

KÜTAHYA-EMET BÖLGESİ YERALTI SULARINDA BOR VE ARSENİK KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

M. İlker ÜNLÜ*, **Murat BİLEN***, **Metin GÜRÜ****

* Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, İstanbul Yolu 9.km Güvercinlik/Ankara

** Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 06570 Maltepe/ Ankara

ilkerunlu@etimaden.gov.tr, mbilen@etimaden.gov.tr, mguru@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 13.05.2011; Kabul/Accepted: 13.07.2011)

ÖZET

Bu çalışma, Kütahya-Emet Bölgesinde, çeşitli noktalarda gerçekleştirilen, yeraltı suyu kalite ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi çalışmasında elde edilen verilerin bor mineralleri ile ilişkilerinin değerlendirilmesini ve çözüm yollarını konu almaktadır. Çalışma kapsamında 2010 yılında aylık periyotlarla alınan su örneklerinde bor ve arsenik değerleri incelenmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler yer altı suyu numune alma noktalarının özelliklerine bağlı olarak ve kirlenici kaynakların etkileri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Aylara göre sulardaki yıllık arsenik ve bor kirlilik dağılımları kaynaklara göre çıkarılmış ve çubuk grafik halinde gösterilmiştir. Sonuçlar Emet yöresindeki suların yüksek oranda bor içerdiğini ortaya koymaktadır. Bölgedeki yeraltı sularının içme ve kullanma suyu olarak değerlendirilmesi nedeniyle elde edilen veriler, bu suların içme ve kullanma suyu olarak kullanılıp kullanılmayacağı ve çözüm yolları yönüyle değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bor, Arsenik, Emet, Yer altı suyu kirliliği

INVESTIGATION OF BORON AND ARSENIC POLLUTION IN KÜTAHYA-EMET REGION UNDERGROUND WATER SAMPLES

ABSTRACT

This study focuses on the evaluation of the relationship between boron and the data obtained from the study performed in different points in Kütahya-Emet region to determine the quality and pollution level of underground water and solutions. Within the scope of this study, the values of boron and arsenic in water samples taken monthly in 2010 were analyzed. Obtained data were evaluated according to the properties of underground water sample points and the effects of pollutant sources. Based on the months, annual distributions of arsenic and boron impurity were executed according to sources and the data plotted as bar diagram. Results show that the water in Emet region contains high rates of boron. Because of utilizing underground water in the region both as drinking and utility water, data obtained in this investigation has been evaluated whether so-called water can be used as utility and drinking water or not and possible solutions of the problem.

Key Words: Boron, Arsenic, Emet, Underground water pollution

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bor doğada Ca, Na ve Mg' un tuzları şeklinde bulunur. ABD'nin batı bölgeleri ve Akdeniz' den Kazakistan'a kadar uzanan bölgede yüksek konsantrasyonlarda bor bulunmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları; borun oksijen ile bağlanmış bileşikler şeklinde daha çok Türkiye ve ABD'de kurak,

volkanik ve hidrotermal aktivitesi olan bölgelerinde bulunmaktadır. Doğada yaklaşık bilinen 250 çeşit doğal bor minerali mevcuttur [1].

Bor bileşikleri yaygın olarak yerüstü ve yeraltı sularında mevcuttur. Yer altı sularında bor konsantrasyonu bütün dünyada >0,3 mg/L ve <100 mg/L arasında değişmektedir. Deniz suyunda 0,5-9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,01-1,5 ppm aralığındadır.

Ayrıca kanalizasyon atık sularında da bora rastlanmakta olup, bor konsantrasyonu 5-100 mg B/l arasındadır. Bu konsantrasyon dikkate alındığında bu elementin toksik karakteri, bitkiler, hayvanlar ve insanlar için, içme ve sulama sularının yanısıra atık sularda da bor içeriği 1,0 mg B/L 0,2 düzeyinde sabit olarak alınabilir [2].

Genellikle, dünyada borun, yaşam sistemi içerisinde çift etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bitkilerde borun kesin anlam içeren bir etkisi vardır. Bu durum, bor eksikliği ve bor toksisitesi düzeyleri arasında küçük bir aralık olduğunu göstermektedir [3]. Bor bir yanıyla canlıların yaşamı için gerekli olmakla birlikte fazlası toksik etki yapmaktadır. Bu kirliliklerin doğrudan denize deşarjı çevre sorunları yaratmaktadır. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde derin deniz deşarjında atık sulardaki bor miktarının bor cevherleri için 500 ppm, kimyasal bor bileşikleri üreten fabrikaların atık sularında ise 50 ppm olarak belirtilmiştir [4]. Yapılan kaynak araştırması sonucuna göre her türlü atık suya uygulanabilecek tek bir bor giderme yöntemi olmadığı görülmüştür. Atık suyun bileşimine ve son kullanım veya deşarj yerine bağlı olarak, adsorpsiyon, çöktürme ve iyon değiştirici reçinelerden geçirme en çok uygulanan yöntemlerdir [5].

Bor bitki gelişimi için gerekli bir elementtir. Fakat sulama sularında yüksek miktarlarda bulunduğu, meyve veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Bu bağlamda Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 0,3 mg/l değerini içme sularında bulunması gereken en yüksek bor derişimi olarak belirlemiştir [6].

Tarımsal sulamada, yalnız uygulanan sulama yöntemi, sulama zamanı ve sulama suyu miktarı değil, aynı zamanda kullanılan suyun kalitesi de son derece önemlidir (Tablo 1). Tarımsal faaliyetler ve diğer sektörler geliştikçe ne yazık ki çevresel kirlenmeler de artmaktadır. Bitkiler için gerekli olan ancak 1 mg/l'den fazla bor içeriğine sahip suların sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda sorun yaratabilmektedir [7].

Tablo.1. Sulama Sularının Bor Konsantrasyonuna Göre Sınıflandırılması. (Classification of Irrigation Waters According to Boron Concentration) [7]

Suyun Sınıfı	Bor Konsantrasyonu (mg/l)		
	Duyarlı Bitkiler	Yarı Duyarlı Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler
1-Çok İyi	< 0,33	< 0,67	< 0,1
2-İyi	0,33-0,67	0,67-1,33	1,0-2,0
3-Kullanılabilir	0,67-1,0	1,33-2,0	2,0-3,0
4-Şüpheli	1,0-1,25	2,0-2,5	3,0-3,75
5-Uygun Değil	>1-25	>2,5	>3,75

Canlıların hayatlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan su; içme suyu ve kullanma suyu amaçlı kullanılabilirliği gibi tarımda ve sanayide de kullanılmaktadır. Suda ve toprakta meydana gelebilecek bir kirlenme canlı yaşamını doğrudan etkilemektedir. Yer altı su kaynakları olup, içme suyu amaçlı kullanılan en güvenilir kaynaklardır ve yüzeysel sulara nazaran birçok yönden daha kalitelidir. Toprakta meydana gelebilecek bir kirlilik yer altı su kalitesini doğrudan etkilemektedir. Tarımda kullanılan gübre ve zirai ilaçlarda yüksek oranda kirlenmeye neden olmaktadır.

1.1 Bor Cevheri ve Rezervleri (Boron Ore and Reserves)

Bor elementinin birçok minerali vardır. Ancak bunlar içerisinde hepsinin rezerv durumları farklıdır. Önemli bor mineralleri, boraks, kernit, üleksit, probertit, kolemanit, pandermit, hidroborasittir.

Türkiye de bor madeni yatakları özellikle Kırka, Emet, Bigadiç, Kestelek' te bulunmaktadır. Türkiye'de minerallere göre rezerv dağılımı Tablo 2' de verilmiştir. Çalışma yaptığımız Emet İlçesinde Kolemanit cevheri çıkmaktadır.

Tablo.2. Eti Maden Mineral Bazında Rezerv Miktarları. (milyon ton). (Distributoin of Reserves in terms of minerals million tons) [19]

Ürün tipi	Toplam (milyon Ton)	Pay (%)
Kolemanit	2.257	74
Üleksit	47	2
Tinkal	739	24
Toplam	3.043	100

Ekolojik dengenin korunabilmesi için bor içeren suların içme ve kullanma suyu olarak kullanılmadan önce belli değerlere indirilmesi gerekir. (Bu değer içme suyunda 1 mg/L, kullanma suyunda 1-2 mg/L'dir)

Sulardan ve atık sulardan bor giderimi için yapılan çalışmaların amacı borun giderilmesi ya da geri kazanılmasıdır. Diğer bir amaç ise çevre kirliliğinin önlenmesi ve bor kirliliği giderilen suların sulamada tarımsal amaçla kullanılmasının sağlanabilmesidir [8]. Borlu atık sular bilinen biyolojik arıtım sistemlerinden etkilenmeden geçerler. Aşağıda atık sulardan ve doğal olarak bor içeren sulardan borun giderilmesi için kullanılan yöntemler ve bu konuda yapılmış çalışmalar mevcuttur [9]. Bor giderim yöntemleri ise Kimyasal maddelerle çöktürme, Adsorpsiyon, Organik çözücülerle özütleme, İyon deşişimi [8], olarak sayılabilir.

1.2 Çalışma Alanının İklim ve Jeolojik Yapısı (Climate and Geological Properties of Study Area)

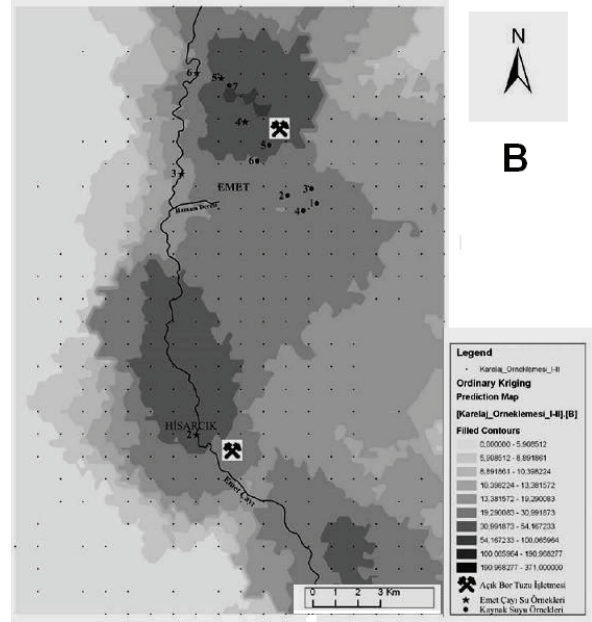
Kütahya ili, Ege Bölgesi' nin iç kısımlarında yer aldığından bu yörede Ege Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi iklimlerinin karışımı bir iklim görülmektedir. Buna göre Kütahya'nın sahip olduğu iklim İç Anadolu Bölgesinin az yağışlı sert iklimi ile Marmara ve Ege kıyılarının mevsimleri arasındaki sıcaklık farkları az, yağışları İç Anadolu'ya göre daha bol olan iklimleri arasında bir geçiş gösterir. Buna paralel olarak Emet ilçesi ve çevresinde de Eylül ayı ile birlikte hava sıcaklıkları hissedilir derecede azalır ve yağmurlar başlar. Uzun ve sert geçen kış mevsiminin ardından Nisan ve Mayıs ayları yağışlı geçer. Yaz mevsiminin Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları ise sıcak ve kurak geçer. Yıllık ortalama yağış miktarı 554,7 mm ve yıllık ortalama nem miktarı %60' ır.

Bölgede tektonik hareketlerle bor tuzlarının oluşumu, gerek neojen göllerinin gerekse volkanizmanın oluşumu ve zayıf bölgelerden sıcak suların çıkması, faylaşmalara bağlanmaktadır. Öncelikle neojen başında oluşan tektonik hareketler sonucu göller oluşmuştur. Bu olayların hareket yönleri kuzey-güney ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultuludur. Ayrıca Emet Çayı vadisinde bor tuzu çökelişi sırasında kuzey-güney doğrultulu bir çöküntü havzası olduğu yapılan arazi çalışmaları neticesinde belirlenmiştir. Boratlı birimin üzerinde bulunan üst kireçtaşları yatağa yakın kısımda Hisarcık'tan Espey'e kadar uzanmaktadır. Yapılan bir çalışmada Havzayı oluşturan 600 km² lik alanda 370 adet toprak örneği analiz edilmiştir. Geliştirilen B ve As dağılım modellerinde (Şek. 1-2) temel değer 10 ppm in altında, eşik değer 10 ppm ve cevher mercikleri üzerindeki alanlarda ise 370 ppm'e ulaşan anomali değerleri tespit edilmiştir. Buradaki B anomali değerleri, dünya toprak ortalama değerlerinin (<10 ppm) 30 katından fazladır. As temel değeri 100 ppm in altında, eşik değeri 100 ppm, anomali değerleri ise 2400 ppm kadar varan değerlere ulaşmaktadır. Dünya toprak As değerleri ortalaması (2 ppm), bu değerlerle karşılaştırıldığında As konsantrasyonunun ciddi değerlerde olduğu görülür. İnceleme alanı içinde 7 adet içme suyu kaynağının 5 yıl incelenmesi sonucu elde edilen B konsantrasyonu ortalama değeri 3,33 (± 13) ppm, As değeri ise 0,17 (±0,257) ppm'dir. İçme suyunda kabul edilir B değeri, 3 ppm; As değeri ise 10 ppb [10,11] olduğuna göre bölgede bulunan tüm yerleşim birimlerine havza dışı kaynaklardan içme suyu ve sulama suyu getirilmesinin önemi açıktır [12].

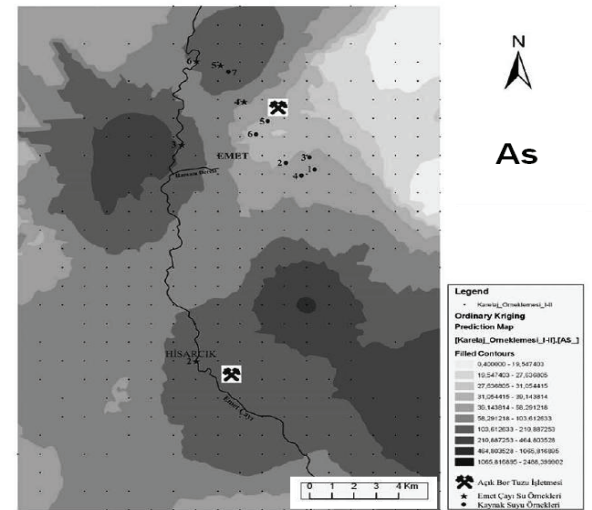
Havzayı Kuzey-Güney yönünde kateden Emet çayı üzerinden 6 noktadan alınan su örneklerinin 23 yıl boyunca izlenmesi sonucu elde edilen B ortalama konsantrasyon değeri 0,726 (±0,97) ppm ve As ortalama konsantrasyon değeri ise 86,5 (±125,6) ppm bulunmuştur. Çıkan sonuçların dünya ortalama değerleri; B için 10 ppb ve As için 2 ppb (Rose&diğ.

1979) ile karşılaştırıldığında B için yaklaşık 8000 katı, As için yaklaşık 350 katı olduğu görülmektedir [12].

Bu çalışmada, Emet ilçesindeki yer altı sularında bor ve arsenik miktarlarının belirlenmesi ve su kirliliği açısından değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada içme ve kullanma suyu olarak kullanılan Emet civarındaki çeşitli noktaların 2010 yılı bor ve arsenik değerleri incelenmiş olup konsantrasyon değerlerine göre değerlendirme ve öneriler yapılmıştır.



Şekil.1. Bor dağılım modellemesi. (Modelling of Boron Distribution) [12]



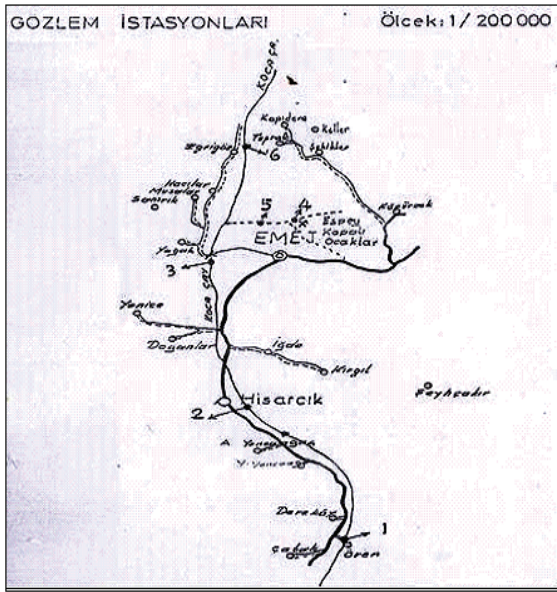
Şekil.2. Arsenik dağılım modellemesi. (Modelling of Arsenic Distribution) [12]

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2010 yılında 12 ay boyunca Emet ve civarındaki çeşitli noktalara ait yer altı ve yüzeysel sularda Bor ve

Arsenik düzeyleri incelenmiştir. İçme ve kullanma suyunun yer altı suyundan temin edildiği Emet yöresinde 1 yıl süreyle periyodik olarak alınan numunelerde bor ve arsenik parametreleri ölçülmüştür. Numuneler noktalardan daha önce 2 litrelik steril edilmiş numune kaplarına akarsuyun kenarlarından en az bir metre uzaklıkta ağzı açık ve başaşağı suya sokularak, kuyularda ve diğer yerlerde ise suyun sürekli akıtıldıktan sonra alınmış, başka bir madde ilave edilmeksizin aynı gün içerisinde laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Numuneler ortam sıcaklığında alınmıştır.

Numunelerin alınması, sulardaki bor ve arsenik kirliliği analizleri APHA, (1985) standardına göre titrimetrik metotla tayin edilmiştir. Numune alma noktalarının yerleri ise Şekil 3’de sunulmuştur.



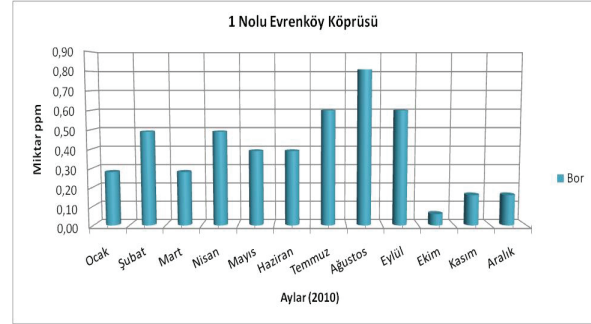
Şekil 3. Numune Alma Noktaları (Sampling Points)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

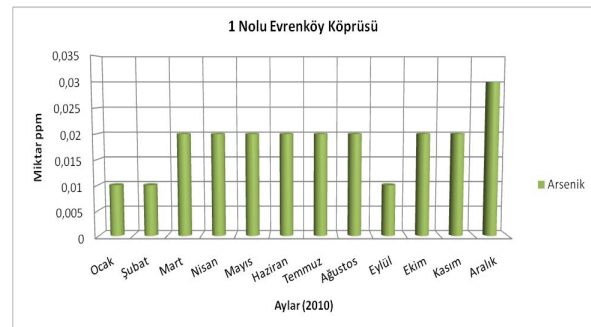
Şekil 4,5,6,7,8,9 da her çalışma bölgesi için bor ve arsenik değerlerinin numune alma süresi boyunca mevsimlik değişimi gösterilmektedir. Emet ilçesinde birçok noktada bor ve arsenik değerleri nispeten yüksek çıkarken Emet şebeke suyunda bu değer oldukça artmaktadır. Benzer şekilde arsenik değeri de yüksektir.

Evrenköy Köprüsü ilk numune alınan yer olup Emet ilçe merkezine 13 km mesafede bir noktadır. Alınan numunelerin analiz neticelerine bakıldığında Bor değerinin 0,16-0,81 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Numune Evrenköy Köprüsünün altından geçen Kocaçay Deresinden alınarak analizi yapıldı. Kocaçay Deresine ait nehir yatağı zaten yüksek oranda bor içermektedir. Derenin geçtiği hemen hemen bütün noktalar bor madeni yataklarına sahip olup, yüksek oranda bor konsantrasyonuna

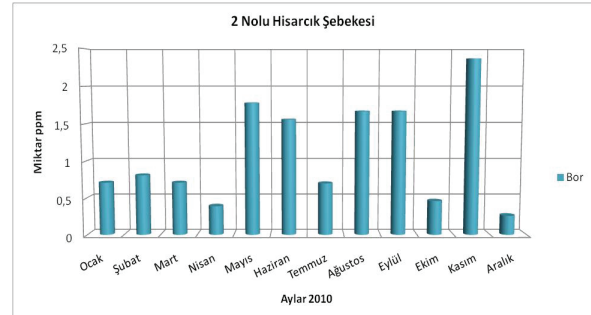
sahiptir. Bu noktadaki arsenik değerinin ise 0,01-0,03 ppm arasında değiştiği görülür. Bu arsenik değerleri büyük bir sıkıntı arz etmemektedir.



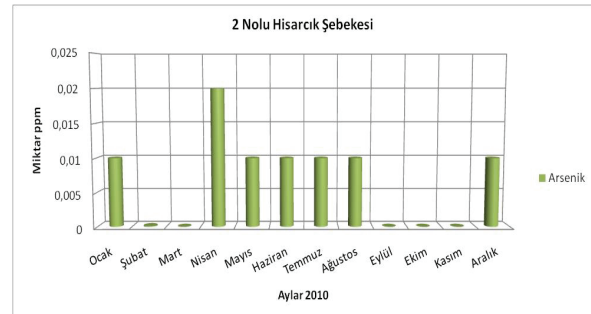
Şekil 4.a. Evrenköy Köprüsüne Ait Bor Değerleri (Boron Contents of Erenköy Bridge)



Şekil 4.b. Evrenköy Köprüsüne Ait Arsenik Değerleri (Arsenic Contents of Erenköy Bridge)



Şekil 5.a. Hisarcık Şebekesi Bor Değerleri (Boron Contents of Hisarcık City Water)

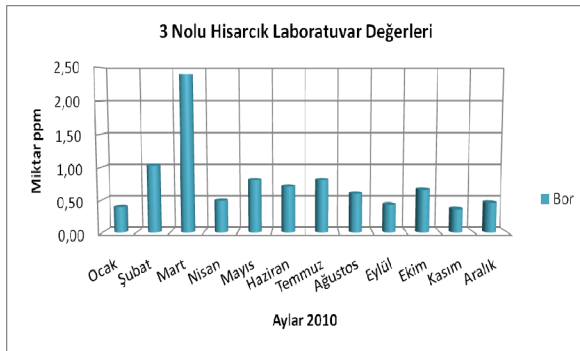


Şekil 5.b. Hisarcık Şebekesi Arsenik Değerleri (Arsenic Contents of Hisarcık City Water)

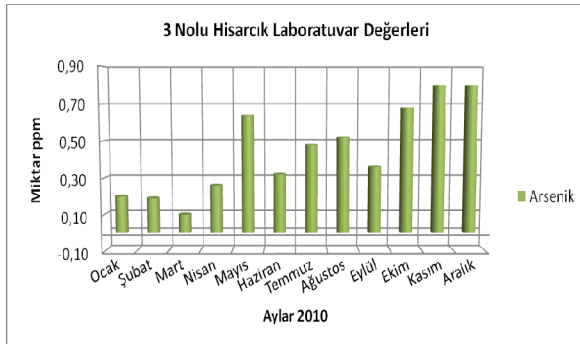
Hisarcık şebeke suyu olarak ifade edilen ikinci numune alma noktası Emet ilçesine yaklaşık 8 km mesafededir ve Hisarcık ilçesine ait şebeke suyunu

ifade etmektedir. Bu noktanın Bor değerine bakıldığında değer 0,26-2,37 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Bu değer Evrenköy Köprüsüne ait değerden biraz daha fazladır. Kasım ayı değeri 2,37 ye tekabül etmektedir. Bu noktadaki arsenik değeri 0,01 civarında seyretmekte ve herhangi bir tehlike arz etmemektedir.

Hisarcık laboratuvar çeşme suyu analiz değerinde ise bor değeri 4,64 ppm' e kadar çıkmıştır. Hisarcık laboratuvar çeşme suyu ilçenin şebeke suyundan gelmekte ve insanlar tarafından kullanılmaktadır. Bu noktanın arsenik değerleri de önceki 2 noktaya göre daha yüksektir. Şebeke suyundaki Bor değerinin artışı özellikle yağmur suları ile Mart ayında yükseldiği grafiklerden de anlaşılmaktadır. Bölgede Bor maden sahalarının bulunması sebebiyle yağmur sularıyla birlikte yeraltına süzülen Bor içerdiğinde artış görülmektedir.



Şekil 6.a.Hisarcık Laboratuvara Ait Suda Bor Değerleri. (Boron Contents of Laboratory Tapwater)

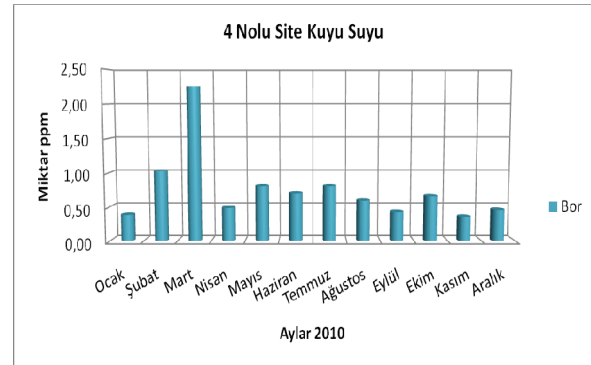


Şekil 6.b. Hisarcık Laboratuvara Ait Suda Arsenik Değerleri. (Arsenic Contents of Laboratory Tapwater)

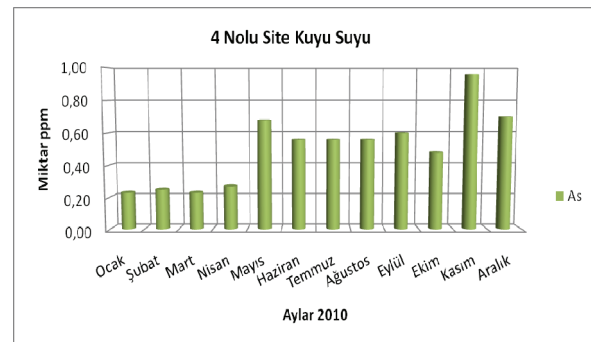
Site kuyu ise bölgede bulunan Emet Bor İşletme Müdürlüğü Lojmanlarına ait sitelerin yakınında bulunan su kaynağıdır. Bu noktadaki Bor değeri 0,86-1,56 ppm arasında değişmekte ve diğer noktalardan çok farklılık göstermemektedir. Bu noktaya ait arsenik değeri de diğer örnek noktalarla paralellik göstermektedir.

Emet şebeke suyu Emet ilçesinde içme ve kullanma amaçlı kullanılan su olup yer yer yüksek oranlarda bor içermektedir. Özellikle fazla yağışın olduğu Ocak ve Mayıs aylarında değerler oldukça yüksektir. Arsenik

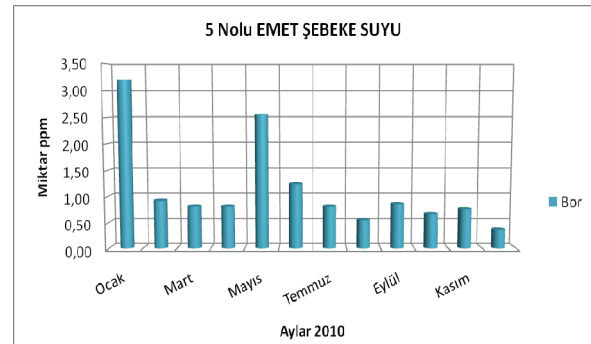
değeri ise diğer noktalardan pek farklılık göstermemektedir.



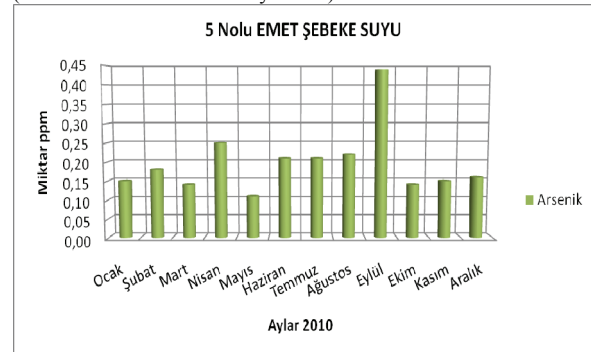
Şekil 7.a.Site Kuyu Suyuna Ait Bor Değerleri. (Boron Contents of Site Well Water)



Şekil 7.b.Site Kuyu Suyuna Ait Arsenik Değerleri (Arsenic Contents of Site Well Water)

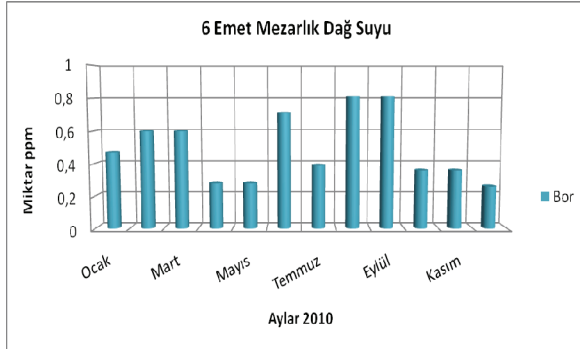


Şekil 8.a.Emet Şebeke Suyuna Ait Bor Değerleri. (Boron Contents of Emet City Water)

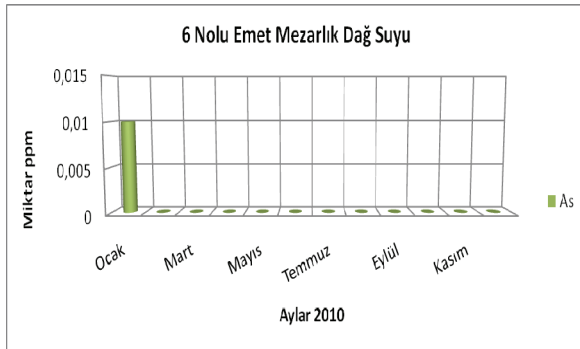


Şekil 8.b.Emet Şebeke Suyuna Ait Arsenik Değerleri. (Arsenic Contents of Emet City Water)

Emet mezarlık dağ suyuna ait bor değerleri 0,28-0,81 ppm arasında değişmektedir. Arsenik değerleri ise çok düşük seviyelerdedir.



Şekil 9.a. Emet Mezarlık Dağ Suyuna Ait Bor Değerleri. (Boron Contents of Emet's Cemetery Mountain Water)



Şekil 9.b. Emet Mezarlık Dağ Suyuna Arsenik Bor Değerleri. (Arsenic Contents of Emet's Cemetery Mountain Water)

Analiz neticelerine bakıldığında noktalardaki bor ve arsenik değerlerinin TS 266 da belirtilen değerleri; Şekil 4.b, Şekil 5.a, Şekil 6.a, Şekil 6.b, Şekil 7.a, Şekil 7.b, Şekil 8.a ve Şekil 8.b' de aştığı görülmektedir. (Şekil 10,11).

Yapılan daha önceki çalışmalarda Emet çayı üzerinden 6 noktadan alınan su örneklerinin 23 yıl boyunca izlenmesi sonucu elde edilen B ortalama konsantrasyon değeri 0,726 ($\pm 0,97$) ppm ve As ortalama konsantrasyon değeri ise 86,5 ($\pm 125,6$) ppm 2010 bulunmuştur. Çıkan sonuçların dünya ortalama değerleri; B için 10 ppb ve As için 2 ppb [14] ile karşılaştırıldığında B için yaklaşık 8000 katı, As için yaklaşık 350 katı olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler bor ve arsenik değerlerinin numune alma dönemi boyunca mevsimlere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. En yüksek bor değeri, 7,66 ppm ile Emet şebeke suyunda çıkmaktadır (Şekil 8.a). En yüksek Arsenik değeri ise 1 ppm ile Emet Bor İşletme Müdürlüğü Lojmanları civarındaki site kuyu suyunda bulunmaktadır (Şekil 7.b).

Özellikle içme suyu amaçlı kullanılan bazı noktalarda bu değerler yüksektir. Bu değerler tarım toprağı az ve toprakların yüksek oranda bor içerdiği Emet Yöresinde kullanma suyu açısından da elverişli değildir. Bor bitkilerin gelişmesi için gerekli bir elementtir. Fakat suda fazla bulunması halinde bitki gelişmesi için zararlı olmakta, hatta bitkiyi öldürmektedir. Mikro besleyici olarak sulama suyunda 0,5 ppm' e kadar bor bulunması gerekirken, bora karşı çok hassas olan ceviz, limon, incir, elma, üzüm, fasulye gibi bitkiler için zararlı olabilmektedir. Sulama suyunda 1 ppm bor önerilmektedir.

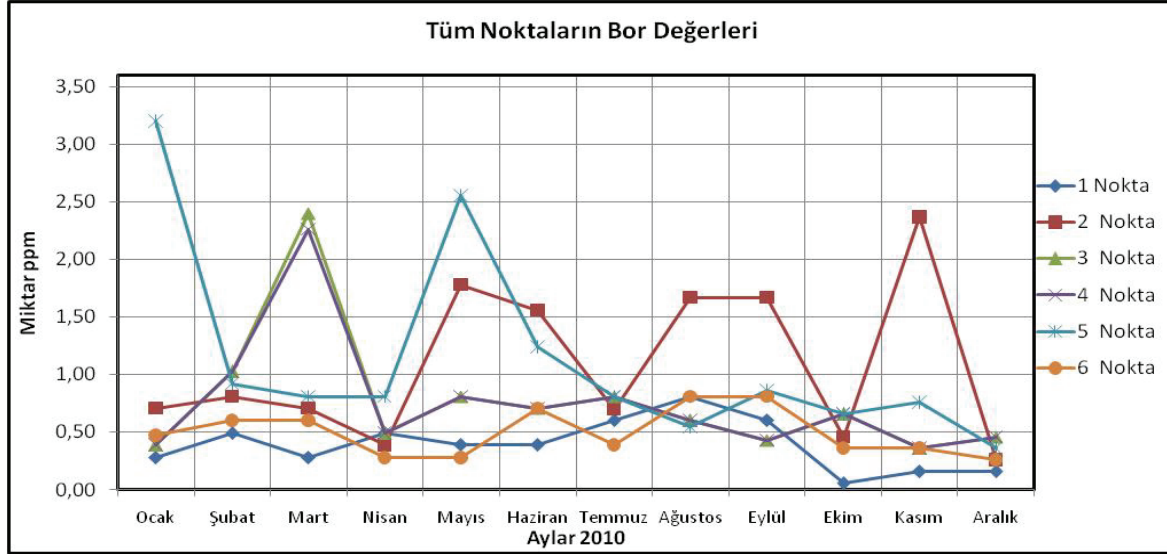
B ve As elementleri, inceleme yapılan bölgede içerisinde yoğun bir şekilde bulunmaktadır. Bu konsantrasyon yoğunluğu bölgedeki topraklar, içme ve dere sularında standartların ve dünya ortalama değerlerinin kat be kat üzerinde gözlenmektedir. Var olan bu kirlilik, bölgede yaşayan insanlar üzerinde kanser, cilt hastalıkları vb etkilere sebebiyet vermektedir [13].

Numune noktalarındaki bor ve arsenik değerlerinin yer yer yüksek olmasının nedeni arazi yapısı ve toprak özellikleridir. Bölge toprakları yüksek oranda bor içermektedir. Hakim kayaç olarak ise arsenikli kayaçlar olan arsenopirit, realgar ve orpiment görülmektedir. Özellikle yağışlı mevsimlerde yağmur ve kar suyu ile birlikte yüzeyden süzülen sular bor ve arseniği de birlikte getirmekte bu durumda yer altı suyunun kompozisyonunu etkilemektedir.

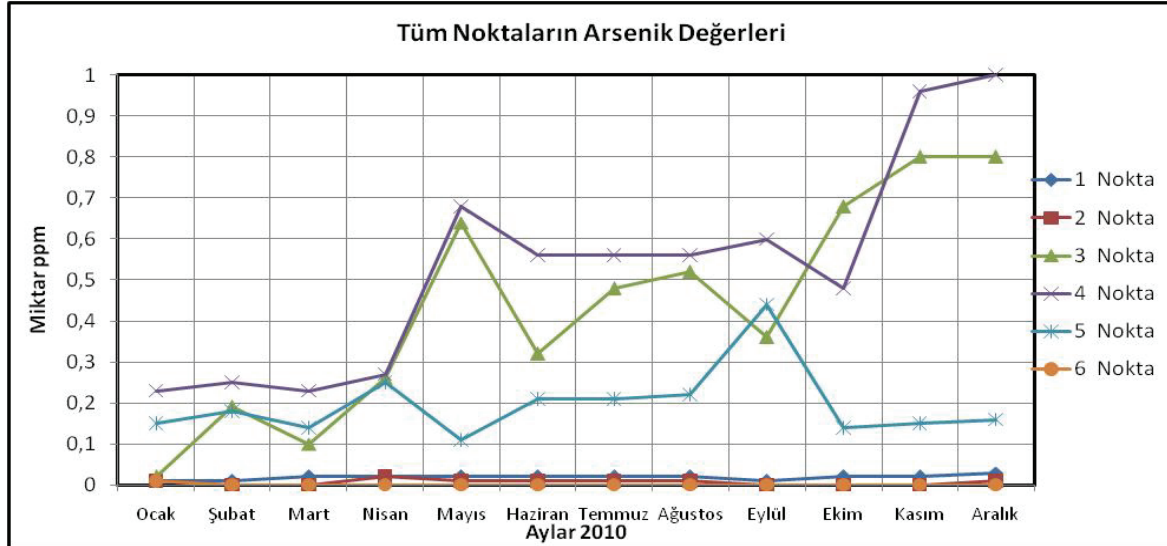
4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ (CONCLUSION)

Bu çalışmada Emet ilçesi civarındaki içme ve kullanma amaçlı su eldesin de kullanılan 6 noktadan numuneler alınmış ve 1 yıl süre ile aylık bor ve arsenik değerlerine bakılmıştır. Aylara ve bölgeye göre kaydedilen Bor ve Arsenik kirlilikleri için bazı bölgelerde acilen tedbir alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Tıbbi jeoloji alanında yapılan akademik çalışmalar da göstermiştir ki, içme suyundaki arseniğe bağlı olarak ortaya çıkan hastalıkların kuru yoktur, hastalığın kuluçka dönemi çok uzun zaman alır, teşhisi zordur. Teşhis edildiği zaman da birçok kez tedavi için geç kalınmış olmaktadır.

Arsenik bilinen bir kanserojendir. İnorganik arseniğin solunması akciğer kanserine, besin yoluyla alınması ise cilt, mesane, böbrek, karaciğer ve akciğer kanserine neden olabilir. Organizmada arsenik böbrek, karaciğer, kalp, beyin gibi bütün yumuşak dokulara dağılır. Uzun süreli arsenik alımı DNA nın hasar görmesine kanser yapıcı genlerin ortaya çıkmasına, insan vücudunda kalp, karaciğer, akciğer ve böbreklerde tahribata, işitme kaybına, sinirsel rahatsızlıklara neden olmaktadır [15].



Şekil 10. Emet ve Civarındaki Çeşitli Noktalara Ait Yeraltı ve Yüzeysel Sularda Bor Konsantrasyonunun 2010 Ocak-Aralık Ayları Arasındaki Değişimi. (The Change of Boron Concentration of Underground and Surface Water at Emet and Neighbouring Locations in Between January and December 2010)



Şekil 11. Emet ve Civarındaki Çeşitli Noktalara Ait Yeraltı ve Yüzeysel Sularda Arsenik Konsantrasyonunun 2010 Ocak-Aralık Ayları Arasındaki Değişimi. (The Change of Arsenic Concentration of Underground and Surface Water at Emet and Neighbouring Locations in Between January and December 2010)

Bor ve arseniği yüksek seviyelerde içeren suları çeşitli şekillerde tüketen Emet ilçesinde acilen alınması gereken tedbirler arasında; İçme, kullanma ve sulama sularında sağlık açısından önem taşıyan elementlerin analizi yapılmalı, değerlerin ne seviyelerde olduğuna bakılmalıdır (suların kimyasal ve biyolojik analizi yapılmalıdır). Bölgeyi sağlıklı içme suyuna kavuşturmak için yapılan çalışmalar hızlandırılmalıdır. Yüksek oranda Bor ve Arsenik içeren bu suların hastalığa yol açıp açmadığı ve ne gibi etkileri olduğu irdelenmelidir. Ayrıca Bölgenin tarım topraklarında bu tür suların kullanmanın ekolojik dengeye etkileri araştırılmalıdır.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Roskill, "Boron: Global industry markets and Outlook", Roskill Information Services Ltd. ISBN 978 0 86214 561 3., Twelfth Edition, 2010.
2. N.Kabay, I.Yılmaz, M. Bryjak, M. Yüksel, Removal of boron from aqueous solutions by ion exchange membrane hybrid process, Desalination 198, 74-81, 2006.
3. J.L.Parks, M.Edwards, Boron in the environment, Critical Reviews in Env. Science and Technology 35, 2005.
4. Çevre ve Orman Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Yayımlandığı Resmi Gazete: Tarih Sayı 25687, 31 Aralık Cuma 2004.
5. B.Erdoğan, F.Katnaş, P.Türker, A.Yeğinobalı, Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve

- Özellikleri, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara, 2003.
6. N. Kabay, I. Yılmaz, S. Yamac, S. Samatya, M. Yuksel, U. Yuksel, M. Arda, M. Saglam, T. Iwanaga and K. Hirowatari, Removal and recovery of boron from geothermal wastewater by selective ion exchange resins. I. Laboratory tests, *Reac. Funct. Polym.*, 60-163–170,2004.
 7. D.Uygan,Ö.Çetin, Bor'un tarımsal ve çevresel etkileri ; Seydisuyu su toplama havzası, II.Uluslararası Bor Sempozyumu. 23-25 Eylül. Maden Mühendisleri Oda Yayınları, Ankara. 2004.
 8. S.Tufan, Amberlit IRA –743 Bor Tutucu Reçinenin Tek Kademeli Sıcaklıkta Rejenerasyon Koşulları, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 45, 1988
 9. N.Öztürk, Bor ve Bor Bileşiklerinin Çevresel Etkileri ve Sulardan Giderim Yöntemleri, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi,2005,
 10. WHO Guide line for Drinking Water Quality, 46. 1993.
 11. APHA, Standart Methods For Examination of Water and Wastewater, 15 Edit., Wash. 1985.
 12. C.Özkul, S. Tokel, M. Savaş” Emet – Hisarcık (Kütahya) Bor Havzasının B-As Açısından Çevre Jeokimyası” 2. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Ankara, 2008.
 13. M. Çöl, C.Çöl, Environmental Boron Contamination in Waters of Hisarcık Area in The Kutahya Province of Turkey. *Foodand Chemical Toxicology* 41, 1417, 2003.
 14. A.Rose, W.,Hawkes, H. E., Webb, J. S., *Geochemistry in Mineral Exploration*, Academic Press, New York. 1979.
 15. A.H. Güngörmüş, A. Şen, "Bor Madeni Arsenik ve Yaşam Hakkı” *Standart Dergisi*, No. 529, pp. 100, Jan. 2006.
 16. Eti Maden işletmeleri Genel Müdürlüğü “2010 Yılı Bor Sektör Raporu”2010.