

MTA YERBİLİMLERİ VE MADENCİLİK DERGİSİ



2023

4

ISSN: 2822-471X

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makaleleri

İkincil fosfor ve potasyum kaynağı-biyokütle termik santral külleri üzerinde PK ve NPK'lı gübreler üretilebilirlik çalışmaları.....	1
Mehmet ÇÖTELİ ve D. Serdar KARAHAN	
Çatalçam (Soma-Manisa) polimetal sahasının madencilik öncesi mevcut çevresel ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi.....	17
Serkan PALAS, Ecenur BULUR, Mesut Gökhan GÜMRÜK, Özden İLERİ, Tunç İSLAMOĞLU, Hayri Taner GÜNDÜZALP ve Yasin BALCIOĞLU	
İda-Madra Jeoparkı'nın Kazdağ Masifi Bölümü'nde (Edremit-Balıkesir) Yeni Jeorota Önerileri	47
Yahya ÇİFTÇİ ve Yıldırım GÜNGÖR	
Alpu BCDF Sektörü (Eskişehir) Kömür Sahasının Mevcut Çevresel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi	71
Serkan PALAS, Mesut Gökhan GÜMRÜK, Ecenur BULUR, Özden İLERİ, Tunç İSLAMOĞLU, Yasin BALCIOĞLU ve Hayri Taner GÜNDÜZALP	
MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Yayın Kuralları.....	95

MTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ADINA SAHİBİ
GENEL MÜDÜR
Vedat YANIK

REDAKSİYON KURULU

Şule GÜRBOĞA (Başkan)
Ural ŞAVUR
Buğra ÇAVDAR
Recep GÜNEY
Neşe OYAL
Selim ÖZALP
Feyza ŞAHİN KILAVUZ

BAŞ EDITÖR

Selim ÖZALP (Ankara – Türkiye)

EDİTÖRLER KURULU

Mustafa AKYILDIZ (Adana - Türkiye)
Gökhan ATICI (Ankara – Türkiye)
Adil BİNAL (Ankara – Türkiye)
Alper BOZKURT (Ankara – Türkiye)
Güldemin DARBAŞ (Kahramanmaraş – Türkiye)
Uğur DOĞAN (Ankara – Türkiye)
Ali ERGEN (Ankara – Türkiye)
Mustafa FENER (Ankara – Türkiye)
Nurullah HANILÇİ (İstanbul – Türkiye)
Sair KAHRAMAN (Ankara – Türkiye)

Volkan KARABACAK (Eskişehir – Türkiye)
Nuray KARAPINAR (Ankara – Türkiye)
Bülent KAYPAK (Ankara – Türkiye)
Alaettin KILIÇ (İstanbul – Türkiye)
Özen KILIÇ (Adana – Türkiye)
Azad SAĞLAM SELÇUK (Van-Türkiye)
Yıldıray PALABIYIK (İstanbul – Türkiye)
İbrahim TİRYAKİOĞLU (Afyonkarahisar – Türkiye)
Koray TÖRK (Ankara – Türkiye)

TEKNİK EDİTÖRLER

Tuğba ISIK (Ankara – Türkiye)
Samet SAKA (Ankara – Türkiye)

SORUMLU YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

Banu Ebru BİNAL (Bilimsel Dokümantasyon ve Tanıtma Dairesi Başkanı)
e-posta: banu.binal@mta.gov.tr

YÖNETİM YERİ

Bilimsel Dokümantasyon ve Tanıtma Dairesi Başkanlığı Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
Çukurambar Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No: 11 06530 Çankaya/ANKARA
e-mail: bilimsel_dairesi@mta.gov.tr

MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi yılda iki kez (Haziran ve Aralık) yayımlanacaktır.

Telif Hakkı: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nin yayıncısıdır. Yazarlar, MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlandıktan sonra çalışmalarının telif haklarını devretmeleri gerekmekte ve “Telif Hakkı Devir Formu” doldurularak Kuruma göndermeleri zorunludur. İlgili yazar, gönderilen makalenin benzer bir biçimde başka bir yerde yayınlanmadığından, makalenin orijinal olduğundan ve yayımlanmak üzere başka bir yere göndermeyeceğinden emin olmalıdır. Kurumumuz ticari amaçlar hariç, patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm hakları saklı tutar. Yayımlanan makaleler ile ilgili Kurumumuz, 5846 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'nun hükümlerine göre hareket etmektedir. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi, makalelerinin indirilmesi ve kullanılmasına izin verebilir. Ancak makaleleri indirenler, bunları hiçbir şekilde değiştiremez veya ticari olarak kullanamazlar.

Basım Tarihi: .../.../2023

Basım Yeri: Neyir Matbaacılık - Matbaacılar Sitesi 1341. Cadde No: 42 İvedikOSB-Yenimahalle/ANKARA
Tel: 0312 395 53 00 • www.neyir.com • Sertifika No: 49891

Yayın Türü: Yerel Süreli Yayın

ISSN: 2822-471X



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



İkincil fosfor ve potasyum kaynağı-biyokütle termik santral külleri üzerinde PK ve NPK'lı gübreler üretilebilirlik çalışmaları

Mehmet ÇÖTELİ^{a*} ve D. Serdar KARAHAN^b

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

^bMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Termik santral külü, Kaya fosfat, Tavuk gübresi, Fosfor, Potasyum

ÖZ

Artan enerji ihtiyacı nedeni ile tavuk ve çiftlik gübreleri, değişik biyokütle yakan termik santralleri son yıllarda hızla çoğalmaya başlamıştır. Küllerinin değerlendirilmesi her zaman dikkat çekici bir konu olmakla birlikte görülmüştür ki; bu küller kimyasal açıdan ikincil fosfor ve potasyum kaynağı olarak tanımlanabilecek yapıdadır. Ülkemizde 2022 de mevcut santrallerden çıkan kül miktarları yaklaşık 600 t/gün civarına ulaşmış olup, bu küllerin mevsimsel yapı değişimi, tarım sektöründe PK'lı ve NPK'lı organik ve inorganik gübreler olarak işlenebilirliği üzerinde çalışılmıştır. Materyallerin kimyasal bileşimi ortalama-maksimum olarak %12,38-19,53 P₂O₅, %12,75-27,00 K₂O, %6,56-11,50 MgO arasında değişmektedir. Rastgele seçilen bir örnek üzerinde laboratuvarda 0-30-10+10 S+3,5MgO+13CaO bileşiminde bir gübre üretilebilirliği, ayrıca 10-10-10+MgO ve 7-21-9+MgO şeklinde inorganik ve Karadeniz bölgesi şartlarında uygun fındık gübreleme amaçlı 10-6-6, meyve ve sebze yetiştiriciliğinde sıklıkla kullanılabilecek 10-10-10+MgO+Fe₂O₃, ve DAP eşdeğeri olarak kullanılabilecek organomineral gübreler üretilebilmiştir.

Gönderim Tarihi: 10.07.2023

Kabul Tarihi: 02.10.2023

Keywords:

Power plant ash, Rock phosphate, Chicken manure, Phosphorous, Potassium

ABSTRACT

Due to the increasing need for energy, thermal power plants burning chicken and farm manures and various biomass have begun to proliferate rapidly in recent years. Although the evaluation of ashes has always been a remarkable issue, it has been seen that; These ashes have a structure that can be defined chemically as a secondary source of phosphorus and potassium. The amount of ash released from existing power plants in our country has reached approximately 600 t/day in 2022, and the seasonal structure change of these ashes and their processability as PK and NPK organic and inorganic fertilizers in the agricultural sector have been studied. The chemical composition of the materials varies between average and maximum 12.38-19.53% P₂O₅, 12.75-27.00% K₂O, 6.56-11.50% MgO. The feasibility of producing a fertilizer with the composition of 0-30-10+10 S+3.5MgO+13CaO in the laboratory on a randomly selected sample, as well as inorganic fertilizers with the composition of 10-10-10+MgO and 7-21-9+MgO and suitable hazelnut fertilization under the conditions of the Black Sea region. Organomineral fertilizers that can be used as 10-6-6 for agricultural purposes, 10-10-10+MgO+Fe₂O₃, which can be used frequently in fruit and vegetable cultivation, and DAP equivalent have been produced.

Received Date: 10.07.2023

Accepted Date: 02.10.2023

Atf Bilgisi: Çötel, M., Karahan, S. D. 2023. İkincil Fosfor ve Potasyum Kaynağı-Biyokütle Termik Santral Külleri Üzerinde PK ve NPK'lı Gübreler Üretilebilirlik Çalışmaları. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 4, 1-16.

*Başvurulacak Yazar: Mehmet ÇÖTELİ, mehmet.coteli@mta.gov.tr

1. Giriş

Dünyada olduğu gibi yurdumuzda da nüfus hızla artmakta, insanların yaşam seviyeleri yükselmekte ve dolayısı ile beslenme ve barınma için gerekli olan tarım ürünlerine olan ihtiyaçları da artmaktadır. Tarım sektöründeki büyük üretim potansiyelinden gereğince yararlanmak ve üretimi artırmak için bilim ve teknolojiadaki gelişmeleri yakından takip etmek ve üretim girdilerinin en yaygın ve bilinçli bir şekilde tedarik ve tüketimini gerçekleştirmek gerekmektedir. Söz konusu üretim girdilerinin arasında en önemlilerinden birisi gübredir. Kimyasal gübreler bitki besini olarak tanımlanabilir. İçeriği olan N-NP-NPK ve ayrıca minör Fe, Cu, Zn, Mn gibi çok sayıda element bitki fizyolojisi ve kimyasal açıdan bitki tarafından alınabilir veya başka tanımla suda çözünür formda (tuz) halinde olması istenilir.

Türkiye'nin toplam yıllık gübre gereksinimi; 2.107.698 ton azot (N), 1.400.750 ton fosfor (P_2O_5) ve 156.833 ton potasyum (K_2O)'dur. Ülkemizin birim alanda ortalama yıllık gübre gereksinimi ise 83,7 kg/ha N, 57,3 kg/ha P_2O_5 , 5,70 kg/ha K_2O olmak üzere toplam bitki besi maddesi (BBM) 146,7 kg/hektardır. 1972 ve 2000 yılları arasında Türkiye'de bir yılda tüketilen ortalama fosforlu gübre (P_2O_5) miktarı 217.620 ton ile 784.531 ton arasında değişmiş ve yılda ortalama 540.590 ton, birim alanda 24,6 kg/ha fosforlu gübre (P_2O_5) tüketilmiştir. Fosforlu gübre tüketiminin en fazla olduğu yılda bile tüketilmesi gereken fosforlu gübre miktarının ancak %56'sı tüketilmiştir. Dönem içerisinde kullanılan ortalama fosforlu gübre, ihtiyacın ancak %38,6'sını karşılamıştır (Eyüpoğlu, 2002).

Bitkisel üretim için gerekli olan kimyevi gübre kaynaklı fosforun elde edilmesinde yararlanılan tek hammadde kaynağı kaya fosfattır. Gübreler içerisinde fosforlu gübre çeşitlerinin önemli rol oynaması, kaya fosfatın çok aranan bir madde olarak dünya ekonomisinde yerini koruyacağını ve gelecekte daha da artıracığını göstermektedir. Kaya fosfatın esas kullanım alanı gübre sanayiidir. Dünya fosfat üretiminin yaklaşık %75'i gübre sektöründe kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanları ise ecza, deterjan, seramik, plastik, boya, cam, ipek, petrokimya sanayii, metalürji, hayvan yemleri hazırlama işleri

yanında öğütülerek doğrudan doğruya tarımda gübre olarak uygulanması da büyük bir yer işgal etmektedir (Ülgen ve Alkan, 1984).

Bilinen fosfat rezervleri dünya nüfusuna daha birkaç nesil yetecek durumdadır. Fosfat rezervlerinin miktarı fosfat kayası satış fiyat ve ulaşılan teknolojik düzey ile çok yakından ilgilidir. Düşük tenörlü fosfatların zenginleştirilmesi için uygun teknolojilerin geliştirilmesi durumunda rezerv konusunda dünyada hiçbir problem olmayacağı görülmektedir. Bu arada zengin tenörlü cevherlerin tüketilmesinden dolayı meydana gelen açığı kapatmak için fosfat endüstrisi %10-15 P_2O_5 tenörüne sahip yüksek karbonatlı cevherleri işlemek üzere şimdiden teknoloji geliştirme çabaları içindedir. Özellikle ülkemiz fosfor ve potas kaynakları incelendiğinde fosfor ve potasyum açısından eksiklik olduğu yukarıda bahsedilen bu malzemelerin doğal tüm mevcut fosfor yataklarından daha fazla önem arz ettiği gözükmemektedir (DPT, 2008).

Türkiye'de kimyasal gübre sektörü %90'ın üzerinde dışa bağımlıdır. 2017 yılında 6,3 milyon ton olan kimyasal gübre tüketiminin %85'i (5,4 milyon ton) ithal edilmiş ve ithalat miktarı 2005 yılına göre %44 artmıştır. İthalatın yaklaşık %74'ünü, GTIP 3102 grubunu oluşturan azotlu mineral ve kimyasal diğer gübreler oluşturmaktadır. Türkiye azotu; Çin, Mısır, Rusya ve İran'dan, fosforu; Kuzey Afrika'dan, potasyumu ise AB ülkelerinden ithal etmektedir (Eroğlu ve Şahiner, 2020).

Tükettiğimiz gübrelerin yaklaşık 1/3'ünü ve gübre hammaddelerinin yaklaşık %95'ini ithal etmemiz nedeniyle gübre fiyatları döviz kurlarına bağlıdır. Taban ve nitratlı gübrelerde katkı maddesi olarak kullanılan kireç taşı, kil ve dolomit haricinde gübre üretiminde kullanılan girdiler tamamen ithal edilmektedir.

Unutmamak gerekir ki kullanılan gübre miktarının düşmesi birim alandan alınan verimin de düşmesine neden olacaktır. Ülkemizde toprak ve bitki için gerekli olan azot, fosfor ve potasyum miktarlarının ülke olarak sadece yarısını kullanmaktayız. Ülkemizde 2022 yılında gübre ithalat gideri 2,7 milyar \$, ihracat ise 682 milyon \$ civarındadır (Çizelge 1).

Çizelge 1- Türkiye gübre ihracat ve ithalatı (TÜİK, 2023).

YIL	KOD	Madde adı	İhracat Bin (\$)	İthalat Bin (\$)
2018	3102	Azotlu mineral ve kimyasal gübreler	105.477	756.867
	3103	Fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler	13.363	9.420
	3104	Potashlı mineral veya kimyasal gübreler	2.027	75.595
	3105	NP veya NPK'lı mineral ve kimyasal gübreler	126.414	365.685
	TOPLAM		247.281	1.207.567
2019	3102	Azotlu mineral ve kimyasal gübreler	152.139	820.651
	3103	Fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler	0.611	2.480
	3104	Potashlı mineral veya kimyasal gübreler	13.962	73.954
	3105	NP veya NPK'lı mineral ve kimyasal gübreler	131.241	427.986
	TOPLAM		297.953	1.325.071
2020	3102	Azotlu mineral ve kimyasal gübreler	122.503	725.876
	3103	Fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler	198	8.411
	3104	Potashlı mineral veya kimyasal gübreler	9.194	84.749
	3105	NP veya NPK'lı mineral ve kimyasal gübreler	151.457	293.289
	TOPLAM		283.351	1.112.325
2021	3102	Azotlu mineral ve kimyasal gübreler	17.322	1.381.811
	3103	Fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler	1.579	7.223
	3104	Potashlı mineral veya kimyasal gübreler	12.240	92.036
	3105	NP veya NPK'lı mineral ve kimyasal gübreler	204.430	449.473
	TOPLAM		235.571	1.930.543
2022	3102	Azotlu mineral ve kimyasal gübreler	353.858	1.979.401
	3103	Fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler	2.727	5.132
	3104	Potashlı mineral veya kimyasal gübreler	25.427	138.725
	3105	NP veya NPK'lı mineral ve kimyasal gübreler	300.092	576.891
	TOPLAM		682.104	2.700.149

Dünya nüfusunun artışı, teknolojik gelişmeler ve insanların yaşam standartlarının artmasına bağlı olarak kişi başına düşen enerji tüketimi de her geçen gün artmaktadır. Buna bağlı olarak da yanabilen ve enerji değeri olan her çeşit materyalden enerji eldesi arayışları devam etmektedir. Bunlardan bir kısmı küçükbaş ve büyükbaş hayvan çiftlik atıkları olup özellikle tavuk çiftlik altlıkları, çevresel zararı devletin atık bertarafına teşviki nedeni ile minimum maliyette temin edilebilmektedir.

Bu atıklar, tavuk çiftlik çıktısı gübrenin zeminde talaş ile toplanması nedeni ile talaşlı tavuk altlığı olarak özellikle yumurta ve etlik tavuk üretiminin yapıldığı bölgelerde çok büyük tonajlara ulaşmıştır (Çizelge 2). İşlenmemiş tavuk altlığı patojenik mikro organizmalar ve bunun sonucu oluşan ağır koku nedeni ile kesinlikle bertaraf edilmesi gereken bir

materyaldir. C/N oranlarının dengesizliği, patojenik kirlilik, selülozik yapının fazlalığı nedeni ile bu malzemeler kolaylıkla kompostlaştırılmaz yapıda olup, her ne kadar kısmen tarımda tavuk gübresi olarak kullanılmakta ise de nem, koku ve patojenik yapının artması ve granüllerin bozunması nedeni ile yeterli pazar bulamamıştır. Sadece biyokütle yakan ızgaralı veya akışkan yataklı santrallerde doğrudan veya pelet halde veya başka yakıtlar ile karıştırılarak enerji amaçlı kullanılmaktadır.

Özbek vd. (2022)'de bu tür gübrelerin kompostlaştırılması için özel reaktör şartlarının gerektiğini yaptıkları çalışmada ortaya koymuşlardır.

Bu santraller Bolu, Sakarya, Konya, Manisa yöresinde tavuk ve yumurta çiftlikleri etrafında yer almaktadır. Ortalama olarak bir kümes hayvanının

22 kg/yıl dışkı ürettiği kabul edilir ise bir yılda 10 milyon üzerinde tavuktan gübre ortaya çıkacağından, bu da 1 milyon ton civarında santral külüne eşdeğerdir. Bu termik santrallerden 2022 yılı sonlarında kül üretimi 600 ton/gün'e ulaşmıştır. Ayrıca atık çamur yakan Bursa BUSKİ termik santral çıktısı da benzer bileşimdedir (Şekil 1). 2023 Mart dönemi için bu santrallerde oluşan atık miktarı 1.000 ton/gün olarak kabul edilebilir. Sektörün yapısı nedeni ile bu rakamın ileride daha da artacak olması büyük bir olasılıktır.

Çizelge 2- 12 adet tavuk kümesaltığı atıklarının analiz sonuçlarının ortalaması (López Mosquera, M. E., vd. 2008).

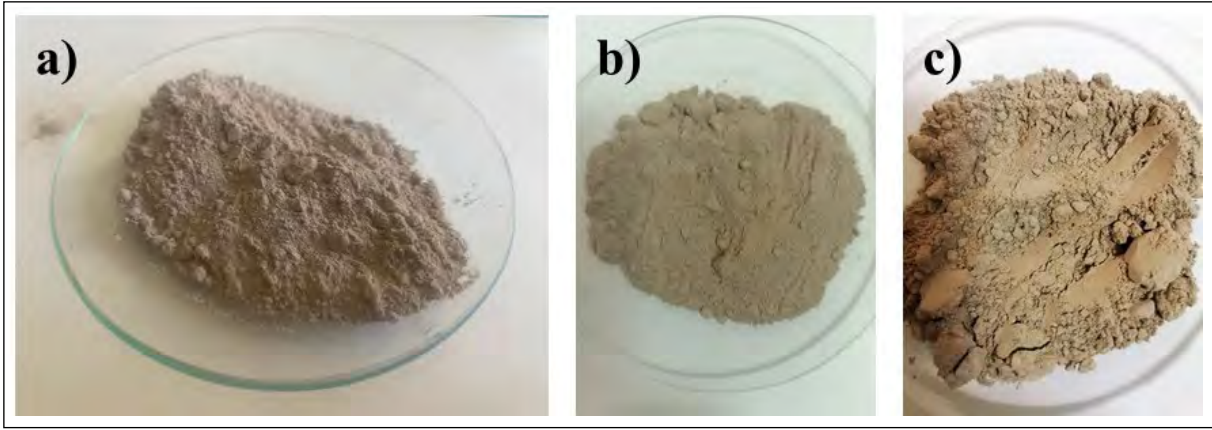
	Ortalama	Ölçüm aralığı
Nem %	26	19,5-30,6
Kül %	18	8,9-54,4
Elek. İlet. dS/m	9,9	6,3-8,4
pH (1/10)	8,5	29,3-38,8
Organik C %	38,2	29,3-38,8
Toplam N %	6,5 ± 0,6	2,6-5,3
C/N oranı	6,0	6,4-11,8
Amonyak N %	0,5	0,3-1,0
Nitrat N %	0,3	0,005-0,1
Organik N %	5,4	0,3-1,1
Üre N %	0,2	0,7-1,1
P %	1,7	0,60-3,9
K %	2,8	0,7-5,2
Ca %	2,0	0,8-6,1
Mg %	0,7	0,2-0,9
S %	0,5	0,2-0,8
Na %	1,60	0,70
Fe ppm	737,6	529-2982
Mn ppm	349,6	125-667
B ppm	20,1	23-125
Cu ppm	71,3	22,7-1003
Zn ppm	261,2	54-680
Cd ppm	1,5	2,45
Ni ppm	<0,1	7,6-181,5
Pb ppm	<0,1	14,6-55
Cr ppm	27,3	8,5
<i>Submonella spp</i>	0	Absent in 25 g
Faecal reptoocci	72 E6	CFU g ⁻¹
Toplam terobacteria	10E3	CFU g ⁻¹

Mevcut kül yapısı kimyasal olarak; kesinlikle ekonomik olabilecek ikincil potasyum ve fosfor kaynağı olarak kabul edilebilecek atıklardır. Yapılan detaylı analizlerde bu örneklerde ilginç bir şekilde ağır metal kirliliği olmadığı, 100 mikron altında toz halinde olması, kırma öğütme gibi fiziksel işlem gerektirmemesi, dolayısı ile enerji maliyetinin daha düşük olması, kaya fosfat yataklarına göre büyük önem arz edebileceği görülmüştür. Ayrıca malzemeye kolay ulaşım, kaya fosfatta olan fosforlu bileşiklerin olmaması çevre ve korozyon açısından, içerdikleri potasyumun tamamen suda çözünür formda olması nedeni ile potasyumlu gübre olarak meyve, sebze ve üzüm bağlarında hiçbir işlem görmeden kullanılabilirliği konuyu daha da önemli hale getirmektedir.

Bu tür malzemeler sınıflandırılması kömür kökenli santral külleri statüsü ile aynı kod ile yapılıyor olsa da içerdikleri yüksek potasyum ve fosfor içeriği nedeni ile tarım ve madencilik açısından son derece önemli olup bu atık küllerin ekonomik bir kıymeti olup endüstriye kazandırılması önemlidir. Bu termik santrallerin hammadde kaynakları ağırlıklı olarak orman atıkları, tarımsal atıklar, kanalizasyon atıkları, endüstriyel atıklar, hayvansal atıklar, evsel atıklar olmakla birlikte bazen tek hammadde kaynaklı bazen de belirli oranlarda karıştırılıp peletlenerek santrale yakıt olarak beslenmektedir. Fakat tarımsal atıklardan çevresel sorunu en büyük olan tavuk – yumurta çiftlik ve atıkları, devletin de atık bertarafını teşvik etmesi ve ucuza temin nedenleri ile özellikle Bolu, Sakarya, Konya, Manisa gibi bölgelerimizde enerji amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle AB ve ABD'de sadece fermantasyon, gazlaştırma, biyodizel ve tavuk gübresi olarak değerlendirilmektedir.

Ortalama olarak bir kümes hayvanı 22 kg/yıl dışkı üretmektedir. Bu hesaplama gelişmiş tavukçuluk sektörümüzü dikkate aldığımızda atık ürün olarak Türkiye'de yılda 10 milyon ton civarlarında kanatlı dışkısı oluşmakta ve bu da çevre sorunları yaratmaktadır.

Bu durum termik santral atıklarının değerlendirilmesi açısından ülkemiz için yeni bir konudur. Günlük 1.000 tonluk üretim (toz halde) ve



Şekil 1- Farklı kaynaklardan temin edilen biyokütle santral külleri a) Sakarya, b) Manisa ve c) Bursa örnekleri.

bunun da zaman içerisinde artacak olması ülkemizin fosfor ve potas sorununu çözmeye katkı sağlaması bakımından önemlidir. Ayrıca mevcut kaynaklar tam değerlendirildiğinde 100-200 milyon dolar aralığında fosforlu ve potasyumlu gübre ithalatını azaltma potansiyeli de mevcuttur.

2. Genel Bakış

2.1. Literatür Özeti

Bhalla vd. (2019 ve 2022)'de tavuk çiftlik altlıklarının işlenmesi yolunda biyoteknolojik bir metot geliştirmişlerdir. Öncelikle sitrik asit ile materyalin pH'ını 5-7 aralığına çekerek hem azot kaybı hem de patojenik mikroorganizmalardan kaynaklı pis kokunun ortadan kaybolmasını sağlamışlardır. Aerobik havalandırma ile hem fermentasyon hem de kötü kokulardan uzaklaşma ayrıca termofilik bakterilerin üremesi sağlanmıştır. Nem oranı %70'ler civarındır. Bu ürün santrifüjlenerek katı ürün gübre olarak paketlenmek üzere ayrılır. Nem oranı %12'den daha düşüktür. Diğer sıvı kısım ise 2 aşamalı aerobik fermentasyona tabi tutulur. Çıkan ürün termal sterilizasyona tabi tutularak sterilize edilir. Sonrasında 2 ayrı kimyasal ilavesi ile sıvı kısım çok özel yapısı ve içeriği nedeni ile kullanıma sunulur. Sıvı organik gübre olarak ta kullanılır. Aynı araştırmacılar 2022'de yaptıkları çalışmada sıvı ürün içerisinde yer alan sayısız kimyasal bileşen, aminoasitler, bitki gelişim düzenleyici kimyasallar vs. analiz ederek sınıflandırılmıştır. Bitki besleme sıvısı olarak önem arz etmektedirler.

Millsaps vd. (2021)'de tavuk kümesleri çıktısı ürünlerden fosforlu gübreler üretimi için H_3PO_4 ile asitleme ve nihai ürünün toplam ve suda erir P_2O_5 miktarını belirleyerek aynı zamanda granülasyon işlemini de kapsayacak ortak çalışma ile gerekli H_3PO_4 oranını tespit etmiştir. En ideal çalışmada 100 kg kül başına 0,6 kmol H_3PO_4 bulunmuştur. Fakat reaksiyon süresi çok kısa olup maksimum 4 dk içerisinde pasta halindeki materyalin hemen granülleme işlemine başlanması gerektiği belirtilmiştir.

Küttük (2023)'de sadece Bolu ilinde 300.000 ton/yıl'dan fazla üretilen tavuk çiftlik altlıklarının biriktiğini, benzer yapıdaki materyalin ülke genelinde ise 1.000.000 ton/yıla yakın olduğunu, bunların değerlendirilmesi amacı ile kompostlaşma çalışması yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Nunn vd. (1954)'de yaptıkları çalışmada 100 lb kaya fosfat üzerine H_2SO_4 ilavesi ile kaya fosfat içeriğindeki P_2O_5 'nin ne oranda suya geçtiğini ölçümlenmiştir. 100 lb kaya fosfat başına 65 lb, %100'lük H_2SO_4 ilavesi ile 3 hafta sonunda %94,7 suda çözünür/toplam P_2O_5 oranına ulaşabilmiştir.

Dünya kaya fosfat üretiminin %70'inin 4 ülke, %93'ünün ise 12 ülke tarafından karşılandığı, bu nedenle sektörde hammadde açısından dünyada kısmi bir tekelleşmenin olduğu bildirilmektedir (MEW, 2000; US Bureau of Mines, 2001).

Fosfat cevherinin ticaretinde aranan en önemli özellik cevherin P_2O_5 içeriğidir. Dünya ortalamasında

P_2O_5 içeriği %29-38 arasında, CaO içeriği ise %46-54 civarındadır. Fosfat cevherinin tane iriliğinin de cevher satışında önemli yeri vardır. Tane iriliğinin homojenliği ve %90'ının 149 mikron elekten geçmesi istenilmektedir. Fosfatlı gübre üreten fabrikalarda kullanılan fosfat cevherinin en az %26 P_2O_5 içermesi gerekmektedir (Ülgen ve Alkan, 1984).

Genelde fosfat kayaları önemli oranlarda çevre kirliliğine yol açan kadmiyum (Cd), krom (Cr), civa (Hg), ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller ile uranyum (U) gibi radyoaktif elementleri de ihtiva edebilirler. Bunlar ise insan ve hayvan sağlığı için tehlikelidirler. Tehlikeli elementler içerisinde kadmiyum genellikle öne çıkan elementtir (Khomplekou ve Tabatabai, 1994).

Asitlendirme ile tarımda direkt kullanım amaçlı olarak Ohio'da Mc Lean vd. (1952) tarafından büyük kısmı serada olmak üzere yapılan araştırmalarda, fosfat kayası toprağa uygulanmadan önce kısmen asitlendirilmiş veya çeşitli oranlarda normal süper fosfat-fosfat kayası ile karıştırılmıştır. Kısmen asitlendirilmiş ve ince öğütülmüş fosfat kayasından genel olarak iyi neticeler alınmıştır.

Genellikle fosfat kayası içerisinde yer alan P_2O_5 'in suda çözünür hale, dolayısı ile bitkiye yararlı hale

getirilmesinin temeli, asitler ile muamele edilmesi şeklindedir. Ancak deneysel olarak bu amaçlı asit ihtiyacı tespit edilmekle birlikte bazı deneye dayalı formüller geliştirilmiştir. Asitlendirme etkinliği açısından (H iyon verme kapasitesine göre, mol eşdeğeri olarak) $HNO_3=1/2H_2SO_4=1/3H_3PO_4$ şeklinde sunulabilir (Ülkü, 1980).

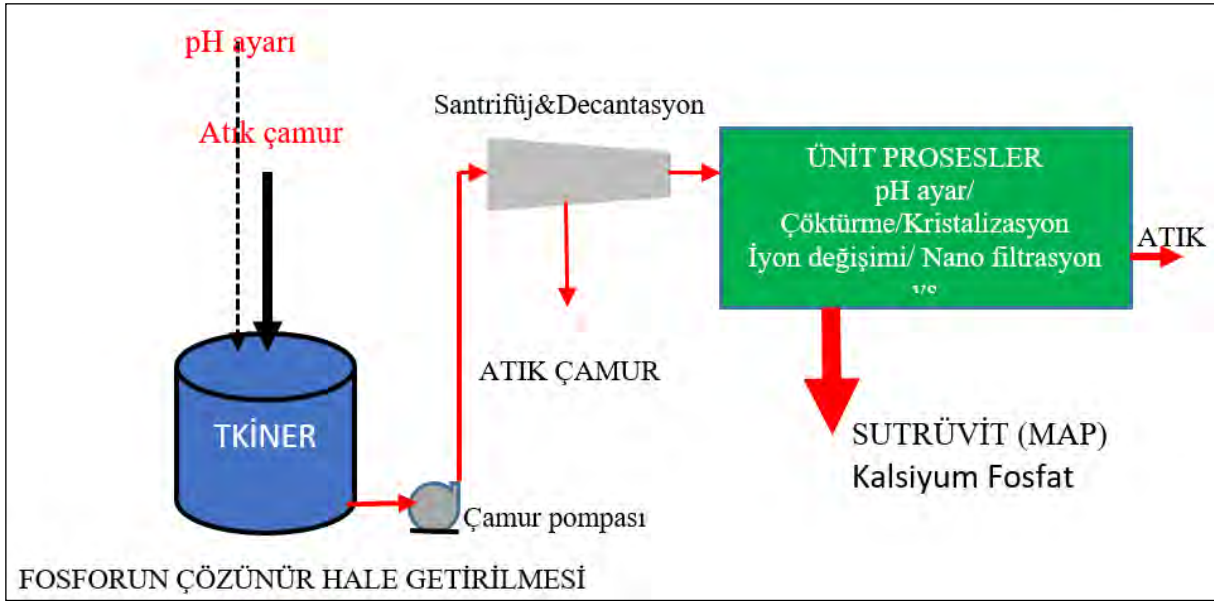
Langeveld (2019)'da gübrelerde fosfor kazanımı amacı ile değişik materyaller üzerinde çalışma yapmıştır. 4 adet aktif çamur külü, 1 adet odun külü ve karşılaştırma amaçlı olarak 1 adet fosfat kayası ve et kemik unu örnekleri üzerinde çalışmıştır (Çizelge 3).

Gökhan vd. (2008) uçucu küllerin endüstride kullanım alanlarını açıklamışlardır. 16 milyon tona kadar çıkan santral çıktısı küllerin genel kullanım alanları yaygın olarak; inşaat sektöründe, çimento ve beton üretiminde, gaz beton ve tuğla üretimi, zemin ve yol stabilizasyonu uygulamaları, hafif agrega üretimi vb. olduğunu belirtmişlerdir.

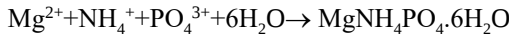
Marti vd. (2010)'de atık su arıtım tesislerinde suda çözünür halde Mg^{2+} ve PO_4^{3-} var ise NH_4^+ ilavesi ile Struvite eldesinin mümkün olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 2).

Çizelge 3- Dört farklı atık çamur külü, et-kemik unu külü, odun külü ve kaya fosfat örneklerinin analiz sonuçları (Langeveld, 2019).

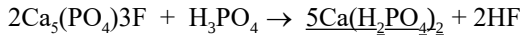
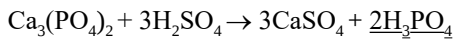
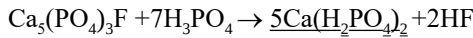
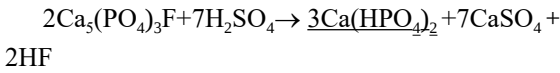
Toplam wt %	SSA1	SSA2	SSA3	SSA4	Et-Kemik unu külü MBMA	Odun Külü	Kaya Fosfat
P_2O_5	15,20	20,44	18,90	17,80	25,50	4,80	30,96
CaO	18,80	20,59	11,50	18,60	37,40	13,50	47,50
SO_4	5,30	4,50	1,60	3,00	6,40	6,20	2,70
K_2O	1,30	1,66	0,80	1,20	2,20	14,80	0,70
MgO	2,30	2,74	1,19	2,90	0,99	8,10	0,40
Al_2O_3	6,28	9,39	9,44	9,20	1,74	12,90	0,11
Fe_2O_3	12,08	5,82	3,05	5,60	0,99	9,50	0,17
ppm	SSA1	SSA2	SSA3	SSA4	MBMA	Odun Külü	Kaya fosfat
As	20,1	19,9	9,40	9,0	8,1	0,40	17,80
Cd	2,1	1,0	2,20	<0,1	1,70	<0,20	25,90
Cr	115,5	124,5	25,0	79,50	18,10	1,0	53,0
Cu	760,3	1146,0	404,0	749,60	365,0	1,50	13,50
Ni	44,60	49,6	17,80	37,70	7,80	1,1	30,70
Mn	871,6	825,5	3070,0	719,40	207,0	11,70	6,70
Pb	273,0	254,0	157,6	84,40	82,40	2,20	<0,10
Zn	3053,0	2139,0	876,0	1624,0	209,0	-	260,2



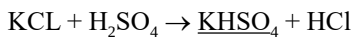
Şekil 2- Atık çamur külünden fosfor kazanımı.



Bu ürün (N-P₂O₅-K₂O) şeklinde tanımlama ile 3-20-0+10 MgO olarak tanımlanabilecek ticari bir gübredir.

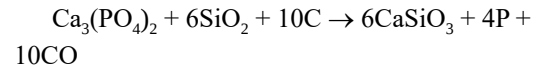


Atık çamur külleri üzerinden halen pilot ölçekte Amsterdam'da %7 Fe₂O₃ ihtiva eden materyalden asitlendirme ile 10-14 ton/gün kapasitede pilot çalışmalar devam etmekte olup; PK'lı gübreler üretimi öne çıkmıştır. Granülasyon işlemi 10°C'nin üzerinde yapılmakta olup Schultz vd. (2000)'de belirtildiği gibi dikkatli çalışma önerilmekte; granülasyon esnasında Cl ihtiva eden potaslı bileşiklerden ortama HCl çıkışı olduğundan dikkatli çalışmayı gerektirmektedir.



Ayrıca ilgili firma 2016'da atık çamur küllerinde yer alan P₂O₅'i kazanıp yüksek saflıkta P₄ veya H₃PO₄

eldesi için bir patent almışlar, patent atık çamur küllerinin 1300°C'ler civarına çıkarılması sonucu uçucu gaz faza geçen P₂O₅ + O₂ + CO karışımında P₂O₅ kazanıp işlemeyi düşünmektedir. Cüruf ise sıvı olarak alt üniteden alınacaktır. Planlanan kapasite 400.000 t/yıl olup, Terneuzende pilot ölçekte test yapılmakta (yaklaşık 20 milyon avro), ilk ticari ünitenin ise Almanya Bitterfeld'de yapımı düşünülmektedir. Süreç RECOPHOS adı ile literatüre girmiştir. Fosfor üretimi için fosfor kayası, kok ve kuvars fırında ergitilir. Bu işlem elektrik ark ocağında 1200-1500°C'de gerçekleştirilir. Reaksiyon aşağıdaki gibi verilebilir (Franz vd., 2008).



Millsap vd. (2021)'de asitlendirme ve granülleşme aşamalarını birlikte test etmişlerdir. 45,36 kg kül öncelikle döner tambur granül makinasına ilave edilmiş, daha sonra yavaş yavaş 14,56 kg %75'lik H₃PO₄ (%32 %75'lik asit) ilave edilmiştir. Granülleşme oluşmaya başlamıştır. Üretim TSP üretim yöntemine yakındır. Yaptıkları çalışmada; %75'lik H₃PO₄ kullanılmış olup, Granül boyutu (mm)=-18.35+0.75 x % Asitlendirme şeklinde ampirik bir formülasyon geliştirmişlerdir. Materyal içerisinde yer alan Al, Fe, Mg bileşiklerinin fazlalığı yüksek asit sarfiyatına sebep olmaktadır. Üretilen granüller

endüstri standartlarını karşılayacak şekilde TSP'ye benzer çıkmıştır.

Krishnamurthi vd. (1995)'te odunun yanması sonucu oluşan küllerin potasyumca (K_2CO_3 formunda) zengin olduğunu asitli topraklarda pH'ın düzeltilmesinde faydalı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca KCl üzerinden K_2SO_4 üretimi olan Mannheim sürecini açıklamıştır. Bu süreç KCl'nin H_2SO_4 ile tepkime verip $KHSO_4$ ve KCl fazlası ile de K_2SO_4 eldesi gaz olarak da HCl kazanıldığı %50 K_2O ihtiva eden bir süreçtir. Schuldz vd. (2000)'de doğal kompleks tuzlardan kainite ($KCl.MgSO_4.3H_2O$) ve langbeinite ($K_2SO_4.2MgSO_4$) ve carplantian poly mineral cevherlerinden potasyumlu gübre eldesi açıklanmıştır. Süreçde Kainite liç edilerek schonit ($K_2SO_4.MgSO_4.6H_2O$) formuna gelir ve $MgCl_2$ ayrılır. Schonitin ise aynı şekilde liç ile K_2SO_4 ve $MgSO_4$ olarak ayrıldığı belirtilmiştir.

Becker (1989), Gowardikar vd. (2008) ve Regard vd. (1991)'de konsantre kaya fosfattan fosforik asit, SSP (Süper Fosfat) ve TSP üretiminin kimyasal teknolojik temellerini uygulama, süreçler ve farklılıklarını ortaya koymuştur.

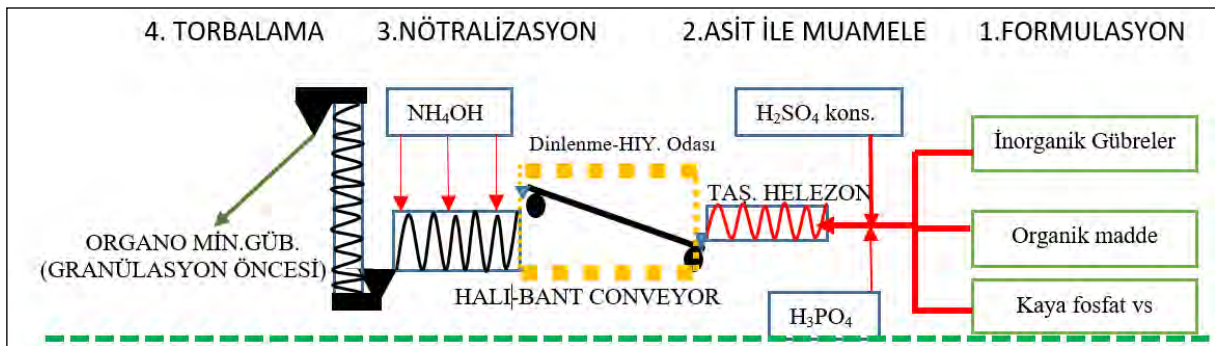
Polat vd. (2007; 2013)'de özellikle Türkiye düşük tenörlü kullanılmayan fosfat yataklarının teorik gereksinimleri kadar asitlendirme (H_2SO_4 , H_3PO_4 ve H_2SO_4 ile) sonucu elde edilen gübre örneklerinin tarımda kullanılabilirliğini test etmişlerdir. Bu çalışmada Mardin Mazıdağı cevher zenginleştirme tesisi çıktısı %32,25 P_2O_5 içerikli kaya fosfatın kullanım için asit ihtiyacı 100 kg kaya fosfat başına 80 kg %98'lik H_2SO_4 konsantre gereksinimi tespit

edilmiş, asitlendirme ile elde edilen ülkemiz diğer düşük tenörlü fosfat yatakları da dahil olmak üzere sera şartlarında kontrole göre daha yüksek verim sağladığı fakat optimum gübrelemeden biraz daha düşük kaldığı gözlenmiştir.

Çöteli vd. (2009)'de ülkemiz asit karakterli topraklarda cevher zenginleştirme yapılamayan düşük tenörlü kaya fosfatın direk olarak toprağa uygulamasını önermiştir.

Elmo (1988; 1995)'de süspanse ve katı organik gübreler üretimi konusunda metod geliştirmiştir. Değişik (N-P-K) formlarda değişik kaynaklı organik madde, su, sülfürik asit, fosforik asit, kaya fosfat ve amonyak kullanımı ve oranları anlatılmıştır. Önceki çalışmaların endüstriye uygulanması amacı ile organik maddenin kısmi parçalanmasının yapıldığı (daha küçük moleküllere dönüştürüldüğü), organik bazlı gübrelerin üretilebileceği, sürekli tür üretim yapabilecek bir endüstriyel tesisin ana çizim ve yerleşimlerini vermiştir. Sürecin ana teması mikronize hale getirilmiş katıların üzerine H_2SO_4 ve H_3PO_4 ilavesi, dinlendirilmesi ve nihai ürünün sıvı amonyak ile nötralizasyonu şeklindedir. Sürecin teknik temeli dahilinde anlatım amaçlı çizimi Şekil 3'de verilmiştir.

Çöteli vd. (2009) ve Polat vd. (2013)'de ülkemizde bulunan cevher zenginleştirme çalışmaları ile zenginleşmeyen, Hatay Yayladağ, Adıyaman Tut ve Mardin Mazıdağı yöresindeki bazı düşük tenörlü (P_2O_5 %3-10) ham kaya fosfatların sadece asitlendirme ile elde edilecek ürünlerin tarımda kullanılabileceğini tarımsal testler ile tespit etmişlerdir.



Şekil 3- Sürekli tarz organik ve organomineral gübreler üretimi (Elmo,1995'ten değiştirilmiştir).

TAGEM (2018)'de Türkiye gübre gereksinimi için gübre besin maddeleri olan N, P_2O_5 ve K_2O açısından ihtiyaç duyulan miktar = Tahmini üretim-Tahmini tüketim şeklinde oluşturdukları projeksiyon sonucu azot açısından kullanımın AB ülkelerindeki miktar olan 12 da/kg'ın, fosfor açısından 2,97 da/kg'ın ve potasyum açısından 3,31 da/kg'ın çok altında olması nedeni ile ithalat ve üretimin devam ettirilmesi gerektiği öngörülmüştür.

ICL endüstri Amsterdam’da asitleme yolu ile aktif çamur küllerinden PK’lı gübreler üretimi amacı ile yatırım yapmakta olup 2025 yılında tamamlanması düşünülmektedir (Langeveld, 2019). Silolar gravimetrik olarak akarken pnömatik yolla miksere taşınmaktadır. Yapılan asitleme ünitesi akım şeması aşağıdaki gibi temsili çizilmiştir (Şekil 4).

Karabacak (2021)'da atık çamur külünden fosfor kazanımı amaçlı ticari bazı süreçleri prensip ve etki/ürün listeleterek ortaya koymuştur (Çizelge 4). Üzerinde çalıştığı materyal BUSKİ örnekleri olup kül içeriği 2 farklı örnekte P_2O_5 % 17,36-11,49; K_2O içeriği 3,70-3,16 arasındır.

2.2. Yapılan Teknolojik Çalışmalar

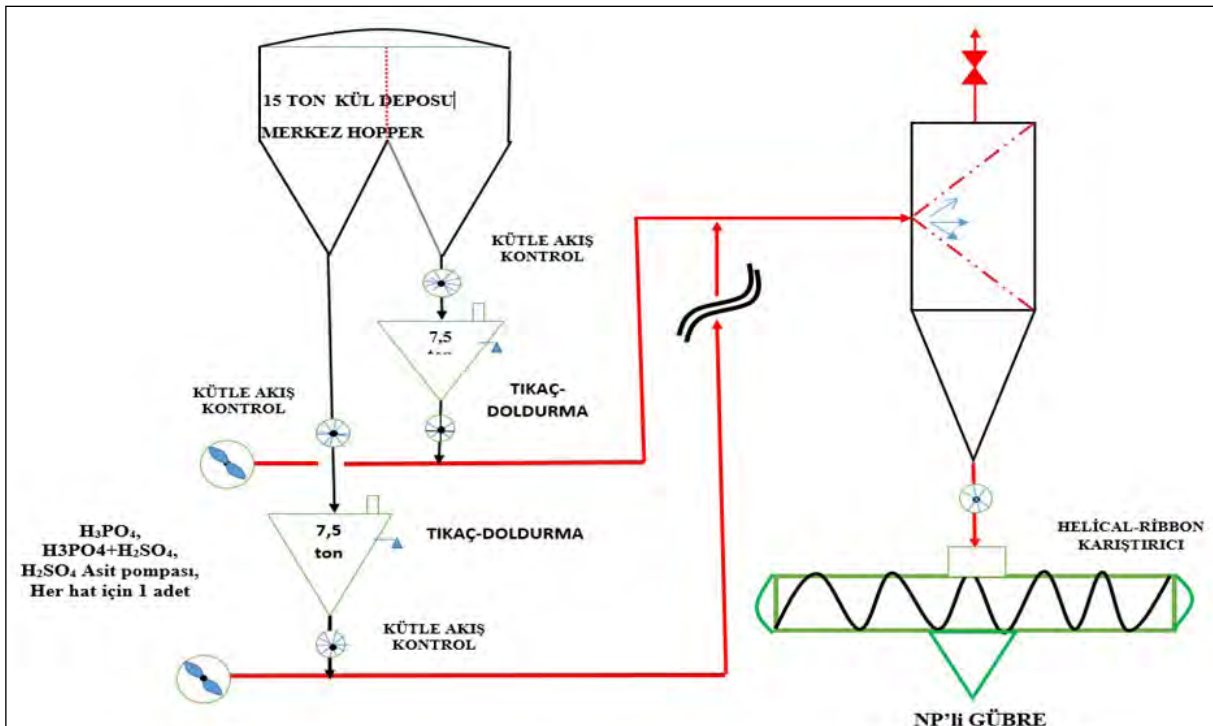
2.2.1. Malzeme

Santral küllerinin bertarafı ve ekonomiye kazandırılabilirliği üzerinde çok miktarda çalışma yapılmış olmakla birlikte, farklı olan santral külleri üzerinde ana yapıyı görmek için Sakarya ilinde kurulu bir biyokütle termik santrallinden alınan test örnekleri üzerinde XRF ile analize tabi tutulmuştur (Çizelge 5).

İlk gözlem olarak materyalde madencilik açısından 4 farklı örnek üzerinde P_2O_5 bileşiminin %13,72, K_2O içeriğinin %26,14, MgO ve CaO miktarlarının da yeterli seviyelerde olduğu, tuz ve Cl içeriklerinin %5'ler civarında olduğu görülmüştür. Yapının tamamen hayvan besleme amacı ile kullanılan yemler içerisinde gelen premik ve melas içeriğinden ayrıca P_2O_5 ve Ca içeriğinin yumurta kırık parçalarından kaynaklandığı düşünülmüştür.

2.2.2. Malzemelerde Mevsimsel Kimyasal Yapı Değişimin İzlenmesi

Malzemeler üzerinde ilk XRF analizlerinden sonra detaylı analizler yapılmıştır. Detaylı analizlerde gübre



Şekil 4- 15 t/h kapasiteli sürekli süreç olarak PK'lı gübreler üretimi için atık çamur küllerinden depolama, karıştırma taşıma ve asitlendirme amaçlı tesis akım şeması (Langeveld, 2019'dan modifiye edilmiştir).

Çizelge 4- Fosfor içeriği yüksek küllerden fosfor kazanımı amaçlı genel süreçler (Karabacak, 2021).

Metod	Referans	Prensip	Etki/ Ürün
Kimyasal Ekstraksiyon (Asit liçi)	Stark vd. 2006	HCl ile ekstraksiyon Ekstarkte edilen fosfor miktarının incelenmesi.	1 M HCl' de % 80'den fazla fosfor salımı gerçekleşmiştir. Fosforun yanı sıra ağır metaller de ekstrakte edilmiştir.
Kimyasal Ekstraksiyon (Baz liçi)	Stark vd. 2006	NaOH ile ekstarksiyon. Ekstarkte edilen fosfor miktarının incelenmesi.	1 M NaOH'da %50'den fazla fosfor salımı gerçekleşmiştir. Ekstrakte edilen ağır metal salımında asit liçine göre daha az olduğu belirlenmiştir.
Kalsiyum fosfat çöktürme	Franz, 2008	H ₂ SO ₄ ile ekstraksiyon İyon değişimi ile ağır metallerin çözeltilen uzaklaştırılması. Kireç suyu kullanılarak kalsiyum fosfatın çöktürülmesi.	Kalsiyum fosfat gübresi (yüksek fosfor, düşük ağır metal seviyesine sahip)
Strüvit çöktürme	Xu vd. 2012	HCl ile ekstraksiyon.İyon değişimi ile ağır metallerin uzaklaştırılması. MgCl ₂ .6H ₂ O ve NH ₄ Cl ilavesi. Mg:N:P oran ve pH ayarlama.	Strüvit eldesi (Yüksek fosfor biyo yararlanımına, düşük ağır metal seviyesine sahip)
Kimyasal ekstraksiyon (Şelat ajanı liçi)	Li vd. 2018	Şelat ajanları (EDTA ve EDTMP) ile ekstraksiyon. (Stark vd., 2006).	DTA'da yaklaşık %25, EDTMP'de %15 fosfor olduğu belirlenmiştir.
Termokimyasal Süreç	Adam vd. 2009	Külün klor donörüyle (MgCl ₂ /CaCl ₂) karıştırılması. 1000 °C sıcaklıkta ağır metallerin, ağır metal klorürleri şeklinde uçucu forma dönüştürülerek külden uzaklaştırılması.	Gübre olarak kullanılabilecek kül (biyo yararlanımı yüksek, ağır metal içermeyen)
Elektrodiyalitik Süreç	Guedes vd. 2014	H ₂ SO ₄ ile ekstarksiyon. Çözeltildeki fosforun anot elektrota, ağır metallerin katod elektroda taşınması.	Fosforca zengin çözelti (düşük ağır metal içeren)

yönetmeliğinde yer alan analiz yöntemi esas alınmıştır. Nemi 105°C'de alınmış mikronize haldeki malzeme kral suyunda çözünmüş Spektro ARCOS ICP-OES ile P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Na gibi ana bileşenler, ppm seviyesinde Cu, Zn gibi bitki besin elementleri ve Cd, Cr, Co, Ni, Pb, gibi toksik ağır metaller ve As analizleri TS EN 13650 standardına göre yapılmıştır (Çizelge 6).

Materyaller Bursa-BUSKİ'ye ait atık çamur külü, Sakarya, Manisa ve Konya yöresinden temin edilen tavuk altlığı yakan termik termik santral külleridir. Uzun bir mevsimsel periyod dahilinde toplam 101 adet örnek üzerinde çalışılmıştır (Şekil 5). Bu tür bir yaklaşımın sebebi mevsimsel etkiler, çiftlik atıklarının birbirinden farklılık göstermesi, kullanılan yem miktarları ve cinsi, yumurta üretimi ve etlik piliç, hindi üretimi, diğer kanatlıların üretimlerindeki değişimlerin gözlemlenmesidir.

2.3. Materyallerin H₂SO₄ ve H₃PO₄ İle Asitlendirme Çalışmaları

Öncelikle H₃PO₄ ve H₂SO₄ kullanarak 100 g başına değişik g/mol oranlarında asit ilavesi ile külden gelen P₂O₅'nin suda çözünür P₂O₅ olarak nasıl değiştiğine bakılmıştır. Asitlendirme aşamasında sıcaklık çok hızlı 90-110°C'lere kadar yükselmekte olup kontrollü şartlarda bu işlemin yapılması gerekmektedir. Maksimum 5 dk. İçerisinde reaksiyon tamamlanmakta, fakat hızlı soğuma sonucu sıcak dış macunu kıvamındaki asitlendirilmiş materyal soğuyarak katılaşmaktadır. Bu nedenle çok hızlı bir şekilde granül işlemi yapılmalıdır.

$$\text{Verim} = 100 * \frac{(\text{Külden kazanılan suda erir } P_2O_5 \text{ (g)})}{(\text{Külden gelen toplam } P_2O_5 \text{ (g)})}$$

Görüldüğü üzere 100 g termik santral külü başına (0,6 g/mol H₃PO₄ + 0,1 g/mol H₂SO₄) asit bile net %71,59'lık P₂O₅ kazanımı sağlamaktadır (Çizelge 7).

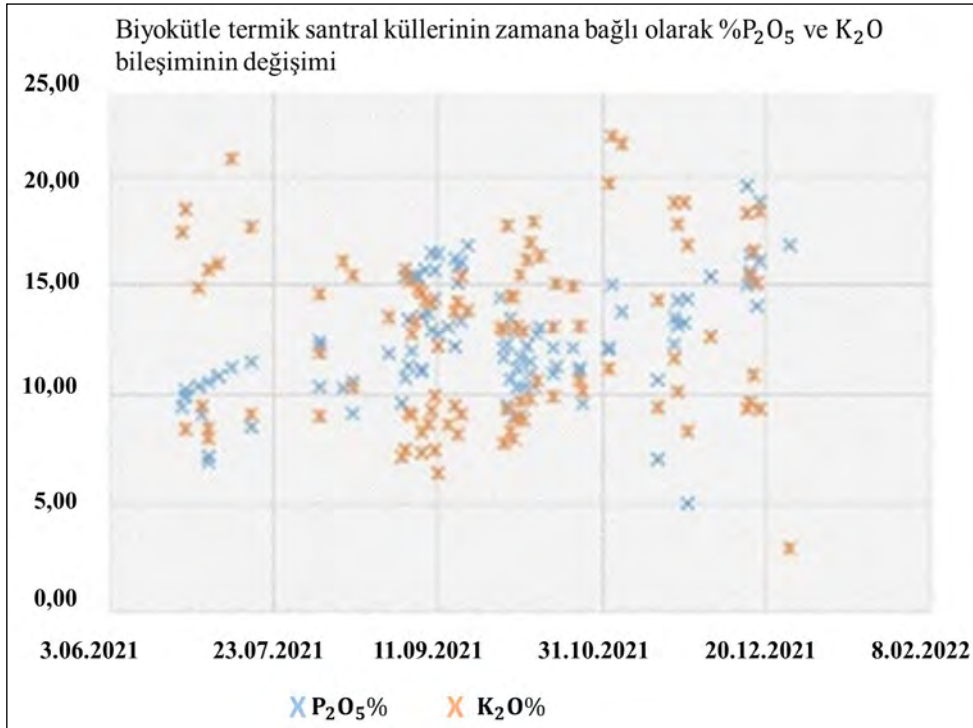
Çizelge 5- Tavuk altlığı ve tavuk gübresi yakan termik santralden alınan farklı örneklerin kimyasal analizi (% w/w).

	1	2	3	4	ORT
Al ₂ O ₃	0,87	1,43	2,96	1,9	1,79
Ateş kaybı	3,92	-	-	11,65	7,785
BaO		0,0283	0,0485		0,0384
Br		0,00845	0,00476		0,007
CaO	17,07	27,8	31	28,7	26,14
Cl		6,9	4,93	3,9	5,24
Cr ₂ O ₃		0,0127	0,00502		0,009
CuO		0,0815	0,0722		0,08
Fe ₂ O ₃	0,94	1,63	2,16	1,1	1,46
K₂O	25,57	22,3	16,4	14,7	19,74
MgO	9,28	3,98	5,2	4,8	5,82
MnO	0,5	0,52	0,586	0,3	0,48
MoO ₃		0,00528	0,00476		0,005
Na ₂ O	3,73	3,56	3,36	2,8	3,37
NiO		0,0175	0,0154		0,017
P₂O₅	17,79	10,8	13,4	12,9	13,72
PbO	-	-	0,00396	-	0,004
Rb ₂ O	-	0,0158	0,0171	-	0,016
SiO ₂	6,42	4,33	7,31	5,6	5,915
SO ₃	13,29	15,9	-	10,8	13,33
SrO	<0,05	0,147	0,25	0,1	0,167
TiO ₂	-	0,537	0,434	0,3	0,42
ZnO	0,87	1,43	2,96	1,9	1,79
ZrO ₂	3,92	-	-	11,65	7,785

Çizelge 6- Tavuk altlığı küllerinin bileşimi kimyasal karakterizasyonu (% w/w).

	Ort.%	Max %	Min %
P ₂ O ₅	12,38	19,53	4,98
K ₂ O	12,75	27,0	2,94
CaO	16,05	19,24	10,57
MgO	6,56	11,50	1,19
Fe ₂ O ₃	1,94	7,03	0,32
Al ₂ O ₃	4,75	16,97	2,88
Na ₂ O	6,47	27,38	4,79
Cd ppm	1	3	0
Cr ppm	121	995	16
Co ppm	8	25	3
Pb ppm	232	691	14
Cu ppm	432	1024	141
Zn ppm	950	3997	100
As ppm	15	27	3

Not:
 1-Kül numuneleri yüksek alkali karakterli olup pH(1/10) örneğe göre 11-13 aralığındadır.
 2-1 değerli katyon ve anyonlar tamamen suda çözünür formdadır.
 3-P₂O₅ açısından bağlı olduğu katyona göre % 0,5-1,5 arası suda çözünür formdadır.

Şekil 5- Biyokütle yakan Konya, Sakarya, Manisa ve Bursa-BUSKİ -Termik santral külleri bileşiminin mevsimsel (2021-2022 dönemi 8 ay) P₂O₅ ve K₂O değişimi.

Çizelge 7- Külün asitlendirme denemeleri (kütle balans hesapları).

	1	2	3	4
H29-Kül,	100	100	100	100
P ₂ O ₅ % 14,36, K ₂ O% 19,64, Al %1,98, Fe %1,44				
%85'lik H ₃ PO ₄	69,17	0	36,8	40
%75'lik H ₃ PO ₄	0	45	0	0
%98 H ₂ SO ₄	10	5	10	0
Su (g)	9,22	0	6	6,5
Toplam (g)	188,39	150	152,8	146,5
Son tartım (g)	174,95	140,63	143,25	133,03
% Nem	7,13	6,25	6,25	14,99
Toplam % P ₂ O ₅ (ANALİZ)	32,52	26,85	25,82	29,29
Suda çözünür % P ₂ O ₅ (ANALİZ)	30,1	20,79	20,16	21,89
% P ₂ O ₅ Suda/Toplam	92,55	26,85	78,07	74,74
H ₂ SO ₄ (gmol)	0,100	0,050	0,100	0,000
H ₃ PO ₄ (gmol)	0,600	0,344	0,319	0,347
H ⁺ (Toplam H ⁺) g/ 100 g kül	2,000	1,133	1,157	1,041
Külden gelen P ₂ O ₅ (g)	14,36	14,36	14,36	14,36
Total P ₂ O ₅ (g)	56,90	37,76	36,99	38,96
Suda çözünür P ₂ O ₅ (g)	52,65	29,24	28,87	29,12
H ₃ PO ₄ 'den gelen P ₂ O ₅ (g)	42,37	22,55	22,54	24,5
P ₂ O ₅ kazanımı (g)	10,28	6,69	6,33	4,62
NET Verim %	71,59	46,59	44,08	32,17

2.4. PK'lı Gübre Eldesi İçin Yapılan Çalışmalar

Bir büyük beher içerisinde daha önce tartılmış halde hazırlanmış %98'lik 14,7 g H₂SO₄ ve 96 g %75'lik BAGFAŞ'a ait H₃PO₄ üzerine alınan 100 g kül yavaş yavaş tamamı bitene kadar karıştırılır. Numune sıcaklığı 110°C'ye ulaşır. Bir miktar uçucu halde H₂O+O₂+CO+Cl vs. uzaklaşır. Ürün süspansiyon halde olup yavaş yavaş önce diğ macunu kıvamına ulaşarak daha sonra da katılaşır. Kırılan nihai ürün 105°C'de 1 gece kurutulur. Analize alınır.

Bu gübre ülkemiz mevzuatına göre ekonomik olabilecek 0-30-10 şeklinde satılabilecek bir gübre türüdür. Fosfor ve potasyum eksikliğinde kullanılabilir. Sadece üretim aşamasında helezonik bir taşıyıcıda asitlendirme yapılmalı materyal katılaşmadan granülleştirilmelidir. Endüstriyel uygulamalarda ayrı bir yol olarak granülasyon tamburunda ve aynı anda granülasyon yapılabilir. Bu çalışmada kullanılan kül; materyaller içerisinde rastgele seçilen P₂O₅ içeriği %14,36, K₂O içeriği %16,83 olan bir numunedir (Çizelge 8 ve 9). Sonuçlar özellikle suda

erir P₂O₅ miktarı ve diğer parametreler test edilerek doğrulanmıştır. Suda çözünür P₂O₅ analizi yönetmelik analiz metodu çerçevesinde yalnızca su ile çözünen P₂O₅ analizidir.

Çizelge 8- Külden üretilmiş yüksek fosforlu P-K gübresinin hazırlanması ve kimyasal bileşimi.

ADI	MIKTAR (g)
SANTRAL KÜLÜ	100,00
%75'lik H ₃ PO ₄ , BAGFAŞ)	96,00
%98'lik H ₂ SO ₄	14,70
TOPLAM	210,70
NET (kuru baz)	168,54
KİMYASAL BİLEŞİM (0-30-10+MgO+S)	
Suda Erir P ₂ O ₅ %	Min- % 30
K ₂ O %	9,99
Min SO ₃ %	10,09
CaO %	13,83
MgO %	2,51
Fe ₂ O ₃ %	0,73
ZnO %	0,39
MnO %	0,10

Çizelge 9- 0-30-10 tür bir inorganik gübre tasarım hesap tablosu.

	kg	%	P ₂ O ₅ kg	K ₂ O kg	S kg	Ca kg	Mg kg	Fe kg	Zn kg	Mn kg
Santral Külü	100	47,46	14,36	16,83	3,59	16,53	3,66	1,24	0,77	0,19
H ₂ SO ₄ % 98'lik	14,70	6,98	-	-	4,56	-	-	-	-	-
%75'lik H ₃ PO ₄ (BAGFAŞ)	96,00	45,56	52,09	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM kg	210,70	100,0	66,46	16,83	8,06	16,53	3,66	1,24	0,77	0,19
			P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	SO ₃ %	CaO %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %	ZnO %	MnO %
*Kuru baz % (Nem, CO ₂ , uçucular vs olmayan hali)	168,54	85,03	39,43	9,99	11,95	13,83	3,60	1,05	0,57	0,15
Suda çözünür form (min)	ANALİZ →		34,85	9,72	10,09	13,73	2,51	0,73	0,39	0,10

* Kuru baz, işlem sonucu 1 saat kurutmadan sonra (105 °C'de) kalan numune miktarıdır.
Ulusal kimyevi gübre mevzuatı dahilinde, analizler açısından uygunluğu test edilmiştir.

2.5. NPK'lı Gübreler Üretimi

Yukarıdaki örnekte olduğu gibi çok değişik uygulamalar ile değişik formülasyonlarda P-K bileşiminde inorganik gübreler üretimi mümkündür.

Bu gübreler özellikle meyve ve sebze gübreleme uygulamalarında tavsiye edilebilir. Çizelge 10'da iki adet özel gübre formülasyonu verilmiştir. Üretimin yönetmelik çerçevesinde analizler ile doğruluğu test edilmiştir.

Çizelge 10- 2 farklı NPK'lı inorganik gübre formülasyonu.

	10-10-10+MgO (kg)	7-21-9+MgO (kg)
Santral Külü	100,00	60,00
%98'lik H ₂ SO ₄	45,00	18,00
%75'lik H ₃ PO ₄	19,00	28,00
Üre	42,00	16,25
K ₂ SO ₄	5,00	-
TOPLAM	211,00	122,25

2.6. NPK-lı Organomineral Gübreler Üretimi

Çalışmalarda Elmo (1995) süreci çerçevesinde üretim yapılmıştır. N-P-K majör ve minör elementler açısından hesaba dökülmüş kütle balansı programı ile çalışılmıştır.

Laboratuvar ölçeğinde yapılan üretim çalışmalarında izlenen yol, mikronize hale getirilmiş organik + inorganik materyal (kül+ inorganik gübreler) hesaplanan oranda H₂SO₄ ve/veya H₃PO₄ ile aynı anda çok iyi bir şekilde karıştırılır. Yaklaşık 2 saatlik bir karıştırma sonucunda pH (1/10) ölçümü yapılır. Çıkan ürün 70°C'de 1 saat hijyenizasyona (ısıtıl işlem) tabi tutulmuştur. pH 4,5-7 arasında kalacak şekilde sıvı %7'lik amonyak çözeltisi ile karıştırılarak nötrale edilmiştir. Fındık gübresinin pH değeri 7,5-8,5 aralığına çekilmiştir. Burada esas kriter; organik gübre yönetmeliğine uygun vasıfta, bileşim ve ağır metal içerikleri belirli bir değeri aşmayan organik ve inorganik yapının karışımı inorganik gübrelere göre daha etkili bir gübre üretimidir. Kullanılan organik madde leonardid olarak tanımlanan organik madde içeriği %65, humik+fulvik asitler toplamı %42 olan ticari bir üründür.

Üre, DAP, K₂SO₄ bileşimi test edilmiş ticari gübre örnekleridir. Ekonomik açıdan bu materyaller borlu, demirli, çinko ve manganlı sülfatlar vb. gibi daha da çeşitlenebilir. Üretilen gübreler analiz edilerek (Çizelge 11) üretilebilirliği ve yönetmeliğe uygunluğu test edilmiştir. Burada Karadeniz bölgesi toprakları için özellikle fındık gübreleme amaçlı 10-6-6, meyve ve sebze yetiştiriciliği amacı ile 10-10-

Çizelge 11- Değişik NPK'lı organomineral gübre bileşimleri.

Bileşen	10-6-6 Fındık Gübbresi	10-10- 10+MgO+ Fe ₂ O ₃ Meyve -Sebze amaçlı	8-20-7 + 2MgO Genel amaçlı
Santral Külü (H29)	29,8	-	32,79
BUSKİ-Kül	-	22,57	1,95
H ₂ SO ₄ %98'lik	11,63	11,29	3,90
H ₂ O	1,45	-	-
H ₃ PO ₄ %85'lik	3,49	7,90	15,59
Üre	13,96	18,06	10,71
Diamonyum Fosfat (DAP)	-	4,51	10,71
Mono Potasyum Fosfat (MKP)	0,06	-	-
Leonardit	31,27	18,06	23,38
Melas-Şlempe	-	-	0,19
Potasyum sülfat (K ₂ SO ₄)	0,29	17,61	0,49
Sıvı Amonyak %7'lik	7,27	-	0,10
Çinko Sülfat (ZnSO ₄ .7H ₂ O)	0,29	-	0,19
Borik asit (H ₃ BO ₃)	0,49	-	-
TOPLAM	100,00	100,00	100,00

10 ve DAP eşdeğeri organomineral NPK'lı 3 örnek verilmiş olup, çalışmalarda mikronize edilmiş organik ve inorganik katı faz karışımı üzerine asitler yavaş yavaş ve kademeli olarak en son ise pH kontrolü amacı ile sıvı %7'lik amonyak verilmiş olup, 1 gün dinlendirilmesinden ve granül aşamasından sonra direkt pazarlanabilecek gübreler elde edilmiştir. Üretilen gübreler yönetmelik çerçevesinde analiz edilmiş satılabilir vasıfta olduğu gözlenmiştir. Gübre %15'ten daha az nemli olup direk granülasyon ile 4 mm tanecik boyutunda satılabilir bir gübredir.

3. Sonuçlar

Ülkemiz sanayisine mahsus olarak bu tür özel küller son yıllarda ortaya çıkmış olup sadece termik santral girdi malzemelerinin özelliğinden kaynaklanmakta; uygulamada çoğu zaman ağırlıklı olarak tavuk çiftlikleri talaşlı atığı (tavuk gübbresi) kullanılmakta ise de, kullanılan yem ve etlik-yumurtalık tavuk işletme farklılıklarından kül bileşiminde farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Yine de sektörde kullanılabilecek

yapıdadır. Ayrıca bazı işletmeler tavuk altlığına kazan sistemine besleme öncesi farklı organik materyali (odun, kereste vs gibi) pelet halinde katmaktadır. Yakıt olarak bu malzemeler yüksek uçucu madde içeren kuru halde hayvan gübbresi (tezek) gibi yanan malzemelerdir.

Tarım uygulamalarının sürdürülebilirliği, insan sağlığı ve doğal çevrenin korunması açısından bakıldığında mevcut sistemin uzun süre devam ettirilemeyeceği, gıda güvenliği ve insanlığın refah düzeyinin korunması açısından gelecekte önemli risklerle karşılaşılacağı açıktır. İleriki yıllarda kül yapıları kısmen fosfor ve potasyum açısından değişebilecek olsa da iyi bir potas ve fosfor kaynağı olarak ortaya çıkmıştır.

Ayrıca benzer fakat daha kirli yapıda olan kanalizasyon arıtım çamurlarının yakılması sonucu oluşan kentsel atıklar daha yüksek P₂O₅ ihtiva etse de içerdikleri Al, Fe içerikleri nedeni ile işlenmesi daha zor malzeme olarak ortaya çıkmaktadır. Ülkemiz çevre mevzuatına göre şu an bu malzemelerin tarımda kullanımına izin verilmemektedir. Fakat bu yapı atık çamurlar için olup 750-1100°C aralığında tamamen yanmış patojenik açıdan sorunu kalmamış bu malzemelerin fosfor kaynağı olarak yurtdışında olduğu gibi yurt içinde de kullanımına izin verilmesi ekonomiye katkı sağlayacaktır.

- Araştırma kapsamında çok net bir şekilde ülkemizde fosfor ve potasyum kaynağı olarak biyokütle kökenli özellikle tavuk çiftlik atığı gübrelerin yakıldığı termik santral külleri büyük bir alternatif malzeme olarak ortaya çıkmıştır.
- Kül içerikleri olarak P₂O₅ açısından 0,6 g/mol/100 g kül başına H₂SO₄ veya H₃PO₄ uygulaması sonucu %70'ler civarı suda çözünür P₂O₅ haline gelebilmektedir.
- Kül içeriğinde yer alan K₂O ise Cl ve Na gibi tamamen suda çözünür pozisyonunda olup potasyum açısından direkt tarımda kullanılabilecek vasıftadır. Özellikle meyve, sebze ve ağırlıklı olarak üzüm bağlarında kimyevi gübre olarak ulusal mevzuatımıza uygundur.

- K_2O içeriğinin tamamen suda çözünür olması nedeni ile potasyum madenciliği açısından basit flotasyon teknikleri ile kolaylıkla KCl , KCO_3 olarak kazanılabileceği veya direkt sıvı kısmın buharlaştırılması ile %50-70 K_2O aralığında yüksek potas içerikli gübre hammaddesi üretilebilirliği öngörülmektedir. Ayrıca çözünen K bileşiklerinin sülfolanması (H_2SO_4) ile Cl 'den arındırılmasında da yardımcı olacaktır.
- Mevcut malzeme yataklarından inorganik ve organik gübre sektöründe çok değişik alternatifte gübreler üretilebilirliği ortaya çıkmıştır.
- Dünyada özellikle tavuk çiftlik atığı gübrelerin yakılarak enerji eldesi ülkemize ait bir uygulama olup zaman içerisinde bu kül miktarlarının günlük 1000 ton/günlere ulaşacağı tahmin edilmektedir.
- Bu çalışmada yer alan şehir endüstriyel arıtma çamuru külleri diğer biyokütle küllerine göre fosfor açısından %18'ler civarına yükselmekte, potasyum ise %3-5'ler civarına kadar düşmektedir. İlerisi için yüksek atık potansiyelleri ile değerlendirilebileceği görülmektedir. Sadece bu atıklar incelenen tavuk çiftlik atıklarından ağır metal kirliliği açısından daha kirli olup kaya fosfat yataklarına göre kimyasal açıdan daha temiz gözükmektedir. Endüstri özellikle inorganik gübrelerde bunu tolere edebilmektedir.

Değerilen Belgeler

- Adam, C., Peplinski, B., Michaelis, M., Kley, G., Simon, F.G. 2009. Thermochemical treatment of sewage sludge ashes for phosphorus recovery. *Waste Management*, 29(3): 1122–1128.
- Becker, P. 1989. *Phosphate and Phosphoric Acid: Raw materials, Technology and Economics of wet Process*. Second Edition, Marcel Dekker, New York.
- Bhalla, S. K., Gregory, J., Deven, K., Sarabjit, S., Michael, A. R. 2019. Process for manufacturing liquid and solid organic fertilizer from animal manure. US Patent No: 10, 343, 953 B2.
- Bhalla, S. K., Hooper, D. K., Laughlin, M. A., Casassa, J. 2022. Nutritional compositions for plant and soil. U.S. Patent No. 11,299,437.

- Çöteli, M., Polat, H. 2009. Türkiye asit karakterli topraklarda ham kaya fosfatların kullanımı. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ekonomi Bülteni*.
- DPT. 2008. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik ÖİK Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Kimya Sanayii Çalışma Grubu Raporu, 571, 522-542.
- Elmo, C. R. 1988. Fertilizer and Method. US Patent No:4.743.287
- Elmo, C. R. 1995. Method and Apparatus for Producing Organic Based Fertilizer in Continuous Process. US Patent No: 5.393.317.
- Eroğlu, G., Şahiner, M. 2020. Dünyada ve Türkiye’de Polihalid. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etüdları Dairesi*.
- Eyüpoğlu, F. 2002. Türkiye Gübre Gereksinimi Tüketimi ve Geleceği. *KHGM- TGAE Genel yayın 2, Ankara*.
- Franz, M. 2008. Phosphate fertilizer from sewage sludge ash (SSA). *Waste Management*, 28: 1809–1818.
- Gowariker, V., Krishnamurty, V. N., Gowariker, S., Dhanorkar, M., Paranjape, K. 2008. *The Fertilizer. Encyclopedia*. John Wiley and Sons Inc. Publication, Canada.
- Gökhan, G., Kahraman, E., Başpınar, M., Serhat, İ. 2008. Uçucu Kül Bölüm I: Oluşumu, Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları. *Yapı teknolojileri Dergisi* 2, 85 -94.
- Guedes, P., Couto, N., Ottosen, L.M., Ribeiro, A.B. 2014. Phosphorus recovery from sewage sludge ash through an electrodialytic process. *Waste Management*, 34: 886-892.
- Karabacak, E. 2021. Arıtma çamuru yakma fırını küllerinden fosfor geri kazanımı. *Bursa-Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi*.
- Khomplekou, K., Tabatabai, M. A. 1994. Metal Content of Phosphate Rock. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25, 2871 – 2882.
- Krishnamurti, G. S. R., Huang, P. M., Van Rees, K. C. J., Kozak, L. M., Rostad, H. P. 1995. Speciation of particulate-bound cadmium of soils and its bioavailability. *Analyst* 120, 659–665.
- Kütük, C. 2023. Boludaki tavuk dışkılarından Kompost Gübre olarak yararlanılması. *TAİM* 1, 10, 40 – 46.

- Langeveld, K. 2019. Phosphorus Recovery into Fertilizers and Industrial Products by ICL in Europe. *Phosphorus and Recycling* 235 - 252.
- Li, J.S., Chen, Z., Wang, Q.M., Fang, L., Xue, Q., Cheeseman, C.R., Donatello, S., Liu, L., Poon, C.S. 2018. Change in re-use value of incinerated sewage sludge ash due to chemical extraction of phosphorus. *Waste Management*, 74: 404-412.
- Lopez-Mosquera, M. E., Cabaleiro, F., Sainz, M. J., López-Fabal, A., Carral, E. 2008. Fertilizing value of broiler litter: Effects of drying and Pelletizing. *Bioresource Technology* 99, 13, 5626–5633.
- Marti, N., Pastor, L., Bouzas, A., Ferrer, J., Seco, A. 2010. Phosphorus recovery by struvite crystallization in WWTPs: Influence of the sludge treatment line operation. *Water research* 44(7), 2371-2379.
- McLean, E. O., Brown, D. A., Hawking, C. A. 1952. Comparative evaluation studies on rock and superphosphate (Vol. 528). Agricultural Experiment Station, University of Arkansas, College of Agriculture.
- MEW. 2000. Phosphate rock. In *Metals and mineral annual review*. The Mining Journal 110-122.
- Millsaps, C. R., Reiter, M. S., Whitehurst, B. M., Whitehurst, G. B., Maguire, R. O., Thomason, W. E. 2021. Granulated Poultry Litter Ash Acidulation and Physical Characteristics. *Transactions of the ASABE* 64(4), 1227-1235.
- Nunn, R. J., Dee, T. P. J. 1954. Superphosphate production: the Influence of various factors on the speed of reaction and the composition of the product. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 5(6), 257-265.
- Özbek, B., Uçaroğlu, S. 2022. Farklı hayvan gübrelerinin kompostlaştırılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi* 27, 1.
- Polat, H., Çöteli, M. 2013. Düşük tenörlü kayafosfat yataklarından piroitik asitlerle fosforlu gübre üretimi ve üretilebilecek gübrelerin tarımda kullanım olanaklarının araştırılması. KHGM. 05310A01 no.lu araştırma projesi sonuç raporu.
- Polat, H., Çöteli, M., Gencer, İ. 2007. Düşük tenörlü fosfat kayalarının basit nitrolanması ile gübre üretilirliği üzerine bir araştırma. *Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*. 21(43):(2007) 30:36.
- Regard, T., Brentnall, B. A., Rauman – Aalto, P. 1991. ULLMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry. Phosphate fertilizers 19, 421 – 463.
- Schultz, H., Bauer, G., Schachl, E., Hagedorn, F., Schmittinger, P. 2000. Potassium compounds. ULLMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry.
- Stark, K., Plaza, E., Hultman, B. 2006. Phosphorus release from ash, dried sludge and sludge residue from supercritical water oxidation by acid or base. *Chemosphere*, 62: 827– 832.
- TAGEM.2018. Gübre Sektör Politika Belgesi 2018-2022. TAGEM teknik yayın.
- TS EN-13650.2002.Toprak Islah edici ve gelişim düzenleyici-Kral suyunda çözünebilir elementlerin özetlenmesi. TSE.2002
- U. S. Bureau of Mines. 2001. Mineral commodity summaries (1981-2001), Phosphate rock. Washington, C. U . S. Department of the Interior.
- Ülgen, N., Alkan, B. 1984. Kaya Fosfat ve Tarımda Yeri. *Topraksu* 746.
- Ülkü, S. 1980. Türkiye Fosfat Yatakları ve Nitrofosfat, Süper Fosfat Üretimi. Ege Üniversitesi Kimya Fakültesi Doçentlik Tezi.
- Xu, H., He, P., Gu, W., Wang, G., Shao, L. 2012. Recovery of phosphorus as struvite from sewage sludge ash. *Journal of Environmental Sciences*, 24(8): 1533-1538.



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



Çatalçam (Soma-Manisa) polimetal sahasının madencilik öncesi mevcut çevresel ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

Serkan PALAS^{a,*}, Ecenur BULUR^a, Mesut Gökhan GÜMRÜK^a, Özden İLERİ^a, Tunç İSLAMOĞLU^a, Hayri Taner GÜNDÜZALP^b ve Yasin BALCIOĞLU^b

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Çevre Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Ankara

^bTurkish Petroleum International A.Ş. (TPIC), Ankara

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Çevre jeokimyası,
Hidrojeokimya, Jeokimyasal
temel değer, Kirlilik
Parametreleri, Soma-
Çatalçam

ÖZ

Sediman ve su verilerinin jeokimyasal sonuçlarının belirlenmesi ve jeokimyasal anomalilerin değerlendirilmesi arama hedeflerinin tanımlanmasında ve çevresel faktörlerin belirlenmesinde kritik bir role sahiptir. Çatalçam (Soma-Manisa) metalik maden sahasında madencilik öncesi gerçekleştirilen bu çalışma kapsamlı istatistiksel analizlerle, çalışma bölgesinin jeolojisi ve mevcut antropojenik etkileri dikkate alınarak sediman, su verileri ile çevresel parametrelerin temel değerlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Araştırma sonuçları, madencilik faaliyetleri sırasında ve sonrasında yapılacak ölçümler ve değerlendirmelerle karşılaştırma yapmayı sağlayacaktır. Ağır metal birikimi ve çevre jeokimyasına yönelik analizler için 28 adet toprak ve dere sedimanı örneği alınmıştır ve kirlilik parametrelerine göre değerlendirilmiştir. Hidrojeokimyasal ve su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 23 adet su örneği alınmıştır. Bulgular, ağır metal kirlenmesinin özellikle çalışma alanının güneydoğusunda lokalize olduğunu göstermektedir. Özellikle alterasyon süreçleri gibi jeolojik faktörler, toprak ve sedimandaki ağır metal konsantrasyonlarındaki farklılıklara önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Kirlilik Yükü İndeksi (PLI) değerlendirmesi, 21 örneğin kirlenmemiş olduğunu, diğerlerinin ise eşik değerlerini aştığını ortaya koymaktadır. Yüzey ve yeraltı suyu kalitesi ağır metal içeriği yönünden I., II. ve III. sınıf, yalnızca bir örnek yüksek As seviyelerinden dolayı IV. sınıfa düşmektedir ve bu numune alım noktası hariç alınan tüm örnekler Wilcox diyagramına göre çok iyi-iyi kullanılabilir su sınıflama kalitesinde yer almaktadır. Bu çalışma, endüstriyel etkinin olmadığı bir ortamda, jeolojik dinamiklerin toprak ve su anomalileri üzerindeki etkisini göstererek, madencilik sırasında ve sonrasında sürdürülebilir çevre yönetimi için temel referans değerleri sağlamaktadır.

Gönderim Tarihi: 03.10.2023

Kabul Tarihi: 13.11.2023

Keywords:

Environmental geochemistry,
Hydrogeochemistry,
Geochemical baseline,
Pollution parameters, Soma-
Çatalçam

ABSTRACT

An The determination of geochemical results belong to sediment and water and the assessment of geochemical anomalies play a critical role in defining exploration targets and elucidating environmental factors. This study, conducted prior to mining activity in the Çatalçam (Soma-Manisa) mineralisation area, aims to determine the baseline values of sediment, water samples, and environmental parameters, accounting for the geological and prevailing anthropogenic influences of the area through comprehensive statistical analyses. The research results will facilitate future comparisons with measurements to be made during and after mining operations. To assess heavy metal accumulation and environmental geochemical analyses, 28 soil and stream sediment samples were collected and evaluated according to pollution parameters, and 23 water samples

Received Date: 03.10.2023

Accepted Date: 13.11.2023

Atf Bilgisi: Palas, S., Bulur, E., Gümrük, M. G., İleri, Ö., İslamoğlu, T., Gündüzalp, H. T., Balcıoğlu, Y. 2023. Soma Çatalçam Polimetal Sahasının Madencilik Öncesi Mevcut Çevresel ve Jeokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 4, 17-45.

*Başvurulacak Yazar: Serkan PALAS, serkan.palas@mta.gov.tr

to determine hydrogeochemical and water quality parameters. The results suggest that heavy metal pollution is particularly concentrated in the southeastern part of the study area. Notably, geological factors, such as alteration processes significantly contribute to the variations in heavy metal concentrations in soils and sediments. The Pollution Load Index (PLI) assessment reveals that 21 samples are unpolluted, while the remaining samples exceed threshold values. Surface and groundwater quality was classified into I., II., and III. classes in terms of heavy metal content, with only one sample being categorized as class IV due to elevated levels of arsenic (As). Except the sample with high As content, all other samples demonstrated excellent to permissible water quality on the Wilcox diagram. The study emphasizes the profound impact of present geological dynamics on soil and water anomalies on contamination patterns without industrial activity, serving as baseline references for sustainable environmental management during mining and beyond.

1. Giriş

Son yıllarda, çevresel kirleticilerin ekosistemlere doğrudan veya dolaylı etkileri giderek artış göstermiş ve bu etkiler, sürdürülebilir çevre yönetimi çerçevesinde incelemek üzere ele alınmıştır. Araştırmalar, özellikle sanayi faaliyetlerinin artmasıyla ağır metallerin önemli kirleticiler arasında yer aldığını ortaya koymaktadır. Genellikle yoğunluğu 5 g/cm³'ün üzerinde olan metaller ağır metal olarak tanımlanmaktadır. Genellikle, silikat, karbonat oksit ve sülfür içeren bileşimleriyle yerkürenin tamamında katı veya eriyik halde bulunurlar. Ancak insan kaynaklı faaliyetler sonucu ortama salınan ağır metaller, su, toprak, bitkiler ve balıklar gibi canlıların yaşam alanlarında kirliliğe neden olmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003).

Ağır metaller havaya salındığında, toprak, bitkiler ve besin zinciri aracılığıyla insanlar ve hayvanlar için tehlike oluşturan bir yolla yayılırlar. Ayrıca, insanlar ve hayvanlar ağır metalleri soluyarak da alabilirler ve endüstriyel atık sularının içme suyuna karışma riski de mevcuttur. Bu metallerin belirli konsantrasyonlarda bulunması canlılar için gereklidir ancak fazla miktarlarda olması geri dönüşü olmayan zararlara yol açabilir. Su ve sedimanlarda birikim, su ve sedimanlar arasında geçiş şeklinde hidrojeokimyasal özelliklere bağlı olarak gerçekleşir. Hem su hem de sediman kullanımı, farklı canlı türlerinin bu metallerle etkileşimini etkiler.

Ülkemiz, jeolojik olarak karmaşık bir yapıda olup zengin maden potansiyeline sahiptir. Ancak madencilik faaliyetleri sürdürülebilir kalkınma prensipleriyle örtüşmediği için sıklıkla eleştirilere maruz kalır. Bu

eleştiriler genellikle, çevresel tahribatın madencilik kaynaklı olduğu yanılgısından kaynaklanır ve işletme sırasında veya sonrasında alınan ölçümlerle desteklenir. Maden sahalarının işletilmesi ticari kazanç sağlarken çevresel kalitede değişikliklere neden olur ve potansiyel maden sahalarının işletilmesi, ekosistem hizmetlerinde değişikliklere yol açar. Bu süreçte çevresel faydalar ve maliyetler ortaya çıkar. Çevresel maliyetler, ekosistem hizmetlerinin kaybı ve ortama salınan emisyonlarla ilişkilidir. Faydalar ise ticari gelir, erozyon kontrolü, karbon depolama, biyoçeşitlilik ve doğal yaşam alanı oluşturma sağladığı ekosistem hizmetlerinin parasal değerini içerir. Bu değişikliklerin fayda-maliyet analizi, sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır (Demirbugan, 2019 a, b, c).

Proje kapsamında kuruluşumuza ait metalik, endüstriyel ve enerji hammaddeleri sahalarında madencilik öncesinde mevcut durumlu çevresel jeokimya prospeksiyonu yapılmıştır. Bu kapsamda sediman, toprak, su ve bitkide çevresel jeokimya temel değerleri bölgenin jeolojisi ve mevcut antropojenik etkiler gözönüne alınarak çok yönlü istatistiksel hesaplarıyla belirlenmeye çalışılmıştır. İşletme sırasında veya sonrasında alınacak ölçümler ve değerlendirmeler ile karşılaştırma yapılabilecek bir veri tabanı oluşturulması projenin temel amacıdır. Potansiyel maden alanları kavramı kuruluşumuzun devam eden çalışma alanları ile ruhsat sahası içerisinde maden tespit edilerek buluculuk hakkı elde edilen sahalar anlamına gelmektedir.

Çevresel açıdan, kuruluşumuzun misyon ve vizyonuna uygun olarak yerbilimleri eksenli materyal ve yöntem geçerli olmak üzere; alıcı ortamların öncel

çevresel jeokimya temel (background) değerleri ve varsa ortamda insan kaynaklı emisyonlar mevcut ortam özelliği anlamında; dere sedimanı, yüzey suyu (dere ve/veya göl), yeraltı suyu, toprak ve bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının madencilik veya endüstriyel faaliyetler öncesindeki değerleri çevresel jeokimya ve hidrojeokimya temel (background) değerleri anlamında kullanılmaktadır.

2. Çalışma Alanı ve Jeolojisi

Çalışma alanı Manisa ili, Soma ilçesi Çatalçam mahallesinde Manisa-Soma-Kiraz ruhsat sahasında, 1/25.000 ölçekli J18-b2 ve b3 paftalarında bulunmaktadır (Şekil 1). Çatalçam-Kiraz (Soma-Manisa) ruhsat sahası, Biga Yarımadası'nın güney-güneydoğusunda, Manisa ili Soma ilçesinin ise 30



Şekil 1- Çalışma alanının yer bulduru haritası.

km kadar kuzeybatısındadır. Soma ve civarındaki termik santraller bölgenin en büyük geçim kaynağını oluşturmaktadır. Çalışma alanının güneyinde bir adet jeotermal tesis (kaplıca) bulunmaktadır.

Çalışma sahasının temelini, kuzey-kuzeydoğusunda dar bir alanda yüzeyleyen Alt Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi oluşturur. Karakaya kompleksi içerisinde Oligo-Miyosen yaşlı granodiyorit bileşimli Terziler granodiyorit sokulum yapmıştır. Çalışma alanında ayrıca Alt Miyosen yaşlı Yüreklı dasiti, Yuntdağ volkanitleri ve yanalda ve düşeyde geçişli Soma formasyonu, Çatalçam sokulumu, dere yatakları ve düzlüklerinde yaşı Kuvaterner olan alüvyonlar yüzeylenmektedir (Şekil 2, 3) (Sarı vd., 2019).

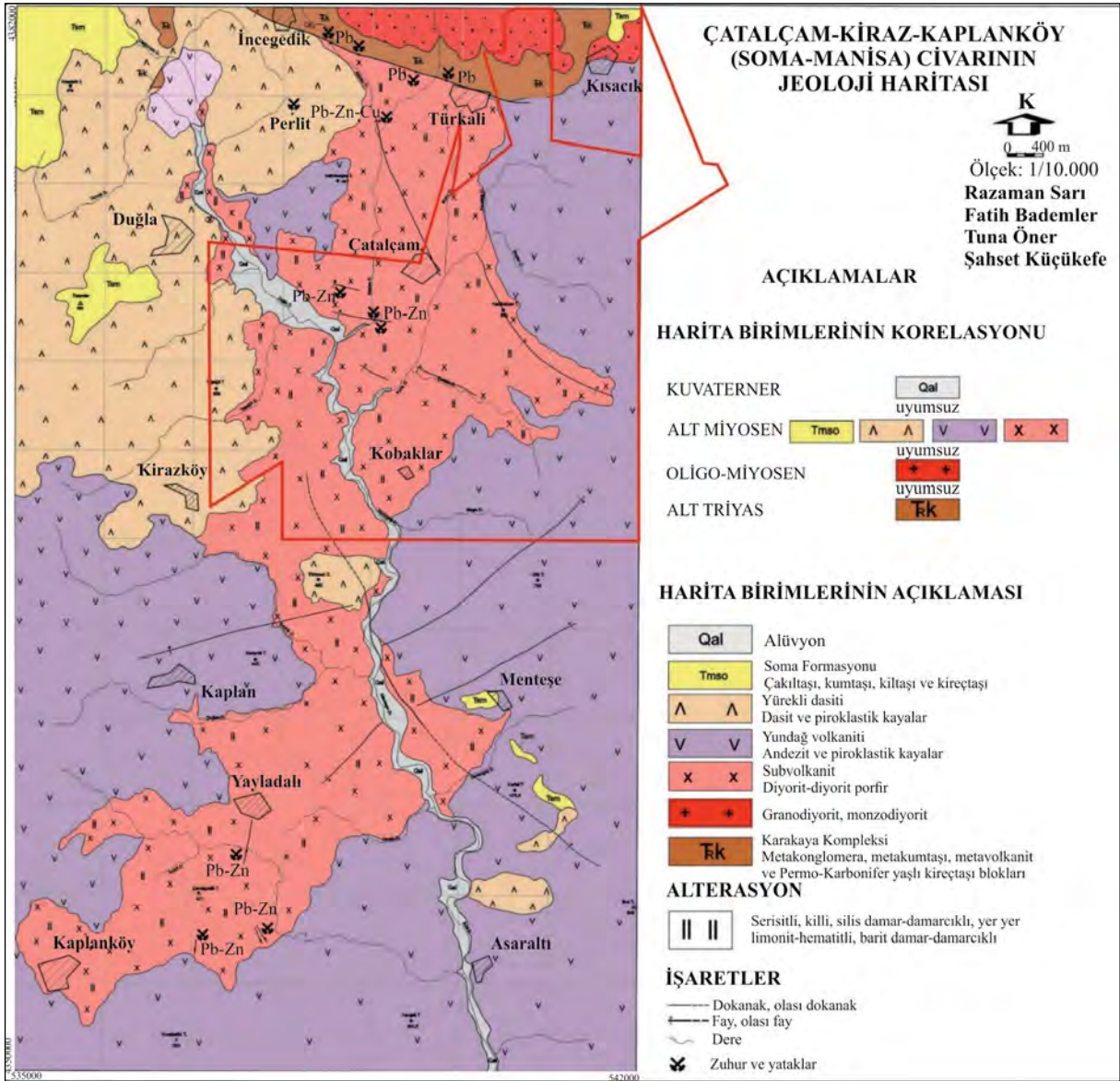
Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi çakıltası, feldispatlı kumtaşı, silttaşı, kuvarsit, çamurtaşı,

sleyt, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı ile değişik boyutlarda Karbonifer ve Permien kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır (Bingöl, 1974). Karakaya kompleksi içerisinde sokulum yapan Terziler granodiyorit, yeşilimsi, gri, koyu gri renkli, hipidiomor tanesel dokulu, ortaklas, plajioliklas, kuvars, horblend, biyotit ve apak mineraller ile tali olarak sfen, zirkon, apatit içerir (Ercan vd., 1984). Karakaya kompleksi ile Terziler granodiyorit dokanaklarında yer yer gelişen kontakt metamorfik zon içerisinde Cu-Pb-Zn-Fe cevherleşmeleri gözlenmektedir (Sarı vd., 2022).

Havzanın temelini oluşturan Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi üzerine sokulum yapmış Terziler granodiyoritinin üzerine gelen; gri ve beyaz renkli, el numunesinde kuvars ve biyotit minerallerince zengin bol kayaç parçalı asidik bileşimli lav ve piroklastikler Yüreklı dasiti olarak adlandırılmıştır ve

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	GRUP FORMASYON	ÜYE	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
SENZOYİK	TERSİYER	MIYÖSEN	ALT	Subvolkanit			Alüvyon
				Soma			Serisitli, killi, ağsal silis damar-damarcıklı profirik dokulu Kumtaşı, çakıltası, kiltası, marn, kireçtaşı
MESOZOYİK	TRİYAS	ALT		Yundağ Volkanitleri			Andezir ve piroklastik kayalar
				Yüreklı Dasiti			Dasit ve piroklastik kayalar
				Karakaya Kompleksi			Granodiyorit
							Metakonglomera, metakumtaşı, metaçamurtaşı, metavolkanit, metaspilit, metadiyabaz, metatüf, değişik boyutlu kireçtaşı bloku

Şekil 2- Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Sarı vd., 2022).



Şekil 3- Çalışma alanını içine alan bölgenin jeoloji haritası (Sarı vd., 2019).

görsel çökellerle arıdalanmalı olarak yayılım gösterir (Akyürek ve Soysal, 1978). Çalışma sahasında gri, koyu gri ve bordo renklerde gözlenen Yundağ Volkaniti andezit, bazaltik andezit, traki andezit bileşimli lavlardan ve piroklastik kayalardan oluşur (Duru vd., 2008). Soma formasyonu, genellikle sarı, beyaz, boz-gri renkli killi kireçtaşı, marn, kil, miltaşı, kumtaşı, tüfit, ve çakıltı arıdalanmalı yer yer ekonomik linyit seviyesindedir. Akarsu yataklarında, Kuvaterner yaşlı çakıl, kum ve silt tane boylarından oluşan tutturulmamış alüvyon çökeller; Kara Dere, Değirmen Dere, Köy Dere, Maden Dere ve Duğla Dere yatağı boyunca izlenir (Sarı vd., 2019).

3. Materyal ve Metot

3.1. Arazi Öncesi Büro Çalışmaları

Proje kapsamında cevher veya enerji hammaddeleri etütleri yapılmış ve raporlaştırılan sahaların buluculuk sınırları koordinatları poligon haline getirilmiştir. Buluculuk sınırı bir maden işletmesinin (ocak) ulaşabileceği maksimum sınırlarını temsil etmektedir. Madencilik faaliyetleri sonucunda oluşma ihtimali bulunan ağır metal emisyonlarının maden işletmesinin sınırlarından dışarıya doğru salınım yapması beklenmektedir. Bu

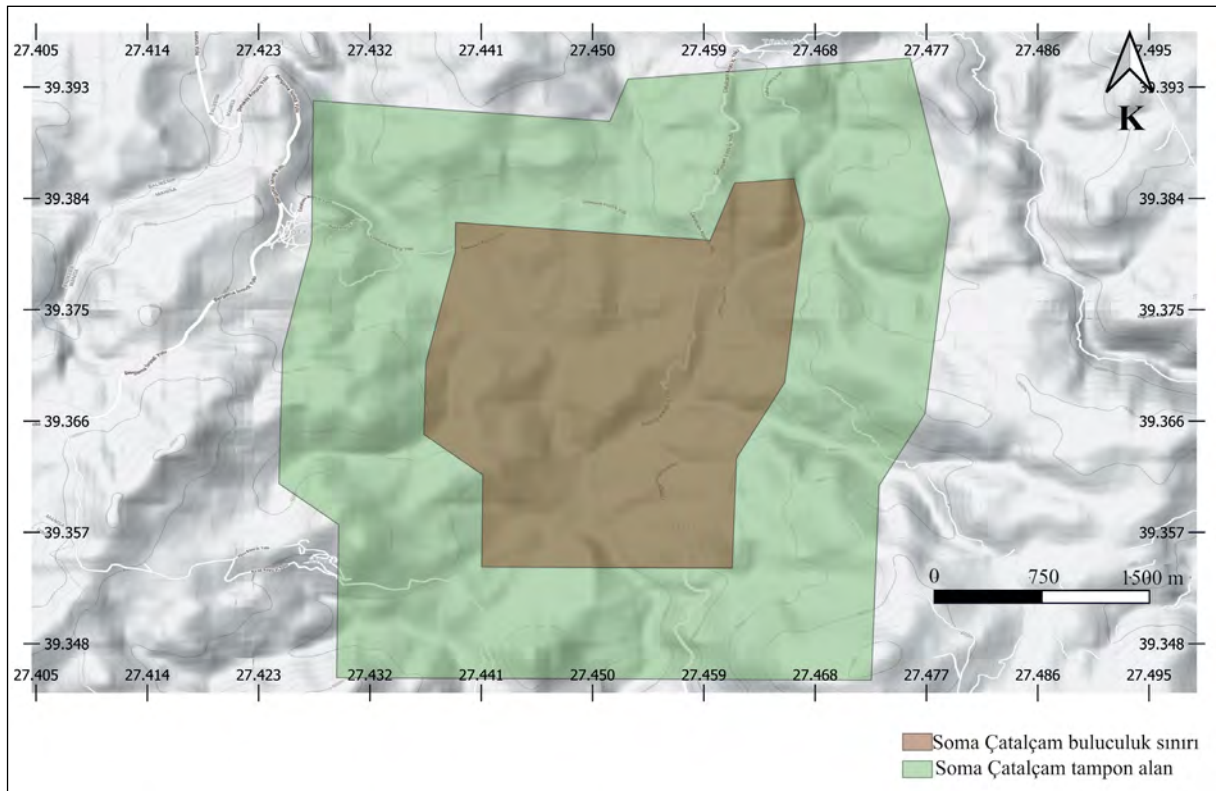
olasılığa karşı işletme sınırlarını önceden genişletip, örneklemenin tampon bölgeyi de kapsayacak şekilde yapılması beklenmektedir. Tampon bölge CBS ortamında oluşturulmuştur (Şekil 4).

Tampon bölgenin eklenmesi ile belli olan çalışma alanına CBS ortamında 1 km² lik gridleme yapılmıştır. Her gridin içine jeoloji, fay, alterasyon yayılımları dikkate alınarak 1 adet istasyon yerleştirilmiştir. Numune alım istasyonu yerleştirilmesinde çalışma alanında bulunan her jeolojik birim, buluculuğa esas maden cinsi için daha önceden çalışması yapılmış alterasyon bölgeleri ve ilişkili olduğu fay sistemleri dikkate alınmıştır. Bu işlem toprak ve dere sedimanında varsa kirlilik emaresi bunun jeolojik etkiyle ilişkisini güçlendirmek için yapılmaktadır. Gridleme sistemi ise tematik haritalama sırasında çözünürlüğü arttırmak, boşta olan istasyonlardan eksik veri gelmemesi ve böylece çalışma alanının yüksek güvenilirlik katsayısı ile temsil kabiliyetinin oluşması için yapılmaktadır.

Çalışma alanının 30 metre çözünürlüklü DEM ya da STRM görüntü dosyaları CBS ortamında işlenerek

yükseklik ve eğim bilgilerinden yararlanılarak drenaj (su toplama, dolayısıyla sediman biriktirme) alanları belirlenmiştir. DEM dosyalarında raster işlemleri ile yükseklik ve eğime göre akaçlama kolları ve drenaj alanları oluşturulmuştur. Belirlenen drenaj alanlarının altına jeolojik yapı yerleştirilmiş ve bu sayede her istasyon için kaynak kayaç belirlenmiştir. Kaynak kayaçların arazide kontrolü yapılarak, her birim için jeokimyasal analiz için toprak veya dere sedimanı örneği alınmıştır. Drenaj alanları ve kaynak kayaçlar belirlendikten sonra dere sedimanı ve dere yüzey suları her jeolojik birimi temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Yer altı suları için ise topoğrafik haritada yer alan kaynak çıkış noktalarından yararlanılmıştır.

Çalışma alanına etki eden tarımsal aktiviteler önem taşımaktadır. Öncel jeokimyasal değerleri etkileyen bu aktivitelerin cinsini öğrenmek için Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının CORİNE 2018 verileri kullanılmıştır. Bu verilerde sürekli sulanabilir alanlar, mera alanları, seyrek bitki alanları vb. gibi alanlar ayrıntılı bir şekilde haritada ayrımlanabilmektedir. Çalışma alanına etki eden endüstriyel aktiviteler



Şekil 4- Çatalçam sahasının buluculuk alanından genişletilmiş tampon bölge.

önem taşımaktadır. Organize sanayi bölgelerinin çalışma alanına olan uzaklıkları, drenaj alanında olup olmadığı çalışma alanının öncel jeokimyasal değerlerini etkilemektedir.

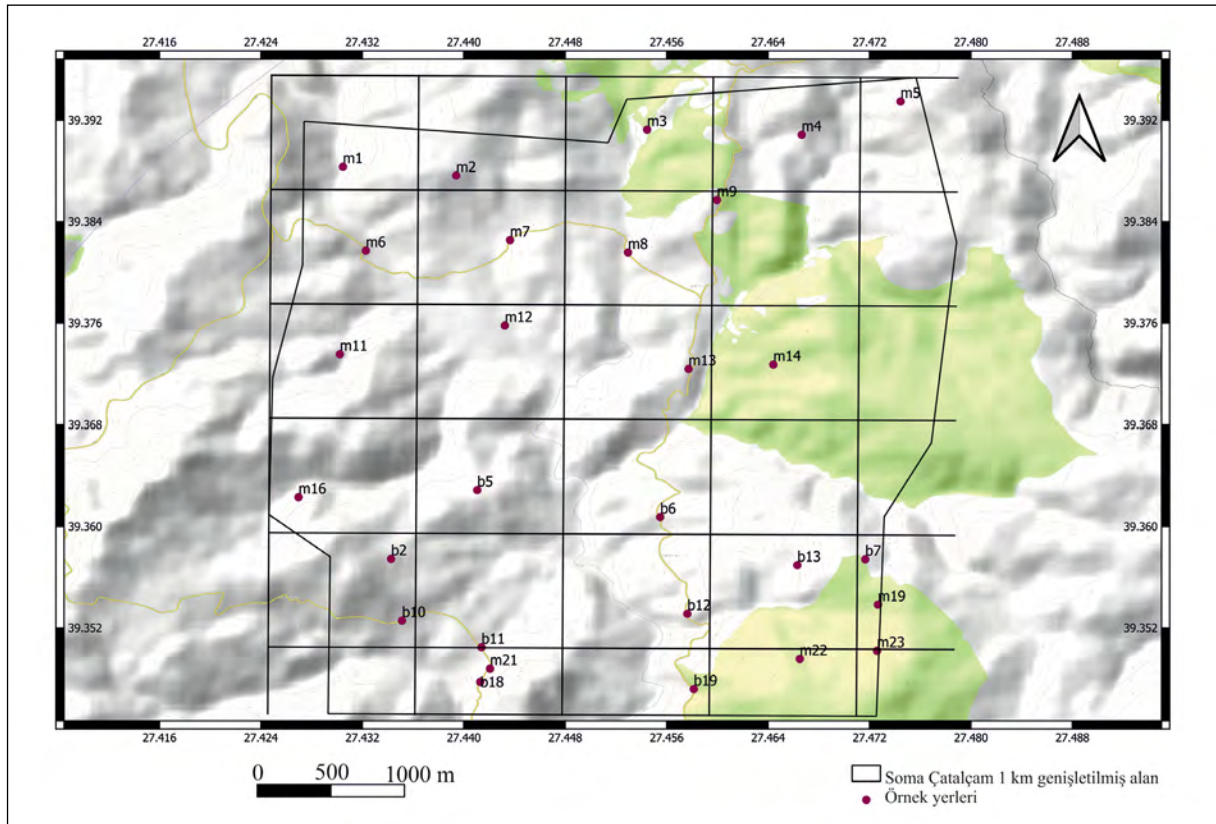
3.2. Saha Çalışmaları

Çalışma kapsamında 28 adet toprak örneği ve dere sedimanı (Şekil 5), 23 adet yüzey ve yeraltı suyu alınmıştır. Toprak numuneleri yüzeyden 30 cm derinliğinde olacak şekilde (Jackson,1967) çapa ve bel yardımı ile kazılarak plastik kürekler ile 1 kg numune poşetine koyulmuştur.

Su numunesi alınırken yüzey örnekleri için eğer varsa köprü üstlerinden kova ya da plastik aparatlar ile nehrin orta kesimlerinden, eğer köprü yoksa ip ve kova yardımıyla suyun akışının olduğu orta kısımlardan alınmıştır. Yeraltı suyu örnekleme için ise kuyular

ve herhangi bir şebekeden taşınmayan o bölgenin orijinal sularını temsil eden çeşmelerden alınmıştır. 250 ml korumalı su (nitrik asitle (HNO_3) pH < 2 ayarlanabilmesi için asitlendirilmiş ve plastik şişelerde saklanmıştır (Şekil 6). Numuneler, temiz kaplara, ve tüm kabı kapsayacak şekilde çalkalayarak yıkandıktan sonra, hava boşluğu olmayacak şekilde alınmıştır. Korumalı ve korumasız su plastik şişelere ise 250 ml olarak örneklendirilmiş ve mümkün olduğunca en kısa sürede laboratuvara intikali gerçekleştirilmiştir.

Toplam 28 istasyondan alınan toprak ve dere sedimanı yüzeyden ilk 30 cm'yi temsil etmektedir. Numuneleme işlemi yapılan istasyonlar şehir merkezleri, organize sanayi giriş çıkışları, deşarj noktaları ve jeolojik açıdan önemli yerler dikkate alınarak planlanmıştır. Çalışma alanının temsil açısından istasyonlar arası ortalama 1 km² seçilmeye özen gösterilmiştir.



Şekil 5- Toprak ve dere sedimanı örnekleme işlemi.



Şekil 6- Korumalı ve korumasız su numunesi alım işlemi.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Proje kapsamında alınan sediman örnekleri ve sular MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi laboratuvarlarında +4 C° de muhafaza edilmiştir. Dere sedimanları 80 °C etüvde kurutma işleminden sonra, kırma (çeneli kırıcı) işlemi ile numunenin %75'nin boyutları 2 mm düşürülmüş, öğütme (Diskli Öğütücü) ile numunenin %85'i 75µm boyutuna indirilmiş, 250 gr numune hazırlanmıştır. Su örnekleri araziden getirildikten sonra analitik kimya laboratuvarlarına intikal ettirilmiştir. Numunelere XRF ve ICP-OES analizleri yapılmış olup, sedimanlardaki ağır metal kirliliğinin derecesi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunun için en yaygın olarak zenginleşme faktörü (Ef), jeobirikim indeksi (Igeo), kirlilik faktörü (Cf) ve kirlilik yükü indeksi (PLI) hesaplamaları kullanılmıştır.

3.4. Dağılım Haritalarının Oluşturulması

Çalışma alanının litoloji haritasının hazırlanmasını takiben toprak ve dere sedimanı numunelerinin analizinden elde edilen Majör Oksitlerin konsantrasyon değerleri (Çizelge 1) ve Zenginleşme Faktörü (Ef) parametresi QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi programı kullanılarak dağılım haritaları oluşturulmuştur. Sahadan alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre 1 litoloji haritası, 11 ağır metal Ef dağılım haritası, 8 adet majör oksit dağılım haritası ve 1 adet PLI dağılım haritası olmak üzere toplamda 21 harita üretilmiştir.

3.5. İstatiksel Parametrelerin Hesaplanması

Ağır metallerin ve beraberinde çökelen materyallerin ve birbirleri ile olan ilişkisini daha iyi

anlayabilmek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Temel istatistik verilerinde yer alan ağır metal konsantrasyonlarının hangi aralıkta yoğunlaştığını anlamak ve aynı zamanda maksimum, minimum ve medyan değerlerini görselleştirmek için kutu (box) grafikleri kullanılmıştır. Toprak ve dere sediman numunelerinde benzer ağır metal içeriğine sahip lokasyonları belirlemek amacıyla dendrogram grafikleri oluşturulmuştur.

3.6. Su Numunelerinde Analiz Sonuçlarının İşlenmesi

Çalışma sahasından alınan 23 adet dere suyu NH_4^+ , NO_2^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} ve ağır metal içerikleri açısından değerlendirildi ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği sınır değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Hidrojeokimyasal açıdan su analiz sonuçları Piper, Scholler, Durov, Gibbs, Chadha, Stiff, İon Balance, ABD Tuzluluk, Wilcox diyagramları ve bazı parametrelerin mekânsal dağılımları (proportional symbol ve pie grafikleri) çizilerek kökensel ve kullanım kalitesi açısından değerlendirilmiştir. Kaynak başında in-situ olarak ölçülen Ph değerleri 6,65 ile 8,3 arasında, elektrik iletkenlik değerleri 221-1423 µS/cm aralıklarında değişmektedir (Çizelge 2).

4. Bulgular ve Değerlendirmeler

4.1. Dere Sedimanlarının Majör Oksit ve Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Jeokimyasal açıdan, öncelikle ana oksitlerin dağılım haritaları oluşturuldu (Şekil 7 a, b), ardından bu çalışmanın ana odak noktasını oluşturan ağır metallerin Zenginleşme Faktörlerinin dağılım haritaları hazırlanmıştır (Şekil 8 a, b, c).

Çizelge 1- Toprak ve dere sedimanlarında majör oksit konsantrasyon değerleri.

NUMUNE KODU	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)
m1	1.60	5.20	58.00	19.50	0.70	3.30	1.30	1.40
m2	2.80	2.50	63.90	17.60	0.30	3.40	1.30	2.60
m3	0.2	2.6	59.9	21.4	0.7	6.4	0.9	0.2
m4	0.4	3.9	59.8	18.6	0.6	7.8	1.2	<0.1
m5	3.6	5.8	58.8	16.2	0.6	2.1	3.8	1.4
m6	1.5	3.5	63.1	19.5	0.4	3.7	1.2	2.0
m7	2.3	5.0	59.8	17.8	0.5	3.4	2.8	1.0
m8	0.3	6.6	61.0	19.3	0.7	2.7	1.2	0.7
m9	0.50	4.60	60.60	20.00	0.50	3.80	1.00	2.10
m11	4.00	4.10	59.80	17.90	0.60	2.90	2.10	2.70
m12	2.30	4.60	58.40	18.10	0.60	2.70	1.70	1.60
m13	0.2	4.4	61.3	21.1	0.5	4.6	1.6	<0.1
m14	0.4	5.3	61.3	18.2	0.6	6.5	1.3	0.4
m16	2.70	4.80	58.40	16.70	0.70	4.00	1.80	2.00
m19	0.50	4.30	57.90	17.10	0.50	9.00	1.10	0.20
m21	1.00	4.20	58.30	17.60	0.50	3.60	2.20	1.00
m22	0.70	5.30	57.20	19.80	0.60	2.90	2.20	0.10
m23	0.90	4.70	58.00	13.50	0.70	4.00	0.90	0.50
b2	4.20	4.90	57.00	19.60	0.60	1.20	3.40	1.90
b5	1.40	4.80	56.40	20.70	0.60	3.10	3.40	1.40
b6	0.8	5.8	58.1	19.5	0.7	4.2	3.0	1.0
b7	0.40	4.40	58.40	18.70	0.60	8.00	0.90	0.40
b10	2.60	5.80	56.60	18.90	0.50	4.50	1.50	1.50
b11	1.40	4.40	57.40	18.60	0.50	2.70	2.00	0.60
b12	0.5	5.1	60.9	18.4	0.5	6.4	1.1	0.6
b13	2.20	4.40	58.70	19.70	0.50	2.60	2.40	1.20
b18	2.50	4.40	57.90	18.40	0.50	2.80	3.00	0.80
b19	0.7	5.8	59.7	16.8	0.6	9.2	1.3	0.3
Dünya Ortalama Şeyl (1)	3.09	6.75	58.4	15.1	0.77	3.2	2.5	1.29
Kıta Kabuğu Ortalama (2)	5.5	6.28	61.5	15.1	0.68	2.4	3.7	3.2

(1) Wedepohl, 1969 , (2) Wedepohl, 1995

4.1.1. Toprak ve Dere Sedimanlarında Majör Oksitlerin Değerlendirilmesi

Jeolojik ve antropojenik bağlamda majör oksitlerin değerlendirilmesi oldukça faydalıdır. Bu nedenle, çalışmanın sonuçları, dünya şeyl ortalama değerleri ve kıta kabuğu değerleri (Wedepohl 1969, 1995) ile karşılaştırılmıştır. Toprak ve dere sedimanlarının majör oksit değerlerine bakıldığında CaO değerleri çalışma alanında %0,2 ile %4,20 arasında tespit edilmiştir. Çalışma alanının batısında ve güneyinde CaO değerlerinin yüksekliği batıda

bulunan aglomeraların içindeki karbonatlardan kaynaklıdır. Toprak ve dere sedimanlardaki ortalama TiO₂ değeri çalışma sahasında kıta kabuğu ortalaması ile neredeyse aynı olduğu görülmektedir. TiO₂'nin karasal ortamları işaret ettiği bilinmektedir. Çalışma alanının kuzeyinde, güneydoğusu ve batısında yer alan görece yüksek TiO₂ değerlerinin olması yüksek eğimli drenaj alanlarının etkisi altında olduğundan karasal süreçlerden ayrışma, gravite ve erozyonun yardımı ile taşınarak zenginleştiği düşünülmektedir (Şekil 7 b).

Çizelge 2- Su numunelerinin in-situ ölçüm sonuçları.

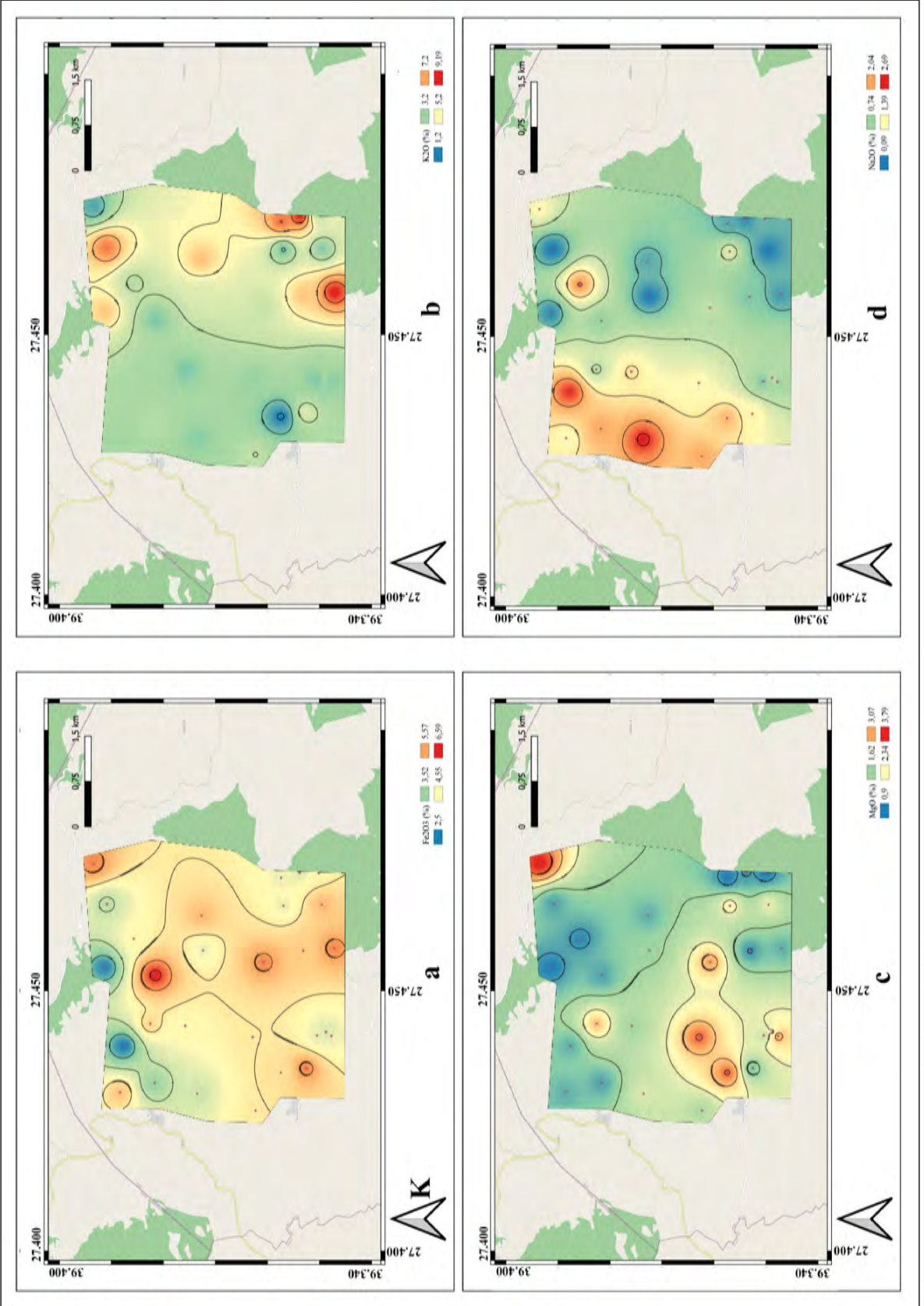
Örnekleme Noktaları	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (ppm)	ORP (milivolt)
B-SU-1	6,9	23,5	758	525	147
B-SU-2	7,1	26,7	905	630	152
B-SU-3	7,8	26,8	565	385	158
B-SU-4	7,5	20,9	1423	1017	144
B-SU-5	8	25	617	423	138
B-SU-6	7,5	22	736	513	134
B-SU-7	8,25	25	578	393	132
B-SU-8	8	25,9	458	309	134
B-SU-9	7,4	23,1	684	450	143
B-SU-10	8,3	22,8	531	363	135
B-SU-11	7,9	29,9	1176	822	132
B-SU-12	7,7	20,7	524	360	139
B-SU-14	8	24,2	633	435	145
B-SU-15	7	25,9	938	655	135
M-SU-1	8	24,6	475	322	138
M-SU-2	7,2	26,1	221	145	186
M-SU-3	7,7	27,4	587	399	136
M-SU-4	6,65	18,8	389	265	1414
M-SU-5	6,7	25	263	172	142
M-SU-6	6,7	21,1	707	491	136
M-SU-7	7,85	22,5	818	572	138
M-SU-8	7,5	21,3	329	219	137
M-SU-9	7,35	21,1	539	370	135

Tüm istasyonlarda ortalama Na_2O konsantrasyon değerleri ise ortalama kıta kabuğundan daha düşük olduğu görülmektedir. K_2O konsantrasyon değerleri ise andezit ve tüflerden (Yuntdağ Volkaniti) oluşan topraklarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle K_2O %9'a varan değerler alması alterasyonun etkili olduğunu akla getirmektedir (Şekil 7 a). Bu yüksek değer arjilik zonda meydana geldiği ve Alunit mineralini akla getirmektedir. Çalışma alanında MgO , m5 numaralı örnek hariç, tüm örneklerde konsantrasyonu kıta kabuğu ortalama değerinden düşük görülmektedir. Burada m5 numaralı örnek Yuntdağı Volkaniti üzerinde bulunmakta olup bu volkanitin içerisinde bulunan andezitik lavların “bazaltik andezit” sınıfında yer aldığını akla getirmektedir. Kaygusuz ve Şahin (2016) Mescitli (Torul/Gümüşhane) volkanik kayalarından yaptıkları çalışmada bazaltik andezitlerde %4,5 MgO konsantrasyonu ölçmüşlerdir.

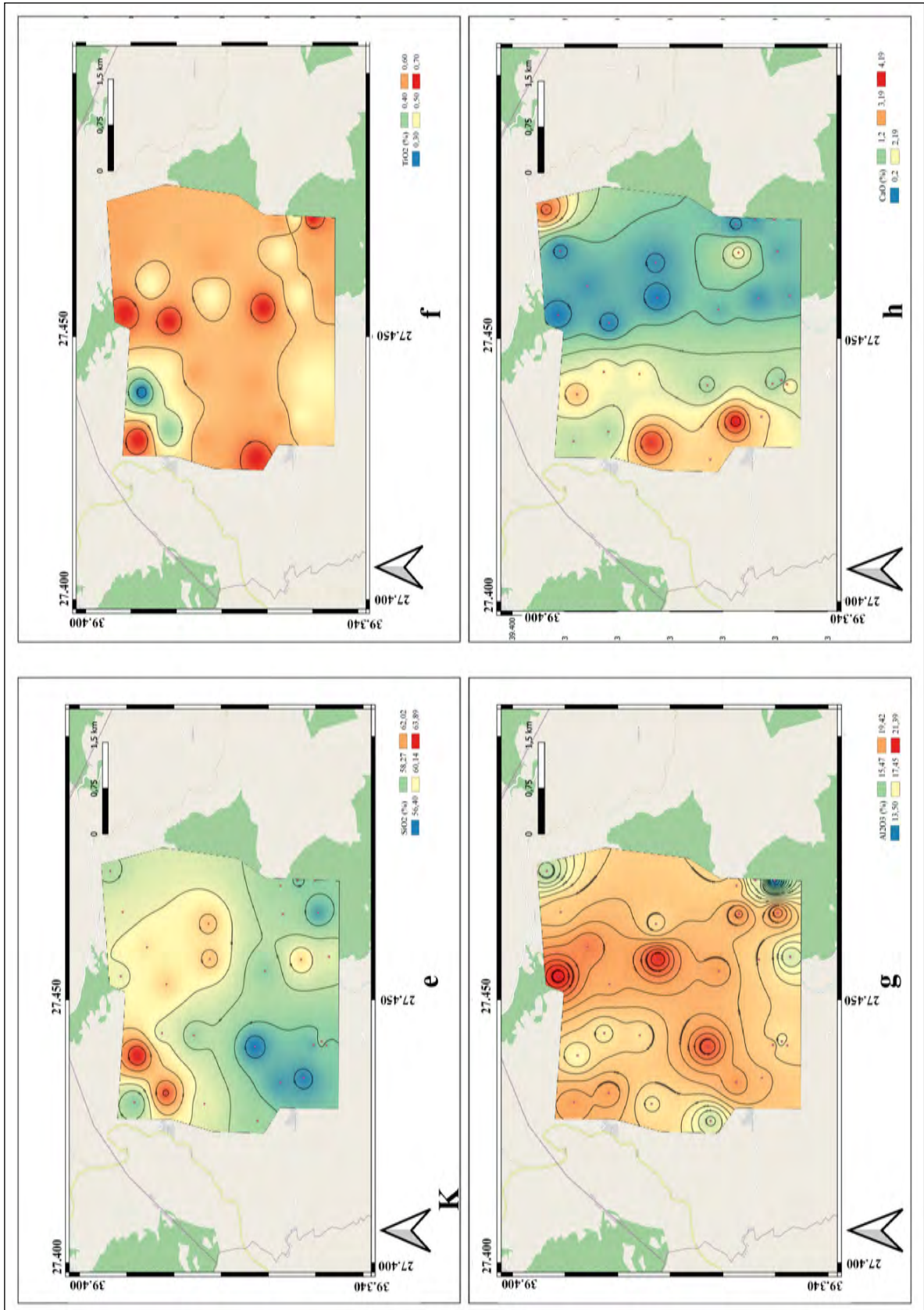
Çalışma alanında Fe_2O_3 değeri kıta kabuğu ve ortalama şeyl değerlerinin altında konsantrasyon

değerinde ölçülmüştür. SiO_2 konsantrasyon değerleri için m2 ve m6 örnekleri hariç diğer örnekler kıta kabuğu ve ortalama şeyl konsantrasyon değerleri ile paralellik göstermemiştir. Ortalama değerleri aşan bu iki örnek aglomeraların içinde oldukça yaygın olarak bulunan silisli parçacıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Toprak ve dere sedimanlarında Al_2O_3 konsantrasyon değerleri neredeyse bütün örneklerde ortalamanın üzerindedir. Özellikle diyorit-porfir türü kayalarda Al_2O_3 değeri görece yüksek görülmektedir (Şekil 7 b).

Toprak ve dere sedimanlarında majör oksit konsantrasyon değerlerini özetlemek gerekirse, değerlerin jeoloji kontrollü olduğu ve konsantrasyonlarda göreceli olarak artışlara sebep olarak, genellikle çalışma alanında bulunan ve örneklerin drenaj alanında veya kaynak kayalar veya potansiyeli bulunan, aglomera, diyorit porfir, bazaltik andezit kayalarından ve alterasyon (arjilik zonu) görülmektedir.



Şekil 7- Çalışma alanı major oksitlerin dağılım haritaları; a) Fe₂O₃, b) K₂O, c) MgO, d) Na₂O



Şekil 7- devamı. e) Çalışma alanında major oksitlerin dağılım haritaları; e) SiO₂, f) TiO₂, g) Al₂O₃, h) CaO.

4.1.2. Toprak ve Dere Sedimanlarındaki Zenginleşme Faktörleri (Ef) ve Jeobirikim İndekslerine (İgeo) göre Ağır Metallerin Değişim Konsantrasyonları

Ağır metallerin biyolojik çevre üzerindeki toksik etkileri oldukça çeşitlidir ve bu etkiler, bu metallerin kimyasal formlarıyla ilişkilidir. Canlı organizmalar üzerinde olumsuz etki gösteren metaller arasında bakır, krom, kadmiyum, kurşun, kobalt, nikel ve vanadyum gibi bazıları bulunur. Diğer taraftan, bazı ağır metaller (örneğin, Fe, Cu, Zn gibi) canlı organizmalar için gereklidir, ancak bunlar normal konsantrasyonlarını aştıklarında potansiyel toksik maddelere dönüşebilirler (Duffus ve Howard, 1996). Endüstriyel atıksular, ağır metal içeriği açısından önemli bir kirlenme kaynağıdır. Bu atıksuların arıtılmadan veya yalnızca ön arıtma işlemi geçirildikten sonra kanalizasyon sistemine deşarj edilmesi, ciddi riskler oluşturabilir. Su ortamında bulunan ve belirli bir konsantrasyonu aşan her türlü madde canlılar için zararlıdır (Yıldız, 2004).

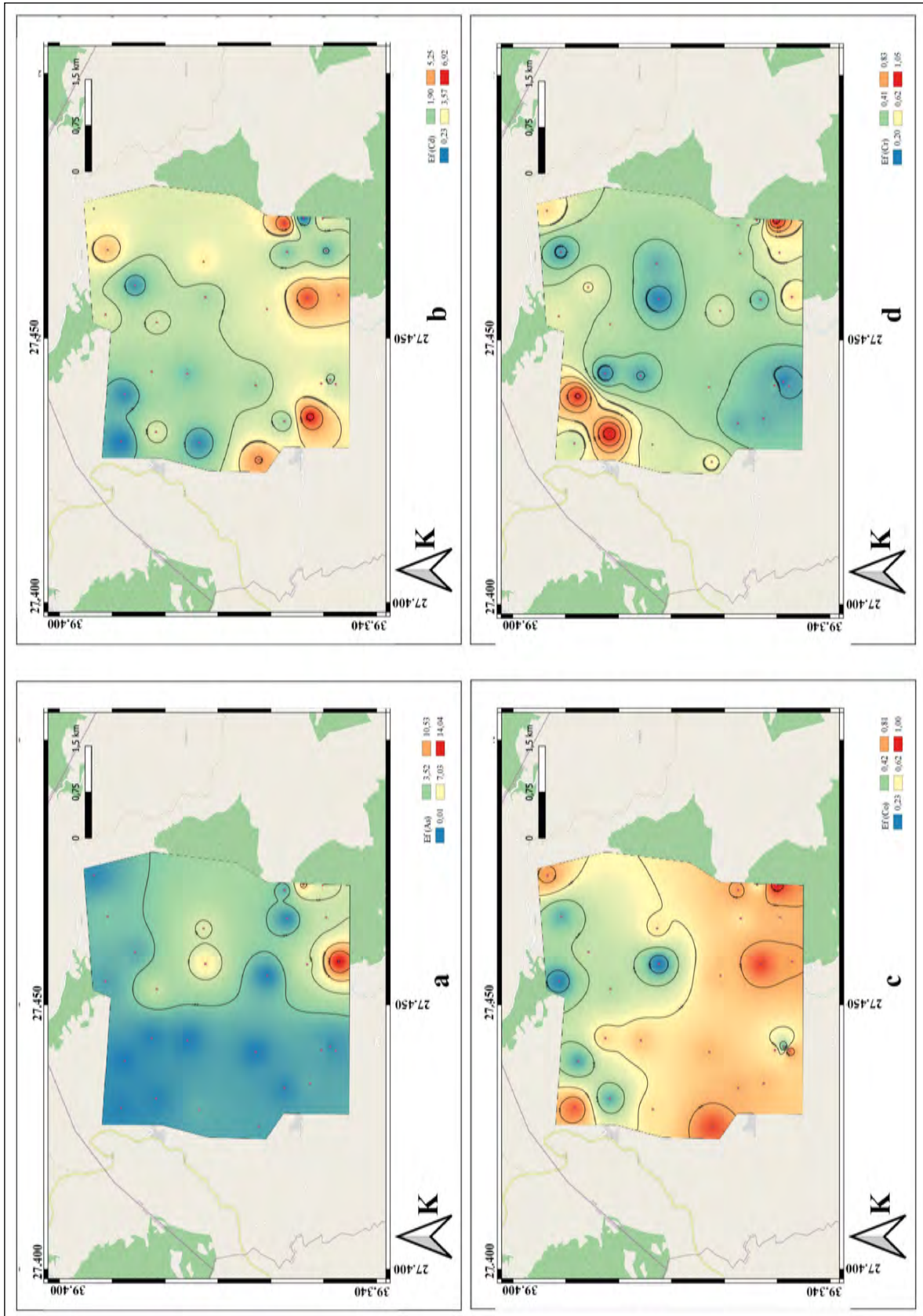
Çalışma alanındaki toprak ve dere sedimanı örneklerinin ağır metal konsantrasyon değerlerini kullanarak Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeksler (İgeo) hesaplanmıştır. Zenginleşme Faktörü ve Jeokimyasal İndeks hesaplamaları sırasında normalizasyon işlemi alüminyum elementine göre gerçekleştirilmiş ve elementlerin ortalama değeri Turekian ve Wedepohl (1961)'ün küresel ölçekte referans olarak kullanılan çalışmalarından alınmıştır. Toprak ve dere sedimanları için hesaplanan Ef değerlerinin dağılım haritaları (Şekil 8 a, b, c)'da sunulmuştur.

As, 0,09 ppm ile 203 ppm arasında değişen, ortalama 42,89 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Arsenik b19, m13, m19 ve m22 örneklerinde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar andezit-tüf üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyonlar b19 ve m13 buluculuğa esas altın cevheri ile ilgili alterasyonlar ilişkili iken, m19 ve m22 farklı bir alterasyon sisteminden kaynaklıdır. Aynı istasyonlara yakın istasyonlarda Mangan zenginleşmesi de mevcuttur. Toprak ve dere sedimanlarında

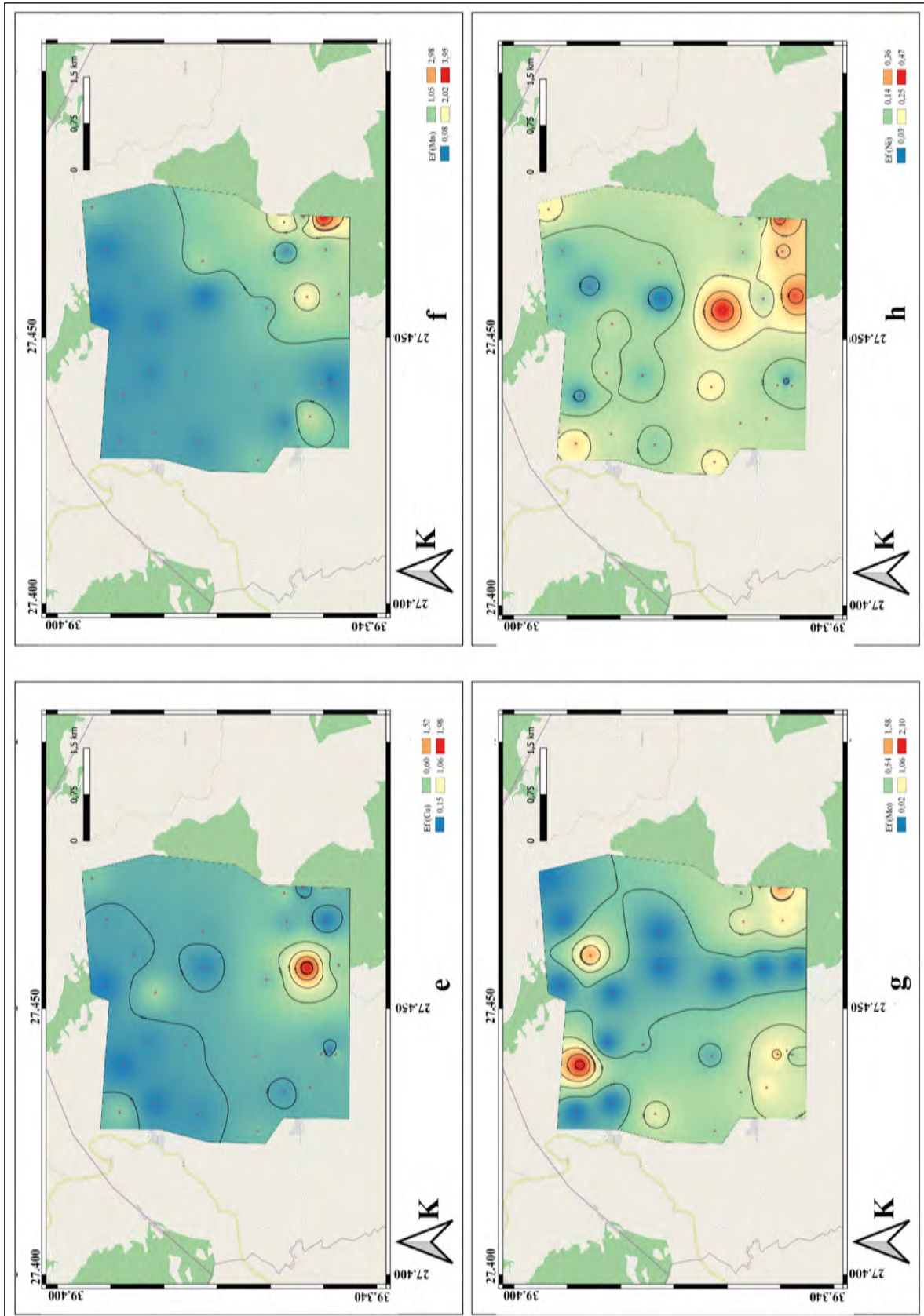
Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeobirikim İndeksi (İgeo) hesaplanan As elementi 0,01-14,05 arası Ef, -7,76 ile 3,38 arası İgeo değerine sahiptir. Bu değerlere göre As, Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile önemli derecede arasında zenginleşme göstermektedir. İgeo Kirlilik İndeksine göre örnekler, kirli değil ile önemli derecede kirli sınıfında yer almaktadır. Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

Pb, 23 ppm ile 294 ppm arasında değişen, ortalama 80,50 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında kurşunun ortalama değeri ortalama yerkabuğu değerinden yüksektir. Bu durum sahanın buluculuğa esas raporunda kurşun cevherleşmesi olduğu bilgisini akla getirmekte olup, konsantrasyon artışları bu duruma sebep olan alterasyonlar ile ilgilidir. Çalışma alanındaki sedimanlarda, Pb elementi için hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) 0,98 ile 11,51 arasında değişirken, Jeokimyasal İndeks (İgeo) değerleri -0,38 ile 3,29 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, Pb elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyden önemli derecede arasında zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, İgeo Kirlilik İndeksine göre örnekler, kirlenmemiş ile önemli derecede kirli sınıfında yer almaktadır.

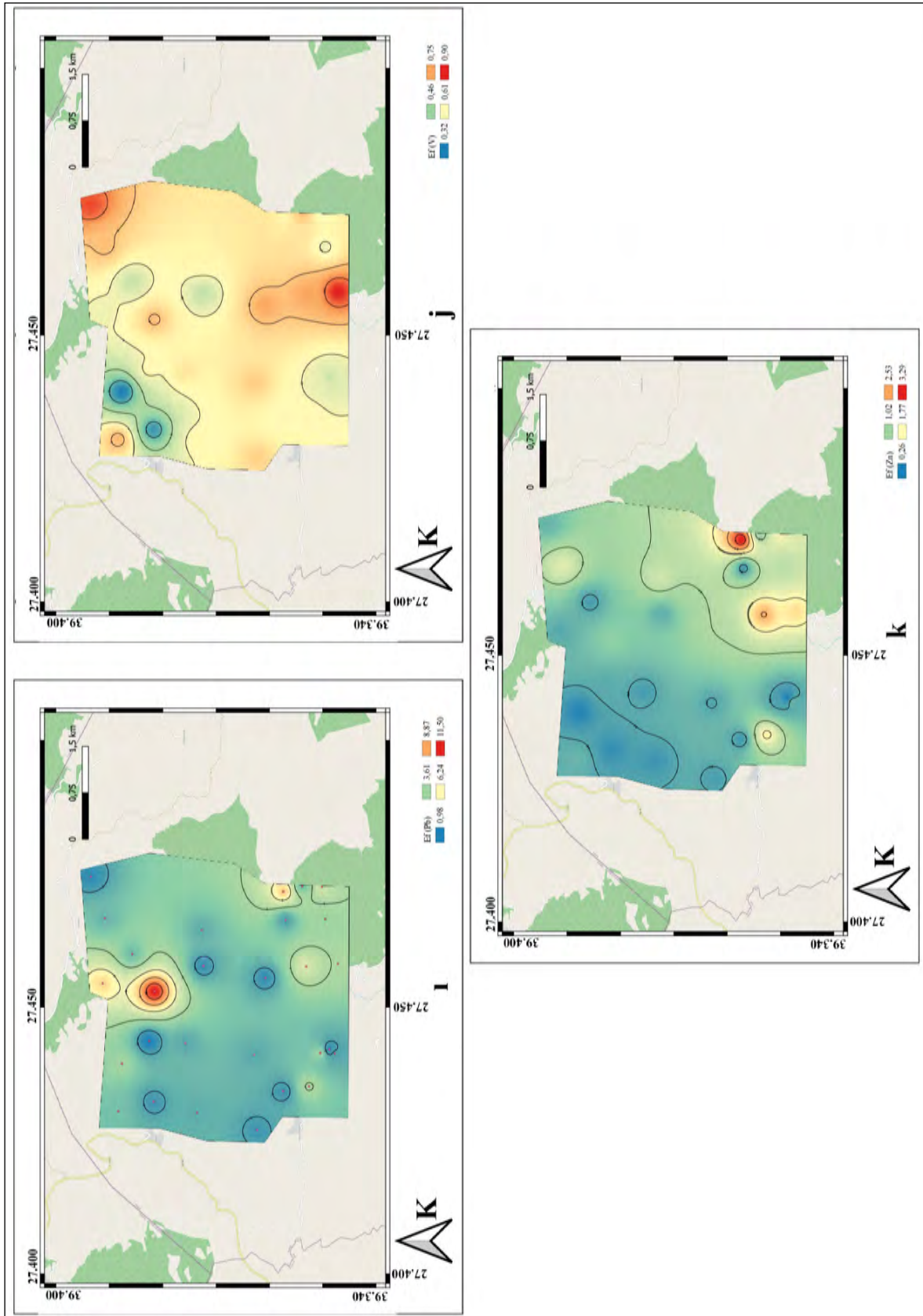
Cr (Cr⁺³ ve Cr⁺⁶ toplamı), 21 ppm ile 122,3 ppm arasında değişen, ortalama 53,33 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Cr, m2 ve m6 örneklerinde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar aglomeralar üzerinde bulunmaktadır. Aglomeralar volkan bombaları ve lapillerin rastgele bir şekilde çimentolanması ile oluştuğu için Cr için taşınım mekanizmalarını akla gelmektedir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (İgeo) ile belirlenen Cr elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,20 ile 1,05 arasında değişirken, İgeo değerleri -2,68 ile -0,14 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Cr elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, İgeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.



Şekil 8- Toprak ve dere sedimanlarında; a) As, b) Cd, c) Co, d) Cr için zenginleşme faktörü dağılım haritası.



Şekil 8- devamı, e) Cu, f) Mn, g) Mo, h) Ni için zenginleşme faktörü dağılım haritası.



Şekil 8- devamı, ı) Pb, j) V, k) Zn için zenginleşme faktörü dağılım haritası.

Co konsantrasyonu, 6,00 ppm ile 22,20 ppm arasında değişen, ortalama 15,34 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Kobalt, magmatik kayaçların ortalama konsantrasyonun altında değerler almaktadır. Önemli sayılabilecek bir sanayi tesisinin olmadığı bu bölgede Co konsantrasyonunun tamamının doğal jeolojik etkinin olduğunu söylemek mümkündür. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Co elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,23 ile 1,01 arasında değişirken, Igeo değerleri -2,25 ile -0,36 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Co elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.

Ni konsantrasyonu, 2,70 ppm ile 41,8 ppm arasında değişen, ortalama 16,19 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Nikel, magmatik kayaçların ortalama konsantrasyonun altında değerler almaktadır. Önemli sayılabilecek bir sanayi tesisinin olmadığı bu bölgede Ni konsantrasyonunun tamamının doğal jeolojik etkinin olduğunu söylemek mümkündür. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Ni elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,03 ile 0,48 arasında değişirken, Igeo değerleri -5,24 ile -1,29 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Ni elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.

Cu konsantrasyonu, 7,8 ppm ile 109,0 ppm arasında değişen, ortalama 23,21 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Bakır, sadece b12 örneğinde magmatik kayaçların ortalama değerlerini geçmektedir. Bu örnek andezit-tüf üzerinde bulunmaktadır. Kaygusuz ve Şahin (2016) Mescitli (Torul/Gümüşhane) volkanik kayaçlarında yaptıkları çalışmada andezitlerde 200 ppm'e kadar Cu konsantrasyonu ölçmüşlerdir. Bu durum bize b12 örneğinde göreceli olarak tespit edilen anomolinin kayaç jeokimyasından kaynaklı

olabileceğini akla getirmektedir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Cu elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,15 ile 1,99 arasında değişirken, Igeo değerleri -3,11 ile 0,69 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Cu elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirliliği değil ile kirlenmeye başlamış sınıfında yer almaktadır. Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

Zn konsantrasyonu, 29,0 ppm ile 388,00 ppm arasında değişen, ortalama 115,07 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Çinkonun ortalama değeri magmatik kayaların ortalama değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum sahanın buluculuğa esas raporunda Çinko cevherleşmesi olduğu bilgisini akla getirmekte olup, konsantrasyon artışları bu duruma sebep olan alterasyonlar ile ilgilidir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Zn elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,26 ile 3,30 arasında değişirken, Igeo değerleri -2,30 ile 1,45 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Zn elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile orta derecede zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş ile orta derecede kirlenmiş sınıfında yer almaktadır.

Mo konsantrasyonu, 0,09 ppm ile 6,40 ppm arasında değişen, ortalama 1,77 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Molibden, m2, m9, b11 örneklerinde göreceli olarak daha yüksek değerler almaktadır. Bu istasyonlar andezit-tüf üzerinde bulunmaktadır. Karaman (2021), Karakavak ve Çukurhüseyin (Balıkesir) köyleri civarındaki volkanik kayaçların petrografisi ve jeokimyasını incelediği çalışmada andezitlerde 5 ppm'e varan konsantrasyon değerleri ölçmüşlerdir. Bu durum göreceli anomalilerdeki artışın belli bir kısmını açıklamaktadır. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Mo elementi için değerler

şu şekildedir: Ef değerleri 0,02 ile 2,11 arasında değişirken, Igeo değerleri -5,44 ile 0,71 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Mo elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile orta derecede arasında zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş ile kirlenmeye başlamış sınıfında yer almaktadır. Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

Mn konsantrasyonu, 77,0 ppm ile 3003,0 ppm arasında değişen, ortalama 760,71 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Mangan, m23, b12, b7 numaralı numunelerde diğerlerine göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar andezit-tüf üzerinde bulunmakta olup, çok sık bir orman örtüsü bulunmaktadır. Hiçbir insan etkisinin olmadığı bu bölgede Mn zenginleşmesi aynı numunelerde K (potasyum) zenginleşmesi ile paralellik göstermektedir. Mangan konsantrasyonunda ki bu artış andezit kayaç jeokimyası ile açıklanamamaktadır. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Mn elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,08 ile 3,96 arasında değişirken, Igeo değerleri -4,05 ile 1,24 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Mn elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile orta derecede arasında zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş ile orta derecede kirli sınıfında yer almaktadır. Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

V konsantrasyonu, 49,0 ppm ile 129,4 ppm arasında değişen, 100,6 ortalama ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Vanadyum, b19, b6 ve b5 numaralı istasyonlarda göreceli olarak daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu örnekler andezit-tüf üzerinde yer almaktadır. Kaygusuz ve Şahin (2016) Mescitli (Torul/Gümüşhane) volkanik kayaçlarında yaptıkları çalışmada andezitlerde 213 ppm'e kadar V konsantrasyonu ölçmüşlerdir. Bu durum bize b19, b6 ve b5 örneğinde göreceli olarak tespit edilen anomolinin kayaç jeokimyasından

kaynaklı olabileceğini akla getirmektedir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen V elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,32 ile 0,90 arasında değişirken, Igeo değerleri -1,99 ile -0,59 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, V elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeydedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.

Cd konsantrasyonu, 0,09 ppm ile 2,60 ppm arasında değişen, 1,06 ppm ortalama değer almaktadır. Çalışma alanında Kadmiyum, b10, b7 ve b12 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar andezit-tüf üzerinde bulunmaktadır. Karaman (2021), Karakavak ve Çukurhüseyin (Balıkesir) köyleri civarındaki volkanik kayaçların petrografisi ve jeokimyasını incelediği çalışmada andezitlerde 0,9 ppm'e varan konsantrasyon değerleri ölçmüşlerdir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Cd elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,23 ile 6,93 arasında değişirken, Igeo değerleri -2,32 ile 2,53 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Cd elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile önemli derecede arasındadır. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş ile kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır. Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

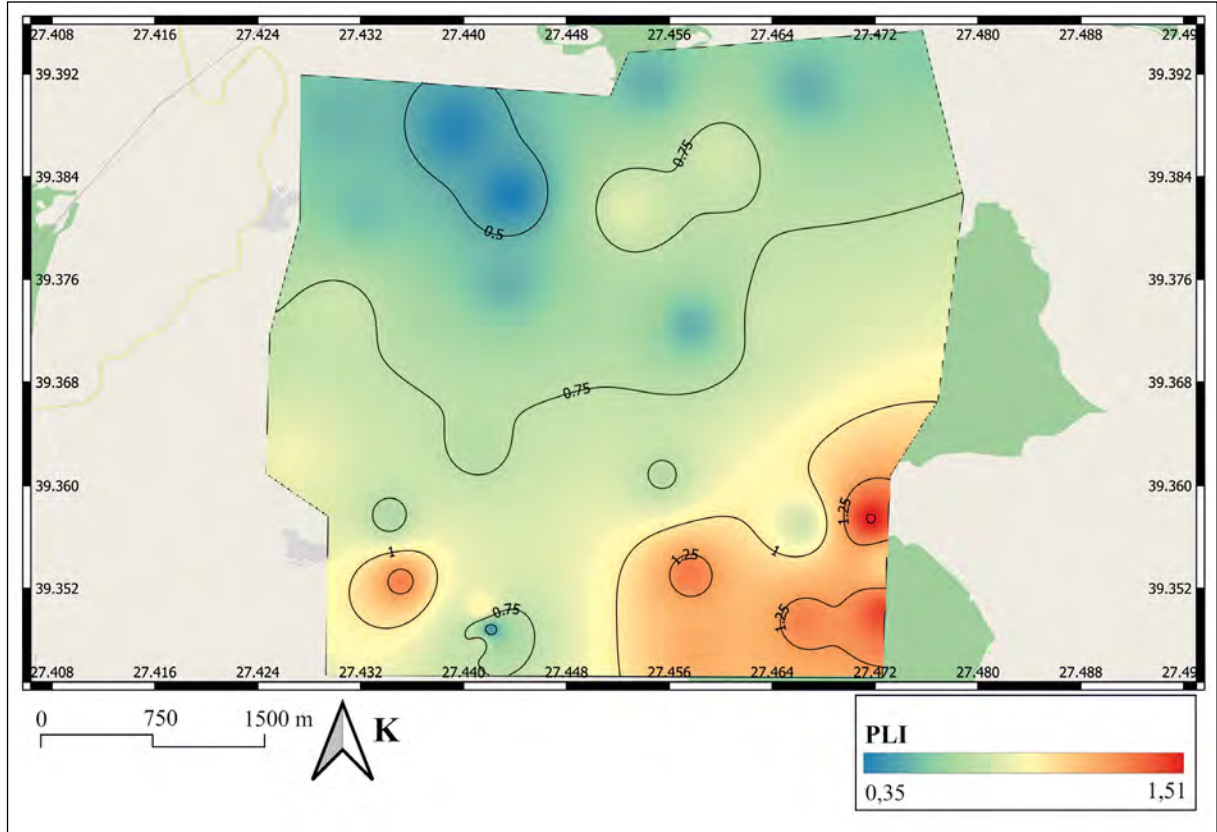
4.1.3. Kirlilik Faktörleri (Cf) ve Kirlilik Yükü İndeksleri (PLI)

Toprak ve dere sedimanı örneklerinin analiz sonuçlarına göre, Kirlilik Faktörü (Cf) değerlendirmesi şu şekildedir: Tüm örnekler Co ve Cu için az kirlenme ile orta derecede kirlenme arasında, Ni için az kirlenme, Zn için az kirlenme ile önemli derecede kirlenme arasında, Mn için az kirlenme ile önemli derecede kirlenme arasında, V için az kirlenme, Pb için orta derecede kirlenme ile aşırı derecede kirlenme arasında, As için az kirlenme ile aşırı derecede kirlenme arasında, Cr ve Mo için az kirlenme ile orta derecede kirlenme arasında, Cd için az kirlenme ile

aşırı derecede kirlenme arasında değişen dağılımlar göstermektedir.

Toprak ve dere sedimanları, Kirlilik Yükü İndeksi (PLI)'ne göre değerlendirildiğinde, 21

örnek 1 değerinin altında olduğu için tüm ağır metal içeriklerine göre kirlenmemiş kabul edilirken, diğer örnekler 1 değerinin üzerinde tespit edilmiştir (Şekil 9).



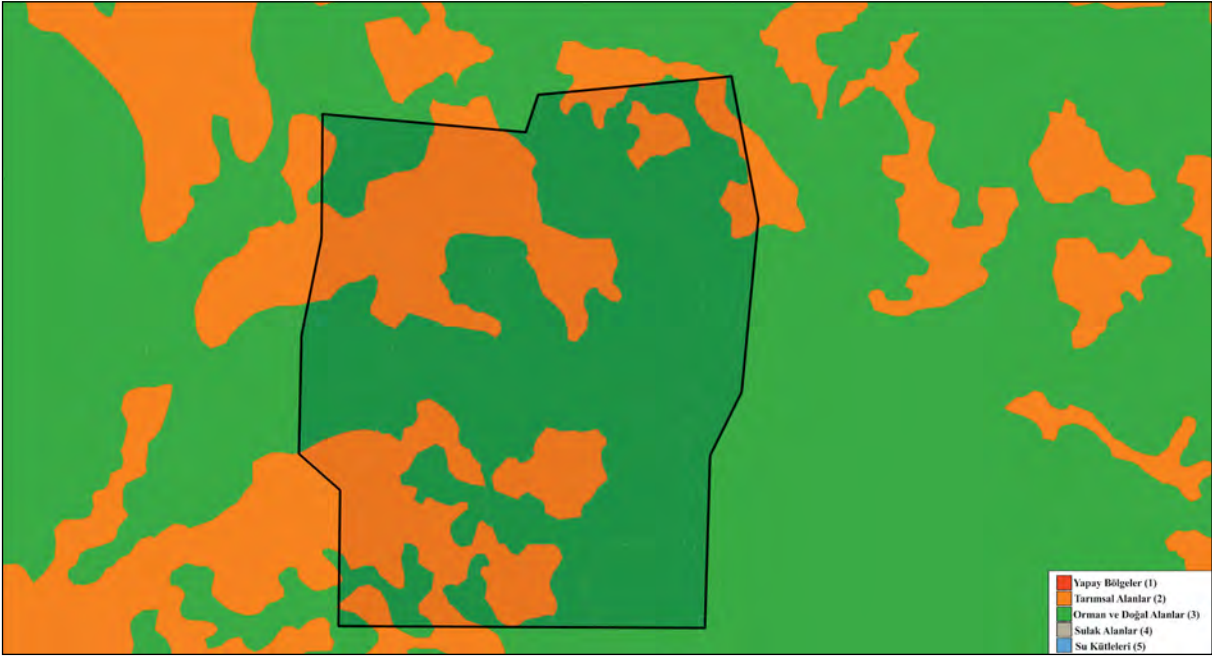
Şekil 9- Toprak ve dere sedimanlarının PLI dağılım haritası.

4.2. Sahanın Tarım, Orman ve Endüstri Alanları ile Mevcut Durumu ve İstatiksel Değerlendirilmesi

Çalışma alanının oluşturan Soma Çatalçam polimetal sahası Soma ilçesinin kuzeybatısında yer almaktadır. Saha sanayi tesislerine oldukça uzak bir mesafede bulunmakta olup, saha yakınlığında sadece bir jeotermal tesis bulunmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığının CORİNE 2018 haritaları verilerine göre çalışma sahası poligonu içerisinde % 65,93 orman ve yarı doğal alanlardan, % 34,07 ise tarım alanlarından oluşmaktadır (Şekil 10).

4.3. Toprak ve Dere Sedimanlarında Parametrelerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Tüm örneklerin metal konsantrasyonları için temel istatistik değerleri hesaplanmıştır, bu değerler arasında minimum ve maksimum konsantrasyon değerleri, medyan, ortalama değer ve standart sapma bulunmaktadır. Buna göre toprak ve dere sedimanında ortalama olarak en yüksek değer Mn elementine aittir. En düşük ortalama konsantrasyon değerine Kadmiyum sahiptir. Alınan örneklerden yapılan analizlere göre metal bolluk değerleri $Mn > Zn > V > Pb > Cr > As > Cu > Ni > Co > Mo > Cd$ şeklinde

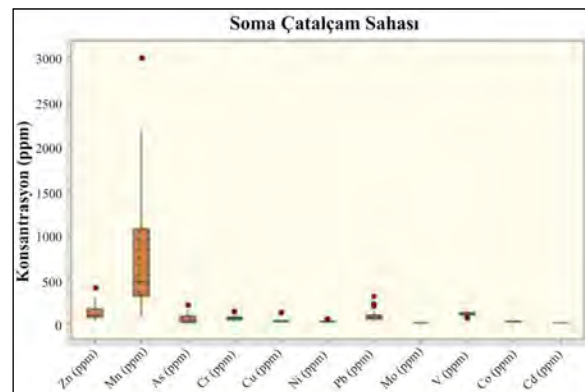


Şekil 10- Tarım ve Orman Bakanlığının CORİNE 2018 verileri ve sahanın mevcut durumu.

sıralanmaktadır. Mangan değerinin en yüksek değeri alması yer manganın yerkabuğu ortalamasının diğer metallerle oranla daha yüksek olmasından kaynaklansa da sahanın en doğusunda mangan bir anomoli değeri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ağır metallerin ve beraber biriktirdiği materyallerin ortak zenginleşme eğilimi hakkında fikir sahibi olmak için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre dere sedimanı ve toprakta Çinko, Kadmiyum, Mangan ve Bakır ile ve Nikel, Kobalt ile en yüksek korelasyon katsayılarına sahiptir. Metallerde Zn-Pb ve Ni-Co birlikte zenginleşmeleri belirli kayaçların jeokimyasında örneğine sıklıkça rastlanan bir durum olduğu için çalışma alanında bu metallerle ait kirliliklerde litojenik etkinin gözardı edilmemesi gereken bir durum olduğunu göstermektedir. Çevresel etki ile litojenik etkinin ayrılmasında önemli bir gösterge olan P_2O_5 gübrede kullanılmaktadır. Çalışma alanında P_2O_5 ile V arasında en yüksek korelasyon katsayısının olması bir miktar Vanadyumun gübreden geldiğini göstermektedir. Aynı zamanda P_2O_5 ile Cd, Cu, Ni, Co ile istatistiksel açıdan anlamsız fakat pozitif değer göstermesi benzer şekilde tarımsal faaliyetlerin etkisiyle geldiği fikrini düşündürmektedir.

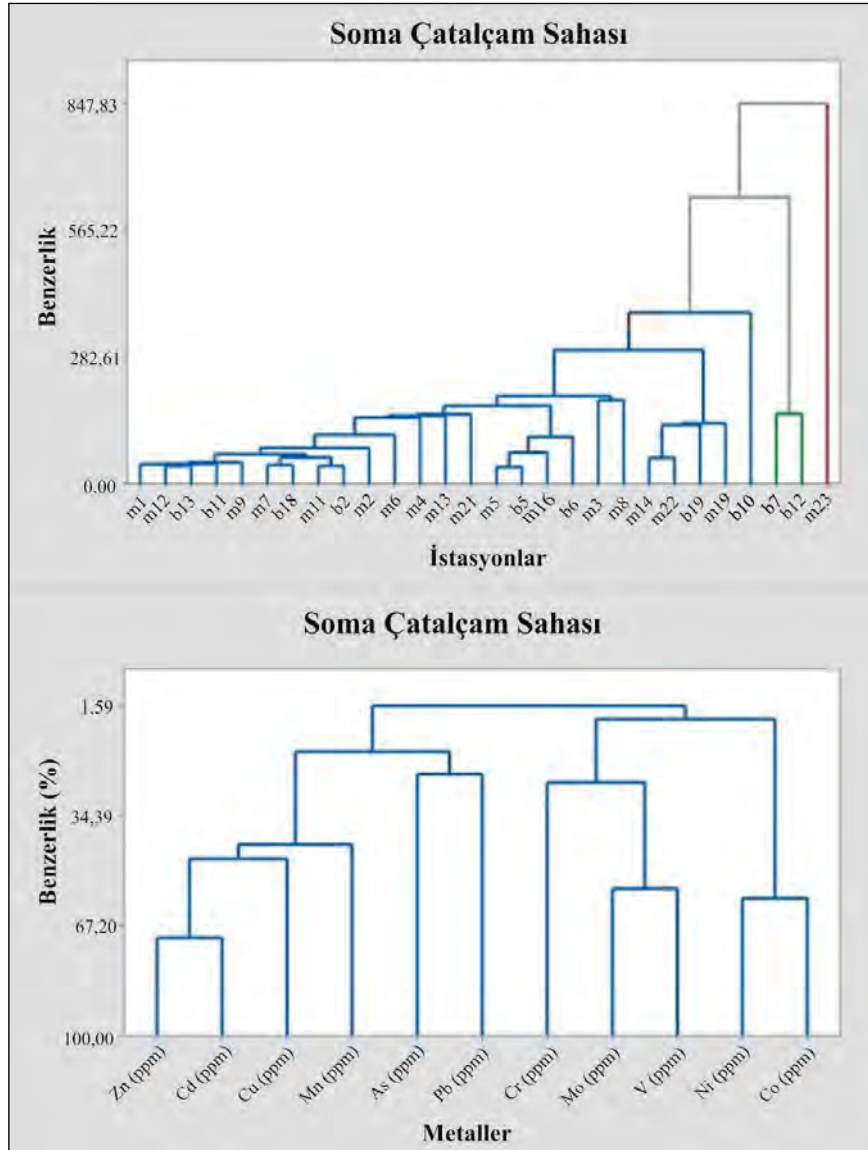
Ağır metal konsantrasyonlarındaki temel istatistik verileri, maksimum, minimum ve medyan değerlerini görselleştirmek ve konsantrasyonların dağılımını daha iyi anlamak amacıyla kutu grafikleri kullanılarak sunulmuştur. Kutu grafiklerine bakıldığında, tüm dere sedimanları için Mn konsantrasyonunun geniş bir aralıkta olduğu gözlenirken, Zn, As, Cr, Ni, Co, Cu, Pb, V, Mo ve Cd konsantrasyonlarının dar bir aralıkta yer aldığı görülmüştür (Şekil 11). Zn, Mn, As, Cr, Cu, Ni, Pb, V metallerindeki noktasal kaçışlar, ortalama değerlerden sapma anlamına gelmektedir.



Şekil 11- Toprak ve dere sedimanlarında ağır metal konsantrasyonlarının kutu grafik gösterimi.

İstatistik biliminde dendogramlar, kümeler arasındaki hiyerarşik yapıyı göstermek için kullanılan ağaç şemalarıdır (Akın, 2017). Kümeler, girdi verilerin benzerlik oranlarına göre oluşturulur ve gruplandırılır. Bu çalışmada, dere sedimanı örneklerinde benzer ağır metal içeriklerine sahip yerlerin belirlenmesi amacıyla dendogramlar oluşturulmuştur (Şekil 12).

Dere sedimanı numunelerinin dendogram grafikleri incelendiğinde, birbirine yakın yerlerde bulunan istasyonların yüksek benzerlikte içerik gösterdiği ve grupların kendi aralarında oluşturduğu, m23, b7 ve b12 numaralı örneklerin ise toplam ağır metal yükünün en fazla olduğu örnekler olarak tekil olarak hiyerarşik bir üstünlükte olduğu anlaşılmaktadır.



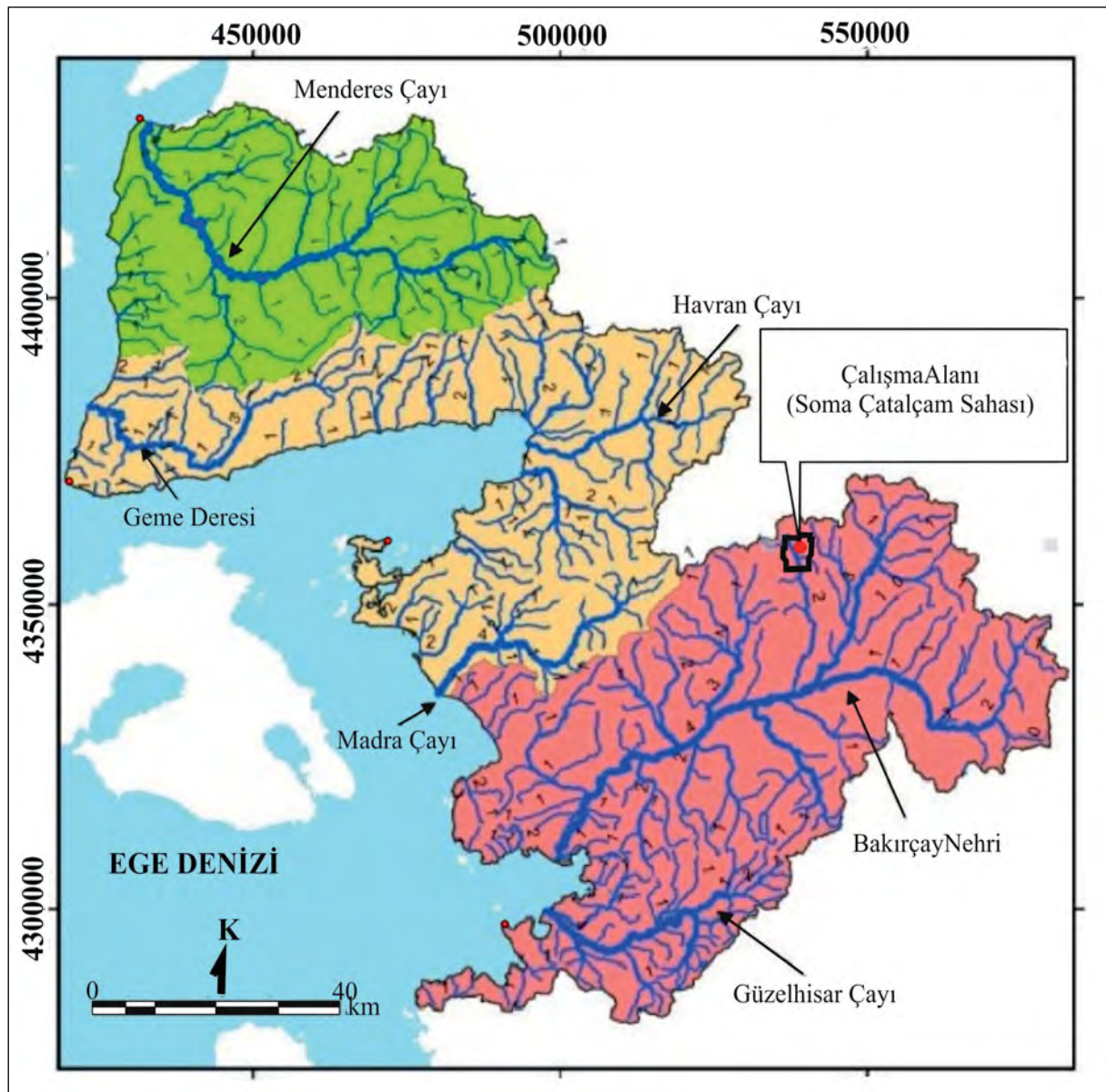
Şekil 12- Yüzey örneklerinin (grabler) metal içeriklerine göre benzerliklerini ve hiyerarşik sıralamalarını gösteren dendogram grafiği.

4.4. Su Parametrelerinin Değerlendirilmesi

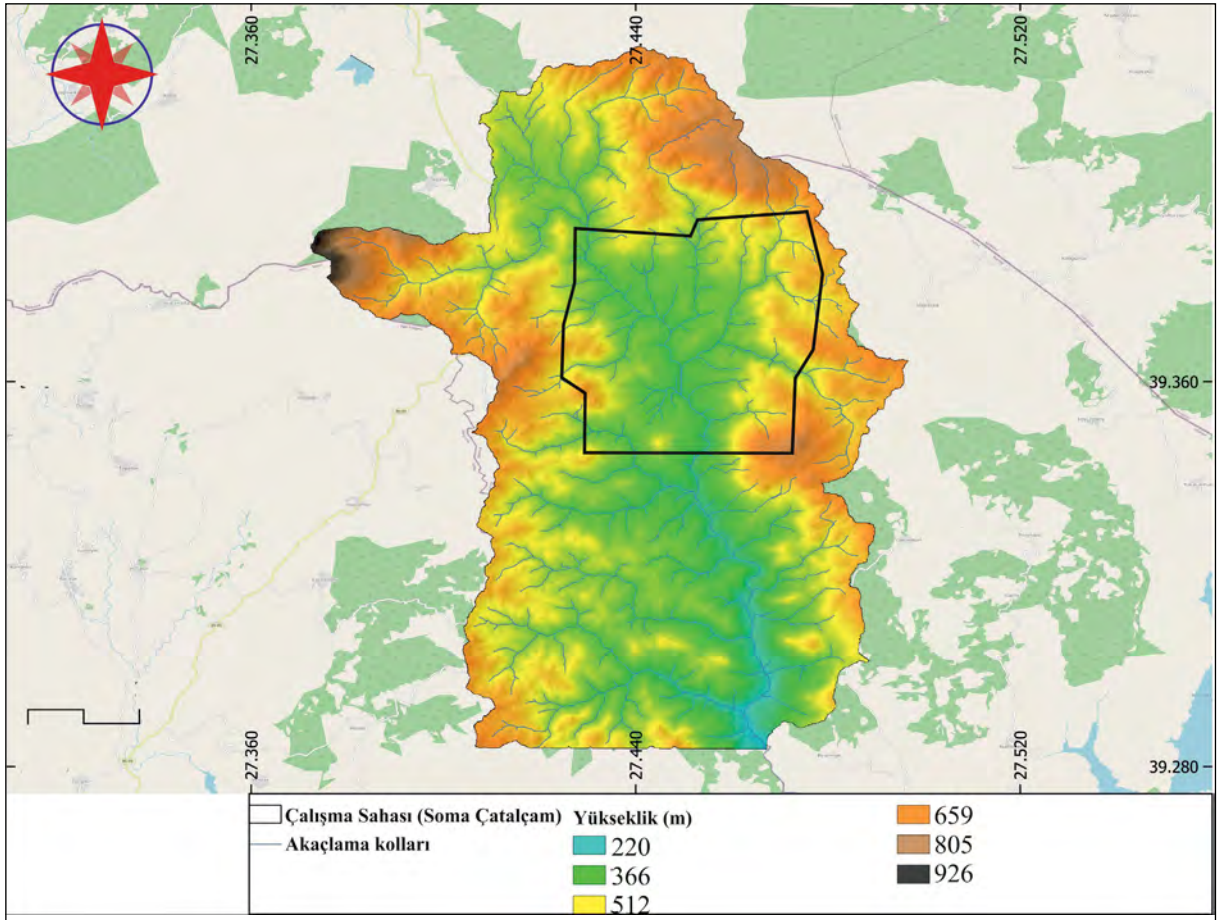
Sahanın su parametrelerinin çevresel açıdan kalitesinin değerlendirilmesi ve hidrojeokimyasal açıdan yapılacak yaklaşımları içermektedir. Sahadan ve çevresinden bu amaca yönelik olarak asitli ve asitsiz su örneklemeleri yapılmıştır. Çalışma alanı Kuzey Ege Havzasının Bakırçay Alt Havzasında bulunmakta ve bu alt havza, kuzeybatıda Ürkütler Köyü, doğuda Söğütler Köyü, güneyde Yalnızdam Köyü, kuzeyde Döşeme Köyünün 2 km kuzeyi ile sınırlıdır (Şekil 13). Çalışma alanının drenaj alanı bu havza ile sınırlıdır.

Buna göre havza içerisinde yer alan kayaç çalışma alanında en fazla 926 metre yükseklik göstermektedir (Şekil 14).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde bulunan sınıflandırma değerlerine göre; ağır metal içeriği bakımından çalışma alanı içerisindeki ve etrafındaki yüzey ve yeraltı suları I., II. ve III. sınıf su olarak değerlendirilmiştir. As bakımından IV. sınıf olarak değerlendirilen örnek kaplıcanın hemen mansabında yer alan yüzey suyudur. As bakımından III. sınıf su



Şekil 13- Soma Çatalçam sahası alt havzası.



Şekil 14- Çalışma bölgesinin havza sınırları ve akaçlama kolları.

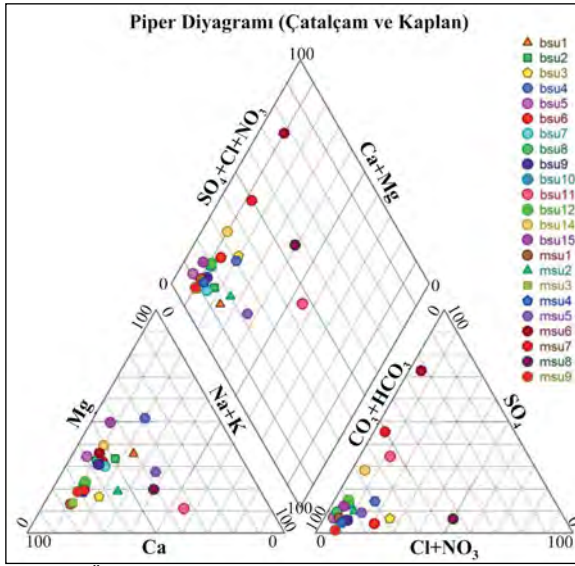
olan BSU-5 Duğla Köyü yeraltı suyu, MSU-1 ise Çatalçam Köyü yeraltı suyudur. Bu iki sudan Çatalçam Köyü'ne ait olanı kayaç kaynaklı olup, Au buluculuk sınırı içindedir. Duğla Köyü ise farklı bir yeraltı suyu kütleline ait bir örneklemedir.

4.4.1. Hidrojeokimyasal ve Su Kalitesine Yönelik Değerlendirmeler

Sahaların madencilik öncesi su kalitesine yönelik parametrelerin ortaya konulması ilerleyen dönemlerde madencilik yapılması durumunda kirlilik durumunun veya jeojenik temel değerin bilinmesi yönünden önemlidir. Su kalitesi hem akiferi oluşturan kayaçların jeokimyasından hemde insan aktivitelerinden etkilenmektedir. Bu parametrelerin kurak ve sulak dönemlerde ölçümü ve değerlendirilmesi insan etkisinin akifer jeokimyası ile ayırt edilmesini sağlayarak, bir ölçüde jeolojik temel değerlerin ortaya konulmasını sağlamaktadır.

Soma Çatalçam ve Bergama Kaplanköy içinden ve çevresinden alınan sularda anyon ve katyonların iyon dengesine bakıldığında yeraltı sularının alkalın değerleri (HCO_3^-) yüzey sularına oranla daha fazla olduğu izlenmektedir. Yine yeraltı sularında yüksek miktarda Mg iyonunun olduğu bsu4 örneği, BSU-15 gibi farklı bir yeraltı suyu kütleline aittir.

Soma Çatalçam çalışma alanından alınan örneklemelerin iyon analiz sonuçlarına göre yoğunlukları ve su fasiyesi BSU-1, BSU-2, BSU-3, BSU-5, BSU-6, BSU-7, BSU-8, BSU-9, BSU-10, BSU-12, BSU-14, MSU-1, MSU-2, MSU-3, MSU-4, MSU-5, MSU-7, MSU-8 ve MSU-9 numunelerinde baskın iyon; $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 'dir. BSU-4, BSU-15 örneklerinde baskın iyonlar MgCO_3 , BSU-11 örneğinde baskın iyon NaHCO_3 'tür, MSU-6 örneğinde ise baskın iyon CaSO_4 'tür (Şekil 15).



Şekil 15- Örneklemelere ait Piper Diyagramı

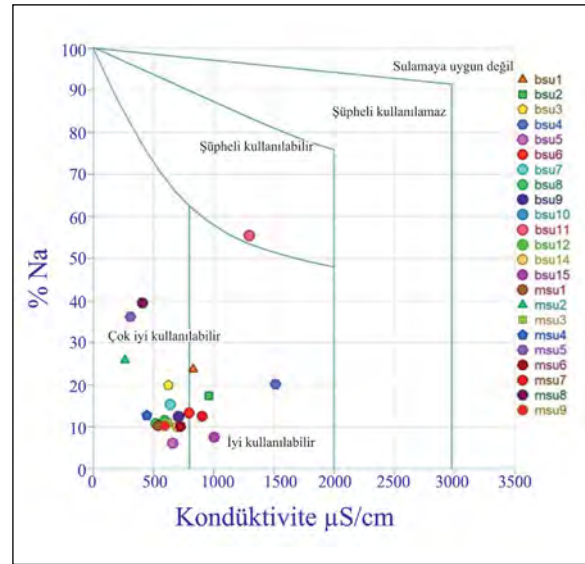
Schoeller yarı logaritmik diyagramı üzerine suların kimyasal bileşimi karşılaştırılmıştır. Buna göre BSU-4 ve BSU-11 örneklerinin (Ürkütler köyü ve jeotermal tesis mansabı) Cl^- içeriğinin diğer örneklere oranla fazla olması yeraltı suyunun farklı bir yeraltı suyu kütleline ait olmasından ve jeotermal kaynağın doğal özelliğinden kaynaklanmaktadır. MSU-6 ve MSU-7 örneklerinde SO_4^{2-} içeriğinin diğer örneklere oranla fazla olması farklı bir kökeni işaret etmektedir.

Sularının kimyasal bileşimleri Durov diyagramına göre incelendiğinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak yüzey suları ve yeraltı sularının çoğunluğu $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ fasiyesindedir. Suların fiziksel köken olarak yorumlanmasında kullanılan Gibbs diyagramına göre tüm sular kayaç (akifer) kökenlidir. Suların anyon ve katyonların içeriğine göre sınıflandırılmasında ise Chadha diyagramı kullanılmıştır. Diyagrama göre MSU-4, 5, 6, 7 ve 8 suları ve BSU-11 ve 14 suları gruplamanın dışında kalmaktadır.

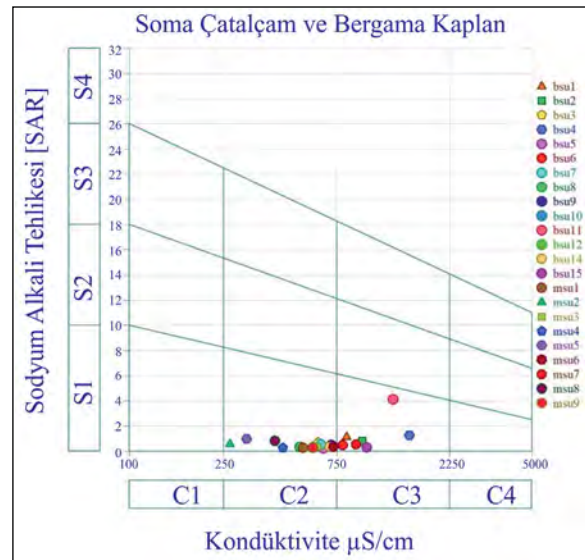
Stiff diyagramında BSU-2, 4 ve 15 örneklerinde $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ iyonlarının görece olarak diğerlerinden fazla olduğu görülmektedir. BSU 2-4-11-15 ve MSU 7 örneklerinin ise Ca iyonu içeriği fazladır. BSU-4 ve 11 örneklerinin ise Na+K iyon konsantrasyonu diğer numunelere göre daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Su parametrelerinin kalitesi ise Wilcox ve ABD Tuzluluk diyagramları kullanılarak

değerlendirilmiştir. Wilcox diyagramına BSU-11 örneği hariç göre sular çok iyi kullanılabilir ve iyi kullanılabilir sınıfına düşmüştür (Şekil 16). BSU-11 örneği jeotermal kaynaklı sudur.

Sodyum alkali tehlikesinin değerlendirildiği ABD tuzluluk diyagramında (Şekil 17) ise sular C2-S1 ve C3-S1 sınıfına düşmüştür. Bu iki sınıf düşük sodyum alkali tehlikesi sınıfını oluşturmaktadır. Yine de BSU-11 (jeotermal) ve BSU-4 (Ürkütler Köyü yeraltı



Şekil 16- Wilcox diyagramında analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.



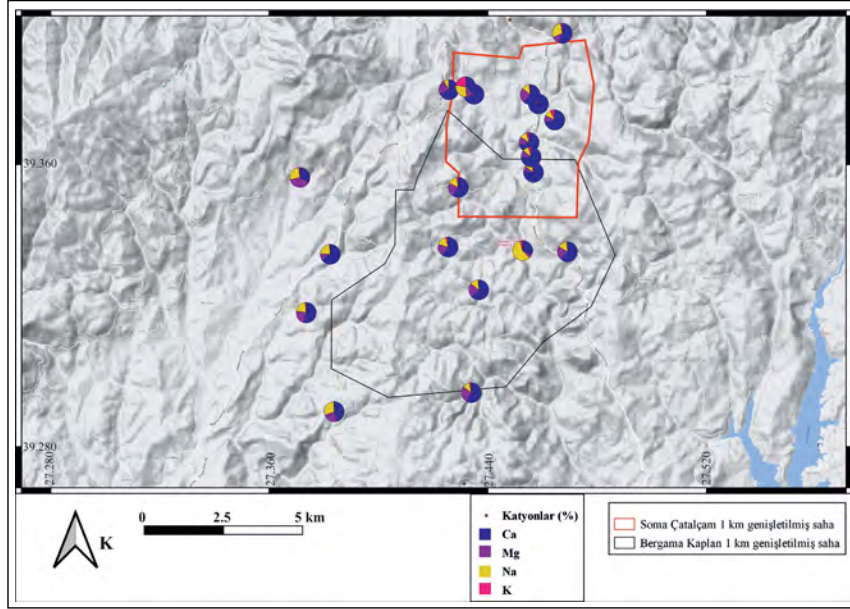
Şekil 17- Analiz sonuçlarının ABD tuzluluk diyagramında değerlendirilmesi.

suyu örneği) örneği bu gruptan aykırı bir durum sergilemektedir.

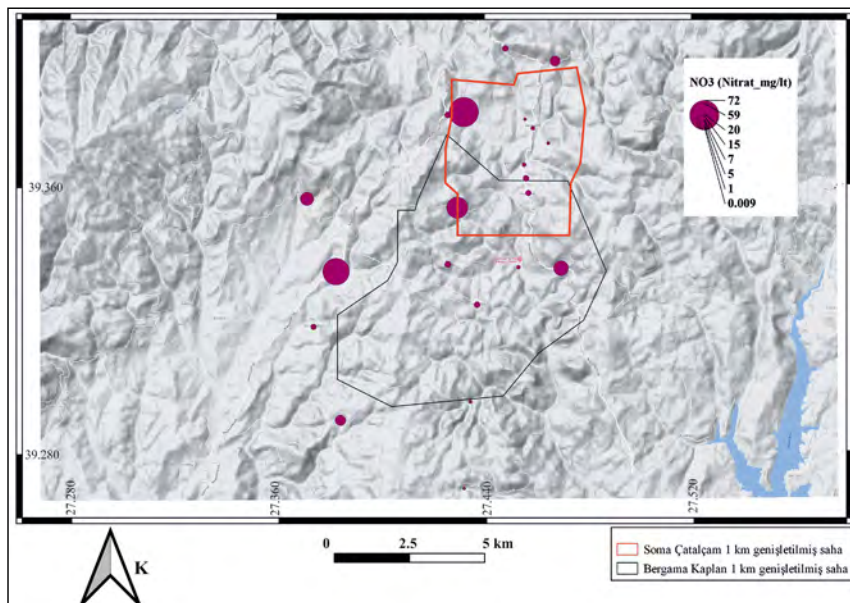
Suların kimyasındaki değişimlerin mekânsal dağılım tekniğine göre harita üzerinde gösterilmesi çevresel ve jeolojik faktörlerin etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Pie grafiği dağılımına göre bölgenin doğusunda yer alan BSU-4 (Ürkütler köyü) yer altı suyu Mg iyonunda belirgin bir

artıştan söz etmek mümkünken, yerüstü suyu olan MSU-8 de en yüksek K iyonu gözlenmektedir (Şekil 18). BSU-11 (jeotermal suyu) örneğinde ise en yüksek Na iyonu ölçülmüştür.

Çevresel kalite göstergelerinden olan nitrat içeriğinin mekânsal dağılımı genellikle yüzey sularında, yeraltı sularına oranla daha yüksek görülmektedir (Şekil 19). Çalışma alanında en yüksek



Şekil 18- Katyonların Pie grafiklerinin mekânsal dağılımlarını gösteren harita.



Şekil 19- Nitrat konsantrasyonlarının Proportional Symbol yöntemi ile mekânsal dağılımlarını gösteren harita.

nitrat değeri MSU-8 örneğinde görülmektedir. Bu örnek yüzey suyu olup, arazi gözlemlerine göre hayvancılık faaliyetlerinde kullanılmaktadır.

5. Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama, sensörlerin kullandığı enerjiye göre pasif ve aktif olmak üzere ikiye ayrılarak sınıflandırılmaktadır. Pasif algılama güneş ışığının etkisiyle nesneden yansıyan enerjiyi tanımlar. Güneş ışığı atmosferden geçerek yeryüzündeki bir obje veya yüzeye ulaştıktan sonra, o yüzey veya objenin cinsine göre ışığın belli bir dalga boyundaki spektrumu yansıtılır. Belirli bir alandan yansıtılan enerjinin ölçülmesi ve koordinatlarının kullanılmasıyla yüzey özellikleri veya nesneye ait spektral aralıklar belirlenir (Karahalil, 2014). Proje kapsamında; pasif algılama sistemi içerisinde yer alan olan ASTER uydu görüntüleri UTM/WGS84 koordinat sistemine koordinatlandırılmış, geometrik ve atmosferik olarak düzeltilmiş, daha sonra görüntüde yer alan su, bitki örtüsü ve varsa bulut/kar bölgeleri maskelenerek görüntü üzerinde kapatılmış ve analize hazır hale getirilmiştir.

Çalışmada 4 adet Terra Aster uydu verisi kullanılmış olup (ASTL1B0009200918100203100870, ASTL1B 0009200918190203100871, ASTL1B 0308120902490309090007, ASTL1B 0308120902400406080025) bu verilerin stereo modundaki görüntülerinden çizgisellik haritası elde edilmiştir. Aynı uydu verilerinin SWIR bantları kullanılarak anomali sahaları tespit edilmiştir.

Sahanın çizgisellikleri Terra ASTER uydu verisine haiz olan stereoskopik özellikten faydalanılarak [RGB: 3N(nadir), 3B(backward), 3B(backward)], 3 boyutlu stereoskopik görüntüden elde edilmiştir. Bu görüntü kuzeye göre saat yönünde 90 derece döndürülerek oluşturulmuş, daha sonrasında bu işlem sırasında kullanılan özel stereoskopik gözlük yardımı ile çizgisellikler tespit edilmiştir. Sahanın morfolojik özelliklerinden faydalanılarak görsel açıdan süreksizlik gösteren yapılar tespit edilmiştir. Bu yapılar kimi yerde tam bir doğrusallık kimi yerlerde kavisli bir süreksizlik oluşturmaktadır.

Çizgisellik Analizi, uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları kullanılarak arazinin fay hatları, jeolojik birim sınırları, kıvrım eksenleri ve olası çatlak zonların belirlenmesine yardımcı olan bir tekniktir. Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak bir bölgeye ait çizgisellik analizi yapılır ve bu sayede mevcut fay hatları, kıvrım eksenleri, zayıf zonlar, çatlak sistemleri ve damarlar tespit edilir. Ayrıca, olası stres yönleri de tanımlanır. Çizgisellik analizi sonucunda, bölgedeki hatların yönelimleri belirlenir ve olası ana yönelimler ortaya çıkarılır.

ASTER algılayıcı sistemi, görünür aralıktan termal kızılötesi aralığa kadar geniş bir spektral bölgede yüksek alansal, spektral ve radyometrik çözünürlüğe sahip 14 banttan oluşur. Bu özellik; mineral ve olası alterasyon haritalarının daha ayrıntılı bir şekilde oluşturulabilmesine olanak sağlamaktadır. Yeryüzü objelerinin bir kanalda görünmeyen kimi özellikleri başka kanalda görülebilmektedir. Böylece ne kadar çok sayıda kanal görüntüsü varsa kuramsal olarak o obje hakkında, görüntüden çıkarılabilecek bilgi oranı da o ölçüde artmış olmaktadır (Tatar ve Tatar, 2013).

ASTER uydu verileri yersel ve spektral çözünürlüğü nedeniyle yapısal unsurların ve litolojik farkların önem arz ettiği jeolojik araştırmalar için uygun veri sağlar. VNIR (visible near infrared, görünür yakın kızıl ötesi) bantları demiroksit mineralleri ile ilgili bilgi verirken, SWIR (short wave infrared, kısa dalga kızıl ötesi) bantları da hidroksit mineralleri hakkında bilgi verir. Bu dalga boyu bölgeleri mineralojik haritalamada kullanılmıştır. En yüksek parlaklık değerlerini oranlayarak materyaller arasındaki zıtlığı zenginleştirmek amacıyla görüntü zenginleştirme tekniklerinden biri olan Bant Oranlama uygulanmıştır. Belirlenen mineral anomalileri için olabilirliği en yüksek alanları sınırlamak amacıyla görüntü üzerinden eşik değerler seçilmiştir. Bant oranlama sonuçlarına göre Kaolinit, Alunit, Demiroksit, Kuvars ve Kalsit minerallerine ait eşik değerleri hesaplanmıştır, 3x3 filtreleme uygulanmış ve sınıflandırma yapılmıştır. Farklı kompozit görüntülerin analizi ile olası alterasyon alanları belirlenmiştir.

Anomali saharlarının tespitinde Terra ASTER uydu verisinin 1. ve 2. Spektral bantları kullanılarak, demiroksitleşme/hidroksitleşme için 2/1, Alunit için 4/5, Killeşme (İllit, Kaolinit, Smektit, Montmorilonit vb.) için 4/6, Karbonat Mineralleri (Kalsit vb.) -MgOH içeren min. (Klorit, Epidot vb.) için 7+9/8 ve Silileşme 4+5/6+7 bant oranlamaları yapılmıştır. Nihai görüntüler daha sonra en fazla parlaklık veren bölgede DN (digital number, sayısal numara) değeri sabit tutularak bir eşik değeri belirlenmiş ve bu değerin üstündeki parlaklık değerleri ilgili anomali saharları olarak belirlenmiştir. Sahada demiroksit ve çizgiselliklerin bir arada olduğu kısımlar cevher oluşumu için potansiyel teşkil edebilir.

Sahanın çizgisellikleri Terra ASTER uydu verisine haiz olan stereoskopik özellikten faydalanılarak (RGB 3N, 3B, 3B), uydu verisinin bir özelliği olan nadir ve backward (geri) spektral bantlar bir araya getirilerek 3 boyutlu görüntüden elde edilmiştir. Sahanın morfolojik özelliklerinden faydalanılarak görsel açıdan süreksizlik gösteren yapılar tespit edilmiştir. Bu yapılar kimi yerde tam bir doğrusallık kimi yerlerde kavisli bir süreksizlik oluşturmaktadır. Çizgisellik haritasında genel olarak ana çizgisel yapılar KD-GB yönelimli olup, tali olarak KKD-GGB ve K-G şeklindedir. Sahada mevcut mermer saharlarının lokasyonu ve çizgisel yapılarla uyumuna dikkat edilmelidir.

Ön çalışmaları tamamlanan görüntüler üzerinde Bant Oranlama (Kanlinowski ve Oliver, 2004) algoritmaları uygulanmıştır. Elde edilen verilere ek olarak bant kompozit ve bant oran kompozit görüntüleri (Di Tommaso ve Rubinstein, 2007; Yajima vd., 2007) hazırlanarak çalışma alanındaki alterasyon alanlarını belirlemede anahtar olan mineral anomalileri (kaolen grubu mineraller, alunit, demir oksit ve kuvars) tespit edilmiştir. Hazırlanan haritalarda kaolen grubu mineralleri kaolinit olarak temsil edilmektedir. Yukarıda bahsi geçen tüm algoritmalar birlikte kullanılarak olası alterasyon alanları belirlenmiştir.

Çalışma alanı ve çevresi jeolojik yapısı nedeniyle çeşitli maden yatakları oluşumları için önemli bir bölgedir. Türkiye’de kaolinlerin büyük ölçüde volkanik kayalara bağlı olduğu bilinmektedir.

Dolayısıyla bölgede neojen yaşlı volkanik kayalar yoğun olarak yüzeylenmektedir. Balıkesir-İvrindi civarında bulunan kaolin yatakları özellikle neojen volkanitlerinin hidrotermal alterasyonu sonucunda oluştuğu bilinmektedir. Bölgedeki çizgiselliklere ve volkanik kayaların hidrotermal alterasyon derecelerine bağlı olarak farklı alanlarda (kaolen grubu mineraller, alunit, demir oksit ve kuvars vb.) farklı mineraller görülebilmektedir. Sonuç olarak bahsi geçen çalışma alanının kuzey batısındaki demiroksit ile olası alterasyon alanları çizgiselliklerin de yoğun olduğu alanlar içinde olduğundan potansiyel maden alanları olarak yorumlanabilir (Avcı ve Bayındır, 2020).

6. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma ile Soma Çatalçam metalik sahasının toprak ve dere sedimanlarında, sularında ve çevresel parametrelerin mevcut durumu incelenmiştir. Çevresel parametrelerin mevcut durumuna dayalı olarak, toprak ve dere sedimanlarında ağır metal birikiminin sahanın hangi bölgelerinde etkili olduğu ve olası kirliliğe neden olan antropojenik ve jeolojik faktörler araştırılmıştır. Bu amaçla sahadan ve civarından 28 adet toprak ve dere sedimanı (1 km²) ve 23 adet su örneği alınmıştır. Toprak ve dere sedimanlarında üzerinde çevre jeokimyasına yönelik analizler (Mn, Zn, Cr, As, Ni, Cu, Mo, Pb, Co, Cd, V) ve majör oksitler, su örneklerinde ise hidrojeokimyasal ve su kalite parametreleri araştırılmış ve madencilik öncesi öncel temel değerler (background) tespit edilmiştir. Aynı zamanda, toprak ve dere sedimanlarında elde edilen konsantrasyon değerlerinin birbirleri arasındaki ilişki istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Bu veriler, olası kirlilik derecelerini belirlemek için dünya ortalaması şeyl metal konsantrasyon değerleri temel alınarak Zenginleşme Faktörü (Ef), Jeobirikim İndeksi (Igeo), Kirlilik Faktörü (Cf) ve Kirlilik Yükü İndeksi (PLI) hesaplamaları için kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıda belirtilen şekilde özetlenebilir:

Toprak ve dere sedimanları, Kirlilik Faktörü (Cf) açısından incelendiğinde, tüm istasyonlar için Ni ve V için az kirlenme, Co, Cu, Cr ve Mo için az kirlenme ile orta derecede kirlenme arasında, Zn ve Mn için az kirlenme ile önemli derecede kirlenme arasında,

As ve Cd için az kirlenme ile aşırı derecede kirlenme arasında ve Pb için orta derecede kirlenme ile aşırı derecede kirlenmeye varan özellikler göstermektedir.

Kirlilik faktörü hesaplamasına göre Ni ve V açısından sahadaki tüm örnek noktaları az kirlenme gösterirken, Pb, As ve Cd değerleri bazı örnekleme noktalarında aşırı derecede kirlenme göstermekte veya zenginleşme faktörü (EF) hesaplamasına göre ağır metal zenginleşmesi önemli derecede sınıfta yer almaktadır. Toprak ve dere sedimanları Kirlilik Yüklü İndeksi (PLI)'ne göre değerlendirildiğinde 21 adet örneğin 1 değerinin altında kaldığından tüm ağır metal içeriklerine göre kirlenmemiş özellikte, diğer örnekler ise 1 değerinin üzerindedir.

Pearson korelasyon katsayılarından elde edilen sonuçlara göre, dere sedimanı ve toprak örneklerinde çinko, kadmiyum, mangan ve bakır ile nikel, kobalt arasında yüksek korelasyonlar bulunmaktadır. Bu sonuçlar, Zn-Pb ve Ni-Co gibi metallerin birlikte zenginleşme eğiliminin, çalışma alanındaki belirli kayaçların jeokimyasında sıkça görüldüğünü ve bu nedenle bu metallerin kirliliklerinin litojenik etkinin göz ardı edilmemesi gereken bir faktör olduğunu göstermektedir. Ayrıca, P_2O_5 gübredeki varlığı, çalışma alanındaki V (vanadyum) ile yüksek korelasyon gösterdiği için, bu metalin gübre kaynaklı olduğunu işaret etmektedir. Aynı zamanda, P_2O_5 ile Cd, Cu, Ni ve Co arasındaki pozitif ancak istatistiksel olarak anlamsız ilişkiler, bu elementlerin tarımsal faaliyetlerle ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Sahanın içindeki ve etrafındaki yüzey ve yeraltı suları su kirliliği yönetmeliğine göre ağır metal içeriği bakımından I., II. ve III. sınıf su kalitesine sahip olarak değerlendirilmiştir. Pb, Cu ve Cr bakımından tüm örnekler I. sınıf kullanma suyu kalitesi sergilerken, As hariç su kalitesi açısından değerlendirilen diğer metal parametrelerine göre çalışma alanının orta ve batı kısmında yer alan 3 veri noktası II. veya III. sınıf su kalitesine sahiptir. As bakımından III. sınıf su olan BSU-5 Duğla Köyü yeraltı suyu, MSU-1 ise Çatalçam Köyü yeraltı suyudur. As bakımından IV. sınıf olarak değerlendirilen örnek, kaplıcanın mansabında yer alan yüzey suyudur ve bu numune alım noktası hariç alınan

tüm örnekler Wilcox diyagramına göre çok iyi-iyi kullanılabilir su sınıflama kalitesinde yer almaktadır ve ve sodyum alkali tehlikesi taşımamaktadır. Herhangi bir endüstri tesisinin olmadığı sahada hem toprak hem de sudaki anomali artışlarına ortamın mevcut jeolojik hakim durumuna etki etmektedir.

Katkı Belirtme

Bu araştırma MTA Genel Müdürlüğü, "Potansiyel Maden Alanlarının Mevcut Ortam Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi" projesi kapsamında 2019-2020 yıllarında yapılan saha çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya lojistik anlamda destek veren Maden Etüt ve Arama Dairesi Biga Yarımadası ve Güneyi Polimetal Maden Aramaları Kamp Şefliği personellerine ve Uzaktan Algılama çalışmasını gerçekleştiren Jeoloji Etütleri Dairesi personeli Kerem Avcı'ya yazarlar katkılarından dolayı teşekkür eder.

Değinen Belgeler

- Akın, Ç. 2017. Yığınsal (Agglomerative) Kümeleme. <http://cagiemreakin.com/veri-bilimi/agglomerative-clustering-4.html>. Eylül 2019.
- Akyürek, B., Soysal, Y. 1978. Soma(Manisa)-Savaştepe-Korucu-Ayvalık (Balıkesir)-Bergama (İzmir) Civarının Jeolojisi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No:6432 (yayımlanmamış).
- Avcı, M., Bayındır, F. 2020. Potansiyel Maden Alanlarının Mevcut Ortamlarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi (Türkiye Genel) (2020-38-14-01) Projesi Uzaktan Algılama Raporu, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara (yayımlanmamış).
- Bingöl, E. 1974. Batı Anadolu'nun Jeotektonik Evrimi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Dergisi, Sayı: 86.
- Demirbugan, A. 2019a. Sürdürülebilirlik ve Maden Sahalarının Rehabilitasyonu. Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü.
- Demirbugan, A. 2019b. Orman Varlıklarının Ekonomik Değerlendirilmesi, Tarım ve Çevre Bilimleri Kongresi, 4-5 Aralık 2019, Ankara.

- Demirbugan, A. 2019c. Changes in ecosystem service benefit in Soma lignite region of Turkey, *Resources Policy*, 64.
- Di Tommaso, I., Rubinstein, N. 2007. Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina. *Ore Geology. Reviews*. 32, 275–290.
- Duffus, J. H., Howard G.J.W. 1996 *Fundamental Toxicology For Chemists*, Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services.
- Duru, M., Pehlivan Ş., Dönmez, M., Ilgar A., Akçay, E.A., Saydam, D.G., Erdoğan, K., Özer, D. 2008. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Balıkesir – İ18 Paftası. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 97.
- Ercan, T., Günay E., Türkecan, A. 1984. Edremit-Korucu (Balıkesir) Tersiyer Stratigrafisi, Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Kökensel Yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 27/1, 21-30.
- Jackson, M.L. 1967. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi, 498.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I (Environmental Effect of metals-I). *Metalurji*, 136. Sayı:47–53.
- Kanlinowski, A., Oliver, S. 2004. ASTER Mineral Index Processing. Remote Sensing Application Geoscience Australia. Australian Government Geoscience Website: http://www.ga.gov.au/image_cache/GA7833.pdf. 01.12.2011.
- Karahalil, U. 2014. Forest Resource Planning Using Satellite Images. https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_03_4148c.pdf. 2021.
- Karaman, O. 2021. Karakavak ve Çukurhüseyin (Balıkesir) köyleri civarındaki volkanik kayaçların petrografisi ve jeokimyası. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaygusuz, A., Şahin, K. 2016. Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 89-116.
- Sarı, R., Küçükefe Ş., Çetiner, L. 2019. Çatalçam Porfiri Altın-Gümüş-Kurşun-Çinko Sahası (Manisa-Soma-Kiraz Ruhsatı) Buluculuk Talebine Esas Maden Jeolojisi ve Kaynak Tahmin Raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Raporu, No.201300664, Ankara (yayımlanmamış).
- Sarı, R., Küçükefe, Ş., Bozkaya, G., Bozkaya, Ö., Bademler, F., Deveci Aral, Z., Bayrakçıoğlu, E. D., Dönmez, C., Özkümüş, S. 2022. Geological, mineralogical-petrographical and fluid-inclusion characteristics of the Çatalçam (Soma-Manisa) Au-Pb-ZnCu mineralization. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* 167, 25-49.
- Tatar, Y., Tatar, O. 2013. Jeolojide Uzaktan Algılama. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları No:142.
- Turekian, K.K., Wedepohl, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geology Society America Bulletin*, 72, 175-192.
- Wedepohl, K.H. 1969. *Handbook of Geochemistry*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 578.
- Wedepohl, K.H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 1,217-1,239.
- Yajima, T., Yamamoto, K., Yamamoto, K., Hayashi, T. 2007, Identification of Hydrothermal Alteration Zones for Exploration of Porphyry Copper Deposits Using ASTER data. *Journal of the Remote Sensing Society of Japan*, 27 (2), 117-128 (in Japanese).
- Yıldız, N. 2004. Toprak ve bitki ekosistemindeki ağır metaller, ZT-531. Yüksek Lisans Ders Notları, Erzurum.



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



İda-Madra Jeoparkı'nın Kazdağ Masifi Bölümü'nde (Edremit-Balıkesir) Yeni Jeorota Önerileri

Yahya ÇİFTÇİ^{a*} ve Yıldırım GÜNGÖR^b

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye (Emekli)

^bİstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

İda-Madra Jeoparkı, Kazdağ, Jeorotalar, Metamorfik Masif.

ÖZ

Bu çalışmada, Biga Yarımadası'nın orta bölümünde yer alan Kazdağ Masifi içinde, masifin oluşumuna ışık tutacak şekilde, farklı jeolojik/geotektonik özellikleri karakterize eden 4 jeorota oluşturulmuş ve bu jeorotalar üzerinde toplam 86 adet jeosit belirlenmiştir. Söz konusu jeorotalar boyunca, hem Kazdağ Masifi'nin oluşumuna ışık tutan ve masifin temelini oluşturan metamorfik kayalar ile bu jeolojik süreç boyunca söz konusu metamorfik kayaların içine yerleşen magmatik/plütonik kayalardan, hem de neotektonik olaylar sonucunda masifin yükselmesine eşlik eden ve bu masifin örtü kayalarını oluşturan volkanik kayalardan çok sayıda yeni jeosit önerilmiştir. Ayrıca, Miyosen-Pliyosen döneminden itibaren Kazdağ Masifi'ni yükselten kenar fayları ile onu kesen Türkiye'nin en büyük doğrultu atımlı fayının bir bölümü de bu alanın neotektonik yapılarını oluşturur ve birer jeosit değeri taşırlar. Tüm bu jeoçeşitliliğe rağmen, yaklaşık 17.000 km² alana yayılmış olan mevcut jeopark içinde belirlenmiş olan jeositler ve "odak noktası" bağlamı, jeoparkın jeolojik olarak tanıtımında yetersiz kalmaktadır. İda-Madra Jeoparkı henüz kurulma aşamasındadır. Ulusal Jeopark olarak ilan edilmiş olan bu jeoparkın UNESCO onay süreci devam etmektedir. Çok geniş bir alana yayılmış olduğundan ana bağlamı belirlenememiş olan İda-Madra Jeoparkı'nın Kazdağ bölümü, bu jeorotaların hayata geçmesi ile birlikte, kendi içinde "Metamorfik Masif" bağlamında tanımlanmış olacak ve İda-Madra Jeoparkı'na önemli bir bilimsel katkıda bulunulmuş olacaktır.

Gönderim Tarihi: 24.10.2023

Kabul Tarihi: 09.11.2023

Keywords:

İda-Madra Geopark, Mount Ida, Georoutes, Metamorphic Massif.

ABSTRACT

This study identified 4 georoutes characterizing different geological/geotectonic features within the Kazdağ Massif, located in the central part of the Biga Peninsula, to shed light on the formation of the massif, and a total of 86 geosites were identified on these georoutes. Along the aforementioned georoutes, many new geocites have been proposed from both metamorphic rocks that shed light on the formation of the Kazdağ Massif and form the basis of the massif, magmatic/plutonic rocks intruded into the metamorphic rocks along this geological processes and volcanic rocks that accompany the rise of the massif as a result of neotectonic events, forming the cover rocks of this massif. Additionally, the border faults that have uplifted the Kazdağ Massif since the Miocene-Pliocene period and a part of Türkiye's largest strike-slip fault that cuts it, constitute the neotectonic structures of this area and each have a geosite value. Despite all this geodiversity, the geosites and the "focal point" context determined within the existing geopark, which is spread over an area of approximately 17,000 km², are insufficient for promoting its geological significance. İda-Madra Geopark is currently undergoing establishment and has been declared as a National Geopark, and the UNESCO approval process is ongoing. However, the Kazdağ section of the İda-Madra Geopark, due to its extensive spread, has yet to determine its primary context. With the implementation of these georoutes, it will be defined within the context of the "Metamorphic Massif," thereby making a significant scientific contribution to the İda-Madra Geopark.

Received Date: 24.10.2023

Accepted Date: 09.11.2023

Atıf Bilgisi: Çiftçi, Y., Güngör, Y. İda-Madra Jeoparkı'nın Kazdağ Masifi Bölümü'nde (Edremit-Balıkesir) Yeni Jeorota Önerileri. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 4, 47-69.

*Başvurulacak Yazar: Yahya ÇİFTÇİ, yahyaciftci@gmail.com

1. Giriş

Kuzeybatı Anadolu'nun en heybetli yeryüzü rölyefi olan Kaz Dağları, antik dönemden bu yana insan yerleşimlerine mekan sağlamış, büyük Anadolu ozanı Homer'in "kırk pınarlı İda" olarak söz ettiği dağlardır. Yaklaşık D-B uzanımlı birkaç zirveden oluşan bu dağ sırası, jeolojik olarak Kazdağ Masifi olarak tanınır.

1994 yılında Milli Park olarak ilan edilen Kazdağı Milli Parkı, yaklaşık 21.000 hektarlık alana yayılır ve bünyesinde 30'un üzerinde endemik bitki türü barındırır. Yoğun göknar ve çam ormanları sayesinde dünyaca ünlü oksijen oranı ile uzun yıllardır ekoturizm açısından bir çekim merkezi durumundadır. Bununla birlikte, ekoturizmin bir alt kolu olan jeoturizm konusunda şimdiye dek herhangi bir tamamlanmış organizasyon bulunmamaktadır. Bu makalede, Kazdağı ve onunla birleşik dağ sistemlerinin jeolojisi ve jeoturizm potansiyeli tartışılacaktır.

Kaz Dağları, tek başına bir "Metamorfik Jeopark" olabilecek özelliklere sahiptir. Oysa kuruluşu devam eden ve "Ulusal Jeopark" olarak ilan edilen İda - Madra Jeoparkı projesi incelendiğinde, Kazdağı bölgesinde, bir adet cam seyir terası ve burada zaten mevcut olan Milli Park bünyesinde tanımlanmış birkaç yürüyüş rotası ile zaten uzun yıllardır mesire alanı olarak kullanılan şelale ve kanyon türü jeolojik yapılar dışında "jeolojik" tanıtım faaliyeti bulunmamaktadır. Ulusal ya da UNESCO onaylı bir jeoparkın, içinde gerçekten jeoloji ağırlıklı jeositler olmadıkça, jeoparkların birincil amacı olan "yer kürenin oluşumundan itibaren yaşanan jeolojik olayların bir bölümünü sergilemek, tanıtmak yoluyla doğa farkındalığı oluşturmak" amacı yerine getirilemez. Bu yaklaşım doğru kabul edilirse, önerdiğimiz alan ya yeni bir jeopark olarak ele alınmalı ya da İda-Madra Jeoparkı içinde "Metamorfik Masif" bağlamında yeniden tanımlanarak, projedeki ifadeyle, kendi başına bir "Odak Noktası" olarak tanıtılmalıdır.

Kazdağ Metamorfik kayaçları ilk kez Diller (1883) tarafından şist ve gnays olarak tanımlanmışlardır. Daha sonra Philippon (1912) ve Schuiling (1959), Kazdağı ve çevresinde söz konusu metamorfik kayaçları haritalamışlardır. Bingöl vd (1973), bölgede yürütülen en bütüncül çalışmalardan biri olmuştur.

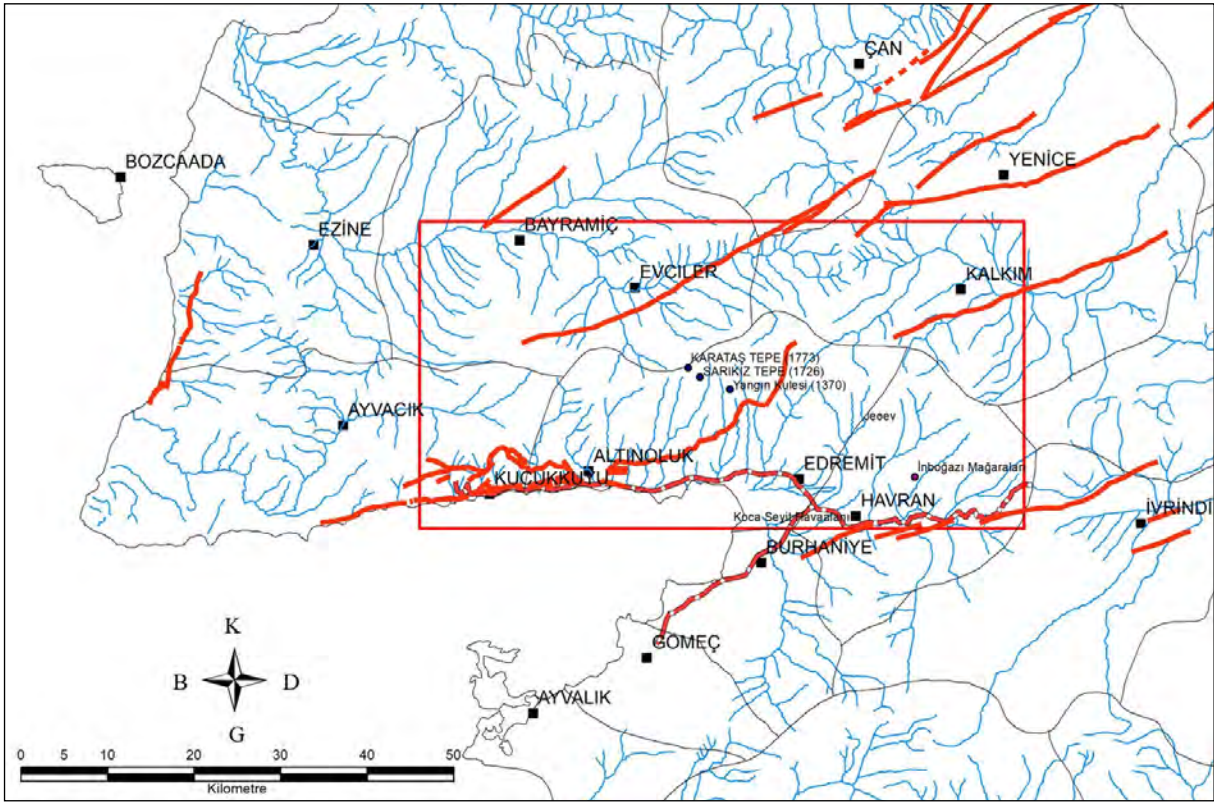
Kazdağ Masifi, kuzeyde Paleo Tetis ve güneyde Neo Tetis okyanusal kabuklarına ait kayaçlar (Okay vd., 1990) ile yüksek dereceli metamorfizma geçirmiş, hatta yer yer kısmi ergimeye uğramış kıta kabuğuna ait bir massif çekirdeğini, genç jeolojik dönemde gelişen magmatizma (Ayan, 1979) ve onu takip eden yaygın volkanizmayı içeren (Ercan vd., 1984; Dönmez vd., 2005) çok büyük bir jeoçeşitlilik sunmaktadır. Bu kökensel olarak birbirinden çok farklı olan kayaç gruplarının yan yana gelmeleri de olağanüstü kabuk olayları sayesinde olmuştur (Duru vd., 2012). Tüm bu jeolojik ve yapısal zenginliği tanıtmak, Kazdağ Masifi'ni kateden 4 adet jeorota ile ve bunlar üzerinde belirlenmiş toplam 86 jeosit lokasyonu ile sağlanabilir.

Kazdağ Masifi, diğer deyişle Kaz Dağları, KB Anadolu'daki Biga Yarımadası'nın tam orta kesiminde, Edremit Körfezi'ni kuzeyden sınırlar şekilde oluşmuştur (Şekil 1). Yazılı tarihin bilinen mitolojik öykülerinin ötesinde (İlyada), Havran Barajı kuzeyinde yer alan İnboğazı Mağaraları'nda yapılan arkeolojik kazılara bakıldığında, bunların en azından Mezolitik dönemden bu yana insanlar tarafından kullanılmış sığınaklar oldukları anlaşılmaktadır (Özdemir, 2008; Türk, 2008; Adalı, 2013). Bu alanda çok sayıda bilimsel makale bulunduğu gibi, bu alanı topluca bütün yönleri ile değerlendiren rapor ve kitaplar da yayınlanmıştır (Yüzer ve Tunay, 2008; Gözler vd., 1984).

Kazdağ Masifi ve çevresinin tüm jeolojik özellikleri, yaklaşık K-G doğrultulu 4 adet jeorota üzerinde belirlenmiş olan 86 jeosit lokasyonu kullanılarak tanıtılmıştır.

Jeorota-1: Çekirdek Kayaçları: Yaklaşık 48 km uzunluğundadır ve üzerinde 15 adet jeosit lokasyonu belirlenmiştir. Bu jeorota üzerinde Kazdağ Masifi'nin çekirdek kayaçları tanıtılmaktadır. Rota üzerindeki en yaygın çekirdek kayaçları, Sütüven Formasyonu'na ait gnays, sillimanitli gnays, granitik gnays, mermer ve migmatit gibi yüksek dereceli metamorfik kayaçlardır.

Jeorota-2: Paleotetis Okyanusu Kayaları: Yaklaşık 57 km uzunluğundadır ve bu jeorota üzerinde toplam 30 adet jeosit lokasyonu belirlenmiştir. Bu jeositler de ağırlıklı olarak Kazdağ Masifi'nin çekirdek kayaçlarını içerir, istifin en altında bulunan ve metaperidotit türü



Şekil 1- Kazdağ Masifi yer bulduru, drenaj ve aktif fay haritası (Diri faylar: Emre vd., 2010'dan).

kayaçlardan oluşan Tozlu Formasyonu, bu jeorota üzerindedir. Bu metaofiyolitler, Paleotetis okyanusuna ait okyanusal kabuğu temsil ederler ve bu özellikleri ile Türkiye’de çok özel bir konuma sahiptirler. Yanı sıra, Kazdağı ve çevresinde yaygın olarak gözlenen Çetmi Melanjı da Paleotetis okyanusunun Gondwana Kıtası altına dalıp batması sırasında oluşmuştur. Bu melanj da olduğu jeotektonik ortam açısından eşsiz bir jeolojik miras niteliği taşır. Bunların yanı sıra, bu melanjın üyeleri olan Sarıkız ve Babadağ Mermerleri, ayrıca bölgedeki en önemli jeotektonik birim olan Alakeçili Milonit Zonu ve söz konusu formasyonların içine yerleşen Evciler Plütону, bu jeorota boyunca tanıtılmıştır.

Jeorota-3: Paleotetis / Neotetis Kenedi: Yaklaşık 30 kilometre uzunluğunda olan bu jeorota üzerinde toplam 24 adet jeosit belirlenmiştir. Bu jeorotanın amacı, kuzeyden güneye Ezine Zonu ile Sakarya Zonu kayaçlarını ve bunlar arasındaki tektonik ilişkiyi tanıtmaktır. Türkiye’nin tektonik birliklerinden Paleotetis Okyanusu’nun bir kalıntısı olan Ezine Zonu ile Neotetis Okyanusu’nu temsil eden Sakarya

Zonu kayaçları bu jeorota ile kesilmekte olup “Kıta Ölçeğinde Olaylar” sınıfı jeositlere çok güzel birer örnek oluşturmaktadırlar.

Jeorota-4: Yaklaşık 80 km’lik dairesel bir jeorotadır. Bu jeorota üzerinde toplam 17 adet jeosit lokasyonu belirlenmiştir ve bu jeosit lokasyonları ağırlıklı olarak Kazdağ Masifi ve onu saran Paleozoyik yaşlı yitim zonu kayaçlarını keserek içine yerleşen Evciler Plütону’nun jeolojik özelliklerini tanıtmaktadır. Bu kesme ilişkisinin en güzel gözlemlendiği yerlerde skarn zonları ve pegmatite/aplit dayk oluşumları gelişmiştir. Görsel açıdan ilgi çekici olan bu özel kayaçların bazı kesimlerde koruma altına alınmaları önerilmiştir.

Kazdağ Masifi, yaklaşık 2475 km²’lik bir alana yayılmaktadır. Kuzeyinden Bayramiç, doğusundan Kalkım ve batısından Ayvacık ilçeleri (Çanakkale), güneyinde ise Altınoluk, Edremit ve Havran (Balıkesir) ilçeleri ile sınırlanır. Bu alanın ortasında, yaklaşık KB-GD doğrultusunda uzanan Babadağ (1765), Karataş Tepe (1775), Sarıkız Tepe (1726) ve Yangın Kulesi tepe (1370) gibi yükseltiler, topluca Kaz Dağları’nı oluştururlar. Bu hat aynı zamanda

su bölüm çizgisini tanımlar. Bu hattın kuzeyinde Bayramiç-Çan-Yenice (Agonya) Ovası, güneyinde de Edremit-Havran ovaları oluşmuştur. Drenaj hatları da bu su bölüm çizgisine yaklaşık olarak dik doğrultuda, kuzeye doğru ve güneye doğru gelişmiştir (Şekil 1).

Tüm bu jeomorfolojik yapıya bakıldığında, Kazdağ Masifi'nde yükselti aralığı 0 m ile 1775 m arasında değişmektedir. Bu yüksekliğe, yani Edremit Körfezi kıyı çizgisinden itibaren kuzeye doğru Kaz Dağları'nın zirvesi olan Karataş Tepe'ye kuş uçuşu yaklaşık 16 km'de ulaşılır (Şekil 1). Bu mesafe oldukça kısa sayılır ve güneye eğimli dik yamaçların oluştuğunu belirtir. Bu dik yamaçların oluşumu jeomorfolojik süreçler tarafından değil, tektonik hareketler tarafından belirlenmiştir. Kazdağ Masifi, masifi güneyden sınırlandıran Edremit Fayı boyunca Pliyo-Kuvaterner döneminde hızla yükselmesi nedeniyle bu sarplıklar gelişmiştir (Şekil 1). Özellikle Kazdağ Sıyrılma Fayı'nın taban bloğu, Kazdağ Masifi'ni hızla yükselten bu güneye eğimli sarplıkların en belirgin olanlarındandır.

Şekil 1'de gösterilen ve Kalkım üzerinden GB'ya doğru devam ederek Altınoluk ve Küçükkuşu üzerinden Edremit Körfezi'ne dalan Edremit Fayı, aslında çok büyük bir fay sisteminin küçük bir parçasıdır. Türkiye'yi Karlıova'dan batıya doğru Ege Denizi'ne kadar kateden yaklaşık 1300 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fayı, Yalova Çınarcık'tan itibaren iki kola ayrılır. Bir kol batıya doğru Marmara Denizi'nin içinden devam ederek Tekirdağ-Mürefte-Saros Körfezi'ne uzanır. Diğer kol ise, Yalova'dan GB'ya devam ederek güney kolu oluşturur ve Yenice-Gönen Fayı ile birlikte saçaklanarak masifi kuşatır (Emre vd., 2010). Bir kol Yenice'den Evciler'e doğru uzanır, diğeri de Kalkım üzerinden masifin güney sınırını oluşturan Edremit Fayı olarak batıya doğru, Ege Denizi'ne kadar devam eder. Bu fay, KAF sistemine bağlı bir doğrultu atımlı faydır ve aynı zamanda, Kazdağ Masifi'ni yükselten Kazdağ Sıyrılma Fayı'nı (Sözbilir vd., 2016) da kesmektedir. Bu fay, Kazdağ Masifi'nin, D-B doğrultuda, asimetrik bir horst olarak kuzeye doğru yükselmesini sağlamıştır. Aynı tür özellikteki faylara Türkiye'deki diğer masiflerin kenarlarında da rastlıyoruz. Özellikle Menderes Masifi'nin kenar fayları bu özelliktedir. Nitekim, masifin çekirdek kayaçları birer horst olarak yükselirken, iki horst arasında derin çek-ayır havzalar oluşmaktadır. Çine

Masifi, Menderes Masifi ve Bozdağ Horstu arasında oluşan Büyük Menderes grabeni, Ödemiş Havzası, Alaşehir-Salihli Grabeni bu yapılara en güzel örneklerdir.

Edremit Fayı, aynı zamanda, masifi katederken kolları ile birlikte derin kanyonların (ör. Şahindere Kanyonu) ve şelalelerin (ör. Sütüven Şelalesi) oluşumunu sağlamıştır. Bu kanyonlar ve şelaleler jeoparkın jeosit çeşitliliğine katkı sağlamaktadırlar.

Sözbilir vd. (2016), bölgenin Senozoyik deformasyonlarını temsil eden üç farklı fay seti oluştuğunu belirtmektedir. Bunlar başlıca: Yaklaşık D-B doğrultulu ve düşük açılı Kazdağ Sıyrılma Fayı; KD-GB doğrultulu oblik atımlı faylar (Konjugate Faylar) ve D-B doğrultulu yüksek açılı normal faylardır (Edremit Fay Zonu). Kazdağ Masifi'ni yükselten, işte bu D-B doğrultulu Kazdağ Sıyrılma Fayı'dır. İda-Madra Jeoparkı'nın bu bölümünde aktif tektonik bağlamını güçlendirmek adına, jeorotaların bu fayları kat ettikleri kesimlerde, hem Edremit Fayı'nın hem de Kazdağ Sıyrılma Fayı'nın yüzey etkilerini tanıtmak amacıyla jeosit lokasyonları belirlenmiştir.

2. Kazdağ Masifi Ana Bağlamı: Metamorfik Masif

Kazdağ'ın coğrafik konumu, bölgesel jeolojik konumu ve jeomorfolojik özellikleri kısaca yukarıda tanıtılmıştır. Bu yükseltiyi jeolojik açıdan değerli ve özel kılan olgu, bu kütlenin, Türkiye'nin diğer Paleozoyik yaşlı masifleri gibi (Bitlis Masifi, Kırşehir Masifi, Niğde Masifi, Menderes Masifi ve Istranca Masifi), jeolojik olarak dünya tarihinin en az 350 milyon yıllık kanıtlarını barındırmasıdır. Kazdağ Masifi, geçirdiği gömülme ve dinamotermal metamorfizmanın etkileriyle yüksek dereceli metamorfizma geçirmiştir (Okay vd., 1990). Yiğitbaş ve Tunç (2020), Biga Yarımada geniş yüzlekleri bulunan ve Kalabak Birliği olarak adlandırılan istifin, Bulgaristan'da Rodop Masifi'nde ve Istranca Masifi'nde de karşılığı bulunan, asıl olarak Gondwanaland kıta kenarındaki Geç Ediyakaran-Erken Kambriyen yaşlı bir magmatik yay ürünü istif olduğunu belirtmektedirler. Bu da, Kazdağ masifindeki kayaçların kendileri bu kadar yaşlı olmasalar bile, onu çevreleyen Kalabak Birliğine ait kayaçların (Dedetepe fm., Sazak fm., Torasan fm. Ve Çamlık Metagranodiyoriti) oluşumunun 590 ile 400

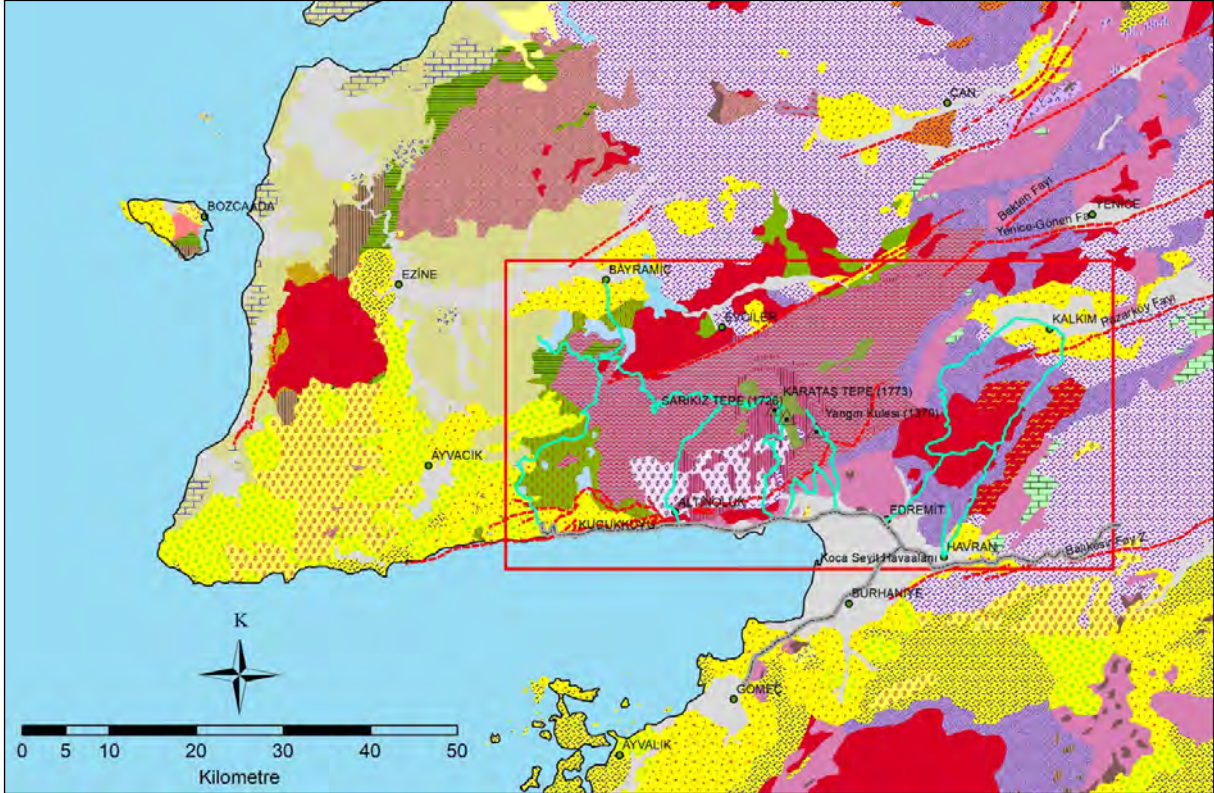
milyon yıl arasında gerçekleştiğini göstermektedir. Elbette bu kayaların oluştukları jeotektonik ortam çok özeldir ve Proto-Tetis okyanusuna ait okyanusal kabuğun güneye doğru, Gondwanaland kıtasının altına dalıp battığı bir zonu tanımlamaktadır (Yiğitbaş ve Tunç, 2020). Nitekim Yaltırak ve Okay (2004) da çalışmalarında, Kazdağ Masifi ve çevresinin Karbonifer'den başlayarak Paleotetis Okyanusu'nun evrimi içinde yer aldığını belirtmişlerdir.

Kazdağ Masifi, kabaca kıvrım eksenı KKD-GGB doğrultulu ve her iki yöne de dalımlı bir antiklinoryum şeklinde yüzelediği belirtilmiştir (Schuiling, 1959; Duru vd., 2004). Aynı çalışmada, Kazdağ Masifi'ni oluşturan metamorfitletlerin alttan üste doğru Fındıklı formasyonu, Tozlu formasyonu, Sarıkız mermerleri ve Sütüven formasyonundan oluştuğu belirtilmiştir. Burada her bir formasyon çok kısa tanıtılacak ve jeorotalar üzerindeki önemlerine değinilecektir.

Fındıklı formasyonu, genel olarak Kazdağ Masifi'nin güney kesimlerinde yüzlek verir ve başlıca amfibollü gnays, mermer ve yer yer de

amfibolit ardalanmasından oluşur (Duru vd., 2007). Aynı formasyonun içinde, Altınoluk mermeri ve Babadağ mermeri üyeleri de ayrırtlanmıştır. Bu formasyonun üzerinde, metaperidotit ve ortoamfibolit içerikli ofiyolitik kayalar, Tozlu formasyonu olarak adlandırılmış olup bunların masifin daha orta kesimlerinde yer aldıkları belirtilmiştir (Duru vd., 2007). Bu ofiyolitlerin üzerinde yer alan mermerler ise aynı araştırmacılar tarafından Sarıkız mermeri olarak ayrırtlanmıştır. Kazdağ metamorfitletlerinin en üst seviyelerini oluşturan Sütüven formasyonunun yaşı Karbonifer'dir. Litolojik olarak ince mermer bantları ve amfibolit mercekleri içeren biyotit gnays, kuvarsofeldspatik gnays, migmatit ve granitik gnays, türü kayalar ile temsil edilir ki bu kayalar yer yer ileri derecede metamorfizma koşullarını yansıtır (Duru vd., 2007).

Kazdağ Masifi, aynı zamanda Türkiye'nin Tektonik Birlikleri'nden Sakarya Zonu'nun bir parçası olup Çetmi Melanjı ve Ezine Zonu'na ait kayalar ile alt alta, üst üste dokanak ilişkisi içindedir (Şekil 2)



Şekil 2- Kazdağ Masifi ve çevresinin 1:500.000 ölçekli jeolojisi (MTA, 2002'den değiştirilerek) ve belirlenmiş jeorotalar (Genel Jeolojik Açıklama: Kahverengi ve pembe tonları metamorfik kayaları, kırmızı tonlar magmatik kayaları, sarı ve gri tonlar ise volkanik ve sedimanter kayaları temsil eder).

Çizelge 1- devamı

Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-1-5	Dokanak	Kazdağ Metamorfitleri/ Çetmi Melanjı Dokanağı-K	Dokanak		JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-1-6	AMZ	Alakeçili Mlonit Zonu	Milonit	Ü. Kretase	JK-5	e-5	Tektonik Makaslama Zonları (Breş/Milonit Zonları)
KJ-1-7	Ekay Zonu	Kazdağ Metamorfitleri/ Çetmi Melanjı Dokanağı-G	Dokanak		JK-5	e-5	Tektonik Makaslama Zonları (Breş/Milonit Zonları)
KJ-1-8	Cs	Sütüven Fm	Gnays, silirnanitli gnays, granitik gnays, mermer, migmatit	Karbonifer	JK-3	c20/c-21	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri / Masifelerde kor kompleks
KJ-1-9	Csm	Sütüven Fm Mermer Üyesi	Mermer	Üst Paleozoyik	JK-3	c-20	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri
KJ-1-10	Gg	Granitik Gnays	Metagranit	Üst Paleozoyik	JK-3	c-20	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri
KJ-1-11	Tmi	İlyasbaşı Fm	Gölsel kırıntılı	O-Ü. Miyosen	JK-3	a2-4	Denizel ve Karasal Miyosen Molası
KJ-1-12	Fay/Bindirme	Çetmi/Sütüven	Fay zonu, kataklastik ve altere zon		JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-1-13	e	Eklojit	Eklojit, Muskovit şist		JK-3	c-16	Eklojit ve Mavi Şist Fasiyesi
KJ-1-14	Tmar	Ankılı İğnimbriti	İğnimbrit	O-Ü. Miyosen	JK-3	c-5	Piroklastik Akmalar, İğnimbritler, Skorya Çökelleri
KJ-1-15	Tmar	Ankılı İğnimbriti	İğnimbrit	O-Ü. Miyosen	JK-3	c-5	Piroklastik Akmalar, İğnimbritler, Skorya Çökelleri

Çizelge 2- Jeorota 2 üzerinde belirlenmiş olan jeosit lokasyonlarının genel özellikleri.

Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-2-1	Dokanak	Çetmi Melanjı üzerine gelen Bayramiç Formasyonu	Karasal Kırıntılılar/ Ofiyolitli karmaşık	Pliyosen	JK-5	a2-1	Geç Neojen(Pliyosen) Denizel/Karasal Tortullar
KJ-2-2	Kçk	Kireçtaşı Bloğu	Kçt	Ü. Kretase	JK-3	a2-14	Mezozoyik Karbonat Platformları
KJ-2-3	Tr	Kireçtaşı Bloğu	Kçt	Ü. Triyas	JK-3	a2-17	Triyas - Jura Karbonat İstifleri
KJ-2-4	AMZ	Alakeçili Milonit Zonu	Kalaklastik kayalar, Ultramilonit	Ü. Kretase	JK-3	e-5	Tektonik Makaslama Zonları (Breş/Milonit Zonları)
KJ-2-5	s	Serpantit Bloğu	Serpantinit	Ü. Kretase	JK-3	c-14	Neotesis Okyanusal Kabuk Serisi
KJ-2-6	Cs	Sütüven Fm	Ganys, silirnanitli gnays, granitik gnays, mermer, migmatit	Karbonifer	JK-3	c-20/c-21	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri/Masiğerde kor kompleks
KJ-2-7	Tg/Pişme	Evciler Plütunu/ Mermer/Pişirme Zonu	Granit, granodiyorit, monzonit, vb.	Oligo-Miyosen	JK-3	c-10	Magmatizma ve her türlü magmatik doku ve skam zonları
KJ-2-8	Tg	Evciler Plütunu	Granit, granodiyorit, monzonit, vb.	Oligo-Miyosen	JK-3	c-11	Her türlü magmatik sokulum şekli (dayk, silt, batolit, fakolit, lakolit, vb. gibi)
KJ-2-9	Tg/Gg Dokanağı	Granitik Gnays/ Evciler Plütunu Dokanağı	Granodiyorit/ Metagranit		JK-5	c-10	Magmatizma ve her türlü magmatik doku ve skam zonları
KJ-2-10	Gg/Cs Dokanağı	Granitik Gnays/ Sütüven Fm Dokanağı	Metagranit/Gnays	Paleozoyik	JK-3	c-10	Magmatizma ve her türlü magmatik doku ve skam zonları
KJ-2-11	Csm	Sütüven Fm Mermer Üyesi	Mermer	Paleozoyik	JK-3	c-20	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri
KJ-2-12	Tg	Evciler Plütunu	Granit, granodiyorit, monzonit, vb.	Oligo-Miyosen	JK-3	c-11	Her türlü magmatik sokulum şekli (dayk, silt, batolit, fakolit, lakolit, vb. gibi)
KJ-2-13	Tg/Cs Sınır Fayı	Sınır Fayı	Granit/Gnays		JK-5	e-3	Yapısal süreksizlikler ve yer şekilleri (her türlü normal/ters fay/ bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)

Çizelge 2- devamı

Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-2-14	Mzs	Sarıköz Mermeri	Mermer, Gnays	Paleozoyik	JK-3	c-19	Alpin Yüksek Basınç Metamorfizması
KJ-2-15	Mzt	Tozlu Fm	Metaperidotit	Paleozoyik	JK-3	c-18	Paleotetis Yitim Zonu'nda Okyanusal Kabuk
KJ-2-16	Trfb	Babadağı Mermer Üyesi	Mermer	Üst Triyas	JK-3	c-20	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri
KJ-2-17	Mzt/Trfb Tektonik Dokanağı	Tozlu Fm/ Babadağı Mermer Üyesi Tektonik Dokanağı	Metaperidotit/ Mermer Bindirmesi		JK-5	e-3	Yapısal süreksizlikler ve yer şekilleri (her türlü normal/ters fay/ bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler,olistolit ve bloklar)
KJ-2-18	Mzt	Tozlu Fm	Metaperidotit	Paleozoyik	JK-3	c-18	Paleotetis Yitim Zonu'nda Okyanusal Kabuk
KJ-2-19	Trfb	Fındıklı Fm	Amfibol, gnays, kalsilikatik gnays, granatlı şist, mermer, vb.	Triyas	JK-3	c-20	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri
KJ-2-20	Trfa	Altınoluk Mermer Üyesi	Mermer	Üst Triyas	JK-3	c-19	Alpin Yüksek Basınç Metamorfizması
KJ-2-21	AMZ	Alakeçili Milonit Zonu	Kalaklastik kayalar, Ultramilonit	Ü. Kretase	JK-5	e-5	Tektonik Makaslama Zonları (Breş/Milonit Zonları)
KJ-2-22	Tg	Evciler Plütönu	Granit, granodiyorit, monzonit, vb.	Oligo-Miyosen	JK-3	c-11	Her türlü magmatik sokulum şekli (dayk, silt, batolit, fakolit, lakolit, vb. gibi)
KJ-2-23	Toh	Hallaçlar Volkaniti	Andezit, bazaltik andezit, piroklastik kayalar	Ü. Oligosen - A. Miyosen	JK-3	c-4/c-5	Bazalt Akmaları, Yastık Lavlar, Lav Tünelleri ve Sütun Bazaltlar/ Piroklastik Akmalar, İgnimbritler, Skjorya Çökelleri
KJ-2-24	Toh/Kç Tektonik Sınırı	Tektonik Sınır	Fay/Bindirme Kinematik İşaretleri		JK-5	e-5	Tektonik Makaslama Zonları (Breş/Milonit Zonları)
KJ-2-25	Kazdağ Masifi Sıyırma Fayı	Pliyosen karasak kırıntılılar içinde gelişmiş	Buradaki Trench'leri bulmalıyız		JK-5	e-5	Tektonik Makaslama Zonları (Breş/Milonit Zonları)

Çizelge 2- devamı

Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-2-26	Trkk	Karakaya Fm	Metakonglomera, metakumtaşı, kumtaşı, kumlu kçt, tuf, metavolkanit, Permo-Karbon yaşlı kçt blokları	Triyas	JK-3	a2-19	Neotetis'in Açılımlına İlişkin Rilt Tortulları
KJ-2-27	Cs	Sütüven Fm	Gnays, silirnanitli gnays, granitik gnays, mermer, migmatit	Karbonifer	JK-3	c-20/c-21	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri/Masiflerde kor kompleks
KJ-2-28	Cs/Trf Tektonik Dokanağı	Sütüven Fm/ Fındıklı Fm Tektonik Dokanak	Gnays./Amfibollü gnays		JK-5	e-3	Yapısal süreksizlikler ve yer şekilleri (her türlü normal/ters fay/ bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler,olistolit ve bloklar)
KJ-2-29	Trfa	Altınoluk Mermer Üyesi	Mermer	Üst Triyas	JK-3	c-20	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri
KJ-2-30	Tg	Evciler Plütönu	Granit, granodiyorit, monzonit, vb.	Oligo-Miyosen	JK-3	c-11	Her türlü magmatik sokulum şekli (dayk, silt, batolit, fakolit, lakolit, vb. gibi)

Çizelge 3- Jeorota 3 üzerinde belirlenmiş olan jeosit lokasyonların genel özellikleri.

Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-3-1	Kazdağ Masifi Sıyırma Fayı	Pliyosen karasal kırıntılar içinde gelişmiş	Buradaki Trench'leri bulmalıyız		JK-5	e-1	Sismik Olarak Aktif Normal, Transform ve Sıyırma Fayları
KJ-3-2	Trkk	Karakaya Fm	Metakonglomera, metakumtaşı, kumtaşı, kumlu kçt, tuf, metavolkanit, Permo-Karbon yaşlı kçt blokları	Triyas	JK-3	a2-19	Neotetis'in Açılımlına İlişkin Rilt Tortulları
KJ-3-3	Kç	Çetmi Melanjı	Ofiyolitik kayalar, kumtaşı, kıltaşı, radyolarit, kireçtaşı, muskovit şist, eklojit, bv.	Ü. Kretase	JK-3	c-23/h-3	Naplar ve Ofiyolit Kompleksleri (Melanjlar)/İzmir-Ankara Sütür Zonu

Çizelge 3- devamı

Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-3-4	Tg/Kç Sınır Fayı	Evciler Plütönu/ Çetmi Melanjı Sınırı	Faylı dokanak		JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-3-5	AMZ	Alakeçili Milonit Zonu	Kalaklastik kayalar, ultramitonit	Ü. Kretase	JK-3	e-5	Tektonik Makaslama Zonları (Breş/Milonit Zonlar)
KJ-3-6	Edremit Fay Zonu	KAF'ın KB Kolu			JK-5	e-1	Sismik Olarak Aktif Normal, Transform ve Sıyırma Fayları
KJ-3-7	EFZ/AMZ/Tg Üçlü Dokanak				JK-5	e-2	Fay Kesişim Noktaları (Karlıova)
KJ-3-8	Toh	Hallaçlar Volkaniti	Andezit, dasit, piroklastik kayalar	Ü. Oligosen - A. Miyosen	JK-3	c-4/c-5	Bazalt Akmaları, Yastık Lavlar, Lav Tünelleri ve Sütun Bazaltlar/ Piroklastik Akmalar, İgnimbritler, Skorya Çökelleri
KJ-3-9	Tg	Evciler Plütönu	Granit, granodiyorit, monozit, vb.	Oligo-Miyosen	JK-3	c-11	Her türlü magmatik sokulum şekli (dayk, silt, betolit, fakolit, lakolit, vb. gibi)
KJ-3-10	pk	Permien yaşlı kçt bloğu			JK-3	a2-21	Karasal ve Denizel Permien/ Karbonifer Tortulları
KJ-3-11	Cs/EFZ/Tg	Sütüven Fm/ EFZ/Evciler Plütönu Üçlü Dokanağı			JK-5	e-2	Fay Kesişim Noktaları (Karlıova)
KJ-3-12	Pzs	Sazak Fm	Metatüf, fildat, şist, mermer	Paleozoyik	JK-3	c-19	Alpin Yüksek Basınç Metamorfizması
KJ-3-13	plb	Bayramiç Formasyonu	Çakıtaşı, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı vb. akarsu-göl çökelleri	Pliyosen	JK-3	a2-19	Geç Neojem (Pliyosen) Denizel/ Karasal Tortullar
KJ-3-14	Trkm	Mehmetalan Fm	Metadiyabaz, metatüf, rekristalize kireçtaşı		JK-3	a2-20	Hersiniyen Molası (?)

Çizelge 3- devamı

Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-3-15	FAY	Kinematik özellikler			JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-3-16	Pzsm/Trkk Bindirmeli Dokanak	Mermer Üyesi/ Karakaya Fm Dokanağı			JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-3-17	Pzs/Pzsm Dokanağı	Sazak Fm/ Mermer Üyesi Dokanağı			JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-3-18	EFZ	Varsa Trench bul			JK-5	e-1	Sismik Olarak Aktif Normal, Transform ve Sıyırma Fayları
KJ-3-19	Mzs	Sarıköz Mermeri	Mermer, gnays	Paleozoyik	JK-3	c-20/c-21	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri/Masiflerde kor kompleksi
KJ-3-20	Mzt	Tozlu Fm	Metaperidolit		JK-3	c-18	Paleotetis itim Zonu'nda Okyanusal Kabuk
KJ-3-21	Babadağı Tepe (1785)				JK-6	f-12	Dağ zirveleri
KJ-3-22	Cs	Sütüven Fm	Gnays, silimanitli gnays, granitik gnays, mermer, migmatit	Karbonifer	JK-5	c-20/c-21	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri/Masiflerde kor kompleksi
KJ-3-23	Bindirmeli dokanak	Paleozoyik/ Triyas Bindirmesi			JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-3-24	pk	Permiyen kireçtaşı bloğu			JK-3	a2-20	Hersiniyen Molası (?)

Çizelge 4- Jeorota 4 üzerinde belirlenmiş olan jeosit lokasyonların genel özellikleri.

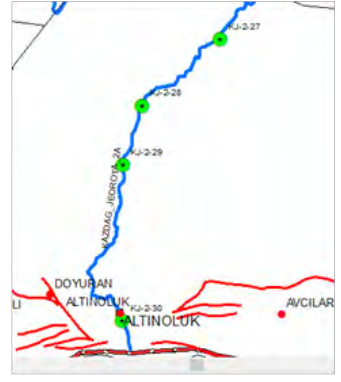
Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-4-1	Kç	Çetmi Melanjı	Ofiyolitik kayalar, kumtaşı, kilaşı, radyolarit, kireçtaşı, muskovit şist, eklojit, vb.	Ü. Kretase	JK-3	c-23/h-3	Naplar ve Ofiyolit Kompleksleri (Melanjlar)/İzmir-Ankara Sütür Zonu
KJ-4-2	Pzkç	Karakaya Fm içinde Permo-Karbonifer yaşlı kç blokları			JK-3	a2-20	Hersiniyen Molası (?)
KJ-4-3	Trkk	Karakaya Fm	Metakonglomera-metakumtaşı	Triyas-Jura	JK-3/JK-8	c-19/h-3	Metakırıntılar, metavolkanitler: Sakarya Grubu(İzmir-Ankara Zonu)
KJ-4-4	Trkm	Mehmetalan Fm	Metadiyabaz, metatüf, rekristalize kireçtaşı		JK-3	c-19	Alpin Yüksek Basınç Metamorfizması
KJ-4-5	Tg/Pzt Dokanağı	Evciler Plütunu/Torasan Fm Dokanağı			JK-5	c-15	Kontakt Metamorfizma Zanidit Fasiyesi
KJ-4-6	Tg	Evciler Plütunu	Granit, granodiyorit, monzonit, vb.	Oligo-Miyosen	JK-3	c-11	Her türlü magmatik sokulum şekli (dayk, silt, batolit, fakolit, lakolit, vb. gibi)
KJ-4-7	Tg	Evciler Plütunu	Granit, granodiyorit, monzonit, vb.	Oligo-Miyosen	JK-3	c-11	Her türlü magmatik sokulum şekli (dayk, silt, batolit, fakolit, lakolit, vb. gibi)
KJ-4-8	Tg/Pzt Dokanağı	Evciler Plütunu/Torasan Fm Dokanağı			JK-5	c-15	Kontakt Metamorfizma Zanidit Fasiyesi
KJ-4-9	Trka	Arkozik kumtaşı	Arkozit kumtaşı, kuvars kumtaşı	Permo-Triyas	JK-3	a2-20	Hersiniyen Molası (?)
KJ-4-10	Trkk/Trka	Karakaya Fm/Arkozik Kumtaşı Sınırı			JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-4-11	Pzt	Torasan Fm	Filtat, şist, metariyolit, mermer, metaserpantinit		JK-3	c-20	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri
KJ-4-12	Pztn	Mermer Üyesi	Mermer	Paleozoyik	JK-3	c-20	Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri

Çizelge 4- devamı

Adı	100.000'lik Harita Simgesi	Formasyon	Litoloji	Yaş	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)	Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodu	Jeosit Alt Grubu
KJ-4-13	Tmi	İlyasbaşı Fm	Çakıltası, kumtaşı, kiltası	Geç Miyosen	JK-3	a2-4	Denizel ve Karasal Miyosen Molası
KJ-4-14	Toh	Hallaçlar Volkaniti	Metagranodiyorit/ Şist Dokanağı		JK-3	c-4/c-5	Bazalt Akmalari, Yastık Lavlar, Lav Tünelleri ve Sütun Bazaltlar/ Piroklastik Akmalari, İgnimbritler, Skorya Çökelleri
KJ-4-15	Pzt/Pzç Dokanağı	Torasan Fm/ Çamlık Metagranodiyoriti Dokanağı			JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-4-16	Tg/Pzç Dokanağı	Evciler Plütonu/ Çamlık Metagranodiyoriti Dokanağı			JK-5	e-3	Yapısal Süreksizlikler ve Yer Şekilleri (her türlü normal/ ters fay/bindirme düzlemi, naplar, büyük kıvrımlar, klipler, olistolit ve bloklar)
KJ-4-17	Pzts	Torasan Fm Metaserpantinit Üyesi		Paleozoyik	JK-3	c-18	Paleotetis Yitim Zonu'nda Okyanusal Kabuk

Yukarıda genel özellikleri verilen jeosit lokasyonlarının her biri için “Jeosit Kimlik Kartı” düzenlenmiştir. Bu kartlar, bölgeye jeoturizm faaliyeti amacıyla gelen ziyaretçilerle dijital ortamda paylaşılabacaktır. Bu jeosit kimlik kartlarına bir örnek olmak üzere, Jeorota 1 üzerinde bulunan KJ-2-27 kodlu jeosit seçilmiş ve Şekil 4 üzerinde gösterilmiştir.

Ayrıca, sahada çok yaygın olarak gözlenen ve yaygın olarak fillat ve şistler ile temsil edilen Torasan formasyonu ile bu yaşlı kayaların içine Oligo-Miyosen’de sokulum yaparak yerleşen genç Evciler Plütonu ve sahanın batı kesiminde Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanizmanın ürünlerine ait saha görüntüleri de Şekil 5, 6 ve 7’de gösterilmiştir.

DOĞAL MİRAS TÜRÜ: JEOLojİK MİRAS (JEOSİT)									
COĞRAFİK KONUM					JEOSİT TANIMI				
X:		Y:		Z:	JEOSİT ADI:	Kİ-2-27			
KOORDİNAT SİSTEMİ:					JEOSİT SINIFI:	JK-3			
PROJEKSİYON:					JEOSİT KODU:	c-20/c-21			
DİLİMİ (ZON):					JEOSİT PUANI:				
1:25000 ÖLÇEKLİ PAFTA NO:					BOYUTLARI:				
İL	İLÇE	KÖY/Mahalle			JEOLojİK ADI:	GRUP:	Kazdağ Metamorfizmaları		
Balıkesir	Edremit	Altınoluk				FME:	Sütüven		
MEVKİİ:					ÜYE:				
ULAŞIM TANIMI	Altınoluk'tan Cam Terasa giderken yaklaşık 12 km sonra, yol üzerindedir.				JEOLojİK YAŞI:	Karbonifer			
					JEOLojİK İÇERİĞİ:	Gnays, mermer, migmatit, amfibolit			
JEOLojİK MİRAS ÖZELLİKLERİ					FİZİKSEL ÇEVRE, GÜVENLİK, LOJİSTİK				
TANIM:					MÜZEYE UZAKLIK:				
BİLİMSEL DEĞERİ VE BENZER OLUŞUKLAR: Kazdağ metamorfizmaları'nın en üst seviyelerindeki meta-kırıntılı ve meta-karbonatlı istiflere güzel bir örnektir. Özellikle üzerine gelen birimler ile tektonik dokanakları son derece katablastik bir yapı kazanmıştır. Yüksek dereceli metamorfizmaya güzel bir örnektir.					ROTA ADI VE NO:	Kazdağ Jeorota 2A			
					EN YAKIN SU KAYNAĞI:	Çevrede su kaynakları vardır.			
EN İYİ GÖZLEM VE SEYİR NOKTASI					EN YAKIN LOJİSTİK İSTASYONU:	Altınoluk (12 km)			
İNCELEME/GÖZLEM İÇİN BULUNDURULMASI ÖNERİLEN MALZEMELER:					DOĞAL AFET RİSKİ:	Aşın yağışta heyelan riski vardır.			
Çekiç, lup, su					ACİL DURUM TEL:				
JEOSİT SINIFLAMASI: (Tabiat Varlıklarını Koruma Gn. Md.)					TÜRKİYE JEOSİT ENVANTERİ NO: TR-00/0000				
Tablo 20.1					Tablo 20.2				
Doğal Estetik	Nadirlik	Hassasiyet	Bilimsellik	Önt. Puan	Bölgesel Önem	Ulusal Önem	Uluslararası Önem	Önem Puanı	JEOSİT ENVANTER ÖZELLİKLERİ
									JEOPARK ADI
GENEL TOPLAM PUAN (Tablo 20.1+20.2)					HAZIRLAYAN(LAR)				
KORUMA ALANI ÖNERİSİ					HAZIRLAMA TARİHİ				
					JEOSİT OLARAK ÖNERİLEN				
İKESİN KORUNACAK ALAN (>10 puan) A					İLGİLİ YAYINLAR				
					Duru vd., (2004; 2007)				
NİTELİKLİ DOĞAL KORUMA ALANI (6-9 puan) B					EK BİLGİ BAŞVURU ADRESİ				
SÜRDÜRÜLEBİLİR KORUMA VE KONTROLLÜ KULLANIM ALANI (3-5 puan) C					JEOPARK MÜZESİNDEKİ TEMSİLİ				
					JEOPARK/JEOROTA İÇİNDEKİ YERİ				
ENVANTER TARİHİNDEKİ GÖRÜNÜMÜ									

Şekil 4- Sütüven Formasyonu'na ait bir jeosit için düzenlenen bir kimlik kartı.



Şekil 5- Torasan formasyonunun fillat-şistleri. Yer yer kuvarsit ve mermer merccekleri bulunur.



Şekil 6- Evciler plütununun katmanlı yapısı. Kalın bir arena zonu gelişmiş olup dokanağa yakın kesimlerde yaygın skarnlar gelişmiştir.



Şekil 7- Küçükukuy kuzey kesiminde yaygın olan asidik ve bazik volkanizma.

3. Tartışma

Bölgede ekoturizm, jeoturizm ve jeopark konulu çalışmalar 2000’li yıllardan bu yana sürdürülmektedir (Okuyucu, 2016; Cürebal vd., 2012; Efe vd., 2013). Son olarak, 2019 yılında Balıkesir Büyükşehir Belediyesi öncülüğünde başlatılan “İda-Madra Jeoparkı” projesinde oldukça yol alınmıştır. Bununla birlikte, adı geçen proje Balıkesir ilinin tamamını, İzmir ve Çanakkale illerinin de küçük birer bölümünü kapsamakta olup 17.000 km²’lik bir alana yayılmıştır. Bu alan içinde bulunan doğal oluşumların ziyaret edilmesi ve seyirlik özelliklerinden yararlanmaya odaklanmış olan proje, jeoparkların asıl amaçladıkları jeolojik oluşumların bilimsel özelliklerine odaklanmamış, bu alanda bir jeolojik miras envanteri çalışması yapılmamıştır. UNESCO onay süreci devam etmekte olan bu projede halen sahadaki paydaşlar ile birlikte bazı tanıtım faaliyetleri yürütülmektedir.

İda-Madra Jeoparkı’nın ana bağlamı belirlenmemiş olup bunun yerine 11 adet tematik odak noktası belirlenmiştir. Üç farklı il sınırlarının bir bölümünü içine alan ve 17.000 km²’lik bir Alana yayılan jeoparkta faaliyetini sürdürmeye çalışan jeopark işletmesine, en azından jeoparkın bir bölümü için “Ana Bağlam” konusunda katkı sağlanmış olacaktır.

İda-Madra Jeoparkı içinde toplam 45 adet jeosit belirlenmiş olsa da, bunlardan 14’ü kültürel miras niteliğinde, büyük çoğunluğu da JK-6 Grubu içinde (17 adet) tanımlanmış jeositlerden seçilmiştir (Çizelge 5). Bu makalede önerilen jeorotalar boyunca belirlenmiş 86 adet jeosit ise tümüyle Kazdağ Masifi’nin jeolojik geçmişini temsil eden kayaç ve süreçlerden seçilmiştir (Çizelge 1, 2, 3 ve 4). Jeolojik çeşitliliği olağanüstü zengin olan Kazdağ Masifi ve çevresinde elbette ProGEO98 jeosit sınıflama çizelgesinde önerilen sınıflara uygun çok daha fazla jeosit lokasyonu belirlenebilir. Ancak, jeosit sayısından çok, Jeoparkın ana bağlamına uygun jeosit belirlenmesi ve bu jeositlerin mümkünse aynı zamanda “Jeolojik Miras” özelliklerinin ortaya konması, asıl amaç olmalıdır.

Bu çalışmada önerilen “Kazdağ Masifi Jeorotaları”, çok daha kısıtlı (yaklaşık 2500 km²) bir alanda, belirli bir “bağlam” gözetilerek tasarlanmıştır.

Yukarıda da belirtildiği gibi Kazdağları, Türkiye’deki birkaç Paleozoyik yaşlı metamorfik masiften biridir. Bu kayaçlar, dünya tarihinin 300-350 milyon yıllık kesiti içinde gelişen jeolojik olayların kanıtlarını bünyelerinde barındırırlar. Bu çalışmada işte bu metamorfik kayaçlar ile bunların içine sonradan yerleşen magmatik kayaçlara, bu sokulumların neden olduğu jeolojik olaylara (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981), bu masifin günümüzdeki yerine yükselmesini sağlayan aktif tektonik olaylara odaklanılmıştır (Emre vd., 2010; Okay ve Tüysüz, 1999). Bu nedenle, İda-Madra Jeoparkı’nın Kazdağ Masifi bölümünün “Ana Bağlamı”, jeolojik olarak Metamorfizma, Magmatizma ve Aktif Tektonik olayları ile ortaya çıkan “Metamorfik Masif” olarak belirlenmelidir. Her ne kadar bu masifin dalma-batma yönü ve yükselme/metamorfizma yaşları hakkında değişik görüşler bulunsun da, bu makalede bu jeolojik/bölgesel tektonik tartışmalarına girilmeyecektir.

İda-Madra Jeoparkı’nın Kazdağ Masifi bölümü kendi başına bir “Metamorfik Masif” bağlamında değerlendirilmiştir. Bu alan bir “butik jeopark” alanı olarak kabul edilebilir ve bu alan içinde toplam 4 jeorota, bu jeorotalar üzerinde de toplam 86 adet jeosit lokasyonu belirlenerek bu lokasyonlarda jeoparkın Kazdağ Masifi bölümünün ana bağlamına uygun kayaçlar ve jeolojik yapılar (fay/bindirme zonu, skarn/pişme zonu, vb. gibi) kullanılarak, Kazdağ Masifi’ni ziyaret eden ziyaretçilerin bu dağ kütlesi hakkında gerçek, bilimsel bir bakış açısı kazanmaları amaçlanmıştır. Bu jeositlerin Jeosit Sınıfları ProGEO 98’e göre (Çizelge 6) belirlenmiş, Jeosit Kodlamaları ise Çiftçi ve Güngör (2021a, b, c) tarafından yapılan öneriler kullanılarak geliştirilmiş çizelgeye uygun olarak (Çizelge 7) ilk kez bu makalede uygulanmıştır.

4. Jeoturizm Perspektifi

Bu 86 jeosit lokasyonunun envanter çalışması devam etmektedir. Bu alanın kendi içinde bir “butik jeopark” olarak değerlendirilebilmesi ve marka değeri taşıyabilmesi için, belirlenmiş olan jeositlere ek olarak (İda-Madra Jeoparkı projesi kapsamında şimdiye dek belirlenmiş olanlar da dahil) diğer doğal ve kültürel miras unsurlarının envanter çalışmalarının yapılması ve bu jeorotalara eklenmeleri, topluca

Çizelge 5- İda-Madra Jeoparkı jeositleri (IDA, 2023).

No	Yer	Jeosit Adı	Jeosit Sınıfı (ProGEO 98)
1	Ayvacak	Nusratlı Köyü Kırsal Mimarisi	Kültürel Miras
2	Ayvacak	Fakih Mağaraları	JK-6
3	Ayvacak	Demirci Kaya Sunakları	Kültürel Miras
4	Ayvacak	Ahmetçe Kıvrımları	JK-5
5	Ayvacak	Taştepe Bazalt Sütunları	JK-3
6	Ayvacak	Zeus Altarı	Kültürel Miras
7	Ayvacak	Lale Adası Kıyı Jeomorfolojisi	JK-6
8	Ayvacak	Cunda Sütun Bazaltları	JK-6
9	Ayvacak	Kleopatra Kıyı Jeomorfolojisi	JK-6
10	Balıkesir	Çağış Bentonit Ocağı	JK-4
11	Balıkesir	Çağış Kıvrımları	JK-5
12	Balya	Balya Endüstriyel Madencilik Mirası	Kültürel Miras
13	Bergama	Kozak Granit Tor Topoğrafyası	JK-6
14	Bigadiç	Değirmenli Kaya Evleri	Kültürel Miras
15	Bigadiç	Çömlekçi Kıvrımları	JK-5
16	Bigadiç	Bigadiç Bor Madeni	JK-4
17	Bigadiç	Bigadiç Tüf Şekilleri	JK-3
18	Bigadiç	Bigadiç Sarmıcı	Kültürel Miras
19	Bigadiç	Bigadiç İgnimbrit Nodülleri	JK-3
20	Bigadiç	Asartepe	JK-6
21	Burhaniye	Pelitköy Antik Taş Ocağı	Kültürel Miras
22	Burhaniye	Çamgedik Antik Granit Ocağı	Kültürel Miras
23	Burhaniye	Madra Granit: Tor Topoğrafyası	JK-6
24	Edremit	Kaz Dağları	JK-6
25	Edremit	Şahinderesi Kanyonu	JK-6
26	Edremit	Şahinkale	Kültürel Miras
27	Erdek	Tatlısu Soğan Kayaları	JK-6
28	Erdek	Tortepe	JK-6
29	Erdek	Çayağzı Falez Profilleri	JK-6
30	Ezine	Batık Sütunlar	Kültürel Miras
31	Ezine	Kestanbol Antik Granit Ocağı	Kültürel Miras
32	Ezine	Tuzla Gökkuşağı Kayaları	JK-3
33	İvrindi	Gökkemer Kayası	JK-6
34	Marmara	Saraycık Mermer Endüstriyel Mirası	Kültürel Miras
35	Sındırgı	Kızıltepe Altın Madeni	JK-4
36	Sındırgı	Ulus Dağı	JK-6
37	Sındırgı	Düvertepe Kaolin Ocağı	JK-4
38	Sındırgı	Çoturtepe Köyü Kırsal Mimarisi	Kültürel Miras
39	Sındırgı	Çoturtepe	JK-6
40	Sındırgı	Yağcıbedir Yörük Halıları	Kültürel Miras
41	Sındırgı	Gölcük Sütun Bazaltları	JK-3
42	Sındırgı	Gölcük Karstik Kanyonu	JK-3
43	Sındırgı	Hisaralan Traverten Bacaları ve Terasları	JK-3
44	Susurluk	Çataldağ Granit Duvarı	JK-6
45	Susurluk	Atnalı Menderes	JK-6

Çizelge 6- Jeosit Değerlendirme Çizelgesi (ProGEO Group-1998'den değiştirilerek).

Geo-Code	Geosite Class	Jeosit Kodu
(A)	Stratigraphic	JK-1: Stratigrafik İstifler
(B)	Palaeoenvironmental ve Palaeontological	JK-2: Paleo ortamsal ve Paleontolojik unsurlar
(C)	Igneous, metamorphic and sedimentary petrology, textures and structures, events and provinces	JK-3: Magmatik – metamorfik - tortul petroloji, dokular ve yapılar, olaylar ve provenşler
(D)	Mineralogical, economic	JK-4: Mineralojik oluşumlar ve ekonomik oluşumlar
(E)	Structural	JK-5: Yapısal unsurlar (kıvrım, fay)
(F)	Geomorphological features, erosional and depositional processes, landforms and landscape	JK-6: Jeomorfolojik yapılar, aşınma-depolanma süreçleri, yer şekilleri, arazi görünüşleri ve şekilleri
(G)	Astroblemes	JK-7: Göktaşına ilişkin olaylar
(H)	Continental or oceanic-scale geological features, relationships of tectonic plates and terrain	JK-8: Kıtasal ve okyanusal ölçekte olaylar, tektonik levha ve kıtasal kabuk ilişkileri
(İ)	Submarine	JK-9: Denizaltı oluşumları
(J)	Historic, for development of geological sciences	JK-10: Yerbilimlerinin gelişimine hizmet edecek tarihsel olgular

Çizelge 7- Türkiye Jeolojik Miras Çatı Listesi Jeosit Kodlama Çizelgesi (Çiftçi ve Güngör, (2021a, b, c)'den geliştirilerek).

JEOLOJİK MİRAS ÇATI LİSTESİ JEOSİT KODLAMA (JK) ÇİZELGESİ				
(Jeosit sınıfları ProGEO Group-1998'e göre; Jeosit Çatı Liste Kodları Kazancı vd. (2015) ve Çiftçi ve Güngör (2021a, b, c)'e göre yapılmıştır)				
A: (JK-1)	B: (JK-2)	C: (JK-3)	D: (JK-4)	E: (JK-5)
Stratigrafik İstifler	Paleo-Ortamsal Paleontolojik	Volkanik, metamorfik, tortul petroloji, dokular ve yapılar, olaylar ve provenşler	Mineralojik oluşumlar ve ekonomik jeoloji	Yapısal Jeoloji
a1-Kuvaterner:	b1. İz Fosiller	c1. Kuvaterner Çarpışma Volkanizması	d1. Neojen Evaporitik Mineral Yatakları (Trona, Boraks, Sölestin vb)	e1. Sismik Olarak Aktif Normal ve Transform Faylar
a1.1. Denizel Kıyı Oluşukları (oolit, plaj kayası, teras-seki, kum barları)	b2. Eski Karstlar	c2. Pliyo-Kuvaterner Genişleme Volkanizması	d2. Konyait, Bursait, Trabzonit, Pandermit vb. yerel minerallerin Tip Lokaliteleri	e2. Tektonik Kripler, Fay Kesişim Noktaları (Örn: Karlıova)
a1.2. Pleyistosen Kalışleri ve Kalker Kabuk, Eolinitler	b3. Volkanitlerde Ayak İzleri	c3. Volkanik Yer Şekilleri (Kalderalar, Domlar, Maarlar, Tuf Halkaları, Parazit koniler)	d3. Gölsel sepiyolit oluşumları	e3. Yapısal Yer Şekilleri (naplar, bindirmeler, büyük kıvrımlar)
a2-Fanerozoik:	b4. Hominid ilişkili Memeli Fosil Yatakları	c4. Bazalt Akmaları, Yastık Lavlar, Lav Tünelleri ve Sütun Bazaltlar	d4. Metamorfik ve Sedimanter Boksitler	e4. Tektonik Olarak Aktif Havzalar (Graben-Çek-Ayır Havzalar)
a2.1. Geç Neojen (Pliyosen) Denizel Tortulları	b5. Balık ve Yaprak Fosilleri	c5. Piroklastik Akmalar, İğnimbritler, Skorya Çökelleri	d5. Sıcaksu Karbonatları, Traverten oluşumları	e5. Graben ve Horst yapıları
a2.2. Neojen Evaporit Havzaları	b6. Neojen Eski Toprakları	c6. Neojen Rift Volkanizması	d6. Değerli Taşlar ve Gemolojik Mineraller	e6. Krip, akma, heyelan ve çökme-oturma, tasman yapıları

Çizelge 7- devamı

a2.3. Paratetis İstifleri	b7. Neojen Silisleşmiş Ağaçları	c7. Stratovulkanlar	d7. Hidromanyezit oluşumları (Salda Gölü)
a2.4. Denizel ve Karasal Miyosen Molası	b8. Miyosen Çift Kabukluları	c8. Transform-Fay Volkanizması	d8. Yıldırım taşı, özel cüruflar, vb.
a2.5. Neojen Denizel Dönemleri (Cycles)	b9. Tersiyer İri Foraminiferleri	c9. Kretase Kıtasal Yay Volkanizması	d9. Kaplıcalar, Ilıcalar, İçmeler
a2.6. Tersiyer Memeli Yatakları	b10. Bouma Türbidit İstifleri	c10. Magmatizma ve her türlü magmatik doku	d10. Jeotermal sıcak su çıkışları, gayzerler vb.
a2.7. Geç Tersiyer Transgresyonları	b11. Gömülü Vadiler	c11. Her türlü magmatik sokulum şekli (dayk, silt, batolit, fakolit, lakolit, vb. gibi)	d11. Her türlü metalik mineral oluşumu tip lokalitesi
a2.8. Paleojen Havzaları	b12. Kretase Ammonitleri	c12. Neotetis Sütur Zonu	
a2.9. Paleojen Biyohermleri	b13. Kretase Rudistleri	c13. Neotetis Ada Yayı Kompleksi	
a2.10. Paleojen Katlarının Tipik Kesitleri	b14. Devoniyen Balıkları	c14. Neotetis Okyanusal Kabuk Serisi	
a2.11. Zaman Sınırlarının Sed. Ve Biy. Özellikleri, K/T Sınırı	b15. Erken Silüriyen İndirgen Ortamları	c15. Kontakt Metamorfizma, Zanidinit Fasiyesi	
a2.12. Geç Kretase-Paleosen Karbonatları	b16. Ordovisiyen ve Silüriyen Graptolitleri	c16. Eklojit ve Mavi Şist Fasiyesi	
a2.13. Geç Kretase Resifleri, Sığ denizel karbonatları		c17. Triyas Yüksek Basınç Metamorfizması	
a2.14. Mezozoyik Karbonat Platformları		c18. Paleotetis Yitim Zonu’nda Okyanusal Kabuk	
a2.15. Jura-Kretase Derin Deniz Fasiyesleri		c19. Alpin Yüksek Basınç Metamorfizması	
a2.16. Amonitiko-Rosso Fasiyesleri		c20. Yüksek Dereceli Metamorfizma Ürünleri	
a2.17. Triyas-Jura Karbonat İstifleri		c21. Masiflerde Kor Kompleks	
a2.18. Neotetis’in Açılımlına İlişkin Geç Triyas Volkanizması		c22. Prekambriyen Ofiyolitleri ve Ada Yayları	
a2.19. Neotetis’in Açılımlına İlişkin Rift Tortulları		c23. Naplar ve Ofiyolit Kompleksler	
a2.20. Hersiniyen Molası			
a2.21. Karasal ve Denizel Karbonifer Tortuları			
a2.22. Kuzey Gondwana’nın Alt Paleozoyik İstifi			
a2.23. Kambriyen Tortul İstifi			
a3-Proterozoyik:			
a3.1. Prekambriyen Kayaları			

Çizelge 7- devamı

F: (JK-6)	G: (JK-7)	H: (JK-8)	İ: (JK-9)	J: (JK-10)
Jeomorfolojik Yapılar, Aşınma-depolanma süreçleri, yer şekilleri, arazin görünüşleri ve şekilleri	Göktaşına İlişkin olaylar	Kıta ve Okyanus ölçeğindeki olaylar, Levha ilişkileri	Denizaltı/Göl tabanı	Tarihi ve Kültürel (Antropojenik Yapılar)
f1. Güncel Rüzgar Kumulları	g1. Meteoritler	h1. Lavrasya-Gondwana (Arap Levhası) Bindirme Kuşağı (Bitlik-Zağros Sütur Zonu)	i1. Mercan resifleri	j1. Neolitik dönem obsidiyen ve çört ilişkileri
f2. Evaporit Karstları	g2. Meteor kraterleri	h2. Ege Makaslama Zonu	i2. Stratomatolit kuleleri	j2. Antik granit ve mermer Ocakları
f3. Güncel Sulak Alanlar (Göller ve Nehirler)		h3. İzmir-Ankara Sütur Zonu	i3. Karaduman bacaları	j3. Antik maden ocakları ve işletmeleri
f4. Güncel Denizel Kıyı Birikim Şekilleri (spit, bar, kumsal, lagün, delta)		h4. Anadolu'daki İç Kenet Zonları (Afyon Zonu, İç Torid Kenedi, İntra-Pontid Sütur Zonu ve diğ.)	i4. Beyaz duman bacaları	j4. Antik cüruf yığınları, metalürjik/endüstriyel kalıntılar
f5. Karstik Yer Şekilleri (obruk, dolin, polye, mağara, subatan, kulyuç)		h5. Üçlü kesişme noktası ve rift magmatizması/volkanizması	i5. Mangan yumruları	j5. Yöresel doğal yapı taşlarına ait ışıklar
f6. Buzullar, Buzul Vadileri ve Tortulları		h6. Sıcak nokta magmatizması/volkanizması	i6. Çamur volkanları	j6. Kaya oyukları/kaya mezarlar, dolmen ve menhirler, mağara yerleşimleri
f7. Kanyonlar ve Vadiler		h7. Supra-subduction zonu ofiyolitleri	i7. Denizaltı mağaraları	j7. Yeraltı/yerüstü şehirleri, kayaya oyulmuş tapınaklar
f8. Aşınma Yer Şekilleri (Dolmen, Yardang, Peribacası, vb. gibi)		h8. Okyanus Ortası Sırtı kökenli eksikli ofiyolit istifleri		j8. Kaya resimleri/Hiyeroglif yazılar (Petroglifler), Kaya kabartmaları, Rölyef ve işaretler, kayaya bütünleşik/yerinde heykeller
f9. Volkanik Yer Şekilleri (Bölgesel)		h9. Okyanus Ortası Sırtı kökenli eksiksiz ofiyolit istifleri		j9. Kaleler, Sarnıçlar ve Su kemerleri, Su kanalları
f10. Körfez, koy, falez, dalyan				j10. Antik Liman Yapıları, kayaya oyulmuş eski endüstriyel izler
f11. Şelaleler, dev kazanları				j11. Antik Rotalar ve Ticaret Yolları (kara ve deniz)
f12. Dağ zirveleri				j12. Jeoglifler

sunulmaları gerekmektedir. Çiftçi ve Güngör (2021a, b, c) bu konuda oldukça kapsamlı çalışmalar yürütmüşlerdir. Gürer vd. (2019), Manisa-Soma bölgesinde yürüttükleri çalışmada, “Bütünleşik Jeoturizm” kavramını ortaya koymuşlar ve bölgedeki önemli maden yatakları ile madencilik yapılarını da bu jeoçeşitlilik içinde değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar,

tüm bu jeoçeşitliliği belirli jeorotalar boyunca sergilemenin yararını ve önemini vurgulamışlardır.

Bu makalede ele alınan bölgede üzerinde durulması gereken diğer bir konu, burayı ziyarete gelen jeoturistlerin ilgi alanlarıdır. Ekoturist/Jeoturistler, kendilerine verilen Jeolojik Miras ve Kültürel Miras

envanterlerine bakarak ilgi düzeylerine göre jeorota/jeosit seçimleri yapılabilirler. Bu envanterlerde yer alan doğal ve kültürel jeosit lokasyonlarının hepsi elbette bütün ziyaretçiler tarafından tek tek ziyaret edilmek zorunda değildir. Günübürlük ziyaretler, okul gezileri, öğrenci faaliyetleri, doğa yürüyüşü vb. faaliyetler ile bilimsel amaçlı araştırma faaliyetlerinde aktivite içeriği elbette farklı olacaktır. Bu konu, Jeopark yönetimi/işletmesi tarafından ciddiyle ele alınmalıdır ve jeoparkın paydaşları ile koordinasyon içinde, yerel ölçekte işlevsel bağlantı noktalarının oluşturulması için çaba harcanmalıdır. Jeoparkı ziyaret edecek her yaştan ve eğilimden insanın beklentilerini saptayacak, geri dönüşleri derleyerek yeni önlemler için veri üretecek anket çalışmalarının planlanmasına şimdiden başlanmalıdır.

Ekoturizm, yeryüzünün doğal kaynaklarının hızla tüketilmesi karşısında bir koruma/kollama refleksi olarak ortaya çıkmıştır. Jeoturizm, bunun kollarından biridir. Her turizm kolunda olduğu gibi, bu jeoturizm konusu da çok özel doküman hazırlıkları ve rehberlik hizmetleri gerektirir. Yani, bu tür jeoparklarda klasik turizm rehberliği hizmetlerinin yeterli olması söz konusu değildir. Diğer yandan, bu alanlardaki arkeolojik/etnoğrafik/kültürel miras unsurlarının da ziyaretçiler tarafından dikkate alınması gerektiği açıktır. Yani, bu kültür turizmi ile eko/jeo turizm faaliyetleri birbirinin rakibi değil, tam tersine, birbirini geliştiren ve bütünleştiren turizm faaliyetleridir. Bu yönüyle, jeoturizm faaliyetlerinde rehberlik yapabilecek “jeorehber” yetiştirmeye zaman yitirmeden başlanmalıdır. Bu jeorehberler, yerbilimlerinin ilgili bölümlerinden seçilmeli ve TURSAB eğitimlerinin yanı sıra, bağlı oldukları meslek odaları tarafından da “JEOREHBER” sertifikası verilerek denetlenmelidirler.

Değinen Belgeler

- Adalı, B. 2013. Havran kentsel SİT alanı ve Dumlupınar Caddesi koruma önerisi, Y.L. Tezi, MS GSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü/Mimarlık Anabilim Dalı (yayımlanmamış).
- Ayan, M. 1979. Geochronological and petrological studies of the Eybek granodiorite pluton (Edremit). Communications Faculty of Sciences University of Ankara 22, 19-31.

- Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B. 1973. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri: Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Tebliğler Dergisi, 70-76, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Cürebal, İ., Efe, R., Sönmez, S., Soykan, A. 2012. Kazdağları ekosistemi ve ekolojisi. Kazdağları Ulusal Çalıştay, Bildiriler Kitabı, Güre-Edremit-Balıkesir, 2-3 Haziran 2012.
- Çiftçi, Y., Güngör, Y. 2021a. Jeolojik miras envanter çalışmaları: Yeni Yaklaşımlar. JMO İstanbul Şubesi Seminerleri, Jeolojik Miras Kitabı, 62-104, İstanbul.
- Çiftçi, Y., Güngör, Y., 2021b. Türkiye’de yapılan jeopark çalışmalarına genel bir bakış. 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.
- Çiftçi, Y., Güngör, Y., 2021c. Nemrut-Süphan Öneri Jeopark Alanında (Bitlis-Türkiye) Doğal ve Kültürel Miras Bütünleşmesi ile Jeokoruma Önerileri. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 165, 191-215.
- Diller, J. S. 1883. Notes on the Geology of the Troad. A brief Summary of the Results derived from the Observations made in connexion with the Assos (US) Expedition. Quarterly Journal of the Geological Society 39(1-4), 627-633.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Genç, Ş. C., Acar, Ş. 2005. Biga Yarımadasında Orta-Üst Eosen Volkanizması ve Denizel İğnimbritler. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 131, 49-61
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F., Kar, H. 2004. New results on the lithostratigraphy of the Kazdağ massif in NW Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 13(2), 177-186.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Ilgar, A., Dönmez, M., Akçay, A.E. 2007. Açınsama Nitelikli ve 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Aylık 17 paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 98.
- Duru, M., Dönmez, M., Ilgar, A., Pehlivan, Ş., Akçay, A. E., Yüzer, E., Tunay, G. 2012. Biga yarımadası'nın jeoloji ve yer altı kaynakları haritası (Geology and subsurface resources map of the Biga Peninsula). Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi: Bulletin of the Mineral Research and Exploration, Special Publication, 28.
- Efe, R., Soykan, A., Cürebal, İ., Bozok, D., Sönmez, S. 2013. Balıkesir Doğa Turizmi Master Planı, T.C.

- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Emre, Ö., Doğan, A. 2010. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Ayvalık (NJ 35-2) Paftası, Seri No:2, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Ercan, T., Günay, E., Türkecan, A. 1984, Edremit-Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer stratigrafisi, magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni 27(1) 21-30.
- Gözler, M. Z., Ergül, E., Akçaören, F., Genç, Ş., Akat, U., Acar, Ş. 1984. Çanakkale Boğazı doğusu-Marmara Denizi Güneyi-Bandırma-Balıkesir-Edremit ve Ege Denizi Arasındaki Alanın Jeolojisi ve Kompilasyonu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:7430, Ankara (yayınlanmamış).
- Gürer, A., Gürer, Ö. F., Sangu, E. 2019. Compound geotourism and mine tourism potentiality of Soma region, Turkey. Arabian Journal of Geosciences 12, 734.
- IDA 2023. www.idamadrageopark.com
- Kazancı, N., Şaroğlu, F., Suludere, Y. 2015. Geological Heritage and Framework List of the Geosites in Turkey. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 151, 263-272.
- MTA 2002. Türkiye'nin 1/500.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları: İzmir Paftası.
- Okay, A. İ., Tüysüz, O. 1999. Tethyan Sutures of northern Turkey. Geological Society Special Publications 156, 475-515.
- Okay, A. İ., Siyako, M., Bürkan, K. A. 1990. Biga Yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. TPAG Bulletin 2(1), 83-121.
- Okuyucu, S. 2016. Kazdağ Milli Parkı ve Yakın Çevresinin UNESCO Kriterlerine Göre Jeopark Potansiyelinin Belirlenmesi ve Eğitim Amaçlı Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, B.Ü Sosyal Bilimler Enstitüsü (yayınlanmamış).
- Özdemir, Z. 2008. Körfezdeki Zümrüt Havran. Havran Belediyesi Yayınları, İstanbul.
- ProGEO Group. 1998. A first attempt at a geosites framework for Europe -an IUGS initiative to support recognition of World heritage and European geodiversity. Geologica Balcanica 28, 5-32.
- Philippson, A. 1912. Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien (No. 172). Justus Perthes.
- Schuilin, R. D. 1959. About a Pre-Hercinian folding in Kazdağ crystalline complex. Journal of Mineral Research and Exploration Institute of Turkey 53, 89-93.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Özkaymak, Ç., Uzel, B., Güler, T., Eski, S. 2016. Edremit Fay Zonu Kinematik Analizi ve Paleosismolojisi: Kuzey Anadolu Fay Zonu Güney Kolunda Geçmiş Depremlerin Kanıtı, Biga Yarımadası, NW Türkiye. Geodinamica Acta 28(4), 273-294.
- Şengör, A. M. C. 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. Türkiye Jeoloji Kurultayı Yayınları 40.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics 75, 181-241.
- Türk, M. 2008. Antikçağ'da Mysia ve arkeolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yaltırak, C., Okay, A. İ. 2004. Edremit Körfezi kuzeyinde Paleotetis birimlerinin jeolojisi. İTÜ Dergisi/d Mühendislik 3(1), 67-79.
- Yiğitbaş, E., Tunç, İ. O. 2020. Biga Yarımadası'nda Sakarya Zonu'nun Prekambriyen Metamorfik Kayaları: Geç Edikaryan Gondwanaland Aktif Kıta Kenarı. Türkiye Jeoloji Bülteni 63, 277-302.
- Yüzer, E., Tunay, G. 2008. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi.



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



Alpu BCDF Sektörü (Eskişehir) Kömür Sahasının Mevcut Çevresel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

Serkan PALAS^{a,*}, Mesut Gökhan GÜMRÜK^a, Ecenur BULUR^a, Özden İLERİ^a, Tunç İSLAMOĞLU^a, Yasin BALCIOĞLU^b ve Hayri Taner GÜNDÜZALP^b

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Çevre Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Ankara

^bTurkish Petroleum International A.Ş. (TPIC), Ankara

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Alpu, Çevre jeokimyası, Hidrojeokimya, Jeokimyasal temel değer

ÖZ

Madencilik öncesindeki çevresel faktörler belirlenirken, sediman ve su verilerinin jeokimyasal sonuçlarının değerlendirilmesi önemli bir rol oynamaktadır. Alpu kömür sahası BCDF sektörleri içerisindeki alanda toprak, dere sedimanları, su ve çevresel parametrelerinin mevcut durumunu incelemek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Toprak ve dere sedimanlarında ağır metal birikiminin hangi bölgelerde etkili olduğu ve olası kirliliğe neden olan antropojenik ve jeolojik faktörler araştırılmıştır. Çalışma alanından alınan toprak/dere sedimanı örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçları değerlendirilmiş ve su örneklerinin ise kalite parametreleri belirlenmiştir. Sedimanlarının metal konsantrasyonları Zenginleşme Faktörü, Jeobirikim İndeksi ve Kirlilik Yükü İndeksi değerleri dikkate alındığında As, Cd, Cr, Co, Ni, Cu, Mn ve V metalleri için yer yer mevcut olan anomaliler gerek sahanın içinde bulunduğu yüzey litolojisinden kaynaklı gerekse drenaj alanlarında bulunan litolojiden beslenimin etkisi olduğu düşünülmektedir. Pb ve Zn için ise jeolojik etkinin yanı sıra antropojenik etkiden bahsetmek mümkündür. Ağır metallerin birlikte zenginleşme eğilimi ve çökelediği materyaller arasındaki ilişkiyi anlamak için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Zn-Pb-Co ve Ni-Co bir arada zenginleşmesi, kayaçların jeokimyasında sıkça görülen bir durumu yansıtmaktadır ve çalışma alanında bu metallerin kirliliklerinde litolojik etkinin göz ardı edilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Yüzey ve yer altı suları ağır metal içeriği bakımından I. ve II. sınıf, NO₂⁻ bakımından ise yüzey suları IV. sınıf, yeraltı suları I. sınıf olarak değerlendirilmiştir.

Gönderim Tarihi: 03.10.2023

Kabul Tarihi: 17.11.2023

Keywords:

Alpu, Environmental geochemistry, Hydrogeochemistry, Geochemical baseline

ABSTRACT

The evaluation of geochemical results of sediment and water data plays an important role in determining pre-mining environmental factors. This study was carried out to examine the current status of soil, stream sediments, water and environmental parameters in the area within the BCDF sectors of Alpu coal field. The regions where heavy metal accumulation is effective in soil and stream sediments and the anthropogenic and geological factors causing possible pollution were investigated. The results of geochemical analyses of soil and stream sediment samples from the study area were evaluated and water quality parameters were determined. Considering the Enrichment Factor, Geoaccumulation Index and Pollution Load Index values of the metal concentrations of soil and stream sediments, it is thought that the anomalies for As, Cd, Cr, Co, Ni, Cu, Mn and V metals are caused by the surface lithology in the site and the lithology in the drainage areas. For Pb and Zn, it is possible to mention anthropogenic effect as well as geological effect. Pearson correlation coefficients were calculated to understand the relationship between the co-enrichment

Received Date: 03.10.2023

Accepted Date: 17.11.2023

Atıf Bilgisi: Palas, S., Gümrük, M. G., Bulur, E., İleri, Ö., İslamoğlu, T., Balcıoğlu, Y., Gündüzalp, H. T. 2023. Alpu BCDF Sektörü (Eskişehir) Kömür Sahasının Mevcut Çevresel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 4, 71-93.

*Başvurulacak Yazar: Serkan PALAS, serkan.palas@mta.gov.tr

tendency of heavy metals and the deposited materials. The enrichment of Zn-Pb-Co and Ni-Co together is a frequent occurrence in rock geochemistry. Hence, it is imperative to take into account the lithological effect when examining the contamination of these metals in the studied region. Surface and ground waters were evaluated as class I and II in terms of heavy metal content, and surface waters were evaluated as class IV and ground waters as class I in terms of NO₂⁻.

1. Giriş

Dünyada kirleticilerin ekosistem üzerine doğrudan ya da dolaylı olarak etkileri son yıllarda değişik ölçeklerde giderek artmış ve bu etkiler araştırmacılar tarafından sürdürülebilir bir çevre yönetimi çerçevesinde incelemek üzere ele alınmıştır. Yapılan çalışmalar, ağır metallerin gelişen sanayi faaliyetleri sebebiyle ortaya çıkan önemli kirleticiler arasında yer aldığını göstermiştir. Yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için ağır metal tanımı kullanılmakta ve bu metaller bileşimleri gereği yerkürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfürlü bileşik olarak veya silikatlar içinde korunaklı bir şekilde bulunmaktadır. Antropojenik kaynaklı faaliyetler sonucunda alıcı ortama salınan ağır metaller ise suda, toprakta, balıkların ve bitkilerin bünyesinde birikerek kirliliğe yol açmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003). Havaya yayılan ağır metaller ise sırasıyla toprak, bitki ve besin zinciri yoluyla doğrudan veya dolaylı olarak insan ve hayvanlara ulaşmaktadır.

Canlıların bünyesinde ağır metallerin belirli konsantrasyonlar da bulunması hayati fonksiyonları için gerekli iken, fazlası geri dönüşü olmayan ağır hasarlara yol açmaktadır. Ağır metallerin; su ve sedimanlarda zenginleşmesi, bulundukları ortamın hidrojeokimyasal özelliklerine göre sudan sedimana veya sedimandan suya olacak şekilde gerçekleşmektedir. İnsanoğlunun doğa ile etkileşimini sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için bu tip ortamlar araştırılmalı, kaydedilmeli ve değişimler periyodik olarak takip edilmelidir.

Ülkemiz jeolojik olarak karmaşık bir yapıda olmakla beraber maden çeşitliliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyel değerlendirme aşamasına geçildiğinde ise çevresel faktörler ön plana çıkmakta/çıkartılmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın önemli parametresi olan madencilik faaliyetleri öncesi veri bulunmamasından dolayı çoğu zaman yersiz

ithamlara maruz kalmaktadır. Madencilik kaynaklı olduğu iddia edilen çevresel tahribat söylemleri alıcı ortamların öncel jeokimyasal ve hidrojeokimyasal değerlerinin bilinmemesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla oluşan toplumsal tepkilerin kökeni işletme sırasında ya da sonrasında alınan ölçüm değerleri ile oluşmuş kimyasal kirliliğin tamamının madencilik kaynaklı olduğu algısı üzerinden ilerlemektedir.

Maden sahalarının işletilmesi ile ticari fayda sağlanırken çevre kalitesi ister istemez değişime uğrar. Bu nedenle madencilik faaliyeti öncesinde tasarıma dahil edilmesi gereken faktörlerden bir tanesi de çevresel fayda ve maliyetler oranlarının ortaya çıkarılmasıdır. Çevresel maliyetler, madencilik nedeniyle mahrum kalınan ekosistem servisleri ve alıcı ortamlara salınan emisyonlara ilişkindir. Demirbugan (2019) tarafından belirtildiği üzere faydalar, madencilik ürünlerinin satışından sağlanacak ticari gelir ve erozyon kontrolü, karbon depolama, biyoçeşitlilik, vahşi doğal yaşam alanı oluşumu gibi rehabilitasyon sonrası sağlanan ekosistem servislerinin parasal değeridir. Bu süreçte ortaya çıkan değişimin fayda-maliyet analiziyle değerlendirilmesi sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında metalik, endüstriyel ve enerji hammaddeleri sahalarında madencilik öncesinde yapılacak olan çevresel jeokimya prospeksiyon çalışması ile sediman, toprak, su ve bitki örnekleri üzerinde çevresel jeokimya temel değerlerinin (background) mevcut antropojenik etkiler göz önüne alınarak çok yönlü istatistiksel hesaplarıyla belirlenmesi işletme sırasında veya sonrasında alınacak ölçümler ile karşılaştırma yapılabilecek bir veri tabanı oluşturulması amaç edinilmiştir.

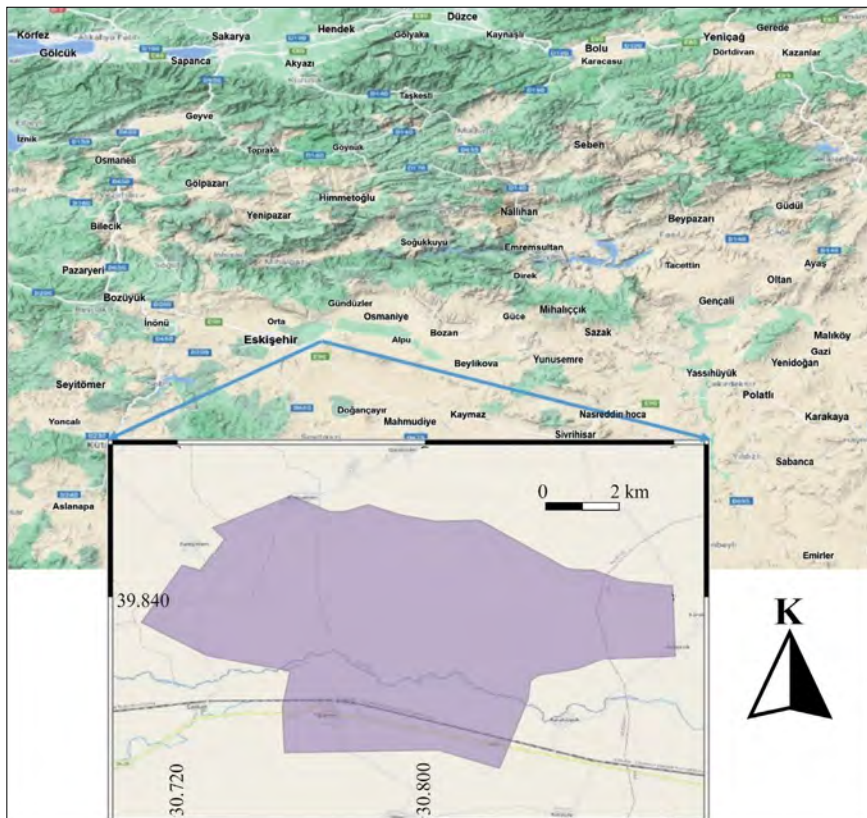
Çalışma alanı Sakarya Nehrinin alt havzası konumundaki Porsuk Nehrinin drenaj alanındaki (Şekil 1) 39.50 K/ 30.42 D, 39.50 K/ 30.52 D ve 39.52

K/30.46 D, 39.47 K/30.47 D verilen köşe koordinatları içerisinde yer almaktadır. Bölgede Ağapınar, Kızılcaören, Karahüyük, Bahçecik köyleri bulunmakta olup, Eskişehir organize sanayi bölgesi alanına 10 km

uzaklıktadır (Şekil 2). Aynı zamanda bölgede bulunan ve hala aktif olarak işletilen manganez ocağı ile saha girişimlidir. Bunun yanında civarda yoğun bir şekilde tarımsal faaliyetler de sürdürülmektedir.



Şekil 1- Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Sakarya Nehri alt havzası Porsuk Nehri drenaj ağı (Bakış vd., 2008).

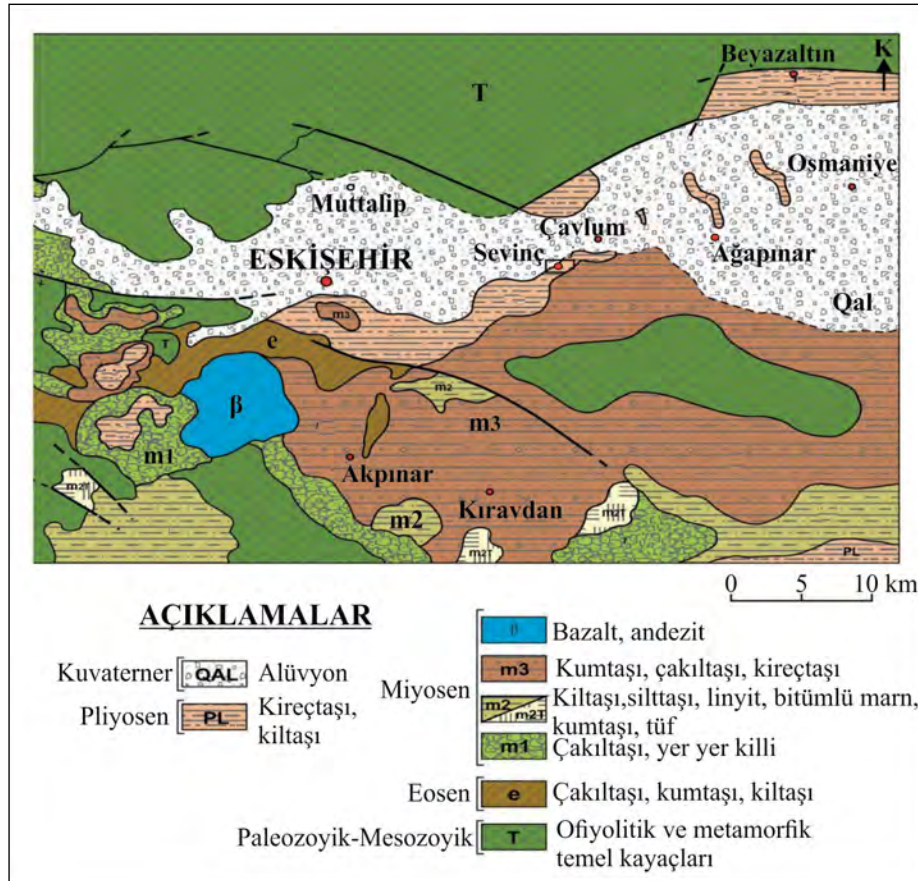


Şekil 2- Çalışma alanının yer bulduru haritası.

2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı (Şekil 3) Eskişehir ilinin doğusunda, Sevinç ve Çavlım mahallesi ile Ağapınar köyünün kuzeyinde yer almaktadır. Bölgede görülen Paleozoyik yaşlı metamorfikler ve Mesozoyik yaşlı ofiyolitler çalışma sahasının temel kayaçlarını oluşturmaktadır. Temel kayaçların üzerine uyumsuz olarak Miyosen yaşlı sedimanter birimler gelmektedir. Miyosen yaşlı göl ortamını temsil eden sedimanter birimler tabanda çakıltaşı, kumtaşı ve kiltasından oluşan m1 serisi ve üzerine gelen tabandan tavana doğru yer yer çakıllı, yeşil renkli kiltası, kömür, gri renkli kumtaşı, koyu gri yeşil renkli silttaşı, bitümlü marn, kiltası, kömür ve yeşil renkli kiltası, kumtaşı, ince taneli çakıltaşı ardışımından oluşan bir istif sunan m² serisinden oluşmaktadır. Daha üst seviyelerde ise yer yer gözlenen kireçtaşı ve çakıltaşıdan oluşan m³ serisi ile gevşek çakıltaşı, kiltası düzeylerinden

oluşan Pliyosen yaşlı çökeller yer almaktadır. Pliyosen çökelleri çalışma alanında krem, açık kahverenkli kiltası ve gevşek tutturulmuş çakıltaşı ile temsil edilmektedir. Miyosen m³ serisi üzerinde yer alan çakıltaşı düzeyleri kendisinden daha yaşlı tüm birimlerin çakıllarını içermektedir. Çakıl boyları 1-10 cm arasında değişmekte olup, birimin kalınlığı çalışma alanında 15-25 m arasında izlenmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyon ise, güncel çökeller ile yamaç molozu uyumsuz olarak kendinden daha yaşlı bütün birimleri örtmektedir. Neojen yaşlı çökeller ile kaplı olan bölgedeki stratigrafik istif (Şekil 4) MTA Genel Müdürlüğü'ne ait ruhsatlarda yapılan araştırma ve rezerv belirleme sondajlarından elde edilen verilere dayanılarak tespit edilmiştir (Şengüler, 2013). Çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmaları ile ruhsat sahasının litoloji haritası üretilerek Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 3- Çalışma alanını içine alan Eskişehir ve civarının jeoloji haritası (Şengüler, 2013).

Seviç-Ağapınar (ESKİŞEHİR) Kömür Havzası Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti						Ölçeksiz
Üst Sistem	Sistem	Seri	Kalınlık (m)	Litoloji	Açıklamalar	
SENOZOYİK	Kuvaterner	Holosen	5-10		Alüvyon	
		Pliyosen	15-25		Kiltaş, gevşek çakıltaş, açık renkli kahve renkli	
		Miyosen	m3	30-40	Kireçtaş, kumtaş, çakıltaş, ardalanması, yer yer yanal geçişli	
			m2	350-600	Kiltaş, kumtaş, çakıltaş, yeşil renkli Linyit (üst tabaka) (kalınlık 0.55-30 m, ortalama ısı değeri 1900 kcal/kg) Bitümlü marn, silttaş, kiltaş, şeyl (koyu yeşil-gri renkli) Kumtaş gri renkli, ince orta taneli Linyit (alt tabaka) (kalınlık 5.85-31.6 m, ortalama ısı değeri 2200 kcal/kg) Kiltaş yeşil renkli, yer yer çakıllı	
		m1	20-40		Çakıltaş, kumtaş, kiltaş gevşek tutturulmuş	
Mesozoyik	Jura-Kretase				Temel Kayalar Yeşil renkli ofiyolit	
Palaeozoyik					Metamorfitletler	

Şekil 4- Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Şengüler, 2013).



3. Materyal ve Metot

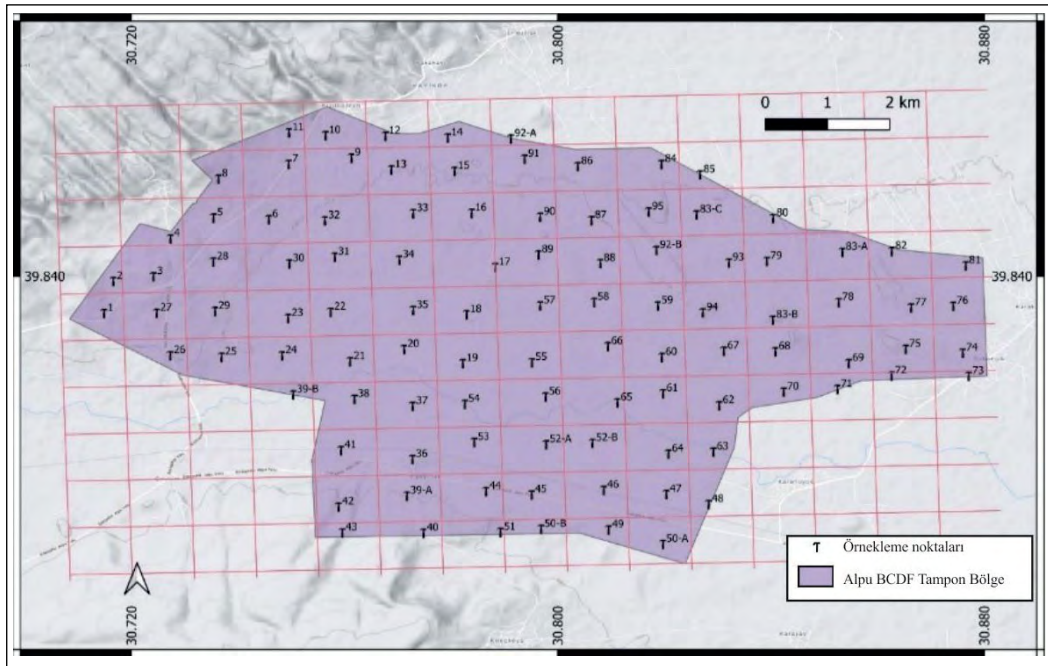
3.1. Arazi Öncesi Büro Çalışmaları

Çalışma kapsamında cevher veya enerji hammaddeleri etütleri yapılmış ve raporlaştırılan sahaların buluculuk sınırları koordinatları poligon haline getirilmiştir. Buluculuk sınırı bir maden işletmesinin (ocak) ulaşabileceği maksimum sınırlarını temsil etmektedir. Madencilik faaliyetleri sonucunda oluşma ihtimali bulunan ağır metal emisyonları maden işletmesinin sınırlarından dışarıya doğru salınım yapması beklenir. Bu olasılığa karşı işletme sınırlarını önceden genişletilip, örnekleme alanı tampon bölgeyi de kapsayacak şekilde CBS ortamında oluşturulmuştur.

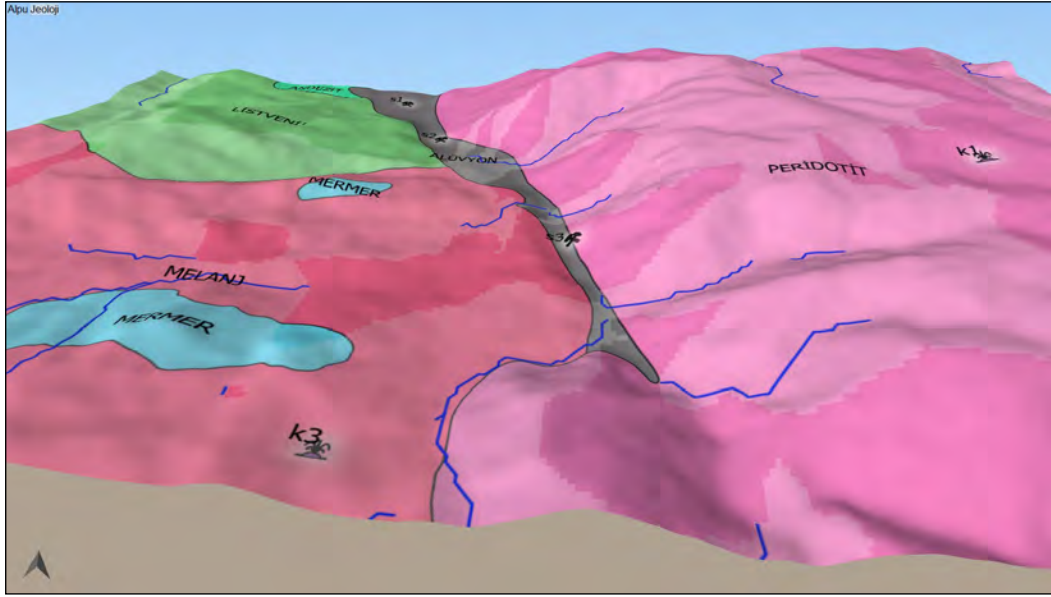
Tampon bölgenin eklenmesi ile belli olan çalışma alanına CBS ortamında 1 km²'lik gridleme yapılmıştır. Her gridin içine jeoloji, fay, alterasyon yayılımları dikkate alınarak 1 adet istasyon yerleştirilmiştir. Gridleme sistemi tematik haritalama sırasında çözünürlüğü arttırmak, boşta istasyonlardan eksik veri gelmemesi ve böylece çalışma alanının yüksek güvenilirlik katsayısı ile temsil kabiliyetinin oluşması sağlanmıştır (Şekil 6).

Çalışma alanının 30 metre çözünürlüklü DEM ya da STRM görüntü dosyaları CBS ortamında işlenerek yükseklik ve eğim bilgilerinden yararlanılarak drenaj (su toplama, dolayısıyla sediman biriktirme) alanları tespit edilmiştir. DEM dosyalarında raster işlemleri ile yükseklik ve eğime göre akaçlama kolları ve drenaj alanları oluşturulmuştur. Belirlenen drenaj alanlarının altına jeolojik yapı giydirilmiş ve her istasyon için kaynak kayalar belirlenmiştir. Kaynak kayalar sahada kontrol edilerek, her bir bölge için jeokimyasal analiz için toprak, dere sedimanı, dere yüzey suyu ve kaynak çıkış noktalarından yer altı suyu örnekleri alınmıştır (Şekil 7).

Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, CORİNE 2018 veri setleri kullanılarak inceleme alanını etkileyen tarımsal aktivitelerin türü saptanmıştır. Bu aktiviteler; sürekli sulanabilir alanlar, mera alanları, seyrek bitki alanları gibi ayrıntılı bir şekilde haritalandırılmıştır. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın ATLAS uygulamasının verileri ise çalışma alanını etkileyen endüstriyel aktivitelerin türünü belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Organize sanayi bölgelerinin çalışma alanına olan uzaklığı ve drenaj alanının varlığı, çalışma alanının öncel jeokimyasal değerlerini etkileyen organize sanayi bölgelerinin türleri tespit edilmiştir.



Şekil 6- Sahadan toprak ve dere sedimanı örnekleme için yapılan gridleme ve alım istasyonları.



Şekil 7- Drenaj alanları üzerine giydirilmiş jeolojik birimlerden çıkan su kaynakları ve örnek istasyonları.

3.2. Saha Çalışmaları

Büro çalışmalarında elde edilen öncel verilere göre belirlenen istasyonlardan toprak, dere sedimanı, dere suyu, yeraltı suyu ve bitki numuneleri alınmıştır. Şekil 6'da yer alan çalışma alanından toplam 101 adet toprak/dere sedimanı ve 22 adet yüzey/yeraltı suyu alınmıştır (Şekil 8).

Toplam 101 istasyondan alınan toprak ve dere sedimanı ilk 30 cm'yi temsil etmektedir (Şekil 9). Örnekleme işlemi yapılan istasyonlar şehir merkezleri, organize sanayi giriş çıkışları, deşarj noktaları ve jeolojik açıdan önemli yerler dikkate alınarak planlanmıştır. Çalışma alanını temsil açısından istasyonlar ortalama 1 km²'de bir seçilmeye özen gösterilmiştir.



Şekil 8- (a) Dere sedimanı ve (b) su numunesi alım işlemleri.



Şekil 9- Dere sedimanı örnekleme işlemi.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma kapsamında alınan numuneler MTA laboratuvarlarında numune hazırlama işlemlerine tabii tutularak X-ray Fluorescence (XRF) ve Inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sedimanlardaki ağır metal kirliliğinin derecesi farklı yaklaşım metodlarıyla ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunun için en yaygın olarak zenginleşme faktörü (Ef), jeobirikim indeksi (Igeo), kirlilik faktörü (Cf) ve kirlilik yükü indeksi (PLI) hesaplamaları kullanılmıştır.

3.4. Dağılım Haritalarının Oluşturulması

Çalışma alanının litoloji haritasının hazırlanmasını takiben yüzey örneklerinin analiz edilmesinden elde edilen majör oksitlerin konsantrasyon değerleri ve zenginleşme faktörü parametreleri QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi programına aktarılmıştır. Sahadan alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre 11 ağır metal için Ef dağılım haritası, 10 adet majör oksit dağılım haritası ve 1 adet PLI dağılım haritası üretilmiştir.

3.5. İstatiksel Parametrelerin Hesaplanması

Ağır metallerin beraber çökeldiği materyaller ve birbirleri ile olan ilişkisi hakkında fikir sahibi olmak için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Temel istatistik verilerinde yer alan ağır metal konsantrasyonlarının maksimum, minimum ve medyan değerlerini görselleştirmek ve

konsantrasyonların hangi aralıkta yığılma gösterdiğini daha iyi anlayabilmek için kutu grafikleri çizilmiştir. Toprak ve dere sediman örneklerinde benzer ağır metal içeriğine sahip lokasyonların tespiti için dendogram grafikleri oluşturulmuştur.

3.6. Su Numunelerinde Analiz Sonuçlarının İşlenmesi

Çalışma sahasından alınan 22 adet yüzey ve yeraltı suyu örneğinde NH_4^+ , NO_2^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} ve ağır metal içerikleri değerlendirilmiş ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31 Aralık 2004) sınır değerlerine göre sınıflandırma yapılmıştır. Hidrojeokimyasal açıdan su analiz sonuçları Piper, Scholler, Durov, Gibbs, Chadha, Stiff, İon Balance, ABD Tuzluluk, Wilcox diyagramları ve bazı parametrelerin mekânsal dağılımları çizilerek kökensel ve kullanım kalitesi açısından değerlendirilmiştir. Kaynak yerinde (in-situ) olarak suyun asitlik/bazlık derecesini belirlemek için ölçülen Ph değerleri 7,72 ile 8,82 arasında ve mineral/tuz oranını belirlemek için ölçülen elektrik iletkenlik değerleri ise 358-1247 $\mu\text{mho/cm}$ aralıklarında değişmektedir (Çizelge 1).

4. Bulgular ve Değerlendirmeler

4.1. Toprak ve Dere Sedimanlarının Majör Oksit ve Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

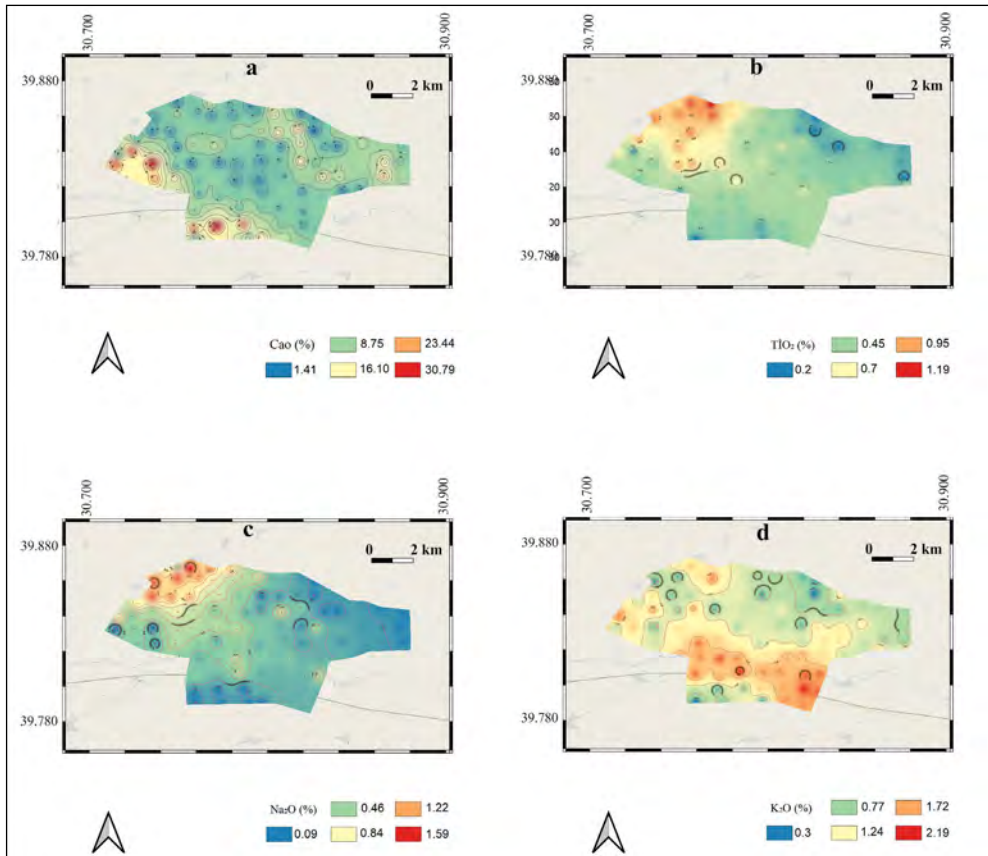
Jeokimyasal anlamda öncelikle majör oksitlerin dağılım haritaları, daha sonra bu çalışmanın ana konusunu oluşturan ağır metallerin Zenginleşme Faktörlerinin dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Çizelge 1- Su numunelerinin alındığı bölgeler ve yerinde (in-situ) ölçüm sonuçları.

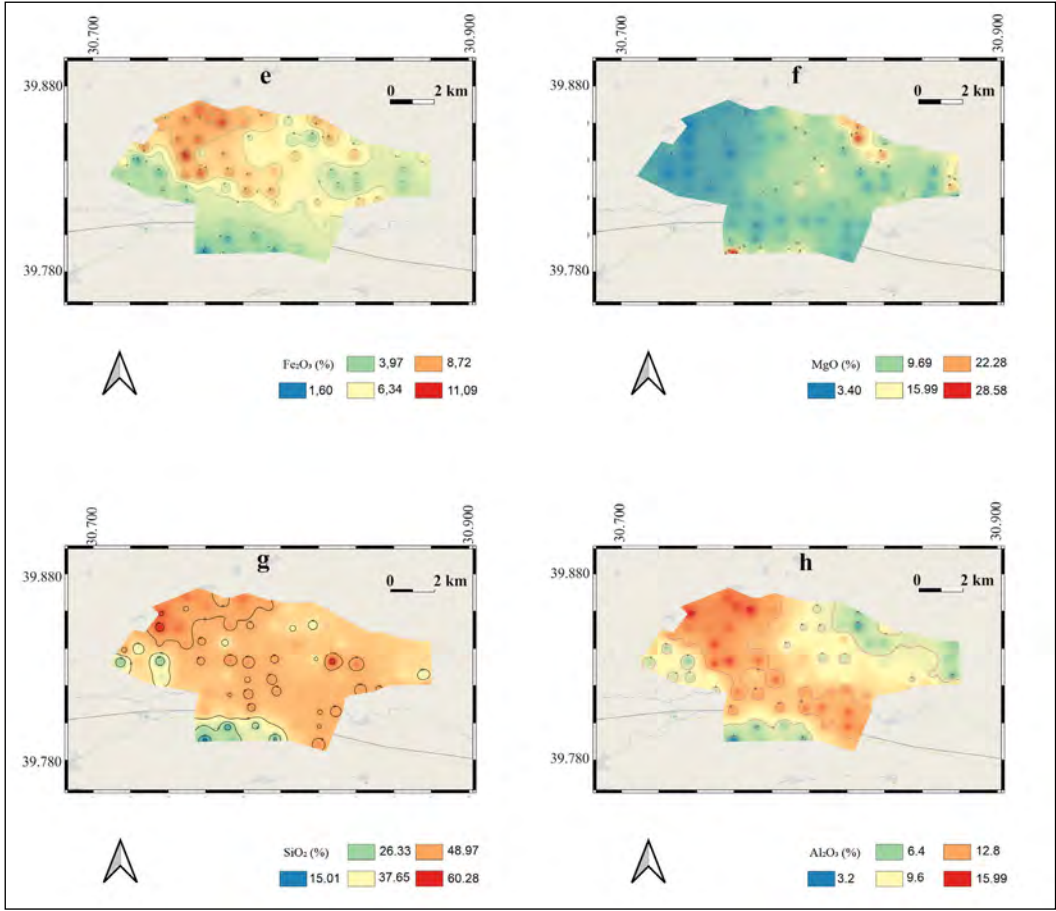
Örnekleme Noktaları	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µs/cm)	TDS (ppm)	ORP (milivolt)
ESU-1	8,13	15,8	639	448	72
ESU-2	7,72	16,7	633	443	105
ESU-3	8,3	18,7	862	608	70
ESU-4	8,22	19,2	668	467	126
ESU-5	8,14	21,2	645	449	82
ESU-6	8,16	18	628	436	117
ESU-7	8,51	18,8	622	434	65
ESU-8	7,89	18,2	763	235	59
ESU-9	7,72	24,1	1129	872	61
ESU-10	7,73	23,9	1247	884	57
ESU-11	7,83	23,4	1071	758	56
ESU-12	7,86	24,5	1103	779	55
ESU-13	8,42	20,3	607	423	75
ESU-14	8,54	21,2	615,9	427,9	60
ESU-15	8,46	22,8	606	420,4	53
ESU-16	8,82	27,1	619	424	52
ESU-17	7,7	19,4	764	533	107
ESU-18	7,78	21,3	358	242	70
ESU-19	7,77	23,7	571	391	108
ESU-20	7,83	18,4	587,4	407	74
ESU-21	8,11	22,3	558	383	102
ESU-22	8,1	22,9	368	249	105

4.1.1. Toprak ve Dere Sedimanlarında Majör Oksitlerin Değerlendirilmesi

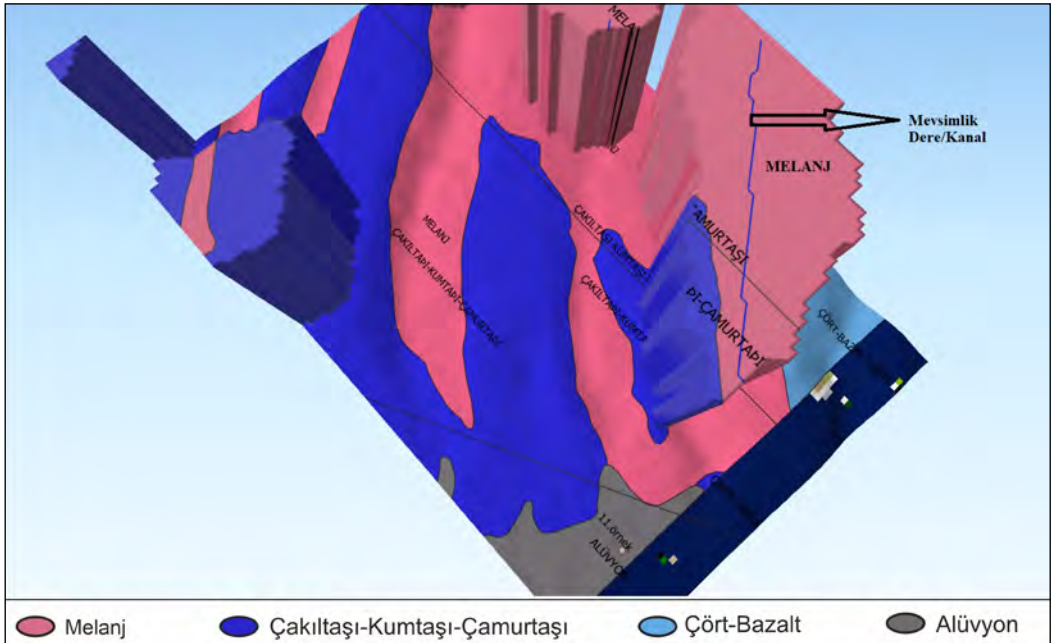
Majör oksitlerin hem jeolojik hem de antropojenik etki kapsamında değerlendirilmesinde fayda vardır. Bu kapsamda, çalışmadan elde edilen sonuçların ortalama değerleri ile dünya ortalama şeyl ve kıta kabuğu değerlerinin (Çizelge 2) (Wedepohl, 1969; 1995) karşılaştırması yapılmıştır. Toprak ve dere sedimanlarının majör oksit değerlerine bakıldığında CaO değerleri çalışma alanında %1,4 ile %30,7 arasında tespit edilmiştir (Şekil 10). Çalışma alanının batısında ve güneyinde CaO değerlerinin yüksekliği batıda çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı, güneyde ise karbonatlı killer ile alakalıdır (Şekil 11). Toprak ve dere sedimanlardaki ortalama TiO₂ değeri çalışma alanının kuzey batısında yer alan örneklemelerde kıta kabuğu ortalamasından yüksek olduğu görülmektedir. Çalışma alanının kuzeybatı bölgesinin yüksek eğimli drenaj havzalarının etkisi altında bulunduğu ve bu nedenle karasal süreçlerin sonucunda ayrışma, yerçekimi ve



Şekil 10- Çalışma alanında toprak ve dere sedimanlarında a) CaO, b) TiO₂, c) Na₂O ve d) K₂O konsantrasyon dağılım haritaları.



Şekil 10- devamı, e) Fe_2O_3 , f) MgO , g) SiO_2 ve h) Al_2O_3 konsantrasyon dağılım haritaları.



Şekil 11- Çalışma alanını drene eden alanda yer alan ofiyolitik melanj.

Çizelge 2- Dünya ortalama şeyl ve kıta kabuğuna ait değerleri (Wedepohl, 1969; 1995).

(1) Wedepohl, 1969 (2) Wedepohl, 1995	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)
Dünya Ortalama Şeyl (1)	3,09	6,75	58,4	15,1	0,77	3,2	2,5	1,29
Kıta Kabuğu Ortalama (2)	5,5	6,28	61,5	15,1	0,68	2,4	3,7	3,2

erozyonun etkisiyle zenginleştiği düşünülmektedir. Tüm istasyonlarda ortalama Na₂O ve K₂O değerinin ise ortalama şeylden ve kıta kabuğundan (Çizelge 2) daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum farklı oluşum ortamları ve evreleri geçiren kuşaklar için ayrıca bir ortalama değer tespit edilmesi gerekliliğini işaret etmektedir. Çalışma alanında MgO konsantrasyonu tüm örneklerde, hem kıta kabuğu hem de ortalama şeyl değerlerinden oldukça yüksektir. Çalışma alanı ve etrafında yer alan manyezit ocağı yüksek MgO konsantrasyonu sebebidir. Civarda bulunan kayalar içerisindeki manyezit mineralinin kimyasında (MgCO₃) Mg bulunmaktadır. Aynı zamanda tüm çalışma alanını drene eden alanlarda kaynak kayaç olarak melanj içerisinde (Şekil 11) bulunan Peridotit ve Serpantinit grubu kayalar mevcuttur. Bu kayaçlarda yüksek MgO (ortalama %31) değerleri Akiska vd. (2018) tarafından rapor edilmiştir.

Çalışma alanının kuzey batısında Fe₂O₃ değerleri kıta kabuğu ortalama değerinden daha yüksek ölçülmüştür. Bu kısmı drene eden kısımlarda peridotit, serpantinit ve topoğrafik olarak daha yüksek bölümlerde gabro yer almaktadır. Fe₂O₃ değerinin yüzde %10 u geçtiği 13. ve 30. Örnek istasyonları alüvyon üzerindedir. Alüvyon serpantin, gabro ve peridotit çakılları içermektedir. Paulick vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada 20 adet değişik derecelerdeki altere peridotitlerden %5,64 ile %10,45 arasında değişen Fe₂O₃ konsantrasyonları ölçülmüştür. SiO₂ konsantrasyon değerleri için 5. ve 94. örnek istasyonlarında ortalama şeyl değerinden büyük kıta kabuğu ortalamasından küçük değerler ölçülmüştür. Diğer örnek istasyonlarında ise hem kıta kabuğu hem ortalama şeyl ortalama değerinden küçük tespit edilmiştir. 5. ve 94. örnek istasyonlarının çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı litolojisi üzerinde bulunması ve özellikle çakıltaşlarında yüksek silis olması normal bir durumdur. Bunun yanı sıra çalışma alanının hemen kuzeyinde yer alan çört ve bazaltlardan dolayı yüksek silis oranı gözlemlenebilir. Toprak ve dere sedimanlarında

Al₂O₃ konsantrasyon değerleri 8. ve 22. örnek hariç diğer tüm istasyonlarda hem şeyl hem de kıta kabuğu ortalamasının altındadır. 8. örnek için drenaj alanına kaynak kayaç olarak peridotit, serpantinit ve gabrolar bulunmakta, 22. örnek ise alüvyon üzerinde yer almaktadır. Koralay (2015) ofiyolitlerin içerisindeki gabro dayklarının bazalt malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırdığı çalışmasında 8 adet gabro örneğinde %15,7'ye ulaşan Al₂O₃ konsantrasyonu ölçmüştür. 8. örnek istasyonunda ölçülen Al₂O₃ konsantrasyonu %15,8 değerine sahiptir ve bu sonucu drenaj alanında bulunan gabro ile ilişkilendirmek mümkündür.

4.1.2. Toprak ve Dere Sedimanlarındaki Zenginleşme Faktörleri (Ef) ve Jeobirikim İndeksi (İgeo)'ne Göre Ağır Metallerin Değişim Konsantrasyonları

Ağır metallerin biyolojik çevre üzerindeki toksik etkileri çok çeşitlidir ve kimyasal formlar ile ilgilidir. Canlı organizmalar üzerinde olumsuz etki gösteren metallerden bazıları bakır, krom, kadmiyum, kurşun, kobalt, nikel ve vanadyumdur. Bazı ağır metaller (Fe, Cu, Zn gibi) canlı vücudu için gerekli elementlerdendir ancak normal konsantrasyonları aştıkları zaman potansiyel toksik madde haline gelirler (Duffus ve Howard, 1996). Endüstriyel atıksular ağır metal içeriği yönünden önemli bir kirleticidir. Hiçbir arıtılma ya da sadece ön arıtmadan sonra kanalizasyon sistemine deşarj edilmeleri büyük riskler oluşturabilmektedir. Su ortamında bulunan ve belirli bir konsantrasyonu aşan her madde canlılar için zararlıdır (Yıldız, 2004).

Çalışma alanındaki toprak ve dere sedimanı örneklerinin ağır metal konsantrasyon değerlerinden faydalanarak zenginleşme faktörü ve jeobirikim indeksleri hesaplanırken normalizasyon, alüminyum elementine göre yapılmış ve elementlerin ortalama değeri Turekian ve Wedepohl (1961)'ün küresel ölçekte referans olarak kullanılan çalışmalarından

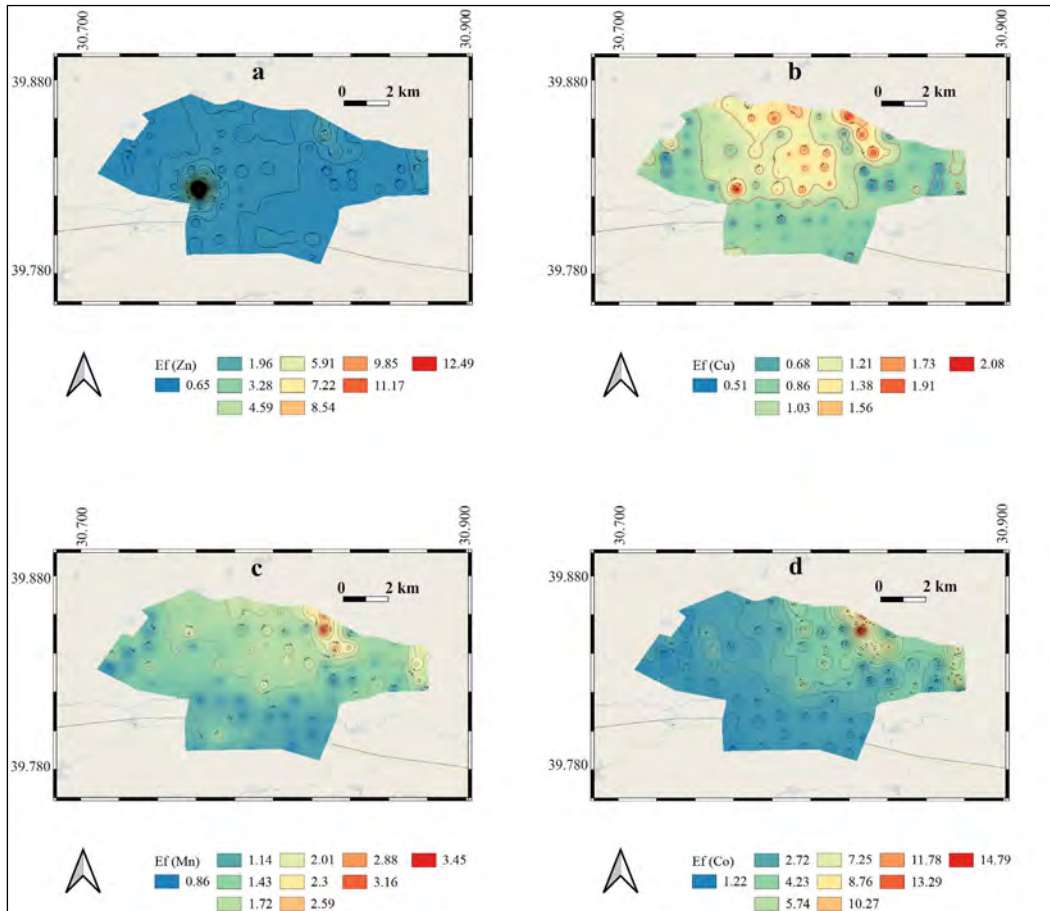
alınmıştır. Toprak ve dere sedimanları için hesaplanan Ef değerlerinin dağılım haritaları Şekil 12'de sunulmuştur.

As, 2,5 ppm ile 33 ppm arasında değişen, ortalama 15 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında arsenik 2, 41, 49 ve 52b numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar alüvyon üzerinde bulunmaktadır. İstasyonların drenaj alanında kaynak kayalar olarak peridotit, serpantinitle ve karbonatlı kilitaşı bulunmaktadır. Arsenik için ultrabazikler ve kumtaşı gibi sedimanter kayalarda ortalama şeyl değerinden daha düşük değerler alındığı bilinmektedir. Arsenik elementi magmatik kayalarda ve diyabazlarda ortalama 1.5-2 ppm civarında bulunurken fosfatlı kayalarda 21 ppm, göl çökellerinde ise ortalama 15 ppm bulunmaktadır. Jeojenik olarak yer kabuğunda 1,8 ppm, şeyllerde ise 13 ppm arsenik bulunduğu belirtilmiştir (Mason ve Moore, 1982). En yüksek As

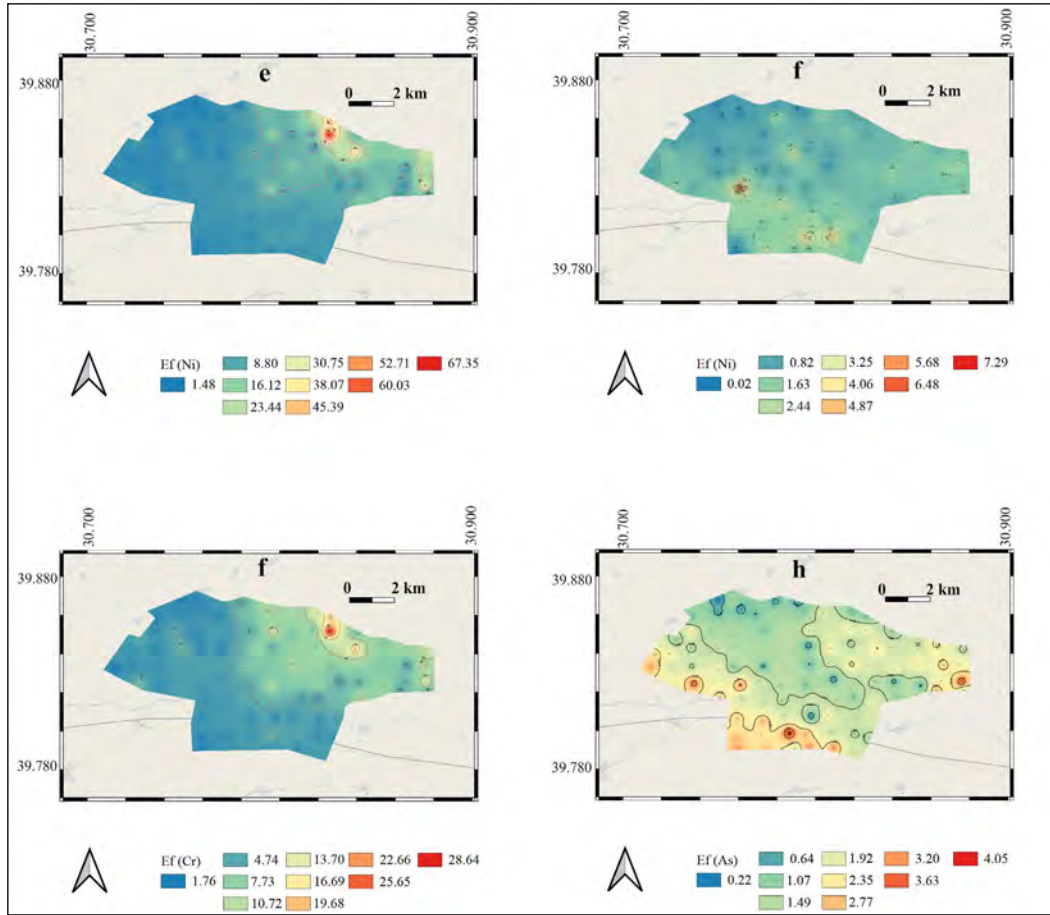
değerlerinin bulunduğu istasyonlarda kaynak kayalar olarak bulunan killi kireçtaşları etkilidir. Nitekim Ünal (2015) yaptığı çalışmada 3 adet killi kireçtaşında 60-238 ppm arasında As değeri ölçmüştür.

Pb, 0,1 ppm ile 117 ppm arasında değişen, ortalama 17 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Pb 21, 46, 45 ve 54 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar alüvyon üzerinde bulunmaktadır. Zenginleşme faktörünün dağılım haritası incelendiğinde kurşunun daha çok yol güzergâhlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum otoyollarda motorlu taşıtlarda kurşunlu benzinin ülkemizde 2006 yılında yasaklanmasından önceki emisyonu olarak değerlendirilmiştir.

Cr (Cr^{+3} ve Cr^{+6} toplamı), 39,4 ppm ile 768,9 ppm arasında değişen, ortalama 336 ppm konsantrasyon değerine sahiptir. Çalışma alanında Cr 1, 74, 23 ve 29



Şekil 12- Toprak ve dere sedimanlarında a) Zn, b) Cu, c) Mn ve (d) Co için zenginleşme faktörü dağılım haritası.



Şekil 12- devamı, e) Ni, f) Pb, g) Cr ve h) As için zenginleşme faktörü dağılım haritası.

numaralı örneklerin aldığı istasyonlarda diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Bu istasyonlar alüvyona ilaveten çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı üzerinde bulunmaktadır. İstasyonların drenaj alanında kaynak kayaç olarak peridotit, serpantinitler ve gabro bulunmaktadır. Ultrabaziklerdeki ortalama Cr konsantrasyonu bu istasyonlardaki yüksek değerleri açıklamaktadır.

Co konsantrasyonu, 5,6 ppm ile 83,9 ppm arasında değişen, ortalama 38 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Kobalt, 83c, 85, 84 ve 79 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar alüvyon üzerinde bulunmaktadır. İstasyonların drenaj alanında ise peridotitler bulunmaktadır. Paulick vd. (2006), tarafından 20 adet çeşitli derecelerde altere peridotitlerde 45-143 ppm arasında Co konsantrasyonu ölçülmüştür. Önemli sayılabilecek bir sanayi tesisinin olmadığı bu bölgede

Co konsantrasyon fazlalığının tamamının doğal jeolojik etkinin olduğunu söylemek mümkündür.

Ni konsantrasyonu, 38 ppm ile 1366 ppm arasında değişen, ortalama 372 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında nikel, 83c, 85, 84 ve 79 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar alüvyon üzerinde bulunmaktadır. İstasyonların drenaj alanında ise peridotitler bulunmaktadır. Paulick vd. (2006), tarafından 20 adet çeşitli derecelerde altere peridotitlerde 124-2273 ppm arasında Ni konsantrasyonu ölçülmüştür. Önemli sayılabilecek bir sanayi tesisinin olmadığı bu bölgede Ni konsantrasyon fazlalığının tamamının doğal jeolojik etkinin olduğunu söylemek mümkündür.

Cu konsantrasyonu, 11 ppm ile 75,5 ppm arasında değişen, ortalama 32,8 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında bakır, 13, 21, 15 ve

19 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar alüvyon üzerinde bulunmaktadır. Bu bölgede istasyonların drenaj alanında peridotitler bulunmaktadır. Paulick vd. (2006), tarafından 20 adet çeşitli derecelerde altere peridotitlerde 3-82 ppm arasında Cu konsantrasyonu ölçülmüştür.

Zn konsantrasyonu, 21,6 ppm ile 953,2 ppm arasında değişen, ortalama 76,9 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında çinko, 21, 13, 9 ve 47 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar alüvyon üzerinde bulunmaktadır. Bu bölgede istasyonların drenaj alanında peridotitler bulunmaktadır. Paulick vd. (2006), tarafından 20 adet çeşitli derecelerde altere peridotitlerde 100 ppm'e varan Zn konsantrasyonu ölçülmüştür. Zn konsantrasyonunda jeolojik etkiyi aşan oranlar bulunması ve SO₃ ile pozitif korelasyon göstermesi, tarımsal etkiyi dolayısıyla gübrelemeyi akla getirmektedir.

Mo konsantrasyonu, 0,09 ppm ile 7,8 ppm arasında değişen, ortalama 2,41 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında molibden, 83b, 24, 94 ve 95 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı ve alüvyon üzerinde bulunmaktadır. Bu bölgede istasyonların drenaj alanında melanj ve peridotitler bulunmaktadır. Liang vd. (2017), 10 adet ultramafik kayaçta 0,02-0,09 ppm arası Molibden ölçmüştür. Sahanın batısındaki ve kuzeyindeki görece yüksek molibden konsantrasyonlarında jeolojik etkilerin sınırlı olduğu gözükmemektedir.

Mn konsantrasyonu, 185,5 ppm ile 1661,4 ppm arasında değişen, ortalama 856 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında mangan, 32, 13, 15 ve 14 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar alüvyon üzerinde bulunmaktadır. Bu bölgede istasyonların drenaj alanında ofiyolitik melanj ve peridotitler bulunmaktadır. Manganın ultrabazik kayaçlarda ortalama değeri yüksek istasyonlar ile uyumludur.

V konsantrasyonu, 34,4 ppm ile 209,5 ppm arasında değişen, ortalama 97,24 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında vanadyum, 9, 10, 32, 13 ve 8 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı ve alüvyon üzerinde bulunmaktadır. Bu bölgedeki istasyonda drenaj alanında kaynak kayaç olarak peridotitler, serpantinler bulunmaktadır. Çiftçi (2002), Sivas Kızıldağ Ofiyolitlerinde serpantin ve Harzburjitlerde yüksek, dünitlerde düşük olmak üzere 10 ppm ve 75 ppm arasında değişen V konsantrasyonu ölçülmüştür. Yine Paulick vd. (2006), tarafından 20 adet çeşitli derecelerde altere peridotitlerde 13-40 ppm V konsantrasyonu arasında ölçülmüştür. Çalışma alanında kuzey kısmındaki görece yüksek V konsantrasyonu olan bölgelerde kayaç jeokimyası etkilidir.

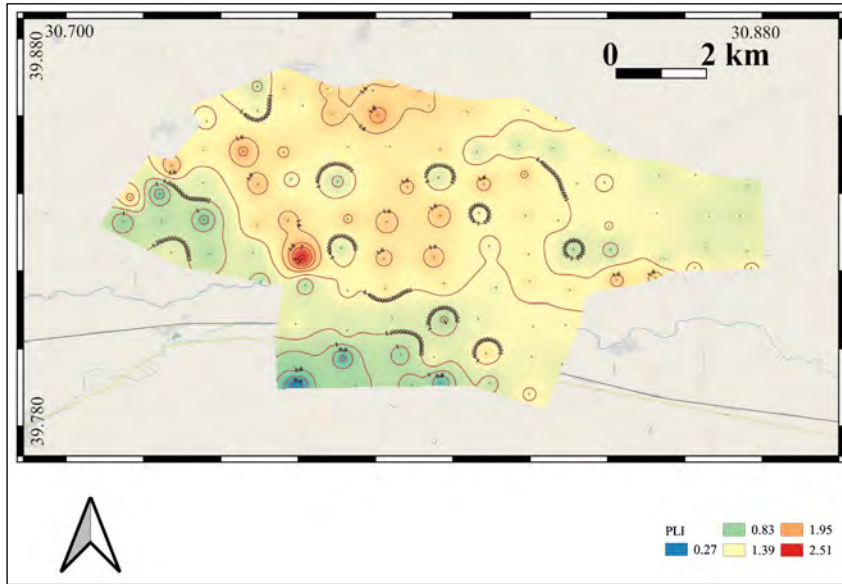
4.1.3. Kirlilik Faktörleri (Cf) ve Kirlilik Yükü İndeksleri (PLI)

Toprak ve dere sedimanları kirlilik yükü indeksi (PLI)'ne göre değerlendirildiğinde 101 adet örnek içinden 11 adet örneğin 1 değerinin altında bulunmasından dolayı tüm ağır metal içeriklerine göre kirlenmemiş nitelikte, diğer örnekler ise 1 değerinin üzerinde olduğundan kirlenmiş nitelikte olduğu tespit edilmiştir (Şekil 13).

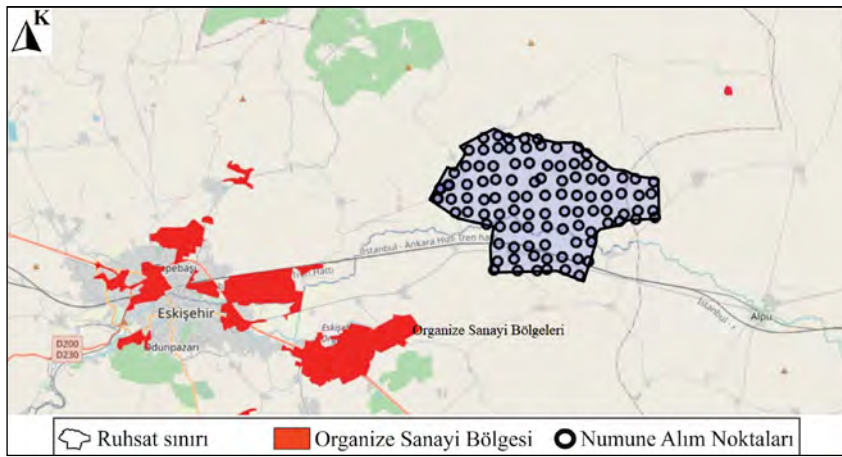
4.2. Sahanın Tarım ve Endüstri Alanları ile Mevcut Durumu ve İstatiksel Değerlendirilmesi

Çalışma alanını oluşturan Alpu BCDF Kömür sahası Eskişehir ilinin doğusunda yer almaktadır. Sahaya en yakın sanayi tesisi yaklaşık 6 km mesafede bulunmaktadır. Organize sanayide arıtma tesisi bulunmakta olup, metal, kimya ve makine ağırlıklı işletmeler mevcuttur (Şekil 14). Tarım ve Orman Bakanlığının CORİNE 2018 verilerine göre çalışma sahası poligonu içerisinde %96,53 tarım arazisi, %2,36 orman ve yarı doğal alanlar ve %1,11 yapay (insan aktiviteleri ile) alanlar bulunmaktadır (Şekil 15).

Tüm örneklerin konsantrasyon değerleri, Pearson korelasyon katsayıları, kutu (box) grafiği ve dendrogram grafiği gibi temel istatistik değerler altında irdelenmiştir.



Şekil 13- Toprak ve dere sedimanlarının PLI dağılım haritası.



Şekil 14- Sanayi bölgeleri ve sahanın mevcut durumu.



Şekil 15- Tarım ve Orman Bakanlığının CORİNE 2018 verileri ve sahanın mevcut durumu.

Temel istatistik düzeyinde tüm örneklerin metal konsantrasyonlarının minimum ve maksimum değerleri, medyan, ortalama değer ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Buna göre toprak ve dere sedimanında ortalamanın üzerinde bulunan en yüksek değer Mn elementine aittir. Ortalamanın altındaki en düşük konsantrasyon değeri ise Kadmiyuma aittir. Alınan örneklerden yapılan analizlere göre metaller bolluğu $Mn > Ni > Cr > V > Zn > Co > Cu > Pb > As > Mo > Cd$ şeklinde sıralanmaktadır. Bölgede faaliyet gösteren Manganez ocağı göz önüne alındığında Mn elementinin en yüksek konsantrasyon değerine sahip olması sonuç olarak normal bir durumdur.

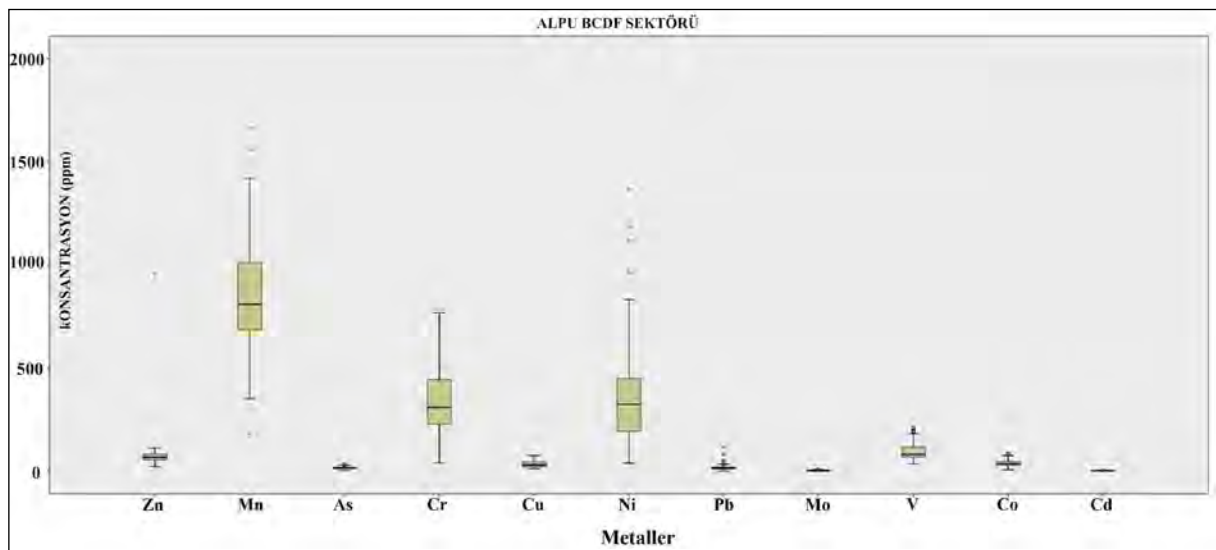
Hesaplanan Pearson korelasyon katsayılarına göre dere sedimanı ve toprakta mangan bakır ve vanadyum ile, nikel, krom ve kobalt ile, çinko kurşun ve kükürt tri oksit ile, vanadyum bakır ve kadmiyum karşılıklı en yüksek korelasyon katsayılarına sahiptir. Metallerin Zn-Pb-Co ve Ni-Co birlikte zenginleşmeleri belirli kayaçların jeokimyasında örneğine sıklıkça rastlanan bir durum olduğu için çalışma alanında bu metallere ait kirliliklerde litolojik etkinin gözardı edilmemesi gereken bir durum olduğunu görülmektedir. Çalışma alanında SO_3 ile Zn arasında korelasyon katsayısının en yüksek olması bir miktar çinkonun gübreden geldiğini işaret etmektedir. Aynı zamanda SO_3 ile As, Pb, Cu, Mo, Cd istatistiksel açıdan anlamsız fakat

pozitif değere sahip olması bu elementlerinde benzer şekilde tarımsal faaliyetlerin etkisiyle geldiği fikrini düşündürmektedir.

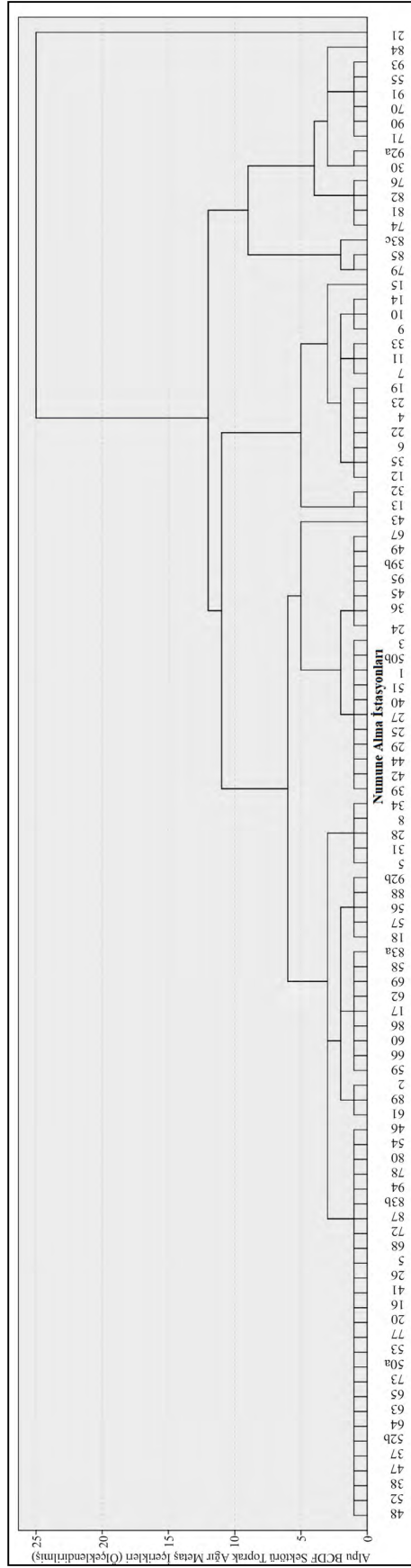
Ağır metal konsantrasyonlarının hangi aralıkta yığılma gösterdiğini daha iyi anlayabilmek için kutu (box) grafiklerine bakıldığında tüm dere sedimanları için Mn, Ni, Cr konsantrasyonlarının geniş bir aralıkta yer aldığı izlenirken, As, Co, Cu, Pb, V, Mo ve Cd konsantrasyonlarının dar bir aralıkta yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 16). Zn ve Ni metallerindeki noktasal kaçışlar ortalama değerlerden sapma anlamına gelmektedir.

İstatistik biliminde dendogram, kümeler arasındaki hiyerarşik yapıyı göstermek için kullanılan ağaç şemasıdır (Akın, 2017). Kümeler, girilen verilerin benzerlik oranına göre oluşur ve gruplanır. Bu çalışmada, dere sedimanı örneklerinde benzer ağır metal içeriğine sahip lokasyonların tespiti için dendogramlar oluşturulmuştur (Şekil 17).

Dere sedimanı örneklerinin dendogram grafiklerine bakıldığında birbirine yakın lokasyonlarda yer alan istasyonların yüksek benzerlikte içerik gösterdiği, 21. ve 15. örneğin ise toplam ağır metal yükünün en fazla olduğu örnekler olarak tekil hiyerarşik bir üstünlükte olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 16- Toprak ve dere sedimanlarında ağır metal konsantrasyonlarının kutu grafik şeklinde gösterimi.



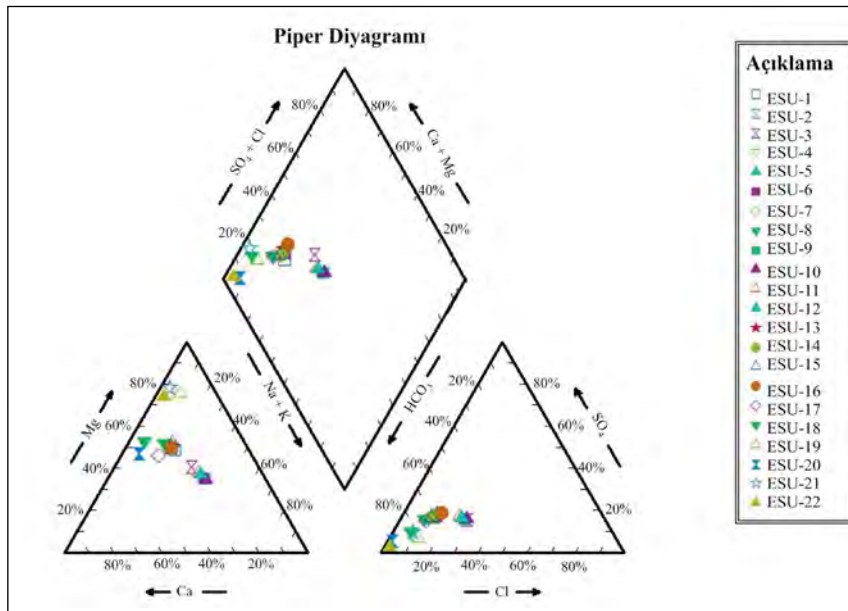
Şekil 17- Toprak ve dere sedimanlarının tüm metal içeriğine göre benzerlik ve hiyerarşi sıralamasını gösteren dendrogram grafiği.

Çizelge 3- Su Kirliliği Yönetmeliğine göre sınıflandırılmış anyon, katyon ve ağır metal değerleri.

Numune İşareti	Na	NH ₄ ⁺	F ⁻	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Pb	Zn	Co	Cu	Ni	Fe	Mn	Cr	Al	As
ESU-1	1	1	1	4	1	2	3	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
ESU-2	1	1	1	4	1	2	2	3	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
ESU-3	1	2	1	4	1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-4	1	1	1	4	1	2	2	3	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
ESU-5	1	1	1	4	1	2	2	3	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
ESU-6	1	1	1	4	1	2	2	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
ESU-7	1	1	1	4	1	2	2	3	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
ESU-8	1	1	1	4	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-9	1	4	1	4	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
ESU-10	1	4	1	4	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
ESU-11	1	4	1	4	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-12	1	4	1	4	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
ESU-13	1	1	1	4	1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-14	1	1	1	4	1	2	2	3	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1
ESU-15	1	1	1	4	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
ESU-16	1	1	1	4	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
ESU-17	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-18	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-19	1	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-20	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-21	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESU-22	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Alpu civarından alınan örneklemelerin iyon analiz sonuçlarına göre yoğunlukları ve su fasiyesleri belirlenerek Şekil 19'daki Piper diyagramında

sunulmuştur. Ayrıca Schoeller yarı logaritmik diyagramında üzerine suların bileşimi karşılaştırılmış örneklerin birbirine benzer piklere sahip olduğu



Şekil 19- Örneklemelere ait Piper diyagramı.

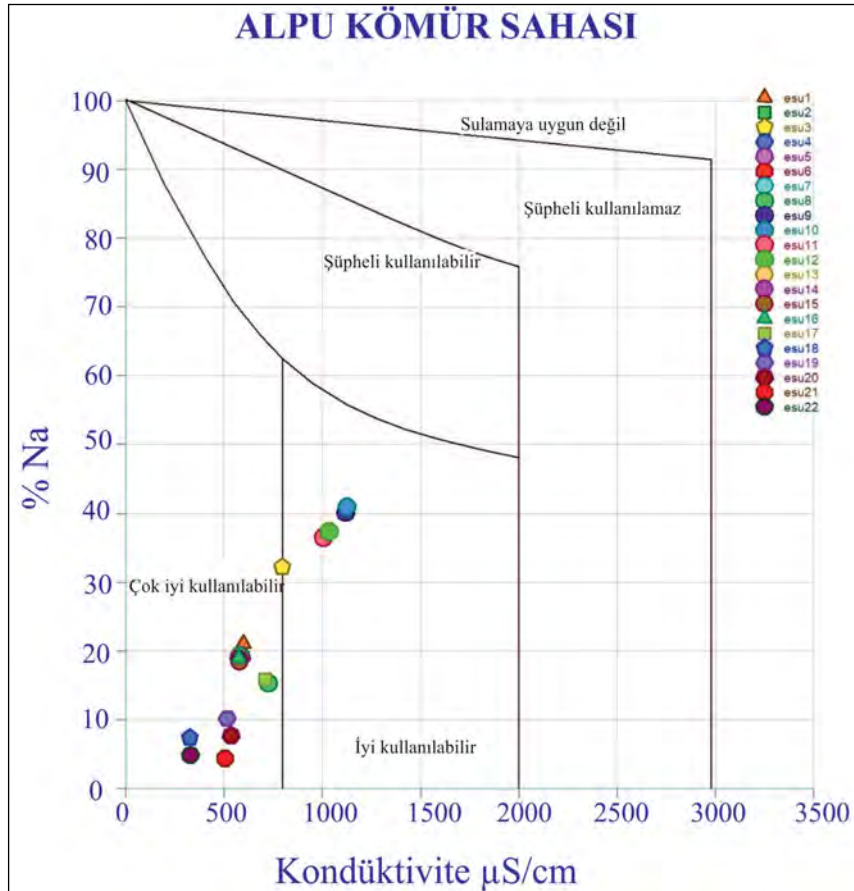
görülmüştür. ESU-9, ESU-10, ESU-12 örneklerinde baskın iyon $\text{Na-HCO}_3+\text{CO}_3$, diğer örneklerde ise $\text{Mg-HCO}_3+\text{CO}_3$ iyonları hakimdir. Yer altı sularında ise baskın iyonlar ESU-20 örneğinde $\text{Ca-HCO}_3+\text{CO}_3$ 'tür. Diğer yeraltı su örneklerinde ise $\text{Mg-HCO}_3+\text{CO}_3$ hakim iyon olarak görülmektedir. Sularının kimyasal bileşimlerinin Durov diyagramına göre değerlendirilmesinde ise benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Genel olarak yüzey suları ve yeraltı suları Mg-HCO_3 bakımından zengindir.

Suların anyon ve kation içeriğine göre sınıflandırılmasında ise Chadha diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagrama göre yüzey suları iki grupta, yer altı suları ise tek grupta toplanmıştır. ESU 3-9-10-11-12 ve ESU 1-2-4-5-6-7-8-13-14-15-16 yüzey suları olarak, ESU 17-18-19-20-21-22 yeraltı suyu olarak gruplanmıştır. Yeraltı sularında ESU-20 Ca baskın iyonuna sahip olmasıyla diğer yeraltı sularından ayrılmaktadır. Ayrıca suların fiziksel

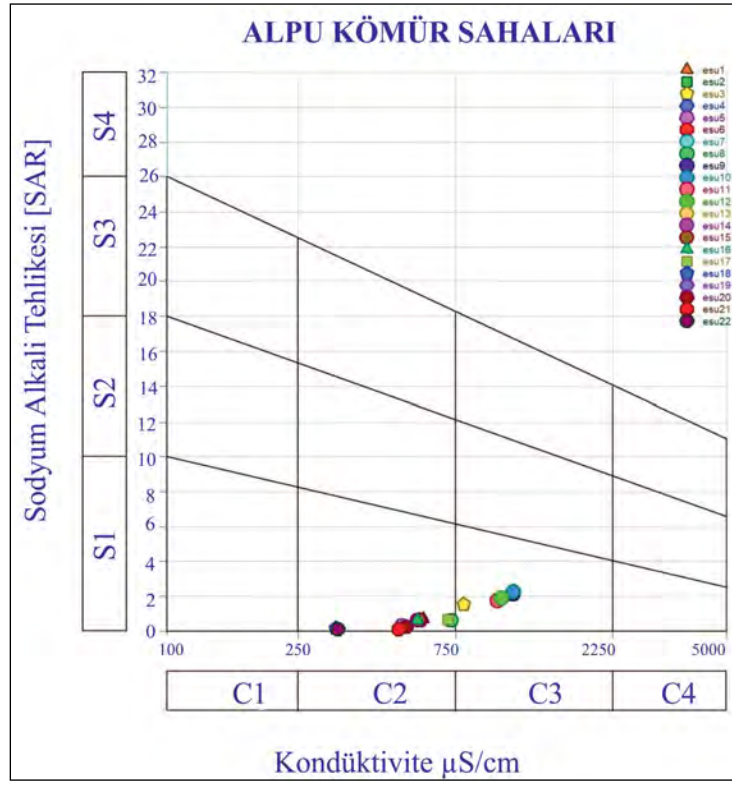
köken olarak yorumlandığında tüm sular kayaç (akifer) kökenlidir.

Su parametrelerinin kalitesi ise Wilcox ve ABD Tuzluluk diyagramları kullanılarak değerlendirilmiştir. Wilcox diyagramına göre sular çok iyi kullanılabilir ve iyi kullanılabilir sınıfına düşmektedir (Şekil 20).

Son olarak Stiff diyagramında ortaya çıkan Cl^- artışı ABD tuzluluk diyagramı kullanılarak denetlenmiştir (Şekil 21). Eskişehir çıkışından Alpu, Beylikova, Yunusemre ve Kıranharması istasyonları ABD tuzluluk diyagramında orta-yüksek tuzluluk derecesini işaret eden alan içerisinde yer almaktadır. Bu tuzluluk miktarındaki değişimde jeolojik faktörlerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Sodyum alkali tehlikesinin değerlendirildiği ABD tuzluluk diyagramına göre alınan su örnekleri C2-S1 ve C3-S1 sınıfına karşılık gelmektedir. Bu iki sınıf düşük sodyum alkali tehlikesini ifade etmektedir.



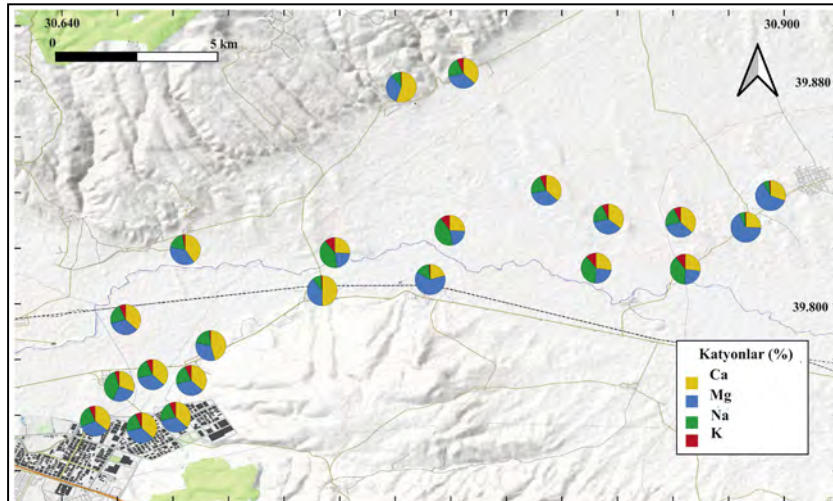
Şekil 20- Analiz sonuçlarının Wilcox diyagramında değerlendirilmesi.



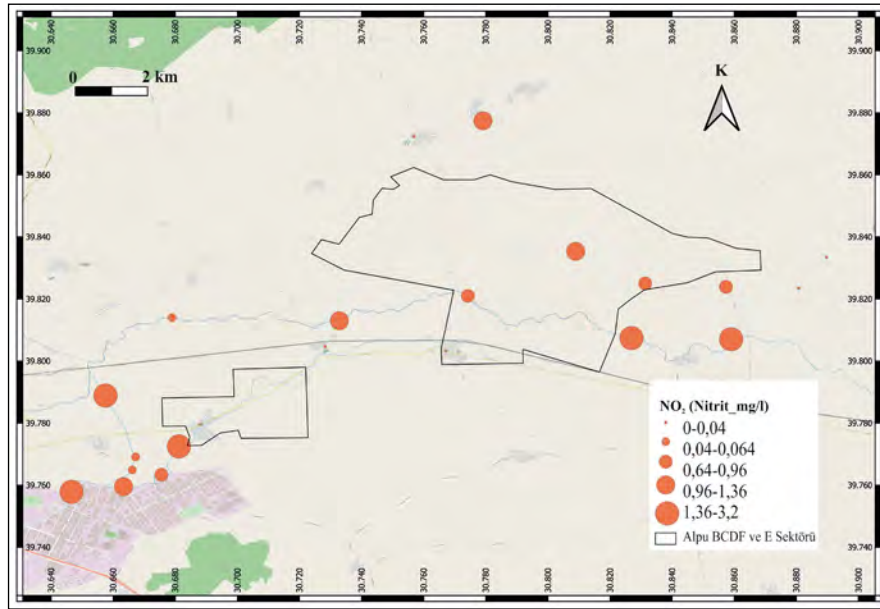
Şekil 21- Analiz sonuçlarının ABD tuzluluk diyagramında

Suların kimyasındaki değişimlerin mekânsal dağılım tekniğine göre harita üzerinde gösterilmesi çevresel ve jeolojik faktörlerin etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Pie grafiği dağılımına göre bölgenin doğusunda yer alan iki yer altı suyunda Mg iyonunda belirgin bir artışından söz etmek mümkündür (Şekil 22).

Çevresel kalite göstergelerinden olan nitrit içeriğinin mekânsal dağılımı genellikle yüzey sularında, yer altı sularına oranla daha yüksek görülmektedir (Şekil 23).



Şekil 22- Katyonların Pie grafiklerinin mekânsal dağılımını gösteren harita.



Şekil 23- Nitrit konsantrasyonlarının Proportional Symbol yöntemi ile mekânsal dağılımlarını gösteren harita.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, Alpu BCDF kömür sahasının çevresel durumunu ağır metal birikimi ve çevresel faktörlerle bağlantılı olarak incelemiştir. Araştırmanın temel odak noktaları toprak, dere sedimanları, sular ve çevresel parametrelerin mevcut durumunun belirlenmesi, ağır metal birikiminin nedenlerinin araştırılması ve olası kirlilik derecelerinin tespit edilmesidir. Bu amaçla, sahadan ve çevresinden 101 adet toprak ve dere sedimanı ile 22 adet su örneği toplanmıştır. Toprak ve dere sedimanlarında ağır metallerin yanı sıra majör oksitler üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, toprak ve dere sedimanlarında majör oksit konsantrasyonlarında artışlar gözlenmiştir. Bu artışlar, sahanın jeolojik yapısal özellikleriyle ilişkilendirilmiştir. Özellikle peridotit, serpantin ve gabro gibi kayaların drenaj alanlarına etkisi belirgin bir şekilde saptanmıştır. Zenginleşme faktörü ve jeobirikim indeksi değerlendirmeleri, As, Cd, Cr, Co, Ni, Cu, Mn ve V metalleri için yer yer mevcut olan anomalilerin, yüzey litolojisi ve drenaj alanlarındaki litolojiden kaynaklandığını göstermektedir.

Çalışmanın dikkat çeken bir sonucu, Pb'nin özellikle yol güzergahlarında yoğunlaştığıdır. Bu

durum, ülkede kurşunlu benzinin 2006 yılında yasaklanmasından önceki döneme ait olası emisyonların bir izi olarak yorumlanmaktadır. Zn konsantrasyonlarında gözlenen yüksek oranlar ise jeolojik etkiyi aşan seviyelerdedir ve bu durumun tarımsal gübre kullanımı ile ilişkilendirilmesi gerektiğini işaret etmektedir. Korelasyon analizi sonuçları, mangan, bakır ve vanadyum ile nikel, krom ve kobalt arasında yüksek ilişkilerin olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çinko, kurşun ve kükürt tri-oksit arasında da anlamlı pozitif ilişkiler saptanmıştır. Bu bağlamda, çalışma alanında ağır metallerin birlikte zenginleştiği ve jeolojik etkinin kirliliklerde göz ardı edilmemesi gereken bir faktördür. Bu çalışma, çevresel kirliliğin nedenlerini anlamak ve çevresel sürdürülebilirlik önlemlerini geliştirmek için önemli bir katkı sunmaktadır.

Katkı Belirtme

Bu araştırma MTA Genel Müdürlüğü, 2020-38-14-01-2 ve 2021-38-14-01-1 özel kodlu “Potansiyel Maden Alanlarının Mevcut Ortam Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi” projesi kapsamında 2020-2021 yıllarında yapılan saha çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Değinilen Belgeler

- Akın, Ç. 2017. Yığinsal (Agglomerative) Kümeleme, <http://cagriemreakin.com/veri-bilimi/agglomerative-clustering-4.html>, Eylül 2019.
- Akıska, S., Ünlü, T., Kırat, E., Kızılkanaat, C., Mutlu, H. 2018. Güneş Ofiyolitine (Divriği, Sivas) Ait Serpantinleşmiş Peridotitlerin Jeodinamik Evrimi, 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitapçığı, 729-730.
- Bakış, R., Altan, M., Gümüşlüoğlu, E., Tuncan, A., Ayday, C., Önsoy, H., Olgun, K. 2008. "Porsuk Havzasının Su Potansiyelinin Hidroelektrik Enerji Üretimi Yönünden İncelenmesi", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21, 125-162.
- Çiftçi, Y. 2002. Sivas - Kızıldağ Ofiyolitlerinin (Orta Anadolu) Eser Element, Ni, PGE ve Au Jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 45, Sayı 1.
- Demirbugan, A. 2019. Changes in ecosystem service benefit in Soma lignite region of Turkey, Resources Policy, Volume 64.
- Duffus, J.H., Howard G.J.W. 1996. Fundamental Toxicology For Chemists, Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I (Environmental Effect of metals-I). Metalurji, 136. Sayı: 47-53.
- Koralay, T., Çobanoğlu, İ., Demir, M. 2015. Ofiyolitler İçerisindeki Gabro Dayklarının Balast Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği: İnceler (Bozkurt-Denizli) Örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17, 32.
- Liang, Y. H., Halliday, A. N., Siebert, C., Fitton, J. G., Burton, K. W., Wang, K. L., Harvey, J. 2017. Molybdenum isotope fractionation in the mantle. Geochimica et Cosmochimica Acta, 199, 91-111.
- Machender G, Dhakate R, Prasanna L, Govil P.K. 2010. Assessment Of Heavy Metal Contamination In Soils Around Balanagar Industrial Area, Hyderabad, India. Environ Earth.
- Mason, B., Moore, C. 1982. Principles of Geochemistry, Wiley&Sons, New York.
- Paulick, H., Bach, W., Godardc, M., De Hoogd, J.C.M., Suhre, G., Harve, J. 2006. Geochemistry Of Abyssal Peridotites (Mid-Atlantic Ridge, 15°20'N, ODP Leg 209): Implications For Fluid/Rock Interaction In Slow Spreading Environments, Chemical Geology 234,179-210.
- Şengüler, İ. 2013. Eskişehir-Alpu Kömür Havzasının Jeolojisi ve Stratigrafisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 16, 95-97, Ankara.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 31 Aralık 2004. Resmi Gazete (Sayı: 25687), <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı CORİNE 2018 Projesi, <https://corine.tarimorman.gov.tr>, Eylül 2019.
- Turekian, K.K., Wedepohl, K.H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Geology Society America Bulletin, 72, 175-192.
- Ünal, İ.H. 2015. Ayhan Formasyonu Kubaca Üyesi Gölsel Çökellerde Radyoaktif Element İçeren Birimlerin Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Dadağ Köyü Güneyi, Kb Nevşehir, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Wedepohl, K.H. 1969. Handbook of Geochemistry. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 578.
- Wedepohl, K.H. 1995. The composition of the continental crust, Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 1,217-1,239.
- Yıldız, N. 2004. Toprak ve bitki ekosistemindeki ağır metaller, ZT-531, Yüksek Lisans Ders Notları, Erzurum.

MTA YERBİLİMLERİ VE MADENCİLİK DERGİSİ YAYIM KURALLARI

1. Amaçlar

- Yerbilimleri ve madencilik konularında bilimsel iletişimin sağlanmasına katkıda bulunmak,
- Madencilik, çevre ve jeomiras gibi sosyal çalışmalara katkıda bulunmak,
- MTA tarafından yerbilimleri ve madencilik konularında yapılan güncel bilimsel araştırma ve uygulamaların kamuoyuna duyurulmasını sağlamak,
- Dergiyi nitelik, kapsam ve biçim açısından yüksek düzeyde tutarak yerbilimleri ve madencilik konularında ülke çapında önemli bir referans aracı olarak kullanmak,
- Türkçe'nin bilim dili olarak geliştirilmesi ve yabancı sözcüklerden arındırılması çabalarına katkıda bulunmaktadır.

2. Kapsam-Nitelik

Makalelerin Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlanabilmeleri için aşağıdaki niteliklerden en az birini taşımaları gereklidir:

2.1. Araştırma Makaleleri ve Derlemeler

2.1.1. Özgün Bilimsel Araştırmalar

- Bu tür makaleler, temel yerbilimleri konularına katkıda bulunan, madenlerin araştırılması, karşılaştırılması ve değerlendirilmesini konu alan, çevre sorunlarını yerbilimleri, madencilik ve toplum sağlığı açısından inceleyen özgün bilimsel araştırma ve sonuçlarını,
- Yerbilimleri ve madencilik ile ilgili problemlerin çözümünde güncel yaklaşım ve yöntemleri uygulayan araştırmaları kapsar.

2.1.2. Derleme Makaleler

- Yerbilimleri ve madencilik konularında yapılmış önceki araştırmaları eleştireci bir yaklaşımla derleyen ve o konuda yeni bir görüş ortaya koyan araştırmaları kapsar.

2.2. Eleştiri ve Yanıt Yazıları

- Bir makalenin tümünü ya da bir bölümünü eleştiren yazılar, makalenin dijital olarak yayımlandığı tarihten itibaren en geç altı ay içinde gönderildiğinde, izleyen ilk sayıda yayımlanır.

- Eleştiri yazıları yayımlanmadan önce eleştirilen makalenin sorumlu yazarına yanıtlanması için gönderilir.
- Eleştirinin öngörülen süre içinde yanıtlanmaması durumunda eleştiri yazısı tek başına yayımlanır; sonradan gönderilen yanıtlar yayımlanmaz. Yanıtların yeniden eleştirilmesine olanak tanınmaz.
- Eleştirme ve yanıtlamada bilimsel tartışma ve etik kurallarına uyulmalıdır. Eleştiri ve yanıt yazılarının her biri varsa şekiller ile birlikte dört sayfayı aşmamalıdır.

2.3. Kısa Notlar

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisinin “Kısa Notlar” bölümünde, yerbilimleri ve madencilik alanında yapılmış ya da sürdürülmekte olan bilimsel araştırma ve uygulamalardan elde edilen veriler ile varlığı önceden bilinmeyen yeni bulguları yansıtan kısa, somut ve öz yazılara yer verilir.
- “Kısa Notlar” bölümünde yayımlanabilecek nitelikte düzenlenmiş yazılar, iletişimde çabukluk sağlanması amacıyla Redaksiyon Kurulu Başkanlığına yayımlanması istemi ile gönderildiği tarihten sonra çıkacak olan ilk ya da en geç ikinci sayıda sıra bekletilmeksizin yayımlanır.
- “Kısa Notlar” bölümünde yayımlanması istenen yazılar, tüm şekiller ve çizelgeler ile birlikte dört sayfayı aşmamalıdır.

3. Yayına Sunum ve Kabul

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlanmak üzere sunulacak çalışmalar, Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Yayım Kurallarına uygun biçimde TÜRKÇE hazırlanarak, <https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri> internet adresinden elektronik başvuru ile gönderilmelidir.
- Makale daha önce kısmen veya tamamen başka bir yerde yayımlanmamış olmalıdır (Özet biçiminde olanlar hariç).
- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlanması isteği ile gönderilen makaleler,

tüm resimlemeleri ile birlikte 30 sayfayı geçmemelidir. 30 sayfayı geçen makaleler, hakemler ve editörlerce uygun görülmesi halinde yayımlanabilir.

- Gelen makalede şekil ve çizelge sayısı ana metinle orantılı olarak 1/3 oranında verilmelidir.
- Sorumlu yazardan makalenin değerlendirilmesi için en az üç hakem önerisinde bulunması istenir (Önerilen hakemler ile yazarların son iki yıl içerisinde herhangi bir ortak çalışmasının olmaması gerekmektedir).
- Nitelik ve biçim açısından Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Yayın Kurallarına uymayan makaleler, içerik açısından incelenmeden iade edilir.
- Biçim açısından uygun görülen çalışmalar, Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Editörlüğü tarafından en az iki uzman hakeme incelemeye gönderilir.
- Yazarlar, kendilerine gönderilen hakem düzeltme ve önerilerini 20 gün içinde yapıp sisteme yüklemelidir.
- Hakemlerden gelen görüşler Editör ve yardımcı editörler tarafından değerlendirilir. Düzeltmesi gerekli görülen çalışmalar, düzeltme talebi ile yazarlara geri gönderilir. Önerilen düzeltmelerin yapılıp yapılmadığı Editörlük tarafından irdelenir.
- Editörler ve hakemler tarafından verilen düzeltme önerilerinde eğer yazar tarafından kabul edilmeyen ve düzeltme yapılmayan öneriler varsa, bu önerilerin yazar tarafından kabul edilmeme gerekçesini açıklayan bir raporun da düzeltilmiş kopyalar ile birlikte Editörlüğe gönderilmesi gereklidir.
- Basım aşamasında son kontrolden sonra makalenin ön basımı yazarlara pdf formatında iletilerek basım kontrolünün yapılması istenir.
- Yayına kabul edilmeyen makaleler yazarlarına geri verilmez, yayımlanmayan makaleler için makalenin sorumlu yazarına yayımlanmamasının nedeni yazılır.

4. Yayın Dili ve Periyodu

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi yılda iki kez Türkçe olarak basılır.

- Yazım kurallarında Türk Dil Kurumunun yazım kuralları geçerlidir. Ancak yerbilimleri ve madencilik ile ilgili dilimize yerleşmiş teknik terimlerin yazılışlarında, Redaksiyon Kurulu Kararı doğrultusunda genel kabul gören yazım biçimleri kullanılır (Örneğin; yeraltı, yerüstü, yerkabuğu, tenör, desandre vb).

5. Yazım Taslağı

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Dergisi'nde yayımlanması isteği ile ilk incelemeye gönderilecek yazıların metni; A4 (29,7 x 21 cm) boyutunda, word formatında, Times New Roman 10 punto, normal, 2,0 satır aralığında yazılmış olmalıdır.
- Sayfanın altında, üstünde, solunda ve sağında 2,5 cm boşluk bırakılmalıdır. Özel harfler ve simgelerin kullanılmasını gerektiren formüller bilgisayar ortamında sunulmalıdır.
- Alt başlıkların tamamında, bütün kelimelerin baş harfleri büyük olmalıdır. Makalede kullanılacak birinci derece başlıklar, Times New Roman, 10 punto, kalın-koyu (bold) formatta ve rakam verilerek sola hizalı olarak yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar, Times New Roman, 10 punto, normal yazı karakterinde ve rakam verilerek sola hizalı olarak yazılmalıdır. Üçüncü derece başlıklar, Times New Roman, 10 punto, italik yazı karakterinde ve rakam verilerek sola hizalı olarak yazılmalıdır. Dördüncü derece başlıklar ise Times New Roman, 10 punto, italik yazı karakterinde ve rakam verilmeden sola hizalı olarak yazılmalı ve başlıktan sonra iki nokta üst üste konulup, paragraf başı yapılmadan metin devam etmelidir (bkz: örnek makale: <https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri>).
- Metin içerisinde, paragraflardan sonra bir satır boşluk bırakılmalıdır.
- Paragraf başları 0,5 mm girinti yapılarak yazılmalıdır.

Bir makale sırasıyla;

- Başlık
- Yazar Adı ve Soyadı ve * işareti
- Öz
- Anahtar Sözcükler

- Giriş
- Ana Metin
- Tartışma
- Sonuçlar
- Katkı Belirtme
- Değerilen Belgeler

bölümlerini kapsamalıdır.

- Makale metnine satır ve sayfa numaraları eklenmelidir.

5.1. Makalenin Başlığı

- Başlık makalenin konusunu olabildiğince kısa, açık ve yeterli bir biçimde yansıtmalıdır. Makalede yeterince işlenmeyen konular başlık kapsamına sokulmamalıdır. Başlık ilk harfi büyük, diğer kelimeler küçük harflerle (Özel isimler hariç) ve Times New Roman 10 punto, kalın-koyu (bold) yazı karakterinde yazılmalıdır.

5.2. Yazar Adı, Adresi ve E-Posta Adresi

- Yazarların ön adı küçük, soyadı büyük harflerle ve ünvan belirtilmeden yazılmalıdır.
- Yazarların adı ve soyadından sonra yer alacak uğraşı adresinde yalnızca kuruluş adı belirtilmelidir (görevi belirtilmemelidir).
- ORCID numarası www.orcid.org adresinden alınarak adresin altında yer almalıdır.
- Birden fazla yazarlı makalelerde, yazarların soyadları üzerine rakam konularak, adres bilgileri alt satırda ve tek satır boşluğu bırakılarak yer almalıdır. Bu bölümde, makalenin sorumlu yazarı yıldız (*) işareti kullanılarak belirtilmeli ve sorumlu yazara ait e-posta, telefon vb. iletişim bilgileri verilmelidir.
- Yazar adı ve uğraşı adresinin yazılmasında kısaltmalar yapılmamalıdır. Adresler, Türkçe olarak verilmelidir.

5.3. Öz

- Öz, makalenin diğer bölümlerine başvurulmadan anlaşılabilir düzeyde yazılmalıdır.
- Öz, makalenin içindeki bölümlerin kısa bir sunuşu biçiminde düzenlenmeli, makalenin amacını yansıtmalı, bilgilendirici olmalı, konu ile ilgili yeni veri ve sonuçlara vurgu yapacak şekilde yazılmalıdır.

- Özün anlatımında kısa ve yalın tümceler kullanılmalıdır.
- Öz kısmında makalenin diğer bölüm ve resimlemelerine ya da başka makalelere değinme yapılmamalıdır.
- Ana metin içerisinde işlenmemiş olan bilgilere öзде yer verilmemelidir.
- Öz yaklaşık 200 sözcüğü geçmemeli ve tek paragraf olarak yazılmalıdır.
- Öz bölümü, Times New Roman, 10 punto, normal yazı ve tek satır aralıklı olarak yazılmalıdır.
- “Kısa Notlar” bölümünde yer alacak yazılar için “ÖZ” verilmemelidir.
- Türkçe Öz bölümünün altında aynı yazım formatında, İngilizce öz “ABSTRACT” başlığı altında verilmelidir.

5.4. Anahtar Sözcükler

Taramalarda kolaylık sağlaması amacı ile makalenin genel içeriğini belirtecek beş anahtar sözcük seçilerek bu bölümde belirtilmelidir. Başlıkta kullanılan kelimeler tekrar edilmemelidir.

5.5. Giriş

- Bu bölümde araştırmanın amacı, yeri, araştırma yöntemleri, konu ile ilgili önceki incelemeler gibi makaleyi okumaya hazırlayıcı ve makalenin anlaşılmasını kolaylaştırıcı bilgilerden gerekli görülenler verilmelidir.
- Makale metni içerisinde adlandırma, sınıflama ve kısaltmalarda olağan olmayan ya da alışlagelmişin dışında bir yol izlenmişse, gerekçesi bu bölümde belirtilmelidir.
- Bu bölümde yer alacak konulardan her biri ayrı birer paragraf oluşturabileceği gibi, gerek görüldüğünde her biri için birer alt başlık da verilebilir (örneğin; yöntem, materyal, terminoloji vb.).
- Makalenin anlaşılmasını kolaylaştıracak anımsatıcı bilgilere gerek duyulduğunda, yine bu bölüm kullanılabilir (örneğin; istatistik bilgileri, formüllerin çıkarılışı, analiz ya da uygulama yöntemleri vb.).

5.6. Ana Metin

- Makalenin ana bölümünü oluşturur.
- Bu bölümde okuyucuya konu ile ilgili olarak aktarılacak istenen veriler, bulgular ve görüşler işlenir.
- “Öz”, “Tartışmalar”, “Sonuçlar” gibi makalenin diğer bölümlerinde kullanılan veriler bu bölümden kaynaklanır.
- Konuların işlenmesinde yazının “Giriş” bölümünde vurgulanan amacın dışına çıkmamaya özen gösterilmelidir. Makalenin amacının gerçekleştirilmesinde katkısı olmayan ya da sonuca gitmede yararlanılmayan bilgilere yer verilmemelidir.
- Bu bölümde kullanılan her verinin ve ileri sürülen her görüşün, çalışmalardan elde edilen bulgularla kanıtlanması ya da değinme yoluyla bir kaynağa dayandırılması gerekir.
- Konuların işlenmesinde izlenecek yol ve yöntem ele alınan konuların özelliklerine göre değişir.
- Gerektiği sayıda ve değişik aşamalı konu başlıkları bu bölümde kullanılmalıdır.

5.7. Tartışmalar

- Makalenin “Ana Metin” bölümünde nesnel olarak aktarılan veri ve bulguların yazarı tarafından tartışılması bu bölümde yapılmalıdır. Tartışmalar, “Sonuçlar” bölümünden ayrı olmalıdır.

5.8. Sonuçlar

- Makale konusunu oluşturan incelemeden sağlanan yeni veri ve bulgular bu bölümde öz ve somut biçimde belirtilmelidir.
- Ana metin içinde yeterince değinilmemiş ve/veya işlenmemiş konulara bu bölümde yer verilmemelidir.
- Araştırma sonuçlarının vurgulanması ve anlatımın anlaşılabilir olması bakımından sonuçlar maddeler halinde verilebilir.

5.9. Katkı Belirtme

- Katkı belirtme, araştırma sırasında yardım sağlayan (makaleyi okuma, yazma, dil yardımı vb.) kişilere ve/veya kuruluşlar, olabildiğince

kısa ve öz bir şekilde belirtilmeli ve bu bölümü asıl amacından uzaklaştıracak tutuma girilmemelidir.

5.10. Değinilen Belgeler

- Bu bölümde yalnızca makalede değinilmiş olan belgeler eksiksiz olarak yer almalıdır.
- Yayın ve dergi adlarında kısaltma kullanılmamalıdır.
- Değinilen belgeler Times New Roman, 9 punto yazı karakterinde yazılmalıdır.
- Değinilen belgelerin ilk satırı sayfanın sol kenar boşluğuna yaslı bir şekilde, diğer satırları ise 1,25 asılı girinti değeri verilerek yazılmalıdır.
- Değinilen belgeler yazar soyadları göz önünde tutularak alfabetik sıraya göre dizilmelidir.
- Bir yazarın aynı yıl için birden çok çalışmasının yer alması durumunda, yayım yılından hemen sonra küçük alfabe harfleri kullanılmalı ve harfler italik olmalıdır (örneğin; Saklar, 2011a, b).
- Aynı yazarın birden çok belgesine değinilmişse, önce kendisinin tek isimli yayınları tarih sırasına göre, daha sonra iki isimliler ikinci yazarın soyadı ve tarih sırasına göre ve daha sonra da çok isimliler yazarların soyadlarının alfabetik sırası ve yayım yılı sırasına göre verilmelidir.

Örneğin:

Corradini, C., 2007. The conodont genus *Pseudooneotodus* Drygant from the Silurian and Lower Devonian of Sardinia and the Carnic Alps (Italy), *Bollettino-Società Paleontologica Italiana* 46(2/3), 139-148.

Corradini, C., Corrigan, M. G., 2010 Silurian and lowermost Devonian conodonts from the Passo Volaiia area (Carnic Alps, Italy), *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 49(3), 237-253.

Corradini, C., Corrigan, M. G., A 2012. Pridoli–Lochkovian conodont zonation in Sardinia and the Carnic Alps: implications for a global zonation scheme, *Bulletin of Geosciences* 87(4), 635-650.

Corradini, C., Serpagli E., 1999. A Silurian conodont biozonation from late Llandovery to end Pridoli in Sardinia (Italy), In Serpagli (Ed.), *Studies on*

conodonts: Proceedings of the 7th European Conodont Symposium, Bollettino della Società Paleontologica Italiana 37 (2-3) (1998), 255-273.

Corradini, C., Corriga, M. G., Männik, P., Schönlaub, H. P., 2015. Revised conodont stratigraphy of the Cellon section (Silurian, Carnic Alps), Lethaia 48(1), 56-71.

Corradini, C., Leone, F., Loi, A., Serpagli, E., 2001. Conodont Stratigraphy of A Highly Tectonised Silurian-Devonian Section in The San Basilio Area (Se Sardinia, Italy), Bollettino Della Società Paleontologica Italiana 40(3): 315-323, 1 Pl.

Corradini, C., Pondrelli, M., Serventi, P., Simonetto, L., 2003. The Silurian cephalopod limestone in the Monte Cocco area (Carnic Alps, Italy): conodont biostratigraphy, Revista Española de Micropaleontologia 35(3), 285-294.

- Aynı soyadlı farklı yazarların belgelerine değinilmişse, ilk isimler dikkate alınarak alfabetik sıraya göre yazılmalıdır.
- Belge süreli (periyodik) bir yayında yer alıyorsa (bir makale ise), belge ile ilgili bilgiler şu sıraya göre verilir: Yazarların soyadı, yazarların ön adlarının baş harfleri. Yayın yılı. Belgenin adı. İlk harfleri büyük olacak şekilde belgenin yayımlandığı yayının adı, cilt numarası ve/veya sayı numarası, belgenin ilk ve son sayfasının numaraları. Dergi isimlerinden sonra virgül vb. noktalama işaretleri kullanılmamalıdır.
- Aşağıdaki örneklerde, değinilen belgelerle ilgili bilgiler değişik belge türlerine göre, noktalama işaretleri de gözetilerek düzenlenmiştir.

Örneğin:

Gürsoy, M. 2017. Munzur Dağları Alt Miyosen çökelleri mollusk topluluğu ve paleoekolojisi (Doğu Anadolu, Türkiye). Bulletin of the Mineral Research and Exploration 155, 75-99.

Pamir, H. N. 1953. Türkiye’de kurulacak bir Hidrojeoloji Enstitüsü hakkında rapor. Türkiye Jeoloji Bülteni 4, 1, 63-68.

Robertson, A. H. F. 2002. Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan region. Lithos 65, 1-67.

- Belge bir kitap ise sırasıyla: yazarların

soyadı, yazarların ön adlarının baş harfleri. Yayın yılı. İlk harfleri büyük olacak şekilde kitabın adı. Yayımlayan kuruluşun adı veya belgenin yayımlandığı yayının adı, cilt ve/veya sayı numarası, kitabın toplam sayfa sayısı belirtilmelidir.

Örneğin:

Einsele, G. 1992. Sedimentary Basins. Springer Verlag, 628.

Ketin, İ., Canitez, N. 1956. Yapısal Jeoloji. İTÜ, 308.

Meriç, E. 1983. Foraminiferler. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Eğitim Serisi, 26, 280.

- Belge çeşitli yazarların yazılarının yer aldığı bir kitapta yayımlanmış ise belge adının sonuna kadar, süreli (periyodik) bir yayında yer alan belge için uygulanan olağan sıra izlenir. Daha sonra editörlerin soyadları ve adlarının baş harfleri ve editör sözcüğünün kısaltılmışı olan “Ed.” parantez içinde yazılır. Sonra, ilk harfleri büyük olacak şekilde belgenin yer aldığı kitabın adı yazılır. Yayımlayan kuruluşun adı. Yayın yeri, belgenin yayımlandığı yayının cilt numarası ve belgenin ilk ve son sayfalarının numaraları yazılmalıdır.

Örneğin:

Anderson, L. 1967. Latest information from seismic observations. Gaskell, T. F. (Ed.). The Earth’s Mantle. Academic Press. London, 335-420.

Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A., Uysal, Ş., Yalınz, K. 2000. A geotraverse across northwestern Turkey. Bozkurt, E., Winchester, J. A., Piper, J. D. A. (Ed.). Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society of London. Special Publication 173, 139-162.

- Belge olarak, çeşitli yazarların yazılarının toplandığı bir kitabın adı belirtilmek istenirse; yazar adlarının yazımına uygulanan düzene uyularak, kitabın editörlerinin soyadları ve adlarından sonra parantez içinde, editör sözcüğünün kısaltılmışı olan “Ed.” ifadesi yazılır. Yayın yılı. İlk harfleri büyük olacak şekilde kitabın adı. Yayımlayan kuruluşun adı veya belgenin yayımlandığı yayının adı, cilt ve/veya sayı numarası ve kitabın toplam sayfa sayısı belirtilmelidir.

Örneğin:

Gaskel, T. F. (Ed.). 1967. The Earth's Mantle. Academic Press, 520.

- Belge “yayımlanmış bildiri özü” ise belge ile ilgili bilgiler şu sıraya göre verilir: Yazarların soyadları, yazarların ön adlarının baş harfleri. Yayımlı yılı. Belgenin (bildirinin) adı. Bildirinin yayımlandığı toplantının adı, tarihi, yeri, kitap içerisinde bildiri özünün yer aldığı ilk ve son sayfa numaraları yazılmalıdır.

Örneğin:

Öztunalı, Ö., Yenişol, M. 1980. Yunak (Konya) yöresi kayaların petrojenezi. Türkiye Jeoloji Kurumu 34. Bilim Teknik Kurultayı, 1980, Ankara, 36.

Yılmaz, Y. 2001. Some striking features of the Anatolian geology. 4. International Turkish Geology Symposium, 24-28 Eylül 2001, Adana, 13-14.

- Değinen belge, rapor, ders notları, vb. gibi yayımlanmamış ise, belge ile ilgili bilgiler, süreli (periyodik) bir yayında yer alan belge için uygulanan olağan düzen içinde verildikten sonra, belge ile ilgili bilgilerin sonuna parantez içinde “yayımlanmamış” sözcüğü yazılmalıdır.

Örneğin:

Akyol, E. 1978. Palinoloji ders notları. EÜ Fen Fakültesi Yerbilimleri Bölümü, 45, İzmir (yayımlanmamış).

Özdemir, C., Biçen, C. 1971. Erzincan ili, İliç ilçesi ve civarı demir etütleri raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 4461, 21, Ankara (yayımlanmamış).

- Yayımlanmamış kurs, seminer, vb. notlar için belge adından sonra kursu düzenleyen kuruluş. Toplantının yeri. Kitabın adı, ilgili sayfa numaraları verilmelidir.

Örneğin:

Walker, G.R., Mutti, E. 1973. Turbidite facies and facies associations. Society for Sedimentary Geology Pacific Section Short Course. Anaheim. Turbidites and Deep Water Sedimentation, 119-157.

- Belge bir tez ise; yazarın soyadı, yazar ön adının baş harfi. Yayımlı yılı. Tezin adı. Tezin türü, verildiği üniversite, toplam sayfa sayısı ili

ve parantez içinde “yayımlanmamış” sözcüğü yazılır.

Örneğin:

Akıllı, H. 2019. Polatlı-Haymana (Ankara) civarı sıcak sularının izotop jeokimyası ($\delta^{18}\text{O}$, δD , 3H , $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{34}\text{S}$, $87\text{Sr}/86\text{Sr}$) ve ana iz element bileşimleri ile incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, 255, Ankara (yayımlanmamış).

Argun Aktan, Ö. 2019. Marmara Denizi Batı Kıta Sahanelığı Yüzeysel Çökellerinde Jeojenik ve Antropojenik Ağır Metal Zenginleşmesine Yönelik Araştırmalar (Şarköy Kanyonu, KB Türkiye). Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 179, Ankara.

- Anonim eserler, yayımlayan kuruluşa göre düzenlenmelidir.

Örneğin:

MTA. 1964. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, İstanbul Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Baskıda olan belgeler için yazar adından sonra tarih konulmaz, yazının adı ve yayımlanacağı kaynak belirtilmeli ve en sonuna (parantez içerisinde) “baskıda” ve/veya “incelemede” sözcüğü yazılmalıdır.

Örneğin:

İshihara, S. The granitoid and mineralization. Economic Geology 75 th Anniversary (in press).

- İnternette indirilen bilgiler kurumun adı, web adresi, web adresine girildiği tarih şeklinde verilmelidir. Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

Örneğin:

ERD (Earthquake Research Department of Turkey). <http://www.afad.gov.tr>. 3 Mart 2013.

- Kaynak belirtilirken, orijinal dile bağlı kalınmalı, makale başlığının çevirisi yapılmamalıdır.

6. Resimlemeler

- Makalede kullanılan çizim, fotoğraf, levha ve çizelgelerin tümü “resimleme” adıyla anılmaktadır.
- Resimlemeler, kullanılmalarının kaçınılmaz

olduğu ya da konunun anlaşılmasını kolaylaştırdıkları durumlarda kullanılmalıdır.

- Resimlemelerin biçim ve boyutlarının seçimi ve düzenlemesinde, derginin sayfa boyu ve düzeni göz önünde tutularak, yer kaybını olabildiğince önleyecek tutum içinde bulunulmalıdır.
- Kullanılan resimleme sayısı metnin boyutuyla orantılı olmalıdır.
- Tüm resimlemeler metinden bağımsız olarak ayrı dosyalar halinde gönderilmelidir.
- Metin içerisinde resimleme açıklamalarında kısaltmalar kullanılmamalı ve metin içindeki anılma sırası ile numaralandırılmalıdır.
- Fotoğraf ve levhalar makalenin incelenme aşaması için tüm ayrıntıların görülebildiği bilgisayar dosyası olarak, EPS, TIFF veya JPEG uzantılı ve en az 300 dpi çözünürlükte verilmelidir.

6.1. Şekiller

- Makalede yer alacak levha dışındaki çizim ve fotoğraflar birlikte “Şekil” olarak değerlendirilir ve metin içindeki anılma sırası ile numaralandırılır.
- Şekiller bilgisayar ortamında tek kolon genişliği 7,4 cm veya çift kolon genişliği 15,8 cm boyutları dikkate alınarak hazırlanmış olmalıdır. Şekil alanı alt makaleyle birlikte 15,8x21 cm’yi geçmemelidir.
- Şekiller hazırlanırken gereksiz ayrıntılara yer verilmemeli ve bilgi aktarımı için gerektiğinden çok yer kullanılmamaya özen gösterilmelidir.
- Şekil açıklamalarında, “Şekil” sözcüğü yazıldıktan sonra bir boşluk bırakılarak olağan sıra sayısı ile numara verildikten sonra bir kısa çizginin (-) ardından tekrar bir boşluk bırakılarak ilgili olduğu şeklin açıklaması yazılmalıdır. Şekil açıklaması alt satırlara taşarsa, diğer satırlar “Şekil 1-” ifadesinin hizasından sonra yazılmaya devam edilmelidir. Şekil açıklamaları şeklin kenarlarını taşmayacak şekilde ve iki yana yaslı olarak aşağıdaki gibi oluşturulmalıdır.

Örneğin:

Şekil 1- Sandıklı İlçesinin (Afyon); a) güneybatısının

jeolojik haritası, b) İnceleme alanının genel dikme kesiti (Seymen 1981), c) Türkiye’nin önemli neotektonik yapıları (Koçyiğit 1994’den değiştirilerek).

Şekil 1- a) Sandıklı ilçesinin güneybatısının jeolojik haritası, b) İnceleme alanının genel dikme kesiti (Seymen 1981), c) Türkiye’nin önemli neotektonik yapıları (Koçyiğit 1994’den değiştirilerek).

- Çizimler bilgisayar ortamında düzgün, temiz ve özenli çizilmiş olmalıdır.
- Şekillerde küçültüldüğünde kaybolabilecek ince çizgilerin kullanılmasından kaçınılmalıdır.
- Tüm çizimlerde kullanılan simge ya da harfler, Times New Roman yazı karakterinde ve 2 mm (7 punto) boyutundan küçük olmamalıdır.
- Çizimlerde kullanılan standartlaşmış tüm simgeler tercihen çizim içinde, bunların çok uzun olması halinde ise şekil altı yazısında açıklanmalıdır.
- Tüm çizimlerde çizgisel ölçek kullanılmalı ve tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir.
- Çizim içinde yazar adı, şekil açıklaması, şekil numarası yer almamalıdır.
- Fotoğraflar konunun amaçlarını yansıtmak nitelikte ve sayıda olmalıdır.
- Şekiller çerçeve içine alınmalıdır.

6.2. Levhalar

- Levhalar, birden çok sayıda fotoğrafın bir arada ve özel nitelikte bir kâğıda basımının gerektiği durumlarda kullanılmalıdır.
- Levha boyutları derginin sayfasının kullanılabilir alanının boyutlarına eşit olmalıdır.
- Levha içerisinde yer alan şekillerden her birinin altına şekil numaraları yazılmalı ve çizgisel ölçek kullanılmalıdır.
- Orijinal levhalar makalenin kabulü durumunda sunulacak son kopyaya eklenmelidir.
- Şekiller ve levhalar kendi aralarında ve birbirinden bağımsız olarak numaralandırılmalıdır. Şekiller Latin rakamları ile levhalar ise Romen rakamlarıyla numaralanmalıdır (örneğin; Şekil 1, Levha I).

- Levha içerisinde yer alan şekiller üzerinde açıklama yazısı bulunmamalıdır.

6.3. Çizelgeler

- Tüm çizelgeler, word formatında düzenlenmeli ve Times New Roman yazı karakterinde hazırlanmalıdır.
- Çizelgeler çizelge üst yazısı ile birlikte 15x8 cm boyutunu geçmemelidir.
- Çizelge açıklamaları şeklin kenarlarını taşmayacak şekilde ve iki yana yaslı olarak aşağıdaki örnekteki gibi oluşturulmalıdır.

Örneğin:

Çizelge 1- İnceleme alanındaki jeotermal suların hidrojeokimyasal analiz sonuçları.

7. Adlama ve Kısaltma

- Kısaltmalar kabul edilen uluslararası veya ulusal şekilde olmalıdır. Makalede alışılmışın dışında adlandırma ve standartlaşmamış kısaltmalar yapmaktan kaçınılmalıdır. Bu türden adlandırma ve kısaltmaların kullanılmasının zorunlu görüldüğü durumlarda izlenen yol ve yöntem açıklanmalıdır.
- Standart kısaltmalarda kullanılan sözcük baş harfleri arasına nokta konulmamalıdır (MTA, DSİ gibi).
- Coğrafya yönlerinin kısaltmaları Türkçelerine göre yapılmalıdır (K, G, D, B, KD).
- Kısaltılacak sözcük grubu ilk kullanıldıkları yerde açık olarak yazılmalı ve parantez içerisinde kısaltması verilmeli, bundan sonra tüm makale boyunca kısaltılmış şekli kullanılmalıdır.
- Ölçü birimlerinde uluslararası geçerliliği olan sistemler (m, inç vb.) kullanılmalıdır. Ondalık sayılar Türkçe makalede virgöl, İngilizce makalede nokta ile ayrılmalıdır.
- Makale içinde geçen şekil, levha ve çizelge adlarında kısaltma yapılmamalıdır. Örneğin “Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesitinde (Şekil 1) görüldüğü gibi.....”

7.1. Kronostatigrafi ve Jeokronoloji Adlamaları

- Kronostratigrafik ve Jeokronolojik adlamalarda, Uluslararası Stratigrafi Komitesince her yıl

güncellenen “Uluslararası Kronostratigrafik Çizelge” (<https://stratigraphy.org/chart>) dikkate alınmalıdır.

- Bir kronostratigrafik birim içindeki konum, konumu gösteren sıfatlarla ifade edilebilir, örneğin: alt, orta, üst, vb. Bu sıfatlar kullanılırken sıfatların büyük ya da küçük harf ile başlanmasına Uluslararası Kronostratigrafik Çizelge’de alt, orta, üst ayrımının resmi/gayri resmi olup olmaması ile karar verilmelidir.

Örneğin:

alt Miyosen, Üst Holosen vb.

- Bir jeokronolojik birim içindeki zamanın neresinde olduğunu belirtirken ise erken, orta, geç vb. gibi zamansal sıfatlar kullanılabilir. Bu sıfatlar kullanılırken sıfatların büyük ya da küçük harf ile başlanmasına yine Uluslararası Kronostratigrafik Çizelge dikkate alınmalıdır.

Örneğin:

erken Miyosen, Geç Holosen vb.

7.2. Paleontoloji Adlamaları ve Fosil Adlarının Yazılışı

- Fosillerin orjinal adları kullanılmalıdır.

Örneğin: Nummulites’li kireçtaşı

- Fosil cins ve tür isimleri italik, fosil isimleri ile birlikte kullanılan cf., aff. ve gr. vb. ifadeler ise normal (dik) olarak yazılır. Fosil isimleri ilk defa yazılırken tanımlayan kişilerin soyadları ve ilk kez tanımlandığı yıl yazılmalıdır. Daha sonraki kullanımlarda tanımlayan kişilerin soyadları ve tanımlandığı yıl yazılmayabilir. Fosil isimlerinin sonlarına gelen tanımlayan kişilerin soyadları ve tarihler atıf değildir, değinilen belgelerde yer almamalıdır.

Örneğin:

Alveolina aragonensis Hottinger, 1960 atıf değildir.

Alveolina cf. aragonensis Hottinger, 1960 atıf değildir.

Alveolina aff. aragonensis Hottinger, 1960 atıf değildir.

Alveolina gr. aragonensis Hottinger, 1960 atıf değildir.

- Aynı cinsin, metin içerisinde ilk kullanımı açık

yazıldıktan sonra daha sonraki kullanımlarında başka bir cins ile karışmayacak şekilde örnekteki gibi kısaltılabilir.

Örneğin: *Alveolina aragonensis*, *A. polathensis*, *A. ellipsoidalis* vb.

- Eğer metin içerisinde fosil isminden sonra tanımlayan kişiden sonra tarih parantez içerisinde ise bu bir atıftır ve değinilen belgelerde yer almalıdır.

Örneğin: *Alveolina aragonensis* Hottinger (1960) atıftır.

- Sistematik paleontoloji bölümü yazılırken aşağıdaki kurallar dikkate alınmalıdır.

a. Öncelikle tanımlaması yapılacak cins, tür ve alttürün bağlı olduğu takım, üst aile, aile tip tür vb. hiyerarşik sıraya göre yazılmalıdır. Daha sonra tanımlanacak tür, alttürün adı tanımlayan kişilerin soyadları ve tarihi ile birlikte yazılmalıdır. Tanımlanan fosilin fotoğrafı varsa, fotoğrafın yer aldığı levha veya şekil fosil isminin altına eklenmelidir. Burada yer alan yazar adları atıf değildir, bu nedenle değinilen belgelerde yer almaz.

Örneğin:

Takım/Ordo: Foraminiferida Eichwald, 1830

Üst Aile/Süper Family: Alveolinacea Ehrenberg, 1839

Aile/Family: Alveolinidae Ehrenberg, 1839

Tip Cins/Type Genus: *Borelis* de Montfort, 1808

Tip Tür/Type Species: *Borelis melenoides* de Montfort, 1808= *Nautilus melo* Fichtel and Moll, 1798

Borelis vonderschmitti (Schweighauser, 1951)

(Levha II, Şekil 3-5 veya Şekil 3 A-H).

b. Benzer veya eş anlamlılar (sinonim) listesi tarih sırasına göre sola hizalı olarak yazılmalıdır. Sinonim fosilin, ilgili çalışmadaki sayfa ve şekil numarası sinonim listesinde yer almalıdır. Sinonim listesinde yer alan yazarlar atıftır ve değinilen belgelerde yer almalıdır.

Örneğin:

1951 *Neoalveolina vonderschmitti* Schweighauser, sayfa 468, şekil 1-4.

1974 *Borelis vonderschmitti* (Schweighauser),

Hottinger, sayfa 67, levha 98, şekil 1-7.

c. Sinonim listesi verildikten sonra fosile ait tanım, açıklamalar (benzerlik ve farklılıklar), boyutlar, materyal, stratigrafik dağılım (fosili tanımlayan özelliklerine göre) vb. yazılmalıdır.

d. Sistematik paleontoloji bölümünde fosil ilk kez (yeni tür) tanımlanıyor ise adın kökeni, holotip, tip yeri, malzeme, tanım, açıklama (benzerlik ve farklılıklar), yaş ve coğrafik dağılımı, boyutlar (fosili tanımlayan özelliklerine göre) yazılmalıdır. Yazarlar tarafından ilk kez tanımlanan fosilin fotoğrafları mutlaka levha ya da şekillerde olmalıdır.

e. Levha / Şekillerde fosillerin büyüklüklerini belirtir çizgisel ölçek mutlaka kullanılmalıdır.

8. Değinmeler

- Ana Metin içinde yapılacak değinmelerde yazarların yalnızca soyadları ve değinilen yayının yayım yılı belirtilmelidir. Değinmeler ifade şekline göre aşağıdaki örneklerden birine uygun olarak düzenlenmelidir:

- Tek yazarlı bir yayına (tarih sırasına göre) değinme:

-Altınlı (1972, 1976), Bilecik kumtaşını ayrıntılı olarak tanımlamıştır.

-İstanbul dolayında Devoniyen ve Karbonifer yaştaki birimlerin kıvrım eksenlerinin K-G yönlü olduğu bilinmektedir (Ketin, 1953,1956; Altınlı, 1999).

- İki yazarlı bir yayına değinme:

- Birimin üst kesimleri İlerdiyen fosillerini kapsamaktadır (Sirel ve Gündüz, 1976; Keskin ve Turhan, 1987, 1989).

- İki yazarlı bir yayına değinme:

- Caner vd. (1975)'ne göre Alıcı formasyonu akarsu ortam koşullarını yansıtmaktadır.

- Birim D'ya doğru kamalanarak kaybolmaktadır (Tokay vd., 1984).

- Bir başka yayın içindeki değinmeye değinme:

Lebling'in Çakraz dolayında Liyas'ın varlığından söz ettiği bilinmektedir (Lebling, 1932 Charles, 1933'ten).

- Aynı soyadlı yazarların aynı yılda yapılan çalışmalarına atıf yapılırken yazarların ilk isimlerinin baş harfleri yazılarak değinme:

- Çalışma alanında yapısal jeoloji alanında birçok çalışma yapılmıştır (Gutnic vd., 1979; Yılmaz A., 1983; Yılmaz, İ., 1983; Poisson vd., 1984 vb.).

9. Yazarlara Gönderilen Baskılar

Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlanmış olan eserlerin yazarlarına, derginin ilgili sayısından 2'şer adet gönderilir.

10. Yayın Koşulları ve Telif Hakları

- MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisinde yayımlanacak makalelerin bir kısmının veya tamamının daha önceden yayımlanmamış olması gerekmektedir.
- MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisine yayın gönderen yazarlar Derginin yayım kurallarını önceden kabul etmiş sayılır.

- Yayımlanması kabul edilerek yayım haline dönüştürülen makalelerin telif hakkı MTA'ya aittir. Çalışmanın yazarları telif hakkının devredildiğine ilişkin olarak Redaksiyon Kurulu Yönetmeliği'nde belirtilen hükümler kapsamında ilgili formları imzalayarak Redaksiyon Kurulu'na sunar. MTA, makalenin yayımlanmasının ardından, makalenin yazarlarına, beyanları üzere "Redaksiyon Kurulu Yönetmeliği" ile "Kamu Kurum ve Kuruluşlarınca Ödenecek Telif ve İşlenme Ücretleri Hakkındaki Yönetmelik" kapsamında telif ücreti ödeyebilir.

NOT: MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi ile ilgili bilgiler ve formlara: <https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri> internet sayfasından ulaşılabilir.