

ÇEŞİTLİ ENDÜSTRİYEL ATIK SULARDA AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Mustafa Ş. DÜNDAR*, Hüseyin ALTUNDAĞ, Sinem KAYGALDURAK,
Volkan ŞAR, Aysun ACAR

Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü
E-posta: dundar@sakarya.edu.tr

Özet

Çevre kirliliğinin en önemli kısmını atık sular ve su kirlenmesi teşkil etmektedir. Konutlar, sanayi kuruluşları, enerji santralleri, tarım ve hayvancılık uygulamaları sonucu açığa çıkan sular atık su olarak tanımlanır. Atık sular yer altı suları, akarsu, göl ve denizlerde oluşan çevre kirliliğinin en önemli kaynaklarıdır. Bu çalışmada deri, tekstil, otomotiv yan ve metal kaplama endüstrileri atık sularında Cu, Zn, Cr, Pb ve Ni düzeyleri Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazı (AAS) ile tayin edildi. Sonuç olarak; süzüntülerde ortalama bakır; 377,18 ng ml⁻¹ ile en yüksek tekstil ve kaplama sanayinde, 103 ng ml⁻¹ ile kurşun kaplama sanayinde, 963,6 ng ml⁻¹ ile nikel kaplama sanayinde, çinko 1068,2 ng ml⁻¹ ile kaplama ve deri sanayinde, krom düzeyi ise 14557,1 ng ml⁻¹ ile kaplama ve deri sanayinde tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Alevli AAS, Atık sular.

DETERMINATION OF HEAVY METAL LEVELS IN VARIOUS INDUSTRIAL WASTE WATERS

Abstract

Important part of the environmental pollution consists of waste water and water pollution. The water polluted by anthropogenic, industrial, and agricultural originated sources are defined as waste waters which are the main pollution sources for reservoirs, rivers, lakes, and seas. In this work, waste waters of leather, textile, automotive side, and metal plating industries were used to determine the levels of Cu, Zn, Cr, Pb and Ni by using Flame Atomic Absorption Spectrometer. As a result, highest mean levels of copper in supernatants of plating and textile industries were observed as 377,18 ng ml⁻¹, respectively 103 ng ml⁻¹ lead and 963,6 ng ml⁻¹ nickel in plating industry, 1068,2 ng ml⁻¹ zinc and 14557,1 ng ml⁻¹ chromium in plating and leather industries were determined.

Key words: Heavy metal, Flame AAS, Waste water

1. GİRİŞ

1.1 Atık Sular

Konutlar, sanayi-endüstri kuruluşları, enerji santralleri, tarım ve hayvancılık uygulamaları sonucu açığa çıkan ve içinde sağlığa zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri barındıran sular atık su olarak tanımlanır. Atık sular; yer altı suları, akarsu, göl ve denizlerde oluşan çevre kirliliğinin en önemli kaynağıdır. Atık sularda kirlenmeyi oluşturan ve buna bağlı olarak çevre kirliliğine neden olan etmenler: radyoaktif atıklar, ağır metal bileşikleri, siyanür, organik ve çözücüler, aromatik ve alifatik hidrokarbonlar, hızlı sanayileşme, aşırı nüfus artışı ile birlikte artan nüfusun yaşam standartlarının yükselmesi ve kentleşme olgusu gibi nedenlerle şehir merkezlerinde, sanayi tesislerinde ve tarımsal faaliyetler sonucunda önemli miktarlarda atık su oluşmaktadır [1].

Atık sularda kirlenmeye etki oluşturan unsurlar;

a) Ağır metaller ve bileşikleri

İnorganik kirlenme parametrelerini oluşturan ağır metaller (arsenik, antimon, alüminyum, baryum, bor, bakır, çinko, civa, demir, florür, kadmiyum, kurşun, krom, kobalt, kalay, klor, nikel, selenyum, gümüş, molibden, mangan, vanadyum, talyum) ve bileşiklerinin önemli çevresel toksik etkileri altında kalan canlılarda akut ve kronik zehirlenme ile ölüm, balık yumurtalarının zarar görmesi sonucu balık türlerinde azalma, besin zincirlerine girme ve birikme şeklinde sonuçlara neden olabilir [2].

b) Patojen bakteriler ve toksinler

c) Radyoaktif maddeler

d) Endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan bileşikler

1.2 Su Kirlenmesi

Su kirliliği; “İnsandan kaynaklanan etkiler sonucunda ortaya çıkan, kullanımı kısıtlayan ya da engelleyen ekolojik dengeyi bozan nitelik değişimleri” olarak tanımlanmıştır. Çevre kirlenmesinden en çabuk, en kolay ve en çok etkilenen sudur. Çünkü her çeşit kirlilik suyla yıkanarak temizlenir. Su kirlenmesi ekolojik döngülerin bozulmasıyla ilgilidir. Örneğin, yağmur sularıyla kükürt, azot ve karbondioksit toprağa ve oradan da yer altı sularına karışırken havaya karışan çok sayıda kirlenmeye etki eden oksijen, ışık ve ultraviyole ışınlarının etkisiyle parçalanarak

toprağa iner, oradan akarsulara, akarsulardan da denizlere ve göllere ulaşır [3].

1.3 Su kirlenmesinin nedenleri ve çeşitleri

Ağır metaller veya diğer zehirli maddelerden bir veya birkaçını içeren kullanılmış suların alıcı sulara verilmesi, su ortamında bulunan organizmalar için zehirleyici etki yapar ve ortamdaki canlı yaşamı tehlikeye sokar. Ağır metaller, kirlenmiş olduğu suların kendiliğinden temizlenmesini önlediği gibi tarımsal açıdan da sulamada bazı sınırlamalar getirmektedir [4].

- Erozyon sonucu sürüklenen topraklar
- Fabrika atıkları
- Kanalizasyonlar
- Deniz taşıtlarından çıkan mazot, katran ve yanmış yağ
- İlaç ve kağıt fabrikalarından çıkan zararlı kimyasal maddeler
- Evsel atıklar, tarım ilaçları ve gübreler
- Suda çözünmeyen deterjanlar önce dereleri ve sonunda denizleri kirlendirir.
- Enerji santrallerinden çıkan sıcak suların, nehirler ya da doğrudan denizlere gitmesiyle sular kirlenir.

1.4 Endüstriyel kirlenme

Metal sektöründeki gelişen üretim teknolojileri, birtakım olumsuz çevre etkenlerini de beraberinde getirmektedir. Metal işleme sanayileri ülke kalkınmasında önemli temel sektörlerinden biridir. Metal sanayinde dökülmüş malzemeler dışında, levha, çubuk ve tel biçiminde malzemeler de işlenmektedir. Bu sektörde, metal eşya, metal makine vb. üretimleri için çok değişik metal işleme işlemleri bulunmaktadır. Her türlü fabrika, işyeri ve büyük sanayi üretim merkezlerinin kullanılmayan maddelerini içeren üretim atıklarının tümüne endüstri artığı denir. Bunların doğaya bırakılması da endüstriyel kirlenmeyi oluşturur. Enerji santralleri ve fabrikalar endüstri kuruluşlarının başında gelir. Endüstriyel kirlenmeye yol açan asitler, toksik metaller ve deterjanlar akarsu, göl, deniz ve yer altı sularını kirlendirir. Doğanın özümleme kapasitesini aşan miktardaki endüstriyel atıklar sağlığımızın ve çevremizin bozulmasına yol açar. Endüstri faaliyetleri sonucu asitler; kurşun, çinko, bakır ve arsenik gibi metallerin toksik ve insan sağlığına zararlı duman ve buharları çevreye salınmaktadır. Gaz, buhar ve ince toz halinde havaya karışan endüstriyel kirlenmeye etki eden oksijen, ışık ve ultraviyole ışınlarının etkisiyle parçalanarak

1.5 Endüstriyel atıklarda istenmeyen nitelikler

- Yüzey sularında ve haliçlerde oksijen tüketimine neden olan çözünebilir organik maddeler.
- Su kaynaklarında koku ve renk meydana gelmesine neden olan çözünebilir maddeler
- Toksik maddeler ve ağır metal iyonları
- Renk ve bulanıklık
- Azot, fosfor ve karbon
- Dayanıklı maddeler
- Yağ, gres ve çözücü sıvılar
- Asit ve alkaliler
- Havada koku yapan maddeler
- Yüzey sularında çamur birikmesine neden olan askıdaki katılar
- Çözünmüş katılar
- Isısal kirlenmeye neden olan sıcak sular
- Radyoaktif maddeler
- Patojenim (hastalık yapıcı) atık sular olarak özetlenebilir [5].

2. AĞIR METALLER VE KULLANIM ALANLARI

2.1 Bakır

Bakır, normal koşullarda veya kızıl derecede sudan ve kuru havadan etkilenmez. Çok kullanışlı bir metal olmasına karşın çok az bulunur. Doğada serbest halde veya bileşikleri halinde bulunur. Bakır en çok elektrikli araçlarda elektrik kablolarında (% 53), buhar boruları ve kazanları gibi yapı inşaatında (% 16), endüstriyel makinelerde (% 12), ulaşım (% 8) ve diğer alanlarda (% 11) kullanılır. Bakırın sularda fazla bulunması özellikle bakteri, deniz yosunları, mantarlar ve balıklar için zehirleyici etki yapar. İnsanlar tarafından alınan fazla miktardaki bakır karaciğerde ve midede rahatsızlıklara neden olur [6].

2.2 Nikel

Nikel, gümüş beyazlığında parlak ve sert bir metaldir. Nikel; sert, korozyona dayanıklı ve parlak olması nedeni ile metal kaplamada önemli bir yer tutar. Özellikle demir, çelik ve bakır, nikel kaplanır. Üretilen nikelin yaklaşık % 65'ten fazlası önemli demir alaşımlarının yapımında kullanılır. Kimyasal maddelere dayanıklılığı nedeniyle laboratuvarlarda kullanılan araçların yapımında kullanılır. Nikelin diğer önemli kullanım alanı birçok organik tepkimede katalizör olmasıdır [7].

2.3 Kurşun

Kurşun, su ve havadan oksitlenmemesi nedeni ile boruların yapımında, su altı telefon kablolarının korunmasında, sülfürik asitten etkilenmemesi nedeniyle özellikle sülfürik asit endüstrisinde ve kurşun akümülatörlerin yapımında kullanılır. Kurşunun başka bir kullanım alanı da radyoaktif ışınlarla karşı koruyucu etkisi nedeniyle atom enerjisi çalışmalarında ve radyoaktif maddelerle yapılan çalışmalarda geniş ölçüde koruyucu olarak kullanılmasıdır [8].

2.4 Çinko

Enzimlerin etki mekanizmasında bulunur. Çinko, demir, alüminyum ve bakırdan sonra en çok kullanılan metaldir. En önemli kullanım alanları; kuru pil yapımı, kaplamacılık (galvanizleme) ve alaşımlarının yapımıdır. En önemli alaşımları; pirinç (% 10-40 Zn, % 60-90 Cu), tunç (% 70-95 Cu, % 1-25 Zn, % 1-18 Sn), Alman gümüşü (% 50-60 Cu, % 20 Zn, % 20-25 Ni)'dür [9].

2.5 Krom

Kromun büyük bir kısmı çelik üretiminde kullanılır. Demir, nikel, mangan ve alüminyumla önemli alaşımlar yapar. Kızıl derecede bile dayanıklı oluşu nedeniyle elektrik fırınlarının yapımında kullanılır. Bir başka ve yaygın kullanım alanı ise deri sanayidir. Paslanmaz çelik ise % 12-14 kadar krom içeren çeliktir. İçine az miktarda gümüş eklenmesi deniz suyuna karşı dayanıklılık kazandırır. Kromun kullanım alanlarından bir diğeri de kaplamacılıktır. Kaplama işlemi çoğunlukla elektrokaplama yöntemi ile yapılır [8].

2.6 Ağır metallerin biyoalnabilirliği

Genel olarak ağır metaller; doğal ve bozulan sistemlerde düşük derişimlerde bulunan ve belli derişimlere yükseldiğinde ise canlı organizmalara zehirli etkisi olan element olarak tanımlanır. Ağır metallerin zehirlilik derecesi canlı bünyedeki işlevlerine göre sınıflandırılabilir. Bilinen en zararlı ağır metaller kurşun, kadmiyum ve civadır. Bu metaller her derişimde zehirlidir ve biyolojik işlevleri yaktır.

İkinci grup metaller olan arsenik (As), bizmut (Bi), indiyum (In) ve antimon (Sb) insan bünyesine biyokimyasal açıdan gerekli değildir ancak diğer biyokimyasal sistemlerde eser düzeyleri tolere edilebilir.

Üçüncü grup metaller olan ise biyokimyasal olarak gerekli metallerdir. Bunlar bakır, çinko, kobalt, nikel, selenyum, krom ve demir'dir. Bununla birlikte bu metaller belli

derişim düzeyinin üzerinde zehirli konuma gelmektedir. Bu grup elementlerden Ni, Cr, Cu ve Se nükleik asitlerle etkileşimi nedeniyle kanserojen etki göstermektedir [10]. Metaller canlı bünyesine genel olarak iki yolla girmektedir. Bunlar;

- Deriden geçerek,
- Doğrudan doğruya besin yoluyla sindirim sistemine alınarak.

Canlı bünyesine alınan metaller her organ ve dokuda farklı birikim göstermektedir. İyonik metal kirleticiler hücre içersinde proteinlerin belirli bölgelerine bağlanarak etkilerini göstermektedirler. Kurşun, kalsiyumun metabolik davranışını birçok yönleriyle taklit etmesi ve birçok enzim sisteminin görevini engellemesi nedeniyle zehirlidir. İnsanlarda Pb zehirlenmesinin en önemli ve ilginç yönü özellikle gençlerde beyin tahribatına yol açmasıdır. Bakırın zehir etkisi kısmen fizyolojik olarak önemli merkezlerde bakırın başka metal iyonlarını ve özellikle demiri değiştirme veya onların yerine geçme yeteneğiyle ilgilidir. Ağır metallere çinko, insanlarda öksürme, kas ve eklem ağrıları, midede tahriş, peptik ülserlere ve nefes darlığına neden olmaktadır [10,11]. Krom elementinin oksidasyon durumundaki değişiklik biyolojik olarak kullanılabilirliğine veya zehirliliğine çok büyük etki gösterebilmektedir. Kromun gerçek zehir etkisinin kontrol altında tutulması kritik olarak kromun oksidasyon haline bağlı olmaktadır. Canlı organizmalarda gerekli eser element olan Cr (III)'ün insan vücudunda glukoz tolerans faktörünün ayarlanmasında önemli bir rolü vardır. Nikel elementinin 0,001 mg/m³ ü solunum yoluyla akciğerlerden birine girdiği takdirde kansere neden olabileceği tespit edilmiştir [12].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Analiz Numunelerinin Hazırlanması

Analiz örnekleri otomotiv yan, deri, kaplama ve tekstil sanayi atık suları seçildi. Belirtilen bölgelerden alınan numuneler borasilikat camdan yapılmış kaplara konularak aynı cins kapakla hava ile teması kesilecek şekilde ağızları kapatılarak laboratuara getirildi ve uygun şartlar altında saklandı. Daha sonra her numuneden belirli miktarlar alınarak deneysel işlemlere geçildi. Atık sularda ağır metal analizine öncelikle her bölgeden alınan numunelerin 100 ml'lik balon jöjeye alınmasıyla başlandı. Daha sonra her numune mavi bantlı süzgeç kağıdından süzüldü. Süzgeç kağıdı üzerinde biriken numuneler sabit tartımlı porselen kroze içerisine alınarak üzerlerine 5 ml derişik HNO₃ ilave edildi. Bütün krezeler 800 °C'de 1 saat fırında yakıldıktan sonra ele geçen kalıntılara tekrar 10 ml derişik HNO₃ eklenerek, destile deiyonize saf su ile 100 ml'ye tamamlandı. Bu işlemler sonucu elde edilen çözeltiler alevli AAS ile element analizi yapılacak hale getirildi.

Her bölgeden alınan numunelerin hem süzüntü hem de yakma sonrasında hazırlanan çözeltileri alevli atomik absorpsiyon spektrometre (AAS) cihazı (Shimadzu 6100 F model) ile analiz edilerek her bir elementin derişimleri belirlendi. Daha sonra blank değerleri analiz sonucu elde edilen ölçüm sonuçlarından çıkarıldı. Elde edilen veriler sonucunda deri, tekstil, kaplama ve otomotiv yan sanayi atık sularına ait ağır metal düzeyleri Tablo 4.'de gösterildi.

Tablo 1. Alevli AAS ile ilgili çalışma şartları

	Lamba Akımı (mA)	Dalga Boyu (nm)	Slit Aralığı (nm)	Gaz Akış Hızı (L dak ⁻¹)	Tekrar Sayısı (n)
Pb	10	283.3	0.5	2.0	3
Cu	10	324.8	0.5	1.8	3
Zn	7	213.9	0.5	2.0	3
Ni	12	232.0	0.2	2.2	3
Cr	10	357.9	0.5	2.8	3

Tablo 2. Elementlere ait doğruluk ve kalibrasyon değerleri

Element	Denklem	Regresyon Katsayısı (r)
Kurşun	$y = 0,0000220x + 0,000575$	0,9993
Bakır	$y = 0,000105x - 0,000740$	0,9998
Çinko	$y = 0,000575x - 0,00240$	0,9994
Krom	$y = 0,0000118x + 0,00118$	0,9996
Nikel	$y = 0,0000968x - 0,000275$	0,9999

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada atık sularda bulunan ağır metal derişimlerinin tespit edilmesi amacıyla tekstil, deri, kaplama ve otomotiv yan sanayilerinden numuneler alındı. Ağır metal analizlerinde alevli atomik absorpsiyon spektrometre (AAS) tekniği kullanıldı. Sonuç olarak; süzüntülerde bakır 377,18 ng ml⁻¹ ile en yüksek kaplama ve tekstil sanayinde, kurşun 103 ng ml⁻¹ ile kaplama sanayinde, nikel 963,6 ng ml⁻¹ ile kaplama sanayinde, çinko 1068,2 ng ml⁻¹ ile kaplama ve deri sanayinde, krom düzeyi ise 14557,1 ng ml⁻¹ ile kaplama ve deri sanayinde tespit edildi. Analiz sonuçlarının maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 4’de verilmektedir. Tüm numunelerden, süzüntü sonrası ve yakma sonrası ölçüm alınarak tüm türlerin toplam element konsantrasyonu hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde krom, nikel ve kurşun değerleri Tablo 4’te verilen sınır değerlerin üstünde, diğer ağır metaller (bakır ve çinko) ise limit değerlerin altında bulundu.

Tablo 3. Endüstriyel işletmelerle ilgili yapılan işlem ve kısaltmalar

Endüstriyel Adı	İşletme	İşlem	Kısaltma
Deri sanayi		Süzüntü	D.S.
		Yakma sonrası	D.Y.
Tekstil sanayi		Süzüntü	T.S.
		Yakma sonrası	T.Y.
Kaplama sanayi		Süzüntü	K.S.
		Yakma sonrası	K.Y.
Otomotiv yan sanayi		Süzüntü	O.S.
		Yakma sonrası	O.Y.

Deri sanayinde krom derişimi limit değerinin üstünde çıkmıştır. Diğer metaller ise limit değerlerinin çok altındadır. Bunun sebebi ise deri sanayinde derinin güneş etkisiyle ve diğer etkenlerle parçalanmasını önlemektir. Krom deri sanayinde Cr (III) ve Cr (VI) oksidasyon basamakları halindedir. Cr (III) deri işleminde kullanılan hammaddenin içinde trioksitler şeklinde bulunurken, Cr (VI) bazifikasyon işlemine tabi tutularak toksisitesi giderilmiş bir şekilde boyamada kullanılmaktadır. Toksik etkisi giderilmesine rağmen kromun elementel derişiminin

sınır değerlerin üstünde çıkması yeterli arıtmanın yapılmadığına işarettir.

Kaplama sanayiinden alınan numunede krom ve kurşun elementleri limit değerlerin üzerinde çıkmıştır. Bakır, çinko ve nikel elementlerinin en yüksek değerleri kaplama sanayinde gözlenmiştir. Numunenin alındığı kuruluştta bu metallerin kaplama işlemi yapılmaktadır. Ayrıca numune, arıtma işlemlerinden önce alındığı için bu ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarda çıkması muhtemel bir sonuç olarak görülmektedir. Fakat analiz sonuçların limit değerlerin üstünde olması, bu sanayi atık sularının mutlaka arıtma işlemine tabi tutulması gerektiği öngörülmektedir.

Otomotiv yan sanayinden alınan numunede krom ve nikel elementleri, limit değerlerin üzerinde çıkmıştır. Nikel otomotiv sanayinde parçaların kaplanması sırasında kullanılmaktadır. Nikel kaplama, korozyona karşı direnç göstermesi ve parçaya estetik bir görünüm vermesi nedeniyle tercih edilmektedir. Tekstil sanayinden alınan numunede krom elementi limit değerlerin üzerinde çıkmıştır. Çünkü krom, tekstil boyamada tutucu ve bağlayıcı etkisinden dolayı kullanılmaktadır. Krom, elyaf ile boyar madde arasında bağlantı kurarak, boyanın elyafa nüfuz etmesini sağlamakta ve kumaş haslığını arttırmaktadır. Bakır derişimi en az tekstil sanayinde elde edilmiştir.

Endüstrinin yapısı ve alıcı ortamın planlanan kullanım amacına bağlı olarak atık sudaki bazı maddelerin deşarjdan önce uzaklaştırılması gerekir. Endüstriyel tesislerde mutlaka arıtma tesislerini kurarak çevre kirliliğine karşı gerekli önlemlerini almak zorundadırlar.

Tablo 4. Farklı endüstriyel atık sularda ağır metal düzeyleri (ng mL⁻¹)

Element		BAKIR		KURŞUN		NİKEL		ÇİNKO		KROM	
TSE		2000		10		20		5000		50	
WHO		2000		10		20		-		50	
US EPA		1300		15		-		5000		100	
BÖLGE		Ortalama ± % RSD	Aralık	Ortalama ± % RSD	Aralık	Ortalama ± % RSD	Aralık	Ortalama ± % RSD	Aralık	Ortalama ± % RSD	Aralık
DERİ SANAYİİ	D.S.	26,4± 2,6	24,1 28,7 -	55,3± 0,1	49,9 - 60,7	27,4± 2,6	17,1 37,8 -	521,4 ± 0,3	23,3 219,5 -	1231,7 ± 3,1	1058,2 - 1405,1
	D.Y.	118,9 ± 1,1	68,6 - 169,1	35,9± 0,1	25,4 - 46,5	27,7± 0,7	21,9 - 33,3	82,6± 1,3	42,4 - 122,8	901,3 ± 3,0	803,1 - 999,5
	Toplam	135,3 ± 3,7	82,7 - 187,9	91,3± 0,2	75,4 - 107,1	55,1± 3,3	50,4 - 59,7	604,0 ± 1,6	65,7 - 342,3	1321,6 ± 6,1	404,6 - 1861,3
TEKSTİL SANAYİİ	T.S.	39,3± 2,8	32,6 - 46,1	36,8± 0,1	34,1 - 39,6	24,2± 0,1	18,1 30,3 -	76,1± 1,2	70,4 81,9 -	23,7± 1,5	25,1 - 47,3
	T.Y.	28,6± 3,2	25,7 - 31,4	34,0± 0,1	23,3 - 44,7	22,9± 0,1	22,1 23,6 -	27,4± 2,0	25,1 - 29,7	163,6 ± 0,1	154,6 - 172,7
	Toplam	57,9± 6,0	53,9 - 61,8	60,9± 0,2	52,9 - 68,8	37,1± 0,2	30,1 43,9 -	93,5± 3,2	80,1 96,9 -	187,3 ± 1,6	154,6-219,9
KAPLAMA SANAYİİ	K.S.	1412,1 ± 0,1	399,6 - 1424,7	288,6 ± 1,9	30,1 - 247,2	3771,7 ± 0,6	689,7 - 3853,6	3220,8 ± 1,2	204,4 - 3237,2	56857,9 ± 2,1	56786,9 - 59928,9
	K.Y.	268,0 ± 1,0	267,1 - 269,0	91,4± 1,0	86,2 - 96,6	220,2 ± 2,3	200,1 - 240,3	1022,2 ± 0,5	1019,4 - 1025,1	15756,0 ± 1,7	15508,6 - 16003,4
	Toplam	1680,2 ± 1,1	666,6 - 1693,7	380,0 ± 2,9	26,3 - 343,8	3991,9 ± 2,9	3889,9 - 4093,9	4243,0± 1,7	223,8 - 4262,2	72613,9 ± 3,8	75437,5 - 72790,3
OTOMOTİV YAN SANAYİİ	O.S.	30,9± 1,5	29,8 - 31,8	31,3± 1,2	16,8 - 45,8	31,1± 0,1	25,7 - 36,6	454,6 ± 0,2	429,8 - 479,4	115,2 ± 2,2	56,4 - 173,9
	O.Y.	57,5± 0,9	41,2 - 73,7	25,3± 0,1	23,01 - 27,5	29,7± 0,1	26,4 - 33,0	61,2± 1,9	55,6 - 66,9	158,0 ± 0,1	40,2 - 316,1
	Toplam	78,3± 2,4	63,0 - 93,6	56,6± 1,3	44,3 - 68,8	50,8± 0,2	48,7 - 52,9	515,8 ± 2,1	485,3 - 546,3	273,2 ± 2,3	56,4 - 489,9

RSD: Bağıl Standart Sapma

KAYNAKLAR

- [1] TABUMAN, F. C., Endüstriyel, Eysel Atıksuların ve Alıcı Ortamların İzlenmesi, İller Bankası Genel Müdürlüğü Yayını, 48, 1995.
- [2] SAYIN, M., “Sapanca Gölü’nü Besleyen Derelerde Ağır Metal Tayini”, Bitirme Tezi, SAÜ. Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Sakarya, 1999.
- [3] EGEMEN, Ö., Çevre ve Su Kirliliği, 3. Baskı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları İzmir, 42, 2000.
- [4] YÜNCÜ, F., YÜNCÜ, M., “Çevre ve İnsan”, Yüncü Yayınları, Ankara, 2000.
- [5] DEMİR, M., “Anorganik Kimya Mesleki ve Teknik Öğretim Okulları Temel Ders Kitabı”, I. Baskı, 4. Akşam Sanat Okulu Matbaası, Ankara, 2002.
- [6] TUĞRUL, D., “AAS ile Pinus Radiato’da bazı elementlerin tayini”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Fakültesi, Kocaeli, 1999.
- [7] ALTUNDAĞ, H., “Adapazarı Ev Tozlarında Ağır Metallerin Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Teknikle Tayini”, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2002.
- [8] YALÇIN, S., “Doğal ve Sentetik Çözeltilerden Krom (III) ve Krom (VI) Giderilmesi, Önderiştirilmesi ve Türlenmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.
- [9] YALÇIN, N., AYDIN, A.O., SEVİNÇ, V., ‘Tarım Alanlarında Motorlu Araç Trafığının Yol Açtığı Pb ve Zn Birikimi’, TUBİTAK, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, 3,13, 429-439, 1989.
- [10] LİMAN, B. C., Atık Sulardan Kaynaklanan Çevre Sorunları, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 22-24 Haziran 1998.
- [11] KÖK, T. R., ‘Toksikoloji (I), E. Ü. Fen Bil. Dergisi, Cilt 1, 232-288, 1985.
- [12] AKHTER, M.S., MADANY, I.M., “Water Air Soil Poll.”, 66, 111-119, 1993.