



## Derince (Keban-Elazığ) çevresinde dere sedimenti jeokimyasal yönlendirme çalışması

*A stream sediment geochemical orientation study in Derince (Keban-Elazığ) vicinity*

**Cemal BÖLÜCEK**

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119 ELAZIĞ

### ÖZ

Masif sülfid ve damar tipi cevherleşmeler içeren inceleme alanı, kirlenmenin olmadığı bir bölgede yer almaktadır. Çalışma alanı, yarı kurak iklime ve engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Dere sedimenti yönlendirme çalışması ile bu tür bölgeler için uygun sediment fraksiyonu, çözme yöntemi ve metal dağılım şekilleri belirlenmiştir. Ortamın fiziko-kimyasal özellikleri nedeniyle, dere kumlarındaki elementlerin, kimyasal olaylardan çok fiziksel olayların etkisi altında meydana geldikleri sanılmaktadır. -80 +200 mesh fraksiyonu en uygun boyut olarak belirlenmiş ve bu fraksiyonun analiz yapılmıştır. Uygun çözme yönteminin belirlenebilmesi için değişik çözme yöntemleri denenmiştir. Bu yöntemlerden kral suyu ile çözme; yüksek değerler vermesi, birden fazla örneği kısa sürede ve kolaylıkla çözebilmesi, bir tek çözündürme ile çok sayıda elementin analizinin yapılabilmesi gibi özellikleri nedeniyle en uygun çözme yöntemi olarak belirlenmiştir. Volkano-sedimanter ve volkanik kayaların yüzeylendiği Derince'nin güneyinde Cu, Zn, Cd ve (Co) anomalileri belirlenmiştir. Tonalitik kayaların yüzeylendiği Çayecorik Dere civarında düşük dereceli bir Pb anomalisi ortaya konmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Dere sedimenti, Derince (Keban-Elazığ), kral suyu.

### ABSTRACT

*The study area including massive sulphide and vein type mineralizations is in a non-contaminated environment. It has a semi-arid climate and rough topography. Suitable sediment fraction, dissolution method and metal dispersion patterns were determined suitable for such an area by stream sediment orientation survey. The physico-chemical features of the area indicates that the metallic contents of the stream sediments originate from physical rather than chemical processes. -80+200 mesh fraction seems to be the most suitable fraction and this fraction is chosen for the analyses. In order to determine the most effective solution method, several methods were experimented and aqua regia digestion was considered as the most effective method due to high values obtained, readily dissolution of the samples, multi element determination from the same solution and rapid sample preparation. In the southern part of Derince, where volcano-sedimentary and volcanic rocks crop out, and Cu, Zn, Cd and (Co) anomalies exist. Low grade Pb anomalies were determined in the vicinity of Çayecorik Stream, where tonalitic rocks are observed.*

**Key words:** Stream sediment, Derince (Keban-Elazığ), aqua regia.

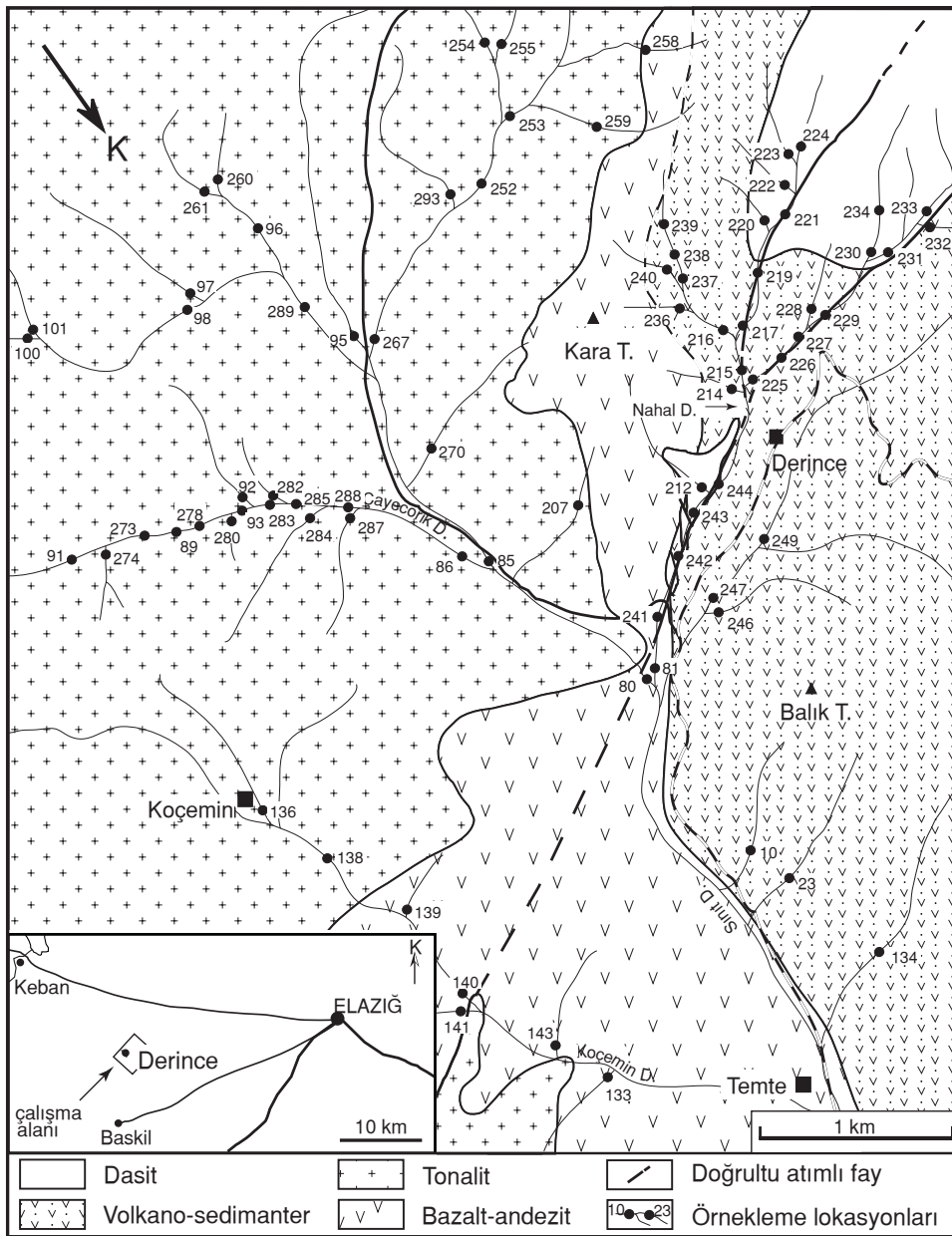
### GİRİŞ

Jeokimyasal verilerden yararlanılarak yapılan prospeksiyon çalışmaları, dünyada yoğun ve başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (örneğin;

Govett, 1985; Plant vd., 1988). Jeokimyasal prospeksiyon yöntemlerini kullanan çoğu ülkeler, yeraltı zenginliklerinin belirlenmesinde büyük ilerlemeler sağlamışlardır (Plant ve Moore, 1979; Bölviken vd., 1990; Darnley, 1990). Ülke-

mizde de son yıllarda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından bu konuda yapılan çalışmalarda bir artış gözlenmektedir. Tüm ülke ölçeğinde jeokimyasal prospeksiyon yapmak uzun zaman, yüksek maliyet ve fazla iş gücü gerektirdiği için, bu tür çalışmalara başlanmadan önce yönlendirme çalışmaları yapılarak, farklı bölgeler için arama aşamasında yararlanılabilecek jeokimyasal parametreler belirlenmektedir.

Bu çalışma, Doğu Toroslarda oldukça geniş yayılım gösteren ve çeşitli cevherleşmeler içeren (Sağiroğlu, 1986 ve 1992; Şaşmaz ve Sağiroğlu, 1990) magmatik kayaların yüzeylediği Elazığ'ın yaklaşık 30 km batısındaki Derince çevresinde yürütülmüştür. İnceleme alanında Üst Kretase yaşlı bazaltik, tonalitik, dasitik ve volkano-sedimanter kayalar yüzeylenmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının yerbulduru ve jeoloji haritası.  
Figure 1. Location and geological map of the study area.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde genel olarak petrografi konusunda çalışmalar yapılmıştır (Asutay, 1987; Akgül, 1993). Ayrıca MTA, inceleme alanını da içine alan geniş bir bölgede, genel jeokimyasal prospeksiyon çalışması yapmıştır (Tüfekçi ve Dumanlılar, 1994 a, b). Dere kumu örnekleme yapılan bu çalışmada 80 meshin altındaki kum fraksiyonu nitrik asit ile çözülmüştür. Anak çalışma alanı içerisinde bir anomali belirlenememiştir. Bölücek (1995), aynı bölgede gerçekleştirdiği araştırmanın bir bölümünde dere kumu örnekleme ile ayrıntılı jeokimyasal prospeksiyon yapmıştır.

Bölgede dere sedimenti örnekleme ile yapılan ilk yönlendirme çalışması niteliğindeki bu çalışmada, Bölücek (1995)'e ait veriler yeni bulgular ışığında değerlendirilmiştir. İnceleme alanında 93 dere kumu örneği alınmış, bunların 13'ünde Cu ve Zn, diğerlerinde Cu, Pb, Zn, Cd, Co ve Ni analizi yapılmıştır. Çeşitli çözme yöntemleri denenmiş, elek analizi yapılarak bölge için uygun kum fraksiyonu ve çözme yöntemi belirlenmiş, ayrıca elementlerin alansal dağılımı ortaya konmuştur. Bu yönlendirme çalışmasıyla benzer bölgeler için yararlanılabilecek uygun jeokimyasal arama karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## JEOLJİ VE CEVHERLEŞME

İnceleme alanında Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitlerine ait kayalar yüzeylenmektedir. Bölgede Elazığ Magmatitleri, tonalitik bileşimli derinlik kayaları, bazaltik ve dasitik bileşimli volkanitler ve volkano-sedimanter birimlerle temsil edilmektedir. Tonalitik derinlik kayaları ve dasitik volkanitler temeldeki en yaşlı birim olan bazaltik kayaları kesmektedir. Bazaltik kayaların üzerine yer yer dasitik ve andezitik volkanitleri içeren bir volkano-sedimanter istif gelmektedir. Ayrıca aplit, lamprofir, mikrotonalit ve tonalit porfir bileşimli yarı derinlik kayaları da inceleme alanında gözlenmektedir.

### Bazaltik Volkanitler

İnceleme alanında bazalt ve bazaltik andezit bileşimli kayalarla temsil olunan birim bölgedeki magmatitlerin en yaşlısıdır. Bazaltik kayalar tonalitler ve dasitler tarafından kesilmekte; volkano-sedimanterler tarafından da üzerlenmektedirler. Bu kayalar çoğunlukla masiftirler ve yer

yer de yastık lavlar oluşturmaktadırlar. Bazaltik volkanitlerin yüzeylendiği alanların sert topografyaya sahip olması ve koyu kahverengi bir görünüm sunması diğer birimlerden ayrılmasını kolaylaştırmaktadır.

Bazaltik kayalar esas olarak plajiyoklas, klinopiroksen ve orto piroksen minerallerinden oluşmaktadır. Klorit, epidot, kuvars, kalsit ve zeolit mineralleri bu kayalarda ikincil bileşen olarak izlenmektedir. Spillitleşmenin etkisiyle plajiyoklasların anortit içeriği oldukça düşük değerler vermektedir (Akgül, 1993). Bazaltik kayalar çoğunlukla saçınımlı olarak pirit ve çok az oranda kalkopirit gibi opak mineraller içermektedirler.

### Tonalitik Kayalar

Bölgede oldukça geniş alanlarda yüzlek veren tonalitik kayalar, inceleme alanının D-GD bölümünde yer almaktadırlar. Bu kayalar; arazide hem renk farklılığı, hem de nispeten düz topografyası ile diğer birimlerden kolaylıkla ayrılmaktadırlar. Tonalitik bileşimli derinlik kayaları, en fazla dokanak oluşturdukları bazaltları kesmekte (Akgül, 1993), aplit ve lamprofir daykları tarafından ise kesilmektedir.

Tonalit bileşimli kayalar el örneği düzeyinde grimsi kirlili beyaz ve soluk pembemsi beyaz, orta - iri taneli porfir dokulu holokristalen bir kayalar görünümündedirler. Lökokrat minerallerce zengin tonalitik kayalarda; başlıca anhedral granüler, subhedral granüler, porfiritik, mirmekitik ve grafit dokular olmak üzere, holokristalen dokunun değişik türleri görülmektedir. Kuvars, plajiyoklas, K - feldispat, biyotit ve hornblend mineralleri tonalitik kayaların esas bileşenlerini; epidot, klorit, serizit ve nadiren kalsit mineralleri ise ikincil bileşenlerini oluşturmaktadır. Tonalitler yer yer artan K - feldispat oranları ile granodiyoritlere geçiş gösterirler (Asutay, 1987; Akgül, 1993). Granodiyoritler çok dar alanlarda gözlenmektedirler ve bunların saha gözlemleri ile tonalitlerden ayrılması oldukça güçtür. Tonalitik kayalar içerisinde birkaç cm kalınlığında, başlıca sfalerit, galen, kalkopirit ve pirit içeren damarlar ve çoğunlukla asenopirit içeren kuvars damarları izlenmektedir (Bölücek ve Sağıroğlu, 1997).

### Dasitik Volkanitler

Hem dar alanlarda bazik volkanik kayaları keser konumda, hem de volkano-sedimanter ka-

yaçlar içerisinde dasitik volkanikler yüzelemektedirler. Bu kayaçlarda yer yer dasitten riyolit doğru bir geçiş gözlenmektedir. Volkano-sedimanter istifin değişik seviyelerinde dasitlerin gözlenmesi, farklı evreler halinde dasitik volkanizmanın geliştiğini göstermektedir. Akgül (1993), dasitik volkanitlerin, magmatizmanın en son evresini temsil eden aplitik kayaçlardan mineralojik bileşimleri ve kimyasal özellikleri bakımından farklı olmaları nedeniyle, bu kayaçların olasılıkla tonalit bileşimli magmanın yüzeye çıkarak katılması sonucu oluşmuş olabileceğini belirtmektedir.

Mikroporfirik doku gösteren bu kayaçlar esas olarak kuvars ve plajiyoklas minerallerinden meydana gelmiştir. Biyotit ve hornblendler mafik; klorit, epidot ve zeolit mineralleri ikincil ve çok az miktardaki opak mineraller ise, kayaç içerisinde tali bileşenler olarak izlenmektedir. Mikrolitler ve camsı hamur malzemesi kayacın hacim olarak yaklaşık % 70'ini oluşturmaktadır. Kuvars ve plajiyoklas mineralleri hem mikrolit, hem de feno kristal halinde görülürken, mafik bileşenler (biyotit ve hornblend) genellikle feno kristal fazın bileşenleri şeklinde izlenir. Opak mineraller (pirit ± kalkopirit) çoğunlukla hornblend kristallerine tutunmuş halde veya onların kapamaları halinde öz şekilli ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde bulunmaktadır. Ayrıca hamur malzemesi içerisinde hamuru oluşturan diğer bileşenlere saçınımlı ve çok küçük kristaller halinde eşlik etmektedirler (Akgül, 1993).

### **Volkano-Sedimanter Kayaçlar**

Tabandaki bazaltik volkanitlerin üzerine gelen ve yer yer dasitik bileşimli kayaçlar tarafından kesilen volkano-sedimanter kayaçlar oldukça kalın bir istif oluşturur. Taban seviyelerde çoğunlukla dasitik, üst seviyelere doğru çoğunlukla andezitik lav akıntısı ara seviyeleri içeren bu volkano-sedimanter istif, alt düzeylerde volkanik breş ve tüflerle başlar, orta seviyelere doğru kristalce zengin kumtaşı, pelajik çamurtaşı ve tüfit araldanması, en üst düzeylerde ise bazalt ve peridotit olistolitleri içeren kumtaşı aratabakalı marnlarla temsil olunur (Akgül, 1993).

Volkano-sedimanter istifin taban seviyelerinde olasılıkla dasitik-riyolitik volkanik faaliyeti ile kökensele ilişkisi olan piritik masif sülfid cevherleşmeleri bulunmaktadır. Değişik evrelerde geliş-

miş bu cevherleşmeler yaklaşık 1.5-2 m kalınlığında tabaka ve mercerler halinde, yer yer de laminalıdır. Dasit-riyolit bileşimli volkanitler içerisinde de saçınımlı ve ağsı cevherleşmeler bulunmaktadır. Cevherleşmede baskın olarak pirit, daha az olarak da kalkopirit, bornit ve sfalerit gözlenmektedir.

## **JEOKİMYA**

### **Fiziko-Kimyasal Koşullar**

Çalışma alanında genellikle sarp ve engebeli bir topoğrafya hakimdir. Bazaltik kayaçların yüzeleendiği alanlar tonalitik kayaçların yüzeleendiği alanlara göre daha yüksek bir engebeye sahiptir. Yüzeysel ayrışmaya uğrayan kayaçlara ait malzemenin taşınması ile dağ eteklerinde ve dere içlerinde oldukça kalın alüvyon birikintileri oluşmuştur.

İnceleme alanında dendritik drenaj ağı hakimdir. Ana dereler çoğunlukla sulu, tali dereler ise kurudur. Tipik karasal iklimin görüldüğü bu alan, bitki örtüsü bakımından oldukça fakirdir. Bölgeye düşen yağış miktarı çok azdır. Baskil (Elazığ) meteoroloji istasyonundan alınan kayıtlara göre, son 25 yıllık yağış miktarları ortalamasına göre, yıllık yağış miktarı ortalama 441 mm'dir. Yörede, çok hızlı erozyon nedeniyle toprak örtüsü oldukça incedir.

İnceleme alanında piritik cevherleşmelerin görüldüğü Nahal derenin ana ve bazı tali kollarındaki suların pH değerleri ortalama 8 civarındadır. Dünyadaki bazı bölgelerde pirit cevherleşmelerinin bulunduğu alanlardaki sularda pH genellikle 2-4 arasında değişirken (Learned vd., 1985), pH'ın bölgede bu kadar yüksek olmasının nedeni; bölgedeki bazaltik kayaçlarda Ca'ca zengin plajiyoklasların bozunması ile ortaya çıkan ikincil karbonat (kalsit) oluşumlarına ve suların kaynaklandığı alanlarda bulunan kireçtaşlarının varlığından dolayı suların bazik karakterli oluşuna bağlanabilir. Çözeltideki HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonu asit ilavesi ile eriyiğe sokulan H<sup>+</sup> iyonlarının büyük bir kısmını bünyesine alarak serbest H<sup>+</sup> miktarında önemli değişimlere olanak vermez. Aynı şekilde, CaCO<sub>3</sub> da



eşitliği ile H<sup>+</sup>'ni absorbe ederek pH'ı sabit tutmaktadır (Krauskopf, 1989). Bu yüzeysel koşul-

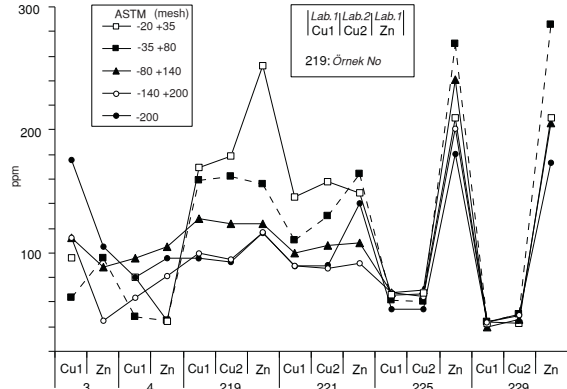
larda Eh da oldukça yüksek değer almaktadır. Yukarıda verilen Eh-pH koşulları, iklim ve topoğrafik etkiler nedeniyle sülfürlü cevherleşmelerin kimyasal bozunması önemli ölçüde engellenmekte ve inceleme alanının erozyona uygun yapısı nedeniyle metaller ortamdan kolaylıkla uzaklaşmaktadır.

### Örnek Alımı ve Örnek Hazırlama İşlemleri

Örnek alım yöntemlerini geliştirmek, uygun tane boyu ve analiz yöntemlerini saptamak için ön çalışmalar yapılmıştır. Örnekler, mümkün olduğunca, aktif dere yataklarından geniş derelerde farklı noktalardan alınmıştır. Örneklemeye lokasyonlarında derenin genişliğine bağlı olarak, mümkün olduğu kadar fazla noktada alınan kumların karışımıyla oluşturulan bir örnek, örneklemeye lokasyonunu gerçeğe daha yakın bir şekilde temsil edebilmektedir (Rose vd., 1979). Çok iri taneli kırıntıların bulunmaması için örnekler, delik çapı yaklaşık 1cm<sup>2</sup> olan elekten geçirilerek alınmıştır. Yaklaşık 3-4 kg ağırlığındaki örnekler naylon torbalara konularak numaralandırılmış ve oda sıcaklığında kurutulmuşlardır. Kurutulmuş örnekler, analize uygun tane boyutu fraksiyonlarının belirlenmesi için farklı elek boyutlarına (-20+35, -35+80, -80+140, -140+200, -200 mesh) ayrıştırılmıştır.

### Uygun Tane Boyutu Fraksiyonlarının Belirlenmesi

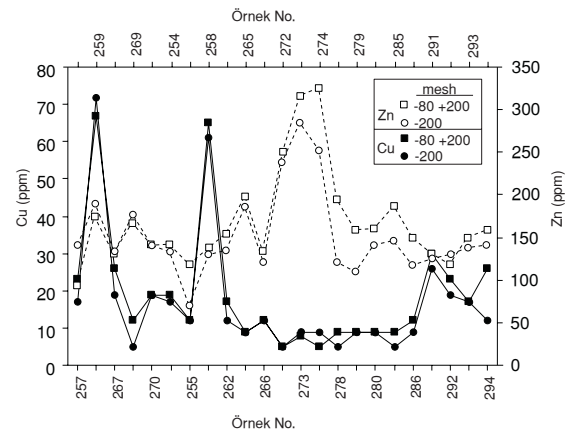
Bazı örneklerin farklı elek açıklıklarındaki tane boyutları analiz edilmiştir. Farklı elek boyutundaki örneklerden bazılarında, Fırat Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü (Laboratuvar 1) ve İnönü Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü (Laboratuvar 2) laboratuvarlarında bulunan iki değişik AAS ile Cu ve Zn analizi yapılmıştır (Şekil 2). İki farklı AAS ile elde edilen analiz sonuçlarının benzerliği, örnek hazırlama ve analiz sırasında işlemlerin hassas bir şekilde yapıldığını göstermektedir. Dolayısıyla inceliği etkileyen tesadüfi hataların en az seviyede olduğu söylenebilir. Element konsantrasyonu yüksek olan 219, 221 no.lu örneklerde büyük boyuttan küçük boyutlu fraksiyona gidildikçe element konsantrasyonu belirgin şekilde azalmaktadır. 3 ve 4 no. lu örneklerde ince fraksiyonlarda derişim göreceli olarak fazladır. Bu örnekler, kaynak alanında tonalit türü derinlik kayaların yoğun olduğu dereleden alınmıştır. 225 ve 229 no. lu örneklerde Cu için değişik boyutlarda fazla bir ayrılım göz-



Şekil 2. Bazı dere kumu örneklerinin farklı boyuttaki fraksiyonlarındaki Cu ve Zn içerikleri. Çözme Yöntemi: 3 ve 4 no.lu örnekler kral suyu (4), diğer örnekler nitrik asit (5). (Lab. 1: Perkin Elmer 370 AAS, Lab.2: Philips PU 9100X AAS).

Figure 2. Cu and Zn content of different size fractions of some stream sediment samples. Decomposition Method: Samples 3 and 4 aqua regia (4), others nitric acid (5). (Lab. 1: Perkin Elmer 370 AAS, Lab.2: Philips PU 9100X AAS).

lenmemekte, Zn için ise ayrılım dikkat çekmektedir. Benzeri bir durum örneklerde -80 +200 ve -200 mesh boyutunda Cu ve Zn dağılımlarında da gözlenmektedir (Şekil 3). Cu için yüksek konsantrasyonlu örneklerde (kaynak alanı volkanosedimanterler) -80 +200 mesh boyutunda element değerlerinde genellikle bir artış gözlenir-



Şekil 3. Bazı dere sedimentlerinin -80+200 ve -200 mesh boyutundaki Cu ve Zn içerikleri. (Çözme Yöntemi: Nitrik asit).

Figure 3. Cu and Zn content of -80+200 and -200 mesh size of some stream sediment. (Decomposition Method: Nitric acid).

ken, düşük konsantrasyonlu örneklerde (kaynak alanı tonalitler) farklı boyuttaki örneklerde çok fazla bir değişim gözlenmemektedir. Zn değerleri için bu fark biraz daha belirgindir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, cevherli alanlardan türeyen kum örneklerinde elementler genellikle büyük ve orta boyuttaki fraksiyonlarda yüksek değerler almaktadır. Çok iri tanelerin homojeniteyi bozarak hatalara neden olabileceği düşünülerek, kum örneklerinin -80 +200 mesh boyutu öğütülerek analize hazırlanmıştır. Öğütme işleminde yaklaşık 50 g örnek kullanılmıştır. Öğütme, porselen bilyeli değirmende yapılmıştır.

### Çözme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Jeokimyasal arama çalışmalarında, örnekleri çözmede genellikle çeşitli asitlerin kullanılması tercih edilmektedir. Çözme işleminde, açık veya kapalı sistem, farklı sıcaklık ve zaman aralıkları seçilebilmektedir (Chao ve Sanzolone, 1992; Van Loon ve Barefoot, 1989). Açık sistemde çözünmeyen veya kısmen çözünen bazı refrakter mineraller aynı asit veya asit karışımıyla kapalı sistemde çözünebilmektedir. Bu husus, yüksek sıcaklık ve basınçlarda asitlerin artan aktifliği ile ilişkilidir. Bu çalışmada özel olarak tasarlanmış, metal gövde içerisine yerleştirilen "teflon bomba" olarak adlandırılan bir kroze yapılmış ve bazı deneylerde kullanılmıştır.

Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS) için uygun çözme yönteminin belirlenmesi amacıyla değişik yöntemler denenmiştir. Seçilen bu farklı yöntemler yardımıyla dere kumlarında analiz edilen elementlerin bulunuş şekilleri de belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çözme yöntemleri veya benzerleri daha önce değişik araştırmacılar tarafından uygulanmıştır (Yöntem 1 ve 2; Brenner vd., 1987; Maqueda vd., 1986); Yöntem 3 (Betinelli vd., 1986); Yöntem 4 (Rubeska vd., 1987; Macalalad vd., 1988); Yöntem 5 (Köksoy ve Topçu, 1976)). Çözme yöntemlerinin ayrıntıları aşağıdaki paragraflarda verilmiştir.

**I. Yöntem (1):** 1g örnek teflon bombaya konularak, 10 ml nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ilave edilmiştir.  $200\text{C}^\circ$  sıcaklıkta, etüvde bir saat bekletildikten sonra soğutulmuş ve kapak açılarak 5 ml hidroklorik asit (HF) eklenmiştir. Kuruluğa kadar buharlaştırılıp, 5 ml  $\text{HNO}_3$  ve 2 ml HF konmuş ve tekrar kuruluğa kadar buharlaştırılmıştır. 5 ml

$\text{HNO}_3$  ve 2 ml perklorik asit ( $\text{HClO}_4$ ) eklenerek yine kuruluğa kadar buharlaştırılmıştır. Daha sonra, 5 ml %50  $\text{HNO}_3$ +HCl (1/1, v/v) eklenerek filtre kağıdından süzülmüş ve çözelti 100 ml'ye tamamlanmıştır.

**II. Yöntem (2):** 0,5 g örnek teflon kröze tartılarak 5 ml  $\text{HNO}_3$ +5 ml HF+5ml HCl eklenmiş ve bir gün bekletildikten sonra buharlaştırılmıştır. 1 ml % 50  $\text{HNO}_3$ +HCl (1/1) konduktan sonra, süzülerek saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

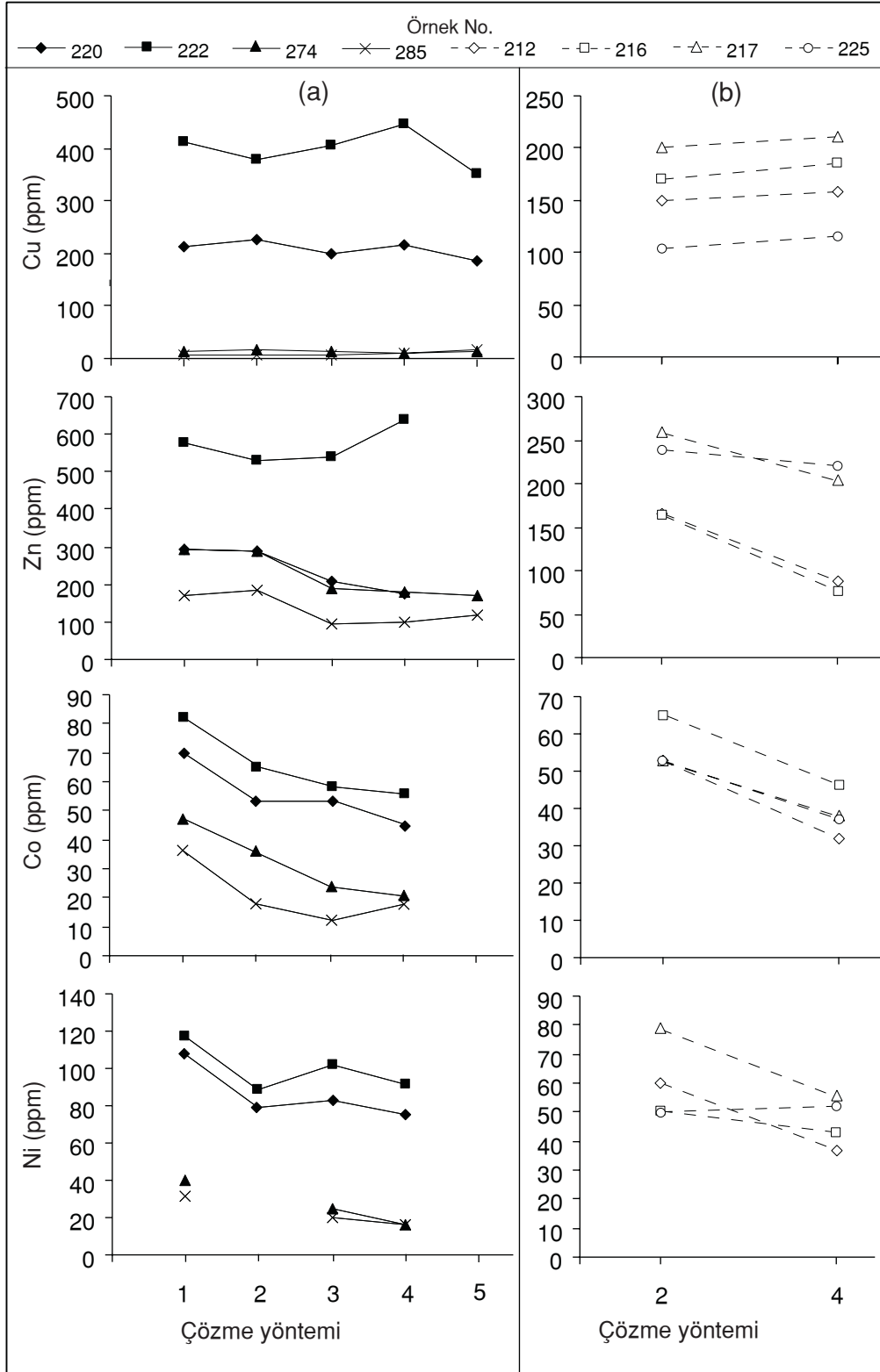
**III. Yöntem (3):** 1g örnek teflon bombaya konularak, 20 ml  $\text{HNO}_3$ +5 ml  $\text{HClO}_4$  eklenmiş ve  $200\text{C}^\circ$  sıcaklıkta 1 saat etüvde bekletilmiştir. Buharlaştırıldıktan sonra, 1 ml %50  $\text{HNO}_3$ +HCl (1/1) ve 10 ml %10'luk tartarik asit konularak süzülümüştür. Çözelti distile su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

**IV. Yöntem (4):** 1.25 g örnek test tüpüne tartılmış ve 4 ml kral suyu ilave edilmiştir. Isıtıcı tabla üzerinde 30 dakika kaynatıldıktan sonra, %10'luk 10 ml tartarik asit eklenerek. 25 ml'ye tamamlanmıştır. Santrifüj yapılarak direkt okuma alınmıştır.

**V. Yöntem (5):** 0.5 g örnek ve 10 ml  $\text{HNO}_3$  test tüpüne konularak yaklaşık bir saat su banyosunda  $95\text{C}^\circ$ de tutulmuş ve 20 ml'ye tamamlandıktan sonra santrifüj yapılarak okuma gerçekleştirilmiştir.

220, 222, 274 ve 285 nolu örnekler 1, 2, 3, 4 ve 5. yöntemlerle, 212, 216, 217 ve 225 nolu örnekler ise 2. ve 4. yöntemlerle çözümlenerek Cu, Zn, Ni ve Co elementleri analiz edilmiştir. Uygulanan çözme yöntemi ve element derişimi Şekil 4'de verilmiştir. Metal konsantrasyonu yüksek olan örneklerin (220, 222) Cu içeriği 4. yöntemde oldukça yüksek çıkmaktadır (Şekil 4a). Bu yöntemde Şekil 4b'deki örneklerin bakır içerikleri de fazladır. 222 no.lu örneğin Zn içeriği de kral suyu yöntemiyle yüksek değerler vermektedir.

Toplam metal konsantrasyonu düşük olan örneklerde genellikle kral suyunun kullanıldığı çözme yöntemi (4) tüm elementler için düşük seviyededir (bknz. Şekil 3). Teflon bombanın kullanıldığı yöntemlerde (1, 3) yüksek metal içeriğine sahip örneklerin Cu ve Zn değerleri hariç, genel olarak element konsantrasyonları yüksek düzeydedir (Şekil 4a). Cu ve Zn için uygulanan



Şekil 4. Bazı dere kumu örneklerinin farklı çözme yöntemlerinde Cu, Zn, Co ve Ni içerikleri (1. HF, HNO<sub>3</sub>; 2. HF, HNO<sub>3</sub>, HCl; 3. HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>; 4. 3HCl + HNO<sub>3</sub>; 5. HNO<sub>3</sub>).

Figure 4. Cu, Zn, Co and Ni content, with different decomposition methods of some stream sediment samples (1. HF, HNO<sub>3</sub>; 2. HF, HNO<sub>3</sub>, HCl; 3. HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>; 4. 3HCl + HNO<sub>3</sub>; 5. HNO<sub>3</sub>).

nitrik asit ile çözme yöntemi (5) diğer yöntemlere göre düşük değerler vermektedir.

1. ve 2. yöntemlerde diğer asitlerle birlikte HF asit kullanıldığı için, çoğu silikatler çözünmekte ve silikatların yapısına da girme eğilimi olan Ni ve Co değeri yüksek çıkmaktadır. Silikatların çözünmesinin ihmal edilebileceği kral suyu ile çözülen yüksek metal içeriğine sahip örneklerin Cu ve Zn içeriğinin yüksek çıkması, dere kumlarındaki metallere birincil ve/veya ikincil sülfürler şeklinde bulunduğunu göstermektedir. Çünkü kral suyu tüm sülfürleri çözebilmektedir (Olade ve Fletcher, 1974). Yukarıda değinilen nedenlerden dolayı örnekleri çözmek için kral suyu (4) tercih edilmiştir.

Örneklerin analizleri Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS) ile yapılmıştır. Alev, hava-asetilen karışımından (1/2) oluşmaktadır. Analiz edilen elementler için alt tayin limitleri ppm olarak Cu 0.04, Co 0.05, Ni 0.06, Zn 0.01, Pb 0.1, Cd 0.01' dir. Değerler, örneklerin hiçbirinde alt tayin limitlerinin altında çıkmamıştır.

Bazı örneklerden ikişer adet örnek çözeltisi hazırlanmış ve bunlara farklı örnek numaraları verilerek analizleri yapılmıştır. Bu örneklerin % inceliği, Youden (1951) tarafından önerilen yöntemle belirlenmiştir. % 95 güvenilirlik seviyesinde her bir element için % incelik değerleri Cu 14.5, Co 4.4, Ni 4, Zn 1.6, Pb 17.4 ve Cd 21.2' dir. Jeokimyasal prospeksiyon amacıyla yapılan analizlerde % 95 güvenilirlik seviyesindeki inceliği  $\pm$  % 25 'den küçük olan yöntemler iyi olarak kabul edilmektedir (Köksoy ve Topçu, 1976). Buna göre, bu çalışmada uygulanan analiz yönteminin oldukça iyi bir inceliğe sahip olduğu söylenebilir.

## ELEMENTLERİN DAĞILIMI

Piritik masif sülfid cevherleşmelerinin gözleendiği Derince'nin güneyindeki ana dere ve tali kollarında (Şekil 5; A, B ve C kolları) alınan örneklerin element dağılımları mesafe-konsantrasyon diyagramında değerlendirilmiştir. Bu diyagramda A ve B derelerine ait veriler içi dolu, bunların tali kollarına ait veriler içi boş noktalarla gösterilmiştir. Genel olarak A ve B derelerinde ve bunun tali kollarında dereye katılan cevherli ve cevhersiz malzemedan dolayı dağılım, bu derelerin C deresi ile birleşim noktasına kadar düzensiz şekilde değişmektedir. Bu birleşim nokta-

sından sonra 244 no.lu örnek alım noktasına kadar element içeriğinde bir azalma söz konusudur ve bu durum C deresinden yoğun steril malzeme getirimini düşündürmektedir. Bu seyrelmeye rağmen 243 no.lu örneğin metal içeriğinde tüm elementler açısından bir artış gözlenmektedir. Bu noktadan sonra, derenin akış yönünde gidildikçe, element konsantrasyonu genel olarak azalmaktadır. Bu nedenle, 244 no.lu ve 243 no.lu örnek alım noktaları arasında bir cevherleşmenin bulunduğunu ve bu noktadan aşağıya doğru dere yatağına giren yeni bir cevherli malzeme olmadığından, mesafeye bağlı olarak basit bir seyrelme ile konsantrasyonda azalma olduğunu söylemek mümkündür.

Analizi yapılan Cu, Pb, Ni, Co, Zn ve Cd elementleri, tonalitik kayalardaki Pb hariç, log-normal dağılım göstermektedir. Cu, Ni, Zn ve Cd nispeten birbirlerini üzerleyen iki topluluktan oluşurken, Co ve Pb sadece temel değer topluluğu içeren bir dağılıma sahiptir. Alansal dağılımlar, veriler eğer sadece tek topluluktan oluşuyorsa toplam verilerin, %25, %50, %75, %90, %95 kümülatif değerleri, eğer iki topluluktan oluşuyorsa temel değer topluluğunun %25 ve %50, anomali topluluğunun ise %50, %75, %90 kümülatif değerleri esas alınarak hazırlanmıştır.

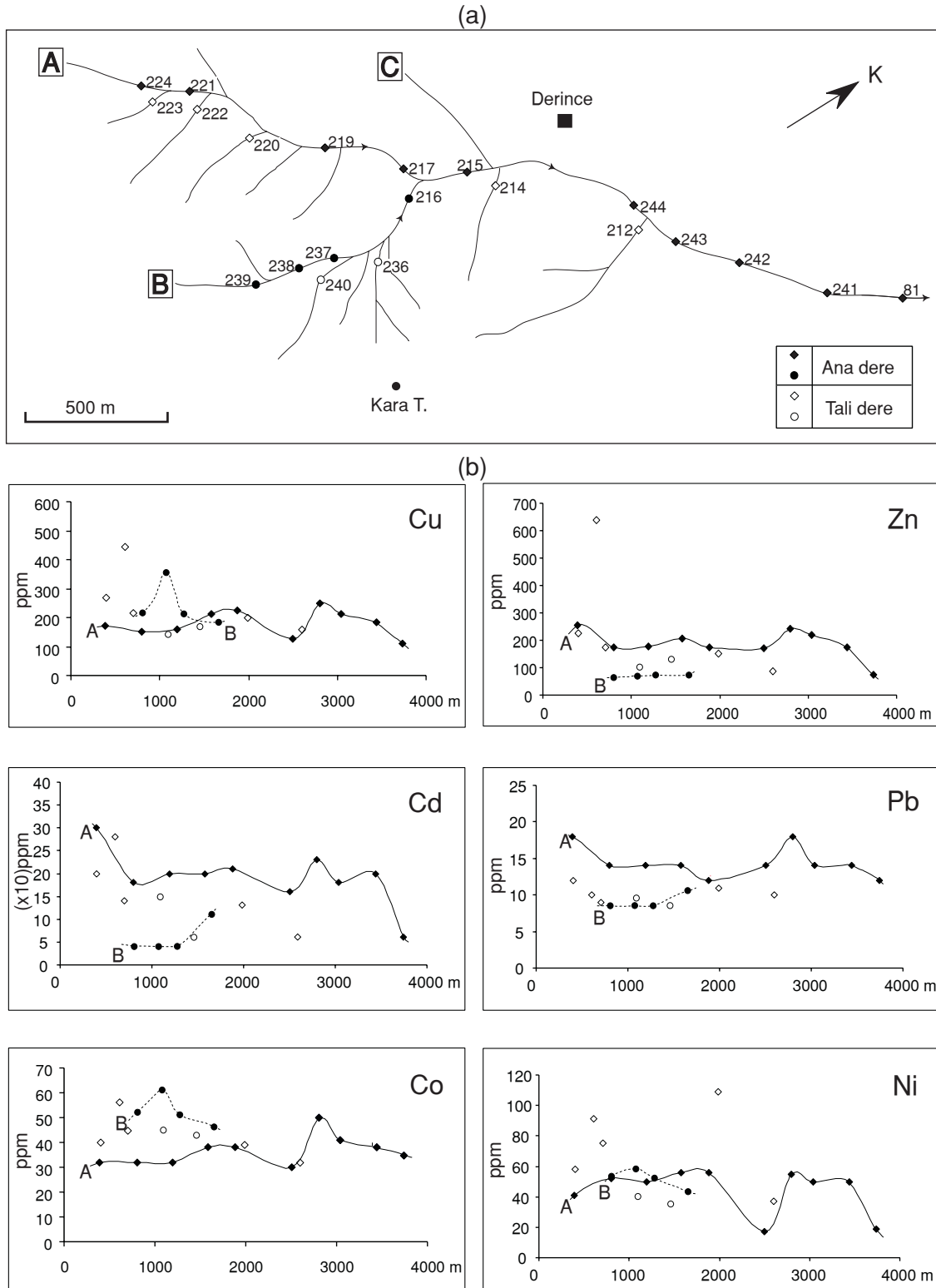
Derince'nin güneyinde ve batısında bulunan derelerde Cu, Zn ve Cd birbirleriyle iyi bir korelasyon sunmakta ve diğer alanlara göre konsantrasyon açısından belirgin bir karşıtlık göstermektedirler (Şekil 6 ve 7). Bu derelerde Co, daha düşük derişimlerle de olsa, Cu, Zn ve Cd ile uyumlu bir dağılım göstermektedir. Ni, yukarıda sayılan elementlere benzer dağılım sunmamakta, Derince'nin kuzey doğusundaki derelerde belirgin bir artış göstermektedir (Şekil 8). Pb'un Derince ve çevresinde diğer elementlerle negatif bir korelasyonu vardır ve Pb içeriği temel değer seviyesindedir (bknz. Şekil 6).

Bölgede diğer derelerdeki örneklerin element dağılımları Pb dışında temel değer seviyesinde düşük derişimde ve benzer özelliktedir. Pb Çayecorik Derede az da olsa belirgin derişim artışı göstermektedir (bknz. Şekil 6 ve 8).

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

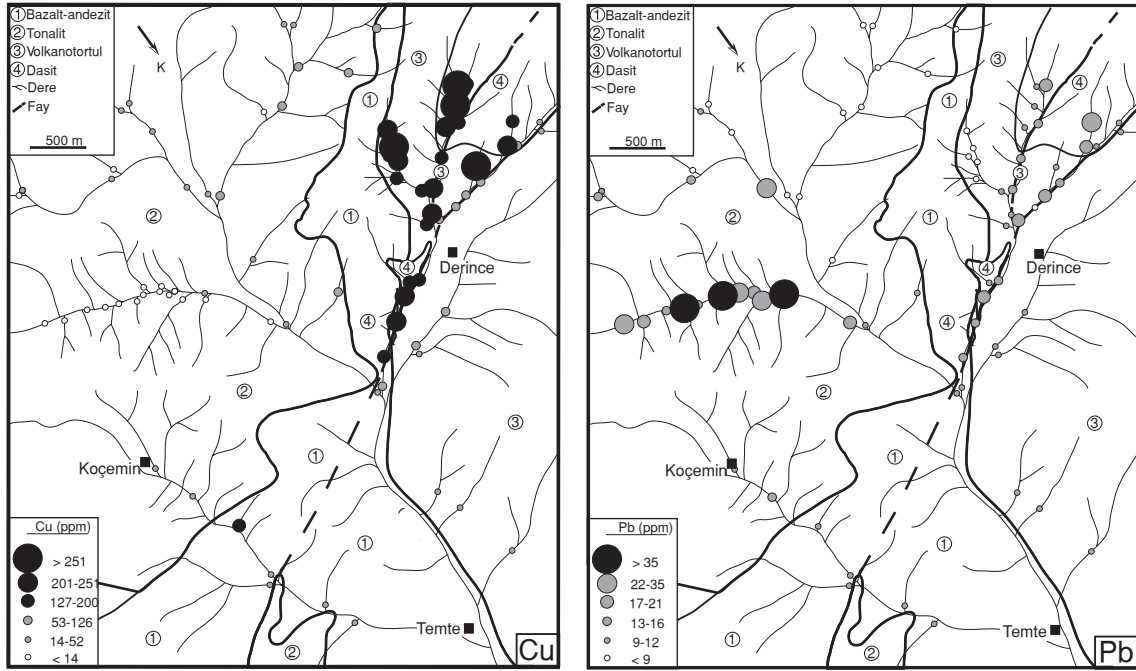
Genel olarak dere sedimentlerinin tane boyu seçimi; iklim, topoğrafya ve elementin bulunuş şekline bağlıdır. Kimyasal ayrışmanın baskın ol-



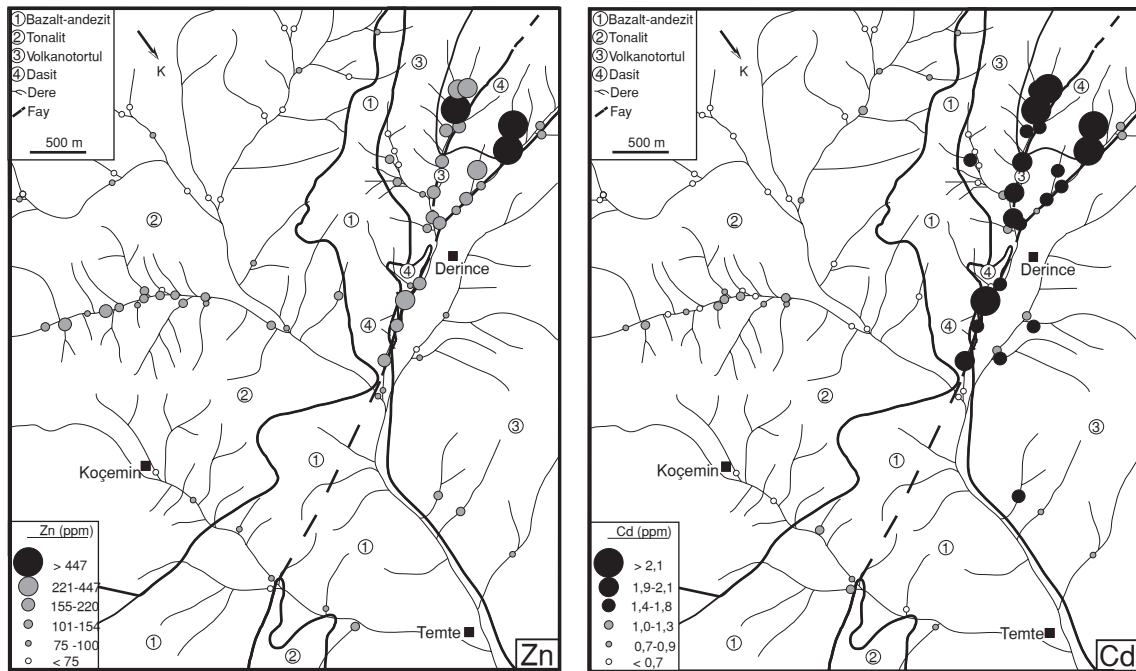


Şekil 5. Derince'nin güneyindeki derelerde dere akış yönünde dağılım: a) örnekleme lokasyonlarını gösteren drenaj haritası, b) sedimenterde gözlenen metal içeriği.

Figure 5. Downstream dispersion in streams at the south of Derince: a) drainage map showing the sampling locations, b) observed metal content of sediments.



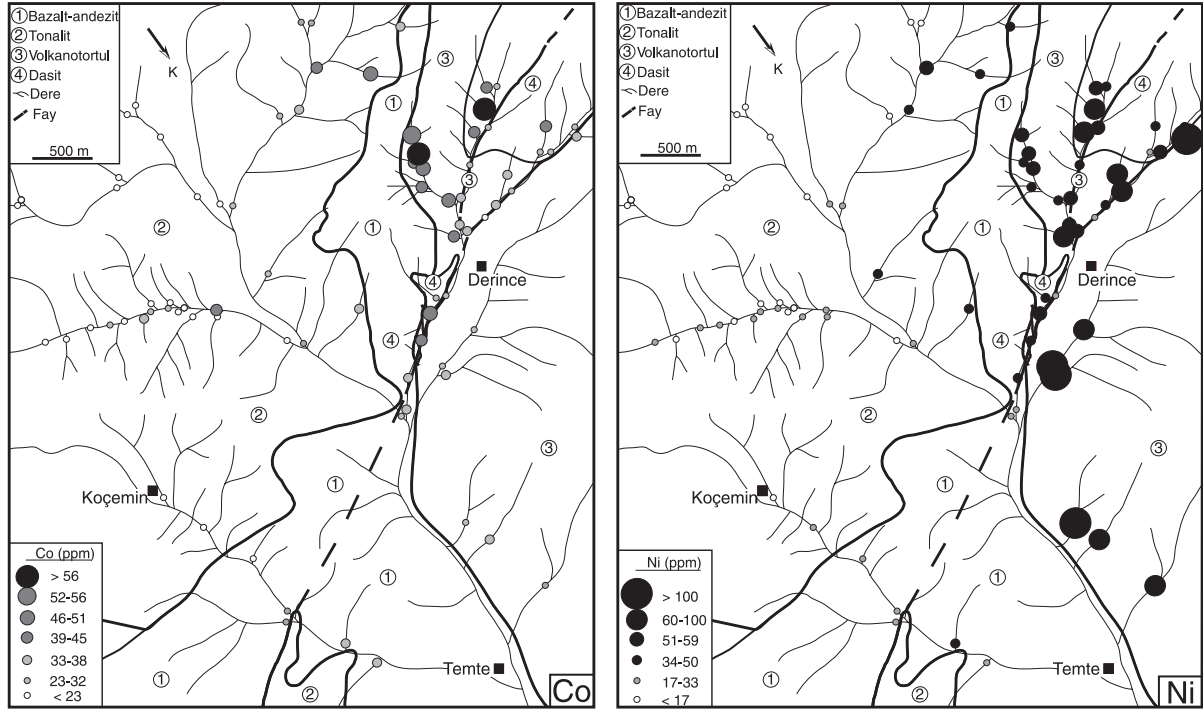
Şekil 6. Dere sedimentlerinde Cu ve Pb dağılımı.  
Figure 6. Distribution of Cu and Pb in stream sediments.



Şekil 7. Dere sedimentlerinde Zn ve Cd dağılımı.  
Figure 7. Distribution of Zn and Cd in stream sediments.

duğu alanlarda genellikle 80 mesh altındaki dere sedimenti fraksiyonu kullanılmaktadır (Rose vd., 1979; Appleton ve Ridgway, 1994). İncele-

me alanına benzer, yarı kurak ve genç dağlık bölgelerde genellikle iri fraksiyon tercih edilmektedir. Bu tür yarı kurak bölgelerde erezyonun et-



Şekil 8. Dere sedimentlerinde Ni ve Co dağılımı.  
Figure 8. Distribution of Ni and Co in stream sediments.

kisiyle kaynağa yakın alanlarda galen, sfalerit ve kalkopirit gibi düşük dirençli mineraller de kırıntılı malzeme içerisinde gözlenebilmektedir (Ötügen ve Theobald, 1994). Birbirine çok yakın örnek alım noktalarında çok farklı element derişimlerinin olması yüksek konsantrasyonlu örneğin cevherleşmeye çok yakın olduğunu ve yüksek erzyon nedeniyle çok kısa mesafede ortamdaki uzaklaştığını gösterir. Nitekim, inceleme alanına göre daha fazla yağışın olduğu, ancak çalışma alanına benzer topoğrafik yapıya sahip olan Doğu Karadeniz Bölgesi'nde de drenaj ağındaki element dağılımını, daha çok sülfitlerden mekanik olarak ayrılmış ürünlerin oluşturduğu bilinmektedir (Çağatay, 1984).

Örneklerin alındığı ortamın fiziksel ve kimyasal koşulları nedeniyle, dere kumlarındaki elementlerin kimyasal olaylardan ziyade fiziksel olayların etkisiyle oluştuğu sanılmaktadır. Dolayısıyla dere kumlarında element dağılımı hidromorfik fraksiyondan ziyade, klastik fraksiyonunun içerisinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle yüksek topoğrafyaya sahip alanlardan kaynaklanan dere kumu örneklerinin kaba boyuttaki fraksiyonu içerisinde element konsantrasyonu fazla, düşük

fraksiyonda ise çok azdır. Bununla birlikte, iri fraksiyonda sadece aşırı yüksek bileşimli birkaç taneden dolayı kabul edilemez büyük örnekleme hataları olabileceğinden, -80 ile +200 mesh arasındaki kum fraksiyonunun analizi uygun görülmüştür.

HF asidin de kullanıldığı asit karışımları (1. ve 2. yöntemler) toplam çözündürme sağlamaktadırlar (Fletcher, 1983; Van Loon ve Barefoot, 1989; Chao ve Sanzolone 1992). Deney sonuçları, HF asidin kullanıldığı çözündürme ile en yüksek değerler elde edildiğini göstermektedir.

Kral suyunun kullanıldığı çözündürme yöntemi (4. yöntem) ile oldukça iyi sonuçlar alınmıştır. Kral suyunun tüm sülfitleri çözdüğü bilinmektedir (Chao ve Sanzolone 1992). Toplam çözme yöntemiyle (1. ve 2. yöntemler) Ni ve Co'nun kral suyu çözündürmesinden daha yüksek değerler vermesi, bu elementlerin silikatların yapısına da girmiş olabileceğini gösterir. Ancak örneklerdeki Cu değerlerinin toplam çözündürme ve kral suyu çözündürmesinde de yaklaşık eşit değerler vermesi, Cu'nun esas olarak sülfürler şeklinde bulunduğunu göstermektedir.

Kral suyu çözündürmesi, nitrik asit ve nitrik asit - perklorik asit çözündürmelerinden daha daha yüksek değerler vermektedir. Nitekim, Olade ve Fletcher (1974) de kral suyunun sülfat fazını  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  karışımından daha iyi çözdüğünü belirtmişlerdir.

İnceleme alanında kimyasal bozunma oldukça azdır ve elementler birincil sülfatlar ve bunların fiziksel bozunma ürünleri halinde bulunmaktadır. Kral suyu, bu tür örnekler için oldukça iyi bir çözücüdür. (Schüler, 1971; Allcott ve Lakin, 1978; Rubeska vd., 1987). Bu asit hem primer sülfat fazlarını, hem de sekonder fazları çözebilmekte (Churc vd., 1986) olup, silikatlar üzerindeki etkisi sınırlıdır (Fletcher, 1983). Bu karışım ( $3\text{HCl}+1\text{HNO}_3$ ), kolloidlerle ilişkili metalleri, oksit çökeltilerini ve minerallerini de çözebilmekte (Mothersill, 1977) ve bu yöntemle tek bir örnek çözündürmesi ile 16 element analizi yapılabilir (Rubeska vd., 1987). Ayrıca çok sayıda örnek, çok basit ekipmanla kısa sürede çözülebilmektedir.

Derince'nin güneyindeki ve batısındaki derelerde Cu, Zn ve Cd bakımından bir anomali söz konusudur. Bu derelerde Co daha düşük derişimlerle de olsa, Cu, Zn ve Cd ile uyumlu bir dağılım göstermektedir. Ni, yukarıda sayılan elementlere benzer dağılım göstermemekte, Derince'nin kuzey doğusundaki derelerde belirgin bir artış sunmaktadır. Pb'un Derince ve çevresinde diğer elementlerle ters yönde bir ilişkisi vardır ve Pb içeriği temel değer seviyesindedir. Sadece Çayecorik Dere'de, düşük konsantrasyonda olsa da, Pb belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır.

Cu, Zn ve Cd anomalisi ve bunlarla uyumlu Co dağılımı bölgede yer alan piritik masif sülfat cevherleşmesi ile ilgili olmalıdır. Bu elementlerle benzer dağılım sunmayan nikelin bazı örneklerde lokasyonlarındaki yüksek konsantrasyonları volkano-sedimanter istif içerisindeki bazaltik volkanitler ve/veya peridotit olistolitlerinin temel değer olarak yüksek Ni içeriği ile ilgili olmalıdır. Benzer jeolojik, topografik ve iklimsel özelliklere sahip ortamlar için bu yönlendirme çalışması ile elde edilen bulgular bir referans noktası olabilir.

#### KATKI BELİRTME

Yazar, Doktora Tez Danışmanı Prof. Dr. Ahmet Sağıroğlu'na (Fırat Üniversitesi) katkılarından dolayı teşekkür eder.

#### KAYNAKLAR

- Akgül, B., 1993. Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 125 s (yayımlanmamış).
- Allcott, G.H., and Lakin, H.W., 1978. Tabulation of geochemical data furnished by 109 laboratories for six exploration reference samples. U.S. Geological Survey, Open File Report, 78-163.
- Appleton, J.D., and Ridgway, J., 1994. Drainage Geochemistry in Tropical Rain Forest Terrains *In*: M. Hale and J.A. Plant (eds.), Drainage Geochemistry, Handbook of Exploration Geochemistry, Elsevier, Amsterdam, 341-378.
- Asutay, H.J., 1987. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve petrografik incelenmesi. MTA Dergisi, 106, 55-61.
- Betinelli, M., Pastorelli, N., and Baroni, U., 1986. Determination of trace metals in sediment standard reference materials by grafit-furnace atomic absorption spectrometry with a stabilized temperature platform. Analytical Chemical Acta, 185, 109-117.
- Bölücek, C. 1995. Baskil Magmatitleri ile ilişkili cevherleşmelerin jeokimyasal prospeksiyonu. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 186 s (yayımlanmamış).
- Bölücek, C., ve Sağıroğlu, A., 1997. Hacımustafa (Baskil-Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni. Selçuk Üniversitesi 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu, Bidiriler Kitabı, 149-157.
- Bölviken, B., Kullerud, G., and Loucks, R.R., 1990. Geochemical and metallogenic provinces: a discussion initiated by results from geochemical mapping across northern Fennoscandia. Journal of Geochemical Exploration, 39, 49-90.
- Brenner, I.B., Lang, Y., LeMarchand, A., and Grosdillan, P., 1987. A versatile technique for multi element ICP-AES analysis of geological samples. American Laboratory, 17-32.
- Chao, T.T., and Sanzalone, R.F., 1992. Decomposition techniques. *In* G.E.M. Hall (ed.), Geoanalysis, Journal of Geochemical Exploration, 44, 65-106.
- Church, S.E., Mosier, E.L., and Motooka, J.M., 1986. Mineralogical basis for the interpretation of multi-element (ICP-AES), oxalic acid, and aqua regia partial digestions of stream sediments for reconnaissance exploration geochemistry. *In* R.G. Garrett (ed.), Geochemical Exploration 1985, Journal of Geochemical Exploration, 29, 207-333.

- Çağatay, M.N., 1984. Selective extraction techniques in exploration for volcano-genetic sulphide deposits, Eastern Black Sea Region, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration*, 21, 273-290.
- Darnley, A.G., 1990. International geochemical mapping: a new global project. *Journal of Geochemical Exploration*, 39, 1-13.
- Fletcher, W.K., 1983. Analytical methods in geochemical prospecting. *In: G.J.S.Govett (ed.), Handbook of Exploration Geochemistry*, Elsevier, Oxford, 255 pp.
- Govett, G.J.S., 1985. Rock Geochemistry in Mineral Exploration. G.J.S.Govett (ed.), *Handbook of Exploration Geochemistry*, Elsevier, New York, 461pp.
- Köksoy, M. ve Topçu, S., 1976. Jeokimyasal prospeksiyonun tanıtımı ve laboratuvar teknikleri. M.T.A. Eğitim Serisi Kitapları, 16, 96s.
- Krauskopf, K.B., 1989. *Introduction to Geochemistry*. McGraw-Hill International Editions, Paris, 617pp.
- Learned, R.E., Chao, T.T., and Sanzolone, R.F., 1985. A comparative study of stream water and stream sediment as geochemical exploration media in the Rio Tanoma Porphyry copper district, Puerto Rico. *Journal of Geochemical Exploration*, 24, 171-195.
- Macalalad, E., Bayoran, R., Ebarvia, B., and Rubeska, I., 1988. A concise analytical scheme for 16 trace elements in geochemical exploration samples using exclusively AAS. *Journal of Geochemical Exploration*, 30, 167-177.
- Maqueda, C., Rodriguez, J.L.P., and Justo, A., 1986. Problems in the dissolution of silicates by acid mixtures. *Analyst*, 111, 1107-1108.
- Miesh, A.T., 1981. Estimation of the geochemical threshold and its statistical significance. *Journal of Geochemical Exploration*, 16, 49-76.
- Mothersill, J.S., 1977. Selected element concentrations in the post-glacial sediments of Thunder Bay, Lake Superior: distribution and methods of analyses. *Canadian Journal of Earth Science*, 14, 1054-1061.
- Olade, M., and Fletcher, K., 1974. Potassium chlorate-hydrochloric acid; a sulfide selective leach for bedrock geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, 3, 337-344.
- Ottesen, R.T., and Theobald, P.K., 1994. Stream Sediments in Mineral Exploration. *In: M. Hale and J.A. Plant (eds.), Drainage Geochemistry, Handbook of Exploration Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam, 147-184.
- Plant, J.A., and Moore, P.J., 1979. Geochemical mapping and interpretation in Britain. *Philos. Transactions of the Royal Society of London, Ser. B*, 288, 95-112.
- Plant, J.A., Hale, M., and Ridgway, J., 1988. Developments in regional geochemistry for mineral exploration. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, 97, B116-B140.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., and Webb, J.S., 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration*. Academic Press, New York, 657 pp.
- Rubeska, I., Ebarvia, B., Macalalad, E., Ravis, D., and Roque, N., 1987. Multi-element preconcentration by solvent extraction compatible with an aqua regia digestion for geochemical exploration samples. *Analyst*, 112, 27-29.
- Sağiroğlu, A., 1986. Kızıldağ-Elaziğ cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni. *Jeoloji Mühendisliği Bülteni*, 29, 5-13.
- Sağiroğlu, A., 1992. Pertek -Demürek (Tunceli) skarn tipi manyetit ve ilişkili bakır cevherleşmeleri. *TJK Bülteni*, 35, 63-70.
- Schüler, V.C.O., 1971. Chemical Analysis and Sample Preparation. *In: R.E.Wainerdi and E.A. Uken (eds.), Modern Methods of Geochemical Analysis*, London, 53-71.
- Şaşmaz, A. ve Sağiroğlu, A., 1990. Billurik dere cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni. *MTA Dergisi*, 110, 45-54.
- Tüfekçi, M.Ş. ve Dumanlılar, Ö., 1994 a. Güneydoğu Anadolu maden arama projesi genel tahkik ve detay jeokimya çalışmaları raporu. Ankara, MTA Rapor No. 9736, 25 s (yayımlanmamış).
- Tüfekçi, M.Ş. ve Dumanlılar, Ö., 1994 b. Malatya-İspendere-Kızmehtet ve Elaziğ-Baskil-Nazaruşağı arasında görülen cevherleşmelerin genel görünümü ve maden jeolojisi çalışmaları raporu. MTA Rapor No. 9739, 26 s (yayımlanmamış).
- Van Loon, J.C., and Barefoot, R.R., 1989. *Analytical Methods for Geochemical Exploration*. Academic Press, New York, 344pp.
- Youden, W.J., 1951. *Statistical Methods for Chemists*. John Wiley and Sons Inc, N.Y., 16-17.