III), Cu(II), Zn(II)) adsorption from wastewater by carrot residues, *Process Biochem*, 40, 3, 4, 1319–1322.
- Önder, S., 2012. Atıksular ile sulanan zirai alanlardaki ağır metal kirliliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özdal, İ., 2013. Eşen Çayı (Kemer-Fethiye) havzasındaki alabalık tesislerinin yapan sürdürülebilirliği için çevre, sosyal yaşam ve ekonomi üzerindeki etkilerinin parçaları ve buna yönelik yönetim modelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Özkul, C., 2019. Kütahya şehir merkezinde yer alan çocuk parklarındaki toprakların ağır metal kirliliğinin belirlenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 01, 226-240.
- Öztura, E., 2021. Trakya Bölgesi'ndeki seçilmiş göllerde antropojenik kaynaklı sediment kirliliğinin ekolojik riskler açısından araştırılması (Küçük Çekmece Gölü, Durusu/Terkos Gölü, Gala Gölü, Mert Gölü), Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Özyürek, F., 2016. Nevşehir'de farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) birikimi, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Philippon, A., 1915. Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien, Gotha: Petermanns Geographische Mitteilungen, 1-5, 162-180, Enfbach, Almanya.
- Palas, S., 2019. Aliğa Körfezi (İzmir) sedimanlarında ağır metal kirliliğinin tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Parmar, M. ve Thakur, L. S., 2013. Heavy metal Cu, Ni and Zn: toxicity, health hazards and their removal techniques by low cost adsorbents: a short overview, *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 3,3, 143-157.
- Seven, T., Can, B., Darende, B.N. ve Ocak, S., 2018. Hava ve toprakta ağır metal kirliliği, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 2, 91-103.
- Sakan, S. M., Dordevic, D. S., Manojlovic, D. D. ve Predrag, P. S., 2009. Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza River sediments, *Journal of Environmental Management*, 90, 11, 3382–3390.
- Song, Y. ve Müller G., 1999. Sediment-water interactions in anoxic freshwater sediments: Mobility of heavy metals and nutrients, Springer-Verlag, Berlin, Almanya.
- Soycan, H., 2009. Tavas Napı'nın Orta Jura Radyolarya faunasının biyostratigrafisi ve sistematigi, Tavas, Denizli, Güneybatı Anadolu, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahinoğlu, A., 2016. Pınarbaşı (Kayseri) yöresi kromit yataklarının mineralojik, petrografik ve genetik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Şenel, M., 1997. 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:2, Fethiye-L8 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şenel, M. 1997a. 1/250 000 Türkiye Jeoloji Haritaları Fethiye Paftası, MTA yayını: 2, 26 s.
- Şenel, M. 1997b. 1/100 000 Türkiye Jeoloji Haritaları Fethiye-L8 Paftası, MTA yayını: 2, 22 s.
- Şenel, M. 1997c. 1/100 000 Türkiye Jeoloji Haritaları Fethiye-M8 Paftası, MTA yayını: 4, 15 s.
- Şenol, A., 2023. Eşen Çayı Havzası'nda ekolojik arazi sınıflandırması ve haritalaması, Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Şimşek, H., 2015. Eşen çayı (Fethiye-Muğla) üzerinde faaliyet gösteren alabalık işletmelerinin çıkış sularının Eşen Çayına olan etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Tepe, Y. ve Boyd, C. E., 2002. Sediment quality in Arkansas bait minnow ponds, *Journal of the World Aquaculture Society*, 33, 3, 221-232.
- Tepe, Y. ve Boyd, C. E., 2003. A reassessment of nitrogen fertilization for sunfish ponds, *Journal of the World Aquaculture Society*, 34, 4, 505-511.

- Thuizat, R., Whitechurch, H., Montigny, R., & Juteau, T. (1981). K-Ar dating of some infra-ophiolitic metamorphic soles from the Eastern Mediterranean: new evidence for oceanic thrustings before obduction. *Earth and Planetary Science Letters*, 52, 2, 302-310.
- Türközü, D. ve Şanlıer, N., 2012. Gıdalardaki ağır metal kontaminasyonları: Güncel bakış, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26, 4, 73-80.
- T.C. Resmi Gazete, Su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. (26789), 13.02.2008, 3.
- Ustaoglu, F. ve Tepe, Y., 2018. Pazarsuyu Deresi (Giresun, Türkiye) sediment kalitesinin çok değişkenli istatistik yöntemlerle belirlenmesi, *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 3, 304-312.
- USEPA. 2001. Methods for Collection Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual: EPA 823-B-01-002; US. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., Amerika Birleşik Devletleri.
- Uysal, F., 2009. Eşen-Ören Kuvaterner tortullarının stratigrafisi ve sedimantolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Varol, M. ve Şen, B., 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey, *Catena*, 92, 1-10
- Wedepohl, K. H., 1995. The composition of the continental crust, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 7, 1217-1232.
- Weeks, M.E. ve Leichester, H.M., 1968. Discovery of the elements, 7th Ed., *Journal of The Chemical Education*, 896s. 230.
- Yorulmaz, B., 2006. Eşen Çayı (Kocaçay) su kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan incelenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yıldız, S., 2004. Konya ana tahliye kanalında ağır metal kirliliğinin ICP-AES tekniği ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- URL-1 <<https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/744>>, Erişim Tarihi: 26.04.2024.
- URL-2 <<https://www.google.com/maps/search/?api=1&query=36.7,29.4117>>, Erişim Tarihi: 26.04.2024.
- URL-3 <<https://www.tuik.gov.tr>>, Erişim Tarihi: 26.04.2024.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Hayri SERT

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji
Mühendisliği Bölümü, 2008-2012

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Özce İnşaat Ltd. Şti./ Jeoloji Mühendisi, 2013- 2014
2. Cember İnşaat Ltd. Şti./ Jeoloji Mühendisi, 2014-2015
3. Seydikemer Belediyesi/ Jeoloji Mühendisi, 15.07.2016- Halen

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER