

**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEKLİSANS TEZİ**

**ŞANLIURFA İLİ ATIKSULARININ DEŞARJ EDİLDİĞİ KARAKOYUN  
DERESİ VE YAN KOLLARININ BAZI ORGANİK PARAMETRELERİNİN  
VE AĞIR METALLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Tuba RASTGELDİ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2007**

Yrd. Doç. Dr. Güzel YILMAZ 'ın danışmanlığında, Tuba RASTGELDİ 'nin hazırladığı "Şanlıurfa İli Atık Sularının Deşarj Edildiğı Karakoyun Deresi ve Yan Kollarının Bazı Organik Parametrelerinin ve Ağır Metallerinin Araştırılması" konulu bu çalışma 19/07/2007 tarihinde aşğıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliğı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güzel YILMAZ

Üye : Doç. Dr. İdris BAHÇECİ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Elif ŞAHİN IŞGIN

**Bu Tezin Çevre Mühendisliğı Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım**

**Prof. Dr. İbrahim BOLAT**  
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.**  
**Proje No: 685**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanal Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
SİMGELER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Suların Kalite Sınıflandırması ve Atık Su Deşarj Standartları.....	6
2.1.1. Kıta içi yüzeysel suların sınıflandırılması.....	6
2.1.2. Su kalite sınıfının belirlenmesi.....	7
2.1.3. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre bazı deşarj standartları.....	10
2.2. Atık Su Kirletici Parametreleri.....	11
2.2.1. Fiziksel parametreler.....	11
2.2.1.1. Koku.....	11
2.2.1.2. Renk.....	12
2.2.1.3. Sıcaklık.....	12
2.2.1.4. Katı maddeler.....	12
2.2.2. Kimyasal parametreler.....	13
2.2.2.1. pH.....	13
2.2.2.2. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ).....	13
2.2.2.3. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	16
2.2.3. Biyolojik parametreler.....	17
2.2.3.1. Bakteriler.....	17
2.2.3.2. Fungi ve protozoalar.....	18
2.2.3.3. Algler.....	18
2.2.3.4. Virüsler.....	18
2.2.4. Ağır metaller.....	18
2.2.4.1. Ağır metallerin besin zinciriyle alınımı.....	19
2.2.4.2. Ağır metallerin vücut içerisine alınımı.....	20
2.2.4.2.1. Solungaçlardan absorpsiyon.....	20
2.2.4.2.2. Sindirim sisteminden absorpsiyon.....	20
2.2.4.2.3. Deriden absorpsiyon.....	20
2.2.4.3. Ağır metallerin canlılardaki dağılımı ve birikimi.....	21
2.2.4.3.1. Ağır metallerin vücuttaki dağılımı.....	21
2.2.4.3.2. Ağır metallerin vücuttaki birikimi.....	22
2.2.4.4. Toksikolojik olarak önemli olan bazı ağır metaller.....	23
2.2.4.4.1. Nikel.....	23
2.2.4.4.2. Cıva.....	24
2.2.4.4.3. Kobalt.....	25
2.2.4.4.4. Arsenik.....	26
2.2.4.4.5. Çinko.....	27
2.2.4.4.6. Demir.....	28
2.2.4.4.7. Kadmiyum.....	30
2.2.4.4.8. Kurşun.....	33
2.2.4.4.9. Krom.....	34
2.2.4.4.10. Bakır.....	36
2.2.4.4.11. Mangan.....	38
2.2.4.4.12. Selenyum.....	38
2.2.4.5. Ağır metal içeren suların sınır değerleri ve bazı ağır metallerin insan sağlığına olan etkileri.....	39
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	41
3.1. Materyal.....	41

3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri.....	41
3.1.2. Çalışma alanının iklim özellikleri.....	43
3.2. Yöntem.....	44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	45
4.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ).....	45
4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	46
4.3. Çözünmüş Oksijen (ÇO).....	47
4.4. pH.....	48
4.5. Sıcaklık.....	49
4.6. Bulanıklık.....	50
4.7. Ağır Metal Analizleri.....	51
4.7.1. Kurşun (Pb).....	51
4.7.2. Demir (Fe).....	52
4.7.3. Bakır (Cu).....	53
4.7.4. Krom (Cr).....	54
4.7.5. Çinko (Zn).....	55
4.7.6. Mangan (Mn).....	55
4.7.7. Kadmiyum (Cd).....	56
4.7.8. Molibden (Mo).....	57
4.7.9. Alüminyum (Al).....	58
4.7.10. Selenyum (Se).....	59
4.7.11. Nikel (Ni).....	60
4.7.12. Kobalt (Co).....	61
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	70
EKLER.....	71
ÖZET.....	80
SUMMARY.....	81

## ÖZ

### Yüksek Lisans Tezi

# ŞANLIURFA İLİ ATIKSULARININ DEŞARJ EDİLDİĞİ KARAKOYUN DERESİ VE YAN KOLLARININ BAZI ORGANİK PARAMETRELERİNİN VE AĞIR METALLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Tuba RASTGELDİ**

**Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güzel YILMAZ  
Yıl: 2007, Sayfa: 81**

Bu çalışmada Şanlıurfa'da bulunan, evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmiş ve çevre sağlığını tehdit etmekte olan Karakoyun deresinde BOİ, KOİ, ÇO, bulanıklık, sıcaklık, pH ve bazı ağır metal (Cu, Pb, Fe, Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Al, Cr, Cd ve Se) analizleri yapılarak derenin kirlilik düzeyinin belirlenmesine çalışılmıştır. Karakoyun deresi ve bu dereyi besleyen yan kollarında sekiz örnekleme noktası seçilmiş yukarıda belirtilen parametreler bu noktalardan alınan numunelerde ölçülerek Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen deşarj standartları ve yüzeysel suların kalitelerine göre sınıflandırma esaslarına göre kıyaslanmıştır. Sonuç olarak Karakoyun deresine deşarj edilen evsel ve sanayi atık sularındaki kirlenici parametrelerin deşarj standartlarının çok üstünde konsantrasyonlarda dereye deşarj edildiği ve Karakoyun deresi ve yan kollarının su kalitesi bakımından bir çok kirlilik parametresi bakımından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen IV. Sınıf su (Çok Kirlenmiş) sınıfına girdiği belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** BOİ, KOİ, Ağır Metal, Evsel ve Endüstriyel Atıksu, Şanlıurfa.

## **ABSTRACT**

**MSc Thesis**

### **ANALYSIS OF SOME WATER POLLUTION PARAMETERS OF KARAKOYUN RIVER AND ITS BRANCHES TO WHICH THE WASTEWATER OF ŞANLIURFA IS DISCHARGED**

**Tuba RASTGELDİ**

**Harran University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineer**

**Supervisor : Assist. Prof. Dr. Güzel YILMAZ  
Year: 2007, Page: 81**

The aim of this study is to determine the pollution level of the Karakoyun River, which is polluted by the domestic and industrial effluents and so treatening the environmental health, by analysing BOD, COD, DO, turbidity, temperature, pH and some heavy metals (Cu, Pb, Fe, Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Al, Cr, Cd and Se). Eight samples are taken from Karakoyun river and branches feding the river and the parameters listed above are measured in them. The results are then compared with the discharge standarts stated in Water Pollution Regulation Control and surface water body qualification classification. As a result it is determined that the domestic and industrial effluents that discharged into the river are highly above the discharge parameters so the river and its branches are Quality-4 (Very Polluted Water) according to the Water Pollution Regulation Control.

**KEY WORDS:** BOD, COD, Heavy Metal, Domestic and İndustrial Wastewater, Şanlıurfa.

## TEŞEKKÜR

Bu tezin konu seçiminden her türlü aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Güzel YILMAZ' a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tezde emeği geçen Sayın Yrd. Doç. Dr. M. İrfan YEŐİLNACAR' a, arazi çalışmasında destek olan Çevre Koruma Vakfına, Eğitim hayatım boyunca hiçbir zaman benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam Sayın Fuat RASTGELDİ' ye, annem Sayın İhsan RASTGELDİ' ye ve çalışmamda emeği geçen değerli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. BOİ/Gün grafiği.....	16
Şekil 3.1. Çalışma alanı (Karakoyun deresi ve yan kolları).....	42
Şekil 4.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) analiz sonuçları.....	45
Şekil 4.2. Kimyasal biyokimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analiz sonuçları.....	46
Şekil 4.3. Çözünmüş oksijen (ÇO) analiz sonuçları.....	47
Şekil 4.4. pH analiz sonuçları.....	48
Şekil 4.5. Sıcaklık analiz sonuçları.....	49
Şekil 4.6. Bulanıklık analiz sonuçları.....	50
Şekil 4.7. Pb analiz sonuçları.....	51
Şekil 4.8. Fe analiz sonuçları.....	52
Şekil 4.9. Cu analiz sonuçları.....	53
Şekil 4.10. Cr analiz sonuçları.....	54
Şekil 4.11. Zn analiz sonuçları.....	55
Şekil 4.12. Mn analiz sonuçları.....	56
Şekil 4.13. Cd analiz sonuçları.....	57
Şekil 4.14. Mo analiz sonuçları.....	58
Şekil 4.15. Al analiz sonuçları.....	58
Şekil 4.16. Se analiz sonuçları.....	59
Şekil 4.17. Ni analiz sonuçları.....	60
Şekil 4.18. Co analiz sonuçları.....	61



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite.....	8
Çizelge 2.2. Mezbahalar ve entegre et tesisleri.....	10
Çizelge 2.3. Küçük ve büyük organize sanayi bölgeleri ve sektör belirlemesi yapılamayan diğer sanayiler.....	10
Çizelge 2.4. Evsel nitelikli atık sular.....	11
Çizelge 2.5. BOİ değerlerini BOİ <sub>5</sub> değerine dönüştürmek için gerekli bazı faktörler .....	15
Çizelge 2.6.TSE, WHO ve ABD Çevre koruma ajansına göre toksik maddelerin sınır değerleri .....	39
Çizelge 2.7. Bazı ağır iyonlarının insan sağlığına olan etkileri.....	40
Çizelge 3.1. Şanlıurfa ilinin meteorolojik verileri.....	43

## SİMGELER DİZİNİ

Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Ba	Baryum
BOİ <sub>5</sub>	Beş Günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
Cd	Kadmiyum
CN	Siyanür
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
ÇO	Çözünmüş Oksijen
F <sup>-</sup>	Florür
Fe	Demir
Hg	Civa
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Ni	Nikel
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Pb	Kurşun
Se	Selenyum
TSE	Türk Standartlar Enstitüsü
Zn	Çinko

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda teknolojinin gelişmesi, endüstri, sanayi ve kentsel atıkların bulunduğu kanalizasyon sularının döküldükleri nehir ile gölleri kirletmekte ve sucul ortamda yaşayan canlı organizmaları tehdit etmektedir. Özellikle atık sulardaki eser elementler, atık suların sulamada kullanılması ve döküldüğü ortamda yaşayan canlılara ve dolayısıyla besin zincirine girişi nedeniyle, halk sağlığı yönünden de önem taşımaktadır. Daha da önemlisi, toksik organik atıkların metallerle birleşerek veya başka bileşiklere dönüşerek daha toksik hale geçmeleri büyük sorunlar yaratmaktadır.

Canlılar için yaşamsal bir değere sahip olan su, bu özelliğinden dolayı geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Oldukça fazla miktarlara ulaşan kullanılmış suların uygun bir biçimde uzaklaştırılması çevre kirliliğinin önlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Su içerisinde mevcut olan her türlü madde belirli bir konsantrasyonu aştığı zaman sağlık için zararlıdır. Eser miktarlarda olması halinde bile toksik olabilen maddeler arasında Cr, Cu, Cd, Co, Ni, Pb, As, Zn, Mn, Se, Ag gibi başlıca ağır metaller sayılabilir. Ağır metalleri içeren atıksular genellikle endüstrilerden kaynaklanmakta, ya bir ön arıtmadan sonra veya hiç arıtılmadan kanalizasyon sistemine deşarj edilmektedir. Modern teknoloji ağır metallerin kullanımına, geçmiştekinden daha fazla gereksinim duymaktadır. Maden tasfiyeleri, fosil maddelerin yakılması ve diğer endüstriyel atıklarla bu elementlerin tonlarcası atmosfere ve sulara karışmaktadır.

Ağır metalleri ihtiva eden kullanılmış suların doğrudan alıcı ortamlara verilmesi, bu ortamdaki canlı hayatını tehlikeye sokar. Kitle halindeki balık ölümleri çoğu zaman zehirli maddelerin su yataklarına verilmesi neticesinde ortaya çıkmaktadır. Had safhadaki zehirlenmeler, zehirleyici tesiri yüksek olan maddelerin

düşük konsantrasyonlarında veya zehirleyici tesiri düşük olan maddelerin yüksek konsantrasyonlarında meydana gelebilir. Su ortamındaki zehirlenme olaylarının fark edilmesi için bazen haftalar hatta aylar geçmesi gerekebilir.

Gerek ekosistem değerlerinin korunması ve gerek insan sağlığının korunması bakımından hava, su, toprak gibi alıcı ortamların kirlenmeye karşı korunması için neler yapılması gerektiği günümüz toplumlarının çevreye duyarlı gruplarınca ciddi bir şekilde araştırılmaktadır.

Evsel ve endüstriyel atık suların organik kirlilik derecesini belirlemek amacıyla bazı analizler yapılmaktadır. Bunlar; BOİ, KOİ, TOİ ve TOK analizleridirler. Bunlardan en çok tercih edilenler BOİ ve KOİ analizleridir.

Bu çalışmada ise evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmiş ve çevre sağlığını tehdit eden karakoyun deresinde BOİ, KOİ, ÇO, bulanıklık, sıcaklık, pH ve bazı ağır metal ( Cu, Pb, Fe, Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Al, Cr, Cd ve Se ) analizleri yapılarak kirlilik düzeyinin belirlenmesine çalışılmıştır.

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Yüzey sularında demir derişimi çoğunlukla 0.5 mg/L'den azdır. Yer altı sularındaki derişimim ise genellikle daha yüksek olup, bazı termal kaynaklarda 10-100 mg/L arasında değişebilir (McNeely ve ark., 1979).

Krom iyonları bitkileri besleyen ana elementlerin alımını engelleyerek verimini düşürmektedir. Sulama suları ince taneli nötral ve alkali topraklarda 1.0 mg/L' ye kadar krom içerebilir. Bununla birlikte sulama sularında krom derişimi genel olarak 0.1 mg/L ile sınırlandırılmalıdır (McNeely ve ark., 1979).

Demir içeriği 20 mg/L' yi aşan sular bitkiler üzerinde zehirleyici etkiye sahiptir. Aşırı miktarda demir, bitkiler için gerekli olan diğer elementleri bağlayarak zararlı olmaktadır. Bu gibi etkilerden bitkilerin korunması için sulama sularının nötral ve alkali topraklarda 20 mg/L' den, asidik topraklarda 5.0 mg/L'den fazla demir içermemesi önerilmektedir ( McNeely ve ark., 1979).

Kadmiyum bitki büyümesini önleyici ve bitkide birikme özelliği nedeni ile sulama sularındaki kadmiyum derişimlerine ilişkin sınırlar önerilmiştir. Kadmiyum derişiminin nötral ve alkali topraklarda kullanılacak sularda 0.050 mg/L'yi, asidik topraklarda kullanılacak sularda 0.010 mg/L'yi geçmemesi önerilmiştir (McNeely ve ark., 1979).

Akarsuya verilen kirleticiler seyrelmeye uğrarlar. Seyrelme, söz konusu kirleticilerin alıcı ortamdaki derişim değerleri belirler. Bu derişim, korunabilen veya değişen özellikleri olmasına, alıcı ortamdaki seyrelme kapasitesine, debiler ve deşarj edilen atıksu debisi ve kirletici yüküne bağımlıdır. Çeşitli kullanım amacına göre alıcı ortamlarda belirli kirleticilerin belirli değişimleri aşmamaları istenir. Bu yüzden

atıksu deşarjı sonrasındaki ortamda oluşacak kirletici değişimlerinin bilinmesi su kirliliği açısından önemlidir (Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, 1989).

Derrell, 1991'e göre; Krom bileşiklerinin oldukça zehirli oldukları bilinmektedir. Bu gruba giren, 6 değerlikli krom bileşiklerinin özellikle deri üzerinde ciddi yanıklar meydana getirdiği, uzun süre solunması halinde ise akciğer kanserine yol açtığı tespit edilmiştir. 6 değerlikli krom bileşiklerinin solunması sonucu ayrıca göz, burun ve solunum yollarında tahriş belirtileri ortaya çıkmaktadır. Ağız yolu ile alınması durumunda ise, böbrek, karaciğer ve mide bağırsak kanalında çeşitli iltihap olayları meydana gelmektedir (Derrell, 1991).

İnsanlarda kronik bakır zehirlenmesi ender rastlanılan bir durum olup, genellikle uzun süre bakır ile temas halinde olan yiyecek ve içeceklerin ağız yoluyla alınması sonucu ortaya çıkmaktadır. Bakır zehirlenmesi sonucu karaciğerde leke oluşumu ve siroz, sinir sistemlerinde bozukluk, böbrek fonksiyonlarında zayıflama ve gerekli tedaviler yapılmadığı takdirde ölümlerle sonuçlanan rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır (Derrell, 1991).

Birçok gıda maddesi eser düzeyde kadmiyum içerir. Kirlenmiş topraklarda yetişen, atıksularla sulanan veya fosfatlı gübreler verilen bitkilerde kadmiyum miktarı artar. Kadmiyum hayvanların böbrek ve karaciğerinde birikir. İnsanların günlük normal beslenme rejimi ile aldıkları günlük kadmiyum miktarı 15-60 mg/L arasındadır (WHO, 1993).

İnsan vücudu tarafından absorplanan kurşun kana geçerek yumuşak dokulara ve kemiklere dağılır. Kurşun kemiklerde zamanla birikir. Vücutta taşınan kurşunun % 90'ı kemiklerde bulunur. Kurşun vücutta birikim yapan ve yüksek dozlarda metabolik zehirliliğe sahip bir elementtir. Kurşun, biyolojik sistemlerin görevlerini yerine getirmede gerekli olan alametlerden değildir. Bu nedenle kurşun alımından mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır (WHO, 1993).

Metal bileşikleri buldukları ortamda başka metal bileşiklerine dönüşebilmektedirler. Bu dönüşme esnasında bazen bir metallerin toksik ve suda çözünen bileşiğine çıkabilmektedir. Bazı metaller yaşamsal açıdan düşük konsantrasyonlarda gerekli olmamasına rağmen, eşik değerler aşıldığı zaman zehirli etkiler görülmektedir. Bütün bunlara ek olarak metal kirliliği konveksiyon, rüzgar ve sular aracılığıyla bir yerden başka bir yere taşınabilmektedir (Gündüz, 1994).

Yeryüzüne inen toksik metal bileşikleri nehir, yağmur ve kar sularıyla yeryüzü sularına (deniz, göl, gölet, baraj gibi) ulaştığı gibi yağmur ve kar sularıyla topraktan sızma şeklinde eser oranda da olsa yer altı sularına da karışabilir. Bu nedenle bazen yer altı suları da bu kaynaklardan temin edildiğinden çeşitli toksik maddeler taşıyabilmektedir (Gündüz, 1994).

Arsenik içeren nehir suları ile sulanan patates bitkilerinin yumru ve kabuklarında arsenik birikmesi olduğu ve hatta bitkinin yenilebilen kısımlarının da bu birikimin 206 ppm düzeyine ulaştığı belirtilmektedir. Arsenik birikimi yetiştirilen ürün miktarının da etkilemektedir (Haktanır, 1998).

*Mytilus edulis*'te yapılan çalışmalar sonucunda da Cd birikiminin zamana ve konsantrasyona bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Doğal dolanım mekanizmalarına katılan metaller, insan faaliyetleri sonucu ya da doğal kaynaklardan çevreye bulaşır. Doğal ve yapay yollarla ortama atılan ağır metaller kolayca birikip çevrede ve çok kompleks yapılar oluşturmaları nedeniyle tehlikeli kirleticiler olarak tanımlanmaktadır. Ağır metaller biyolojik olarak parçalanmamaktadırlar (Öncel, 2000).

## 2.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Suların Kalite Sınıflandırması ve Atık Su Deşarj Standartları

### 2.1.1. Kıta içi yüzeysel suların sınıflandırılması

31 Aralık 2004 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre kıta içi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflandırması aşağıda verilmiştir.

Sınıf I	: Yüksek kaliteli su,
Sınıf II	: Az kirlenmiş su,
Sınıf III	: Kirli su,
Sınıf IV	: Çok kirlenmiş su.

Tablo 2.1. de sınıflandırma için geçerli su kalite parametreleri ve bunlara ait sınır değerleri Sınıf I, II, III ve IV için ayrı ayrı verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır.

Yukarıda belirtilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, aşağıdaki su kullanım alanları için uygun olduğu kabul edilir.

- a) Sınıf I - Yüksek kaliteli su: 1) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini,  
2) Rekreatiyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil),  
3) Alabalık üretimi,  
4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı,  
5) Diğer amaçlar.
- b) Sınıf II - Az kirlenmiş su: 1) İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini,  
2) Rekreatiyonel amaçlar,  
3) Alabalık dışında balık üretimi,  
4) Teknik Usuller Tebliği'nde verilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak,



5) Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar.

c) Sınıf III - Kirlenmiş su: gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

d) Sınıf IV - Çok kirlenmiş su: Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına iyileştirilerek kullanılacak yüzeysel sulardır.

### **2.1.2. Su kalite sınıfının belirlenmesi**

Su kaynağından alınan numuneler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre Tablo 2.1. de görülen her parametre grubu için (A, B, C, D) ayrı ayrı kalite sınıfı tespit edilir. Ayrıca o grup içindeki her bir parametreye göre belirlenir. Bir gruba ait en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfını belirler. Karakteristik değerin belirlenmesinde kaza sonunda oluşan durumları yansıtan ve bariz analiz hataları sonucu ortaya çıkan sonuçlar dikkate alınmaz. Herhangi bir su kütlesinin bir noktasında ölçülen kıyaslama parametresinin belirlenecek karakteristik değeri, Çizelge 1' de verilen üst sınırlara göre, hangi su kalite sınıfının üst değerinden daha küçük ise, numune alma noktası o sınıfa aittir.

Kıyaslama; pH için o sınıfa ait aralık içinde kalınacağı, çözülmüş oksijen konsantrasyonu ve doygunluk yüzdesi için ise o sınıfta verilen sayılar alt sınır değer olacağı kabul edilerek yapılır.

Çizelge 2.1. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>a</sup>	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) <sup>a</sup>	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl <sup>-</sup> /L)	25	200	400 <sup>b</sup>	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	0.2 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na <sup>+</sup> /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri <sup>d</sup>				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200

Çizelge 2.1. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
7) Krom ( $\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{L}$ )	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt ( $\mu\text{g Co}/\text{L}$ )	10	20	200	> 200
9) Nikel ( $\mu\text{g Ni}/\text{L}$ )	20	50	200	> 200
10) Çinko ( $\mu\text{g Zn}/\text{L}$ )	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) ( $\mu\text{g CN}/\text{L}$ )	10	50	100	> 100
12) Florür ( $\mu\text{g F}^-/\text{L}$ )	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor ( $\mu\text{g Cl}_2/\text{L}$ )	10	10	50	> 50
14) Sülfür ( $\mu\text{g S}^-/\text{L}$ )	2	2	10	> 10
15) Demir ( $\mu\text{g Fe}/\text{L}$ )	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan ( $\mu\text{g Mn}/\text{L}$ )	100	500	3000	> 3000
17) Bor ( $\mu\text{g B}/\text{L}$ )	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	> 1000
18) Selenyum ( $\mu\text{g Se}/\text{L}$ )	10	10	20	> 20
19) Baryum ( $\mu\text{g Ba}/\text{L}$ )	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum ( $\text{mg Al}/\text{L}$ )	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite ( $\text{pCi}/\text{L}$ )				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg  $\text{NH}_3\text{-N}/\text{L}$  değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300  $\mu\text{g}/\text{L}$ 'ye kadar düşürmek gerekebilir.

Su potansiyelini korumak amacıyla, Sınıf I suların su toplama havzalarında, halen söz konusu su kaynağından herhangi bir biçimde içme suyu temin edilip edilmediğine bakılmaksızın, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin 20 nci maddesinin (b) bendinde belirlenen önlemler alınır. Sınıf II sulardan içme ve kullanma suyu olarak yararlanma imkanı bulunanların, su alma noktası menbana atık veya atıksu boşaltımı yapılmaması esastır. Bunun dışında kalan amaçlarla, Sınıf II sularda mevcut kaliteyi korumak; teknik ve ekonomik açıdan tutarlı ise, Sınıf III sularda kaliteyi iyileştirmeye çalışmak esastır. Sınıf IV sularda ise amaç, uzun vadeli bir havza koruma planı çerçevesinde mevcut kaliteyi iyileştirmektir.

### 2.1.3. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre bazı deşarj standartları

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre evsel nitelikli atık suların deşarj standartları Çizelge 2.2.'de, küçük ve büyük organize sanayilerinin deşarj standartları Çizelge 2.3.'de ve mezbaha ve entegre et tesislerinin deşarj standartları Çizelge 2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Mezbahalar ve entegre et tesisleri (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	250	160
Yağ ve Gres	(mg/L)	30	20
pH	-	6-9	6-9

Çizelge 2.3. Küçük ve büyük organize sanayi bölgeleri ve sektör belirlemesi yapılamayan diğer sanayiler (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	400	300
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	200	100
Yağ Ve Gres	(mg/L)	20	10
Toplam Fosfor	(mg/L)	2	1
Toplam Krom	(mg/L)	2	1
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	(mg/L)	0.5	0.5
Kurşun (Pb)	(mg/L)	2	1
Toplam Siyanür (Cn <sup>-</sup> )	(mg/L)	1	0.5
Kadmiyum (Cd)	(mg/L)	0.1	-
Demir (Fe)	(mg/L)	10	-
Florür (F <sup>-</sup> )	(mg/L)	15	-
Bakır (Cu)	(mg/L)	3	-
Çinko (Zn)	(mg/L)	5	-
Civa (Hg)	(mg/L)	-	0.05
Sülfat (So <sub>4</sub> )	(mg/L)	1500	1500
Toplam Kjeldahl-Azotu	(mg/L)	20	15
Balık Biyodeneyi (Zsf)	-	10	10
pH	-	6-9	6-9

Çizelge 2.4. Evsel nitelikli atık sular (Sınıf 4: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 6000 Kg/Gün'den büyük, Nüfus > 100000) (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	(mg/L)	40	35
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	120	90
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	40	25
pH	-	6-9	6-9

## 2.2. Atıksu Kirletici Parametreleri

Atıksuların karakterizasyonunda, atıksu kaynaklarının ve miktarının bilinmesinin yanında asıl karakter fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler ile tanımlanır. Aşağıda değinilen parametreler ve bileşenler çerçevesinde az, orta ve çok kirli arıtılmamış evsel atıksuların içerikleri Tablo 2.1.'de verilmiştir.

### 2.2.1. Fiziksel parametreler

#### 2.2.1.1. Koku

Koku, insana doğrudan fiziksel bir zarar vermemekle birlikte fizyolojik stres oluşturan ve bu nedenle kişilerde iştah azalmasından bulantıya kadar çeşitli etkileri olan çevrede ise genel rahatsızlığa yol açan bir parametredir. Kişisel etkisi su kullanımının azalması şeklindedir. Çevredeki etkisi ise kokunun olduğu yerlerin değerinin normal değerinden daha az olması şeklindedir. Atıksu kokusunda bekleme ve anaerobik ortam şartları belirleyici iki özelliştir. Atıksuda koku oluşturan başlıca maddeler arasında hidrojen sülfür, amonyak, aminler sayılabilir. Koku ölçümü insan duyusundan yaralanılarak yapılır.

**2.2.1.2. Renk**

Atık su rengi, atık suyun tazeliğinin bir göstergesidir. Atıksu, içinde bulunan çözülmüş veya askıdaki maddelerin çeşidine bağlı olarak az veya çok renkli olabilirler. Atıksu bayatladıkça sülfür oluşumu ve metal sülfürlerin çökmesi ile gri renk siyaha doğru döner. Renk, ayrıca atıksuların içerdikleri kirletici unsurlar hakkında da bilgi verebilmektedir.

**2.2.1.3. Sıcaklık**

Atık su sıcaklığı, genelde temin edilen su sıcaklığının üstündedir ve coğrafik konuma ve o yılın aylarına bağlı olarak 10-22 °C arasında değişir. Kimyasal, biyokimyasal reaksiyonlar ve reaksiyon hızları açısından sıcaklık atıksu da önemli bir parametredir. Atıksuyun deşarj edildiği ortamı etkiler. Ayrıca sıcaklık arttıkça oksijen çözünürlüğü de azalmaktadır. Deşarj esnasındaki ani sıcaklık değişimleri sucul hayatı olumsuz etkilemektedir. Bakterilerin aktiviteleri için optimum sıcaklık aralığı 25-35°C' dir. Sıcaklığın 50°C' ye yükselmesiyle aerobik arıtım ve nitrifikasyon durmaktadır. Sıcaklık 15°C' nin altında ise metan üreten bakteriler aktivitelerini kaybeder.

**2.2.1.4. Katı maddeler**

Yüksek konsantrasyonda katı madde içeren kirlenmiş sular, endüstri kuruluşlarının çıkış suyu kalitesine ve alıcı ortama olumsuz etkiler yapar. Endüstriyel atıksuların arıtılmasında ön çökeltme tanklarının gerekli olup olmadığına karar vermede ve bunların boyutlandırılmasında katı madde miktarının bilinmesi gereklidir. Kimyasal madde kullanımı ve çamur miktarını etkiler. Arıtma tesisi çıkışında katı madde miktarının fazlalığı alıcı su ortamında dip çamuru oluşumuna ve dolayısıyla anaerobik ortam oluşumunu sağlar. Aynı zamanda atıksudaki katı maddeler, bulanıklığı da etkileyerek suyun ışığı geçirme özelliğine negatif etki yapar.

## 2.2.2. Kimyasal parametreler

### 2.2.2.1. pH

Asit ya da baz olma özelliğinin seviyesini gösteren bir terim olup hidrojen iyonunun aktivitesini göstermektedir. Endüstriyel ve evsel atıksu arıtılmasında pH kontrol edilmeli ve biyolojik yaşam için çok iyi bilinmelidir. Biyolojik yaşam için uygun olan hidrojen iyonu konsantrasyon aralığı oldukça dardır. Su kaynaklarında mikro ve makro yaşamın korunması ve istenilmeyen kimyasal reaksiyonların önlenmesi için pH'ın 6-9 arasında tutulması gereklidir. Evsel atıksu ve endüstriyel atıksuların arıtılmasında kimyasal koagülasyon, çamur yoğunlaştırma, azot ve giderim proseslerinde pH değerleri oldukça önemlidir.

### 2.2.2.2. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)

BOİ, genellikle aerobik şartlar altında bozunabilen organik maddeleri parçalarken, (20°C' da) karışık bir organizma topluluğu tarafından ihtiyaç duyulan oksijen miktarı olarak tanımlanır (Akçin ve ark., 1996). Bozunma terimi, organik maddenin bakteri için besi görevi gördüğü ve enerjinin de bunun yükseltgenmesinden sağlandığı reaksiyon anlamında yorumlanmalıdır. BOİ testi ise, tabiattaki şartlara benzer şartlar altında, atıksu da bulunan organik maddeden yararlanan canlı organizmalar tarafından tüketilen oksijen ölçümünü içeren, bir biyokimyasal analiz işlemidir (Günay ve ark., 1977). BOİ testi, evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bir testtir. BOİ testi sayesinde; var olan organik maddenin biyokimyasal olarak parçalanması için gerekli olan yaklaşık oksijen miktarı tayin edildiği gibi, arıtma tesislerinin büyüklüğünü tayin etmek, bazı arıtım proseslerinin verimliliğini ölçmek ve bunların izin verilen boşaltım değerleriyle uyumlu olup olmadıklarını tayin etmek de mümkündür. BOİ testinin geniş kullanımına rağmen birçok kısıtlamaları da vardır. Yüksek konsantrasyonda, aktif ve ortama alıştırılmış aşı bakterisine gereksinim vardır. Zehirli atıklarla çalışılırken ön arıtma yapılmalı ve nitrifike eden organizmaların etkileri azaltılmış olmalıdır (Ubay ve ark., 1996). BOİ testi ile,

sadece biyokimyasal olarak ayrışabilen organikler ölçülebilir. Testte, suda var olan bozunabilir, organik madde reaksiyona girer ve stokiyometrik yasaya uygunluğa sahip değildir. Dolayısıyla bazı kabullenişler söz konusudur. Bu kabullenişlerin en önemlisi, ilk 5 gün içerisinde var olan bozunabilir organik maddenin kullanıldığı noktaya uyup uymadığıdır. Stokiyometrik yasaya uygunluğun yoksunluğu da test sonuçlarının kullanılabilirliğini azaltmaktadır.

Anlamlı sonuçlar elde etmek için, oksijenin sudaki sınırlı çözünürlüğünden dolayı ( 20°C' da yaklaşık 9 mg/L ) çok kirli atıksular, test süresi boyunca var olabilecek çözünmüş oksijeni sağlayan değere uygun olarak istenilen düzeye seyreltilmelidirler. Olası değerleri bütünüyle kapsaması için birçok seyreltme yapılır. Örneğin, 3 000 - 10 500 BOİ değerine sahip bir atıksuyun BOİ tayini yapılırken, atık sudan 0.2 mL alınıp 300 mL' ye seyreltilmelidir. Böylelikle seyreltilmiş çözeltildeki atıksu miktarı yaklaşık % 0.07 olur. BOİ değeri 4 000 - 14 000 arasında olan bir atıksu söz konusu olduğunda, test için seyreltme sonunda, atıksu miktarı çözeltilde % 0.05 olmalıdır. Bu biyokimyasal bir işlem olduğundan, işlem sırasında çevresel koşulların, canlı organizmaların işlevlerini yerine getirmelerine olanak verecek şekilde uygun olması gereklidir. Azot, fosfor ve belirli eser miktardaki elementler (Mg, K, Ca) gibi, bakteriyel gelişme için gerekli olan tüm nütrientler ortamda var olmalıdır. Buna karşılık zehirli maddelerin bulunmaması ve özellikle serbest klorun olmaması istenir ve varlığında giderilmesi gerekir (Akçin ve ark., 1996). Doğal koşullar altında organik maddenin biyokimyasal parçalanması, tam yükseltgenme, yani maddenin tamamen CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O' ya dönüşmesi organizmaların çeşitli grupları tarafından meydana getirilir. Bu nedenle, testte "aşı" adı verilen karışık organizma grubunun bulunması gereklidir.

Biyokimyasal yükseltgenme hızı, organizmaların sayısı ve sıcaklıktan çok etkilenir. Sıcaklığın etkisi, aşağı yukarı doğal ortam için ortalama değer olan, 20°C da testi yapmakla sabit tutulur. Teorik olarak organik maddenin biyokimyasal yükseltgenmesinin tamamlanması için sonsuz zamana gereksinim vardır. Ancak reaksiyonun 20 günde tamamlandığı kabul edilir. Fakat 20 gün de bir deney için çok uzun bir süre olduğundan, genellikle BOİ deneyleri 5 günlük sürede tamamlanır.



Çünkü deneyimler BOİ' nin büyük çoğunluğunun 5 günde tüketildiğini göstermiştir. Bu BOİ<sub>5</sub> değerleri tüm BOİ 'nin yaklaşık %60-70'idir (Henze ve ark., 2002). Bu da bütününe oldukça büyük bir yüzdesidir.

Çoğu zaman 5 günlük sonuçların toplam BOİ' ye veya başka sürelerdeki BOİ ' ye dönüştürülmesi istenilir. Bu modifiye edilmiş:

$y = L (1 - 10^{-kt})$  denklemiyle mümkün olur. Bu ifade de:

y; herhangi bir t zamanındaki BOİ

L; toplam ya da son BOİ

k' nin değeri deneyle hesaplanmalıdır. (Kirlenmiş ve atıksu için ( e tabanlı, 20°C da ) k' nin tipik değeri 0.23 d<sup>-1</sup> dir).

d; gün cinsinden BOİ' si hesaplanan süredir.

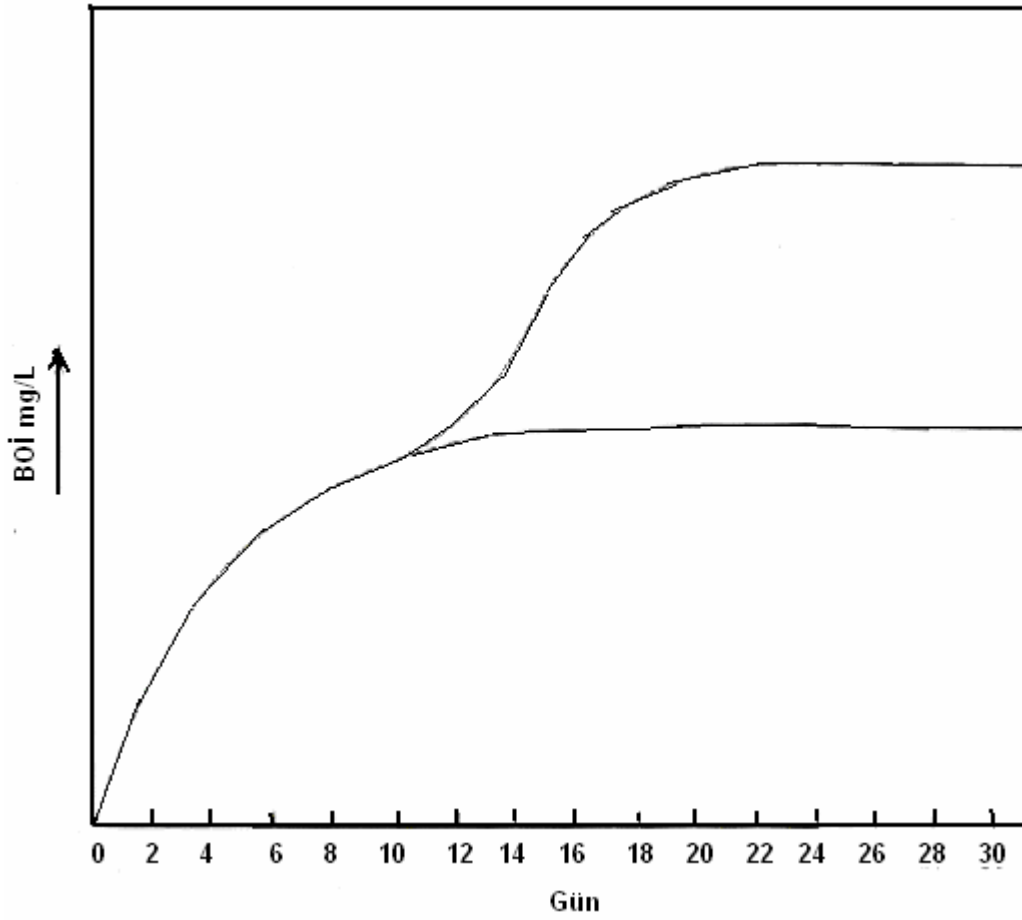
Reaksiyon hız sabiti k' nin değeri, atığın tipiyle önemli ölçüde değişir. Bu değer 0.05-0.3 arasında olabildiği gibi daha fazla da olabilir (Tchobanoglous ve ark., 1972).

Başka zamanlardaki BOİ değerini, 5 günlük BOİ değerine dönüştürmek için gerekli olan bazı faktörler Çizelge 2.5.'de verilmiştir. Ölçümün yapıldığı gün sayısı ile BOİ faktörü çarpılarak BOİ<sub>5</sub> bulunur.

Çizelge 2.5. BOİ değerlerini BOİ<sub>5</sub> değerine dönüştürmek için gerekli bazı faktörler (Muslu, 1996)

GÜN	1	2	3	4	5	6	7	8
BOİ Faktörleri	2.7113	1.8520	1.3700	1.1360	1.0000	0.9091	0.8547	0.8130

Biyokimyasal yükseltgenme reaksiyonu 1. derece reaksiyon tipiyle ilişkilidir. Biyokimyasal yükseltgenmelerde, yükseltgenmiş organik maddenin miktarı ile direkt orantılı oksijen kullanıldığından, zamana karşı kullanılmış oksijen grafiği Şekil 2.1.'de görüldüğü gibidir (Muslu, 1996).



Şekil 2.1. BOİ/Gün grafiği ( Muslu, 1996 )

### 2.2.2.3. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biri de kimyasal oksijen ihtiyacıdır. Bir doğal suyun ya da atıksuyun kimyasal oksijen isteği ( KOİ ) ; o suyun 1 litresindeki maddelerin kuvvetli bir kimyasal yükseltgeyici ile yükseltgenebilen kısmına eş değer olan oksijenin mg cinsinden miktarıdır. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı gibi ancak ondan farklı olarak organik maddenin biyokimyasal reaksiyonlarla değil redoks reaksiyonlarıyla kimyasal maddelerle oksitlenmesi esasına dayanır. Biyokimyasal oksidasyonun bazı organik maddelerde çok hızlı cereyan etmesine karşılık diğer bazı maddelerde çok yavaş olması mümkündür. Buna karşılık kimyasal oksidasyonda organik maddenin

biyolojik olarak ayrışıp ayrışmadığına ve ayrışma hızına bakılmaksızın bütün organik maddeler oksitlenir.

KOİ testi, hem doğal suyun hem de atıksuyun kirlilik gücünü ölçmede kullanılan bir testtir. Yükseltgenebilen maddeye eşdeğer olan oksijen, asidik ortamda kuvvetli kimyasal yükseltgenler kullanılarak ölçülebilir. KOİ testi aynı zamanda, biyolojik yaşam için zehirli bileşikler içeren evsel ve endüstriyel atıksulardaki organik maddeyi ölçmek içinde kullanılır.

KOİ testinin temel avantajı, değerlendirme için kısa zamana gereksinim olmasıdır. BOİ tayini için 5 günlük bir süre gerekirken, KOİ tayini için 3 saatte yeterlidir. Ölçümde meydana gelen hatalar aynı gün içerisinde deney tekrarlanarak giderilebilir. Deney sonucunda KOİ verisinin kısa sürede elde edilmesi KOİ testinin birçok örnekte BOİ testinin yerine kullanılmasına sebep olmuştur, KOİ verileri güvenilir korelasyon faktörleri hesaplandıktan sonra BOİ değerleri cinsinden yorumlanabilir.

Biyolojik olarak ayrışabilen ve ayrışamayan organik maddelerin ayırt edilememesinin imkansızlığı, en çok dikkat edilmesi gereken husustur. Daima KOİ değerleri BOİ değerlerinden daha yüksektir (Samsunlu, 1999).

### **2.2.3. Biyolojik parametreler**

#### **2.1.3.1. Bakteriler**

Bakteriler, tek hücreli yuvarlak, çubuk gibi çeşitli şekilleri olan çok küçük mikroorganizmalardır. Organik madde gideriminde gerek alıcı ortamlarda gerekse arıtma sistemlerinde en önemli paya sahiptirler. Bazı türleri hastalık yapıcıdır. Koliform bakteri grubu evsel atıksu kontaminasyonunun bir indikatörü olarak kullanılır.

**2.2.3.2. Fungi ve protozoalar**

Fungi, çok hücreli aerobik mikroorganizmalardır. Ölü organik madde başlıca besin kaynağı olup organik madde dönüşümünde önem taşır. Az nemli ve düşük pH'a sahip ortamlarda gelişebilir. Protozoalar ise, tek hücreli mikroorganizmalardır. Bakteri ve diğer organizmalar ile beslenir. Arıtma sistemlerinde ve alıcı ortamlarda mikroorganizma dengesinde yer alır. Bazıları patojen özelliktedir.

**2.2.3.3. Algler**

Yüzeysel sularda hızlı bir şekilde üreyebilme kabiliyetine sahip özellikleriyle ötrofikasyona neden olan algler, oksidasyon havuzları gibi arıtma sistemlerinde kullanılır. Algler, fotosentetik organizmalar olup tayinleri mikroskopik sayım ile mümkündür.

**2.2.3.4. Virüsler**

Virüsler, salgın hastalıkların en önemli nedenlerindedir. Parazit yapıda DNA veya RNA grubu ile bunları saran bir proteinden oluşan canlılardır. Biyolojik parametreler arasında atıksulardaki zehirli maddelerin bir göstergesi olan zehirlilik de bulunur. Zehirlilik, balık veya diğer organizmaların test organizması olarak kullanıldığı biyodeneyle vasıtasıyla belirlenir.

**2.2.4. Ağır metaller**

Ortamda, milyonda bir veya daha az seviyelerde bulunan elementler eser elementler olarak adlandırılırlar. Bunların bazıları hayvan ve bitki yaşamı için gerekli olan elementler olarak tanımlanmaktadır. Fakat yüksek seviyelerde ise toksiktirler.

Stoker ve ark. (1976), ağır metallerin yoğunluklarını her bir cm<sup>3</sup> için 5 gr'dan daha büyük yoğunlukta olduğunu ve bunun da suyun yoğunluğunun 5 katı kadar olduğunu belirtmektedirler. Organizmada birçok biokimyasal fonksiyonda rol

oynayan Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Fe, Mo, Co ve Se canlılarda olmadığı zaman, çeşitli semptomatik bozukluklara yol açmaktadır. Bu metaller ile birlikte endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmada kuvvetli toksik etkiye sahip olan Cd, Ni, Hg ve Pb gibi ağır metaller, su ortamında belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapıp organizmanın canlılığına son vermektedirler.

#### **2.2.4.1. Ağır metallerin besin zinciriyle alınımı**

Bir ekosistemde madde iletimi, canlılar arasında görülen besin zinciri ile sağlanır. Bitkilerle başlayan besin zincirinde, halkaları oluşturan üç grup vardır:

- 1.) Üreticiler
- 2.) Tüketiciler
- 3.) Ayrıştırıcılar

1.) Üreticiler: Güneş enerjisinden yararlanarak inorganik maddelerden besinini sentezleyen tüm klorofilli bitkiler üreticiler olarak tanımlanır. Bunlar ototrof bakteriler, fitoplanktonlar ve makroskobik su otlarıdır.

2.) Tüketiciler: Ototrof canlıların oluşturduğu ürünlerle beslenenler, birincil tüketicileri oluşturur. Fitoplanktonlarla beslenen kabuklular, küçük balıklar ve yumuşakçalar ototrof canlılar grubuna dahildir. Herbivorlarla beslenen karnivorlar ise ikincil tüketicileri ve bu karnivorlarla beslenenler de (büyük balıklar) üçüncül tüketicileri oluştururlar.

3.) Ayrıştırıcılar: Besin zincirinin son halkasını ayrıştırıcılar oluşturup bitki, hayvan ölüleri ve atık maddelerle beslenen bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalardır (Tanyolaç, 1993).

Ağır metaller, beslenme zinciri ile direkt olarak balıkların besinlerini oluşturan fitoplanktonlar ya da sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara geçmektedirler. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme

alışkanlığı ve vücuda almasının metale bağlı olup, balığın doku ve organları arasında da ayırım göstermektedir. Aksun (1986), yaptığı çalışmada karnivor balıklardaki konsantrasyonun, herbivor balıklardaki konsantrasyondan daha yüksek olduğunu saptamıştır. Çünkü, beslenme zincirinde daha üst basamaklarda bulunan balıklar, çoğunlukla diğer balıklarda bulunan metalleri alırlar. Aynı zamanda balığın beslenme şekline ve mevsimlere bağlı olarak da ağır metal konsantrasyonlarında önemli değişimler görülür.

#### **2.2.4.2. Ağır metallerin vücut içerisine alınımı**

##### **2.2.4.2.1. Solungaçlardan absorpsiyon**

Balıklar, ağız yoluyla sudaki oksijeni solungaçlardaki kılcal damarlardan alırken, beraberinde suda çözülmüş veya askıda bulunan materyalleri de alırlar. Bu sırada, suda bulunan ağır metaller de solungaçlardaki Janeler tarafından vücut içerisine alınır (Heath, 1987).

##### **2.2.4.2.2. Sindirim sisteminden absorpsiyon**

Ağız yoluyla vücuda giren toksik maddelerin absorpsiyonlarının en fazla olduğu yer, ince bağırsaklardır. Bağırsak mukozasının absorpsiyon alanının içerdiği villus ve tükrovillusların mideye oranla çok daha yaygın olması, toksik maddelerin burada daha uzun süre kalmalarına, dolayısıyla mukozalarla daha çok temas etmelerine neden olmaktadır (Dökmeci, 1988).

##### **2.2.4.2.3. Deriden absorpsiyon**

Deri genellikle toksik maddelerle sık sık temas halindedir, ancak derinin ağır metallere karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle, bu yoldan canlıların zehirlenmeleri nispeten azdır. Deride, epidermin en üst tabakası olan stratum corneum, epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir. Fakat buna

karşılık, balıklarda suda çözünmüş durumdaki ağır metallerin deriden absorpsiyonu oldukça fazladır (Dökmeci, 1988).

### 2.2.4.3. Ağır metallerin canlılardaki dağılımı ve birikimi

#### 2.2.4.3.1. Ağır metallerin vücuttaki dağılımı

Ağır metaller absorbe olup dolaşıma geçtikten sonra, vücut ağırlığının büyük bir çoğunluğunu oluşturan sıvı bölüme geçer. Kandan vücut sıvılarına geçiş, genellikle konsantrasyon gradiyentine bağlı olarak pasif difizyonla olmaktadır. Vücutta toksik maddelerin dağıldığı vücut sıvıları başlıca üçe ayrılır:

1. Plazma
2. İnterstisyel ya da ekstraselüler sıvı
3. İntraselüler (hücre içi) sıvı.

Ağır metallerin vücuttaki dağılımı, kandaki ve dokulardaki dağılım olmak üzere iki önemli özellik gösterir.

**1. Kandaki dağılım:** Demir iyonlarının bağlanmasında B1-globülin, bakır iyonlarının ve bazı metallerin bağlanmasında seruloplazminler önem taşırlar. Plazmada bağlı olan madde inaktiftir ve böbreklerden elimine edilemez. Serbest ve bağlı madde molekülleri arasında bir denge vardır. Serbest moleküller kanda azaldıkça, bağlı maddenin bir kısmı serbest şekle geçer. Proteinlere bağlı olan ağır metaller, vücutta depo görevi yaparlar. Çok toksik bir bileşik olan civa, plazma albüminlerine bağlanır.

**2. Dokulardaki dağılımı:** Birçok metal, çoğunlukla spesifik dokuda depolanır. Bazıları yüksek konsantrasyonda bir dokuda depolanıp, toksik etkinin o organda ortaya çıkmasına yol açarlar. Fakat buna karşın diğer bazı metaller, organ dışında başka bir yerde zehirlenme belirtilerine yol açarlar. Örneğin, kurşun kemiklerde depolanmasına karşın, zehirlenme belirtilerini iç organlar kitlesinde gösterir.

Absorbe olan eser elementler, solungaçlardan ve barsaklardan kana transfer edilir ve vücudun diğer kısımlarına dağıtılır. Her metalin dağılışı yeri farklıdır. Balıkta kronik olarak Cu'a maruz kalındığında, Cu'ın daha çok karaciğerde akümüle olduğu görülmektedir. Solungaçların epitel hücrelerinden Zn'nun transferi oldukça hızlıdır. Cu ve Cd'un tersine, Zn birincil olarak kas ve deride dağılım gösterir, çok küçük miktarlar karaciğer ve böbrekte akümüle olur. Zn'nun karaciğer ve böbrekteki atılımı oldukça hızlıdır. Oysa başta deri, kas ve kemikte daha yavaş elimine olur. Cd balıkta çok yavaş birikir. Cd'un esas biriktiği organlar böbrek ve karaciğerdir (Hogstrand ve ark., 1991).

#### **2.2.4.3.2. Ağır metallerin vücuttaki birikimi**

Sucul ortamlarda yaşayan organizmalar, buldukları ortamdan ağır metal gibi kimyasal maddeleri bünyelerine alır ve biriktirirler. Canlı sistemlerde yapılan bütün çalışmalar, bir çok organizmanın ağır metal biriktirdiğini göstermiştir (Amiard ve ark., 1987).

Ağır metaller çoğunlukla özelleşmiş dokularda yoğunlaşırlar. Bazı ağır metaller, en yüksek konsantrasyona erişince depolanmaya başlarlar. Depolanan toksik madde genellikle limiti aşmadığı sürece toksik değildir.

Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, bu metale maruz kalma süresi ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirli bir metalin hangi doku ve organda öncelikle depo edileceği türlere göre değişim göstermektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde, en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir (Kargın ve ark., 1992). Bunun en önemli nedeni, genellikle ağır metallerin letal olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesindedir.



#### 2.2.4.4. Toksikolojik olarak önemli olan bazı ağır metaller

##### 2.2.4.4.1. Nikel

Nikel, toprakta demir ve alüminyum silikatların içinde eser olarak bulunur. Toprağın içerdiği kuvars yüzdesi arttıkça, nikel konsantrasyonu azalır. Tüm hayvanlar, yen bitkileri dahil bütün bitkiler nikel içerir. Ayrıca fındık, ceviz ve fasulyede nikel içeren yiyeceklerdendir. Deniz ve akarsularda 1-5 ug/L nikel bulunur. Hayvansal yiyecekler bitkilere göre daha az nikel içerir. Nikel, DNA ve RNA yapılarında da görülmüştür. Bu durum elementin DNA ve RNA yapısında rolü olabileceğine işaret etmektedir. Damar içi çalışmaları deoksiribonükleaz, fosfoglukomutaz, asetil KoA sentetaz gibi enzimler için nikelin kofaktör olabileceğini göstermiştir (Topbaş ve ark., 1998).

Nikel, ferrik iyonların intestinal absorpsiyonunu kolaylaştırır. Nikel eksikliğinde karaciğer yapısı bozukluğu, büyüme geriliği ve demir eksikliği gözlenmiştir. Bazı araştırmacılar, nikelin prolaktin düzenlenmesi üzerine önemli rolü olduğunu öne sürmektedirler. Bazılarına göre de, nikel eksikliğinde, karaciğer glikojeni ve kolesterol ile plazma kolesterol değişimleri görülebilir. Ancak, bu durum hormonların etkisi sonucu da olabilmektedir. İnsan organizması ve deri dışındaki dokularda nikel birikmez. Nikelin aşırısı nikel alerjisine, hatta daha yüksek dozları nikel kanserine neden olur. Bitkisel ve hayvansal gıdalarla alınan nikel tehlikesizdir ve alerjiye neden olmaz. Yiyeceklerle alınan yüksek dozlarda nikel, körelmiş nikel egzamasını yeniden aktif hale getirebilir. Yiyeceklerde nikelin aşırısı, ancak nikelin çevre kirlenmesi sonucu yiyeceklere geçmesi ve yüksek derişimde nikel içeren suların içilmesinden kaynaklanabilir.

Normal koşullarda bitkilerin Ni kapsamı kuru madde üzerinden 1 ppm'i geçmemektedir. Özellikle atıkların depolanmaları sonucu topraklara bulaşan yüksek düzeydeki Ni, bitkilere şiddetli bir şekilde zehir etkisi yapmaktadır. Ni zehirlenmesi sonucu bitki kökleri tahrip olmakta, tahıllarda yapraklar üzerinde boydan boya solgun sarı çizgiler ortaya çıkmakta, daha sonra tüm yaprak beyazlaşmaktadır. Daha yüksek dozlarda ise yaprak uçlarında yanma başlamaktadır (Topbaş ve ark., 1998).

Özellikle ağız yoluyla alınan nikel bileşikleri insanlara zehir etkisi yapmaktadır. Nikel bağırsaklarda az miktarlarda olmak üzere emilir ve vücuda yayılır. En fazla akciğer ve beyinde yüksek konsantrasyonlar tespit edilmiştir. En büyük hayati tehlike ise, nikelin burun boşluğunda kansere yol açmasıdır.

Nikel içeren atıksular alıcı ortamlara karıştığına zararlılık sınırı balıklarda 1-5 mg/L, balıklara yem olan küçük su canlıları için ise 3-4 mg/L olmaktadır.

#### **2.2.4.4.2. Civa**

Civa, doğal dağılımla sürekli serbest hale geçtiği için tüm canlılarda eser miktarlarda bulunur. Civa, balıkların gelişimi için gerekli değildir. Bileşikleri,  $Hg^{+1}$  ve  $Hg^{-2}$  halinde bulunur. Civanın dağılımı, kimyasal şekline ve vücuda giriş yoluna bağlıdır. Tek veya iki değerlikli bulunan civa, sindirim sisteminde az miktarda absorbe edilir ve böbreklerde birikir. Organik civa ise sindirim sisteminde çok iyi absorbe edilir ve hemen sonra beyine, posterior kortekse yayılır.

Civa, beyin, böbrek ve kan hücreleri dışında kemik, dalak ve karaciğerde de birikir. Oral yolla alınan civanın yaklaşık %10'u idrarla dışarı atılır. Metil civa formundaki civa ise, merkezi sinir sistemini etkilemesi nedeniyle aşırı derecede toksiktir (Timbrell, 1991). Yakın zamana kadar endüstride kullanılması sonucu atık olarak sulara karışan civanın, su dibinde kalıp zararlı olmayacağı düşünülmekteydi. Ancak, 1953-1960 yılları arasında Japonya'da Minamata Körfezi'nde civa ile kontamine olmuş balık ve istiridyeleri yiyen halkta görülen epidemik zehirlenme olayları, bu görüşün yanlış olduğunu ortaya çıkarmıştır. "Minamata hastalığı" olarak isimlendirilen ve nörolojik bozukluklar saptanan bu olayda 421 akut zehirlenme, 47 kişide de ölüm görülmüştür. Minamata Körfezi'nde vinilklorür üretimi yapan bir fabrikadan körfeze atılan civa sedimentlerde bulunan mikroorganizmalar tarafından metil civaya dönüştürülmüştür. Lipofil özellikte ve çok toksik olan bu bileşiğin biyolojik birikimi besin zincirinde şu sırayla olmaktadır;

Metil civa -- Sucul bitkiler -- Algler -- İlkel hayvanlar -- Balıklar -- Deniz kabukluları -- İnsanlar

Civa ile kirlenmiş olan su ve denizlerde, Hg miktarının 200-5 000 mg/kg/yaş ağırlık olduğu, çok kirli sularda yaşayan balıklarda ise 20 000 mg/kg/yaş ağırlık olabileceği gösterilmiştir (Moharram ve ark., 1987).

Balıklarda pH ve sıcaklık gibi çevresel değişimler, civanın özellikle de metil civanın alınımını artırmaktadır. Deniz ve tatlı sularda yaşayan bazı türler üzerindeki gözlemlerde, balığın bütün dokularındaki civa konsantrasyonunun, balığın yaş artışıyla beraber artmış olduğu belirtilmektedir. Bazı erkek türlerde, civanın dışınkinden daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu bulunmuştur (Teague, 1999).

#### **2.2.4.4.3. Kobalt**

Kobalt çeşitli alaşımlarda, boyalarda, vernik ve mürekkep üretiminde kullanılır. Kobalt insanlar ve bazı hayvanlar için özel bir elementtir. Bunun nedeni vitamin B12'nin yapısına katılmasından ileri gelir.

Kobalt karaciğer, kalp ve kanda da yüksek düzeylerde akümüle edilebilir. Kobalt toksikliği nadiren rastlanan bir durumdur ve hayvanların ihtiyaç duyduğu Co düzeyinin yaklaşık 3000 katı kobalt konsantrasyonun da ortaya çıkar.

Toprakta yetiştirilen bitkilerin kuru maddesinde Co konsantrasyonu, normal olarak 0.02-0.5 ppm arasında değişmektedir. Bitki köklerinde kobalt absorpsiyonu metabolik olarak gerçekleştirilmektedir. Nodul sistemine sahip bitkiler, atmosferik azotu bağlayabilmek için Co'a ihtiyaç duyarlar.

Yüksek konsantrasyonlarda Co, bitkilere şiddetli toksik etkiler yapabilir. Kobalt zehirlenmesinin bitkilerdeki etkileri, çoğunlukla ayrı ayrı tümüyle ortadan

kalkan klorotik ve nekrotik yaprakların oluşması şeklinde kendini göstermektedir (Topbaş ve ark., 1998).

#### 2.2.4.4.4. Arsenik

Arsenik ve bileşikleri çoğunlukla; pigmentlerin boyanması, tekstil, cam eşya ve seramik üretimi, pestisit üretimi, bazı organik ve inorganik kimyasalların üretimi, petrol rafinerileri atıklarından doğaya salınmaktadır. Ayrıca ev atığı deterjanları da bir miktar arsenik içerebilmektedir. Yüksek toksisiteli arsenik bileşiklerine tüm farklı pestisitler gibi fungisit, herbisit, insektisitler çok büyük bir kaynak teşkil etmektedir.

İnorganik arseniğin temel sulu formları arsenik asidik tuzu (arsenit iyonu ( $\text{AsO}_2$ ) ve arsenat ( $\text{AsO}_4^{-3}$ ) şeklindedir. Çözünmüş oksijen varlığında arsenit iyonu daha az toksik form olan arsenata oksitlenir. Anyonun bu oksidasyonu bazı arsenik giderim teknikleri için yüksek verim eldesin de önemli etkilere sahiptir. Arseniğin suda çözünebilir konsantrasyonu kimyasal özellik ve atıksunun pH'ına bağlıdır. Örneğin bir altın kaplama ekstraksiyon prosesi atık suyunda pH 9.5'da 910 mg/L partikül 10.1 mg/L çözünür arsenik mevcuttur.

Evsel ve endüstriyel atıksulardaki arsenik için arıtma prosesleri olarak halen hidroksit flokları oluşturan çok değerlikli metalik koagülantların kullanımı ile pH 6-7'de kimyasal çöktürme prosesleri kullanılmaktadır. İstenilen çıkış seviyeleri için bazen filtrasyon gereklidir. Eğer arsenik, arsenit olarak mevcut ise çöktürme işleminden önce klor ya da permanganat ile arsenitin, arsenata oksitlenmesi gerekebilir.

Giderim aktif karbon işlemiyle birlikte filtrasyon işleminin kullanılmasıyla da sağlanabilir. Arsenik kendisini bağlayan ve atıksudan gideren bir demirhidroksit floku ile birleşik olarak giderilir. Bu prosesle arıtım sonunda 0.005mg/l'den daha az konsantrasyonlarda arsenik konsantrasyonu elde edilebilmektedir.

Arsenik bileşikleri, solunum, sindirim ve daha az ölçüde de deri yoluyla alınmaktadır. Özellikle toz halinde olan arsenik zehirsiz kabul edilmektedir. Ancak toz halindeki arseniğin nemli ortamlarda arsenik trioksite dönüşmesi ile zehirli bir bileşik oluşmuş olur. Vücuda alınan arseniğin %95'inden fazlası kanda hemoglobinin proteini tarafından bağlanmakta ve birçok enzimin faaliyetini engellemektedir. Arsenik; saç, tırnak, karaciğer ve böbrekler gibi organizmanın her tarafında birikim gösterir. Arsenik bileşiklerinin ayrıca kanserojen etkide gösterdiği bilinmektedir (Topbaş ve ark., 1998).

#### **2.2.4.4.5. Çinko**

Çinkonun en önemli kullanım alanları metal kaplama ve alaşım sektörlerindedir. Çinko özellikle, çelik çalışmaları, ipek ipliği, fiber üretimi ve katot arıtımı uygulayan resirkülasyon soğutma sistemleri ile metal proses atıksularında bulunur. Ayrıca çinko mürekkeplerde, karbon kağıtlarında, kozmetikte, boya maddelerinde, silgi ve muşamba üretiminde de kullanılır.

Çinko atıklarının başlıca kaynağı elektrolitik kaplama banyolarıdır. Bu banyoların çoğunluğu çinko siyanür içeren bazik çözeltilerdir. Bu banyolardan ortaya çıkan atıksuda çinko genellikle çinko siyanür  $Zn(CN)_2$  ve çinko ferrosiyanür  $Zn_2Fe(CN)_6$  halinde bulunur, pH genellikle 9'un üzerindedir. Çözünme ve havalandırma yolu ile yeryüzünde yılda 720 000 ton çinkonun yayıldığı hesaplanmıştır. Yüzey sularındaki çinko konsantrasyonları insan aktiviteleri ve şehirleşmeler ile bağlantılıdır. Düşen pH ve ortamın artan redoks potansiyeli sedimanlardaki çinkonun çözünerek çözeltiliye geçmesini sağlamaktadır (Baykut ve ark., 1987).

Çinko yoğun endüstri alanlarından bırakılan atıksular, kanalizasyon suları ve asitli yağışların çinko üzerine yapmış olduğu aşındırıcı etki sonucu çevrede konsantrasyonu artan ve toksik düzeylere ulaşan bir iz elementtir. Toprakta yüksek düzeylerde çinko bulunduğu zaman çinko zehirlenmesi ortaya çıkmaktadır. Katı atıklar ve arıtma çamurları özellikle çok yüksek Zn kapsamına sahip olup, bu tür

materyallerin araziye verilmesi veya depolanması halinde topraklarda çinko birikimi ve toksik belirtiler görülmektedir.

Çinko zehirlenmesi genellikle kazara alınan yüksek Zn dozlarıyla sınırlı olup, yaygın olarak görülmeyen bir durumdur. Zn fazlalığı özellikle bakırın fonksiyonunu engellemektedir. Yapılan araştırmalar 10:1 Zn/Cu konsantrasyonunun Cu kullanımını engellediğini ortaya koymuştur (Topbaş ve ark., 1998).

Metal çinkonun erime noktasının üzerinde bir ısı ile ısıtılması sonucu ortaya çıkan çinko oksit buharlarının solunması sonucu, insan sağlığına önemli zararlar verebilmektedir. Çinko klorür dumanlarının ise ancak yüksek konsantrasyonları öldürücü etkiye sahiptir (Derrell, 1991).

Hayvanlar yüksek düzeyde Zn alımına karşı tolerans gösterebilirler. Çinko toksisitesi hayvanların cinsine göre de farklılık gösterir. Çinko zehirlenmesi ile birlikte hayvanlarda kansızlık, iştahsızlık, beslenme bozuklukları, pankreaslarda düzensizlik ve gelişmede gerileme gibi çok sayıda önemli rahatsızlık ortaya çıkabilmektedir (Miller ve ark., 1991).

#### **2.2.4.4.6. Demir**

Doğada demir kirliliği en çok ham metal sanayii atıksularından kaynaklanır. Demir yer altı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı dönemlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunması nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun olmaktadır.

Fe iyonlarının çözünerek su ortamına karışması şu yollarla gerçekleşir:

1-Oksijenden yoksun ancak CO<sub>2</sub>'ce zengin sularda demir iyonları fazla miktarlarda bulunur.

2-İyi kaliteli su içeren kuyuların çevresine organik atıklar depolandığında, toprakta oluşan anaerobik koşullar yüzünden bu kuyu sularının birden demir iyonları bakımından yüksek, kötü kaliteli sular haline dönüştüğü bilinmektedir.

3-Yeterli derinliğe sahip göllerde suyun tabakalaşması nedeniyle oluşacak anaerobik koşullar yüzünden demir alt tabakalarda bulunan suda konsantre olur. Göl tabakalaşmasının sonbahardaki alt-üst olmasını izleyen günlerde rezervuardan çekilen sular demir bakımından zenginlik gösterir.

İçinde demir ihtiva eden sular hava ile temas ettiklerinde bulanık, renkli bir hal alır. Bunun nedeni  $Fe^{2+}$ 'nin,  $Fe^{3+}$ 'e oksitlenmesi ve suda çözünmeyen bir kısım renkli kolloidler oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Oksitlenme yavaş olduğundan bu bulanıklık uzun süre devam etmektedir. Bu reaksiyonlarda pH 6'dan daha küçük ise daha büyük boyutlarda oksitlenme meydana gelir.

Yüksek konsantrasyonlarda demir içeren sular kullanma suyu olarak kullanılması halinde bile kalıcı renkleri nedeniyle sakınca yaratabilmektedir. Demir suya karakteristik bir tat verir. Bu nedenle içme suyunda demir 0.3mg/L den fazla olmamalıdır (Şengül, 1997).

Demir toksitesi genellikle su altında kalan çeltik topraklarında bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Birkaç haftalık su altında kalma, söz konusu topraklarda çözünebilir demir düzeyini 0.1 ppm'den 50-100 ppm'e kadar yükseltebilmektedir. Çeltikte görülen Fe toksitesi "bronzing" olarak bilinmektedir. Bu hastalıkta yapraklar giderek kahverengileşmektedir (Topbaş ve ark., 1998).

Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda pH'ı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Demir hidroksit, balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine sebep olabilmektedir.

Yetişkin insanlarda kronik demir zehirlenmesine genellikle nadiren rastlanmaktadır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi önemli hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Akut demir zehirlenmesi genellikle yetişkinlerde ve çocuklarda direk ağız yoluyla alınmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle çocuklarda rastlanan bu tür demir zehirlenmesine yaygın olarak rastlanabilmektedir (Derrell, 1991).

#### **2.2.4.4.7. Kadmiyum**

Endüstride Cd'lu minerallerden, Cd içeren plastik metal atıklarından çevreye yayılan kadmiyum, hava, su ve toprağı kirletmektedir. Toprak ve suda biriken Cd ise sudaki organizmalara geçmekte, buradan da besin zinciriyle balık ve insanlara ulaşabilmektedir. Besinlerde kadmiyum, en çok kabuklu su hayvanlarının karaciğer ve böbreklerinde birikir. Bu besinlerdeki kadmiyumun miktarı 10 mg/g'ın (yaş ağırlık) üzerine çıkabilir. Kadmiyum, bileşiklerinde Cd<sup>+2</sup> değerliğindedir. Cd doğada Zn ile birlikte bulunur. Kadmiyum, balığın büyüme ve gelişmesi için gerekli olmadığı halde, memeli sistemlerle veya herhangi bir biyolojik sistemle karşılaştığı zaman, esansiyel elementler olan Zn ve Cu gibi davranır, metalotiyoneinin Cu ve Zn ile bağlanacağı -SH gruplarına bağlanarak karaciğer ve böbreklerde depo edilebilir. Aşırı derecede toksik bir metaldir (Dunnick ve ark., 1988).

Kadmiyum, civadan sonra en toksik ikinci metaldir. Düşük konsantrasyonlarda toksik olabilen ve metabolik aktivite için gerekli olmayan bir metaloitir. Sıcaklıktaki bir değişme, Cd alınmasını ve toksisitesini arttırır. Oysa, tuz veya suyun sertliğinin artması Cd'un etkisini azaltır. Genel olarak suyun organik içeriğinin kadmiyumu bağlayıp tutmasıyla ortamdaki miktarı azalır, böylece canlı organizmalardaki etkisi de azalmış olur (Teague, 1999).

Sucul ortamda, aynı konsantrasyonlara (2.5 mg/L) maruz bırakılan solucanlardaki Cd'un birikimi, sazanbalığı göre daha yüksek seviyede görülebilir (Ghosalve ark., 2002).



Kadmiyumun suda çözünen tuzları, kolayca solungaçlar yolu ile kana absorbe olabildiği halde, suda çözünemeyenleri uzaklaştırılmakta veya gastrointestinal yolla yutulmaktadır. İnce bağırsaktaki absorpsiyonu kalsiyum, demir ve protein eksikliğinde artar. Ortamda Ca miktarı azaldığında, Cd absorpsiyonu hızlanmakta, Ca miktarının artması durumunda ise Ca absorpsiyonu azalmaktadır. Bu da her iki metalin hücre içerisine girişinin benzer yollarla olduğunu göstermektedir.

Organizma içerisindeki serbest Cd oranı metalloproteinler tarafından dengelenmektedir.

Kadmiyum kanda proteinlere ve alyuvarlara bağlanır ve bu şekilde taşınır. Fakat taşınan kadmiyumun %50-70'i karaciğer ve böbreklerde birikmektedir. Özellikle zararlı olmaya başladığında böbreklerle dışarı atılır. Bulunduğu ortama bağlı olarak yaş ilerledikçe vücuttaki Cd birikimi artmakla beraber atılım miktarı değişmez. Özellikle kadmiyuma kronik olarak maruz bırakılma sonucunda böbrek hasarı, akut maruz bırakılmalarından sonra ise testislerin hasarına sebep olduğu bilinmektedir. Bu metal, kalsiyum metabolizmasının bozulmasına ve kemiklerin daha kırılır duruma gelmesine neden olabilir. Kadmiyumun sürekli küçük dozlarına maruz kalınması sonucunda metalloproteinin miktarının artmasıyla, bu metalin akut toksisitesi azalmaktadır (Teague, 1999).

Pek çok bitki türü Cd'ü kolayca almaktadır. Bu nedenle Cd'un sağlığa zararlı olarak ortaya çıkışı, sebzeler ve diğer tarımsal ürünler tarafından alması Cd'un yoğun bir şekilde zenginleşmesi ile ilgilidir. Bitkiler tarafından alınan yüksek dozda Cd böbreklerde birikerek vücutta fosfor kalsiyum dengesini bozduğu ve hayvan ve insanlarda kemik rahatsızlıklarına yol açtığı bildirilmektedir (Topbaş ve ark., 1998).

Anemi kan seviyesi ile korelasyon gösterir. Laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan deneylerde, subletal doz Cd verilmesi ile duodenumda Fe absorpsiyonunun kompetitif biçimde inhibe edildiği gözlenmiştir. Ayrıca, mekanizma açık olmamakla beraber, kadmiyumun Cu, Zn ve Cr'un incebağırsak tarafından absorpsiyonunu etkilemektedir (WHO, 1973).

İdrarda Cd konsantrasyonunun yükselmesi hipertansiyonda ve Cd dumanına maruz kalan endüstri çalışanlarında gözlenir. Kronik Cd zehirlenmesinin en şiddetli şekli "itai-itai" hastalığıdır. Bu durum ilk kez Japon kadınlarda gözlenmiştir. Cd zehirlenmesi, pirinç yetiştirme alanlarını sulayan nehrin kirlenmesi ile meydana gelmiştir. Pirinçteki Cd derişimi  $\mu\text{g/g}$  kadar olduğu için, yıllarca günlük Cd alımı 300  $\mu\text{g}$  veya daha yukarı olmuştur. Vücutta Cd artmasıyla protein glukoz, aminoasit ve fosfat atılımı görülür. Ayrıca karaciğerde Cd derişimi yüksektir. Düşük D vitamini alımı, tekrarlanan gebelik ve laktasyon periyotları, duruma zemin hazırlayıcı olmaktadır. Kadmiyum tehlikesi, erime noktasının altında bile uçucu olmasından ve kolaylıkla oksitlenerek CdO dumanı oluşturmasından kaynaklanır. Zehirlenme belirtileri gece terlemesi ve ateş yükselmesidir. Akut Cd zehirlenmesi şiddetli bulantı, kusma, tükürük salgılanmasında artma, ishal, karın ağrısı ve nevralsi ile karakterizedir. Letal doz bilinmekle birlikte, gastro intestinal semptomlara dayanılarak 10mg' dan daha az olduğu tahmin edilmektedir. Akut zehirlenme olayında mide yıkanmasına ek olarak şelat yapıcı ajanların kullanılmasıyla (Ca-EDTA gibi) etkiler giderilmeye çalışılmaktadır.

Kanda Cd seviyesinin yükselmesi, endüstriyel zehirlenmelerde ve Cd kaplar içerisinde hazırlanmış besinlerin yenilmeleri durumunda söz konusudur. Kanda Cd yükselmesiyle birlikte sırasıyla hipertansiyon oluşabilir. Havada 1  $\text{mg/m}^3$  ü bile hayatı tehdit edici zehirlenmeye neden olur. Havada 40-50  $\text{mg/m}^3$  duman ile 1 saat temas ölüme neden olur. Özellikle kadmiyum kaplamanın metal tozu püskürtmesiyle yapılmasında toplu ölüm tehlikesi olabilir. Böyle bir işlem, kapalı bir mekanda, insansız otomatik olarak yapılmalıdır. Dikkat edilecek diğer bir tehlike is gümüş kaynak lehimlerinin % 18 kadar kadmiyum içermesidir. Bu tür kaynak yapımında mutlaka toz maskesi kullanılmalıdır.

Yeni doğan bir bebekte Cd miktarı ancak gramın milyonda biri kadardır. 3 ppm'den fazla Cd içeren bitkilerle beslenen insan ve hayvanlarda anfizem, nefes darlığı ve hipertansiyon gibi hastalıklar ortaya çıkabilmektedir. Tütün dumanının ciğerlere çekilmesi insanda Cd birikimine neden olur. Günde bir paket sigara içen

insanlar karaciğer ve böbreklerinde içmeyenlere oranla %150 nispetinde daha fazla Cd taşırlar. Yediğimiz ve içtiğimiz Cd'un % 2'si vücutta tutulurken, nefesle çekilen Cd'un % 10-50'si vücutta tutulur. Cd'un biyolojik yarılanma ömrü(10-25 yıl) uzun olduğundan yavaş yavaş birikerek yıllar sonra tehlikeli olma noktasına gelmektedir (Muslu, 1996).

#### **2.2.4.4.8. Kurşun**

Kurşunlu malzemeler, güç çözünmesi ve güç emilmesi nedeniyle çok ender olarak akut zehirlenmeler yaparlar. Ancak "kurşun şekeri" olarak bilinen kurşun asetatın yüksek çözünürlüğe sahip olması ve organizma tarafından kolay absorplanması nedeniyle 10-20 g'ı insanı öldürebilir. Düşük derişimler de ve az miktarda bile uzun süre alındığı zaman kronik zehirlenme yapar. Avrupa'da kurşun zehirlenmeleri, meslek hastalıkları içinde ilk sırada yer almaktadır.

Son yıllarda kurşunun gerçek tehlikesinin buhar, toz ve duman şeklindeki kurşun ve bileşikleriyle ortaya çıktığı ve çevre kirlenmesine sebep olduğu, kurşunlu benzinlerin de bunda büyük paya sahip olduğu anlaşılmıştır. Benzin katkı maddesi olarak kullanılan tetra etil ve tetra metil kurşun en toksik kurşun bileşikleridir. Bunlar, yağda çözünerek kolaylıkla deri ve kana geçtikleri için çok tehlikelidir. Tetra bileşikleri karaciğerde tri bileşiklerine dönüşerek beyne geçer ve beyni etkiler. Otoyol ve ana caddeler boyunca havaya geçen, çayır ve otlarda kalan kurşun, zararlı etki yapar. Otoyolun 1-10 m kenarındaki çayırlarda 80-60 ppm, orta refujde ise 260 ppm kurşun ölçülmüştür (Chang, 1994).

Tetra etil kurşun zehirlenmeleri, merkezi sinir sistemini etkileyerek yorgunluk, uykusuzluk ve ileri safhada görme ve işitme bozukluğu, kramp ve komaya, hatta ölüme neden olurlar. Ölüm olmayan ağır zehirlenmelerde iyileşme haftalar, hatta aylar alabilir. Bazı hallerde ise topallama ve benzeri sakatlıklar yıllarca sürebilir. Uykuda kabus görme, uykusuzluk, ağırlık kaybı ve düşük kan basıncı en tipik kronik kurşun zehirlenmesi belirtileridir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme sularında kurşunun sınır değerini 0.05 mg Pb/L olarak belirlemiştir. Sert ve kireçli suların kurşun boru ile taşınmasında hiçbir sakınca yoktur. Asidik ve yumuşak sular için ise sakıncalıdır. Havada sınır değer olarak 0.2 mg/m<sup>3</sup> olarak kabul edilmiştir.

Normal olarak insan vücuduna alınan kurşunun % 1-10 arası absorbe edilir. Emilme miktarı kurşunun, organik bağlı çözünmeyen oksit gibi kimyasal yapışma bağlıdır. Çözünebilen yapılan çözünemeyenlere göre daha kolay absorbe olurlar. Bu olay çocuklarda daha fazladır. Bu oran % 50'lere kadar varır. Düşük kalsiyumlu diyet, kurşun emilimini artırmakta kurşun atılımını azaltmaktadır. Solunum yoluyla alınan kurşunun % 30-50'si vücutta tutulur. Solunumla alınan kurşunun partikülleri küçüldükçe vücutta tutunmaları artmaktadır. Demir eksikliği de, kurşun absorpsiyonunu artırmaktadır. Bu etki, demir eksikliği olan çocuklarda kurşun etkisinin ağırlaşmasının bir nedeni olabilir.

Yapılan çalışmalarda kurşun absorpsiyonunu kalsiyumun da etkilediği gösterilmiştir. Düşük kalsiyum bulunması, yüksek kalsiyuma göre kurşun absorpsiyonunu artırmaktadır. Bu bulgular, kurşun absorpsiyonunda +2 iyonlu atomların yarışmalı şekilde etkili olduğunu gösterir. Ayrıca düşük proteinli diyet de kurşun absorpsiyonunu artırmaktadır. Diyetle plazma bakır miktarının düşmesi eritrosit kurşun miktarının artmasına sebep olabilmektedir (WHO, 1973).

Kurşun zehirlenmelerinde de anemi, baş ağrısı ve uykusuzluk söz konusudur. Araştırmalarda günlük 55 ug düzeyinde alman kurşun, demir yeterli alındığında emilmemektedir. Ayrıca diyetin kalsiyum ve D vitamininden yeterli olmasının zehirlenme etkisini azalttığı belirtilmiştir.

Toprakta katyon değişim kapasitesi, yüksek kil içeriği ve kalsiyum karbonat bitkilerce Pb alımını etkiler. Yüksek pH' da Pb çözünürlüğü azalırken, düşük pH değerleri Pb'nun iyonik halde bulunmasına neden olur ve bitkilerce absorpsiyonunun daha hızlı olmasına sebep olabilir.

#### **2.2.4.4.9. Krom**

Krom dünya kabuğunda en çok bulunan altıncı elementtir. Krom daima diğer elementlerle birleşmiş halde çeşitli renklerde bulunur. Sadece göktaşı serbest halde krom içerir ve krom cevherlerinin çoğu demir ve oksijen içerir. Krom bileşiklerinin açığa çıktığı ve en çok kullanıldığı üç temel endüstri; kimya, meteoroloji ve refraktör (ısıya dayanıklı) endüstrileridir. Altı değerlikli krom bileşiklerinin kanserojenliği, ilk kez 19.yüzyılın sonlarında İskoç krom pigmenti işçilerinde gırtlak tümörlerinin görülmesiyle ortaya çıkmıştır. Kromat işçilerinde akciğer kanserlerinin oranındaki artışa 1930'larda ilgi artmış ve Almanya'da çalışan kromat işçilerinde görülen akciğer kanseri, 1936' da iş hastalığı olarak kabul edilmiştir

ABD'de kırsal alanlarda havadaki krom derişimleri  $0.01 \text{ ug/m}^3$  'den küçük iken, yerleşim birimlerinde ise bu değer ortalama  $0.01-0.03 \text{ ug/m}^3$  'tür. 1976-1980 yılları arasında yapılan bir çalışmada Los Angeles'ta havadaki krom miktarının yarısının yakıtların yanmasından, % 26-45 arasındaki miktarı ise metal endüstrisinin atıklarından oluştuğu rapor edilmiştir. US-EPA'nın tahminine göre, toplam atmosferik kromun % 64'ü fosil yakıtların yanması ve çelik üretiminden, % 32'si ise kimyasal üretim, krom kaplama soğutma kuleleri ve metal üretiminden kaynaklanmaktadır. Topraktaki krom düzeyinin değişimi, ana kayaların bileşimine bağlıdır. Topraktaki kromun esas kaynağı, krom içeren ticari ürünlerin toprakta birikmesindedir. Topraktaki kromun çoğu Cr (III) oksit ve krom karbonat gibi üç değerlikli çözünmez Cr (III) tuzlarından oluşmaktadır.

Altı değerlikli krom ürünleri mukos membram ve burun deliği tahrişine ve deri ile temasında deri tahrişine neden olur. Üç değerlikli krom, glikoz tolerans faktörün oluşumu ve insulin metabolizması için zorunlu olan eser bir metaldir.

Atmosferden gelen kromun taşınması öncelikle kuru çökme ve daha az etkili olarak ıslak çökelmeyle olur. Kromun havada kalış süresi, krom partiküllerinin boyutuna bağlı olarak 10 günden daha azdır. Krom bileşikleri sulu fazdan gaz fazına geçmez.

Kromun oksidasyon basamağı +2' den +6' aralığında değişmesine rağmen, önemli değerlikleri 0, +2, +3 ve +6' dır. Elementel krom (0) yeryüzünde doğal olarak bulunmaz. Çoğu krom bileşikleri, halojenleri, oksitleri ve sülfidleri olarak bulunurlar. İki değerlikli krom güçlü indirgendir ve havada ya da suda hızla parçalanarak daha az inert olan üç değerlikli kroma dönüşür. Altı değerlikli krom (kromat), en kararlı ikinci krom bileşimidir. Altı değerli bileşikler genellikle krom oksitleri ve oksihalojenleri şeklinde bulunur. Cr (IV) ve Cr (V) bileşikleri daha kararsızdır ve doğada hemen hemen hiç bulunmaz.

Topraktaki kromun durumu toprağın pH'sına ve redoks potansiyeline bağlıdır. örneğin organik maddeler, oksijen, mangan dioksit, nem miktarının düşük olduğu durumlarda krom(IV), krom(VI)' ya dönüşür. Toprakların çoğunda krom, Cr<sup>+3</sup> yükseltgenme basamağında bulunur. Krom(III)' ün çoğu toprakta çözünmez ve krom bileşikleri halinde bulunduğu için toprakta hareketi çok azdır. Çözünür Cr(VI) ve Cr(III) bileşikleri toprakta daha hareketlidir. Fakat organik maddeler Cr(VI)' yı suda çözünmeyen Cr(III) indirger. Bitkiler topraktaki kromu, bünyelerine kolaylıkla alamaz. Bitkiler topraktaki krom'u Cr<sup>+2</sup> formunda topraktan alırlar.

Altı değerlikli krom ürünleri çok duyarlı reaksiyonlarla deri tahrişine neden olurken IV değerlikli krom deri tahrişine neden olmaz. Altı değerlikli kroma derinin duyarlılığı krom(VI)'nin miktarına ve deri ile olan temas süresine bağlıdır. Krom (VI)'nin biyolojik sistemde zehir etkisi vardır ve klinik olarak mesleki zehirlenmelere neden olduğu bulunmuştur. Cr (VI) içeren materyallerin teneffüs edilmesi karaciğer ve gırtlak iltihaplarına, zatürre, bronşit, gırtlak rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Cr, VU bileşiklerinin deri ile temasında, deri alerjisi, dermatit (deri yanması), deri aşınması gibi rahatsızlıklar oluşmaktadır. Cr(VI) bileşikleri toprak-su sisteminde hareketlidir.

#### 2.2.4.4.10. Bakır

Çok çeşitli kullanım alanları olan Cu çevreye endüstri tozları, fungusitler, maden zenginleştirme ve atık sular ile bırakılmaktadır. Tarımsal amaçlar ile CuSO<sub>4</sub>

patates ve meyvelerde fungusit olarak kullanılmaktadır. Cu katkılı yemlerle beslenen hayvanlara dışkılarının toprağa verilmesi de Cu birikimine yol açar. Cu' ın yüksek konsantrasyonları mikroorganizmalar için toksiktir. Bu özelliğe dayanarak mikrobiyal kökenli hastalıklara kontrolünde 1882 yılından itibaren 'Bordo Bulamacı'  $\text{CuSO}_4$  fungusit olarak kullanılmaktadır.  $\text{CuSO}_4$  mikroorganizmaları etkilediğinden toprakta humus oluşumum kısıtlayarak organik bakımdan toprağın fakirleşmesine neden olur (Haktanır ve ark., 1995).

Kültür topraklarının Cu kapsamı genellikle 2-100 ppm arasında değişmektedir. Bakır toprakta  $\text{Cu}^{+2}$  formunda bulunup, kil minerallerince adsorbe olmuş veya organik maddece bağlanmış durumdadır. Topraklardaki ortalama değer ise 20 ug/g civarındadır.

Toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlanan Cu oldukça immobildir. Toprak üstü horizonlarındaki Cu kirliliği alt horizonlara oranla daha fazladır. Bu nedenle Cu içeriği alt horizonlarda daha azdır. Yapılan araştırmalarda bakır madeni endüstrisinin bulunduğu alanların civarındaki toprakların üst horizonlarındaki Cu içeriği 97-426 ug/g iken alt horizonlarda 3,7-28,3 ug/g olarak bulunmuştur. Ayrıca bu fabrikaların bulunduğu alanların civarındaki topraklarda uzaklığa bağlı olarak Cu içeriği rüzgarın estiği istikamette daha fazladır. Cu'un killi ve siltli topraklarda içeriği daha fazladır. Toprağın kil kapsamı yüksek olduğunda bakırda kil ile birlikte taşındığından böyle topraklarda fazla miktarda bulunabilir. Buna karşın kumlu topraklarda daha düşük Cu içeriği bulunmaktadır. Bununla birlikte pH 5-7'de absorpsiyonu artmaktadır. pH 7'deki Cu absorpsiyonu pH 5'den 2-6 misli daha yüksektir. Ayrıca Cu organik maddeye güçlü bir şekilde bağlanmakta ve Cu-organik kompleksler topraktaki Cu hareketini kısıtlamaktadır.

Bitki dokularında normal Cu konsantrasyonu 5-30 ug/g arasında değişmektedir. Bir kısım bitki türlerinde < 10 ug/g düzeyi toksik kabul edilirken, bazı türlerde 20 ug/g fazla Cu konsantrasyonu toksik etki yapmaktadır (Topbaş ve ark, 1994).

Toprakta Cu ve Zn aynı mekanizma ile absorbe edildiğinden birbirleriyle rekabete girmeleri sonucu topraktaki Cu fazlası Zn alınımını, Zn fazlası Cu alınımını etkiler. Ayrıca topraktaki yüksek fosfor düzeyi bitkideki Cu konsantrasyonunu azaltmaktadır.

Çoğu bitki türleri için besin ortamında bulunan fazla miktardaki Cu büyümeyi geriletmektedir. Bu tür olumsuz etki bakırın diğer metal iyonlarla ve özellikle fizyolojik olarak önemli bölgelerdeki Fe'in yerine geçme yeteneği ile ilgili görülmektedir. Dolayısıyla kloroz, Cu zehirlenmesinin yaygın olarak gözlenen belirtisi olup görünüş olarak Fe noksanlığını andırmaktadır.

#### **2.2.4.4.11. Mangan**

Mangan bütün canlılar için mutlak gerekli ve litosferde en yaygın halde bulunan iz elementlerden bir tanesidir. En yüksek miktarda magmatik kayalarda bulunurlar, kayalarda Mn bulunma sınırları genel olarak 350-2000 ppm (Kabata ve ark., 1992).

Manganın atom ağırlığı 54.938 olup, oksidasyon aşamalarında stabil tuz halinde bulunur. Metamorfik, tortul ve volkanik kayalardan kaynaklanan doğal orijinin yanı sıra mangan insan aktiviteleri sonucunda da toprak yüzeyine ulaşmaktadır. Mangan inorganik ve organik formlarda gübre olarak kullanılır. Yeryüzüne düşen yağışlar ile hektar başına yılda 80-800 g, mineral ve organik gübreler ile 10 kg Mn'in toprağa ulaştığı sanılmaktadır (Scheffer ve ark., 1989). Fosforlu gübrelerde 20-40 ppm Mn içermektedir (Kabata ve ark., 1992).

#### **2.2.4.4.12. Selenyum**

Selenyumun temel kullanım alanı, elektronik ve elektrik endüstrisidir. Ayrıca boya ve kozmetik sanayinde de kullanılmaktadır.



Yetişkin bir insan yaklaşık 0.29 mg/kg selenyum içermektedir. En yüksek selenyum konsantrasyonuna böbrek ve karaciğerlerde rastlanmıştır.

Toprakta aşırı miktarda selenyum bitkide büyüme yavaşlaması ve sararmaya yol açmaktadır. Özellikle selenyum düzeyi fazla olan bölgelerde yetişen bitkilerle beslenen hayvanlarda selenyum zehirlenmesine yaygın olarak rastlanmaktadır (Brohi R., 1998).

#### 2.2.4.5. Ağır metal içeren suların sınır değerleri ve bazı ağır metallerin insan sağlığına olan etkileri

Atık sular için maksimum izin verilebilir ağır metal limitleri 2.6.'de verilmiştir. Bazı ağır metallerin insan sağlığına olan etkileri Çizelge 2.7.' de özetlenmiştir.

Çizelge 2.6. TSE, WHO ve ABD Çevre koruma ajansına göre toksik maddelerin sınır değerleri, (mg/L)

Parametre	Türk standartları TSE 266	Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO)	ABD Çevre Koruma Ajansı
Cd	0.01	0.01	0.01
Cr (Toplam)	0.05	0.05	0.05
Mn	0.10	0.05	0.05
Ba	1.00	1.00	1.00
Li	—		—
Co	0.01	0.01	0.01
Zn	5.00	—	5.00
Ni	0.02	0.02	0.02
V	1.00	1.00	1.00
Se	—	0.01	0.01
B	0.30	0.30	0.30
Pb	0.05	0.05	0.05
Cu	3.00	—	—
As	0.05	0.05	0.05
Fe	0.30	0.10	0.30
pH	6.5-9.2	6.5-8.5	6.5-8.5

Çizelge 2.7. Bazı ağır iyonlarının insan sağlığına olan etkileri (Derrel, 1991), (Topbaş ve ark., 1998)

Li	Nörolojik yan etkiler, yorgunluk, kas güçsüzlüğü, konsantrasyon güçlüğü, entelektüel yetersizliklere neden olur.
Ba	Ba en çok kemiklerde, beyin ve böbreklerde yoğunlaşır. Bağırsakların iç zararını tahriş eder kalbin durmasına neden olur.
Pb	Diş eti mavileşmesi, kansızlık, kas kilitlenmesi, inme, akıl bozukluğu, beyin kanaması, sinir sistemi hastalıklarına neden olur
Cu	Karın ağrısı, kusma, kanama, bitkinlik, kansızlık, sarılık, soluma zorluğu, akyuvar çoğalmasına neden olur.
Se	Aşırı dozda solunum artar. Ölüm nefes kesilmesi ile olur. Kan zehirleri grubundadır.
Mn	Akut zehirlenmelerde sindirim, böbrek ve kalpte bozukluklar belirir. Akciğer ve beyinde depolanır.
B	Bor'un 8 gr'ı bulantı ve bel ağrısı yapar, 20 gr'ı düşük yapar.
Cd	Böbrek üstü bezi etkileri, kansızlık, indirgenmiş hemogloblin düzeylerini etkiler.
Fe	Özellikle sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda zaman zaman demir toksisitesine rastlanır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi hastalıklar ortaya çıkar.
As	Arsenik solunum sindirim ve deri yoluyla alınır. Saç, tırnak, karaciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Kanserojen etkiye sahiptir.
Co	Kobalt toksikliği çok nadir görülen bir olaydır. Kobalt düzeyinin 3 000 katı kobalt konsantrasyonlarında ortaya çıkar.
Zn	Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrıları, mide tahrişi, peptik ülserler ve çeşitli karaciğer etkileri çinkonun kötü etkileridir.
Cr	Deri lezyonları, ülser, kanser, sindirim yaraları, solunum yolları zedelenmesi gibi etkileri vardır.
Ni	Aşırı dozları kansere sebep olabilmektedir.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri**

Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Orta Fırat bölümünde yer alan Şanlıurfa ili, güneyde Suriye toprakları, batıda Gaziantep, kuzeybatıda Adıyaman, kuzeydoğuda Diyarbakır, doğuda Mardin illeriyle komşudur. Yüzölçümüyle illerimiz arasında, büyüklük bakımından 7. sıradadır. Şanlıurfa ilinin büyük bölümünü, hafif dalgalı yayla düzlükleri kaplar. Kuzeydoğusunda yükselen Karacadağ, sönmüş bir yanardağ kütlesi olup zirvesi 1.957 metre ile İl'in en yüksek noktasıdır. Karacadağ' dan güneye ve güneybatıya doğru il toprakları alçalır ve Suriye sınırları yakınında yükselti 450 m' nin altına düşer. Bu kesimde Harran Ovası gibi düzlüklere rastlanır. Şanlıurfa İlinin akarsuları, bütünüyle Fırat nehri havzasında toplanır.

Urfa ilinin ilçeleri; Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar, Halfeti, Harran, Hilvan, Siverek, Suruç ve Viranşehir'dir.

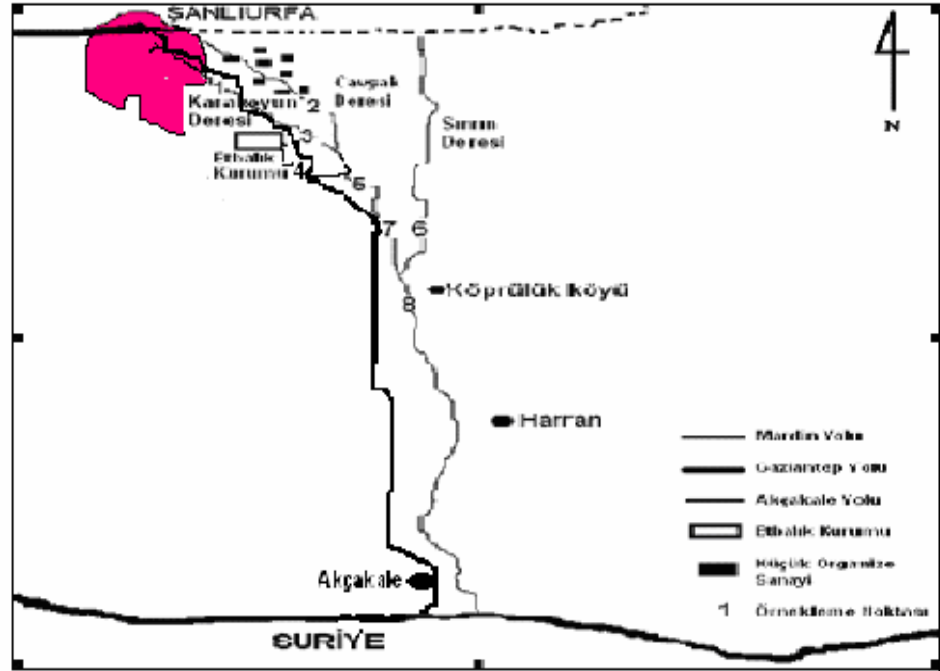
Şanlıurfa, coğrafi konumu nedeniyle üzerinde tarih boyunca bir çok devlet ve beyliğin hüküm sürdüğü, değişik kültürlerin geçiş ve kaynaşma alanı olmuştur. İlk ve Orta çağda eski uygarlık merkezlerinden olan Mezopotamya ve Arap ülkeleri ile Avrupa arasındaki bazı yollar, Şanlıurfa üzerinden geçmekteydi. Şanlıurfa, doğuyu batıya bağlayan birçok tarihi, ticari ve askeri yolların üzerinde yer almış olması nedeniyle, geçmişte ve günümüzde önemli bir il olmuştur.

Şanlıurfa, dünyanın ve Türkiye'nin en önemli bölgesel kalkınma projesi olan GAP'ın (Güneydoğu Anadolu Projesi) merkezi durumundadır.

Şanlıurfa, Güneydoğu Toroslar' ın orta kısmının güney etekleri üzerindedir. İlin kuzeyinde yer alan dağlar ve yüksek tepeler genellikle güneye doğru gittikçe alçalır. Büyük ovalar Şanlıurfa'nın güneyinde yer almaktadır. Sıra tepeler oldukça yaygın

olup bunların arasında batıdan doğuya doğru sıralanan Suruç, Harran ve Viranşehir ovaları bulunmaktadır.

Şanlıurfa ilinin artan nüfusu ve çarpık kentleşmesiyle birlikte önemli bir çevresel ve sağlık problemi oluşturan Karakoyun deresi ve yan kolları çalışma alanı olarak seçilmiştir. Karakoyun deresi, Şanlıurfa ilinin merkezinden geçerek ve ülkenin en verimli topraklarını oluşturan Harran ovasını yarararak Suriye sınırına ulaşan yaklaşık 70 km' lik bir uzunluğa sahiptir (Şekil 3.1.). İlin hızlı nüfus artışı ve özellikle Karakoyun deresinin iki kenarının çarpık yapılaşması sonucu yerleşim birimlerinden oluşan evsel atıksular ve yörede hızla yoğunlaşan sanayi kuruluşlarının atıksuları Karakoyun deresinin yan kolu olan Çavşak deresine boşalmaktadır (Şekil 3.1.). Böylece, Karakoyun deresi evsel ve endüstriyel atıksuların deşarj edildiği, dere özelliğini kaybetmiş bir atıksu uzaklaştırma ortamı şekline gelmiştir. Derenin geçtiği köylerde tarımsal drenaj suları da bu dereye bırakılmaktadır. Karakoyun deresi aynı zamanda sinek, pis görüntü ve kötü koku gibi fiziksel bir takım istenmeyen özelliklere sahiptir.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı (Karakoyun deresi ve yan kolları)

Karakoyun deresinin su karakteristiğini temsil eden 8 adet örnekleme noktası belirlenmiş (Şekil 3.1.) ve bu noktalardan alınan atık su örnekleri analiz edilerek derenin su kalitesi araştırılmıştır.

### 3.1.2. Çalışma alanının iklim özellikleri

Şanlıurfa kontinental (kara) iklim özelliği gösterir. Yazları çok kurak ve sıcak, kışları bol yağışlı, nispeten ılıman geçmektedir.

Şanlıurfa matematik konum itibarıyla Ekvatora daha yakındır. Deniz etkisinden uzak bir bölgede bulunmaktadır. Bu nedenle Kontinental iklim özelliği ağır basmaktadır. Bu özellik sıcaklık ve yağış bakımından kendisini göstermektedir. Atmosfer yeteri derecede nemli olmadığından ve karalar daha çabuk ısınıp daha çabuk soğuduğundan Şanlıurfa'da günlük ve yıllık sıcaklık farkları şiddetlidir. Bölgemizde kaydedilen en yüksek sıcaklık Şanlıurfa ilinde 46.8 °C (Temmuz ayı) olarak ölçülmüştür. Şanlıurfa'da en soğuk -12.4 °C (Şubat ayı) ölçülmüştür. Şanlıurfa'da yıllık ortalama yağış 462 mm olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık 18.6 °C, buharlaşma 2048 mm, rüzgâr hızı 2.8 m/sn'dir.

Karlı ve don olan günlerin sayısı oldukça azdır. Yılda ortalama 10 günü geçmez. Şanlıurfa'da hakim rüzgarlar kuzeybatı ve batı yönlerinden eserler.

Çizelge 3.1. Şanlıurfa ilinin meteorolojik verileri (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü)

ŞANLIURFA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975-2006)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.8	6.8	10.8	16.2	22.2	28.1	31.9	31.1	26.8	20.1	12.5	7.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.1	11.8	16.5	22.3	28.6	34.5	38.7	38.2	33.9	26.8	13.2	11.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	2.5	2.9	6.1	10.7	15.7	20.9	24.5	23.9	20.2	14.8	8.3	4.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.9	5.0	6.3	7.6	9.9	12.1	12.2	11.5	10.1	7.7	5.8	3.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.3	11.2	10.9	9.7	7.1	2.2	1.3	1.2	1.7	5.4	8.6	11.6
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975-2006)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.5	22.7	26.9	33.9	40.0	41.6	46.8	44.2	41.2	36.4	29.2	23.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.8	-9.3	-7.3	-0.7	7.4	12.3	16.2	16.9	12.4	3.8	-2.7	-6.4

### **3.2. Yöntem**

Karakoyun deresinin su karakteristiğini temsil eden ve Çizelge 3.1.' de gösterilen 8 adet örnekleme noktasından alınan atıksu örnekleri üzerinde arazide; Ek 1. 3. 4. 'de görüldüğü gibi sıcaklık, pH, ÇO sabitlemesi, bulanıklık ve laboratuarda; bulanıklık, KOİ, BOİ, ÇO ve bazı ağır metaller (Cu, Pb, Fe, Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Al, Cr, Cd ve Se) analiz edilmiştir.

Sıcaklık ve pH parametreleri arazi çalışması sırasında WTW MultiLine P4 pH metresi ile ölçülmüştür.

Su kalitesini belirleyen; KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Standart Methods 5220 C. Closed Reflux, Titrimetrik Metod; BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) Standart Methods - 5210 B. BOİ<sub>5</sub>; ÇO (Çözünmüş Oksijen) Standart Methods 4500-O C. Azide Modifikasyon yöntemleri kullanılarak laboratuvar koşullarında kaynağındaki metotlara göre analiz edilmiştir.

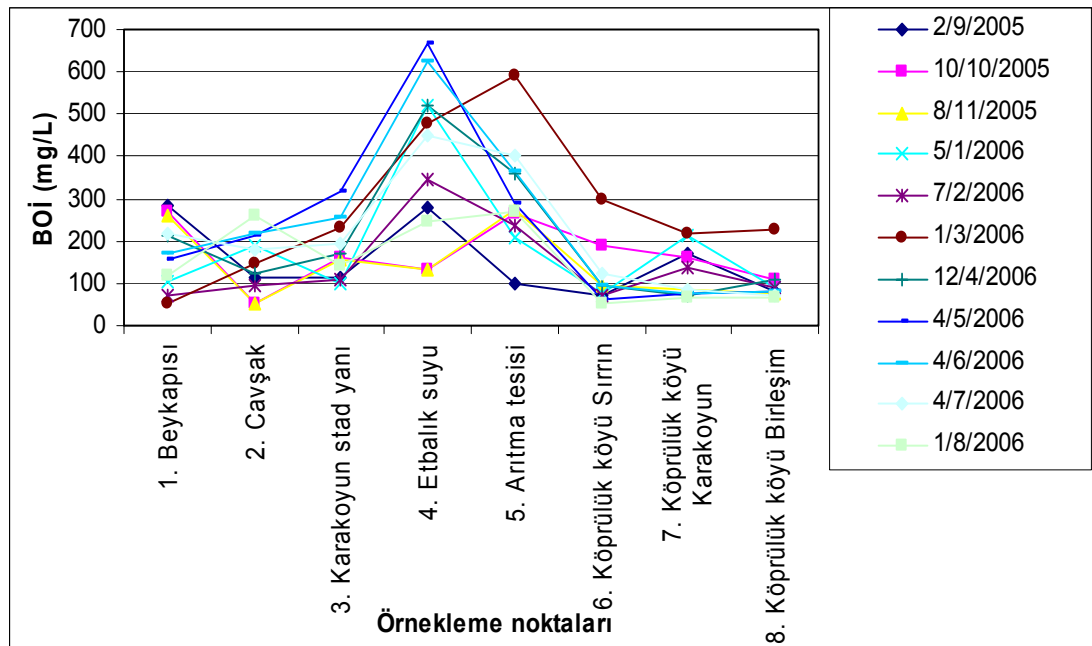
Bulanıklık laboratuvar ortamında Jenway Turbidimeter cihazıyla analiz yapılmıştır.

Ağır metal analizleri EPA 200\_8 Metodu kullanılarak Ek 8'de görünen ICP-MS Cihazıyla Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı Laboratuvarlarında yapılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Karakoyun deresi ve yan kollarında belirlenen sekiz örnekleme noktasından (Şekil 3.1.) alınan örneklerde BOİ<sub>5</sub> analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) analiz sonuçları

BOİ<sub>5</sub>'in analiz edildiği bütün örnekleme noktalarında BOİ<sub>5</sub> değerleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen evsel nitelikli atık sular için belirtilmiş BOİ<sub>5</sub> deşarj standardına (35 mg/L) göre çok yüksektir.

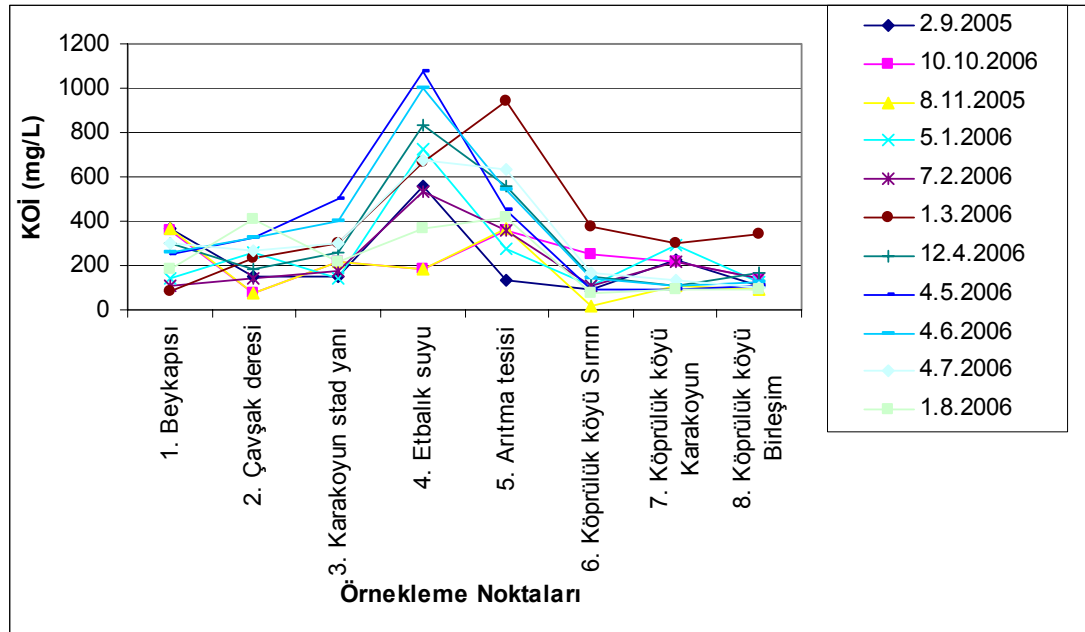
4 nolu örnekleme noktasındaki (Etbalık suyu) BOİ<sub>5</sub> değerinin yönetmelikte belirtilmiş Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri Deşarj Standartlarında bulunan KOİ değerinden (160 mg/L) dahi çok yüksek olduğu bunun nedeninin mezbahada kesilen hayvanlardan kaynaklanan atıksulardan, küçük organize sanayi deşarj noktası olan 2 nolu örnekleme noktasının (Cavşak deresi) BOİ<sub>5</sub> değerinin de yönetmelikte

belirtilmiş Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri Deşarj Standartlarında bulunan KOİ değerine (300mg/L) zaman zaman yaklaştığı görülmektedir. Bu nedenle her iki deşarj noktasında da BOİ<sub>5</sub>'in deşarj standartlarının üstünde olduğu anlaşılmaktadır.

Ayrıca Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği uyarınca BOİ<sub>5</sub> 20mg/L'den yüksek olan yüzeysel sular çok kirlenmiş su (Sınıf IV) olarak tanımlanmaktadır (Tablo 2.1.). Bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kolları BOİ<sub>5</sub> bakımından çok kirlenmiş su sınıfına girmektedir.

#### 4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Karakoyun deresi ve yan kolları üzerinde belirlenen sekiz örnekleme noktasından alınan örneklerde KOİ analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analiz sonuçları

KOİ' in analiz edildiği bütün örnekleme noktalarında KOİ değerleri çoğunlukla Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen evsel nitelikli atık sular için belirtilmiş KOİ deşarj standardına (90 mg/L) göre çok yüksektir. Yalnızca bazı



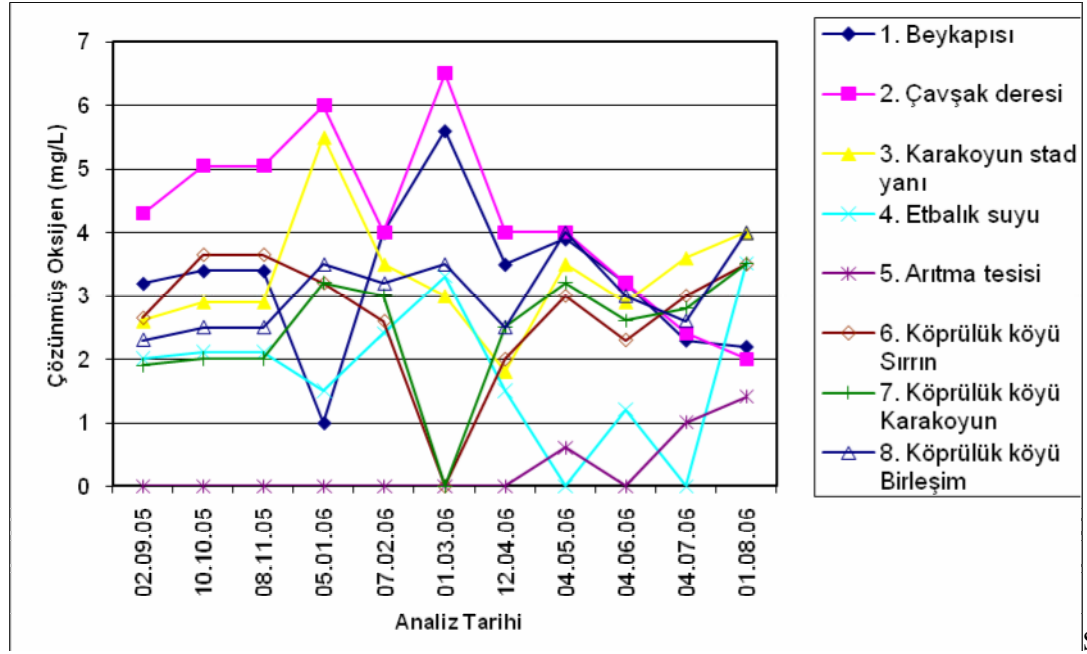
örnekleme noktalarındaki bazı ölçümlerde KOİ 90 mg/L' nin altında kaldığı görülmektedir.

4 nolu örnekleme noktasındaki (Etbalık suyu) KOİ değerinin, yıl içerisinde yapılan bütün analizlerde, yönetmelikte belirtilmiş Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri Deşarj Standartlarında bulunan KOİ değerinden (160 mg/L) çok yüksek olduğu Şekil 4.2.'de görülmektedir. Küçük organize sanayi deşarj noktası olan 2 nolu örnekleme noktasının (Cavşak deresi) KOİ değerinin de yönetmelikte belirtilmiş Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri Deşarj Standartlarında bulunan KOİ değerini (300mg/L) zaman zaman aştığı görülmektedir.

Ayrıca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği uyarınca KOİ 70mg/L'den yüksek olan yüzeysel sular çok kirlenmiş su (Sınıf IV) olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.). Bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kolları KOİ bakımından çok kirlenmiş su sınıfına girdiği anlaşılmaktadır.

### 4.3. Çözünmüş Oksijen (ÇO)

Karakoyun deresi ve yan kolları üzerinde belirlenen sekiz örnekleme noktasından alınan örneklerde ÇO analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 4.3.'de verilmiştir.



ekil 4.3. Çözünmüş oksijen (ÇO) analiz sonuçları

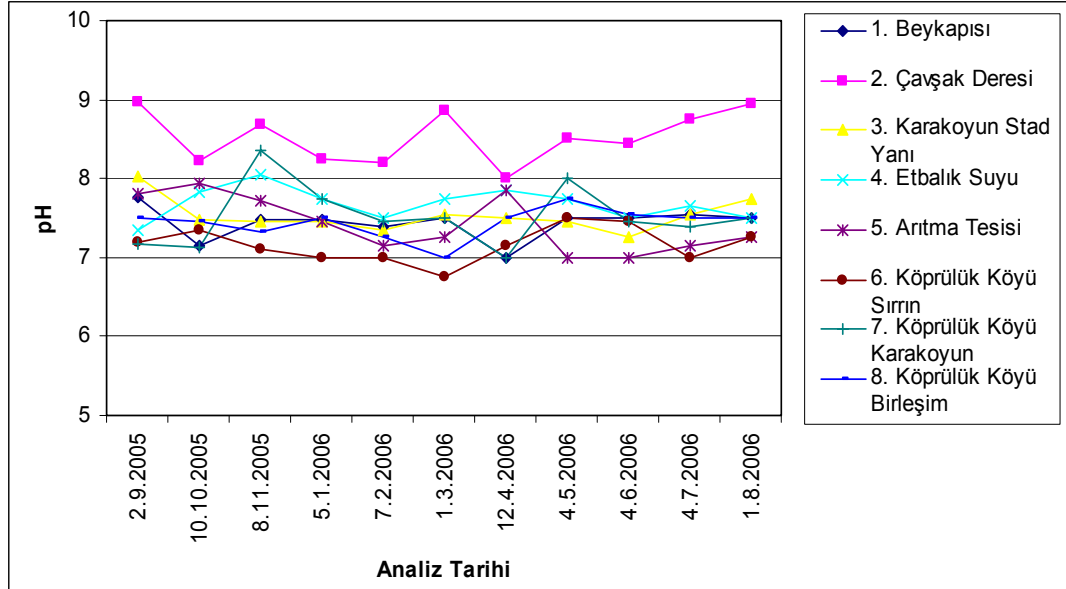
Su kirliliği kontrolü yönetmeliğince ÇO değeri 6 mg/L' den düşük olan sular kirlenmiş su (Sınıf III) ve ÇO değeri 3 mg/L' den düşük olan sular çok kirlenmiş su (Sınıf IV) olarak tanımlanmaktadır (Tablo 2.1.).

Örnekleme noktalarının ÇO değerlerinin genel itibariyle 6 mg/L'den düşük olduğu, 5 nolu örnekleme noktasının (Arıtma tesisi) ÇO değerinin yılın büyük bir kısmında sıfır olduğu ve zaman zaman bazı örnekleme noktalarında da ÇO değerini sıfır olduğu Şekil 4.3.'de görülmektedir. Bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kollarının ÇO bakımından yoksun ve kirlenmiş bir su olduğu anlaşılmaktadır.

5 nolu örnekleme noktasında ÇO değerinin yılın büyük bir kısmında sıfır olmasının sebebi; dere yatağının üst kısımlarında bulunan ÇO' nin biyolojik faaliyetler sonucu bakteriler tarafından kullanılarak bu noktaya gelinceye kadar tüketiliyor olabileceği olabilir.

#### 4.4. pH

Karakoyun deresi ve yan kolları üzerinde belirlenen sekiz örnekleme noktasından alınan örneklerde pH analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 4.4.'de verilmiştir.



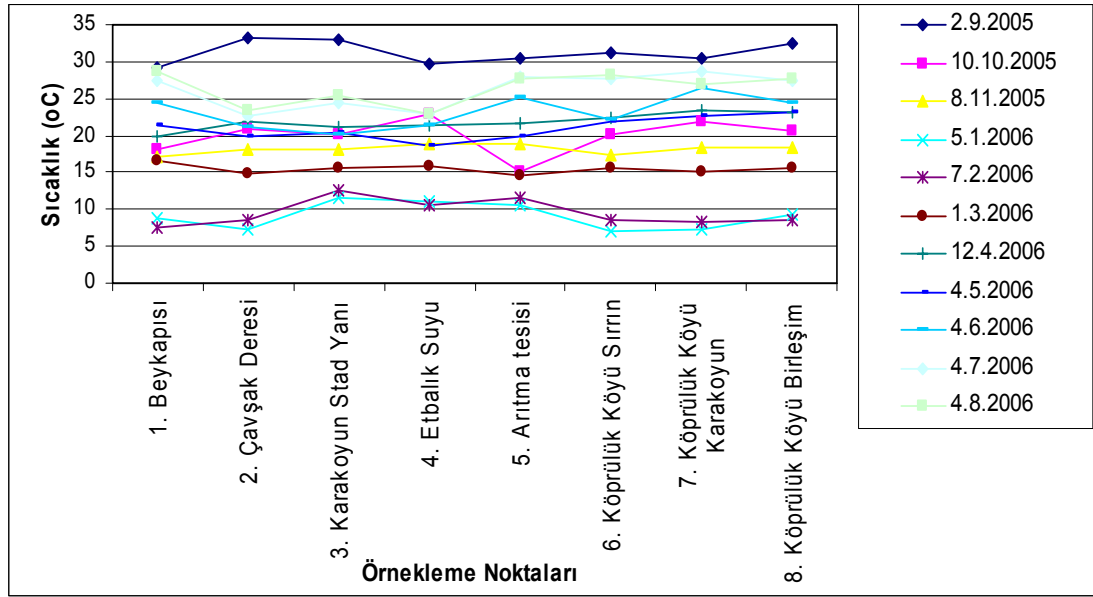
Şekil 4.4. pH analiz sonuçları

Ölçülen bütün pH değerlerinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen Evsel Nitelikli Atık Sular Deşarj Standartlarında belirtilen bulunan pH değerlerini (6-9), Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri Deşarj Standartlarında bulunan pH değerlerini (6-9) ve Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri Deşarj Standartlarında bulunan pH değerlerini(6-9) sağladığı görülmektedir.

Küçük organize sanayi deşarj noktası olan 2 nolu örnekleme noktasında (Çavşak deresi) pH değerlerinin diğer noktalara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni bu noktada deşarj edilen atık suyun endüstriyel özellikli olmasıyla açıklanabilir.

#### 4.5. Sıcaklık

Örnekleme noktalarından alınan numunelerin yerinde ölçülen sıcaklıkları Şekil 4.5.'de verilmiştir.



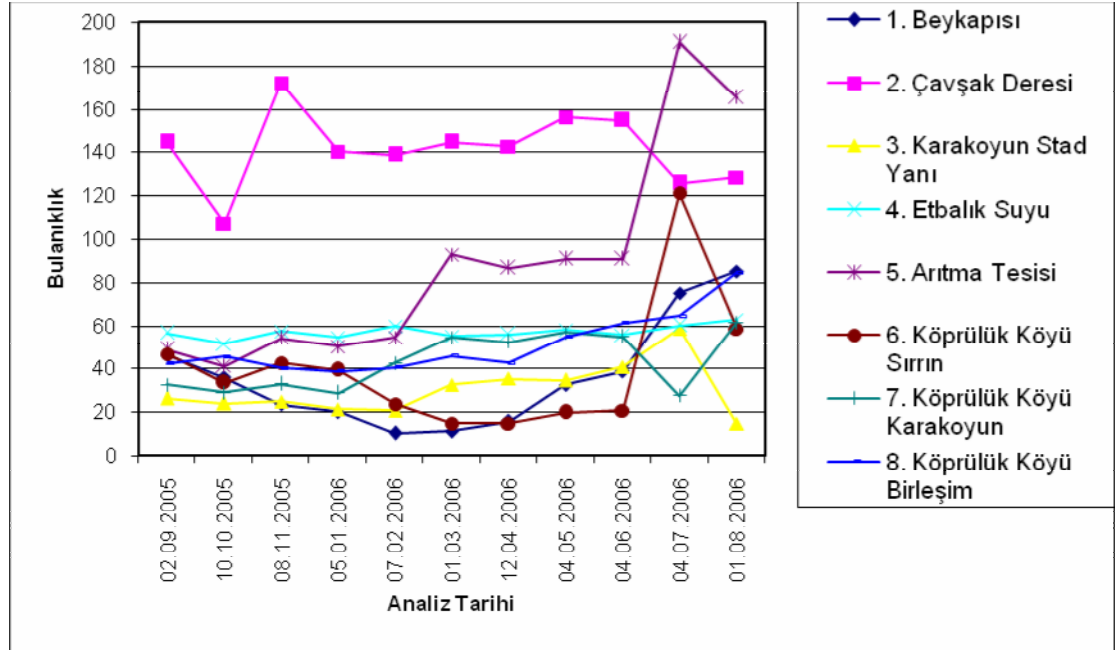
Şekil 4.5. Sıcaklık analiz sonuçları

Örneklem noktalarında ölçülen bütün sıcaklıkların mevsimsel olarak değiştiği ve örneklem noktalarında ölçülen sıcaklıklar arasında aşırı bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Ancak su sıcaklığının yaz aylarında 30°C'yi geçtiği görülmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğince 30°C'nin üzerinde bulunan yüzeysel sular çok kirlenmiş su (Sınıf IV) olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.). Bu nedenle su sıcaklığı bakımından da Karakoyun deresi ve yan kollarının çok kirlenmiş su sınıfına girdiği anlaşılmaktadır.

#### 4.6. Bulanıklık

Karakoyun deresi ve yan kolları üzerinde belirlenen sekiz örneklem noktasından alınan örneklerde bulanıklık analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 4.6.' da verilmiştir.



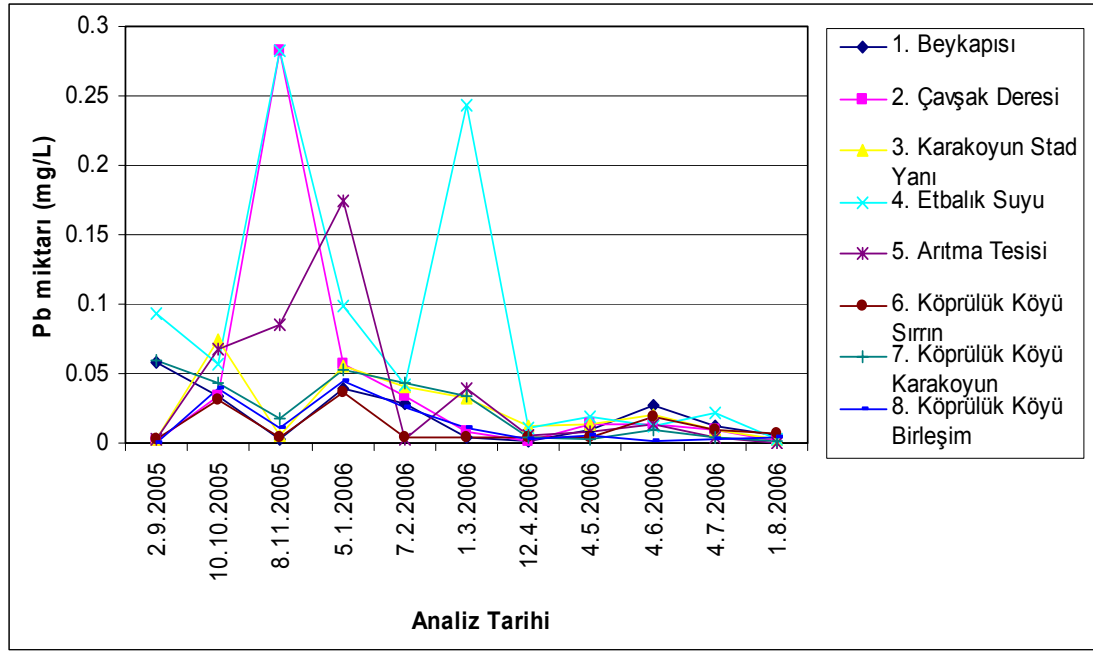
Şekil 4.6. Bulanıklık analiz sonuçları

2 nolu örnekleme noktasında (Çavşak deresi) bulanıklığın diğer noktalar göre daha fazla olduğu Şekil 4.6.'da gözükmemektedir. Bunun sebebi bu noktaya küçük organize sanayinin atık sularının dökülüyor olmasıdır. Çavşak deresinin sularının 1, 3 ve 4 nolu örnekleme noktalarından gelen sularla birleştikten sonra numune alınan 5 nolu örnekleme noktasında da (Arıtma tesisi) bulanıklığın fazla olduğu görülmektedir. Bu noktada da bulanıklığın yüksek olmasına yine küçük organize sanayinin bulanıklığı fazla olan suları olduğu kanaatine varılmıştır

#### 4.7. Ağır Metal Analizleri

##### 4.7.1. Kurşun (Pb)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Pb analizlerinin sonuçları Şekil 4.7.'de verilmiştir.



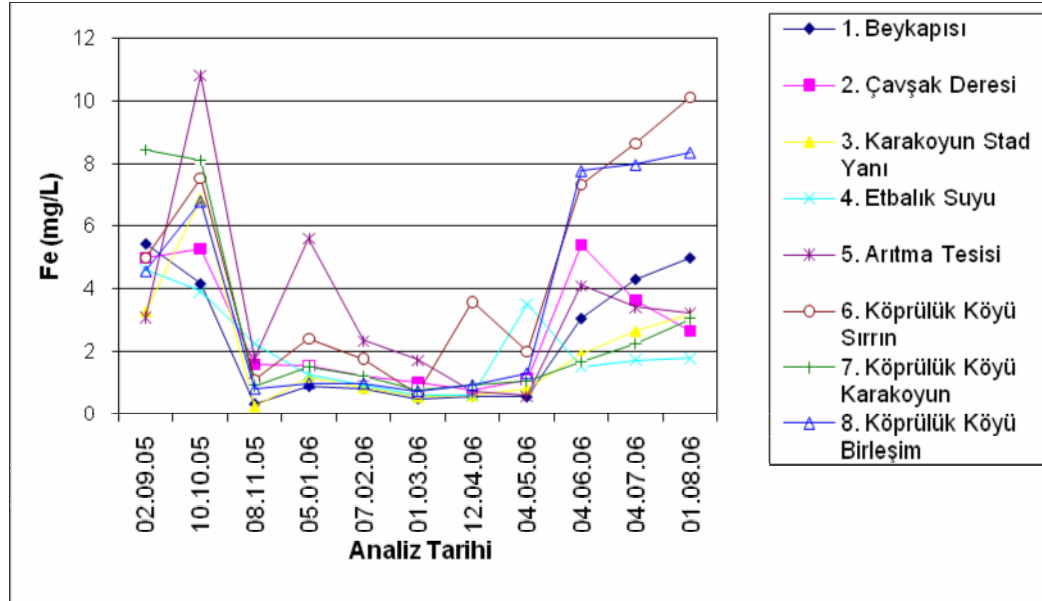
Şekil 4.7. Pb Analiz sonuçları

Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Pb miktarının 0.01 mg/L'den düşük, II. Sınıf sular için 0.02 mg/L'den düşük, III. Sınıf Sular için 0.05 mg/L'den düşük olması istenmektedir. 0.05 mg/L'den fazla Pb içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarında ki Pb miktarının yaz aylarında azalma göstermesine rağmen yıl geneline bakıldığında su kalitesi açısından Pb içeriğinin oldukça fazla olduğu ve III. hatta IV. Sınıf su kalitesine uygun olduğu analiz sonuçlarından anlaşılmaktadır. Özellikle yağışlı kış aylarında 2 (Cavşak deresi) ve 4 (Etbalık suyu) nolu örnekleme noktalarında Pb miktarının çok fazla arttığı Şekil 4.7.'de görülmektedir. 2 nolu örnekleme noktasında aşırı Pb artışının, atık sularını bu noktaya deşarj eden küçük organize sanayiden gelen yağmur yıkanma sularından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.7.2. Demir (Fe)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Fe analizlerinin sonuçları Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil

4.8. Fe analiz sonuçları

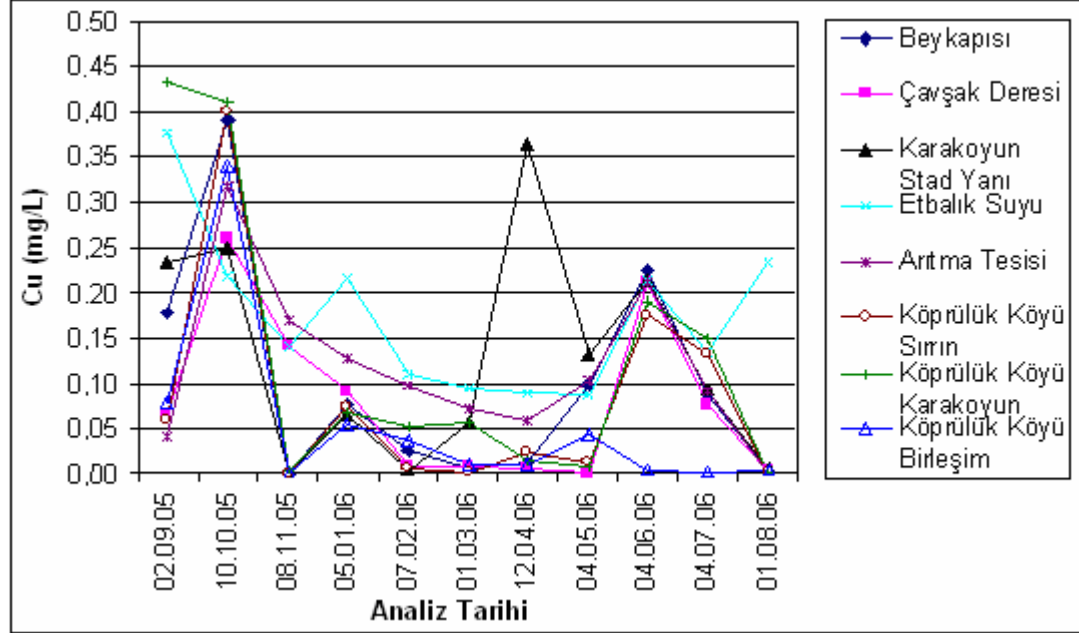
Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Fe miktarının 0.3 mg/L' den düşük, II. Sınıf sular için 1 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 5 mg/L' den düşük olması istenmektedir. 5 mg/L' den fazla Fe içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarında ki Fe miktarının yaz aylarında arttığı özellikle yaz aylarında sulama sularının da karıştığı derenin aşağı kesimlerinde Fe miktarının çok fazla artış gösterdiği Şekil 4.8.'de görülmektedir. Fe miktarında ki bu artışın sebebi demir bakımından zengin olan civar tarım arazilerinden dereye karışan sulama sularının çok fazla Fe içermesidir.

Mevsimsel olarak Fe miktarı kış aylarında azalmasına rağmen Karakoyun deresi ve yan kollarının Fe içeriğinin oldukça fazla olduğu ve Fe içeriği açısından IV. Sınıf su olduğu analiz sonuçlarından anlaşılmaktadır.

#### 4.7.3. Bakır (Cu)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Cu analizlerinin sonuçları Şekil 4.9.'de verilmiştir.



Şekil 4.9. Cu analiz sonuçları

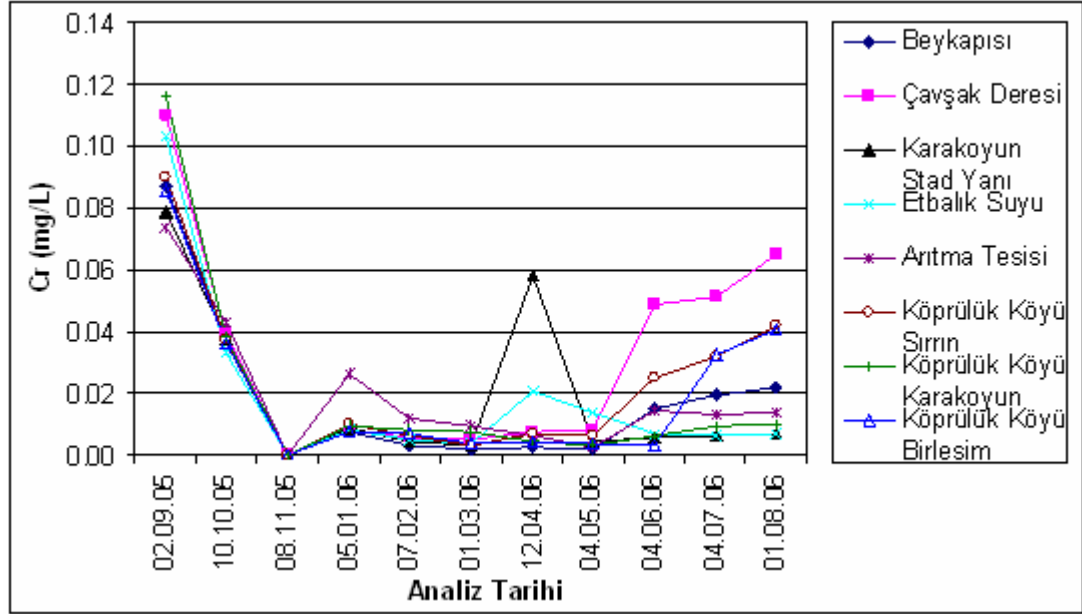
Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Cu miktarının 0.02 mg/L' den düşük, II. Sınıf sular için 0.05 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 0.2 mg/L' den düşük olması istenmektedir. 0.2 mg/L' den fazla Cu içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarında ki Cu miktarlarının mevsimsel olarak değişkenlik göstermesine rağmen genel itibariyle yaz ve sonbahar aylarında çok yüksek olduğu ve Cu miktarı bakımından IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) su kalitesine uygun olduğu Şekil 4.9.'dan anlaşılmaktadır. Özellikle 4 nolu örnekleme noktasında (Etbalık suyu) Cu miktarının yıl boyu çok yüksek olduğu görülmektedir. Buradan Et Balık Kurumunun atık sularının karakteristik özellik olarak çok fazla Cu içerdiği anlaşılmaktadır.

#### 4.7.4. Krom (Cr)



Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Cr (toplam) analizlerinin sonuçları Şekil 4.10.'de verilmiştir.



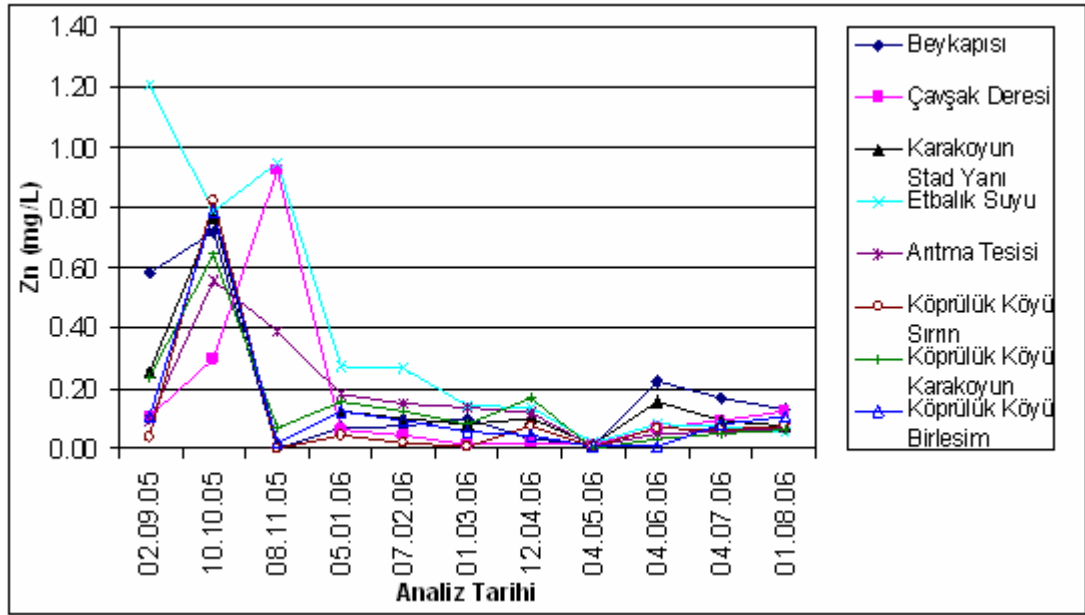
Şekil 4.10. Cr Analiz Sonuçları

Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Cr (toplam) miktarının 0.02 mg/L' den düşük, II. Sınıf sular için 0.05 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 0.2 mg/L' den düşük olması istenmektedir. 0.2 mg/L' den fazla Cr içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarında ki Cr miktarlarının mevsimsel olarak değişkenlik göstermesine rağmen genel itibariyle yaz ve sonbahar aylarında diğer zamanlara göre daha yüksek olduğu ve Cr miktarı bakımından III. Sınıf (kirlenmiş su) su kalitesine uygun olduğu Şekil 4.10.'dan anlaşılmaktadır. Yaz ve sonbahar aylarında Cr miktarının daha yüksek olmasının sebebinin, tarımsal sulamadan gelen yıkanma sularından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

#### 4.7.5. Çinko (Zn)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Zn analizlerinin sonuçları Şekil 4.11.'de verilmiştir.



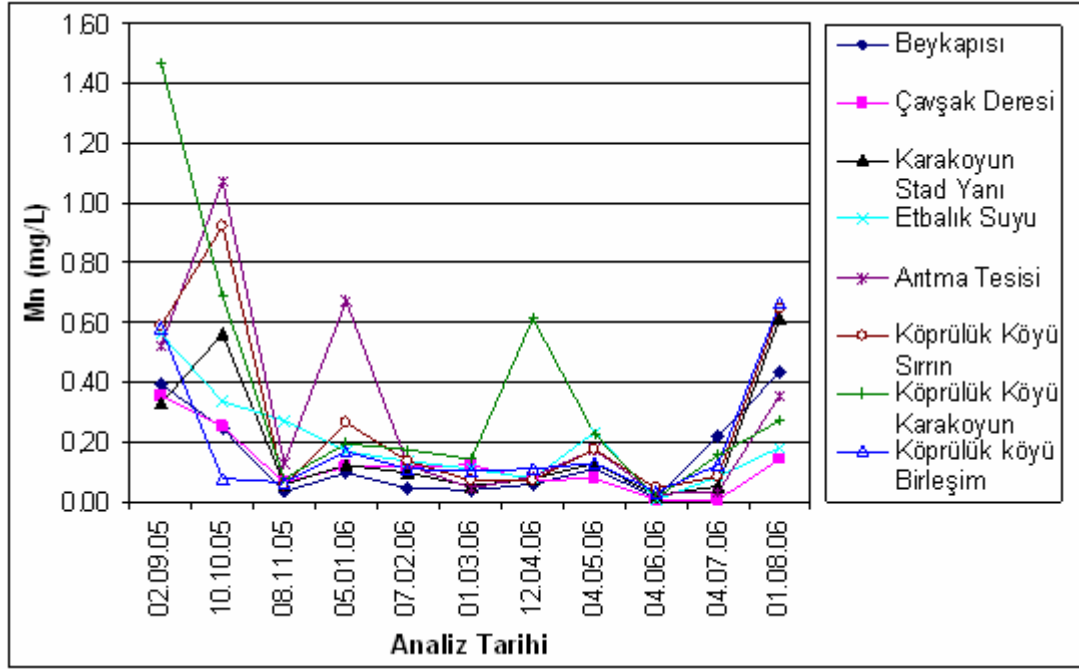
Şekil 4.11. Zn analiz sonuçları

Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Zn miktarının 0.2 mg/L' den düşük, II. Sınıf sular için 0.5 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 2 mg/L' den düşük olması istenmektedir. 2 mg/L' den fazla Zn içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarındaki Zn miktarı yıl içerisinde 0.2 mg/L değerinin altında olmasına rağmen. Özellikle sonbahar aylarında çinko kirliliğinin arttığı ve Zn miktarının II. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.5 mg/L' yi aştığı ve III. Sınıf su kalitesinde olduğu Şekil 4.11.'de görülmektedir. Bunun nedeni, sonbaharın 10. ayında yağın asitli yağmur yağışının çinko üzerine yapmış olduğu aşındırıcı etki sonucu olduğu düşünülmektedir.

#### 4.7.6. Mangan (Mn)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Mn analizlerinin sonuçları Şekil 4.12.'de verilmiştir.



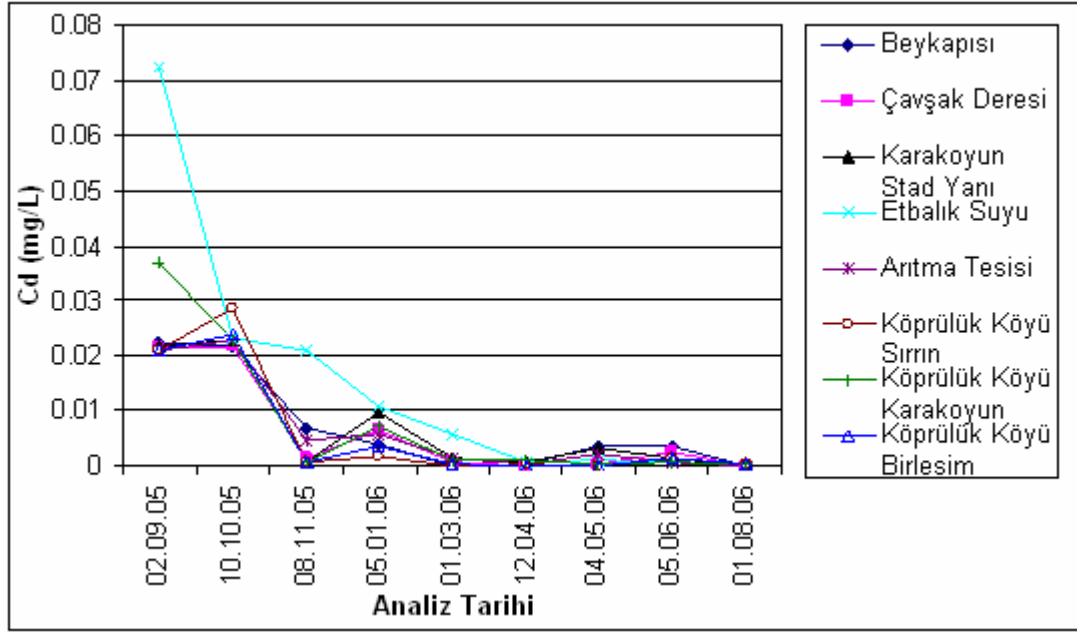
Şekil 4.12. Mn Analiz Sonuçları

Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Mn miktarının 0.1 mg/L' den düşük, II. Sınıf sular için 0.5 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 3 mg/L' den düşük olması istenmektedir. 3 mg/L' den fazla Mn içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1).

Örnekleme noktalarındaki Mn miktarı yıl içerisinde genellikle 0.1 mg/L değerinin üstündedir. Özellikle sonbahar aylarında mangan kirliliğinin daha fazla arttığı ve Mn miktarının II. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.5 mg/L' yi aştığı ve III. Sınıf su kalitesinde olduğu Şekil 4.12.'de görülmektedir.

#### 4.7.7. Kadmiyum (Cd)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Cd analizlerinin sonuçları Şekil 4.13.'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Cd analiz sonuçları

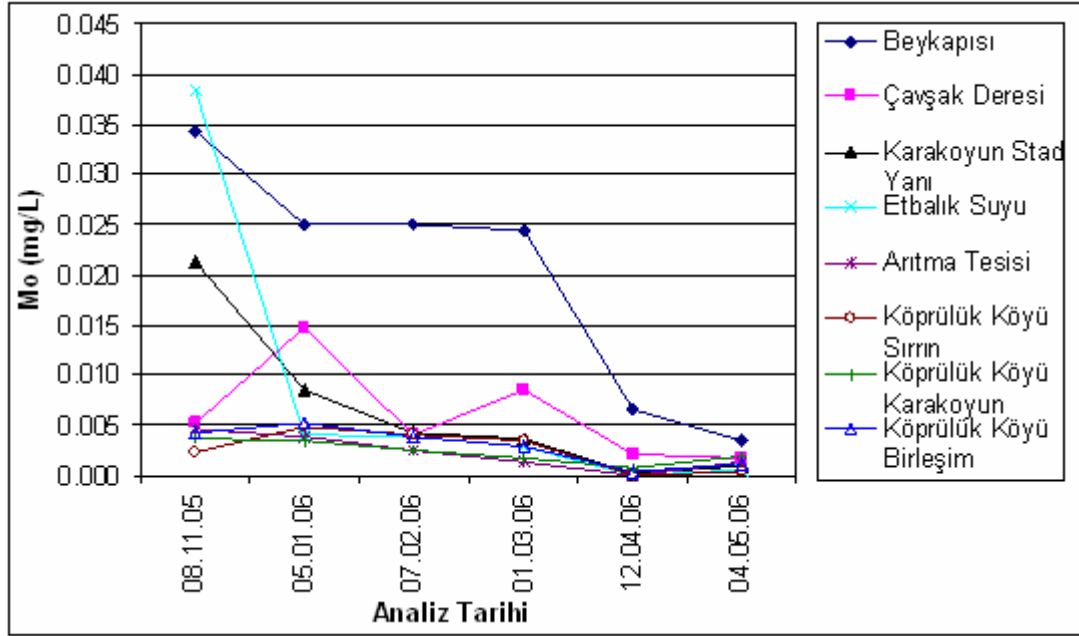
Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Cd miktarının 0.003 mg/L' den düşük, II. Sınıf sular için 0.005 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 0.01 mg/L' den düşük olması istenmektedir. 0.01 mg/L' den fazla Cd içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarındaki Cd miktarı yıl içerisinde genellikle 0.01 mg/L değerinin altındadır. Ancak sonbahar aylarında kadmiyum kirliliğinin daha fazla arttığı ve Cd miktarının III. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.01 mg/L'yi aştığı ve IV. Sınıf su kalitesinde olduğu Şekil 4.13.'de görülmektedir. Kadmiyumdaki bu artışın nedeni, Cd' nin doğada Zn ile birlikte bulunması, sonbahar ayındaki Zn artışı Cd artışını etkilediği kanaatine varılmıştır.

#### 4.7.8. Molibden (Mo)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Mo analizlerinin sonuçları Şekil 4.14.'de verilmiştir.

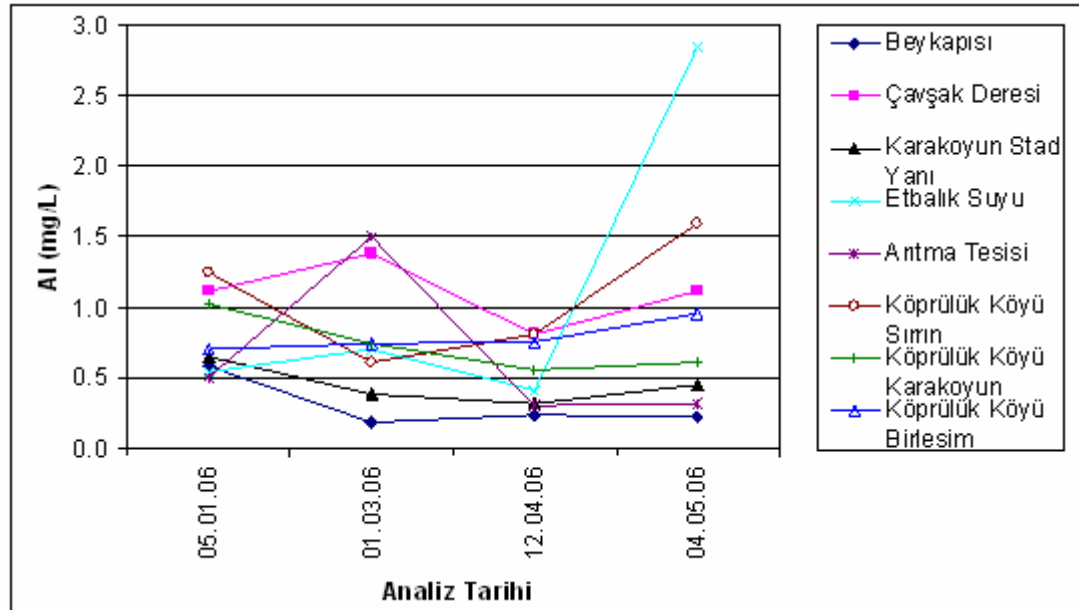
Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğinde belirtilen su kalitesi standartlarında Molibden ile ilgili bir standart yoktur. Beykapısı örnekleme noktası ve Cavşak deresi örnekleme noktalarında Mo miktarının diğer örnekleme noktalarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Mo analiz sonuçları

#### 4.7.9. Alüminyum (Al)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Al analizlerinin sonuçları Şekil 4.15.'de verilmiştir.



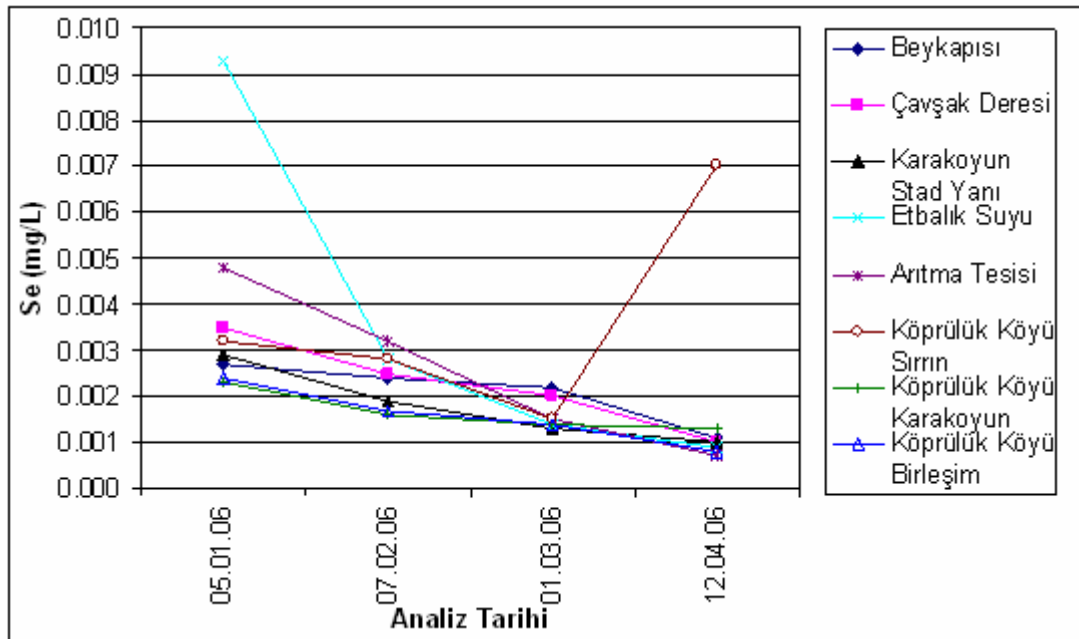
Şekil 4.15. Al analiz sonuçları

Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. ve II Sınıf sular için Al miktarının 0.3 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 1 mg/L' den düşük olması istenmektedir. 1 mg/L' den fazla Al içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarındaki Al miktarı yıl içerisinde 1 nolu örnekleme noktası (Beykapısı) haricinde I. ve II. Sınıf su kalitesi değeri olan 0.3 mg/L değerinin çok üzerindedir. Özellikle küçük sanayi sitesinin atık sularının deşarj yeri olan 2 nolu örnekleme noktasında (Cavşak deresi) Al konsantrasyonunun yıl sürekli yüksek olduğu ve III. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 1 mg/L değerini aştığı anlaşılmıştır. Diğer örnekleme noktalarında da yıl içerisinde 1 mg/L sınır değerinin aşıldığı bu nedenle su kalitesinin Al içeriği bakımından IV. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır.

#### 4.7.10. Selenyum (Se)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Se analizlerinin sonuçları Şekil 4.16.'de verilmiştir.



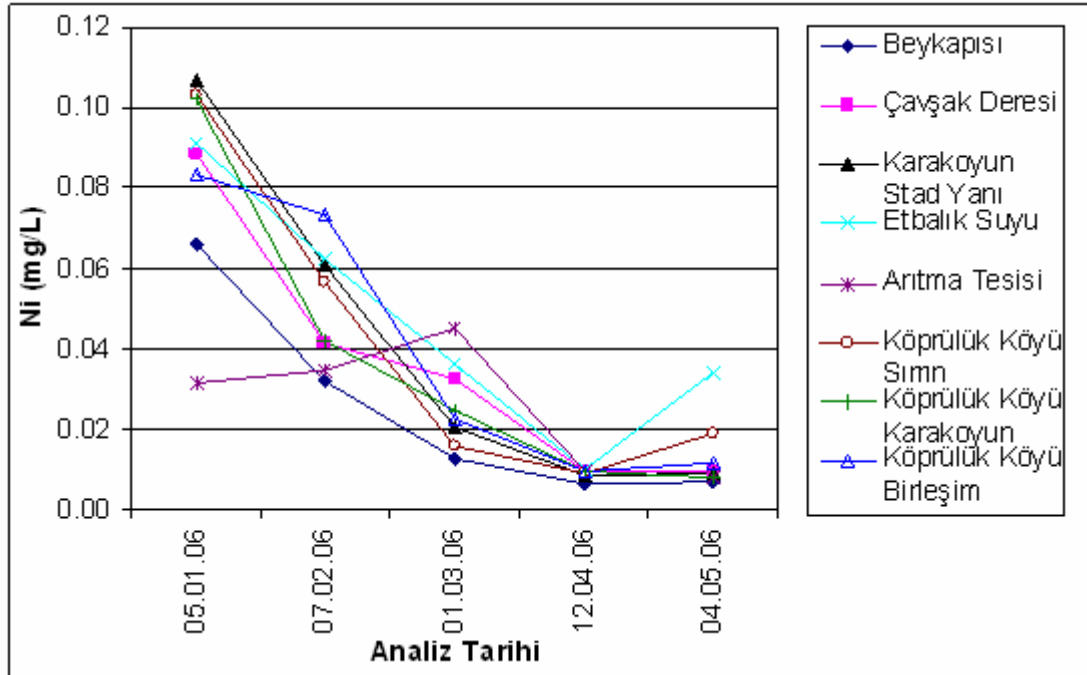
Şekil 4.16. Se analiz sonuçları

Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. ve II Sınıf sular için Se miktarının 0.01 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 0.02 mg/L'den düşük olması istenmektedir. 0.02 mg/L' den fazla Se içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarındaki Se miktarının genellikle 0.01 mg/L'den yüksek olduğu, kış aylarında Se açısından IV. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.02 mg/L değerinin de aşıldığı ve Se içeriği açısından Karakoyun deresi ve yan kollarının IV. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır. Kış ayındaki Selenyumdaki artışın, yağmur yıkama suyundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.7.11. Nikel (Ni)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Ni analizlerinin sonuçları Şekil 4.17.'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Ni analiz sonuçları

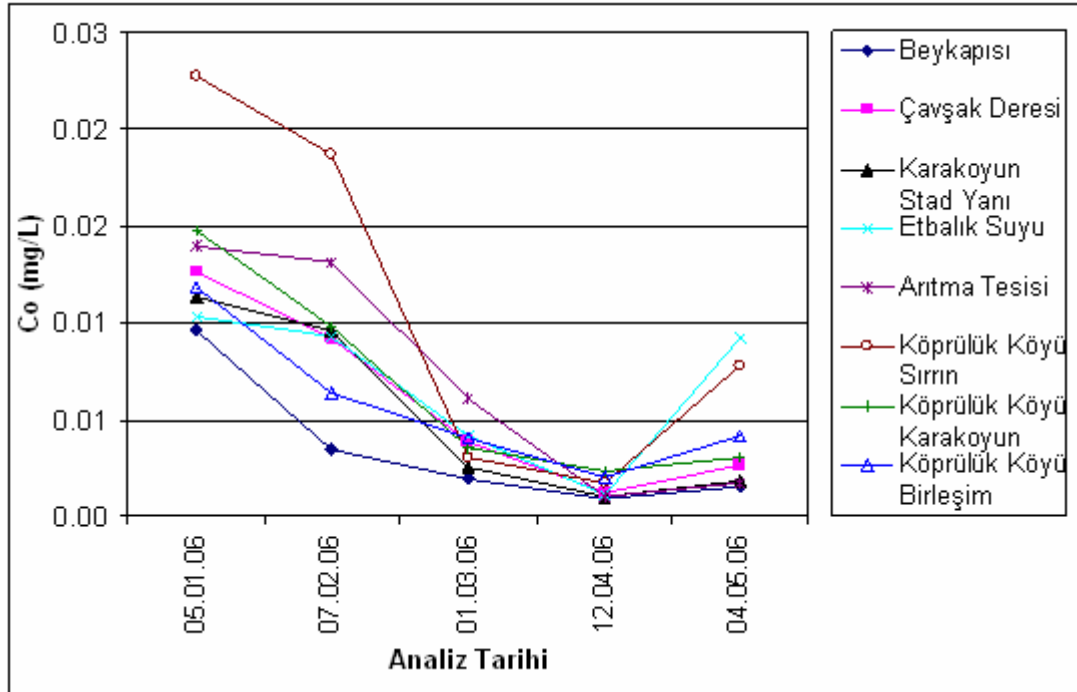
Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Ni miktarının 0.02 mg/L' den düşük, II. Sınıf sular için 0.05 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 0.2

mg/L' den düşük olması istenmektedir. 0.2 mg/L' den fazla Ni içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).

Örnekleme noktalarındaki Ni miktarının genellikle 0.1 mg/L' nin altında kaldığı bu nedenle de Karakoyun deresi ve yan kollarının Ni içeriği açısından III. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır. Nikelin özellikle kış ayında bu kadar yüksek değerde olması , yağmur yıkama suyundan ve genelde doğada nikelin demirle bileşik halinde bulunması nedeniyle demirdeki artışın nikel artışını da etkilediği düşünülmektedir

#### 4.7.12. Kobalt (Co)

Sekiz adet örnekleme noktasından alınan örneklerde yapılan Co analizlerinin sonuçları Şekil 4.18.'de verilmiştir.



Şekil 4.18. Co analiz sonuçları

Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf sular için Co miktarının 0.01 mg/L' den düşük, II. Sınıf sular için 0.02 mg/L' den düşük, III. Sınıf Sular için 0.2 mg/L' den düşük olması istenmektedir. 0.2 mg/L' den fazla Co içeren sular ise IV. Sınıf su olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2.1.).



Örnekleme noktalarındaki Co miktarının genellikle Co açısından II. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.02 mg/L' nin altında olduğu ancak Karakoyun deresinin yan kollarından biri olan Sırrın deresinde (6 nolu örnekleme noktası) bu değerin aşıldığı belirlenmiştir. Karakoyun deresi ile Sırrın deresinin birleşmesinden sonra numune alınan örnekleme noktasında (8 nolu örnekleme noktası) ise II. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.02 mg/L değerinin aşılmadığı belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Karakoyun deresi evsel ve endüstriyel atık suların deşarj edildiği, dere özelliğini kaybetmiş ve bir atık su uzaklaştırma ortamı şekline gelmiştir. Derenin geçtiği köylerde tarımsal drenaj suları' da bu dereye bırakılmaktadır. Karakoyun deresi aynı zamanda sinek, pis görünü ve kötü koku gibi fiziksel bir takım istenmeyen özelliklere sahiptir. Karakoyun deresinin kirlilik düzeyinin belirlenmesinin derenin ıslahı ve alınacak önlemler açısından önemli olduğu aşıkardır. Bu nedenle Karakoyun deresinin su karakteristiğini temsil eden 8 adet örnekleme noktası belirlenmiş (Şekil 3.1.) ve bu noktalardan alınan atık su örnekleri analiz edilerek derenin su kalitesi araştırılmıştır.

Karakoyun deresinin su karakteristiğini temsil eden 8 adet örnekleme noktasından alınan atık su örnekleri üzerinde arazide ve laboratuarda; sıcaklık, pH, bulanıklık, KOİ, BOİ, ÇO ve bazı ağır metaller (Cu, Pb, Fe, Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Al, Cr, Cd ve Se) analiz edilmiştir.

Karakoyun deresine yapılan atık su deşarjlarının BOİ<sub>5</sub> değerlerinin deşarj standartlarının üstünde olduğu anlaşılmıştır. Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği uyarınca BOİ<sub>5</sub> 20 mg/L'den yüksek olan yüzeysel sular çok kirlenmiş su (Sınıf IV) olarak tanımlanmaktadır. Bunun nedeni, Karakoyun deresinin atıksuyun evsel nitelikte olması dolayısıyla suyun içinde bulunan organik maddeleri parçalamak için mikroorganizmalara gerekli olan oksijen ihtiyacının yüksek olmasından kaynaklanır. Aynı durum, 4 nolu örnekleme noktasındaki (Etbalık suyu) BOİ<sub>5</sub> değerinin yönetmelikte belirtilmiş Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri Deşarj Standartlarında bulunan değerden çok yüksek olduğu bunun nedeninin yine mikroorganizmaların tükettiği çözünmüş oksijene bağlı olarak, mezbahada kesilen hayvanlardan kaynaklanan atıksuların hiçbir arıtmaya tabi tutulmadan dereye deşarjından kaynaklandığı düşünölmektedir. Bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kolları BOİ<sub>5</sub> bakımından çok kirlenmiş su sınıfına girdiği belirlenmiştir.

KOI' in analiz edildiği bütün örnekleme noktalarında KOİ değerleri çoğunlukla Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen evsel nitelikli atık sular için belirtilmiş KOİ deşarj standardına (90 mg/L) göre çok yüksektir. Yalnızca bazı örnekleme noktalarındaki bazı ölçümlerde KOİ 90 mg/L' nin altında kaldığı görülmektedir. Ayrıca Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği uyarınca KOİ 70 mg/L' den yüksek olan yüzeysel sular çok kirlenmiş su (Sınıf IV) olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kolları KOİ bakımından çok kirlenmiş su sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Örnekleme noktalarının ÇO değerlerinin genel itibariyle 6 mg/L'den düşük olduğu, 5 nolu örnekleme noktasının (Arıtma tesisi) ÇO değerinin yılın büyük bir kısmında sıfır olduğu ve zaman zaman bazı örnekleme noktalarında da ÇO değerini sıfır olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kollarının ÇO bakımından yoksun ve kirlenmiş bir su olduğu belirlenmiştir.

Ölçülen bütün pH değerlerinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen Evsel Nitelikli Atık Sular Deşarj Standartlarında belirtilen bulunan pH değerlerini (6-9), Mezbahalar ve Entegre Et Tesisleri Deşarj Standartlarında bulunan pH değerlerini (6-9) ve Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri Deşarj Standartlarında bulunan pH değerlerini (6-9) sağladığı belirlenmiştir. Fakat, Küçük Organize Sanayi deşarj noktası olan 2 nolu örnekleme noktasın da (Cavşak deresi) pH değerlerinin diğer noktalara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni bu noktada deşarj edilen atık suyun endüstriyel özellikli olmasıyla açıklanabilir.

Karakoyun deresi ve yan kollarında su sıcaklığının yaz aylarında 30°C'yi geçtiği görülmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğince 30°C'nin üzerinde bulunan yüzeysel sular çok kirlenmiş su (Sınıf IV) olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle su sıcaklığı bakımından da Karakoyun deresi ve yan kollarının çok kirlenmiş su sınıfına girdiği anlaşılmıştır. Bunun nedeninin Çizelge 3.1' de verilen Şanlıurfa İllinin Meteorolojik verileri incelendiğinde iklim şartlarından kaynaklandığı açıkça görülmektedir.

2 nolu örnekleme noktasında (Çavsak deresi) bulanıklığın diğer noktalar göre daha fazla olduğu, bunun sebebinin de bu noktaya küçük organize sanayinin atık sularının dökülmesi olduğu anlaşılmıştır.

Örnekleme noktalarında ki Pb miktarının yaz aylarında azalma göstermesine rağmen yıl geneline bakıldığında su kalitesi açısından Pb içeriğinin oldukça fazla olduğu ve Pb içeriği açısından III. hatta IV. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır. 2 nolu örnekleme noktasında aşırı Pb artışının, atık sularını bu noktaya deşarj eden küçük organize sanayiden gelen yağmur yıkanma sularından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mevsimsel olarak Fe miktarı kış aylarında azalmasına rağmen yaz aylarında arttığı Karakoyun deresi ve yan kollarının Fe içeriğinin oldukça fazla olduğu ve Fe içeriği açısından IV. Sınıf su olduğu anlaşılmıştır. Fe miktarında ki bu artışın sebebi demir bakımından zengin olan civar tarım arazilerinden dereye karışan sulama sularının çok fazla Fe içermesidir.

Örnekleme noktalarında ki Cu miktarlarının mevsimsel olarak değişkenlik göstermesine rağmen genel itibariyle yaz ve sonbahar aylarında çok yüksek olduğu ve Cu miktarı bakımından IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) su kalitesine uygun olduğu anlaşılmıştır. Özellikle 4 nolu örnekleme noktasında (Etbalık suyu) Cu miktarının yıl boyu çok yüksek olduğu görülmektedir. Buradan Et Balık Kurumunun atık sularının karakteristik özellik olarak çok fazla Cu içerdiği anlaşılmaktadır.

Örnekleme noktalarında ki Cr miktarlarının mevsimsel olarak değişkenlik göstermesine rağmen genel itibariyle yaz ve sonbahar aylarında diğer zamanlara göre daha yüksek olduğu ve Cr miktarı bakımından III. Sınıf (kirlenmiş su) su kalitesine uygun olduğu anlaşılmıştır. Yaz ve sonbahar aylarında Cr miktarının daha yüksek olmasının sebebinin, tarımsal sulamadan gelen yıkanma sularından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Örnekleme noktalarındaki Zn miktarının özellikle sonbahar aylarında arttığı ve Zn miktarının II. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.5 mg/L'yi aştığı ve III. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır. Bunun nedeni, sonbaharın 10. ayında yağan asitli yağmur yağışının çinko üzerine yapmış olduğu aşındırıcı etki sonucu olduğu düşünülmektedir.

Örnekleme noktalarındaki Mn miktarının özellikle sonbahar aylarında daha fazla arttığı ve Mn miktarının II. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.5 mg/L' yi aştığı ve III. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır. Bunun nedeni, sonbaharın 10. ayında yağan asitli yağmur yağışının çinko üzerine yapmış olduğu aşındırıcı etki sonucu olduğu düşünülmektedir.

Örnekleme noktalarındaki Cd miktarının özellikle sonbahar aylarında arttığı ve III. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.01 mg/L' yi aştığı bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kollarının Cd konsantrasyonu açısından IV. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır. Kadmiyumdaki bu artışın nedeni, Cd' nin doğada Zn ile birlikte bulunması, sonbahar ayındaki Zn artışı Cd artışını etkilediği kanaatine varılmıştır.

Örnekleme noktalarındaki Al konsantrasyonunun özellikle küçük sanayi sitesinin atık sularının deşarj yeri olan 2 nolu örnekleme noktasında (Cavsak deresi) yıl içerisinde sürekli sürekli yüksek olduğu ve III. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 1 mg/L değerini aştığı anlaşılmıştır. Diğer örnekleme noktalarında da yıl içerisinde 1 mg/L sınır değerinin aşıldığı bu nedenle su kalitesinin Al içeriği bakımından IV. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır.

Örnekleme noktalarındaki Se konsantrasyonunun kış aylarında diğer zamanlara göre daha yüksek olduğu ve Se açısından IV. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.02 mg/L değerinin de aşıldığı ve Se içeriği açısından Karakoyun deresi ve yan kollarının IV. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır.

Örnekleme noktalarındaki Ni konsantrasyonunun genellikle III. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.2 mg/L' nin altında kaldığı bu nedenle de Karakoyun deresi ve yan kollarının Ni içeriği açısından III. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır.

Örnekleme noktalarındaki Co konsantrasyonunun genellikle, Co açısından II. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.02 mg/L' nin altında olduğu ancak Karakoyun deresinin yan kollarından biri olan Sırrın deresinde (6 nolu örnekleme noktası) bu değerini aştığı belirlenmiştir. Bunun Sırrın bölgesindeki Co artışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Karakoyun deresi ile Sırrın deresinin birleşmesinden sonra numune alınan örnekleme noktasında (8 nolu örnekleme noktası) ise II. Sınıf su kalitesi sınır değeri olan 0.02 mg/L değerinin aşılmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak Karakoyun deresi ve yan kollarına yapılmakta olan atık su deşarjlarındaki kirlilik parametrelerinin büyük çoğunluğunun Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen deşarj standartlarını aştığı ve Karakoyun deresi ve yan kollarında ölçülen kirletici parametrelerden büyük çoğunluğunun Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen IV Sınıf su (çok kirlenmiş su) özelliğini taşıdığı belirlenmiştir.

Bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kollarında su kalitesinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Karakoyun deresinin su kalitesini bozan en önemli etken evsel ve endüstriyel deşarjlardır. Su kalitesinin iyileştirilmesi için:

- Karakoyun deresine deşarj edilen atık suların arıtılması gerekmekte,
- Karakoyun deresi ve yan kolları etrafında kurulu bulunan çarpık kentleşmenin evsel nitelikli atıksularının dereye deşarj edilmesinin önlenmesi gerekmekte,
- Ayrıca çok kirlenmiş su sınıfına giren Karakoyun deresi ve yan kollarının tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanılmasının önlenmesi,
- İnsan ve çevre sağlığının korunması amacıyla yerleşim yerlerinin olduğu bölgelerde dereye ıslah çalışmalarının yapılması
- İnsan sağlığı için insan temasının önlenmesi amacıyla koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- ANONİM, 2004 Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği, 31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- AKÇİN, G., BAKOĞLU, M. ve ERATİK, B., 1996. Temel Çevre Kimyası Laboratuar Deneyleri. Y. T. Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Bölümü Analitik Kimya Anabilim Dalı Yayınları, İstanbul.
- AKSUN, F. Y., 1986. Karamık Göl'ünde Yaşayan Turna Balıklarında Ağır Metal Birikimi. Ulusal Biyoloji Kongresi. 3-5 Eylül, İzmir, 2:454-461.
- AMIARD, J.C., BERTHET, B. and METAREY, C., 1987. Comparative Study of The Patterns of Bioaccumulation of Essential (Cu, Zn) and Non Essential (Cd, Pb) Trace Metals in Various Estuarine and Coastal Organisms, I Exp.Mar. Biol. Ecol., 106:73-89.
- BAYKUT, F., AYDIN, A. ve BAYKUT, S., 1987. Çevre Sorunları ve Korunma, İstanbul Üniversitesi Yayınları, s.131-143.
- BEBEK M.T., 2001, Ulubat Gölü Ve Gölü Beleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- BROHİ, R., TOPBAŞ, T. ve KARAMAN, R., 1998. Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Başkanlığı Yayınları, Ankara
- CHIANG, L.C., CHANG, J.E. and WEN, T.C., 1995. Indirect Oxidation Effect in Electrochemical Oxidation of Landfill Leachate. Water Research, 29(2): 671-678.
- ÇEVRE BAKANLIĞI, 1995. Su Kirliliği, Çevre Eğitimi ve Yayın Dairesi, Çevre Notları, Ankara.
- DERRELL, H., 1991. Trace Elements in Human Nutrition Micronutrients in Agriculture, SSSA. Book Series 4, USA.
- DÖKMECİ, İ., 1988. Çevre Kirlenmesinde Rol Oynayan Toksik Maddeler, İstanbul, 520s.
- DUNNICK, J.K. and FOVVLER, A.B. 1988. Cadmium in Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds, Marcel Dekkerine, USA, PP. 156-174.
- FRANSON, H. and ANN, M., 1989. APHA, AWWA, WPCF. Standart Methos For the Examination of water and Wastewater, U.S.A., 5210 B., 5220 D., 4500 C
- FRCMEKT, G., ÇOKGÖR, E., ÖVEZ, S., BABAUNA, F. ve ORHON, D., 1999. Biological Treatability of Poultry Processing Plant Effluent a Case Study. Water Science Technology, 40:323-329.
- GHOSAL, T.K. and KAVİRAJ, A., 2002. Combined Effects of Cadmium and Composted Manure to Aquatic Organisms. Chemosphere. 46: 1099-1105.
- GILL, S.T., BIANCHI, C.P. and EPPLE, A. 1992. Trace metal (Cu and Zn) Adaptation of Organ Systems of the American Eel. Anguilla Rostrata, to External Concentrations of Cadmium. Comp. Biochem. Physiol, 102: 361-37.
- GÜNAY, Y., TABUMAN, C. ve CÖMERT, F., 1977. İçme Suyu ve Pis Sularda Standart Rutin Analiz Yöntemleri Kılavuzu, Y. T. Ü. Yayınları. İstanbul.
- GÜNDÜZ T., 1994. Çevre Sorunları, Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları, Ankara, Organı Yıl: 6, Ankara, 24s.
- HAKTANIR, K.ve KARACA, A., 1995. Çevre ve İnsan. Çevre Bakanlığı Yayın Organı Yıl: 6, Ankara, 24s.
- HEATH, A.G., 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRP Pres, 245, Florida.

- HENZE, M., HARREMOES, P., LA COUR JANSEN, J. and ARVİN, E., 2002. Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes, Third Edition.
- HOGSTRAND, C. and HAUX, C., 1991. Mini Review Binding and Detoxification Heavy Metals in Lower Vertebrates with Reference to Metallothionein, Comp Biochem. Physiol, Great Britain, 1: 137-141.
- İMCLEAN, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. in: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2<sup>nd</sup> ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 199-224.
- KABATA P, A. and PENDIAS, H., 1992. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, London, 365p.
- KARGIN, F. ve ERDEM, C., 1992. Bakır-Çinko Etkileşiminde Tilapia Nilotica'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. Doğa-Tr. J. of Zoology, 16: 343-348.
- MCNEELY, R.N., NEIMANIS, V.P. and DWYER, L., 1979. Water Quality Sourcebook A guide to water quality parametres: Inland Water Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 88p.
- METCALF, Y. ve EDDY, K., 1991. Waste Water Recycling Supplied by Renevvable Energies-Basic Conditions and Possible Treatment Technologies. Renewable Energy, 14(1):325-331.
- MOHARRAM, Y.G., EL-SHARNOUBY, S.A, MOUSTAFFA, E. K. and EL-SOUKKARY, A., 1987. Mercury and Selenium Content , Water, Air and Soil Pollution. 32: 455-459MUSLU, Y., 1996. Atık Suların Arıtılması, Cilt 1,1. Sayı 1577. İ. T. Ü. Rektörlüğü, İstanbul.
- ÖNCEL S., 2000. Akşehir gölü ve göle boşalan yüzey sularındaki ağır metal kirliliği tespiti, yüksek lisans tezi, Gebze
- SAMSUNLU, A., 1999. Çevre Mühendisliği Kimyası. Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul, 396s.
- SCHEFFER, F. and SCHACHTSCHABEL, P., 1989. Lehburch der Bodenkunde. 12 Aufl Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 442p.
- STOKER, H.S. and SEAGER, S. L., 1976. Enviromental Chemistry. Foresman and Company, Scott., 231p TCHOBANOGLIOUS, G. ve BURTON, F. L., 1972. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, Third Edition, Boston.
- ŞENGÜL, F. ve MÜEZZİNOĞLU, A., 1997. Çevre Kimyası, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- TANYOLAÇ, J., 1993. İçsulara Ekosistem, Enerji ve Produktivite, Limnoloji. 6:206-208.
- TEAGUE HOLLY, E., 1999. Evaluation of Heavy Metal Bioaccumulation in Selected Species of Amazon Fish. Thesis Presented to The Faculty of The University of Houston Clear Lake, USA, pp: 19-27.
- TIMBRELL, A.J., 1991. Introduction to Toxicology, Taylor and Francis, Washington DC, London, 161p.
- TOPBAŞ, T., BROHİ, R. ve KARAMAN, R., 1998. Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara.



## ÖZGEÇMİŞ

23 Ekim 1982 tarihinde Şanlıurfa'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Şanlıurfa'da tamamladı. 2000 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2004 yılında bu bölümden bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2004 yılında Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimime başladı ve halen bu anabilim dalında öğrenciliği devam ediyor.

# **EKLER**

Ek Şekil 1. Cavşak Deresi örnekleme noktasının genel görünümü



Ek Şekil 2. Örnekleme noktalarından numune alınırken genel görünüm



Ek Şekil 3. Arazide O değerini sabitlemek için standart ekleme çalışmasından görünüm



Ek Şekil 4. O' ne eklenen standardın homojen dağılması için çalkalama işlemi görünümü



Ek Şekil 5. Karakoyun Deresi örnekleme noktasının genel görünüm



Ek Şekil 6. Sırrın Deresi örnekleme noktasının genel görünümü





Ek Şekil 7. Köprülük Köyü çalışma alanından genel görüntüler



Ek Şekil 8. Ağır metal analizlerinde kullanılan ICP-MS Cihazından genel görünüm



## ÖZET

Şanlıurfa ilinin artan nüfusu ve çarpık kentleşmesiyle birlikte önemli bir çevresel ve sağlık problemi oluşturan Karakoyun deresi ve yan kolları çalışma alanı olarak seçilmiştir. Karakoyun deresinin kirlilik düzeyinin belirlenmesinin derenin ıslahı ve alınacak önlemler açısından önemli olduğu aşikardır. Bu nedenle Karakoyun deresinin su karakteristiğini temsil eden 8 adet örnekleme noktası belirlenmiş ve bu noktalardan alınan atık su örnekleri analiz edilerek derenin su kalitesi araştırılmıştır.

Örnekleme noktalarından alınan atık su numunelerinde sıcaklık, pH, bulanıklık, KOİ, BOİ, ÇO ve bazı ağır metaller (Cu, Pb, Fe, Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Al, Cr, Cd ve Se) analiz edilmiştir.

Karakoyun deresi ve yan kollarına yapılmakta olan atık su deşarjlarındaki kirlilik parametrelerinin büyük çoğunluğunun yönetmelik sınır değerlerini aştığı. Karakoyun deresi ve yan kollarında ölçülen kirletici parametrelerden büyük çoğunluğun Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen IV Sınıf su (çok kirlenmiş su) özelliğini taşıdığı belirlenmiştir.

Bu nedenle Karakoyun deresi ve yan kollarında su kalitesinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Karakoyun deresinin su kalitesini bozan en önemli etken evsel ve endüstriyel deşarjlardır. Su kalitesinin iyileştirilmesi için öncelikle Karakoyun deresine deşarj edilen atık suların arıtılması gerekmektedir.

## SUMMARY

Karakoyun River, which has become an environmental and health problem as the population of Şanlıurfa increased and the miss urbanization of the city is aroused, and its branches have been chosen as workplace. It is obvious that the determination of the pollution level of the Karakoyun River is essential for its regulation and the precautions that should be taken. For this reason eight sample points has been selected and the samples are analyzed to determine the water quality of the river.

The samples taken were analyzed for temperature, pH, turbidity, COD, BOD, DO and for some heavy metals (Cu, Pb, Fe, Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Al, Cr, Cd ve Se).

As a result it is determined that domestic and industrial effluents that discharged into the river are highly above the discharge parameters so the river and its branches are Quality-4 (Very Polluted Water) according to the Water Pollution Regulation Control.

On this account the water quality of Karakoyun River and its branches is needed. The most important reason of the pollution of the river is the domestic and industrial discharges. The first step to improve the water quality of Karakoyun River is to treat the effluents discharged to the it.