



İstanbul ve Kocaeli İl Sınırları İçerisindeki İçme Suyu Kaynaklarının Sanayi Kuruluşları Tarafından Kirletilmesi Sonucu Oluşan Arsenik Miktarının Belirlenmesi Ve Çözüm Önerilerinin Sunulması

Fatih Karakaya^{1*}, Hasan Uğur Öncel²

¹ İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

² Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürü, İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

E-Posta: fatihkarakaya@karakaya86.com.tr, ugur.oncel@gedik.edu.tr

Gönderim 08.11.2019; Kabul 06.01.2020

Özet: Ülkemizdeki yer altı su kaynakları özellikle kırsal alanlarda içme suyu olarak kullanılmaktadır. İçme suyu kaynaklarının tespiti için 100 metre ve üzerinde sondaj çalışmaları yapılmaktadır. Yer altında 100 metre ve civarında bulunan suyun içerisinde yağmur suları ve yüzey sularının, içme suyuna karışma ihtimali vardır. Oluşan bu suların içilmesi sonucunda, insan sağlığı için ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Yaptığımız çalışmada, Ömerli Barajı çevresinde olan Pendik Kurna Köy mevkiinde yaklaşık 100 metre derinlikten gelen kaynak suyunun, elimizdeki eski su kaynakları haritası yardımı ile birçok sanayi kuruluşunun yanında bulunan Gebze Balçık Köy mevkiindeki kaynağa kadar takibi sağlanmıştır. İki bölgeden de alınan su numunelerinin ICP-MS cihazı yardımıyla içerisinde bulunan arsenik elementinin oranı tespit ederek, insan sağlığı üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı su kaynakları, Köy İçme Suyu Çeşmeleri, Organize sanayi bölgeleri, Sanayi atıkları

Determination Of The Amount Of Arsenic Formed By The Pollution Of Drinking Water Resources Within The Boundaries Of Istanbul And Kocaeli By Industrial Organizations And Presenting Solution Suggestions

Received 08.11.2019; Accepted January 06.02.2020

Abstract: Underground water resources in our country are used as drinking water especially in rural areas. Drilling works are carried out for 100 meters or more for the determination of drinking water resources. There is a possibility that rainwater and surface water may get into drinking water in the water which is 100 meters underground and around. As a result of drinking these waters, it poses serious hazards for human health. In our study, we have followed up the spring water from Pendik Kurnaköy locality around Omerli Dam to the source at Gebze Balçikköy locality which is located next to many industrial institutions with the help of the old water resources map we have. We discussed the effects of water samples taken from both regions on human health by determining the ratio of arsenic element contained in it by means of ICP-MS device.

Key Words: Underground water sources, drinking tap water Industrial Zone, Industrial Waste.

GİRİŞ

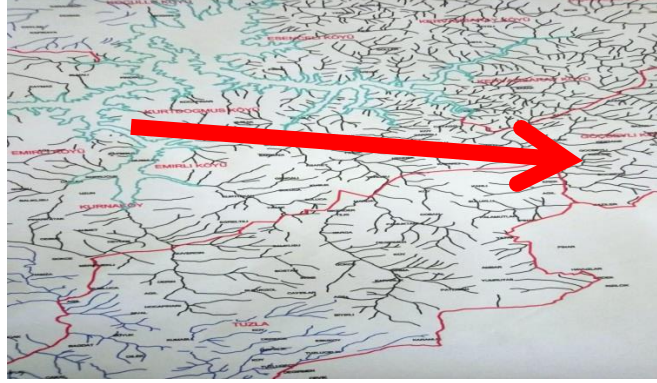
Yapılacak olan çalışmada, belirlenmiş olan yeraltı su kaynaklarının izi sürülerek, bu alanda kurulu olan sanayi kuruluşlarının, su kalitesini, kaynaktan insana ulaşıncaya kadar olan bölümde nasıl etkileyeceği gözlemlenecektir. Bu amaca uygun olarak alınan su numunelerinin ICP-MS cihazı ile analizleri yapılmak suretiyle, tespit edilecek arsenik miktarının insan sağlığını etkileyebilecek olan kirlilik etkenleri araştırılacaktır. Su numunelerin de arsenik oranının kirlilik etkenlerinin çevredeki sanayi kuruluşları ile ilgili olup olmadığı araştırılacaktır. Olası kirlilik etkeninin sebebi olduğu düşünülen sanayi kuruluşları için, neden oldukları kirlilik etkeninin içme suyundan arındırılabilmesi için gerekli olan önlemler tartışılacaktır ^{[1][2]}.

*İlgili E-posta/ Corresponding E-mail: fatihkarakaya@karakaya86.com.tr
Bu makele yüksek lisans tezinden esinlenilerek hazırlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

İstanbul ili Pendik ilçesi Kurna Köy mahallesi ve Kocaeli ili Gebze ilçesi Balçık Köy mahallelerinden 4 adet farklı içme suyu kaynağından alınan toplamda 12 adet farklı su numunesi araştırma materyalini oluşturmuştur. Kaynaklardan su numunelerinin alımı esnasında, içme ve kullanma sularının numune alım prosedürlerine uygun şekilde numune alımları yapılmıştır. Bu kapsamda her kaynaktan, ICP-MS analizi için 2 adet PVC kapda numune alımı yapıp, analizlerinin yapılması için sular akredite çevre laboratuvarına gönderilmiştir. Numune toplama çalışması 2019 yılı Temmuz ayında 4 kişilik bir ekiple gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Su Yolu Haritası

Metot

Alınan su numunelerinin analizleri ICP-MS analiz metodu uygulanmıştır.

Su numunelerinin analizleri Barem Çevre Laboratuvarlarında teknik ekip kontrolünde tarafınca yapılmıştır.

ICP-MS analiz metodu ile başta Arsenik olmaz üzere; Alüminyum, Antimon, Bakır, Baryum, Berilyum, Bor, Çinko, Civa, Demir, Gümüş, Kadmiyum, Kalay, Kalsiyum, Kobalt, Kurşun, Magnezyum, Mangan, Molibden, Nikel, Potasyum, Sodyum ve Stronsiyum gibi diğer elementlerin değerlerine de bakılmış ve çıkan değerler mg/L mertebesinde incelenmiştir.



Şekil 2. ICP-MS Cihazının Görseli

ICP Analiz Metodu İle Yapılan Analizler

ICP-MS cihazı iki yapıdan oluşmaktadır. Bunlar İndüktif Eşleşmiş Plazma ve Kütle Spektrofotometredir.

ICP-MS cihazına verilen numuneler, cihazın 1. Ünitesi olan indüktif eşleşmiş plazmaya gelir ve akabinde kütle spektrofometre ünitesine geçiş yapar. Numunenin 2.ünitede kütle/yük formülüne göre ölçümü yapılmış olur [3].

ICP-MS cihazının içerisindeki plazma yapı, Argon plazmasının optik emisyon spektrometresindeki yapısı ile aynıdır.

Periyodik tabloda bulunan elementlerin birçoğunun sahip olduğu birincil iyon enerjileri, Argon

elementinin iyon enerjisine göre düşüktür. Bundan dolayı elementler plazma içinde pozitif iyon yapısına dönüşmektedir.

ICP-MS cihazının çalışma prensibinde 7 aşama mevcuttur. Bunlara sıralayacak olursak:

- Sisteme örneklem gönderimi
- ICP
- Aktarım sağlayan koniler
- İyonize lens sistemi
- Kütleli seçicilik
- Dedektör sistemi
- Vakumlama

ICP-MS cihazı sayesinde bir çok elementin analizi yapılabilmektedir. Bunları sıralayacak olursak:

Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, U, Th, Se, Fe, B, Ca, Mn, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Sb, Na, Co, Mg, Y, Hg, Al, Sn, Au, Ag, As, Ba, Bi, Cs, Ga, Hf, Mo, Nb, Rb, Sc, Sr, Ta, Ti, V, W, Zr, La, P, Tl, K, Li, Be, Ge, Br, Ru, Rh, Pd, In, Te, I, Re, Os, Ir, Pt, dir.

Ayrıca yaptığımız çalışmada ICP-MS cihazını kullanmamızdaki en büyük amaç, cihazın aynı zaman içerisinde birden fazla elementin analizini yapabilmesi, nitel analiz metotlarında ve elementlerin izotop oranlarının tespit edilmesinde, öncelik olarak metalik yapıdaki elementler olmak üzere periyodik tablo içindeki elementlerin çoğunun yarı nitel ve nicel miktar tayinlerinin kolay bir şekilde yapılmasını sağlamaktır.

ICP-MS cihazındaki analizlerin değer aralık genişliği, yapılan farklı analiz methodlarına göre oldukça yüksektir. Analizi yapılan birçok elementin $\mu\text{g}/\text{mL}$ mertebesinde kalibrasyon grafikleri çizilmektedir. Bu yapı sayesinde aynı anda birbirinden farklı derişimlere sahip elementlerin analizleri yapılmaktadır [4].

Yaptığımız çalışmada, ICP-MS cihazında analize başlanmadan önce, cihazın kalibrasyonu inorganik ventüres(IV-21) kalibrasyon standart çözeltisi kullanılarak yapılmıştır. ICP-MS cihazında Alüminyum, Antimon, Arsenik, Bakır, Baryum, Berilyum, Bor, Çinko, Civa, Demir, Gümüş, Kadmiyum, Kalay, Kalsiyum, Kobalt, Kurşun, Magnezyum, Mangan, Molibden, Nikel, Potasyum, Sodyum ve Stronsiyum elementleri için yaptığımız analizleri açıklayacak olursak, kaynaklardan aldığımız su örneklerini laboratuvar ortamında analiz kaplarına boşlattık. Cihazın sisteminde taşıyıcı gaz olarak argon gazı kullanılmıştır. Cihazdaki sistem de, bir taraftan su numunesi alınırken diğer taraftan argon gazını buluşturmakta ve su kütlesini pülverize edip kütle spektrofotometresi (MS) mantığı ile ölçümlenmektedir [5].

ICP-MS cihazında yaptığımız analiz de sadece demir elementinin ölçümünde girişimi engellemek için hidrojen(H_2) ve helyum(He) gazı kullanılmıştır. Ana çözelti %5'lik hacim/hacim nitrik asit(HNO_3) kullanılarak hazırlanmıştır. Dansite'si:1.033 g/mL 'dir. Analizler, kalibrasyon 20,50,100,200,500,1000 ppb olarak hazırlanan çözetiler ile 5 kez tekrarlanarak yapılmıştır ve çıkan sonuçlar cihazın kendi formatındaki tabloda kayıt altına alınıp mg/L mertebesinde excel formatında raporlanmıştır [6].

BULGULAR VE TARTIŞMA

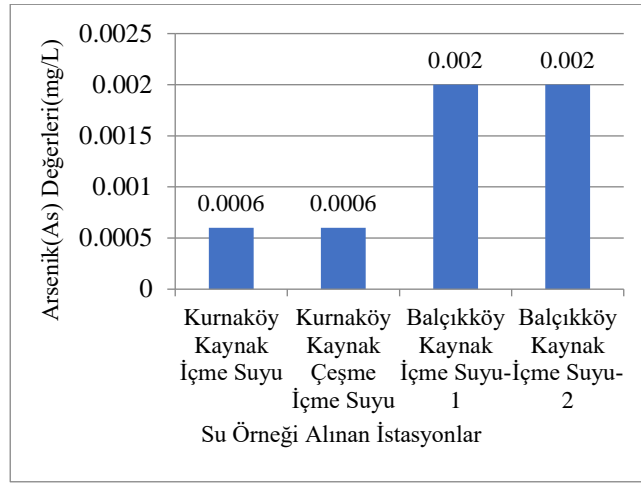
Bulgular

Tablo 1. Su Kaynaklarının Arsenik Değerleri

SU KAYNAKLARI	ARSENİK(As) DEĞERLERİ
İstasyonlar	Analiz Sonucu(mg/L)
Kurna Köy Kaynak İçme Suyu	0.0006
Kurna Köy Kaynak Çeşme İçme Suyu	0.0006
Balçık Köy Kaynak İçme Suyu-1	0.002
Balçık Köy Kaynak İçme Suyu-2	0.002

Araştırmamızda 4 farklı istasyondaki su kaynaklarının Arsenik değerleri, 0.0006 ile 0.002 arasında değişmektedir. En düşük Antimon değeri 1. Ve 2. İstasyonlar olan Kurna Köy Kaynak İçme

Suyu ve Kurna Köy Kaynak Çeşme İçme Suyu kaynağının ölçümünde, en yüksek Antimon değeri ise 3. Ve 4. İstasyonlar olan Balçık Köy Kaynak İçme Suyu kaynağının ölçümlerinde belirlenmiştir.



Şekil 3. Arsenik Değerlerinin Numune İstasyonlarına Göre Değişim Grafiği

Bu çalışmada İstanbul İli Pendik İlçesi Kurna Köy Mahallesinde 2 doğal su kaynağının ve Kocaeli İli Gebze İlçesi Balçık Köy Mahallesinde 2 doğal su kaynağının olmak üzere toplamda 4 doğal su kaynağının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan analizlerinin gerçekleştirilerek EPA'nın içme suyu standartlarına uygunlukları araştırılmıştır.

Araştırmamızda incelediğimiz 4 farklı su kaynağının istasyonlar arası Arsenik değerleri açısından 1. ve 2. İstasyonlar olan Kurna Köy Kaynak İçme Suyu ve Kurna Köy Kaynak Çeşme İçme Suyundaki Arsenik değerlerinin benzer olduğu ve yapılan çalışmadaki en düşük değerler olduğu tespit edilmiştir. 3. ve 4. İstasyon olan Balçık Köy Kaynak İçme suyu kaynağının arsenik değeri EPA 2018 içme suyu standartları tablosunda kanser riski taşıma değerinin içinde bulunmuştur. Dünya Sağlık Örgütü ve İSKİ içme suyu kriterlerinde sınır her ne kadar 0.010 mg/L olarak gösterilse de, EPA'nın son yıllarda bilimsel kaynaklardan derlediği içme suyu standartlarında 0.002 mg/l Arsenik değeri kanser riski taşıyan grup içinde gösterilmektedir.

Tablo 2. EPA İçme Suyu Standartlarına Göre Grup Sınıflandırılması

Grup Adı	Açıklaması
A	İnsan için karsinojen
B1	Sınırlı sayıda insan kaydı olan
B2	Yeterli sayıda hayvanda kanıt olan ancak yetersiz veya hiç kaydı olmayan
C	İnsan için karsinojen olma olasılığı olan
D	İnsan için karsinojen tanımlanmasına girmeyen
E	İnsan için karsinojenik olmadığını kanıtı olan

SONUÇLAR

İstanbul ve Kocaeli illerinin belirli köylerinin bazı doğal içme suyu kaynaklarının ICP-MS cihazı ile analizleri yapılarak, EPA 2018 standartlarına uygunluğunu araştırdığımız çalışmada ölçülen Arsenik parametresinin EPA 2018 standartlarına uygun olmadığı ortaya çıkmıştır.

Çalışmamızda analizi yapılan parametrelere ait sonuçlar dikkate alındığında su örnekleri içerisinde 1. İstasyon Kurna Köy kaynak içme suyunda ve 2. İstasyon olan Kurna Köy Kaynak Çeşme içme suyunda arsenik miktarı EPA 2018 standartlarına göre uygun çıkarken, 3. Ve 4. İstasyon olan Balçık Köy Kaynak İçme suyu kaynağının arsenik değeri EPA 2018 standartlarına göre ciddi anlamda yüksek değer ihtiva ettiği belirlenmiştir [8].

3. ve 4. İstasyonlardaki arsenik değerinin yüksek çıkmasını, bulunduğu konum itibariyle ciddi endüstri kuruluşlarının, büyük hayvan meralarının ve tarım alanlarının yakınında olmasına bağlamaktayız. Bu konudaki düşüncemizi de, Arsenik ile alakalı yapılan bilimsel çalışmalarda arsenik elementinin 2 kökeninin olduğu tespit edilmiştir. Bunlar, endüstriyel atıklardan kaynaklanan atık suyun deşarjı esnasında atık suyun kaynak sularına sızması veya tarım alanlarında kullanılan böcek öldürücülerin suya karışması olduğu ortaya konulmuştur ^[9].

Ayrıca yapılan araştırma sonuçlarında, suda yüksek miktarda bulunan arsenik elementinin, kişilere ve coğrafi etkenlere bağlı olarak insanlar üzerinde; Cilt, Akciğer, Mesane, Yemek Borusu ve Tiroid türü kanserlerin ortaya çıkmasına neden olduğu tespit edilmiştir ^[10].

Sonuç olarak EPA 2018 İçme Suyu standartlarına uygun olmayan 3.ve 4. İstasyonlar olan Balçikköy kaynak içme sularında kanser riski olan sınırlarda çıktığı için, bu kaynakdan beslenen yerlerin ve bu kaynakların arsenik elementinin sudan uzaklaştırılma işlemi gerçekleştirilene kadar kullanılmaması insan sağlığı için ciddi önem taşımaktadır.

Tablo 3. EPA 2018 Su Kalite Standartları^[11]

Standards						Health Advisories						Cancer Descriptor
Chemicals	CASRN-Number	Status Reg.	MCLG(mg/L)	MCL(mg/L)	Status HA Document	10-kg Child		RfD (mg/kg/day)	DWEL(mg/L)	Life-time (mg/L)	mg/L at 10 ⁻⁴ Cancer Risk	
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)					
INORGANICS												
Arsenic	7440-38-2	F	Zero	0.01	-	-	-	0.0003	0.01	-	0.002	A

Tablo 4. EPA 2018 Su Kalite Standartları^[11]

Standartlar						Sağlık Önerileri						Kanser Tanımlayıcısı
Kimyasal	Numara	Durum Düzenleme	Maksimum Kirlenme Düzeyi Hedefleri (mg/L)	Maksimum Kirlenme Düzeyleri (mg/L)	Durum Belgesi(Sağlık Bildirimleri)	10-kg Çocuk		Kirleticinin Referans Dozu (mg/kg/day)	İçme Suyu Eşdeğer Düzeyi(mg/L)	Hayat Boyu (mg/L)	(mg/L) 10 ⁻⁴ Düzeyinde Kanser Riski	
						1-Gün (mg/L)	10-Gün (mg/L)					
İNORGANİK YAPI												
Arsenik	7440-38-2	F	sıfır	0.01	-	-	-	0.0003	0.01	-	0.002	A

ÖNERİLER

İçme suyu başda insanlar olmak üzere tüm canlılar için vazgeçilmez bir yaşam kaynağıdır. Yaşadığımız yeryüzünde başda endüstri, hayvancılık, tarım ve artan kent yapılarının ortaya çıkardığı sıkıntıların akabinde oluşan çevre sorunlarından, en başta doğal içme suyu kaynakları etkilenmektedir. Ortaya koyduğumuz tüm bu sıkıntılarla beraber içme suyu kaynaklarının önemi artmakta ve tüm dünya ülkeleri için stratejik önem taşımaktadır. Bu sebeplerdendir ki, insanlar ve canlılar için ciddi öneme sahip olan içme sularının en önemli besleme kaynağı olan yer altı kaynak sularının belirlenecek periyotlar ile analizlerinin yetkili kurumlar aracılığı ile devamlı yapılması gerekmektedir^[12].

Yaptığımız çalışmada 3. Ve 4. İstasyonlar için tespit etmiş olduğumuz yüksek arsenik miktarı için aşağıda belirteceğimiz arıtım sistemlerini hakkında yetkili kurumlara bilgilendirmeler yapacağız.

Arseniğin sudan arıtılması için 4 farklı arıtma sistemine örnek verebiliriz,

- Membran Sistemi
- İyon Değiştirici
- Koagülasyon ve Filtrasyon
- Adsorban Türü Dolgu Malzemesi İle dir.

Yaptığımız su analizi sonucunda içme sularının içerisinde yüksek miktarda arsenik bulduğumuz 3. Ve 4. İstasyonlar için önerdiğimiz arıtma sisteminin, en az maliyetli olması, elektrik fiyatlarının artmasının maliyet çalışması için bir unsur teşkil etmediği ve verimin yüksek olduğu sistem olan Koagülasyon- Filtrasyon sistemi olduğunu tespit etmiş bulunmaktayız. Bu doğrultuda Balçık Köy kaynak içme sularının bulunduğu alanda bu tip bir yatırım yapılması öncelikle insan sağlığı ve çevre sağlığı için acil olarak yapılması gerekmektedir^[13].

KAYNAKLAR

- [1] Akman Y, Ketenoğlu O, Evren H, Kurt L, Düzenli S. *Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi)*. Ankara. Türkiye, Palme Yayıncılık, 2000.
- [2] Aslan Ş, Öztürk M, Polat A. “İçme sularında arsenic kirlenmesi”. *Akademik Platform*, 1, 263-272, 2014.
- [3] Kır İ, Ulusoy, M. “Antalya İli (Türkiye) İçme Suyu Kaynaklarında Arsenik (As) Konsantrasyonlarının Belirlenmesi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su ürünleri fakültesi dergisi*, 13(2), 186-194, 2017.
- [4] Muslu Y. “Su temini ve çevre sağlığı”. *İstanbul Üniversitesi yayınları*, Cilt I ve II, 500, 1985.
- [5] Öztel MD, Akbal F. “Traditional and alternative technologies for arsenic removal from drinking waters”. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 31, 386-408, 2016.
- [6] Pokhrel D, Viraraghavan T. “Arsenic Removal From Aqueous Solution By Iron Oxide Coated Fungal Biomass: A Factorial Design Analysis”, Springer, Water, Air, and Soil Pollution”. *Pascal Francis*, 173, 195–208, 2006
- [7] Uslu O, Türkman, A. “Su kirliliği ve kontrolü”. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim dizisi, 1, 1987.
- [8] Çalışkan, M.B., Pala, A. “İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz açısından bir değerlendirme”. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 69-79, 2009.
- [9] Taş B. “Gaga Gölü Su Kalitesinin İncelenmesi, Ordu”. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 43-61, 2011
- [10] Keskin M, Kirtrek Y, Gedik D. “Sularda Arsenik ve Çevre Sağlığına Etkisi”. 1, 1-30, 2014.
- [11] EPA. “2018 Edition of the drinking water standarts and health advisories tables”. EPA, 1, 8-12, 2018.
- [12] Yolcubal İ. “Arsenikle Kirlenmiş Yeraltısularının Temizlenmesinde Kullanılan Arıtma Teknolojileri”. *Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, 1, 42-60, 2009.
- [13] Alpaslan MN, Dölgen D, Boyacıoğlu H, Sarptaş H. “İçme suyundan kimyasal yöntemlerle arsenik giderimi”. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 20(1), 15-25, 2010.