

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**GÖYNÜK KANYONU YÜZEY SULARI VE DERE SEDİMANLARININ
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Junaid Fouad Kareem KAREEM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**GÖYNÜK KANYONU YÜZEY SULARI VE DERE SEDİMANLARININ
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Junaid Fouad Kareem KAREEM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖYNÜK KANYONU YÜZEY SULARI VE DERE SEDİMANLARININ
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Junaid Fouad Kareem KAREEM

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖYNÜK KANYONU YÜZEY SULARI VE DERE SEDİMANLARININ
FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Junaid Fouad Kareem KAREEM
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 22/07/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Yasemin LEVENTELİ (Danışman)
Prof.Dr. M. Gürhan YALÇIN
Prof.Dr. Aşen DAVRAZ
Prof.Dr. Mehmet ÖZÇELİK
Dr.Öğr.Üyesi Özgür AKTÜRK

ÖZET

GÖYNÜK KANYONU YÜZEY SULARI VE DERE SEDİMANLARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Junaid Fouad Kareem KAREEM

Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Temmuz 2024; 146 sayfa

Artan nüfus, tarım ve sanayii faaliyetleri nedeniyle temiz suya erişimin yanı sıra, mevcut suların korunması da önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu nedenle, tez çalışmasında Göynük Kanyonu (Antalya / Türkiye) yüzey suları ve dere sedimanlarının ayrıntılı hidrojeokimyasal ve fizikokimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Bunun için toplam 44 su ve sediman örneği alınmıştır. Suların ortalama sertlik seviyesi içilebilir sınırlar içindedir; pH açısından nötr ve hafif baziktir, "tatlı su" olarak sınıflandırılmıştır ve sulama amaçları için uygundur; aragonit, dolomit ve kalsit açısından aşırı doygunluğa sahiptir. Katyon konsantrasyonları şu sıralamayı göstermiştir: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$, anyonlar ise şu sıralamayı izlemiştir: $HCO_3^{-} > SO_4^{2-} > Cl^{-} > F^{-} > NO_3^{-}$. Tüm su numuneleri "Kaya Baskın" kategorisinde yer almaktadır. HPI ve HEI indeks sonuçlarına göre sağlığı tehdit eden bir anomali olmadığı düşünülmektedir. PoS indeksine göre, bazı örneklerde As, Pb ve Mn anomalileri gözlenmiştir. Ancak Igeo indeksine göre anomali durumu sadece Pb, Cr ve Sr için mevcuttur. Değerlerin tamamı MI ve WPI endekslerine göre sınırın oldukça altında olduğundan herhangi bir anormallik gözlenmemiştir. Egemen su tipleri $Ca-Mg-HCO_3$, $Mg-Ca-HCO_3$, $Ca-Mg-HCO_3-SO_4$ ve $Ca-Mg-HCO_3-Cl$ su fasiyesleri olarak belirlenmiştir. Sedimanların aktif ve pasif kıta kenarı ortamlarında çökelediği, iz element dağılımlarının karasal klastik malzemenin zenginliği tarafından; nadir toprak elementlerinin terrojenik malzemeler tarafından denetlendiği görülmüştür. Son olarak gereksiz su kullanımından ve çevreye zararlı olabilecek tarımsal uygulamalardan kaçınılması, Göynük Kanyon yüzey su kalitesinin sürekli olarak izlenmesi önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Ağır metaller, Göynük, Hidrojeokimya, Kirlilik indeksi, Nadir Toprak Elementler, Tektonik ortam, Yüzey suyu

JÜRİ: Doç.Dr. Yasemin LEVENTELİ

Prof.Dr. M. Gürhan YALÇIN

Prof.Dr. Aşen DAVRAZ

Prof.Dr. Mehmet ÖZÇELİK

Dr.Öğr.Üyesi Özgür AKTÜRK

ABSTRACT

DETERMINATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF GÖYNÜK CANYON SURFACE WATERS AND STREAM SEDIMENTS

Junaid Fouad Kareem KAREEM

PhD Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Yasemin LEVENTELİ

July 2024; 146 pages

Due to increasing population, agricultural and industrial activities, supply of clean water as well as protection of existing waters has become an important problem. Therefore, detailed hydrogeochemical and physicochemical characteristics of surface waters and stream sediments of Göynük Canyon (Antalya/Turkey) were evaluated in this thesis. For this purpose, a total of 44 water and sediment samples were taken. The average hardness level of the waters is within drinkable limits; neutral to slightly basic in terms of pH, classified as “fresh water” and suitable for irrigation purposes; supersaturated in aragonite, dolomite and calcite. The cation and anions concentrations showed the following order: cations, $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$; anions, $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{NO}_3^-$. All water samples are in the “Rock Dominated” category. According to HPI and HEI index results, it is considered that there is no health threatening anomaly. According to the PoS index, As, Pb and Mn anomalies were observed in some samples. However, according to the Igeo index, anomalies are present only for Pb, Cr and Sr. Since all values are well below the limit according to MI and WPI indices, no anomalies were observed. The dominant water types are Ca-Mg- HCO_3 , Mg-Ca- HCO_3 , Ca-Mg- HCO_3 - SO_4 and Ca-Mg- HCO_3 -Cl water facies. It was observed that sediments were deposited in active and passive continental margin environments, trace element distributions were controlled by the richness of terrestrial clastic material and rare earth elements were controlled by terrigenous materials. Finally, it is recommended to avoid unnecessary water use and agricultural practices that may be harmful to the environment and to continuously monitor Göynük Canyon surface water quality.

KEYWORDS: Goynuk, Heavy metals, Hydrogeochemistry, Pollution index, Rare Earth Elements, Surface water, Tectonic setting

COMMITTEE: Assoc.Prof.Dr. Yasemin LEVENTELİ

Prof.Dr. M. Gürhan YALÇIN

Prof.Dr. Aşen DAVRAZ

Prof.Dr. Mehmet ÖZÇELİK

Assist.Prof.Dr. Özgür AKTÜRK

ÖNSÖZ

Bu Çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Anabilim dalında “Doktora çalışması” olarak hazırlanmıştır.

Çalışma alanı Türkiye'nin güneybatısında bulunmaktadır. Çalışmada genel olarak, içme ve sulama suyu olarak kullanılan Göynük kanyonunun dere sularının, hidrojeokimyasal özellikleri ve su kalitesi incelenmiştir. Ayrıca, su ve sedimanların ağır metal içeriği belirlenmiş ve elde edilen verilere dayanarak bölgenin ağır metal anomalisinin kökeni ortaya konmuştur. Numuneler üzerinde kızdırma kaybı, elek analizi, XRF ve XRD analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları ve literatür çalışmaları dikkate alınarak ağır metal içeriği belirlenmiştir. Su ve sediman örneklerinde zenginleşme faktörü, jeo-birikim indeksi ve kirlenme faktörü gibi kirlilik indeksleri belirlenmiştir. Ayrıca, sediman örneklerinin ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin belirlenmesiyle elde edilen veriler tektonik ortam ve köken analizlerinde kullanılmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında ilgi ve yardımını gösteren, tecrübe ve deneyimlerinden faydalandığım başta danışman hocam sayın Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ'ye ve Prof. Dr. Gürhan YALÇIN'a, Prof.Dr. Ayşen DAVRAZ'a; laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Prof. Dr. Yusuf KAĞAN KADIOĞLU'na, Dr. Nyamsarı DANIEL GANYI'ye, Yük. Jeoloji Mühendisi Özge ÖZER ATAĞOĞLU'na ve saha çalışmalarında yardımcı olan arkadaşım Sercan SARIKAYA'ya çok teşekkür ediyorum.

Beni her zaman destekleyen ve destek olacaklarını bildiğim aileme ve eşime şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	3
1.2. Kapsam	4
2. KAYNAK TARAMASI	6
2.1. Jeolojik Çalışmalar.....	6
2.2. Hidrojeoloji ve Su Jeolojisine Yönelik Önceki Çalışmalar.....	8
2.3. Jeokimyasal ve Mineralojik Yönelik Önceki Çalışmalar.....	10
2.4. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	13
2.4.1. Beydağları Otoktonu.....	16
2.4.2. Çataltepe Napı.....	16
2.4.3. Alakırçay Napı.....	17
2.4.4. Tahtalıdağ Napı.....	17
2.4.5. Tekirova Ofiyolit Napı.....	17
2.4.6. Kuvaterner Çökeller.....	17
3. MATERYAL VE METOT.....	18
3.1. İnceleme Alanının Konumu.....	19
3.2. Arazi Çalışmaları.....	20
3.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	20
3.3.1. X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF).....	27
3.3.2. ICP.....	28
3.3.3. Örneklerin PEDXRF ile çoklu element analizi için hazırlanması.....	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Çalışma Alanının Hidrolojisi.....	32
4.1.1. Sıcaklık.....	32

4.1.2. Nemlilik.....	32
4.1.3. Yağış.....	32
4.1.4. Buharlaşma.....	33
4.2. Hidrojeokimya alışmaları.....	34
4.3. Su rneklerinin Genel Kimyasal ve Fiziksel zellikleri.....	38
4.3.1. Sertlik.....	38
4.3.2. Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (pH).....	40
4.3.3. Elektriksel İletkenlik (EC).....	40
4.3.4. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR).....	41
4.3.5. Sodyum İyon Yüzdesi (%Na).....	42
4.3.6. Doygunluk İndeksi.....	43
4.3.7. Permeabilite İndeksi (PI).....	44
4.3.8. Magnezyum Tehlikesi (MT).....	44
4.3.9. Toplam özünmüş Madde (TDS).....	44
4.3.10. Artıksal Sodyum Karbonat (RSC).....	45
4.3.11. Kelly Oranı (KR).....	46
4.4. Suların Kimyasal Sınıflandırılması.....	46
4.4.1. Schoeller Göre Suların Sınıflandırılması.....	46
4.4.2. Piper Diyagramı.....	47
4.4.3. Gibbs Diyagramı.....	47
4.4.4. Stiff Diyagramı.....	49
4.5. Su rneklerinin Kalite Değerlendirmeleri.....	50
4.5.1. Su Kalite İndeksi (WQI).....	51
4.6. Su rneklerinin Kullanım zellikleri.....	52
4.6.1. Suyun İçme Suyu Olarak Kullanılabilirliğı (Schoeller).....	52
4.6.2. Suyun Sulama Suyu Olarak Kullanılabilirliğı.....	52
4.6.3. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	53
4.6.4. Wilcox diyagramı.....	54
4.7. Su rneklerinin Kirlilik Araştırmaları.....	54
4.8. Ağır Metaller.....	56
4.8.1. Alüminyum (Al).....	56
4.8.2. Arsenik (As).....	56

4.8.3. Krom (Cr).....	57
4.8.4. Demir (Fe).....	57
4.8.5. Nikel (Ni).....	57
4.8.6. Çinko (Zn).....	58
4.8.7. Kurşun (Pb).....	58
4.8.8. Kadmiyum (Cd).....	58
4.9. Suda Azot Türevleri.....	59
4.10. Sediman Örneklerinin Elek Analiz Sonuçları.....	59
4.11. Petrografik İncelemeler.....	59
4.12. Sediman Örneklerin Jeokimyasal İncelemeleri.....	60
4.12.1. Ana Oksitler.....	63
4.12.2. İz Elementler.....	73
4.12.3. Nadir Toprak Element Jeokimyası.....	80
4.13. Ağır Metal Kirlilik Endeksleri.....	88
4.13.1. Ağır Metal Kirliliği İndeksi (HPI).....	89
4.13.2. Ağır Metal Değerlendirme İndeksi (HEI).....	91
4.13.3. Poseidon İndeksi (PoS).....	92
4.13.4. Kirlenme Faktörü (Cf).....	93
4.13.5. Zenginleşme Faktörü (Ef).....	95
4.13.6. Jeokimyasal İndeks (Igeo).....	97
4.13.7. Kontaminasyon Derecesi (Cd).....	99
4.13.8. Metal İndeksi.....	100
4.13.9. Su Kirlilik İndeksi.....	101
4.13.10. Kirlilik Yük İndeksi.....	102
4.14. Su Örneklerin İstatistiksel Analizi.....	103
4.14.1. Tanımlayıcı İstatistikler.....	103
4.14.2. Korelasyon Analizi.....	104
4.14.3. Regresyon Analizi.....	105
4.14.4. Kümeleme Analizi.....	105
5. SONUÇLAR.....	109
6. KAYNAKLAR.....	112
7. EKLER.....	129
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Göynük kanyonu yüzey suları ve dere sedimanlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/07/2024

Junaid Fouad Kareem KAREEM



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Al : Alüminyum

As : Arsenik

Ba : Baryum

Br : Bromür

Ca : Kalsiyum

CaCO₃: Kalsiyum Karbonat

CaO : Kalsiyum Oksit

Cd : Kadmiyum

Ce : Seryum

Cl : Klor

Co : Kobalt

CO₂ : Karbondioksit

Cr : Krom

Cu : Bakır

Dy : Disprosiyum

Er : Erbiyum

Eu : Yuropiyum

Fe : Demir

Ga : Galyum

Gd : Gadolinyum

HCO₃ : Bikarbonat

Hf : Hafniyum

Hg : Cıva

Ho : Holmiyum

K : Potasyum
La : Lantan
Lu : Lutesyum
Mn : Mangan
MgCO₃: Magnezyum Karbonat
Mg : Magnezyum
mPa : Mega paskal
Na : Sodyum
Nb : Niyobiyum
Nd : Neodmiyum
Ni : Nikel
NO₃ : Nitrat
O : Oksijen
P : Fosfor
Pb : Kurşun
Pr : Praseodmiyum
Ra : Radyum
S : Kükürt
Sc : Skandiyum
Se : Selenyum
Si : Silisyum
Sm : Samaryum
Sn : Kalay
SO₄ : Sülfat
Sr : Stronsiyum
Tb : Terbiyum

Te : Tellür
Th : Toryum
Ti : Titanyum
Tm : Tulyum
U : Uranyum
V : Vanadyum
Y : Yitriyum
Yb : İtterbiyum
Zn : Çinko
Zr : Zirkonyum

Kısaltmalar

ANOM: Anomaly
ANTE : Ağır Nadir Toprak Elementleri
ASAŞ : Arkeen sonrası Avustralya Şeyl Kompozit
ASC : Average shale composition
CA : Küme Analizi
Cd : Kontaminasyon derecesi
Cf : Kontaminasyon faktörü
DMİ : Devlet Meteoroloji İstasyonu
DSİ : Devlet Su İşleri
EC : Elektriksel İletkenlik
EF : Zenginleşme Faktörü
EPOT : Potansiyel Evapotranspirasyon
Etr : Gerçek Buharlaşma-Terleme
Etp : Potansiyel Buharlaşma-Terleme
Fr : Fransız Sertlik Derecesi

GK : Göynük kanyon

HNTE : Hafif Nadir Toprak Elementleri

HPI : Ağır Metal Kirlilik İndeksi

ICP-ES: Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer

ICP-MS: Inductively Coupled Plasma-Emission Spectrometry

ICP-OES: Atomik Emisyon Spektrometresi

Igeo : Jeobirikim İndeksi

KAŞK : Kuzey Amerika Şeyl Kompozit

KR : Kelly Ratio

mCd : Modifiye kontaminasyon derecesi

MTA : Maden Tetkik Arama

NASC : North American Shale Composite

NTE : Nadir Toprak Elementleri

ONTE : Orta Nadir Toprak Elementleri

PAAS : Post Archean Average Shale

Ph : Hidrojen İyon Konsantrasyon

PI : Geçirgenlik İndeksi

PLI : Kirlilik Yük İndeksi

PoS : Poseidon indeksi

PPM : Milyonda bir kısım

RSC : Kalıcı Sodyum Karbonat

SAR : Sodyum Absorbsiyon Oranı

SKKY : Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

T : Sıcaklık

TDS : Toplam Çözünmüş Katı Madde

TOK : Toplam organik karbon

TSE : Türkiye Standartları Enstitüsü

Vd. : ve diğerleri

WHO : Dünya Sağlık Örgütü

WQI : Su Kalite İndeksi

XRF : X-Işını Floresans Spektrometresi



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çalışma alanının jeolojik haritası	14
Şekil 2.2. Antalya napların stratigrafik dikme kesitleri	15
Şekil 2.3. Batı Toroslardaki Antalya Birliği Naplarının coğrafik dağılımı.....	16
Şekil 3.1. Göynük Kanyonuna ait görüntüler	18
Şekil 3.2. Çalışma alanının yerbulduru ve numune lokasyon haritası	25
Şekil 3.3. Örnekler oda koşullarında kurumaya terk edilmiştir	25
Şekil 3.4. Elek analiz için örneklerin hazırlaması.....	28
Şekil 3.5. Örneklerin kimyasal analiz için hazırlaması.....	26
Şekil 3.6. XRF Rigaku cihazı	26
Şekil 3.7. İnce kesitlerin mikroskop altında petrografik incelenmesi.....	27
Şekil 3.8. Element™ Series HR-ICP-MS cihazı	28
Şekil 4.1. İnceleme alanının aylık su fazlası-su açığı değişimleri	34
Şekil 4.2. Dairesel Hidrojeokimya haritası	36
Şekil 4.3. Suların pH değerlerine ve kullanım alanlarına göre sınıflandırılması.....	41
Şekil 4.4. Piper diyagramı.....	47
Şekil 4.5. Gibbs diyagramı	48
Şekil 4.6. Stiff diyagramı	49
Şekil 4.7. Göynük Dere sularının Schoeller İçilebilirlik diyagramı	53
Şekil 4.8. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	54
Şekil 4.9. Wilcox diyagramı	55
Şekil 4.10. İnce kesit petrografik incelemeler	61
Şekil 4.11. Göynük kanyonu ait sediman örneklerinin iki değişkenli grafikleri	67
Şekil 4.12. Sediman örneklerde ana oksitler arasında gözlenen korelasyon ilişkileri	68
Şekil 4.13. Karbonat örnekleri için provenans ayırım diyagramı	68
Şekil 4.14. Örneklerin ASAŞ ile normalize edilmiş ana oksit desenleri	71

Şekil 4.15. Sediman örnekleri için tektonik ayırım diyagramı	72
Şekil 4.16. TiO_2 'ye karşı (Fe_2O_3+MgO) diyagramlarının iki değişkenli grafiği	72
Şekil 4.17. Örneklerin ASAŞ-normalize iz element paternleri	73
Şekil 4.18. Örneklerin Th-Sc-Zr/10 ve Th-Co-Zr/10 tektonik ayırım diyagramları.....	76
Şekil 4.19. örnek gruplarının Th/Sc'ye karşı Zr/Sc diyagramı üzerindeki grafiği	77
Şekil 4.20. Örneklerin Th-La-Sc tektonik ayırım diyagramları	77
Şekil 4.21. La/Th'ye karşı Th/Yb grafiği	78
Şekil 4.22. Örneklerin ΣNTE ve oksitler arasında izlenen korelasyon ilişkileri	81
Şekil 4.23. Örneklerin ASAŞ-normalleştirilmiş NTE desenleri.....	84
Şekil 4.24. Örneklerin KAŞK-normalize edilmiş NTE desenleri.....	84
Şekil 4.25. Örneklerin iki değişkenli korelasyon ilişkileri	86
Şekil 4.26. Nd konsantrasyonlarına karşı Ce anomalisi diyagramı	87
Şekil 4.27. Göynük kanyonuna ait örnek gruplarının Hf-La/Th diyagramları	88
Şekil 4.28. Dağılım diyagramları: a. Sr-Na, b. Na-Ni	105
Şekil 4.29. Hiyerarşik kümeleme analizi	107

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Su ve sediman numunelerinin alındığı yerlerin koordinatları.....	19
Çizelge 3.2. Derlenen örneklerinin lokasyon bilgileri.	21
Çizelge 3.3. Standart kayalardaki sertifikalı elementlerin konsantrasyonu.....	30
Çizelge 4.1. Katyon ve anyonların analiz sonuçları	34
Çizelge 4.2. Klorür içeriğine göre su tipleri	37
Çizelge 4.3. Su örneklerinin genel kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	39
Çizelge 4.4. Suların sertliklerine göre sınıflandırılması	40
Çizelge 4.5. pH değerlerine göre suların sınıflandırılması	40
Çizelge 4.6. Suların toplam tuz içeriği ve EC göre sınıflandırılması	42
Çizelge 4.7. SAR değerlerine göre sodyum tehlike sınıflandırması.....	42
Çizelge 4.8. Doygunluk İndeksi değerleri	43
Çizelge 4.9. PI değerlerine göre su sınıfları.....	44
Çizelge 4.10. Suların TDS değerine göre sınıflandırılması	45
Çizelge 4.11. Sulama suyunun kalıntı sodyum karbonata göre sınıflandırılması.....	45
Çizelge 4.12. Schoeller (1955) klorür, sülfat ve karbonat-bikarbonat sınıflandırması...	46
Çizelge 4.13. Yüzey sularının ağır metal ve azot türevlerinin analiz sonuçları	50
Çizelge 4.14. Su kalitesi indeksi sınıflandırması	52
Çizelge 4.15. Elek analiz sonuçları.....	60
Çizelge 4.16. Sediman örneklerinin bileşimi, taşınma özellikleri ve kaynak kaya adı. .	62
Çizelge 4.17. Örneklerin ana oksit ve (LOI) içerikleri ile kırıntılı ve karbonat oranları	64
Çizelge 4.18. Numunelerin temel oksit miktarları aralarında korelasyon bağıntıları.....	66
Çizelge 4.19. Sediman örneklerinin majör ve eser element oranları.	69
Çizelge 4.20. Göynük kanyonundan alınan örneklerin eser element konsantrasyonları	74
Çizelge 4.21. Eser ve nadir toprak element değerleri arasındaki korelasyon bağıntıları	75
Çizelge 4.22. Ana ve iz element içerikleri arasında gözlenen korelasyon ilişkileri.	75

Çizelge 4.23. Felsik ve mafik kayalar için element oranları aralığı.....	78
Çizelge 4.24. Element oranlarının değerleri	79
Çizelge 4.25. Örneklerin nadir toprak element konsantrasyonları	82
Çizelge 4.26. Her bir Su Örneği için HPI değerleri.....	90
Çizelge 4.27. Her bir element için HPI değeri.....	91
Çizelge 4.28. Su örneklerinin HEI değerlendirme indeksi	92
Çizelge 4.29. PoS kalite bozulma derecelerine dayalı PoS İndeksi	93
Çizelge 4.30. PoS indeks değerine göre numunelerin sınıflandırılması	94
Çizelge 4.31. Kirlenme faktörü (KF) sınıflandırması.....	95
Çizelge 4.32. Çalışma alanındaki su örneklerinin kirlilik faktörü (KF) değerleri	95
Çizelge 4.33. Çalışma alanındaki sediman örneklerinin kirlilik faktörü (KF) değerleri	95
Çizelge 4.34. Zenginleştirme Faktörü (EF) sınıflandırması.	96
Çizelge 4.35. Su örneklerinin Zenginleşme Faktörü (EF) değerlendirmesi	97
Çizelge 4.36. Sediman örneklerinde Zenginleşme Faktörü (EF) değerlendirmesi.....	97
Çizelge 4.37. Jeokimyasal İndeks (Igeo) sınıflandırması	98
Çizelge 4.38. Su örneklerinde Jeokimyasal İndeks (Igeo) sınıflandırması.....	98
Çizelge 4.39. Sediman örneklerinde Jeokimyasal İndeks (Igeo) sınıflandırması.....	99
Çizelge 4.40. Kontaminasyon derecesine göre su kalitesi sınıflandırması.....	99
Çizelge 4.41. Su örneklerinin kontaminasyon derecesine (Cd) göre sınıflandırılması.	100
Çizelge 4.42. Sediman örneklerinin kontaminasyon derecesine göre sınıflandırılması.....	100
Çizelge 4.43. Su örneklerinin metal indeksi (MI) sınıflandırması.....	101
Çizelge 4.44. Su kirliliği indeks değerine göre su sınıflandırma sistemi.....	102
Çizelge 4.45. Kirlilik yük indeksi sınıflandırması.....	103
Çizelge 4.46. Su örneklerinin element analizi sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri....	104
Çizelge 4.47. Su örneklerinin kimyasal analiz veri Pearson korelasyon sonuçları.....	106
Çizelge 4.48. Ana iyonların korelasyon analizi.....	108

1. GİRİŞ

Günümüzde erişilebilir su kaynaklarının önemli bir kısmı kontamine olmuş veya kirlenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Yüzeysel sulara yapılan izleme çalışmaları, su kalitesinin giderek bozulduğunu ve birçoğunun kullanılamaz hale geldiğini göstermektedir (Erkakan ve Özeren, 2001; Şener vd., 2012; Şener ve Güneş, 2015). Temiz su hayatımızın başlıca ihtiyaçlarından biridir. İnsanın toplumsal ve iktisadi kalkınması önemli oranda saf ve yetkin su kaynaklarına sahip olmalarına dayanır. Halbuki bugün insan etkinlikleri ve tabii prosesler sebebiyle su kaynaklarımız daimî bir risk altındadır. Giderek artan nüfus, tarım ve sanayileşmenin sonucu, küresel ölçekte çevreye oldukça yüksek oranda zararlı kirletici madde karışmaktadır (Moldovan vd., 2022). Kentleşme, nüfus artışı, tarımsal faaliyetler, artan yaşam standartları, evsel ve endüstriyel atıklar vb. mevcut su kaynaklarını kullanılamaz hale getirmektedir. Yeryüzündeki toplam su hacmi 1,4 milyar km^3 'tür. Bu suyun %97,5'i okyanus ve denizlerdeki tuzlu sular iken, %2,5'i nehir ve göllerdeki tatlı sulardır. Tatlı su kaynaklarının neredeyse %90'ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır, hal böyle iken insanların yararlanabileceği tatlı su kaynakları oldukça kısıtlıdır. Devlet Su İşleri tarafından belirlenen istatistiklere göre, Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 643 mm olup, bu da yılda ortalama 501 milyar m^3 suya eşdeğerdir. Bunların 274 milyar m^3 'ü su ve toprak yüzeylerinden ve bitkilerden buharlaşma (terleme) yoluyla atmosfere yeniden dönmekte, 186 milyar m^3 'ü nehirler aracılığıyla göllere ve denizlere dökülmekte ve 41 milyar m^3 'ü ise doğrudan yeraltı sularına karışmaktadır. Nüfusun giderek artması ve suyun farklı amaçlar için tüketilmesi nedeniyle, tatlı su kaynaklarına olan gereksinim gittikçe artmaktadır. Artan su talebini sağlamak için ilave su kaynakları bulmak ve kullanmanın yanında, hâlihazırdaki su rezervlerinin de iklim değişikliği ve kirlilik tehlikesine karşı mutlaka muhafaza edilmesi gerekmektedir. Yüzeysel ve yeraltı sularının jeokimyasal özellikleri atmosferik girdi, kayaların ayrışması, antropojenik faaliyetler ve biyojeokimyasal süreçlerden etkilenmektedir (Pincetti-Zúniga vd., 2020). Kirleticilerin çevrede birikmesi, zamanla ekolojik dengenin bozulmasına yol açabilir. Sulardaki ağır metal kirliliğinin kaynağı doğal ve/veya antropojenik olabilir (Stoica ve Baiulescu, 2008; Zarazua vd., 2006; Mehrabi vd., 2015; Sobhanardakani, 2016; Leventeli vd., 2019;). Çevrede ağır metal birikiminin nedeni ne olursa olsun, bu toksik elementler, sediman organik maddesi, karbonatlar ve demir (Fe) - mangan (Mn) oksitlerle birlikte kararlı kompleksler geliştirme potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla, ağır metaller toprakta, kıyı sedimanlarında ve sulara kararlı ve kalıcı çevresel kirleticiler olarak bilinmektedir (Duzzin vd., 1988; Rajendran vd., 1992; Yalçın vd., 2016; Agudelo-Castañeda vd., 2017; de Vallejuelo vd., 2017; Dutta vd., 2017; Gredilla vd., 2017; Yalcin vd., 2019). Su içinde çözünebilen maddelerin kökeni hidrokiya analizi ile ortaya çıkarılabilir. Örneğin, yüksek Ca^{+2} , Mg^{+2} ve HCO_3 konsantrasyonları çoğunlukla karbonat ayrışmasından, yüksek SO_4^{-2} ve Cl^- genellikle evaporit çözünmesinden, yüksek Na^+ ve K^+ konsantrasyonları genellikle evaporit çözünmesinden ve/veya silikat ayrışmasından ve yüksek NO_3 ise çoğunlukla antropojenik girdilerden kaynaklanmaktadır (Xiao vd., 2016; Yan vd., 2020). Sedimanların kalitesi, akuatik ortamdaki su özelliklerini etkiler. Su ortamının ağır metallerle kirlenmesi, sedimantteki dayanıklılık, toksisite ve insan sağlığını ve ekosistemleri etkileyebilen organik kümülasyonu nedeniyle artan bir ilgi görmüştür (Davutluoglu vd., 2011). Doğal sulara metallerin davranışı, su kimyası ve sediman bileşimi tarafından kontrol edilmektedir (Mohiuddin vd., 2012). Jeolojik ayrışma, toprak erozyonu, havadaki toz, atmosferik taşıma-çökme ve gübre sızıntısı,

kanalizasyon deşarjı, endüstriyel atık su ve kentsel inşaat gibi antropojenik faaliyetler, ağır metallerin yüzey sularına sızmasına yardımcı olan faktörlerdir (Kankılıç vd., 2013). Ayrıca, hidrolojik döngü, fiziksel-kimyasal işlemler ve karmaşık zaman-mekân değişimi, ağır metallerin sedimanlardan suya sızmasına yardımcı olur (de Andrade Passos vd., 2010; Gao vd., 2010). Bu tezin temel amaçlarından biri, fraksiyonlama yöntemleri ve kirlilik göstergeleri vasıtasıyla sudaki ağır metal seviyelerini hesaplayarak su kalitesi durumlarını belirlemektir. Ayrıca bu tez çalışması, çevre yönetimi ve sürdürülebilirlik için fizikokimyasal tekniklerin yanı sıra çok değişkenli istatistikler, hidro-kimyasal özellikler ve kirlilik indeksi kullanarak antropojenik ve doğal kayaçların Göynük kanyonunun su kaynakları üzerindeki potansiyel zararlı etkilerini araştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Su kaynaklarının kalitesini ve kimyasını belirleyen çeşitli faktörler vardır bunlar; litolojinin mineral bileşimleri, iklimsel ortam, insan faaliyetleri, topografya, hidrojeolojik ortam, iyonik değişimler ve ayrışmadan kaynaklanan ürünlerdir (Malik vd., 2010; Mostafa vd., 2017; Egbueri, 2018; Mgbenu ve Egbueri, 2019; Mughal vd., 2022). Suyun doğal bir kaynaktan kirlenmesi, hidrolojik döngü sırasında temas halinde oldukları çevredeki kayaçların bileşimindeki ana iyonlar ve iz elementler ile etkileşerek yüzey suyunun kimyasal ve fiziksel kompozisyonunda meydana gelen değişikliklerdir.

Ağır metaller, farklı çevresel kalite türlerini karakterize eden en yaygın kirleticilerdir. Ağır metaller, metale maruz kalan bireyde davranışsal, fizyolojik ve bilişsel etkiler gibi çeşitli olumsuz sağlık etkilerine neden olabilir. Fe, Cu, Zn ve Mn gibi metaller biyolojik sistemlerde önemli rol oynadıkları için temel metallerdir; As, Pb, Cd, Hg ve Sn ise eser miktarlarda bile toksiktir (Hosseini vd., 2013). Ağır metal kirliliğinin sonuçları insanlar için tehlikeli olabilir; bu nedenle potansiyel tehlike seviyelerini anlamak için sucul ortamlardan elde edilen gıdalardaki kimyasal kirleticilerin içeriğini belirlemek önemlidir (Sobhanardakani, 2017). Ayrıca, insan kaynaklı antropojenik faktörler ile de yüzeysel sular kirlenerek kaliteleri düşmektedir, örneğin; endüstriyel atıklar arıtılmadan nehirlerle deşarj edilerek veya bu atıklar toprağa gömülerek yağmur sularıyla yüzey sularına karışmaktadır, enerji santralleri, çelik, tarımda (zirai ilaçlar ve gübreler), kağıt vb., büyük sanayi kuruluşları tarafından çevreye bırakılan zararlı maddeler hava yoluyla toprağa ve buradan da yüzey sularına karışmaktadır (Perumal vd., 2021). Ağır metal kirleticiler kolaylıkla yüzey sularında birikebilir. Öte yandan, iz elementler antropojenik faktörler yoluyla suları kirlitebilir (Aouatia vd., 2020). Ağır metallerin çoğu kanserojen özelliğe sahiptir, ayrıca sinir ve bağışıklık sistemleri için zararlıdır ve besin zinciri yoluyla yoğunlaşarak canlı vücudunda kolayca birikebilir. ABD Çevre Koruma Ajansı, 6 ağır metali öncelikli kirleticiler olarak listeledi bunlar: bakır (Cu), krom (Cr), kadmiyum (Cd), çinko (Zn), kurşun (Pb) ve cıva (Hg). Küresel olarak, ağır metaller insan sağlığı ve ekosistem için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Tan vd., 2021).

Nadir toprak elementler (NTE), jeokimyasal süreçlerin göstergesi olarak kullanılan bir lantanit grubudur (McLennan vd., 1980; Balaram, 2019). Yer kabuğunun ve mantonun kimyasal evrimi (Cai vd., 2022), tektonik evrim (Chen vd., 2020), yüzeysel ayrışma (Hannigan vd., 2010; Qiao vd., 2020) ve farklı çevresel sistemlerde malzeme kökeninin belirlenmesi (Delgado vd., 2012), bu jeokimyasal süreçlere örnek olarak verilebilir. Aslında toprak, tortu ve sudaki yüksek NTE içeriği insan ve hayvan sağlığına tehlikeli olduğu kanıtlanmıştır (Adeel vd., 2019; Cai vd., 2022). Göynük kanyonu kıyısındaki sedimanlarda, (NTE) konsantrasyonu ve dağılımını değerlendiren hiçbir kapsamlı

çalışma bulunmamaktadır. Bu durum, bölgedeki çevresel değişimin değerlendirilmesini sınırlandırmıştır.

Bu tez çalışmasında, Göynük kanyonundan toplanan yüzey sedimanlarının NTE, ana ve iz elementlerin konsantrasyonları belirlenmiştir. Yüzey çökeltilerindeki nadir toprak elementlerinin dağılımı daha önce hiç rapor edilmediği için, bu veriler gelecekteki araştırmalar için bir temel olarak kullanılabilecektir. Bu tezde nadir toprak element içerikleri bu amaçlar için kullanılmıştır: (i) NTE'nin yüzey sedimanlarındaki dağılımını belirlemek; (ii) NTE'nin zenginleşme faktörü (EF) değerini hesaplamak; (iii) NTE'nin zenginleşmesinin insan faaliyetleriyle ilişkili olup olmadığını belirlemek ve (iv) yüzey sedimanlarındaki potansiyel NTE kaynaklarını tespit etmek. Doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışmada Göynük Kanyonu dere sularının kapsamlı hidrojeokimyasal ve kimyasal çalışmaları yapılarak bu suların sürdürülebilir kullanımı, korunması ve özelliklerinin belirlenmesi için gerekli veriler elde edilmiştir. Bu tezin amaçlarından biride, dere sedimanlarındaki NTE dağılımını belirleyerek Göynük kanyonunun çevresel yönetimi için bilimsel bir temel sağlamaktır. Ayrıca, bu tezden elde edilen sonuçlar, dünyanın diğer bölgelerindeki kıtasal sahanlığı ortamlarında NTE'nin dağılımı, kaynakları ve ilişkili risklerinin anlaşılmasına katkıda bulunabilir.

1.1. Amaç

Günümüzde neredeyse dünya popülasyonunun yaklaşık beşte biri (yaklaşık 1,2 milyar insan) su kıtlığı yaşayan bölgelerde hayatlarını sürdürmektedir. Önümüzdeki 2025 yılında bu oranın üçte ikiye yükselmesi öngörülmektedir. Ayrıca, 1,6 milyar insan uygun altyapı ve finansal kaynak eksikliği nedeniyle su kıtlığı yaşamaktadır. Düşününün aksine Türkiye su açısından zengin bir ülke sayılmaz. Ülkedeki kişi başı 1.519 m³ su miktarı ile Türkiye bugün "su kıtlığı yaşayan" bir ülke olarak değerlendirilmektedir (WB, 2013). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2030 yılında Türkiye nüfusunun 100 milyona erişeceğini tahmin etmektedir. Söz konusu durumda kişi başı su miktarının 1.120 m³/yıl olacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla, Türkiye artan nüfusu, büyüyen ekonomisi ve gelişen kentleriyle "su yoksulu" durumuna düşme tehlikesi ile karşı karşıyadır (DSİ, 2012). Yüzey sularının hidrojeolojik, hidrolojik ve hidrojeokimyasal açıdan değerlendirilmesi, bu suların korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için önemlidir.

Göynük Kanyonu'ndaki su kaynaklarının güncel durumu ve sürdürülebilir tüketimi büyük önem arz etmektedir. Turizm sektörü açısından son derece önemli bir konuma sahip olan Göynük yüzey sularının ve sedimanlarının ağır metal anomalilerinin belirlenmesi ve gerekiyorsa iyileştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması gerek insan sağlığı gerekse Antalya ili ekonomisi açısından oldukça önemlidir. Yüzey suları çevresel dengenin sürdürülmesinde ve biyolojik tür çeşitliliğinin korunmasında oldukça önemlidir. Bununla birlikte yerel ve yeraltı sularına da ciddi katkılar sağlamaktadır.

Doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, Antalya ilinin yaklaşık 40 km güneybatısında bulunan Göynük Kanyonu yüzey suları ve sedimanlarının kapsamlı hidrolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve kimyasal açıdan incelenmesi amaçlanmıştır; bu suların sürdürülebilir kullanımı, korunması ve karakteristiklerinin ortaya konulması için gereken veriler elde edilmiştir. Söz konusu bu tez çalışması ile son yıllarda yaşanan yüksek nüfus gelişimine orantılı şekilde artan su talebine yönelik elverişli kaynakların

azlığı ve günden güne gelişmekte olan sanayi ve zirai alanlardaki aktivitelerden dolayı fazla su tüketimi ve çeşitli kirlenme parametreleri nedeniyle oluşan sorunlar neticesinde bu suların fizikokimyasal nitelikleri tespit edilmiş, su kaliteleri ve tüketim amaçları ortaya konmuştur. İçme ve sulama suyu olarak kullanılan Göynük kanyonunun yüzey suları, hidrojeokimyasal özellikleri ve su kalitesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu hedef doğrultusunda, suların yerinde ölçümleri ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca su ve sedimanların ağır metal içeriği belirlenmiş ve elde edilen verilere dayanarak bölgenin ağır metal anomalisinin kökeni ortaya konmuştur. Örnekler, sahadan düzenli bir şekilde alınarak çalışmanın tutarlılığı sağlanmıştır. Numuneler üzerinde kızdırma kaybı, elek analizi, XRF ve XRD analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları ve literatür çalışmaları dikkate alınarak ağır metal içeriği belirlenmiştir. Su ve sediman örneklerinde zenginleşme faktörü, jeo-birikim indeksi ve kirlenme faktörü gibi kirlilik indeksleri belirlenmiştir. Yapılan tüm analiz ve incelemeler sonucunda elde edilen verilerle Göynük Kanyonu hakkındaki düşünceler harita ve matematiksel ölçümlerle ilişkilendirilerek yorumlanmıştır. Ayrıca, sediman örneklerinin ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin belirlenmesiyle kazanılan veriler tektonik ortam ve köken analizlerinde kullanılmıştır. Bunun için Göynük Kanyonu'ndan toplanan 44 sediman numunesinin ana, iz ve NT element içeriği değerlendirilmiştir. Yüzey suyu ve sediman örneklerinin element içerikleri, bu elementler arasındaki istatistiksel ilişkiyi belirlemek, potansiyel toksik ağır metalleri tanımlamak ve potansiyel ekolojik risk değerlendirmesi yapmak için kullanılmıştır. Bu kapsamda, elde edilen verileri değerlendirmek ve analiz yapmak amacıyla çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

1.2. Kapsam

Antalya ve Akdeniz Bölgesi su potansiyeli bakımından Türkiye ortalaması üzerinde yer almaktadır. Antalya'da yıllık ortalama yağış miktarı 784,9 mm'dir. İl merkezi yıllık ortalama 1075,4 mm yağış ile Türkiye'nin en yağmurlu illeri arasında yer almaktadır. Antalya havzası 0,74 akış/yagış oranıyla Türkiye'deki bütün havzalar arasında birinci sırada yer almaktadır. Ancak Antalya ve çevresi çok yağışlı ve şiddetli yağış olan bir bölge iken, Akdeniz havzasına yağan yıllık yağış miktarı geçtiğimiz 25 yılda %20 oranında düşmüştür (Öktem ve Aksoy, 2014). Çalışma alanın, mutedil iklimi ve tabii güzellikleri sebebiyle her yıl milyonlarca turisti cezbetmektedir. Tarımsal ilaç ve gübrelerin bilinçsiz kullanımı ve çevreye atılması, hızlı nüfus artışı, turistik ve sanayi faaliyetler kullanımı içilebilir ve tüketilebilir su kalitesini azalmaktadır. Çalışma yeri seçilen Göynük kanyonu, Beydağları Sahil Milli Parkı içerisinde, Antalya ilinin Kemer ilçesine yaklaşık 10 km (5,5 mil) mesafede bulunmaktadır. Bölgedeki hidrojeolojik ve kimyasal araştırmalar daha önce ayrıntılı olarak incelenmemiştir. Dolayısıyla bu tez çalışması, bölgenin su kaynaklarının güncel statüsü ve sürdürülebilir şekilde kullanımı bakımından büyük önem taşımaktadır. Batı Toros Dağları farklı yaş ve litolojilerden oluşan birimler içermektedir. Bu birimler genellikle sertleşmiş kayalardan oluşmuş yeşil ve siyah renkli devasa yüzeyler formundadır. İstifin üst kısımlarında kalsit ile çevrili yastık bazaltları gözlenmiştir (Yalçın vd., 2015). Antalya birimleri çok sayıda derin deniz tortuları, ofiyolitler ve bazik denizaltı volkanitleri içerir (Özgül, 1976). Toros Dağları, hem stratigrafi hem de içerdikleri kaya türleri bakımından değişik havza şartlarını temsil eden kaya birimleri gruplarından oluşmaktadır. (Blumenthal, 1963; Brunn vd., 1971). Araştırmacılar, bu kaya birimi toplulukları için "birim" terimini kullanmıştır (Özgül, 1971). Kuşağa paralel olarak yüzlerce kilometre boyunca kesintisiz süregelen birimler

birbirlerine tektonik olarak bağlıdır ve genellikle birbirleri üstünde yüzlerce kilometre uzanan alloktan kaplamaları şeklindedir. Bu birimler farklı araştırmacılar tarafından, yüksek dağlar veya iyi bilinen yerleşim merkezleri dikkate alınarak (Bolkardağı, Geyik Dağı, Antalya, Aladağ, Bozkır ve Alanya Birliği) şeklinde isimlendirilmiştir. Batı Toroslar'ın en üst bölüm olan Bey Dağları'nı oluşturan Üst Kretase karbonatları (Brunn vd., 1971) ve Lrütésiyen biyoklastları (Pisoni, 1967), Geyikdağı Birliği'nin benzer yaştaki birimleri ile yanlış benzerlikler sergilemektedir.



2. KAYNAK TARAMASI

Bu kısımda, çalışma sahası ve çalışmanın konusu hakkında bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir, değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. İnceleme alanında ve çevresinde birçok jeolojik araştırmalar çeşitli amaçlar için gerçekleştirilmiştir. Ancak hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalar konusunda kayda değer herhangi bir çalışmaya ulaşamamıştır. İlgili araştırmalar aşağıda kronolojik sırayla verilmiştir.

2.1. Jeolojik Çalışmalar

Colin (1962), Teke Yarımadası'nın batı kesiminin jeolojisi üzerinde bir çalışma yapmıştır. Söz konusu çalışmada Üst Kretase-Tersiyer yaşlı Beydağları otoktonu üzerine Elmalı-Akdağ serisi olarak adlandırılan Mesozoyik yaşlı karbonat kayalarının KB'dan bindirmiş olduğunu ifade etmiştir.

Kalafatçioğlu (1973), inceleme alanındaki Permiyen-Mesozoyik yaşlı kireçtaşı istiflerinde yürüttüğü çalışmalarda farklı fasiyeslerin varlığını gözlemiştir. Söz konusu fasiyesler kayaların stratigrafi birimleri doğrultusunda analiz edilmiş ve içerdiği fosillerle ayrıntılı bir krono-stratigrafi ortaya konmuştur. Yapılan stratigrafik istiflemelerde fasiyesler yaşları ile birlikte incelenmiştir. Bölgedeki tektonik yapının faylar, bindirmeler, dengeler ve şaryajlar ile karakterize edildiğini belirterek, Schmidt diyagramları yardımıyla tabakaların yön ve eğim ölçümlerini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, Erken Kimmeriyen (Üst Jura-Kretase), Austrian (Kretase-Paleosen), Laramian (Paleosen) ve Valacian (Pleistosen) orojenik evreleri tanımlanmıştır.

Kalafatçioğlu (1973), Antalya Körfezi'nin güneybatısında detaylı incelemeler yapmıştır. Hornstein Serisi olarak belirlenen birimin Triyas yaşlı olduğunu belirten araştırmacı, birimi Triyas Uyumsuz Seri halinde tanımlamıştır. Ayrıca, bölgedeki birçok oluşumu tanımlamış ve bölgenin pek çok yerinde fay, denge, şaryaj, antiklinal ve senklinal ile tanımlandığını belirtmiştir.

Dumont (1976), Antalya Napları ile Isparta kıvrımları arasındaki bağlantıyı inceleyerek aralarındaki ilişkiyi ve geçirdikleri tektonik aşamaları kronolojik olarak açıklamıştır. Torosların Üst Kretase tektoniği tarafından oluşan yapısal düzenin ikiye ayrılmış olduğunu farz etmiştir.

Özgül (1976), Doğu ve Orta Toroslar'da yaptığı araştırmalarda, Batı Toroslar'da değişik basen şartlarını ortaya koyan birimlerin bulunduğunu ve Geyikdağ Birliği içinde değerlendirdiği Beydağları'nın otokton olup raf tipi karbonat ve klastik kayalardan oluştuğu ifade etmiştir. Toros Dağları'nın bazı genel jeolojik özellikleri konusunda bilgi vererek, Toros Dağları'nın Kambriyen-Tersiyer arasında çökelen kaya birimlerinden oluştuğunu vurguladı. Antalya ve Bozkır birimlerinin çoğunlukla engin deniz sedimanları, bazik denizaltı ve ofiyolitler volkaniklerini kapsadığı sonucuna varmıştır.

Poisson (1977), Menderes Dağları ile Aksu Deresi arasındaki bölgede Isparta'ya kadar esneyerek bölgede yürüttüğü bir çalışmada bölgede yer alan Formasyonların Susuzdağ ve Beydağları, Antalya Napları ve Likya Napları şeklinde üç kısma ayrıldığını belirtmiştir.

Günay vd. (1982), Beydağları'nın stratigrafisini ve oluşumunu inceleyerek bölgede üç temel birim tespit etmiştir. Bu birimler batıda Elmalı Birliği ve doğuda Antalya Birliği ve bu iki birim tarafından tektonik şekilde örtülen Beydağları Birliği'dir. Gömüce üyesi, Kıbrısdere üyesi ve Miyosen yaşlı Sinekçi Formasyonunun Çayboğazı üyesi bütün bu Formasyonları uyumsuz olarak örtmektedir. Dirgenler Formasyonu'nun Sidek üyesi üstte yerleşmektedir.

Robertson ve Woodcock (1980), Antalya Körfezi'nin batısında çalışmalar yaparak bölgeyi beş farklı zona bölmüştür: Kumluca Zonu, Gödene Zonu, Beydağları Zonu, Tekirova Zonu ve Kemer Zonu. Söz konusu yörenin kontinental marjinde oluşan fosil bir dönüşüm fay kuşağı olduğu; çoğunlukla ofiyolitten türeyen Üst Kretase-Alt Paleosen çakıltaşlarının düşey kayma fayları evresinde meydana geldiğini; Gödene Zonu olarak adlandırılan üniteadaki serpantinitle stresli ile açılmış boşlukların tabanından diyapirik gibi yükseldiğini; Tekirova Zonu'nu teşkil eden ultramafiklerin ise Geç Kretase'ye ait okyanusal shell parçaları olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Waldron (1982), "Antalya karmaşık yapısının Isparta yöresindeki kuzeydoğu uzantısının stratigrafisi ve sedimanter evrimi" başlıklı araştırmasında, Antalya napları içinde yer alan iki ayrı grubu detaylı bir şekilde değerlendirmiştir. Bu oluşumlar içerisinde pelajik kireçtaşları, radyolaritler, türbiditik kireçtaşları, mafik lavlar, türbiditik kumtaşları ve çamurtaşları yer almaktadır. Ancak Yuvalı grubu kısmen sığ denizel karbonatları içeren iki Formasyondan meydana gelmektedir. Ayrıca bölgede bu birimlere harzburgitler ve yaygın olarak dağılmış megabreşler ve melanj rastlanmaktadır. Çalışmada, Antalya kompleksinin kuzeydoğu uzantısının Mesozoyik yaşlı bir kıtasal marjinin karışık paleocoğrafyasını etkileyen bir bölgeyi oluşturduğu ve Tersiyer yaşlı deFormasyonun etkilerinin de görüldüğü kaydedilmiştir.

Şenel vd. (1986), yaptıkları bir araştırmada Teke Yarımadası'nın kuzeybatısında Likya Napları ile Beydağları otoktonu aralarında bulunan Gömbe Akdağı'nda Beydağları otoktonu, Akdağ ve ara zon şeklinde üç temel birimin olduğunu bahsetmişlerdir.

Yalçınkaya vd. (1986), tarafından yapılan araştırmada Batı Toros Dağları'nın jeolojik haritaları yapılarak yapısal özellikleri ortaya koyulmuştur. Antalya, Hoyran - Beyşehir ve Likya kapanlarının Menderes Masifi'nin ortak kaynaklı ofiyolitler olduklarını ifade edilmiştir. Allohton birimlerin otokton üniteler üstüne sıkışma ile oturduğunu ve sıkışmanın Beydağları'nın batısında yükselme, doğusunda ise alçalma ile tamamlandığını belirtmişlerdir. Yaşanan bu gerilme sonucunda çok sayıda graben ve horst formu gerçekleşmiştir ve bugüne dek kalan birçok gölün çöküntü yapısını oluşturmuşlardır.

Ersoy (1990), yaptığı bir araştırmada, Elmalı, Likya ve Teke Napları'nın tamamı ya da Batı Toros Çukuru'na taşınan tektonik birimlerine 'Batı Toros Napları' olarak isimlendirmiştir. Bu incelemede Beydağları Otoktonu üzerindeki allohton birimlerin kaynağını incelemiş ve jeolojik bir örüntü oluşturmayı hedeflemiştir. Söz konusu modelde, kuzey istikamasinde tethys bölgesi ve güneyde sırasıyla Menderes dağları, Beydağları Otoktonu, Batı Toros Oluğu ve Antalya Nap Zonu güneyde yer almaktadır. Sahadaki birikimler paraotokton, allohton ve otokton olarak sınıflandırılmaktadır. Batı Toros oluşunun doğusundan veya kuzeydoğusundan taşınan naplar Dutdere Grubu'dur ve Sekiçay Grubu üzerinde tektonik olarak yer almaktadır. Kuzey kökenli naplar bölgedeki ana kayaçlardır ve ofiyolitlerden meydana geldiklerini ifade etmişlerdir.

Şenel vd. (1992; 1996; 1998) Şenel (1997), Antalya'nın 1/250.000 ve Antalya L10-L11 paftalarının 1/100.000'lik jeoloji haritalarını çizmiştir. Antalya Napları'nın Kambriyen-Üst Kretase havza - plato ve uçurum koşullarında çökelmiş tortul üniteler ile Kretase yaşında okyanusal kabuk menşeli structurual veya tektonostratigrafik ünitelerden oluşmuş olduklarını vurgulamıştır.

Erbay (1998), yaptığı bir çalışmada, Kambriyen'den Kuvaterner'e dek açığa çıkan metamorfik, sedimanter ve magmatik kayalar ile Paleo-otokton ve Neo-otokton örtü kayalarını incelemiştir. Yapılan bu çalışmada, Gazipaşa Ovası başta olmak üzere Antalya ve Alanya Birliklerinin aralarındaki etkileşim detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Lütisiyen'den sonra Oligosen'de Alp Orojenezi'nin güney-kuzey yönünde sıkıştırması neticesi Alanya Birliği'nin Antalya Birliği ile kuzeye doğru ilerlediğini ve Geyik Dağı Birliği'nin üzerine çıktığını ifade etmiştir. Dolayısıyla, o zamanlarda Antalya ve Alanya Birimlerinde kuzeybatı - güneydoğu yönünde karşılıklı faylar ve doğrultu atımlı fayların gelişmiş olduğunu belirtmiştir.

Bağcı ve Parlak (2009), tarafından yapılan çalışmada, Antalya kompleksinin Tekirova ve Gödene ofiyolitleri üzerinde çalışılmış ve Tekirova (Antalya) ofiyoliti üzerinde okyanusal kabuk kayalarını içeren üç ana ana magma türü bulunduğu ve Tekirova ofiyolitinin ön ada yayı tektonik çevresinde geliştiği ortaya konulmuştur.

Çelik (2009), Mesozoyik - Senozoyik ömürlü Bey Dağları plato karbonatlarını örten Alakırçay melanji üzerindeki volkanik kayaları incelemiştir. Söz konusu kayaların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin, Toros karbonat platformunu örten okyanus litosferinden önceki tektono-magmatik olaylar hakkında önemli ipuçları sağladığını belirtti. Bu kayaların jeokimyasal açıdan okyanus adası bazaltları veya plaka içi alkali bazaltlar olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca Alakırçay melanjında yukarıda görünen volkanik kayaları okyanus içi dalma-batma işlemlerinden ortaya çıkan ofiyolitlerle ilişkili bazı metamorfik kayalarla karşılaştırmış ve benzer jeokimyasal özellikler taşıdıklarını belirlemiştir.

Bozkaya ve Yalçın (2009), Toros Kuşağı'nın güneybatısında yüzeyleyen Antalya Birliği istifinde yaptıkları bir çalışmada, Alakırçay Napı'ndaki Triyas yaşlı Karadere Formasyonu'nun ağırlıklı olarak spilitik bazalt, bazen de tüfler ve aglomeraden oluştuklarını ifade etmişlerdir. Bu metallerin kökeni esas olarak deniz suyu ve volkanik cam etkileşimiyle, oluşumlarının neoFormasyon ve dönüşümle ve evrimlerinin diyajenez aşırı az seviyelerde metamorfizma ile ilişkili olabileceği kanaatine ulaşmışlardır.

2.2. Hidrojeolojik çalışmalar

Leventeli (2011), tatlı su kaynaklarındaki ana problemlerin sebepleri nüfus büyümesi ve ayrıca yanlış su projeleri uygulamaları olmakla birlikte; geniş ölçekli mühendislik çalışmaları açısından yanlış yer seçimi ve/veya doğru olmayan su tüketiminin çevresel açıdan önemli sorunlara yol açtığını belirtmektedir.

Xiao vd. (2015), tarafından yapılan bir araştırmada, Çin'in kuzeybatısında aşırı kurak bölgede bulunan Bosten Gölü havzasındaki yüzey ve yeraltı sularındaki ana iyonların konsantrasyonları ölçülerek ana iyon kimyası, jeokimyasal süreç ve içme ve sulama amaçlı su kalitesinin kalitesi incelenmiştir. Birincil ve ikincil çözünmüş iyon kaynakları

karbonat ayrışması ve evaporit çözünmesi olup, antropojenik girdiler daha zayıf bir rol oynamışlardır. Zira araştırmacılara göre Bosten Gölü'nün sürdürülebilir kullanımı için tuzlu erozyondan kaynaklanan su deşarjının düşürülmesi ve göle tatlı su girişinin sağlanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Davraz vd. (2016), Eğirdir Gölü havzasında sürdürülebilir su kullanımı için yapılması gerekli önlemleri ve önerileri yaptıkları bir çalışma ile anlatmışlardır. Bu çalışmada gölün hidrolojik bilançosunun hesaplanmasında yaşanan en büyük engel, düzenli veri ölçümlerinin olmamasıydı. Araştırmacılara göre gölden çekilen su miktarının düşürülmesi, meteoroloji ve akıntı gözlem istasyonlarının sayısının çoğaltılması ve göl çevresindeki yerleşim bölgelerinde halkın bilinçlendirilmesi gölün sürdürülebilir kullanımı için oldukça önemlidir. Araştırma sonuçlarına göre gölü negatif yönde etkileyen 3 temel faktör belirlenmiştir. Şunlar göle evsel ve endüstriyel atık su taşıyan Pupa deresi ve Yalvaç çayı, Eğirdir ilçesi ve göle yakın diğer yerleşim yerleri ve yeraltı suyu akışı ile göle getirilen pestisitler.

Davraz ve Çakmak (2016), Yarışlı Gölü (Burdur) Sulak Alanının Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal İncelenmesi başlıklı çalışmada, Çalışma sahasında yüzeylenmekte olan jeolojik üniteler, fiziksel özelliklerine ve akifer olma olasılıklarına bağlı olarak hidrojeolojik bakımdan değerlendirilmiştir. Yeraltı suyunun bölgedeki genel akış yönü havzanın doğusuna, yani Yarışlı Gölü'ne doğru olduğu tespit edilmiştir. Havzadaki tarım ve hayvancılık faaliyetleri nedeniyle yeraltı sularında nitrat artışı tespit etmişlerdir. İki noktada, içme suyu için TSE ve WHO sınır limit değerleri geçilmiştir.

Leventeli ve Yalcın (2019), Alakır köprüsü ile Alakır barajı sınırları içerisindeki yüzeyin sularında ağır metal kirlenme indeksini hesaplamışlardır. Bu çalışmada, yükselen popülasyon ve zirai faaliyetlerin yarattığı etkileri belirlemek için ovayı kateden yüzey sularının ağır metal anomalileri incelenmiştir. Bu amaçla, Alakır Barajı ile Alakır Köprüsü arasındaki 48 nokta sistematik olarak örneklendirmiştir. Kimyasal değerlendirme sonuçlarından çıkan veriler ağır metal kirlilik indeks istatistiksel analizi ile değerlendirilmiştir. Söz konusu yapılan gruplandırmada barajın alt kısmında tarımsal faaliyetlerin etkili olduğunu düşünmüşlerdir.

Leventeli ve Yalcın (2021), Finike'deki Akçay Nehri'nin yüzey suyunun kimyasal ve ağır metal içeriklerinin çok değişkenli istatistiksel analizler ve kirlilik indeksleri kullanarak incelemişlerdir. En yüksek anomaliyi gösteren Sr, V ve Zn ile yüksek pozitif korelasyon, Ayrıca Fe ve Mn arasında yüksek pozitif korelasyona tespit edilmiştir. Önemli negatif korelasyon tespit edilmemiştir. Pozitif korelasyon gösteren ağır metaller birbirine benzer kökenlere sahip oldukları belirlemişlerdir.

Huyan vd. (2022), yaptıkları bir çalışmada, Çin'in Tibet Platosu'ndaki Yarlung Zangbo Nehri'nden gelen akarsu sedimanlarındaki ana, eser ve nadir toprak elementlerini (NTE), kaynaklarını, sediman olgunluğunu, ayrışma koşullarını ve tektonik ortamlarını araştırmak amacıyla incelemişlerdir. Nehir sedimanlarındaki en yüksek ana element (oksit) oranı SiO₂ (ortalama ağırlıkça %66.67) ile temsil edilirken, en düşük oran MnO (ortalama ağırlıkça %0.08) ile temsil edilmektedir. İz elementler için, Ba içeriği en yüksektir (ortalama 429 ppm) ve en düşük konsantrasyonlar Sc içindir (ortalama 10 ppm). Sonuç olarak bu çalışmada, Himalayalar'ın her iki yakasında gelişen tüm nehirlerin genel

tortu türleri, ayrışma koşulları ve tektoniği benzer bulunmuş olup litarenitlere ve düşük ila orta dereceli ayrışma koşullarına işaret etmektedir.

Ndjama vd. (2022), yaptıkları bir çalışmada, Kamerun'un güneybatısındaki tropikal bölge Mgoua havzasının yüzey suları (n = 30) ve sedimanları (n = 30) için 14 kararlı nadir toprak elementinin (NTE) konsantrasyonları ve dağılım spektrumları incelenmişlerdir. Bu çalışmanın temel amacı Afrikanın tropik bölgelerindeki Douala şehrinde bulunan Mgoua havzasındaki üç farklı ortamdan (nehirler, atık sular ve kuyular) sulardaki ve tortulardaki NTE konsantrasyonlarını belirlemektir. Sonuçlara göre, Bu kıyı bölgesinde, NTE konsantrasyonları genellikle düşüktür ve sedimanlarda ortalama PASS değerlerinin üzerinde olmasına rağmen, işletilebilirlik eşiklerine ulaşmasa da ekonomik açıdan ilgi çekememiştir. Farklı ortamlarda, NTE karşılaştırmaları, HNTE ve ANTE'de tükenme/zenginleşme ile birlikte kuyular < nehirler < atık sular sıralamasında sular ve tortular için zenginleşme göstermiştir.

Soroaga vd. (2022), Romanya'nın kuzeydoğusunda su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılan en önemli su kaynaklarından biri olan Podu Iloaiei Baraj Gölü'nden iki örnekleme aşamasında toplanan sediman örnekleri üzerinde kimyasal analizler yapmışlardır. İndüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi kullanılarak belirlenen 15 eser element, 8 refrakter element ve 15 nadir toprak elementinin (NTE) konsantrasyonu, büyük ölçüde örnekleme noktalarına ve toplama süresine bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. NTE, Ce dışında düşük değişkenlik göstermiştir. NTE'nin normalleştirilmiş dağılımları ve BSI tarafından değerlendirilen NTE (Sm, Eu, Gd, Tb ve Dy) zenginleşmesinin gözlemlenmesi, hem doğal hem de antropojenik kökenli olabilecek fosfatlar gibi ortak kaynaklara işaret etmiştir. Ce ve Mn gibi redoksa duyarlı elementlerin istatistiksel değerlendirmesi ve Ce anomalisi, temmuz ayına kıyasla Ekim ayında sulu ortamın daha yüksek bir oksitleyici potansiyeli olduğunu vurgulamıştır. Hem Temmuz hem de Ekim örnekleme seanslarında Kondritenormalize konsantrasyon için pozitif bir Gd anomalisi gözlenmiştir. Araştırmacılara göre, İncelenen Podu Iloaiei Gölü'nün ana su girdisi olan Bahlut Nehri'nin yakından izlenmesi ve hatta Bahlui hidrografik havzasındaki araştırmanın genişletilmesi, metal kirleticilerin ve mikrokirleticilerin evrimini tam olarak anlamak için gerekli olabileceğini vurgulamışlardır.

2.3. Jeokimyasal ve mineralojik çalışmalar

Ergin vd. (2007), Antalya ve Finike Körfezleri kıyılarından 22 plajdan topladıkları deniz sedimanı örneklerini tane boyutu, kimyasal ve ağır mineral içeriği açısından analiz etmişlerdir. Sonuçlara göre, Finike Körfezi plajları kum ve çakıl plajları kategorisinde değerlendirilmiştir. Ayrıca, Antalya'nın batı körfez plajları saf kum ve çakıl ile karışık kum ve çakıl plajları olarak sınıflandırılırken, Antalya'nın kuzey ve doğu körfezindeki plajların ise saf kum ile karışık kum ve çakıl plajları şeklinde sınıflandırılmıştır. Finike ve Antalya Körfezlerin kıyı çökellerinde en çok rastlanan ağır mineraller, opaklar (% 14-58; manyetit, kromit ve hematit), piroksen (% 8-65; ojit), amfibol (% 3-15; tremolit ve aktinolit), epidot (% 3-25); granat (% 2-9; pirop ve almandin) ve mikalar (% 3-20; biyotit, klorit ve muskovit) bulunmuştur. Sonuç olarak 22 sahilden her birinin tane boyutu

dağılımı, ağır mineral konsantrasyonu ve jeokimya açısından kendine özgü bir kökene sahip olduğunu önerilmiştir.

Bozkaya ve Yalcin (2010), Toros Kuşağı'nın allohton kaya birimlerinin başında gelen Antalya Ünitesi'nin Triyas döneminde Gondwana'nın kuzey kesiminin ayrılmasına ilişkin rift kalıntılarının varlığı ile ilişkisinin bölgesel tektonik bakımından kritik olduğunu belirtmişlerdir. Filosilikat grubundaki minerallerin oluşum şartlarını ve yaş dönemlerini analizler ve diyagramlar ile ortaya koymuşlardır.

Ballık ve Tunca (2015), günümüzde yaşanan inorganik kirliliğin ekosistem üzerindeki toksik etkilerini ve risk değerlerini birçok yöntemi bir araya getirerek daha doğru, hassas ve ayrıntılı bir şekilde ortaya koymak amacıyla bir araştırma yapmışlardır. Literatürde en sık tercih edilen metotları tek bir çatı altında toplayan bu çalışma, iki temel başlık halinde kategorize edilmiştir. Grup 1 yöntemin amacına göre, grup 2 ise yöntemin sonucuna göre sınıflandırılmıştır. Bu iki gruptan ilki, sedimandaki antropojenik kirlilik oranını gösteren, sedimandaki kirliliğin ekosistem üzerindeki etkisini inceleyen ve limit ölçüm değerlerini tespit edenler şeklinde üçe ayrılmaktadır. İkinci grup, metalleri bağımsız olarak analiz eden yöntemler ve her bir metalin ortak etkisini analiz eden yöntemler halinde sınıflandırılmıştır. Bu metotları uygulayarak metali inceleyecek bir araştırmacı için 1. grupta yer alan her sınıf için bir metot seçerek bu seçişi yaparken 2. grupta yer alan iki ayrı sınıfı temsil edebilecek şekilde seçilmiş yöntemlerin tespit edilmesi tavsiye edilmiştir.

Yalcın vd. (2015), Güneybatı Anadolu'da Antalya Birliği'nin bir üyesi olan Tekirova Ofiyolitik Napı'nı analiz etmiş ve içerisindeki mineralleri göz önünde tutarak ofiyolitik napın uğradığı değişimleri ortaya koymuşlardır. Farklı boyutlardaki tektonik kesitler şeklinde okyanusal kabuk bileşenleri ihtiva eden Tekirova ofiyolitik Napı'nın okyanusal kabuk gelişimi, yayılımı ve yayılım sonrası olarak birbirini takip eden üç prosesten meydana geldiğini ifade etmiştir. İlk pirometamorfizma aşamasında diyopsit, skapolit, epidot, tremolit ve granat gibi metamorfik mineraller oluşurken; ikinci aşamada ultramafik kayalar hidrotermal metamorfizma (alterasyon) ile serpantinleşir. Serpantin minerallerinin, ayrılan bazı iz ve toprak elementlerine dayanarak benzer oryantasyonlara ve ofiyolitik kökene sahip oldukları kanaatine ulaşmışlardır.

Yalcin vd. (2015), Alanya ve Silifke arasındaki kıyı sedimanterlerinin jeokimyasal ve mineralojik içeriklerini incelemişlerdir. Bölgedeki sedimanların mineralojik bileşimlerinin önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, Silifke ve Alanya bölgelerinin oldukça ayrıntılı bir jeolojik yapıya sahip olduğu görülmektedir. Örneklerin metamorfik kaya parçalarında yüksek konsantrasyonlarda iz metaller (piroksen, amfibol, kuvars ve feldispat) olduğu görülmüştür. Plaj kumlarındaki iz element konsantrasyonlarının, özellikle dağlık alanlarda yüzeye çıkan metamorfik kayaların ayrışmasıyla meydana gelen silikat minerallerinin çokluğuyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, kireçtaşı ve dolomitlerin tespit edildiği yerlerde plaj kumlarının iz element oranlarının düşük oldukları gözlenmiştir.

Tunca (2016), Beyşehir Gölü'nün farklı üç noktasında su ve sedimantteki metal konsantrasyonlarını tespit etmek ve sedimantte antropojenik etkiyle meydana gelen kirliliği incelemek için kapsamlı bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmada, sedimantlerdeki kirlilik durumuyla ilgili bilgi edinmek için kirlilik derecesi (Cd), zenginleşme faktörü

(EF), jeoakümülayon indeksi (Igeo) gibi birçok jeokimyasal yöntem kullanılmıştır. Sediman kirliliğinin belirlenmesinde birçok jeokimyasal metot uygulanmıştır. Yapılan metotların ortaya koyduğu sonuçlara göre, suda metal akümülayonunun 3. istasyonda çok yoğun olmasına rağmen; sedimandaki metal kirliliğinin 2. istasyonda diğer istasyonuna göre daha yüksek derecede kirlenmiş ve toksik olduğu belirlenmiştir.

Yalcin ve Unal (2018), Kumluca, Kemer ve Tekirova çevresindeki ofiyolitlerde doğal radyoaktivite seviyelerini ve buna bağlı radyasyon riskini araştırmış, anomali değerlerini ve insan sağlığı açısından olumsuz etkilerini tespit etmişlerdir. Yüksek radyasyon seviyelerinin belirlendiği bu bölgelerde yaşamakta olan kişilerin sağlık kontrolünden geçmeleri tavsiye edilmektedir.

Carrillo vd. (2021), Ekvador'un kuzey Amazon bölgesinde yaptıkları bir çalışmada, ekolojik ve sosyoekonomik değeri yüksek olan Limoncocha Biyolojik Rezervi'nin sediman ve topraklarındaki ağır metal kirlilik derecesini ölçerek ekolojik riski değerlendirmiş ve toksik elementlerin bölgesel istatistiksel bazda oluşturduğu riski belirlemişlerdir. Al bölgedeki elementlerle iyi korelasyon gösterdiği için bu çalışmada referans element olarak tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bölgede rastlanan sediman ve çökelti, ağırlıklı olarak evsel atık su ve tarımsal faaliyetlerden türeyen Cu ve Cd konsantrasyonları ve daha az oranda da petrol sondaj faaliyetlerinden kaynaklanan Mo, Ni, Co ve V konsantrasyonları nedeniyle "orta derecede kirlenme ve zenginleşme" sergilemiştir.

Ergen (2021), yaptığı bir çalışmada Meyil Obruk Gölü sedimantlerinde 8 metal ve 1 metalloid (As) oranlarını incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda, incelenen metal derişimlerinin limit seviyelerin aşağısında kaldığı tespit edilmiştir. İncelenen tüm metallerin kirlilik faktörü 1'in altında tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, araştırmacı tüm metallerin akümülayon seviyesinin düşük olduğunu belirlemiştir.

Afrika ülkelerinden biri olan Zambiya'da, bir kireç arıtma tesisinden çıkan çamur atıkları ve katı çökelti yakındaki su kaynaklarında bakır (Cu) ve kobalt (Co) kirliliğine neden olmuştur. Dolayısıyla, metallerin davranışını anlamak amacıyla, Phiri vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, ayırma, adsorpsiyon ve spesifik bağlanma modelleri, sıralı ekstraksiyon, kesikli adsorpsiyon deneyleri ve yüzey kompleksleşme modellemesi aracılığıyla araştırılmıştır. Mineral bileşim analizlerinin sonuçlarına göre, mika, kaolinit, kuvars ve feldispatın biyotit tanelerinin ayrışması sonucu oluşan hidro ferrik oksit çökelti bakımından zengin olduğu bulunmuştur.

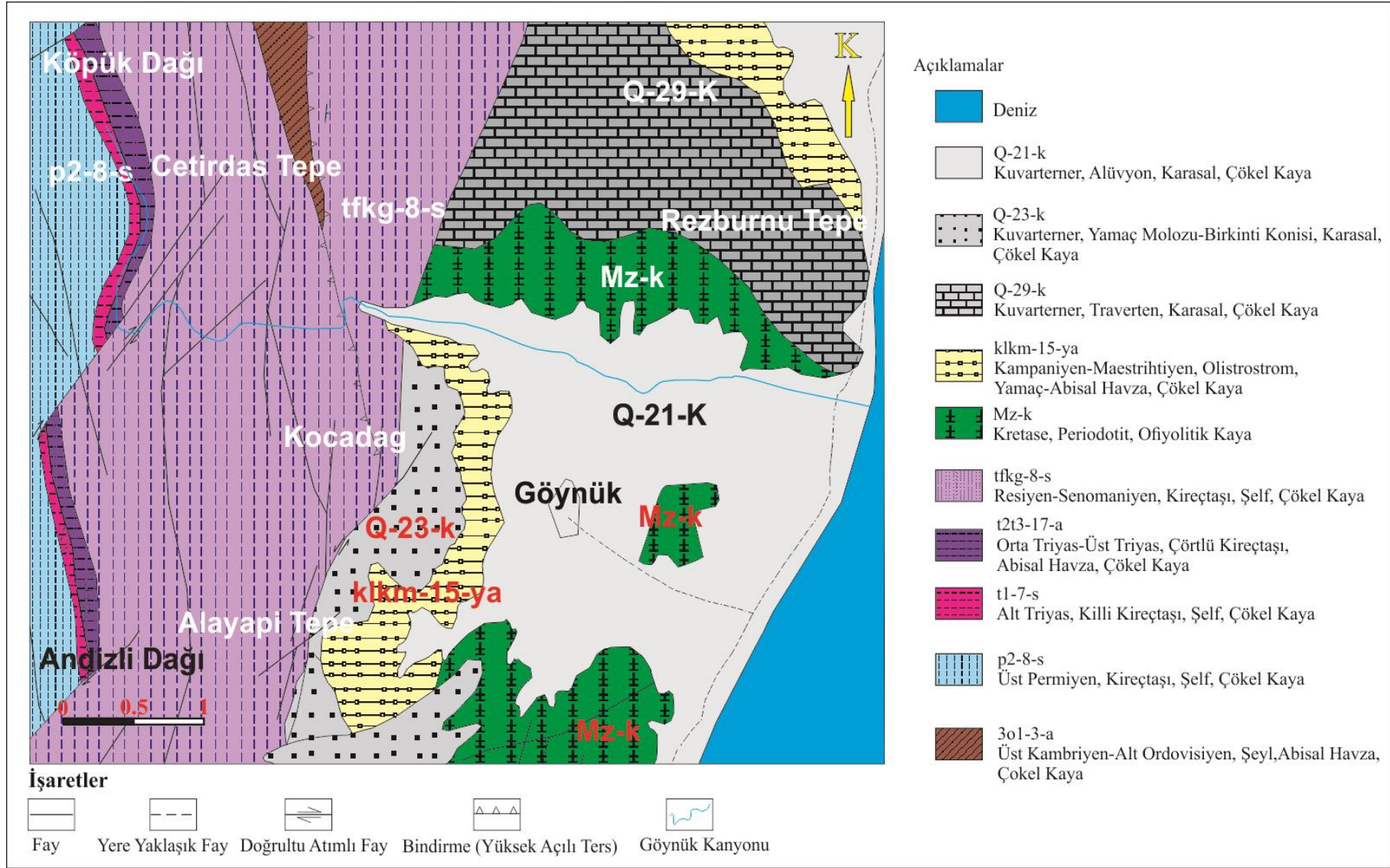
Piroozfar vd. (2021), İran'ın kuzeybatısındaki Sarough havzasının su durumunu belirlemek ve ana derelerindeki mekansal dağılım modelini ve ağır metal kaynaklarını incelemek için kirlilik endekslerini, çok değişkenli istatistiksel yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemi işleme bilgilerini kullanmışlardır. Bu kapsamda, ana nehir kıyısından 51 su örneği alınmış ve bu örneklerin ağır metal konsantrasyonları Element™ Series HR-ICP-MS ile ölçülmüştür.

Cai vd. (2022), yaptıkları bir çalışmada, Hainan Adası açıklarındaki kıta sahanlığından toplanan 152 yüzey sediman örneği için nadir toprak elementleri (NTE), ana elementler ve toplam organik karbon (TOk) içerikleri belirlenmiştir. Güneydeki HNTE'nin kuzeydekinden daha bol olduğu, güneydeki HNTE/ANTE değerlerinin kuzeydekenden

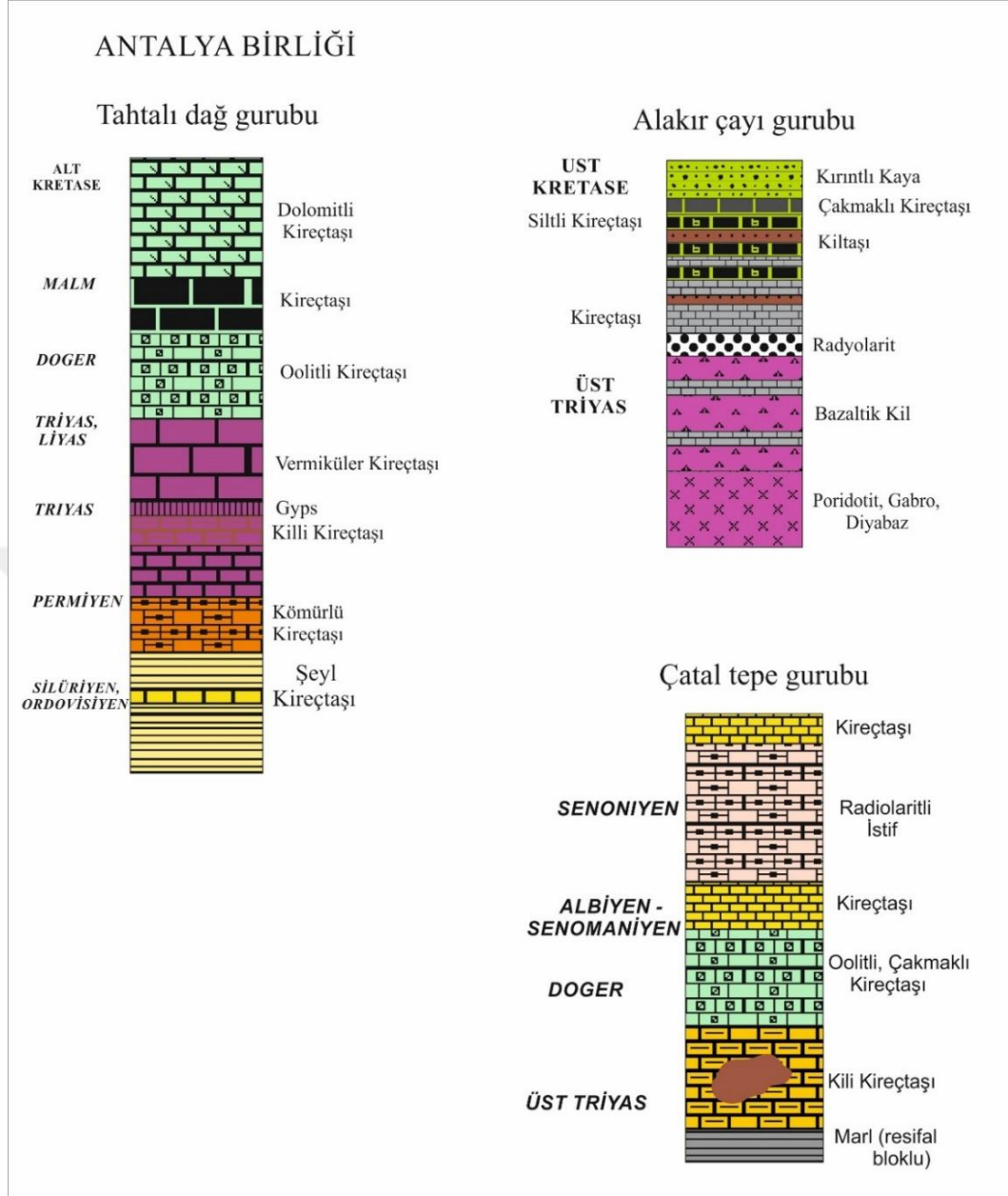
daha yüksek olmasıyla gösterilmiştir. Bu da HNTE/ANTE oranının güneyde kuzeye göre daha yüksek değerler almasına neden olmuştur. Kirlenme faktörü, insan faaliyetleri sonucu oluşan kirliliğin çalışma alanının güneydoğusunda kuzeye kıyasla daha ciddi boyutlarda olduğunu göstermiştir.

2.4. Çalışma alanının jeolojisi

Antalya körfezine kıyısı olan Batı Toroslar'da Antalya naplarına ait Tahtalıdağ napı, Çataltepe napı, Alakırçay napı ve Tekirova ofiyolit napı ile bunların üzerinde neootokton örtü birimleri yüzeylemektedir (Leventeli, 2010; Lefevre ve Orcel, 1967). Antalya napları çakıldan blok boyutuna kadar değişen allokton kaya birimleri içerir. Sığ ve derin deniz çökellerine ait kayaçlardan oluşmaktadır. Üst Triyas yaşlı denizaltı volkanikleri ve pelajik çökellerin yanı sıra benzer yaştaki neritik koyu karbonatları da içerir. Allokton Antalya napları ve Batı Toroslar üzerinde neootokton örtü kayaçları olarak bilinen Kuvaterner yaşlı Antalya travertenleri gözlenmektedir. Ayrıca bu birimler konglomera, alüvyon, plaj oluşumları ve birikinti konileri de içermektedir (Şenel vd., 1981). Tahtalı Dağ napı Kambriyen - Kretase yaşında tortulaşmış şelf türünden karbonat ve klastik kayaçlardan oluşmaktadır (Şenel vd., 1981). Çalışma alanının (Ünverdi, 1977) tarafından, birimlerin yaş ve litolojilerini gösteren 1/25000 ölçekli jeolojik haritası Şekil 2.1'de sunulmuştur. Alakırçay napı, Tekirova ofiyolit napının üzerinde ve Tahtalıdağ napının altında yer almaktadır. Şenel vd. (1981), tarafından adlandırılan ve Geç Anisiyen - Noriye yaşlı olan Alakırçay birliği, radyolarit, çört, split, şeyl ve bazalt gibi dikey ve yanal geçişli yapılardan oluşmaktadır. Alakırçay birimi Üst Triyas çakıllı kireçtaşı, bitümlü kumtaşı ve radyolaritlerden oluşur; ayrıca Üst Triyas kireçtaşı ara tabakalı bazik denizaltı volkanikleri, ofiyolitler ve Üst Kretase kırıntılı kayaçları içerir. Tekirova ofiyolit napı, Tahtalıdağ napının üstünde ve altında tektonik kaya parçaları şeklinde yer almaktadır (Juteau, 1975; Reuber, 1982). Tekirova ofiyolit napı Juteau (1975) ve Reuber (1982) tarafından adlandırılmış ve genel olarak diyabaz, kireçtaşı, gabro, kumtaşı, çört, şeyl ve radyolarit kayaçları, hatzburjit, dunit, gabro ve diyabaz gibi mafik ve ultramafik kayaçlardan oluşmaktadır. Söz konusu napların stratigrafik dikme kesiti Şekil 2.2'de görülmektedir. Tekirova ofiyolit biriminin oluşum yaşı Kretase olduğu düşünülmektedir (Yılmaz, 1982). Ofiyolit biriminin kalınlığı 0 ile 6000 m arasındadır. Jeolojik çalışmalara göre Tekirova ofiyolitinin Neotetis'in güney kesimine ait olup Üst Kretase yaşlı olduğunu göstermektedir (Yılmaz, 1982). Ayrıca, Neojen ve Kuvaterner orta-ince tabakalı Antalya travertenleri, yuvarlak çakıllı alüvyal yelpaze, kum ve çamur tabakalarıyla desteklenmiş çakıl ve bloklar, akarsu yataklarında bulunan alüvyonlar, deniz kenarında gözlenen kumul ve kıyı boyunca biriken plaj oluşumları görülmektedir (Blumenthal, 1951; Şenel vd., 1981; Akay ve Uysal, 1985). Toros Dağları gerek stratigrafik açıdan gerekse kaya üniteleri açısından değişik havza şartlarını gösteren kaya ünitesi gruplarını kapsamaktadır (Blumenthal, 1963). Üst Kretase yaşlı Beydağları Formasyonu gri, bej ve beyaz renk tonlu dolomitik kalker ile başlayıp zirveye ilerledikçe krem tonlu orta derecede koyu yataklı çokça parçalı kalker düzeyleri ile sonlanır. Bunlar yosunlu, mercanlı, lamelli ve yer yer dolomit tabakaları göstermektedir. Üst kesimlerde ise nispeten açık renkli, orta-kalın tabakalı, sert, ara sıra dolomitleşen kireçtaşları yer almaktadır. Formasyonun kalınlığı 1200 m civarında olup, lameller ve resif çekirdeklerinden şelf bir ortamda çökeldiği anlaşılmaktadır (Şenel vd., 1981).



Şekil 2.1 Çalışma alanının jeolojik haritası (Ünverdi, 1977)

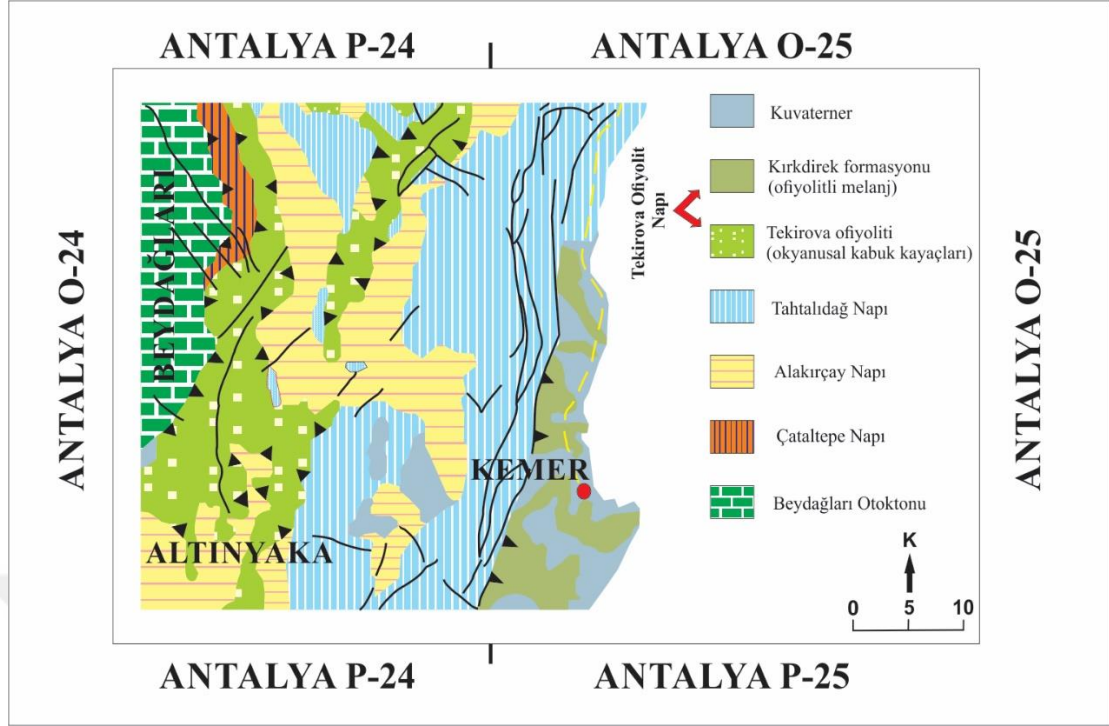


Şekil 2.2 Antalya napların stratigrafik dikme kesitleri (Brunn vd., 1971) değiştirilerek alınmıştır

Toros Dağları'ndaki stratigrafik dizilim, otokton Beydağları Formasyonu ve bu formasyonu farklı zaman dönemlerinde örten naplardan meydana gelmektedir.

Çalışma alanında otokton Beydağları Formasyonu, Antalya Körfezi'nin batısından (Kaş-Kalkan) başlayarak kuzeydoğuya doğru uzanmaktadır. Tektonik olarak bu formasyonu örten Antalya Naplarına bağlı olan kaya birimlerinin bir kısmı çalışma alanında stratigrafik sekansı oluşturmaktadır.

Çalışma bölgesinin bulunduğu Batı Toroslar yöresinde değişik yaş aralığında ve farklı litolojilere sahip tektonostratigrafik birimler (Beydağları Otoktonu ve Antalya Napları) Şekil 2.3'de sunulmaktadır.



Şekil 2.3 Batı Toroslardaki Antalya Birliği Naplarının coğrafik dağılımı (Şenel, 1997)

2.4.1. Beydağları Otoktonu

Bölgedeki otokton istif Colin (1962) tarafından Beydağları silsilesi, Robertson ve Woodcock (1980) tarafından Beydağları zonu adıyla tanımlanmış ve Özgül (1976) tarafından Geyikdağı Birliği'ne ilave edilmiştir.

Birim daha sonra Günay vd. (1982) tarafından Beydağları Birliği olarak tekrar adlandırılmıştır. Genel olarak Beydağları Otoktonu olarak bilinir (Brunn vd., 1971; Marcoux, 1979; Poisson, 1977 ve Şenel vd. 1992, 1996) Mezozoik süresince kararlı bir karbonat platformu olan Beydağları otoktonu, Batı Toroslar'ın otokton kaya birimlerini ifade etmekte ve yörenin batı kısmında yüzeylemektedir.

2.4.2. Çataltepe Napı

Antalya Napları'nın yapısal açıdan en alt birimini oluşturur. Bu birim, Noriyen yaşındaki resifal kireçtaşı bloklarından ve mercekli marnlardan oluşmuş Tilkideligitepe formasyonunu (Poisson, 1977), Jura-Kretase yaşlı Dereköy radyolaritini (Marcoux, 1979) içermektedir.

Radyolarit, çört, şeyl ve kalsitürbiditlerden meydana gelen ve yanal yönde birbiriyle geçişli olan Yaniceboğazıdere formasyonu (Poisson, 1977), kalsitürbidit, çört, radyolarit ve şeyllerden oluşur (Şenel, 1997).

Çataltepe napının üzerine Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı bloklu fillit ile temsil edilen Keçili formasyonu (Şenel vd., 1981) yerleşmiştir. Keçili Formasyonu, Antalya Naplarını oluşturan tüm yapısal birimlerde bulunmaktadır.

2.4.3. Alakırçay Napı

Alakırçay Napı, genelde Çataltepe Napı üzerinde, Tahtalıdağ Napı altında yer alır. Alakırçay Napı Brunn ve diğ.'nin (1971) Alakırçay Ünitesine, Marcoux'un (1977, 1979) Alakırçay ve Karadere Ünitelerine, Poisson'un (1977) Ispartaçay Ünitesine, Robertson ve Woodcock'un (1980) Kumluca ve Gödene Zonları ile Alakırçay Grubuna karşılık gelmektedir. Alakırçay Napı Üst Permien ve Alt Triyas döneminde platform, Orta Triyas-Kretase döneminde bazik volkanizmanın da etkin olduğu rift benzeri havza ortamını temsil etmektedir. OrtaÜst Triyas döneminde gelişmiş olan bazik volkanizma, yer yer denizaltı dağlarını (yastık yapılı lavları) oluşturmuştur.

2.4.4. Tahtalıdağ Napı

Alakırçay Napı genelde Çataltepe Napı'nın üstünde ve Tahtalıdağ Napı'nın aşağısında bulunmaktadır. Alakırçay Napı, Brunn ve diğerlerinin (1971) Alakırçay Birimi, Marcoux'un (1979) Alakırçay ve Karadere Birimleri, Poisson'un (1977) Ispartaçay Birimi, Kumluca ve Gödene Zonları ile Robertson ve Woodcock'un (1980) Alakırçay Grubu'na denk gelmektedir. Alakırçay Napı, Üst Permien ve Alt Triyas sırasında bir platform ve Orta Triyas-Kretase sırasında bazik volkanizmanın da etkin olduğu rift tipi bir havza ortamını temsil eder. Orta-Üst Triyas döneminde gelişen bazik volkanizma yer yer denizaltı dağları (yastık yapılı lavlar) oluşturmuştur.

2.4.5. Tekirova Ofiyolit Napı

Bulunduğu yapısal konum itibarıyla tartışmalı olan bu birim, genelde Tahtalıdağ napının üstünde, bazen de aşağısında değişik boyutlarda tektonik kesitler şeklinde bulunmaktadır. Kırkdirek Formasyonu ve Tekirova ofiyolitini içermektedir. Şenel ve diğerleri (1981) tarafından adlandırılan Kırkdirek Formasyonu bir ofiyolit melanjı/karışığıdır ve Antalya Napları içerisinde okyanusal kabuk kayaçlarından ve Antalya Napları içerisindeki Tekirova ofiyolitinden oluşmaktadır. Halobiyal kireçtaşı, vejetasyonlu kumtaşı, şeyl, tabakalı çört, radyolarit, bazik volkanit, Jura-Kretase yaşlı neritik kireçtaşı, gabro, diyabaz, serpantin hamur içinde değişik boyutlarda amfibolit bloklarından meydana gelir. Bazen Keçili Formasyonu'na ait kesitler de içerir. Ancak birim üzerinde bazı bölgelerde Keçili Formasyonu da uyumsuz bulunabilir. Tekirova ofiyoliti Tahtalıdağ Napı üzerine bindirmiştir. Bununla birlikte küçük bir alanda Tahtalıdağ Napı'nın Tekirova ofiyolitini üstlediği görülür. Ofiyolit, Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen'de kıtasal kabuğun üzerine bindirilerek çökelmiştir. Gerçek kalınlığı tam olarak ölçülememekle birlikte 0-600 m arasında değiştiği bildirilmektedir. Tekirova ofiyoliti üst manto kökenlidir; Neotetis'in güney koluna aittir ve yaşının Üst Kretase olduğu düşünülmektedir.

2.4.6. Kuvaterner Çökeller

Orta-ince tabakalı Antalya travertenlerinin yanısıra, alüvyal yelpaze, akarsu yataklarında bulunan alüvyonlar, deniz kenarında gözlenen kumul ve kıyı boyunca biriken plaj oluşumları görülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Öncelikle çalışma alanı olan Göynük Kanyonu Bahar-2021 döneminde keşif amaçlı ziyaret edilmiştir (Şekil 3.1). Ardından dere uzunluğu, sediman özellikleri ve taşınma gibi faktörlerin değerlendirilmesi amacıyla arazi çalışmaları yapılmıştır. Göynük Kanyonuna ait yüzey suları ve dere sedimanlarının jeokimyasal ve fizikokimyasal açıdan incelenmesi amacıyla yürütülen çalışma metotları aşağıda kısaca özetlenmiştir.



Şekil 3.1. Göynük Kanyonuna ait görüntüler

Tez çalışması önceki çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere 4 aşamada gerçekleştirilmiştir:

I. Önceki çalışmalar: İlk aşamada öncelikle Göynük ve çevresinde yapılmış olan jeolojik, hidrojeolojik ve jeokimyasal amaçlı çalışmalarla ilgili detaylı bir kaynak taraması ve derlemesi gerçekleştirilmiş, geçmiş araştırmalar incelenmiştir. Böylece çalışma alanının jeolojisi ve tektono-stratigrafik özellikleri belirlenmiş ve bu bilgilerle saha çalışmalarına başlanmıştır.

II. Arazi Çalışmaları: Suyun hidrojeokimyasal niteliklerini ve kalitesini belirleyen ana etmenlerden ilki kaya-su etkileşimleridir. Dolayısıyla hidrojeokimyasal çalışmalarda öncelikle bölgenin jeolojik ve hidrojeolojik karakteristiklerinin detaylı bir şekilde aydınlatılması önemlidir. Çalışma alanındaki yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının hidrojeokimyasal niteliklerini, durumunu ve kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla su ve sediman numuneleri toplanmıştır. Su örnekleme için su geçirmez ağızlı plastik kaplar kullanılarak numuneler alınmıştır. Mevcut jeolojik haritaların da yardımıyla, çalışma alanında dere boyunca su ve sediman örnekleri alınmıştır. Saha çalışmalarında; örnek lokasyonları GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) ile belirlenmiş ve fotoğraflar çekilmiştir.

III. Laboratuvar Çalışmaları: Suyun kimyasal ve jeokimyasal özellikleri, suyun kullanıldığı alanı kontrol eden en önemli faktördür. Yüzey ve yeraltı su kaliteleri, insanların yaptığı aktivitelerin ve doğal şartların oluşturduğu faktörlerin sonucudur. Su kimyası analizleri, bu faktörlerin belirlenmesi ve nedenleri konusunda çok yararlı veriler sağlamaktadır. Çalışma alanındaki dere sularının genel iyon özelliği, tüketim alanları (içme suyu ve tarımsal su) ve kirlenme durumları analiz edilmiştir. Bununla birlikte, su örneklerinin yanısıra e sediman örnekleri alınmış ve kimyasal analizleri akredite olan laboratuvarlarda yapılmıştır.

IV. Büro Çalışmaları: Gerek saha gerekse laboratuvar uygulamalarından sağlanan bulguların değerlendirilmesi ve tezin yazımı bu aşamada gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması yapılacak alanla ilgili literatürün toplanması, saha ve laboratuvar araştırmalarından sağlanan verilerin yorumlanması ve değerlendirilmesi, bu bilgilerin yeni bulgularla ilişkilendirilmesi ve tezin yazılması büro çalışmasını içermektedir. Bu incelemeler, çeşitli ulusal ve uluslararası kaynakların taranması, arazi çalışmalarından elde edilen bilgilere göre ölçülü ince kesitlerin yapılması, jeoloji paftasının hazırlanması, laboratuvar araştırmalarından sağlanan inorganik jeokimyasal inceleme bulgularının istatistiksel yöntemlerle, tablo ve grafiklerle yorumlanarak tezin son hâlini oluşturmaktadır.

3.1. İnceleme alanının konumu

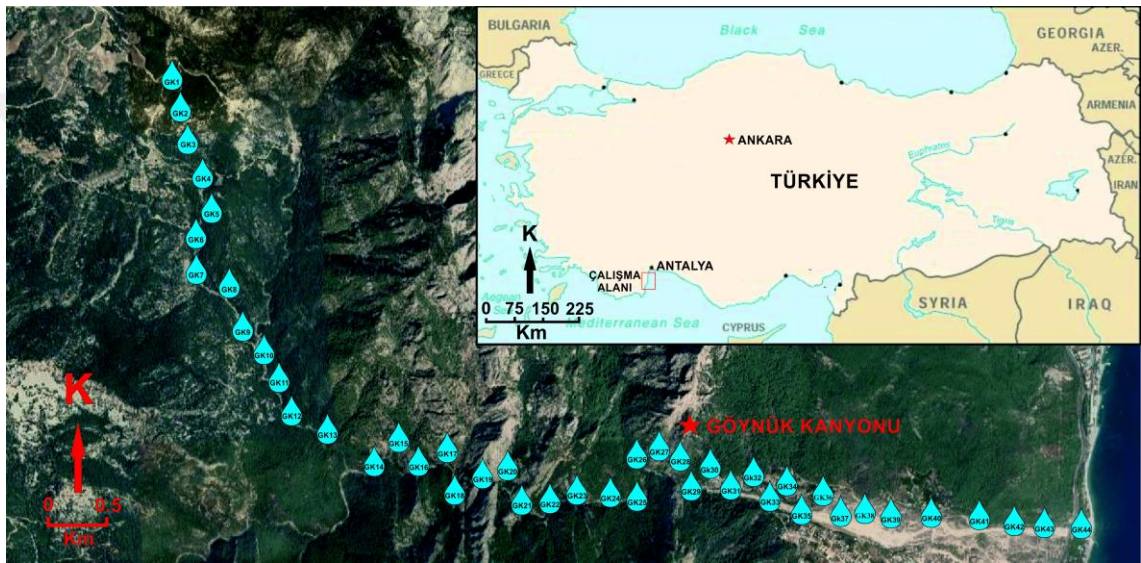
Çalışma alanı, Antalya ilinin Kemer ilçesine yaklaşık 10 km (5,5 mil) uzaklıkta, Beydağları Sahil Milli Parkı içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanının coğrafi konumu 36°42'44 ve 36°40'43 kuzey enlemleri ile 30°28'57 ve 30°33'45 doğu boylamları arasındadır (Çizelge 3.1). İnceleme alanında Akdeniz iklim koşulları egemendir ve yazlar çok sıcak ve yağışsız olarak seyreder. Kış mevsimi yoğun yağışlarla karakterize edilirken, daha üst bölgelerde yoğun kar düşüşü görülmektedir. Hava sıcaklığı 4,3°C ile 43,4°C değerleri ile değişir ve kış mevsiminde nadiren sıcaklığın 10°C'nin altına indiği görülür. Yıllık ortalama yağış miktarı 1070 mm/m²'dir. Antalya'nın %60'ı ağaçlarla kaplıdır ve çoğunlukla çam, karaçam ve kızılçam ağaçları görülür.

Çizelge 3.1. Su ve sediman numunelerinin alındığı yerlerin koordinatları.

GK-1	GK-2	GK-3	GK-4	GK-5	GK-6	GK-7	GK-8
36°42'44.0"K	36°42'36.5"K	36°42'26.4"K	36°42'17.1"K	36°42'08.1"K	36°41'58.6"K	36°41'51.3"K	36°41'47.1"K
30°28'57.5"D	30°28'60.0"D	30°29'03.4"D	30°29'08.1"D	30°29'08.1"D	30°29'06.4"D	30°29'06.2"D	30°29'17.3"D
GK-9	GK-10	GK-11	GK-12	GK-13	GK-14	GK-15	GK-16
36°41'35.2"K	36°41'28.8"K	36°41'21.1"K	36°41'12.3"K	36°41'07.0"K	36°40'59.9"K	36°41'02.8"K	36°41'00.4"K
30°29'22.7"D	30°29'29.5"D	30°29'34.2"D	30°29'39.0"D	30°29'50.7"D	30°30'07.4"D	30°30'15.9"D	30°30'22.4"D
GK-17	GK-18	GK-19	GK-20	GK-21	GK-22	GK-23	GK-24
36°41'01.7"K	36°40'50.4"K	36°40'52.3"K	36°40'55.2"K	36°40'48.9"K	36°40'48.0"K	36°40'50.9"K	36°40'50.3"K
30°30'32.6"D	30°30'35.1"D	30°30'44.6"D	30°30'53.3"D	30°30'59.5"D	30°31'07.6"D	30°31'17.0"D	30°31'28.6"D
GK-25	GK-26	GK-27	GK-28	GK-29	GK-30	GK-31	GK-32
36°40'51.5"K	36°40'56.3"K	36°40'58.2"K	36°40'56.6"K	36°40'55.4"K	36°40'54.4"K	36°40'53.5"K	36°40'52.2"K
30°31'37.5"D	30°31'40.0"D	30°31'45.7"D	30°31'52.2"D	30°31'55.8"D	30°32'02.9"D	30°32'10.9"D	30°32'17.8"D
GK-33	GK-34	GK-35	GK-36	GK-37	GK-38	GK-39	GK-40
36°40'51.2"K	36°40'50.0"K	36°40'48.1"K	36°40'46.9"K	36°40'45.5"K	36°40'44.6"K	36°40'43.8"K	36°40'39.6"K
30°32'23.8"D	30°32'28.7"D	30°32'34.8"D	30°32'41.8"D	30°32'46.9"D	30°32'56.1"D	30°33'03.5"D	30°33'10.9"D
GK-41	GK-42	GK-43	GK-44				
36°40'42.2"K	36°40'42.1"K	36°40'43.9"K	36°40'43.1"K				
30°33'21.6"D	30°33'30.9"D	30°33'35.7"D	30°33'45.3"D				

3.2. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmalarının temelini numune alımı oluşturmıştır. Standartlara uygun kaplarla su ve sediman numuneleri alınmıştır. 2021 yılının Nisan ayında su ve sediman numuneleri toplanmıştır. Numuneler coğrafik koşulların izin verdiği ölçüde benzer mesafelerde alınmaya çalışılmıştır. Numunelerin pH ve EC parametreleri arazide HANNA model, portatif multi-parametre su kalitesini belirleyen ölçüm aletleriyle belirlenmiştir. Göynük Kanyonun dere kenarlarından toplam 44 yüzey suyu ve sediman örneği toplanmıştır (Şekil 3.2). Göynük Kanyonundan alınan örneklerin koordinatları sistematik olarak GPS cihazı vasıtasıyla kaydedilmiştir, Koordinatlar Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanının yerbulduru ve numune lokasyon haritası

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Örnekler, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Maden Yatakları Laboratuvarı'nda elek analizi ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Su örneklerinin kimyasal analizleri ise Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) laboratuvarlarında yapılmıştır. Söz konusu laboratuvarlarda katyon ve eser element miktarlarının belirlenmesi için ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) analiz yöntemi kullanılmıştır. Anyon (Cl^- , SO_4^{2-} ve HCO_3^{2-}) ve azot türevleri (NO_3^- , NO_2^- ve NH_4^+) analizleri Kerkük Üniversitesi - Jeoloji Mühendisliği Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında yapılmıştır. Su örneklerinin iyonik özelliklerini ayrıntılı olarak incelemek için, Piper ve Schoeller diyagramları kullanılarak temel kimyasal nitelikler belirlenmiş ve yorumlanmıştır. Göynük Kanyonu yüzey sularının kullanım amaçlarını değerlendirmek için Wilcox, ABD tuzluluk ve Schoeller İçilebilirlik diyagramları kullanılmıştır. Ayrıca, bu suların kullanım alanlarını,

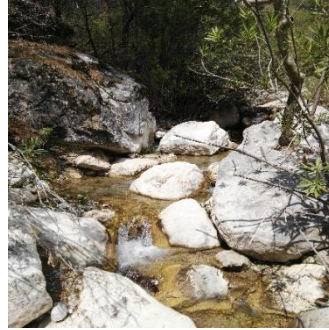
özelliklerini ve kalitesinibelirlemek için Türk Standartları Enstitüsü (TS266, 2005) standart değerleri ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) kriterleri temel alınmıştır.

Çizelge 3.2. Derlenen örneklerinin lokasyon bilgileri.



GK-1

36°42'44.0"K 30°28'57.5"D



GK-2

36°42'36.5"K 30°28'60.0"D



GK-3

36°42'26.4"K 30°29'03.4"D



GK-4

36°42'17.1"K 30°29'08.1"D



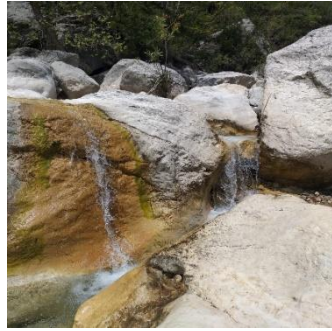
GK-5

36°42'08.1"K 30°29'08.1"D



GK-6

36°41'58.6"K 30°29'06.4"D



GK-7

36°41'51.3"K 30°29'06.2"D



GK-8

36°41'47.1"K 30°29'17.3"D



GK-9

36°41'35.2"K 30°29'22.7"D



GK-10

36°41'28.8"K 30°29'29.5"D



GK-11

36°41'21.1"K 30°29'34.2"D



GK-12

36°41'12.3"K 30°29'39.0"D

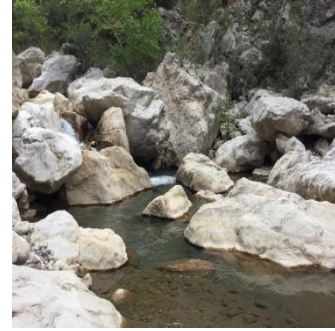
Çizelge 3.2. Devam.



GK-13
36°41'07.0"K 30°29'50.7"D



GK-14
36°40'59.9"K 30°30'07.4"D



GK-15
36°41'02.8"K 30°30'15.9"D



GK-16
36°41'00.4"K 30°30'22.4"D



GK-17
36°41'01.7"K 30°30'32.6"D



GK-18
36°40'50.4"K 30°30'35.1"D



GK-19
36°40'52.3"K 30°30'44.6"D



GK-20
36°40'55.2"K 30°30'53.3"D



GK-21
36°40'48.9"K 30°30'59.5"D



GK-22
36°40'48.0"K 30°31'07.6"D



GK-23
36°40'50.9"K 30°31'17.0"D



GK-24
36°40'50.3"K 30°31'28.6"D

Çizelge 3.2. Devam.

GK-25

36°40'51.5"K 30°31'37.5"D



GK-26

36°40'56.3"K 30°31'40.0"D



GK-27

36°40'58.2"K 30°31'45.7"D



GK-28

36°40'56.6"K 30°31'52.2"D



GK-29

36°40'55.4"K 30°31'55.8"D



GK-30

36°40'54.4"K 30°32'02.9"D



GK-31

36°40'53.5"K 30°32'10.9"D



GK-32

36°40'52.2"K 30°32'17.8"D



GK-33

36°40'51.2"K 30°32'23.8"D



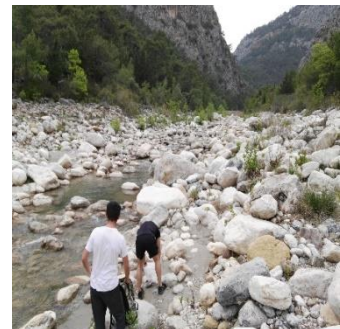
GK-34

36°40'50.0"K 30°32'28.7"D



GK-35

36°40'48.1"K 30°32'34.8"D



GK-36

36°40'46.9"K 30°32'41.8"D

Çizelge 3.2. Devam.

		
GK-37 36°40'45.5"K 30°32'46.9"D	GK-38 36°40'44.6"K 30°32'56.1"D	GK-39 36°40'43.8"K 30°33'03.5"D
		
GK-40 36°40'39.6"K 30°33'10.9"D	GK-41 36°40'42.2"K 30°33'21.6"D	GK-42 36°40'42.1"K 30°33'30.9"D
		
GK-43 36°40'43.9"K 30°33'35.7"D	GK-44 36°40'43.1"K 30°33'45.3"D	

Suların hidrojeokimyasal özelliklerini hesaplamak için AquaChem 3.70 yazılım programı; sınıflandırılmasında Piper (1944), Schoeller (1955) ve Gibbs (1970) gibi yöntemler kullanılmıştır. İnceleme sahasındaki yüzey suyunun iyonik özelliklerinin değerlendirilmesinde %Na, Sertlik, EC, PI ve pH gibi kimyasal özellikler dikkate alınmıştır. Laboratuvara götürülen sediman örnekleri torbalarından çıkarılarak düzgün bir yüzeye tek tek serilmiş ve içerdiği nemin kaybolması için oda koşullarında yaklaşık 10 gün kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.3). Oda koşullarında kurutulan sediman örneklerinin tane boyu dağılımını belirlemek amacıyla elek analizine tabi tutulmuştur. Elek analizi için numuneler çeyrek yöntemiyle ayrılmış ve 100 g ağırlığında olmak üzere tartılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Örnekler oda koşullarında kurumaya terk edilmiştir

Elek analizi ile elde edilen en küçük tane boyutlarına sahip 10 g'lık numunelerin kimyasal içerikleri incelenmiştir.



Şekil 3.4. Elek analiz için örneklerin hazırlaması

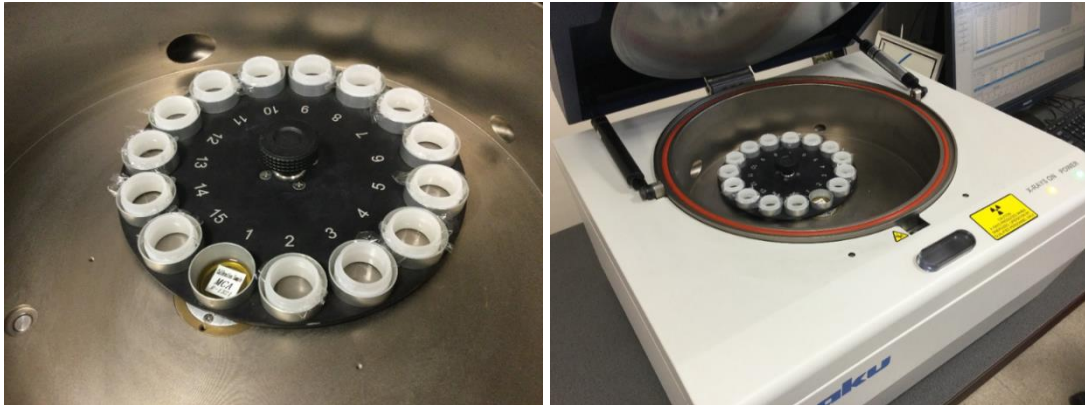
Kimyasal analiz yapabilmek için pudralaştırılarak homojen hale getirilen numuneler, kohezyonunu arttırmak amacı ile 10 gr numuneye 2 gr borik asit olacak şekilde agat havanda homojen bir şekilde karıştırılarak, pres makinesi yardımı ile 30 mPa

basınç altında, yaklaşık 1 dk boyunca sıkıştırılıp pellet haline getirilmiştir (Şekil 3.5). Örneklerin içerdiği elementlerin ppm, ppb ve/veya '%' oranında ölçülmesi için XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) analizi uygulanmıştır. Analiz için Rigaku NEX CG enerji dağılımlı X ışını floresan (ED-XRF) spektrometresi (NEX-CG Applied Rigaku Technologies, Inc. Austin, TX, ABD) model ölçme aleti kullanılmıştır (Şekil 3.6). Su örnekleri majör anyon ve katyon, nitrat, nitrit, amonyum, flor ve ağır metal analizlerinin yapılması için (YEBİM) gönderilmiştir. Örneklerden bir kısmı ayrılmış ve (YEBİM) XRD (X-Işını Difraktometresi) analizi için gönderilmiştir. Sonuç olarak, numunelerdeki mineraller tanımlanmıştır. Saha çalışması sırasında toplanan 44 örnek YEBİM Laboratuvarında jeokimyasal analizler için uygun bir hale getirilmiştir.



Şekil 3.5. Örneklerin kimyasal analiz için hazırlanması

Örnekler önce Retsch marka otomatik taş kırma makinesinde parçalanmış ve daha sonra Tungsten Karbür değirmene yerleştirilerek FRITSCH marka otomatik öğütücüde öğütülmüştür.



Şekil 3.6. XRF Rigaku cihazı

Toplam 4 g numune 0,9 g bağlayıcı malzeme (Wachs) ile karıştırılarak hidrolik pres altında sıkıştırılmış ve pres-pastil olarak inceleme için uygun şekilde hazırlanmıştır. Pres-pastil şeklinde olan numuneler YEBİM Laboratuvarında Spectro X-Lab 2000 model PED-XRF (Polarized Energy Dispersive XRF) cihazında ana element oksitleri ve iz elementler açısından analiz edilmiştir. XRF analizleri Tq-7220 ve GEO-7220 yöntemleri ile yapılmıştır. Örneklerin bir kısmından ince kesitler yapılmış ve mikroskop altında detaylı petrografik analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. İnce kesitlerin mikroskop altında petrografik amaçlı incelenmesi

İnceleme bölgesindeki sedimanların mikroskobik yapısal özellikleri, maden bileşenleri ve oluşum mekanizmaları değerlendirilmiştir. İnce kesitler üzerinde izlenen minerallerin ve belirgin tekstürel yapıların fotomikrografları YEBİM Laboratuvarı'nda Leica Polarize Mikroskop ile çekilmiştir. Ayrıca birimlerin majör, iz ve nadir toprak (NT) element jeokimyası üzerine incelemeler de yapılmıştır.

3.3.1. X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF)

X-ışını Floresans (XRF) Spektroskopisi, materyallerin elementel kompozisyonunu belirlemek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bu teknik ile sıvı ve katı örneklerdeki farklı mineraller eş zamanlı olarak belirlenebilir. Söz konusu XRF cihazının çalışma sistemi uyarınca, atomlar X-ışınları veya benzeri yüksek enerjili radyasyon ile harekete geçirilirse, yüksek enerji girdisi komşu yörüngelerinde bulunan elektronlarını daha büyük enerji seviyelerine yükseltecektir. Uyarılmış olan elektronlar baştaki enerji seviyelerine geri dönerken, aldıkları ilave enerjiyi 0,1-50 Å dalga boyuna sahip X-ışınları şeklinde iade etmektedirler. Buna X-ışınlarının ikincil emisyonu, floresan radyasyon denir. Elementler tarafından verilen bu radyasyonların dalga boyu diğerlerinden farklıdır ve her element kendine özgüdür. Başka bir ifadeyle, bu radyasyonlar o elementin adeta parmak izi gibidir. Elementin türü (kalitatif) radyasyonun dalga boyu belirlenerek ve elementin konsantrasyonu (kantitatif) bu radyasyonun yoğunluğu ölçülerek belirlenir. Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü XRF laboratuvarında Rigaku marka NEXCG Model, Kartezyen geometrili polarize enerji dağılımlı, Pd anotlu, X-ışını tüplü, X-ışını floresans spektrometresi yöntemi kullanılmış ve elde edilen analiz sonuçları ppm

cinsinden belirlenmiştir. X-ışını Floresans (XRF) Spektroskopisi, elementel kompozisyonu tespit etmek için bilinen önemli yöntemlerden biridir. Sayısal (kantitatif) analiz yapabilmektedir. XRF Tekniği ile;

- Mg, Mn, Al, Si ve Ti gibi ana element oksitleri yüzde (%) ağırlık cinsinden (Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , MnO ve MgO),
- Sr, Ba ve Rb gibi iz elementleri,
- Ve Ce, Eu, Gd, La ve Nd gibi nadir toprak elementlerinin ppm seviye değerlendirmesi yapılabilmektedir.

XRF analizi, atom sayısı 9 ile 92 arasında değişen unsurların niceliksel ölçümünü yapabilmektedir. Atom sayısı 9'un altında olan elementleri analiz edemez. Kimyasal bağlanma derecesi konusunda hassasiyet göstermemektedir. XRF genellikle 50kV ve 50mA'de çalışmaktadır.

3.3.2. ICP

Atomik absorpsiyon spektrometresi özelliği taşıyan ICP-MS cihazının çalıştırılmasında, katyonlar ve elektronlar barındıran ve elektrik iletebilen yüksek sıcaklıktaki argon gazı plazması kullanılır (Şekil 3.8). Analiz için (YEBİM) Laboratuvarında bulunan Element™ Series HR-ICP-MS cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Ankara Üniversitesi (YEBİM) Laboratuvarında bulunan Element™ Series HR-ICP-MS cihazı

Thermo Scientific™ Element XR™ Yüksek Çözünürlüklü ICP-MS sistemleri mg/L ile pg/L altı konsantrasyon aralığını kapsar ve özellikle yarı iletken, jeoloji ve malzeme bilimi laboratuvarları için uygundur. Genellikle, sıvı halde bulunan yüksek sıcaklıkta bir plazmaya (10000 K) püskürtülmüş aerosol partikülleri sırasıyla kurutulur,

kırılır, atomize edilir, iyonize edilir ve heyecanlandırılır. Sonuç olarak elementlerin konsantrasyonları ile orantılı ve spesifik olarak yaydıkları ışınım bir absorpsiyon spektrometresi ile tespit edilir (Daşdemir 2008). Ankara Üniversitesi (YEBİM) Laboratuvarında bulunan Element™ Series HR-ICP-MS cihazıyla 44 su numune içerisindeki katyonları analiz edilmiş sonuçlar ppm cinsinden ölçüldükten sonra meq/l ye çevrilmiştir. Majör, eser ve nadir toprak element ölçümleri ise, yaklaşık 5'er gramlık sediman numuneleri ağız kilitlenebilen naylon poşetlere konmuş ve her biri etiketlenerek Ankara'da bulunan Ankara Üniversitesi (YEBİM) laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Bu amaçla, her bir tam öğütülmüş sediman numunesinin 0,2 gramı grafit bir kroze yerleştirilir ve 1,5 gram LiBO_2 (Lityum metaborat)/ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (Lityum tetraborat) karışımıyla işlenir. Elde edilen madde yüksek dereceli bir fırında 980°C 'de 30 dakika ısıtıldıktan sonra tekrar soğutulur ve %5 HNO_3 ile seyreltilmiş 100 ml ACS sınıfı nitrik asit içinde eritilerek çözülür. Bu solüsyonlar buharlaştırılıp ICP düzeneğine yerleştirildikten sonra SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Na_2O , MgO , CaO , K_2O , Cr_2O_3 , TiO_2 , MnO ve P_2O_5 gibi majör oksit değerleri tespit edilir. Cr_2O_3 ve Fe_2O_3 dışında, kalan ana oksitler için en az tespit sınırlar %0,01'dir. Cr_2O_3 , Fe_2O_3 ve LOI (Yanma Kaybı) için en az tespit sınırlar sırasıyla % 0.002, % 0.04, ve % 0.1'dir. Yanma kaybı, 1 gram numunenin 950°C 'de bir buçuk saat ısıtılmasından sonra kaybettiği ağırlığın baştaki ağırlığına olan yüzde olarak değeridir. Ardından buharlaştırılarak ICP cihazına gönderilen bu çözeltilerden söz konusu elementlerin içeriği ekrandan ölçülür.

3.3.3. Örneklerin PEDXRF ile çoklu element (multi-element) analizi için hazırlanması.

Örnekler akik havanda ince toz haline getirilmiştir. Daha sonra numuneler 200 μm 'yi geçecek şekilde elenmiş ve 32 mm çapında kalın pelletler haline getirilmiştir. USGS standartları GEOL, GBW 7109 ve GBW-7309 sediman örneklerle benzer şekilde pelletlere eşit olarak preslenmiş ve bunlar kalite güvencesi için kullanılmıştır (La ve Timothy, 1989; Major vd., 1999). Ana elementler XRF ile, iz elementler (ppm) ise ICP (MS) ile analiz edilmiştir. ICP analizleri Spectro ICP cihazında çoklu element iz element standartları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.1. PEDXRF ölçümleri

Multi-element konsantrasyonu polarize enerji dağılımlı XRF kullanılarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan spektrometre, (Rh anode X-ray tube, 0.5mm Be side window) ile donatılmış Spectro XLAB 2000 PEDXRF spektrometresidir. Spektrometrenin dedektörü, Mn $K\alpha$, 5000 cps'de $<150\text{eV}$ çözünürlüğe sahip sıvı N₂ soğutmalı Si (Li)'dir. Her bir element için toplam analiz süresi 30 dakikadır. PEDXRF ile numune ölçümleri genellikle üç farklı materyal için yapılır (Stephens ve Calder, 2004):

1) Polikromatik kaynak radyasyonunun etkili saçılması ve polarizasyonu için tasarlanmış yüksek yoğunluklu hafif element içeren materyaller. Bu materyaller $Z > 22$ olan elementlerin uyarılması için uygundur ve bunlar Barkla materyalleri olarak adlandırılır.

2) İkinci materyal, yönlendirilmiş kristal materyaller, mozaik ve tek kristallerdir; bunlar daha spesifik enerjilerin çok yoğun kaynak radyasyonunu üretirler. Bu materyal $Z = 22$ 'ye kadar olan hafif elementler için uygundur ve Bragg materyalleri olarak adlandırılır.

3) Diğer materyal ise saf metal materyallerdir, çok yoğun yakın monokromatik X-ışını kaynakları üretir, X-ışını tüpünden yayılan polarize olmayan ve polarize radyasyonu içerir. Bu materyal belirli elementler veya bitişik elementlerin küçük grupları için uygundur. Ayrıca, bu materyal, matris düzeltmesi için kullanılabilecek Compton dağılım pikleri oluşturmak için kullanışlıdır.

3.3.3.2. Kalibrasyon Metodu

Spektrometre, incelenen elementlerin sertifikalı konsantrasyonlarına dayalı olarak G01-GSD-09 ve K04-NIST-2704 olmak üzere iki standart kaya ile kalibre edilmiştir. Standart numuneler tam bir analiz için farklı bir tarihte spektrometreden geçirilmiş ve ölçülen elementlerin konsantrasyonları Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Sulardaki hidrojeokimyasal özellikler, kullanma alanlarını kontrol eden en önemli faktördür. Yüzey sularının kalitesi, antropojenik ve doğal çevresel koşulların bir yansımasıdır. Hidrojeokimyasal incelemeler, bu faktörlerin tespiti ve nedenleri hakkında oldukça önemli veriler sağlamaktadır. Analiz sonuçlarını değerlendirerek çalışma alanındaki yüzey sularının iyon özellikleri, kullanım alanları (sulama ve içme) ve kirlilik değerleri analiz edilmiştir.

Suların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek için öncelikle genel kimyasal özellikleri belirlenmiş ve sonuçlar Piper (1944) ile Schoeller (1956) diyagramlar kullanılarak değerlendirilmiştir.

Suların kirlenme nitelikleri, azot türevleri ve ağır metal analizleri ile tespit edilmiştir. Su örneklerinin iyonik özelliklerini değerlendirmek için pH, EC ve sertlik gibi genel kimyasal özellikler ölçülmüştür.

Çizelge 3.3. Spektrometrenin kalibrasyonu için PEDXRF analizinde kullanılan standart kayalardaki sertifikalı elementlerin konsantrasyonu ve ana analizden sonraki bir tarihte PEDXRF ile ölçülen standart sedimanların konsantrasyonu.

Elementler	Ünite	Sertifikalı konsantrasyon G01-GSD-09 (Sediman)	Ölçülen konsantrasyon G01-GSD-09 (Sediman)	Sertifikalı konsantrasyon K04-NIST-2704 (Nehir Sediman)	Ölçülen konsantrasyon K04-NIST-2704 (Nehir Sediman)
Na	%	0.755 ± 0.084	0.79	0.201±0.076	0.36
Mg	%	1.824 ± 0.024	1.76	1.369±0.022	1.98
Al	%	5.972±0.018	5.10	7.006±0.02	8.26
Si	%	28.17±0.03	27.98	25.78±0.03	26.28
P	%	0.0853±0.0013	0.091	0.1274±0.0014	0.23
S	µg/g	365 ±4.4	371	4116±16	4287
Cl	µg/g	95.6±1.2	92.87	186.6±2	191
K	%	1.744±0.004	1.65	2.152±0.004	2.95
Ca	%	4.252±0.006	4.65	2.739±0.004	3.10
Ti	%	0.5349±0.0013	0.43	0.4629±0.0012	0.52
V	µg/g	93.7±4.3	92.76	104.6±4	106.20

Çizelge 3.3. Devam.

Cr	µg/g	162.7±1.5	160.72	177.1±1.4	171.26
Mn	%	0.06287±0.00024	0.072	0.06069±0.00022	0.0762
Fe	%	3.528±0.005	3.80	4.277±0.006	5.72
Co	µg/g	13.9±1.9	14.82	27.1±2.7	28.22
Ni	µg/g	33.4±1.1	34.27	44.5±1.2	45.29
Cu	µg/g	36±0.9	35.72	100±1.4	102.21
Zn	µg/g	71.8±1	70.65	422.5±v	430
Ge	µg/g	1.4±0.3	1.22	2±0.3	2.77
As	µg/g	10.3±0.5	9.82	23.5±1.1	25.76
Se	µg/g	0.3±0.2	0.1	0.5±0.2	0.9
Br	µg/g	0.8±0.2	0.92	6.1±0.2	8.62
Rb	µg/g	80.6±0.4	78.92	100.8±0.5	103.71
Sr	µg/g	166.1±0.6	168.21	128.6±0.5	131.23
Y	µg/g	26.3±0.4	27.87	30.5±0.4	32.82
Zr	µg/g	381±0.9	376.23	281.9±0.7	287.5
Nb	µg/g	15.5±0.2	14.22	12.8±0.2	13.77
Mo	µg/g	1.2±0.2	1.67	4.7±0.2	5.90
Cd	µg/g	0.5±0	0.4	2.9±0.2	3.98
In	µg/g	0.7±0.4	0.62	0.7±0	0.21
Sn	µg/g	3.1±0.1	3.98	9.6±0.2	11.62
Sb	µg/g	1±0.1	1.77	3.7±0.2	4.66
Te	µg/g	1.2±0	1.90	1.2±0	1.87
I	µg/g	1.4±0.4	1.0	1.3±0.4	1.90
Cs	µg/g	7.1±0.5	6.12	5.2±0.5	7.72
Ba	µg/g	430.1±1.5	439	421.6±1.5	430.23
La	µg/g	42.3±1.3	45.43	29.5±1.3	31.43
Ce	µg/g	81.4±1.7	83.87	58.6±1.7	60.9
Nd	µg/g	43.9±2.9	44.93	27.6±2.7	28.40
Hf	µg/g	7±1.8	6.73	9.5±2.3	11.04
Ta	µg/g	5.8±5	5.44	8.0±5.2	9.10
W	µg/g	2.7±0	2.1	4.2±2.4	5.62
Hg	µg/g	0.8±0	0.98	0.7±0.4	0.4
Pb	µg/g	22.9±0.6	22.83	157.8±1.2	167
Bi	µg/g	0.7±0	0.63	0.9±0	0.54
Th	µg/g	13.3±0.5	14.76	11.4±0.6	9.72
U	µg/g	2.5±0.8	13.11	2.8±0.9	3.30

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma alanının Hidrolojisi

Yüzey ve yeraltı sularının kullanılabilirliği, miktarı ve kalitesine göre belirlenmektedir. Su kaynaklarının miktara dayalı incelemelerinde meteorolojik parametreler kullanılır. Havzanın en önemli hidrolojik döngü unsurları olan yağış, buharlaşma ve nem parametreleri bu bölümde açıklanmıştır. Yapılan incelemelerde, havzanın içinde ve çevresinde mevcut olan Devlet Meteoroloji İstasyonları'ndan elde edilen uzun vadeli yağmur ve iklim verileri dikkate alınarak havzanın buharlaşma ve ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Buharlaşma hesaplamaları için Thornthwaite Metodu, ortalama yağış hesaplamaları için ise İzohyet Metodu kullanılmıştır.

4.1.1. Sıcaklık

Çalışma alanı, Türkiye'nin maksimum sıcaklığa sahip Akdeniz Bölgesi'ndedir ve ortalama sıcaklık kış mevsiminde 8.3 °C, yaz mevsiminde ise 23.4 °C ve yıl boyunca 15.3 °C'dir. Çalışma alanının sınırları dışında bulunan Korkuteli/Saklıkent kayak merkezi meteoroloji istasyonunda ocak aylarında-15.4 °C'ye varan sıcaklık değerleri, Göynük Kanyonu ve yakınlarında minimum-6.8 °C'ye değerleri ölçülmüştür. Bölgedeki en yüksek sıcaklık değeri 2017 yılında Kemer/ Antalya/17953 meteoroloji istasyonunda ölçülen 44.1 °C'dir.

4.1.2. Nemlilik

Havanın içerisinde daima belirli bir miktarda su buharı bulunur. Sıcaklık arttıkça havadaki su kütlesi de artar. Havadaki su kütlesinin aynı sıcaklıkta havadaki maksimum su kütlesine oranına bağlı nem denir. Çalışma alanındaki istasyonlarda hesaplanan yıllık ortalama nisbi nem %64.75'tir. Maksimum ortalama nem %97.1 ile 2019 yılında Konyaaltı/17304 istasyonunda, minimum ortalama nem ise %38 ile 2021 yılında Kemer/Ovacık köyü/19152 istasyonunda kaydedilmiştir.

4.1.3. Yağış

Çalışma alanına düşen ortalama yıllık toplam yağış miktarı, Türkiye'deki ortalama yıllık toplam yağış miktarından daha yüksektir. Ortalama toplam yağış miktarları Korkuteli/Saklıkent kayak merkezi, Korkuteli/Bük orman alanı, Kemer/Ovacık köyü, Kemer/Antalya istasyonlarında sırasıyla 649.537, 1153.835 mm olarak tespit edilmiştir. Düşen yağışın bir kısmı buharlaşarak, bir kısmı süzülüp yeraltı sularına karışarak, bir kısmı da yüzey akışı olarak havzayı terk etmektedir. Su bütçesinin hesaplanabilmesi için yıllık, aylık veya günlük yağış, buharlaşma ve terleme gibi faktörlerin mutlaka önceden hesaplanmış olması gerekmektedir. Ölçüm yapılmayan yerlerde buharlaşmayı ve toprak nemine ilişkin olan terlemenin gerçek miktarını doğrudan belirlemek, birçok parametre nedeniyle zordur.

Buharlaşmanın hesaplanmasında bazı değerler dikkate alınarak ampirik formüller kullanılmıştır. Bu çalışmada, Thornthwaite (1948) tarafından önerilen deneysel formül kullanılarak ortalama sıcaklık, yağış ve enlem faktörleri dikkate alınarak su bütçesi hesaplanmıştır. Genellikle bütün yüzey ve yeraltı sularının temel besleyici unsuru

yağışlardır. Çalışma alanındaki yağış verilerinin değerlendirilmesi için havza içinde ve dışında konumlanan Devlet Meteoroloji İstasyonlarında kaydedilen yağış değerleri kullanılmıştır. Meteorolojik verilerin istatistiksel olarak uygun olanlarının tespit edilerek, su bütçesi Thornthwaite (1948) tarafından 1948 yılında geliştirilen deneysel yöntemle göre hesaplanmıştır. Bu yöntem aşağıda verildiği gibi hesaplanır;

$$I_i = (T_i/5)1.514, J = \sum I_i = I_i \quad (4.1)$$

$$a = 0.49239 + (1.792 \cdot 10^{-2})J - (7.71 \cdot 10^{-5})J^2 + (6.75 \cdot 10^{-7})J^3$$

$$U = 16 G (10T_i/J)a$$

Burada;

U: Aylık evapotranspirasyon (mm),

T_i: Aylık ortalama sıcaklık (°C),

I_i: İlgili yıla ait i. ayın sıcaklık indisi,

J: O yıla ait sıcaklık indisi

G: Aylık güneşlenme faktörüdür ve enlem derecesine göre değişir.

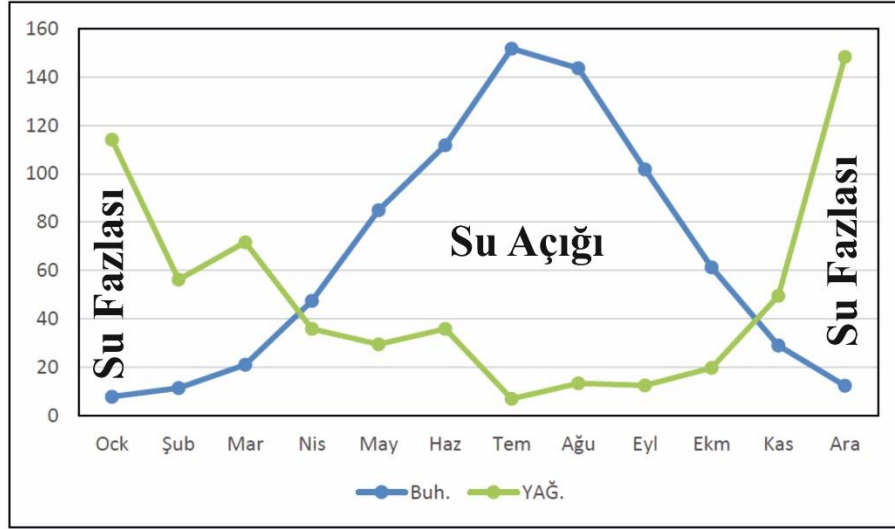
4.1.4. Buharlaşma

Buharlaşma, metrolojik su döngüsünün temel unsurlarından biri olup, bütün su kaynaklarının ana drenaj elemanlarından biridir.

Topraktan buharlaşma ve terleme süreçleri aslında birbirinden etkilenen iki süreçtir. Fakat hidrolojide sadece terlemenin belirlenmesi yeterli değildir, bitkilerin kapladığı topraktan olan toplam buharlaşma ve terleme kayıplarının belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Buharlaşma miktarını belirlemek için farklı ampirik formüller üretilmiştir, ancak bu formüllerin doğrudan ölçülmesi kolay değildir. Thornthwaite ve Turc denklemleri bunlardan en yaygın olarak kullanılanlarıdır.

Bu denklemler yardımıyla çalışma alanına ait yağış ve sıcaklık değerleri ile gerçek ve potansiyel evaporasyon-transpirasyon miktarları belirlenmiştir. Terleme, topraktan ve su yüzeylerinden buharlaşma yoluyla bitki ve ağaçlardan kaybedilen toplam su miktarına evapotranspirasyon denir (Bayazit, 2003). Evapotranspirasyon potansiyel ve gerçek olarak iki açıdan değerlendirilmelidir. Toprakta yeterli nem olması halinde meydana gelecek kayba potansiyel evapotranspirasyon (EP) denir.

Gerçek evapotranspirasyon, mevcut toprak nemi ile sınırlı olduğu için Gerçek EVA'ya nispeten küçük olabilir. Potansiyel buharlaşmanın çok yüksek olduğu yaz mevsiminde, yağış ve toprak neminin yetersizliği sonucu yüksek düzeyde su açığı ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. İnceleme alanının aylık su fazlası-su açığı değişimleri

4.2. Hidrojeokimya Çalışmaları

Yeraltı ve yüzey sularının kendilerine özgü kimyasal nitelikleri bulunmaktadır. Söz konusu kimyasal özellikler, suların derinliğine, etkileşimde oldukları jeolojik birimlerin taşıdığı litolojik özelliklere ve temas ettikleri çevrelere göre değişiklik göstermektedir (Şener ve Güneş 2015). Suda bulunan önemli anyonlar SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- ve Cl^- , katyonlar ise Mg^{+2} , Ca^{+2} , K^+ ve Na^+ 'dır. Bu kapsamda, değerlendirme yerinden toplanan su numunelerinin ana iyon içerikleri anlatılmıştır. Su numunelerinin ana iyon içerikleri Çizelge (4.1)'de gösterilmiştir. Bununla birlikte su numunelerinin ana iyon içeriklerini kullanarak geliştirilen dairesel diyagramlarla hidrojeokimyasal harita hazırlanmıştır (Şekil 4.2).

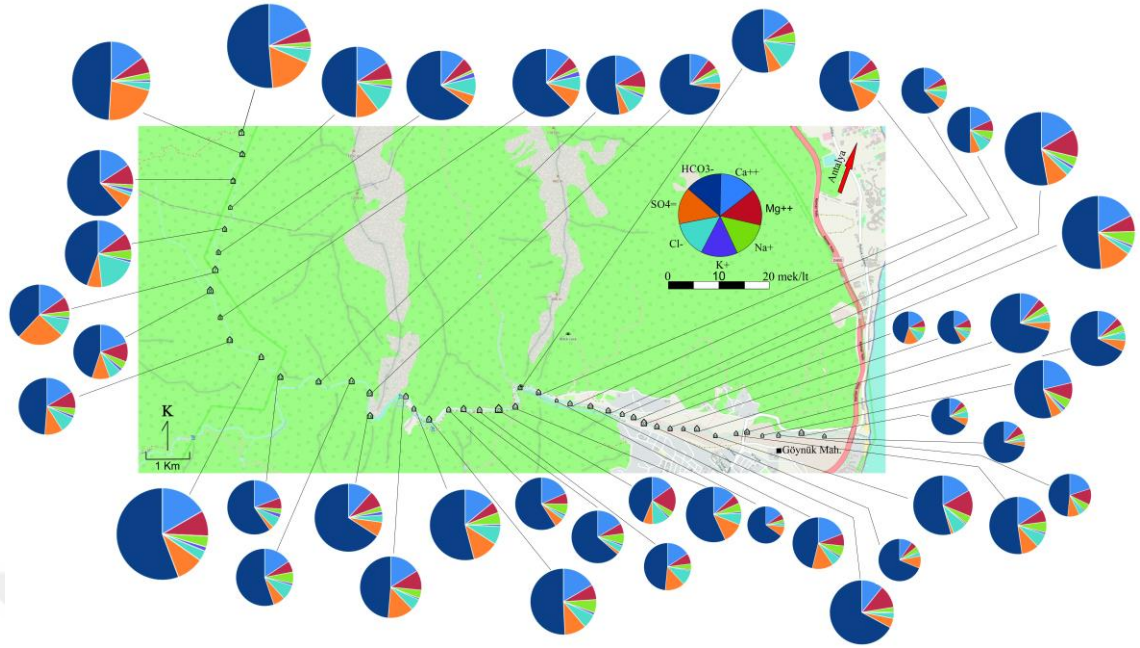
Çizelge 4.1. Katyon ve anyonların analiz sonuçları.

Örnek No.	Ca^{+2} mg/l	Mg^{+2} mg/l	K^+ mg/l	Na^+ mg/l	Cl mg/l	SO_4 mg/l	HCO_3 mg/l
GK-1	25.0	7.84	0.941	2.92	7.44	23.7	71.8
GK-2	17.9	8.29	1.25	3.53	4.00	26.7	59.4
GK-3	30.1	18.9	3.57	3.57	3.50	13.3	117.4
GK-4	17.8	8.68	1.32	3.66	12.9	12.1	55.9
GK-5	16.5	9.28	1.36	5.41	21.3	8.00	49.9
GK-6	34.0	19.0	6.95	3.95	25.4	15.0	196.4
GK-7	17.7	9.15	1.43	3.95	10.5	29.4	44.3
GK-8	16.4	9.50	1.39	3.96	5.97	8.90	37.7
GK-9	38.7	19.2	7.96	6.44	22.7	28.6	207.2
GK-10	15.7	9.36	1.46	3.94	8.66	9.90	46.7
GK-11	17.4	9.41	1.52	4.05	3.77	10.1	58.1
GK-12	27.1	9.30	3.21	4.07	9.66	3.57	83.8
GK-13	17.2	9.70	1.56	4.16	10.7	5.38	53.3
GK-14	21.9	8.82	1.70	9.01	11.9	9.29	77.2
GK-15	33.3	18.9	1.91	8.68	15.8	11.13	234.8
GK-16	39.3	26.4	5.46	8.46	11.5	23.4	221.5
GK-17	31.0	20.1	1.51	8.39	11.6	26.3	93.9
GK-18	22.0	8.10	1.52	8.51	12.9	18.4	84.5
GK-19	21.5	9.60	1.44	8.41	9.22	13.7	65.9

Çizelge 4.1. Devam.

GK-20	24.1	8.79	1.57	8.63	2.80	7.67	77.4
GK-21	21.8	8.38	1.53	8.53	5.20	2.47	83.9
GK-22	33.5	15.4	1.64	8.64	21.6	28.6	102.9
GK-23	32.8	38.7	2.73	8.73	24.4	14.3	94.9
GK-24	22.1	8.67	1.54	8.56	11.3	20.4	95.8
GK-25	22.3	8.79	1.53	8.62	20.2	10.4	79.8
GK-26	19.2	9.28	1.50	8.43	10.9	19.3	85.5
GK-27	41.9	13.7	2.58	7.96	6.70	23.4	179.5
GK-28	33.5	11.6	1.35	7.73	14.7	14.3	133.8
GK-29	22.2	8.95	1.38	7.83	6.89	15.4	53.9
GK-30	21.2	9.14	1.37	7.64	10.6	8.39	59.1
GK-31	30.0	22.7	2.56	7.56	6.22	17.5	97.4
GK-32	21.3	8.81	1.35	7.61	3.77	17.0	62.8
GK-33	22.8	9.34	1.38	7.79	11.8	19.4	59.8
GK-34	36.3	39.03	1.85	7.85	9.20	16.0	225.5
GK-35	35.5	17.43	2.42	7.96	13.9	11.2	119.4
GK-36	18.6	9.00	1.37	7.69	5.67	18.0	132.7
GK-37	20.9	8.82	1.35	7.73	9.19	9.09	139.7
GK-38	30.6	26.2	1.37	7.81	14.5	2.69	99.5
GK-39	19.9	9.06	1.38	7.82	9.90	12.4	66.4
GK-40	25.1	9.54	1.42	7.91	9.80	13.4	139.5
GK-41	31.9	14.22	2.41	7.91	1.90	9.48	81.8
GK-42	29.7	18.18	1.44	8.13	5.92	13.2	71.9
GK-43	21.0	9.70	1.43	7.83	11.8	13.4	131.9
GK-44	34.0	2.37	2.07	9.07	8.45	11.1	214.5
Ort.	22.6	9.46	1.51	7.83	10.2	13.4	84.2
TS266 (2005) mg/l	75-200	50-150		100-200	200-600	200-400	
WHO (2011) mg/l				40	250	250	
	Sınıf I			125	25		
	Sınıf II			125	200		
SKKY mg/l	Sınıf III			250	400		
	Sınıf IV			> 250	> 400		

Dairesel diagramda her bir su numunesi için meq/l biriminde toplam iyon içeriklerine göre hesaplanan çap oranları belirlenmiştir. İnceleme bölgesinde bulunan sular içme suyu açısından değerlendirilirken temin edilen kimyasal veriler Türk Standartları Enstitüsü (TS266, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) standartları ile kıyaslanmıştır (Bkz. Çizelge 4.1). Suyun hidrojeokimyasal özelliği, kullanım şeklini belirleyen en önemli faktördür. Yüzeysel ve yeraltı sularının kalitesi, gerek insan aktivitelerinin gerekse doğal faktörlerin etkisiyle değişmektedir. Hidrojeokimyasal incelemeler, bu faktörlerin belirlenmesi ve sonuçlarıyla ilgili son derece önemli veriler sunmaktadır. Çalışma alanındaki yüzey sularının iyonik özelliği, kullanım amacı (içme ve sulama) ve diğer kirlenici parametrelerinin belirlenmesi için gerekli olan kimyasal analiz sonuçları kullanılmıştır. Sulardaki hidrojeokimyasal özellikleri tanımlamak için bazı genel kimyasal özelliklerin değerlendirilmesi yapılarak Schoeller (1956) ve Piper (1944) diyagramları yardımıyla yorumlanmıştır. Suyun planlanan kullanım amacını belirlemek için ulusal ve uluslararası içilebilirlik standartları ABD tuzluluk, Schoeller içilebilirlik ve Wilcox (1955) grafikleri kullanılmıştır. Ağır metal ve azot türevleri analizleri ile kirlilik özellikleri tespit edilmiştir. pH, sertlik ve EC gibi bazı temel kimyasal parametreler suların iyonik özelliklerini belirlemek için incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Göynük kanyonu sularının anyon-katyon içeriklerinin (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-) çoğunlukla sınır değerlerini aşmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Dairesel Hidrojeokimya haritası

I. Kalsiyum (Ca^{+2})

Soğuk yüzey sularında en bol bulunan elementlerden biri kalsiyumdur. Kalsiyumun sudaki oranı, etkileşimde olduğu kayaçlarla bağlantılıdır. Yüzey sularında kalsiyum çoğunlukla dolomit, kalsit, anhidrit, jips ve aragonit minerallerinde bulunur. Bununla birlikte magmatik ve metamorfik kayaç minerallerinden piroksen ve amfibol grupları, wollastonit, florit, apatit ve bazı feldspatların ayrışması sonucu oluşan kalsiyum iyonları da yüzey sularına karışmaktadır. Yüzeysel sulara kimyasal kompozisyon çoğunlukla kalsiyum bikarbonatlı, jips tortularından kaynaklanan sulara ise daha az oranda kalsiyum sülfatlı sulardır (Şahinci, 1991). Suların pH değerleri sudaki kalsiyum iyonlarının oranını ve çökelme hızını belirlemektedir. pH oranı arttıkça CO_3/HCO_3 değeri artar ve kalsit çökelmeye başlar. Karbondioksitin bulunduğu çevreden uzaklaştırılması kalsit çökmesine neden olmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Çalışma arazisinde belirlenen Ca^{+2} değerleri 15.75 – 41.94 mg/l aralığındadır (Bkz. Çizelge 4.1).

II. Magnezyum (Mg^{+2})

Magnezyum, genellikle sulara bol miktarda bulunan ikinci bir elementtir. Sudaki magnezyumun kaynağı esas olarak dolomittir. Sulara, magmatik kayaç mineralleri (biyotit, olivin, augit, hornblend), metamorfik ve evaporit kayaç mineralleri (talk, serpantin, diopsit, tremolit) yoluyla da magnezyum bulunabilmektedir. Dolomit, kalsiyum mineralinden daha düşük çözünürlüğe sahip olması, kalsiyum mineralinin suda magnezyumdan daha yoğun miktarda yer almasını sağlamaktadır. Genellikle sulardaki magnezyum oranı 1-40 mg/l aralığında bulunurken, magnezyum açısından bol sulara bu değer 100 mg/l'ye kadar çıkabilmektedir. Çalışma bölgesinde yüzey sularında Mg içeriği 7.84 – 39.04 mg/l olarak saptanmıştır (Bkz. Çizelge 4.1).

III. Sodyum (Na^+)

Magmatik kayalar, killi mineraller, feldspatlar ve feldspatoidler, evaporitler (NaCl gibi) sodyum bulunduran ana kaya ve minerallerdir. Yüzeysel sulardaki sodyum oranı, minerallerin içeriği ve türüne, suyun debisine, ayrışma süresine, ortamdaki kalsiyum iyonu konsantrasyonuna, suyun pH'ına, insan kaynaklı ve çevresel kirliliğe vb. faktörlere göre değişir. Başta zirai gübre olmak üzere kanalizasyon ve işletme atık suları yüzey sularındaki sodyum miktarının yükselmesine sebep olan antropojenik faktörlerdir (Şahinci, 1991). Çalışma bölgesinden alınan su numunelerinin sodyum içeriği 2.92 – 9.07 mg/l aralıklarında bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1).

IV. Potasyum (K^+)

Potasyum genellikle suda az miktarda rastlanan elementlerden biridir. Potasyum ve sodyum, yer kabuğunda neredeyse eşit oranlarda yer alan bir metaldir. Bununla birlikte, magmatik kayalarda sodyum, sedimanter kayalarda ise potasyum baskındır. Magmatik ve metamorfik kayalardaki lösit, mika, nefelin ve feldspat mineralleri de yüksek oranda potasyum içerir. Sudaki potasyum oranı, K-feldspatlar ve iyon değişimi gibi potasyum barındıran minerallerin ayrışmasına, dengeli potasyum mineralleri oluşumu ve boşluk suyunun yeraltı suyuna karışmasına dayanır. Kuru ortamlarda, yüzey ve yeraltı suları yüksek oranda potasyum içerir. Sıcak su kaynaklarında potasyum konsantrasyonu sıcaklıkla birlikte artar. Su içerisindeki potasyum miktarının artırılması genellikle potasyumlu gübre tüketimine bağlıdır (Şahinci, 1991). Çalışma alanındaki su örneklerinin K oranları 0.94 – 6.96 mg/l aralarında değişiklik göstermektedir (Bkz. Çizelge 4.1).

V. Klorür (Cl^-)

Klor doğada diğerlerine göre bol miktarda bulunan halojen grubuna (Cl , F , I , Br) ait bir elementtir. Sudaki klorun ana kaynağı tortul kayalardır ve özellikle evaporitler klor için çok önemli bir role sahiptir. Magmatik kayalardaki klor klorapatit, mikalar, hornblend ve feldspatoid grubu gibi minerallerden gelmektedir. Klorür doğal su kaynaklarında yalnızca Cl^- biçiminde bulunabilir (Şahinci, 1991). Sıcak sular hariç, Cl iyonu suda fazla miktarda bulunmamaktadır. Klorür aşırı miktarı genellikle tarım faaliyetleri ile ev ve sanayi atıklarından kaynaklanmaktadır. Çalışma alanındaki suların Cl iyonu derişimi 1.9 - 25.44 mg/l aralığında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.1). Klorür içeriğine göre (0.288 meq/L) Göynük suları "doğal klorlu sular" tipindedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Klorür içeriğine göre su tipleri.

Su Tipi	Klorür değeri meq/L
Hiperklorürlü Sular	>700
Klorotalastik Sular	420-700
Klorürce Zengin Sular	140-420
Orta Klorlu Sular	40-140
Oligoklorlu Sular	15-40
Doğal Klorlu Sular	<15

VI. Bikarbonat (HCO_3^-)

Genellikle sudaki bikarbonat ve karbonat iyonları atmosferdeki ve toprağın içindeki karbondioksitten ve karbonat kayaçlarının çözünmesiyle oluşur. Doğal sularda bikarbonat oranı sudaki pH ve karbondioksit oranına dayanır. Dolayısıyla pH 8.2'nin üstünde CO_3 baskın anyon olurken, HCO_3 bu oranın altında baskın iyon olmaktadır. HCO_3 iyonlarının baskınlığı sulama sularında sodyum tehlikesini azaltır (Şahinci, 1991). Bölgedeki suların HCO_3 içeriği 37.77 – 234.82 mg/l arasında değişmektedir.

VII. Sülfat (SO_4^{-2})

Sudaki sülfatın çoğu anhidrit ve jipsten kaynaklanır. Sülfürlü mineraller suya maruz kaldıklarında oksitlenir ve sülfat iyonları meydana gelir. Sülfürün taşınması genellikle SO_4 şeklinde olur. Çok büyük bir iyon yarıçapına sahip olduğu için sülfat çok hareketli bir iyon türüdür. Suda sülfat iyonunun bulunmasına neden olan pirit mineralinin oksidasyonu, volkanlar, atmosferdeki H_2S gazlarının fotokimyasal oksidasyonu, anhidrit ve jipslerin erimesi, rüzgâr etkisiyle atmosfere taşınması ve deniz suyunun buharlaşmasıdır. Bununla birlikte, sülfat su kaynaklarına antropojenik olarak çok ciddi oranlarda girmektedir. Bu girdiler kimyasal ilaçlar, suni gübreler, endüstriyel ve evsel atıklardır (Şahinci, 1991). Çalışma alanındaki suların SO_4 içerikleri kaynak sularında 2.4 -29.4 mg/l arasında ölçülmüştür (Bkz. Çizelge 4.1).

4.3. Su örneklerinin genel kimyasal ve fiziksel özellikleri

Suların gerek kullanım gerekse kalite özelliklerinin değerlendirilmesinde Türk Standartları Enstitüsü (TS266, 2005) standart değerleri ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) kriterleri kullanılmıştır. Çalışma alanından toplanan su numunelerinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

4.3.1. Sertlik

Sertlik suyun en önemli iyonik özelliklerinden biridir. Magnezyum, kalsiyum, bikarbonat iyonları, Ca-Mg nitrat, Ca-Mg sülfat veya daha fazla valanslı metal katyonlarından ve düşük oranda da alüminyum, demir ve stronsiyum iyonlarından oluşmaktadır (Erguvanli ve Yüzer, 1987). Suyun sertliği, suda erimiş (+2) değerli iyonların varlığı ile artmaktadır. Tabii sularda Mg^{+2} ve Ca^{+2} bol konsantrasyonda bulunduğu için Ca-Mg- HCO_3 , Ca-Mg sülfat ve Ca-Mg nitrat sertliği oluşan birincil bileşenlerdir.

Türkiye'de suyun sertliğini ölçmek için Fransız Sertlik Derecesi (Fr^0) birimi kullanılmaktadır. Bir Fransız sertlik derecesi 100 ml suda 1 mg CaCO_3 olarak tanımlanır (Şahinci, 1991). Suyun sertlik sınıflandırması Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Suyun Fransız sertliği hesaplanırken aşağıdaki denklem kullanılmıştır (Erguvanli ve Yüzer, 1987). Bu denklemde (4.2) r mek/l'yi ifade etmektedir.

$$\text{Toplam sertlik} = 5(r\text{Ca} + r\text{Mg}) \quad (4.2)$$

Çizelge 4.3. Su örneklerinin genel kimyasal ve fiziksel özellikleri.

Örnek No.	Sertlik	EC	pH	TDS	%Na	SAR	MT	%PI	Su sınıfı
GK-1	38.9	271.3	7.6	176.3	3.23	0.132	6.76	32	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
GK-2	35.8	345.1	7.4	224.3	4.59	0.175	3.60	38	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
GK-3	55.6	251.7	7.5	163.6	2.44	0.133	9.70	27	Mg-Ca-HCO ₃
GK-4	26.1	520	7.1	338.0	4.68	0.187	3.57	37	Ca-Mg-HCO ₃
GK-5	25.9	650.1	7.8	422.6	6.82	0.263	3.09	40	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl
GK-6	55.6	440.9	7.6	286.6	2.50	0.138	12.2	32	Ca-Mg-HCO ₃
GK-7	27.4	720.8	7.9	468.5	4.93	0.191	3.51	34	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
GK-8	26.0	610	7.2	396.5	5.06	0.199	3.03	34	Ca-Mg-HCO ₃
GK-9	58.1	279.5	7.7	181.7	3.73	0.211	15.8	32	Ca-Mg-HCO ₃
GK-10	25.6	331.3	7.5	215.3	5.16	0.196	2.81	37	Ca-Mg-HCO ₃
GK-11	27.4	260	7.1	169.0	5.04	0.191	3.39	38	Ca-Mg-HCO ₃
GK-12	37.2	230.4	7.7	149.8	3.94	0.177	7.93	33	Ca-Mg-HCO ₃
GK-13	27.6	280.1	7.5	182.1	5.12	0.201	3.32	37	Ca-Mg-HCO ₃
GK-14	30.2	310	7.4	201.5	9.62	0.417	5.26	45	Ca-Mg-HCO ₃
GK-15	52.2	401	7.9	260.7	5.50	0.302	11.7	39	Ca-Mg-HCO ₃
GK-16	66.4	305.7	7.2	198.7	4.19	0.269	16.3	31	Mg-Ca-HCO ₃
GK-17	52.1	250	7.9	162.5	5.35	0.292	10.3	30	Mg-Ca-HCO ₃
GK-18	32.6	380	7.7	247.0	9.41	0.396	5.29	46	Ca-Mg-HCO ₃
GK-19	31.7	290.5	7.6	188.8	8.85	0.383	5.08	42	Ca-Mg-HCO ₃
GK-20	33.3	300	7.1	195.0	8.75	0.383	6.35	42	Ca-Mg-HCO ₃
GK-21	30.8	490	7.4	318.5	9.35	0.399	5.23	46	Ca-Mg-HCO ₃
GK-22	49.5	506.2	7.9	329.0	5.96	0.313	11.9	33	Ca-Mg-HCO ₃
GK-23	72.2	590.9	7.3	384.1	3.76	0.241	11.4	23	Mg-Ca-HCO ₃
GK-24	31.2	680.1	7.5	442.1	9.21	0.392	5.35	47	Ca-Mg-HCO ₃
GK-25	31.4	620.4	7.9	403.3	9.18	0.394	5.43	44	Ca-Mg-HCO ₃
GK-26	29.3	700	7.5	455.0	9.51	0.392	4.11	48	Ca-Mg-HCO ₃
GK-27	55.2	430.8	7.2	280.0	5.05	0.276	18.4	34	Ca-Mg-HCO ₃
GK-28	45.3	320.5	7.9	208.3	5.97	0.294	11.9	36	Ca-Mg-HCO ₃
GK-29	31.5	285.3	7.1	185.4	8.37	0.353	5.42	39	Ca-Mg-HCO ₃
GK-30	32.2	477.9	7.5	310.6	8.32	0.356	4.97	40	Ca-Mg-HCO ₃
GK-31	53.7	590.2	7.8	383.6	4.60	0.252	9.66	29	Mg-Ca-HCO ₃
GK-32	35.9	410	7.7	266.5	8.39	0.358	5.00	41	Ca-Mg-HCO ₃
GK-33	34.1	335	7.2	217.8	8.08	0.359	5.71	39	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
GK-34	77.2	279.5	7.6	181.7	3.28	0.221	13.9	27	Mg-Ca-HCO ₃
GK-35	52.1	365.2	7.3	237.4	5.08	0.272	13.3	31	Ca-Mg-HCO ₃
GK-36	26.7	610	7.5	396.5	9.01	0.372	3.86	54	Ca-Mg-HCO ₃
GK-37	33.7	545	7.7	354.3	8.59	0.367	4.82	52	Ca-Mg-HCO ₃
GK-38	56.9	247	7.3	160.6	4.38	0.255	10.0	27	Mg-Ca-HCO ₃
GK-39	32.4	290	7.5	188.5	8.82	0.368	4.40	43	Ca-Mg-HCO ₃
GK-40	40.4	330.5	7.8	214.8	7.72	0.345	6.82	46	Ca-Mg-HCO ₃
GK-41	47.6	386.8	7.7	251.4	5.80	0.291	10.8	31	Ca-Mg-HCO ₃
GK-42	49.8	428	7.2	278.2	5.57	0.293	9.44	30	Mg-Ca-HCO ₃
GK-43	38.5	385.8	7.1	250.8	8.36	0.352	4.88	50	Ca-Mg-HCO ₃
GK-44	35.8	520.4	7.4	338.3	5.48	0.305	12.2	37	Ca-Mg-HCO ₃
Avg.	40.6	382.9	7.5	248.9	5.54	0.299	5.57	37	
TS266 (2005)			6.5-9.5		7-8.5				
WHO (2011)		750	6.5-8.5	500	7-8.5				
Class I	25		6.5-8.5	500					
Class II	25		6.5-8.5	1500					
Class III	30		6.0-9.0	5000					
Class IV	> 30		<6.0 >9.0	> 5000					

Çalışma alanından alınan su örneklerinde ölçülen sertlik değerleri 25.6-77.2 Fr^o arasında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.3).

Alınan su örneklerinin sertlik sınıflandırmasına göre değerlendirilmiş olup, 3-6-9-16-23-27-34 ve 38 nolu örnekler “çok sert su” sınıfına sahiptir. 1-2-12-18-20-22-28-31-32-33-35-37-43 ve 44 nolu örnekler ise “sert su” sınıfındadır. Diğer örneklerin tamamı ise “oldukça sert su” sınıfına sahiptir.

Çizelge 4.4. Suların sertliklerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991).

Sertlik derecesi	Su sınıfı
0.0-7.2	çok yumuşak
7.2-14.5	yumuşak
14.5-21.5	orta sertlikte
21.5-32.5	sert
32.5-54.0	oldukça sert
>54.0	Aşırı sert

4.3.2. Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH)

Suyun pH değeri, suda bulunan asitler ve alkaliler arasındaki ilişkiyi gösterir. Suyun asidik ve alkali özellikleri, sudaki H^+ ve OH^- iyon konsantrasyonlarının azalmasına veya artışına göre değişiklik gösterir (Rahman vd. 2016). Suların pH değerleri 0-14 arasında değişmektedir. Suların pH değerleri 0 -7 aralığında ise asidik, pH değeri 7 -14 aralığında ise bu sular bazik olarak sınıflandırılır (Çizelge 4.5) (Şahinci, 1991).

Çizelge 4.5. pH değerlerine göre suların sınıflandırılması (Şahinci, 1991).

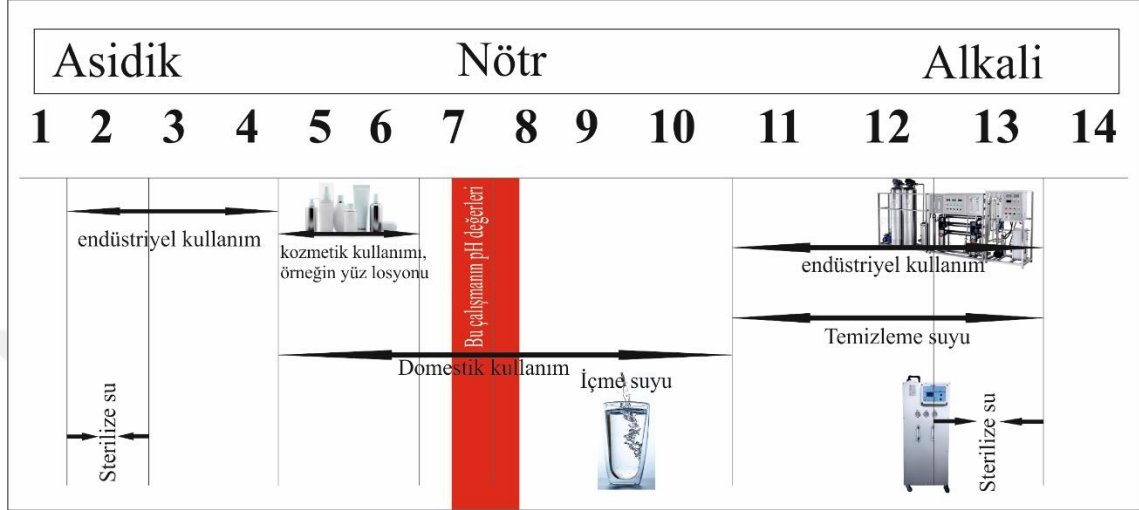
pH değeri	Su sınıfı
> 8.5	Bazik
8.5 – 7	Bazik karakterli
7	Nötr
7 – 4.5	Asit karakterli
< 4.5	Asidik

Yüksek pH değeri H^+ konsantrasyonunun düşük olduğu anlamına gelir veya OH^- iyonu konsantrasyonunun yüksek olduğunu ifade eder. Eğer pH değeri düşükse, H^+ konsantrasyonunun yüksek ve OH^- iyonu konsantrasyonunun düşük olduğunu söyleyebiliriz. Böylece hidrojen iyonu konsantrasyonu azaldıkça pH değerinin arttığını görebiliriz. Suyun pH oranı çözülmüş karbonat, bikarbonat ve serbest karbondioksit konsantrasyonuna dayanmaktadır. Elde edilen suların pH değerlerine göre çalışma alanındaki su örneklerinin tümü nötr ve kısmen alkali su sınıfında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3). İnceleme sahasından toplanan su numunelerinin pH değeri 7,1 ile 7,9 değerleri aralığında değişiklik göstermektedir (Bkz. Çizelge 4.3).

4.3.3. Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektrik iletkenliği, maddelerin elektriği iletme özelliğidir. Her maddenin elektriği iletme kabiliyeti aynı değildir. Örneğin, temiz suyun elektriği çok az iletmediği için izolatördür. Özgül elektrik iletkenliği, 1 cm³ suyun +25 °C'deki iletkenliğidir (Erguvanlı

ve Yüzer, 1987). Suyun özgül iletkenliği iyonun tipine, konsantrasyonuna ve sıcaklığına bağlıdır. Suyun elektriksel iletkenliği, sıcaklık ve iyon konsantrasyonundaki artış ile paralel olarak artar (Şahinci, 1991). İletkenlik, sudaki inorganik erimiş malzemeler tarafından oluşturulur. Suların toplam tuz içeriği ve EC göre sınıflandırılması Çizelge 4.6'da sunulmuştur.



Şekil 4.3. Suların pH değerlerine ve kullanım alanlarına göre sınıflandırılması (Rahman vd., 2016)

Sulama suyunun kalitesini belirlemek amacıyla, sulardaki toplam çözünebilir tuz derişimleri göz önünde bulundurularak sular EC bakımından kategorize edilmiştir. Çalışma alanındaki EC değerleri genellikle 230.4 – 720.8 mch/cm arasında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.3). Buna göre, GK12, GK17 ve GK18 no'lu örneklerin "Düşük Tuzlulukta Su" sınıfında, diğer tüm örneklerin ise "Orta Tuzlu Su" sınıfında olduğu belirlenmiştir.

4.3.4. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Sodyum adsorpsiyon oranı, sulama suyu kullanımında kullanılan temel kriterlerden biridir. SAR değerleri ile sodyumun toprağa giriş oranı arasında önemli bir bağlantı söz konusudur (Richards, 1954). Yüksek sodyum oranı toprağın yapısını bozar ve geçirgenliğini azaltır. Sodyum içeriği tarımsal suyun niteliğinin belirlenmesinde temel kriterlerden biridir. Sodyum zemin bünyesini deforme ederek toprağın permeabilitesini düşürür ve irrigasyondan kısa bir süre sonra zemin üstünde beyaz katı bir tabaka meydana gelmesine sebep olabilir. Bu da bitkilerin köklerinin hava almasını engeller ve bitkiler için zehirli bir atmosfer oluşturur (Çizelge 4.7) (El-Sayed ve Salem, 2015). Sodyum adsorpsiyon miktarı şu denklemle belirlenir. Denklemde iyonların Meq/L cinsinden değerleri esas alınır (Şahinci, 1991).

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{rCa^{+2} + rMg^{+2}/2}} \quad (4.3)$$

Çizelge 4.6. Suların toplam tuz içeriği ve EC göre sınıflandırılması (Ayers ve Westcot, 1985).

Tuz içeriği	EC	Açıklama
Düşük Tuzlu Sular	> 250	Sulama için en uygun sular
Orta Tuzlu Sular	250-750	Yıkama sonrası sulama için kullanılabilir
Yüksek Tuzlu Sular	750-2250	Tuza dayanıklı bitkiler yetiştirmek için kullanılabilir
Çok yüksek tuzlu sular	>2250	Sulamada kullanılamaz

Araştırma sahasındaki su örneklerinin SAR oranları 0,13-0,41 değerleri aralığında farklılık göstermektedir (Bkz. Çizelge 4.3). Bu değerlere göre, çalışma alanındaki sulama suları "(düşük Na'lı su) Az tehlikeli" su sınıfındadır.

Çizelge 4.7. Sodyum adsorpsiyon oranı değerlerine göre sodyum tehlike sınıflandırması (ABD sınıflandırması).

Sodyum tehlike sınıfı	SAR	Önlem ve yönetim önerileri
S1	0 - 10	(Düşük sodyumlu su) Az tehlike.
S2	10 -18	(Orta sodyumlu su) İnce dokulu topraklarda ve sodyuma hassas bitkilerde, özellikle düşük sızıntı koşullarında sorun yaratır.
S3	18 - 26	(yüksek sodyumlu su) Toprakların çoğunda kullanılmaz. Tuza dayanıklı bitkiler için.
S4	> 26	(çok yüksek sodyumlu su) Uygun görülmemektedir.

4.3.5. Sodyum İyon Yüzdesi (%Na)

Suyun sodyum içerikleri sulama sularında oldukça temel bir unsurdur. Sodyumun aşırı derecede bulunması toprağın yapısını değiştirir, geçirgenlik özelliğini düşürür ve toprağın üzerinde katı kıvamlı bir kabuk oluşturur. Bu katman bitkilerin kökünün iyice hava alışverişini önler.

Ayrıca, aşırı sodyum miktarı bitkiler için toksik bir atmosfer ortamı yaratır. Dolayısıyla suyun % Na değerlerinin tarımsal sulama suyu sınır değerlerini aşmaması gerekmektedir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Sodyum İyon Yüzdesi, iyonların meq/L değerlerini esas alarak aşağıdaki denklemden hesaplanabilir.

$$\%Na = \frac{rNa^+}{rNa^{++} + rCa^{++} + rMg^{++} + rK^+} \times 100 \quad (4.4)$$

Sodyum yüzdesi, suyun sulama suyu olarak kullanımını belirlemek için yararlı bir faktördür. Sodyum oranının artması topraktaki kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarında önemli değişikliklere yol açacaktır, bu yüzden bu tür bir durum

istenmemektedir. Çalışma alanındaki su örneklerinin sodyum yüzdesi 2.44 ile 9.62 arasında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.3).

4.3.6. Doygunluk İndeksi

Yüzey ve yeraltı sularının genel jeokimyasını belirleyen unsurlardan en önemlileri, kaya-su etkileşimi sonucu meydana gelen erime ve tortulaşma süreçleridir. Su döngüsü boyunca kayalar ve bu sular arasındaki iyonik değişim, suyun kimyasal bileşiminde değişikliklere yol açabilmektedir. Doygunluk indeksi; hidrokimyasal değerlendirmenin farklı aşamalarını ayırt etmede ve su kimyasını kontrol eden önemli jeokimyasal reaksiyonların belirlenmesinde faydalıdır (Aksever vd., 2016).

Su örneklerinin kimyasal içeriğinin değerlendirilebilmesi için farklı minerallere göre doyunluk indeksleri incelenmiştir. Su örneklerinin doyunluk indeksi değerleri PHREEQC jeokimyasal bilgisayar programıyla hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

Doygunluk indeksi şu şekilde gösterilir:

$$SI = \log_{10} (IAP/Ksp) \quad (4.5)$$

Bu formülde;

IAP = iyon aktivitesi faktörü,

Ksp = verilen sıcaklıkta çözünürlük oranı.

SI = 0 olduğunda denge vardır.

SI değerleri < 0 olan sularda çözünme, SI değerleri > 0 olan sularda ise çökeltme eğilimindedir.

Tüm su örneklerinde jips, anhidrit, flourit, halit ve silvit mineralleri doyunluk seviyesinin gerisindedir ve çözünmeye meyillidir. Buna göre Cl, Na, SO₄ ve F iyonları sularda hala çözünebilir durumdadır.

Çizelge 4.8. Doygunluk İndeksi değerleri.

SI Ortalama değerleri	
Anhydrite CaSO ₄	-0.515
Aragonite CaCO ₃	1.545
Calcite CaCO ₃	1.685
CO ₂ (g)	-0.39
Dolomite CaMg(CO ₃) ₂	3.18
Fluorite CaF ₂	-0.15
Gypsum CaSO ₄ ·2H ₂ O	-0.21
H ₂ (g)	-22.05
H ₂ O (g)	-1.5
Halite NaCl	-5.965
O ₂ (g)	-39.19
Sylvite KCl	-5.955

Su numunelerinin kalsit, aragonit ve dolomit mineralleri aşırı derecede doymun olduklarını ifade etmektedir. Buna göre akifer ortamında karbonat mineralleri temel bileşenlerdir ve karbonat çökeltme ve çözünme prosesleri hala devam etmektedir. Su örneklerinin doymunluk indekslerinin analiz sonuçlarına göre, karbonat mineralleri dolomit ve kalsitin çökeltmesini destekleyen bir eğilim izlemektedir.

4.3.7. Permeabilite İndeksi (PI)

Permeabilite İndeksi özelliği tarımsal suların belirlenmesinde oldukça etkili olan bir değerdir ve WHO (2011) tarafından yürütülen çalışmalarda yaygın olarak kullanılır. PI değeri Doneen (1964) tarafından önerilen bağıntı ile elde edilmektedir.

$$PI = 100 \times [(rNa^+ + r\sqrt{HCO^{-3}}) / (rNa^+ + rCa^{+2} + rMg^{+2})] \quad (4.6)$$

PI oranına göre üç su sınıfı belirlenmiştir. %25'in üzerindeki değerler sınıf I, %25-75 arasındaki değerler sınıf II ve %75'in altındaki değerler sınıf III olarak kabul edilir. Sınıf I ve II sular “uygun sulama suları” olarak tanımlanmaktadır (Ramesh ve Elango, 2012). Çalışma alanında PI değeri %23- 54 aralığında bulunmaktadır. Geçirgenlik indeksi değerlerine bakıldığında genellikle II. sınıf sulara işaret ettiği görülmektedir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. PI değerlerine göre su sınıfları.

Su Sınıfı	PI değeri
I	> % 25
II	% 25- 75
III	< % 75

4.3.8. Magnezyum Tehlikesi (MT)

Son yıllarda sulama sularındaki Mg oranının artması toprağın yapısını bozmaktadır. Farklı çalışmalarda magnezyum içeriği, Magnezyum Adsorpsiyon Oranı (MAR) ve Magnezyum Tehlikesi (MH) adıyla tanımlanmıştır. Sulama sularının MH oranı Szabolcs (1964) tarafından belirlenmiştir. MH değerinin 50 mek/l'den büyük olması halinde bu suların sulama suyu olarak kullanılmasının tavsiye edilmediği belirtilmektedir. MH değeri 50 mek/l'den küçük olan sular sulama için uygundur. Çalışma alanındaki suların MH değerleri 2.8 ile 18.44 değerleri arasında olup, tüm su numuneleri MH oranı bakımından sulama suyu için uygun bulunmuştur. Magnezyum tehlike (MH) değeri aşağıda verilen bağıntı ile bulunmaktadır (Szabolcs, 1964).

$$MH = 100 \times [rMg^{+2} / (rMg^{+2} + Ca^{+2})] \quad (4.7)$$

4.3.9. Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

Toplam çözünmüş madde; katyonlar, anyonlar, ağır metaller, inorganik tuzlar ve suda çözünmüş az miktarda organik maddenin toplamını oluşturur. TDS oranı kayaçların içinde yer alan çeşitli minerallerin çözünürlüğüne, suyun sıcaklığına ve etkileşim süresine dayanır. Bu oran, iletkenlik ile bağlantılı olup, suyun iyonik yükünü, tuzluluğunu veya

kirliliğini ölçmek için kullanılır. Suların TDS değerlerine göre sınıflandırılması Çizelge 4.10'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Suların TDS değerine göre sınıflandırılması (ABD Salinity Laboratory Staff, 1954).

TDS (mg/l)	Sınıf
< 200	Tatlı su
200 - 500	Acı su
500 - 1500	Tuzlu su
> 1500	Çok tuzlu su

Toplam çözünmüş madde, kayaların içinde bulunan çeşitli minerallerin çözünürlüğüne göre değişir. Toplam çözünmüş madde çoğunlukla suyun iyonik yükünü, tuzluluğunu veya kirliliğini değerlendirmek için iletkenlik ile birlikte kullanılır. Çalışma alanındaki suyun toplam çözünmüş madde değeri 149.76 – 468.52 mg/l arasında değişmekte olup, ortalaması 248.885'dir ve “Acı Su” olarak sınıflandırılmaktadır.

4.3.10. Artıksal Sodyum Karbonat (RSC)

Toprağın sızma hızını tahmin etmek için yararlanılan önemli parametrelerden biri RSC oranıdır (Eaton, 1950; Richards, 1954). Suyun Kalıntı Sodyum Karbonat (RSC) miktarı, tarımsal amaçlı suların değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir özelliktir. Artıksal sodyum karbonat, sulama için kullanılan suyun bikarbonat ve karbonat miktarının zararlı olup olmadığını belirlemek için kullanılır (Aghazadeh ve Mogaddam, 2011). Topraktaki aşırı RSC toprakta iyotlaşmaya neden olabileceği için sulama suundaki varlığı sakıncalıdır. İyotlaşma zeminin kimyasal ve fiziksel özelliklerinde olumsuz etkiler yaratır. Bu tip zeminlerde sodyum oranı arttıkça toprağın geçirgenliği azalır ve toprağın havalanması zorlaşır. Toprak ıslanıldığında kayganlaşır, kurduğunda çatlar ve kabuk gibi sert bir yapıya dönüşür (Çuhadar ve Tamgaç, 1994). RSC değerleri aşağıda belirtilen şekilde hesaplanır ve sulama suyu sınıf dereceleri bu verilere göre belirlenir (Çizelge 4.11).

$$RSC = (rCO_3 + rHCO_3) - (rCa + rMg) \quad (4.8)$$

Çizelge 4.11. Sulama suyunun kalıntı sodyum karbonata göre sınıflandırılması (Arıkan, 2007).

Aralık	Değerlendirme	Su Sınıfı
< 1.25	Çok iyi	I
1.25 - 2.5	Orta	II
> 2.5	Kullanılabilir	III

Pozitif (+) RSC oranı, ortamdaki ($Mg^{+2} + Ca^{+2}$) ile birlikte ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$) hariç ortamda başka bir bikarbonat + karbonat olduğunu gösterir. Söz konusu iyonlar Na^+ ile birleşip sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) kompleksini meydana getirebilir. Sonuç olarak,

bu durum çevrede sodyum kaybına yol açabilecek muhtemel CO_3 ve HCO_3 iyonlarının varlığına işaret etmektedir. Negatif (-) RSC değerleri, çevrede sodyumun herhangi bir hasar ihtimalinin bulunmadığı anlamına gelmektedir. Çalışma alanındaki suların RSC değerleri (Ortalama = - 3.1) “çok iyi kaliteye sahip I. Sınıf sular” olduğunu göstermektedir.

4.3.11. Kelly Oranı (KR)

Kelly oranı Kelley (1963) tarafından tarımsal amaçlı kullanılan suların değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Bu oran suyun içeriklerine göre verilmekte ve 1'in altındaki değerler sulama suyu için elverişli kabul edilmektedir. KR'nin 1'den yüksek çıkması suda fazla oranda sodyum bulunduğunu ve sulama suyu olarak kullanımının mümkün görünmediğini belirtir.

$$KR = r\text{Na}^+ / (r\text{Ca}^{+2} + r\text{Mg}^{+2}) \quad (4.9)$$

Çalışma alanındaki suların Kelly oranları 0.025-0.106 arasındadır ve sulama suları açısından kullanılabilir.

4.4. Suların Kimyasal Sınıflandırılması

Hidrolojik sistemlerde suyun kimyasal özelliği, su kompozisyonlarının farklı sınıflara bölünmesi ve kayaçlar ile sulardaki minerallerin arasında kimyasal süreçlere yardımcı olan işleme hidrokimyasal fasiyes denir (Back, 1966). Suda çözünmüş halde bulunan ana anyon ve katyon konsantrasyonları hidrokimyasal fasiyes türünü belirlemektedir.

4.4.1. Schoeller Göre Suların Sınıflandırılması

Schoeller suları (karbonat – bikarbonat), klorür ve sülfat konsantrasyonlarına göre sınıflandırmıştır (Çizelge 4.12).

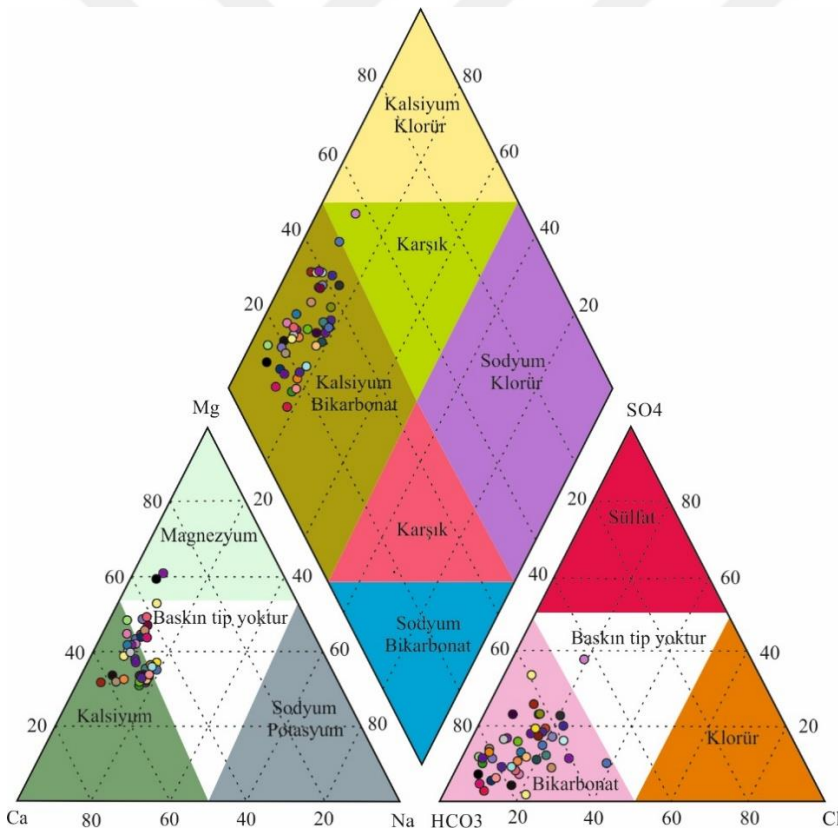
Çizelge 4.12. Schoeller (1955) klorür, sülfat ve karbonat-bikarbonat sınıflandırması.

Klorür sınıflandırması	
Su Tipi	Klorür Değerleri meq/L
Hiperklorürlü Sular	> 700
Klorotalastik Sular	420-700
Klorürce Zengin Sular	140-420
Orta Klorlu Sular	40-140
Oligoklorlu Sular	15-40
Doğal Klorlu Sular	< 15
Sülfat sınıflandırması	
Su Tipi	Sülfat Değerleri meq/L
Hiposülfatlı Sular	> 58
Sülfatlı Sular	24-58
Oligosülfatlı Sular	6-24
Doğal Sülfatlı Sular	< 6
Karbonat-bikarbonat sınıflandırması	
Su Tipi	karbonat-bikarbonat Değerler meq/L
Hiperkarbonatlı Sular	> 7
Doğal Karbonatlı Sular	2-7
Hipokarbonatlı Sular	< 2

Çoğunlukla %50'den yüksek sayıda iyon hidrokimyasal özellik türünü belirler.

4.4.2. Piper Diyagramı

Piper diyagramı, suların genel anyon-kasyon içeriğini dikkate alarak su fasiyeslerini belirlemek için kullanılır. Hidrokimyasal fasiyes konsepti tarihte ilk kez Back (1966) çalışmalarında suların belirli üçgen grafikler üzerindeki izdüşümlerine göre tanımlanmıştır. Bu kavrama göre, anyonlar ve kasyonlar bağımsız olarak dikkate alınarak, mek/l bazında suda çözünmüş ana iyonların %50'sinden fazla olan iyonlar hidrokimyasal fasiyes türünü gösterir. İnceleme alanındaki yüzey sularının hidrojeokimyasal fasiyeslerini belirlemek için, su örneklerinin analiz sonuçları Piper Diyagramı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.4). Ortaya çıkan bulgulara dayanarak su örnekleri çoğunlukla Ca-Mg-HCO₃-SO₄, Ca-Mg-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃ (4 örnek) ve yalnızca bir örnek Ca-Mg-HCO₃-Cl su fasiyesinde tespit edilmiştir. GK3, GK16, GK17, GK23, GK31, GK34, GK38 ve GK42 su örnekleri Mg-Ca-HCO₃ su fasiyesindedirler ve kalan örnekler başka özellikler göstermişlerdir. Bu örneklerin yüksek Mg içeriği, bu bölgede yaygın olan serpantinlerden dolayı meydana gelen kaya-su etkileşiminin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

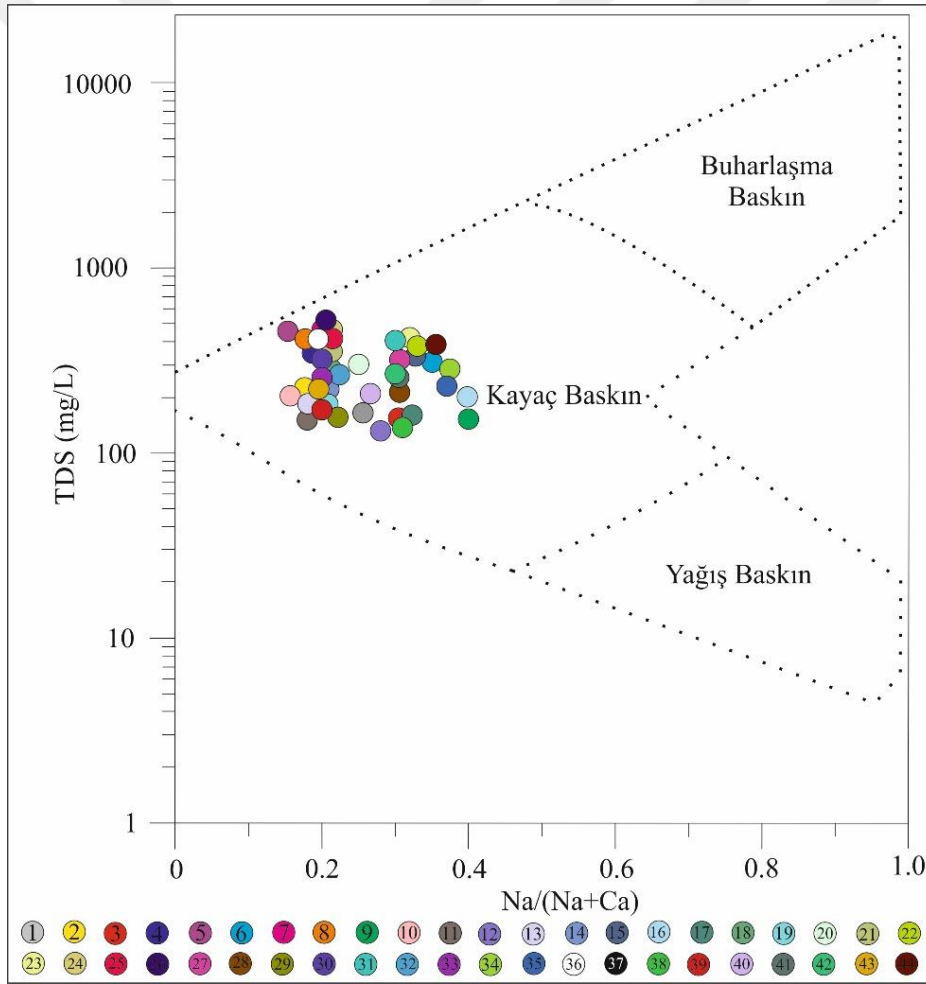


Şekil 4.4. Piper diyagramı

4.4.3. Gibbs Diyagramı

Suyun yapısındaki bileşimi ve kökenini tanımlamak ve su bileşimi ile akifer litolojik özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için Gibbs diyagramları kullanılmaktadır (Gibbs 1970, Aksever vd. 2016). Bunun için, su örneklerinin

Na+K/Na+K+Ca (katyon) oranları ve TDS değerleri, çalışma alanındaki suyun bileşimini ve kaynağını belirlemek için kullanılmıştır (Şekil 4.5). Jeolojik formasyonlar, su-kayaç etkileşimi ve iyonların nispi taşınabilirliği, yüzey ve yeraltı sularının jeokimyasını etkileyen başlıca faktörlerdir (Yousef vd., 2009; Varol ve Davraz, 2014). İnceleme alanından alınan su örnekleri Gibbs diyagramında "Kayaç Baskın" kategorisinde yer almıştır. Buna göre, çalışma alanındaki suların kimyasını kontrol eden ana faktör kaya-su etkileşimidir. İncelenen su numunelerinin yapılan analiz değerlerine göre kalsiyum ve bikarbonat iyonları suda baskın olarak bulunmuştur. Su içerisindeki kalsiyumun kaynağı aragonit, anhidrit, kalsit, jips ve dolomittir. Doğal sularda karbonat derişimi, suyun derinliklerindeki karbondioksitin basıncına ve pH değerine göre değişmektedir. Buna göre, (I) pH değerleri 6-10 arasında ise bikarbonat sudaki egemen iyon olacaktır, (II) Eğer pH değerleri 3,8 veya daha düşükse karbonik asit (H_2CO_3) sudaki baskın iyon haline gelir, (III) ayrıca, pH değerleri 8 ve daha yüksek olan alkali sularda karbonat ağırlıklı iyon olacaktır (Nicholson, 2012). İnceleme alanından alınan su örneklerin Ph değerleri 8'in altında tespit edilmiştir.

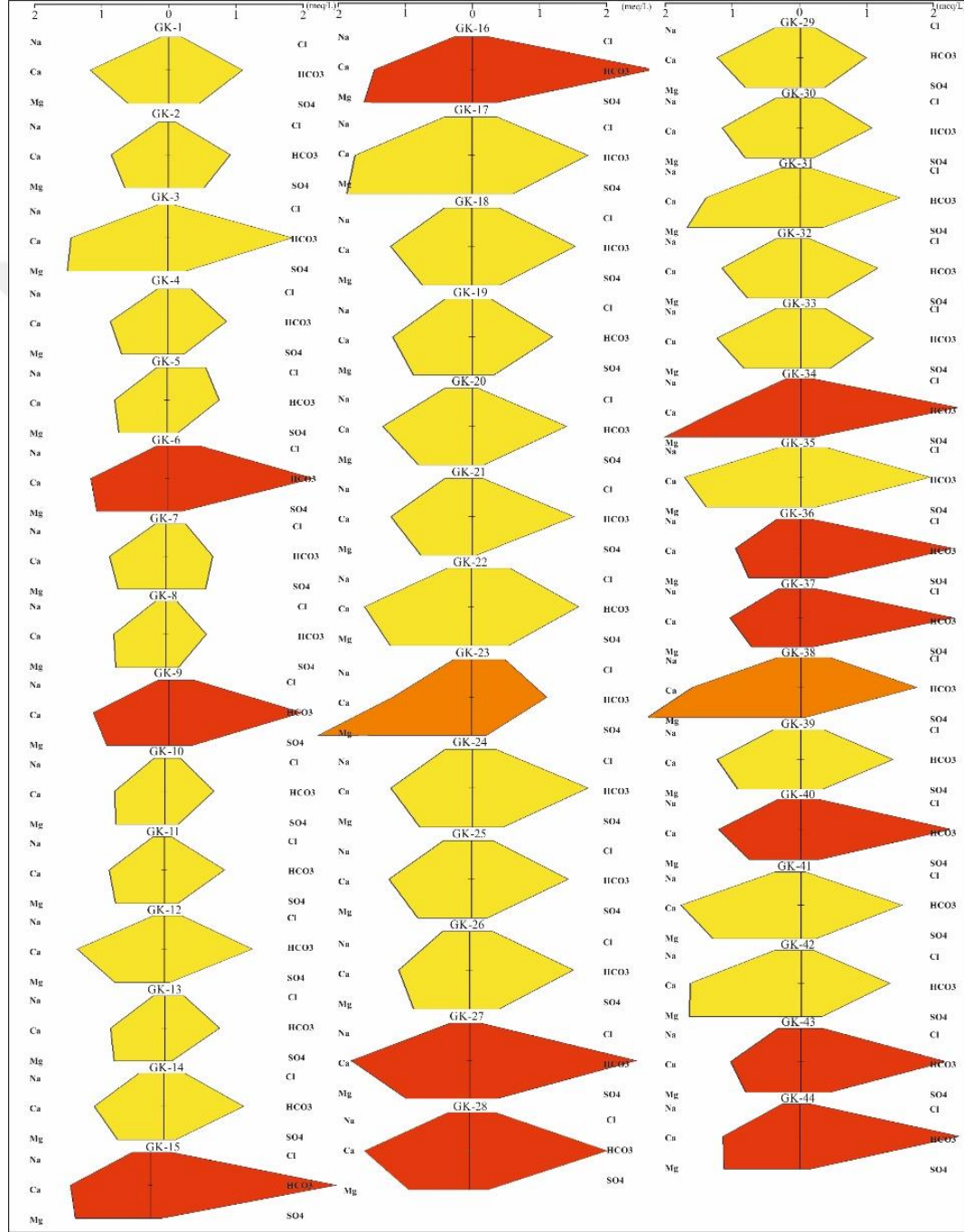


Şekil 4.5. Gibbs diyagramı

Bu sonuçlara göre, Göynük Kanyonuna ait olan sularda bikarbonat (HCO_3) baskın iyon türüdür.

4.4.4. Stiff Diyagramı

Stiff diyagramında, su örneklerinin çoğu neredeyse aynı poligonal şekillerini göstermiştir (Şekil 4.6). Ayrıca, bazı su örneklerinde nispeten yüksek magnezyum ve bikarbonat konsantrasyonları tespit edilmiştir. Stiff diyagramları, genelde yüksek katyon ve anyon derişimlerine sahip olan su örneklerinin arasında detaylı bir görsel karşılaştırma yapmak için kullanılır (Nawrin vd., 2022).



Şekil 4.6. Stiff diyagramı

4.5. Su örneklerinin kalite değerlendirmeleri

Türkiye'deki tüm yeraltı ve yerüstü su rezervlerinin nitelikleri ve sınıflandırmaları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2008) tarafından tanımlanan kalite kriterlerinin standart değerlerine göre yapılmaktadır. İnceleme alanındaki yüzey sularının kalite özelliklerini belirlemek için kıtasal su kaynakları sınıflarına göre kalite kriterleri standart değerleri kullanılmıştır. İnceleme alanına ait yüzey sularının kalitesini değerlendirmek amacıyla, su numunelerinin fiziksel özelliklerinin ardından kimyasal ve inorganik kirlilik değerleri de incelenmiştir. İnceleme sahasındaki su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz değerleri Çizelge 4.3'de sunulmuştur. Numunelerin ağır metal ve azot türevleri analiz değerleri ise Çizelge 4.13'te verilmiştir. Çalışma alanındaki yüzey suları su kirliliği kontrol yönetmeliği açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.13. Yüzey sularının ağır metal ve azot türevlerinin analiz sonuçları.

Örnek No.	NO3 mg/l	NH4 mg/l	Al mg/l	Zn mg/l	Se mg/l	S mg/l	As mg/l	Fe mg/l	Cr mg/l	Ni mg/l
GK-1	0.112	0.012	0.021	0.077	0.075	0.054	0.001	0.072	0.082	0.007
GK-2	0.025	0.009	0.034	0.084	0.076	0.023	0.001	0.073	0.079	0.002
GK-3	0.376	0.002	0.022	0.081	0.076	0.019	0.004	0.075	0.077	0.006
GK-4	0.073	0.003	0.037	0.087	0.089	0.048	0.003	0.072	0.083	0.002
GK-5	0.121	0.014	0.016	0.077	0.083	0.037	0.005	0.072	0.085	0.008
GK-6	0.017	0.017	0.018	0.091	0.094	0.042	0.055	0.078	0.053	0.011
GK-7	0.043	0.001	0.035	0.080	0.074	0.041	0.004	0.072	0.081	0.008
GK-8	0.209	0.005	0.018	0.084	0.105	0.035	0.003	0.073	0.088	0.016
GK-9	0.403	0.002	0.035	0.088	0.074	0.032	0.009	0.076	0.079	0.004
GK-10	0.105	0.003	0.017	0.084	0.076	0.029	0.001	0.072	0.081	0.002
GK-11	0.047	0.018	0.022	0.088	0.071	0.064	0.005	0.072	0.081	0.012
GK-12	0.907	0.014	0.037	0.091	0.098	0.029	0.004	0.073	0.082	0.004
GK-13	0.205	0.023	0.016	0.127	0.076	0.038	0.004	0.072	0.082	0.014
GK-14	0.203	0.019	0.027	0.093	0.083	0.077	0.002	0.072	0.081	0.029
GK-15	0.303	0.005	0.021	0.084	0.085	0.049	0.003	0.077	0.012	0.028
GK-16	0.461	0.006	0.019	0.098	0.091	0.049	0.005	0.072	0.052	0.021
GK-17	0.307	0.002	0.029	0.096	0.087	0.052	0.003	0.071	0.092	0.022
GK-18	0.048	0.001	0.019	0.085	0.104	0.054	0.002	0.072	0.082	0.019
GK-19	0.059	0.001	0.018	0.087	0.083	0.053	0.001	0.072	0.081	0.029
GK-20	0.095	0.006	0.021	0.084	0.072	0.036	0.008	0.072	0.086	0.033
GK-21	0.142	0.002	0.019	0.088	0.066	0.043	0.002	0.072	0.083	0.026
GK-22	0.418	0.011	0.022	0.089	0.089	0.068	0.001	0.078	0.033	0.021
GK-23	0.111	0.009	0.019	0.093	0.089	0.048	0.051	0.073	0.047	0.026
GK-24	0.957	0.005	0.019	0.148	0.088	0.055	0.002	0.073	0.081	0.032
GK-25	0.062	0.004	0.021	0.087	0.075	0.052	0.001	0.072	0.081	0.027
GK-26	0.037	0.001	0.018	0.085	0.086	0.056	0.009	0.072	0.082	0.036
GK-27	0.069	0.001	0.025	0.092	0.064	0.043	0.051	0.072	0.059	0.025
GK-28	0.541	0.002	0.019	0.068	0.081	0.055	0.002	0.079	0.091	0.036
GK-29	0.521	0.001	0.019	0.077	0.085	0.066	0.001	0.073	0.082	0.026
GK-30	0.391	0.003	0.018	0.080	0.087	0.059	0.009	0.072	0.081	0.037
GK-31	0.881	0.009	0.018	0.086	0.093	0.044	0.005	0.072	0.066	0.025
GK-32	0.961	0.001	0.019	0.081	0.088	0.059	0.002	0.072	0.081	0.016
GK-33	0.051	0.001	0.018	0.081	0.069	0.045	0.001	0.072	0.081	0.032
GK-34	0.109	0.013	0.027	0.086	0.082	0.032	0.002	0.072	0.031	0.029
GK-35	0.105	0.024	0.019	0.081	0.081	0.052	0.002	0.075	0.058	0.026
GK-36	0.432	0.014	0.018	0.087	0.068	0.041	0.002	0.072	0.079	0.031
GK-37	0.031	0.003	0.019	0.089	0.076	0.048	0.002	0.072	0.081	0.021
GK-38	0.056	0.005	0.019	0.083	0.071	0.044	0.003	0.072	0.084	0.028
GK-39	0.402	0.001	0.018	0.092	0.099	0.043	0.006	0.072	0.081	0.018
GK-40	0.702	0.001	0.023	0.081	0.077	0.045	0.001	0.072	0.081	0.032
GK-41	0.081	0.013	0.018	0.088	0.085	0.046	0.001	0.071	0.062	0.029
GK-42	0.281	0.002	0.021	0.085	0.076	0.046	0.001	0.073	0.094	0.022
GK-43	0.001	0.008	0.015	0.084	0.088	0.050	0.001	0.072	0.081	0.047

Çizelge 4.13. Devam.

GK-44	0.293	0.004	0.019	0.084	0.081	0.043	0.001	0.076	0.097	0.027
TS266 (2005) mg/l	0,02	0,5	0,2	0,05	0,001	0,2	0,05	1	0,01	0,2
WHO (2011) mg/l	0,07	0,2	0,2	0,4	0,006	0,2	0,4		0,01	0,07
Class I	0,002	5	0,3	0,02	0,003	0,3	0,002	0,02	0,3	0,02
SKKY Class II	0,01	10	0,3	0,05	0,005	0,3	0,002	0,05	1	0,05
mg/l Class III	0,05	20	1	0,2	0,01	1	0,01	0,1	5	0,2
Class IV	> 0,05	> 20	> 1	> 0,2	> 0,01	> 1	> 0,1	> 0,1	>5	> 0,2

Su örneklerinde görülen yüksek bikarbonat konsantrasyonları, çalışma alanındaki egemen kireçtaşı kayalarıyla ilişkili olabilir. Göynük deresi kanyonundan alınan su numunelerinin analiz değerleri ile ilgili yönetmelikte belirtilmiş olan standart değerlerle kıyaslanmıştır. Bu doğrultuda su numunelerinin tamamının selenyum ve arsenik değerleri nedeniyle “II. ve III. su kalite sınıfında” olduğu tespit edilmiştir.

4.5.1. Su Kalite İndeksi (WQI)

Nüfusun ve kentleşmenin hızla artması nedeniyle su kalitesinin gözetimi, günümüzde gelişen ülkeler için en önemli konulardan biridir (Sim ve Tai, 2018). Yüzeysel suların kalitesi (özellikle kentsel alanlarda) insan sağlığını ve ekolojik sistemlerini etkileyen çok önemli bir faktördür. Endüstriyel, evsel, kanalizasyon ve tarımsal atıklardan gelen birçok kirlenici nehirlerle ve şehirlerden geçen kollarına deşarj edilmektedir (Qadir vd., 2018). Yüzeysel suların kalitesinin ölçülmesi, hem halk sağlığı (içme suyu) hem de akuatik yaşam (su sınıfı) için çok önemlidir (Quyang, 2005; Bilgin, 2018). (Mansouri vd., 2022) göre, su kalite indeksi değerlendirme süreci genellikle dört aşamadan oluşur: (1) parametre tanımlaması, (2) temel indeks geliştirilmesi, (3) ağırlık tayini ve (4) ağırlıklı alt indekslerin hesaplanması (Ullah vd., 2022). Bu çalışmada su kalitesi indekslerinin hesaplanması için Brown vd., (1972) tarafından geliştirilen ağırlıklı aritmetik indeks yöntemi kullanılmıştır. Bu indeks hesaplamak için dokuz parametre EC, pH, TH, TDS, Mg, Ca, F, Fe ve bulanıklık değerleri kullanılmıştır. İndeksin hesaplanması için gereken parametreler aşağıdaki bağıntılara göre hesaplanmıştır.

$$RW = \frac{AW}{\sum AW} \quad (4.10)$$

RW1 = Her bir parametrenin ağırlık oranı,

AW2 = her bir parametreye verilen ağırlıktır,

$$Q_i = (C_i - S_i) * 700 \quad (4.11)$$

$$Q_i = (C_i - V_i) * 700 \quad (4.12)$$

Q_i: kalite düzeyi; **C_i**: laboratuvarında her bir parametreden elde edilen miktar; **S_i**: Küresel içme suyu standardında bildirilen miktar, **V_i**: Ph için en uygun değer.

$$S_{li} = RW * Q_i \quad (4.13)$$

$$WQI = \sum W_i Q_i \quad (4.14)$$

Sonuç olarak, incelenen örneklerin su kalite koşulları, su kalite indeksinin genel sınıflandırmasına göre belirlenmiştir (Brown vd., 1972). Su örneklerinin ortalama su

kalite indeks değeri (9,67) olarak bulunmuştur ve bu da bölgedeki suların mükemmel kalitede sular olduklarını göstermektedir (Çizelge 4.14).

4.6. Su örneklerinin kullanım özellikleri

İnceleme alanındaki dere suları bölgedeki yaşayan insanlar tarafından içme ve sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle inceleme alanındaki yüzey sularının kullanım karakteristikleri değerlendirilirken suların içme ve sulama suyu özelliği vurgulanmıştır.

Çizelge 4.14. Su kalitesi indeksi sınıflandırması.

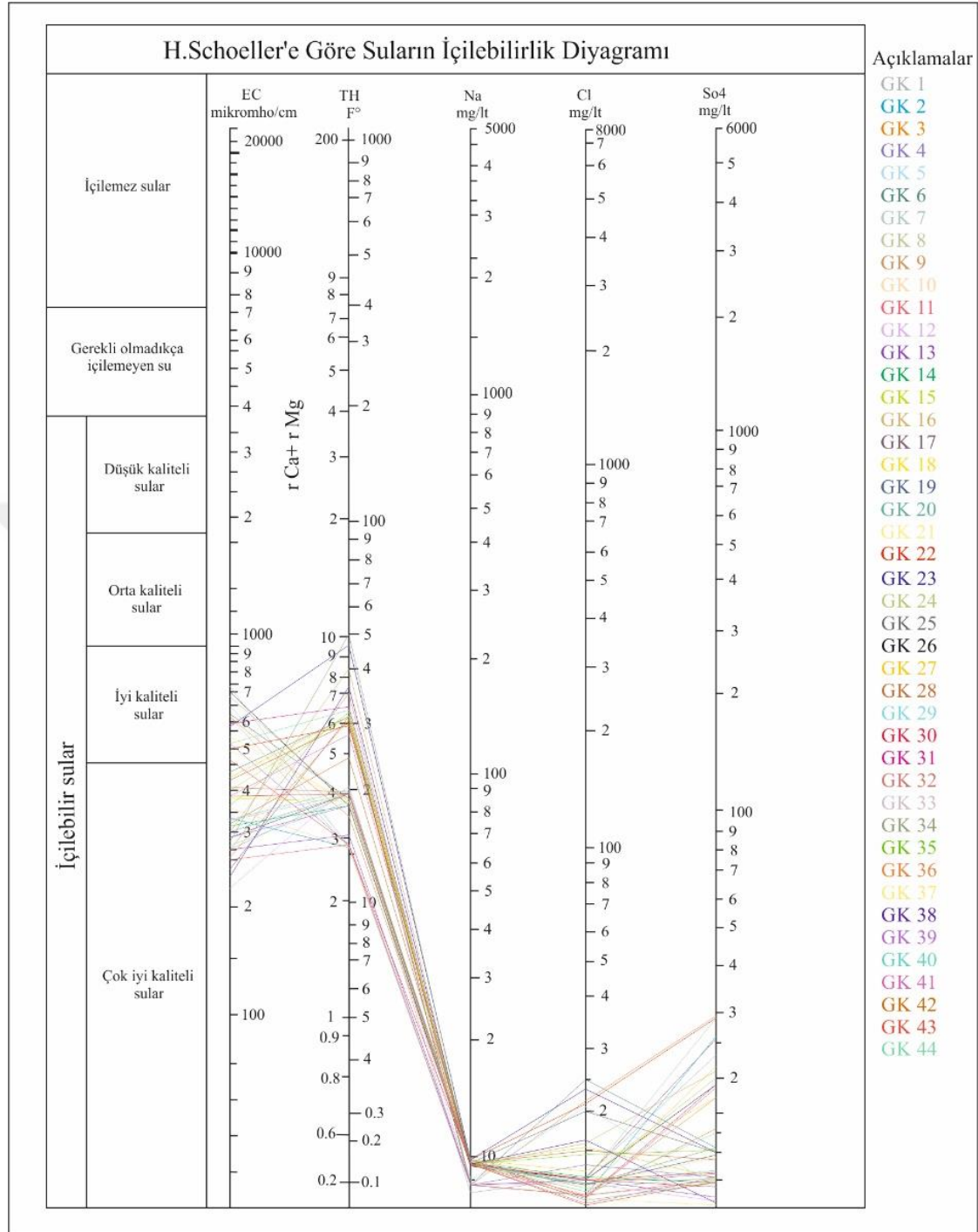
Su kalite indeksi değerleri	Su kalite durumu
0-25	Mükemmel
26-50	İyi
51-75	Zayıf
76-100	Çok zayıf
> 100	Tüketim için uygun değil

4.6.1. Suyun içme suyu olarak kullanılabilirliği (Schoeller)

Genel olarak içme suyu rengi olmayan, kokmayan, şeffaf ve insan sağlığına olumsuz etki edebilecek mikrobiyolojik ve kimyasal kirletici maddelerden arındırılmış olmalı, ayrıca insan sağlığı açısından gerekli mineralleri uygun ve dengeli oranlarda içermelidir. İçmesuyu içerisinde bulunan kirleticiler gerek kısa gerekse uzun süreli dönemlerde ciddi sağlık risklerine yol açabilmektedir. Bunun için içme suyu kriterlerine yönelik birçok ulusal ve uluslararası standartlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada, suyun içme suyu olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla TS266 (2005) ve WHO (2011) tarafından geliştirilen limit değerleri esas olarak alınmıştır. Schoeller, suların içilebilirlik durumlarını tespit etmek amacıyla suları üç sınıfa ayırmıştır (içilemez, çok gerekli olmadıkça içilemez ve içilebilir) ve suyun sınıfı beş farklı parametre (sertlik, EC, Cl, SO₄ ve Na) ile kontrol edildiğini belirlemiştir. Suların sertlik, EC, Cl, SO₄ ve Na değerlerine bağlı olarak sınıflandırılmasına göre; 1 örneğin (GK34) "orta kalite su" sınıfında olduğu, diğer örneklerin büyük bir kısmı (GK3, GK4, GK5, GK7, GK8, GK9, GK15, GK16, GK17, GK21-GK28, GK30, GK31, GK35-GK38, GK41, GK42 ve GK44) "iyi kalite su" sınıfında olduğu, diğerlerinin ise "çok iyi kalite su" sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki dere sularının Schoeller içilebilirlik diyagramları Şekil 4.7'de verilmiştir.

4.6.2. Suyun sulama suyu olarak kullanılabilirliği

İnceleme sahasındaki Göynük dere suyunun sulama için uygunluğunu tespit etmek amacıyla, SAR ve EC verilerine dayanarak sular kategorize edilmiştir. Buna ek olarak, sulama için su kullanılabilirliğini değerlendirmek için ABD tuzluluk laboratuvar diyagramı ve Wilcox diyagramı kullanılmıştır. ABD tuzluluk laboratuvar diyagramında suların EC ve SAR verileri kullanılırken, Wilcox diyagramında EC ve %Na değerleri kullanılmıştır.



Şekil 4.7. Göynük yüzey sularının Schoeller İçilebilirlik diyagramı

4.6.3. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Suların sulama suyu amaçlı kullanımını değerlendirmek için son derece sıklıkla kullanılan diyagramlardan biri ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramıdır. Bu diyagramda SAR ve EC değerlerine ilişkin 16 ayrı kategori söz konusudur. ABD tuzluluk laboratuvar diyagramının sınıflandırılması için su örneklerinin EC ve SAR değerleri kullanılmıştır. Çalışma alanından alınan örneklerin tamamının C2S1 sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

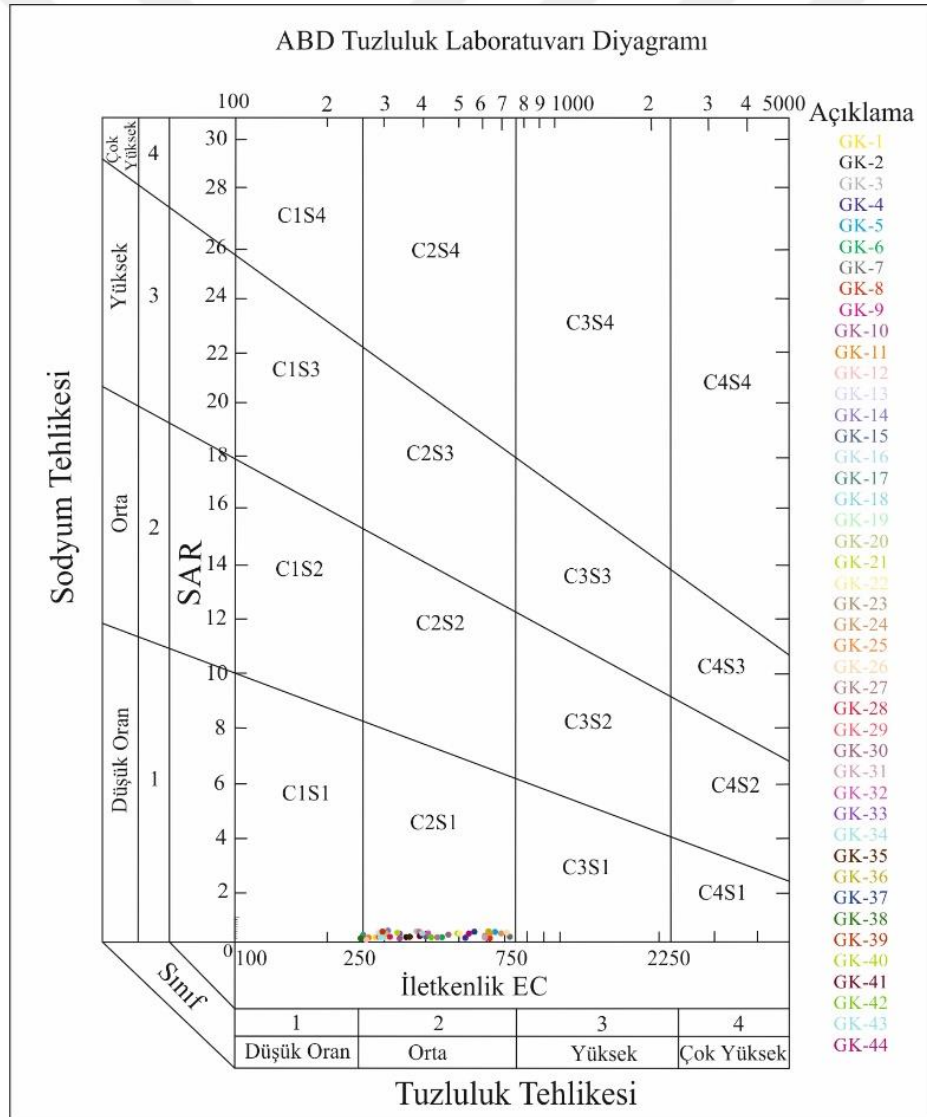
(Şekil 4.8). Bu sınıflandırmaya göre Göynük Dere su kaynakları genel olarak tüm sulama aktivitelerinde kullanılabilir özellikte sulardır.

4.6.4. Wilcox Diyagramı

Suyun tarımsal sulamada kullanılabilirliğini belirlemek için uygulanan bir başka yöntem de Wilcox diyagramıdır. Wilcox diyagramı, suların EC ve sodyum yüzdesi değerlerinden yararlanılarak yapılmıştır. Bu diyagrama göre suların sulama dereceleri beş kategoriye ayrılmıştır. Wilcox diyagramına göre inceleme sahasındaki suların tamamı ‘çok iyi’ su sınıfında yer almaktadır (Şekil 4.9).

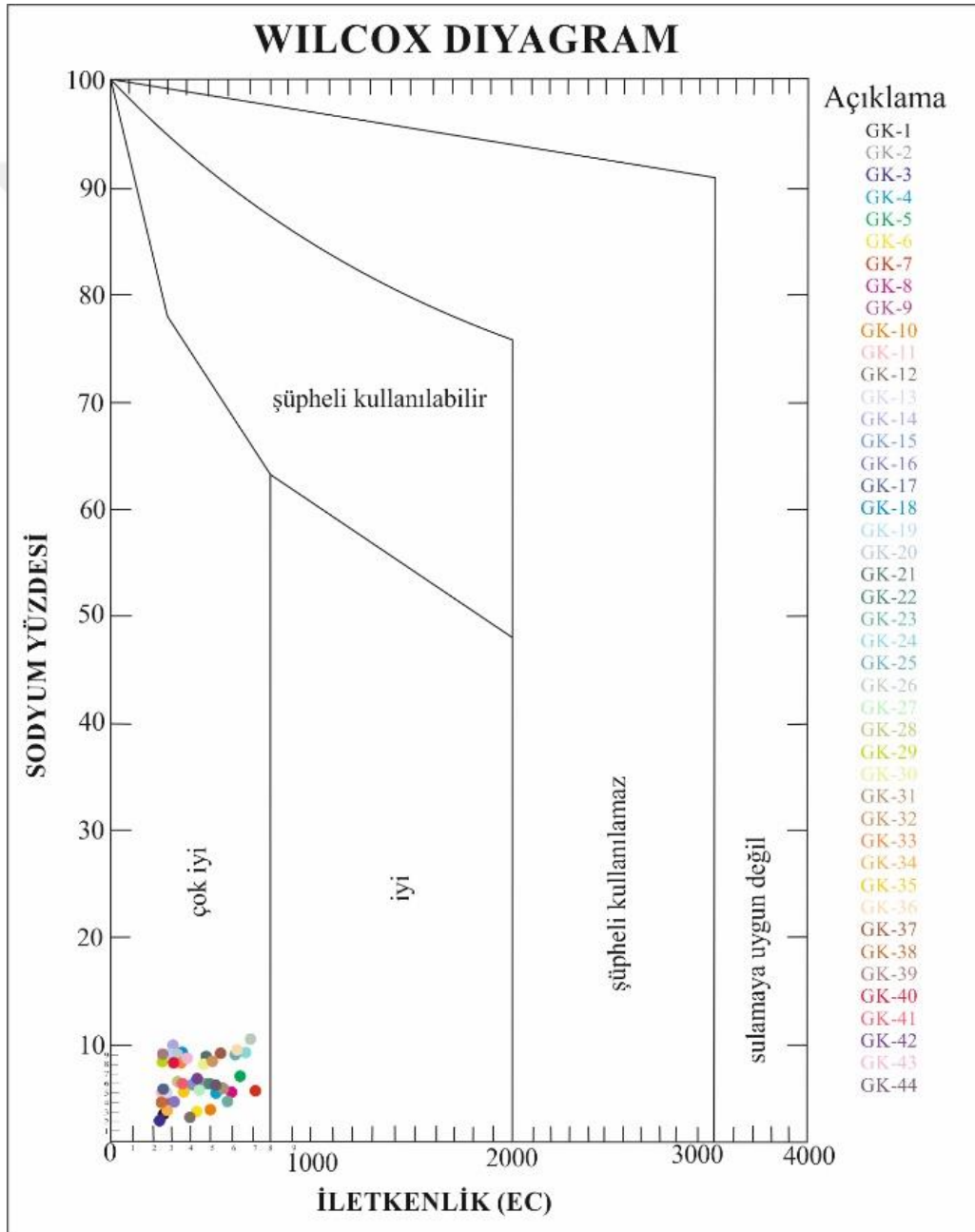
4.7. Su örneklerinin kirlilik araştırmaları

Bilindiği gibi insanların yaptıkları aktiviteler gerek yüzey gerek yeraltı doğal su kaynaklarının kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Yüzeysel sularda açıkça görülen bu etkiler, aynı zamanda yeraltı suları için de önemli bir tehdit oluşturmaktadır.



Şekil 4.8. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

Yüzey sularında kirliliğe neden olan faktörler jeolojik ve insan kaynaklı olmak üzere iki şekilde değerlendirilmektedir. Jeolojik kaynaklı kirleticiler, yeraltı ve yüzey suların aralarından geçtikleri çeşitli kayalardan aldığı elementlerin etkisiyle meydana gelen kirliliklerdir. Suda çözünen elementlerin oranı etkileşim süresine ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Günümüzdeki yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olan en önemli faktör katı-sıvı atıklar, tarımsal faaliyetler ve çeşitli sanayi kuruluşlarının neden olduğu antropojenik kirlilik, diğer bir ifadeyle insan faaliyetlerinden kaynaklanan kirliliklerdir. Göynük Kanyonundan alınan örneklerin kirlilik parametrelerinin tespiti için azot türevleri ve ağır metal analizleri yukarıda (Bkz. Çizelge 4.13) verilmiştir.



Şekil 4.9. Wilcox diyagramı

4.8. Ağır Metaller

Doğada bulunan su kaynaklarında ana iyonların yanı sıra ikincil ve üçüncül bazı iyonlar da bulunmaktadır. Yer kabuğunda tabii haliyle bulunan ağır metallerin konsantrasyonları normal şartlar altında çok az miktarda bulunmaktadır. Su veya sedimanlardaki ağır metallerin belirlenen düşük derişimleri hiçbir canlı için veya ortam için ciddi bir risk veya tehdit oluşturmamaktadır. Fakat bu metallerin çözünebilir türleri canlılar için çoğunlukla toksik etkiye sahiptir. Karbonat, metamorfik ve volkanik kayalar sularda bulunan ağır metallerin artmasına neden olabilir. Doğal sularda bulunan ağır metaller, iz elementler olarak adlandırılan üçüncül elementlerdir. Bu metaller, kaya-su etkileşiminden veya atıklar ve tarımsal aktiviteler gibi çeşitli antropojenik faktörlerden dolayı doğal sularda bulunabilir. Örneğin bölgede uygulanan zirai ilaçlar ve gübreler gibi antropojenik kaynaklı kirleticiler sudaki ağır metal oranlarını yükseltebilir. Bu metaller yapı itibarıyla genellikle yeryüzünde oksitler, karbonatlar, sülfidler ve silikatlar şeklinde veya silikatlar içinde kararlı bileşikler olarak bulunurlar. Sudaki ağır metallerin varlığı, suyun etkileşime girdiği kaya veya mineral bileşimi ile ilgili bilgi sağlar.

Bu metallerden bazıları (As, Al, Fe, Cr, Zn ve Ni) özetle aşağıda belirtilmiş ve WHO (2011) standartları ve TS266 (2005) ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

4.8.1. Alüminyum (Al)

Yerkabuğunda yüksek oranda bulunmasına rağmen (%8,6), düşük çözünürlüğü nedeniyle yüzey sularında düşük seviyelerde mevcuttur. Su içerisinde alüminyumun varlığına ilişkin bilgiler, özellikle su ve maden yataklarının kökeni açısından fikir edinilmesi bakımından önemlidir (Şahinci, 1991). Türkiye İçme Suyu Standartları'na (TS266, 2005) göre sudaki Al sınır değerleri 200 µg/l olarak kabul edilmiştir. Çalışma bölgesindeki su kaynaklarının Al içeriği 0.015 – 0.037 mg/l değerleri arasında olduğu görülmektedir. Çalışma alanındaki sularda Al iyonunun görülmesi kaya-su etkileşimi ile bağlantılı görülmektedir.

4.8.2. Arsenik (As)

Arsenik, biyosferde yaygın olarak bulunan bir metaloidtir. Enerji üretimi için fosil yakıtların yakılması ve demir dışı metallerin eritilmesi, çevrenin kirlenmesine yol açan iki önemli süreçtir, özellikle de bu element için atmosferik kirlilik kaynağıdır. Arseniğin 200'den daha fazla mineral tipi bulunabilir. Arsenik, Ag, Au, Co, Cu, Co, Ni ve Fe gibi elementlerin bulunduğu hidrotermal damarlarda, Ni-Cu sülfid çökellerinde, belirli uranyum damarlarında, fosfatlı kayalarda, kumtaşlarında ve bakırlı şeyl yataklarında bulunabilir. Arsenik elementi suda kolay çözünmez, oysa inorganik arsenik tuzu pH ve iyonik ortama göre çözünebilir. As'ın diğer kaynakları arsenik pestisitler, ahşap koruyucuların üretiminde kullanılan kromatlı bakır arsenat gibi kimyasallardır (Sobhanardakani vd., 2017). Arsenik, son derece düşük maruziyet seviyelerinde bile insan kanserojeni olarak bilinir ve insanlar için olası hiçbir yararlı metabolik işlevi yoktur. As'ın insan sağlığı üzerindeki bazı önemli etkileri arasında ateş, iştahsızlık, sıvı kaybı, saç dökülmesi, guatr, baş ağrısı, iyileşme bozukluğu, uçuk, kas spazmları, boğaz ağrısı, halsizlik ve özellikle böbrek ve karaciğer hasarı yer almaktadır. Havzadaki kayaların ayrışmasına, akifer içerisindeki sediman ve su seviyesi arasındaki iyonların absorpsiyonu ve desorpsiyonuna, yeraltı suyunda bekleme zamanına, reaktif organik maddenin

varlığına ve kaynak suyunun bileşimine bağlı olarak sudaki arsenik konsantrasyonları değişebilir (Verma vd., 2016). Bununla birlikte, Arsenik içeren pestisitlerin kullanımı toprakta ve infiltrasyon yoluyla suyun içeriğinde tehlike yaratır. TS266 (2005) ve WHO (2011) tarafından belirlenen içme suyu limitlerinde As değeri 0,01 mg/l'dir. Çalışma alanındaki su örneklerinin As derişimi 0,001 - 0,009 mg/l değerleri altında değişmekte olup içme suyu limit değerini geçmemektedir. Düşük seviyede As maruziyeti bulantı ve kusma, kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin üretiminde azalma ve karın ağrısı gibi bazı olumsuz sağlık etkilerine neden olabilir. Bu metale uzun süre maruz kalmak ise avuç içi tabanlarında küçük nasırların ortaya çıkmasına ve cildin kararmasına neden olmaktadır (Yari ve Sobhanardakani, 2016; Sobhanardakani vd., 2018).

4.8.3. Krom (Cr)

Magmatik kayalarda krom oranı 100 mg/l'ye, kireçtaşlarında 10 mg/l'ye, şeyllerde 100 mg/l'ye, mafik kayalarda 200 mg/l'ye ve kumtaşlarında 35 mg/l'ye kadar ulaşabilir. Krom, düşük pH değerlerine sahip tabii su kaynaklarında oldukça düşük oranlarda bulunmaktadır. Krom miktarı için sınır değerleri WHO (2011) ve TS266 (2005) tarafından 0,05 mg/l (50 µg/l) olarak belirlenmiştir. Çalışma bölgesindeki Göynük sularındaki Cr oranı 0.0038 – 0.081 mg/l olarak tespit edilmiştir ve GK-14 numunesi dışında standart değerlere uygun bulunmuştur (Çizelge 4.13).

4.8.4. Demir (Fe)

Yeryüzü kabuğunda çok yoğun bir şekilde var olan demirin jeokimyasal nitelikleri oksijen, sülfür ve karbon ile güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Fiziksel ve kimyasal bozunma, sedimentasyon, diyajenez ve redoks reaksiyonlarındaki kayalarda demir oranını değiştirir. Kömür, linyit, turba gibi karbonlu kayalardan beslenen sulara asit ve organik maddeler sebebiyle yüksek oranda demir iyonları gözlenebilir. Kireçtaşları ve dolomitlerden oluşan suların pH'ı çoğunlukla 7'den yüksek olduğundan, oldukça düşük demir iyonu içermektedirler (Şahinci, 1991). İçme suyu standartlarının demir için belirlediği sınır değerleri TSE266 (2005)'ye göre 0,05 mg/l, WHO (2011)'e göre ise 0,01 mg/l'dir. İnceleme bölgesindeki suların demir içeriği 0,01 - 0,046 mg/l aralığında değişmektedir (Çizelge 4.13).

4.8.5. Nikel (Ni)

Nikel çoğunlukla ultrabazik ve bazik kayalarda bulunan bir mineraldir. Bununla birlikte, asidik kayalarda da oldukça düşük oranlarda bulunur. Nikel sedimenter kayalardaki kayraktaşlarında 68 ppm, karbonatlı kayalarda 20 ppm, kumtaşlarında 2 ppm, siyah şeyllerde 50-200 ppm, toprakta 30 ppm, şeyllerde ise 70 ppm arasında bulunur (Şahinci, 1991). Nikel, içme suyu ile temas eden boru ve tesisatlardan da sızabilir. Nikelin bilinen bir biyolojik işlevi olmamasına rağmen, orta derecede toksiktir. Nikel doğada doğal olarak veya insan faaliyetleri sonucunda bulunabilir. Nikelin organik türü inorganik türüne göre daha toksiktir (Kartal vd., 2004; Şahinci, 1991). Ni için TS266 (2005) içme suyu standardındaki sınır değeri 20 µg/l, WHO (2011) değeri ise 0.07 mg/l'dir. Çalışma alanındaki dere sularının Ni derişimleri 0.002 – 0.04 mg/l arasında olduğu görülmüştür (Bkz. Çizelge 4.13). Su numunelerinin çoğu TS266 içme suyu standart değerlerini aşmıştır.

4.8.6. Çinko (Zn)

Yer kabuğunda bakır ya da nikel ile yaklaşık eşit oranda çinko bulunmaktadır, bu nedenle yaygın olarak görülmektedir. Ancak çinkonun tek bir belirgin oksidasyon hâli vardır, o da Zn^{+2} 'dir ve doğal sulara diğer iki metale göre daha çok çözünmeye meyillidir. Antropojenik olarak pestisitlerin (böcek ilaçları, mantar ilaçları) kullanımı, yüzey sularına giren kömür tozu, sülfidlerin yıkanmasından kaynaklanan asit maden suları ve sanayi atıklarından dolayı çinko kirliliği meydana gelir. Yüzeysel sulardaki çinko kirliliğinin üç önemli nedeni vardır. Birincisi sülfürlerin yıkanması sonucu oluşan asit maden suları, ikincisi demir çelik endüstrisi ve kalan sanayi kalıntılarının sulara karıştırılması, üçüncüsü ise kömür ve kül küllerinin yüzey sularına bulaşmasıdır (Şahinci, 1991). WHO (2011) standardında Zn için sınır değeri 3 mg/l olarak belirtilmiştir. Çalışma alanındaki tüm suların Zn içeriği 0.001 – 0.0092 mg/l aralığında olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.13).

4.8.7. Kurşun (Pb)

Kurşun, özellikle küçük çocuklar başta olmak üzere ciddi olumsuz sağlık etkilerini ortaya çıkarabilen ve dünya genelinde önemli bir çevresel sağlık riski olarak kabul edilen bir ağır metaldir (Sobhanardakani vd., 2018). Kurşun böbreğe zarar verebilir ve zayıf üreme kapasitesi, bozulmuş organ fonksiyonu, tümörler, kan basıncı ve karaciğer anormallikleri gibi kronik toksisite semptomlarına neden olabilir. Ayrıca Pb, nörotransmitter salınımına ve sinaps oluşumuna müdahale ederek beyin aktivitesini de etkileyebilir. Pb boyanın kazara yutulması, trafik egzoz dumanının solunması ve Pb ile kirlenmiş gıdaların tüketilmesi yoluyla Pb'ye maruz kalınması, öğrenme güçlüklerine, hiperaktiviteye, yavaş büyümeye, işitme bozukluğuna ve antisosyal davranışlara neden olabilir (Sobhanardakani vd., 2017). Bazı su örneklerindeki Pb'nin ana kaynağı atmosferik birikim ve açık denizden gelen deniz akıntısı olabilir.

4.8.8. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum toprakta doğal olarak bulunan çok zehirli bir elementtir, ancak insan faaliyetleri nedeniyle çevreye de yayılır ve daha sonra gıda zincirleri yoluyla insan vücuduna geçebilir. Bu nedenle, gıdaların tüketilmesi insanlarda Cd'ye maruz kalmanın birincil yoludur. Bu elementin düşük seviyelerine uzun süre maruz kalmak böbreklerde birikime ve olası böbrek hastalığına, kırılabilir kemiklere ve akciğer hasarına yol açar. Uzun süreli Cd maruziyeti ise hipertansiyon, artrit, anemi, kardiyovasküler hastalık, diyabet, hipoglisemi, baş ağrısı, osteoporoz, böbrek hastalığı ve özellikle kansere neden olmaktadır. Cd'nin diğer önemli etkileri arasında kadın üreme sistemi üzerindeki ciddi etkiler ve kadın üreme sistemi üzerindeki etkiler yer almaktadır (Sobhanardakani vd., 2018). Kadmiyum insan vücudu için oldukça toksiktir; esas olarak hayati organlarda, özellikle böbreklerde ve karaciğerde birikir ve çeşitli enzimleri etkileyebilir. Böbrek hasarının delta-aminolevulinik asit sentetaz, lipoamid ve alkol dehidrojenaz ve arilsülfataz aktivitesini azalttığına ve delta-aminolevulinik asit dehidrataz, piruvat dekarboksilaz ve piruvat dehidrojenaz aktivitesini arttırdığına inanılmaktadır. Kadmiyum, Zn ve bazen de Pb rafinasyonunun kaçınılmaz bir yan ürünü olarak üretilmektedir (Davodpour vd., 2019).

4.9. Suda Azot Türevleri

Azot, kimyasal anlamda farklı oksidasyon aşamalarında bulunan, bakteriler tarafından besin kaynağı olarak kullanılabilen, doğal bir döngüsü olan ve sularda sıklıkla rastlanan parametrelerden biridir. Zirai faaliyetlerden ortaya çıkan azot, suda genellikle nitrat (NO_3) formunda bulunmaktadır.

Azot suda nitrit (NO_2), amonyum (NH_4), azot oksit (N_2O), azot (N_2), organik azot ve çözünmüş azot halinde de bulunabilir (Uslu, 1987). Sudaki nitratın ana kökeni zirai aktivitelerdir, ancak nitrat magmatik ve tortul kayalardan da ortaya çıkabilir. Suda 5-10 mg/l'nin daha fazla NO_3 içermesi, bu suların insan kaynaklı kirleticiler nedeniyle kirlendiğini gösterir. Azot bileşenleri suda kolaylıkla çözünebilir ve bunların türleri olan NH_4 ve NO_3 bitkiler tarafından absorbe edilerek hızlı bir şekilde sulu ortamı tamamen bırakır. Son dönemlerde yapılan araştırmalara göre yüzey ve yeraltı sularındaki nitrat miktarının gittikçe arttığı belirlenmiştir.

İçme suyu standartlarına göre NO_3 için sınır değeri 50 mg/l'dir. Çalışma alanındaki su örneklerinin nitrat değerleri 0.001-0.902 mg/l arasındadır ve sınır değerlerini aşmamıştır (Bkz. Çizelge 4.13).

4.10. Sediman örneklerinin elek analiz sonuçları

Laboratuvara getirilen örnekler poşetlerinden çıkarıldıktan sonra düzgün bir yere ayrı ayrı dizilmiş ve bünyelerindeki nemin giderilmesi için oda koşullarında ortalama 7 gün kurumaya bırakılmıştır. Oda koşullarında tutulan örnekler, tane boyutu dağılımını belirlemek için elek analizine tabi tutulmuştur.

Örnekler elek analizi öncesinde çeyreklemeye metoduyla ayrılmış ve 100 g olarak ölçülmüştür. Ölçülen örnekler bir titreşim cihazı vasıtasıyla 10 dakika süreyle elenmiş ve eleklerden geçmelerine bırakılmıştır. Örnekler sırasıyla 6,3 - 4 - 4 - 2 - 1 - 0.5 - 0.25 - 0.125 ve 0.063 mm açıklığa sahip 8 adet elekten geçirilerek toplanmıştır. Elek analiz sonuçları Çizelge 4.15' de verilmiştir.

4.11. Petrografik incelemeler

Petrografi, jeokimya ve Raman Spektroskopisi çalışmaları laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları süresince alınan numunelerden ince kesitler alınmış ve mikroskop altında detaylı petrografik incelemeler tamamlanmıştır.

Örnekler Ankara Üniversitesi (YEBİM) Laboratuvarı'nda XRF, ICP ve Leica octopus araştırma mikroskobu ile incelenmiştir. İnceleme sonucunda inceleme bölgesindeki kayaç ve toprakların mikroskopik dokusal özellikleri, mineralojik bileşimleri ve oluşum şekilleri belirlenmiştir (Şekil 4.10).

İnce kesitlerde izlenen minerallerin ve önemli dokusal niteliklerinin fotomikrografları Ankara Üniversitesi (YEBİM) Laboratuvarı'nda Leica polarizan mikroskop ile çekilmiştir. Örneklerin bir kısmı ayrılarak gerekli görülen lokasyonlar için XRD (X-Işını Difraktometresi) analizi yapılmak üzere Ankara Üniversitesi Yerbilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarına gönderilmiştir.

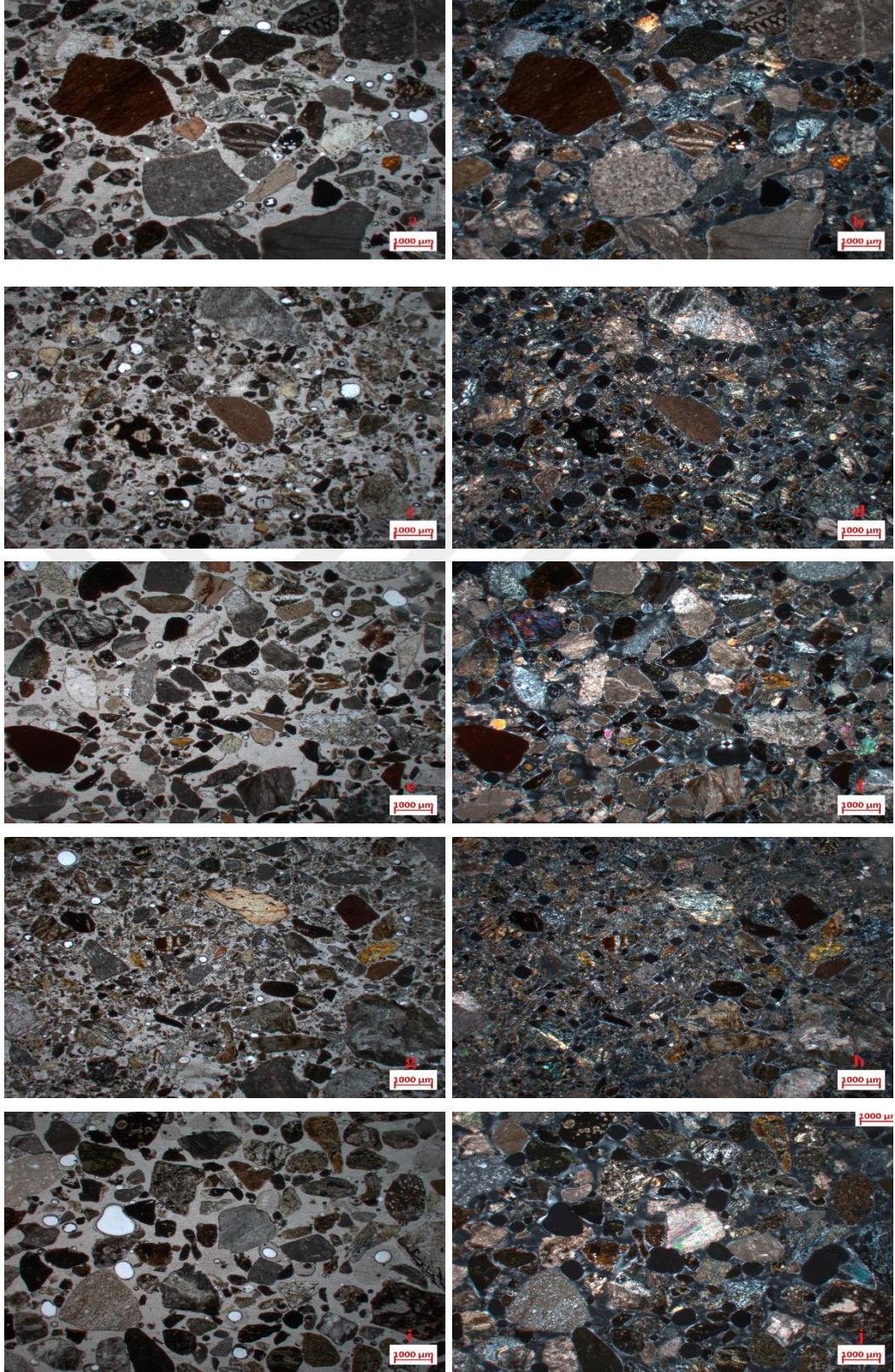
Yapılan analizler sonucunda numunelerdeki mineraller Çizelge 4.16'de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.

Çizelge 4.15. Elek analiz sonuçları.

Örn. no.	Ortalama tane boyu (mz)	Boylanma (d)	Çarpıklık (S)		Kurtosis - tepelenme (k)
			Matematiksel olarak	Grafik çarpıklık	
GK 1	Kaba kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 2	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Platikurtic
GK 3	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 4	Kaba kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 5	Kaba kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 6	Kaba kum	Orta-iyi boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Platikurtic
GK 7	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 8	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 9	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 10	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 11	Orta kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 12	Kaba kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 13	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 14	Orta kum	İyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 15	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 16	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 17	Orta kum	İyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 18	Kaba kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 19	Orta kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 20	Çok ince kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok leptokurtik
GK 21	Orta kum	Kötü boylanmış	Pozitif çarpık	Negatif fi değerleri	Çok platikurtik
GK 22	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 23	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 24	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 25	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 26	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 27	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 28	Çok ince kum	Çok iyi boylanmış	Pozitif çarpık	Negatif fi değerleri	Çok leptokurtik
GK 29	Çok ince kum	Çok iyi boylanmış	Pozitif çarpık	Negatif fi değerleri	Çok leptokurtik
GK 30	Çok ince kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok leptokurtik
GK 31	Orta kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 32	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 33	Orta kum	Kötü boylanmış	Pozitif çarpık	Negatif fi değerleri	Çok platikurtik
GK 34	Kaba kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 35	Kaba kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 36	Orta kum	Kötü boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 37	Çok ince kum	Çok iyi boylanmış	Pozitif çarpık	Negatif fi değerleri	Çok leptokurtik
GK 38	Çok ince kum	Çok iyi boylanmış	Pozitif çarpık	Negatif fi değerleri	Çok leptokurtik
GK 39	Kaba kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 40	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 41	Orta kum	Orta boylanmış	Kuvvetli pozitif çarpık	Çok negatif fi değerleri, kaba	Çok platikurtik
GK 42	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 43	Orta kum	İyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik
GK 44	Orta kum	Çok iyi boylanmış	Kuvvetli negatif çarpık	Çok pozitif fi değerleri, ince	Çok platikurtik

4.12. Sediman örneklerin jeokimyasal incelemeleri

Bu kapsamda Göynük kanyonundan elde edilen toplam 44 örneğin ana, iz ve nadir toprak (NT) element içeriği belirlenmiş ve bu birimlerin tektonik konumu, çökelme ortamı koşulları ve havzaya giren terrojenik malzemenin kökenini tanımlamak için farklı diyagramlar ve istatistiksel metotlar uygulanmıştır.



şekil 4.10. İnce kesit petrografik incelemeler; (a - GK-12_1N, b - GK-12_2N, c - GK-22_1N, d - GK-22_2N, e - GK-27_1N, f - GK-27_2N, g - GK-30_1N, h - GK-30_2N, i - GK-38_1N, j - GK-38_2N)

Çizelge 4.16. Sediman örneklerinin bileşimi, taşınma özellikleri ve kaynak kaya adı.

Örnek	Bileşim	Taşınma Özelliği	Kaynak Kaya Adı
Gk-12	- Kuvars - Karbonat - Opak Demir Min. - Muskovite Fenoksitler - Plj, Opak Ve Mafic Min. - Radyolarya - Plj (Intersertal Doku) - Fosil Ve Karbonat - Karbonat Matriks: Biomikritik - Karbonat	- Ana Kayanın Yakınında (Köşeli) - Köşeli - Hem Köşeli Hem Yuvarlak - Köşeli - Yuvarlak (Yakından) - Yuvarlak, Köşeli - Yuvarlak - Kısmen Yuvarlak - Köşeli	- Kumtaşı - Mikritik Kçt. - Ultramafikler - Ultramafik - Diyabaz - Radyolorit - Bazalt - Fosili Biomikritik Kçt. - Sporitik Kçt.
	- Opak Demirli Min. - Serpantin Min. (Elek D.) - Plj - Plj - Muskovite Min. - Radyolarya - Olivin - Karbonat Matriks: Fosili Biomikritik	- Yuvarlaklaşmış - Kısmen Yuvarlak - Yuvarlak - Yuvarlak - Kısmen Köşeli - Kısmen Köşeli, Yuvarlak - Kısmen Köşeli - Kısmen Köşeli	- Ultramafik - Ultramafik - Diyabaz - Bazalt - Radyolorit - Dünit - Kçt.
Gk- 27	- Kalsit - Karbonat - Muskovite Min. - Radyolarya - Opak Demirli Min. - Karbonat - Olivin (Demir Oksitleşmiş) - Matriks: Karbonat	- Yuvarlak - Kısmen Köşeli - Yuvarlak, Köşeli - Köşeli - Yuvarlak, Köşeli - Yuvarlak - Kısmen Köşeli	- Mermer - Mikritik Kçt. - Ultramafik - Radyolorit - Ultramafik - Sporitik Kçt. - Dünite
	- Muskovit Fenoksitler - Serpantin Min. - Opak Demirli Min. - Plj - Karbonat - Radyolarya - Kuvars - Kalsit - Matriks: Karbonat	- Köşeli - Yuvarlak - Yuvarlak - Yuvarlak - Kısmen Yuvarlak - Yuvarlak, Köşeli - Köşeli - Yuvarlak	- Ultramafik - Ultramafik - Ultramafik - Traki-Bazalt - Mikritik Kçt. - Radyolorit - Kumtaşı - Mermer
Gk- 30	- Muskovite Fen. - Serpantin Min. - Karbonat - Kuvars - Kalsit - Plj - Radyolarya - Opak Min. - Matriks: Karbonat	- Köşeli - Yuvarlak - Yuvarlak - Yuvarlak - Kısmen Köşeli - Yuvarlak - Yuvarlak - Yuvarlak - Yuvarlak	- Ultramafik - Ultramafik - Mikritik Kçt - Kumtaşı - Mermer - Diyabaz - Rayolorit - Ultramafik
	- Muskovite Fen. - Serpantin Min. - Karbonat - Kuvars - Kalsit - Plj - Radyolarya - Opak Min. - Matriks: Karbonat	- Köşeli - Yuvarlak - Yuvarlak - Kısmen Köşeli - Yuvarlak - Yuvarlak - Yuvarlak - Yuvarlak - Yuvarlak	- Ultramafik - Ultramafik - Mikritik Kçt - Kumtaşı - Mermer - Diyabaz - Rayolorit - Ultramafik

4.12.1. Ana Oksitler

Göynük Kanyonundan alınan sediman numunelerinin ana oksit değerleri, Arkean sonrası Avustralya Şeyl Kompoziti (ASAŞ) (Taylor ve McLennan, 1985) ve Kuzey Amerika Şeyl Kompoziti (KAŞK) (Gromet vd., 1984) değerleri ile karşılaştırılarak Çizelge 4.17'de sunulmuştur.

İncelenen numunelerin (LOI+CaO) oranlarının %95'ten yüksek olması, sediman örneklerinin karbonat içerikli kompozisyonda olduklarını işaret etmektedir. Örneklerin MgO oranları KAŞK ve ASAŞ'ın MgO oranlarına benzerdir, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , K_2O ve Na_2O oranları ise nispeten daha düşüktür.

Örneklerdeki CaO içeriğinin KAŞK ve ASAŞ'a göre daha yüksek miktarda bulunması, numunelerin yapısında bulunan kalsit minerallerinin zenginliğiyle ilişkilendirilmektedir (Tao vd., 2016). Karasal kökenden gelen terriojenik klastik fazları oluşturan bileşenler arasında SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 oranları (GK-27 = %55.49, GK-34 = %45.6 Yüksek, GK-1, 4, 5, 14, 17-26, 28-33, 35-39 (%20.63 – 33.45) Orta); (GK-5, GK-21, GK-27, GK-34 (%3.241 – 8.519) Orta; (GK-5, GK-21, GK-27, GK-37 (%2.903 – 6.346) Yüksek, GK-1, 4, 14, 17-20, 22, 24-26, 28-34, 37-39 (%1,795 - 2,637) Orta); diğer numunelerin içeriği ise kısmen daha düşüktür; MgO oranı %1,787 - 13,68 (tüm numunelerde Yüksek); K_2O , TiO_2 , MnO, P_2O_5 , Cr_2O_3 ve Na_2O oranları ise oldukça düşük düzeylerde seyretmektedir.

Düşük Fe, Mn ve P oksit oranları büyük olasılıkla detritik malzemenin ve organik maddenin düşük içeriğiyle ilişkilendirilmektedir (Tucker, 1983). Tespit edilen toplam klastik malzeme içeriği %10.74 ile %65.83 arasında değişmekte olup ortalama %26.78; karbonat içeriği ise %34.17 ile %89.26 arasında değişmekte olup ortalama %73,22'dir. Ana oksit bileşenleri arasındaki korelasyon ilişkileri Çizelge 4.18'te verilmiştir.

Burada, SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , P_2O_5 , TiO_2 , MnO ve Fe_2O_3 , birbiriyle orta ila güçlü pozitif korelasyonlar ($r=0,3$ ila $0,9$) göstermektedir. Ancak, ana oksitlerden oluşan birinci grup ile (CaO, LOI ve karbonat) orta - kuvvetli negatif korelasyon ($-0,4$ ile $-0,9$ arasında) ilişkileri gözlenmektedir. Karbonat grubu ise birbirleriyle orta ila güçlü pozitif korelasyonlara ($r=0,5$ ve $0,9$) sahip oldukları tespit edilmiştir (Şekil 4.11).

Söz konusu doğrultuda, analiz edilen örneklerin temel olarak iki farklı fazdan meydana geldiği ifade edilebilir (Ephraim, 2012).

Bununla birlikte, bu fazlardan birinde gerçekleşen bir artış diğerinde azalmaya, yani seyrelmeye yol açar. Bu nedenle, bu tortul fazların değişik orijinlere ait oldukları düşünülmektedir (Abedini ve Calagari, 2015). Bunların birinci grup bileşenlerle tanımlanan ve kıtasal kökenden gelen kırıntılı materyallerden oluşmuş alümino-silikat fazı ve ikinci grup bileşenlerle tanımlanan otojen kimyasal tortul kökenden gelen karbonat fazı olması kuvvetle olasıdır

Çizelge 4.17. Göynük kanyonundan alınan örneklerin ana oksit ve yanma kaybı (LOI) içerikleri (Wt %) ile kırıntılı ve karbonat oranları.

Örnek NO.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	Toplam	Kırıntılı%	Karbonat%
GK-1	31.1	2.54	2.04	1.96	32.3	0.044	0.842	0.157	0.040	0.183	0.004	28.9	100.2	36.7	63.2
GK-2	12.9	1.20	0.755	3.42	45.7	0.048	0.407	0.046	0.022	0.069	0.003	35.3	99.9	15.5	84.4
GK-3	12.5	1.47	1.03	2.96	45.9	0.046	0.446	0.095	0.017	0.096	0.006	35.5	100.1	15.5	84.4
GK-4	29.9	2.84	2.52	4.09	30.0	0.045	0.617	0.239	0.059	0.091	0.038	29.4	99.9	36.4	63.5
GK-5	32.9	4.83	3.88	6.27	23.3	0.044	0.879	0.379	0.072	0.101	0.698	26.7	100.2	43.6	56.3
GK-6	16.1	1.79	1.10	2.19	44.3	0.044	0.608	0.109	0.014	0.098	0.001	32.8	99.3	20.5	79.4
GK-7	11.5	1.45	1.03	2.60	47.9	0.046	0.468	0.091	0.019	0.074	0.005	34.9	100.2	14.4	85.5
GK-8	10.0	1.02	0.633	1.78	51.4	0.046	0.335	0.058	0.015	0.060	0.003	34.4	99.9	12.2	87.7
GK-9	12.3	1.42	0.939	2.77	44.1	0.043	0.402	0.091	0.012	0.066	0.001	37.6	99.8	15.4	84.5
GK-10	15.4	1.68	1.20	3.71	42.6	0.048	0.426	0.103	0.016	0.070	0.003	34.7	100.0	18.8	81.1
GK-11	12.7	1.71	0.939	2.17	45.9	0.046	0.472	0.101	0.011	0.056	0.002	35.7	100.0	16.0	83.9
GK-12	10.1	1.15	0.794	2.49	47.8	0.045	0.387	0.072	0.023	0.069	0.001	36.5	99.4	13.1	86.8
GK-13	9.86	0.779	0.609	3.25	46.0	0.046	0.228	0.050	0.003	0.057	0.001	38.8	99.7	11.8	88.1
GK-14	25.8	2.56	2.03	3.41	30.9	0.044	0.565	0.250	0.046	0.098	0.005	34.8	100.6	30.7	69.2
GK-15	11.1	1.47	0.988	3.21	44.3	0.046	0.444	0.092	0.016	0.060	0.006	38.6	100.3	13.8	86.1
GK-16	9.33	0.872	0.833	5.89	45.2	0.046	0.148	0.060	0.009	0.033	0.022	37.8	100.2	11.0	88.9
GK-17	28.6	2.70	2.36	3.96	28.6	0.047	0.602	0.217	0.057	0.085	0.031	32.8	100.2	34.5	65.4
GK-18	28.9	2.69	2.63	4.45	29.3	0.045	0.523	0.28	0.047	0.090	0.029	30.2	99.3	35.9	64.0
GK-19	21.4	1.62	1.79	3.13	36.3	0.045	0.393	0.157	0.023	0.071	0.004	34.7	99.8	25.7	74.2
GK-20	24.1	2.64	2.38	3.47	29.1	0.045	0.541	0.230	0.039	0.146	0.023	37.6	100.3	29.8	70.1
GK-21	30.4	4.25	3.86	3.15	29.0	0.055	0.590	0.585	0.112	0.102	0.023	26.8	99.0	40.9	59.0
GK-22	25.8	2.49	2.12	3.16	30.9	0.047	0.541	0.218	0.041	0.089	0.013	34.8	100.3	31.0	68.9
GK-23	33.4	1.48	1.37	3.20	29.7	0.043	0.374	0.143	0.041	0.097	0.005	29.5	99.4	37.5	62.4
GK-24	27.2	2.57	1.96	2.81	29.7	0.044	0.598	0.232	0.058	0.089	0.008	34.8	100.2	32.5	67.4

Çizelge 4.17. Devam.

GK-25	26.6	2.70	2.06	2.98	30.9	0.046	0.596	0.221	0.067	0.089	0.017	33.6	100.0	32.4	67.5
GK-26	29.9	2.26	2.59	4.86	30.2	0.047	0.494	0.180	0.045	0.098	0.046	28.5	99.3	36.3	63.6
GK-27	<u>55.4</u>	<u>3.24</u>	<u>6.34</u>	<u>13.6</u>	<u>17.1</u>	<u>0.045</u>	<u>0.248</u>	<u>0.104</u>	<u>0.025</u>	<u>0.128</u>	<u>0.777</u>	<u>3.3</u>	<u>100.5</u>	<u>65.8</u>	<u>34.1</u>
GK-28	23.3	1.80	1.84	4.54	35.0	0.046	0.379	0.166	0.030	0.093	0.022	32.8	100.1	27.5	72.4
GK-29	27.0	2.35	2.29	4.03	31.1	0.045	0.528	0.202	0.053	0.105	0.043	31.6	99.5	33.1	66.8
GK-30	25.3	2.60	2.51	4.30	32.6	0.046	0.500	0.215	0.036	0.101	0.027	32.4	100.6	30.6	69.3
GK-31	20.6	1.30	2.42	6.55	36.5	0.043	0.335	0.132	0.022	0.073	0.278	31.8	100.1	25.1	74.9
GK-32	24.1	1.85	2.39	5.78	33.0	0.047	0.350	0.163	0.028	0.096	0.040	31.7	99.6	29.4	70.5
GK-33	21.1	2.04	2.31	4.79	34.2	0.046	0.385	0.203	0.030	0.089	0.050	33.9	99.3	27.0	72.9
GK-34	<u>45.6</u>	<u>8.51</u>	<u>2.59</u>	<u>6.41</u>	<u>29.2</u>	<u>0.045</u>	<u>0.469</u>	<u>0.251</u>	<u>0.037</u>	<u>0.085</u>	<u>0.036</u>	<u>6.6</u>	<u>99.8</u>	<u>57.7</u>	<u>42.2</u>
GK-35	23.9	1.74	1.66	3.87	33.7	0.044	0.378	0.160	0.025	0.074	0.012	34.6	100.3	27.7	72.2
GK-36	21.6	1.50	1.44	3.43	36.5	0.047	0.340	0.150	0.035	0.060	0.028	34.2	99.5	25.6	74.3
GK-37	23.9	1.89	2.90	5.94	29.2	0.044	0.419	0.201	0.029	0.095	0.257	35.8	100.9	28.9	71.0
GK-38	23.9	1.89	2.35	4.68	31.5	0.045	0.365	0.163	0.027	0.097	0.037	34.8	100.0	28.9	71.0
GK-39	23.3	1.98	1.99	5.24	32.5	0.043	0.394	0.138	0.027	0.065	0.032	34.6	100.5	27.5	72.4
GK-40	11.4	1.53	1.00	2.21	48.5	0.045	0.498	0.090	0.020	0.067	0.003	34.5	100.0	14.6	85.3
GK-41	12.9	0.932	0.741	2.39	47.0	0.046	0.262	0.072	0.015	0.074	0.003	35.8	100.4	14.6	85.3
GK-42	9.79	0.535	0.364	4.95	45.5	0.048	0.142	0.037	0.002	0.062	0.001	38.7	100.2	10.7	89.2
GK-43	14.6	1.31	0.747	2.62	45.4	0.045	0.436	0.081	0.026	0.041	0.010	34.6	100.0	17.3	82.6
GK-44	17.9	1.63	1.72	3.34	37.8	0.046	0.347	0.158	0.028	0.100	0.010	36.5	99.7	22.2	77.7
Ort.	21.9	2.11	1.87	4.01	36.5	0.050	0.450	0.160	0.030	0.090	0.060	32.6		26.7	73.2
ASAŞa	62.8	18.9	7.22	2.20	1.30	1.20	3.70	1.00	0.160	0.110	0.010	6.00			
KAŞKb	64.8	16.9	5.66	2.86	3.63	1.14	3.97	0.70	0.130	0.060					

a) (Taylor ve McLennan, 1985)

b) (Gromet vd., 1984)

Mn oksidin, CaO ve LOI ile zayıf ila orta düzeyde negatif korelasyon ilişkileri ($r = -0,4$ ila $-0,6$) olan ikinci ana oksit grubu arasında yer aldıkları görülmektedir (Çizelge 4.18). Dolayısıyla, manganın birikim koşullarına çoğunlukla kıtasal kaynaklı detritik malzemelerle beraber taşındığı anlaşılmaktadır, bununla birlikte küçük oranlarda da görülse otojen kaynaklı kimyasal sedimanter Mn kabuklarının varlıklarından da bahsetmek mümkündür.

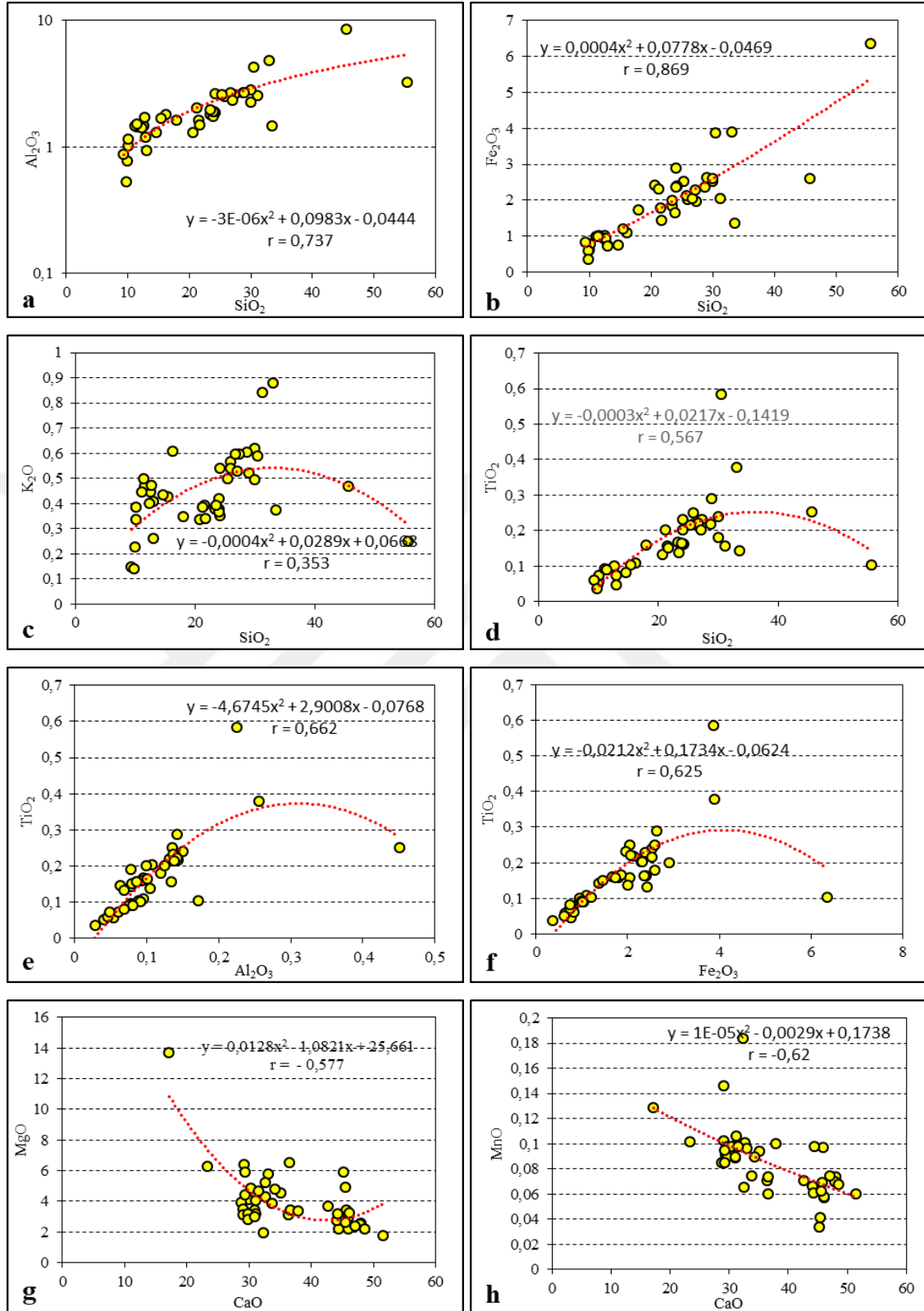
Çizelge 4.18. Göynük kanyonundan alınan numunelerin temel oksit miktarları aralarında izlenen korelasyon bağıntıları. Koyu renkte olanlar ilk sınıfı (alümino-silikat fazı); koyu italik altını çizdiklerimiz ise ikinci sınıfı (karbonat fazı) ifade etmektedir.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	<u>CaO</u>	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	<u>LOI</u>	<u>Carbonate</u>
SiO ₂	1.0										
Al ₂ O ₃	.737**	1.0									
Fe ₂ O ₃	.869**	.596**	1.0								
MgO	.627**	.333*	.747**	1.0							
<u>CaO</u>	-.916**	-.614**	-.876**	-.577**	1.0						
K ₂ O	.353*	.494**	.303*	-0.3	-.401**	1.0					
TiO ₂	.567**	.662**	.625**	0.1	-.680**	.593**	1.0				
P ₂ O ₅	.584**	.575**	.578**	0.0	-.674**	.657**	.914**	1.0			
MnO	.608**	.375*	.576**	0.2	-.620**	.549**	.420**	.432**	1.0		
<u>LOI</u>	-.839**	-.746**	-.728**	-.686**	.580**	-0.1	-.308*	-0.3	-.377*	1.0	
<u>Carbonate</u>	-.995**	-.785**	-.885**	-.618**	.913**	-.392**	-.621**	-.621**	-.605**	.849**	1.0

MnO içeriğinin aksine TiO₂ ve Al₂O₃ içerikleri arasında ikili korelasyon diyagramlarında gözlemlenen ve orijinden tamamen ayrılmayan regresyon çizgileri bu açıklamayı doğrulamaktadır (Şekil 4.12). Tortu numunelerinin kaynağını belirlemek için, temel oksitlerin ve tortu numunelerinde yer alan klastik malzemenin yüzdesinin iki değişkenli grafikleri oluşturulmuştur.

Sedimanter kayalar içerisinde yer alan karasal kırıntılı malzemelerin kökenini belirlemek için birçok araştırmacı tarafından ana oksit içeriklerine dayalı farklı diyagramlar geliştirilmiştir (Bhatia, 1983; Roser ve Korsch, 1988). Bu tez çalışmasında, araştırılan birimlerin içerdiği terriojenik malzemenin kökenini belirlemek için Roser ve Korsch (1988) tarafından önerilen diskriminant fonksiyon analizi kullanılmıştır. Yapılan incelemeler doğrultusunda numunelerin ikisi hariç diğerlerinin orta ve mafik magmatik kökenli bir kaynak alanına denk geldiği görülmektedir (Şekil 4.13). Elde edilen sonuçlara göre, araştırılan sediman örneklerindeki alümino silikat fazı, kaynak bölgesinde yüzeylenmiş ve nehirlerle birlikte klastik materyaller şeklinde havzaya sürüklenmiş olan orta ve mafik magmatik kökenli kayaların ayrışma sonucunda ortaya çıkan ürünleri göstermektedir.

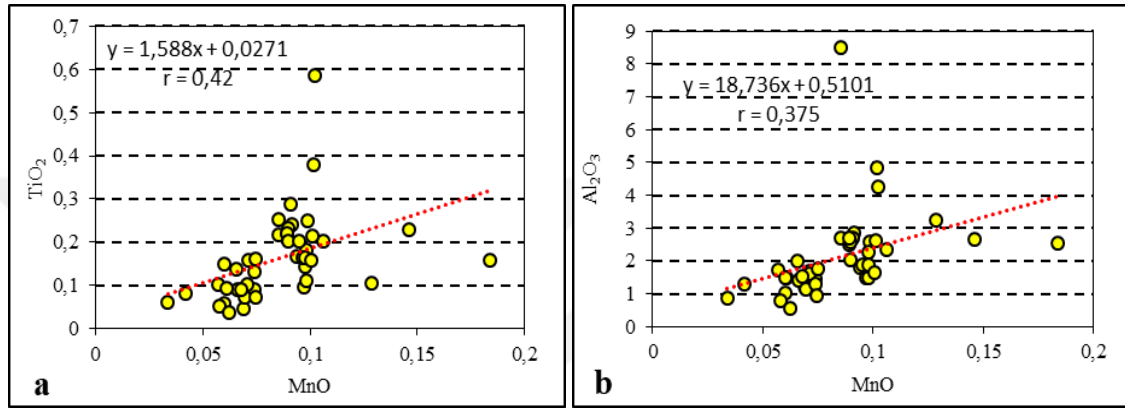
Analiz edilen örneklerin K₂O/Na₂O değerleri 2.97 ile 20 arasında değişmektedir (Ortalama = 9,8).



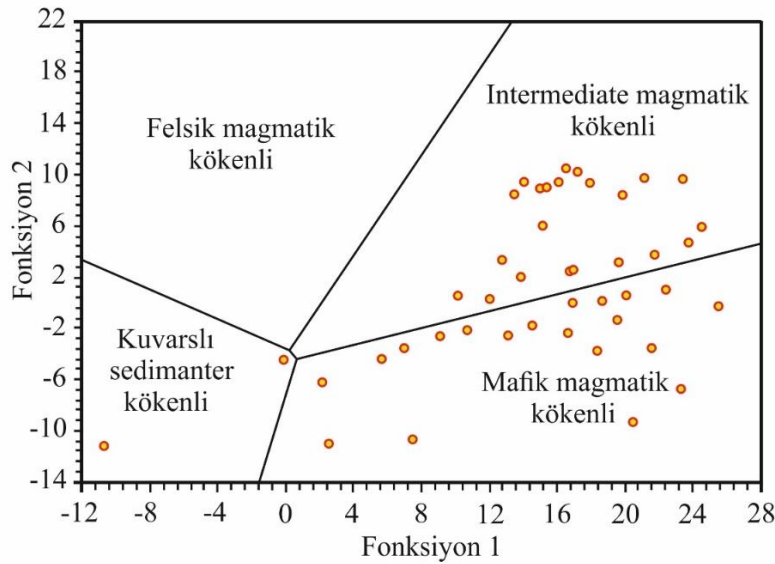
Şekil. 4.11. Göynük kanyonu sediman örneklerinin örnek gruplarının iki değişkenli grafikleri

Bu oranlar ASAŞ (3,1) ve KAŞK (3.5) için belirlenen oranlardan daha yüksektir (Çizelge 4.19). Bu varyasyonlar büyük olasılıkla diyajenez sürecindeki potasyum

metasomatizması nedeniyle sedimana bir miktar potasyum eklendiğini göstermektedir (Fedov vd., 1995; Tao vd., 2016). Başka bir ihtimal olarak, sedimandaki nispi K oranının, uygun fiziko-kimyasal koşullar altında sodyum bileşeninin çözünmesi nedeniyle bir miktar artmış olabileceği düşünülmektedir (Tao vd., 2016). Şekil 4.19'de ASAŞ göre normalize edilmiş Ana oksit desenleri görülmektedir (Taylor ve McLennan, 1985). Sonuç olarak, CaO, MgO, Cr₂O₃ ve LOI içerikleri dışında diğer element içerikleri ASAŞ'a göre daha düşük düzeydedir. Kırıntılı kayaçların Al₂O₃/TiO₂ oranları kaynak kayaç bileşimlerini belirtmek için kullanılır (Nagarajan vd., 2007; Oni vd., 2014). Aslında Al ve Ti immobil elementlerdir ve kimyasal kökenli sedimanter bir kayaçtaki terrojenik kökenden gelen malzemelerin bilinen en önemli temsilcileridir.



Şekil 4.12. Sediman numunelerinde ilk ana oksit grubu aralarında izlenen bağıntı modelleri



Şekil 4.13. Roser ve Korsch'tan (1988) alınan karbonat örnekleri için provenans ayırım diyagramı

Çizelge 4.19. Göynük kanyonundan alınan sediman örneklerinin majör ve eser element oranları.

Örnek	Al/(Al+Fe+Mn)	K ₂ O/Na ₂ O	Al ₂ O ₃ /TiO ₂	Sr/Cu	Sr/Ba	L/H	ΣNTE	Y/Ho	Eu/Eu*a	Eu/Eu* b	Ce/Ce*a	Ce/Ce*b	Ce anom c
GK-1	0.532	19.1	6.14	4.90	4.58	2.46	66.0	26.0	1.05	0.959	1.01	1.02	-0.385
GK-2	0.594	8.49	5.83	42.3	0.988	2.77	34.9	29.0	1.02	0.931	0.669	0.682	-0.245
GK-3	0.566	9.71	5.41	46.9	5.90	4.91	57.9	18.4	0.933	0.847	0.887	0.904	0.347
GK-4	0.520	13.7	11.8	19.7	1.93	3.89	55.1	91.6	1.02	0.930	0.997	1.01	-0.141
GK-5	0.548	19.9	6.73	12.1	2.14	4.43	70.0	17.1	1.00	0.912	0.539	0.549	0.020
GK-6	0.599	13.8	6.38	40.4	1.14	2.44	32.2	29.6	1.01	0.920	0.824	0.839	-0.126
GK-7	0.568	10.1	5.91	59.5	5.78	3.95	43.8	66.1	1.02	0.927	0.516	0.526	-0.533
GK-8	0.597	7.30	7.64	162.7	15.9	3.32	39.7	14.1	0.997	0.905	0.606	0.618	-0.519
GK-9	0.586	9.35	5.59	46.1	12.6	4.35	50.5	8.46	1.05	0.953	0.545	0.555	-0.168
GK-10	0.569	8.88	6.26	35.6	10.6	2.22	33.0	51.5	0.996	0.904	0.684	0.696	-0.112
GK-11	0.633	10.2	6.95	66.5	8.70	6.51	62.7	16.2	0.939	0.853	1.03	1.05	-0.178
GK-12	0.572	8.60	5.87	128.4	13.3	4.17	37.1	22.3	0.937	0.851	1.10	1.12	0.055
GK-13	0.539	4.97	5.33	70.4	19.2	3.13	30.3	13.4	0.976	0.886	0.933	0.950	-0.027
GK-14	0.546	12.8	10.2	24.1	2.80	4.54	73.3	36.0	0.997	0.905	1.05	1.07	-0.082
GK-15	0.584	9.66	6.03	67.8	8.11	5.26	50.0	12.0	0.916	0.831	0.731	0.744	-0.529
GK-16	0.501	3.23	4.34	199.7	7.92	4.05	27.8	52.0	0.866	0.786	1.11	1.13	-0.132
GK-17	0.525	12.8	12.4	21.9	3.25	4.72	66.3	112	0.979	0.889	0.817	0.832	-0.361
GK-18	0.497	11.6	9.31	23.0	3.10	3.81	56.1	19.6	0.996	0.904	1.11	1.13	-0.368
GK-19	0.465	8.74	10.2	74.7	2.60	3.38	39.9	13.3	0.924	0.839	0.645	0.657	-0.451
GK-20	0.511	12.0	11.4	31.7	1.92	4.06	61.4	12.3	0.921	0.836	1.05	1.07	-0.113
GK-21	0.517	10.7	7.26	15.7	0.406	3.45	62.1	83.7	0.986	0.895	1.07	1.09	-0.025
GK-22	0.530	11.5	11.3	28.7	2.03	5.90	74.4	68.6	0.935	0.849	0.971	0.989	0.071
GK-23	0.502	8.70	10.3	31.3	5.45	5.79	70.7	43.4	0.974	0.884	1.03	1.05	-0.257
GK-24	0.557	13.6	11.0	21.7	1.77	3.94	54.6	12.5	1.04	0.949	1.05	1.07	-0.096
GK-25	0.557	12.9	7.20	16.6	2.90	3.08	55.0	32.0	1.03	0.943	1.13	1.15	0.327
GK-26	0.457	10.5	12.5	26.1	1.44	3.41	44.6	42.1	0.986	0.895	0.798	0.813	-0.326
GK-27	0.334	5.52	3.10	16.3	1.38	7.74	45.1	7.16	0.903	0.820	0.606	0.617	-0.463
GK-28	0.481	8.25	10.8	37.4	5.19	3.46	44.5	13.0	1.06	0.968	1.13	1.16	0.109
GK-29	0.496	11.7	11.6	27.5	2.99	4.65	68.2	18.5	1.03	0.938	0.915	0.932	-0.202

Çizelge 4.19. Devam.

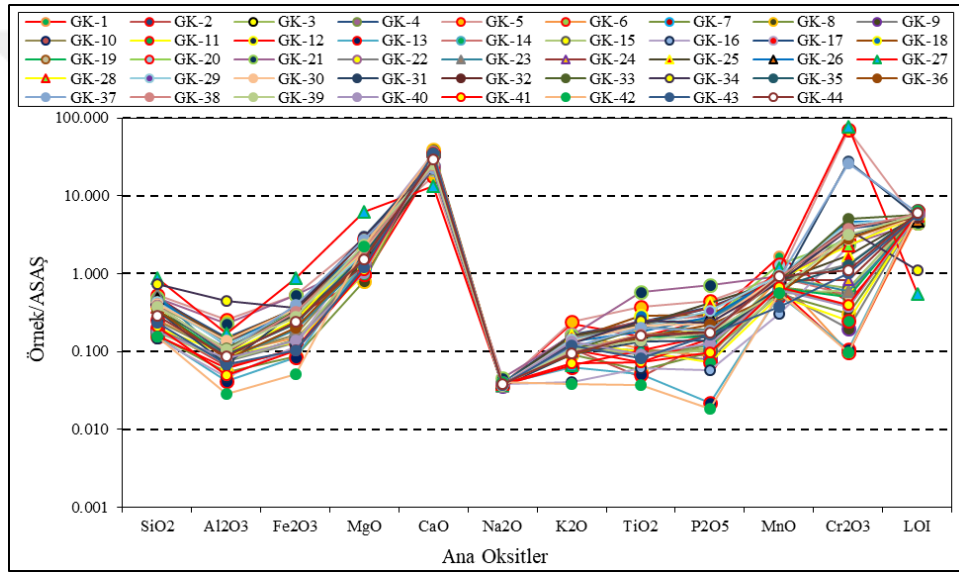
GK-30	0.499	10.8	6.12	25.6	1.35	4.68	57.3	79.1	1.04	0.951	0.977	0.995	-0.184
GK-31	0.344	7.79	9.87	335.3	28.2	12.8	31.4	11.1	1.07	0.975	0.722	0.735	0.101
GK-32	0.427	7.45	11.3	35.7	3.51	4.50	50.6	43.5	1.00	0.909	0.863	0.879	-0.198
GK-33	0.459	8.37	10.0	41.8	1.99	4.41	50.7	56.8	0.961	0.872	0.927	0.944	-0.147
GK-34	0.761	10.4	3.87	27.3	2.16	5.63	63.1	75.0	0.927	0.841	0.676	0.689	-0.256
GK-35	0.502	8.59	10.8	33.3	4.29	3.34	42.7	55.2	1.02	0.927	0.882	0.898	-0.290
GK-36	0.500	7.24	10.0	40.3	6.67	3.70	48.0	51.5	1.01	0.919	0.874	0.890	-0.565
GK-37	0.387	9.52	9.38	27.5	1.55	4.53	49.4	77.2	1.05	0.954	0.952	0.970	0.271
GK-38	0.436	8.12	11.5	29.3	3.05	2.85	34.4	53.1	0.973	0.883	0.876	0.892	-0.004
GK-39	0.490	9.17	4.38	32.0	3.81	5.14	57.9	60.6	1.08	0.987	1.01	1.03	-0.341
GK-40	0.588	11.0	6.84	62.0	13.4	4.32	52.8	52.2	0.912	0.828	0.773	0.787	-0.701
GK-41	0.533	5.70	4.87	58.5	14.4	4.38	38.6	18.5	1.02	0.926	1.11	1.13	0.075
GK-42	0.556	2.97	4.34	181.5	18.8	7.82	47.7	4.88	1.01	0.917	0.878	0.895	-0.243
GK-43	0.624	9.70	6.04	240.1	4.49	3.38	28.1	19.3	1.03	0.935	0.624	0.635	-0.112
GK-44	0.472	7.55	10.3	55.08	2.41	3.77	46.4	38.3	1.05	0.958	1.17	1.19	0.261
Ort.	0.524	9.82	8.08	59.7	6.06	4.43	50.2	38.1	0.994	0.902	0.885	0.901	-0.165
ASAŞ	0.721	3.08	18.9	4.00	0.310	4.30	211.7	27.2					
KAŞK	0.747	3.48	24.1	3.16	0.220	3.76	182.7	25.9					

a) ASAŞ'a göre normalleştirilmiş (Taylor ve McLennan. 1985)

b) (Gromet vd., 1984)'den KAŞK'a göre normalize edilmiştir.

c) (Taylor ve McLennan. 1985)'den kondritlere göre normalize edilmiştir.

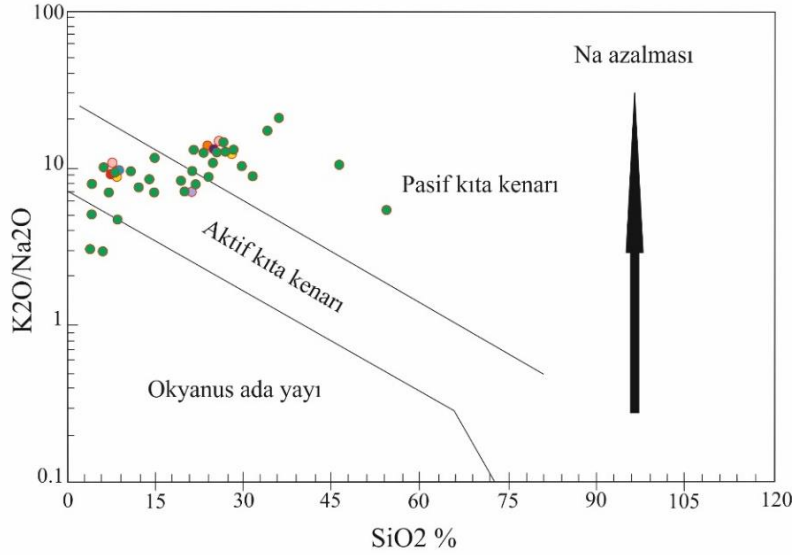
Dolayısıyla, bu çalışmada incelenen örneklerdeki terriojenik malzemelerin kaynak kayacını tanımlamak için Al_2O_3/TiO_2 oranı kullanılmıştır. Al_2O_3/TiO_2 oranlarının neredeyse tüm örneklerde 11'in altında olduğu ve ortalama değerin 8,08 olduğu söylenebilir (Çizelge 4.19), bu da kaynak kayacın Bazalt, Diyabaz ve Dunit gibi mafik veya orta magmatik kayalarından oluştuğuna işaret etmektedir. Sonuç olarak diskriminant testine dayalı ortaya çıkan sonuçların ve Al_2O_3/TiO_2 oranına dayalı olarak ortaya çıkan bulguların birbiriyle tamamen uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Analiz edilen örneklerin Na_2O içerikleri genellikle düşüktür. Davou ve Ashano (2009)'a göre, az Na_2O içeriği, sahil yakınında derin olmayan ve az verimli temiz bir deniz ortamına sahip olduğunu göstermektedir. Mn, Al ve Fe gibi elementlerin hidrotermal solüsyonlarda oldukça istikrarlı oldukları düşünülmektedir. Söz konusu bu nitelik, $Al/(Al+Fe+Mn)$ değerinin, Çökeltme esnasında kimyasal menşeli metalik mineral yapıların çökelti malzemelerine eklenip eklenmediğini belirlemek için çok iyi bir indekstir (Rantitsch vd., 2003; Tao vd., 2016)



Şekil 4.14. Göynük kanyonundan alınan örneklerin ASAŞ ile normalize edilmiş ana oksit desenleri

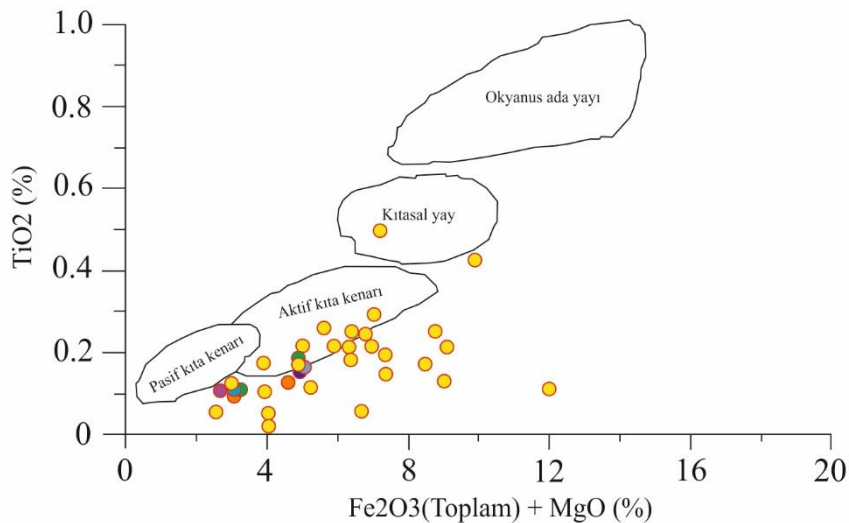
İncelenen örneklerin $Al/(Al+Fe+Mn)$ oranlarının 0.2'den yüksek çıkması (Bkz. Çizelge 4.19), bu örneklerde bol miktarda terriojenik kökenli materyal bulunduğunu ve metalik tortularla kirlenmemiş kıtasal kabuğa benzeyen bir jeokimyasal kompozisyona sahip olduklarını göstermektedir (Boström, 1973). Kıvrıntılı tortullar için ana element kimyasını dikkate alan birçok tektonik ortam ayırım diyagramları önerilmiştir (Bhatia, 1983; Roser ve Korsch, 1986). K_2O/Na_2O vs SiO_2 ikili diyagramı (Roser ve Korsch, 1986) pasif kıta kenarı, aktif kıta kenarı ve okyanusal ada yayı tektonik ortamları arasında ayırım yapabilmektedir (Şekil 4.15). Söz konusu provenans sınıflandırma diyagramına göre Göynük Kanyonu sedimanlarının tektonik ortamları pasif ve aktif kıta kenarlarına ait olduğu anlaşılmaktadır. TiO_2 'ye karşı $(Fe_2O_3 + MgO)$ diyagramı (Oni vd., 2014) okyanusal yay, kıtasal yay, aktif kıta kenarı ve pasif kıta kenarı arasında ayırım yapmaktadır. Söz konusu provenans sınıflandırma diyagramı, Göynük Kanyon sedimanlarının tektonik ortamlarının pasif ve aktif kıta kenarları olduğunu göstermektedir. Bazen bu diyagramlar, özellikle feldispatın kimyasal ayrışması ve

çökeltme sonrası süreçler sırasında Na'un yüksek hareketliliği nedeniyle tektonik ortamı yorumlamak için yeterince verimli olmayabilir (Varga ve Szakmány, 2004).



Şekil 4.15. Sediman örnekleri için tektonik ayırım diyagramı (Roser ve Korsch, 1986).

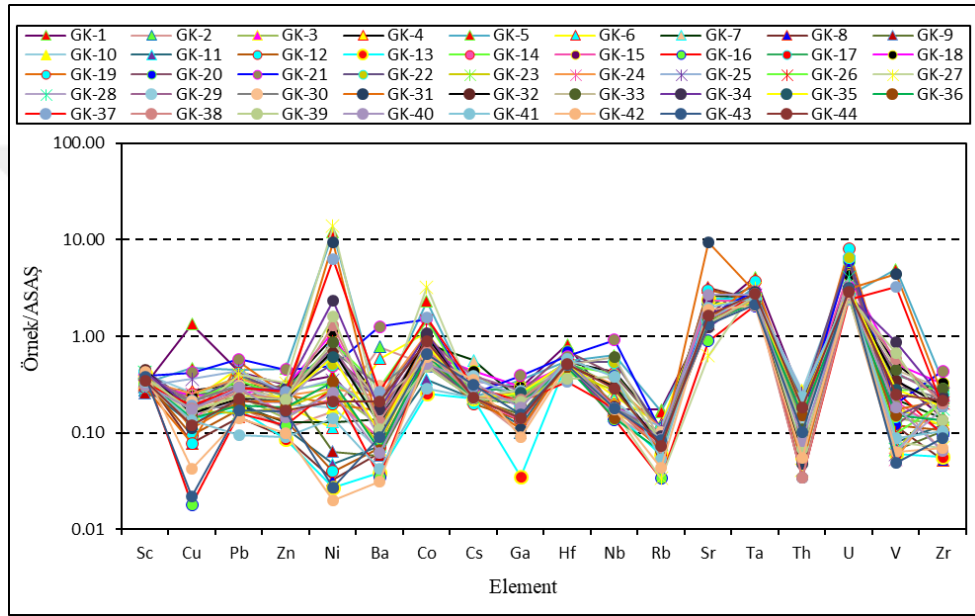
Detrital sedimanlardaki immobil eser elementler de paleotektonik ortamların ayırım diyagramlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Dolayısıyla, ada yayı (okyanusal veya kıtasal) ve kıta kenarı (aktif veya pasif) ortamlarını birbirinden ayırmak için La-Sc-Th ve Th-Sc-Zr/10 üçlü diyagramları (Bhatia ve Crook, 1986) kullanılmıştır. TiO_2 ile $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ arasındaki iki değişkenli grafiğe dayanarak sediman örnekleri için ayırım diyagramları Şekil 4.16'de verilmiştir. Bu diyagrama göre, Göynük Kanyonu sedimanlarının tektonik ortamları “pasif ve aktif kıta kenarlarıdır” (Oni vd., 2014).



Şekil 4.16. Sediman örnekleri için TiO_2 'ye karşı $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ diyagramlarının iki değişkenli grafiği

4.12.2. İz Elementler

Göynük Kanyonu'ndan alınan örneklerin eser element içerikleri, ASAŞ (Taylor ve McLennan, 1985) ve KAŞK'ın Standart eser mineral içerikleri ile bir kıyaslama Çizelge 4.20'De verilmiştir. Ana oksitlerin aksine, eser elementler ana minerallerin yanında kayacı teşkil eden yardımcı minerallere de karışmaktadır (İstanbulu, 2013). Analiz edilen numunelerin ortalama Pb, Co, Cu, Ga, Nb, Cs, Zr, Hf, Ta, Rb, V, Th ve Ba içerikleri KAŞK ve ASAŞ'a göre düşükken, Sr ve Ni oranları daha yüksektir. ASAŞ'tan daha az miktarda bulunan Zn oranları KAŞK'tan daha fazladır. U değerleri ise ASAŞ ve KAŞK değerine benzerdir. Numunelerin ASAŞ normleştirilmiş iz element desenleri Şekil 4.17'de gösterilmektedir.



Şekil 4.17. Göynük kanyonundan alınan örneklerin ASAŞ-normalize iz element paternleri

Buna göre Cu, Co, Pb, Ga, Rb, Cs, Hf, Sc, Nb, Zn, Zr, Th ve Ba element içerikleri ASAŞ'a kıyasla kısmen veya çok az oranda fakirleşme sergilerken, Ni ve V içerikleri bazı örneklerde zenginleşme göstermiştir. Sr, Ta ve U içeriğinin ise zenginleştiği gözlenmektedir. Paleo-iklim koşullarını belirlemek için son yıllarda Sr/Cu oranı yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle, 1,3 ile 5,0 aralığındaki Sr/Cu değerleri nemli-sıcak iklimi gösterirken, 5,0'dan yüksek Sr/Cu değerleri sıcak ve kuru iklimi gösterir. Analiz edilen numunelerin Sr/Cu oranları 4.9 ile 335.36 arasında değişmektedir (Ortalama = 59,72) (Çizelge 4.19). Bu değerler büyük olasılıkla sıcak ve kuru bir tropikal atmosfere ait olduğunu göstermektedir (Lerman, 1978). Buna benzer olarak, yüksek Sr/Ba oranları yüksek tuzluluk oranına sahip bir deniz ortamının varlığına işaret etmektedir (Tao vd., 2016; Wu vd., 2016). Toplam Nadir Toprak Elementleri (TNTE) element içerikleri Ce ile güçlü bir pozitif korelasyon (0.8) göstermektedir. Dolayısıyla Ce elementi, taşınma ve çökme sürecinde muhtemelen NTE'ler ile birlikte taşındığı ve köken olarak birbirleriyle yakın bir bağlantıya sahip oldukları anlaşılmaktadır. Cu (0.4), Pb (0.37), Nb (0.43) ve Rb (0.57) TNTE element içerikleri ile zayıf ila orta düzeyde pozitif korelasyon göstermiştir.

Çizelge 4.20. Göynük kanyonundan alınan örneklerin eser element konsantrasyonları (ppm).

Örnek	Sc	Cu	Pb	Zn	Ni	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	Zr
GK-1	5.00	67.0	8.50	26.5	21.6	71.7	22.8	5.20	5.90	4.10	3.30	27.9	328.5	4.60	3.40	8.00	55.0	30.5
GK-2	4.40	11.8	3.70	9.60	9.10	506.2	11.7	3.60	2.00	2.90	3.40	12.3	500.2	2.70	1.90	8.50	31.3	13.7
GK-3	6.90	9.80	4.80	11.9	15.2	77.9	17.2	6.20	3.90	2.90	3.70	14.8	460.3	2.90	2.00	8.90	21.0	25.6
GK-4	4.70	13.6	6.40	24.5	53.2	138.5	20.4	3.50	4.70	2.70	8.10	18.5	268.2	3.00	3.00	7.90	77.8	48.0
GK-5	5.30	23.3	9.00	39.4	656.3	131.9	52.6	3.50	7.10	2.80	12.1	26.6	283.5	3.60	2.00	8.10	743.4	72.9
GK-6	6.10	10.8	9.40	16.5	6.20	381.3	25.2	3.50	4.10	2.70	4.50	19.8	436.6	2.50	3.60	9.50	27.0	25.2
GK-7	7.10	8.80	3.80	11.0	7.10	90.6	19.0	8.50	4.30	2.80	3.60	15.0	524.0	2.90	1.80	14.2	33.0	29.5
GK-8	5.90	3.90	2.90	7.60	1.80	39.9	13.4	3.50	2.80	2.80	3.50	10.8	634.9	2.70	1.70	9.40	17.5	11.0
GK-9	4.12	10.4	4.50	27.7	3.50	37.9	11.1	3.40	3.10	2.90	3.30	14.3	479.8	2.80	2.30	9.30	10.0	21.9
GK-10	6.55	13.0	6.20	16.9	10.0	43.5	12.5	5.80	4.10	2.20	4.00	15.1	463.5	2.90	4.00	16.6	24.5	28.4
GK-11	4.70	6.20	4.20	9.60	2.60	47.4	8.20	3.40	2.40	2.80	3.60	16.1	412.7	3.70	2.70	9.10	12.0	25.4
GK-12	5.60	4.70	3.50	11.5	2.20	45.3	14.4	3.00	2.70	2.70	3.70	12.3	603.7	2.60	2.30	9.40	18.0	22.1
GK-13	6.60	6.90	3.50	7.30	1.50	25.3	5.80	3.40	0.700	2.70	3.10	9.50	486.0	2.70	1.60	8.00	9.00	11.7
GK-14	4.90	12.5	7.60	23.5	18.1	107.8	13.5	3.50	4.50	2.50	7.80	17.5	302.2	2.70	2.50	8.90	41.0	60.9
GK-15	5.10	6.90	5.90	13.1	12.6	57.7	21.4	3.50	2.70	2.70	3.60	13.6	468.2	2.60	2.30	14.2	32.0	21.4
GK-16	6.70	0.900	3.20	10.1	16.3	22.7	14.2	3.40	2.80	2.50	2.60	5.40	179.8	2.30	2.50	8.30	40.0	20.4
GK-17	4.88	12.1	5.80	25.0	41.7	81.7	19.4	4.40	5.40	2.70	5.70	18.2	265.9	2.80	1.70	8.40	59.6	58.0
GK-18	5.30	12.1	5.10	25.7	60.8	89.9	15.1	6.50	6.00	2.50	3.60	16.3	279.1	2.90	0.800	13.2	78.0	68.1
GK-19	4.70	3.90	10.9	20.9	10.9	111.9	18.3	3.70	2.80	2.50	3.50	12.9	291.7	4.10	2.40	24.8	26.3	45.8
GK-20	5.10	8.80	7.30	24.6	35.9	145.3	23.9	3.50	5.30	3.50	7.50	18.1	279.2	2.60	2.50	18.4	18.0	60.1
GK-21	6.30	21.0	11.6	38.2	27.0	813.3	34.7	3.80	7.80	3.10	17.3	16.8	330.0	3.30	2.10	20.1	30.0	91.4
GK-22	7.00	10.1	8.00	22.1	28.4	142.6	12.4	3.50	4.00	2.70	10.2	17.1	290.0	2.70	3.20	20.2	22.0	51.8
GK-23	6.80	8.60	3.20	15.7	15.5	49.4	19.2	3.40	4.00	2.20	5.20	12.3	269.5	2.60	2.90	8.60	10.0	45.9
GK-24	5.50	12.6	7.50	20.8	15.8	154.2	24.9	3.50	4.90	2.50	6.00	18.0	274.3	2.70	2.20	7.90	8.00	52.4
GK-25	4.90	18.0	8.80	22.1	19.3	103.3	14.9	5.50	4.90	2.70	3.40	18.6	300.5	3.00	3.80	8.30	9.00	52.8
GK-26	5.10	10.6	6.90	20.0	47.9	192.6	33.3	3.50	5.00	2.50	3.30	15.1	277.4	2.80	1.80	8.80	15.0	42.4
GK-27	5.40	7.70	8.00	27.9	753.6	91.1	74.5	3.50	5.60	2.30	3.20	5.40	126.2	3.50	0.600	7.70	12.0	14.7
GK-28	6.80	7.90	4.20	17.5	35.7	57.0	21.6	3.40	4.10	2.60	2.90	12.0	295.9	2.70	1.60	12.6	10.0	37.5
GK-29	6.20	10.7	6.10	20.9	42.5	98.3	21.1	5.90	5.50	2.60	3.30	16.1	294.8	2.80	2.00	7.50	63.2	50.2
GK-30	5.10	10.6	6.10	21.0	38.5	200.7	16.1	3.60	4.00	2.70	3.40	16.1	272.0	2.80	0.700	9.00	45.8	47.7
GK-31	6.60	5.60	4.20	18.1	521.9	66.5	24.2	3.60	2.20	2.70	3.50	10.6	1878	3.20	0.700	9.50	655.5	50.5
GK-32	7.10	7.90	4.50	19.0	39.8	80.3	23.1	3.40	4.10	2.50	5.70	12.0	282.1	2.70	0.900	8.90	51.9	40.0
GK-33	5.20	6.40	5.80	19.4	48.2	134.4	13.2	4.60	4.00	2.50	11.7	13.3	267.8	2.70	1.60	9.50	66.6	60.0
GK-34	6.90	9.00	5.70	23.6	127.3	113.8	24.5	3.50	4.30	2.40	3.10	14.8	246.1	3.10	0.500	8.10	131.1	48.1
GK-35	6.00	8.60	4.70	20.0	33.5	66.8	18.5	3.40	5.20	2.70	3.20	13.6	287.1	2.70	2.70	9.80	41.9	39.4
GK-36	5.56	7.10	3.80	15.5	18.8	43.0	14.8	3.40	4.10	2.40	2.70	10.5	286.8	2.50	2.20	7.70	22.7	28.6
GK-37	5.10	9.70	5.80	22.8	347.4	172.6	35.6	4.50	4.20	1.70	3.40	12.5	267.6	3.10	0.500	7.50	483.2	39.7
GK-38	4.93	9.00	5.20	18.9	71.5	86.5	16.9	3.50	4.40	2.50	3.40	11.4	264.4	2.80	0.500	8.00	86.9	42.0
GK-39	5.90	8.50	4.80	19.0	88.5	71.4	11.0	3.40	4.20	1.80	7.20	12.9	272.7	2.90	1.00	7.80	101.4	28.4
GK-40	5.04	8.70	5.90	12.4	14.3	40.0	12.0	5.00	3.70	2.90	3.40	13.9	539.9	3.00	1.20	8.40	27.6	13.6
GK-41	5.40	6.80	1.90	7.60	7.80	27.6	6.60	3.50	2.80	2.90	7.20	8.70	398.4	2.80	3.50	9.00	13.3	21.8
GK-42	6.80	2.10	2.80	8.40	1.10	20.2	13.9	5.30	1.80	2.50	3.30	7.00	381.3	2.30	0.800	8.70	9.60	14.7
GK-43	6.10	1.10	3.40	14.2	1.50	58.8	15.0	4.70	3.10	2.50	3.40	13.5	264.2	2.40	1.50	9.50	7.30	18.4
GK-44	5.50	6.00	4.50	14.6	11.7	136.8	20.6	3.50	2.80	2.60	5.50	11.8	330.5	3.10	2.70	8.90	37.7	44.9
Ort.	5.70	10.4	5.67	18.7	76.0	119.9	20.0	4.09	4.05	2.65	4.98	14.3	378.3	2.90	2.00	10.3	75.8	38.1
ASAŞ	16.0	50.0	20.0	85.0	55.0	650.0	23.0	15.0	20.0	5.00	19.0	160.0	200.0	1.12	14.6	3.10	150.0	210.0
KAŞK	14.9	45.0c	20.0d	2.70e	58.0	636.0	25.7	5.16	-	6.30	13.0d	125.0	142.0	1.12	12.3	2.66	130.0c	200.0

ASAŞa (Taylor ve McLennan, 1985)'ten alınmıştır

KAŞKb (Gromet vd., 1984)'ten alınmıştır

KAŞKc (Jarrar vd., 2000)'den alınmıştır

KAŞKd (Condie, 1993)'ten alınmıştır

KAŞKe (Morgan vd., 1978)'ten alınmıştır

TNT elementlerinin Ni, Ba, Sr, U, V ve Eu elementlerinden farklı taşındığını ve ayrı kaynaktan geldiğini söylemek mümkündür. Cu elementi Pb ve Rb elementleri ile zayıf – orta pozitif, Pb elementi Ba, Nb, Rb ve U elementleri ile zayıf – orta pozitif, Ni elementi V element ile orta pozitif, Ba elementi Nb ve Eu elementleri ile zayıf - orta pozitif, Nb elementi Rb, U ve Ce elementleri ile zayıf pozitif, Sr elementi ise V ile orta pozitif, TNTE ile orta negatif korelasyonlara sahiptirler (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Göynük Kanyonundan alınan numunelerin eser ve nadir toprak element değerleri arasındaki korelasyon bağıntıları.

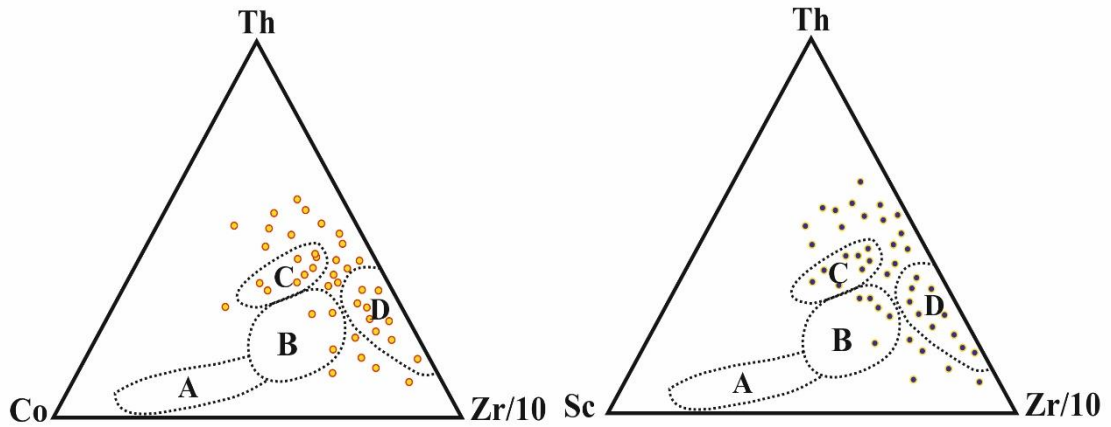
Element	Cu	Pb	Ni	Ba	Nb	Rb	Sr	U	V	Ce	Eu	TNTE
Cu	1.0											
Pb	.450**	1.0										
Ni	0.1	0.2	1.0									
Ba	0.2	.514**	0.0	1.0								
Nb	0.2	.460**	0.1	.545**	1.0							
Rb	.723**	.596**	0.0	0.2	.348*	1.0						
Sr	-0.1	-0.2	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	1.0					
U	-0.1	.453**	-0.2	0.3	.326*	0.1	0.0	1.0				
V	0.1	0.1	.731**	0.0	0.2	0.2	.448**	-0.2	1.0			
Ce	0.2	0.3	0.1	0.1	.488**	.416**	-0.2	0.0	0.2	1.0		
Eu	0.1	0.2	-0.1	.309*	0.1	0.1	-0.3	0.2	-0.1	0.1	1.0	
TNTE	.395**	.377*	0.0	0.1	.438**	.572**	-.323*	0.0	0.1	.805**	0.3	1.0

Eser element miktarlarıyla majör element miktarları aralarındaki korelasyon bağıntıları Çizelge 4.17'de verilmiştir. TNTE içerikleri K, Al, Fe, Ti, P, Mn ve Si oranlarıyla zayıf ila orta düzeyde ($r=0,4$ ila $0,6$) pozitif korelasyona gösterirken, Ca ve LOI bileşenleriyle negatif korelasyona göstermiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Göynük kanyonuna ait örneklerin ana ve iz element içerikleri arasında gözlenen korelasyon ilişkileri.

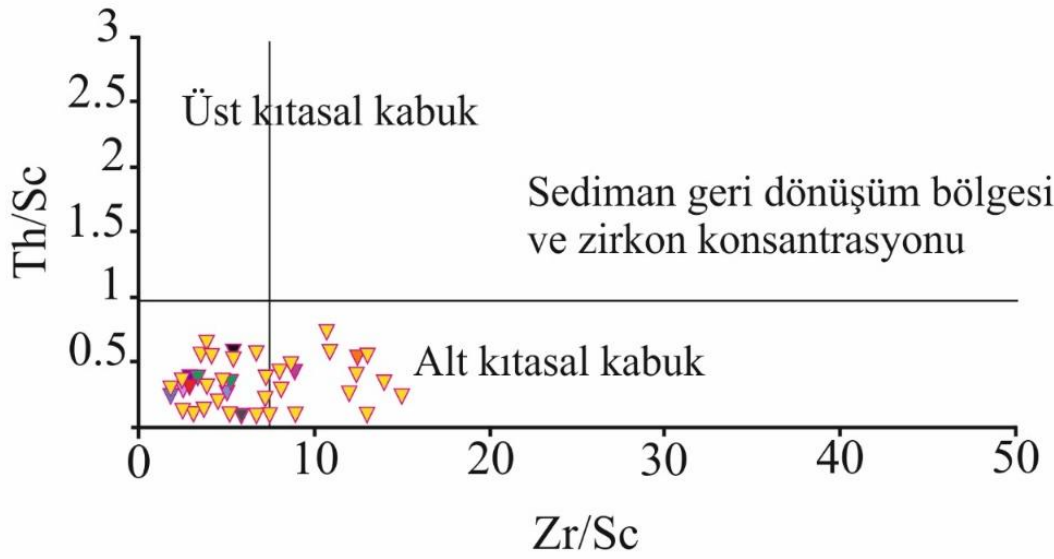
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	TOTkarbon
Cu	.321*	0.3	0.2	-0.140	-.302*	-0.010	.693**	.326*	.401**	.697**	0.1	-0.175	.329*
Pb	.497**	.486**	.574**	0.1	-.550**	0.2	.650**	.660**	.620**	.523**	0.3	-.309*	.531**
Ni	.537**	.325*	.726**	.796**	-.515**	-0.249	0.1	0.2	0.1	0.2	.968**	-.578**	.557**
Ba	0.2	0.3	0.3	-0.059	-0.184	.610**	.303*	.579**	.545**	0.2	-0.007	-0.144	0.2
Nb	0.2	.334*	.373*	-0.025	-.354*	.412**	.386**	.727**	.647**	0.2	0.2	-0.060	0.3
Rb	0.3	.431**	0.2	-.342*	-.322*	-0.105	.975**	.523**	.560**	.543**	0.0	-0.036	0.3
Sr	-.328*	-0.262	-0.208	-0.072	.345*	-0.139	-0.141	-0.231	-0.248	-0.205	0.0	0.2	-.319*
U	-0.052	0.0	0.0	-0.199	-0.012	.390**	0.1	0.3	0.2	0.0	-0.175	0.1	-0.034
V	0.2	0.2	.352*	.348*	-0.295	-0.289	0.3	0.3	0.2	0.1	.624**	-0.130	0.2
Zr	.522**	.554**	.549**	0.1	-.697**	0.187	.544**	.915**	.832**	.423**	0.1	-0.177	.555**
Ce	.358*	.390**	0.3	-0.015	-.474**	-0.019	.415**	.529**	.510**	.395**	0.1	-0.082	.375*
Eu	0.1	0.155	0.2	0.0	-0.182	.377*	0.2	0.3	0.2	0.2	-0.104	0.0	0.1
TNTE	.488**	.507**	.353*	-0.036	-.540**	-0.021	.591**	.568**	.581**	.490**	0.1	-0.222	.501**

Bu verilere göre, TNTE'nin numunelerdeki element dağılımı, yukarıda bahsedilen ilk ana element grubu tarafından ifade eden terrojenik orijinli alümino-silikat evresi vasıtasıyla denetlenmektedir. MnO ve TNTE bileşenleri arasındaki ılımlı pozitif bağıntı ilişkisi ($r = 0,5$), manganezin çoğunun detrital kökenli ve bir bölümünün de otogen kimyasal kaynaklı olduğu görüşünü doğrulamaktadır. Rb, Zr ve Ba'nın K, Ti, P ve Cr ile çok güçlü korelasyonlara sahip olduğu; Ni, Zr, Ba, Cu, Pb, Rb, Nb, Cu ve V'nin Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Ti, Cr ve K ile güçlü korelasyonlara sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.21 ve 4.22). Böylece, söz konusu iz element dağılımlarının da NTE elementleri durumunda olduğu gibi terrigen kırıntılı malzemenin bolluğu tarafından denetlendiği tespit edilmiştir. Öte yandan, Sr, Ce, Eu ve U'nun ana oksit içeriklerinden bağımsız bir şekilde hareket ettikleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.21). Detrital tortul kayalarda bulunan hareketsiz iz elementler, paleo-tektonik ortam incelemelerinde sıklıkla uygulanmıştır. Bu tezde, Th-Co-Zr/10, Th-Sc-Zr/10 ve Th-La-Sc değerlerine göre geliştirilen üçgen diyagramları (Bhatia ve Crook, 1986), Göynük kanyonundaki birimlerin çökeldikleri tektonik ortamın (Pasif kıta kenarları, Aktif kıta kenarları, Kıtasal ada yayları, Okyanusal ada yayları) belirlenmesi amacıyla uygulanmıştır. Sonuç olarak Göynük Kanyonu'na ait örneklerin Th-Co-Zr/10 üçgen diyagramında çoğunlukla aktif ve pasif kıtasal marjine, Th-Sc-Zr/10 üçgen diyagramında ise pasif ve aktif marjinin kıtasal marjine, kısmen kıtasal ada yayı alanı ile çakışmaktadır (Şekil 4.18) (McLennan vd., 1993). Üçgen diyagramları için (IGPET-2014) programı kullanılmıştır.



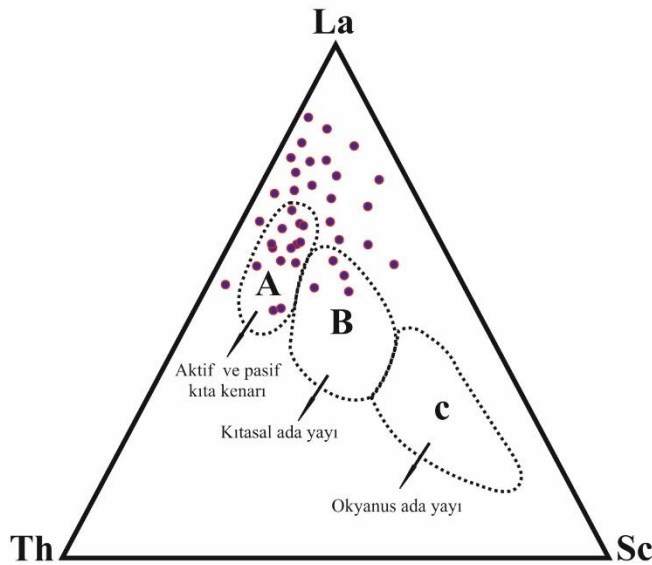
Şekil 4.18. Göynük kanyonundan alınan örnek gruplarının tektonik ayırım diyagramları

Ayrıca, tortul birimlerin bazen çökeldikleri ilk ortamlardan taşınarak başka bir ortamda yeniden çökelebilecekleri de ihmal edilmemelidir. Bu gibi durumlarda, bu diyagramlar titizlikle ve hassasiyetle kullanılmalıdır (Tao vd., 2016). Tortul kayalar tarafından örtülen kırıntılı malzemelerin köken kayacını belirlemek için Zr/Sc oranlarına karşı Th/Sc oranlarını içeren bir diyagramın yaygın olarak uygulandığı görülmüştür. Analiz edilen örneklerin Th/Sc oranlarına karşın, Zr/Sc oranlarının grafikte kıta altı kabuk bölgesine karşılık geldiği görülmektedir (Şekil 4.19). Göynük Kanyonundan alınan sediman örnekleri Th-La-Sc üçgen diyagramında genel olarak aktif ve pasif kıta kenarlarına, kısmen de Kıta Adası yayı bölgesine düşmektedir (Şekil 4.20).



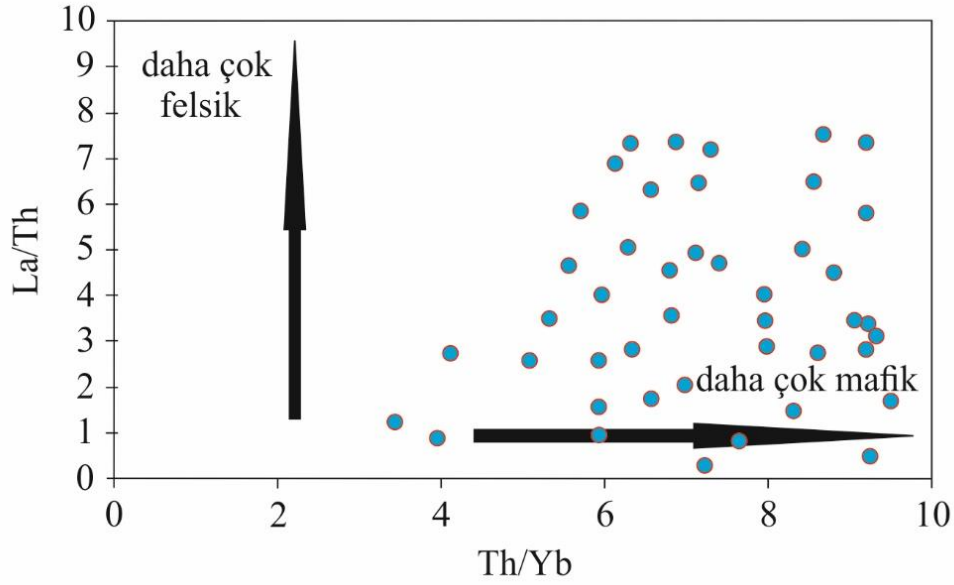
Şekil 4.19. Göynük kanyonundan alınan örnek gruplarının Th/Sc'ye karşı Zr/Sc diyagramı üzerindeki grafiği (McLennan vd., 1993'ten alınmıştır)

Üçgen Diyagramlarında Göynük Kanyonuna ait örneklerin çökelme ortamlarının bu ölçüde farklılık göstermesi, bu bölgenin çok karmaşık bir jeolojiye sahip olduğunu ve bu bölgenin farklı diyajenez, katajenez ve metajenez süreçlerinden geçtiğini göstermektedir.



Şekil 4.20. Göynük kanyonundan alınan örnek gruplarının Th-La-Sc tektonik ayırım diyagramları üzerindeki grafiği (Bhatia ve Crook, 1986)'dan alınmıştır. A. Aktif ve Pasif kıta kenarları. B. Kıtasal ada yayı. C. Okyanus ada yayı

Çalışma sonucunda, söz konusu birimlerin aktif ve pasif zonda çökeldiği ayrıca kaynak alanlarının kıta altı kabuğunun bileşimine daha benzer olan ortaç magmatik kökenli kayalar tarafından örtüldüğü belirlenmiştir. Göynük Kanyonu'ndan alınan sediman örneklerinin felsik ve mafik özelliklerini birbirinden ayırmak için La/Th ve Th/Yb diyagramları (Bhatia ve Crook, 1986) kullanılmıştır (McLennan vd., 1980). Analiz edilen örneklerin çoğu yüksek magnezyum ve demir konsantrasyonları nedeniyle mafik karakter özelliği göstermiştir (Şekil 4.21) (Çizelge 4.23).



Şekil 4.21. La/Th'ye karşı Th/Yb grafiği (Taylor ve McLennan, 1985)

Çizelge 4.23. Felsik ve mafik kayalar için element oranları aralığı ve karşılık gelen üst kıta kabuğu değerleri. Mafik ve felsik kayalar için dağılım tablosu (Cullers, 2000)'den, UCC değerleri ise (Taylor ve McLennan, 1985)'den alınmıştır.

Element Oranları	Felsik Kayalar	Mafik Kayalar	Üst Kıta Kabuğu
Th/Sc	0.840 - 0.250	0.050 - 0.220	0.790
Th/Co	0.270 - 19.4	0.040 - 1.40	0.630
Th/Cr	0.130 - 2.70	0.018 - 0.046	0.130
Cr/Th	4.00 - 15.0	25.0 - 500.0	7.76
La/Th	25.0 - 16.3	0.430 - 0.860	2.21

Yüksek toryum değerleri, buna karşın uranyumun düşük olması Felsik kökene işaret edebilir. Th/U oranı, genellikle Felsik provenans tanımlamak için Th-U konsantrasyonları (McLennan vd., 1993) ile birlikte kullanılmıştır (Hurowitz ve McLennan, 2005). Yükseltgen koşullarda ayrışma işlemi uranyumun U^{6+} olarak toplanmasına yol verirken toryumun (Th) hareketsiz kalmasına neden olur. Bu durumlarda Th/U oranı yüksek derecede artış gösterecektir. Th ve benzeri elementlerin yüksek konsantrasyonları felsik kaynaklara işaret eder. Analiz edilen örneklerin ortalama Th/U oranı 0,2 olup mafik kökenli kayalara işaret etmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Element oranlarının değerleri.

Örnek No.	Th/Sc	Th/Co	Cr/Th	Th/Cr	La/Th	Th/U	Zr/Sc
GK-1	0.220	0.149	583.4	0.001	0.471	0.425	6.10
GK-2	0.243	0.162	497.3	0.002	0.211	0.224	3.11
GK-3	0.290	0.116	307.6	0.003	0.700	0.225	3.71
GK-4	0.214	0.147	78.9	0.012	0.400	0.380	10.2
GK-5	0.277	0.038	25.8	0.134	0.650	0.247	13.7
GK-6	0.239	0.143	367.4	0.0003	0.056	0.379	4.13
GK-7	0.254	0.095	341.5	0.002	0.929	0.127	4.15
GK-8	0.288	0.127	555.5	0.001	0.963	0.181	1.86
GK-9	0.236	0.207	117.4	0.0009	0.696	0.247	5.32
GK-10	0.246	0.320	107.3	0.0009	1.82	0.241	4.34
GK-11	0.136	0.329	109.1	0.0009	0.065	0.297	5.40
GK-12	0.241	0.160	237.1	0.0004	0.522	0.245	3.95
GK-13	0.242	0.276	149.3	0.0007	0.438	0.200	1.77
GK-14	0.351	0.185	473.4	0.002	0.720	0.281	12.4
GK-15	0.245	0.107	374.5	0.002	0.739	0.162	4.20
GK-16	0.073	0.176	113.1	0.008	0.880	0.301	3.04
GK-17	0.048	0.088	54.4	0.018	0.486	0.202	11.8
GK-18	0.151	0.053	27.3	0.036	0.536	0.061	12.8
GK-19	0.051	0.131	482.9	0.002	0.375	0.097	9.74
GK-20	0.090	0.105	91.5	0.010	0.920	0.136	11.7
GK-21	0.133	0.061	88.2	0.011	0.238	0.104	14.5
GK-22	0.246	0.258	242.4	0.004	0.406	0.158	7.40
GK-23	0.243	0.151	489.0	0.002	0.410	0.337	6.75
GK-24	0.240	0.088	266.0	0.003	0.682	0.278	9.53
GK-25	0.138	0.255	219.6	0.004	1.89	0.458	10.7
GK-26	0.135	0.054	38.9	0.025	0.167	0.205	8.31
GK-27	0.111	0.008	25.7	0.295	0.056	0.078	2.72
GK-28	0.235	0.074	70.4	0.014	0.750	0.127	5.51
GK-29	0.323	0.095	46.3	0.021	0.933	0.267	8.10
GK-30	0.137	0.043	25.3	0.039	0.889	0.078	9.35
GK-31	0.106	0.029	12.5	0.398	0.294	0.074	7.65
GK-32	0.127	0.039	22.5	0.044	0.474	0.101	5.63
GK-33	0.208	0.121	31.6	0.031	0.789	0.168	11.5
GK-34	0.072	0.020	13.6	0.073	0.280	0.062	6.97
GK-35	0.245	0.146	210.9	0.004	0.370	0.276	6.57
GK-36	0.220	0.149	78.0	0.012	0.318	0.286	5.14
GK-37	0.098	0.014	21.9	0.151	0.867	0.067	7.78
GK-38	0.101	0.030	13.1	0.075	0.933	0.063	8.52
GK-39	0.169	0.091	31.1	0.032	0.733	0.128	4.81
GK-40	0.238	0.100	319.1	0.003	0.517	0.143	2.70
GK-41	0.036	0.530	488.3	0.001	0.086	0.389	4.04
GK-42	0.118	0.058	424.7	0.001	0.316	0.092	2.16
GK-43	0.246	0.100	150.0	0.006	0.933	0.158	3.02
GK-44	0.249	0.131	247.7	0.004	0.741	0.303	8.16
Ort.	0.189	0.131	197.1	0.034	0.606	0.206	6.85

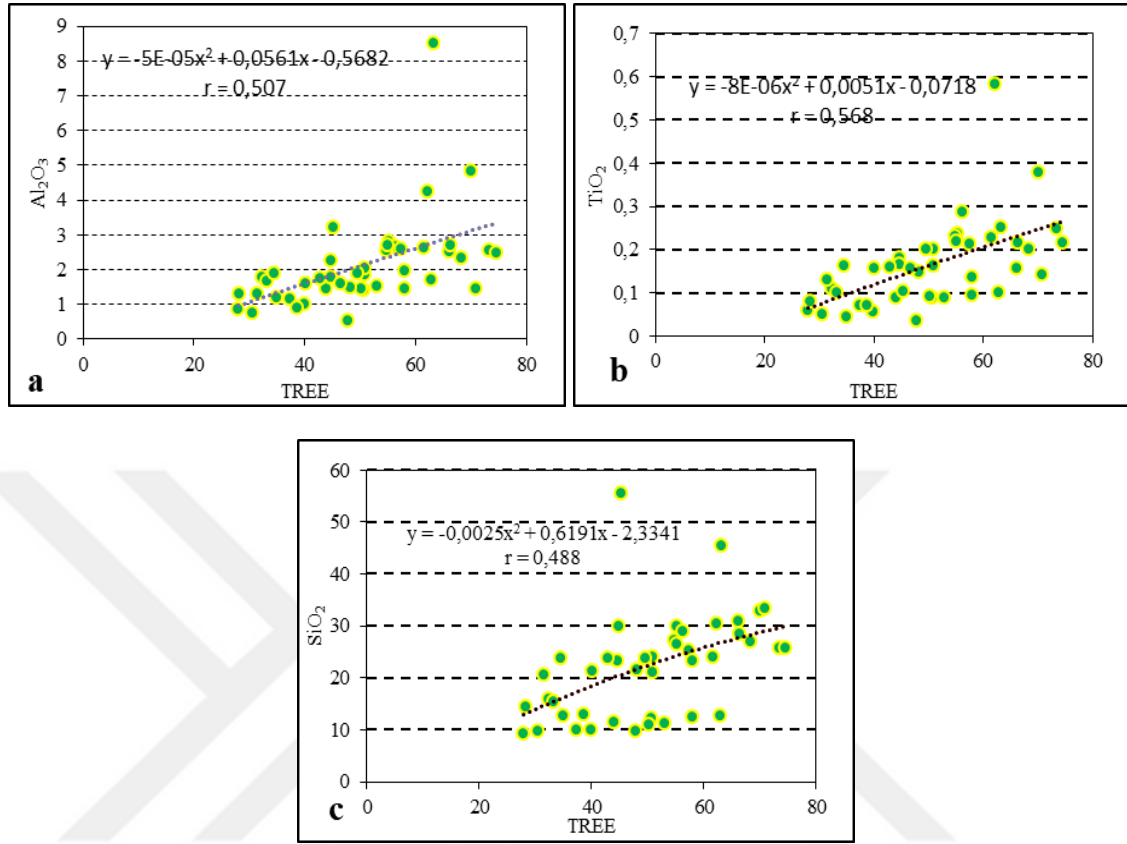
Yüksek Th/Sc ve Zr/Sc oranları kısmen mafik materyallerin intrüzyonuna işaret etmektedir. Yüksek Zr/Sc oranları, alt kabuk magmatik kaynaklarından gelen büyük miktardaki girdileri yansıtmaktadır. Analiz edilen örneklerin Th/Sc değerleri 0.036 ile 0.351 (ortalama = 0.189) arasında değişmekte olup mafik - magmatik bir kökene işaret etmektedir. Buna benzer bir durum Th/Co oranı için de geçerlidir; çoğu değer 1,4'ün altında ve 0.04'ün üzerindedir (ortalama = 0.131). Cr/Th oranları 12.51 ila 583.41

(Ortalama = 197.13) arasında değişmekte olup mafik kaynaklı girdiye işaret etmektedir. Th/Cr oranları 0.0003 ila 0.39 (Ortalama = 0.034) arasında değişirken, La/Th oranları 0.056 ila 1.895 (Ortalama = 0.606) arasında değişmektedir ve bu da mafik bir kaynak girişine işaret etmektedir.

4.12.3. Nadir Toprak Element Jeokimyası

Geçtiğimiz yıllarda, nadir toprak elementlerin (NTE) kompozisyonları ve normalize edilmiş dağılım şekilleri üzerinde araştırmacılar tarafından detaylı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Elderfield vd., 1990; Nothdurft vd., 2004; Madhavaraju ve Lee, 2009; Nagarajan vd., 2011; Hua vd., 2013; Oni vd., 2014; Kuşcu vd., 2016). Okyanusal kökenli kayaçların NTE bileşimini ve dağılım modellerini belirleyen başlıca faktörler şunlardır: 1) Birikim ortamındaki kayaçların yapısı (Murray vd., 1991), 2) yüzeydeki bozunma seviyeleri arasındaki değişiklikler (Toyoda vd., 1990), 3) çökeltme alanına gelen kıtasal kökenli terrigenous materyaller (Nagarajan vd., 2011), 4) Denizden gelen biyojenik tortullar (Murray vd., 1991), 5) çökelmiş litolojinin yapısı ve diyajenetik evreler (Madhavaraju ve Ramasamy, 1999), 6) okyanusun tuzluluğu, derinliği ve oksijen seviyesindeki değişimler (Liu vd., 1988; Greaves vd., 1999). Antik taşların nadir toprak elementi (NTE) içeriği analiz edilerek, içerdikleri NTE'lerin deniz veya kıtasal orijinli olup olmadıkları belirlenebilir (Banner vd., 1988; Frimmel, 2009; Zhao vd., 2009). Günümüzde yapılmış olan çalışmaların birçoğu kayaçların çok az miktarda NTE içerdiğini (Goldberg vd., 1963; Haskin vd., 1966; Tlig ve Mrabet, 1985) ayrıca, NTE modellerinin çökeltme ortamı koşullarından (Murray vd., 1990; Murray vd., 1992) ve diyajenetik süreçler (Scherer ve Seitz, 1980; Armstrong-Altrin vd., 2003; Fu vd., 2011) tarafından etkilendiğini tespit edilmiştir. Nadir toprak elementlerinin miktarları ve normalleştirilmiş desenleri, kayaçların çökeltme koşullarını belirlemek için çok yararlı jeokimyasal izleyiciler olarak kullanılabilir. Buna dayanarak, bu tez çalışmasında incelenen sedimanların çökeltme koşullarını belirlemek için ASAŞ-normalize NTE desenleri uygulanmıştır. Söz konusu elementlerin jeokimyasal niteliklerinin benzerlik göstermesi, bunların dış elektron halkalarının benzer yapıya olmasından kaynaklanmaktadır. Nadir toprak elementlerin ortak fiziksel ve kimyasal özellikleri olduğu için fiziko-kimyasal koşullar altında gösterdikleri hareketler de oldukça yakındır. Dolayısıyla, nadir toprak elementler, birbirleriyle son derece uyumlu hareketler gösteren ve yakın ilişki içinde olan önemli bir elementler grubu oluşturmaktadırlar. Nadir toprak unsurları Fe-Mn oksit-hidroksit partikülleri vasıtasıyla emilebilir ve onlarla birlikte hareket edebilir ve tortu oluşturabilir (Yang vd., 2002). Nadir toprak elementlerinin en önemli özellikleri, bozunma, yerleşim, sedimantasyon, diyajenez, başkalaşım ve metamorfizma benzeri mühim jeolojik ve jeokimyasal işlemler esnasında sabit kalabilmeleridir. Elementler, mineralojik ve petrolojik süreçlerin bir sonucu olarak bir dizi fraksiyonlaşmaya maruz kalırlar. Geçtiğimiz yıllarda, bu gibi durumların açıklanmasında NTE jeokimyasından faydalanmak oldukça büyük önem kazanmıştır. Dolayısıyla bu gibi hallerde bunların çok daha dikkatli ve temkinli kullanılması gerekmektedir. Göynük Kanyonundan alınan dere sediman numunelerinin NTE içerikleri, ortalama ASAŞ (Taylor ve McLennan, 1985) ve KAŞK değerleri ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.25'de gösterilmiştir. Örneklerin toplam nadir toprak elementi (Σ NTE) içerikleri 27,86 ppm ile 74,47 ppm arasında değişiklik göstermektedir. Si, Al ve Ti oranları ile Σ NTE oranları arasındaki pozitif ilişkiler, Göynük Kanyonu

sedimanlarındaki NTE dağılımının terrojenik malzemelerin zenginliği tarafından kontrol edildiğine işaret etmektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Göynük kanyonuna ait olan numunelerin Σ NTE ve oksitler arasında izlenen korelasyon ilişkileri

Analiz edilen numunelerin ortalama TNTE oranı 50,2 ppm iken, bu oran KAŞK ve ASAŞ'tan yaklaşık dört kez düşüktür (Çizelge 4.25; Şekil 4.23 ve 4.24). Terrojenik kökenli malzemeye kirlenmemiş ve diyajenetik ve/veya metamorfik proseslerle değişime uğramamış denizel kökenli sedimanların normalize edilmiş NTE+Y desenlerinin en karakteristik nitelikleri aşağıda sıralanmıştır:

- 1) HNTE ve ANTE açısından önemli ölçüde fakirleşme göstermesi,
- 2) Negatif Ce anomalisi ve kısmen de pozitif Eu anomalileri sergiler,
- 3) Hafif negatif Gd ve (Y/Ho)SN anomalileri,
- 4) Y/Ho değerleri 45'ten az olması.

Çizelge 4.25. Göynük Kanyonundan alınan örneklerin nadir toprak element konsantrasyonları (ppm).

Örnek	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Y	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣNTE	ΣHNTE	ΣANTE
GK-1	25.4	18.2	0.700	0.100	1.20	0.300	1.20	0.100	0.020	18.2	0.700	0.003	0.003	0.044	0.003	66.1	47.0	19.1
GK-2	9.90	10.0	1.20	0.800	2.00	0.400	1.40	0.200	0.020	8.70	0.300	0.010	0.007	0.015	0.004	34.9	25.7	9.20
GK-3	7.40	28.8	7.60	0.200	2.10	0.400	1.70	0.001	0.020	9.20	0.500	0.012	0.006	0.015	0.001	57.9	48.1	9.80
GK-4	16.2	20.8	1.40	1.40	1.70	0.400	1.90	0.100	0.010	11.0	0.100	0.011	0.005	0.009	0.002	55.1	43.9	11.3
GK-5	15.3	28.4	9.70	1.20	1.70	0.200	0.600	0.100	0.010	12.0	0.700	0.006	0.007	0.044	0.003	70.0	57.1	12.9
GK-6	7.40	10.0	1.10	1.10	1.50	0.300	1.60	0.100	0.020	8.90	0.300	0.012	0.008	0.015	0.006	32.3	22.9	9.40
GK-7	19.4	10.0	1.00	0.800	1.70	0.400	1.70	0.100	0.020	8.60	0.100	0.012	0.006	0.017	0.004	43.9	35.0	8.90
GK-8	18.8	10.0	0.800	0.800	0.100	0.001	0.100	0.100	0.020	8.50	0.600	0.003	0.002	0.002	0.010	39.8	30.6	9.20
GK-9	15.4	18.3	3.90	0.400	2.00	0.300	0.800	0.100	0.010	8.30	1.00	0.012	0.008	0.037	0.033	50.5	41.1	9.40
GK-10	7.30	10.0	1.60	0.500	2.20	0.300	0.900	0.200	0.010	9.80	0.200	0.005	0.005	0.013	0.005	33.0	22.8	10.2
GK-11	24.3	28.1	1.60	0.200	0.100	0.001	0.100	0.001	0.020	7.80	0.500	0.003	0.007	0.019	0.008	62.8	54.4	8.40
GK-12	8.10	16.0	1.40	0.001	3.20	0.400	1.00	0.100	0.020	6.70	0.300	0.010	0.016	0.022	0.008	37.2	30.0	7.20
GK-13	7.10	11.6	1.20	0.001	0.900	0.300	1.90	0.100	0.010	6.70	0.500	0.009	0.006	0.041	0.004	30.4	23.0	7.40
GK-14	21.8	31.5	2.20	0.400	2.80	0.400	1.00	0.200	0.040	12.6	0.400	0.007	0.009	0.042	0.007	73.3	60.1	13.2
GK-15	22.4	11.8	0.600	2.10	3.00	0.400	1.70	0.300	0.030	7.00	0.600	0.009	0.004	0.033	0.005	50.0	42.1	8.00
GK-16	7.20	9.90	0.600	2.00	0.900	0.200	1.50	0.200	0.010	5.20	0.100	0.009	0.008	0.028	0.003	27.9	22.3	5.50
GK-17	27.7	21.0	1.30	0.200	1.80	0.400	2.30	0.200	0.020	11.2	0.100	0.008	0.008	0.032	0.005	66.3	54.7	11.6
GK-18	21.1	16.1	0.500	1.90	1.80	0.500	2.60	0.200	0.010	10.8	0.600	0.005	0.008	0.039	0.001	56.2	44.5	11.7
GK-19	15.3	9.90	0.800	3.10	0.900	0.200	0.700	0.400	0.040	8.00	0.600	0.007	0.005	0.039	0.009	40.0	30.9	9.10
GK-20	17.3	24.0	1.60	2.40	1.40	0.400	2.30	0.100	0.030	11.1	0.900	0.009	0.008	0.031	0.007	61.5	49.3	12.1
GK-21	15.2	25.1	1.90	0.400	2.20	0.500	2.80	0.300	0.020	13.4	0.200	0.007	0.007	0.041	0.007	62.1	48.2	14.0
GK-22	17.3	35.9	4.20	0.900	2.90	0.500	2.00	0.300	0.020	10.3	0.200	0.008	0.005	0.008	0.008	74.5	63.7	10.8
GK-23	28.9	27.9	1.30	0.300	1.90	0.001	0.001	0.200	0.010	10.0	0.200	0.006	0.005	0.006	0.004	70.8	60.4	10.4
GK-24	16.9	23.8	1.60	0.700	0.600	0.001	0.10	0.200	0.030	10.0	0.800	0.007	0.005	0.005	0.010	54.7	43.6	11.1
GK-25	7.20	26.9	4.20	0.400	1.90	0.300	0.700	0.200	0.020	12.8	0.400	0.006	0.003	0.003	0.006	55.0	41.5	13.5
GK-26	16.5	13.7	1.00	0.800	0.900	0.200	1.50	0.200	0.030	9.70	0.200	0.005	0.001	0.005	0.001	44.7	34.5	10.1
GK-27	21.8	13.2	1.20	1.00	0.900	0.200	1.70	0.200	0.020	4.30	0.600	0.006	0.003	0.008	0.004	45.2	40.0	5.20
GK-28	9.20	20.9	2.00	0.600	0.800	0.200	0.900	0.100	0.020	9.10	0.700	0.006	0.004	0.078	0.002	44.6	34.6	10.0
GK-29	23.8	26.1	1.80	0.400	1.50	0.400	2.20	0.200	0.020	11.1	0.600	0.004	0.007	0.095	0.003	68.3	56.2	12.1
GK-30	18.6	21.3	1.40	0.500	2.90	0.500	2.10	0.400	0.020	9.50	0.100	0.009	0.007	0.030	0.004	57.3	47.2	10.1
GK-31	7.30	16.5	3.80	0.900	0.600	0.001	0.001	0.100	0.020	2.00	0.200	0.002	0.004	0.008	0.002	31.4	29.2	2.30
GK-32	16.1	18.0	1.40	0.900	1.70	0.500	2.80	0.200	0.020	8.70	0.200	0.006	0.003	0.076	0.001	50.7	41.5	9.20

Çizelge 4.25. Devam.

GK-33	16.7	20.9	1.60	0.700	0.100	0.100	1.30	0.001	0.030	9.10	0.200	0.002	0.004	0.026	0.007	50.8	41.4	9.40
GK-34	23.2	22.8	2.60	1.70	0.900	0.300	2.10	0.300	0.030	9.00	0.100	0.006	0.001	0.076	0.001	63.1	53.6	9.50
GK-35	14.5	13.1	0.80	0.800	2.50	0.300	0.900	0.200	0.030	9.40	0.200	0.003	0.013	0.047	0.002	42.7	32.9	9.80
GK-36	20.5	10.0	0.30	2.40	1.90	0.500	2.30	0.200	0.030	9.80	0.200	0.004	0.006	0.007	0.003	48.1	37.9	10.2
GK-37	7.30	24.2	4.70	0.600	1.60	0.400	1.80	0.300	0.040	8.50	0.100	0.006	0.003	0.005	0.001	49.5	40.5	8.90
GK-38	7.40	13.1	1.60	0.800	1.10	0.200	1.30	0.200	0.040	8.50	0.200	0.003	0.009	0.006	0.001	34.5	25.5	8.90
GK-39	23.2	18.8	0.80	1.90	1.30	0.400	2.10	0.100	0.050	9.10	0.200	0.006	0.007	0.008	0.010	57.9	48.5	9.40
GK-40	27.6	9.80	0.30	2.80	0.600	0.200	1.70	0.300	0.010	9.40	0.200	0.007	0.005	0.009	0.030	52.9	42.9	9.90
GK-41	7.30	17.0	1.70	3.60	0.800	0.200	0.900	0.300	0.020	6.50	0.400	0.011	0.006	0.008	0.003	38.6	31.4	7.20
GK-42	16.4	17.1	1.20	3.20	2.60	0.400	1.40	0.001	0.020	4.40	0.900	0.008	0.009	0.007	0.042	47.8	42.4	5.40
GK-43	7.40	10.0	1.90	0.200	0.100	0.100	2.10	0.100	0.020	6.00	0.300	0.006	0.006	0.003	0.010	28.2	21.7	6.40
GK-44	7.40	23.9	3.00	0.600	0.200	0.100	1.60	0.300	0.020	9.20	0.200	0.010	0.004	0.001	0.003	46.5	36.8	9.70
Avg.	15.7	18.5	2.00	1.10	1.50	0.300	1.40	0.200	0.020	9.10	0.400	0.007	0.006	0.025	0.007	50.2	40.5	9.70
ASAŞa	38.2	79.6	8.80	33.9	5.60	1.100	4.70	0.800	4.70	27.0	1.00	2.85	0.410	2.82	0.430	211.8		
KAŞK	31.1b	66.7b	7.90c	27.4b	5.59b	1.18b	4.55b	0.85b	3.51b	27.0d	1.04c	1.93b	0.500c	3.06b	0.456b	182.8		

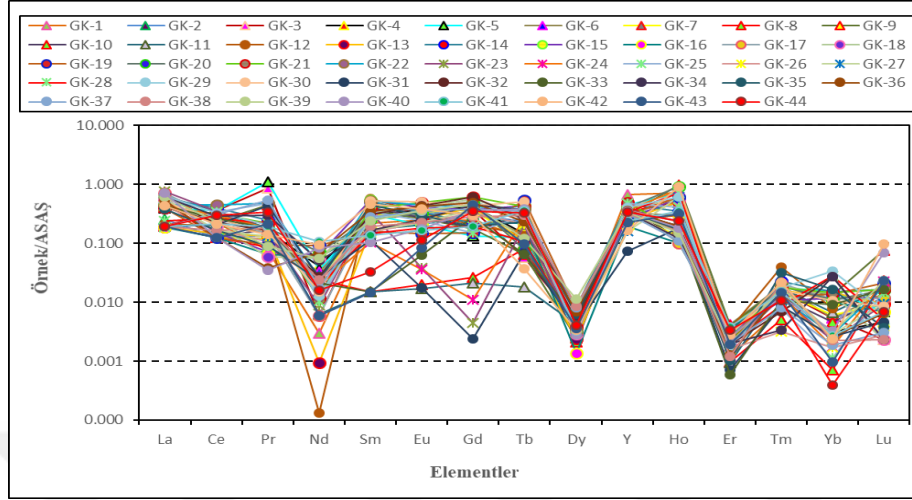
ASAŞa değerleri (Taylor ve McLennan. 1985)'den alınmıştır.

KAŞKb değerleri (Gromet vd.. 1984)'den alınmıştır.

KAŞKc değerleri (Haskin vd.. 1968)'den alınmıştır.

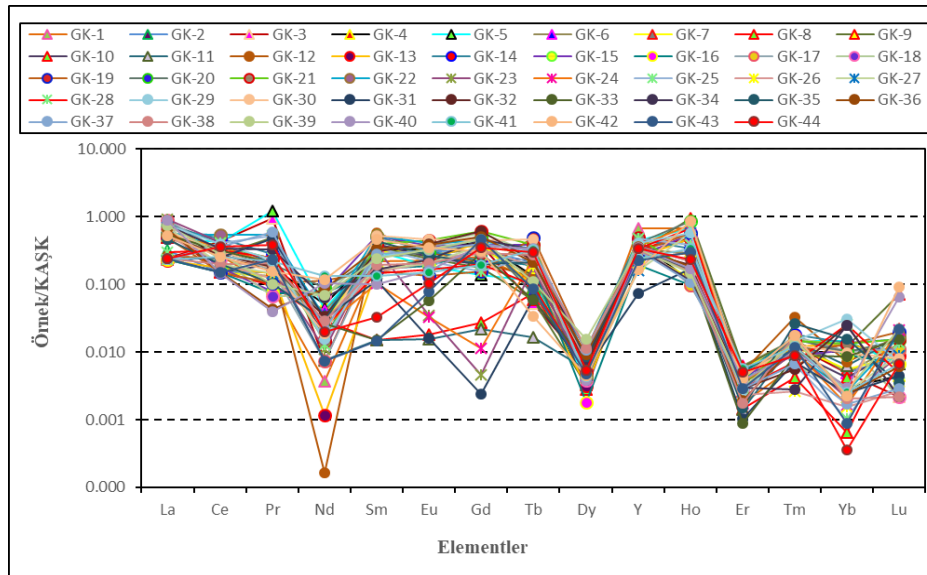
KAŞKd değerleri (Jarrar vd.. 2000)'den alınmıştır.

Geçtiğimiz yıllar içerisinde Y elementinin Ho ve Dy ile oldukça benzer elektron yüküne ve atomik yarıçapa sahip olduğundan dolayı NTE desenlerinde genellikle Ho ve Dy elementlerinin aralarına konumlandırıldığı bilinmektedir (Chen vd., 2014).



Şekil 4.23. Göynük kanyonundan alınan örneklerin ASAŞ-normalleştirilmiş NTE desenleri

Bu benzerlikler göz önünde bulundurularak NTE paternleri oluşturulurken Ho ve Dy elementleri arasına Y elementi konulmuştur. Sedimanter kayalar tamamen temsil etmeyen ve adeta şeyl paternlerine yakın bir özellik sergileyen analiz edilen örneklerin NTE paternlerine incelendiğinde, şeyllere kıyasla neredeyse on kat daha az NTE oranına denk geldikleri görülmektedir. Özgün denizel karbonatları tamamen yansıtmayan NTE modellerinde görülen bu farklı özellikler, büyük olasılıkla incelenmiş örneklerdeki HNTE içeriği ANTE içeriğinden daha zengin olan karasal kökenli kırıntılı malzemenin kontaminasyonu ile ilgilidir.



Şekil 4.24. Göynük kanyonundan alınan örneklerin KAŞK-normalize edilmiş NTE desenleri

Elde edilen bu bulgulara dayanarak, Göynük kanyonuna ait tortulların çökelişi sırasında kıtasal kökenli kırıntılı malzemelerin tatlı sularla havzaya taşındığı ve karbonatlarla birlikte çökeldiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, deniz kökenli karbonatların karakteristik NTE özellikleri, karasal kökenli karbonatların karakteristik NTE özellikleri tarafından üstlenilir ve bu karmaşık NTE modelleri elde edilir (Gromet vd., 1984; Taylor ve McLennan, 1985). Bunun yanı sıra, elde edilen veriler, incelenmiş olan tortulların çökme ortamının, karasal kırıntılı malzemenin çok yüksek oranda girişine tabi olan kıyıya yakın sığ bir deniz ortamı olduğunu göstermektedir. Deniz kökenli kayalarda NTE bolluğu farklı faktörlerle bağlantılıdır. Bunlar:

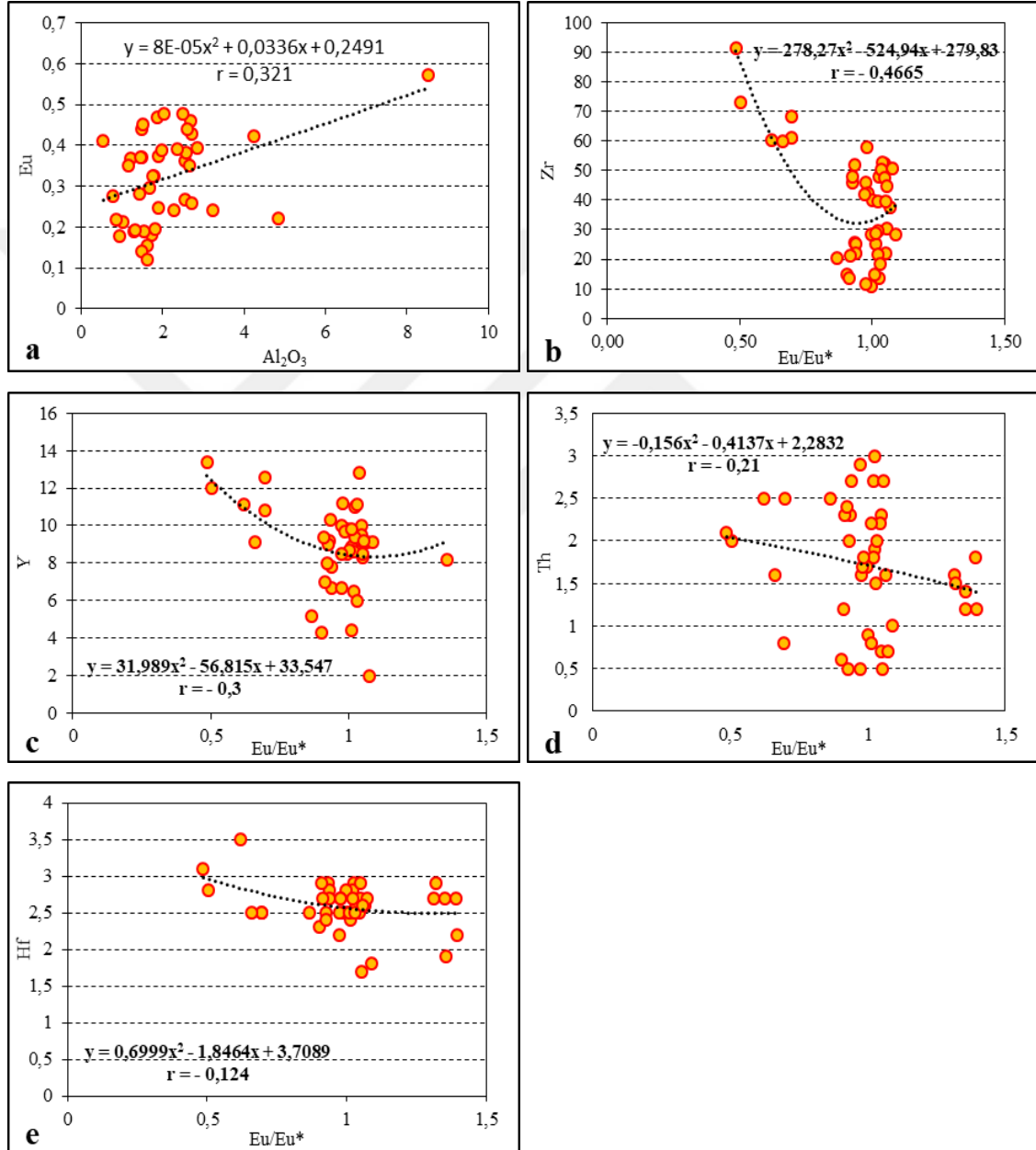
- a) Çökel havzasına gelen karasal kırıntılı malzemenin bolluğu (Piper, 1974; McLennan, 1989; Nagarajan vd., 2011),
- b) Erken diyajenez sırasında su kolonundan ve sedimandan NTE'nin otojenik olarak tükenmesi (Madhavaraju ve Ramasamy, 1999),
- c) Çökme ortamının derinliği, tuzluluk ve oksijen seviyelerindeki değişimler (Greaves vd., 1999),
- d) Deniz suyundan oluşan biyojenik kaynaklı sedimantasyon (Murray vd., 1991).

Analiz edilen numunelerin KAŞK-normalize edilmiş NTE içerikleri değişik NTE paternleri göstermektedir (Şekil 4.24). Bu paternler, örneklerdeki NT elementlerinin değişik ayrışma, taşınma, çökme ve diyajenez süreçlerinden geçtiğini ve büyük olasılıkla ayrı bir kaynaktan türediğini belirtmektedir (Li vd., 2008). Göynük Kanyonu'ndan alınan örneklerin Y/Ho değerleri 7.2 ile 112 arasında farklılık göstermektedir (Çizelge 4.19). Bu değişiklikler büyük olasılıkla üzerinde çalışılan örneklerin içerdiği karasal kırıntılı malzemenin bolluğu ile bağlantılıdır. Düşük Y/Ho değerleri terrojenik malzeme kirlenmesinin arttığını ve buna paralel olarak Y/Ho değerlerinin şeyllerin Y/Ho değerlerine yaklaştığını gösterirken, yüksek Y/Ho değerleri terrojenik malzeme kirlenmesinin azaldığını göstermektedir (Nagarajan vd., 2011). Europium anomalisi genellikle $[Eu/Eu^*]$ olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülde gösterilen ilişki çerçevesinde normalize edilmiş Eu içeriği (Eu^*) ve bu elemente komşu normalize edilmiş GdN ve SmN element içerikleri kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$Eu/Eu^* = EuN / [(SmN \times GdN)]^{1/2} \quad (4.15)$$

Bu bağıntıda N sembolü, NTE değerlerinin ASAŞ ve KAŞK'a göre normalize edilmiş düzeylerini temsil etmektedir. Olumlu veya olumsuz Eu anomali sonuçları, değişik jeolojik çevrelerdeki fizikokimyasal koşulların saptanmasında oldukça faydalı bir ölçüttür (Oni vd., 2014;). Eu anomali değerleri (Eu/Eu^*), ASAŞ'a göre normalize edilerek NTE oranlarına göre gerçekleştirilen ölçümlerde 0,86 ile 1,08 (ortalama= 0,994) arasında, KAŞK'a göre normalize edilerek NTE oranlarına göre gerçekleştirilen ölçümlerde ise 0,79 ile 0,99 (ortalama=0,902) arasında yer almaktadır. (Çizelge 4.19). Birçok araştırmacıya göre, pozitif Eu anomalileri hidrotermal ve/veya diyajenetik proseslerden geçmiş veya Eu inklüzyonları içeren plajiyoklaz taneleri barındıran sedimanlarda meydana gelmektedir (Michard vd., 1983; Murray vd., 1991; MacRae vd., 1992; Nath vd., 1992; German vd., 1993; Kurian vd., 2008) Eu ve Al_2O_3 içerikleri arasındaki pozitif korelasyon ilişkisi ($r=0,32$), bu elementin feldispat parçalarında

bulunduğunu göstermektedir (Şekil 4.25 a). Bununla birlikte, Eu anomali verilerinin klastik malzemelerin başlıca bileşenleri olduğu Hf, Y, Zr ve Th türü elementlerin değerleri ile negatif korelasyon göstermesi, pozitif Eu anomalilerinin ortaya çıkmasında indirgeyici ortamdaki diyajenetik ve/veya hidrotermal çözelti intrüzyonlarının etkili olduğunu düşündürmektedir (Şekil 4.25 b, c, d, e). Ce anomalisi, çökelme havzasındaki redoks şartlarının ve ortam koşullarında meydana gelen farklılıkların değerlendirilmesinde geniş çapta uygulanan çok önemli bir yöntemdir (Wright vd., 1987; Naqvi vd., 1988; Sholkovitz, 1988; Nagarajan vd., 2011).



Şekil 4.25. Göynük kanyonundan toplanan numunelerin iki değişkenli korelasyon bağlantıları

Seryum anomalisi, normalleştirilmiş Ce içeriği ve komşu elementler LaN ve PrN'nin normalleştirilmiş verileri aracılığıyla aşağıda verilen bağıntıya göre hesaplanır,

$$\text{Ce/Ce}^* = 2\text{CeN} / (\text{LaN} + \text{PrN}) \quad (4.16)$$

Bu bağıntıda alt indis anlamında geçen N, belirli bir standarda göre normalize edilerek hesaplanmış NTE değerlerine işaret etmektedir. ASAS tarafından normalize edilmiş NTE değerleri üzerinden gerçekleştirilen işlemlere dayanarak, Ce anomali oranları (Ce/Ce^*) 0,52 ile 1,17 arasında değişmektedir.

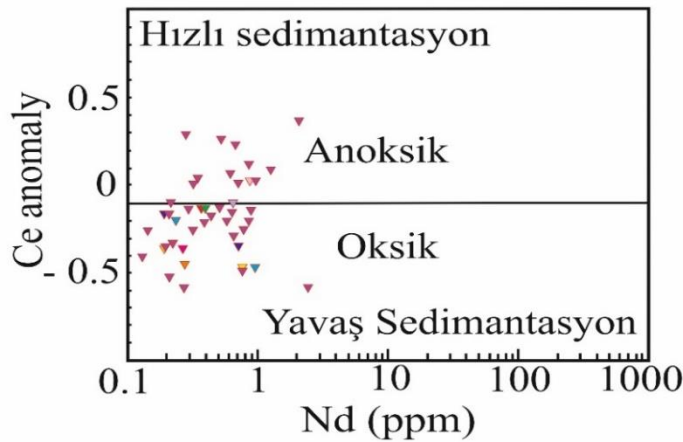
Ortalama Ce anomali oranı ise 0,88'dir. KAŞK'ın normalize edilen NTE değerlerine göre gerçekleştirilen ölçümlerde ise Ce anomali oranlarının 0,53 ile 1,19 aralığında seyrettiği ve ortalama Ce anomali oranının 0,9 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.14). İnceleme yapılan numunelerde Ce anomalilerinin bulunmaması veya pozitif Ce anomalilerinin bulunması, Ce'nin çökme ortamında Ce^{+3} iyonları halinde bulunduğunu ve çevrenin oksijensiz kaldığını yansıtmaktadır. Eksi Ce anomalisi çevrenin oksijen açısından doygun olduğunu ve Ce'nin CeO_2 bileşiminde Ce^{+4} iyonları halinde bulunduğunu, bunların Fe ve/veya Mn oksit partikülleri aracılığıyla emilip çöktüğünü ve dolayısıyla Ce açısından zayıf bir su kolonu oluşturduğunu ve bu sudan çökmüş kimyasal orijinli kayaların da eksi Ce anomalisine sahip olduğunu göstermektedir (Elderfield vd., 1990; Armstrong-Altrin vd., 2003).

Ayrıca (Wright vd., 1987) kondritlere göre normalize edilmiş NTE değerlerini kullanarak Ce anomalisini hesaplamak için aşağıdaki formülü önermişlerdir.

Bu formülde alt indis olarak kullanılan n, kondrit tarafından normalize edilen NTE içeriklerini temsil etmektedir.

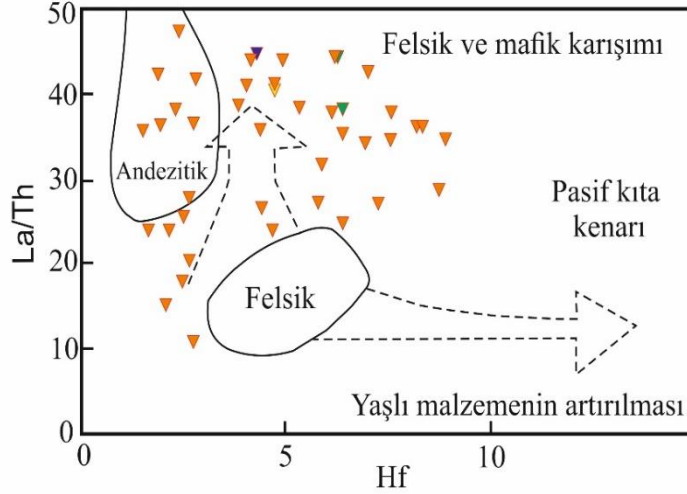
$$\text{Ceanom} = \text{Log} (3\text{Cen}/(2\text{Lan}+\text{Ndn})) \quad (4.17)$$

Bu yöntemle yapılan hesaplamalar Ce anomali değerlerinin - 0.7 ile 0.35 arasında olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.14). Analiz edilen numuneler, Ce anomali değerlerine karşı Nd değerleri kullanılarak ikili diyagrama düşürüldüğünde, birimlerin orta çökme hızında ve çoğunlukla oksik (Oksik-Anoksik) koşullar altında çöktüğü anlaşılmaktadır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Nd konsantrasyonlarına karşı Ce anomalisi diyagramı; Anoksik ve oksik arasındaki ayırım çizgisi (Wright vd., 1987)'den alınmıştır

Sonuç olarak, analiz edilen örneklerdeki kırıntılı malzemelerin genellikle mafik ve bazen de andezitik kökenli orta yaşlı bir magmatik kaynaktan türediği görülmektedir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Göynük kanyonuna ait örnek gruplarının Hf-La/Th diyagramları (Floyd ve Leveridge, 1987)

4.13. Ağır Metal Kirlilik Endeksleri

Ağır Metaller yer kabuğunda doğal olarak bulunur. Canlı organizmaların dokularında ve çevrenin farklı bileşenlerinde bulunur ve yaygın olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte, doğal koşullar altında tahmini konsantrasyon değerleri çok düşük konsantrasyonlarda olup (ppm veya ppb) cinsinden değişmektedir. Genel olarak, su veya sedimanlardaki çok düşük ağır metal konsantrasyonları herhangi bir canlı organizma veya çevre için potansiyel risk veya tehlike taşımamaktadır. Farklı antropojenik faaliyetler çevredeki ağır metal konsantrasyonunu artırabilir.

Örneğin:

- Madencilik
- Elektrik ve elektronik endüstrisi
- Elektrokaplama endüstrisi
- Gübre endüstrisi
- Kâğıt üretimi ve kâğıt endüstrisi
- Endüstriyel emisyonlar
- Pestisit endüstrisi
- Plastik endüstrisi
- İlaç endüstrisi
- Araç emisyonu vb,

Türkiye, Rusya, Güney Afrika, İran ve Kamerun gibi ülkelerde yapılmış çeşitli çalışmalara göre madencilik faaliyetlerine maruz kalan yüzey sularında yüksek metal konsantrasyonları ve düşük ya da çok düşük su kalitesi gözlemlenmiştir (Rakotondrabe

vd., 2017; Bilgin, 2018; Wolkersdorfer ve Mugova, 2021; Molekoa vd., 2021; Sidkina vd., 2022; Siyar vd., 2022;). Madencilik faaliyetleri, bazen maden sahasından yüzlerce kilometre uzakta çevre üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Moldovan vd., 2022). Bu faaliyetler, karasal ve sucul çevreye büyük miktarda farklı ağır metaller salmaktadır, bu nedenle su veya sedimanlardaki AM konsantrasyonlarını artırmaktadır. Bu alanda yapılan son çalışmalar, mühendislikte istatistiksel yöntemlerin kullanımı ve elde edilen dağılımların simetrik veya asimetrik dağılımının açıklanması gibi sorunların ilgi çekmeye başladığını göstermiştir (Leventeli ve Yalcin, 2021). Bu farklı faaliyetlerden kaynaklanan ağır metal girdisi, daha sonra biyoakümülyasyon ve biyo büyütme süreci yoluyla toprak, içme suyu, gıda, balık ve hava vb. yoluyla canlı organizmalara ulaşmaktadır. Bu durum bitkiler, hayvanlar ve ayrıca insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etki yaratacaktır. Bu nedenle, çevredeki ağır metallerin seviyesini ve derecesini izlemek ve değerlendirmek önemlidir. Su ve sedimanların ağır metal analizi ve buna bağlı farklılıklar, anomaliler ve toksik etkiler oldukça dikkat çekicidir (Yalcin vd., 2008). Yüzey sularının kimyasal analiz sonuçları istatistiksel analiz için veri oluşturmaktadır. Kirlenme faktörü ağır metal araştırmalarında sıklıkla kullanılır zira uygulaması kolaydır ve araştırma alanı hakkında güçlü veriler sağlayabilir. Bu yöntem Hakanson (1980) tarafından oluşturulmuştur. Su ve sediman örneklerindeki ağır metallerin potansiyel risk ve tehlikelerini tahmin etmek için (CF, EF, Jeokimyasal indeksler vb.) gibi farklı kirlilik indeksleri kullanılmıştır. Ağır Metaller ekosistemlerde doğal olarak veya antropojenik etkiler sonucu olarak birikebilirler. Sucul ekosistemlerde kirleticilerin birikiminin sedimanlarda oldukça yoğunlaştığı bilinmektedir. Su ve sedimanların metal içeriğini değerlendirerek, tabii ve insan kaynaklı tesirlere ilişkin geçmişe yönelik bilgileri yorumlamak mümkündür. Antropojenik etkileri belirlemek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Göynük kanyonundan alınan su ve sediman örneklerindeki kirliliğin tespiti için farklı yöntemler uygulanmıştır. Toprakta biriken ağır metaller mikroorganizmalar tarafından kolayca parçalanamaz (Song vd., 2021). Akarsular ve göller gibi yüzey suları topraktaki elementler tarafından kirlilebilir ve böylece yeraltı ve yeryüzü sularında ağır metal kirliliğine neden olabilir (Gashi vd., 2016).

4.13.1. Ağır Metal Kirliliği indeksi (HPI)

Ağır Metal Kirlilik indeksi (HPI) ilk olarak Mohan vd., (1996) tarafından geliştirilmiştir. Bu indeks yöntemi, su veya sediman örneklerinin ağır metallerle kirlenmiş olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Bu indeksin prensibi, su örneklerinde ve sedimanlarda bulunan ağır metallerin seviyesini değerlendirmektir. Ancak, (HPI) değerinin hesaplama sonuçları ya 100'den küçük ya da 100'den büyük olmalıdır. Böylece, hesaplanan HPI değeri < 100 olduğunda, suyun içmek için güvenli olduğunu ve ağır metal kirliliğinden uzak olduğunu gösterir. Aksine, hesaplanan HPI değeri > 100 olduğunda, su ağır metallerle kirlenmiş demektir. Ağır metal kirlilik indeksini (HPI) hesaplamak için Mohan vd., (1996) tarafından önerilen formülü kullanılmıştır:

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Q_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (4.18)$$

Burada,

$$W_i = \frac{K}{S_i} = \text{birinci parametrelerin birim ağırlık değeridir,}$$

K = Sabit =1,

Si = i. parametrenin standart kabul edilebilir sınır değeridir,

Parametrelerin alt endeks değeri (Qi) aşağıdaki formülle hesaplanır:-

$$Qi = \sum_{i=1}^n \frac{(M_i(-)I_i)}{(Si-I_i)} \times 100 \quad (4.19)$$

Mi = Birinci parametreye ait ağır metalin izlenen değeri,

Ii = Birinci parametrenin ideal değeri,

Si = Birinci parametrenin standart değeri i,

Bu tezde 9 ağır metal için HPI değeri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, tüm su örneklerinin HPI değerinin < 100 olduğunu göstermiştir. Yüksek HPI değerleri gösteren GK-6, GK-23 ve GK-27 numaralı örnekler hariç diğer tüm su örnekleri içme için güvenlidir ve ağır metal kirliliğinden etkilenmemiştir (Çizelge 4.26 ve 4.27).

Çizelge 4.26. Her bir Su Örneği için HPI değerleri.

Örnek No.	HPI değeri ug/L	Örnek No.	HPI değeri ug/L
GK-1	13.6	GK-23	96.7
GK-2	16.8	GK-24	13.3
GK-3	30.4	GK-25	16.5
GK-4	13.3	GK-26	12.9
GK-5	12.6	GK-27	99.4
GK-6	98.8	GK-28	17.5
GK-7	11.8	GK-29	13.1
GK-8	11.9	GK-30	16.2
GK-9	41.5	GK-31	9.21
GK-10	55.1	GK-32	10.8
GK-11	11.3	GK-33	14.7
GK-12	12.1	GK-34	10.3
GK-13	12.5	GK-35	13.7
GK-14	12.1	GK-36	44.2
GK-15	12.9	GK-37	14.8
GK-16	27.7	GK-38	13.1
GK-17	14.3	GK-39	12.9
GK-18	15.8	GK-40	13.6
GK-19	14.5	GK-41	12.4
GK-20	9.62	GK-42	28.6
GK-21	13.1	GK-43	15.1
GK-22	9.00	GK-44	13.3

HPI'nin tek terimli düzenleyicilerine göre, incelenen eser elementlerin Göynük dere suları için riskleri As > Pb > Cu > Ba > Cr > Ni > Zn > Fe > Mn şeklinde sıralanabilir. As ve Pb, HPI değerleri açısından Göynük dere suyu için en riskli element olarak tespit edilmiştir. Bölgenin jeolojik yapısının, çalışma alanındaki oldukça yüksek arsenik ve kurşun içeriklerinin en önemli nedenlerinden biri olduğu düşünülmektedir.

4.13.2. Ağır metal değerlendirme indeksi (HEI)

Ağır Metal Değerlendirme İndeksi (HEI), su örneklerindeki ağır metallerin içeriğini hesaplayarak su kalitesini değerlendirmek için kullanılmıştır (Sobhanardakani vd., 2017).

Çizelge 4.27. Her bir element için HPI değeri.

Element	GK-1	GK-2	GK-3	GK-4	GK-5	GK-6	GK-7	GK-8	GK-9	GK-10	GK-11
As	4.92	4.86	34.3	4.41	4.00	53.9	4.16	4.38	22.9	35.2	4.00
Ba	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	0.991	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00
Cr	3.58	3.52	3.40	3.58	3.58	1.97	3.64	4.06	3.52	3.64	3.58
Cu	1.13	0.964	1.13	1.01	1.13	1.13	1.13	1.07	1.13	1.13	1.13
Fe	0.025	0.023	0.022	0.022	0.024	0.021	0.022	0.022	0.022	0.022	0.021
Mn	0.003	0.002	0.011	0.001	0.002	0.012	0.001	0.004	0.014	0.001	0.001
Ni	0.787	1.07	0.843	1.07	0.721	0.601	0.722	0.242	0.961	1.07	0.483
Pb	2.15	5.37	29.6	2.15	2.15	83.9	1.07	1.07	31.8	23.2	1.071
Zn	0.073	0.071	0.072	0.072	0.076	0.071	0.072	0.072	0.075	0.071	0.074
Element	GK-12	GK-13	GK-14	GK-15	GK-16	GK-17	GK-18	GK-19	GK-20	GK-21	GK-22
As	4.27	4.22	4.62	4.38	23.9	4.49	4.59	4.97	3.22	4.81	4.89
Ba	1.00	1.00	1.00	1.03	0.99	1.06	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06
Cr	3.58	3.58	3.64	0.482	1.91	4.30	3.58	3.58	3.58	3.58	0.781
Cu	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.07
Fe	0.027	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.024	0.022	0.02	0.021	0.021
Mn	0.019	0.004	0.001	0.011	0.001	0.014	0.003	0.003	0.005	0.001	0.011
Ni	0.961	0.361	0.543	0.482	0.062	0.001	0.062	0.544	0.601	0.363	0.063
Pb	1.07	2.15	1.07	5.37	29.6	3.22	5.37	3.22	0.008	2.15	1.07
Zn	0.072	0.047	0.062	0.072	0.061	0.061	0.07	0.071	0.074	0.072	0.071
Element	GK-23	GK-24	GK-25	GK-26	GK-27	GK-28	GK-29	GK-30	GK-31	GK-32	GK-33
As	44.0	4.62	4.89	2.95	65.1	4.81	4.86	2.95	3.95	4.84	4.97
Ba	0.971	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01
Cr	1.61	3.64	3.64	3.58	2.33	4.18	3.58	3.64	2.75	3.58	3.64
Cu	1.13	1.13	1.13	1.13	1.07	1.13	1.07	1.13	1.13	1.13	1.13
Fe	0.022	0.022	0.023	0.021	0.022	0.022	0.023	0.025	0.026	0.021	0.024
Mn	0.015	0.001	0.002	0.002	0.021	0.016	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002
Ni	0.362	0.727	0.422	0.961	0.301	0.961	0.36	1.01	0.309	0.242	0.721
Pb	73.97	2.15	5.37	3.22	88.2	5.37	2.15	6.45	0.004	0.001	3.22
Zn	0.064	0.036	0.072	0.072	0.061	0.084	0.075	0.072	0.071	0.072	0.071
Element	GK-34	GK-35	GK-36	GK-37	GK-38	GK-39	GK-40	GK-41	GK-42	GK-43	GK-44
As	4.81	4.65	44.6	4.62	4.49	3.76	4.86	5.00	25.1	4.89	4.94
Ba	1.01	1.01	1.01	1.01	0.99	1.01	1.01	0.982	0.971	1.01	1.03
Cr	0.660	2.27	3.52	3.64	3.82	3.64	3.64	2.51	4.42	3.64	4.60
Cu	1.13	1.01	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	0.963	1.13	1.13
Fe	0.021	0.021	0.022	0.021	0.022	0.022	0.022	0.022	0.024	0.021	0.022
Mn	0.012	0.014	0.001	0.002	0.011	0.001	0.005	0.014	0.028	0.001	0.011
Ni	0.546	0.363	0.664	0.002	0.486	0.124	0.723	0.542	0.129	1.19	0.422
Pb	2.15	4.30	23.2	4.30	2.15	3.22	2.15	2.15	46.4	3.22	1.071
Zn	0.078	0.071	0.071	0.071	0.072	0.061	0.072	0.071	0.079	0.072	0.077

Bunun için, Suyun kalite seviyesi üç kategoriye ayrılmıştır: HEI < 400 (düşük kirlilik), 400 < HEI < 800 (orta kirlilik) ve HEI > 800 (yüksek kirlilik). HEI indeksi aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$HEI = \sum_{i=1}^n \frac{Hc}{Hmac} \quad (4.20)$$

Burada Hc birinci parametrenin gözlenen değeridir,

Hmac, birinci parametrenin MAC değeridir (Edet ve Offiong, 2002; Edet vd., 2003).

Ağır metal değerlendirme indeksi değerlerine göre, su örneklerinin değerleri 7.41 ile 57.3 arasında değişmekte olup, ortalama değer 22.9'dur ve bu da düşük ağır metal kirliliğine işaret etmektedir (Çizelge 4.28).

4.13.3. Poseidon indeksi (PoS)

Elde edilen sonuçlar, numuneleri kalite durumlarına göre kategorize eden sayısal endeks Poseidon indeksi (PoS) ile doğrulanmıştır. PoS, ilgili süreçlerden, özel hedeflerden ve farklı karakterizasyonlardan bağımsız olarak suyun genel hidrojeokimyasal özelliklerini temsil eden tek bir bireysel değer aracılığıyla genel bir su kalitesi değerlendirmesi sağlar (Tziritis, 2014; Gautam vd., 2018). PoS indeksine dayalı sınıflandırma, kalite bozulma derecesiyle ilgili altı dereceden oluşan genel bir sınıflandırma sistemi aracılığıyla numunelerin önceden tanımlanmasından oluşur (Çizelge 4.29). As, Cd, Pb, F, Zn, Cr, Ni, Mn, Ca, Cu, Fe, K, Cl, Mg, Sr, Na, TDS ve EC dahil olmak üzere toplam 18 parametre analiz edilmiştir. Bu parametrelerin her birine, aşağıdaki denklem kullanılarak tahmin edilen bir ağırlık katsayısı (W) verilmiştir:

$$W_i = ps_i / \sum ps \quad (4.21)$$

Çizelge 4.28. Su örneklerinin HEI değerlendirme indeksi.

Örnek No.	HEI	Örnek No.	HEI
GK-1	9.66	GK-23	54.2
GK-2	13.8	GK-24	16.8
GK-3	38.4	GK-25	28.5
GK-4	12.3	GK-26	32.3
GK-5	14.6	GK-27	57.3
GK-6	55.5	GK-28	27.6
GK-7	13.4	GK-29	33.8
GK-8	10.1	GK-30	26.9
GK-9	37.3	GK-31	8.44
GK-10	45.2	GK-32	17.3
GK-11	16.8	GK-33	18.3
GK-12	19.9	GK-34	14.8
GK-13	22.7	GK-35	16.9
GK-14	12.8	GK-36	51.7
GK-15	32.7	GK-37	24.4
GK-16	17.5	GK-38	23.7
GK-17	10.3	GK-39	19.9
GK-18	11.3	GK-40	11.1
GK-19	24.7	GK-41	10.9
GK-20	8.55	GK-42	32.2
GK-21	21.2	GK-43	14.9
GK-22	7.41	GK-44	12.6

Daha sonra, her bir değişkenin örneğin toplam değerlendirme kalitesine katkısı, Denklem (5.18)'den hesaplanan ortalama kalite katkı faktörleri (Qf) kullanılarak belirlenir:

$$Q_{fi} = [(C_i \times W_i) / MAC_i] \times 1000 \quad (4.22)$$

Burada Qfi, birinci parametrenin kalite katkı faktörüdür;

Ci, ilk parametrenin yoğunluğudur;

Wi, ilk parametrenin ağırlıklandırma faktörüdür;

MACi, ilk parametrenin maksimum parametrik büyüklüğüdür.

Çizelge 4.29. PoS kalite bozulma derecelerine dayalı PoS İndeksi sınıf karakterizasyonu (Gautam vd., 2018).

Sınıf	Kalite bozulma seviyesi
1	Yok
2	Düşük
3	Orta
4	Yüksek
5	Çok yüksek
6	Şiddetli

Son olarak, PoS indeksi hesaplaması, Denklem (5.19)'de verildiği gibi tüm bireysel Qf faktörlerinin toplanmasından oluşur:

$$PoS = \sum Q_f \quad (4.23)$$

PoS indeks değerleri analiz sonuçlarına göre, su numunelerinin 8'i düşük seviyede bozunma, 6'sı orta seviyede bozunma ve sadece 5'i yüksek seviyede bozunma göstermiştir.

Su örneklerinin geri kalanı ya hiç bozunma göstermemiş ya da minimum düzeyde bozunma göstermiştir. Çalışılan numunelerin PoS indeks değerlerine göre sınıflandırılması (Çizelge 4.30)'De verilmiştir.

4.13.4. Kirlenme Faktörü (Cf)

Kirlilik faktörü, uygulaması kolay olmasından ve çalışma alanı hakkında güçlü veriler sağlamasından dolayı ağır metal araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem Hakanson (1980) tarafından geliştirilmiştir.

Kirlilik faktörü, çalışma alanındaki su ve sediman örneklerinde her bir metalin içeriği ile referans değeri arasındaki orandır.

Su örneklerinin Kf sınıflandırması (Çizelge 4.31)'de gösterilmiştir. Kirlilik faktörünü hesaplamak için kullanılan formül aşağıda sunulmaktadır:

$$KF (metal) = \frac{C(metal)}{C(referans)} \quad (4.24)$$

Çalışma alanındaki su örneklerinin Kirlilik Faktörü sonuçlarına göre genel olarak Sediman ve dere suyu örneklerinde "düşük kirlilik" oluşturmaktadır.

Pb, genel olarak dere suyunda "orta derecede kirlilik" oluşturmuştur. Sr ise çalışma alanındaki dere suyunda aşırı derecede kirlilik göstermiştir (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.30. PoS indeks değerine göre numunelerin sınıflandırılması ve kalite bozulma seviyelerinin değerlendirilmesi (Tziritis vd., 2014).

Örnek	PoS endeks değeri	Baskın faktörler	PoS sınıfı	Kalite bozulma seviyesi
GK-1	103	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-1	88	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-2	109	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-3	515	As	3	Orta
GK-4	154	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-5	182	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-6	945	As, Pb, Mn	4	Yüksek
GK-7	94	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-8	160	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-9	677	Pb	3	Orta
GK-10	813	As	4	Yüksek
GK-11	172	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-12	106	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-13	313	As	2	Düşük
GK-14	89	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-15	599	As, Pb	3	Orta
GK-16	133	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-17	171	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-18	189	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-19	285	Pb	2	Düşük
GK-20	162	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-21	350	Pb	2	Düşük
GK-22	150	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-23	1103	As, Pb, Mn	4	Yüksek
GK-24	111	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-25	277	As	2	Düşük
GK-26	681	As, Pb	3	Orta
GK-27	1008	As, Pb, Mn	4	Yüksek
GK-28	310	Pb	2	Düşük
GK-29	616	As	3	Orta
GK-30	219	Pb	2	Düşük
GK-31	151	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-32	99	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-33	107	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-34	168	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-35	155	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-36	977	As, Pb, Mn	4	Yüksek
GK-37	281	As	2	Düşük
GK-38	301	As	2	Düşük
GK-39	151	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-40	162	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-41	139	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-42	514	Pb	3	Orta
GK-43	142	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum
GK-44	191	Baskın faktör yok	1	Yok-minimum

Çizelge 4.31. Kirlenme faktörü (KF) sınıflandırması (Gashi vd., 2017).

Kirlenme Faktörü (Kf)	Kirlenme Derecesi
$KF < 1$	Az kirlilik
$1 \leq KF < 3$	Orta derecede kirlilik
$3 \leq KF < 6$,	Önemli ölçüde kirlilik
$KF \geq 6$, very	Aşırı derecede kirlilik

Çizelge 4.32. Çalışma alanındaki su örneklerinin kirlilik faktörü (KF) değerleri.

Element	KF_{min}	KF_{max}	KF_{Ortalama}	Kirlenme Derecesi
As	0.100	0.900	0.280	Az kirlilik
Ba	0.017	0.140	0.094	Az kirlilik
Cr	0.240	1.62	0.560	Az kirlilik
Cu	0.0005	0.002	0.0005	Az kirlilik
Fe	0.103	0.150	0.073	Az kirlilik
Mn	0.190	0.990	0.880	Az kirlilik
Ni	0.028	0.570	0.350	Az kirlilik
Pb	1.00	2.70	1.30	Orta derecede kirlilik
Zn	0.003	0.004	0.004	Az kirlilik
Sr	25.1	107.9	83.7	Aşırı derecede kirlilik

Ayrıca, Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanındaki sediman örneklerinin Kf değerleri Cd ile aşırı derecede kirlenmiştir (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. Çalışma alanındaki sediman örneklerinin kirlilik faktörü (KF) değerleri.

Element	KF_{min}	KF_{max}	KF_{Ort.}	Kirlilik Derecesi
Ag	0.002	0.002	0.002	Kirlilik yok
As	0.080	0.790	0.310	Kirlilik yok
Cd	4.44	31.1	10.0	Aşırı derecede kirlilik
Cu	0.030	2.39	0.310	Kirlilik yok
Ga	0.040	0.450	0.230	Kirlilik yok
Ni	0.020	16.0	0.410	Kirlilik yok
Pb	0.110	0.680	0.320	Kirlilik yok
Sn	0.190	1.00	0.430	Kirlilik yok
Zn	0.110	0.590	0.280	Kirlilik yok
Sc	0.300	0.520	0.400	Kirlilik yok

4.13.5. Zenginleşme Faktörü (Ef)

Zenginleşme faktörü, sediman ve sudaki antropojenik ağır metallerin etkisini tahmin etmek için bilinen yöntemlerden biridir (Salomons ve Förstner, 1984; Dickinson vd., 1996).

Zenginleştirme faktörü hesaplanırken, ölçülen ağır metal oranı Fe veya Al gibi bir referans metale (Çizelge 4.34) normalize edilir (Deely ve Fergusson, 1994; Ravichandran vd., 1995).

Demir'in dağılımının diğer ağır metallerle ilişkili olmadığı için Fe'yi zenginleştirme faktörünün hesaplanmasında kullanılabilecek uygun bir normalleştirme elementi olarak önerilmiştir (Abraham ve Parker, 2008).

Minerallerin konsantrasyonları yerine EF değerlerinin tercih edilmesinin sebebi, demiri (Fe) referans element olarak alıp tane boyutu, karbonat seyrelmesi ve mineral içeriğindeki büyük farklılıkların etkisini ortadan kaldırarak normalizasyonu sağlamaktır.

Ağır metallerdeki anomalileri belirlemek ve ağır metallerin jeokimyasal normalizasyonunu sağlamak amacıyla, tane boyutu ve mineralojiden kaynaklanan metal değişkenliğini azaltmak için (Mn, Ti, Al, Ca ve Fe) gibi koruyucu elementler kullanılır (Pehlivan, 2017; Kowalska vd., 2018).

Çizelge 4.34. Zenginleştirme Faktörü (EF) sınıflandırması.

Zenginleşme Faktörü (Ef)	Kirlilik Derecesi
< 2	Az
2 - 5	Orta
5 - 20	Önemli
20 - 40	Çok yüksek
>40	Aşırı yüksek

Ağır metallerin EF'si antropojenik kirliliği değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır, Demir (Fe) elementi anormal ağır metal katkılarını tanımlamak için normalleştirici element olarak seçilmiştir, EF değerleri aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$EF = \frac{C/Fe(\text{Örnek})}{C/Fe(\text{referans})} \quad (4.25)$$

Burada C/Fe (örnek) ve C/Fe (referans) ağır metallerin Fe'ye oranlarını ve referans örneğini temsil etmektedir.

İncelenen su örnekleri için Zenginleşme Faktörü (Ef) sonuçlarına göre Ba, Cu, Fe, Ni ve Zn genel olarak dere suyunda "minimum kirlilik" oluşturmuştur.

As genel olarak "orta derecede kirlilik"; Cr, Mn ve Pb "önemli derecede kirlilik" ve Sr "aşırı derecede yüksek kirlilik" göstermiştir (Çizelge 4.35).

İncelenen Su örneklerinin toksik maddelerin EF açısından riskleri $Sr > Cr > Pb > Mn > As > Ni > Fe > Ba > Zn > Cu$ şeklinde sıralanabilir. İncelenen sediman örnekleri için Zenginleşme Faktörü (Ef) sonuçlarına göre Ag, As, Cu, Ga, Ni, Pb, Sn ve Zn genel olarak "Az Zenginleşme" oluşturmuştur.

Sc genel olarak "Yüksek Zenginleşme"; Cd "Çok yüksek Zenginleşme" göstermiştir.

Çizelge 4.35. Su örneklerinin Zenginleşme Faktörü (EF) değerlendirmesi.

Element	EF _{min}	EF _{max}	EF _{Ort.}	Kirlenme Derecesi
As	3.00	5.86	3.81	Orta
Ba	0.510	0.910	1.28	Az
Cr	2.28	10.5	7.63	Önemli
Cu	0.015	0.013	0.006	Az
Fe	1.00	1.00	1.00	Az
Mn	5.70	6.45	12.0	Önemli
Ni	0.850	3.72	1.21	Az
Pb	30.0	17.6	17.7	Önemli
Zn	0.015	0.030	0.054	Az
Sr	106.0	409.7	348.7	Aşırı yüksek

İncelenen sediman örneklerinde toksik maddelerin EF açısından riskleri Cd > Sc > Sn > Ni > Pb > As > Cu > Zn > Ga > Ag şeklinde sıralanabilir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Sediman örneklerinde Zenginleşme Faktörü (EF) değerlendirmesi.

Örnek	EF _{min}	EF _{max}	EF _{Ort}	Kirlenme Derecesi
Ag	0.006	0.004	0.005	Az Zenginleşme
As	0.275	1.51	0.773	Az Zenginleşme
Cd	14.6	59.5	24.7	Çok yüksek Zenginleşme
Cu	0.106	4.58	0.777	Az Zenginleşme
Ga	0.132	0.854	0.579	Az Zenginleşme
Ni	0.077	30.7	1.00	Az Zenginleşme
Pb	0.369	1.30	0.793	Az Zenginleşme
Sn	0.629	1.91	1.06	Az Zenginleşme
Zn	0.360	1.12	0.701	Az Zenginleşme
Sc	4.12	7.10	5.50	Yüksek Zenginleşme

4.13.6. Jeokimyasal İndeks (Igeo)

Jeoakümülayon indeksi Muller (1969) tarafından su ve sediman numunelerindeki kirliliğin tespiti ve sınıflandırılmasında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu yöntem, ağır metal kirliliğinin tanımlanmasında kullanılan basit bir yöntemdir.

Toksik metaller tarafından kirlenmenin değerlendirme derecesi jeoakümülayon indeksi (Igeo) ile belirlenebilir (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Jeokimyasal İndeks (Igeo) sınıflandırması.

Jeokimyasal İndeks (Igeo)	Kirlenme Derecesi
$Igeo \leq 0$	Kirlenmemiş
$0 < Igeo < 1$	Kirlilik yok veya orta derecede kirlili
$1 < Igeo < 2$	Orta derecede kirlili
$2 < Igeo < 3$	Orta veya ağır derecede kirlilik
$3 < Igeo < 4$	Ağır derecede kirlilik
$4 < Igeo < 5$	Ağır veya aşırı derecede kirlilik
$Igeo \geq 5$	Aşırı derecede kirlilik

Igeo değeri aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$Igeo = \log_2 \left(\frac{Cn}{1,5 Bn} \right) \quad (4.26)$$

Burada Cn toksik metal n içeriğini ifade eder,

Bn, toksik metal n'nin referans verilerini ifade eder,

ve 1,5 olası litolojik değişikliklerin bir faktörüdür.

Su örneklerinin Jeokimyasal İndeks (Igeo) sonuçlarına göre, Ba, Cu, Fe ve Zn dere suyunda "kirlenmemiş" durumdadır. As, Cr, Mn, Ni ve Pb "Orta derecede kirlenme" ve Sr ise aşırı derecede kirlenme göstermiştir (Çizelge 4.38). İncelenen toksik metallerin Igeo açısından riskleri $Sr > Pb > Cr > Mn > Ni > As > Fe > Ba > Zn > Cu$ şeklinde sıralanabilir.

Çizelge 4.38. Su örneklerinde Jeokimyasal İndeks (Igeo) sınıflandırması.

Element	Igeo _{Min}	Igeo _{max}	Igeo _{Ort}	Kirlenme Derecesi
As	0.020	0.180	0.056	Kirlilik yok veya orta derecede kirlili
Ba	0.003	0.020	0.018	Kirlenmemiş
Cr	0.015	0.300	1.32	Kirlilik yok veya orta derecede kirlili
Cu	0.0001	0.0004	0.0001	Kirlenmemiş
Fe	0.006	0.030	0.050	Kirlenmemiş
Mn	0.030	0.190	0.170	Kirlilik yok veya orta derecede kirlili
Ni	0.005	0.380	0.071	Kirlilik yok veya orta derecede kirlili
Pb	0.200	1.80	1.66	Kirlilik yok veya orta derecede kirlili
Zn	0.0001	0.0009	0.010	Kirlenmemiş
Sr	5.04	21.6	16.8	Aşırı derecede kirlilik

Sediman örneklerinin Jeokimyasal İndeks (Igeo) sonuçlarına göre, Örneklerin tümü (Cd hariç = Orta veya ağır derecede kirlilik) kirlenmemiş veya orta derecede kirlilik göstermiştir (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Sediman örneklerinde Jeokimyasal İndeks (Igeo) sınıflandırması.

Element	Igeo _{Min}	Igeo _{max}	Igeo _{Ort}	Kirlenme Derecesi
Ag	0.0003	0.0003	0.0003	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
As	0.016	0.158	0.062	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Cd	0.891	6.24	2.00	Orta veya ağır derecede kirlilik
Cu	0.006	0.480	0.063	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Ga	0.008	0.089	0.089	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Ni	0.004	10.6	0.081	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Pb	0.022	0.454	0.064	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Sn	0.038	0.200	0.086	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Zn	0.021	0.118	0.056	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Sc	0.060	0.104	0.081	Kirlilik yok veya orta derecede kirli

4.13.7. Kontaminasyon derecesi (Cd)

Kontaminasyon derecesi, sediman ve sudaki antropojenik metal kontaminasyonunu ifade eder. Bu yöntem istasyonlar arasındaki metal konsantrasyonunu tek bir değerde özetleyerek yorumlanmasını sağlamaktadır (Hakanson, 1980).

Kirlilik derecesi tüm konsantrasyon faktörlerinin toplamı olarak tanımlanır (Çizelge 4.40). Kirlilik derecesi, Standart değerlerden aşılacak parametrelere dayalı olarak tüm numuneler için bölünmüş olarak hesaplanmalıdır,

Bu indeks aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Cd = \sum_{i=1}^n Cfi \quad (4.27)$$

Cfi aşağıdaki denklemden elde edilebilir:

$$Cfi = \frac{CAi}{CNI} - 1 \quad (4.28)$$

Burada:

Cfi birinci parametre için kirlilik faktörüdür,

CAi birinci parametre için ölçülen değerdir,

CNi birinci parametre için izin verilen standart değerdir,

Çizelge 4.40. Kontaminasyon derecesine göre su kalitesi sınıflandırması.

Cd	Kirlenme Derecesi	Sınıf
$Cd < 1$	Az kirlilik	1
$1 < Cd$	Orta derecede kirlilik	2
$Cd > 3$	Yüksek oranda kirlilik	3

Su örneklerinin kontaminasyon derecesi (Cd) genel olarak Cu, Ba, Cr, Fe, Mn, Ni ve Zn için "az kontaminasyon" derecesi göstermiştir. Çalışma alanındaki su örneklerinde Pb ve As "Orta derecede kirlenme" ve Sr Yüksek derecede kirlenme göstermiştir. İncelenen toksik metallerin kontaminasyon derecesi (Cd) açısından riskleri $Sr > Pb > As > Cr > Ni > Zn > Cu > Ba > Fe > Mn$ şeklinde sıralanabilir (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Su örneklerinin kontaminasyon derecesine (Cd) göre sınıflandırılması.

Elementler	Cd	Kirlenme Derecesi
As	1.20	Orta derecede kirlilik
Ba	-0.085	Az kirlilik
Cr	-0.246	Az kirlilik
Cu	-0.0005	Az kirlilik
Fe	-0.067	Az kirlilik
Mn	-0.105	Az kirlilik
Ni	-0.229	Az kirlilik
Pb	1.39	Orta derecede kirlilik
Zn	-0.003	Az kirlilik
Sr	60.2	Yüksek oranda kirlilik

Sediman örneklerinin kontaminasyon derecesi (Cd) genel olarak elementlerin tümü "az kontaminasyon" derecesi göstermiştir. Çalışma alanındaki sediman örneklerinde Cd Yüksek derecede kirlenme göstermiştir. İncelenen toksik metallerin kontaminasyon derecesi (Cd) açısından riskleri $Cd > Pb > Ag > As > Ga > Ni > Zn > Cu > Sc > Sn$ şeklinde sıralanabilir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. Sediman örneklerinin kontaminasyon derecesine göre sınıflandırılması.

Elementler	Cd	Kirlenme Derecesi
Ag	0.001	Az kirlilik
As	0.313	Az kirlilik
Cd	10.0	Yüksek oranda kirlilik
Cu	0.314	Az kirlilik
Ga	0.234	Az kirlilik
Ni	0.405	Az kirlilik
Pb	0.321	Az kirlilik
Sn	0.429	Az kirlilik
Zn	0.284	Az kirlilik
Sc	0.404	Az kirlilik

4.13.8. Metal İndeksi

Metal indeksi (MI) genellikle içme suyunda ağır metallerin kalite değerlendirmesi için kullanılır. Metal indeksi, içme sularının genel kalitesini hızlı bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olan metal elementlerin insan sağlığı üzerindeki olası katkı etkisini dikkate alır. Metal indeksi Caeiro vd., (2005) tarafından geliştirilen ifade ile verilir ve aşağıda belirtildiği şekilde hesaplanır:

$$MI = \sum_{i=1}^n \frac{CI}{(MAC)_i} \quad (4.29)$$

Burada

MAC, izin verilen maksimum konsantrasyondur,

Ci, her bir elementin ortalama konsantrasyonudur,

Bu denkleme göre Mİ değerinin 1'den büyük olması bir uyarı eşiğine işaret etmektedir.

Bu çalışmada, on metal elementin tahmini değeri için yukarıdaki metal indeksini uygulanmıştır (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. Su örneklerinin metal indeksi (MI) sınıflandırması.

MI	Değer
As	0.006
Ba	0.000006
Cr	0.00001
Cu	0.00000002
Fe	0.000001
Mn	0.00005
Ni	0.000006
Pb	0.004
Zn	0.00000002
Sr	0.057

4.13.9. Su Kirlilik İndeksi

Su Kirliliği İndeksi (WPI), Göynük deresinden alınan 44 su örneğinde pratik olarak uygulanmıştır (Wang vd., 2015; Hossain ve Patra, 2020b). Bu amaçla, toplam 19 su kalitesi parametresi kullanılmıştır. Su örneklerinin kirlilik yükü, WHO (2011) tarafından tanımlanan standart izin verilebilir limitlerine dayalı olarak (WPI) uygulanarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.44). Bunun için, ilk olarak birinci parametrenin kirlilik yükü (PLi) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır;

$$PLi = 1 + \left(\frac{Ci - Si}{Si} \right) \quad (4.30)$$

Burada Ci, birinci parametrenin ölçülen konsantrasyonunu, Si ise her bir parametre için standart veya izin verilen en yüksek limiti göstermektedir. Bunun için, Ci ve Si arasındaki fark Si değerine bölünerek belirli bir parametrenin standartlaştırılmış değerindeki (PLi) azalma veya artış belirlenir. Sonuç olarak, numunenin kirlilik durumu veya su kirliliği indeksi (WPI) aşağıdaki formülde belirtildiği gibi n sayıda değişken (parametre) ile tüm kirlilik yükünün toplanması ve son olarak n'ye bölünmesi yoluyla değerlendirilebilir.

$$WPI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n pli \quad (4.31)$$

Su kirliliği indeksi (WPI), su kalitesini sınıflandırmak için tüm girdi parametrelerini tek bir değer indeksine dönüştürdüğü için entegre bir yaklaşım olarak

düşünülebilir; zira herhangi bir girdi değişkeninin konsantrasyonundaki küçük bir değişiklik su kalitesinin sınıfını değiştirebilir.

Ayrıca Su kirliliği indeksi (WPI), bazı konvansiyonel endeksleme yaklaşımlarında olduğu gibi herhangi bir teorik ideal değer veya değişkenlerin farklı ağırlıklarını kullanmaktan özgürdür (Brankov vd., 2012). Su kirliliği indeksi (WPI), farklı veri setlerine uygulanabilir (örneğin değişkenler normal dağılmadığında ve çarpık olduğu durumlarda bile). Bunun yanı sıra, farklı amaçlar için farklı endekslerin kullanılması tek bir çalışma için uzun ve zaman alıcı olabilirken, Su kirliliği indeksi herhangi bir girdi parametresi kapsamında su kalitesi durumu hakkında genel bir fikir verebilir ve sadece söz konusu kullanım için standart kılavuz değerleri uygulayarak belirlenen herhangi bir amaç için uygulanabilir (Kalvani vd., 2021).

Bu tezde, Göynük kanyonu içme suyunun kirlilik derecesini değerlendirmek amacıyla 19 su kalite parametresi (n = 19) kullanılarak her bir numune için (WPI) hesaplanmıştır. Su Kirliliği indeksi suları dört kategoride sınıflandırmıştır; Bunlar, mükemmel su WPI < 0.5; iyi derecede su kalitesi 0.5 - 0.75; orta derecede kirli su, 0.75 - 1; WPI > 1 olduğunda çok kirli su (Hossain ve Patra, 2020a) (Çizelge 4.44).

Su kirliliği indeksi 0.732 ile 0.77 arasında değişmekte olup, ortalama değer 0,746'dır ve bu da çalışma alanının genel su kalitesinin orta derecede kirli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.44. Su kirliliği indeks değerine göre su sınıflandırma sistemi (Hossain ve Patra, 2020).

WPI değeri	Sınıf
< 0.5	Mükemmel su
0.5 – 0.75	İyi derecede su kalitesi
0.75 – 1	Orta derecede kirli su
> 1	Çok kirli su

4.13.10. Kirlilik Yük İndeksi

Kirlilik yükü indeksi (PLI), farklı çalışma alanlarının kirlilik durumlarını karşılaştırmak için Tomlinson tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Kirlilik yükü indeksinin (PLI) formülü aşağıda gösterilmiştir.

$$PLI = \sqrt[n]{Cf_1 \times Cf_2 \times Cf_3 \times \dots Cf_n} \quad (4.32)$$

Cf: metal için hesaplanan kirlilik faktörü,

n: analiz edilen örnek sayısıdır.

Kirlilik yük indeksi sınıflaması Çizelge 4.45'te verilmiştir. Göynük kanyonunda bulunan sedimanlarının ortalama PLI değeri (0.708) olup, az derecede kirliliğe işaret etmektedir.

Çizelge 4.45. Kirlilik yük indeksi sınıflandırması (Ekere vd., 2017)

Sınıf	Değer	Açıklama
1	< 0 - 0	Kirlilik yok
2	0 - 1	Az Kirlilik derecesi
3	1 - 2	Orta Derecede Kirlilik
4	2 - 4	Yüksek Derecede Kirlilik
5	4 - 8	Çok Yüksek Derecede Kirlilik
6	8 - 16	Aşırı derecede kirlilik

4.14. Su Örneklerin İstatistiksel Analizi

Su örnekleri ve aralarındaki ilişkiler tanımlayıcı istatistikler, korelasyon analizi, basit doğrusal regresyon analizi ve kümeleme analizleri gibi çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizler için SPSS26 istatistiksel yazılım paketi kullanılmıştır. SPSS (Statistical Package for the Social Sciences 24) programı ile çok değişkenli analiz yöntemleri kullanılarak örneklerden elde edilen verilerin benzer jeokimyasal özellikleri analiz edilmiş ve kategorize edilmiştir. Bir sistemin su kalitesini daha iyi anlamak için karmaşık veri kümelerinin yorumlanmasına yardımcı olan tanımlayıcı istatistikler, küme analizi ve diskriminant analizi gibi çeşitli istatistiksel tekniklerin uygulanması, su sistemini etkileyen olası faktörlerin belirlenmesini sağlar ve su kaynakları yönetimi için önemli bir yöntemin yanı sıra kirlilik sorunlarına hızlı bir çözüm sunar (Mohammed vd., 2022).

4.14.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışma alanından alınan su örnekleri için tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). Su örneklerinin element analiz sonuçları ppm cinsinden azalan sırada aşağıdaki gibi sunulmuştur:

Ca (25.79) > Mg (13.72) > Na (6.98) > Sc (5.701) > K (2.04) > Sr (0.76) > Tl (0.24) > Nd (0.13) > Sm (0.12) > Tm (0.101) > U (0.09) > Zn (0.086) > Se (0.081) > Co (0.078) > Ce (0.0762) > Mn (0.07602) > Yb (0.076) > Cr (0.074) > Fe (0.072) > Y (0.067) > Ba (0.065) > Be (0.0610) > V (0.06055) > Er (0.048) > Ho (0.0428) > P (0.04241) > Re (0.03902) > Bi (0.0328) > Ni (0.02132) > Al (0.0207) > Th (0.014) > In (0.0143) > Pb (0.0138) > B (0.01307) > La (0.011).

Göynük kanyonundan alınan su örneklerinde katyonların arasında, Ca 25.79 mg/L ile en yüksek ortalama konsantrasyonu gösterirken, ardından Mg, Na ve K gelmektedir. Göynük kanyonundaki dere sularında sırasıyla 5.7 mg/L ve 0.761 mg/L'ye varan en yüksek Sc ve Sr konsantrasyonları gözlenmiştir. Göynük kanyonu dere suyundaki ağır metaller arasında, Zn 0.09 mg/L ile en yüksek medyan konsantrasyonunu gösterirken, bunu CO, Mn, Cr, ve Ni izlemiştir.

Yüzey suyundaki antropojenik girdiler genellikle yüksek derecede mekansal dağılım ve değişkenliğe sahiptir (Li, Li ve ark. 2022). Standart deviasyonlar, antropojenik girdilerden kaynaklanan yüzey suyu bileşenleri ile su-kaya etkileşimlerinden kaynaklananları ayırt etmek için kullanılabilir. Katyonlar için (5-10) standart sapma değeri Ca (7.2), Mg (7.6), su-kaya etkileşimleriyle desteklenen güçlü bir antropojenik girdiye işaret etmektedir (Li ve ark. 2022).

Çizelge 4.46. Su örneklerinin element analizi sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri.

Element	Minimum	Maksimum	Ortalama		Std. Sapma
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik
Ca	15.7	41.9	25.7	1.09	7.24
Mg	7.84	39.0	13.7	1.15	7.64
Na	2.92	9.07	6.98	0.295	1.96
Sc	4.12	7.10	5.70	0.125	0.833
K	0.941	7.96	2.04	0.215	1.43
Sr	0.251	1.07	0.761	0.032	0.215
Tl	0.128	2.73	0.246	0.079	0.526
Nd	0.131	0.13	0.131	0.001	0.001
Sm	0.119	0.13	0.124	0.001	0.003
U	0.101	0.101	0.101	0.001	0.001
Zn	0.077	0.109	0.091	0.001	0.006
Se	0.068	0.148	0.086	0.001	0.012
Co	0.064	0.105	0.081	0.001	0.009
Ce	0.078	0.079	0.078	0.001	0.001
Mn	0.075	0.077	0.076	0.001	0.001
Yb	0.019	0.099	0.076	0.002	0.019
Cr	0.076	0.076	0.076	0.001	0.001
Fe	0.012	0.097	0.074	0.002	0.017
Y	0.071	0.079	0.072	0.001	0.001
Ba	0.067	0.067	0.067	0.001	0.001
Be	0.012	0.098	0.065	0.002	0.015
V	0.061	0.061	0.061	0.001	0.001
Er	0.059	0.062	0.060	0.001	0.002
Ho	0.046	0.051	0.048	0.001	0.001
P	0.042	0.043	0.042	0.001	0.002
Re	0.016	0.059	0.042	0.001	0.008
Bi	0.009	0.067	0.039	0.002	0.015
Ni	0.023	0.042	0.032	0.001	0.005

4.14.2. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki ya da daha çok değişkenin birbiriyle olan pozitif/negatif bağlantısını belirlemek amacıyla uygulanan istatistiksel bir analiz metodudur (iki değişkenin aynı anda değişimini belirlemek için kullanılan istatistiksel yöntemlerden biridir).

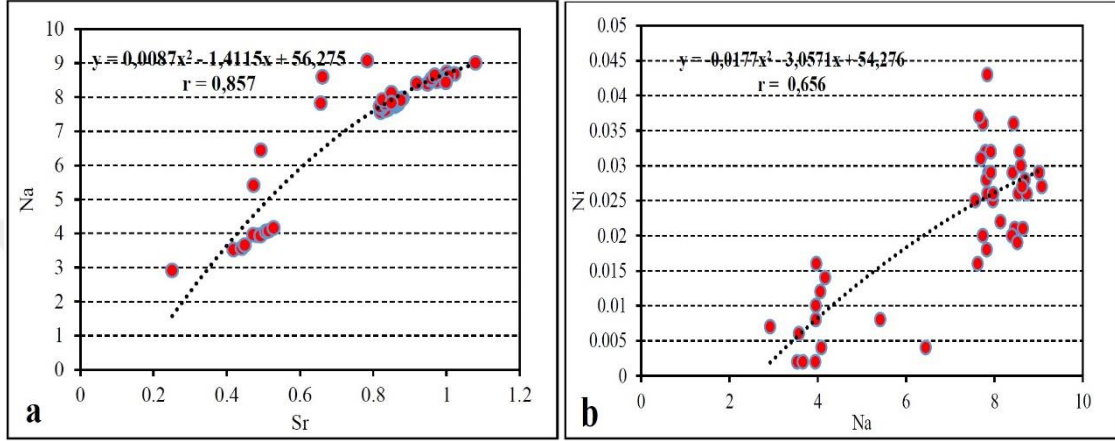
Korelasyon katsayısı "r" ile ifade edilir. Korelasyon faktörü sayısal açıdan -1 ile +1 değerleri arasında yer alır. Korelasyonun gücü (0-1) iki değişken arasında var olan bağıntının kuvvetini belirtir. (+,-) işaretleri, değişkenlerin aynı yönde (+) veya ters yönde (-) arttığını ve azaldığını ifade eder. "(-)**" değerine sahip örnekler negatif yüksek korelasyon derecesini gösterir. "(+)**" değerine sahip numuneler pozitif yüksek korelasyon derecesini belirtir. "(-)*" değerine sahip örnekler orta derecede negatif bir korelasyon ilişkisi gösterirken, "(+)*" değerine sahip örnekler orta derecede pozitif bir korelasyon ilişkisi göstermektedir.

Korelasyon analizi, su numunelerindeki çözünmüş elementlerin kökenleri ve fizikokimyasal nitelikleri hakkındaki bilgileri tespit etmek amacıyla da uygulanabilir (Hamzaoui vd., 2011; Parizi ve Samani, 2013). Göynük kanyonu yüzey suyu örneklerini oluşturan element değerleri arasındaki ilişkileri ve bu ilişkilerin derecesini belirlemek amacıyla 44 su örneğinde korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon katsayısı formülü kullanılarak verilere korelasyon analizi uygulanmıştır (Çizelge 4.47).

4.14.3. Regresyon Analizi

Su örneklerinden elde edilen en yüksek pozitif korelasyonları istatistiksel olarak tanımlamak için regresyon analizi gerçekleştirilmiştir (Aydın vd., 2020; Yalcin vd., 2020).

Su örneklerinden elde edilen Na-Sr (0,926**) arasında çok güçlü bir pozitif korelasyon ve Na-Ni (0,810**) arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğu belirtilmiştir. İki matematiksel model için dağılım diyagramları çizilmiştir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Dağılım diyagramları

4.14.4. Kümeleme Analizi

Yüzey suyu numuneleri, hiyerarşik kümeleme analizi yapılarak benzer kimyasal özelliklerine göre sınıflandırılmıştır (Şekil 4.29).

Kümeleme analizine göre, yüzey suyu örneklerinin kimyasal bileşimleri aşağıdaki üç grup altında toplanmıştır: Dy-Pr-Cd-Ga-Cu-Eu-Gd-Lu-As-Rb-Li-Cs-La-In-Th-Pb-Al-B-Ni-Er-Ho-P-Bi-Re-Nd-Sm-Tm-U-Zn Ce-Fe-Se-Be-V-Y-BA-Cr-Mn-Tl-Sr-K-Sc-Ph-Na-Ca-Mg grup 1; Sc-Ec grup 2; ve TDS-EC grup 3.

Spearman Sıralama korelasyon katsayısı, değişkenler normal dağılmadığında ana iyonların istatistiksel analizi için tercih edilir. Yüksek bir bağıntı oranı (1 veya 1'e yakın) iki parametre değerleri arasında olumlu anlamda güçlü bir bağıntı olduğu bilgisini verir. Ayrıca, $r > 0,7$ olan parametreler kuvvetli korelasyonlu olarak kabul edilirken, 0,5 ile 0,7 arasındaki r orta derecede korelasyonu yansıtmaktadır.

Çizelge 4.47. Su örneklerinin kimyasal analiz verilerinin Pearson korelasyon sonuçları.

	Al	As	B	Ca	Ce	Co	Cr	Fe	Ho	K	Lu	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	Re	Sc	Se	Sm	Sr
Al	1																					
As	0,154	1																				
B	0,063	0,098	1																			
Ca	-0,014	-0,024	,335*	1																		
Ce	0,096	-0,039	-0,266	0,026	1																	
Co	-0,233	-0,186	0,143	-0,035	-,304*	1																
Cr	0,078	-0,016	-0,079	-,513**	-0,055	0,049	1															
Fe	0,064	0,025	,443**	,481**	0,022	0,108	-,334*	1														
Ho	-0,258	0,125	0,063	,366*	0,160	-0,075	-0,163	0,209	1													
K	0,238	,412**	,604**	,582**	-0,146	-0,014	-0,276	,415**	0,225	1												
Lu	,378*	0,205	,349*	-0,088	-,312*	-0,005	-0,103	0,263	-,337*	0,275	1											
Mg	-0,091	0,083	0,208	,704**	-0,058	-0,154	-,538**	0,199	,318*	,395**	-0,080	1										
Mn	-0,057	0,139	-,389**	-,705**	0,080	0,055	0,122	-,450**	-0,290	-,304*	0,034	-,398**	1									
Na	-,455**	-0,080	-,399**	,349*	0,205	-0,177	-0,172	-0,011	0,265	-0,118	-,550**	0,238	-0,172	1								
Ni	-,584**	-0,075	-,383*	0,169	0,128	-0,072	-0,088	-0,044	0,271	-0,288	-,545**	0,107	-0,050	,810**	1							
P	0,077	-0,128	-0,242	0,152	0,219	-,414**	0,131	-0,002	-0,083	-0,178	-0,201	-0,046	-0,263	0,266	0,227	1						
Pb	0,016	0,154	,547**	,548**	-0,171	0,077	-0,295	0,286	0,126	,612**	0,078	,372*	-,503**	0,014	-0,081	-0,030	1					
Re	0,242	,345*	0,006	-,596**	-0,212	0,113	,321*	-0,251	-0,109	-0,022	0,272	-,368*	,364*	-,577**	-,397**	-,335*	-0,171	1				
Sc	-0,251	-0,168	0,085	0,171	,350*	-0,017	-0,247	0,210	,426**	0,017	-0,261	,329*	-0,045	-0,008	0,010	-,305*	0,019	-0,212	1			
Se	-0,022	0,217	0,024	-0,024	0,081	-0,228	-0,170	0,133	0,071	0,130	-0,063	0,085	0,190	-0,029	-0,081	-0,195	-0,086	0,019	0,202	1		
Sm	-,371*	-,321*	-0,047	,348*	0,092	-0,053	-0,193	0,096	0,139	-0,149	-0,171	0,232	-0,208	,387**	,526**	,312*	0,036	-,708**	0,130	-0,250	1	
Sr	-,447**	-0,175	-,392**	0,292	0,190	-0,214	-0,259	-0,025	0,219	-0,161	-,549**	0,236	-0,112	,926**	,801**	0,191	0,038	-,534**	0,071	0,013	,366*	1



Şekil 4.29. hiyerarşik kümeleme analizi

Çalışma alanındaki su örneklerinin Ana iyonların için korelasyon analizi SPSS 26 programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.48). Su örneklerinin HCO_3 değeri ile Ca, Mg, Na ve K konsantrasyonları arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki vardır. Bunun nedeni iyonik hareketlenme esnasında ortaya çıkan paralel kaynaklardan ve/veya jeokimyasal hareketlerden kaynaklanmaktadır. Na ve HCO_3 değerlerinin birbirleriyle korelasyon oranı silikat bozunması ile ilgilidir ve albit bozunmasından ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.48. Ana iyonların korelasyon analizi.

	Ca	Mg	Na	K	HCO₃	Cl	SO₄
Ca	1,000						
Mg	.638**	1,000					
Na	.415**	0,148	1,000				
K	.618**	.568**	.358*	1,000			
HCO₃	.764**	.530**	.405**	.490**	1,000		
Cl	0,247	0,232	0,237	0,138	0,249	1,000	
SO₄	0,280	0,079	-0,023	0,026	0,228	0,126	1,000

5. SONUÇLAR

Su tüm canlı varlıkların vazgeçilmez en önemli unsurlarından biridir ve toplumların ekonomik ve sosyal açıdan gelişebilmeleri geniş çapta sağlıklı ve verimli su kaynaklarına erişimlerine doğrudan bağlantılıdır. Fakat geçtiğimiz dönemlerde su kaynaklarımız insan aktiviteleri ve çeşitli çevresel faktörlerin tehdidi altında kalmıştır. Şehirleşme, hızlı nüfus artışı, kentsel ve sanayi atıkları, zirai aktiviteler, yükselen yaşam şartları vb. etkenler var olan su kaynaklarını tüketilemez duruma getirmektedir. Bunlara iklim ve doğa şartlarındaki değişimler de eklenince su kaynaklarını muhafaza etmek iyice güçleşmektedir. Türkiye'de su tüketiminin az olması, gerek su kaynaklarımızın düşünülünce tersine sınırsız olmaması, gerekse ülkemizin ekonomik olarak sahip olduğu gücün bu su kaynaklarından azami ölçüde faydalanmaya yetmemesiyle ilgilidir. Bununla birlikte halen var olan su kaynaklarının birçoğu kirlenmiş ya da kirlenme riski altındadır. Göynük Kanyonu, doğası ve tarihi nedeniyle Antalya'nın en popüler yerlerinden biridir. Çalışma alanı jeolojik açıdan çok karmaşık birimler içermektedir ve ofiyolitik melanj bölgede geniş yayılım göstermektedir. Dolayısıyla doğal kirlenmenin yanı sıra insan faaliyetleri de ağır metal anomalilerine neden olmaktadır. Bu nedenle bölgede bulunan suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra kirlilik durumuna ilişkin araştırmalar yapılmasına değer görülmüştür. Elde edilen sonuçlar yüzey sularının fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri ve ağır metal anomalileri olarak üç grupta sunulmuştur. Fiziksel özellikler sertlik, pH, EC, SAR, TDS, PI, %Na, RSC ve KR. Ortalama sertlik seviyesi içilebilir sınırlar içinde olmasına rağmen, bazı noktalarda bu sınır aşılmaktadır, ancak yine de bir sağlık sorununa neden olduğu düşünülmemektedir. Bununla birlikte, içme durumunda, sürekli izleme ve kaynatma veya baz değişimi gibi teknik iyileştirme yöntemleri kullanılabilir. Su örneklerinin pH değeri 7 ve üzerinde olduğu için nötr ve hafif bazik olarak kabul edilebilir. Bu bakımdan pH açısından içilmesinde herhangi bir sakınca yoktur. Elektrik iletkenliği açısından WHO standartlarına uygun olduğu görülmektedir. Ortalama TDS değeri 248.9 ve maksimum değer 468.5 olduğu için "tatlı su" olarak sınıflandırmak mümkündür. Bunun yanı sıra, %Na değerlerinin 50'den az olması ve SAR değerlerinin 10'un altında olması nedeniyle bu sular sulama amaçları için uygundur. PI, KR ve RSC sonuçları da çalışma alanındaki suların sulama kullanımı için uygun olduğunu göstermiştir. Suyun kimyasal sınıflandırmasını belirlemek amacıyla SI ve WQI, Gibbs, Stiff, Schoeller, Piper, Wilcox ve ABD Tuzluluk diyagramları gibi birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. SI değerlendirmeye tabi tutulduğunda, bu suların aragonit, dolomit ve kalsit açısından aşırı doygunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Gibbs diyagramına göre, kayaç kimyası ile suların kimyası arasında bir etkileşim söz konusudur, zira örneklerin baskın olduğu bölge kayaçların baskın olduğu bölgedir. Stiff diyagramına göre su örnekleri çalışma alanındaki baskın kireçtaşı kayalarıyla ilişkilendirilebilir. Schoeller diyagramına göre, tüm dere suları içilebilirlik açısından iyi veya çok iyi kalitededir. Benzer bir şekilde, WQI oranı da bu suların içme için mükemmel olduğunu göstermiştir. Sulardaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi en önemli konulardan biridir ve ağır metal anomalilerini araştırmak için farklı indeksler

geliştirilmiştir. Bu çalışmada da birçok indeks kullanılmıştır. Eser metaller hem ihtiyaç hem de toksisiteleri açısından önemlidir. Yapısal ve işlevsel rolleri nedeniyle Fe, Zn ve Cu gibi bazı elementler düşük miktarlarda insan yaşamı için gereklidir. Cd, As, Cr, Pb ve Hg gibi diğerleri ise çok toksiktir ve yalnızca aşırı düşük içeriklerde tolere edilir; bu nedenle, konsantrasyonlarının aşılması, vücuttaki bazı temel besin maddelerinin tükenmesi, yemek borusu, gırtlak, bozulmuş psikososyal davranışlar, immünolojik savunmada azalma, üreme bozuklukları ve kanser gibi birçok olumsuz sağlık etkisiyle ilişkilidir. Suda bulunan çoğu elementin önemli bir özelliği hidrolize türler oluşturma eğilimleri olsa da As, Cd, Cr ve Pb gibi bazıları başta klor, bikarbonat, nitrat ve sülfat olmak üzere inorganik anyonlarla birleşerek kompleks türler oluşturma eğilimi göstermektedir. İlk kullanılan HPI indeks sonuçları 100'den küçük olduğu için sağlığı tehdit eden bir anomali olmadığı düşünülmektedir. Benzer şekilde HEI sonuçlarında da anomali değerleri sağlık için gerekli sınırların oldukça altında kalmıştır. PoS indeksine göre, bazı örneklerde As, Pb ve Mn anomalileri gözlenmiştir. Ancak Igeo indeksine göre anomali durumu sadece Pb, Cr ve Sr için mevcuttur. Değerlerin tamamı MI ve WPI endekslerine göre sınırın oldukça altında olduğundan herhangi bir anormallik gözlenmemiştir. Suyun pH değerlerine göre, çalışma alanındaki su örneklerinin tamamının nötr ve kısmen alkali su sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanından alınan su örnekleri Gibbs diyagramında "Kaya Baskın" bölgesinde yer almaktadır, bu da çalışma alanındaki suların kimyasını kontrol eden ana faktörün kaya-su etkileşimi olduğunu göstermektedir. Göynük kanyonundan alınan su numunelerinin analiz sonuçları yönetmelikte belirtilen standart değerlerle karşılaştırılmıştır. Buna göre su örneklerinin büyük bir kısmının II ve III, su kalite sınıflarında olduğu tespit edilmiştir. Eser metallerin önemi hem gereksinimleri hem de potansiyel zararlı etkileri ile ilgilidir. Jeolojik yapının, incelenen alandaki bazı noktalarda görülen oldukça yüksek ağır metal konsantrasyonlarının ana nedeni olduğu düşünülmektedir. Bu tez çalışması, inceleme alanındaki ağır metal konsantrasyonlarının potansiyel olumsuz sonuçlarının gelecekte yüksek seviyelerde olabileceğini göstermiştir. Dolayısıyla, bu çalışmanın verileri, yüzey suyu ekolojik durumunun derecelerini tahmin etmek için toksik element değerlendirme endekslerinin uygulanabilirliğini ve gerekliliğini de yansıtmaktadır. İnceleme alanında suların nitrat, nitrit, amonyum analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre azot türevleri limit seviyeleri geçmemekte ve normal düzeylerde seyretmektedir.

Potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) ve gerçek buharlaşma-terleme (Etr) oranları Korkuteli/Saklıkent kayak merkezi, Korkuteli/Bük orman alanı, Kemer/Ovacık köyü, Kemer/Antalya Devlet Meteoroloji İstasyonları bilgileri ve Thornthwaite metodu ile belirlenmiştir.

Ayrıca Göynük kanyonuna ait sediman örneklerin majör, iz ve NTE oranları tespit edilerek, korelasyon incelemesi verilerine dayalı olarak saptanan değişik aşamaların element içerikleri üstündeki tesirleri belirlenmiştir. Bu bağlamda aşağıda sunulan sonuçlara varılmıştır.

1. Göynük kanyonu sediman örnekleri kendi aralarında orta-kuvvetli pozitif ilişki ($r=0.3$ ile 0.9 aralığında) sergileyen Fe_2O_3 , Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O , TiO_2 , MnO ve SiO_2 vb. majör oksitlerden oluşan ilk grup ile orta-kuvvetli pozitif ilişki ($r=0.3$ ile 0.9 aralığında) sergileyen CaO , LOI ve Karbonat Vb. bileşenlerden oluşan ikinci grup arasında orta-kuvvetli negatif korelasyon (-0.4 ile -0.6 aralığında) göstermektedir.
2. İz element dağılımlarının, NT elementlerinin durumunda olduğu gibi, karasal klastik malzemenin zenginliği vasıtasıyla denetlendiği görülmektedir. Oysa Sr, Ce, Eu ve U'nun ana oksit içeriklerinden tamamen ayrı bir şekilde dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir.
3. NTE elementlerinin kendi aralarındaki pozitif korelasyonu ve terrojenik kaynaklı majör ve eser elementlerle olan pozitif korelasyonları, örneklerdeki NT elementlerinin yoğunluklarının terrojenik kaynaklı malzemelerin yoğunlukları tarafından denetlendiğini göstermektedir. Buna karşın (Ni, Ba, Sr, U, V ve Eu) elementlerin TNTE farklı hareket ettiğini ve farklı kökenden taşındığını söylenebilir.
4. Arkean sonrası Avustralya Şeyl normalize NTE paternlerinin sedimanter kayaçların karakteristik NTE paternlerinden farklı çıkması ve NTE ile karasal orijinli majör ve eser elementler arasında pozitif korelasyon bağıntılarının bulunması, çalışılan ünitelerin yersel orijinli klastik malzeme ile kontamine olduklarına işaret etmektedir.
5. Numunelerin zayıf negatif Ce değerleri, göreceli olarak oksijenden arındırılmış veya indirgenmiş bir depolanma çevresinin söz konusu olduğunu göstermektedir.
6. Th-Co-Zr/10, Th-Sc-Zr/10 üçgen grafiklerine düşürülen numuneler, Göynük Kanyonu sedimanlarının aktif ve pasif kıta kenarı ortamlarında çökeldiğini göstermektedir.

Göynük Deresi üzerinde çalışılan hemen hemen tüm noktalarda tespit edilen çok yüksek ağır metal konsantrasyonlarının ana nedeninin jeolojik yapı olduğu düşünülmektedir. Bu araştırma, Göynük Kanyonundaki ağır metal kirlenmelerinin potansiyel olumsuz sonuçlarının gelecekte kritik seviyelerde olabileceğini göstermektedir, bu nedenle su akışındaki bu önemli mineralin sürdürülebilirliğini korumak için özellikle bazı ekolojik göstergeler kullanılarak toksik elementlerin daha fazla jeokimyasal araştırılması önerilmektedir. Mevcut araştırmanın verileri, tatlı su ekosistemlerinin niteliklerinin değerlendirilmesinde toksik eser risk değerlendirme indekslerinin uygulanabilirliğini ve gerekliliğini de yansıtmaktadır.

Bu çalışmanın genel bulguları göz önünde bulundurularak, doğal çevrenin ve insanların korunmasına yönelik öneriler aşağıdaki gibi sıralanmıştır: (a) çalışma alanında pestisitlerin ve diğer tarımsal kimyasalların aşırı kullanımının kontrol edilmesi; (b) çalışma alanındaki insanların çevrenin korunması ihtiyacı konusunda duyarlı hale getirilmesi ve aynı zamanda çevreye zararlı olabilecek tarımsal uygulamalardan kaçınılması ve (c) Göynük deresi su kalitesinin sürekli olarak izlenmesi.

6. KAYNAKLAR

- Abedini, A. ve Calagari, A.A., 2015. Rare earth element geochemistry of the Upper Permian limestone: the Kanigorgeh mining district, NW Iran. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 24(4): 365-382.
- Abraham, G. ve Parker, R., 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental monitoring and assessment*, 136(1): 227-238.
- Adeel, M., Lee, J.Y., Zain, M., Rizwan, M., Nawab, A., Ahmad, M., Shafiq, M., Yi, H., Jilani, G. ve Javed, R., 2019. Cryptic footprints of rare earth elements on natural resources and living organisms. *Environment international*, 127: 785-800.
- Aghazadeh, N. ve Mogaddam, A.A., 2011. Investigation of hydrochemical characteristics of groundwater in the Harzandat aquifer, Northwest of Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 176(1): 183-195.
- Agudelo-Castañeda, D.M., Teixeira, E.C., Schneider, I.L., Lara, S.R. ve Silva, L.F., 2017. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric PM_{1.0} of urban environments: Carcinogenic and mutagenic respiratory health risk by age groups. *Environmental pollution*, 224: 158-170.
- Akay, E. ve Uysal, S., 1985. Orta Torosların batısındaki (Antalya) Neojen çökellerinin stratigrafisi, sedimantolojisi ve yapısal jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Aksever, F., Davraz, A. ve Bal, Y., 2016. Assessment of water quality for drinking and irrigation purposes: a case study of Başköy springs (Ağlasun/Burdur/Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 9(20): 1-18.
- Aouatia, M., Laidoudia, M., Cheurfib, W., Beghrich, A., Bougherab, H. ve Kebabib, B., 2020. Assessment of surface water quality in the Beni Haroun dam Algeria using X-ray fluorescence spectrometry after preconcentration.
- Arıkan, 2007. İkizce (Haymana-Ankara) ve Çevresindeki Yeraltı Sularının Kimyası Ve Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi*, 97 sayfa, Ankara.
- Armstrong-Altrin, J., Lee, Y.I., Verma, S.P. ve Ramasamy, S., 2003. Geochemistry of sandstones from the upper Miocene Kudankulam Formation, southern India: Implications for provenance, weathering, and tectonic setting. *Journal of sedimentary Research*, 74(2): 285-297.
- Aydin, B., Yalçın, F., Özge, A. ve Yalçın, M., 2020. Regression analysis and statistical examination of Knoop hardness on abrasion resistance in Lyca beige marbles. *Filomat*, 34(2).
- Ayers, R. ve Westcot, D., 1985. Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1*. Food and Agricultural Organization. Rome, 1: 74.
- Back, W., 1966. Hydrochemical facies and groundwater flow patterns in the northern part of the Atlantic coastal plain, USGS prof. Paper 498-A.
- Bağcı, U. ve Parlak, O., 2009. Petrology of the Tekirova (Antalya) ophiolite (Southern Turkey): evidence for diverse magma generations and their tectonic implications

- during Neotethyan-subduction. *International Journal of Earth Sciences*, 98(2): 387-405.
- Balaram, V., 2019. Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 10(4): 1285-1303.
- Ballık, İ. ve Tunca, E., 2015. A review of sediment contamination assessment methods. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 1(1): 7-17.
- Banner, J.L., Hanson, G. ve Meyers, W., 1988. Water-rock interaction history of regionally extensive dolomites of the Burlington-Keokuk Formation (Mississippian): isotopic evidence.
- Bayazıt, M., 2003. Hidroloji, üçüncü basım, Birsen Yayınevi, İstanbul, 210 s.
- Bhatia, M.R., 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *The Journal of Geology*, 91(6): 611-627.
- Bhatia, M.R. ve Crook, K.A., 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to mineralogy and petrology*, 92(2): 181-193.
- Bilgin, A., 2018. Evaluation of surface water quality by using Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) method and discriminant analysis method: a case study Coruh River Basin. *Environmental monitoring and assessment*, 190(9): 1-11.
- Blumenthal, M., 1963. Le systeme structural du Taurus sud-anatolien, in *Livre a'memoire du Professeur P. Fallot. Mem. Soc. Geol. Fr.*, 2: 611-662.
- Blumenthal, M.M., 1951. *Recherches géologiques dans le Taurus occidental dans l'arrière-pays d'Alanya*. Verlag nicht ermittelbar.
- Boström, K., 1973. The origin and fate of ferromanganoan active ridge sediments: *Stockholm Contributions to Geology*, v. 27.
- Bozkaya, O. ve Yalcin, H., 2010. Geochemistry of mixed-layer illite-smectites from an extensional basin, Antalya Unit, Southwestern Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 58(5): 644-666.
- Bozkaya, Ö. ve Yalçın, H., 2009. Antalya Birliği-Alakırçayır Napı Triyas yaşlı volkanik kayaçlarının alterasyon mineralojisi. *CÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A: Yerbilimleri*, 26: 23-42.
- Bozkaya, Ö.v.Y., H., 2007. Antalya Birliği Paleozoyik - Alt Mesozoyik kayaçlarının mineralojisi, Kemer-Kumluca, Batı Toroslar, Güneybatı Türkiye. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı, ss. 282-285, 16-22 Nisan, Ankara.
- Brankov, J., Milijašević, D. ve Milanović, A., 2012. The assessment of the surface water quality using the water pollution index: a case study of the Timok River (the Danube River Basin), Serbia. *Archives of Environmental Protection*, 38(1): 49-61.
- Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A. ve O'Connor, M.F., 1972. A water quality index crashing the psychological barrier, *Indicators of environmental quality*. Springer, pp. 173-182.

- Brunn, J., Dumont, J., De Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O. ve Poisson, A., 1971. Outline of the geology of the western Taurids. *Geology and history of Turkey*: 225-255.
- Caeiro, S., Costa, M.H., Ramos, T., Fernandes, F., Silveira, N., Coimbra, A., Medeiros, G. ve Painho, M., 2005. Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: an index analysis approach. *Ecological indicators*, 5(2): 151-169.
- Carrillo, K.C., Drouet, J.C., Rodríguez-Romero, A., Tovar-Sánchez, A., Ruiz-Gutiérrez, G. ve Fuente, J.R.V., 2021. Spatial distribution and level of contamination of potentially toxic elements in sediments and soils of a biological reserve wetland, northern Amazon region of Ecuador. *Journal of Environmental Management*, 289: 112495.
- Çelik, Ö.F., 2009. Alakırçay Melanjı İçinde Yüzeyleyen Volkanik Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri (GB Türkiye). *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 8(1): 49-60.
- Chen, S., Gui, H. ve Sun, L., 2014. Geochemical characteristics of REE in the Late Neoproterozoic limestone from northern Anhui Province, China. *Chinese Journal of Geochemistry*, 33(2): 187-193.
- Chen, X., Zheng, Y., Xu, R., Gu, P., Yu, J., Bai, J., Cai, P. ve Jiang, X., 2020. Subduction channel fluid-rock interaction: Indications from rutile-quartz veins within eclogite from the Yuka terrane, North Qaidam orogen. *Geoscience Frontiers*, 11(2): 635-650.
- Colin, H.J., 1962. Fethiye-antalya-kaş-finike (güneybatı anadolu) bölgesinde yapılan jeolojik etüdler.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical geology*, 104(1-4): 1-37.
- Çuhadar, G. ve Tamgaç, S., 1994. Hidrojeolojik Etütlerde Su Kimyası Verilerini Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Yayınları, Ankara: 1-22.
- Cullers, R.L., 2000. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian–Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos*, 51(3): 181-203.
- Davodpour, R., Sobhanardakani, S., Cheraghi, M., Abdi, N. ve Lorestani, B., 2019. Honeybees (*Apis mellifera* L.) as a potential bioindicator for detection of toxic and essential elements in the environment (case study: Markazi Province, Iran). *Archives of environmental contamination and toxicology*, 77: 344-358.
- Davou, D. ve Ashano, E., 2009. The geochemical characteristics of the marble deposits east of Federal Capital Territory (FCT), Nigeria. *Global Journal of Geological Sciences*, 7(2).
- Davraz, A. ve Batur, B., 2020. Yalvaç-gelendost (isparta) havzasi su kaynaklarinin hidrojeokimyasi ve kullanilabilirlik özelliklerinin belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(4): 1072-1085.
- Davraz, A. ve Çakmak, M., 2016. Yarışlı Gölü (Burdur) Sulak Alanının Hidrojeoloji ve

- Hidrojeokimyasal İncelemesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2): 102-115.
- Davraz, A., Şener, Ş. ve Şener, E., 2016. Su kaynaklarının kullanma ve koruma metodolojisinin geliştirilmesi: eğirdir gölü havzası örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 4(3): 227-238.
- Davutluoglu, O.I., Seckin, G., Ersu, C.B., Yilmaz, T. ve Sari, B., 2011. Heavy metal content and distribution in surface sediments of the Seyhan River, Turkey. Journal of environmental management, 92(9): 2250-2259.
- de Andrade Passos, E., Alves, J.C., dos Santos, I.S., Jose do Patrocínio, H.A., Garcia, C.A.B. ve Costa, A.C.S., 2010. Assessment of trace metals contamination in estuarine sediments using a sequential extraction technique and principal component analysis. Microchemical Journal, 96(1): 50-57.
- de Vallejuelo, S.F.O., Gredilla, A., da Boit, K., Teixeira, E.C., Sampaio, C.H., Madariaga, J.M. ve Silva, L.F., 2017. Nanominerals and potentially hazardous elements from coal cleaning rejects of abandoned mines: environmental impact and risk assessment. Chemosphere, 169: 725-733.
- Deely, J.M. ve Fergusson, J.E., 1994. Heavy metal and organic matter concentrations and distributions in dated sediments of a small estuary adjacent to a small urban area. Science of the Total Environment, 153(1-2): 97-111.
- Delgado, J., Pérez-López, R., Galván, L., Nieto, J.M. ve Boski, T., 2012. Enrichment of rare earth elements as environmental tracers of contamination by acid mine drainage in salt marshes: a new perspective. Marine Pollution Bulletin, 64(9): 1799-1808.
- Dickinson, W., Dunbar, G. ve McLeod, H., 1996. Heavy metal history from cores in Wellington Harbour, New Zealand. Environmental Geology, 27(1): 59-69.
- Doneen, L., 1964. Water quality for agriculture, Department of Irrigation. University of California, Davis: 48.
- DSİ, 2012. "Devlet Su İşleri ". from <https://www.dsi.gov.tr/>.
- Dumont, J., 1976. Isparta kıvrımı ve Antalya naplarının orijini; Toroslar'ın Üst Kretase tektonik yapı ile oluşmuş yapısal düzeninin büyük bir deprem, transtorik arızayla ilgili ayrılması varsayımı. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 86(86).
- Dutta, M., Saikia, J., Taffarel, S.R., Waanders, F.B., De Medeiros, D., Cutruneo, C.M., Silva, L.F. ve Saikia, B.K., 2017. Environmental assessment and nano-mineralogical characterization of coal, overburden and sediment from Indian coal mining acid drainage. Geoscience Frontiers, 8(6): 1285-1297.
- Duzzin, B., Pavoni, B. ve Donazzolo, R., 1988. Macroinvertebrate communities and sediments as pollution indicators for heavy metals in the River Adige (Italy). Water Research, 22(11): 1353-1363.
- Eaton, F.M., 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. Soil science, 69(2): 123-134.
- Edet, A., Merkel, B. ve Offiong, O., 2003. Trace element hydrochemical assessment of the Calabar Coastal Plain Aquifer, southeastern Nigeria using statistical methods.

- Environmental Geology, 44: 137-149.
- Edet, A. ve Offiong, O., 2002. Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring. A study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin (southeastern Nigeria). *GeoJournal*, 57: 295-304.
- Egbueri, J.C., 2018. Assessment of the quality of groundwaters proximal to dumpsites in Awka and Nnewi metropolises: a comparative approach. *International journal of energy and water resources*, 2(1): 33-48.
- Ekere, N., Yakubu, N. ve Ihedioha, J., 2017. Ecological risk assessment of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of rivers Niger and Benue confluence, Lokoja, Central Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(23): 18966-18978.
- El-Sayed, M. ve Salem, W., 2015. Hydrochemical assessments of surface Nile water and ground water in an industry area–South West Cairo. *Egyptian Journal of Petroleum*, 24(3): 277-288.
- Elderfield, H., Upstill-Goddard, R. ve Sholkovitz, E., 1990. The rare earth elements in rivers, estuaries, and coastal seas and their significance to the composition of ocean waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(4): 971-991.
- Elderfield, H., Whitfield, M., Burton, J., Bacon, M. ve Liss, P., 1988. The oceanic chemistry of the rare-earth elements [and discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 325(1583): 105-126.
- Ephraim, B.E., 2012. Investigation of the geochemical signatures and conditions of formation of metacarbonate rocks occurring within the Mamfe embayment of south-eastern Nigeria. *Earth Sciences Research Journal*, 16(2): 121-138.
- Erbay, G., 1998. Demirtaş-Gazipaşa civarının jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Ergen, Ş.F., 2021. Assessment of Metal (loid) Accumulation in the Surficial Sediment of Meyil Lake. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*: 1-9.
- Ergin, M., Keskin, Ş., Doğan, A.U., Kadioğlu, Y.K. ve Karakaş, Z., 2007. Grain size and heavy mineral distribution as related to hinterland and environmental conditions for modern beach sediments from the Gulfs of Antalya and Finike, eastern Mediterranean. *Marine Geology*, 240(1-4): 185-196.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987. Yeraltı suları jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Erkakan, F. ve Özeren, C., 2001. İznik Gölünün Su Kalitesi ve Balıkçılık Bakımından Yönetimi. TÜBİTAK Tarım Araştırma Projesi, Ankara, Türkiye, TOGTAG-TARP-2217.
- Ersoy, Ş., 1990. Batı Toros (Likya) napılarının yapısal öğelerinin ve evriminin analizi. *Jeoloji Mühendisliği*, 37: 5-16.
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W. ve Young, G.M., 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology*, 23(10): 921-924.

- Floyd, P. ve Leveridge, B., 1987. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *Journal of the Geological Society*, 144(4): 531-542.
- Frimmel, H.E., 2009. Trace element distribution in Neoproterozoic carbonates as palaeoenvironmental indicator. *Chemical Geology*, 258(3-4): 338-353.
- Fu, X., Wang, J., Zeng, Y., Tan, F. ve He, J., 2011. Geochemistry and origin of rare earth elements (REEs) in the Shengli River oil shale, northern Tibet, China. *Geochemistry*, 71(1): 21-30.
- Gao, X., Chen, C.-T.A., Wang, G., Xue, Q., Tang, C. ve Chen, S., 2010. Environmental status of Daya Bay surface sediments inferred from a sequential extraction technique. *Estuarine, coastal and shelf science*, 86(3): 369-378.
- Gashi, F., Frančišković-Bilinski, S., Bilinski, H., Haziri, A. ve Gashi, S., 2016. Assessing the trace element content in water samples from Badovci Lake (Kosovo) using inductively coupled plasma-mass spectrometry analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(6): 1-11.
- Gautam, S.K., Evangelos, T., Singh, S.K., Tripathi, J.K. ve Singh, A.K., 2018. Environmental monitoring of water resources with the use of PoS index: a case study from Subarnarekha River basin, India. *Environmental earth sciences*, 77: 1-17.
- German, C., Higgs, N., Thomson, J., Mills, R., Elderfield, H., Blusztajn, J., Fleer, A. ve Bacon, M., 1993. A geochemical study of metalliferous sediment from the TAG Hydrothermal Mound, 26° 08' N, Mid-Atlantic Ridge. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 98(B6): 9683-9692.
- Gibbs, R.J., 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170(3962): 1088-1090.
- Goldberg, E.D., Koide, M., Schmitt, R. ve Smith, R.H., 1963. Rare-Earth distributions in the marine environment. *Journal of Geophysical Research*, 68(14): 4209-4217.
- Greaves, M., Elderfield, H. ve Sholkovitz, E., 1999. Aeolian sources of rare earth elements to the Western Pacific Ocean. *Marine Chemistry*, 68(1-2): 31-38.
- Gredilla, A., Fdez-Ortiz de Vallejuelo, S., Gomez-Nubla, L., Carrero, J.A., de Leão, F.B., Madariaga, J.M. ve Silva, L.F., 2017. Are children playgrounds safe play areas? Inorganic analysis and lead isotope ratios for contamination assessment in recreational (Brazilian) parks. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(31): 24333-24345.
- Gromet, L.P., Haskin, L.A., Korotev, R.L. ve Dymek, R.F., 1984. The "North American shale composite": its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48(12): 2469-2482.
- Günay, Y., Bölükbaşı, S. ve Yoldemir, O., 1982. Beydağlarının stratigrafisi ve yapısı. *Türkiye*, 6: 91-101.
- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research*, 14(8): 975-1001.
- Hamzaoui, F., Ketata, M., Bouhlila, R., Gueddari, M. ve Riberio, L., 2011.

- Hydrogeochemical characteristics and assessment of drinking water quality in Zeuss-Koutine aquifer, southeastern Tunisia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 174(1): 283-298.
- Hannigan, R., Dorval, E. ve Jones, C., 2010. The rare earth element chemistry of estuarine surface sediments in the Chesapeake Bay. *Chemical Geology*, 272(1-4): 20-30.
- Haskin, M.A. ve Haskin, L.A., 1966. Rare earths in European shales: a redetermination. *Science*, 154(3748): 507-509.
- Hossain, M. ve Patra, P.K., 2020a. Contamination zoning and health risk assessment of trace elements in groundwater through geostatistical modelling. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 189: 110038.
- Hossain, M. ve Patra, P.K., 2020b. Water pollution index A new integrated approach to rank water quality. *Ecological Indicators*, 117: 106668.
- Hosseini, S., Sobhanardakani, S., Navaei, M.B., Kariminasab, M., Aghilinejad, S. ve Regenstein, J., 2013. Metal content in caviar of wild Persian sturgeon from the southern Caspian Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 20: 5839-5843.
- Hua, G., Yuansheng, D., Lian, Z., Jianghai, Y., Hu, H., Min, L. ve Yuan, W., 2013. Trace and rare earth elemental geochemistry of carbonate succession in the Middle Gaoyuzhuang Formation, Pingquan Section: Implications for Early Mesoproterozoic ocean redox conditions. *Journal of Palaeogeography*, 2(2): 209-221.
- Hurowitz, J.A. ve McLennan, S.M., 2005. Geochemistry of Cambro-Ordovician sedimentary rocks of the Northeastern United States: changes in sediment sources at the onset of Taconian orogenesis. *The Journal of geology*, 113(5): 571-587.
- Huyan, Y., Yao, W., Xie, X. ve Wang, L., 2022. Provenance, source weathering, and tectonics of the Yarlung Zangbo River overbank sediments in Tibetan Plateau, China, using major, trace, and rare earth elements. *Geological Journal*, 57(1): 37-51.
- İstanbulu, E., 2013. Balıkesir-dursunbey Skarn Yataklarının Jeolojik, Mineralojik Ve Jeokimyasal Özellikleri, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jarrar, G., Amireh, B. ve Zachmann, D., 2000. The major, trace and rare earth element geochemistry of glauconites from the early Cretaceous Kurnub Group of Jordan. *Geochemical Journal*, 34(3): 207-222.
- Juteau, T., 1975. Les ophiolites des nappes d'Antalya (Taurides occidentales, Turquie): pétrologie d'un fragment de l'ancienne croûte océanique téthysienne. *Fondation scientifique de la géologie et de ses applications*.
- Juteau, T. ve Marcoux, J., 1973. Un exemple de volcanisme sous marin au Trias supérieur le strato-volcano du Karadere, Calbalı Dag (ophiolites des nappes d'Antalya-Taurides occidentales, Turquie), Intern. Symp. Über die Strata der Alpin Mediterranean Trias, pp. 238-239.
- Kalafatçioğlu, A., 1973. Antalya Körfezi batı kısmının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 81(81).

- Kalvani, N., Mesdaghinia, A., Yaghmaeian, K., Abolli, S., Saadi, S., Alimohammadi, M. ve Rashidi Mehrabadi, A., 2021. Evaluation of iron and manganese removal effectiveness by treatment plant modules based on water pollution index; a comprehensive approach. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19: 1005-1013.
- Kankılıç, G.B., Tüzün, İ. ve Kadioğlu, Y.K., 2013. Assessment of heavy metal levels in sediment samples of Kapulukaya Dam Lake (Kirikkale) and lower catchment area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(8): 6739-6750.
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S. ve Metalurji, İ., 2004. Metallerin çevresel etkileri-II. *Metalurji Dergisi*, 137: 46-51.
- Kelley, W., 1963. Use of saline irrigation water. *Soil science*, 95(6): 385-391.
- Kowalska, J.B., Mazurek, R., Gąsiorek, M. ve Zaleski, T., 2018. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination—A review. *Environmental geochemistry and health*, 40(6): 2395-2420.
- Kurian, S., Nath, B.N., Ramaswamy, V., Naman, D., Rao, T.G., Raju, K.K., Selvaraj, K. ve Chen, C., 2008. Possible detrital, diagenetic and hydrothermal sources for Holocene sediments of the Andaman backarc basin. *Marine Geology*, 247(3): 178-193.
- Kuşcu, M., Özsoy, R., Özçelik, O. ve Altunsoy, M., 2016. Trace and Rare Earth Element Geochemistry of Black Shales in Triassic Kasımlar Formation, Anamas-Akseki Platform, Western Taurids, Turkey, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, pp. 042012.
- Lefevre, R., 1966. Donnees nouvelles sur la stratigraphie du cretace superieur dans le massif des bey-dagları (taurus lycien turquie). *Comptes rendus hebdomadaires des seances de l'academie des sciences serie d*, 263(16): 1029.
- Lefevre, R. ve Orcel, J., 1967. “Un” nouvel élément dans la géologie du Taurus lycien: les nappes d'Antalya (Turquie).
- Lerman, A., 1978. *Lakes: chemistry, geology, physics*.
- Leventeli, Y., 2011. Potential Human Impact on Coastal Area, Antalya—Turkey. *Journal of Coastal Research*(61 (10061)): 403-407.
- Leventeli, Y. ve Yalcin, F., 2021. Data analysis of heavy metal content in riverwater: multivariate statistical analysis and inequality expressions. *Journal of Inequalities and Applications*, 2021: 1-22.
- Leventeli, Y. ve Yalcın, F., 2019. Heavy metal pollution index (hpi) in surface water between alakir dam and alakir bridge, antalya-turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22: 125-131.
- Leventeli, Y., Yalçın, F. ve Kiliç, M., 2019. An investigation about heavy metal pollution of Duden and Goksu Streams (Antalya, Turkey). *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2).
- Leventeli, Y., 2010. Tahtalı Dağı'nın (Antalya) hidrojeolojik geleceği. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 3 (1): 139-144.
- Li, D., Tang, Y., Deng, T., Chen, K. ve Liu, D., 2008. Geochemistry of rare earth elements

- in coal—a case study from Chongqing, southwestern China. *Energy Exploration & Exploitation*, 26(6): 355-362.
- Li, L., Wu, J., Lu, J., Min, X., Xu, J. ve Yang, L., 2018. Distribution, pollution, bioaccumulation, and ecological risks of trace elements in soils of the northeastern Qinghai-Tibet Plateau. *Ecotoxicology and environmental safety*, 166: 345-353.
- Liu, Y.G., Miah, M. ve Schmitt, R., 1988. Cerium: a chemical tracer for paleo-oceanic redox conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52(6): 1361-1371.
- Ünverdi, M., 1977. 1:25.000 ölçekli Sayısal Jeoloji Haritaları, Antalya O24-c2 Paftası, Türkiye Jeoloji veri Tabanı, Jeoloji Etütler Dairesi Başkanlığı, Maden Tetkik Arama genel Müdürlüğü, Ankara.
- MacRae, N., Nesbitt, H. ve Kronberg, B., 1992. Development of a positive Eu anomaly during diagenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 109(3-4): 585-591.
- Madhavaraju, J. ve Lee, Y.I., 2009. Geochemistry of the Dalmiapuram Formation of the Uttatur Group (Early Cretaceous), Cauvery basin, southeastern India: Implications on provenance and paleo-redox conditions. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 26(2): 380-394.
- Madhavaraju, J. ve Ramasamy, S., 1999. Rare earth elements in limestones of Kallankurichchi formation of Ariyalur group, Tiruchirapalli Cretaceous, Tamil Nadu. *Geological Society of India*, 54(3): 291-301.
- Malik, M.A., Azam, M. ve Saboor, A., 2010. Water quality status of upper KPK and northern areas of Pakistan. *Pakistan Council of Research in Water Resources, Water Resources Research*.
- Mansouri, Z., Leghrieb, Y., Kouadri, S., Al-Ansari, N., Najm, H.M., Mashaan, N.S., Eldirderi, M.M.A. ve Khedher, K.M., 2022. Hydro-Geochemistry and Groundwater Quality Assessment of Ouargla Basin, South of Algeria. *Water*, 14(15): 2441.
- Marcoux, J., 1979. Antalya Naplarının genel yapısı ve tetis güney kenari paleocografyasındaki yeri.
- McLennan, S., Hemming, S., McDaniel, D. ve Hanson, G., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. *Geological Society of America Special Papers*, 284: 21-40.
- McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks; influence of provenance and sedimentary processes. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 21(1): 169-200.
- McLennan, S.M., Nance, W. ve Taylor, S., 1980. Rare earth element-thorium correlations in sedimentary rocks, and the composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44(11): 1833-1839.
- Mehrabi, B., Mehrabani, S., Rafiei, B. ve Yaghoubi, B., 2015. Assessment of metal contamination in groundwater and soils in the Ahangaran mining district, west of Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 187(12): 1-23.
- Mgbenu, C.N. ve Egbueri, J.C., 2019. The hydrogeochemical signatures, quality indices and health risk assessment of water resources in Umunya district, southeast

- Nigeria. *Applied water science*, 9(1): 1-19.
- Michard, A., Albarede, F., Michard, G., Minster, J. ve Charlou, J., 1983. Rare-earth elements and uranium in high-temperature solutions from East Pacific Rise hydrothermal vent field (13 N). *Nature*, 303(5920): 795-797.
- Mohammed, A., Samara, F., Alzaatreh, A. ve Knuteson, S.L., 2022. Statistical Analysis for Water Quality Assessment: A Case Study of Al Wasit Nature Reserve. *Water*, 14(19): 3121.
- Mohan, S.V., Nithila, P. ve Reddy, S.J., 1996. Estimation of heavy metals in drinking water and development of heavy metal pollution index. *Journal of Environmental Science & Health Part A*, 31(2): 283-289.
- Mohiuddin, K., Otomo, K., Ogawa, Y. ve Shikazono, N., 2012. Seasonal and spatial distribution of trace elements in the water and sediments of the Tsurumi River in Japan. *Environmental monitoring and assessment*, 184(1): 265-279.
- Moldovan, A., Török, A.I., Kovacs, E., Cadar, O., Mirea, I.C. ve Micle, V., 2022. Metal Contents and Pollution Indices Assessment of Surface Water, Soil, and Sediment from the Arieş River Basin Mining Area, Romania. *Sustainability*, 14(13): 8024.
- Molekoa, M.D., Avtar, R., Kumar, P., Thu Minh, H.V., Dasgupta, R., Johnson, B.A., Sahu, N., Verma, R.L. ve Yunus, A.P., 2021. Spatio-temporal analysis of surface water quality in Mokopane area, Limpopo, South Africa. *Water*, 13(2): 220.
- Morgan, J.W., Higuchi, H., Takahashi, H. ve Hertogen, J., 1978. A “chondritic” eucrite parent body: Inference from trace elements. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42(1): 27-38.
- Mostafa, M.G., Uddin, S. ve Haque, A., 2017. Assessment of hydro-geochemistry and groundwater quality of Rajshahi City in Bangladesh. *Applied Water Science*, 7(8): 4663-4671.
- Mughal, A., Sultan, K., Ashraf, K., Hassan, A., Zaman, Q.u., Haider, F.U. ve Shahzad, B., 2022. Risk Analysis of Heavy Metals and Groundwater Quality Indices in Residential Areas: A Case Study in the Rajanpur District, Pakistan. *Water*, 14(21): 3551.
- Muller, G., 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 2: 108-118.
- Murray, R.W., Brink, M.R.B., Brumsack, H.J., Gerlach, D.C. ve Russ, G.P., 1991. Rare earth elements in Japan Sea sediments and diagenetic behavior of Ce/Ce*: Results from ODP Leg 127. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55(9): 2453-2466.
- Murray, R.W., Buchholtz ten Brink, M.R., Jones, D.L., Gerlach, D.C. ve Russ III, G.P., 1990. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale. *Geology*, 18(3): 268-271.
- Murray, R.W., ten Brink, M.R.B., Gerlach, D.C., Russ III, G.P. ve Jones, D.L., 1992. Interoceanic variation in the rare earth, major, and trace element depositional chemistry of chert: perspectives gained from the DSDP and ODP record. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56(5): 1897-1913.
- Nagarajan, R., Madhavaraju, J., Armstrong-Altrin, J.S. ve Nagendra, R., 2011.

- Geochemistry of neoproterozoic limestones of the Shahabad formation, Bhima basin, Karnataka, southern India. *Geosciences Journal*, 15: 9-25.
- Nagarajan, R., Madhavaraju, J., Nagendra, R., Armstrong Altrin, J.S. ve Moutte, J., 2007. Geochemistry of Neoproterozoic shales of the Rabanpalli Formation, Bhima Basin, Northern Karnataka, southern India: implications for provenance and paleoredox conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24(2).
- Naqvi, S., Sawkar, R., Rao, D.S., Govil, P. ve Rao, T.G., 1988. Geology, geochemistry and tectonic setting of Archaean greywackes from Karnataka Nucleus, India. *Precambrian research*, 39(3): 193-216.
- Nath, B.N., Roelandts, I., Sudhakar, M. ve Plüger, W.L., 1992. Rare earth element patterns of the Central Indian Basin sediments related to their lithology. *Geophysical Research Letters*, 19(12): 1197-1200.
- Nawrin, N., Junayed, T.R., Khan, M.R., Alam, M.J., Mia, M.B. ve Ahmed, K.M., 2022. A Hydrogeochemical Characterization and Quality Assessment of Groundwater from the Sadar Upazila, Khagrachhari District, Bangladesh for Irrigation and Drinking Uses. *Water*, 14(19): 3052.
- Ndjama, J., Mafany, G., Nkoue Ndong, R.G., Belmond, B.E. ve Ekoa Bessa, A.Z., 2022. Rare earth elements in surface waters and sediments of the Mgoua watershed, south western Cameroon. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(10): 1-13.
- Nicholson, K., 2012. *Geothermal fluids: chemistry and exploration techniques*. Springer Science & Business Media.
- Nothdurft, L.D., Webb, G.E. ve Kamber, B.S., 2004. Rare earth element geochemistry of Late Devonian reefal carbonates, Canning Basin, Western Australia: confirmation of a seawater REE proxy in ancient limestones. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(2): 263-283.
- Öktem, A.U. ve Aksoy, A., 2014. Türkiye'nin su riskleri raporu. WWF-Türkiye, Ofset Yapımevi.
- Özgül, N., 1971. Orta Torosların kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 14(1): 85-101.
- Özgül, N., 1976. Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri. *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 19: 65-78.
- Özgül, N. ve Arpat, E., 1973. Structural units of Taurus orogenic belt and their continuation in the neighbouring regions. *Geological Society of Greece Bulletin*, 10: 156-164.
- Parizi, H. ve Samani, N., 2013. Geochemical evolution and quality assessment of water resources in the Sarcheshmeh copper mine area (Iran) using multivariate statistical techniques. *Environmental earth sciences*, 69(5): 1699-1718.
- Pehlivan, H., 2017. Marmara denizi güneyi (kocasu deltasi) sedimantlerinde ağır metal kirliliğinin araştırılması.
- Perumal, K., Antony, J. ve Muthuramalingam, S., 2021. Heavy metal pollutants and their spatial distribution in surface sediments from Thondi coast, Palk Bay, South India. *Environmental Sciences Europe*, 33(1): 1-20.

- Phiri, C., Shimazui, D., Otake, T., Kikuchi, R., Chintu, I., Chirwa, M., Kalaba, L., Nyambe, I. ve Sato, T., 2021. Geochemical behaviour of heavy metals in sludge effluents and solid deposits on the Zambian Copperbelt: Implication for effluent treatment and sludge reuse. *Science of The Total Environment*, 769: 144342.
- Pincetti-Zúniga, G.P., Richards, L.A., Tun, Y.M., Aung, H.P., Swar, A.K., Reh, U.P., Khaing, T., Hlaing, M.M., Myint, T.A. ve Nwe, M.L., 2020. Major and trace (including arsenic) groundwater chemistry in central and southern Myanmar. *Applied Geochemistry*, 115: 104535.
- Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 25(6): 914-928.
- Piper, D.Z., 1974. Rare earth elements in the sedimentary cycle: a summary. *Chemical Geology*, 14(4): 285-304.
- Piroozfar, P., Alipour, S., Modabberi, S. ve Cohen, D., 2021. Using multivariate statistical analysis in assessment of surface water quality and identification of heavy metal pollution sources in Sarough watershed, NW of Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(9): 1-20.
- Pisoni, C., 1967. Kaş (Antalya ili) bölgesinin jeolojik etüdü. *MTA Ens. Derg*, 69: 42-49.
- Poisson, A., 1967. Données nouvelles sur le Crétacé supérieur et le Tertiaire du Taurus au NW d'Antalya (Turquie). *Comptes Rendus Academie Science Paris*, 264: 2443-2446.
- Poisson, A., 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie), 795 p. Doctorat d'état thesis, Université de Paris-Sud, Orsay, France.
- Qadir, M., Schubert, S., Oster, J.D., Sposito, G., Minhas, P.S., Cheraghi, S.A., Murtaza, G., Mirzabaev, A. ve Saqib, M., 2018. High-magnesium waters and soils: Emerging environmental and food security constraints. *Science of the Total Environment*, 642: 1108-1117.
- Qiao, J., Tang, J. ve Xue, Q., 2020. Study on Pb release by several new lixiviants in weathered crust elution-deposited rare earth ore leaching process: behavior and mechanism. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190: 110138.
- Quyang, Y., 2005. Evaluating of river water quality monitoring stations by principle component analysis. *Water Research*, 39: 2621-2635.
- Rahman, S., Khan, I. ve Oh, D.H., 2016. Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3): 471-490.
- Rajendran, A., Kumar, M.D. ve Bakker, J., 1992. Control of manganese and iron in Skagerrak sediments (northeastern North Sea). *Chemical geology*, 98(1-2): 111-129.
- Rakotondrabe, F., Ngoupayou, J.R.N., Mfonka, Z., Rasolomanana, E.H., Abolo, A.J.N., Asone, B.L., Ako, A.A. ve Rakotondrabe, M.H., 2017. Assessment of surface water quality of Bétaré-Oya gold mining area (East-Cameroon). *Journal of Water Resource and Protection*, 9(8): 960-984.
- Ramesh, K. ve Elango, L., 2012. Groundwater quality and its suitability for domestic and

- agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India. Environmental monitoring and assessment, 184(6): 3887-3899.
- Rantitsch, G., Melcher, F., Meisel, T. ve Rainer, T., 2003. Rare earth, major and trace elements in Jurassic manganese shales of the Northern Calcareous Alps: hydrothermal versus hydrogenous origin of stratiform manganese deposits. Mineralogy and Petrology, 77(1-2): 109-127.
- Ravichandran, M., Baskaran, M., Santschi, P.H. ve Bianchi, T.S., 1995. History of trace metal pollution in Sabine-Neches estuary, Beaumont, Texas. Environmental science & technology, 29(6): 1495-1503.
- Reuber, I., 1982. Générations successives de filons grenus dans le complexe ophiolitique d'Antalya (Turquie): origine, évolution et mécanismes d'injection des liquides.
- Richards, L., 1954. Diagnosis and Improvement of. Saline and Alkali Soils. Handbook, 60.
- Robertson, A. ve Woodcock, N., 1980. Strike-Slip Related Sedimentation in the Antalya Complex, Southwest Turkey. Sedimentation in Oblique-Slip Mobile Zones: 127-145.
- Robertson, A. ve Woodcock, N., 1981. Alakir çay Group, antalya complex, SW Turkey: A deformed Mesozoic carbonate margin. Sedimentary Geology, 30(1-2): 95-131.
- Roser, B. ve Korsch, R., 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using content and ratio. The Journal of Geology, 94(5): 635-650.
- Roser, B. ve Korsch, R., 1988. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. Chemical geology, 67(1-2): 119-139.
- Şahinci, A., 1991. Doğal suların jeokimyası. Yy.
- Salomons, W. ve Förstner, U., 1984. Sediments and the transport of metals, Metals in the Hydrocycle. Springer, pp. 63-98.
- Scherer, M. ve Seitz, H., 1980. Rare-earth element distribution in Holocene and Pleistocene corals and their redistribution during diagenesis. Chemical Geology, 28: 279-289.
- Schoeller, H., 1955. Terres et eaux (Paris-Algiers). First quarter. pp4-1 1. UNESCO Series, UNESCO, Paris.
- Schoeller, H., 1956. Géochimie des eaux souterraines. Societe Technip.
- Şenel, M., Arbas, A., Bilgi, C., Bilgin, Z., Dinçer, M., Durukan, E., Erkan, M., Karaman, T., Kaymakçı, H. ve Örcen, S., 1986. Gömbe Akdağ bölgesinin stratigrafi ve yapısal özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurultayı.
- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, A., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A., Uğuz, M. ve Korucu, M., 1992. Eğirdir-Yenişarbademli-Gebiz ve Geriş-Köprülü (Isparta-Antalya) arasında kalan alanların jeolojisi. MTA Report, 9390: 83-136.
- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Metin, S., Esentürk, K., Bölükbaşı, A. ve Özgül, N., 1998. Orta Toroslar'da Güzelsu koridoru ve kuzeyinin stratigrafisi,

- Türkiye. Bulletin of Mineral Research and Exploration of Turkey, 120: 171-198.
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğuz, M.F., Bölükbaşı, A.S., Korucu, M. ve Özgül, N., 1996. Isparta büklümü doğusunda, otokton ve allokton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar). Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 118(118).
- Şenel, M., Serdaroğlu, M., Kengil, R., Ünverdi, M. ve Gözle, M.Z., 1981. Teke Torosları güneydoğusunun jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 95(95, 96).
- Şener ve Güneş, D., 2015. Aksu (isparta) ovası yüzey ve yeraltı sularinin hidrojeokimyasal özellikleri ve su kalitesi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 21(6).
- Şener, Şener, E. ve Davraz, A., 2012. Stream water quality in the Eğirdir Lake catchment area, Isparta, Turkey, International Earth Sciences Colloquium in the Eagean Regions, IESCA, pp. 1-5.
- Sholkovitz, E.R., 1988. Rare earth elements in the sediments of the North Atlantic Ocean, Amazon Delta, and East China Sea; reinterpretation of terrigenous input patterns to the oceans. American Journal of Science, 288(3): 236-281.
- Sholkovitz, E.R., 1992. Chemical evolution of rare earth elements: fractionation between colloidal and solution phases of filtered river water. Earth and Planetary Science Letters, 114(1): 77-84.
- Sidkina, E.S., Soldatova, E.A., Cherkasova, E.V., Konyshev, A.A., Vorobey, S.S. ve Mironenko, M.V., 2022. Fate of Heavy Metals in the Surface Water-Dump Rock System of the Mine Lupikko I (Karelia): Field Observations and Geochemical Modeling. Water, 14(21): 3382.
- Sim, S.F. ve Tai, S.E., 2018. Assessment of a physicochemical indexing method for evaluation of tropical river water quality. Journal of Chemistry, 2018.
- Siyar, R., Doulati Ardejani, F., Norouzi, P., Maghsoudy, S., Yavarzadeh, M., Taherdangkoo, R. ve Butscher, C., 2022. Phytoremediation Potential of Native Hyperaccumulator Plants Growing on Heavy-Metal-Contaminated Soil of Khatunabad Copper Smelter and Refinery, Iran. Water, 14(22): 3597.
- SKKY, R., 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Başbakanlık Basımevi, 26786.
- Sobhanardakani, S., 2016. Evaluation of the water quality pollution indices for groundwater resources of Ghahavand plain, Hamadan province, western Iran. Iranian Journal of Toxicology, 10(3): 35-40.
- Sobhanardakani, S., 2017. Potential health risk assessment of heavy metals via consumption of caviar of Persian sturgeon. Marine Pollution Bulletin, 123(1-2): 34-38.
- Sobhanardakani, S., Taghavi, L., Shahmoradi, B. ve Jahangard, A., 2017. Groundwater quality assessment using the water quality pollution indices in Toyserkan Plain. 4(1): 21-27.
- Sobhanardakani, S., Tayebi, L. ve Hosseini, S.V., 2018. Health risk assessment of arsenic and heavy metals (Cd, Cu, Co, Pb, and Sn) through consumption of caviar of

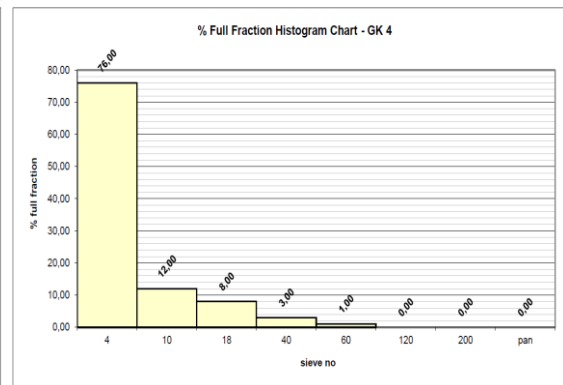
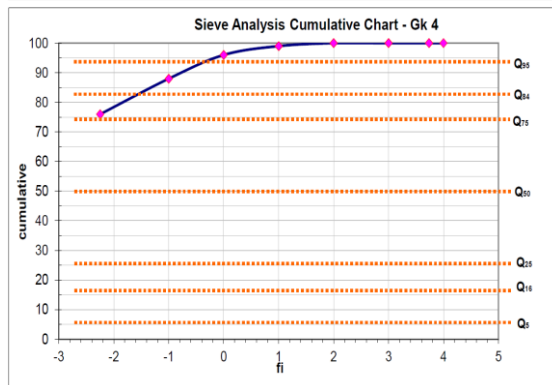
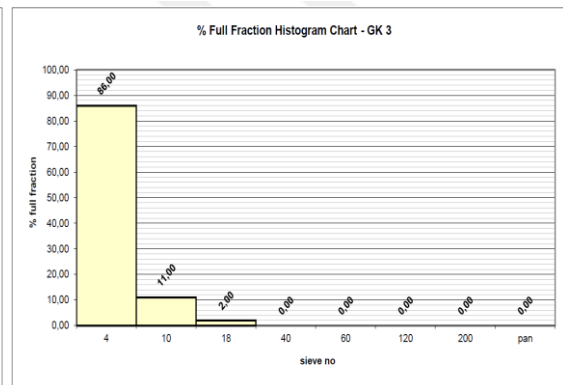
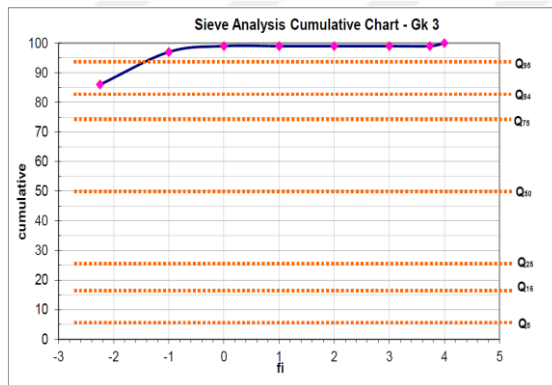
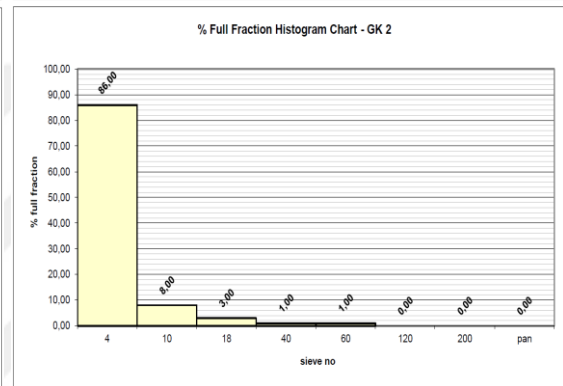
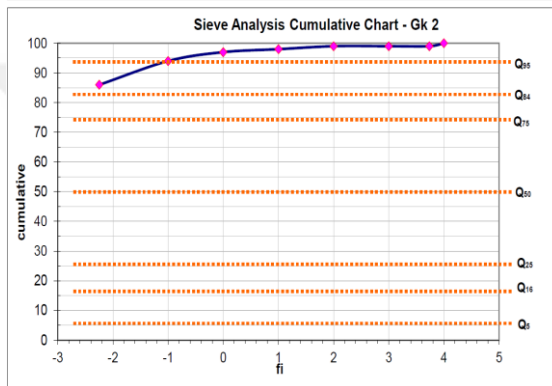
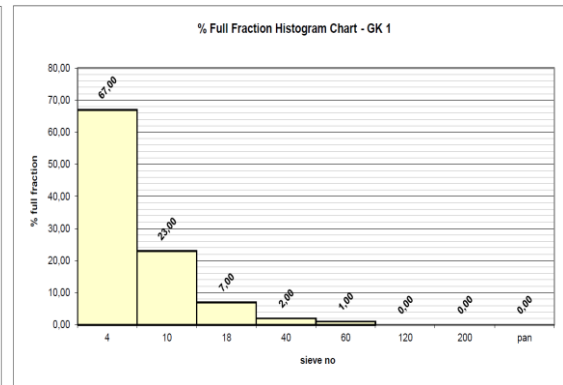
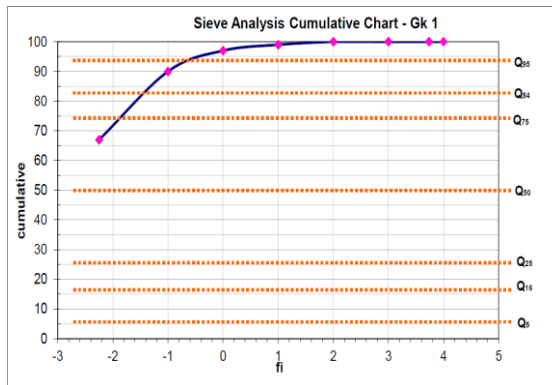
- Acipenser persicus from Southern Caspian Sea. Environmental Science and Pollution Research, 25: 2664-2671.
- Song, T., An, Y., Cui, G., Tong, S. ve He, J., 2021. Bioconcentrations and health risk assessment of heavy metals in crops in the Naoli River Basin agricultural area, Sanjiang Plain, China. Environmental Earth Sciences, 80(12): 1-10.
- Soroaga, L.V., Amarandei, C., Negru, A.G., Olariu, R.I. ve Arsene, C., 2022. Assessment of the Anthropogenic Impact and Distribution of Potentially Toxic and Rare Earth Elements in Lake Sediments from North-Eastern Romania. Toxics, 10(5): 242.
- Staff, U.S.L., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agric. Handb. 60.
- Stoica, A. ve Baiulescu, G.-E., 2008. Global pollution. Proceedings of Ecopole, 2(1): 119-121.
- Szabolcs, I., 1964. The influence of irrigation water of high sodium carbonate content on soils. Agrokémia és talajtan, 13(sup): 237-246.
- Tao, S., Shan, Y., Tang, D., Xu, H., Li, S. ve Cui, Y., 2016. Mineralogy, major and trace element geochemistry of Shichanggou oil shales, Jimusaer, Southern Junggar Basin, China: Implications for provenance, palaeoenvironment and tectonic setting. Journal of Petroleum Science and Engineering, 146: 432-445.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The continental crust: its composition and evolution.
- Thorntwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, 38(1): 55-94.
- Tlig, S. ve Mrabet, A., 1985. A comparative study of the rare earth element (REE) distributions within the Lower Cretaceous dolomites and limestones of Central Tunisia. Sedimentology, 32(6): 897-907.
- Toyoda, K., Nakamura, Y. ve Masuda, A., 1990. Rare earth elements of Pacific pelagic sediments. Geochimica et Cosmochimica Acta, 54(4): 1093-1103.
- TS266, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Türk İçme Suyu Standartları TS 266 sayılı standart -Türk Standartları Enstitüsü -Ankara.
- Tucker, M.E., 1983. Diagenesis, geochemistry, and origin of a Precambrian dolomite: the Beck Spring Dolomite of eastern California. Journal of Sedimentary Research, 53(4).
- Tunca, E.Ü., 2016. Beyşehir Gölü'nde su ve sedimantte ağır metal birikimi ve sedimantte antropojenik kontaminasyon değerlendirilmesi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(2): 205-219.
- Tziritis, E., Panagopoulos, A. ve Arampatzis, G., 2014. Development of an operational index of water quality (PoS) as a versatile tool to assist groundwater resources management and strategic planning. Journal of Hydrology, 517: 339-350.
- Tziritis, E.P., 2014. Environmental monitoring of Micro Prespa Lake basin (Western Macedonia, Greece): hydrogeochemical characteristics of water resources and quality trends. Environmental monitoring and assessment, 186(7): 4553-4568.

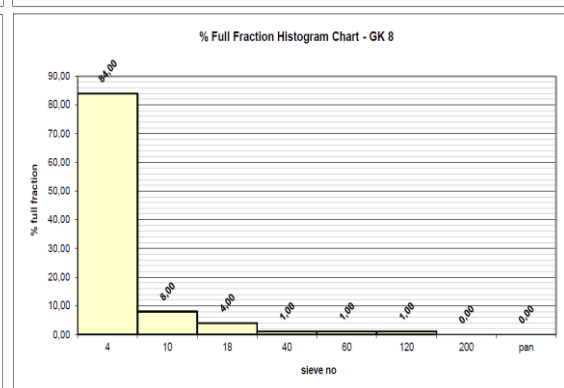
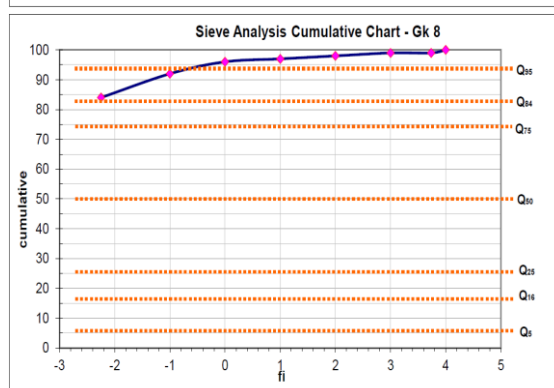
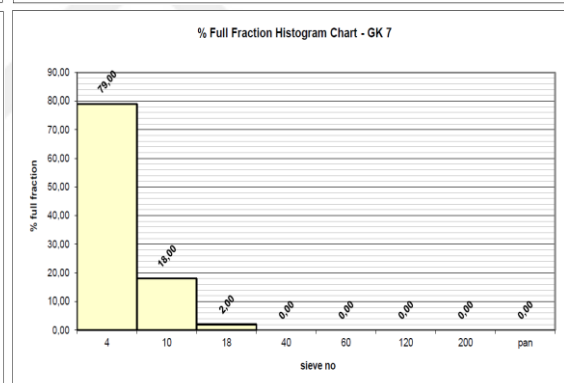
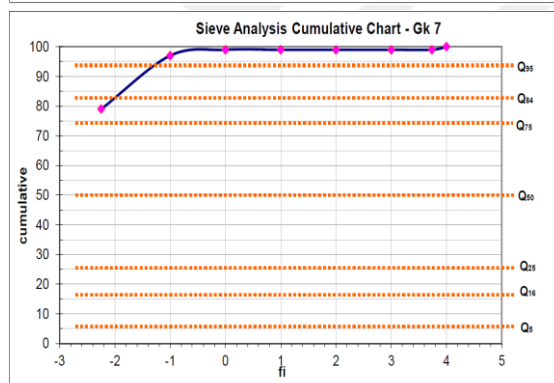
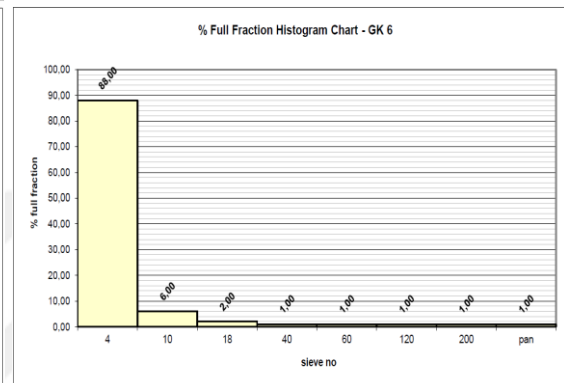
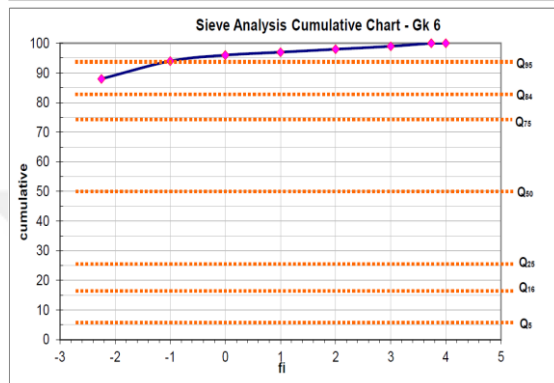
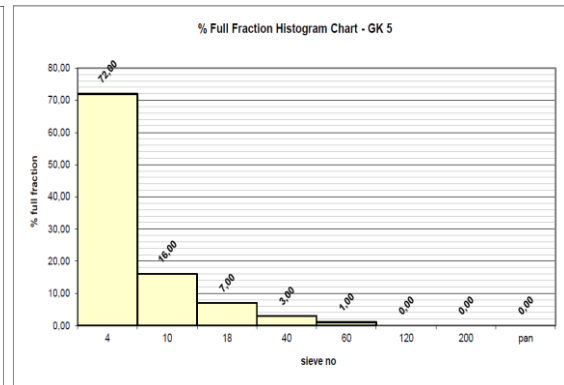
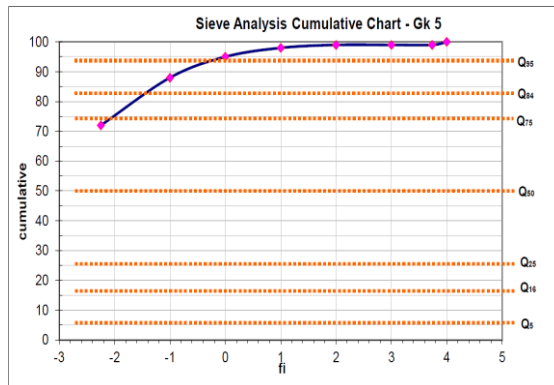
- Ullah, A.S., Rashid, H., Khan, S.N., Akbar, M.U., Arshad, A., Rahman, M.M. ve Mustafa, S., 2022. A Localized Assessment of Groundwater Quality Status Using GIS-Based Water Quality Index in Industrial Zone of Faisalabad, Pakistan. *Water*, 14(20): 3342.
- Varga, A.R. ve Szakmány, G., 2004. Geochemistry and provenance of the upper carboniferous sandstones from Borehole Diósvizsló-3 (Tésény Sandstone Formation, SW Hungary). *Acta Mineralogica-Petrographica*, Szeged, 45(2): 7-14.
- Varol, S. ve Davraz, A., 2014. Assessment of geochemistry and hydrogeochemical processes in groundwater of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 71(11): 4657-4673.
- Verma, S., Mukherjee, A., Mahanta, C., Choudhury, R. ve Mitra, K., 2016. Influence of geology on groundwater-sediment interactions in arsenic enriched tectono-morphic aquifers of the Himalayan Brahmaputra river basin. *Journal of Hydrology*, 540: 176-195.
- Waldron, J., 1982. Antalya karmaşığı kuzeydoğı uzanımının Isparta bölgesindeki stratigrafisi ve sedimanter evrimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 97(97, 98).
- Wang, Q., Wu, X., Zhao, B., Qin, J. ve Peng, T., 2015. Combined multivariate statistical techniques, water pollution index (WPI) and Daniel trend test methods to evaluate temporal and spatial variations and trends of water quality at Shanchong River in the Northwest Basin of Lake Fuxian, China. *PloS one*, 10(4): e0118590.
- WB, 2013. "Water and Climate Change." from <https://www.worldbank.org/>.
- WHO, 2011. Small-scale water supplies in the pan-European region: background. challenges. improvements. World Health Organization. Regional Office for Europe.
- Wilcox, L., 1955. Classification and use of irrigation waters. US Department of Agriculture.
- Wolkersdorfer, C. ve Mugova, E., 2021. Effects of Mining on Surface Water. *Encyclopedia of Inland Waters*, 2nd ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands.
- Wright, J., Schrader, H. ve Holser, W.T., 1987. Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51(3): 631-644.
- Wu, C., Zhang, Z., Xiao, J., Fu, Y., Shao, S., Zheng, C., Yao, J. ve Xiao, C., 2016. Nanhuan manganese deposits within restricted basins of the southeastern Yangtze Platform, China: Constraints from geological and geochemical evidence. *Ore Geology Reviews*, 75: 76-99.
- Xiao, J., Jin, Z., Wang, J. ve Zhang, F., 2015. Major ion chemistry, weathering process and water quality of natural waters in the Bosten Lake catchment in an extreme arid region, NW China. *Environmental Earth Sciences*, 73(7): 3697-3708.
- Xiao, J., Zhang, F. ve Jin, Z., 2016. Spatial characteristics and controlling factors of chemical weathering of loess in the dry season in the middle Loess Plateau, China. *Hydrological Processes*, 30(25): 4855-4869.
- Yalcin, Coskun, B., Nyamsari, D.G. ve Yalcin, F., 2019. Geomedical, ecological risk, and

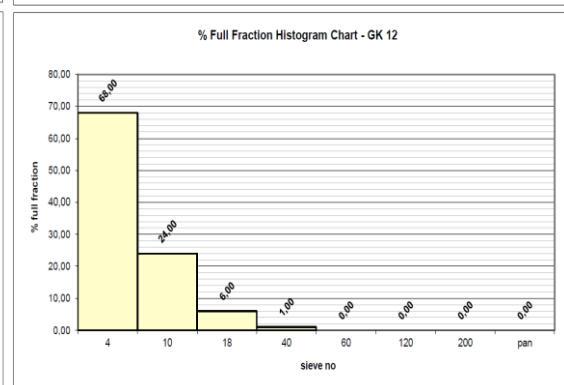
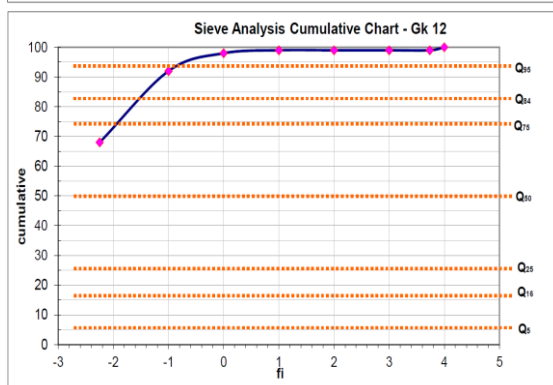
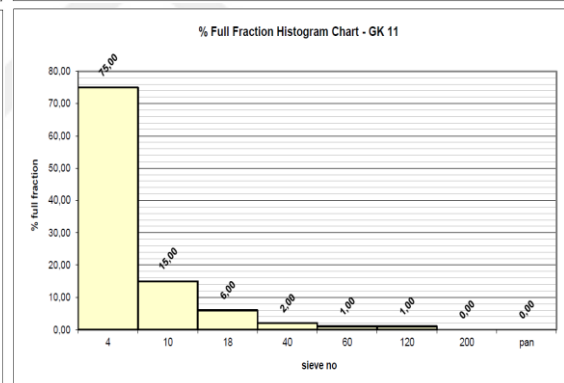
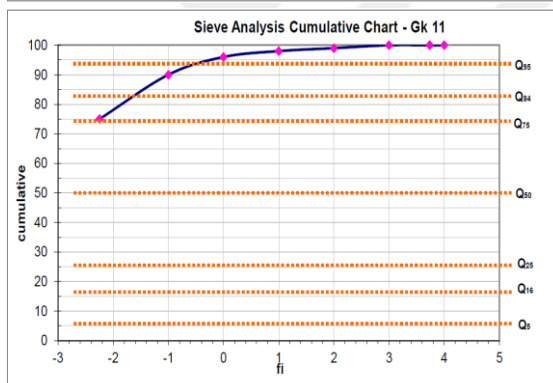
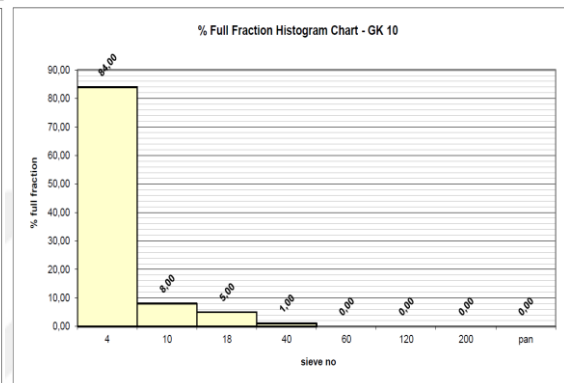
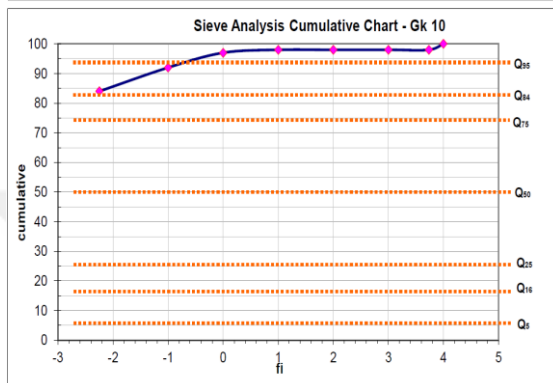
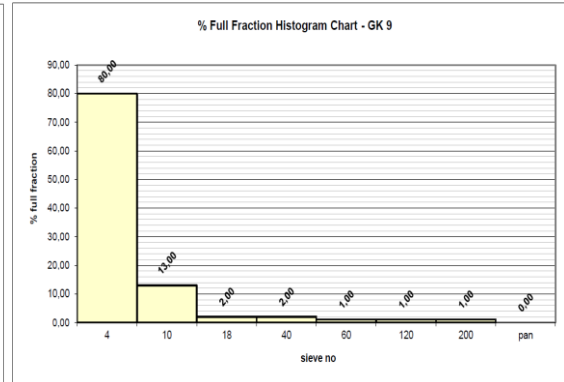
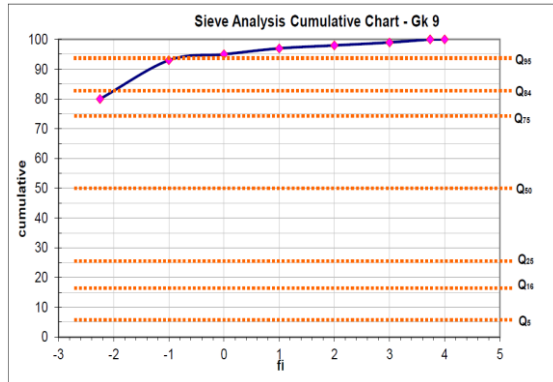
- statistical assessment of hazardous elements in shore sediments of the Iskenderun Gulf, Eastern Mediterranean, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 78(15): 1-28.
- Yalçın, F., Kilic, S., Nyamsari, D., Yalçın, M. ve Kilic, M., 2016. Principal component analysis of integrated metal concentrations of Bogacayi riverbank sediments in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(2).
- Yalcin, F., Unal, S., Yalcin, M.G., Akturk, O., Ocak, S.B. ve Ozmen, S.F., 2020. Investigation of the effect of hydrothermal waters on radionuclide activity concentrations in natural marble with multivariate statistical analysis. *Symmetry*, 12(8): 1219.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö. ve Yılmaz, C., 2015. Tekirova (Antalya) Ofiyolit Napı Kayaçlarının Alterasyon Mineralojisi ve Jeokimyası. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 58(1): 63-89.
- Yalcin, M., Setti, M., Karakaya, F., Sacchi, E. ve Ilbeyli, N., 2015. Geochemical and mineralogical characteristics of beach sediments along the coast between Alanya and Silifke (Southern Turkey). *Clay Minerals*, 50(2): 233-248.
- Yalcin, M.G., Aydin, O. ve Elhatip, H., 2008. Heavy metal contents and the water quality of Karasu Creek in Nigde, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 137(1): 169-178.
- Yalcin, M.G. ve Unal, S., 2018. Natural radioactivity levels and associated radiation hazards in ophiolites around Tekirova, Kemer, and Kumluca Touristic Regions in Antalya, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 316(1): 321-330.
- Yalçınkaya, S., Ergin, A., Taner, K., Afşar, Ö., Dalkılıç, H., Özgönül, E. ve Ergin, A., 1986. Batı Torosların jeoloji raporu. Ankara: MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Daire Başkanlığı.
- Yang, S.Y., Jung, H.S., Choi, M.S. ve Li, C.X., 2002. The rare earth element compositions of the Changjiang (Yangtze) and Huanghe (Yellow) river sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 201(2): 407-419.
- Yari, A. ve Sobhanardakani, S., 2016. Water quality assessment of groundwater resources in Qaleeh Shahin Plain based on Cd and HEI. *International Archives of Health Sciences*, 3.
- Yılmaz, P.O., 1982. Geology of the antalya complex, sw turkey.
- Yousef, A., Salem, A., Baraka, A. ve Aglan, O.S., 2009. The impact of geological setting on the groundwater occurrences in some Wadis in Shalatein–Abu Ramad Area, South Eastern Desert, Egypt. *Eur Water Pub (EWRA)*, 25(26): 53-68.
- Zarazua, G., Ávila-Pérez, P., Tejeda, S., Barcelo-Quintal, I. ve Martínez, T., 2006. Analysis of total and dissolved heavy metals in surface water of a Mexican polluted river by total reflection X-ray fluorescence spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 61(10-11): 1180-1184.
- Zhao, Y.Y., Zheng, Y.F. ve Chen, F., 2009. Trace element and strontium isotope constraints on sedimentary environment of Ediacaran carbonates in southern Anhui, South China. *Chemical Geology*, 265(3-4): 345-362.

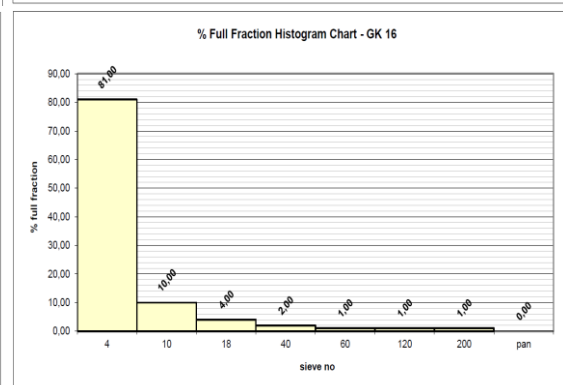
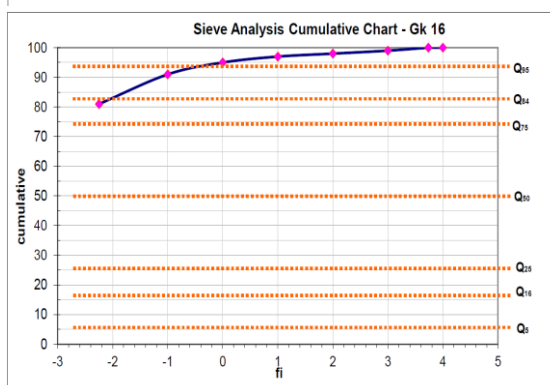
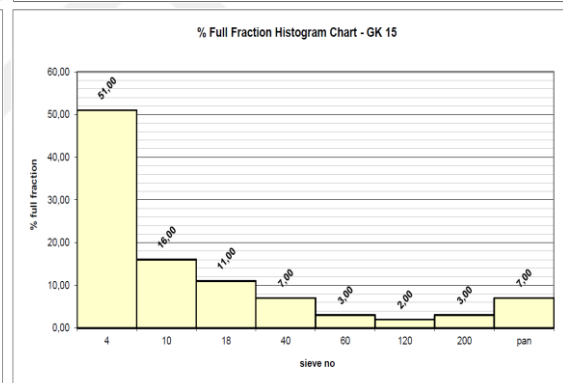
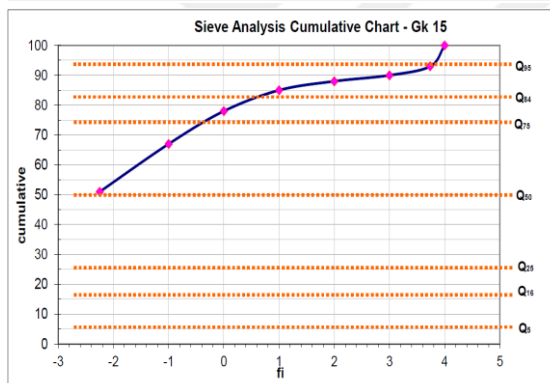
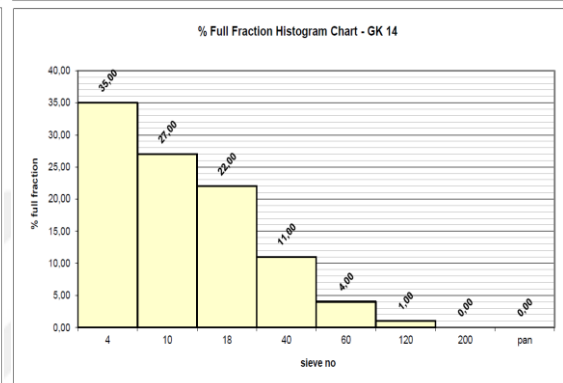
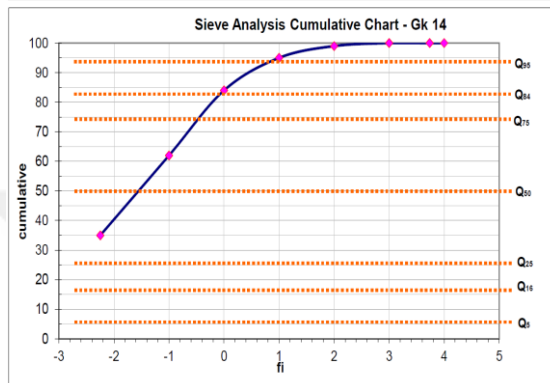
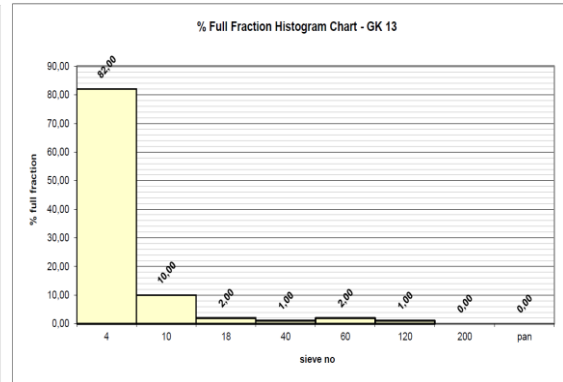
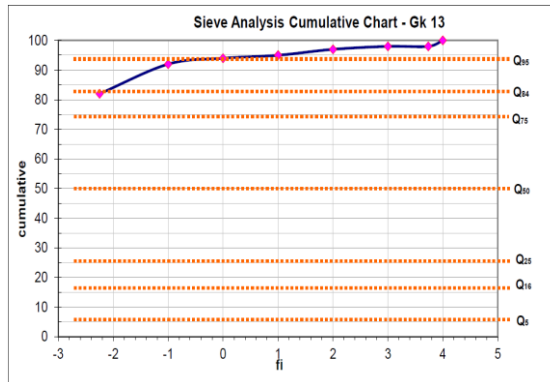
7. EKLER

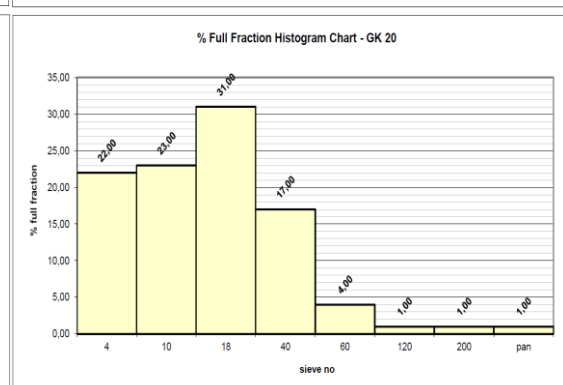
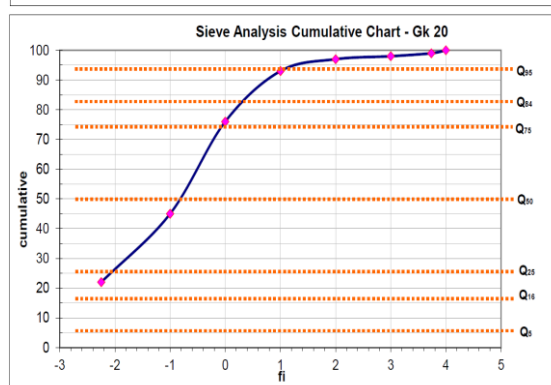
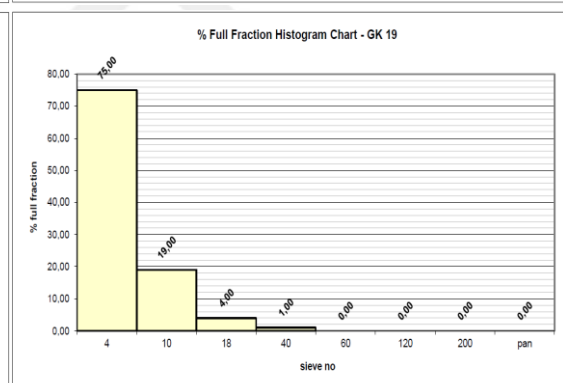
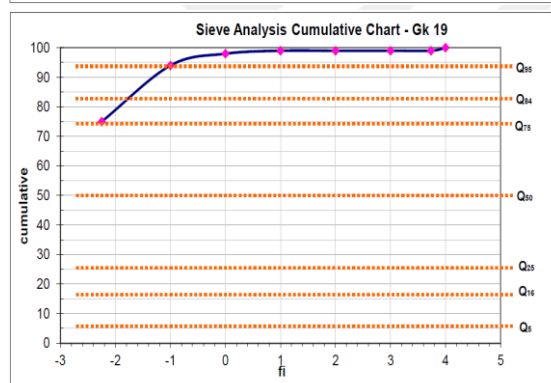
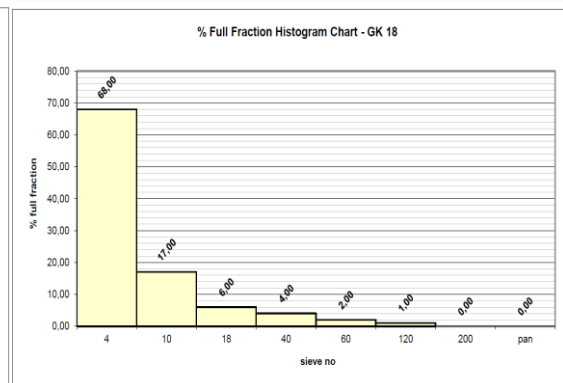
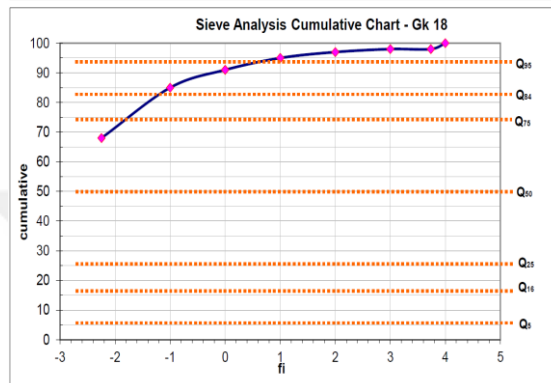
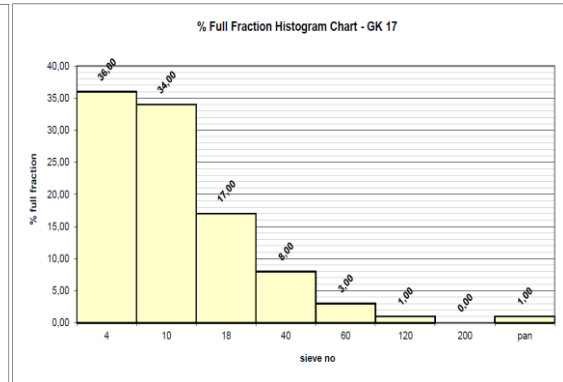
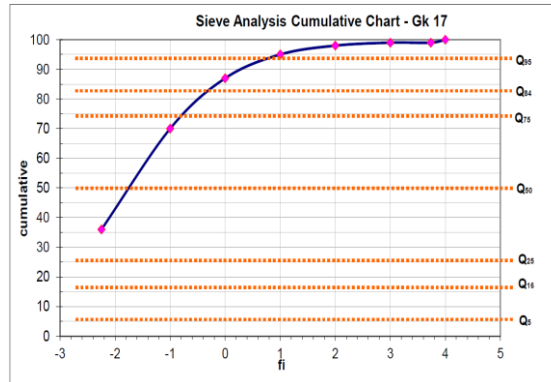
EK-1. Elek Analiz Grafikleri

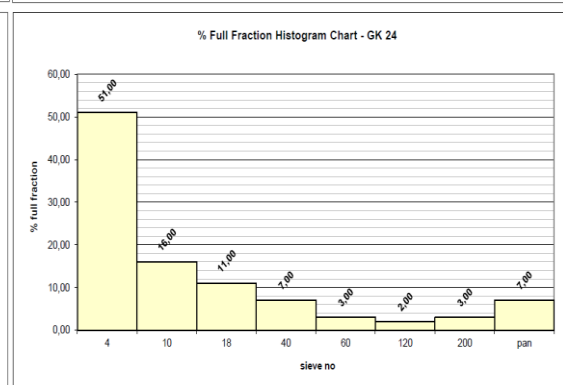
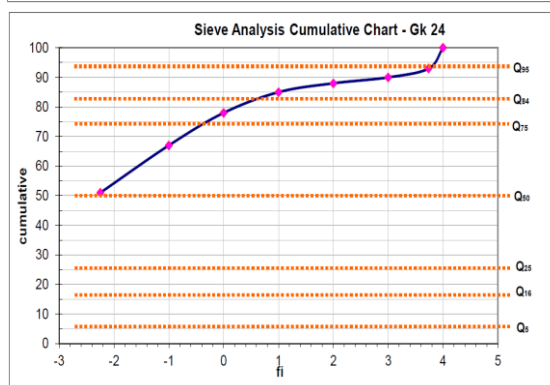
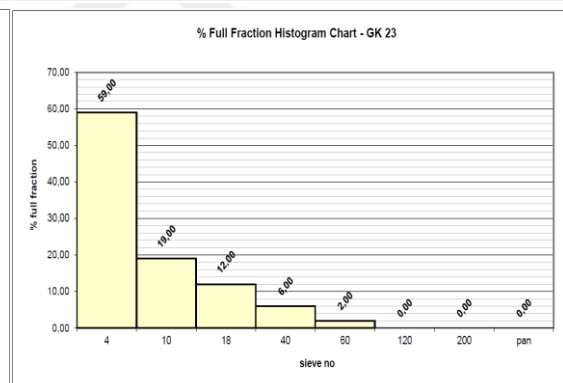
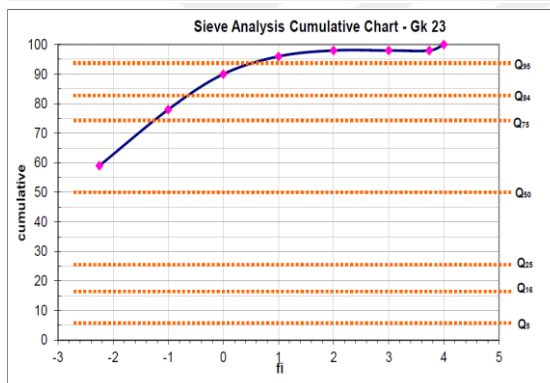
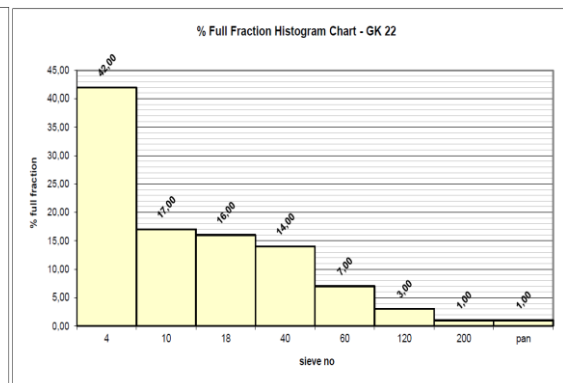
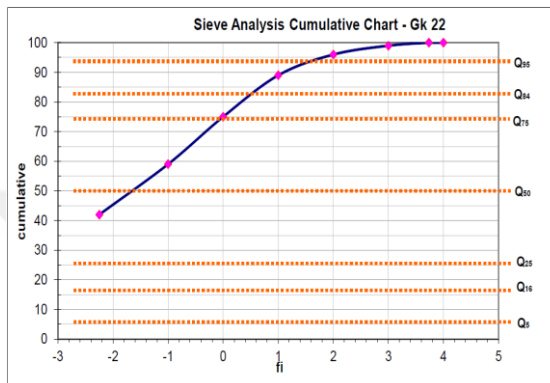
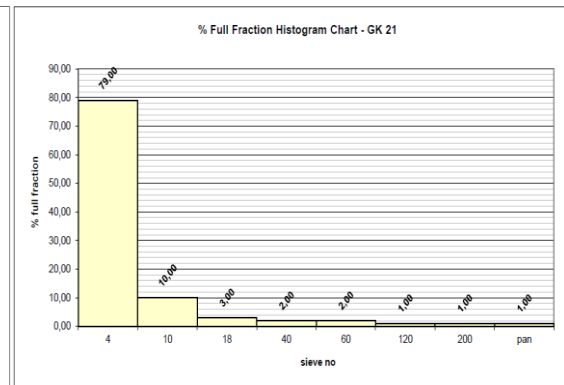
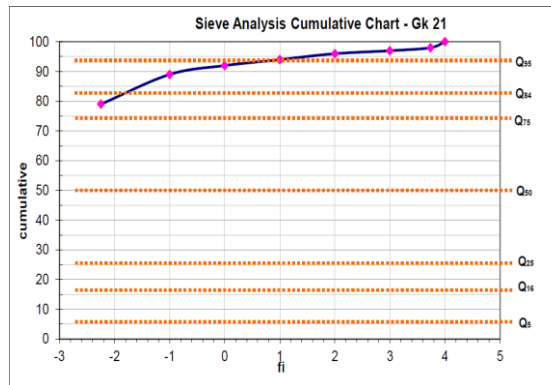


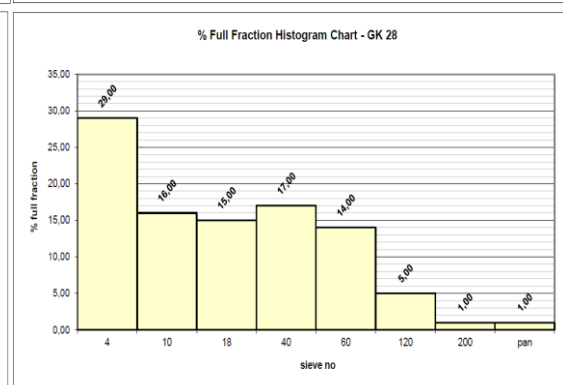
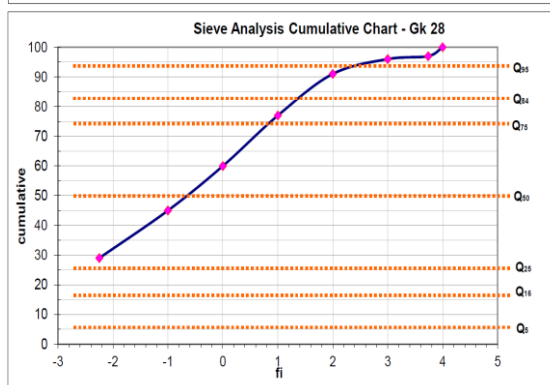
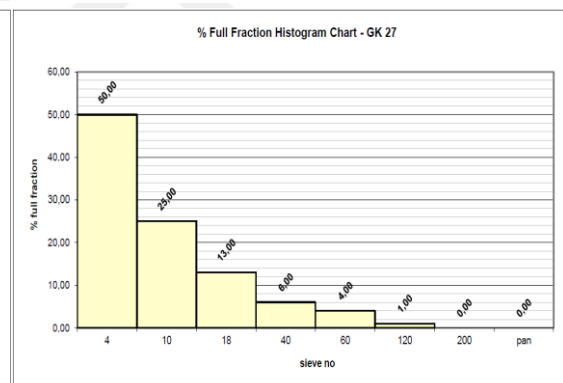
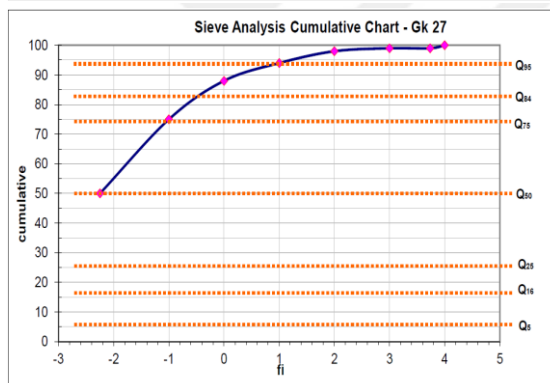
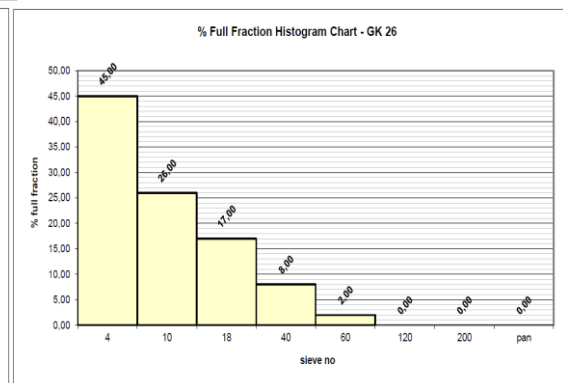
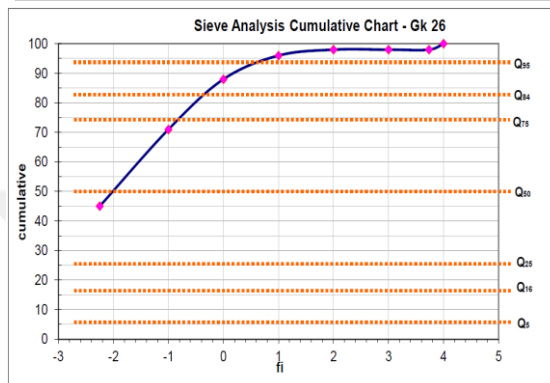
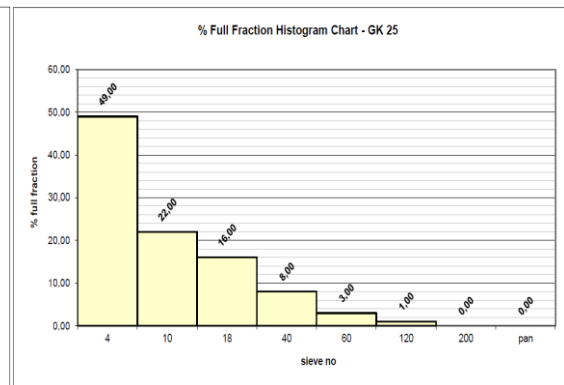
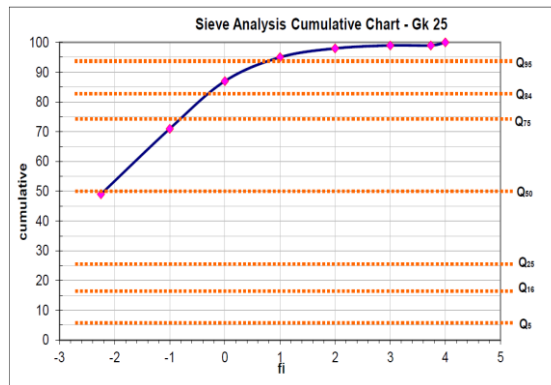


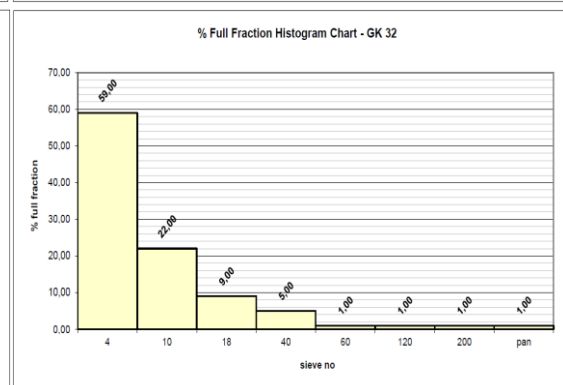
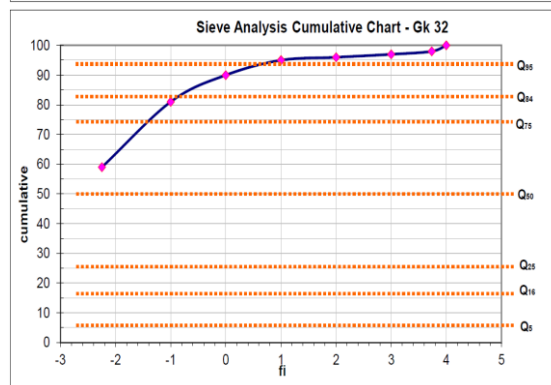
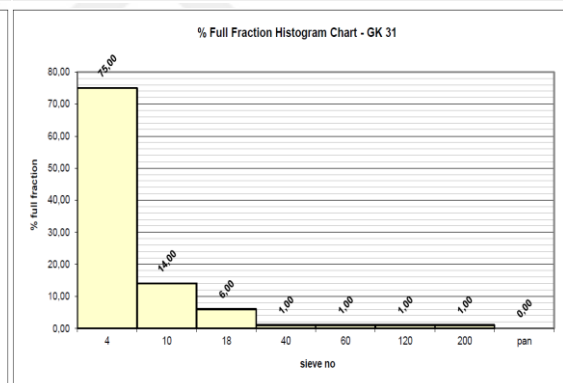
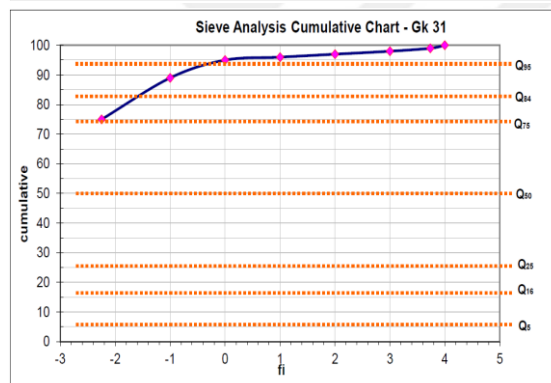
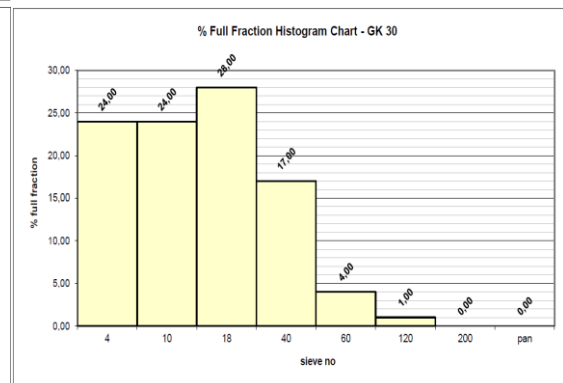
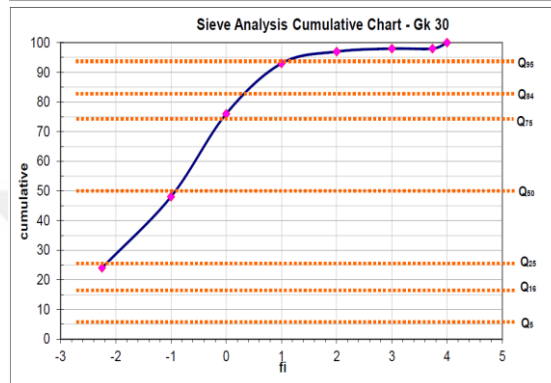
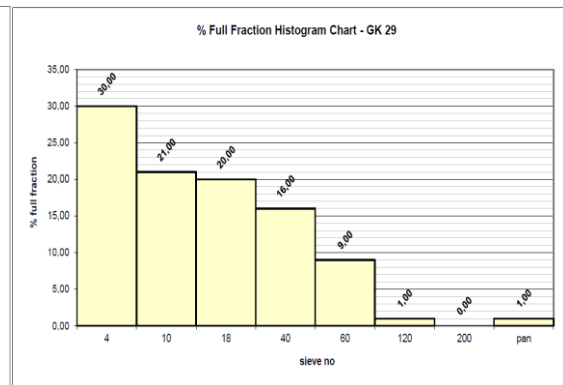
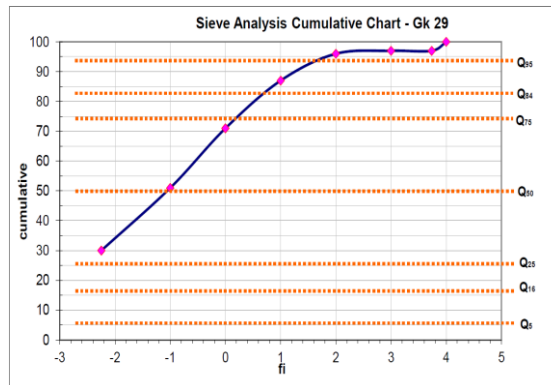


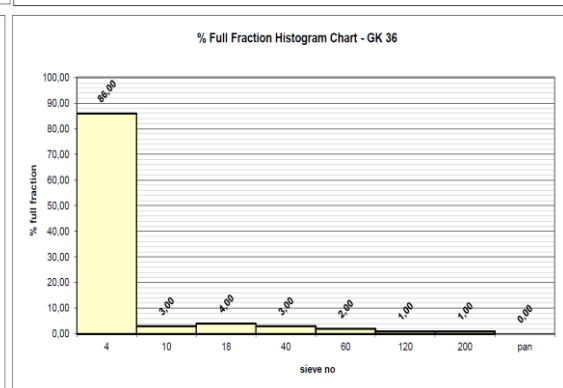
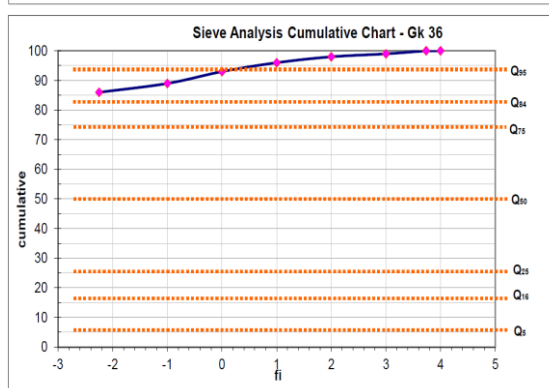
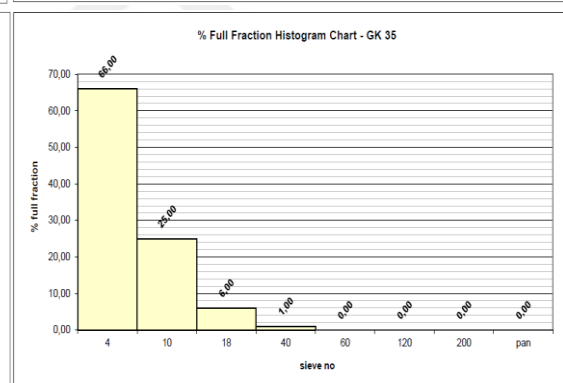
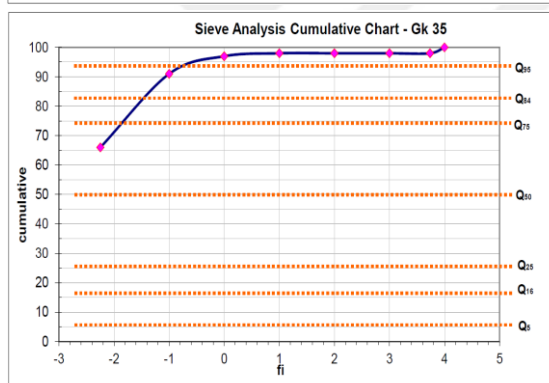
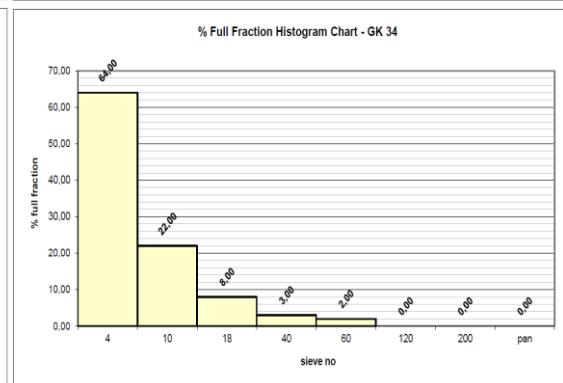
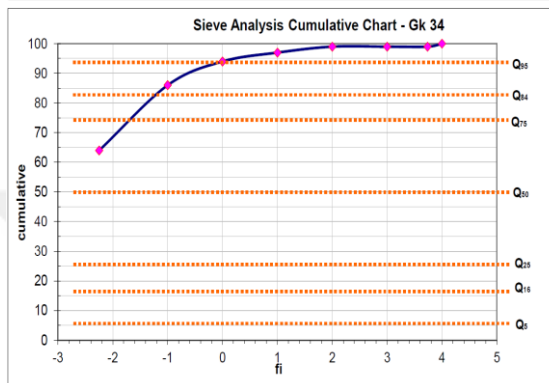
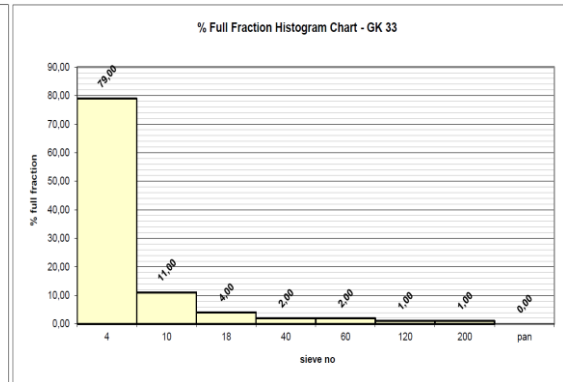
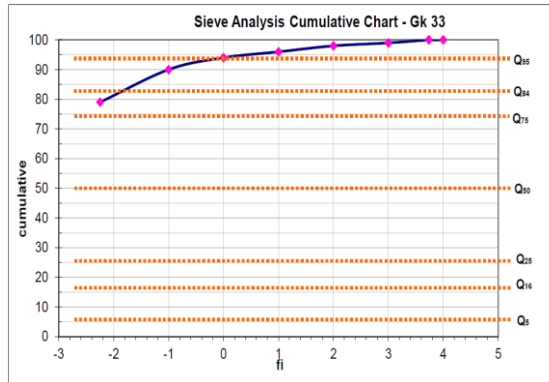


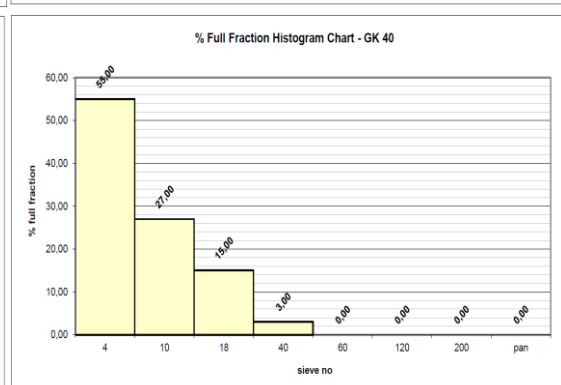
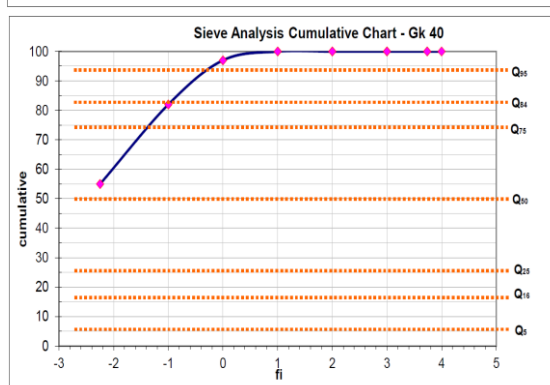
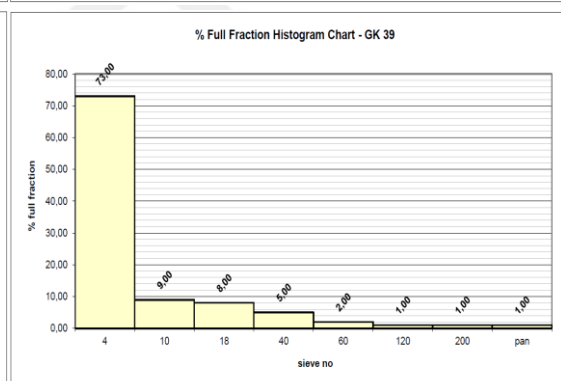
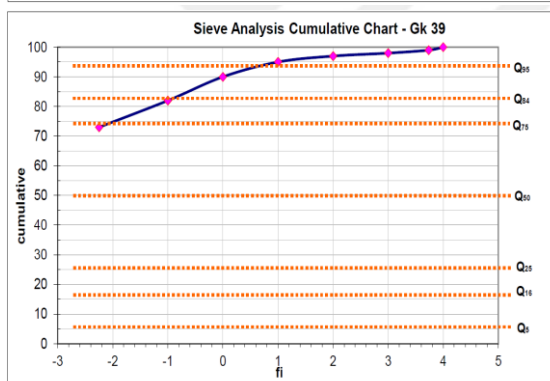
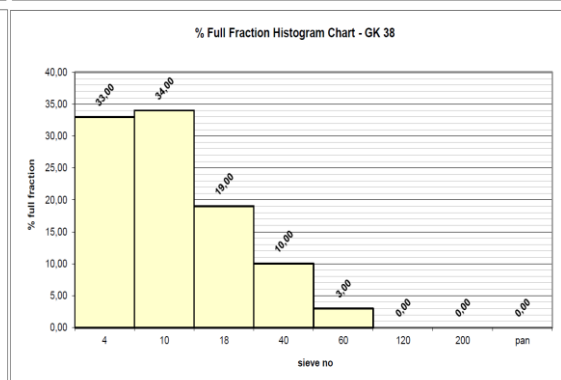
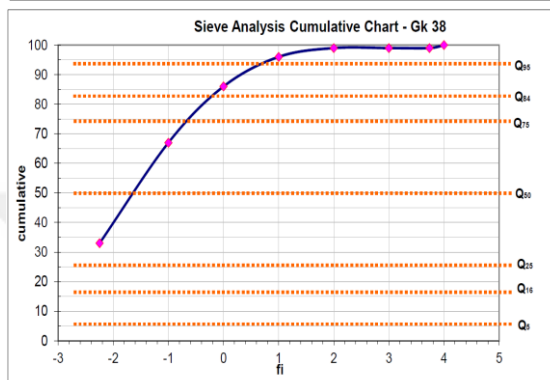
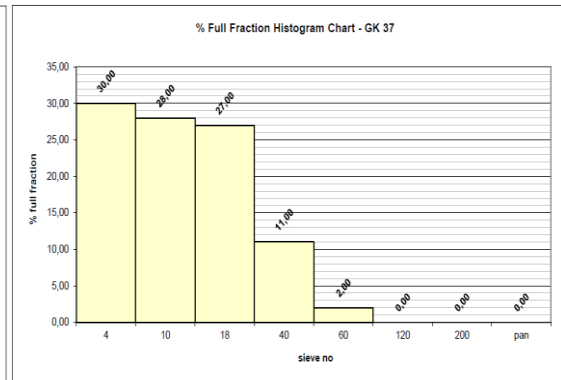
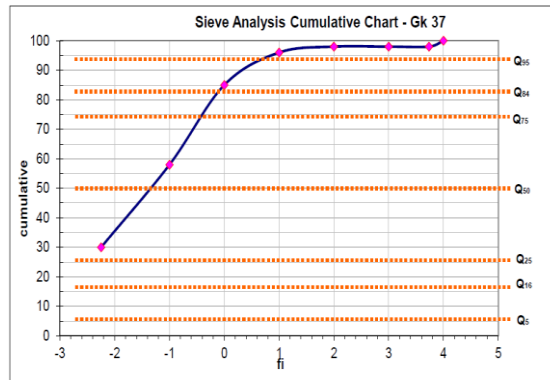


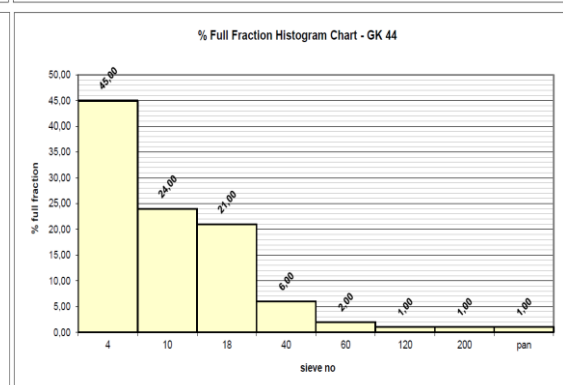
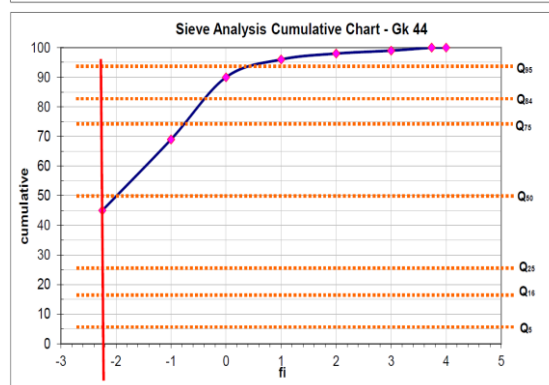
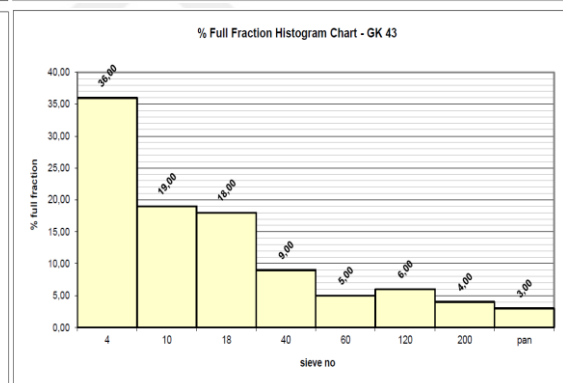
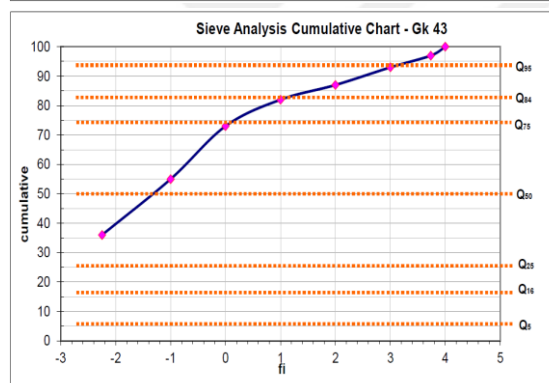
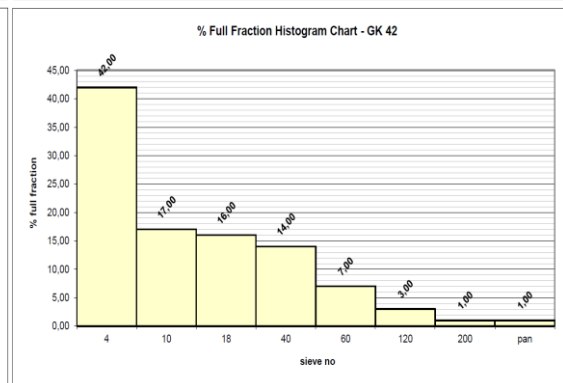
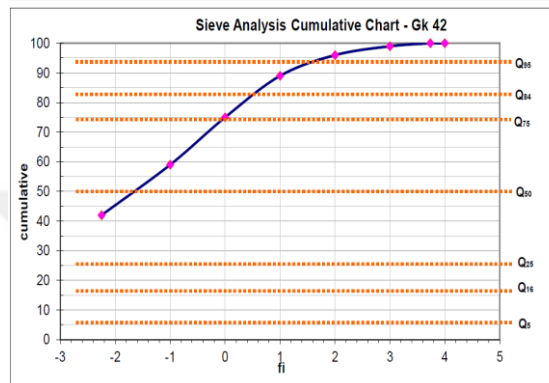
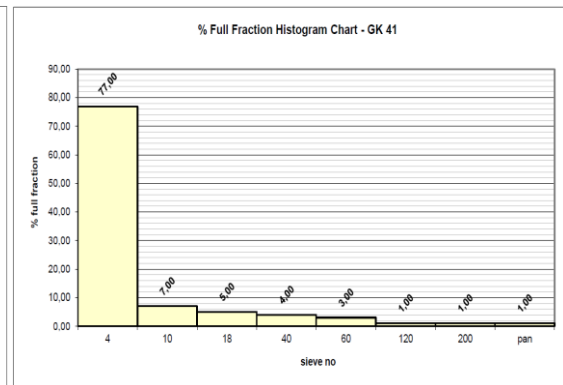
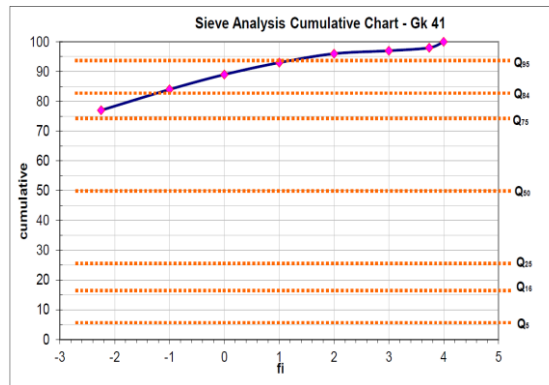












EK-2. Buharlaşma ve Su Bütçesi Hesaplaması

Buharlaşma Hesaplaması KEMER/ANTALYA/17953 (2004-2022)					
Ay	Ortalama Ay Sıcaklığı (C°)	i	Yağış (MM)	Ayarlanmış faktör	Ayarlanmış yağış (mm)
Ocak	10,04	2,87	19,42	0,85	16,51
Şubat	11,18	3,38	24,07	0,85	20,46
Mart	13,36	4,43	34,29	1,03	35,31
Nisan	16,86	6,30	54,48	1,09	59,38
Mayıs	20,05	8,19	76,91	1,22	93,83
Haziran	24,32	10,97	112,94	1,22	137,78
Temmuz	27,67	13,33	146,00	1,24	181,04
Ağustos	28,02	13,59	149,70	1,16	173,65
Eylül	24,92	11,38	118,55	1,03	122,10
Ekim	19,93	8,11	75,99	0,97	73,71
Kasım	14,82	5,18	42,15	0,85	35,82
Aralık	11,12	3,35	23,80	0,84	19,99
Toplam	Yıllık Sıcaklık İndeksi (C°)	91,09	878,28		969,60

Su Bütçesi Hesaplaması KEMER/ANTALYA/17953 (2004-2022)													
Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık. C	10,04	11,18	13,36	16,86	20,05	24,32	27,67	28,02	24,92	19,93	14,82	11,12	
Yağış. (mm)	214,41	115,34	78,51	35,28	19,62	10,14	0,73	1,69	14,64	70,75	82,09	192,38	835,58
Buharlaşma (mm)	16,51	20,46	35,31	59,38	93,83	137,78	181,04	173,65	122,10	73,71	35,82	19,99	969,60
Yağış-Buharlaşma	197,91	94,89	43,20	-24,10	-74,20	-127,64	-180,32	-171,97	-107,47	-2,96	46,27	172,39	
Depo Değişikliği	97,91	0	0	-24,1	-74,2	-1,7	!	!	!	!	46,27	53,73	
Depo	100	100	100	75,9	1,7	0	!	!	!	!	46,27	100	
Gerçek buharlaşma	16,51	20,46	35,31	59,38	93,83	11,84	0,73	1,69	14,64	70,75	35,82	19,99	380,94
Su Eksikliği	!	!	!	!	!	125,94	180,32	171,97	107,47	2,96	!	!	588,66
Su Fazlası	197,91	94,89	43,20	!	!	!	!	!	!	!	!	118,66	454,65
Akış	128,62	111,75	77,47	38,73	19,36	9,68	4,84	2,42	1,21	0,6	0,3	59,33	454,31
Nem oranı	74,79	73,84	67,88	68,29	67,08	61,75	58,39	58,45	60,34	62,67	70,43	76,95	

Buharlaşma Hesaplaması KEMER/OVACIK KÖYÜ/19152 (2017-2022)					
Ay	Ortalama Ay Sıcaklığı (C°)	i	Yağış (MM)	Ayarlanmış faktör	Ayarlanmış yağış (mm)
Ocak	3,84	0,67	7,50	0,85	6,37
Şubat	5,52	1,16	12,90	0,85	10,97
Mart	6,54	1,50	16,62	1,03	17,12
Nisan	12,20	3,86	42,21	1,09	46,01
Mayıs	17,45	6,63	72,07	1,22	87,92
Haziran	19,53	7,87	85,24	1,22	104,00
Temmuz	24,48	11,07	119,49	1,24	148,17
Ağustos	24,85	11,33	122,24	1,16	141,80
Eylül	21,25	8,94	96,74	1,03	99,65
Ekim	16,30	5,98	65,08	0,97	63,13
Kasım	11,30	3,44	37,64	0,85	31,99
Aralık	5,93	1,29	14,34	0,84	12,05
Toplam	Yıllık Sıcaklık İndeksi (C°)	63,75	692,08		769,17

Su Bütçesi Hesaplaması KEMER/OVACIK köyü/19152 (2017-2022)													
Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık. C	3,84	5,52	6,54	12,2	17,45	19,53	24,48	24,85	21,25	16,3	11,3	5,925	
Yağış. (mm)	194,4	121,42	66,06	21,08	15,75	46,15	12,83	3,33	5,3	20,58	130,93	515,75	
Buharlaşma (mm)	6,37	10,97	17,12	46,01	87,92	104,00	148,17	141,80	99,65	63,13	31,99	12,05	769,17
Yağış-Buharlaşma	188,03	110,45	48,94	-24,93	-72,17	-57,85	-135,35	-138,47	-94,35	-42,56	98,93	503,70	
Depo Değişikliği	88,03	10,45	0	-24,93	-72,17	-2,9	!	!	!	!	98,93	1,07	
Depo	100	100	100	75,07	2,9	0	!	!	!	!	98,93	100	
Gerçek buharlaşma	6,37	10,97	17,12	46,01	87,92	49,05	12,83	3,33	5,30	20,58	31,99	12,05	303,51
Su Eksikliği	!	!	!	!	!	54,95	135,35	138,47	94,35	42,56	!	!	465,67
Su Fazlası	188,03	110,45	48,94	!	!	!	!	!	!	!	!	502,63	850,05
Akış	219,67	165,06	107	54	27	14	7	3	1	1	0	251,31	850,04
Nem oranı	77,18	76,92	70,32	60,96	57,725	63,125	47,875	44,475	52,7	60,825	67,05	83,075	

Buharlaşma Hesaplaması KORKUTELİ/BÜKÜK ORMAN SAHASI/18015 (2012-2022)					
Ay	Ortalama Ay Sıcaklığı (C°)	i	Yağış (MM)	Ayarlanmış faktör	Ayarlanmış yağış (mm)
Ocak	4,82	0,95	8,95	0,85	7,61
Şubat	6,76	1,58	15,33	0,85	13,03
Mart	8,92	2,40	23,82	1,03	24,53
Nisan	13,37	4,43	45,32	1,09	49,39
Mayıs	17,98	6,94	72,55	1,22	88,51
Haziran	21,99	9,42	99,92	1,22	121,91
Temmuz	26,16	12,24	131,66	1,24	163,26
Ağustos	25,93	12,09	129,88	1,16	150,67
Eylül	22,09	9,48	100,65	1,03	103,67
Ekim	15,89	5,76	59,62	0,97	57,83
Kasım	10,02	2,87	28,66	0,85	24,36
Aralık	5,93	1,30	12,46	0,84	10,47
Toplam	Yıllık Sıcaklık İndeksi (C°)	69,45	728,82		815,24

Su Bütçesi Hesaplaması KORKUTELİ/BÜKÜK ORMAN SAHASI/18015 (2012-2022)													
Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık. C	4,82	6,76	8,92	13,37	17,98	21,99	26,16	25,93	22,09	15,89	10,02	5,93	
Yağış. (mm)	120,53	46,57	59,74	31,85	28,78	26,33	6,72	10,17	12,89	16,81	52,34	124,54	
Buharlaşma (mm)	7,61	13,03	24,53	49,39	88,51	121,91	163,26	150,67	103,67	57,83	24,36	10,47	815,24
Yağış-Buharlaşma	112,92	33,54	35,21	-17,54	-59,74	-95,57	-156,53	-140,50	-90,78	-41,02	27,98	114,08	
Depo Değişikliği	12,92	0	0	-17,54	-59,74	-22,72	!	!	!	!	27,98	72,02	
Depo	100	100	100	82,46	22,72	0	!	!	!	!	27,98	100	
Gerçek buharlaşma	7,61	13,03	24,53	49,39	88,51	49,05	6,72	10,17	12,89	16,81	24,36	10,47	313,55
Su Eksikliği	!	!	!	!	!	72,85	156,5	140,5	90,8	41,0	!	!	501,69
Su Fazlası	112,92	33,54	35,21	!	!	!	!	!	!	!	!	42,06	223,73
Akış	66,98	50	42	22	11	6	3	1	0	0	0	21,03	223,005
Nem oranı	79,24	77,83	71,01	66,92	66,31	62,83	51,36	52,68	57,90	64,16	73,07	80,23	

Buharlaşma Hesaplaması KORKUTELİ/SAKLIKENT KAYAK MERKEZİ/18840 (2016-2022)					
Ay	Ortalama Ay Sıcaklığı (C°)	i	Yağış (MM)	Ayarlanmış faktör	Ayarlanmış yağış (mm)
Ocak	0,20	0,01	0,76	0,85	0,64
şubat	0,35	0,02	1,37	0,85	1,16
Mart	1,63	0,18	7,01	1,03	7,22
Nisan	6,85	1,61	32,10	1,09	34,99
Mayıs	11,76	3,65	56,96	1,22	69,49
Haziran	13,98	4,74	68,43	1,22	83,48
Temmuz	18,58	7,30	92,54	1,24	114,74
Ağustos	18,82	7,44	93,80	1,16	108,81
Eylül	16,10	5,87	79,49	1,03	81,87
Ekim	10,76	3,19	51,83	0,97	50,28
Kasım	5,98	1,31	27,79	0,85	23,62
Aralık	1,82	0,22	7,87	0,84	6,61
Toplam	Yıllık Sıcaklık İndeksi (C°)	35,54	519,93		582,91

Su Bütçesi Hesaplaması KORKUTELİ/SAKLIKENT KAYAK MERKEZİ/18840 (2016-2022)													
Ay	Ocak	şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık. C	0,2	0,35	1,63	6,85	11,76	13,98	18,58	18,82	16,1	10,76	5,98	1,82	
Yağış. (mm)	107,65	65,80	83,47	39,87	30,04	45,40	7,08	16,48	11,92	22,44	46,54	172,20	
Buharlaşma (mm)	0,64	1,16	7,22	34,99	69,49	83,48	114,74	108,81	81,87	50,28	23,62	6,61	582,91
Yağış-Buharlaşma	107,01	64,64	76,24	4,88	-39,45	-38,08	-107,66	-92,33	-69,95	-27,84	22,92	165,59	
Depo Değışikliği	7,01	0	0	0	-39,45	-38,08	-22,47	!	!	!	22,92	77,08	
Depo	100	100	100	100	60,55	22,47	0	!	!	!	22,92	100	
Gerçek buharlaşma	0,64	1,16	7,22	34,99	69,49	83,48	29,55	16,480	11,92	22,44	23,62	6,61	307,60
Su Eksikliği	!	!	!	!	!	!	85,2	92,3	70,0	27,8	!	!	275,31
Su Fazlası	107,01	64,64	76,24	4,88	!	!	!	!	!	!	!	88,51	341,28
Akış	75	70	74	39	20	10	5	3	1	!	!	44,26	341,26
Nem oranı	71,17	69,83	66,60	58,98	58,10	64,48	49,40	48,64	50,40	58,48	63,42	72,28	

Buharlaşma Hesaplaması KONYAALTİ/17304 (2013-2022)					
Ay	Ortalama Ay Sıcaklığı (C°)	i	Yağış (MM)	Ayarlanmış faktör	Ayarlanmış yağış (mm)
Ocak	11,10	3,34	19,25	0,85	16,37
şubat	12,79	4,14	26,43	0,85	22,46
Mart	14,36	4,94	34,22	1,03	35,25
Nisan	17,42	6,62	52,76	1,09	57,51
Mayıs	21,50	9,10	84,44	1,22	103,02
Haziran	25,41	11,72	122,73	1,22	149,73
Temmuz	29,25	14,50	168,08	1,24	208,42
Ağışustos	29,51	14,70	171,47	1,16	198,91
Eylöl	26,66	12,61	136,64	1,03	140,74
Ekim	22,44	9,71	92,90	0,97	90,11
Kasım	17,30	6,55	51,94	0,85	44,15
Aralık	12,99	4,24	27,36	0,84	22,98
Toplam	Yıllık Sıcaklık İndeksi (C°)	102,18	988,23		1089,65

EK-3. Sediman Numunelerinin Oksit Konsantrasyonları.

Element Oran	Na ₂ O %	MgO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	SO ₃ %	Cl %	K ₂ O %	CaO %	TiO ₂ %	V ₂ O ₅ %	Cr ₂ O ₃ %	MnO %	Fe ₂ O ₃ %	LOI %
GK-1	0.044	1.97	2.54	31.1	0.041	0.089	0.013	0.84	32.35	0.16	0.009	0.004	0.184	2.049	28.97
GK-2	0.048	3.43	1.20	12.9	0.022	0.087	0.036	0.41	45.71	0.05	0.002	0.004	0.069	0.755	35.35
GK-3	0.046	2.96	1.47	12.5	0.018	0.054	0.017	0.45	45.94	0.10	0.003	0.007	0.097	1.032	35.56
GK-4	0.045	4.10	2.84	30.0	0.059	0.188	0.032	0.62	30.03	0.24	0.006	0.038	0.092	2.529	29.44
GK-5	0.044	6.27	4.83	33.0	0.072	0.201	0.014	0.88	23.32	0.38	0.013	0.698	0.102	3.888	26.74
GK-6	0.044	2.19	1.79	16.1	0.014	0.082	0.019	0.61	44.38	0.11	0.002	0.001	0.098	1.105	32.87
GK-7	0.046	2.60	1.45	11.5	0.019	0.079	0.033	0.47	47.96	0.09	0.007	0.005	0.074	1.030	34.97
GK-8	0.046	1.79	1.03	10.0	0.016	0.057	0.029	0.34	51.49	0.06	0.002	0.003	0.060	0.633	34.43
GK-9	0.043	2.78	1.43	12.3	0.013	0.058	0.018	0.40	44.14	0.09	0.005	0.002	0.066	0.940	37.65
GK-10	0.048	3.71	1.68	15.4	0.016	0.055	0.017	0.43	42.65	0.10	0.005	0.004	0.071	1.202	34.76
GK-11	0.046	2.18	1.72	12.7	0.012	0.070	0.018	0.47	45.98	0.10	0.002	0.002	0.057	0.940	35.78
GK-12	0.045	2.50	1.16	10.1	0.024	0.064	0.030	0.39	47.81	0.07	0.001	0.001	0.070	0.795	36.52
GK-13	0.046	3.26	0.78	9.9	0.004	0.036	0.018	0.23	46.05	0.05	0.006	0.001	0.058	0.609	38.82
GK-14	0.044	3.42	2.56	25.8	0.046	0.131	0.015	0.57	30.97	0.25	0.007	0.005	0.099	2.035	34.82
GK-15	0.046	3.21	1.48	11.1	0.016	0.057	0.020	0.44	44.31	0.09	0.001	0.006	0.061	0.989	38.60
GK-16	0.046	5.90	0.87	9.3	0.009	0.042	0.022	0.15	45.20	0.06	0.007	0.022	0.034	0.833	37.82
GK-17	0.047	3.96	2.71	28.7	0.057	0.145	0.033	0.60	28.67	0.22	0.009	0.031	0.085	2.362	32.85
GK-18	0.045	4.46	2.69	28.9	0.048	0.099	0.014	0.52	29.35	0.29	0.010	0.029	0.091	2.637	30.22
GK-19	0.045	3.13	1.62	21.5	0.024	0.089	0.016	0.39	36.39	0.16	0.006	0.005	0.071	1.795	34.76
GK-20	0.045	3.48	2.65	24.1	0.040	0.121	0.019	0.54	29.10	0.23	0.008	0.027	0.146	2.385	37.62
GK-21	0.055	3.15	4.25	30.4	0.113	0.172	0.015	0.59	29.06	0.59	0.016	0.024	0.102	3.864	26.82
GK-22	0.047	3.17	2.49	25.8	0.042	0.155	0.014	0.54	30.99	0.22	0.009	0.013	0.089	2.124	34.82
GK-23	0.043	3.20	1.48	33.5	0.042	0.070	0.015	0.37	29.75	0.14	0.007	0.006	0.098	1.374	29.52
GK-24	0.044	2.82	2.58	27.3	0.059	0.176	0.031	0.60	29.77	0.23	0.009	0.008	0.090	1.961	34.82
GK-25	0.046	2.98	2.70	26.6	0.067	0.281	0.031	0.60	30.92	0.22	0.007	0.017	0.089	2.062	33.66
GK-26	0.047	4.87	2.27	29.9	0.045	0.177	0.037	0.49	30.29	0.18	0.010	0.046	0.098	2.598	28.50
GK-27	0.045	13.68	3.24	55.5	0.025	0.065	0.033	0.25	17.17	0.10	0.015	0.777	0.129	6.346	3.32
GK-28	0.046	4.54	1.80	23.3	0.030	0.075	0.020	0.38	35.03	0.17	0.006	0.023	0.094	1.849	32.83
GK-29	0.045	4.03	2.36	27.1	0.053	0.197	0.032	0.53	31.12	0.20	0.007	0.043	0.106	2.291	31.66
GK-30	0.046	4.31	2.61	25.3	0.037	0.124	0.013	0.50	32.60	0.22	0.009	0.028	0.101	2.518	32.42
GK-31	0.043	6.55	1.31	20.6	0.022	0.147	0.019	0.34	36.50	0.13	0.007	0.279	0.074	2.423	31.85
GK-32	0.047	5.78	1.86	24.1	0.029	0.088	0.014	0.35	33.02	0.16	0.008	0.040	0.097	2.397	31.74
GK-33	0.046	4.79	2.04	21.2	0.031	0.088	0.016	0.39	34.22	0.20	0.008	0.051	0.090	2.317	33.98
GK-34	0.045	6.41	8.52	45.6	0.037	0.093	0.016	0.47	29.20	0.25	0.009	0.037	0.085	2.596	6.62
GK-35	0.044	3.88	1.75	23.9	0.026	0.078	0.017	0.38	33.71	0.16	0.006	0.013	0.075	1.661	34.68
GK-36	0.047	3.44	1.51	21.6	0.036	0.058	0.030	0.34	36.59	0.15	0.007	0.028	0.060	1.449	34.28
GK-37	0.044	5.94	1.89	24.0	0.029	0.059	0.014	0.42	29.28	0.20	0.008	0.258	0.095	2.903	35.87
GK-38	0.045	4.68	1.90	23.9	0.027	0.077	0.015	0.37	31.56	0.16	0.007	0.038	0.098	2.359	34.82
GK-39	0.043	5.24	1.99	23.4	0.028	0.098	0.015	0.39	32.55	0.14	0.008	0.032	0.066	1.998	34.65
GK-40	0.045	2.22	1.53	11.4	0.020	0.064	0.033	0.50	48.57	0.09	0.004	0.004	0.068	1.004	34.58
GK-41	0.046	2.40	0.93	13.0	0.015	0.057	0.016	0.26	47.07	0.07	0.003	0.004	0.075	0.741	35.87
GK-42	0.048	4.95	0.54	9.8	0.003	0.033	0.020	0.14	45.55	0.04	0.006	0.001	0.062	0.365	38.76
GK-43	0.045	2.62	1.31	14.6	0.027	0.048	0.019	0.44	45.42	0.08	0.004	0.010	0.042	0.748	34.65
GK-44	0.046	3.35	1.63	17.9	0.028	0.083	0.017	0.35	37.85	0.16	0.006	0.011	0.101	1.723	36.54
Ort.	0.046	3.43	1.80	23.4	0.028	0.082	0.018	0.43	33.97	0.16	0.007	0.013	0.089	1.905	34.65

EK-4. Sediman Numunelerinin Ağır Metal Konsantrasyonları.

Element Oran	Ag ppm	As ppm	Cd ppm	Cu ppm	Ga ppm	Hg ppm	Ni ppm	Pb ppm	Sn ppm	Zn ppm	Sc ppm
GK-1	0.1	2.1	0.5	67	5.9	0.9	21.6	8.5	2.1	26.5	5
GK-2	0.1	0.8	0.9	11.8	2	0.8	9.1	3.7	1.5	9.6	4.4
GK-3	0.1	1.2	0.9	9.8	3.9	1	15.2	4.8	1.3	11.9	6.9
GK-4	0.1	3.8	0.9	13.6	4.7	1	53.2	6.4	0.9	24.5	4.7
GK-5	0.1	3.7	0.9	23.3	7.1	0.9	656.3	9	1.8	39.4	5.3
GK-6	0.1	1.3	0.9	10.8	4.1	0.9	6.2	9.4	1	16.5	6.1
GK-7	0.1	2.4	0.9	8.8	4.3	0.9	7.1	3.8	0.9	11	7.1
GK-8	0.1	0.4	1	3.9	2.8	0.9	1.8	2.9	1	7.6	5.9
GK-9	0.1	1.4	0.9	10.4	3.1	0.9	3.5	4.5	0.7	27.7	4.12
GK-10	0.1	2	0.9	13	4.1	0.9	10	6.2	1	16.9	6.55
GK-11	0.1	1.2	0.9	6.2	2.4	1	2.6	4.2	0.4	9.6	4.7
GK-12	0.1	0.9	0.8	4.7	2.7	1	2.2	3.5	1	11.5	5.6
GK-13	0.1	0.4	0.8	6.9	0.7	0.8	1.5	3.5	0.7	7.3	6.6
GK-14	0.1	2.2	0.8	12.5	4.5	1	18.1	7.6	0.7	23.5	4.9
GK-15	0.1	0.5	0.9	6.9	2.7	0.8	12.6	5.9	0.9	13.1	5.1
GK-16	0.1	0.5	0.8	0.9	2.8	0.9	16.3	3.2	0.9	10.1	6.7
GK-17	0.1	2.1	0.8	12.1	5.4	0.8	41.7	5.8	0.9	25	4.88
GK-18	0.1	1.7	0.8	12.1	6	0.9	60.8	5.1	1	25.7	5.3
GK-19	0.1	2.7	1.2	3.9	2.8	0.9	10.9	10.9	0.9	20.9	4.7
GK-20	0.1	1.5	1.1	8.8	5.3	0.8	35.9	7.3	1	24.6	5.1
GK-21	0.1	2.3	2.8	21	7.8	1.1	27	11.6	1.1	38.2	6.3
GK-22	0.1	1.4	1.9	10.1	4	0.9	28.4	8	1	22.1	7
GK-23	0.1	1.9	0.9	8.6	4	1.2	15.5	3.2	0.9	15.7	6.8
GK-24	0.1	1.5	0.9	12.6	4.9	0.9	15.8	7.5	0.9	20.8	5.5
GK-25	0.1	3.1	0.8	18	4.9	0.9	19.3	8.8	0.9	22.1	4.9
GK-26	0.1	3.1	0.8	10.6	5	0.9	47.9	6.9	1	20	5.1
GK-27	0.1	0.4	0.8	7.7	5.6	0.8	753.6	8	0.9	27.9	5.4
GK-28	0.1	1.4	0.8	7.9	4.1	0.8	35.7	4.2	1.1	17.5	6.8
GK-29	0.1	2.5	0.9	10.7	5.5	0.9	42.5	6.1	0.8	20.9	6.2
GK-30	0.1	2.9	0.8	10.6	4	0.9	38.5	6.1	0.9	21	5.1
GK-31	0.1	1.2	0.9	5.6	2.2	1	521.9	4.2	1.7	18.1	6.6
GK-32	0.1	2.4	0.8	7.9	4.1	0.9	39.8	4.5	0.7	19	7.1
GK-33	0.1	1.1	0.8	6.4	4	0.9	48.2	5.8	1	19.4	5.2
GK-34	0.1	1.8	0.8	9	4.3	0.9	127.3	5.7	1.2	23.6	6.9
GK-35	0.1	2.3	0.4	8.6	5.2	0.9	33.5	4.7	0.9	20	6
GK-36	0.1	1.4	0.9	7.1	4.1	0.8	18.8	3.8	0.9	15.5	5.56
GK-37	0.1	0.9	0.8	9.7	4.2	0.8	347.4	5.8	0.9	22.8	5.1
GK-38	0.1	2	0.8	9	4.4	0.8	71.5	5.2	1	18.9	4.93
GK-39	0.1	2	0.9	8.5	4.2	0.9	88.5	4.8	1	19	5.9
GK-40	0.1	0.7	0.9	8.7	3.7	0.8	14.3	5.9	0.9	12.4	5.04
GK-41	0.1	1.5	0.9	6.8	2.8	0.9	7.8	1.9	1	7.6	5.4
GK-42	0.1	0.6	0.9	2.1	1.8	0.8	1.1	2.8	0.9	8.4	6.8
GK-43	0.1	0.4	0.9	1.1	3.1	0.9	1.5	3.4	1	14.2	6.1
GK-44	0.1	3.5	0.8	6	2.8	0.9	11.7	4.5	0.9	14.6	5.5
Ort.	0.1	1.5	0.9	8.8	4.1	0.9	19.05	5.45	0.9	19	5.5

ÖZGEÇMİŞ

JUNAİD FOUAD KAREEM KAREEM

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2018 - 2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans	Selçuk Üniversitesi
2017 - 2018	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Lisans	Kerkük üniversitesi - Kerkük
2013 - 2014	Fen Fakültesi, Uygulamalı Jeoloji Bölümü

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Jeoloji mühendisi	North Oil Company (NOC), Kerkük, Irak
2023-Devam Ediyor	

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Kareem, J., & Küpeli, Ş. Trace Including Ree+ Y And Organic Geochemistry Of Kuşakdağı And Gökçepinar Formations In The Beyreli (Hadim-Konya) Area, Central Taurides, Southern Turkey: Implications For Source Rock Potential, Provenance, Paleo-Environment And Tectonic Setting.
- 2- Kareem, J., & Leventeli, Y. (2024). Evaluation of river water quality using multivariate statistics and water quality indices: A case of Göynük canyon (Turkey). Kuwait Journal of Science, 51(3), 100228.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Kareem, J. F. K., & Leventeli, Y. (2024, June). Regression analysis of chemical contents of Goynuk stream (Antalya) surface waters. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3094, No. 1). AIP Publishing.
- 2- Kareem, F.K. & Leventeli, Y., "Investigation of the Chemical Content of Düger (Burdur) Surface Water Using ICP-MS Method, Evaluation in terms of Environment and Human Health.," International Symposium on Advanced Engineering Technologies (ISADET), Kahramanmaraş, Turkey, 2022.

