

**Gümüşköy-Maden (Ulukışla-Niğde) Bölgesindeki Toprak, Su ve  
Bitkilerde Maden Atıklarından Kaynaklanan Ağır Metal  
Kirlilik Düzeyleri**

*Heavy metal Pollution Levels of the Soil, Water and Plants, derived from  
Slag Piles in the Gümüşköy-Maden (Ulukışla-Niğde) Region*

**Abdurrahman LERMİ**

*Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51200, Niğde.*

*e-mail: alermi@nigde.edu.tr*

**ÖZ:** Bu çalışmada Niğde-Ulukışla İlçesinde Gümüşköy ve Maden civarında yer alan maden atıklarının yer altı ve yüzey sularında, tarım yapılan topraklarda ve bu bölgede sıklıkla yetiştirilen kiraz, kayısı, elma ve armut gibi meyve bitkilerinde meydana getirdiği kirliliğin boyutları belirlenmeye çalışılmıştır. İnceleme alanı Pozantı-karsantı metalojenik provensi içerisinde yer almakta ve bu zon içerisinde özellikle Niğde Masifi, Aladağ ve Bolkar dağlarının ev sahipliği yaptığı pek çok Pb, Zn, Fe, Au ve Ag içeren maden yatağı bulunmaktadır. Atıkların yaygın olarak bulunduğu bölgede Paleozoik yaşlı mermer ve kireçtaşlarından oluşan Bolkaradağı grubu temel kayaların oluşturmakta, bunların üzerine serpantin, peridotit, gabro diyabaz ve diyoritten oluşan Alihoca ofiyoliti gelmektedir. Alihoca ofiyoliti üzerine gelen ve çakıltası, kumtaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşan birimler tektonizmadan dolayı kıvrımlanmış ve küçük ölçekli faylarla atılmış durumdadırlar. Bölge halkının içme suyu olarak yararlandığı pınarlar bu fay ve kırık sistemleri tarafından kontrol edilmektedir. Gümüşköy atık sahasına yakın yer altı suları beklenenden daha bazik (pH 6.7-8.2) karakterdedir ve asit maden drenajı etkisi bu sulara izlenmemektedir. Ancak kirlilik boyutları, curuflarda belirlenen ikincil minerallerden jarosit, limonit, simitzonit ve zinkosit minerallerinin varlığı, bu atık sahasında pirit ve pirotin gibi minerallerin oksitlendiğini göstermektedir. Bölgedeki yan kayalar ve toprakların doğal nötrale özelliğe sahip olmasına karşın, atıkların bulunduğu bölgedeki topraklar Fe, Mn, Pb, Zn As ve yer altı ve yüzey suları ise su kalitesi yönetmeliğine göre Zn, As, Fe, Mn elementleri bakımından kirlenmiş, yer yer bölgede yaşayan canlılar açısından bir tehdit oluşturacak boyuta ulaşmıştır. Kirliliğin belirlendiği bölgedeki tarım arazilerinden alınan bahçe bitkilerinin yapraklarından yapılan analizlerden hesaplanan

biyokonsantrasyon faktörü (BCF) tüm bitkilerde Fe 3.8-4.5, Pb 3.3-4.5, Zn 2.5-3.1 ve As 1.8 ile 3 arasında belirlenmiştir. Dolayısıyla bitkilerde Fe, Pb, Zn ve As özellikle ceviz, kiraz ve armut ağaçlarında kabul edilebilir sınırı aşmış durumdadır. Maden atıklarının açık alanda her türlü etkiye açık olması, Gümüşköy'de yeniden zenginleştirmeye tabi tutulmaları çevre kirliliğini artırmaya devam edecektir. Maden atıklarının yakın kesimlerinde tarımsal faaliyetlerden uzak durulmalı, kuyu ve kaynak suları önlem alınmadan kullanılmamalı, yine de bazı yerlerde kireçleme ve yersel iyileştirmeler yapılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Su-toprak jeokimyası, çevre kirliliği, biyojeokimya, biyokonsantrasyon faktörü.

**ABSTRACT:** *This study has been carried out at the areas where mine wastes and slag piles are found a large area around the Gümüşköy village (Niğde-Ulukişla) and its acid mine drainage potential and pollution effects on the underground and surficial waters have been investigated. And pollution levels in the plants such as apple, pear, cherry tree, walnut tree and peach widespread around slag piles have been determined. Study area is located in Pozanti-Karsanti metallogenic province. There are lots of Pb, Zn, Fe, Au and Ag ore deposits which are hosted Nigde Massif, Aladağ and Bolkar Dağ in this province. The study area, slag piles are widespread, where outcropping basement rocks namely Bolkardağ group consist of marble and limestone which are Paleozoic in age. This group overlies by Alihoca Ophiolite composed of peridotite, gabro, diabase and diorite. The units which overlie the Alihoca ophiolite are containing limestone, sandstone and conglomerate. The formations are deformed by tectonic activity and little scale faults. Spring waters that consumed by the people of the region are governed by local faults and fracture systems. The domestic well waters next to the Gümüşköy disposal area is more basic (pH 6.75-8.2) in character than expected. These effects of the acid mine drainage cannot be followed in these waters. However, the contamination levels, secondary minerals in slag piles, and existence of jarosite, limonite, smithsonite and zinkosite minerals indicate that pyrite has been oxidized at first state. Although the wall rocks and the soils have natural neutralization ability, the Fe, Mn, Pb, Zn, As pollution occurring in the soils and waters threatens the life of organisms at the region. Fruits tree leaves collected from contaminated and polluted site indicate bioaccumulation of several elements such as Fe (3.8-4.5), Pb (3.3-4.5), Zn (2.5-3.1), and As (1.8-3). Thereby, Fe, Pb, Zn and As elements passed over permissible limit in the walnut, apple and pear. Being exposed to all*

*types of effects of surficial conditions and re-concentration activities of slag piles at the Gümüşköy will induce the environmental pollution. Agricultural activities spring and well-water consumption in close vicinity of mine wastes should be avoided and liming and remediation could be considered as potential on-site remediation methods.*

**Keywords:** *Soil-water geochemistry, environmental Pollution, biogeochemistry, bioconcentration factor.*

## **Giriş**

Asidik maden drenajı (AMD), dünyanın her yerinde madencilik alanlarında önemli bir çevresel problemdir. Terk edilmiş maden sahalarında, atık depolarının olduğu bölgelerde, hatta uzun süre işletilmekte olan madenlerde oluşan asit maden drenajı, çevredeki yüzey ve yer altı sularının asitliğini değiştirmekte, madenlerden çevreye toksik etki yapabilecek ağır metallerin yayılımını sağlamaktadır (Lopez vd., 2001). Maden üretim, nakliyat ve zenginleştirme ile ilgili madencilik çalışmalarının yapıldığı alanlar ve çevreleri çeşitli oranlarda hasara uğramakta toprak, su ve hava kirlenmesi meydana gelmektedir.

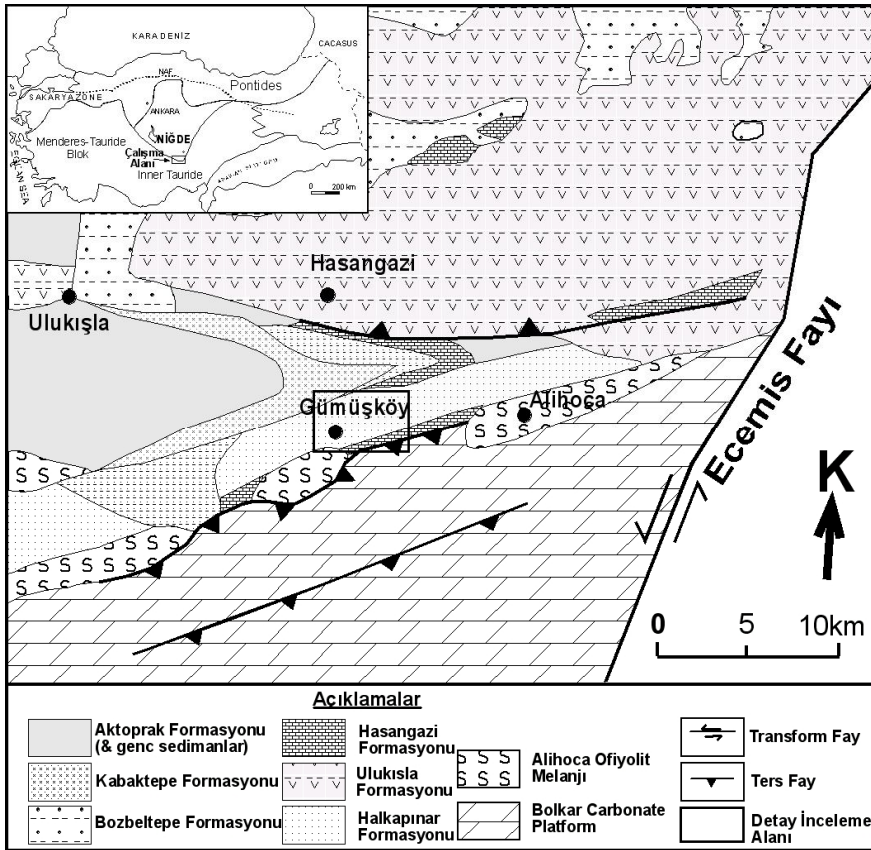
Bu çalışma, Gümüşköy (Ulukışla-Niğde) civarında yer alan ve yaklaşık 40 dönümden fazla bir alanda görülen, oldukça ilkel zenginleştirme işlemlerinin sonucu hala potansiyel bir yatak gibi özel bir şirket tarafından işletilmekte olan, ortalama olarak % 6 Pb, % 2.5 Zn, % 0.5 Cu ve %0.006 Ag içeren maden atıklarının asit maden drenajı oluşturma potansiyeli ve bu atıkların (yer altı, yüzey suları, toprak ve bitkilere) olabilecek olumsuz etkisinin boyutlarının belirlenmesini amaç edinmiştir (Şekil 1).

Asitliği artmış veya metal konsantrasyonu yükselmiş sular, başta bu sulara yaşayan canlı yaşamın kaybedilmesine neden olmakta, uzun vadede bölgede yetişen bitki türlerine toksik etki yapmakta ve dolaylı olarak çevrede yaşayan diğer canlıları etkilemektedir (Gonzalez vd., 2003; Amaral Zettler vd., 2002). Toprak ve su kirlenmesi; özellikle üzerinde yetişen bitkilerin besin zinciriyle diğer canlılara ve insana geçmesi, suların içme ve kullanma suyu olarak kullanılması ve uzun zaman sürecinde toksik metallerle maruz kalma sonucu belli kalıcı sağlık sorunlarının ortaya çıkabilmesi nedeniyle büyük önem taşımaktadır (Alloway, 1990; Blunden ve Reddish, 1991).

Bu amaç doğrultusunda Gümüşköy ve maden atık sahaları etrafında kaynak, yüzey ve yeraltı suları örneklenmiş, bölgedeki toprak profili

belirlenmiş ve buna göre sistematik toprak ve bitki örnekleri derlenerek kirlilik boyutlarının belirlenebilmesi için analiz edilip karşılaştırmalar yapılmıştır.

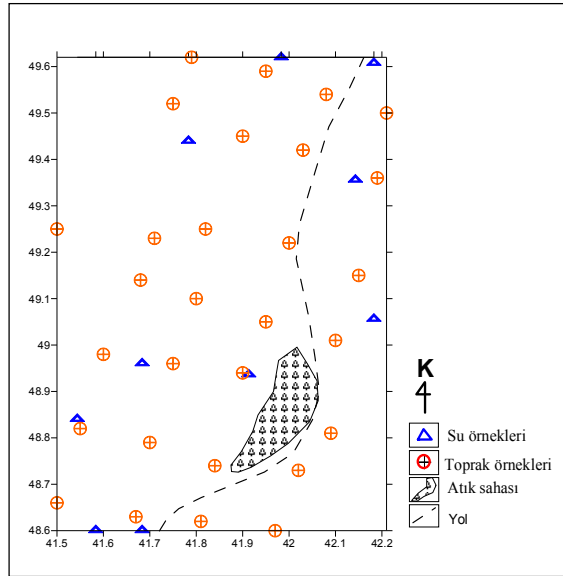
Son nüfus sayımına göre sadece Gümüşköy’de 205 erkek ve 214 kadın olmak üzere toplam 419 kişi yaşamaktadır. Bölgede gelişigüzel atılan bu atıkların daha az etkilediği vadilerden su temin eden Maden, Alihoca, Horoz gibi pek çok yerleşim yeri bulunmaktadır. Halk geçimini tarım ve hayvancılıkla sağlamakta olup özellikle Şarлак dereye sızan bu sularla kirlenen dere deltası boyunca bu atıklardan etkilenen yüzey ve yer altı sularını kullanmaktadır. Bu nedenle toprak ve suların kirlilik boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru ve jeoloji haritası (Robertson vd, 2002, revize edilmiştir)

## Materyal ve Yöntemler

Bu çalışmada araziden derlenen su, toprak ve bitki örnekleri kullanılmıştır (Şekil 2). Su örnekleme yağış rejimine bağlı olarak 2007 yılı Şubat ayında (birinci grup-kış mevsimi) ve 2007 yılı Temmuz ayı sonunda (ikinci grup-yaz mevsimi) olmak üzere iki dönemde yapılmıştır. Alınan örneklerin toplam çözünmüş madde miktarı, sıcaklıkları, pH değerleri, iyonik iletkenlikleri sülfat ve toplam demir içerikleri arazide ölçülmüştür. Ölçümlerde taşınabilir Jenco marka pH metre, iyonik iletkenlik, sıcaklık ölçer ve AMD test kiti kullanılmıştır. Diğer anyon analizleri için alınan örnekler 500 ml'lik polietilen şişeler kullanılmıştır. Katyon analizi için örnekler iki kere saflaştırılmış suyla yıkanmış 100 ml'lik şişelere 0.45µm selüloz kağıt filtreden geçirilmiş ve pH<2 olacak şekilde nitrik asit ilave edilmiştir. Anyon analizleri ise 24 saat içerisinde yapılmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanı örnek alım haritası.

Toprak örneklemesinde örnekler, daha önce taksonomisi belirlenen toprak profilindeki birikme zonu olarak bilinen B zonundan alınmaya özen gösterilmiştir (Şekil 2). Bu zonun çalışma sahasındaki derinliği 20-70 cm arasında değişmektedir. Araziden alınan toprak örnekleri 24 saat

105 °C sıcaklıkta fırında kurutulduktan sonra, 2 mm elekten geçirilerek agat havanda öğütülmüş, öğütülen miktar çeyreklenerek elementlerin her yere eşit dağılması sağlanmıştır. Hazırlanan örneklerden 15 gr'ı 90 ml 2-2-2 HCl-HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O ile 95 °C'ta 1 saat liç işlemine tabii tutulmuş daha sonra çözelti 300 ml'ye seyreltilmiştir. Filtrelenen çözelti ICP-MS ile analiz edilmiştir.

Bitki örnekleme ise Temmuz sonu Ağustos başında gerçekleştirilmiştir. Alınan bitki örnekleri iki kere saflaştırılmış suyla yıkanarak 40 oC'ta etüvde kurutulmuştur. Kuruyan örnekler öğütülerek homojen hale getirilmiş, daha sonra bu örneklerden 1gr tartılarak HNO<sub>3</sub> ve Agua Regia içerisinde çözülmüş ve ICP-MS kullanılarak analiz edilmiştir.

## Genel Jeoloji

Gümüşköy-Maden ve civarı Bolkardağlarının Jeolojik özelliklerini taşımaktadır (Şekil 1). Bolkardağı genellikle Triyas mermerlerinden oluşmuş (Çalapkulu, 1980; Çevikbaş, 1991), temel kayaçlarını Niğde masifinin eşleniği olan Permiyen-Devoniyen yaşlı mermer ve şistleri oluşturmaktadır. Çalışma alanının büyük kısmı Bolkardağı mermerleriyle kaplıdır. Bolkardağı şistlerinin üzerine uyumlu olarak örten Bolkardağı mermerlerinin üzerinde ise tektonik itilmelerle gelen Alihoca ofiyolitleri ve açılı bir uyumsuzlukla gelen Tersiyer yaşlı sedimanter ve volkano-sedimanter birimler (Ulukışla Formasyonu) yer almaktadır (Şekil 1). Bunun üzerine gelen Alihoca Ofiyoliti, gabro, serpantinleşmiş peridotit, ultramafik kümülatlar gibi bazik ve ultrabazik kayaçlar, volkano-sedimanter birimler ve sedimanter kayaçlardan meydana gelen olistolistlerden oluşmuştur (Çalapkulu, 1980, Çağatay ve Arman, 1989). Melanj, çalışma alanına yakın yerlerde Maden vadisinde tipik şekilde gözlenmektedir. Gümüşköy ve civarında ise haritalanacak seviyede yüzeylemekte olup güncel çökeller tarafından örtülmüştür. Ancak fay ve yol yarmalarında melanja ait kayaçlar mostra vermektedir.

Yöredeki volkano-sedimanter kayaçlar diyabaz, split, volkanik breş ve şeyllerden meydana gelmektedir. Ofiyolitlerin üzerine taban konglomerasıyla gelen ve çok ince taneli kumtaşı ve kırmızı şeyllerden oluşan Ulukışla formasyonu, üste doğru kırmızı renkli pelajik kireçtaşlarına geçiş göstermektedir (Şekil 1; Clark ve Robertson, 2002). Bu birimlerin üzerine tabanda beyaz renkli ve tabakalı anhidrit ve üst kesimde ise kahve renkli türbiditik kumtaşı-çamurtaşı-kahve renkli

kireçtaşı ve beyaz renkli anhidrit araldanmasından oluşan ve Oligosen yaşlı Zeyvegediği Anhidridi gelmektedir (Oktay, 1982).

## **Bulgular ve Tartışma**

### **Cürufların, Mineralojisi ve Jeokimyası**

Cüruflar açık alanda yaklaşık 40-45 dönümlük araziye yayılmış olduğundan uzun yıllardan beri dış etkilere açık bir şekilde bulunmaktadır. Cüruflarda yapılan mineralojik incelemelerde önemli miktarda pirit, galenit, simitsonit olduğu tespit edilmiştir. Bölgedeki eski işletmelerde ergiterek zenginleştirme yapıldığından Zn, Pb ve diğer minerallerin birincil yapıları bozulmuş olduğundan parlatma kesitlerinde birincil minerallere ender olarak rastlanmaktadır. Yukarıda bahsedilen minerallerin yanında makroskobik olarak limonit hematit ve malahit oluşumları gözlenmiştir. Ayrıca bölgeden alınan örnekler üzerinde yapılan XRD analizleri sonucu simitsonit, siderit, seruzit, kalsit ve kuvars minerallerinin yanında, galenit, saf kurşun, pirit, pirrotin ve zinkosit mineralleri tespit edilmiştir.

Cüruflardan alınan örneklerden yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre, cürufların ortalama olarak % 4.85 Pb, % 2.34 Zn, % 0.14 Cu ve % 0.04 Ag içerdikleri belirlenmiştir. Çalışma alanından alınan 4 adet cürufun jeokimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 1). Cürufların oldukça yüksek Pb, Zn ve As içerdikleri görülmektedir. Gümüşköyde bulunan atıklar daha fazla Sb içerirken Madenköy'de bulunan atıklar ise daha fazla Co içermektedirler. Bölge de yaygın olan kayaçların iz element içeriği kumtaşlarındaki As miktarı (180 ppm) hariç normal düzeydedir (Tablo 1).

Çalışma sahasında kış (Şubat 2007) ve yaz (Temmuz 2007) olmak üzere iki periyotta toplam 20 adet su örneği alınmıştır. Örnekler yüzey suyu, pınar ve kuyu suyu olarak 3 grupta toplanabilir. Bölgeden derlenen bu suların elde edilen hidrojeokimyasal verilere göre, genelde Ca ve Mg baskın Ca-Mg-Na-HCO<sub>3</sub> olarak sınıflandırılabilirler. Bu suların pH'ı 6.5 ile 8.1 arasında değişmekte ve ortalama 7.6 ile alkali karaktere sahiptirler.

Her iki evrede alınan suların pH değerleri nötr hatta bazik düzeydedir. Bu durum bölgede yaygın olan atıklarda başlangıçta asit maden drenajı oluşmadığı şeklinde yorumlanabilir. Ancak atıklarda

yapılan gözlemler ve alınan örneklerde yapılan mineralojik tayinlerde jarosit, limonit, simitsonit ve zinkosit minerallerinin varlığı, bu atık sahasında pirit ve pirrotin gibi minerallerin oksitlendiğini göstermektedir.

**Tablo 1. Gümüşköy cürüfları (GC) ve bölgede yaygın olan kayac (GK; 1. Bazalt, 2 Serpantinit, 3. kumtaşı, 4. kalkşıst, 4. Kireçtaşı) örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (Ana (%) ve iz (ppm) element; ae: analiz edilmedi; kayac örneklerinden Fe % diğer elementler ppm cinsindedir).**

Örnekler									
Element	GC1	GC2	GC3	GC4	GK1	GK2	GK3	GK4	GK5
Fe (%)	35,2	34,3	29,6	11,7	14,63	13,12	1,13	0,04	1,93
Pb	9,5	9,8	4,6	6,4	160,1	59	14,6	11,5	153,1
Zn	2,5	3,1	2,1	6,5	66,00	33	16	4	38
As (ppm)	<b>15200</b>	<b>9450</b>	<b>29400</b>	<b>12600</b>	<b>18</b>	<b>5,3</b>	<b>2,6</b>	<b>1,8</b>	<b>72,60</b>
Au	1550	2070	ae	ae	5,3	0,7	<0,5	<0,5	1,8
Sb	<b>1290</b>	<b>1350</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	0,8	0,4	0,3	0,1	4,90
Co	14	16	1690	5490	36,4	42,3	6,4	0,5	9,30
Ni	430	410	ae	ae	115,1	150,2	32,7	11,5	14,30
Ag	110	260	ae	ae	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,20
Cr	524	529	ae	ae	280	350	70	40	50
U	33	44	ae	ae					

### Su jeokimyası ve bölgedeki suların kirlilik düzeyleri

Karbonatlı kayalardan oluşan yan kayaların nötürleştirme kapasitesi yüksek olduğundan, başlangıçta oluşan asitik suları nötürleştirmesine rağmen yeraltı suları ve yüzey sularında belirlenen iz element miktarları özellikle bazı kuyuların ve pınarların, uluslar arası sağlık örgütü (WHO) ve Türkiye Su Kalite Kontrol Yönetmeliğine (SKKY, 1991) göre kirliliğe girdikleri belirlenmiştir. Kuyu ve yüzey sularının iz element içeriklerinin SKKY ne göre 2. Kalite suyla karşılaştırılmıştır (Şekil 3 ve 4). İz elementlerden As, birinci periyot sularında 14.2, ikinci periyot aynı kuyuda 18.6 kat daha zenginleştiğini göstermektedir. As yüzey sularında ise 2. Kalite suya göre 1.3 kat zenginleşme göstermiştir. Ölçüm yapılan 6 kuyudan 3 tanesinde aşırı zenginleşme her iki periyotta da göze çarpmaktadır (Şekil 2). As ile birlikte Pb (13 kat zenginleşme) ve Zn (2 kat zenginleşme) kirlilik düzeyi



yüksek olan elementlerdir. Fe, Cu ve Mn yeraltı sularında kabul edilebilir düzeylerde görülmektedir. Yüzey sularında ise Cu ve çinko 2 kat, Pb 2. periyotta 6 kat, Fe ve Mn ise 3 kat zenginleşme göstermişlerdir.

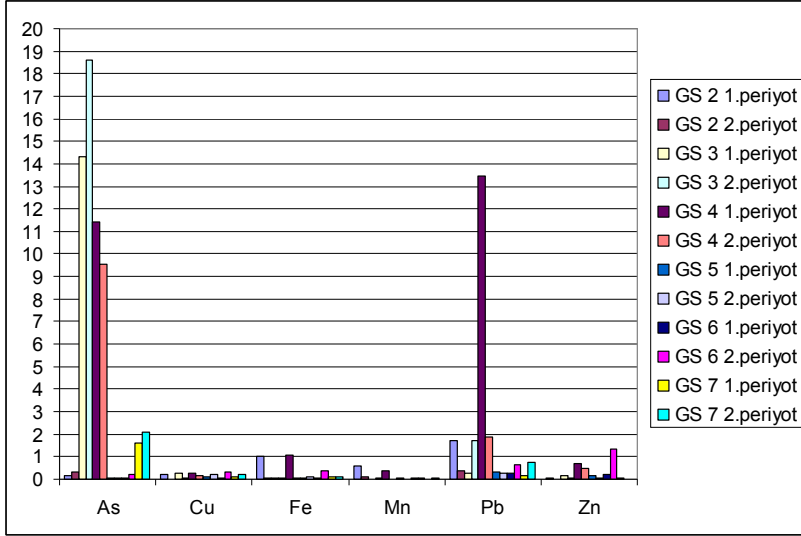
Arsenik ve diğer toksik metaller bakımından kirlenmiş alanlarda sadece yeraltı suları kirlenmemekte, bu sularla sulanan tarım arazileri, yetiştirilen bitkiler ve hatta balıklar da bu kirlenmeden nasibini almaktadır (Rahman vd., 2008). Kronik arsenik zehirlenmesi kanser, melanosiz, hiperkeratosis ciğer hastalıkları, kankren, hipertansiyon gibi pek çok ciddi rahatsızlıklara neden olmaktadır (Josef vd., 2007). Bu nedenle uluslararası sağlık örgütü, sularda özellikle As için kabul edilebilir sınırları 10 µg olarak kabul etmektedir.

### **Topraklarda iz Element Dağılımları**

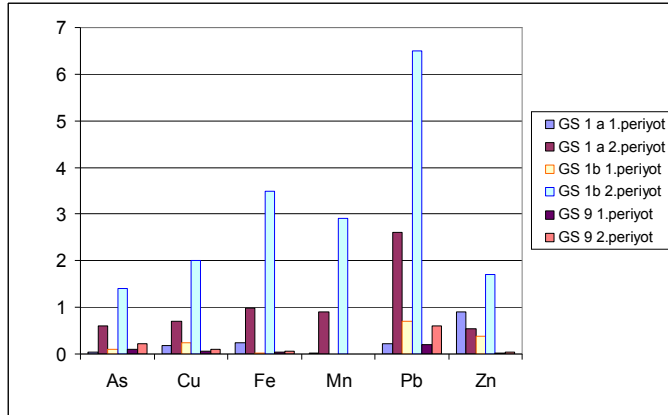
Atık sahasına yakın ve etrafındaki çoğunlukla tarım yapılan arazilerden derlenen yüzey toprakları analiz edilmiş ve bu analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler Tablo 2’de verilmiştir. Bu topraklardan ölçülen pH değerlerine göre (6.8-8.5 saf suda) bu toprakların alkali karakterde olduğu belirlenmiştir. Önceki çalışmacılar toprağın pH’ı ile metal mobilitesi üzerinde önemli rol oynadığını, Pb’un nötr ve alkali topraklarda zayıf mobiliteye sahip olduğunu ancak, Cu, As ve Zn komplekslerinin bu tür topraklarda daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (Lee vd., 2000; Fernandez-Truel vd., 2001). pH Pb, Zn, Cd gibi elementlerin bu tür topraklarda bitkilerin bünyelerine alınmasında oldukça etkili olduğunu belirtmişlerdir (Ullrich vd., 1999).

Atıkların yayılımının bittiği kuzey kesiminde toprak profilini görecekte şekilde açtırılan 190 cm derinliğindeki kuyudan dikey yönde alınan örneklerde yapılan analizler, bu elementler bakımından zengin zonun A<sub>h</sub> ve FE zonu olduğunu, kirlenmesin maksimum 40-45 cm derinliğe kadar indiğini, element dağılımının B<sub>t</sub>, B<sub>v</sub> ve C<sub>v</sub> zonlarında profil boyunca normal konsantrasyonda devam ettiğini göstermektedir (Şekil 5). Atık sahasını da içine alan yaklaşık 2 km<sup>2</sup> lik bir alandan derlenen örnek topluluğunun %60’a yakın kesiminde Ag, As, Pb, Zn ve Cu değerleri toprak kontrol yönetmeliğinde belirlenen kabul edilebilir sınırlardan oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır. Topraklarda elementlerin yatay yöndeki dağılımında As (Şekil 6), atıkların doğu ve batısındaki topraklarda ve çoğunlukla da kuzey yöndeki tarım arazisinde anomali verdiği gözlenmektedir. Bu topraklarda As 9737 mg/kg gibi yüksek bir miktara ulaşmaktadır (Tablo 2). As’in topraktaki zenginleşmesi oldukça

yüksektir. Zira diğer elementlerden Cu, Pb ve Zn benzer dağılım ve zenginleşme göstermektedirler (Tablo 2).



Şekil 3. İnceleme alanındaki kuyu sularının SKKY (1991) 2. Kalite su standardına göre zenginleşme faktörü grafiği (µg/l).

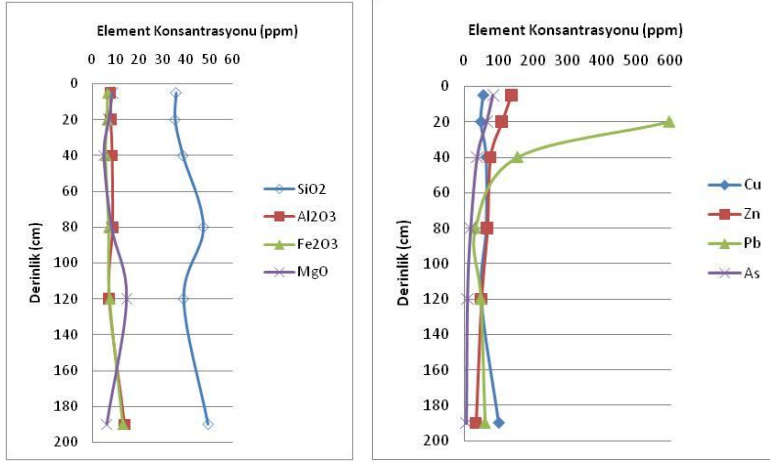


Şekil 4. İnceleme alanındaki pınar sularının SKKY (1991) 2. kalite su standardına göre zenginleşme faktörü grafikleri (µg/l).

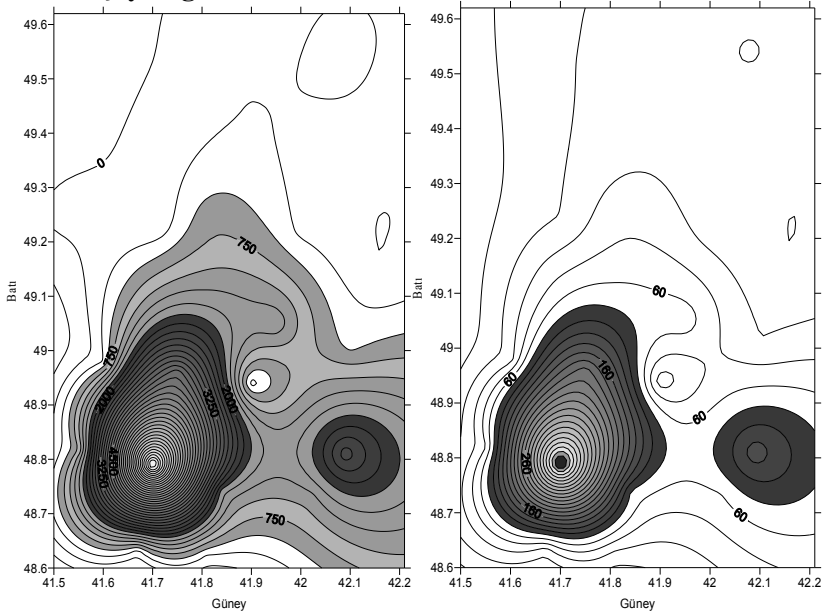
Atıklarda konsantrasyonu yüksek olan iz elementler (Tablo 1) topraklarda da hemen hemen aynı yüksek değerlere ulaşmaktadır. Dikkat çeken diğer bir husus ise elementlerin toprak üst zonunda zenginleşmesi ve kirlenmenin büyük bir kısmının bu bölümde olmasıdır. Elementlerin yanal yöndeki dağılımında hidromorfik dağılımın etkisinin yanında klastik dağılımın büyük bir rol oynadığı görülmektedir. Elementlerin dağılım yönü ve derinliği, tarımsal faaliyetlerin uzun yıllar devam etmesi, son yıllarda bu atıkların yeniden değerlendirmeye tabi tutulmaları ve bu nedenle yapılan zenginleştirme işlemleri ile atıkların küçük parçacıklarının katı halde uzak mesafelere taşınmasına yol açmış olmalıdır. Meksika'daki bazı fabrikalardan çıkan parçacıkların uzun mesafelerde taşındığı ve bu taşınmanın hakim rüzgar yönünde olduğu bilinmektedir (Razo vd., 2004). Ayrıca atık sahasındaki tozların hâkim rüzgâr yönü KG istikametinde taşınmış olabileceği de düşünülmelidir.

**Tablo 2. Bölge topraklarındaki bazı iz elementlerin temel istatistik parametreleri ve toprak kontrol yönetmeliğine göre toprakta bulunması gereken sınır değerler (mg/kg).**

El.	Ö. Sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Sınır Değer
Ag	29	1,9	86466	9737,20	17128,13	20
As	29	4,0	10000	938,90	1968,80	20
Co	29	21,6	55,90	40,35	8,46	20
Cu	29	17,2	1093,63	138,38	212,44	100
Ni	29	185,8	676,60	450,32	118,37	50
Pb	29	17,7	10000	3551,35	3843,28	100
Zn	29	23,8	7938,60	777,89	1539,12	300



Şekil 5. İnceleme alanında belirlenen toprak profilinde elementlerin düşey dağılımı.



Şekil 6. Gümüşköy curuf sahası etrafındaki topraklarda As dağılımı (a) ve As zenginleşme faktörü haritası (b)

## Bitkilerde Ağır Metal Konsantrasyonları

Bitkiler topraktan iz elementlerin iyonik veya kompleks formlarını bünyelerine alırlar. Toprağın pH'ı, organik madde miktarı, redoks şartları ve Ca, Mg ve P gibi ana elementlerin bolluğu iz elementlerin bitki bünyesine alınmasında etkili faktörlerdir (Kabata-Pendias ve Pendias, 2004). İnceleme alanında yaygın olan farklı meyve bitkilerinin yaprakları örneklenerek analiz edilmiş, sonuçları özet tablo halinde (Tablo 3) verilmiştir. Bölgedeki meyve bitkilerinde Fe ve Pb, hemen hemen toksik seviyeyi aşmış durumdadır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). Ceviz, kiraz ve armut ağaçlarında As toksik seviyenin hayli üzerinde bulunurken Zn ise sadece armut ağacında oldukça yüksektir.

Biyokonsantrasyon faktörü (BCF), bitkinin etraftaki yüzey ve yeraltı sularından iz elementi bünyesine alma derecesini gösterir bir faktördür (Nguyen vd., 2005). İnceleme alanında yaygın olan meyve bitkilerine ait BCF değerleri, ortalama yer altı suyu bileşimine göre hesaplanmış ve Tablo 3'de verilmiştir. Buna göre, Bölgedeki bitkiler Fe, Pb, Zn ve As elementlerini bünyelerine aldıkları, adeta birer akümülatör gibi davrandıkları görülmektedir. İz elementlerin bitkiler tarafından biyoakümüasyonu bu bitkilerin yapraklarıyla ve meyveleriyle beslenen canlılar açısından potansiyel olarak zararlıdır ve uzun vadede istenmeyen rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Bu nedenle bölgede gerekli önlemlerin alınması konusunda ilgililer uyarılmalıdır.

## **Sonuçlar ve Öneriler**

Bu çalışmada verilerin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

İncelenen cüruflar halen yeniden bir maden gibi değerlendirilmekte ve işletilmektedirler. Oldukça geniş bir alana yayılmış olan cüruflar, uzun süredir her türlü yağmur, kar ve bakteriyolojik etkiye açıktırlar ve AMD ve çevre kirliliği oluşturabilecek potansiyele sahiptirler.

Özellikle atık sahasına yakın yer altı suları beklenenden daha bazik karakterdedir. Yani AMD etkisi bu sularda izlenmemektedir. Ancak kirlilik boyutları, cüruflarda belirlenen ikincil mineraller, özellikle jarosit ve plumbojarosit, bu atık sahasında pritin oksitlendiğini ve başlangıçta AMD oluşturduğunu göstermektedir. Ancak yan kayaçta aşırı karbonat içeren dolomit, kalsit, bulunduğundan nötralize potansiyeli oldukça yüksek bir ortam oluşmuş olmalıdır.

**Tablo 3. Çeşitli meyve bitkilerinin yapraklarından (yıkılmış ve kurutulmuş) elde edilen ortalama element bollukları (mg/kg) ve hesaplanan biyokonsantrasyon faktörü (BCF).**

Bitki Türü	Ö.Sayı	Fe	Mn	Ni	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Cd	Sb
Ceviz	6	<b>751,7</b>	124,2	2,8	8,9	<b>221,3</b>	66,1	0,05	<b>37,2</b>	0,03	4,09
Kiraz	11	<b>480,0</b>	37,1	2,6	10,1	<b>134,6</b>	37,1	0,03	<b>21,2</b>	0,02	2,41
Armut	10	<b>1432,0</b>	69,1	6,1	19,4	<b>490,4</b>	<b>118,7</b>	0,10	<b>59,7</b>	0,14	6,71
Elma	9	<b>377,8</b>	39,0	2,9	7,4	<b>48,6</b>	25,3	0,01	7,1	0,02	0,67
Şeftali	3	<b>295,0</b>	20,0	2,9	5,5	<b>33,2</b>	24,3	0,01	5,2	0,02	0,45
Üzüm	3	<b>355,0</b>	62,5	1,8	8,0	<b>32,2</b>	25,9	0,01	4,0	0,02	0,46
Yap. Toksik Sınır <sup>1</sup>		200,0	300,0	10,0	20,0	30,0	100,0		5,0	5,00	
Bitkilerde KES <sup>2</sup>				1,0	5,0	<b>10,0</b>	50,0		0,2	0,02	
Ort. Su bileşimi (µg/L)*		46,8	81,3	10,7	8,6	15,7	85,5		66,4	0,43	10,52
BCF <sup>3</sup>		4,5-3,8	2,4-3,2	2,2-2,7	2,8-3,0	3,3-4,5	2,5-3,1		1,8-3,0	1,5-2,5	2,6-3,6

<sup>1,2</sup>Kabata-Pendias ve Pendias (2001), <sup>3</sup>Nguyen vd. (2005)

Toprak profili boyunca organik madde miktarı, üst zonlarda, Fe, Ni ve özellikle de Pb ve Zn gibi elementlerin Ah ve Bt zonunda zenginleştiği görülmektedir. Toprak profili boyunca en büyük kirlenmenin ya da ağır metal zenginleşmesinin 10-40 cm derinlikte, yani yüzeye yakın kesimlerde olduğu belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki sulara As, Cu, Pb, Zn kirliliği mevcuttur. Pınar (kaynak) sularında Cu, Pb, Zn, As ve Fe elementleri, derelerde Fe elementi ve yer altı sularında ise As düşük düzeyde kirliliği oluşturmaktadırlar. Su kirliliği kontrol yönetmeliği kriterlerine göre As, Pb, Cu, Zn, Mn ve Fe sulara kirletici olarak tespit edilmiştir.

İnceleme alanında toprak ve suda görülen Cu, Pb, Zn, As ve Mo elementlerine ait zenginleşme faktörüne bakıldığında topraklarda yer yer; Cu 7 kat, Pb 85 kat, Zn 20 kat, As 200 kat kata kadar zenginleştiği görülmüştür.

Bölgedeki sulara ve topraklarda bölgesel temel değerlere göre oldukça büyük zenginleşme görülmektedir. Fe, Ni, Co ve Cu gibi elementlerin zenginleşmesinde özellikle ofiyolitik melanja ait kayaların ayrışmasının rolü olmasına karşın, Pb, Zn, Fe, Mn, As, Mo gibi elementlerin kirlilik kaynağının cürufklar olduğu açıkça ortadadır.

Bölgedeki toprakların üst zonlarında kirlilik boyutunun yüksek olması, elementlerin hidromorfik yayılımının yanında klastik yayılımında oldukça etkili olduğu söylenebilir. Kirlilik dağılımının topoğrafik eğime

uyumlu olması ve aynı bölgelerde uzun yıllardır tarımsal faaliyetlerin sürdürülmüş olması bunu destekler niteliktedir.

Bölgedeki meyve bitkileri Fe, Pb, Zn ve As elementlerini bünyelerine aldıkları adeta birer akümülatör gibi davrandıkları belirlenmiştir. İz elementlerin bitkiler tarafından biyoakümülyasyonu bu bitkilerin yapraklarıyla ve meyveleriyle beslenen canlılar açısından potansiyel olarak zararlıdır ve uzun vadede istenmeyen rahatsızlıklara neden olabilmektedir.

Her ne kadar bölgedeki yan kayaçlar ve toprakların doğal nötralizasyon özelliğine sahip olmasına karşın, yinede topraklarda ve sulara meydana gelen bu aşırı kirlenmenin bölgede yaşayan canlılar açısından bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca cürufların açık alanda her türlü etkiye açık olması, yeniden zenginleştirmeye tabi tutulmaları çevre kirliliğini artırmaya devam edecektir.

Cürufların yakın kesimlerinde özellikle tarımsal faaliyetlerden uzak durulmalı, bölgeye yakın kuyu suları içme ve tarımsal faaliyetlerde kullanılmamalıdır.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma Niğde Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: FEB2007/07). Katkılarından dolayı NÜ rektörlüğüne ve Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığına teşekkür ederim. Ayrıca Arazi çalışmaları sırasında katkılarını esirgemeyen Dr. F.Zafer Özgür, Jeol. Yük. Müh. Gökhan Kelebek'e, Gümüşköy Muhtarı ve köy halkına teşekkürü bir borç bilirim.

## **KAYNAKLAR**

- Alloway B.J., 1990, Heavy metals in soils. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 339 p.*
- Çalapkulu, F., 1980. Horoz Granodiyoritinin jeolojik incelenmesi. TJK Bült. 23 (1):59-68.*
- Clark , M. ve Robertson, A., 2002, Uppermost Cretaceous–Lower Tertiary UlukYyla Basin, south-central Turkey: sedimentary evolution of part of a unified basin complex within an evolving Neotethyan suture zone, Sedimentary Geology 173 (2005) 15–51*

- Çağatay, A., ve Arman, B., 1989. *Bolkardağ Sulucadere (Ulukışla/Niğde) kalay içerikli çinko-kurşun cevherleşmesinin minerolojisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, Şubat-Ağustos, 32(1-2):15-20.*
- Çevikbaş, A., 1991. *Ulukışla-Çamardı (Niğde) Tersiyer Havzasının jeodinamik evrimi ve maden yatakları yönünden önemi. doktora tezi, İ. Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, İstanbul, 235s (yayımlanmamış).*
- Demirtaşlı A., 1973; *Bolkardağ jeolojisi, Cumhuriyetin 50. yılı yerbilimleri kongresi, MTA özel yayını 40-57, Ankara.*
- Fernandez-Turiel, J. L., Acenolaza, P., Medina, M. E., Llorens, J. F. ve Sardi, F., 2001. *Assessment of smelter impact area using surface soils and plants, Environ. Geochem. Health, 23, 65–78.*
- Josef G., Thundiyil, Yuan Y., Smith A.H. ve Steinmaus C., 2007. *Seasonal variation of arsenic concentration in wells in Nevada. Environ Res 104: 367–373.*
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001. *Trace Elements in Soils and Plants, third ed. CRC Press, Boca Raton, Florida.*
- Lee, C., Chon, H. ve Jung, M., 2001, *Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk Au-Ag-Pb-Zn mine in Korea, Appl. Geochem. 16, 1377–1386.*
- Lopez-Archilla, A.I., Marín, I. ve Amils, R., 2001. *Microbial community composition and ecology of an acidic aquatic environment: the Tinto river, Spain. Microbial Ecol. 41 (1), 20–35.*
- Nguyen, H.L., Leermakers, M., Elskens, M., Ridder, F.D., Doan, T.H. ve Baeyens, W., 2005. *Correlations, partitioning and bioaccumulation of heavy metals between different compartments of Lake Balaton. Sci. Total Environ. 341, 211-226.*
- Razo, I., Carrizales, L., Castro, J., Diaz-Barrica, F. ve Monroy, M., 2004. *Arsenic and heavy metal pollution of soil, water and sediments in a semi-arid climate mining area in Mexico, Water, Air and Soil Pollution, 152, 129-152.*
- Rahman M.A., Hasegawa H., Rahman M.M., Miah M.A.M. ve Tasmin A., 2008. *Arsenic accumulation in rice (Oryza sativa L.): Human exposure through food chain. Ecotox and Environ Safety 69:317–324.*
- Oktay, F.Y., 1982, *Ulukışla ve Çevresinin Startigrafisi ve jeolojik Evrimi, TJK Bülteni., 25, 1 15-24. Ankara.*
- Ullrich, M. S., Ramsey, H. M. ve Helios-Rybicka, E.: 1999, 'Total and exchangeable concentrations of heavy metals in soil near Bytom, an area of Pb/Zn mining and smelting in Upper Silesia, Poland', *Appl. Geochem. 14, 187–196.*