




Topraktan Asidik ve Bazik Sulara Arsenik, Bakır, Demir, Kurşun Geçişinin İncelenmesi

Investigation of Arsenic, Copper, Iron, Lead Leaching to Acidic and Alkaline Waters from Soil

Tülin Deniz Çiftçi* 

Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, İzmir, Türkiye

Öz

Bu çalışmada yüksek derişimde arsenik içerdiği daha önceki çalışmalarda tespit edilen artezyen sularının çıkarıldığı topraklardan pH 2 ve pH 12'deki çözeltilere geçen arsenik, bakır, demir ve kurşunun tayin edilmesiyle, birbirleri arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmayla, topraktaki ağır metallerin çözeltilere geçme miktarının pH'a bağlı olarak nasıl değiştiği incelenmiştir. Toprağın tamamen bozundurulması yerine, çevre koşullarına daha uygun olması hedeflenerek liç etme yöntemi kullanılmıştır. Deneyler sonucunda, yüksek derişimde arsenik içeren suların çıkarıldıkları topraktan çözeltilere de yüksek derişimde arsenik geçtiği belirlenmiştir. Tüm toprak ve su örnekleri için bakır ve kurşun derişimleri 1 mg/L'nin altında olarak tayin edilmiştir. Demir ve arsenik derişimleri ise sırasıyla 154 mg/L ve 553 µg/L'yi bulmaktadır. Literatürde çoğunlukla asidik ortamda veya pH 7'ye kadar çıkılarak topraktan çözeltilere geçiş incelenirken bu çalışma ile pH 12'de kuvvetli bazik ortamda arsenik, bakır, demir ve kurşunun geçişi incelenmiş ve asidik ortama göre topraktan daha yüksek derişimde çözeltilere geçiş olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara bakarak, topraktan ağır metal gidermek-yıkamak için bu yöntemden yararlanılabileceği görülmüştür. Ayrıca yöntemin ileride yapılacak araştırma projelerine de zemin oluşturacağını tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Arsenik, Liç, Toprak, Yeraltı suyu

Abstract

In this study, arsenic, copper, iron and lead leaching to waters at pH 2 and pH 12 from soil samples collected from nearby areas of arsenic contaminated ground waters at high concentrations were investigated. It was also determined if there is a relationship between them. Depending on the pH of the solution, heavy metal leaching amounts were determined. Since the leaching procedure is closer to the nature of the environment, leaching procedure was used instead of decomposition of the soil samples. It was determined from the experiment that, high concentrations of arsenic in leachates were determined with the soil samples which were collected from nearby of arsenic contaminated waters. Copper and lead concentrations were below 1 mg/L for all the soil leachate and water samples. The highest concentrations of iron and arsenic were 154 mg/L and 553 µg/L, respectively. Most of the studies reported in the literature, leaching procedure were applied at most pH 7. In this study, the leaching procedure was applied at pH 12. It was determined that arsenic, copper, iron and lead leaching from the soil to the strongly alkaline solution were higher than the acidic solution. From the results of this study, we guess that this procedure can be used for removal / washing of heavy metals in soil. Also we believe that the procedure is opening promising area for research projects in the future.

Keywords: Heavy metals, Arsenic, Leaching, Soil, Ground water

1. Giriş

Metaller yer kabuğundaki toprakların doğal bileşenleridir (Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007). Yoğunluğu 5 g/cm³ ten daha yüksek olan metaller ağır metal olarak adlandırılır. Toprak, herhangi bir akut toksik etki göstermeden ağır metalleri bünyesinde barındırabilir. Ancak toprağın arıtma

ve süzme özelliklerinin bir sınırı olduğundan zamanla kendisi de kirlilik kaynağı haline gelmektedir (Fodor ve Szabó 2004).

Ağır metaller, organik kirleticilerin aksine, kalıcıdır ve parçalanmazlar (Islam vd. 2012). Doğada pozitif yüklü (katyonik) olarak bulunan cıva, kadmiyum, kurşun, nikel, bakır, çinko, krom ve mangan ile negatif yüklü (anyonik) bileşikler halinde bulunan arsenik, molibden, selenyum ve bor gibi elementler toprak kirliliğine neden olan başlıca metallerdir (USDA 2000).

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: tulin.deniz.ciftci@ege.edu.tr

Tülin Deniz Çiftçi  orcid.org/0000-0002-0188-4421

Ağır metaller tarafından kirletilmiş topraklar insan sağlığı ve ekosistem için risk oluşturduğundan, bu konudaki çalışmalar son zamanlarda artmıştır (Asrari 2014).

Arsenik, toprakta organik maddelere bağlı halde bulunurken, organik maddelerin yükseltgenmesiyle birlikte suya ve bitkilere geçer. Epidemiyolojik çalışmalar sonucunda toprakta bulunan arseniğin içme suyu yoluyla vücuda alınmasıyla birlikte kansere neden olabileceği belirtilmektedir (USEPA 2012). Bu nedenle toprakta bulunabilecek maksimum arsenik derişimi Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından 75 mg/kg olarak belirlenmiştir (USEPA 1993). Sulara bulunabilecek maksimum arsenik limiti ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve USEPA tarafından 50 µg/L'den 10 µg/L'e indirilmiştir (WHO 2011, USEPA 2001). Türk Standartları Enstitüsü (TSE, 2005) de içme sularındaki arsenik limitini 10 µg/L olarak kabul etmektedir (TS266).

Toprakta bitkilere arsenik geçişi bitkinin türüne, toprağın bileşimi ve asitlik derecesine bağlıdır. Toprakta bulunan demir ve alüminyum oksitler, iyonik arsenik bileşiklerini asidik ve nötral topraklarda adsorplayarak tutarlar. Yosun gibi deniz bitkilerinde ve sulu ortamda yetişen çeltik (pirinç) bitkisinde arsenik derişimi daha yüksektir. Arsenikle kirlenmiş topraklarda yetişen mantarlarda toplam arsenik derişiminin 212.3 mg/kg olduğu ve bu miktarın % 93.5'inin monometil arsonik asit (organik tür) olduğu bildirilmiştir (Chen vd. 2016). Bu rakam içme sularında izin verilen sınır değerin yaklaşık 20 000 katıdır. Ancak bu arsenik türü içme sularında bulunan anorganik arsenik türlerine göre çok daha az toksiktir. Karasal bitkilerde yapılan arsenik türlemesinde elde edilen sonuçlar, inorganik arsenik türlerinin daha egemen olduğunu göstermiştir (Ruiz-Chancho vd. 2008). Topraktaki metalleri absorplama özelliği olan eğrelti otuyla yapılan bir çalışmada en fazla arsenik birikiminin yaşlı yapraklarda olduğu tespit edilmiştir (Zhang vd. 2002). Domatesle yapılan bir çalışmada ise, topraktan bitkinin yapısına inorganik arsenik türlerinden çok organik arsenik türlerinin (Monometil arsonik asit (MMA) ve dimetil arsinik asit (DMA)) geçtiği belirlenmiş ve bu organik arsenik türlerinin geçişiyle birlikte bitki gelişiminin yavaşladığı ve meyve veriminin azaldığı rapor edilmiştir (Burló vd. 1999).

Dünyanın birçok bölgesindeki yeraltı sularında bulunan arsenik kirliliği nedeniyle çok sayıda kişi akut veya kronik zehirlenme riski ile karşı karşıya kalmaktadır. Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde de zaman zaman arsenik sorunlarına rastlanmıştır. Ege bölgesinin coğrafi yapısı (bor yatakları, volkanik yapı vs.) nedeniyle su kaynaklarının yüksek

derişimde arsenik içerdiği bilinmektedir (Bilici Başkan ve Pala 2009; Çiftçi ve Henden 2016a). İzmir ili sınırları içindeki su örneklerinde yapılan tayinlerde arsenik derişimi 10 µg/L'den yüksek olduğundan 2008 yılında 29 adet kuyu kapatılmıştır. Sonrasında gerekli önlemler alınmış, arıtma tesisi kurularak sorun çözülmüştür (Bilici Başkan ve Pala 2009).

Literatürde toprak örneklerinden sulara ağır metallerin geçişi hakkında bir çok çalışma yapılmıştır. Kadmiyum ve çinko gibi birçok elementin aksine, toprakta mobil (hareketli) halde bulunan arsenik miktarı düşüktür. Örneğin 5.3 – 1226 mg/kg derişimde arsenikle kirlenmiş topraktan suya geçen arsenik miktarının ancak 0.010 – 0.040 mg/kg aralığında olduğu belirlenmiştir (Baroni vd. 2004). Farklı çözeltilerle işleme sokulan topraklardan suya arseniğin geçişi incelendiğinde, ekstrakte edilebilen arsenik miktarının: 2 mol/L HNO₃ > 0.43 mol/L CH₃COOH ≥ 0.05 mol/L EDTA ≥ Mehlich III (0.2 mol/L CH₃COOH + 0.25 mol/L NH₄NO₃ + 0.013 mol/L HNO₃ + 0.015 mol/L NH₄F + 0.001 mol/L EDTA) > su, sırasıyla azaldığı belirtilmiştir (Szákóvá vd. 2009). Toprak örneklerindeki ağır metallerin ortalama derişimlerinin: Co > Ba > Zn > As > Pb > Cr > Cu > Ni > Hg > Cd şeklinde sıralandığı rapor edilmiştir (Hossain vd. 2014)Malaysia using inductively coupled plasma\2013mass spectrometry for As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn, and direct mercury analyzer (DMA-80. Farklı bir çalışmada yine Cu, Co, As ve Fe derişimlerinin bazı sedimentlerde limit değerleri aştığı bildirilmiştir (Gray ve Eppinger 2012).

Ülkemizde artezyen suyu kullanımı çok yaygındır ve bilinçsiz kullanım sonucu oluşabilecek arsenik zehirlenmelerine karşı dikkatli olunmalıdır. Ülkemizde tarımın da yüksek oranda yapıldığı düşünüldüğünde, arseniğin yüksek derişimde bulunduğu suların etrafındaki toprak analizlerinin yapılması halk sağlığı ve bilimsel açıdan önemlidir. Bu çalışmada hedef olarak yüksek derişimde arsenik içerdiğini tespit ettiğimiz suların çıkarıldığı yerdeki topraklar belirlenmiştir. Asidik ve bazik çözeltilere geçen arsenik, bakır, demir ve kurşun miktarlarının tayin edilmesiyle, birbirleri arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir.

2. Gereç ve Yöntem

2.1. Gereç

Tüm reaktifler analitik saflıkta olup, çözeltiler distile su ile hazırlanmıştır. 1000 mg/L Cu, Fe, Pb çözeltileri SCP Science firmasından sağlanmıştır. 1000 mg/L As(III) ve

As(V) stok çözeltileri sırasıyla As_2O_3 (Merck, Germany) ve $Na_2HAsO_4 \cdot 7H_2O$ (Merck, Germany) reaktiflerinden, standart çözeltiler ise stok çözeltilerin seyreltilmesiyle günlük olarak hazırlanmıştır. % 4'lük $NaBH_4$ çözeltisi, $NaBH_4$ 'ün (Merck, Germany) 0.01 mol/L NaOH (Merck, Germany) çözeltisinde çözülmesiyle hazırlanmıştır. As(V)'i As(III)'e indirgemek için ise KI (Merck, Germany) katısından % 50 (m/v)'lik KI çözeltisi hazırlanmıştır. Farklı pH'larda çözelti hazırlamak için ve analiz basamaklarında kullanmak üzere NaOH (Merck, Germany) katısı ve HCl (Merck, Germany) çözeltisi kullanılmıştır. Analiz yönteminin validasyonu için sertifikalı referans malzeme (SRM) EnviroMAT İçme suyu-Düşük derişim, EP-L-2 (SCP Science, Canada) kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Arsenik tayininde türlenme ve duyar tayin için çoğunlukla HidrürOluşturmalıAtomikAbsorpsiyonSpektrofotometresi (HG-AAS) kullanılır. Örnekte bulunan As(V) türü önce kuvvetli asidik ortamda KI ile As(III) türüne indirgenir ve suda bulunan ve As(V)'in indirgenmesiyle oluşan As(III), $NaBH_4$ ile tepkimeye girerek Arsin (AsH_3) gazını oluşturur. Oluşan arsenik türü çözelti fazından gaz fazına geçtiğinden girişimi az olan bir yöntemdir. Sürükleyici inert bir gazla birlikte kuartz camdan yapılmış bir tüp içine gelen arsin gazı, alevin sıcaklığıyla atomları haline dönüştürülerek tayin edilir.

Arsenik tayini için HG-3000 model otomatik hidrür sistemli GBC 904 PBT model AAS cihazı kullanılmıştır. Tayin yöntemi daha önceki çalışmada açıklanmıştır (Çiftçi ve Henden 2016b). Asidik ortamda yalnız As(III) türü arsin gazı oluşturacağından ön işlem olarak öncelikle As(V)'in

As(III)'e indirgenmesi gerekmektedir. Bu amaçla 9 mL standart veya örnek üzerine 1 mL 12 M HCl eklenir. Bu çözeltiye 1 mL % 50 (m/v)'lik KI eklenir (son KI derişimi % 8.3 (m/v) olur) ve indirgenmenin tamamlanması için 15 dk beklenir. Oluşan I_2 nin tekrar I^- 'e indirgenmesi için spatül ucu kadar askorbik asit eklenir. Oluşan çözelti, otomatik hidrür sistemine verilerek absorbands değerleri okunur.

Bakır, demir ve kurşun analizleri ise Varian 220 FS model AAS ile alevli yöntemle yapılmıştır. Çalışılan tüm elementler için ışık kaynağı olarak Varian marka oyuk katod lambalar kullanılmıştır. Cihaz çalışma koşulları ve ölçüm parametreleri sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2'de gösterilmiştir.

2.3. Örnek Toplama ve Hazırlama

Su örneklerinin alınmasından önce çeşme ve artezyen suları bir süre akıtılarak sistemde beklemiş suyun atılması sağlanır. Su örnekleri 100 mL'lik polietilen kaplara alındıktan hemen sonra derişimi 0.1 mol/L olacak şekilde HCl çözeltisi ile asitlendirilerek +4 °C de buzdolabında korunmuştur.

Toprak örneklerinden liç yöntemiyle analiz yapılması için İzmir, Manisa, Aydın, Muğla ve Mardin'den toprak örnekleri toplanmıştır. Toprak örneklerinin alınma yerleri, daha önceki çalışmamızda (Çiftçi ve Henden 2016a) yüksek derişimde arsenik tespit ettiğimiz su örneklerinin bulunduğu yerler olarak belirlenmiştir. Ayrıca karşılaştırma için, düşük derişimde arsenik içeren suların bulunduğu mevkilerden de toprak örnekleri alınmıştır. Alınacak mevki belirlendikten sonra toprak 10 cm kazılarak yaklaşık 100 g örnek alınmıştır. Aynı mevkideki 6 farklı yerden alınan toprakların birleştirilmesiyle o mevki için toprak örneği elde edilmiştir. Tüm örneklerden 3'er paralel çalışılmıştır. Denemelerde literatürde yayınlanmış liç yöntemi kullanılmıştır (Meima

Çizelge 1. Arsenik, Bakır, Demir ve Kurşun Tayini için Cihaz Çalışma Koşulları

Element	As	Cu	Fe	Pb
Sistem Türü	Hidrür Oluşum	Alev	Alev	Alev
Lamba Akımı (mA)	8.0	4.0	5.0	5.0
Dalga Boyu (nm)	193.7	324.8	248.3	217.0
Slit Genişliği (nm)	1.0	0.5	0.2	1.0
Sinyal	Absorbans	Absorbans	Absorbans	Absorbans
Zemin Düzeltme	Açık	Açık	Açık	Açık
Örnekleme Modu	Manuel	Manuel	Manuel	Manuel
Alev Türü	Asetilen/Hava	Asetilen/Hava	Asetilen/Hava	Asetilen/Hava
Taşıyıcı gaz	Azot	-	-	-
Ölçüm Modu	Pik Alanı	Pik Alanı	Pik Alanı	Pik Alanı
Okuma Süresi (s)	45	25	25	25

Çizelge 2. Çalışılan Yöntemlerin Analitik Ölçüm Parametreleri

Element	Kalibrasyon Aralığı	Belirtme Sınırı	Saptama Sınırı	Tayin Yöntemi	Grafik Denklemi	R ²
As	2 – 20 µg/L	0.33 µg/L	1.10 µg/L	HG-AAS	y=0.0198x+0.0050	0.9992
Cu	1 – 4 mg/L	0.01 mg/L	0.04 mg/L	FAAS	y=0.0916x+0.0015	0.9992
Fe	1.5 - 10 mg/L	0.10 mg/L	0.33 mg/L	FAAS	y=0.0465x+0.0079	0.9991
Pb	2.5 - 10 mg/L	0.18 mg/L	0.60 mg/L	FAAS	y=0.0160x+0.0039	0.9991

Çizelge 3. Sertifikalı Referans Maddenin ve Geri Kazanım İçin Yapılan Deney Analizlerin Sonuçları (n=3)

Element	SRM- Gerçek Değer	SRM- Bulunan Değer	Tolerans Aralığı	SRM Analizi Geri Kazanım(%)	Standart Katma Yöntemi Geri Kazanım (%)
As	10.0 µg/L	9.89±0.09 µg/L	6 - 13 µg/L	98.9±9.0	101±5.1
Cu	16.0 mg/L	16.3±0.3 mg/L	14 - 19 mg/L	101.9±1.9	99.8±1.2
Fe	28.0 mg/L	23.6±4.2 mg/L	5 - 50 mg/L	84.3±15.0	95.2±5.2
Pb	4.0 mg/L	2.9±0.8 mg/L	0 - 10 mg/L	72.5±2.0	95.8±6.1

ve Comans 1997). Toprak örnekleri havanda homojen hale getirilerek etüvde 50 °C sıcaklıkta 48 saat bekletilmiştir. 2'şer gram tartılan toprak örnekleri üzerine pH'ı 2 ve 12'ye (HNO₃ ve NaOH ile) ayarlanmış olan çözeltilerden 10'ar mL eklenerek çalkalayıcıda 24 saat çalkalanmıştır. Süre sonunda 3000 devir/dk'da santrifüjlenerek üst çözeltiler 2 µm gözenek boyutlu mavi bant süzgeç kâğıdından süzülüp asitlendirilmiştir. Cu, Fe, Pb analizleri alevli AAS ile; As analizleri ise otomatik hidrür sistemli AAS ile yapılmıştır.

Analiz yöntemlerinin doğruluğu, sertifikalı referans maddenin (EPL-2, düşük derişimde metal içeren içme suyu) analiz edilmesiyle ve pH 2 ve pH 12'deki liç örneklerine dışarıdan standart katma yöntemleriyle kontrol edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 3'te gösterilmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Analizler sonucunda, elde edilen değerlerin tekrarlanabilir olduğu görülmüştür. Bazı toprak örneklerinin işlem gördüğü çözeltilerde ve bazı su örneklerinde yüksek derişimde arsenik olduğu tayin edilmiştir (Çizelge 4 ve Çizelge 5). 39 sonuçtan 25'inde, asidik (pH 2) çözeltilere kıyasla bazik (pH 12) çözeltilerin daha yüksek derişimde arsenik, bakır ve kurşun içerdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde bazik çözeltiyle elde edilen tüm demir analizi sonuçlarında, asidik çözeltiye kıyasla daha yüksek derişimde demir geçtiği belirlenmiştir. Deneme yapılan sular içinde en yüksek derişimde arsenik içeren kaplıca suyunun bulunduğu topraktan hem asidik hem de bazik çözeltilere geçen arsenik miktarının da deneme yapılan topraklar içinde en yüksek

derişimde olduğu görülmüştür. Literatürde de arseniğin doğal sulara geçiş kaynağı olarak termal sular ve kükürtlü bileşiklerin bulunduğu volkanik oluşumlar işaret edilmiştir (Villaescusa ve Bollinger 2008). Muğla'dan alınan 4 toprak örneğinden asidik ve bazik çözeltilere geçen arsenik derişimi düşükkken, bir tanesinde arsenik derişimi nispeten yüksek olarak tayin edilmiştir. Tüm toprak ve su örnekleri için bakır ve kurşun derişimleri 1 mg/L'yi geçmezken, demir ve arsenik derişimleri sırasıyla 154 mg/L ve 553 µg/L'yi bulmaktadır. Ancak toprak örneklerinden geçen demir ve arsenik miktarları arasında bir korelasyon bulunamamıştır. Literatürde çoğunlukla asidik ortamda veya pH 7'ye kadar çıkılarak topraktan çözeltiye geçiş incelenirken bu çalışma ile pH 12'ye çıkılarak kuvvetli bazik ortamda arsenik, bakır, demir ve kurşunun geçiş incelenmiş ve bu koşulda topraktan daha yüksek derişimde çözeltiye geçiş olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuç

Daha önceki çalışmalarımızın ışığında, yüksek derişimde arsenik içeren artezyen ve termal suların çıkarıldığı yerlerdeki toprak örneklerinden su örneklerine arsenik, bakır, demir ve kurşunun hangi derişimlerde geçebileceği incelenmiştir. Çalışmada, literatürdeki uygulamaların çoğundan farklı olarak toprağın tamamen bozundurulması yerine, çevre koşullarına daha uygun olması hedeflenerek Meima ve Comans (1197) tarafından kullanılan bir liç etme yöntemi kullanılmıştır. Örneklerde yüksek miktarlarda tayin edilen demir ve arsenik derişimlerinin birbiriyle ilişkisi bulunamamıştır. Deneyler sonucunda, yüksek derişimde arsenik içeren suların yakınındaki topraklardan hem asidik

Çizelge 4. Toprak Örneklerinden Asidik (pH: 2) ve Bazik (pH: 12) Çözeltilere Geçen Arsenik, Bakır, Demir ve Kurşun Derişimleri (n=3)

Mevki	Bakır (mg/L)		Demir (mg/L)		Kurşun (mg/L)		Arsenik (µg/L)	
	pH: 2	pH:12	pH: 2	pH:12	pH: 2	pH:12	pH: 2	pH:12
İzmir, Ören	0.19±0.04	0.15±0.08	1.1±0.2	79.2±29.0	1.0±0.2	0.20±0.21	44.6±5.9	49.7±36.7
Manisa, Salihli, Çavlu	0.14±0.03	0.20±0.05	1.2±0.1	18.1±8.4	BSA	BSA	241±62	246±42
Manisa, Salihli, Çavlu-2	0.30±0.08	0.27±0.03	1.5±0.6	40.0±19.5	BSA	BSA	235±82	427±132
Manisa, Salihli, Çavlu-3	0.25±0.15	0.13±0.04	2.5±1.6	63.4±16.3	0.31±0.06	0.34±0.04	373±102	240±18
Manisa, Kaplıca	0.08±0.02	0.06±0.02	1.9±0.5	2.33±1.04	0.64±0.11	0.62±0.05	553±6	535±132
Manisa, Karayahşi	0.09±0.02	0.10±0.04	1.10±0.03	9.58±5.23	0.56±0.29	0.35±0.09	214±22	287±12
Manisa, Karayahşi-2	0.16±0.02	0.24±0.02	3.4±1.5	11.0±1.6	0.64±0.05	0.95±0.43	172±72	179±5
Muğla, Ortaca	0.50±0.06	0.80±0.09	0.10±0.03	43.7±18.5	0.20±0.03	0.33±0.03	7.9±0.5	24.0±8.8
Muğla, Köyceğiz	0.53±0.05	0.73±0.07	0.19±0.09	10.0±3.6	0.26±0.02	0.33±0.02	3.3±2.2	2.3±0.9
Muğla, Dalyan	0.60±0.07	0.79±0.03	0.11±0.05	44.6±27.3	0.34±0.04	0.49±0.04	25.1±13.5	3.0±1.4
Aydın, Çine	0.03±0.01	0.19±0.10	4.4±1.4	154±27	0.32±0.12	0.34±0.01	3.9±1.1	34.7±4.8
Muğla, Sultaniye	0.05±0.05	0.15±0.03	1.2±0.8	7.37±0.92	0.30±0.21	0.26±0.13	73.6±17.8	98.1±9.0
Mardin, Kızıltepe	0.06±0.05	0.08±0.02	0.83±0.37	9.46±2.88	0.56±0.18	0.91±0.31	5.7±1.5	8.8±0.5

BSA: Belirtme Sınırının Altında, Kurşun için: 0.18 mg/L.

Çizelge 5. Su Örneklerinde Tayin Edilen Arsenik, Bakır, Demir ve Kurşun Derişimleri (n=3)

Mevki	Bakır (mg/L)	Demir (mg/L)	Kurşun (mg/L)	Arsenik (µg/L)
İzmir, Ören	0.05±0.01	0.18±0.00	BSA	4.07±0.09
Manisa, Salihli, Çavlu	0.05±0.01	2.47±0.04	BSA	31.5±2.1
Manisa, Salihli, Çavlu-2	0.04±0.01	1.76±0.06	BSA	29.3±1.3
Manisa, Kaplıca	0.06±0.01	0.18±0.00	BSA	352±12
Manisa, Karayahşi	0.05±0.01	7.31±0.60	BSA	11.1±1.5
Manisa, Karayahşi -2	0.05±0.00	1.45±0.03	BSA	110.2±6.4
Manisa, Karayahşi -3	0.06±0.01	0.64±0.02	BSA	111.1±9.4

BSA: Belirtme Sınırının Altında, Kurşun için: 0.18 mg/L.

hem bazik çözeltilere yüksek derişimde arsenik geçtiği belirlenmiştir. Literatürün aksine pH 12 gibi yüksek değerlere çıkılarak bazik ortamda arsenik, bakır, demir ve kurşunun geçişi incelenmiştir. Bazik çözeltilere ağır metal geçişinin, deneme yapılan toprakların % 73'ünde asidik çözeltilere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının ileride yapılacak araştırma projelerine zemin oluşturacağını ve ayrıca halk sağlığının korunmasına destek olacağını düşünüyoruz. Farklı bir açıdan bakıldığında, bu çalışmada kullanılan liç yönteminin, topraktan ağır metal uzaklaştırmak / yıkamak için de kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

5. Teşekkür

Örneklerin toplanması ve deneylerdeki katkılarından dolayı Hazal Tosun'a ve Öykü Madenci'ye teşekkür ederim.

6. Kaynaklar

- Asrari, E. 2014. Heavy metal contamination of water and soil: analysis, assessment, and remediation strategies. CRC Press, USA.
- Baroni, F., Boscagli, A., Di Lella, LA., Protano, G., Riccobono, F. 2004. Arsenic in soil and vegetation of contaminated areas in southern Tuscany (Italy). *J. Geochemical Explor.*, 81: 1–14.

- Bilici Başkan, M., Pala, A. 2009.** İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme, Arsenic Contamination in Drinking Water: an Assessment for Turkey. *Pamukkale Univ. Eng. Fac. J. Eng. Sci.*, 15: 69–79.
- Burló, F., Guijarro, I., Carbonell-Barrachina, AA., Valero, D., Martínez-Sánchez, F. 1999.** Arsenic Species: Effects on and Accumulation by Tomato Plants. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 1247–1253.
- Chen, S., Guo, Q., Liu, L. 2016.** Determination of Arsenic Species in Edible Mushrooms by High-Performance Liquid Chromatography Coupled to Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *Food Anal. Methods*, 1–9.
- Çiftçi, TD., Henden, E. 2016a.** Arsenic Speciation of Waters from the Aegean Region, Turkey by Hydride Generation: Atomic Absorption Spectrometry. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 97: 272–278.
- Çiftçi, TD., Henden, E. 2016b.** Leaching of arsenic from glazed and nonglazed potteries into foods. *Sci. Total Environ.*, 569: 1530–1535.
- Fodor, L., Szabó, L. 2004.** Study of heavy metal leaching in the soil, in: 13th International Soil Conservation Organisation Conference. pp. 4–7.
- Gray, JE., Eppinger, RG. 2012.** Distribution of Cu, Co, As, and Fe in mine waste, sediment, soil, and water in and around mineral deposits and mines of the Idaho Cobalt Belt, USA. *Appl. Geochemistry*, 27: 1053–1062.
- Hossain, MA., Ali, NM., Islam, MS., Hossain, HMZ. 2014.** Spatial distribution and source apportionment of heavy metals in soils of Gebeng industrial city, Malaysia. *Environ. Earth Sci.*, 73: 115–126.
- Islam, MN., Jo, YT., Park, JH. 2012.** Remediation of PAHs contaminated soil by extraction using subcritical water. *J. Ind. Eng. Chem.*, 18: 1689–1693.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, AB. 2007.** Trace elements from soil to human. Springer, Berlin.
- Meima, JA., Comans, RNJ. 1997.** Geochemical modeling of weathering reactions in municipal solid waste incinerator bottom ash. *Environ. Sci. Technol.*, 31: 1269–1276.
- Ruiz-Chancho, MJ., López-Sánchez, JF., Schmeisser, E., Goessler, W., Francesconi, K.A., Rubio, R. 2008.** Arsenic speciation in plants growing in arsenic-contaminated sites. *Chemosphere*, 71: 1522–1530.
- Szaková, J., Tlustos, P., Goessler, W., Frková, Z., Najmanová, J. 2009.** Mobility of arsenic and its compounds in soil and soil solution: the effect of soil pretreatment and extraction methods. *J. Hazard. Mater.*, 172: 1244–51.
- TSE, 2005.** Sular- İnsani tüketim amaçlı sular, TSE-266.
- USEPA 2001.** National primary drinking water regulations: arsenic and clarifications to compliance and new source contaminants monitoring. Final Rule. Federal Register. EPA-815-Z-01-001.
- USDA, U.S. Department of Agriculture 2000.** Heavy Metal Soil Contamination, Soil Quality - Urban Technical Note.
- USEPA, IRIS. 2012.** Arsenic, inorganic (CASRN 7440-38-2) | IRIS | US EPA. Integr. Risk Inf. Syst. URL <http://www.epa.gov/iris/subst/0278.htm>
- USEPA 1993.** Clean Water Act - Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge. *Fed. Regist.*, 58: 9248–9404.
- Villaescusa, I., Bollinger, JC. 2008.** Arsenic in drinking water: sources, occurrence and health effects (a review). *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, 7: 307–323.
- WHO 2011.** Guidelines for Drinking-Water Quality. World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf
- Zhang, W., Cai, Y., Tu, C., Ma, LQ. 2002.** Arsenic speciation and distribution in an arsenic hyperaccumulating plant. *Sci. Total Environ.*, 300: 167–177.