



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINI

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY INSTITUTE

ISSN 2146-538X

CİLT/VOLUME: 4

SAYI/NUMBER:1

YIL/YEAR: 2014

Gümüşhane University Science and Technology Institute Bağlarbaşı Mahallesi 29100 Gümüşhane/TURKEY
gufbed@gumushane.edu.tr Tel: 0 456 233 75 36 Faks: 0 456 233 74 27

Eski Gümüşhane Kırkpavli Alterasyon Sahasında Toprak Jeokimyası Çalışması, Gümüşhane, Türkiye

Alaaddin VURAL^{1*}, Murat ERDOĞAN²

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

²CFT Mühendislik Çankaya, Ankara

Geliş tarihi/Received 18.06.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 31.12.2013

Kabul tarihi/Accepted 28.01.2014

Özet

Kırkpavli (Eski Gümüşhane) alterasyon sahası, kuzeydoğu Türkiye'deki Karadeniz tektonik biriminin güney bölümünde bölgedeki aynı isimli kurşun, çinko, bakır ve altın cevherleşmesinin güneyinde, yer almaktadır. Bu kuşak maden yatakları açısından oldukça zengin olup bölgede keşfedilmeyi bekleyen pek çok maden yatağı olduğu da düşünülmektedir. Yoğun alterasyonların varlığı, uygun tektonik yapı ve asit-ortaç magmatizma bölgenin maden potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın amacı inceleme alanında gömülü maden yataklarının aranmasında toprak jeokimyası çalışmasından elde edilen sonuçların istatistiksel metotlar kullanılarak uygulanmasıdır. Bu maksatla Kırkpavli alterasyon sahasından toplanan 29 toprak örneğinde Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi 10 adet önemli iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre sahada arsenik (3-1171 mg/kg), bakır (79,50-341,40 mg/kg), çinko (26,60-880 mg/kg), kurşun (19,70-3725,20 mg/kg), baryum (22,90-258,60 mg/kg), kadmiyum (0,25-12,36 mg/kg), kobalt (11,20-77,30 mg/kg) ve mangan (130-1172 mg/kg) elementleri için dikkat çekici değerler tespit edilmiştir. Analizlerde Au değerleri deteksiyon limitinin altında kalmış, sadece iki örnekte gümüş değerleri (11,90-50,30 mg/kg) gözlenmiştir. Sahadan alınan kayaç örnekleri dikkate alındığında altın ile doğrudan ve/veya dolaylı olarak korelasyon gösteren; Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr ve As elementlerinin altın için iz bulucu element olarak kullanılabileceği sonucuna varılmış, bu elementler için oluşturulan anomali haritalarından yararlanılarak sahadaki muhtemel gömülü altın cevherleşmesine yönelik olarak sondaj noktaları önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak Jeokimyası, Jeostatistik, Altın, Eski Gümüşhane

* Alaaddin VURAL, vural@gumushane.edu.tr, 905053683487

Soil Geochemistry Study at Old Gumushane Kirkpavli Alteration Area, Gumushane, NE Black Sea

Abstract

Kirkpavli (Old Gumushane) alteration are is situated at the North of same name lead, zinc, copper and gold mineralization in the region, the southern part of the Black Sea Tectonic Unit in northern Turkey. There are a large number of ore deposits in this belt and also it is thought that there are a lots of mineral deposits which are waiting to be discovered. The presence of intensely altered areas suitable the tectonic structure and neutral to acidic magmatism indicates that the region has an important potential for ore deposits. The aim of the study is to performe the results from soil geochemistry using statistical methods in exploration buried mineral deposits in the study area. For this purpose, in 29 soil samples collected Kirkpavli alteration area were analyzed for 10 elements concentrations. As a result of the analysis, remarkable values were determined for arsenic (3-1171 mg/kg), copper (79,50-341,40 mg/kg), zinc (26,60-880 mg/kg), lead (19,70-3725,20 mg/kg), barium (22,90-258,60 mg/kg), cadmium (0,25-12,36 mg/kg), cobalt (11,20-77,30 mg/kg) and manganese (130-1172 mg/kg). Gold remained under the detection limit, as well as silver has been detected at only two samples (11,90-50,30 mg/kg). Taken into consideration rock samples collected from the Kirkpavli area, gold is significantly correlated with elements such as Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr and As as directly and/or indirectly and so, it is thought that these elements can be used as pathfinder elements. Drilling locations were purposed for the area using anomaly maps which created for these elements to explore the possible buried gold mineralization.

Anahtar Kelimeler: Soil Geochemistry, Geostatistics, Gold, Old Gumushane

1. GİRİŞ

Çalışma sahası kuzeydoğu Türkiye’de Doğu Pontid Tektonik Birliği’nin güney bölümünde yer alır (Şekil 1). Bu birim Alp- Himayala metolojik kuşağında (Doğu Avrupa merkezi Asya ve Pasifik bölgesine kadar uzanan ve ekonomik cevherleşmelere sahip kuşak) bulunmaktadır. Doğu Karadeniz metal provensi Paleozoik- Miyosen döneminde Tetis Okyanusunun kapanması ile ilişkili magmatik yaydan meydana gelmiştir (Çağatay ve Eastoe, 1995; Dixon ve Pereire, 1974; Şengör ve Yılmaz, 1981).

Porfiri bakır (Au,Mo), skarn yatakları, volkanojenetik masif sülfidit yatakları, hidrotermal damar yatakları ve epitermal değerli metal yatakları gibi çok sayıda maden yatağı bulunan bölgede bu yatakların araştırılması amacıyla birçok maden yatağı çalışması gerçekleştirilmiştir (Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Leitch, 1981; Akçay ve Çavga, 1997; Akçay vd., 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi, 2003; Demir, 2005; Sipahi, 2005; Güner ve Yazıcı, 2008; Akaryalı, 2010; Akçay vd., 2011; Aslan ve Akçay, 2011; Vural vd., 2011; Vural vd., 2012; Akpınar vd., 2013; Vural ve Erdoğan, 2013, Vural ve Erşen 2013). Önemli maden yatakları

Son yıllarda yapılan çalışmalar Gümüşhane’de düşük ve yüksek sülfidli epitermal altın yatakları ve porfiri Cu yataklarının varlığını belirtmektedir (Güner ve Yazıcı, 2008; Akaryalı, 2010; Akçay vd., 2011; Aslan ve Akçay, 2011; Vural vd., 2011, 2012). Doğu Karadeniz metal provensindeki Kırkpavli cevherleşmesi tipik olarak damar tip kurşun, çinko, altın±, gümüş yatağıdır. Bölge toprak örtüsüyle kaplıdır. Kayaçlar ise

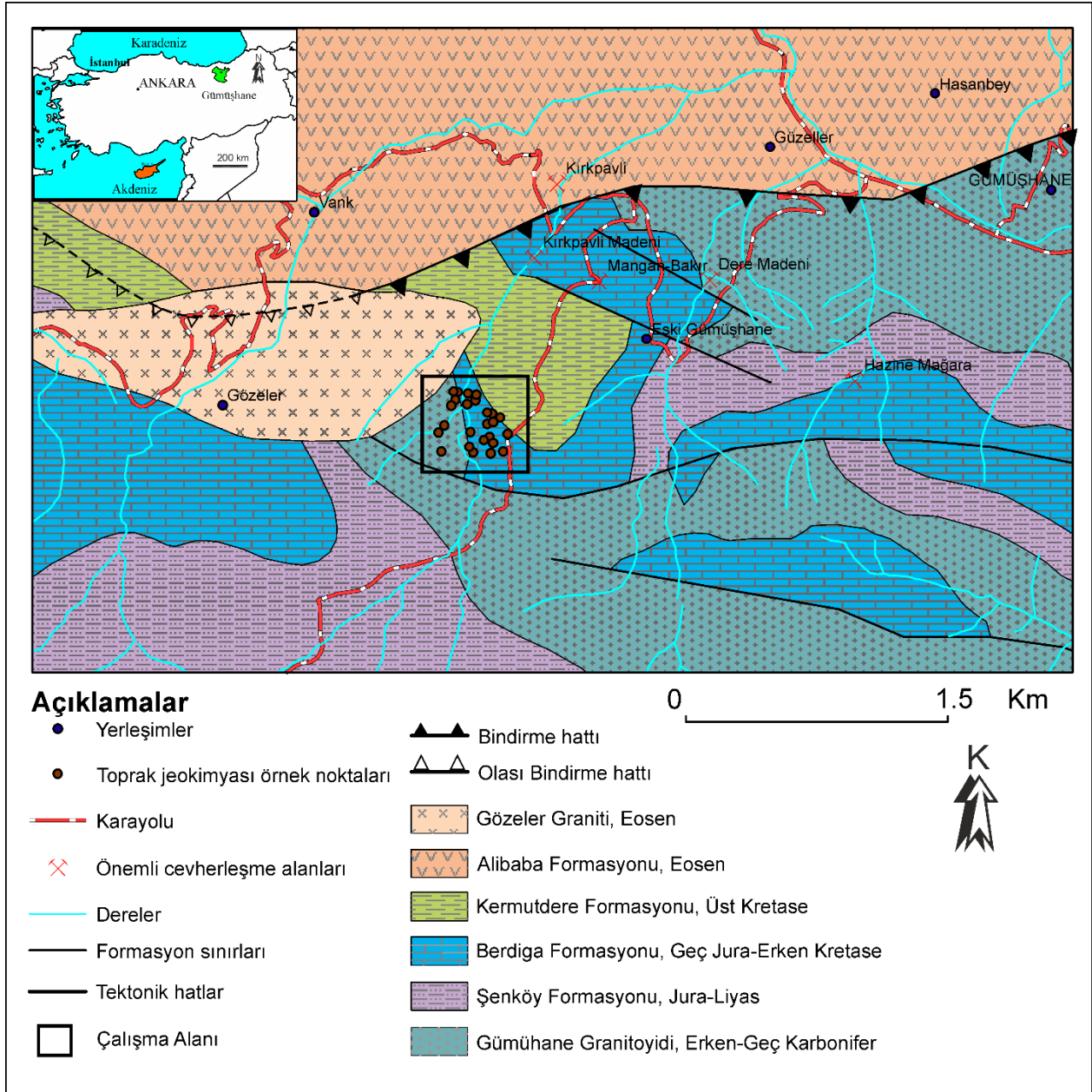
sınırlı alanlarda yüzeylemektedir. Toprak jeokimyası araştırması bu tür sahalar için yaygın kullanılan bir metottur. Bu çalışmanın amacı sahada gömülü olarak muhtemel maden yataklarının araştırılmasında toprak jeokimyasının istatistiksel metotlarla denenmesidir.

1.1. Coğrafik Özellikler

Gümüşhane tektonik geçmişinin bir sonucu olarak GD-KB istikametinde akan Harşit Çayı’nın iki yakası boyunca yerleşmiş bir şehirdir. Bu vadi Türkiye’nin Karadeniz bölgesinde bulunan derin ve dar vadisidir. Kırkpavli altın cevherleşmesi Doğu Pontidlerin güney zonunda bulunan Eski Gümüşhane (Merkez)’de yer alır (Şekil 1). Çalışma sahası ve yakın civarı genel itibariyle bölgenin jeolojik geçmişinden kaynaklı olarak dik bir topoğrafyaya sahiptir. Sahadaki en önemli dere Sarıdere’dir ve sahanın hemen kuzeyinden geçen D-B doğrultulu akış yönüne sahip Harşit Çayı’na bağlanır. Sahada Sarıdere’ye bağlanan tali dereler de vardır. Bunlardan en önemlisi ise Turna deresidir.

Çalışma sahası, yazları sıcak kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Ortalama sıcaklık kış aylarında 0-10 °C, yaz ayları için 20-25 °C olup, bölgede tipik karasal iklim hüküm sürmektedir. En sıcak ay Ağustos ve en soğuk ay ise Ocak’tır. Ortalama yıllık yağış 409,2 mm/yıl’dır. Kavak, söğüt ağacı ve değişik meyve ağaçları (vahşi kuşburnu, elma, ceviz, dut vs.) Harşit Çayı ve özellikle Sarıdere boyunca sahada yaygın olan bitkilerdir.

Sahada iyi gelişmiş bir toprak örtüsüne rastlanmaktadır. Toprak tipi kahverengi podzoliktir ve asidiğe yakındır. Toprak yer yer organik metaryalce zengindir.



Şekil 1. Çalışma sahası ve yakın çevresinin jeolojik haritası (Güven, 1993'ten değiştirilerek)

1.2. Sahanın Jeolojisi

Jeolojik olarak çalışma sahası Doğu Pontidler içerisinde, önemli miktarda cevher içeren Alpin metalojenik kuşağı içindedir. Bölgede temel kayaları Gümüşhane İli'nin güney kesiminde bulunan esas olarak gnays ve biyotitşistlerden oluşan ve DKD-BGB yönünde uzanan Paleozoik yaşlı Pulur Metamorfikleri oluşturmaktadır (Ketin, 1950; Korkmaz ve Baki, 1984). Temeli oluşturan bu metamorfikler; başlıca granodiyorit, kuvarslı mikrodiorit, granit ve dasitlerden oluşan Gümüşhane Plütunu

(Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2010) ve Köse Kompozit Plütunu (Dokuz, 2011) gibi Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitik sokulumlar tarafından kesilmiştir. Temel kayalar uyumsuz olarak ve yer yer taban konglomerası seviyeleri ile birlikte; volkanoklastik karakterdeki bazen spilitik karakterli lavlar, çört, dasidik tüf ve kumtaşı içeren bazaltik kayalardan oluşan Erken Jura yaşlı Şenköy Formasyonu tarafından üzerlenir. Bu birimi uyumlu olarak, Berdiga Formasyonu olarak adlandırılan (Pelin, 1977) Geç Jura-Erken Kretase yaşlı, genelde bölgenin güney kesiminde yayılım gösteren grimsi beyaz

ve beyaz renkte, çoğunlukla masif tabakalı ve dolomitik özellikteki birim örtmektedir. Berdiga formasyonunun üzerine uyumlu olarak Kermutdere formasyonu gelir. Kermutdere formasyonunun büyük bir kısmını oluşturan alt üyesi kalkerli silt taşları içeren, çok faylı, filiş karakterli ve fosilli tortul bir birimdir. Alt kesimlerinde bazaltik lavlar olmasına karşın üste doğru andezitik lavlar, breşik lav, aglomera, lapilli tuf ve orta- ince taneli tüflere geçiş göstermektedir. Tüm bu birimler geç Kretase intrüzyonları (Kaygusuz vd., 2008, 2010) tarafından kesilir. Eosen; Gümüşhane yöresinde Geç Kretase volkanik ve/veya sedimanter kayaçları açısız uyumsuzlukla örter. Alibaba formasyonu (Tokel, 1972) olarak adlandırılan Eosen yaşlı bu volkano-tortul kayaçlar, Gümüşhane ve yakın yöresinde, tabanda yersel olarak konglomeralar, kumtaşı ve tufit ara katkılı nummulitli kireçtaşları ile başlayarak, üst seviyelere doğru andezit ve ilişkili piroklastikleri ile devam eder. Birim yer yer aşınmış olarak bulunan kireçtaşı, kumtaşı, marn tuf ardalanması ile son bulmaktadır (Aliyazıcıoğlu, 1999). Bu birimler yine aynı yaşlı intrüzif kayaçlar tarafından kesilmektedir (Karlı vd., 2010; Eyuboglu vd., 2011). Çalışma sahası yakın çevresinde bu kayaçlar Gözeler ve yakın çevresinde yüzeylediği için Gözeler graniti olarak adlandırılmıştır. Kuvaterner yaşlı traverten, yamaç molozları ve alüvyonlar bölgedeki en genç birimlerdir (Şekil 2).

Gümüşhane ve yakın çevresi, çok sayıda kurşun, çinko, bakır ve altın cevherleşmesi içeren ana metalojenik provenşlerden biridir. Çalışma sahasının hemen yakınında bulunan Kırpavli altın zenginleşmesi Alt Jura-Liyas yaşlı

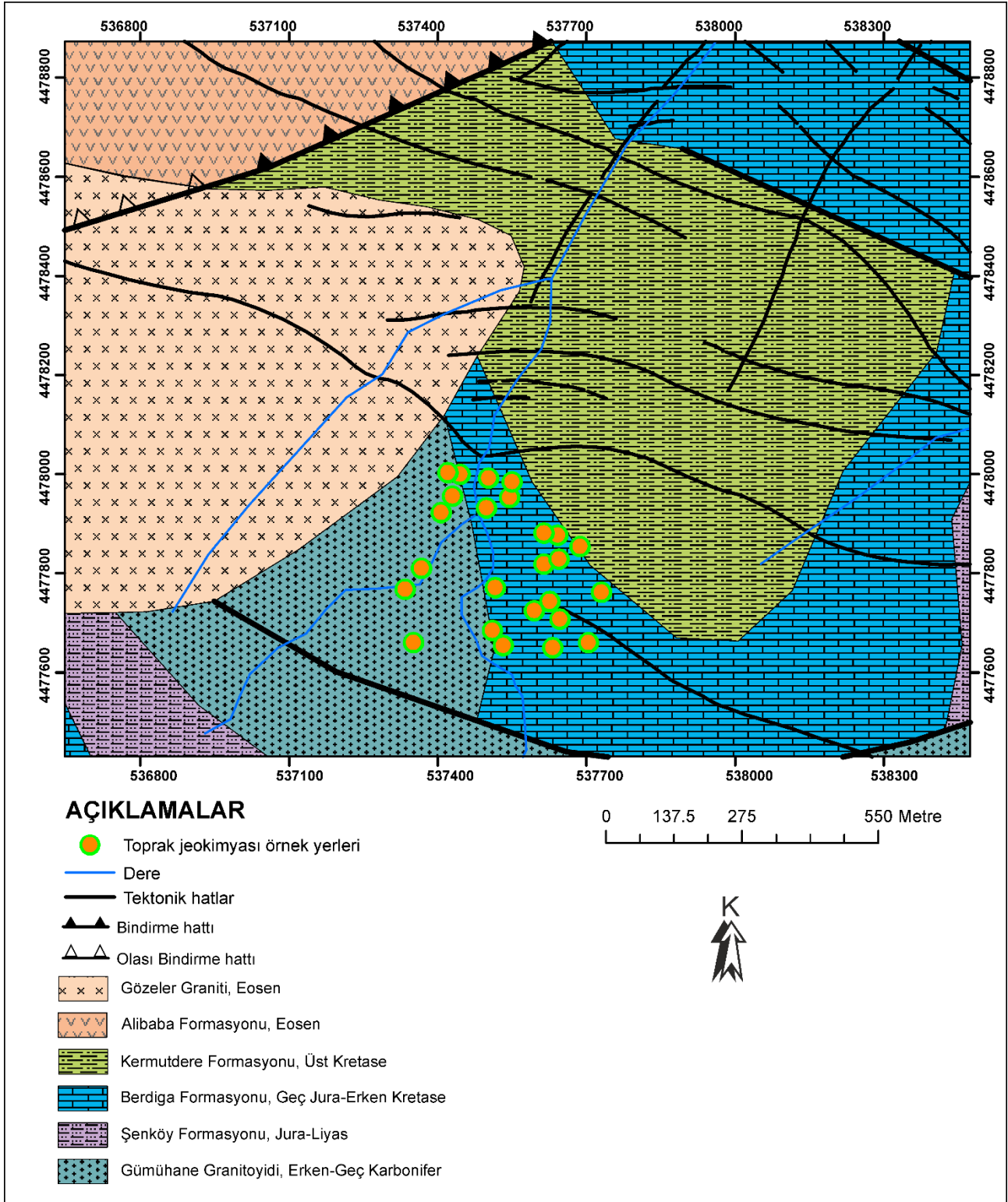
volkanoklastik ve özellikle de Geç Jura-Erken Kretase karbonat kayaçları içerisinde tektonik hatlarla ilişkili damar ve damarcıklar şeklinde oluşmuştur. Çalışma sahasındaki alterasyonlar ise Kırpavli sahasının bir parçası olup, bu sahanın kuzeyinde yer almaktadır. Saha tektonik faaliyetlerden oldukça etkilenmiş durumdadır. Sahadaki genel tektonik eğilimle ilişkili olarak K 60 °B yönelimli paralel faylar görülmektedir.

Çalışma sahasında hidrotermal alterasyon zayıf olmasına rağmen, özellikle kırık hatları boyunca gelişmiştir ve sahada silisleşme, hematitleşme, arjileşme, limonitleşme ve dış kısımda propilitik alterasyon söz konusudur. Çalışma sahasının yakınında bulunan Eosen volkanik kayaçlarındaki alterasyon ise limonitleşme ve hematitleşme tipinde olup cevherleşme ve alterasyon sahasının daha uzağında yer alır. Arjilik alterasyon ise cevherleşmeye doğru gelişmiştir. Silisleşme cevherleşme zonlarında yaygındır. Ayrıca fay yönelimlerine paralel yönde andezitleri kesen dayklar da söz konusudur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Toprak Örneklerinin Alımı ve Analizi

Jeokimya çalışması kapsamında 29 toprak örneği pusula ve el tipi GPS yardımıyla sistematik olarak alınmaya gayret edilmiştir. Örnekler arası mesafe 75-100 m arası genişlikte değişmekle birlikte topoğrafyanın dikliği ve sahanın genel özellikleri dikkate alınarak örnek yeri seçiminde bazen esnek davranılmıştır. Genel olarak örnek yerleri KB-GD ve KD-GB yönlü hatlardan oluşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Toprak jeokimyası örnek alım noktaları ve sahanın jeoloji haritası (jeoloji haritası Güven 1993'ten değiştirilerek alınmıştır).

Çalışma sahasındaki toprak örtüsü genellikle 0.5-2 m arasında kalınlığa sahiptir. Toprak örnekleri plastik spatula kullanılarak 0-30 cm derinlikteki, arama amaçlı çalışmalarda en iyi

anomali konsantrastını veren B zonundan alınmıştır. Toplanan örnekleri özelliklerini korumak ve kirlilik oluşmaması için kilitli naylon poşetlere konulmuştur. Tüm örnekler

oda sıcaklığında 1-2 hafta bekletilmiş daha sonra 60 °C' ta iki gün boyunca etüvde bekletilerek nemi uzaklaştırılmıştır. Uygun tane boyutunu elde etmek için kuru örnekler -200 mesh elekten geçirilmiş ve Trabzon Tarım İl Müdürlüğü Laboratuvarı'na analiz için gönderilmiştir. Analizler esnasında 1 gr toprak numunesi 2 ml HNO₃ çözeltisinde bir saat bekletilmiştir. Daha sonra örnekler 6 ml 2:2:2 HCL- HNO₃-H₂O çözeltisi eklenmiştir. 95 °C'ta bir saat çözüldükten sonra ICP-AES ile analiz edilmiştir.

2.2. İstatistiksel Analizler

Analiz sonuçları IBMSPSS 19.0, Arcgis 10 ve Microsoft Excel programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Toprak örneklerinde tanımlayıcı istatistik parametreleri, histogram, korelasyon analizi ve varyogram analizleri gerçekleştirilmiştir.

3. Verilerin Elde Edilmesi ve Yorumlanması

3.1. Tanımlayıcı İstatistikler

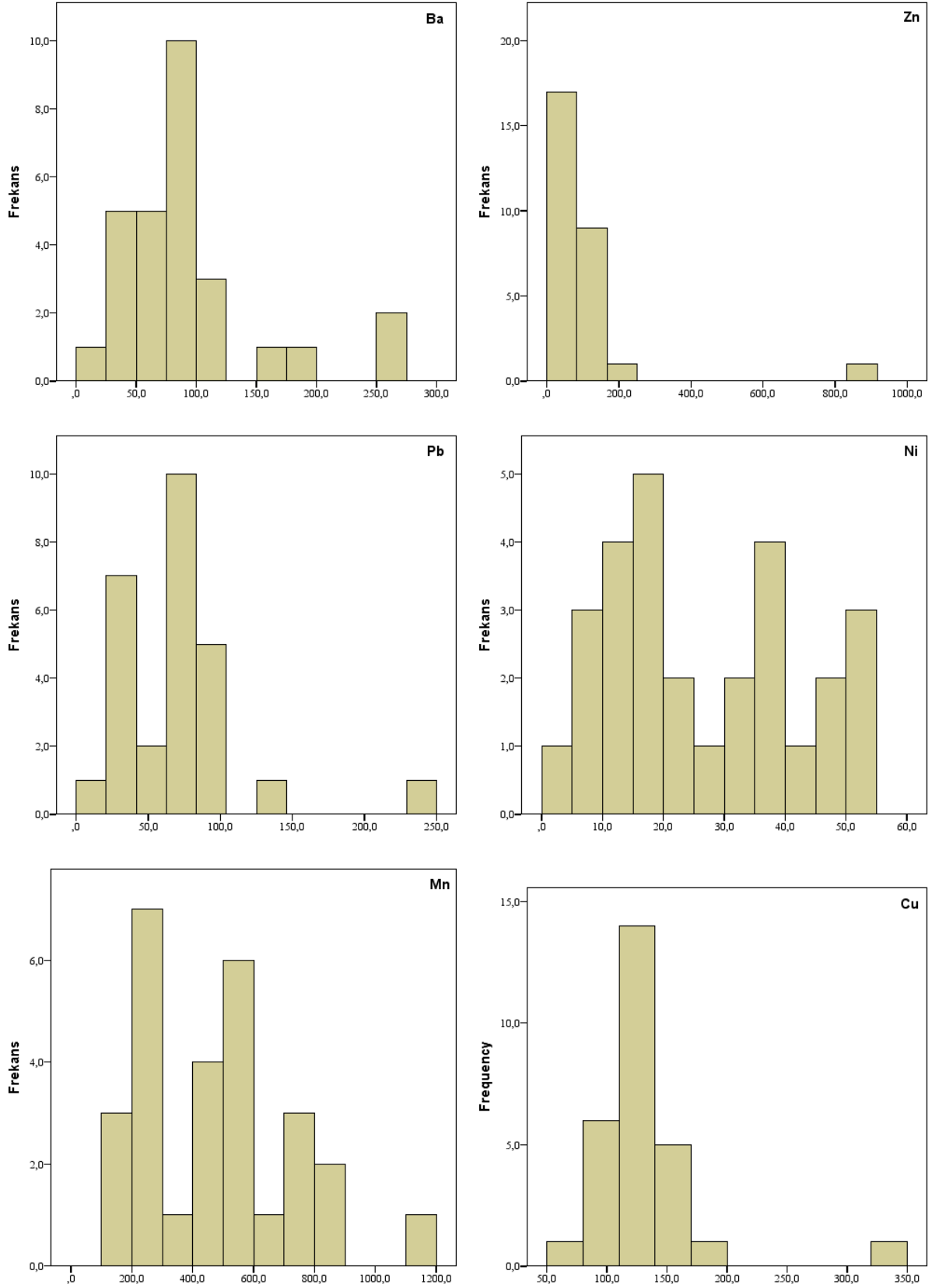
Tablo 1: Kırkpavli sahası toprak jeokimyası örneklerinin tanımlayıcı istatistik parametreleri ve dağılım parametrelere (Ag değerleri µg/kg diğerleri mg/kg)

	Ortalama	Ortanca	Varyans	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık	Logaritmik		Yüzdeler		
									Çarpıklık	Basıklık	25	75	95
Ag	31,10	31,10	737,28	27,15	11,90	50,30					11,90		
As	54,39	5,90	54192,81	232,79	3,00	1171,00	4,99	24,92	3,45	13,78	4,45	8,20	834,22
Ba	91,30	80,40	3499,45	59,16	22,90	258,60	1,76	3,05	0,14	0,32	51,20	99,70	257,66
Cd	1,35	0,94	4,74	2,18	0,25	12,36	5,14	26,89	2,32	11,29	0,83	1,13	7,61
Co	52,70	54,65	210,52	14,51	11,20	77,30	-1,17	1,67	-2,46	7,23	47,55	64,03	72,89
Cr	41,02	40,00	224,93	15,00	14,10	74,00	0,19	-0,79	-0,53	-0,20	28,23	54,98	68,11
Cu	131,04	123,55	2234,73	47,27	79,50	341,60	3,39	15,08	1,50	5,66	109,88	144,53	264,61
Mn	477,68	465,00	64351,34	253,68	130,00	1172,00	0,74	0,47	-0,36	-0,69	252,75	628,75	1028,90
Ni	26,46	21,65	235,40	15,34	2,20	51,90	0,25	-1,27	-1,08	1,41	13,78	38,50	51,68
Pb	202,60	76,60	478366,62	691,64	19,70	3725,20	5,26	27,77	2,62	10,71	37,08	85,88	2152,45
Zn	103,30	74,25	23996,72	154,91	26,60	880,00	5,01	25,89	2,11	8,82	57,85	92,38	564,33

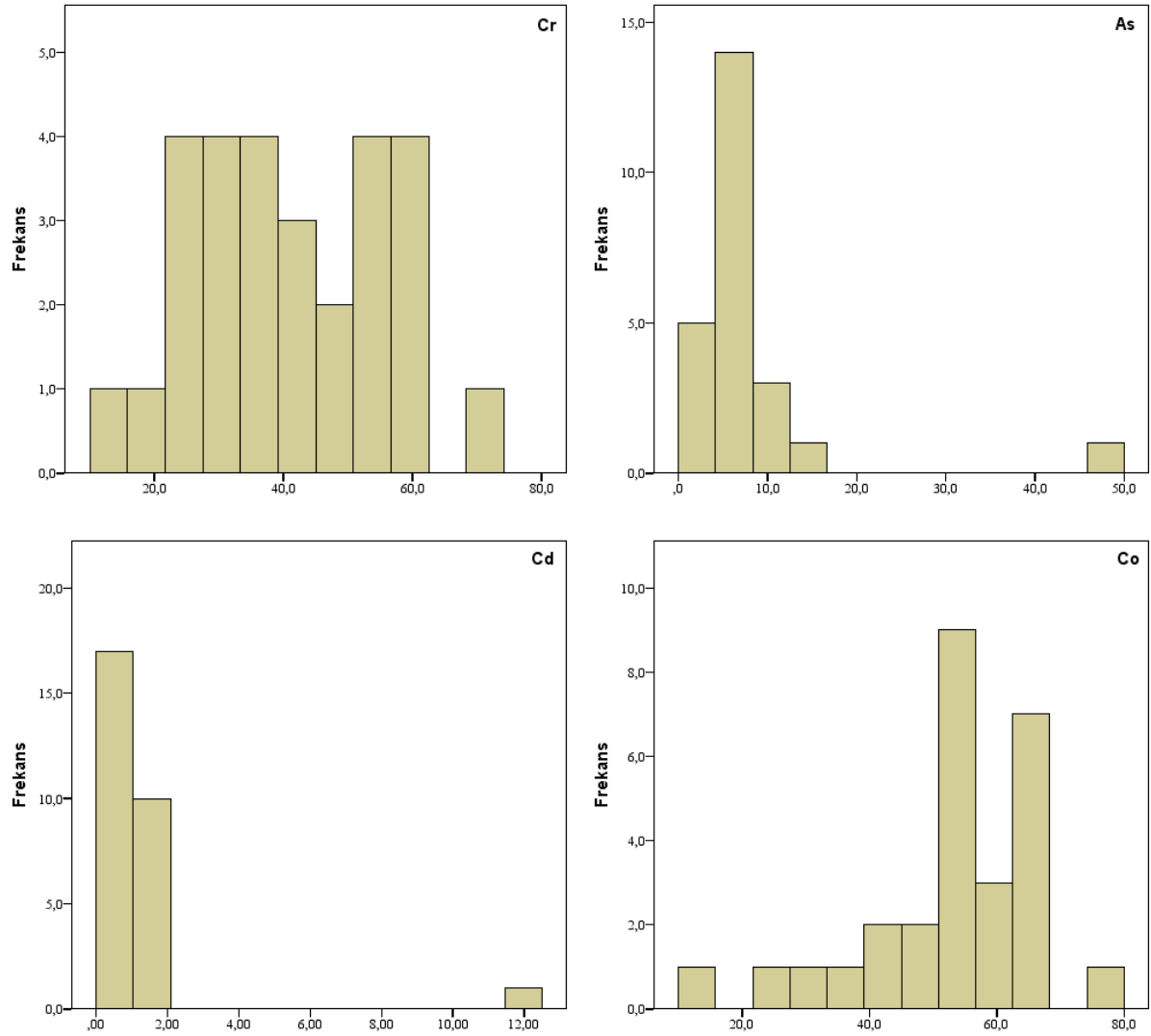
Her bir element için çizilen histogramlardan da görüleceği gibi genel olarak veriler logaritmik dağılım göstermektedirler (Şekil 2). Co, Cr ve Mn elementleri ise hafif sola çarpık normal dağılıma yakın değerler göstermiştir. Elementlerin genel itibarıyla logaritmik dağılım göstermesi nedeniyle basit korelasyon katsayıları hesap edilmiştir (Tablo 2). Sahadan alınan örneklerde altın değerleri deteksiyon limitinin altında olduğu için tespit

Ortalama, ortanca, varyans, standart sapma, en küçük ve en büyük değerleri ve yüzdeler (% 25, % 75, % 95) gibi tanımlayıcı istatistikleri ve veri topluluklarının şekil parametreleri her bir element için hesap edilmiştir (Tablo-1). Veri topluluklarının ortalama ve ortanca değerlerinin birbirinden farklı olması, çarpıklık değerlerinin sıfırdan farklı, basıklık değerlerinin de üçten farklı olması, aynı şekilde varyans değerlerinin sıfırdan farklı olması veri topluluğunun normal dağılım göstermediğinin işaretidir. Veriler incelendiğinde As, Pb, Zn elementlerinin normal dağılım göstermediği tablodan rahatlıkla görülmektedir. Elementler için histogramlar oluşturulduğunda benzer sonuçlar histogramlarda da görülmektedir (Şekil 3). As için 1171 mg/kg değeri ve Pb için 3725,2 mg/kg değerleri diğer analiz sonuçlarına göre çok yüksek değerler oldukları için gerek histogram oluşturmada gerekse varyogram hesaplamalarında kullanılmamıştır. Çarpıklık verilerin logaritmik değerleri alınmasına rağmen yeterince giderilememiştir (Tablo 1). Tüm elementlerin ham veri setinde genellikle pozitif yakın çarpıklık gözükmektedir (Tablo 1).

edilememiştir. Ancak Vural 2013 tarafından sahadan alınan özellikle altın ile ilişkili ağırlıklı kireçtaşı, yer yer volkanik kayalara ait örneklerden yapılan analizlerde altın ile Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr ve As elementleri ile iyi korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu tespitten yola çıkarak bu elementlerin altın için iz bulucu element olarak kullanılabilirliği kanaatine varılmıştır.



Şekil 3: Kırkpavli sahası toprak örneklerindeki elementlere ait histogramlar



Şekil 3: Kırkpavli sahası toprak örneklerindeki elementlere ait histogramlar (devam).

Tablo 2: Spearman korelasyon katsayıları

	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
As	1.00									
Ba	0.30	1.00								
Cd	0.557**	0.461*	1.00							
Co	0.15	0.572**	0.487**	1.00						
Cr	0.20	0.326	0.235	0.314	1.00					
Cu	0.525**	0.381*	0.501**	0.569**	-0.082	1.00				
Mn	0.486**	0.660**	0.522**	0.732**	0.363	0.540**	1.00			
Ni	0.38	0.629**	0.412*	0.514	0.738**	0.188	0.748**	1.00		
Pb	0.568**	0.619**	0.774**	0.591**	0.365	0.439*	0.756**	0.599**	1.00	
Zn	0.605**	0.582**	0.569**	0.565**	0.536**	0.460*	0.844**	0.828**	0.659**	1.00

** Korelasyon çift yönlü 0.01 önemlilikte

* Korelasyon çift yönlü 0.05 önemlilikte

İz bulucu elementler genel anlamda normal dağılım göstermedikleri için normal dağılıma dönüştürülmüşlerdir. Bu tip veri setlerinin normalleştirilmesinde veri dönüşümleri çok önemlidir. Logaritmik dönüşümler pozitif çarpıklık gösteren verilen normalleştirilmesinde

yaygın olarak kullanılır (McGrath vd., 2004, Yaylalı-Abanuz vd., 2011). Logaritmik dönüşümlerin sonucu olarak ham verilerde bulunandan daha küçük çarpıklık katsayısı elde edilir (Tablo 1).

Tablo 3: Elementlerin birbirleriyle korelasyonu (Vural 2013'ten alınmıştır)

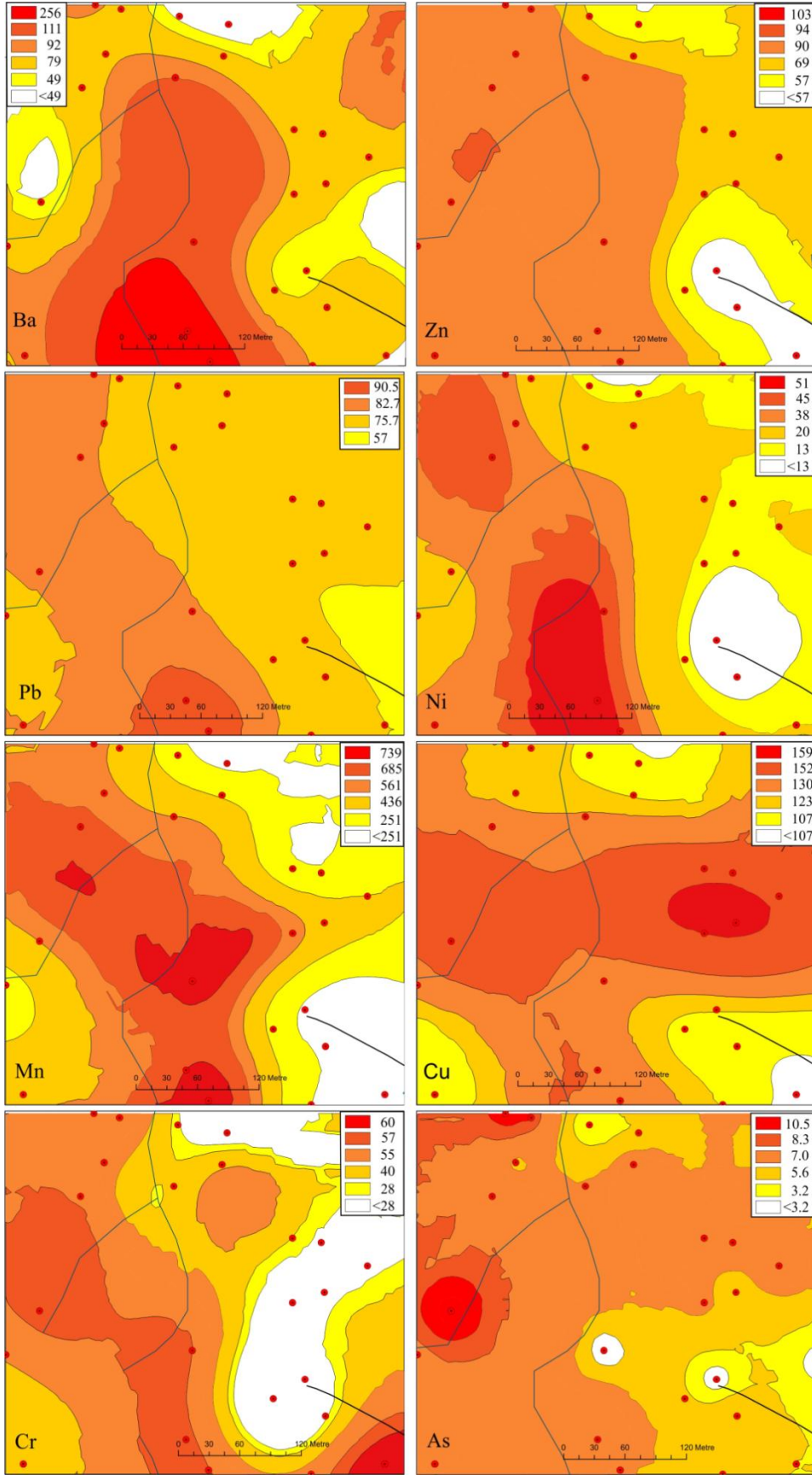
	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Sb</i>	<i>Bi</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>
Mn	1,00											
Mo	-0,52	1,00										
Cu	0,52	-0,72	1,00									
Pb	0,53	-0,56	0,28	1,00								
Zn	0,70	-0,63	0,45	0,90	1,00							
Ni	-0,43	0,76	-0,23	-0,30	-0,39	1,00						
As	0,78	-0,37	0,14	0,72	0,77	-0,35	1,00					
Cd	0,85	-0,63	0,56	0,71	0,92	-0,43	0,84	1,00				
Sb	-0,05	-0,49	0,28	0,68	0,50	-0,21	0,21	0,27	1,00			
Bi	-0,45	-0,34	0,20	0,31	0,17	0,59	-0,20	-0,05	0,89	1,00		
Ag	0,48	-0,28	0,00	0,94	0,87	0,15	0,83	0,70	0,47	0,12	1,00	
Au	0,22	-0,24	-0,11	0,68	0,58	-0,18	0,76	0,52	0,57	0,33	0,79	1,00

3.2. Anomali Haritalarının Oluşturulması

Sahada toprak jeokimyası çalışmalarından yararlanarak iz bulucu elementler için kriging tekniği ile anomali-eşkonsantrasyon haritaları oluşturulmuştur. Bu teknikte örnek noktaları için en uygun alansal ağırlıkları belirlemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Model, altın için iz bulucu element olarak kabul edilen; Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr, elementlerine nugget etki ve stabil tipte, As elementine ise nugget etki sıfır alınarak stabil tipte uyarlanmıştır. Nugget etkinin sıfır olması As elementinin kısa mesafelerde önemli bir değişim göstermediğinin göstergesidir başka bir ifadeyle analiz sonuçları tekrar edilebilir. Örnek noktalarından toplanacak yeni toprak örneklerinin element konsantrasyonlarının benzer değerler vereceği anlamına gelir. Anomali haritaları için yarı varyogram kriging metodu kullanılmıştır. Bu metot bilinen değerlerin değişimleri ile çevredeki diğer noktaların bilinmeyen değerlerini tahmin etmek için geliştirilmiş en kullanışlı metotlardan biridir (Matheron, 1971, Yaylalı-Abanuz vd., 2011) Kriging tekniği semivaryogramlardan elde edilen yapısal unsurları kullanarak örneklenmemiş noktalardaki değişimleri doğruya yakın

gerçeklikte tahmin etmeyi kolaylaştırır. Bundan dolayı diğer metotlara göre daha çok tercih edilmektedir. Semivaryogram modelinden elde edilen verilerle kriging metodu altın için iz bulucu olan tüm elementlere uygulandı ve elementlerin ortanca, % 75, % 84 ve % 97.5 değerlerinden yararlanılarak anomali-eşkonsantrasyon haritaları hazırlandı (Şekil 4).

Altın için iz bulucu element olarak değerlendirilen elementler için oluşturulmuş anomali-eşkonsantrasyon haritaları incelendiğinde, sahadaki anomalilerin ağırlıklı olarak KB-GD doğrultulu olduğu, ikinci bir anomali doğrultusunun ise yaklaşık KD-GB/D-B doğrultulu olduğu görülmektedir (Şekil 4). Anomali alanları ağırlıklı olarak çalışma sahasının güneybatısında yer almakta olup, yer yer anomali alanının çapı 500 m'ye ulaşmaktadır. Genel olarak Ba, Zn, Pb, Ni ve Cr elementlerine ait anomali dağılımı benzer bir görünüm sunmakta olup, ağırlıklı olarak K-KB/G-GD doğrultulu bir geometri göstermektedir. Mn, Cu ve As elementlerine ait anomali dağılımı K-KB/G-GD doğrultulu geometriye ilaveten yaklaşık D-B bir dağılım da göstermektedirler.



Şekil 4. Çalışma alanında Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr ve As elementlerine ait eşkonsantrasyon haritaları

4. Sonuçlar

Çalışma sahasında toplanan örneklerde yapılan ve kayaç örneklerinde yapılan istatistiksel çalışmalar, öncelikli olarak; Pb, Zn, Cu, Mn, As elementlerinin altın için iz bulucu element olarak değerlendirilebileceği sonucunu vermiştir. Saha için kriging metodu kullanılarak oluşturulan anomali-eş konsantrasyon haritalarında özellikle Pb, Zn, Mn, As elementlerinin alterasyon sahasında geniş anomaliye sahip olduğu görülmüştür. Sahanın genel jeolojik özellikleri ve anomali geometrisi incelendiğinde sahadaki cevherleşmelerin K-KB/G-GD doğrultulu ve D-B doğrultulu bir yönetime sahip olduğu dolayısıyla bölgenin tektonik eğilimi de uyumlu olduğu görülmüştür. Sahada cevherleşmenin varlığının araştırılmasına yönelik olarak yapılacak sondaj planlamalarında çalışma sahasının batı kesiminin özellikle KB ve GD bölümlerinin tercih edilmesinin yararlı olacağı kanaatine varılmıştır.

Katkı Belirtme

Yazarlar, TÜBİTAK (Ankara) Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı'na (Program Kodu 2209), toprak analizlerindeki yardımları için Ali Gündoğdu'ya (Gümüşhane Üniversitesi) ve arazi çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı Jeoloji Lisans öğrencilerinden Aytekin YAĞLI ve Pınar ÇELEBİ'ye teşekkür ederler.

5. Kaynaklar

Akaryalı, E., 2010, Arzular (Gümüşhane Kd-Türkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelenmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Doktora Tezi, 223 s.

Akçay, M. ve Çavga, H., 1997, Geology, mineralogy and genesis of the auriferous quartz veins in the Olucak (Gümüşhane) area, Selçuk University 20th Anniversary Geology Symposium, May 12-16, 1997, Konya, pp. 189-202.

Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998, A Multi-phase Intrusion Around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralisation Types: A Geologic and Geochemical Approach, *Geosound*, 33, 1-18.

Akçay, M., Gündüz, Ö., Yaşar, R., ve Gümrük, O., 2011, Hazine Mağara ve Kırkpavli (Gümüşhane) Polimetallik Pb-Zn-Cu-Au-Ag Madenlerinin Jeokimyasal ve Kökensele Özellikleri. 64. TJK Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 25-29 Nisan 2011, Ankara, s. 183-184.

Akpınar, İ., Sipahi, F., Vural, A., Uzunlar, N., Çorumluoğlu, Ö., Asri, İ., 2013, Gümüşhane'deki (Türkiye) Killerin Mineralojik ve Kimyasal Özellikleri ve Uzaktan Algılama Çalışmaları İle Haritalanması. 1-5 Nisan 2013. 66. TJK Bildiri Özleri Kitabı. s.518-519. Ankara.

Aliyazıcıoğlu, İ., 1999, Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, xxs.

Aslan, N. ve Akçay, M., 2011, Mastra (Gümüşhane) Au-Ag Yatağının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. 64. TJK Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 25-29 Nisan 2011, Ankara, s. 181-182.

Aslaner, M., 1977, Türkiye Bakır-kurşun-çinko yataklarının jeolojik ve bölgesel sınıflanmasıyla plaka tektoniği yönünden incelenmesi. Trabzon: KTÜ Yerbilimleri Fakültesi, Yayın No:12.

Çağatay, M., ve Eastoe, C., 1995, A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulphide deposits of the Eastern Black Sea Province, Turkey, *Mineralium Deposita*, 30, 55-66.

- Çiftçi, E. (2000). Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Upper Cretaceous Mineral Deposits, North eastern Turkey, University of Missouri-Rolla, Ph. D Thesis, Missouri.
- Çoğulu, E., 1975, Gümüşhane ve Rize Granitik Plutonlarının Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronolojik Etüdü, İTÜ Fen Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Doktora Tezi.
- Demir, Y., 2005, İstala ve Köstere (Zigana/Gümüşhane) Cu-Pb-Zn Madenleri ve Yan Kayaçlarının Mineralojisi ve Dokusal Özelliklerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi., K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Yüksek Lisans Tezi.
- Dixon, J. ve Pereire, J., 1974, Plate tectonics and mineralization in the Tethyan Region, Mineralium Deposita, 9, 185–198.
- Dokuz, A., 2011, A Slab Detachment and Delamination Model for the Generation of Carboniferous High-Potassium I-type Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse Composite Pluton. Gondwana Research, 19(4), 926-944.
- Eyuboglu, Y., Chung, S.L., Dudas, F.O., Santosh, M., Akaryali, E. 2011. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting. Gondwana Research 19, 413-429.
- Güner, S., Er, M., & Gümüsel, A., 1985, Gümüşhane-Eski Gümüşhane Yöresindeki Cevherleşmelere Ait Jeoloji Raporu. MTA Raporu:8029.
- Güner, S. ve Yazıcı, E., 2008, Gümüşhane Bayburt Yörelere ait Epitermal Altın Arama Raporu, MTA Raporu No:11075, Ankara.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R.ve Wijbrans, J. 2010. Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: Implications for crustal thickening to delamination. Lithos 114: 109–120.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M., ve Şen, C., 2010, Insight into magma genesis at convergent plate margins – a case study from the eastern Pontides (NE Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen, 187/3, 265–287.
- Kaygusuz, A., Wolfgang, S., Şen, C. ve Satır, M., 2008, Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: the composite Torul pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. International Journal of Earth Sciences, 97, 739–764.
- Ketin, İ., 1950, Bayburt Bölgesinin Jeolojisi. MTA Enstitüsü, Derleme, Rapor No. 1949.
- Krige, D.G., 1951, A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand, Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa 52 (6), 119–139.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984, Demirözü (Bayburt) Güneyinin Stratigrafisi. TJK Kurultayı Bülteni, 5, 107-115.
- Leitch, C., 1981, Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılkaya Massive Sulfide Deposits, Northeastern Turkey, and their Similarity to Kuroko Ores. Mineralium Deposita, 16, 241-257.

- Lermi, A., 2003, Midi (Karamustafa/Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelemesi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Doktora Tezi.
- Matheron, G., 1971. Theory of Regionalized Variables and its Applications. Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique Fasc, 5 ENSMP, Paris, 212 p.
- Matheron, G., 1963. Principles of geostatistics. Economic Geology 58, 1246–1266.
- McGrath, D., Zhang, C.S., Carton, O.T., 2004, Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silver Mines Area, Ireland, Environmental Pollution 127, 239–248.
- Pejatoviç, S., 1979, Pontid Tipi Masif Yataklarının Metalojenisi. Ankara: MTA Yayın No: 177.
- Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi. Doçentlik Tezi, Yayın No: 87, , K.T.Ü., Trabzon.
- Sipahi, F. (2005). Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası. Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Şengör, A. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181–241.
- Tokel, S., 1972, Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region. Doktora Tezi, University College, London.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W., Zack, T., Hasözbeke, A., Barth, M.; Satır, M.; ve Şen, C.; 2010, Carboniferous High-potassium I-type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane Pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92-110.
- Tüysüz, N., 2000, Geology, Lithochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey. Chemie der Erde, 60, 231-250.
- Tüysüz, N. ve Akçay, M., 1997, The gold occurrences in the volcanic arc of the Eastern Pontides, NE-Turkey. Mineral Deposits: Research and Exploration, Where Do They Meet, Proceedings of the 4th Biennial SGA Meeting, pp. 331-334, Finland.
- Vural, A., 2013, Eski Gümüşhane (Argyropolis) Manganez Cevherleşmesi ve Sahadaki Diğer Cevherleşmelerle İlişkisi, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Raporu, Gümüşhane, 56s.
- Vural, A. ve Erdoğan, M., 2013, İz Bulucu Elementlerden Yararlanarak Toprak Jeokimyası İle Altın Cevherleşmesinin Araştırılması: Kırkpavli, Gümüşhane-Türkiye. 1-5 Nisan 2013. 66. TJK Bildiri Özleri Kitabı. s.424-425. Ankara
- Vural, A. ve Erşen, F., 2013 Eski Gümüşhane (Argyropolis) Manganez Yataklarının Jeolojik Ve Jeokimyasal Özellikleri. 1-5 Nisan 2013. 66. TJK Bildiri Özleri Kitabı. s.422-423. Ankara
- Vural, A., Çorumluoğlu, Ö. ve Asri, İ., 2011, Gümüşhane (Hazine Mağarası-Deremadeni) Sahasında Litolojik Farklılıkların ve Alterasyonların Uzaktan Algılama Teknikleri İle Araştırılması. TUFUAB VI. Teknik Sempozyumu, 21 Şubat 2011, Antalya.

- Vural, A., Çorumluoğlu, Ö. ve Asri, İ., 2012, Eski Gümüşhane (Süleymaniye) ve Yakın Çevresindeki Alterasyon Alanlarının Landsat Uydu Görüntüsü Kullanılarak Crosta Tekniği İle Araştırılması, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2:1, 36-48.
- Yaylalı-Abanuz, G., Tüysüz, N. ve Akaryalı, E., 2011, Soil Geochemical Prospection for Gold Deposit in the Arzular Area (NE Turkey). Journal of Geochemical Exploration, 112, 107-117.
- Yılmaz, Y., 1972, Petrology and Structure of the Gümüşhane granite and surroundings Rocks, North-Eastern Anatolia, University of London, London, PhD Thessis.