

Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması

Adem Yavuz SÖNMEZ¹ Olcay HİSAR² Telat YANIK³

¹Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Kastamonu (aysonmez@kastamonu.edu.tr)

²18 Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Çanakkale

³Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Erzurum

Geliş Tarihi : 02.05.2012

Kabul Tarihi : 05.07.2012

ÖZET : Karasu Irmağından seçilen 5 istasyondan 12 ay boyunca alınan su örnekleri Bakır (Cu), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd) ve Demir (Fe) bakımından incelenmiştir. Elde edilen ağır metal verilerine göre istasyonlar arasında tüm ağır metallerin değişimlerinde önemli derecede farklılıklar gözlemlenmiştir ($p<0.01$). Aylara göre ağır metallerin değişimleri incelendiğinde örnekleme noktalarından elde edilen verilerin istatistiki olarak önemli ölçüde değişmediği tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ancak, aylar x istasyonlar interaksyonu istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Irmağın önemli ölçüde kirliliğe maruz kaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karasu Irmağı; ağır metal; su kalitesi

Determination of Heavy Metal Pollution in Karasu River and Classification of Water Quality

ABSTRACT : Water samples were collected from 5 different point of Karasu River in order to determine Copper (Cu), Zinc (Zn), Manganese (Mn), Lead (Pb), Nickel (Ni), Cadmium (Cd) and Iron (Fe) concentrations for 12 months. It was found that the differences between the sampling points with respect to all of the analyzed heavy metals were significant ($p<0.01$). Although the Month X Sampling points interactions were significant ($p<0.05$) the changes throughout the months for each heavy metal were not statistically significant ($p>0.05$). The river is exposed to considerable contamination.

Keywords: Karasu river, heavy metal, water quality

GİRİŞ

Su kirlenmesi, su kaynağının fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde meydana gelir. Su kirliliği antropojenik etkiler sonucunda ortaya çıkan, kullanımı kısıtlayan veya engelleyen ve ekonomik dengeleri bozan kalite değişimleridir. FAO ise su kirliliğini; canlı kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık gibi çalışmalarını engelleyici ve su kalitesini zedeleyici etkiler yapabilecek maddelerin suya atılması şeklinde tanımlamaktadır. (Yanık ve Atamanalp 2001; Sönmez vd. 2008)

Bu açıdan ele alındığında su kirliliğini tetikleyici birçok unsur vardır. Bunlar çeşitlerine ve bu çeşitliliğe sebep olan kaynaklarına göre birçok gruba ayrılmakla beraber en önemli gurubu kimyasal kaynaklı kirlenme oluşturmaktadır. Özellikle son yıllarda endüstrileşmenin ve sanayinin gelişi ile beraber tarımsal mücadelede pestisit ve kimyasal ilaç kullanımından dolayı bu tip kirlenmelere sıkça rastlanmaktadır. Sanayi artıkları, tarımsal ilaç atıkları ve endüstri, petrol, deri, deterjan atıkları su kimyasında özellikle balıklar ve su canlıları aleyhine önemli değişiklikler yapmakta ve bunların ölümlerine sebep olmaktadır (Sönmez vd. 2008).

Bu tip kirlenme sonucunda sulara oksijen azlığına bağlı olarak su canlılarının ölümü, azot ve fosfor çoğalmasına bağlı olarak ötrofikasyon veya buna sebebiyet, suların yüzeylerinde biriken deterjan, yağ vb gibi maddeler sonucunda suyun

havalanmasını engellenir, güneş ışınlarına engel olduğundan dolayı fotosentez düşer, kokuşma meydana gelir, estetik sorunlar ortaya çıkarır. Bulanıklık meydana getirdiği için balıkların besin bulmasını zorlaştırır, dolayısıyla büyümelerini yavaşlatır. Ağır metal birikimine sebebiyetten dolayı zehirlenmelere neden olabilir. Askıda bulunan katı maddeler özellikle deşarj civarında dipsele birikime neden olur. Bu tip atıkların birçoğu yüksek miktarda askıda katı madde ve çözünmüş madde içermeleri nedeni ile aşırı alkali olmalarından dolayı, BOİ düzeylerinin çok yüksek olması nedeni ile karşılaştıkları alıcı sularda hiç çözünmüş oksijen bırakmazlar. Bu durum da balıklar açısından en tehlikeli durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kirlenme kaynaklarının hepsi ise sulara toksik metal kirliliğine ve ağır metal birikimine neden olmakta, bunun neticesi olarak ise birçok yörede ve su kaynağında yaşandığı üzere toplu balık ölümleri ve zehirlenmeler meydana gelmektedir.

Hiç şüphesiz ki kimyasal su kirliliğinin en tehlikeli boyutunu Ağır Metal birikimi oluşturur. İz metalle eş anlamlı olarak kullanılan ağır metal terimi esansiyel olan ve olmayan iz metalleri kapsar. Yani, kimyasal olarak; elektron verip (+) değerlikli iyon olabilen, asitlerde bulunan H iyonlarıyla yer değiştirebilen, ametallerle bileşik oluşturabilen fakat kendi aralarında oluşturamayan, oksitleri bazik olan, fiziksel olarak ise; civa hariç normal şartlarda katı

olan, ısı ve elektriği iyi ileten, levha ve tel haline gelebilen ve metalik bir renk ve parlaklığa sahip olan bütün maddeler ağır metal olarak tanımlanmaktadır. Bunların tamamı, canlı organizmalar için potansiyel birer tehlikedir (Rainbow 1995).

Sularla sürekli olarak taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının absorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğu için suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir (Kahvecioğlu vd 2008). Ağır metallerin çevreye yayılımında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir (Rether 2002).

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır (Bigersson 1988). Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler (Duffos 1996).

Buradan ağır metaller hem sulara hem de buldukları canlı bünyesinde konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösterirler. Özellikle canlı bünyesinde ise etki konsantrasyona bağlı olmaktan ziyade canlılığın türüne ve metal iyonunun yapısına göre değişir. Bu nedenle özellikle düzenli tüketim içme sularında ve su kaynaklarından elde edilen yiyeceklerde maksimum konsantrasyon sınırlaması yapılmıştır ve sürekli olarak kontrol altında tutulması gereklidir.

Bu nedenle suların ağır metal düzeylerinin tespiti kirlilik düzeyinin tespiti açısından önem taşımaktadır. İşte bu çalışmada Fırat Nehrinin önemli

bir kolu olan ve bölgesel önem taşıyan Karasu Irmağı araştırma bölgesi olarak ele alınmıştır. Karasu ırmağı belirli bir kesimden sonra Erzurum şehir kanalizasyon sularına, et işletmelerinin, yağ, şeker ve çimento fabrikalarının artıklarını alarak büyük ölçüde kirlenmektedir. Eylül ayı içerisinde başlayan şeker fabrikasının pancar kampanyası döneminde bulanma hat safhaya çıkmaktadır (Altuner ve Gürbüz 1989; Aras 1988). İrmakta 10 yıl ara ile iki defa toplu balık ölümü gerçekleşmiştir. İrmak önemli ölçüde tarımsal sulama amaçlı kullanılmaktadır.

MATERYAL VE METOD

Çalışma araştırma bölgesi olarak alınan Karasu ırmağından seçilen 5 istasyonda yürütülmüştür. İstasyonlar Karasu Irmağının Dumlu-Aşkale arasında Su Kirliliği yönetmeliğine uygun olarak seçilmiş ve aralarında en az 5km olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca tüm bölgelerin örneklenmesi açısından çeşitli sanayi atıklarının, kanalizasyonların suya karıştığı bölgelerde istasyonların belirlenmesinde dikkate alınmıştır. Her ay her bir istasyondan 2 adet olmak üzere istasyonun her tarafını örnekleyecek bir bölgeden Nansen şişesi yardımı ile su örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler 0,45 µm'lik membran filtrelerle süzülerek polietilen şişelere konulmuştur. Hem nansen şişesi hem de polietilen şişeler ortam suyu ile en az üç defa çalkalanmıştır (Alam vd. 2001). Alınan su örneklerindeki ağır metal birikiminin belirlenmesi Atomic Absorption cihazı ile yapılmıştır (Fifield ve Haines 1997). İstatistiki değerlendirmeler SPSS paket programı ile yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tablo1'de Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd, Fe gibi bazı ağır metallerin nehirlerdeki miktarları ve bu miktarların su kalite sınıflarına göre nasıl değiştiği gösterilmiştir. Değerlendirme ölçütleri göz önünde bulundurularak sular dört grupta sınıflandırılmıştır. 1. sınıf: çok temiz, 2. sınıf: temiz, 3. sınıf: az kirli ve 4. sınıf: kirli olarak belirlenmiştir (Baltacı 2000; Uslu ve Türkman 1987).

Tablo 1. Bazı ağır metallerin su kalite sınıflarına göre izin veriler üst değerleri (µg/l) (Baltacı 2000; Uslu ve Türkman 1987).

Ağır metaller	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Cu	20	50	200	>200
Zn	200	500	2000	>2000
Mn	100	500	3000	>3000
Pb	10	20	50	>50
Ni	20	50	200	>200
Cd	3	5	10	>10
Fe	300	1000	5000	>5000

İstasyonlardan elde edilen Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Ni ve Cd verilerine ilişkin istasyonlar arası istatistikî tanımlayıcı değerler Tablo 2 'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; İstasyonlar arasında tüm metal değişimlerinde önemli derecede farklılıklar

gözlemlenmiştir ($p < 0.01$). Ana varyasyon kaynaklarından ayların tüm metal değişimleri üzerine etkisinin önemli ($p > 0.05$) olmadığı tespit edilirken aylar x istasyonlar interaksyonu istatistikî bakımdan çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur.

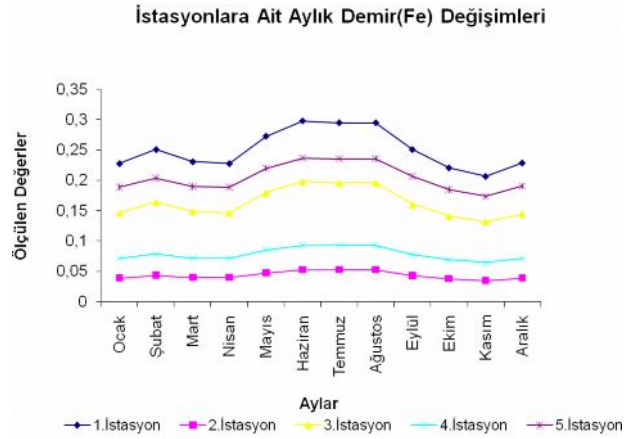
Tablo 2. İstasyonlara ilişkin tanımlayıcı istatistikî değerler.

İstasyonlar	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	Ni	Cd
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD
1. İstasyon	0,25±0,03 ^a	0,79±0,12 ^a	1,32±0,14 ^a	0,99±0,18 ^a	0,10±0,02 ^a	0,14±0,02 ^a	0,008±0,001 ^a
2. İstasyon	0,04±0,01 ^c	0,56±0,07 ^b	1,03±0,14 ^b	0,10±0,02 ^c	0,01±0,00 ^c	0,11±0,02 ^b	0,006±0,001 ^b
3. İstasyon	0,16±0,02 ^c	0,79±0,11 ^a	0,35±0,05 ^c	0,64±0,17 ^b	0,06±0,02 ^b	0,04±0,01 ^c	0,008±0,001 ^a
4. İstasyon	0,08±0,01 ^d	0,38±0,06 ^c	0,69±0,10 ^c	0,11±0,06 ^c	0,02±0,00 ^d	0,07±0,01 ^c	0,004±0,001 ^c
5. İstasyon	0,20±0,02 ^b	0,26±0,05 ^d	0,59±0,08 ^d	0,03±0,02 ^d	0,04±0,01 ^c	0,06±0,01 ^d	0,003±0,000 ^d

Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir. ($p > 0.05$)
Ortalama değerler ppm üzerinden verilmiştir

İstasyonlara ait yapılan değerlendirmelerde demir değerleri Tablo 1'de verilen limit değerlerinin içerisinde tespit edilmiştir. Toroğlu vd. (2006) yaptıkları çalışmada Aksu Çayı ve kollarında demir ortalamasını Aksu I'de 1,658, Erkenez'de 2,321, Oklu Deresinde 0,663, Karasu'da 0,331 ve Aksu II istasyonunda 1,160ppm olarak bildirmişler ve

istasyonların hepsinin demir açısından çok kirli olduğunu tespit etmişlerdir. Orta Karadeniz kıyılarındaki bazı nehirlerde yapılan çalışmada ortalama demir verileri Yeşilırmak'ta 0.014, Abdal ırmağında 0.029, Mert ırmağında 0.020, Kürtün ırmağında 0.059, Engiz ırmağında 0.311 ve Kızılırmak'ta 0.553mg/l olarak bildirilmiştir (Arıman vd. 2007).



Şekil 1. İstasyonlara Ait Aylık Demir(Fe) Değişim Grafiği(ppm)

Buna karşın elde ettiğimiz verilerde 1. istasyon ortalama açısından diğerlerinden yüksek bulunmuştur. Bunun en önemli sebebi olarak 1. istasyonun kaynağa en yakın istasyon olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim Karasu ırmağının birkaç farklı kaynak suyunun birleşiminden oluştuğu açıktır. Gray (1996) tarafından yapılan çalışmada aşırı demirin kaynak sularında önemli bir problem olduğu belirtilmiştir. Diğer yandan topraklarda ve yer kabuğunda en fazla

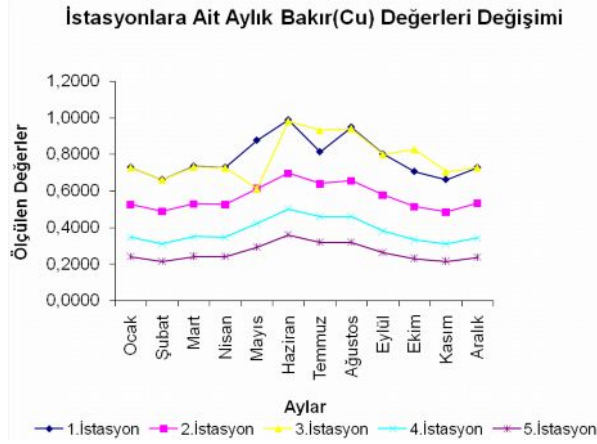
bulunan elementlerden birisi olduğu rapor edilmiştir (ATSDR 2010; Türkmen 2003).

Bakır(Cu) verileri doğrultusunda yapılan değerlendirmede Uslu ve Türkmen (1987) bildirmiş oldukları sularda kalite standartlarına (Tablo 1) göre 5 istasyonunda değerlerinin çok kirli olarak nitelendirilen IV. Sınıf su kategorisinin ($> 0.2 \mu\text{g/l}$) üstünde olduğu belirlenmiştir.

Yeşilırmak, Abdal Irmağı, Mert, Kürtün, Engiz ve Kızılırmak'ta yürütülen çalışmada Bakır metalinin

ortalamaları sırasıyla; 0,013mg/l, 0,009mg/l, 0,009mg/l, 0,07mg/l, 0,428mg/l ve 0,085mg/l olarak bildirilmiştir(Arıman vd. 2007). Büyük Menderes nehrinde yapılan bir araştırmada ağır metal ölçümlerinde bakır ortalaması 0,010–0,012mg/l olarak belirtilirken, Gediz nehrinde ise 0,011–0,013mg/l arasında olduğu bildirilmiştir(Akçay et al.

2003). Toroğlu vd. (2006) yılında yaptıkları çalışmada Aksu çayı ve besleyen kollarından aldıkları Bakır değerlerini Aksu I'de 0,063ppm, Erkenez'de 0,031ppm, Oklu'da 0,063ppm, Karasu'da 0,031ppm ve Aksu II'de 0,063ppm olarak tespit etmişlerdir.



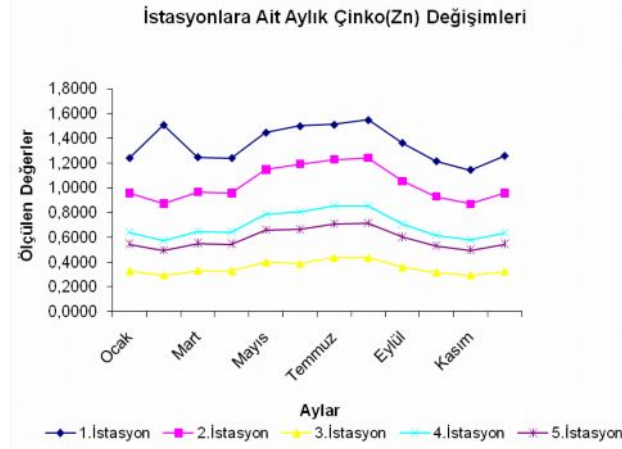
Şekil 2. İstasyonlara Ait Aylık Bakır(Cu) Değişim Grafiği(ppm)

Literatürlere göre elde edilen veriler değerlendirildiğinde Karasu ırmağında elde edilen bakır verileri oldukça yüksektir. Bakıra kaynaklık eden ve sulara yayılımını artıran en önemli faaliyetlerden bazıları; pestisitler, soğutma suyu deşarjı, işleme endüstrisi, araba ve kamyon fren balataları ve yoğun endüstri faaliyetleri olarak bildirilmiştir. Bu doğrultuda istasyonlarda bakır değerlerinin yüksek olması rahatlıkla açıklanabilir. Irmağın seçilen istasyonları boyunca ovada yoğun şekilde işlemeli tarım yapılmakta ilaç ve gübre yoğun şekilde kullanılmaktadır. Diğer yandan bu istasyonlar bölgesinde şeker fabrikası, çimento fabrikası, yağ fabrikası faaliyetlerini sürdürdüğü gibi istasyonların karayoluna yakınlığı da önemli etkenlerdendir.

Sularda çinko değerlerine göre yapılan sınıflandırmaya göre istasyonlarımızdan elde edilen belirtilen sınırlar içerisinde ve kirli surla grubunda

oldukları belirlenmiştir (Uslu ve Türkman 1987; Baltacı 2000)

Yapılan çalışmalarda elde edilen veriler de bu sonuçları destekler niteliktedir. Kayar ve Çelik (2003) yaptıkları çalışmada Gediz nehrinde beş istasyondan aldıkları örneklerde ağır metal çalışmış ve çinko düzeylerini 12 aylık periyotta sırasıyla Nif Çayında 60–3300µ/l, İstanbul Köprüsünde 60–3300µ/l, Karaçay'da 250–3600µ/l, Muradiye Köprüsünde 70–2820µ/l ve Menemen Yolunda 60–3200µ/l arasında olduklarını ve özellikle yağışların bol olduğu Mayıs ayında ani şekilde yükselme olduğunu belirtmişlerdir. Toroğlu vd. (2006)'da yaptıkları çalışmada Aksu Çayında belirledikleri istasyonlarda çinko miktarının değişimlerini 0,165ppm, 0,179ppm, 0,484ppm, 0,221ppm ve 0,262ppm olarak rapor etmişlerdir.



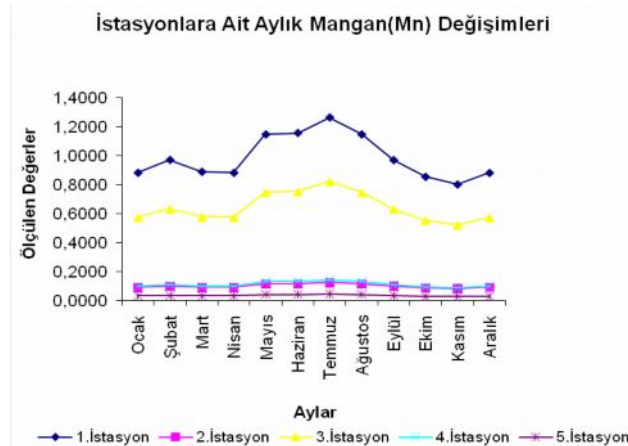
Şekil 3. İstasyonlara Ait Aylık Çinko(Zn) Değişim Grafiği(ppm)

İstatistiki sonuçlara bakıldığında ortalamalar açısından birinci istasyon kaynağa en yakın istasyon olması nedeni ile en yüksek ortalamayı vermiştir. Burada toprağın tuttuğu ve yapısında bulundurduğu ağır metal yükü önemli bir etkidir. Diğer istasyonlarda da su kalite sınıflandırmasına göre kirli gurubuna dahil ortalamalar çıkması istasyonlar bölgesinde yerleşim yerlerinin olması, sanayi faaliyetlerinin yürütülmesi ve yoğun tarım uygulamalarına bağlanmaktadır.

Mangan verileri genel olarak değerlendirildiğinde değerler kabul edilebilir sınırlar içerisinde görülmektedir. Uslu ve Türkman (1987) ile Baltacı (2000)'in bildirdiklerine göre temiz sularda 0.1 µg/l, az kirli sularda 0.5 µg/l, kirli sularda 3.0 µg/l ve çok kirli sularda >3.0 µg/l mangan sınırlarıdır. İstasyonların bazıları bu sınırları

oldukça altında seyredirken 1 ve 3. istasyon mangan bakımından kirli su gurubuna girmektedirler.

Aksu çayından seçilen beş istasyondan ölçülen mangan değerleri Toroğlu vd. (2006) tarafından sırasıyla 0,012ppm, 0,045ppm, 0,019ppm, 0,019ppm ve 0,019ppm şeklinde bildirilmiştir. Arıman vd. (2007) tarafından yapılan başka bir çalışmada mangan ortalamaları Yeşilırmak'ta 0,091ppm, Abdal Çayında 0,134ppm, Mert ırmağında 0,358ppm, Kürtün ırmağında 0,206ppm, Engiz ırmağında 0,928ppm ve Kızılırmak'ta 0,310ppm olarak rapor edilmiştir. Gediz nehri üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise Kayar ve Çelik (2003) seçilen beş istasyonda mangan verilerini sırasıyla aylara göre 100–840 µ/l, 27-500 µ/l, 70-500 µ/l, 63-390 µ/l ve 10-200 µ/l arasında olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4. İstasyonlara Ait Aylık Mangan(Mn) Değişim Grafiği(ppm)

Karasu ırmağında yapılan ölçümler neticesinde elde edilen verilere göre 1 ve 3. istasyonlar hariç

diğer ortalamalar mangan açısından temiz su gurubuna dâhil olmaktadır. 1 ve 3. istasyonlarda

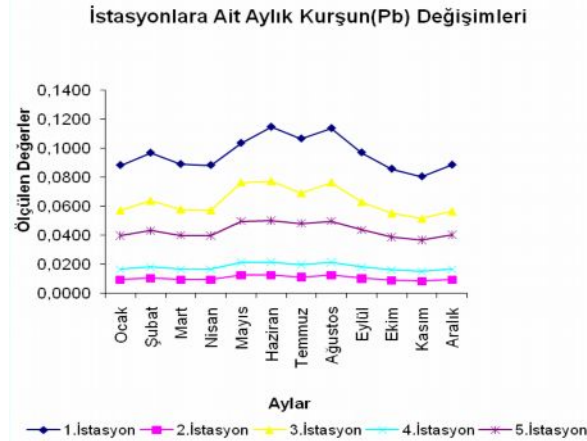
ortalamalar genel olarak 1ppm'e yakın değerler göstermektedir. Bu da suyun mangan açısından kirli olduğu durumunu ortaya koymaktadır. Özellikle mangan topraklarda ve su kaynaklarında doğal olarak bulunabilen bir ağır metal olması (ATSDR 2010) asabiyle bu durum izah edilebilir. Çünkü birinci istasyon kaynağa en yakın istasyon ve farklı birkaç su kaynağının birleşiminden oluşmaktadır. Öte taraftan 3. istasyon dolaylarında suya karışan ve dağlardan kendiliğinden çıkan birkaç farklı yeraltı su kaynağı bulunmaktadır.

Sularda bildirilen Pb (Kurşun) sınırlarına göre 0.02 µg/l'e kadar olanlar temiz, 0.05 µg/l'e kadar olanlar az kirli, 0.2 µg/l'e kadar olanlar kirli ve >0,2 µg/l olanlar ise çok kirli sular olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 1). Bu sınıflandırma çerçevesinde istasyonlarımızdan elde edilen verilere bakıldığında 2., 4. ve 5. istasyonlar temiz su gurubuna girmektedirler. 1. ve 3. istasyonlardan elde edilen verilerde genel anlamda az kirli veya kirli su

gurubuna dahil edilebilmekle beraber tahammül edilen sınıflandırma sınırlarının içersindedir.

Aksu Çayı ve kolları üzerine yapılan bir çalışmada Pb değerleri 1,562–4,688ppm arasında bulunmuş ve beş istasyonda çok kirli sınıfına dâhil edilmiştir (Toroğlu vd. 2006). Sin vd. (2001) tarafından Hong Kong'ta Shing Mun Irmağında 8 istasyonda yürüttüğü çalışmasında kurşun değerlerini 0,126–0,354mg/g olarak tespit etmiş ve kirli sular sınıfına dâhil etmiştir.

Çin'de Le An ırmağı üzerine yapılan bir başka çalışmada Kurşun(Pb) ortalamaları 16 istasyonda 29–208mg/kg arasında tespit edilmiş ve Mevsimsel değişimler olduğu belirtilmiştir (He vd. 1997). Arıman vd. (2007) tarafından yapılan bir başka çalışmada kurşun (Pb) ortalamaları Kızılırmak'ta 0,357mg/l, Yeşilirmak'ta 0,148mg/l, Abdal çayında 0,237mg/l, Mert çayında 0,675mg/l, Kürtün ırmağında 0,171mg/l ve Engiz ırmağında 0,130mg/l olarak bildirmişlerdir.



Şekil 5. İstasyonlara Ait Aylık Kurşun(Pb) Değişim Grafiği(ppm)

Çalışmamızda elde edilen kurşun verilerine bakıldığında 1 ve 3. istasyonlar hariç diğer istasyonlarda kirlilik sınırlarının altındadır. 1 ve 3. istasyonlarda ortalamanın diğer istasyonlardan yüksek olması iki istasyonunda transit yollara yakınlığı ve yerleşim birimlerinin yakınında olması ile açıklanabilir. Kurşun yayılımı özellikle doğaya kurşunlu benzin ve endüstri atıkları ile deşarj olmaktadır. Bu iki istasyonun ana yol kenarında oluşları ve yerleşim yerlerinin hemen yanı başında olması ortalamaı artırıcı unsur olarak görülmektedir. Diğer yandan 3. istasyon dolaylarında yoğun fabrika atıklarının suya karışması bir diğer etkidir.

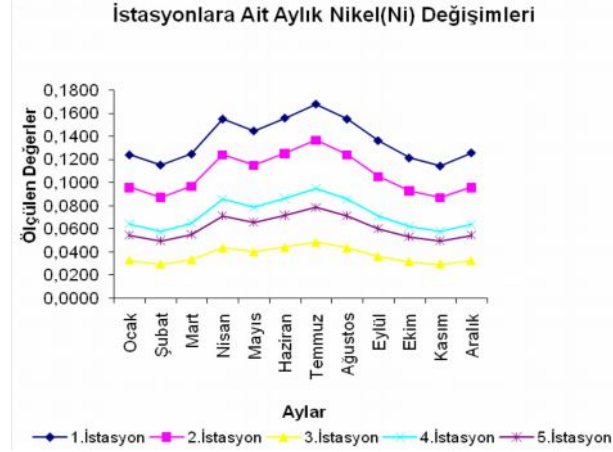
Elde edilen Nikel(Ni) bulguları genel anlamda Tablo 1'e göre akarsularda tahammül edilen sınırlar dâhilindedir. Adı geçen yönetmelik ve bilgiler

ışığında 3, 4 ve 5. istasyonlar Nikel açısından az kirli sular sınıfına girerken 1 ve 2. istasyon kirli sular gurubuna dahil olmaktadır.

Rios-Arana vd. (2003) Teksas ve Meksika arasında bulunan Rio Grande ırmağında yedi istasyonda yürütmüş oldukları çalışmada ağır metal konsantrasyonlarının tespit etmiş ve nikel ortalamalarının 0,004 ile 0,759mg/l arasında değiştiğini bazı istasyonlarda <0,004mg/l olduğunu belirtmişlerdir. Orta Karadeniz kıyı şeridinde bulunan 6 ırmak üzerine Arıman vd. (2007) tarafından yapılan bir diğer çalışmada nikel verileri en yüksek Engiz ırmağında 0,725mg/l olarak bulunurken en düşük ortalama 0,089mg/l ile Yeşilirmak'ta ölçülmüştür.

Yunanistan ve Makedonya ülkelerinde beş ırmak üzerinde farklı bölgelerinden alınan örnekler üzerine yapılan bir ağır metal çalışmasında Nikel verileri Aliakmonas Irmağında $1,1-22,2\mu\text{g/l}^{-1}$, Pinios Irmağında $0,9-12,4\mu\text{g/l}^{-1}$, Kalamas Irmağında $0,6-6,2\mu\text{g/l}^{-1}$, Louros Irmağında $0,3-5,9\mu\text{g/l}^{-1}$ ve Aoos Irmağında $1,6-8,5\mu\text{g/l}^{-1}$ arasında olduğu bildirilmiştir (Karamanis vd. 2008).

Aksu Çayı ve Kolları üzerindeki ağır metal kirliliğinin tespiti üzerine yapılan bir başka çalışmada Nikel(Ni) Aksu I.'de $0,096\text{ppm}$, Erkenez'de $0,485\text{ppm}$, Oklu'da $0,258\text{ppm}$, Karasu'da $0,126\text{ppm}$ ve Aksu II.'de $0,90\text{ppm}$ olarak tespit edilmiştir (Toroğlu vd. 2006).



Şekil 6. İstasyonlara Ait Aylık Nikel (Ni) Değişim Grafiği(ppm)

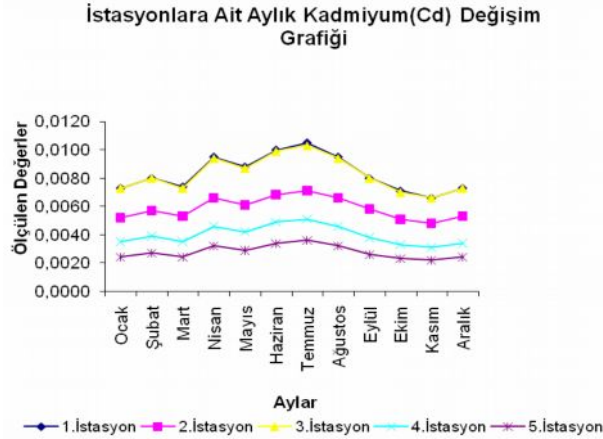
Çalışmada elde edilen veriler litere edilen diğer çalışmalarla değerlendirildiğinde genel anlamda uyum göstermektedir. 1 ve 2. istasyonlarda elde edilen Nikel verileri diğer istasyonlara göre sınıflandırmanın içinde olsa da yüksek seyretmiştir. Özellikle bu iki istasyon işlemeli tarımın yoğun olarak yapıldığı, yani gübre ve pestisit gibi ilaçların yoğun olarak kullanıldığı yakın köylerin yoğun tarımsal faaliyet sürdürdüğü alanlardır. Bu nedenle bu iki istasyonda verilerin yüksek oluşu büyük ölçülerde buna bağlanmaktadır. Diğer yandan kaynağa en yakın istasyon olmaları, bu bölgede şehir ve köy yerleşim alanlarının kanalizasyon atıkları ile kombina atıklarının suya karışması diğer etmenler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kıta içi Su kaynaklarının sınıflandırılmasına göre(Tablo 1) bünyesinde $3\mu\text{g/l}^{-1}$ 'te kadar kadmiyum bulunduran sular I. Sınıf yani temiz, $5\mu\text{g/l}^{-1}$ 'ye kadar bulunduran sular II. Sınıf, yani az kirli, $10\mu\text{g/l}^{-1}$ 'ye kadar bulunduran sular III. Sınıf yani kirli ve $>10\mu\text{g/l}^{-1}$ bulunduran sular ise IV. Sınıf yani çok kirli sular olarak sınıflandırılmışlardır. Bu sınıflandırma dâhilinde elde edilen verilere bakıldığında 4 ve 5. istasyonlar az kirli su gurubuna dâhil olurken 2. istasyon kadmiyum açısından kirli gurubuna dahil olmaktadır. 1 ve 3. istasyonlar ise genel anlamda kirli

sular gurubuna dâhilken bazı aylarda ortalama çok kirli sınıflandırmasına kadar yükselmektedir.

Gediz ırmağı belirlenen 5 istasyonda yapılan bir çalışmada Kadmiyum konsantrasyonları on iki ay boyunca Nif Çayı İstasyonunda $1-13\text{mg/l}$ arasında, İstanbul Köprüsü İstasyonunda $3-40\text{mg/l}$ arasında, Karaçay İstasyonunda $9-15\text{mg/l}$ arasında, Muradiye Köprüsü istasyonunda $3-20\text{mg/l}$ arasında ve Menemen Yolu istasyonunda $1-9\text{mg/l}$ arasında değiştiği bildirilmiştir(Kayar ve Çelik 2003).

Rios-Arana vd. (2003) Teksas ve Meksika arasında bulunan Rio Grande ırmağında yedi istasyonda yürütmüş oldukları çalışmada farklı yedi istasyondan ağır metal verileri toplamış ve Kadmiyumu Boderland istasyonunda $0,285\text{mg/l}$, Montoya Drain'de $0,217\text{mg/l}$, American Dam'da düşük konsantrasyonda, Gaging Station istasyonunda $0,023\text{mg/l}$, La Hacienda istasyonunda $0,018\text{mg/l}$, San Elizario'da $<0,004\text{mg/l}$ ve Guayuco istasyonunda $0,225\text{mg/l}$ olarak tespit etmişlerdir. Yine Karadeniz kıyı şeridinde Yeşilırmak, Abdal, Mert, Kürtün, Engiz ve Kızılırmak'ta yapılan bir diğer çalışmada Kadmiyum verileri sırası ile $<0,01$, $0,006$, $0,006$, $<0,01$, $0,025$ ve $0,006\text{mg/l}$ olarak tespit edilmiştir (Arıman vd. 2007).



Şekil 7. İstasyonlara Ait Aylık Kadmiyum(Cd) Değişim Grafiği(ppm)

Karasu ırmağı Cd verileri su kalite sınıflandırmasına göre tahammül edilen sınırlar içerisinde değerlendirilmiştir. Literatürlere bakıldığında ise elde edilen veriler referans bilgilerle uyusmaktadır. Kadmiyuma özellikle çevresel koşullarda sanayi ve endüstri atıkları, tarımsal gübreler, deterjanlar gibi çok geniş bir faaliyet alanı kaynaklık etmektedir. Bu doğrultudan bakıldığında bu faaliyetlerin yoğunluğunun az olduğu bölgelerde bulunan istasyonlarda veriler beklenen doğrultudadır. 1 ve 3. istasyonlarda kadmiyum değerlerinin yüksek seyretmesi yukarıda sayılan faaliyetlerin özellikle tarımsal faaliyetlerde gübre ve ilaç kullanımının bir köy yerleşim yeri olan 1. istasyon dolaylarında çok yoğun olması, sanayi ve fabrika faaliyetlerinin olduğu bir bölgede olan 3. istasyon dolaylarında yoğun olarak suya karışması buralardaki ortalamaların artmasının izah edebilmektedir.

İstasyonlardan elde edilen tüm metal verileri incelendiğinde ayların metal değişimleri üzerine istatistiki anlamda bir etkisi olmasa da Mayıs ayı ile birlikte tüm istasyonlarda metal konsantrasyonlarının artış eğiliminde olduğu ve yaz ayları ile devam ettiği görülmektedir. Bu durum özellikle bölgenin Nisan-Mayıs aylarında yağış ortalamasının artması ve yağmurla taşınan metallerin deşarjı ile ortaya çıkmaktadır. Öte yandan metal konsantrasyonlarının yüksek seyretmesi hem tarımsal üretimin hem de sanayi faaliyetlerinin bu aylarda yoğunluk kazanması ile izah edilmektedir.

SONUÇ

Su kaynaklarında kirlilik boyutunun araştırıldığı çalışmalar çevresel açıdan rutin olarak yapılması gereken çalışmalardır. Hem kaynağın içerisinde bulundurduğu canlı çeşitliliği hem de suların çevre ile olan direkt etkileşimi bu tip kaynakların ileriye

yönelik kirlilik envanterlerinin yapılmasını mecburi kılmaktadır.

Nitekim Karasu ırmağında beş istasyonda bir yıl boyunca yürütülen çalışmada elde edilen veriler ışığında yapılan değerlendirmede ırmağın yoğun kirlilik unsurları ile karşı karşıya olduğu ve durumun devamı halinde ekolojik dengenin olumsuz yönde zarar görebileceği sonucunu ortaya koymaktadır. Her ne kadar metal verilerinin geneli tahammül edilebilir seviye içerisinde görünse de oldukça yüksek düzeylerde dir. Bu durumun devamı ileriki dönemlerde taşıma kapasitesinin üzerine çıkmasına neden olarak hem ırmak içerisindeki canlı yaşama zarar verebileceği gibi hem de sulama suyu olarak kullanılan ırmaktan insan besinlerine geçerek halk sağlığını tehdit edebileceği sonucunu doğurabilecektir. Irmak bölgesinde yürütülen sanayi ve endüstri faaliyetlerinin artımlarının yetersiz olduğu, yerleşim yerlerinin kanalizasyonlarının doğrudan ırmağa karıştığı, tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve ilaçların yüzey akışları ile ırmağa deşarj olduğu gözlemlerinden hareketle önemli tedbirlerin alınması ve bu tip çalışmaların sıklıkla ve geliştirilerek yapılması faydalı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri kapsamında desteklenmiştir. Laboratuvar analizleri Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi ve Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde yapılmıştır.

KAYNAKLAR

Akçay, H., Oğuz, A., Karapire, C. 2003. Study of heavy metal pollution and speciation in BuyakMenderes and Gediz river sediments. Water Research, Pergamon.

- Alam, M.G.M., Tanaka, A., Stagnitti, F., Allinson, G. And Maekawa, T. 2001. Observations on the effects of caged carp culture on water and sediment metal concentrations in lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48:107-115.
- Altuner, Z., Gürbüz, H., 1989. Karasu nehri fitoplankton topluluğu üzerine bir araştırma. *Istanbul Ün. Su Ürünleri Dergisi*, 1-2 151-176.
- Aras, M.S., 1988. Aras nehri ve Karasu ırmağında yaşayan tatlı su kefallerinin büyüme durumları ve et verim özelliklerinin karşılaştırılması üzerine bir araştırma. *Atatürk Ün. Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü*, Erzurum.
- Arıman, S., Cüce, H., Özbayrak, E., Bakan, G., Büyükgüngör, H. 2007. Orta Karadeniz Kıyı Şeridi Nehirleri Su ve Sediman Ortalamalarında Ağır Metal Kirliliği. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi. Yaşam Çevre Teknoloji. 24-27 Ekim, İzmir.
- ATSDR 2010. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs5.html>
- Baltacı, F. 2000. Su Analiz Metotları. DSİ. İçme ve Kanalizasyon Dairesi Yayınları, Ankara.
- Bigersson, B., Sterner, O., Zimerson, E., 1988. Cheime und Gesundheit " Eineverstndliche Einführung in die Toxikologie" VCH Verlagsgesellschaft. ISBN:3-527-26455-8.
- Duffus, J. H., Howard G.J. Worth, "Fundamental toxicology for chemists", Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services, c1996
- Fifield FW, Haines PJ (1997) *Environmental Analytical Chemistry*. Blackie Academic and Professional, London.
- Gray, N.F., 1996. Drinking Water Quality: Problems and Solutions, John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester, England, p315.
- He, M., Wang, Z., Tang, H. 1997. Spatial and temporal patterns of acidity and heavy metals in redicting the potential for ecological impact on the Le An river polluted by acid mine drainage. *The Science of the Total Environment*. 206:67-77.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2008. Metallerin Çevresel Etkileri-I. İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Ders Notları.
- Karamanis, D., Stamouils, K., Ioannides, K., Patiris, D. 2008. Spatial and seasonal trends of natural radioactivity and heavy metals in river waters of Epirus, Macedonia and Thessalia. *Desalination*.
- Kayar, N.V., Çelik, A. 2003. Gediz Nehri Kirlilik Parametrelerinin Tayini ve Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Çev-Kor Dergisi*. Cilt:12, Sayı:47, 17-22.
- Rainbow, P.S., 1995, Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment. *Mar. Poll. Bull.*, 31, 4-12, 183-192.
- Rether, A., 2002. Entwicklung und Charakterisierung Wasserlöslicher Benzoylthioharnstoff-funktionalisierter Polymere zur Selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwassern und Prozesslösungen. Doktora Tezi. Münih Teknik Üniversitesi.
- Rios-Arana, J.V., Walsh, E.J., Gardea-Torresdey, J.L. 2003. Assessment of arsenic heavy metal concentrations in water and sediments of the Rio Grande at El Paso-Juarez metroplex region. *Environment International*.
- Sin, S.N., Chua, H., Lo, W., Ng, L.M. 2001. Assessment of Heavy Metal cations in sediments of Shing Mun River, Hong Kong. *Environment International*.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G., Aras, M.S., 2008. Sular Bilgisi. Nobel Yayın Dağıtım A.Ş. Ankara.
- Türkmen, A. 2003. İskenderun Körfezinde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesinde Ağır Metal Birikimi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
- Toroğlu, E., Toroğlu, S., Alaeddinoğlu, F. 2006. Aksu Çayında akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 4(1), 93-103.
- Uslu, O., Türkman, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi.
- Yanık T, Atamanalp M., 2001. Balık Yetiştiriciliğinde Su Kirliliğine Giriş. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları