

**SU HAVZASI YÖNETİM SİSTEMİ VE
KIRIKKALE HAVZASININ İNCELENMESİ**

Özlem AKYEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2007
ANKARA**

**SU HAVZASI YÖNETİM SİSTEMİ VE
KIRIKKALE HAVZASININ İNCELENMESİ**

Özlem AKYEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2007
ANKARA**

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Özlem AKYEL

Özlem AKYEL tarafından hazırlanan SU HAVZASI YÖNETİM SİSTEMİ VE KIRIKKALE HAVZASININ İNCELENMESİ adlı tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oybirliği ile Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Metin GÜRÜ

Üye : Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR

Üye : Prof. Dr. Nail ÜNSAL

Üye : Doç. Dr. Ö. Murat DOĞAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Göksel ÖZKAN

Tarih : 24/01/2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**SU HAVZASI YÖNETİM SİSTEMİ VE
KIRIKKALE HAVZASININ İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Özlem AKYEL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2007**

ÖZET

Su, insanlığın en temel ihtiyaç maddesidir. Su kaynaklarının sınırlı hale gelmesiyle, mevcut kaynakların farklı kullanım amaçlarına uygun olarak korunması büyük önem teşkil etmektedir. Su kaynaklarının kullanımı ve geliştirilmesi çalışmalarında, söz konusu kaynağın sürdürülebilir kullanımı ana prensip olarak benimsenmelidir. Havza boyutunda yapılması gereken su kalitesi yönetimi de bu amaca yöneliktir. Su kalitesi yönetimi çalışması yürütülürken havzadaki su kaynaklarının bir bütün olarak ele alınması gerekir.

Ülkemiz hidrolojik açıdan 26 akarsu havzasına bölünmüştür. Havza bazında su kaynaklarının korunması açısından en etkin çözüm “Entegre Havza Yönetim Modeli”dir. Bu yönetim modeli çerçevesinde su kaynaklarının geliştirilmesinden sorumlu kurum ve kuruluşların çalışmalarının gözden geçirilerek bunların uyumlu hale getirilmesinin yanı sıra, havza sınırları dikkate alınarak havza içindeki tüm su kaynakları, kullanımları ve kirlilik durumlarının gözden geçirilmesi, problemlerin ve uzun vadeli ihtiyaçların belirlenerek öncelik sırasına konulması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada; Kırıkkale Havzası su kaynakları yönetimi havza temelinde değerlendirilmiştir. Kırıkkale Havzasında yapılan analiz sonuçlarına göre; BOD₅ 2,8-27,6 ppm; TDS 785-4238 ppm; DO 0,2-6,5 ppm; NH₃-N 0,068-5,7

ppm; NO₂-N 0,014-0,070 ppm; o-PO₄ 0,02-0,87 ppm; Fe 0,63-15,34 ppm; Mn 0,01-0,10 ppm; Cr 0,005-0,037 ppm belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 903.1.126
Anahtar Kelimeler : Havza, su kaynakları yönetimi, entegre havza yönetim modeli
Sayfa Adedi : 133
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR

**SYSTEM OF WATER BASIN MANAGEMENT AND
EVALUATION OF KIRIKKALE BASIN**

(M.Sc. Thesis)

Özlem AKYEL

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2007

ABSTRACT

Water is the basic necessity substance of humanity. The protection of existing water resources for various uses has a great importance since those resources is getting scarce in the world. The main principle in the studies of the protection and development of the water resources should be the sustainability of those resources. The main objective of the water quality management in basin dimension is the sustainability as well. The water resources in a particular basin should be held as a whole in a water quality management study.

Our country is divided into 26 river basins. The most efficient solution for protection of water resources is the implementation of a well-designed “Integrated Basin Management Model”. Within the framework of this management model, activities of the institutions responsible for the development of water resources should be reviewed, and in addition to harmonization of these activities, all the water resources in the basin, their utilization and pollution states must be reviewed taking into consideration the borders of the basin. Problems and long-term demands should be determined in priority.

In this thesis study, Kırıkkale Basin was evaluated in terms of water resources management. According to the analysis results which were measured in Kırıkkale Basin was determined BOD₅ 2,8-27,6 ppm; TDS 785-4238 ppm; DO

0,2-6,5 ppm; NH₃-N 0,068-5,7 ppm; NO₂-N 0,014-0,070 ppm; o-PO₄ 0,02-0,87 ppm; Fe 0,63-15,34 ppm; Mn 0,01-0,10 ppm; Cr 0,005-0,037 ppm.

Science Code : 903.1.126
Key Words : Basin, management of water resources, integrated basin management model
Page Number : 133
Adviser : Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR

TEŞEKKÜR

Araştırmanın her aşamasında bilgi, tecrübe ve önerilerinden yararlandığım Değerli Hocam Sn. Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR’e teşekkürü borç bilirim.

Çalışmanın her aşamasında gösterdiği anlayış, fedakarlık ve manevi destek için annem Fatma AKYEL’e, bilgisayar yazımlarında yardımcı olan Gıda Mühendisi Sefa ALTUNSOY’ a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yürütülmesinde Çevre ve Orman Bakanlığı imkanlarından yararlanmamı sağlayan tüm idarecilere ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Araştırmanın bu konuda çalışan tüm meslektaşlarıma yararlı olmasını diliyorum.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ.....	1
2.HAVZA YÖNETİM SİSTEMİ VE TÜRKİYE HAVZALARI.....	4
2.1. Havza Tanımı.....	4
2.2. Su Havzalarındaki Mevcut Durum.....	4
2.3. Su Havzası Yönetimi.....	9
2.3.1. Havza yönetiminin amacı ve yararları.....	13
2.4. Güneydoğu Anadolu Projesi.....	13
2.5. Havzadaki Hidrolojik Unsurlar.....	15
2.6. Su Toplama Havzasının Hidrolojik Yönden Modellenmesi.....	16
2.7. Yasal Nitelikli Modeller.....	18
2.8. Su Toplama Havzasında Kalite Bozulması.....	19
2.9. Önlemler.....	20
2.9.1. Mutlak koruma alanında.....	20
2.9.2. Kısa mesafeli koruma alanında.....	21
2.9.3.Orta mesafeli koruma alanında.....	23

Sayfa

2.9.4. Uzun mesafeli koruma alanında.....	24
2.10. Uluslararası Hukuk Yönünden.....	32
2.11. Ortadoğudaki Durum.....	36
2.12. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün Görevleri.....	37
2.12.1. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği ve yerel yönetimlerin havza koruma yönetmelikleri ile bunların uygulanmasında karşılaşılan sorunlar.....	38
2.12.2. İçme ve kullanma suyu rezervuarları koruma alanlarına ilişkin kriterlerin uygulanması.....	39
2.13. Örnek Havza Yönetim Uygulamaları.....	42
2.13.1. Doon vadisi havza yönetimi projesi (Hindistan).....	42
2.13.2. Badger creek havzası (A.B.D).....	42
2.13.3. FAO uluslar arası yukarı havzaları koruma ve kalkındırmada katılımcılığın sağlanması projesi.....	43
2.13.4. A.B.D'de bazı havza yönetim projelerinin yaklaşımları.....	44
3. KIRIKKALE HAVZASININ İRDELENMESİ.....	46
3.1. Havzanın Genel Durumu.....	46
3.1.1. Nüfus durumu.....	46
3.1.2. Güneşlenme durumu.....	47
3.1.3. Rüzgar durumu.....	48
3.1.4. Toprak durumu.....	48
3.1.5. Mineral kaynaklar durumu.....	49
3.1.6. Nem durumu.....	49
3.1.7. Sıcaklık durumu.....	49

Sayfa

3.1.8. Buharlaşma durumu.....	50
3.1.9. Yağış durumu.....	50
3.1.10. Sanayi durumu.....	51
3.1.11. İklim özellikleri.....	53
3.1.12. İlin topografyası ve jeomorfolojik durumu.....	53
3.1.13. Maden durumu.....	56
3.1.14. Flora.....	57
3.1.15. Gübre ve pestisit kullanımı.....	58
3.2. Havzanın Su Kaynakları Durumu.....	59
3.2.1. Yeraltı suları.....	59
3.2.2. İçme suyu kaynakları ve barajlar.....	59
3.2.3. Akarsular.....	60
3.2.4. Göller ve göletler.....	63
3.3 Kirletici Kaynaklar.....	64
3.3.1 Sanayi atıksuları.....	64
3.3.2 Kanalizasyon atıksuları.....	65
3.3.3 Tarımsal kaynaklar kirleticiler.....	65
4. DENEYSEL ÇALIşMA.....	66
4.1. Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi.....	66
4.2. Örnekleme Sıklığının Saptanması.....	66
4.3. Parametre Seçimi.....	66

Sayfa

4.4. Numune Alma Yöntemi.....	66
4.5. Su Kalitesi Ölçüm Parametreleri ve Ölçüm Yöntemleri.....	68
5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	70
5.1. Kapulukaya Baraj Çıkışı, Çoruhözü Deresi, Delice Irmağı, Kızılırmak Nehrine ait Kirlilik Yükleri.....	70
5.2. Kırıkkale İlinde Su Kalitesi Gözlem Çalışmalarının Değerlendirilmesi.....	78
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	82
KAYNAKLAR.....	85
EKLER.....	89
EK-1.Kıtaici Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri	90
EK-2. Kırıkkale İli 1/200 000 Ölçekli Haritası	91
EK-3. Kırıkkale İli 1/200 000 Ölçekli Jeolojik Haritası.....	92
EK-4. Biyolojik Oksijen İhtiyacı.....	94
EK-5. Toplam Çözünmüş Katılar.....	101
EK-6. Çözünmüş Oksijen (DO).....	102
EK-7. Azot Bileşikleri.....	109
EK-8. Fosfor Bileşikleri.....	116
EK-9. Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom).....	122
ÖZGEÇMİŞ.....	133

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye havzalarında durum (1995-2000).....	8
Çizelge 3.1. Kırıkkale İlının merkez nüfusunun yıllara göre değişimi.....	46
Çizelge 3.2. Kırıkkale İlının ilçelerine göre nüfus dağılımı.....	47
Çizelge 3.3. Kırıkkale İlının iller bankası metoduyla nüfus projeksiyonları.....	47
Çizelge 3.4. 2004 yılı Kırıkkale İli güneşlenme süresi ve şiddeti.....	48
Çizelge 3.5. Kırıkkale İlının 2004 yılı aylara göre sıcaklık değişimleri.....	50
Çizelge 3.6. Kırıkkale İlının 2004 yılı aylara göre buharlaşma değişimleri.....	50
Çizelge 3.7. Kırıkkale İlının 2004 yılı yağış durumu.....	51
Çizelge 3.8. Kırıkkale İlinde 2004 yılı sanayinin sektörel dağılımı.....	52
Çizelge 3.9. Kırıkkale İlindeki maden rezervleri.....	57
Çizelge 3.10. Zirai mücadele ilaçları tüketimi.....	58
Çizelge 3.11. Cinslerine göre gübre kullanımı ve gübrelenen alan.....	59
Çizelge 3.12. Kırıkkale İli içme ve kullanma suyunu karşılayan kapulukaya barajı değerleri.....	60
Çizelge 3.13. Kırıkkale İlindeki başlıca akarsuların debileri ve alanları.....	60
Çizelge 3.14. Kırıkkale İli göletleri.....	63
Çizelge 5.1. Temmuz 2005 dönemi için ölçüm noktalarındaki değerler.....	71
Çizelge 5.2. Kapulukaya Baraj çıkışı kirlilik yükleri.....	71
Çizelge 5.3. Çoruhözü Deresi kirlilik yükleri.....	72
Çizelge 5.4. Delice Irmağı kirlilik yükleri	72
Çizelge 5.5. Kızılırmak Nehri kirlilik yükleri	73
Çizelge 5.6: Su kaynaklarının sınıflandırma sonuçları.....	78

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Yıllara göre Kırıkkale İli yağış kıyaslama grafiği.....	51
Şekil 4.1. Su kalitesi örnekleme noktaları.....	69
Şekil 5.1. Kırıkkale Havzasında BOD ₅ değişimi.....	73
Şekil 5.2. Kırıkkale Havzasında toplam çözünmüş katı değişimi.....	74
Şekil 5.3. Kırıkkale Havzasında çözünmüş oksijen değişimi.....	74
Şekil 5.4. Kırıkkale Havzasında amonyak azotu değişimi.....	75
Şekil 5.5. Kırıkkale Havzasında nitrit azotu değişimi.....	75
Şekil 5.6. Kırıkkale Havzasında orto fosfat değişimi.....	76
Şekil 5.7. Kırıkkale Havzasında demir değişimi.....	76
Şekil 5.8. Kırıkkale Havzasında mangan değişimi.....	77
Şekil 5.9. Kırıkkale Havzasında krom değişimi.....	77

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AKM	Askıda Katı Madde
BOD	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirme
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
DO	Çözünmüş Oksijen
DSİ	Devlet Su İşleri
FAO	Dünya Tarım Örgütü
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
HES	Hidroelektrik Santral
IUCN	International Union for Conservation
MKEK	Makine Kimya Endüstrisi Kurumu
MTA	Maden Teknik ve Arama Enstitüsü
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TEAŞ	Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş
YAS	Yeraltı Suyu

1.GİRİŞ

İnsan yaşamının devamlılığı ve ülkelerin kalkınmasında önemli bir paya sahip olan doğal kaynakların, bilinçsiz ve aşırı kullanımlarla tüketilip tahrip edildiği bilinen bir gerçektir. Hızla artan nüfus, sürekli gelişen endüstrileşme, plansız kentleşme ve yetersiz eğitim doğanın ve doğal kaynakların hızla tahribine neden olarak özellikle, su kaynaklarının süratle azalmasına, toprakların aşınıp taşınması, flora ve fauna topluluklarının azalmasına neden olmuştur. Su, iklim, toprak, ve yaşam dengesinin, yani genel ifade ile ekolojik dengenin bozulmasına neden olan yanlış ve aşırı kullanımlar, insan dahil tüm canlıların yaşama ortamını günden güne kötüleştirmektedir. Bunun sonucunda başta toplum sağlığı olmak üzere, sosyal ve ekonomik değerler zarar görmektedir.

Su, yaşamın temel unsurlarından biri olup, sosyal ve ekonomik değeri olan bir doğal kaynaktır. Su ihtiyacı devamlı olarak artmasına karşın yeryüzündeki suların ancak %3'ü tatlı ve kullanılabilir sulardır. Bu düşük orandaki tatlı suların büyük kısmı ise; (% 78'i) kuzey ve güney kutuplarındaki buzullarda bulunmaktadır. Geriye kalan %22'lik oran tüm dünya ülkeleri arasında içme, kullanma, sulama ve sanayi suyu olarak paylaşılmaktadır [1].

Doğal kaynak olarak suyun bilinen önemine rağmen bugün pek çok ülkede ve su havzasında 'su kıtlığı' yaşanmaktadır. Bazı zamanlarda bu kıtlığın nedeni doğal hidrolojik koşullardan kaynaklanmakla beraber, günümüzde oluşan temel neden su kullanımlarının artması ve çeşitlenmesidir. Geçmişte; bir akarsu havzasına giren suların çevrilip belli başlı birkaç ihtiyaca tahsis edilmesi yeterli olabilmekteydi. Ancak bugün su kıtlığı sorunu nedeniyle, su havzasındaki su bütçesinin detaylı olarak değerlendirilmesi ve çok çeşitli kullanımlar arasında suyun optimum bir biçimde tahsis edilmesi önem taşımaktadır. Pek çok su havzasında yaşanan su kirliliği olgusu da su tahsisinde daha ileri sorunlara yol açabilmektedir.

Ülkemiz gibi yarı kurak rejim yaşayan ülkelerde, geçmişte suyun sulamaya tahsisi öncelikli iken, günümüzde hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişime paralel olarak içme ve kullanma suyu ile endüstriyel su ihtiyacı giderek artmaktadır.

Bunlara ilaveten çevre koruma amacıyla mevcut ekolojinin korunması, bozulan ekolojinin düzeltilmesi önemli bir su ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Tüm bu olgular değerlendirildiğinde, günümüzdeki su kıtlığının temel nedeni olarak, çeşitli kullanımlar arasında suya olan 'rekabet' olgusu belirginleşmektedir.

Su kıtlığı, kullanımlar arası rekabet, su tahsisindeki sorunlar dikkate alındığında da, artık eskiden olduğu gibi sadece su kaynaklarının 'planlanması' değil, 'su yönetimi' yaklaşımı esas olmaktadır. Bu yaklaşım çerçevesinde, bir akarsu havzasının tüm bileşenleriyle bir sistem olarak tanımlanması ve yönetilmesi zorunludur. Bu tanımda su kullanımları ile beraber, su ile ilgili her aktör ve aktörler arası ilişkiler de belirlenmeli ve akarsu havzası bir 'sosyo-teknik' sistem olarak ele alınmalıdır.

Su yönetimini gerektiren olgulardan biri de günümüzde yaşanan 'kurumsal karmaşıklık'tır. Geçmişte bir su havzasında söz sahibi olan bir iki kurum bulunurken, bugün aktörlerin sayısı ve türü de gelişmiştir. Bu aktörler arasında resmi kurum ve kuruluşlar, özel kurumlar, sivil toplum örgütleri, çok çeşitli su kullanıcıları ve karar verici merciler bulunmakta ve aktörler arası ilişkiler de son derece karmaşık olmaktadır. Zira çok kurumluluk, amaç ve hedefi, çok çeşitli yetki ve sorumluluğu da içermektedir. Bu durumda çoğu zaman eski aktörlere yeni roller de düşmektedir. Sonuçta karar vericilerin, su havzası yönetiminde çok sayıda performans kriterini de değerlendirmeleri de gereklidir.

Özetlenecek olursa; günümüzde su sorununda yaşanan iki sorun, çok sayıdaki su kullanımları arasında rekabet ve kurumsal kargaşa olarak ifade edilebilirler. İşin teknik tarafında ise, su havzası profilinin bir sosyo-teknik sistem olarak çıkarılması ve su havzasında su bütçesinin son derece detaylı tanımlanması önem taşımaktadır.

Bu çalışmada; ülkemiz su havzalarında mevcut durum tanımlanarak, su havza yönetim sistemi, bileşenleri, amacı incelenmiş ve Kırıkkale Havzası irdelenerek su havzası hakkında bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma kapsamında; Kırıkkale Havzası'nda kirliliği tanımlayıcı örnekleme noktaları seçilerek, deneysel bir yöntem izlenmiştir.

2. SU HAVZASI YÖNETİM SİSTEMİ VE TÜRKİYE HAVZALARI

2.1. Havza Tanımı

Havza, içinde su bölümü çizgisinin sınırladığı ve yağışlarla üzerinde toplanan suların bir tek çıkışa ulaşabileceği bir arazi parçası olarak ifade edilebilmektedir. Su havza yönetimi; bir su toplama havzasında doğal kaynakların toplumun sosyal-kültürel-ekonomik kalkınmalarını sağlayacak şekilde devamlı kullanılmasının ve geliştirilmesinin planlanması olarak tanımlanmaktadır [2].

Su havza yönetiminde çalışma birimi olarak seçilen su havzaları büyüklükleri bakımından birkaç hektar olabileceği gibi binlerce hektarlık alanı da kapsayabilir. Su havza yönetiminde amaca daha gerçekçi yaklaşım; su havzasındaki arazi kullanma ve su kaynaklarıyla ilgili sorunların çözümünde bir kaynağı göz önünde tutmak yerine birbirine bağlı ve bir arada değerlendirilmeleri gereken tüm kaynakları dikkate almak şeklinde olmalıdır [3].

2.2. Su Havzalarındaki Mevcut Durum

Su kaynaklarının yeterliliği değerlendirilirken genellikle toplam su potansiyeli ile toplam nüfus dikkate alınmaktadır. Bu değerlendirmeye göre bir yılda kişi başına 1700 m^3 su miktarı periyodik su stresinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu değer 1000 m^3 'e düştüğünde şiddetli, 500 m^3 değerinin altında ise kesin su stresinin olduğu kabul edilmektedir. Ülkemiz genelinde bu değer 2900 m^3 olmasına karşın 2025 yılında 2200 m^3 ve 2050 yılında ise kritik değere çok yaklaşacağı tahmin edilmektedir [4].

Türkiye'nin yıllık yağış ortalaması 670 mm 'dir. Bu yağışlardan hareketle hesaplanan yıllık brüt su potansiyeli 501 milyar m^3 'tür. Toplam potansiyelin yaklaşık $166 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'lık kısmı doğrudan akışa geçmekte, geriye kalan %68,1'lik kısım sızma, buharlaşma ve bitkisel terleme gibi sebeplerle yüzeysel akışa geçememektedir.

Akarsularımızın toplam debisi yeraltına sızan sularında katkısıyla yılda ortalama 186 milyar m³ seviyesine yükselmektedir. Su kaynakları potansiyelini belirlemek ve incelemek amacıyla Türkiye 26 ana su havzasına bölünmüştür. Değerlendirmelerin su havzaları yönünden yapılması durumunda mevcut durumun daha gerçekçi olacağı düşüncesiyle değerlendirme havza düzeyine indirgenmiştir [5].

Ülkemiz mevcut koşullarda su ihtiyacını karşılayabilecek durumdadır. Ancak, hızla artan nüfusumuz, su kirliliği ve kuraklık gibi faktörler göz önüne alındığında gelecek için endişelenmemek olası değildir. Bu koşullarda, su kaynaklarımızı iyi değerlendirip su depolama yapıları tesis edilebilir. Mevcut tesislerde sızma ve iletim kayıpları en aza indirebilir ve su kullanan insanlarda tasarruf bilinci oluşturabilirse kendimizi geleceğe en iyi şekilde hazırlamış olabiliriz. Aksi durumda, suya muhtaç ülkeler konumuna gelmemiz kaçınılmazdır.

Ülkemizde yıllık yüzey su potansiyeli 186 milyar m³ olup, bunun kullanılabilir kısmı 95 milyar m³'dür. Yer altı su kaynakları yönünden kullanılabilir toplam su miktarı ise 12,7 milyar m³'tür. Dolayısıyla toplam kullanılabilir su kaynakları 107,7 milyar m³'dür. Bu değerlerin 1999 yılı itibarıyla 5,7 milyar m³'ü içme ve kullanma, 4 milyar m³'ü endüstri ve 29,2 milyar m³'ü ise tarımda kullanılabilmektedir. Yaklaşık olarak %36'sı kullanılmakta ve %64 oranındaki su kullanım için beklemektedir.

Türkiye'de tarım alanlarının toplamı 28,05 milyon ha (hektar) olarak bilinmektedir. Bu alanın ekonomik olarak sulanabilir kısmı 8,5 milyon ha, halen sulanan ise 4,5 milyon ha'dır. Dolayısıyla ekonomik sulanabilir alanın bile ancak %53'lük kısmı sulanabilmektedir.

Mevcut su kaynaklarımızdan en büyük kullanım payına sahip tarım alanlarında verimli araziler sulamayı, bir yandan da su kaynaklarımızın büyük bir kısmı kullanılmayı beklerken iki önemli girdi bir araya getirilememektedir. Bunun temelinde de ekonomik sorunlar yatmaktadır. Bilindiği gibi GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) ile yaklaşık 1,6 milyon ha alanın sulanması hedeflenmektedir. Bugüne kadar halen sulamaya açılan alan %12 dolaylarındadır. Tüm proje alanının

sulanmasının çok uzun yıllar süreceği tahmin edilmektedir. Buradan da görüldüğü gibi suyumuz, suyu bekleyen arazimiz olmasına karşın ikisini bir araya getirmek mümkün olamamaktadır. Temel sorun olarak, finansman yetersizlikleri ortaya konmuş olmasına karşın hızla artan nüfus, su kirliliği ve kuraklık gibi faktörler sözü edilen sorunun önüne geçecek gibi görünmektedir.

Kişi başına bir yılda düşen su miktarını hesaplayarak ülkenin genel durumu değerlendirilebilir olmasına karşın, havzalar yönünden bakıldığında bazı havzaların su kaynakları yeterli, bazılarında ise kısıtlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bir ülke sahip olduğu su kaynakları yönünden zengin sayılabilecekken aynı ülkenin bir havzası su sıkıntısı çeken konumda bulunabilir.

Su havzası, bir akarsuyun memba-mansap noktaları arasında kendisinin ve kollarının yayılıp beslendiği toprak parçasının alanı olarak da tanımlanabilir.

Hidrolojik açıdan 26 akarsu havzasına sahip ülkemizde, bu akarsu havzalarından Çoruh, Aras, Meriç, Fırat, Asi ve Dicle nehirleri sınır oluşturan ve sınır değiştiren sular olduğundan uluslar arası öneme sahiptir. Fırat, Dicle ve Aras nehirleri ülkemizden doğup sınır değiştiren akarsularımızken, Aras ve Çoruh ülkemizden doğmakla birlikte Gürcistan ve Ermenistan ile sınırlarımızı oluşturmaktadır. Meriç ve Asi nehri ülkemiz sınırları dışında doğmakta ve sınırlarımız içerisinde denize dökülmektedir. Ayrıca Meriç Nehri Yunanistan ile ülkemiz sınırlarını da oluşturmaktadır.

Nüfus yönünden en kalabalık havza Marmara, bunu Fırat izlemektedir. Nüfusu en az havzalar ise Burdur Gölü ile Çoruh'tur.

Türkiye'de bugüne kadar uluslararası kriterlere göre baraj niteliğinde olan 504 adet depolama tesisinin yapımı gerçekleştirilmiştir. Toplam 100 adet baraj ve hidro-elektrik santralın ise inşaatı devam etmektedir [6].

Son yıllara kadar, su depolama amacıyla en fazla baraj yapılmış havza 78 adet ile Kızılırmak iken son zamanlardaki yatırımlarla, Fırat 89 baraj sayısı ile ilk sıraya çıkmıştır. En az baraja sahip olanı ise Akarçay (3 adet) havzasıdır. Buna bağlı olarak en fazla su depolanan havza ise Fırat olmuştur [6].

Ülkemizde kesin su sıkıntısı çeken bir havza bulunmamaktadır. Ancak, Küçük Menderes havzası $603 \text{ m}^3/\text{yıl.kişi}$ ile eşik seviyeye çok yaklaşmıştır. Bunu izleyen Marmara ve Akarçay havzaları da yakın bir zamanda $500 \text{ m}^3/\text{yıl.kişi}$ kritik değerinin altına düşme tehlikesindedir.

Özellikle Burdur Gölü, Konya Kapalı, Akarçay gibi iç havzalarda yer altı suyunun daha fazla kullanıldığı tespit edilmiştir. 1991-1995 yılları arasında sulamada kullanılan su miktarında %24'lük bir artış gerçekleşmiştir [7].

Ülkemizdeki havzalar büyüklük, nüfus, su ve toprak kaynakları yönünden birbirlerinden farklılık göstermektedir. Türkiye'deki su havzalarındaki mevcut durum Çizelge 2.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye havzalarında durum (1995-2000) [7]

Havza Adı	Yüzölçümü (Km ²)	Yıllık Ortalama Yağış (mm)	Yıllık Ortalama Debi (m ³ /sn)	Sulanabilir Alan (ha)
Meriç	14560	604,00	38,50	1077992
Marmara	24100	728,70	255,20	729957
Susurluk	22399	711,60	161,00	755934
Kuzey Ege	10003	624,20	66,20	316348
Gediz	18000	603,00	58,60	623403
K.Menderes	6907	727,40	35,80	194799
B.Menderes	24976	664,30	97,10	907383
Batı Akdeniz	20953	875,80	321,10	406601
Antalya	19577	1000,40	335,10	448111
Burdur Gölü	6374	446,30	14,30	249484
Akarçay	7605	451,80	14,00	359938
Sakarya	58160	524,70	188,70	2681137
B. Karadeniz	29598	811,00	317,90	640557
Yeşilırmak	36114	496,50	182,80	1401213
Kızılırmak	78180	446,10	197,40	3761142
Konya Kapalı	53850	416,80	154,20	2134915
Doğu Akdeniz	22048	745,00	345,70	327790
Seyhan	20450	624,00	229,50	714014
Asi	7796	815,60	37,00	331719
Ceyhan	21982	731,60	224,00	713670
Fırat	127304	540,10	992,30	4111316
D. Karadeniz	24077	1198,20	521,30	350717
Çoruh	19872	629,40	208,30	303362
Aras	27548	432,40	149,80	641137
Van Gölü	19405	474,30	82,90	433319
Dicle	57614	807,20	700,80	1137628

Sulamada kullanılan suyun yaklaşık %70'nin yüzey suyu kaynaklarından (göl, nehir, baraj,...) karşılanmaktadır. Ülkemizin toplam yer altı su potansiyeli 12 milyar m³ olup bunun %70'ine yakın bir kısmı yeraltından çekilmektedir. Batı Akdeniz, Burdur Gölü, Akarçay, Konya Kapalı, Doğu Akdeniz ve Asi havzalarında, emniyetle çekilebilir su miktarından daha fazla su çekilmektedir. Buna bağlı olarak en fazla su çekilen havza Konya Kapalı, en az çekilen ise Van Gölü havzasıdır. Kullanılabilir yer altı suyu rezervinin en fazla olduğu havzalar Fırat ve Sakarya havzaları olarak belirtilmektedir. Yer altından çekilen suların %45'i içme ve kullanma, %54,9'u sulamada tüketilmektedir. Sanayinin yoğun olduğu havzalarda çekilen yer altı suyunun büyük kısmının içme-kullanma ve sanayi amaçlı, tarımın yoğun olduğu havzalarda ise sulamada kullanıldığı bilinmektedir [7].

2.3. Su Havzası Yönetimi

Su havza yönetimi, aşağı ve yukarı havzada oturanlar tarafından kullanılan doğal kaynaklar arasındaki bağıntıyı vurgulayan, inançlı bir yaklaşım içeren güçlü bir planlama aracıdır ve hem ekosistem kavramını hem de ekolojiyle ilgili bilim prensiplerini pratik uygulama ve sürdürülebilir kalkınmaya uygun yaklaşımlara dönüştürür [8].

Havza planlamasının en önemli etmeni bölge insanıdır. Kaynaklar insanlar tarafından kullanılmaktadır. Ekonomik eylemler insanla başlayıp, insanlar tarafından insanlar için yapılmaktadır. Kaynakların aşırı kullanımı insanların geleceğini etkilemektedir. Devamlılığı sağlanmalı, artan nüfus gereksinimlerini karşılaması için geliştirilmeli ve en ekonomik şekilde kullanılmalıdır. Bu nedenle de önce toplumun kültürünün gelişimi, sosyal-ekonomik gelişmesi sağlanmalıdır. Havza yönetimi planlama çalışmalarında yöre halkının; toprak, diğer doğal kaynakları ve bu alanları kullanabilmesine sadece üretimi artıracak yönde izin verilmelidir. Bu yolla toprak ve su kaynaklarının olumsuz etkileri hem yukarı havzada hem de aşağı havza alanlarında en aza ineilmektedir. Bu sonuçlara ulaşmak için havza yönetimi çalışmaları yalnızca orman hidrolojisi, toprak ve su korunması ve alan kullanım planlaması gibi fiziksel ilişkileri değil aynı zamanda ekonomik, sosyal ve kurumsal

etmenlerle birlikte dikkate alınarak daha geniş ve mantıklı çerçeve içerisinde yönetimi ile mümkündür [9].

Ülkemizin topoğrafik, jeolojik ve iklimsel yapısı hem su hem de rüzgar erozyonunun oluşmasına çok uygundur. Bunun yanı sıra yanlış alan kullanımı, aşırı otlatma, orman yangını gibi insan etkileri de erozyonu hızlandırmaktadır. Ülke topraklarımızın ancak %13,86'sında erozyon yok veya çok hafif düzeydedir. Yılda 500 milyon tonun üzerinde toprak sularla denizlere taşınmaktadır. Ormanların tahribi ve mera alanlarının azalması sonucunda ortaya çıkan bitki örtüsünün zayıflamasıyla toprak kayıpları hat seviyelere ulaşmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin iklim, jeolojik, topoğrafik ve sosyo-ekonomik yapı bakımından büyük yöresel farklılıklar göstermesinden ötürü su-toprak kaynaklarının yönetiminde karşılaşılan sorunlar değişik biçimlerde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenledir ki su havzası yönetimi ülkemiz kaynaklarının devamlılığı ve sürdürülebilir kalkınma için çok önem taşımaktadır [10].

Ülkemizde ilk olarak 1958 yılında Kızılcahamam Su Toplama Havzası Uygulama Raporu ile havza yönetimi projesi uygulamaya alınmıştır. Daha sonraları Afyon Çaydere Yan Dereleri Su Toplama Havzası Uygulama Raporu, Gediz Havzası Turgutlu-Salihli Bölümü Havza Yönetimi Etüt Planlama Raporu, Çakıt Çayı Projesi, Yozgat Kırsal Kalkınma Projesi gibi çalışmalar yapılmıştır. Dünyada artık yaygın olarak havza yönetimi anlayışı ile kalkınma projeleri uygulanmaktadır. Dünya Bankası'nın geliştirmekte olan ülkelere maddi kaynak sağlama ve bilgi aktarımı konusunda çalışmaları mevcuttur. Artık devlet kuruluşları tarafından, yukarı havzalarda havza yönetimi çalışmaları uygulamasında temel olarak halkın katılımının sağlanması gerektiği kabul edilmektedir. 30-40 yıl önce devletin doğal kaynakları doğrudan kontrol altına alma çalışmalarını bugün yavaş yavaş yerini doğal kaynakların korunması için yöre halkının da doğrudan yönetimine ve yasalardan yararlanma görüşüne bırakmıştır. Çünkü doğal kaynakların devletin yerel kuruluşları tarafından zorla korunması çalışmaları istenilen sonuçların elde edilmesinde başarısızlıkla sonuçlanmıştır [11].

Ülkemizde gerçekçi bir havza yönetimi anlayışı bugüne kadar kabul görmemiş ya da uygulanması sağlanamamıştır. En son bu yönde 1993 yılında uygulamaya konulan Doğu Anadolu Su Havzası Rehabilitasyon Projesi de daha çok toprak koruma ve küçük ölçekli kalkındırma çalışmaları olarak değerlendirilebilecek bir projedir. Proje, halkın katılımının sağlanması esasında Türkiye’de ilk uygulamadır [12].

Havza yönetiminde çalışma birimi olarak seçilen havzalar büyüklükleri bakımından birkaç hektar olabileceği gibi binlerce hektarlık alanı da kapsayabilir. Su havzası yönetiminde amaca daha gerçekçi yaklaşım; su havzasındaki arazi kullanma ve su kaynaklarıyla ilgili sorunların çözümünde bir kaynağı göz önünde tutmak yerine birbirine bağlı ve bir arada değerlendirilmeleri gereken tüm kaynakları dikkate almak şeklinde olmalıdır. Planlanan havza alanı ekonomik fonksiyonlara bağlı kalındığında bölge sınırı ve mevcut etkileşimler kritik bir değer taşımaktadır. Bu değeri belirlemede kullanılan hidrolojik (fiziksel), yönetsel (politik) veya köy grubu (sosyal değerler) parametrelerinden bir veya bir kaçının kullanılmasının olumlu ve olumsuz yanları vardır. Genel bir kural olarak hidrolojik parametre tercih edilir. Tipik bir havza (100000-200000 ha) bir seri alt havzayı kapsar (5000-15000 ha) ve beş ile on arası mikro havzadan (500-2500 ha) oluşur. Deneyimler göstermektedir ki planlama için alt havza uygun olmaktadır [13].

Su havzası yönetiminin artık bir meslek disiplini içinde öğrenilmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Su havzası yönetiminin kapsamı bu kadar geniş olunca kişi, kurum ve kuruluşlar arasında başarılı bir koordinasyon ve süreçlere katılım ihtiyacının ortaya çıkacağı açıktır.

Gelişmekte olan ülkelerde kalkınma süreci yaşanırken planlama, üretim ve sonrasında doğal kaynakların kullanımı yerel sınırlar içerisinde düşünülerek sonuçta gerçekleşen olumlu ya da olumsuz çıktılar da bu varsayılan sınırlarla değerlendirmeye gidilmektedir. Yapılan tüm faaliyetlerin etkilerinin mevcut ve yakın havza sınırlarını da içerisine alan bir planlamayı gerektirmektedir. Bu nedenle su

havzası yönetimi prensipleri ülkelerin kalkınma planlarında en önemli yol gösterici olmalıdır.

Bütünsel bir kalkınma anlayışında her ne faaliyet yapılacak olursa olsun, en azından faaliyetin planlandığı havzada ekonomik, sosyal ve çevresel olumlu ya da olumsuz değişimler olması kaçınılmazdır.

Havza, doğal ve insani girdileri olan bir üretim sistemidir. Havzanın yüzey suyu, tarımsal, hayvansal ve orman kaynaklı ürünleri olur. Bu kazançlı işleyişin istenmeyen etkileri de vardır. Bunlar erozyona, toprak kaybından ötürü tarımsal üretimde azalmaya, kirletici kaynaklardan dolayı yüzey suyu kalitesinde düşüşe, su rejiminde değişimlere, taşkınların sıklaşmasına ve alanlarda turizmin azalmasına neden olabilmektedir.

Sürdürülebilir bir havza yönetiminin en son çözümlemede şu hususlara cevap vermesi beklenmelidir:

Arazinin ve doğal kaynakların uzun dönem sürdürülebilirlik ilkesine uygun olarak sektör ve alt sektörlerle tahsisi,

- a.Özel değeri olan arazilerin, doğal kaynakların ve oluşumlarının korunması,
- b.Tahrife uğramış ekosistemlerin, görsel değerlerin ve doğal kaynakların geri kazanımı,
- c.Alan ve doğal kaynak kullanımında rekabet eden ve uyumsuzluk yaratan durumlara çözüm,
- d.Doğal kaynakların sağladığı yarar ve fırsatların adil paylaşımını sağlama,
- e.Plan uygulamalarının etkilerini izleme ve değerlendirme süreçlerini tanımlama ve örgütleme.

2.3.1 Su havzası yönetiminin amacı ve yararları

- a.Doğal çevrenin bütünlüğünü, biyolojik çeşitlilik, su, toprak ve hava nitelikleri ve özellikli doğal oluşumlar da dahil korumak,
- b.Doğanın yeteneklerini tehlikeye düşürmeksizin verimli, çeşitlilik arz eden ve azami işlendirme sağlayan bir ekonomiyi gerçekleştirmek,
- c.Toplumun ve bireylerin yaşam niteliklerini geliştirmek.

Bu amaçların temelde sürdürülebilir kalkınmanın yukarıda sözü edilmiş bulunan üç bileşeniyle yakın ilgisi olduğu görülmektedir.

Havzalar, ister protokollerle veya proje birlikleri yaklaşımıyla, ister havza yönetim otoritesi yaklaşımıyla yönetilsin, bunun havza ve ülke kaynaklarını akılcı kullanmak anlamına geldiği açıktır. Zira bu yaklaşımların;

- a.Projeli ve planlı çalışma anlayışını ve alışkanlığını pekiştireceği,
- b.Koordinasyona, katılıma, demokrasiye, işbölümüne ve hatta uzmanlaşmaya teşvik sağlayacağı,
- c.Ülkenin hemen her yanına yetersiz düzeylerle dağılmış olan kamu hizmetlerinin ve bunlara ilişkin idari, teknik ve finansal gücün, belli coğrafyalarda yoğunlaştırılması ve bütünlük içerisinde kullanılması yoluyla ekonomi sağlayacağı kolayca anlaşılabilir hususlardır.

2.4. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)

Su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesine yönelik faaliyetler çerçevesinde, ülkemizin en büyük projelerinden biri olan GAP kapsamında, sulama ve enerji yatırımları gibi temel altyapı projeleri DSİ Genel Müdürlüğü'nce gerçekleştirilmektedir. Bu proje içerisinde, Gaziantep, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Siirt, Batman, Şırnak ve Kilis illerinin tamamı veya bir kısmı yer almaktadır. Cumhuriyet döneminin en büyük yatırımlarından ve entegre bir hüviyete sahip, dünyada benzeri az bulunan suya dayalı bir kalkınma projesi olan

GAP, 13 adet proje demetinden oluşmaktadır. GAP kapsamında yer alan projelerden 7'si Fırat ve 6'sı Dicle havzasında bulunmaktadır. Bu projeler kapsamında tesis edilecek; 22 baraj ve toplam kurulu güçleri 7476 MW olan 19 hidroelektrik santral ile yılda 27 milyar kWh hidroelektrik enerji üretimi ve 1,7 milyon hektar arazinin sulanması sağlanacaktır. Ayrıca, geliştirilen içme-kullanma ve endüstri suyu temini projeleri ile Gaziantep, Şanlıurfa ve Diyarbakır şehirlerinin su ihtiyaçları karşılanacaktır [14].

Ülkemiz ekonomisi için önceliği olan büyük projelerin başında da Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) gelmektedir. GAP projesinde yedisi Fırat Havzasında ve altısı Dicle Havzasında olmak üzere 13 büyük proje yer almaktadır. GAP'ta DSI projelerinin toplam maliyeti 18,3 milyar ABD dolarıdır. Bugüne kadar DSI'nce yaklaşık 9,5 milyar ABD doları harcanmıştır. Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamındaki enerji projelerinin yaklaşık % 70'i, sulama projelerinin ise yaklaşık % 12'si işletme halindedir. Halen ülkemizde enerji potansiyelinin % 35'i gerçekleştirilmiş olmasına karşın GAP'ta enerji sektöründe Türkiye ortalamasının iki misli gerçekleşme sağlanmıştır. Öte yandan ülkemizde sulama potansiyelinin % 55'i gerçekleştirilmiş ancak bu oran GAP'ta ortalamanın dörtte biri düzeyinde kalmıştır. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin entegre kalkınma projesi olması, GAP bölgesinin milli gelirden aldığı payın arttırılmasını ve gelir seviyesi artışının sosyal-kültürel gelişmeyi de beraberinde getirmesini öngörmektedir. Gelir seviyesi artışını sağlayacak temel faktör ise tarım sektörü olacaktır. Gerek sosyal hareketlilik (iç ve dış göç, v.b.) ivmesinin azaltılması, gerek sosyal-kültürel gelişmenin sağlanarak bölgesel farklılıkların azaltılması için tarım sektörü yatırımları bir an önce gerçekleştirilmelidir [14].

GAP'ın en geç 2010 yılına kadar tamamlanması Bakanlar Kurulu'nda 04.06.1998 tarih ve 98/11231 sayı ile kararlaştırılmıştır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü de bu doğrultuda çalışmalarını yapmış ve GAP'taki enerji ve tarım projelerinin 2010 yılına kadar tamamlanması hususunda 1999-2010 yıllarını kapsayan dönem içinde yıllık ödenek ihtiyacını belirleyip ilgili makamlara iletmiştir. Ancak, bugüne kadar yatırım

bütçesindeki GAP yatırım ödeneklerinin bu hedefleri gerçekleştirmeye yeterli olmadığı açıkça görülmektedir.

2030 Yılı hedefleri dikkate alınarak, sektörel bazda su kaynakları gelişimi değerlendirildiğinde; DSİ Genel Müdürlüğü tarafından günümüz itibariyle; sulamada %42 (2,7 milyon ha/6,5 milyon ha), hidroelektrik enerjide %35 ve içme-kullanma suyu temininde % 12 (2,1 milyar m³/ 17 milyar m³) oranında bir gelişim sağlanmıştır. Taşkın koruma ve kontrolü projelerinde ise gelişim daha az seviyelerdedir [14].

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından kuruluşundan itibaren gerçekleştirilen yatırımlarda sulama, içme suyu ve enerji sektöründe toplam 31 milyar ABD Doları harcama yapılmış olup, sulama sektöründe 23 milyar ABD Doları, içme suyu sektöründe 8 milyar ABD Doları ve enerji sektöründe 29 milyar ABD Doları olmak üzere toplam 60 milyar ABD Doları gelir elde edilmiştir [14].

2.5. Havzadaki Hidrolojik Unsurlar

1992 yılında Rio de Janerio’da düzenlenen B.M Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda vurgulanan önemli bir konu, su kıtlığı ve su kaynaklarının hatalı yönetiminden dolayı, büyük kentlerde sürdürülebilir gelişim ve kalkınmanın gerçekleştirilmesindeki zorluktur. Halen, dünyadaki birçok kentte su kıtlığı sorunları yaşanmakta ve güvenilir miktar ve kalitede içmesuyu sağlanamamaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarının geliştirilmesi ve yönetimi kapsamında ‘kentsel su temini’ ve ‘sürdürülebilir kentsel gelişim’ konuları, tüm gelişmiş ülkelerde ayrı bir program içinde ele alınıp değerlendirilmektedir.

Kentsel su temini konusunda en önemli zorluklardan biri de, yüzeysel su temini halinde içmesuyu haznelerini besleyen toplama havzalarının korunmasıdır. Konu çok boyutlu olmakla beraber, bu tür havzaların korunmasında öncelikle hidrolojik ve yasal unsurların değerlendirilmesi gereklidir.

İçmesuyu barajları, koruma alanlarındaki su toplama havzalarından gelen sularla beslenmektedir. Esas olarak su toplama havzası, hidrolojik çevrimin belirli unsurlarının olduğu bir ‘hidrolojik ortam’ niteliğindedir. Havzaya giren sular, farklı bölgelerden (atmosfer, yer yüzeyi, yer altı, ..) geçmekte, depolanmakta ve her bölgede farklı nicelik ve niteliklere sahip olmaktadır. Su döngüsünün sürekliliği ve bütünlüğü dikkate alındığında, içmesuyu haznelerini besleyen toplama havzalarında sadece yüzeysel akışın dikkate alınması hatalı ve yetersiz bir yaklaşımdır. Başka bir deyişle, toplama havzalarını besleyen tüm bölgeler (yer altı ve yerüstü) değerlendirilmeli; toplama havzası sadece yüzeysel topoğrafyaya bağlı olarak düşünülmemeli; aynı zamanda yer altı akış hatları da dikkate alınarak havza koruması yönündeki nihai kararlar bu çerçevede verilmelidir.

İçmesuyu haznesine gelen akım, dolaysız akış ve taban akışının toplamı olmaktadır. Ancak toplam akışın nicelik olarak yüzeysel akış, taban akışı ve yüzeyaltı akışı bileşenlerine ayrılması zordur. Bu nedenle içme suyu haznesinin korunmasının sadece yüzeysel akışlar dikkate alınarak sağlanması yeterli olmamaktadır [15].

2.6. Su Toplama Havzasının Hidrolojik Yönden Modellenmesi

Su toplama havzaları üzerine düşen yağışın şiddet-süre ve tekerrür değerlerine bağlı olarak yerüstü ve yer altı akışları meydana gelmektedir. Bunların sağlıklı bir şekilde ölçülmesi, sıkı bir şekilde takip edilmesi, ortaya çıkacak beklenmeyen artış ya da eksilmelerin doğru olarak ortaya konması gereklidir. Su toplama havzalarında hidrolojik çalışmaların yapılmasında, öncelikle taşkın hidrograflarının sağlıklı bir şekilde elde edilmesi mutlaka sağlanmalıdır. Bunun için derelerin bir çoğu üzerinde akım gözlem istasyonlarının kurulması gerekmektedir. Akım gözlem istasyonları bir kontrol kesitinin menbaya teşkil edilmeli ve mansap tarafındaki kabarmalar menba kesimini etkilememelidir.

Su toplama havzasında debi değerinin devamlı olarak kontrol altında tutulmasında büyük yararlar bulunmaktadır. Bu suretle gelen su miktarı devamlı olarak bilinir, alınacak önlemler önceden tahmin edilebilir, harcanacak su miktarı daha sağlıklı

olarak ortaya çıkarılabilir. Ayrıca; kontrol kesitlerinin memba kesimlerinde kurulacak olan yağış gözlem istasyonu, su toplama havzasında giren ve çıkan akımları ortaya koyabilecek olan ve havzanın matematik modeli olarak adlandırılacak bir bağıntının da elde edilmesine yarar sağlar.

Havza matematik modelleri son zamanlarda çok kapsamlı hale gelmiştir. Özellikle bilgisayar ortamında elde edilen matematiksel olanaklar, su toplama havzasının tüm davranışını önceden tanımlama olanağı vermektedir. Esas olarak, günümüzde geçerli olan entegre havza yönetimi yaklaşımının temel aracı havzanın sadece su miktarı değil, tüm yönleri ve kaynakları ile tanınmasına ve yönetim kararlarının böylelikle daha tutarlı olarak verilmesine olanak sağlayacak havza modelleri olmaktadır.

Su kaynaklarının yönetiminde, günümüzde yaşanan kapsam ve ölçek değişiklikleri nedeniyle, verilecek çok yönlü yönetim kararlarına bilimsel bir temel oluşturmak üzere, giderek daha yaygın bir şekilde havza modellerinden yararlanılmaya başlanmıştır. Yönetim problemlerindeki gelişmelere paralel olarak, günümüzde veri toplanması (uzaktan algılama ve uydu teknolojileri) ve bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişimler, bu modellerin bilgisayar program paketleri olarak tasarlanmasına yol açmıştır. Halihazırda su kaynaklarının yönetimi amacıyla geliştirilen çok sayıda ve oldukça kapsamlı bilgisayar modeli bulunmaktadır [15].

Bu modellerin amacı iki yönlüdür:

- a. İncelenen olaylara ait temel oluşum mekanizmalarının tanımlanması, böylelikle havzanın, su miktarı, su kalitesi, toprak kaynakları gibi tüm bileşenleri ve tüm etkileşimleri içerecek biçimde tanınması;
- b. Seçenek yönetim kararlarının model uygulamalarıyla irdelenmesi (senaryo üretimi) ve en uygun yönetim politikalarının belirlenmesi.

2.7. Yasal Nitelikli Modeller

Yasal düzenlemelerin su'ya ilişkin yaptırımlarının tanımlı bazı alanlar için geçerli olması ve planlamayı yönlendirecek suya yönelik kararların imar mevzuatında yer almayışı da planlama eğitiminin suyu göz ardı etmesinin nedenlerindendir. Aşağıda belirtilen yasal düzenlemelerden yalnızca Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Havza Koruma Yönetmeliği ve Kıyı Kanunu, ilgili alanlar için planlamayı yönlendirecek durumdadır.

- a.İçme ve kullanma suyu temin edilen yüzeysel su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması hakkındaki yönetmelik,
- b.Su kirliliği kontrolü yönetmeliği,
- c.Şehir ve kasaba içme suyu projelerinin hazırlanmasına ait yönetmelik,
- d.Havza koruma yönetmeliği
- e.Çevresel etki değerlendirmesi yönetmeliği
- f.DSİ gölet yönetmeliği
- g. Kanalizasyon işlerinin planlanması ve projelerinin hazırlanmasına ait talimatname
- h.Kıta içi su kaynaklarının kirlenmesinin kontrolü hakkındaki şartname
- ı.Kıyı kanunu

İçme ve kullanma suyu temin eden su toplama havzalarının korunması ile ilgili çok sayıda kanun ve yönetmelik mevcuttur. Bunların içerisinde en kapsamlı olan 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'dir. Söz konusu yönetmelikte içme suyu rezervuarını kirlenmeye karşı korumak amacıyla; a) mutlak koruma alanı; b) kısa mesafeli koruma alanı; c) orta mesafeli koruma alanı; d) uzun mesafeli koruma alanı oluşturulmuştur.

Mutlak koruma alanı göl maksimum su seviyesinden itibaren 100m'lik mesafededir. Kısa mesafeli koruma alanı bu sınırın üzerine 900m ilave edilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Orta mesafeli koruma alanı ise kısa mesafeli koruma alanına 1 km

ilavesiyle elde edilir. Uzun mesafeli koruma alanı ise su toplama havzasının tümünü teşkil etmektedir [16].

Su toplama alanlarında günümüzde rastlanan en önemli sorun, havzadaki çeşitli faaliyetler nedeniyle içmesuyu haznesini besleyen yüzeysel suların kirlenmesi ve dolayısıyla, haznede güvenli nitelikte içmesuyunun temin edilememesidir. İkinci bir sorun da, kirliliğin önlenmesi amacıyla havza halkının faaliyetlerine çeşitli kısıtlamaların getirilmesi ve bunların da yöre halkını çoğu zaman mağdur duruma sokmasıdır. Bu açıdan başka bir konu ise, içmesuyu haznesini besleyen derelerde mutlak koruma alanı niteliğinde dere mutlakların tanımlanmasıdır. Örneğin; Tahtalı Havzasında dere mutlaklar, dereler etrafında 200m mesafede tanımlanmakta ve bu bölgelere oldukça sıkı yasaklar getirilmektedir. Dereler birbirine çok yakın olup, bu yasaklı bölgeler kesiştiğinde ise havzanın önemli bir bölümünde halkın faaliyetlerine kısıtlama getirilmiş olmaktadır.

2.8. Su Toplama Havzasında Kalite Bozulması

Günümüzde özellikle büyük şehirlerde içme ve kullanma suyu sağlayan yer altı su kaynakları tamamen tükenmiş olup, artık yüzeysel su kaynaklarına yönelinmiştir. Bu durumda yüzeysel su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması büyük önem kazanmıştır. Konuyla ilgili temel sorunlar kısaca şöyle özetlenebilir.:

a. Önemli alanlara sahip su toplama havzalarının memba kesimleri genellikle tarım alanlarını kapsamaktadır. Bu kesimlerde kullanılan tarımsal ilaçlar için öncelikle çeşitli denemeler yapılmalı ve yüksek miktarda buharlaşan ve daha sonra yağışlarla içmesuyu rezervuarına düşerek kirlenmeye neden olan ilaç türlerinin alternatifleri belirlenmelidir. Zira kullanılan tarımsal ilaçlar, toprak ve iklim koşulları etkisiyle değişik davranışlar sergilemektedir.

b. Su toplama havzalarında pestisit kullanımını tam olarak yasaklamak ya da ortadan kaldırmak mümkün olmadığına göre, kullanılan pestisitlerin hangi alanda kaldığı dikkate alınarak yarı ömürlerine göre cinsleri tayin edilmelidir.

c. Sera ve bahçelerdeki sulamaların damlama yerine sprinkler ile yapılması, toprağın ve yer altı suyunun kirlenmesini belirli ölçüde önlemektedir. Zira damlama sulamada herhangi bir anda verilen fazla miktardaki ilaç ve gübre, toprağın ve yer altı suyunun birdenbire kirlilik ile yüklenmesine neden olmaktadır. Yağmurlama usulü sulamada ise gübre ve ilaç dozlamasının toprağa ve yer altı suyuna etkisi daha olumlu yöndedir. Su toplama havzalarında yağmurlama sulamalar, damlama sulamalara göre teşvik edilmelidir.

d. İçme suyu temin eden su toplama havzalarında insan ve hayvan atıkları ile tarım ilaçlarından kaynaklanan azot değeri çok yükselmekte; doğada azot/fosfor oranı 16/1 iken bu değeri 500/1 mertebelerine ulaşmaktadır (fosfor toprakta tutulduğundan fosfor için fazla bir artış söz konusu olmamaktadır). Böylece alg üretmesi ile beraberinde koku problemi ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla içmesuyu haznesine giren su kalitesi bozuk olmakta, ancak hazneden çıkan su söz konusu olaylar ile daha da kötü olmaktadır. Yukarıda belirtilen olumsuzlukların önlenmesi için azotun yağışla taşınımını önleyici olması bakımından havzada toprak muhafaza tedbirlerinin eksiksiz olarak alınması gereklidir.

e. Su toplama havzalarında çeşitli nedenlerle ortaya çıkan akut veya kronik kirlilik durumlarının önlenmesi için havzada muhafaza ormanı teşkili çok yararlı bir önlemdir.

2.9. Önlemler

Her bir koruma alanında alınması gereken önlemler 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilmiştir. Bu önlemler içme suyu toplama havzasına uygulanması ile kirlilik yükü oldukça düşük tutulabilecektir.

2.9.1. Mutlak koruma alanında

Aşağıda belirtilen koruma tedbirleri alınır:

a. Koruma alanı içinde kalan bölge, su tutma yapısını halihazırda yapan veya yapacak idarece kamulaştırılır. Doğal göllerde ise kamulaştırma suyu kullanan idare/idarelerce yapılır. Mevcut içme ve kullanma suyu amaçlı yapay ve doğal göllerin mutlak koruma alanının kamulaştırılması suyu kullanan idare veya idarelerce yapılır.

b. İçme ve kullanma suyu projesine ve mevcut yapıların kanalizasyon sistemlerine ait mecburi teknik tesisler hariç olmak üzere, bu alanda hiçbir yapı yapılamaz. Bu alanda kalan mevcut yapılar dondurulmuştur.

c. Çevre düzeni planına uyularak, bu alan içinde gölden faydalanma, piknik, yüzme, balık tutma ve avlanma ihtiyaçları için cepler teşkil edilir. Bu cepler su alma yapısına 300 metreden daha yakın olamaz.

d. Kamulaştırmayı yapan idarece gerekli görülen yerlerde alan çitle çevrilir veya koruma alanı teşkil edilir.

2.9.2. Kısa mesafeli koruma alanında

a. Turizm, iskan ve sanayi yerleşmelerine izin verilemez.

b. Her türlü katı atık ve artıkların depolanmasına ve atılmasına izin verilemez.

c. Bu Yönetmeliğin 17. maddesinin (b) bendinde anılan mecburi teknik tesisler ile 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu kapsamına giren uygulamalar dışında hafriyat yapılamaz.

d. Sıvı ve katı yakıt depolarına izin verilemez. Bu alanda kalan mevcut yapılar dondurulmuştur. Dondurulan binalarda mevcut oturma alanında değişiklik yapmamak, kullanım maksadını değiştirmemek ve dış cephede mimari değişiklik yapmamak şartıyla gerekli tadilat ve bakım yapılabilir.

e. Bu alanın rekreasyon ve piknik amacıyla kullanılmasına dönük kamu yararlı ve günü birlik turizm ihtiyacına cevap verecek, sökülüp takılabilir elemanlardan meydana gelen, geçici nitelikte kır kahvesi, büfe gibi yapılara, suyu kullanan idarece onanmış çevre düzeni ve uygulama planlarına ve plan kararlarına uygun olarak izin verilebilir.

f. Bu alanda yapılacak ifrazlardan sonra elde edilecek her parsel 10000 m² den küçük olamaz. (e) bendinde belirtilen nitelikteki yapıların kapalı kısımlarının toplam alanı her parselde 100 m² yi geçemez.

g. (e) bendinde belirtilen yapıların atık suları, Sağlık Bakanlığının 13/3/1971 tarihli ve 13783 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren, Lağım Mecrası İnşası Mümkün Olmayan Yerlerde Yapılacak Çukurlara Ait Yönetmelik hükümlerine göre yapılacak olan sızdırmaz nitelikteki fosseptiklerde toplanır ve atık su altyapı tesisine verilir.

h. Suni gübre ve tarım ilaçları kullanmamak şartıyla, hayvancılık ile ilgili yapılar hariç olmak üzere kontrollü otlatmaya ve diğer tarımsal faaliyetlere Tarım ve Köyişleri Bakanlığının kontrol ve denetiminde izin verilir. Ayrıca erozyonu azaltıcı metodların uygulanması esastır.

ı. Zorunlu hallerde, imar planı gereği yapılacak yolların bu alandan geçecek olan kısımlarında sadece ulaşım ile ilgili işlevlerine gerekli tedbirlerin alınması şartı ile izin verilebilir. Dinlenme tesisi, akaryakıt istasyonu ve benzeri tesisler yapılamaz.

j. Bu alanda 4/9/1988 tarihinden veya kaynağın içme ve kullanma suyu kapsamına alındığı tarihten önce mevcut olan yerleşim ve sanayi tesislerinden kaynaklanan atık suların havza dışına çıkartılması esastır.

2.9.3. Orta mesafeli koruma alanında

a. Bu alanda hiçbir sanayi kuruluşuna ve iskana izin verilemez.

b. Bu alanda yapılacak ifrazlardan sonra elde edilecek her parsel 5000 m² den küçük olamaz. Bu parsellerin tapu ve kadaströ veya tapulama haritasında bulunan bir yola, yapılan ifrazdan sonra en az 25 metre cephesi bulunması mecburidir.

c. Bu alanda bulunan parsellerde sıhhi ve estetik mahzur bulunmadığı takdirde; parsel sathının %5 inden fazla yer işgal etmemek, inşaat alanları toplamı 2 katta 250 m² yi, saçak seviyelerinin tabii zeminden yüksekliği $h = 6,50$ metreyi aşmamak, yola ve parsel sınırlarına 5 metreden fazla yaklaşmamak şartı ile, bir ailenin oturmasına mahsus bağ veya sayfiye evleri yapılmasına izin verilebilir. Bu alanda ayrıca, yerleşik halkın ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla entegre tesis niteliğinde olmayan mandıra, kümes, ahır, ağıl, su ve yem depoları, hububat depoları, gübre ve silaj çukurları, arı haneler ve un değirmenleri gibi konut dışı yapılara, mahreç aldığı yola 10 metreden, parsel hudutlarına 5 metreden fazla yaklaşmamak ve inşaat alanı kat sayısı % 40 ı ve yapı yüksekliği $h = 6,50$ metreyi geçmemek şartı ile suyu kullanan idarece izin verilebilir. Beton temel ve çelik seralar yaklaşma mesafelerine uyulmak şartı ile inşaat alanı katsayısına tabi değildir. Beton temel ve çelik çatı dışındaki basit örtü mahiyetindeki seralar ise yukarıda belirtilen çekme mesafeleri ve inşaat alanı katsayısına tabi değildir. Bu tesisler hakkında başka bir amaçla kullanılmayacağı hususunda tesis sahiplerince Valiliğe noter tasdikli yazılı taahhütte bulunulması ve uygun görüşünün alınması gerekmektedir. Bu maddede anılan yapılar ilgili Bakanlık ve kuruluşlarca hazırlanmış bulunan 1/50 veya 1/100 ölçekli tip projeler üzerinden yapılabilir. Ayrıca tüm yapıların imar mevzuatına uygun olarak yapılması gerekir.

d. (c) bendinde belirtilen tesislerin atık suları, ancak teknik usuller tebliğinde verilen sulama suyu kalite kriterlerine uygun olarak arıtıldıktan sonra sulamada kullanılabilir.

e. Bu alanda galeri yöntemi ile patlatmalar, kırma, eleme, yıkama, cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemleri yapılamaz. Madenlerin çıkarılmasına; sağlık açısından sakınca bulunmaması, mevcut su miktar ve kalitesini bozmayacak ve alıcı ortama

atık su deşarjı oluşturmeyacak şekilde çıkartılması, faaliyet sonunda arazinin doğaya geri kazandırılarak terk edileceği hususunda faaliyet sahiplerince noter tasdikli, yazılı taahhütte bulunulması şartları ile Bakanlıkça izin verilebilir.

f. Bu alanda suni gübre ve tarım ilaçları kullanılamaz.

g. Bu alanda hiçbir surette katı atık ve artıkların depolanmasına ve atılmasına izin verilemez.

h. İmar planı gereği yapılacak yolların bu alandan geçirilecek kısımlarında sadece ulaşım ile ilgili fonksiyonlarına izin verilir. Akaryakıt istasyonu yapılamaz.

ı. Bu alanda 4/9/1988 tarihinden veya kaynağın içme ve kullanma suyu kapsamına alındığı tarihten önce mevcut olan yerleşim ve sanayi tesislerinden kaynaklanan atık suların havza dışına çıkartılması esastır.

2.9.4. Uzun mesafeli koruma alanında

İçme ve kullanma suyu rezervuarının yukarıda tanımlanan koruma alanlarının dışında kalan su toplama havzasının tümü uzun mesafeli koruma alanıdır. Bu alanda aşağıda belirtilen tedbirler alınır.

a. Bu alanın, orta mesafeli koruma alanı sınırından itibaren yatay olarak 3 kilometre genişliğindeki kısmında tamamen kuru tipte çalışan, tehlikeli atık üretmeyen ve endüstriyel atık su oluşturmeyen sanayi kuruluşlarına izin verilebilir. Bu tesislerden kaynaklanacak katı atık ve hava emisyonunun rezervuarın kalitesini etkilemeyecek ölçüde ve şekilde uygun bertarafının sağlanması gerekir. Çöp depolama alanlarına ve bertaraf tesislerine izin verilmez. Turizm ve iskana 19. maddede belirlendiği şekilde izin verilir.

b. Bu alanda galeri yöntemi patlatmalar, kimyasal ve metalurjik zenginleştirme işlemleri yapılamaz. Madenlerin çıkarılmasına; sağlık açısından sakınca

bulunmaması, mevcut su kalitesini bozmayacak şekilde çıkartılması, faaliyet sonunda arazinin doğaya geri kazandırılarak terk edileceği hususunda faaliyet sahiplerince Bakanlığa noter tasdikli yazılı taahhütte bulunulması şartları ile izin verilebilir.

Bu alandaki faaliyetlerden oluşan atık suların; Yönetmelikteki ilgili sektörün alıcı ortama deşarj standartlarını sağlayarak havza dışına çıkartılması ya da geri dönüşümlü olarak kullanılması şartıyla izin verilebilir. Ancak teknik ve ekonomik açıdan mümkün olmayan durumlarda atık suların ileri arıtma teknolojileri kullanılıp Sınıf I su kalitesine getirilmesi şartıyla havza içine deşarjına Bakanlığın uygun görüşü alınarak izin verilebilir.

c. (a) bendinde belirtilen alanın bittiği yerden itibaren su toplama havzasının sınırına kadar olan alandaki faaliyetlere, oluşan atık suların Yönetmelikteki Tablo 5'ten Tablo 21'e kadar olan deşarj standartlarını sağlayarak havza dışına çıkarılması veya geri dönüşümlü olarak kullanılması şartıyla izin verilebilir. Ancak teknik ve ekonomik açıdan mümkün olmayan durumlarda, atık suların ileri arıtma teknolojileri kullanılarak Sınıf II su kalitesine getirilmesi şartıyla havza içine deşarjına izin verilebilir.

Bu alanda çöp depolama ve bertaraf alanlarının kurulması Bakanlığın uygun görüşü alınarak yapılabilir. Ancak, 4/9/1988 tarihinden veya kaynağın içme ve kullanma suyu kaynağı kapsamına alındığı tarihten önce mevcut olan, uzun mesafeli koruma alanındaki yerleşimlerin atık sularının ileri arıtma teknolojileri kullanarak Sınıf III su kalitesine getirilmesi şartıyla havza içine deşarjına izin verilebilir.

İçme ve kullanma suyu temin edilen su kaynaklarının su toplama alanlarının çok büyük olması veya akış yukarısında başka bir baraj bulunması gibi sebeplerden dolayı uzun mesafeli koruma alan sınırı Bakanlıkça kısıtlanabilir.

Ancak bir su toplama havzasında gerekli önlemlerin en başında, o havza için çevre düzeni planının öncelikle yapılması gerekmektedir. Bir havza eğer içmesuyu amaçlı

olarak planlanıyorsa, bu takdirde en kısa sürede çevre düzeni planı yapılmalıdır. Bir nazım plan niteliği taşıyan çevre düzen planı, aynı zamanda belediyelerin imar planlarına yön gösterici ve emredici mahiyet taşımaktadır. Plan hükümlerine uyulması ile düzensiz ve kaçak yapılaşma önlenilecek, şehirlerin gelişme stratejileri başka bölgelere yönlendirilecektir. Havzada mevcut sanayi ve tarım ile köy gelişme alanları belli bir program dahilinde ve geniş bir takvim sürecinde düzenlenecek, nakiller yapılabilecektir.

Esas olarak, içmesuyu haznelerinin beslenme havzalarında bir entegre havza yönetimi yaklaşımının uygulanması zorunludur. Bu yaklaşımın teknik olarak temel elemanları, havza ile ilgili tüm bilgileri içeren bir veri tabanı (database veya havza bilgi sistemi); havzadaki tüm süreçleri (yağış-akış dönüşümü, hidrolojik olaylar, su kalitesi, sediment taşınımı) simüle eden entegre havza modelleri ve veri tabanı ile modeli entegre eden ve tüm alansal değerlendirmelere olanak sağlayan (CBS) Coğrafi Bilgi Sistemi'dir. Teknik altyapının dışında da havzada tüm kurumsal, yasal, ekonomik ve toplumsal yapı değerlendirilmeli; bunun da ötesinde tüm kurumlar ve havza halkı, havzaya ilişkin sorunlar ve yapılması gerekenler konusunda bilinçlendirilmelidir.

Entegre yönetim yaklaşımı için üç temel işlevin yerine getirilmesi zorunludur.

- a. Yönetim için teknik altyapının oluşturulması; havza bilgi sisteminin kurulması; veri tabanı+model+CBS karar sisteminin çalıştırılması,
- b. Sorunun kurumsal ve yasal yönleriyle bir bütün olarak ele alınması, sonuçta bir havza idaresinin kurulmasını sağlayacak çalışmaların yapılması,
- c. Havza ile ilgili sorunlar ve gerekli çözümler hakkında yöre halkının bilinçlendirilmesi; bu kapsamda teknik altyapı konusunda idareci kurumların da eğitilmesi,

Ülkemizde su ve toprak kaynakları potansiyelinin nicelik ve nitelik olarak belirlenmesine yönelik ilk çalışmalara bazı yörelerde, zamanın sınırlı teknik ve

ekonomik imkanlarıyla, 1930'lu yıllarda başlanmıştır. Ancak, konunun bilimsel düzeyde ele alınması, havza bazında yerüstü ve yer altı suyu potansiyeli ile toprak kaynağı potansiyelinin belirlenmesi, yağış, sıcaklık ve diğer bazı meteorolojik verilerin düzenli bir şekilde toplanması, değerlendirilmesi ve yayınlanması çalışmaları 1950'li yıllarda başlayarak günümüze kadar devam etmiştir. Bu tarihten itibaren kurulan bazı kurum ve kuruluşları, sürekli gelişen ihtiyaç ve talepleri göz önünde bulundurarak, su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi, ülke ekonomisinin istifadesine sunulması ve yönetiminde değişik görevler üstlenmişlerdir.

Mevcut durumda, ülkemizde su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi ve yönetiminde, kaynakların rasyonel kullanımına ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik politikaların etkin bir şekilde uygulandığını söylemek mümkün değildir. Bunun temel nedeni, kurumsal yapıda ve yasal mevzuattaki yetersizlikler ve boşluklar olarak gösterilebilir. Ayrıca, havza bazında kaynak yönetim modeli çok iyi tanımlanmamış olduğundan, bazı yörelerde sektörler arasında çok büyük dengesizlikler oluşmaya başlamıştır. Bugün ülkemizde, toplam yıllık su tüketiminin %73'ünün sulamada kullanıldığı ve gelecekte yeni sulama projelerinin işletmeye açılması ile bu oranın %80'lere yükselmesinin muhtemel olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, tarım arazilerinin tarım dışı amaçlarla kullanımının önlenmesinde ve su kaynaklarının çevresel etkilere karşı korunmasında bugün karşılaşılan güçlüklerin, ileride giderek daha büyük sorunlara dönüşmesi de ihtimal dahilinde gözükmemektedir. Bugün için ülkemizde su kaynaklarının, sürdürülebilir kalkınmanın genel ilkelerine uygun düşecek şekilde geliştirilmesi ve yönetiminden sorumlu kamu kurum ve kuruluşları arasında gerekli koordinasyon yeterince sağlanamamaktadır. Bu durum, kuruluşların kendi faaliyet alanları dahilinde birbirinden bağımsız projeler geliştirmelerine yol açmaktadır [17].

Entegre bir biçimde yönetilen su kaynakları ile ekonomik kalkınma ve sosyal refah arasındaki kuvvetli ilişkilerin varlığı bilinmesine rağmen, ülkemizde bu kaynakların sürdürülebilir anlamda kullanımına yönelik politikaların gerçekleştirilmesi genellikle başırlanamamıştır. Bunun bir sonucu olarak, yerüstü ve yeraltı sularının çeşitli amaçlara yönelik olarak kullanımlarında, ihtiyaç-kaynak dengesinin bozulmasının

beraberinde getirdiği çevresel etkiler, bu kaynakların doğal dengesini nicelik ve nitelik olarak zorlamaktadır [18].

Yeryüzündeki toplam su miktarının bilinen tarih boyunca aşağı yukarı sabit bir değere sahip olduğu kabul edilmekte ise de, taşkın ve kuraklık periyotları, yararlanılabilecek su kaynaklarının tam olarak kontrol edilebilmesine engel olmuştur. İnsanlığın bugün ulaştığı gelişme çizgisinde, hızlı nüfus artışı, sulu tarımın yaygınlaşması ve endüstriyel kalkınma, doğal sistemi nicelik ve nitelik yönünden zorlamaktadır. Giderek artan sorunlar nedeniyle, su kaynakları veya herhangi bir doğal kaynak için, insanoğlu artık kullan ve gerisini düşünme yaklaşımını terk etmesi gerektiğini anlamaya başlamış bulunmaktadır. Sonuç olarak, su kaynaklarının rasyonel yönetimi için uyumlu bir politikaya duyulan ihtiyaç açıkça ortaya çıkmış ve Dünya genelinde kabul görmüştür.

Su kaynakları Yönetimi, su kaynakları ile ilgili ihtiyaçların belirlenmesi ve planlanması, rasyonel su kullanımı, kapsamlı gözlem, etkin koruma için gerekli koşulların ve yöntemlerin tamamını bünyesinde toplayan bir bütündür. Bu bütün içinde, mevcut ve planlanmış su kaynakları projelerinin uzun vadeli olarak yönlendirilmesi ve değerlendirilmesi; mevcut su kaynakları sistemlerinin verimli işletilmesi ve rehabilitasyonu konuları yer alır. Bu faaliyetlerin hepsine, toplum ve onun sürdürülebilir anlamda kalkınması temel teşkil ederken; yerel, bölgesel, küresel boyutlu çevresel ve biyofizik oluşumlarda ve yönlendirilmede suyun rolü göz önünde tutulur [19].

Suyun yeterli miktar ve kalitede, istenen yer ve zamanda teminini güvence altına almak ve insan yaşamı ve faaliyetlerini suyun zararlı etkilerinden korumak için çok değişik içerik ve kapsamda su kaynakları projeleri geliştirilebilmektedir. Bir su kaynağı projesi ve sistemi, mevcut su kaynaklarının insanın kullanımına sunulmak üzere geliştirilmesi veya iyileştirilmesi amacına yönelik, yapısal unsurlar içeren veya içermeyen bir önlemler ve faaliyetler grubunu temsil eder. Su kaynağı sistemin temel eleman durumunda olduğu Su Kaynakları Yönetimi'nin ana hedefleri, aşağıdaki şekilde tanımlanabilmektedir.

- a. Yerüstü ve yer altı sularının mevcut ve gelecekteki durumlarının miktar ve kalite olarak belirlenmesi, temin edilme imkanlarının değerlendirilmesi,
- b. Toplumun su talebinin belirlenmesi, planlanması ve düzenlenmesi,
- c. Su bilançolarının oluşturulması, dengelerdeki devamlılığı sağlayacak unsurların derlenmesi ve su kaynaklarının rasyonel kullanımına yönelik uzun vadeli bir stratejinin geliştirilmesi,
- d. Tükenme ve kirlenmeden korunmaları için su kaynaklarının durumunun takibi,
- e. Su kaynağı sistemlerinin planlanması,
- f. Su kaynağı sistemlerindeki proseslerin ve işletme koşullarının önceden tayini,
- g. Miktar ve kalite olarak suyun temin edilebilirliğinin artırılması,
- h. Çok amaçlı su kullanımının mümkün kılınması, amaç önceliklerinin saptanması ve tahsislerin yeniden değerlendirilmesi,
- ı. Rasyonel su kullanımının geliştirilmesi,
- j. Suların doğal potansiyelinin sürdürülmesi ve korunması,
- k. Yönetimsel unsurlardan, ekonomik araçlardan (örneğin; fiyatlandırmalardan, cezalardan), yasalar ve yönetmeliklerden yararlanılması [20].

Su Kaynakları Yönetimi kapsamında yer alması gereken konulardan birçoğu DSİ faaliyetlerini yakından ilgilendirmekte olduğundan, entegrasyon işlevi bu kuruluş bünyesinde bir ölçüde kendiliğinden yerine gelebilmektedir. Bununla birlikte; gerekliliği giderek artan bir şekilde kabul gören sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için, Türkiye açısından önem arz eden entegrasyon elemanlarının somut bir şekilde tanımlanması ihtiyacının doğduğu ifade edilebilir. Bu doğrultuda, başta DSİ olmak üzere, Su Kaynakları Yönetimi kurumsal yapısında yer alan kuruluşların kendi bünyelerinde ve ilgili kuruluşlar arasında entegrasyon yaklaşımına yer verilmesi sürecinin başlatılmasında yarar görülmektedir. Halen Türkiye’de aralarında yeterince entegrasyon sağlanamayan konular şu şekilde sıralanabilir.

- a. Su kaynakları ve bu kaynaklar ile yakından ilgili diğer doğal kaynakların (toprak, orman, doğal turistik değerler) gelişim planları,

- b. Yer altı suları rezerv ve dinamiğinin yüzey suları ile olan etkileşimi dikkate alınarak, kaynak koordinasyonu yapılması,
- c. Yüzey ve yer altı sularının deniz kıyısı sularına etkisini dikkate alacak şekilde kıyı suları yönetimi esaslarının belirlenmesi,
- d. Su kullanımı ve atık su uygulamalarının su kalitesi üzerindeki etkileri ile kirlenmelerin değişik amaçlı su teminleri üzerindeki etkilerini değerlendiren kalite yönetimi,
- e. Çeşitli amaçlara yönelik su teminlerine baz olmak üzere, yenilenebilir yerüstü ve yer altı tatlı su potansiyelinin sağlıklı ve sistematik bir şekilde belirlenebilmesi için uygun hidrolojik yöntemlerin geliştirilmesi,
- f. Her bir kullanım konusu bazında, kümülatif olarak gideren büyüyen küçük su işi ve gölet depolaması kullanımları da dahil edilerek, mevcut kullanımlar ile uzun vadeli kullanımlar için ayrıntılı ve sağlıklı projeksiyonlar yapılması,
- g. Bağımsız akarsu havzaları bazında, mevcut ve gelecekteki ihtiyaçlara göre su bilançolarının oluşturulması, tahsis ve yeniden kullanım esaslarını belirleyen havza yönetim birimlerinin teknik ve kurumsal anlamda oluşturulması.

Havza yönetim modeli için nehir havzası sınırları dikkate alınarak;

- a. Ülkemizde su kaynakları yönetiminden sorumlu kurum ve kuruluşların çalışmaları gözden geçirilerek bunların uyumlu hale getirilmesi için gerekli işlemler yapılmalı,
- b. Membadan başlayarak en ağırlıklı bölgede koordinatörlük tesis edilmeli,
- c. Yukarı havza problemleri (taşkın, erozyon v.b) detaylı olarak ele alınmalı,
- d. Havzadaki içme, kullanma, endüstriyel, tarımsal ve enerji amaçlı mevcut su kullanımları ve uzun vadeli ihtiyaçlar belirlenmeli,

- e. Havza sınırları içerisinde mevcut yerleşim yerleri, sanayi bölgeleri, maden işletme alanları, sit alanları ve özel koruma bölgeleri, sulak alan, milli parklar v.b ve bunların su ihtiyaçları belirlenmeli,
 - f. Kaynakların mevcut kirlilik durumları ve kirlilik nedenleri belirlenmeli (evsel, endüstriyel ve tarımsal),
 - g. Mevcut YAS ve yüzeysel su potansiyeli belirlenmeli,
 - h. Mevcut orman sınıfları belirlenmeli,
 - ı. Sulama talebi olan ve aynı zamanda ekonomik olarak sulanabilecek araziler tespit edilmeli,
 - j. Havza bazında hidroelektrik potansiyel belirlenmeli,
 - k. Mevcut taşkın sorunu belirlenmeli,
 - l. Çevre ve turizm açısından (rafting, yeni sulak alan oluşturulması v.b) potansiyele sahip yerler belirlenmeli,
- ve bu hedefler öncelik sırasına konulmalıdır.

Yukarıda bahsedilen yönetim modeli elemanlarının incelenmesinden de anlaşılacağı üzere bu konuda pek çok kurum, kuruluş ve yerel yönetimle birlikte en önemli görev, DSİ Genel Müdürlüğü'ne düşmektedir. Çünkü, 6200 sayılı Kuruluş Kanunu, 167 sayılı Yer altı Suları Hakkında Kanun, 1053 sayılı Ankara, İstanbul ve Nüfusu 100000'den Yukarı Olan Şehirlerde İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun'lar ile ülkenin su ve toprak kaynaklarının yönetiminden sorumlu olan DSİ Genel Müdürlüğü'ne ayrıca, Kuruluş Kanunu'nun 2(h) maddesi, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 2(ğ) ve 5. maddeleri ile Havza Planları'nı hazırlama görevi verilmiştir. Bu bağlamda; bazı yörelerde kaynak kullanımında sektörler arasında oluşan dengesizlikleri düzeltmek, mevcut taleplerin karşılanmasının öncelikli olduğu Su Kaynakları Yönetimi'nin revize edilmesi ve su kaynaklarının kirlenmesini engellemek için gerekli önlemlerin alınmasını sağlamak amacı ile DSİ Genel Müdürlüğü tarafından havza planları hazırlama çalışmaları başlatılmıştı. Bu kapsamda; ilk pilot çalışma bölgesi olarak Kayaş-Bayındır Barajı seçilmiştir.

2.10. Uluslararası Hukuk Yönünden

Sınır aşan ve uluslar arası sular hakkında son asır içinde geliştirilen bazı teoriler uluslararası su hukukunun çerçevesini oluşturmada ana materyaller olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu teoriler başlıca üç başlık altında toplanabilir.:

a. Mutlak toprak egemenliği teorisi : ABD Adalet Bakanı Harmon tarafından 1895'te ABD ve Meksika arasındaki Rio Grande nehri ile ilgili tartışmalar nedeniyle geliştirilmiş bir doktrindir. ABD'den Meksika'ya geçen Rio Grande nehrinin daha fazla su talep eden Meksika'ya karşı Harmon'ın kaleme aldığı bildiri mutlak egemenlik haklarını savunuyordu. Mutlak toprak egemenliğine göre bir nehir hangi ülkeden doğmuşsa o ülkenin onun üzerinde mutlak hakimiyeti söz konusudur [21].

Gerçekte uluslar arası platformlarda pek sahip çıkılmasa da Mutlak Toprak Egemenliği ilkesi son yıllara kadar geçerli bir doktrindi.

b. Mutlak toprak bütünlüğü ilkesi : Buna göre aşağı havza ülkeleri yukarı havza ülkesinden kendi topraklarına geçen sularla ilgili hak talep edebilir. Bir devlet başka ülkeden geçen suların kendi topraklarına ulaşmasını isteyebilir. Yukarı havza ülkesi bu suların doğal akışını değiştiremez. Bu teori ile aşağı havza ülkelerinin hakkı savunulmaktadır. Ancak bu teori de birincisi gibi fazlaca eleştirilmektedir. Zira yukarı havza ülkesinin geçerli olabilecek tabii düzenlemelerine de karşı çıkabilme imkanını vermektedir.

c. Sınırlı toprak egemenliği teorisi : Bir ülke, kendi topraklarından geçen suyu başka kıyıdaş ülkelerin topraklarına ve çıkarlarına zarar vermemek şartıyla serbestçe kullanabilir. Burada karşılıklı haklar ve zorunluluklar esastır. Günümüzde geçerliliği yaygın olan ilke budur. Burada bir egemenlik hakkının sınırlaması da söz konusu olduğundan bu ilke de tartışılır olmaktadır. Egemenliğin isteğe bağlı olarak gerçekleşmesi ve bir anlaşma ortaya konması gerekmektedir [21].

Bu son teori bir anlamda havza teorisidir. Havza teorisi sadece suları göz önüne almaz; o suların zenginleştiği havzaları dikkate alır. Havza ortaklığı olan ülkeler hakça kullanımdan yararlanabilirler. Bu ilkeyi havza doktrini olarak geliştirmek daha yararlı olacaktır.

Uluslar arası su yollarının ulaşım dışı kullanımı konusunda hukuk kuralları henüz tam oluşmuş değildir. Ancak son yıllarda bu konudaki spekülasyonların çok arttığı görülmektedir.

Harmon doktrini olarak ifade edilen görüşe göre; devletler kendi topraklarından geçen sınır aşan sular üzerinde her türlü tasarrufta bulunabilir. Hatta bu suyu tamamen kullanarak mansap ülkelerine hiç su bırakmayabilirler. Amerika Birleşik Devletleri ile Meksika arasında sınır değiştiren bir su olan Rio Grande Nehri'nin kullanımına ilişkin uyuşmazlıkta, Amerikalı hukukçu Judson Harmon devletlerin topraklarından geçen sularla ilgili hükümler hakkının mutlak olduğunu, sınırlama getirilemeyeceğini ve bu hususun uluslar arası hukukun ana ilkesini teşkil ettiğini iddia etmiştir. Harmon Doktrini, ABD ile Meksika arasında 1906 yılında imzalanan anlaşmaya hakim olmuştur. Anlaşmanın 4. maddesinde “anlaşmaya göre bırakılan sular, Meksika tarafından sözkonusu sulara ilişkin olarak yapılmış taleplerin ABD’nce tanındığı anlamını taşımamaktadır.” İfadesi yer almaktadır. Bu maddeden sonraki 5. maddede ise, Meksika’daki toprak sahiplerinin maruz kalabileceği zararları gerekçe göstererek yapılacak talep ve iddiaların hukuki dayanağı bulunmadığı gibi bu anlaşma ile genel bir ilke ve örnek sağlanmadığı belirtilmektedir [21].

Rio Grande anlaşmasını takiben, Kanada ile ABD arasında 1909 tarihinde imzalanan, Sınır Aşan Sular Anlaşması’nda da Harmon Doktrini ilkesi hakim olmakla birlikte bazı sınırlı değişiklikler yapılmıştır.

Harmon Doktrini’ne karşılık olarak mansap ülkeleri, diğer bir uç görüş olarak sınıraşan suların doğal şartların da yukarı-kıyıdaş (memba) ülkelerce hiçbir

değişiklik yapılamayacağı tezini savunmuşlardır. Bu görüşlerden birisi; aşağı kıyıdaş devletlerin, diğeri ise yukarı kıyıdaş devletlerin, bu çok önemli doğal kaynaktan faydalanmalarını önlemekte olduğundan, zamanla ülkelerin iyi komşuluk ilişkileri içinde yaşama istekleri geliştikçe, her iki radikal tezin de geçerli olmadığı; kıyıdaş ülkelerin sudan yararlanma haklarının bulunduğu genel bir kabul görmüştür. Belirtilen iki görüşü uzlaştırmaya yönelik çabalar, özellikle 1950'li yıllardan itibaren yoğunlaşmış ve bu konu çeşitli uluslar arası toplantılarda ele alınmıştır. Söz konusu girişimlerden biri, resmi statüsü bulunmayan Uluslar arası Hukuk Derneği'nce (ILA) Helsinki'de 1966 yılında alınan ve hukuki bir bağlayıcılığı bulunmayan kararlardır.

Helsinki Kuralları olarak bilinen bu kararlar, kıyıdaş ülkeler arasında sudan müşterek faydalanmada hakça ve makul kullanım kavramını ortaya koymuştur. Bu kavram, aşağı ve yukarı-kıyıdaş ülkelerin sınıraşan sulardan makul ve hakça ölçüler içinde faydalanabileceklerini vurgulamaktadır. Ancak belirtilmesi gereken önemli bir husus, hakça kullanım ilkesi, sudan eşit miktarlarda faydalanılması anlamını taşımamaktadır.

Helsinki toplantısından sonra 1970 yılında, uluslar arası su yollarının ulaşım dışı amaçlarla kullanılmasına ilişkin hukuku düzenlemek ve tedricen geliştirmek amacıyla, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nca, Devletler Hukuku Komisyonu görevlendirilmiştir. Adı geçen komisyon çalışmalarına ilişkin rapor, 1974 yılından itibaren, her yıl Birleşmiş Milletler Altıncı Komisyonu'nda ve bu komisyonun tavsiye kararına uyarak, Genel Kurul'da bugüne kadar görüşülmüştür.

Komisyonun ortaya koyduğu taslak metinde iki ana kavram göze çarpmaktadır. Taslak metin 5. ve 7. maddelerinde yer alan kavramlar:

- a. Sınıraşan sulardan hakça ve makul ölçüler içinde faydalanma,
 - b. Kıyıdaş ülkelere önemli ölçüde zarar vermeme ilkesine uyma
- olarak özetlenebilir.

Yukarıda değinilen iki ilke, Harmon Doktrini ve sınıraşan suların doğal rejimlerinin değiştirilemeyeceği yönündeki iki uç görüşü uzlaştıran temel bir uluslar arası hukuk ilkesi olarak, genel bir onay görmüştür.

Suyun kullanımında havza ülkelerine önemli ölçüde zarar vermeme ilkesi, yukarı-kıyıdaş ülkeler için olduğu kadar aşağı-kıyıdaş ülkelerden Suriye ve Irak için de geçerlidir. Birleşmiş Milletler Hukuk Komisyonu raportörlerin bu konuda aşağıdaki yorumu yapmıştır.

Su kaynakları ilk önce geliştirilen bir aşağı-kıyıdaş ülke daha sonra yukarı-kıyıdaş ülke tarafından ele alınacak projeleri, kendisine zarar vereceğini iddia ederek engelleme hakkına sahip değildir. Sulardan hakça faydalanma ilkesi böyle bir anlayışa uygun olmamaktadır. Kaynağın aşağı-kıyıdaş ülkece önceden geliştirilmesi, sulardan faydalanma ve hakkaniyet esasına göre tahsisinde göz önünde bulundurulacak pek çok faktörden sadece birisidir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, kazanılmış haklara uluslar arası hukukça önemli kısıtlamalar getirilmiştir. Bu unsurun pek çok öge ile birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Sınıraşan sulara ait kazanılmış hakların geçerliliği çok tartışmalı olmakla birlikte, bunun tespitindeki imkansızlıklar da gayet açıktır. Son derece ilkel yöntemlerle sulama yapılan devirlere ilişkin taleplerde, bu kullanımlara esas olarak hangi tarihin başlangıç alınacağını saptamak imkansız bulunmaktadır. Ayrıca kazanılmış sulamaların o zamanki nüfus ve diğer imkanlar göz önüne alındığında, çok düşük seviyelerde kalacağı hususu da dikkate alınmalıdır. Bu konuda abartılarak ortaya konulacak rakamların bir geçerliliği bulunmamaktadır [22].

Tarihsel kullanıma ilişkin bu görüşlere rağmen, yukarı ve aşağı kıyıdaş devletler arasında oluşan uyuşmazlıklarda, aşağı-kıyıdaş ülkeler lehine bir tutum takınılmasının hakça makul su kullanım ilkesine ters düştüğü, tarafsız gözlemcilerce de kabul edilmektedir.

2.11. Ortadoğudaki Durum

Karmaşık bir ekonomik ve sosyal coğrafyaya sahip Ortadoğu'daki su sorunlarının bir bölümü, çeşitli politik amaçlarla yapay olarak oluşturulan sorunlardır. Yapay veya gerçek sorunları birbirinden ayırmak için bölgede bulunan akarsular arasındaki hidropolitik ve teknik temel farklılıkları ortaya koymak gerekmektedir.

Ürdün Nehri havzasındaki su kaynakları Ürdün, Filistin ve İsrail'in ihtiyaçlarını karşılamaktan uzaktır. Nil Nehri havzasında sadece Mısır'ın haklarını gözetken ve yirminci yüzyıl başlarından itibaren koloni yönetimlerinin çeşitli etki ve girişimleri ile şekillenen 1959 Nil Anlaşması'nın doğurduğu sorunlar bulunmaktadır.

Fırat ve Dicle Nehirleri ise; Türkiye, Suriye ve Irak'ın ihtiyaçlarını karşılayacak kapasiteye sahiptir. Ancak bu havzalar için, Ürdün ve Nil havzalarında sorunlarla yapay benzerlikler ve bağlantılar kurularak yanlış yorum ve yayınlar yapılmaktadır. Türklerin Araplara su vermek istemediği şeklindeki iddialar sık sık yabancı basında yer almakta ve olumsuz propagandalar yapıldığı bilinmektedir.

Atatürk Barajında su tutulması aşamasında teknik nedenlerle bir ay süre ile su verilmemesi Türkiye'nin kasıtlı bir davranışı olarak dünyaya yansıtılmıştır. Esasen, tamamına yakını ülkemiz topraklarında oluşan Fırat Nehri sularının yarısı Suriye ve Irak'a verilmekte iken bu durum anlatılamayıp, Türklerin Arapların sularına el koydukları iddia edilmektedir.

Fırat Nehrinin Türk sınırını terk ettiği noktada yıllık ortalama akım 31,6 milyar m³'tür. Suriye sınırları içerisinde Habur Kolunu ve Türkiye'den gelen Sacır sularını alan Fırat Nehrinin Suriye ile Irak arasındaki sınırda yıllık su potansiyeli 35 milyar m³'e ulaşmaktadır. Suriye'nin katkısı sadece 3,4 milyar m³'tür. Irak topraklarından ise hiçbir katkı olmamaktadır. Bu sonuçlara göre Fırat Nehri sularının yaklaşık %90'ı Türkiye topraklarında, %10'u ise Suriye'de oluşmaktadır [23].

Dicle Nehri Türkiye içerisinde Batman, Boton, Ilısu ve Garzan gibi ana kollarla beslenmekte olup, Suriye sınırında yıllık ortalama akımı 16,2 milyar m³'tür. Türkiye sınırını 30 km boyunca oluşturan Dicle daha sonra Irak'a girmektedir. Türkiye sınırından Hezil suyunu ve Hakkari'den Büyük Zap sularını Irak içerisinde alan Dicle'ye Türkiye'nin toplam katkısı 21,3 milyar m³ olmaktadır. Irak içerisinde Zagros dağlarından çok sayıda su katılarak Fırat'la birleşmeden 52,7 milyar m³'e ulaşmaktadır.

Özetlenecek olursa; Fırat nehrine Türkiye'nin katkısı %90, Suriye'nin %10, Irak'ın sıfır; Dicle'ye Türkiye'nin katkısı %40, Irak'ın %60, Suriye'nin ise sıfır olduğu ortaya çıkmaktadır.

2.12. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün Görevleri

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü; ülkemizdeki tüm su kaynaklarının planlanması, yönetimi, geliştirilmesi ve işletilmesinden sorumlu kuruluştur.

DSİ Genel Müdürlüğüne 6200 sayılı Kuruluş Kanunu ile verilmiş olan sorumluluklar aşağıdaki gibi özetlenebilir.:

- a. Su ve toprak kaynaklarıyla ilgili temel araştırma ve etütleri yapmak,
- b. Su havzalarının geliştirilmesi amacıyla, etüt, planlama ve projelendirme çalışmaları yürütmek,
- c. Havzalardaki su kaynaklarına ilişkin projelere ekonomik ve teknik çözümle bulmak amacıyla, fizibilite ve master plan raporları hazırlamak,
- d. Baraj ve hidroelektrik enerji santralleri inşa etmek,
- e. Sulama ve drenaj sistemleri inşa etmek,
- f. Nehirleri ıslah etmek gibidir.

2.12.1. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği ve yerel yönetimlerin havza koruma yönetmelikleri ile bunların uygulanmasında karşılaşılan sorunlar

DSİ Genel Müdürlüğü'nün görev ve yetkileri ile çakışması bakımından bu alandaki en önemli örnekler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile yerel yönetimlerce hazırlanarak yürürlüğe giren havza koruma yönetmelikleridir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 16 ve 20. maddeleri ile, DSİ Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilip hizmete sunulan içme ve kullanma suyu rezervuarlarının kirlenmeye karşı korunmasını sağlamak amacıyla koruma alanları ve bu alanlarda gerçekleştirilecek faaliyetlere ilişkin esaslar tanımlanmıştır. Bu maddelerde içme ve kullanma suyu rezervuarları çerçevesinde mutlak, kısa, orta ve uzun mesafede koruma alanları tanımlanmış olup, bu alanlarda bazı faaliyetlere kısıtlamalar getirilmiştir. SKKY üzerinde 01.07.1999 tarihinde yapılan revizyonla ise bu kısıtlamalara bazı esneklikler getirilmeye çalışılmış, özellikle uzun mesafeli koruma alanının ilk 3 km'si haricinde bazı teknik şartları yerine getirmek kaydıyla faaliyetlerin gerçekleştirilmesine olanak sağlanmıştır.

Bununla birlikte; 1981 tarihinde yürürlüğe giren 2560 sayılı İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun ile bu kanuna dayanılarak 1998 yılında çıkarılan İçmesuyu Havzaları Koruma Yönetmeliği ile, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde ihtiyaç duyulan içme ve kullanma sularının temin edildiği ve edileceği, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları dahilinde ve haricinde bulunan yüzey ve yer altı su kaynaklarının çeşitli yollarla kirlenmesinin önlenmesi amaçlanmış olup, 2560 sayılı kanuna 1986 yılında eklenen bir madde ile 'bu kanun diğer Büyükşehir Belediyelerine de uygulanabilir.' hükmü getirilmiştir. Söz konusu yönetmelikte de, koruma alanları tanımlanmakta olup, bunlar 04.09.1988 tarihli SKKY'nde yer alan tanımlardır ve bu yönetmeliğe göre uzun mesafeli koruma alanının tamamında, SKKY'nin aksine, faaliyetlerin gerçekleştirilmesi engellenmektedir. Bu durum su kaynakları yönetiminden sorumlu kuruluş olan DSİ Genel Müdürlüğü'nün, 6200 sayılı Kuruluş Kanunu ve 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun'dan doğan yetkilerine müdahale sonucunu

doğurmaktadır. Nitekim, İSKİ'nin ve benzer şekilde diğer Büyükşehir Belediye Başkanlıklarının tasarrufuna konu olan koruma alanları, DSİ Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen içmesuyu projeleri çerçevesinde ilgili Belediyeye tahsis edilmektedir. Söz konusu tahsisle ilgili olarak, tahsisin uygulanması sürecinde gelişecek sorunların karara bağlanma aşamasında da DSİ Genel Müdürlüğü'nün söz sahibi olması kaçınılmaz bir zorunluluk olarak değerlendirilmektedir [24].

SKKY'nin 2/ğ maddesinde yetkili idare olarak, bir çevre yönetim planının birden fazla mülki idareyi içine alan havza kapsamında oluşturulması gereği duyulduğu taktirde, ilgili Valilikleri ve ilgili Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüklerini tanımlamaktadır. Zira konu teknik ve hukuki boyutu ile ele alındığında; bir su kaynağı ve onunla ilgili havzada birçok kurumun görevli bulunmasının uygulama tekniği itibarıyla sorunlara neden olması kaçınılmazdır. İçme ve kullanma suyu rezervuarları havzaları içinde geçerli farklı uygulamaların hukuki yönden incelenmesi, birleştirilmesi ve birbirleri ile çelişen hükümlerin düzeltilmesi ve yapılacak bir hukuki düzenleme ile yeniden ele alınması da gerekli görülmektedir. Bu bağlamda içme ve kullanma suyu rezervuarları havzalarında su tahsisi ve kullanımları yönünden, bu havzaların 6200 ve 167 sayılı Kanun kapsamında DSİ Genel Müdürlüğü; kirlilik yönü ile de Çevre ve Orman Bakanlığı kararları uyarınca yönetilmesinin gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca DSİ Genel Müdürlüğü tarafından SKKY'nin 2/e, 2/ğ ve 5. maddelerine dayanılarak, havza koruma planları'nın hazırlanması yönündeki çalışmalara Ankara-Kayaş-Bayındır Barajı Havza Planı ve Eskişehir –Porsuk Havzası Su Yönetim Planı ile başlanmıştır [24].

2.12.2. İçme ve kullanma suyu rezervuarları koruma alanlarına ilişkin kriterlerin uygulanması

SKKY ile başta içme ve kullanma suyu rezervuarları olmak üzere, su kaynaklarımızın etkin bir şekilde kirlenmeye karşı korunmasını sağlamak amacıyla teknik ve hukuki esaslar ile sektörler bazında deşarj kriterlerine yer verilmekte, içme ve kullanma suyu rezervuarları çevresinde koruma alanları ve bu alanlarda gerçekleştirilebilecek faaliyetlere ilişkin esaslar belirtilmektedir. Revize SKKY

uyarınca, bir içme ve kullanma suyu rezervuarı uzun mesafeli koruma alanının ilk 3 km'si dışında bulunan bir faaliyete, ileri derecede arıtma yaparak atık suyunu proseste tekrar kullanma, ya da yönetmelikte kendi sektörü için belirlenen atık su deşarj kriterlerini sağlayacak şekilde arıtma yaparak, arıtılmış sularını havza dışına deşarj etme şartıyla faaliyetini gerçekleştirme imkanı sağlanmaktadır.

Bilindiği üzere; ileri arıtma ya da atık suyu kilometrelerce uzakta havza dışına deşarj etmek oldukça pahalı çözümlerdir. Buna rağmen; bu durumdaki faaliyetlere yönelik ÇED raporlarında yönetmelikteki bu hususlara uyulacağına dair taahhütlerde bulunulmakta; ilgili kuruluşlarca fikir birliğine varılamamasına rağmen bu faaliyetlerle ilgili olarak ÇED Olumlu Kararı verilmektedir. Ancak izleme mekanizmasının zayıflığının bilincindeki faaliyet sahipleri taahhütlerine uymamakta ve içme ve kullanma suyu rezervuarlarımızın kirlenmesine neden olmaktadır. Bu soruna çözüm olarak, uzun mesafeli koruma alanında hiçbir faaliyete izin verilmemesi (özellikle havza sınırı çok büyük alanları kapsayan rezervuarlar düşünüldüğünde) elbette ki gelişmekte olan ülkemiz açısından çok akılcı bir yaklaşım değildir. Bununla birlikte; SKKY'nde ortaya sürülen ileri arıtma ya da havza dışına deşarj alternatifleri oldukça pahalı çözümler olduğundan, uzun mesafeli koruma alanının ilk 3 km'si dışında ancak bunları gerçekleştirebilecek güçteki firmaların yatırımlarına izin verilmeli; izleme mekanizmasına işlerlik kazandırılarak güçlendirilmeli; izin verilen yatırımlar da sürekli olarak izlenmeli; ÇED raporundaki belirttikleri hususlara uymadıkları tespit edildiği takdirde gereken hukuki işlemler yapılmalıdır [24].

ÇED yönetmeliği EK-1'de tanımlanan faaliyetler

ÇED Yönetmeliği EK-1 Madde 27/g' ye göre kurulu gücü 50MW ve üzeri olan nehir tipi santraller için ÇED raporu hazırlanması gerekmekte iken, 23. maddeye göre sadece kurulu gücü 150 MW ve üzeri olan termik santraller için ÇED raporu hazırlanması talep edilmektedir. Hidroelektrik santrallere göre çok daha fazla kirlletici özelliğe sahip olan termik santraller için kriterin bu seviyede, hem de nehir tipi santraller için verilen değerin 3 katı büyüklükte tutulması doğru bir yaklaşım

değildir. Yine ÇED Yönetmeliği EK-1 Madde 35 uyarınca yıllık 10 milyon m³ ve üzeri yer altı suyu çıkarma faaliyetleri ile yüzeysel su kaynaklarından yıllık 3 milyon m³ ve üzeri su temin faaliyetleri ÇED raporu hazırlanması gereken faaliyetlerdendir. Bu kriterler her kaynak için kullanılabilecek kriterler değildir, bazı kaynaklardan bu belirtilen miktarlardan daha az miktarda su çekilmesi bile o kaynak üzerinde önemli etki yaratabilirken, bazı kaynaklardan bu değerlerden daha fazla su çekilmesi önemli bir etki yaratmayabilecektir. Bu sorunun çözülmesi amacıyla ÇED yönetmeliği eklerinde belirtilen kriterler tekrar gözden geçirilmeli ve bu kriterler yeniden belirlenmelidir. Özellikle yüzey ya da yer altı sularından çekilebilecek su miktarları kaynak bazında belirlenmelidir.

Havza bazında su kalite değerlendirme çalışmaları ülkemizde Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Çalışmadaki amaç; sürdürülebilir kalkınma ilkesinden hareketle çevreye verilecek zararı en aza indirerek tüm kullanıcılar ve farklı kullanım amaçları için ortak bir çözüm bulmaktır. DSİ Genel Müdürlüğü'nün su kalite yönetimine baz teşkil edecek veri tabanının oluşturulmasına katkı sağlayacak olan su kalite izleme çalışmaları olmasına karşılık yüzeysel su kaynaklarının kirlenmesinin kontrolü açısından etkin bir sorumluluğu bulunmamaktadır [25].

Su kalite izleme çalışmalarında, veri toplama sisteminde gelişmeler sağlanması, Dokuz Eylül Üniversitesi ve DSİ tarafından birlikte yürütülen DSİ'nin Su Kalitesi İzleme Ağlarında Verimlilik Analizi ve Ölçüm Ağı İyileştirilmesi projesinde olduğu gibi diğer havzalarda da istasyon yerlerinin, ölçüm sıklıklarının, parametre sayısının optimizasyonuna yönelik işlemlerin hızlandırılması, laboratuvarlar arasında standardizasyonun sağlanması ve havza bazında bir yönetim anlayışı benimsenerek havza yönetim planlarının hazırlanması amaçlanmaktadır [25].

2.13. Örnek Havza Yönetim Uygulamaları

2.13.1. Doon vadisi havza yönetimi projesi (Hindistan)

Doon Vadisi Havza Yönetimi Projesi çevrenin devam eden tahribini durdurmayı ve bu bozulmayı tersine çevirmeyi amaçlar. 185 000 hektarlık bir alanı ve 250 köyü kapsayan bu proje, kırsal nüfusun hayatını iyileştirmeyi ve köylülerin kendi çevrelerinin yönetimine katılmalarını özendirmeyi hedeflerken, entegre olmuş ve bütüncül bir anlayışla bozulan doğal kaynakların üretim kapasitesini artırmayı da gözetir. Avrupa Birliği ve eyalet hükümeti halkın katılımını ön plana çıkaran 9 yıllık bir entegre havza yönetimi projesine destek sağlamaya karar vermiştir [26].

Projenin amaçları şunlardır.:

- a. Doon Vadisi ekosisteminin devam eden bozulmasını durdurmak,
 - b. Vadide yaşayan köylülerin yaşam koşullarını iyileştirmek,
 - c. Kırsal halkın kendi çevrelerinin yönetimine aktif katılımını sağlamak,
- Proje temelde iki aktiviteden oluşmuştur.:

- a. Orman, otlanma alanları, zemin suyu, toprak, yenilenebilir atıklar, v.s gibi doğal kaynakların iyileştirilmesi gibi aktiviteler,
- b. Var olan üretim sistemlerinin ve ekstra gelir için oluşturulan destekleyici iş olanakları vasıtasıyla doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı detaylı yollardan azaltacak aktiviteler [26].

2.13.2. Badger creek havzası (A.B.D)

Badger Creek Havzası; erozyon, taşkın, balık yaşam alanında tehdit ve Arkansas Nehrine olan kirlenmeden ötürü önem taşımaktadır. Havza toplam 546 dönümdür.

Arazi kullanımı farklılık göstermektedir. Aşağı kısımlarda, doğal hayat, alabalık üretim çiftliği, rekreasyon, kerestecilik ve biraz otlaklık. Yukarı kısımlarda, doğal hayat, otlak, rekreasyon, kerestecilik gibidir.

Havzada sorunlar 1970'lerde ortaya çıktı. 1981 yılında 14 kurumca bu durumun etkileri için havza koşullarını iyileştirme gerekliliği ortaya kondu. 1982 yılında çalışma grupları oluşturuldu. Havzada izleme ve önlem oluşturma çalışmalarına başlandı.

1987 yılında Temiz Su Yasasıyla noktasal olmayan kirlenmeler için fon ayrılmasının uygun olduğu belirlendi. Aynı yıl imzalan bir anlaşmayla aşağıdaki hedefler belirlendi.

- a. Havzadan kaynaklı taşkınları ve sedimenti azaltarak Arkansas Nehri su kalitesini artırmak,
- b. Balık yaşam alanları ve alabalık çiftliklerinin koşullarını iyileştirmek,
- c. Taşkın ve sediment transferini azaltarak yaşama alanları koşullarını iyileştirmek,

1989 yılında birçok kurumun katkılarıyla Havza Uygulama Planı oluşturuldu.

Sonuç olarak; uygun otlatma yönetimi, erozyon kontrol yapıları inşası, balıkçılığı, kıyısız yaşama alanları koşullarını ve bütün havza yaşamını geliştirecek projeler geliştirildi [27].

2.13.3. FAO uluslararası yukarı havzaları koruma ve kalkındırmada Katılımcılığın sağlanması projesi

FAO tarafından 1992 yılında Inter-regional Project for Upland Conservation and Development adlı proje başlatılmış olup, projenin beş ulusal bileşeni vardır. Nepal, Pakistan, Burundi, Tunus ve Bolivya. Bu çalışmadan alınan sonuçlar;

- a. Katılımcı ve bütünsel havza yönetimi için bilgi gerekliliği,

- b. Doğal kaynak yönetiminde toplumun kendi kendine organize olabilmesi sağlanmalıdır.
- c. Doğal kaynak yönetiminde yerel etkenleri motive etmek ve parasal destek sağlamak,
- d. Katılımcı havza yönetimi planlarında hem devletten hem de sivil toplum örgütlerinden katılımcıları değerlendirecek şekilde olmalı,
- e. Katılımcı havza yönetiminin sürdürülebilir olması için kurumsal düzenlemeler.

Bu değerlendirmelerden sonuç olarak; uygun havza yönetimi için sosyal ve çevresel değerlendirmeyi yapabilmek üzere sosyo-ekonomik bilgi gerekir. Teknik çözümler yerel bilgilere dayanmalı ve insan kaynaklarının motive edilmesi gereklidir.

2.13.4. A.B.D’de bazı havza yönetim projelerinin yaklaşımları

A.B.D’de yirmiden fazla eyalet bütünsel su kaynaklarını koruma ve restorasyon aktiviteleri şeklindeki havza kullanımlarıyla yönetim yapısını geliştirmekte veya uygulamaktadırlar [28]. Bu eyaletlerin deneyimlerine göre iyi bir havza yönetiminde;

- a. Etkili bütünsel havza yönetenleriyle iletişim,
- b. Tartışma ve anlaşma koşullarının sağlanması,
- c. Plan oluşturmak ve gelişimi üzerine odaklanmak,
- d. Resmi ya da sivil karar vericilerin adaptasyonu.

Havza bütünsel su kaynaklarını korumada aktiviteler restorasyonu için uygun bir araçtır [28]. Havza yönetim yapısı oluşturulurken çok çalışma ve dikkatli plan gerekir.

1991 yılında çevre planlama ofisi (ÇPO) ve New Jersey Çevre Koruma Bölümü kurumsal amaçları daha fazla parasal verimlilikle başarmak için havza yaklaşımını uygulamaya almıştır. 1993 yılında ÇPO su kalite yönetim planlama reformu çalışma notunu yayınladı, bu mevcut su kaynaklarını bütünleştirme ve koordine etmede havza yaklaşımını getirmiştir. 1994 yılında diğer eyaletlerin de benzer deneyimlere sahip olmasından faydalanmışlardır. 1994-1995 arasında ÇPO diğer kurumlarla çalışarak bütünsel etkinliğin fırsatlarını inceleyerek, bütünsel havza yönetim yapısı oluşturmuştur. 1995-1996 yıllarında birçok forum düzenlenerek fikirler tartışılmış ve halk bilgilendirilerek proje içine katılımı sağlanmıştır. 1997 yılında 14 kuru havzayı izlemek ve modellemek üzere bir araya gelmiştir. Çevresel yönetim fonuna gelirden % 4 vergi sağlanmıştır. Bu yılda 5 milyon Amerikan Dolarının havza yönetimine aktarılması demektir. Bu çerçevede; ilk havza planlarının 1999 yılında hazırlanması, bütün eyalet için ise 2004 yılında hazırlanması planlanmıştır [28].

3. KIRIKKALE HAVZASININ İNCELENMESİ

Kırıkkale, İç Anadolu Bölgesinin Orta Kızılırmak yöresinde yer alır. Doğusunda Çorum ve Yozgat illeri, güneyde Kırşehir, batıda Ankara ve kuzeyde Çankırı illeri ile çevrilidir. Kırıkkale İlının 1/200000 ölçekli İl Haritası Ek-2’de verilmiştir.

Kırıkkale İlının İlçeleri: Bahşılı, Balışeyh, Çelebi, Delice, Keskin, Karakeçili, Sulakyurt, Yahşihan’dır.

3.1. Havzanın Genel Durumu

3.1.1. Nüfus durumu

Kırıkkale İlının 2000 yılı nüfus sayımına göre nüfus verileri Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de özetlenmiştir..

Çizelge 3.1. Kırıkkale İlının merkez nüfusunun yıllara göre değişimi [29]

YIL	MERKEZ NÜFUSU
1955	27 807
1960	42 904
1965	57 669
1970	91 658
1975	137 874
1980	178 401
1990	185 431
1997	205 208
2000	205 078

Çizelge 3.2. Kırıkkale İlinin ilçelerine göre nüfus dağılımı (2000 yılı) [29]

İLÇE	TOPLAM	MERKEZ	KÖY
Merkez	226 191	205 078	21 113
Bahşılı	7 053	4 280	2 773
Balıseyh	10 594	2 282	8 312
Çelebi	6 031	4 149	1 882
Delice	26 295	11 531	14 764
Karakeçili	6 384	5 946	438
Keskin	46 133	26 846	19 287
Sulakyurt	17 449	5 958	11 491
Yahşıhan	12 996	6 035	6 961

Buna göre; Kırıkkale ili Nüfus projeksiyonu, İller Bankası Şartnamesinde yer alan Eş. 3.1'e göre nüfus büyüme oranları hesaplanmıştır.:

$$P=((N_y/N_e)^{1/a})-1) \times 100 \quad (3.1)$$

P: Nüfus büyüme oranı

Ne: Nüfus artışına baz alınan önceki nüfus sayım sonucu

Ny: Son nüfus sayımı sonucu

a: İki nüfus sayımı arasındaki yıl farkı

İller Bankası Şartnamesinde yer alan ve Denklem 3.2 ile 2030 yılına kadar tahmin edilen nüfuslar hesaplamıştır.

$$N=N_y \times (1+P/100)^n \quad (3.2)$$

n : Hesaplanması istenen yıla kadar geçecek süreyi belirtmektedir.

Çizelge 3.3. Kırıkkale İlinin nüfus projeksiyonları

	Mevcut Nüfuslar			Nüfus Projeksiyonları					
Yıl	1990	1997	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Nüfus	185 431	205 208	205 078	221 138	238 456	257 130	277 266	298 979	322 392

3.1.2. Güneşlenme durumu

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre, Kırıkkale'de yıllık ortalama güneşlenme süresi 7 saat, 8 dakika; güneşlenme şiddeti 349.14 cal/cm²dk;

aylık en yüksek güneşlenme şiddeti 560.91 cal/cm²dk ile Temmuz ayında gözlenmiştir.

Çizelge 3.4. 2004 yılı Kırıkkale İli güneşlenme süresi ve şiddeti [29]

	Günlük Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat, Dakika)	Günlük Ortalama Güneşlenme Şiddeti (cal/cm ² dk)	Aylık En Yüksek Güneşlenme Şiddeti (cal/cm ² dk)
Ocak	01:27	120,49	0,88
Şubat	04:09	227,02	1,16
Mart	06:15	336,72	1,48
Nisan	06:52	419,72	1,39
Mayıs	08:46	491,30	1,65
Haziran	10:21	526,09	1,46
Temmuz	11:40	560,91	1,49
Ağustos	10:46	491,04	1,35
Eylül	10:13	424,08	1,45
Ekim	07:16	277,05	1,08
Kasım	04:47	181,67	1,01
Aralık	03:01	133,62	0,77
YILLIK	07:08	349,14	1,65

3.1.3. Rüzgar durumu

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2004 yılında Kırıkkale İlinde ölçülen hakim rüzgarın yıllık ortalama hızı 2,2 m/s'dir. Ortalama fırtınalı günler sayısı 7, ortalama kuvvetli rüzgarlı günler sayısı ise 110'dur. İlde en hızlı esen rüzgar 23,6 m/s ile SSW(Güney-Güneybatı) yönünden esmektedir. Hakim rüzgar yönü NE (Kuzey-Doğu) olup, hakim rüzgarın esme sayıları toplamı 218 olarak rapor edilmiştir [29].

3.1.4. Toprak durumu

Kırıkkale Tarım İl Müdürlüğü verilerine göre; Kırıkkale İli toprakları genelde kahverengi topraklardan oluşmaktadır. Yüzeyde kahverengi veya grimsi olan bu topraklar, küçük taneli olup kolayca dağılabilmektedir. Kireç oranı oldukça yüksektir. Ana kayası volkanik özellik gösterir. Bu topraklar çok engebeli alanlardaki çukurumsu bölümlerde birikmiştir. Üzerlerinde çıplak volkanik kaya yüzeyleri görülür. Mineral bakımından zengin olduklarından verimlidirler. Ayrıca güneyde akarsu kenarlarında alüvyon topraklar bulunur. Bunlar yer yer kalın örtüler oluşturur. Eğilimleri çok azdır. Tarla tarımına ve sulu tarıma elverişlidirler. Yörenin az yağış alması ve kuraklık toprak oluşumunda önemli etkendir.

3.1.5. Mineral kaynaklar durumu

Kırıkkale ili, maden cevherleri çeşitliliği yönünden zengin ancak rezerv itibarı ile fakirdir. MTA tarafından Kırıkkale ve çevresinde yapılan araştırmalardan aşağıdaki rezervlerin dışında bölgede asbest, mermer, fluorit, bakır, çinko, kromit ve manyezit varlığı tespit edilmiş, ancak bunlar düşük kalitede olduğundan işletmeye elverişli bulunmamış, planlama ve projelendirme çalışmalarında dikkate alınmamıştır.

3.1.6. Nem durumu

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, Kırıkkale ilinde 2004 yılında ölçülen yıllık ortalama buhar basıncı 9,5 hPa, Yıllık ortalama bağıl nem oranı % 61'dir. En düşük bağıl nem %19 ile Mart ayında ölçülmüştür.

3.1.7. Sıcaklık durumu

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2004 yılında Kırıkkale ilinde ortalama sıcaklık 12,7 °C'dir. İl merkezinde yapılan ölçüm sonuçlarına göre rasat süresi boyunca; en yüksek ortalama sıcaklık Ağustos ayında 31 °C olarak tespit edilmiştir. En sıcak aylar Temmuz ve Ağustos aylarıdır. En düşük ortalama sıcaklık ise Ocak ayında -2,2 °C olarak tespit edilmiştir. Bölgede en düşük sıcaklığın olduğu aylar Ocak ve Aralık aylarıdır. Kırıkkale İlinin Aylara Göre Sıcaklık Değişimleri Çizelge 3.5.'te özetlenmiştir..

Çizelge 3.5. Kırıkkale İlinin 2004 yılı aylara göre sıcaklık değişimleri [29]

Aylık	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Yüksek Sıcaklık(°C)	Ortalama Düşük Sıcaklık(°C)
Ocak	0,4	3,4	- 2,2
Şubat	3,6	8,6	- 1,1
Mart	7,7	13,7	1,9
Nisan	12,1	18,1	5,2
Mayıs	16,8	22,6	10,4
Haziran	20,7	26,9	13,9
Temmuz	24,0	30,3	16,2
Ağustos	24,2	31,0	17,1
Eylül	19,9	27,6	11,8
Ekim	14,8	22,2	8,0
Kasım	7,0	13,0	1,9
Aralık	1,7	5,9	- 1,9
YILLIK	12,7	18,6	6,8

3.1.8. Buharlaşma durumu

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2004 yılında Kırıkkale İlinde Temmuz ayında en çok buharlaşma 255,5 mm olarak gözlenmiş olup, günlük en çok buharlaşma 12,0 mm değeri ile Ağustos ayında gözlenmiştir. Kırıkkale İlinin 2004 yılı aylara göre buharlaşma değişimleri Çizelge 3.6’da özetlenmiştir.

Çizelge 3.6. Kırıkkale İlinin 2004 yılı aylara göre buharlaşma değişimleri [29]

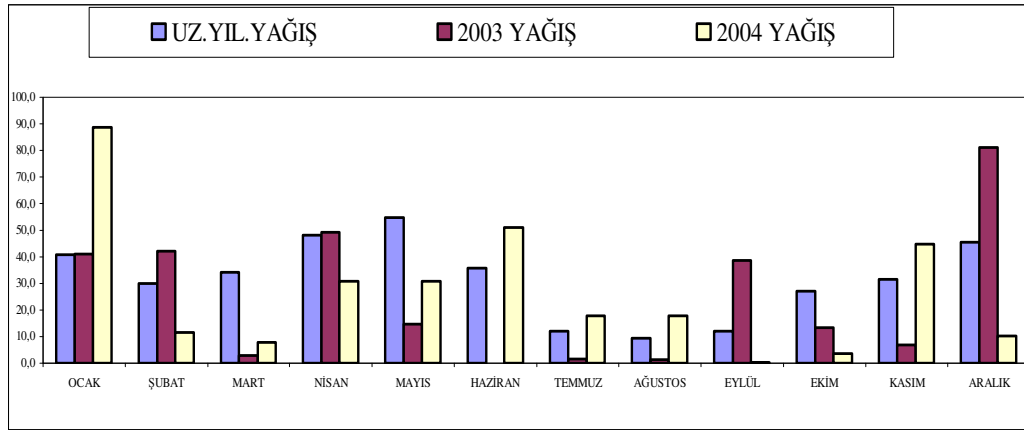
Aylık	Aylık Toplam Buharlaşma (mm)	Günlük En Çok Buharlaşma (mm)
Ocak	-	-
Şubat	-	-
Mart	-	-
Nisan	-	-
Mayıs	148,5	7,8
Haziran	175,4	8,2
Temmuz	255,5	11,6
Ağustos	226,8	12,0
Eylül	170,3	8,3
Ekim	103,7	5,7
Kasım	-	-
Aralık	-	-
YILLIK	-	12,0

3.1.9. Yağış durumu

Kırıkkale İlinin 2004 yılı yağış durumu Çizelge 3.7’de özetlenmiştir. Kırıkkale İlinde, yıllık toplam yağış miktarı 315,8 mm olarak ölçülmüştür. Günlük en çok yağış miktarı 21,3 mm ile Kasım ayında, en az yağış ise, 0,2 mm ile Eylül ayında gözlenmiştir.

Çizelge 3.7. Kırıkkale İlinin 2004 yılı yağış durumu [29]

Aylar	Aylık Toplam Yağış Miktarı (mm)	Günlük En Çok Yağış Miktarı (mm)
Ocak	88,6	14,5
Şubat	11,6	6,8
Mart	8,0	4,4
Nisan	30,9	11,4
Mayıs	30,9	12,6
Haziran	51,1	18,7
Temmuz	17,8	9,8
Ağustos	17,8	8,9
Eylül	0,2	0,2
Ekim	3,8	2,0
Kasım	44,8	21,3
Aralık	10,3	3,9
YILLIK	315,8	21,3



Şekil.3.1. Yıllara göre Kırıkkale İli yağış kıyaslama grafiği [29]

3.1.10. Sanayi durumu

Kırıkkale’de sanayi madencilik ve taş ocakları sanayi, toprak ve toprağa dayalı sanayi ile metal ana sanayisine dayanmaktadır. Kırıkkale’de sanayinin sektörel dağılımı Çizelge 3.8’de özetlenmiştir.

M.K.E.K. Fabrikaları ve Tüpraş Rafinerisi ilin ekonomik yapısında önemli yer tutar.

Kırıkkale il sınırları içinde suların ağır metal bakımından kirlenmesine neden olan ana sanayi metal sanayidir. MKE Kurumu'nca işletilen 8 metal işleyen fabrika bulunmaktadır. Bunlardan Silahsan I ve Çeliksarı'nın endüstriyel atık suları bulunmamaktadır. Kimyasal ön arıtma gerektiren fabrikalar: Mühimmatsarı, Silahsan II ve Pirinçsan'dır. Bu üç işletmenin atık suları Çoruhözü Deresi'ne verilmektedir. Arıtma gerektiren Barutsarı, Çelbor ve Hurdasarı işletmelerinin atık suları ise arıtılmadan Kızılırmak Nehri'ne verilmektedir [29].

Diğer sanayi tesisleri atık sularını Kızılırmak nehrini besleyen, akım değerleri düşük olan Çoruhözü Deresi ile Kızılırmak nehrine doğrudan vermektedirler [30].

Kırıkkale İlnde bir tane Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. (Yahşıhan Organize Sanayi Bölgesi). Atık su arıtma tesisi olmadığından atık sular Kızılırmak Nehrine deşarj edilmektedir [30].

Hacılar Kasabası civarında yer alan Akaryakıt ve LPG Depolama ve Dolum tesislerinden kaynaklanan proses atık suları geri kazanım tesislerine verilmektedir. Kanalizasyon sistemi bulunmadığından, evsel atık sular ise belirli aralıklarla belediye tarafından vidanjör ile alınmaktadır. Tüpraş Kırıkkale Rafinerisinde ise atık su arıtma tesisi mevcut olup, atık sular arıtıldıktan sonra Kızılırmak Nehrine deşarj edilmektedir.

Çizelge 3.8. Kırıkkale İlnde 2004 yılı sanayinin sektörel dağılımı [30]

SANAYİ	SAYISI
Madencilik ve taş ocakları sanayi	69
Gıda, içki ve tütün sanayi	1
Tekstil, giyim ve deri sanayi	2
Orman ürünleri sanayi	3
Kağıt ve kağıt ürünleri sanayi	3
Kimya sanayi	4
Toprak ve toprağa bağlı sanayi	23
Metal ana sanayi	27
Metal eşya,makine sanayi	1
Diğer	3

3.1.11. İklim özellikleri

Kırıkkale İli, denizden 747 m yükseklikte, ılıman iklim kuşağında yer almaktadır. Ancak bulunduğu alanın denizden uzak oluşu, günlük sıcaklık farkının bozkır olmasından dolayı değişmelere uğraması gibi nedenlerle iklim karasallaşmaktadır.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre, 2004 yılında ortalama yüksek sıcaklık açısından en sıcak ay Ağustos (31 °C; 20 gün), en soğuk ay ise Ocak (-13,7 °C; 10 gün) olarak belirlenmiştir. İlde yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk geçmektedir.

3.1.12. İlin topografyası ve jeomorfolojik durumu

MTA Genel Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre;

Kırıkkale İlinin Jeomorfolojik birimleri şunlardır.

- 1-Alçak Ovalar, Yüksek Ovalar
- 2-Alçak Yaylalar, Orta ve Yüksek Yaylalar
- 3-Tepeler ve Dağlar

Ovalar

İl sınırları içinde ovalık alanlar çok azdır. En önemlisi Kırıkkale Ovasıdır. Kırıkkale Ovası; kuzeyde Çamlıca ve Karakaya Tepelerine, güneyde de Denek Dağı'nın batısına kadar uzanmaktadır. Kuzeydeki tepeler ovaya meyilli bir şekilde inerek birleşir. Kırıkkale yerleşimin çekirdeği bu meyilde oluşmuştur. MKE Kurumu Fabrikalarının bulunduğu alan ise, Denek Dağı'na doğru yükselmektedir. Kızılırmak'a doğru gittikçe genişler; en geniş yeri Çoruhözü Deresi'nin Kızılırmak'a yaklaştığı yerde bulunur, buranın yüksekliği 750 m civarındadır.

Kırıkkale Ovası'ndan başka, akarsular boyunca düzlükler görülürse de jeoformatik bakımdan pek önemli değildir. Bunun nedeni akarsu yatakları ile tepelerin yükselti farkının fazla oluşudur. Dağlar her yönden aşılacak suretiyle açılmış derin Vadilerle

ve parçalanarak yuvarlak ve bazen de sivri tepeler halinde gelmişlerdir. Bu tip tepelerin dağlara yaklaştıkça fazlalaştıkları görülmektedir.

Yaylalar

Kırıkkale İli sınırları içerisinde, yükseklikler 1200-1600 m. arasında değişen yaylaları bulunmaktadır. Küre Dağı'ndaki Hodar, Bedesten, Kamışlı, Sarıkaya; Koçu Dağı'ndaki Koçu, Denek dağlarındaki Gümüşpınar, Pehlivanlı, Suludere, Yeşilkaya, Azgın Yaylaları en önemlileridir.

Tepeler ve dağlar

İl toprakları kuzeyindeki Çamlıca, Karakaya ve Kırıkkale Tepelerinin ovaya indikleri meyil üzerinde bulunmaktadır. İl topraklarının denizden ortalama yüksekliği 700 m.dir. Kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan Koçu Dağı 4 km genişlik ve 7 km uzunluğa sahip olup en yüksek noktası Yığıltepe'dir (1278 m.). Güney ve güneydoğuda Denek Dağı sırası Çoruhözü Vadisinin güneyinde Keskin ile İzzettin Köyü arasında uzanmaktadır. En yüksek noktaları; Gavur Tepesi (1742 m.) ile Bozkaya Tepesi (1577 m.)'dir. Bölgenin en uzun, en geniş ve en yüksek kütlesini oluşturur, uzunluğu 44 km, genişliği 30 km'dir. Kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan Küre Dağı'nın en yüksek yeri Küre Tepesi (1450 m.) dir.

Jeolojik formasyonlar

Tortul kayalar

İncelenen alanda Senozoik'e ait tortul kayalar bulunmaktadır. Bunlar, Eosene ait konglomera, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanması, Neojene ait konglomera, kumtaşı ve çimentolanmamış çakıl, kum ve killer ile Kuvaternere ait çakıl, kum ve kil birimleridir. Formasyonlar yaşlıdan gence doğru şu şekildedir.

Eosen

Formasyon konglomera, kumtaşı, kil taşı ve kireçtaşı birimlerinin ardalanması ile oluşmuştur. Katman kalınlıkları 10 ile 60 cm. arasında değişmektedir. Çoğunluk kumtaşı ve kil taşı katmanları 10-20 cm. kalınlıkta, kireçtaşı katmanları daha kalın olup 30-60 cm. arasındadır.

Kireçtaşı katmanları kirli sarı, kahve renkli, sert kırılğan yer yer az boşluklu, diğer birimler gri; yeşil boz renkli sıkı çimentolu, çok az boşlukludurlar. Kırıntılı birimlerin çakıl ve kum çoğunluğu granit, çimentoları da kalsiyum karbonattır.

Neojen

Formasyon, altta konglomera ve kum taşı, üst seviyelerde çakıl, kum ve kil birimlerinden oluşmaktadır. Katmanlanma belirsiz, birimler kahve renkli, sert, az boşluklu ve ardalanmalıdır. Çakıllar çoğunluk olarak granit, az miktarda ofiyolittir. Formasyonun üst seviye (çakıl ve kumlar) elemanları granit, ofiolit, radyolarit ve kireçtaşından oluşmaktadır. Koyu, açık kahverenkli bol boşlukludurlar. Tabaka kalınlıkları 30 ve 50 cm. arasındadır.

Kuvaterner

Formasyon, Kızılırmak ve Çoruhözü Vadisinde bulunmakta olup, çakıl, kum, sil ve kilden oluşmaktadır. Çoruhözü Vadisinde ve özellikle Kırıkkale – Aşağı Mahmutlar arasında çakıl oranı fazladır. Kızılırmak Vadisi ile Balışeyh civarında kil ve silt çoğunluktadır. Formasyon gri, boz renkli, bol boşluklu ve 25-30 cm. kalınlığındadır.

Mağmatik kayalar

Etüd edilen sahada plütonik ve Volkanik kayalar bulunmaktadır. Orta Anadolu Kristalin Masifini oluşturan mağmatik kayaların başlıcaları asit ve bazik plütonlardır (Derinlik taşları). İnceleme alanında çoğunluk asidik olup granit ve

granodiyorit bileşiminde iri orto billurlarını içeren hornblend ve biotitli derinlik taşlarıdır.

Mesozoik boyunca özellikle Kretasede deniz altı volkanizması ile oluşan serpantinler çeşitli lavlar; Bazalt, diyabaz, spilit ve andezitler içermekte, ayrıca radyolarit ve kireçtaşı da yeşil kayacın (serpantin) içerisine batmış durumda bulunmaktadır. Volkanizma esnasında radyolarit ve kireçtaşı ilksel durumlarını yitirmiş, yeniden billurlaşmışlardır. Volkanizmanın son safhasında oluşan bazik akıntılar (Bazalt) Eosenin üzerinde ve Neojenler ara katkılı olarak çok küçük mostralar halinde görülmüştür.

Metamorfik kayalar

Kırıkkale'nin güneyinde Çipi deresi köyü civarında şerit halinde kuzey- güney doğrultuda uzanan mermerler Orta Anadolu Kristalin Masifinin üst seviyelerine ait metamorfik kayalardır. Mermerler ak, gri, sert, kırılğan ve çok az boşlukludur.

3.1.13 Maden durumu

Kırıkkale ili, maden cevherleri çeşitliliği yönünden zengin ancak rezerv itibari ile fakirdir. MTA tarafından Kırıkkale ve çevresinde yapılan araştırmalardan aşağıdaki rezervlerin dışında bölgede asbest, mermer, fluorit, bakır, çinko, kromit ve manyezit varlığı tespit edilmiş, ancak bunlar düşük kalitede olduğundan işletmeye elverişli bulunmamış, planlama ve projelendirme çalışmalarında dikkate alınmamıştır. Kırıkkale ili maden rezervleri Çizelge 3.9'da özetlenmiştir.

Çizelge 3.9. Kırıkkale İlindeki maden rezervleri [29]

Cinsi	İlçe	Bucak/köy	Mevkii
Bakırlı Prit	Keskin	-	Çantepe'nin Güneyi
Demir	Keskin	Bey obası	Delikli taş-Topraktaş
Demir	Keskin	Göhrenk-Yenimerdan	-
Demir	Keskin	Kavurgalı	-
Demir	Balıseyh	Kulaksız	Boztepe
Demir	Delice	Büyükyazlı	-
Demir	Çelebi	-	Çelebibabağ
Kurşun	Keskin	-	Denek
Kurşun	Keskin	-	-
Kurşun	Keskin	Kışla	Çantepe'nin Güneyi
Linyit	Keskin	-	Denek
Linyit	Keskin	-	-
Linyit	Keskin	Kavurgalı	-
Linyit	Keskin	Kulaksız	Boztepe
Linyit	Balıseyh	Büyükyazlı	-
Pirit	Merkez	-	-
Tuz	Yahşıhan	-	Çerikli İstasyonu
Volfram	Delice	Çoğul	Çelebibabağ
Uranyum	Çelebi	-	-
Molibden	Merkez	Çamlidere	-
Bentonit	Keskin	-	-
Çinko	Keskin	-	-

3.1.14. Flora

Kırıkkale İlının, Karagüney Dağı'nda; Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü tarafından çalışılmış ve bu çalışmada; 2500 damarlı bitki örneği toplanmıştır. Bu bitkilerin teşhisi ile 378 cinse ait toplam 868 takson (tür, alttür ve varyete) tespit edilmiş, Fabaceae, Asteraceae ve Poaceae sırasıyla en büyük familya, Astragalus L., Silene L. ve Salvia L. ise yine sırasıyla en büyük cinsler olarak belirlenmiştir. Alanın endemizm oranı % 13,1'dir. Tespit edilen taksonların fitocoğrafik bölgelere dağılımında İrano-Turanian elementleri baskındır. IUCN tehlike kategorilerine göre 109 taksonun tehlike durumu değerlendirilmiştir.

Denek Dağı vejetasyonunun endemik türler açısından hem zengin olmadığı ve hem de bu türlerin IUCN tehlike kategorisinde olmadığı belirlenmiştir.

3.1.15. Gübre ve pestisit kullanımı

Zirai mücadele çalışmalarının ana amacı zararlı ve hastalıkların neden olduğu verim düşüklüğünü önlemek ve üreticilerin yetiştirdiği ürünün kalite ve kantitesini yükseltmektir. Ayrıca hastalık ve zararlıların teşhisi, mücadele zamanının belirlenmesi çalışmalarını içerir. Kırıkkale’de 2004 yılında kullanılan zirai mücadele ilaçları ile ilgili bilgiler Çizelge 3.10’da özetlenmiştir.

Çizelge 3.10. Zirai mücadele ilaçları tüketimi [29]

İ L A Ç L A R	TÜKETİLEN MİKTAR	
T O P L A M	189 497 500 kg	143 210 255 L
İNSEKTİSİTLER	7 547 500 kg	6 200 255 L
FUNGUSİTLER	181 222 kg	-
HERBİSİTLER		136 360 L
RODENDİSİT VE MOLLUSİDLER	75 Kg/333 kg.	—
AKARİSİTLER	-	650 L
KEMOTOSİT VE FUMİGANTLAR	-	-
DİĞERLERİ	320 kg	

Kırıkkale İlinde tarım amacıyla kullanılan gübrelerin cinsi ve miktarı Çizelge 3.11’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.11. Cinslerine göre gübre kullanımı ve gübrelenen alan [29]

KULLANILAN GÜBRE		MİKTARI
KİMYASAL GÜBRE	SAF N	3734 025 (kg)
	SAF P ₂ O ₅	6 030 822 (kg)
	SAF K ₂ O	18 790 (kg)
ÇİFTLİK GÜBRESİ		15 070 000 (Kuru) (kg)
GÜBRELENEN ARAZİ		206 416 (Hektar)
TARIM ARAZİSİ		306 506 (Hektar)
GÜBRELENEN ARAZİNİN TARIM ARAZİSİNE ORANI (%)		67

3.2. Havzanın Su Kaynakları Durumu

3.2.1. Yeraltı suları

Kırıkkale DSİ Baş Mühendisliği verilerine göre; Kırıkkale İli toplam su potansiyeli 3257,5 hm³/yıldır. Bunun 3 250 hm³/yılı yerüstü suyu, 7,5 hm³/yılı yeraltı suyudur. Kızılırmak Nehri'nde 2 500 hm³/yıl ve Delice Çayı'nda 750 hm³/yıldır.

3.2.2. İçme suyu kaynakları ve barajlar

DSİ tarafından enerji tesisi olarak 1989 yılında işletmeye açılan Kapulukaya Barajı elektrik enerjisi üretiminde kullanılmakta ve aynı zamanda da Kırıkkale İlinin içme ve kullanma suyunu karşılamaktadır. DSİ V. Bölge Müdürlüğü verilerine göre, Kırıkkale İli ve çevresindeki yerleşim yerlerine içme ve kullanma suyu temini amacıyla 2004 yılında Barajdan 142,5 hm³/yıl su tahsisi yapılmıştır. Tesis TEAŞ tarafından işletilmekte olup işletme ve bakım faaliyetleri bu kuruluş tarafından yapılmaktadır. Baraja ait özellikler Çizelge 3.12'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.12. Kırıkkale İli içme ve kullanma suyunu karşılayan kapulukaya barajı değerleri [29]

1- SU KAYNAĞI	
Akarsuyu	Kızılırmak Nehri
Amacı	Enerji, içme-kullanma ve sanayi suyu temini
İnşaatın (Başlama-Bitiş) Yılı	1979-1989
Yıllık Ortalama Su	2 700 hm ³
Tipi	Toprak Dolgu
Toplam Göl Hacmi	282 hm ³
Dolusavak Proje Debisi	2 960 m ³ /s
Yıllık İçme Suyu	142,5 hm ³
Sulama Sahası	2 086 ha
Ankara'ya Su Temini (1995)	2028-2050 yıllarında 500 hm ³
2- HES	
Kurulu Güç	54 MW
Firm Enerji	150 GWh/yıl
Sekonder Enerji	40 GWh/yıl
Toplam Enerji Üretimi	190 GWh/yıl

3.2.3. Akarsular

Kırıkkale DSİ Baş Mühendisliği verilerine göre; Kırıkkale İlindeki başlıca akarsuların debileri ve alanları Çizelge 3.13’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.13. Kırıkkale İlindeki başlıca akarsuların debileri ve alanları

	Debi (hm ³ /yıl)	Toplam (hm ³ /yıl)	Alan (ha)	Toplam (ha)
Kızılırmak Nehri	2500	3250	595	669,4
Delice Nehri	750		74,7	

Kırıkkale İlinin en önemli akarsuları ve kolları aşağıda açıklanmaktadır.:

Kızılırmak

DSİ Genel Müdürlüğü verilerine göre, Kızılırmak-Yahşihan gözlem noktasında 58 yıllık gözlem süresinde akım değeri $75,700 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak gözlenmiştir.

Kızılırmak, Türkiye sınırları içerisinde doğan ve denize dökülen 1355 km uzunluğunda, Türkiye'nin en uzun akarsuyudur. İç Anadolu'nun yukarı Kızılırmak bölümünde Kızıldağı'nın güney yamaçlarında inen derelerin birleşmesiyle oluşur. Önce batıya, Hafik'ten sonra Güneybatıya dönerek Sivas yakınlarından geçer ve Avanos'a kadar aynı doğrultuyu izler. Kırşehir Çayı kolunu alır. Daha sonra dar boğazlar içinde akmaya başlar. Bu boğazlarda Hirfanlı ve Kesikköprü Barajları doğal akışı bir ölçüde kesintiye uğratar.

Kırıkkale İlinin batısından ilerleyerek kuzey yönünde akmaya devam eder. Kuzey Anadolu Dağlarını, bazı kesimlerde kırık zonlarına uymuş, keskin dirsekler çizerek ve bunları birleştiren dar boğazlarla yararlanarak aşar ve geniş bir deltada (Bafra Ovası) Karadeniz'e dökülür. Nehrın havza girişindeki 1501 nolu rasat istasyonunda yapılan ölçümlere göre; yıllık akım $2383 \times 10^6 \text{ m}^3$, ortalama akım $68,5 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

Kırıkkale'nin batı kesiminde yer alan Kızılırmak Vadisi yayvan bir ova tabanı niteliğindedir. Kızılırmak'a dökülen Kırıkkale'yi doğu-batı istikametinden kat eden ve yeraltı suyu bakımından zengin Çoruh Özü havzası yer almaktadır. Çoruhözü çayı fazla yağışla yer altı suyu tablasının yükselmesi dolayısıyla dere yataklarına yeraltı suyunun (kaynak halinde) boşalmasının oluşturduğu akarsu tiplerindendir. Çoruhözü kuzey ve güneyden karışan devamlı veya yağış sonrası oluşan akarsular Çoruhözü yatağı boyunca doğudan batıya akarak Kırıkkale'nin batısında Kızılırmak'a dökülür. Kızılırmak'ın Hasandede-Hacılar arazileri üzerinde Kapulukaya Barajı kuruludur [29].

Delice Irmağı

Kızılırmak'ın en önemli kollarından biri olan Delice Irmağı'nın yıllık akım değeri yaklaşık 1 milyar m³'tür. Kozaklı, Şefaati, Yozgat, Yerköy, Çayıralan, Boğazlıyan, Sungurlu, Kaman ve Delice civarının sularını toplar. Delice ırmağını besleyen en önemli su kaynakları Kanak, Kılıçözü, ve Budaközü'dür. İl sınırı boyunca bir müddet atıktan sonra Delice ilçe merkezine yaklaşır. Daha sonra tekrar güneydoğudan il topraklarını terk eder. Irmağın il içinde kalan kesimi yaklaşık 50 km. uzunluğundadır [29].

Çoruhözü Deresi

Kızılırmak'a doğudan karışan bir koldur. İzzettin Köyü' nün yukarı kısımlarında doğar. İzzettin-Balışeyh arasında demiryoluna paralel olarak merkez ilçeden geçer ve Kızılırmak'a karışır. Derenin güzergahı dahilinde tarım alanlarına büyük katkısı vardır. Dere üzerinde sulama amacıyla motopomplar yer almaktadır. Uzunluğu 48 km' dir. DSİ İçme ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan "Kızılırmak Havzası Su Kalitesi Araştırma Raporu-2004" verilerine göre; Çoruhözü deresi kirletici unsurlar açısından genellikle IV. sınıf su niteliğinde olup, il sınırlarında Kızılırmak Nehrinin kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır [30].

Okun Deresi

Elmadağ'ın güney eteklerinden akan suların meydana getirdiği Balaban ve Sarılıöz Çayları, Kılıçlar Kasabası yakınlarında birleşerek Okun Deresini meydana getirirler. Yaklaşık 13 km uzunluğa sahip olan Dere, Irmak Kasabası yakınlarında Kızılırmak'a kavuşur. Bu akarsulardan başka, yaz aylarında kuruyan bazı dere ve çaylar da vardır. Ahılı Deresi, Kuruçay Deresi, Yeni Çıkan Deresi bunlardan bazılarıdır.

Kırıkkale İlindeki akarsuların rejimleri ulaşım, taşımacılık ve su sporları yapmaya uygun değildir.

Kızılırmak Havzası içinde Özderesi havzasının tamamı, Çoruhözü havzasının tamamı, Balaban Çayı havzasının bir kısmı yer almaktadır. Delice havzasında ise Hitaniöz havzasının tamamı ve Kılıçözü havzasının bir kısmı bulunmaktadır.

3.2.4. Göller ve göletler

Kırıkkale DSİ Baş Mühendisliği verilerine göre; Kırıkkale’de bulunan göletler ve özellikleri Çizelge 3.14’te özetlenmiştir.

Çizelge 3.14. Kırıkkale İli göletleri

Tesisin Adı	Yüksekliği (m)	Havza Alanı (Km ²)	Depolama Hacmi (m ³)	Açıklamalar
Keskin Cinalı	22	35	1 100 000 000	Sulama Göleti
Balışeyh-Battalobası	7,5	1,2	15 000 000	-
Balışeyh-Kulaksız	7,5	1,2	57 000 000	-
Balışeyh-Kösedurak	7,5	1	15 000 000	-
Çelebi-Hacıyusuflu	7,5	1	22 000 000	-
Keskin-Kavurgalı	7,5	1	15 000 000	-
Keskin-Kurşunkaya	7,5	1,5	57 000 000	-
Keskin-Gazibeyli	7,5	0,7	15 000 000	-
Balışeyh-Bıyıkaydın	7,5	1,2	57 000 000	-
Delice-Kuzeyyurt	7,5	0,8	22 000 000	-
Keskin-Kavlak	7,5	1	15 000 000	-
Balışeyh-Beyobası	9	1	100 000 000	-
Keskin-Turhanlı	7	1	10 800 000	-
Sulakyurt-Kalekışla	7	1	15 000 000	-
Ahılı-Çipi göleti		-	0,204 hm ³	Sulama Göleti
Sulakyurt-Danacı göleti		-	0,376 hm ³	Sulama Göleti (tarifesiz)

Kırıkkale İlinde doğal göl bulunmamaktadır. Ancak Kızılırmak üzerinde kurulan Kapulukaya Baraj Göleti ildeki en büyük yapay göldür. Yapılan yer üstü sulama tesisleri ile 3403 ha alan sulanmaktadır. Bu alanın sulanmasında 87700 m uzunluğunda kanal yapılmıştır. Başlıca göletler şunlardır.:

Çipi Göleti

Merkez İlçe, Ahılı Beldesi sınırlarında yer alan gölet'in Su Yüksekliği 16,30 m ve temelden yüksekliği 19,30 m dolgu hacmi 82000 m³, su depolama hacmi 0,204 hm³, sulama alanı Brüt-net 55-52 ha, sulama amaçlı olmak üzere 1980 yılında işletmeye açılmıştır [29].

Danacı Göleti

Sulakyurt İlçesi, Danacı Köyü hudutlarında yer alan gölet'in Su Yüksekliği 21,50 m ve temelden yüksekliği 26,50 m dolgu hacmi 41000 m³, su depolama hacmi 0,376 hm³, sulama alanı Brüt-net 56-53 ha, sulama amaçlı olmak üzere 1983 yılında işletmeye açılmıştır [29].

3.3. Kirletici Kaynaklar

3.3.1. Sanayi atık suları

M.K.E.K. Fabrikaları ve Tüpraş Rafinerisi İlin ekonomik yapısında önemli yer tutar. MKE Kurumu'na işletilen 8 metal işleyen fabrika bulunmaktadır. Bunlardan Silahsan I ve Çeliksarı'nın endüstriyel atık suları bulunmamaktadır. Kimyasal ön arıtma gerektiren fabrikalar, Mühimmatsarı, Silahsan II ve Piriçsan'dır. Bu üç işletmenin atık suları Çoruhözü Deresi'ne verilmektedir. Arıtma gerektiren Barutsarı, Çelbor ve Hurdasan işletmelerinin atık suları ise arıtılmadan Kızılırmak Nehri'ne verilmektedir [29].

Diğer sanayi tesisleri atık sularını Kızılırmak nehrini besleyen, akım değerleri düşük olan Çoruhözü Deresi ile Kızılırmak nehrine doğrudan vermektedirler [30].

Kırıkkale İlinde bir tane Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. (Yahşıhan Organize Sanayi Bölgesi). Atık su arıtma tesisi olmadığından atık sular Kızılırmak Nehrine deşarj edilmektedir [30].

Hacılar Kasabası civarında yer alan Akaryakıt ve LPG Depolama ve Dolum tesislerinden kaynaklanan proses atık suları geri kazanım tesislerine verilmektedir. Kanalizasyon sistemi bulunmadığından, evsel atık sular ise belirli aralıklarla belediye tarafından vidanjör ile alınmaktadır. Tüpraş Kırıkkale Rafinerisinde ise atık su arıtma tesisi mevcut olup, atık sular arıtıldıktan sonra Kızılırmak Nehrine deşarj edilmektedir [29].

3.3.2. Kanalizasyon atık suları

Kırıkkale İlının Atık su Arıtma Tesisi bulunmamaktadır. İlin atık suları arıtıma tabi tutulmadan Çoruhözü Deresi'ne verilmektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 2005/3 sayılı Atık su Altyapı Tesisleri İş Termin Planı genelgesi kapsamında Kırıkkale Belediyesi tarafından İş Termin Planı Çevre ve Orman Bakanlığı'na sunulmuş ve Bakanlık tarafından uygun bulunmuştur. İlin atık su arıtma tesisi inşaatına 2006 yılı içerisinde başlanması planlanmaktadır.

3.3.3. Tarımsal kaynaklı kirleticiler

Bilindiği üzere; tarımda verimi artırmak amacıyla gübre, zirai mücadele amacıyla ise tarımsal ilaçlar kullanılmaktadır. Kullanılan gübre ve tarımsal ilaçlar, sulama sularının yüzeysel su kaynaklarına drenaj edilmesiyle su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır.

Kırıkkale İlinde tarım alanı 306 506 ha, gübrelenen tarım alanı 206 416 ha olup, gübrelenen alanının tarım alanına oranı % 67'dir. Sulanan alan 32 164 ha ve 2004 yılı için gübre kullanımı 24 853 ton olup, bu değerler göz önüne alındığında ildeki tarımsal kaynaklı kirleticiler, evsel ve endüstriyel kirlilik kaynaklarına oranla daha az etkili olmaktadır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi

Bu çalışma kapsamında; Kapulukaya Baraj Çıkışı, Çoruhözü Deresi, Delice Irmağı, ve Delice Irmağı'nın Kızılırmak Nehri'ne döküldüğü noktadan itibaren yaklaşık 1 km. mesafeden, Temmuz 2005-Mayıs 2006 dönemi içerisinde numuneler alınarak Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Referans Laboratuvarı'nda analizler yapılmıştır. Çalışma yapılan alanda örnekleme noktası seçilirken, alandaki su kalitesi değişimini temsil edecek nitelikte noktalar olmasına ve yapılan ölçümlerle kıyaslama yapılması açısından DSI'nin ölçüm istasyonlarına yakın olmasına dikkat edilmiştir.

4.2. Örnekleme Sıklığının Saptanması

Temmuz 2005-Mayıs 2006 dönemi içerisinde Temmuz 2005, Aralık 2005 ve Mayıs 2006 aylarında yaz, kış ve ilkbahar mevsimlerini içine alacak biçimde üç kez numune yukarıda belirtilen ölçüm noktalarından alınarak analiz yapılmıştır.

4.3. Parametre Seçimi

Yüzeysel su kaynaklarında su kalitesi izleme çalışmaları kirlilik belirlenmesi için gerekli olan BOD₅ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı), TDS (Toplam Çözünmüş Katılar), DO (Çözünmüş Oksijen), NH₃-N (Amonyak Azotu), NO₂-N (Nitrit Azotu), o-PO₄ (Ortofosfat), Demir (Fe), Mangan (Mn), Krom (Cr) ölçümleri yapılmıştır.

4.4. Numune Alma Yöntemi

Bu çalışma kapsamında su numunelerinin alınması işleminde 07.01.1991 tarih ve 20106 sayılı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği'nde belirtilen numune alma ilkelerine dikkat edilmiştir.

Numunelerin alındığı ve saklandığı kapların seçimi önemli bir husustur. Numune bileşeninin, numune kabı ile reaksiyona girmesi istenmediğinden, numuneyi cam veya plastik kaplarda taşıyıp saklamak gereklidir. Her bir numune için numune şişesi veya kabı üzerinde gerekli açıklamaları içeren bir etiket olmalıdır. Numune laboratuara getirildiğinde kolayca tanınabilmesi için alındığı tarih ve saat, numunenin alındığı yer gibi gerekli bilgiler kaydedilmelidir.

Numune almadan önce alınacak numune ile numune kabı 2-3 defa çalkalanıp dökülmüştür. İçlerinde birikimlerin oluşmasını önlemek için numune araç ve gereçleri her gün temizlenmelidir.

Numune alma noktalarının, numune alma bölgesinde su kalitesini ve bu kalitenin bölge içerisinde değişimi karakterize edecek şekilde ve sayıda olmasına dikkat edilmiştir. Kırıkkale il sınırları içerisinde bulunan Kızılırmak Nehri'nin yan kolları, yoğun kirlilik yükü taşıyan Çoruhözü Deresi ve tuz konsantrasyonu fazla olan Delice Irmağı ile bu yan kolların Kızılırmak Nehri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla tam karşımın sağlandığı Delice Irmağı'nın Kızılırmak Nehri'ne döküldüğü noktadan itibaren nehir üzerinde bir nokta ölçüm noktası seçilmiştir. Ayrıca, Kapulukaya baraj çıkışı ilin içme suyu ihtiyacını karşılaması nedeniyle ölçüm noktası olarak belirlenmiştir. Mevsimsel analiz yapılmış olup, özellikle yazın kuruyan Balaban Çayı üzerinde ölçüm noktası seçilmemiştir. Su kalitesi örnekleme noktaları Şekil-4.1'de gösterilmiştir.

Numune alınırken numune alıcı vasıtasıyla yüzeyden 30-40 cm derinden numune alınmıştır. Homojenlik ve tam karışımın sağlanması açısından derinden numuneler alınmıştır. Laboratuara kolayca taşınabilecek kadar ve analiz için yeterli hacimde ve laboratuarda istenen amaç için kullanılacak temsil yeteneğine sahip numune alımı yapılmıştır. Alınan numunenin bileşimi bozulmadan laboratuara getirilmesi en önemli husus olup, numunelerin laboratuara ulaşmadan taşıdığı özellikleri kaybetmemesine ve taşıma esnasında kirlenmemesine dikkat edilmiştir.

4.5. Su Kalitesi Ölçüm Parametreleri ve Ölçüm Yöntemleri

Kırıkkale İli içerisinde analizi yapılan parametrelerin kirlilik belirlenmesi açısından önemi ve ölçüm yöntemleri aşağıda verilmektedir.

Seçilen parametrelerin ölçüm yöntemleri EK'lerde verilmiştir.

Biyolojik Oksijen İhtiyacı-EK 4

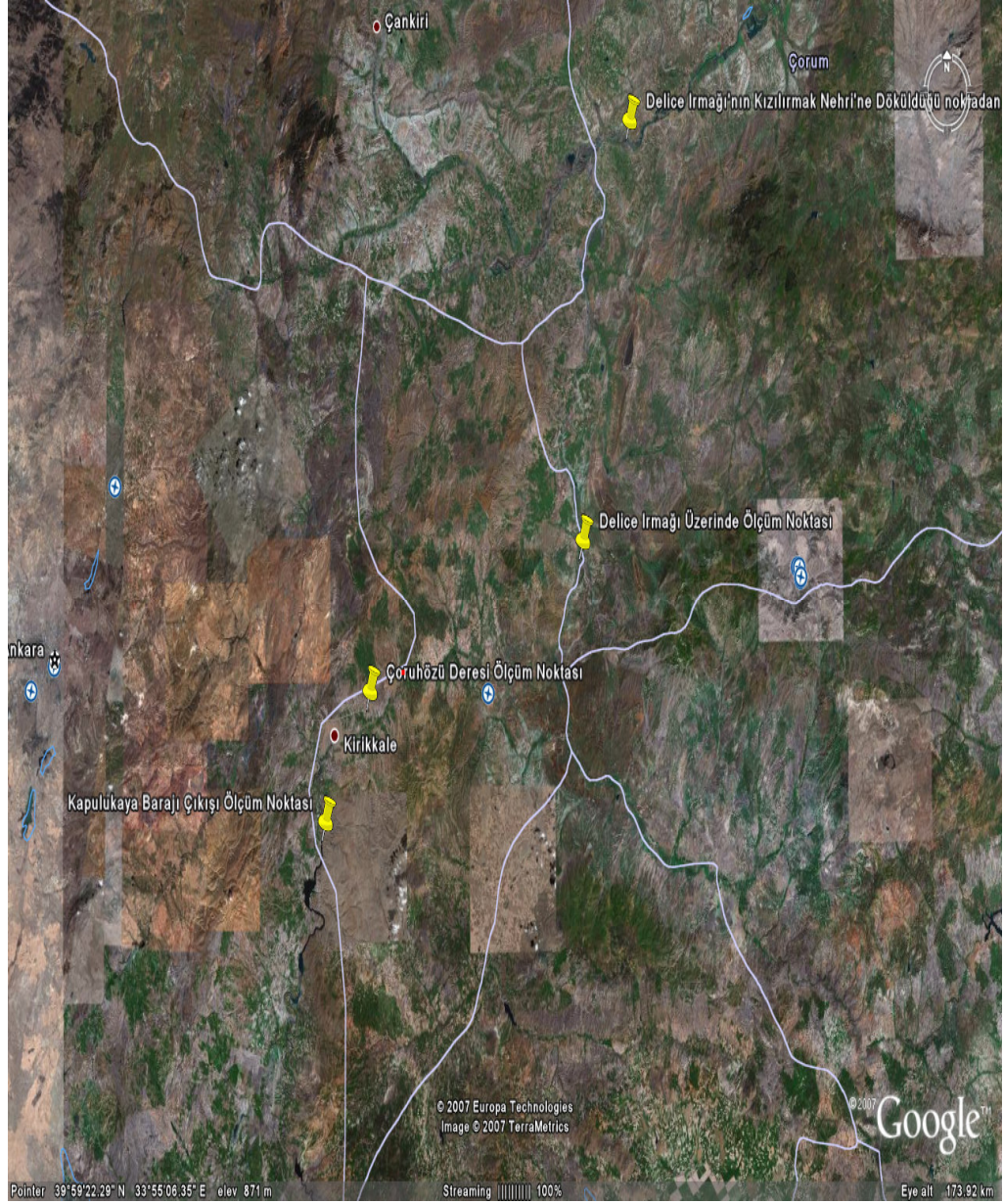
Toplam Çözünmüş Katılar –EK 5

Çözünmüş Oksijen-EK 6

Azot Bileşikleri-EK 7

Fosfor Bileşikleri-EK 8

Ağır Metaller-EK 9



Şekil 4.1. Su kalitesi örnekleme noktaları

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Kapulukaya Baraj Çıkışı, Çoruhözü Deresi, Delice Irmağı, Kızılırmak Nehrine ait Kirlilik Yükleri

Bu çalışma kapsamında; Kapulukaya Baraj Çıkışı, Çoruhözü Deresi, Delice Irmağı ve Delice Irmağı'nın Kızılırmak Nehri'ne döküldüğü noktadan itibaren yaklaşık 1 km. mesafeden, Temmuz 2005-Aralık 2005-Mayıs 2006 dönemi içerisinde numuneler alınarak Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Referans Laboratuvarı'nda analizler yapılmıştır. Aşağıda analiz sonuçları verilen yüzeysel su kaynaklarında numune alımı yapılırken, 07.01.1991 tarih ve 20106 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği'nde belirtilen usul ve esaslara uygun hareket edilmiştir. Çalışma yapılan alanda örnekleme noktası seçilirken, alandaki su kalitesi değişimini temsil edecek nitelikte noktalar olmasına dikkat edilmiştir.

Yüzeysel su kaynaklarında su kalitesi izleme çalışmaları kirlilik belirlenmesi için gerekli olan BOD₅ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı), TDS (Toplam Çözünmüş Katılar), DO (Çözünmüş Oksijen), NH₃-N (Amonyak Azotu), NO₂-N (Nitrit Azotu), o-PO₄ (Ortofosfat), Demir (Fe), Mangan (Mn), Krom (Cr) ölçümleri yapılmıştır.

Elde edilen analiz sonuçları, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan, Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri esas alınarak değerlendirilmiştir.

2005 yılı Temmuz ayı için ölçüm noktalarından elde edilen değerler örnek olarak Çizelge 5.1'de verilmiştir. Bu değerler kullanılarak ortalama değerler ve sapmaları ile Aralık 2005 ve Mayıs 2006 dönemlerine ait sonuçlar doğrudan ortalama ve sapma şekli ile Çizelge 5.2 ve 5.5'de ölçüm yapılan noktalar için verilmiştir.

Çizelge 5.1. Temmuz 2005 dönemi için ölçüm noktalarındaki değerler

Parametreler	Ölçüm Noktaları											
	Kapulukaya Baraj Çıkışı Ölçüm Değerleri			Çoruhözü Deresi Ölçüm Değerleri			Delice Irmağı Ölçüm Değerleri			Kızılırmak Nehri Ölçüm Değerleri		
(mg/l)	I.	II.	III	I.	II	III	I	II	III	I	II	III
BOD ₅	4,7	4,6	4,7	27,8	27,6	27,5	5,4	5,5	5,4	4,24	4,37	4,31
TDS	1129	1132	1132	1314	1317	1313	4233	4242	4238	1098	1096	1101
DO	6,1	5,9	5,9	0,16	0,20	0,25	1,2	1,2	1,1	3,20	3,35	3,03
NH ₃ -N	0,079	0,076	0,074	6,0	5,5	5,7	2,7	2,7	2,6	1,77	1,71	1,84
NO ₂ -N	0,013	0,016	0,014	0,055	0,065	0,059	0,059	0,060	0,060	0,01	0,03	0,02
o-PO ₄	0,025	0,034	0,029	0,88	0,91	0,83	0,25	0,30	0,18	0,27	0,27	0,26
Fe	0,86	0,84	0,86	15,34	15,73	14,93	0,98	0,98	0,99	3,80	3,65	3,45
Mn	0,023	0,016	0,020	0,091	0,085	0,094	0,042	0,037	0,040	0,055	0,060	0,067
Cr	0,013	0,007	0,009	0,026	0,035	0,031	0,025	0,027	0,026	0,030	0,029	0,030

Çizelge 5.2. Kapulukaya Baraj çıkışı kirlilik yükleri (n=3)

Kirlilik Parametreleri	Temmuz 2005	Aralık 2005	Mayıs 2006
BOD ₅ (mg/l)	4,7±0,1	3,1±0,09	2,8±0,1
TDS (mg/l)	1131±2	879±1	785±1
DO (mg/l)	5,9±0,2	6,5±0,1	6,1±0,1
NH ₃ -N (mg/l)	0,076±0,003	0,068±0,002	0,093±0,003
NO ₂ -N (mg/l)	0,014±0,002	0,019±0,001	0,035±0,002
o-PO ₄ (mg/l)	0,030±0,005	0,020±0,004	0,030±0,005
Fe (mg/l)	0,86±0,02	0,63±0,01	0,75±0,01
Mn (mg/l)	0,020±0,004	0,010±0,003	0,020±0,003
Cr (mg/l)	0,010±0,003	0,005±0,001	0,026±0,001

Çizelge 5.3. Çoruhözü Deresi kirlilik yükleri (n=3)

Kirlilik Parametreleri	Temmuz 2005	Aralık 2005	Mayıs 2006
BOD ₅ (mg/l)	27,6±0,2	16,7±0,2	23,5±0,3
TDS (mg/l)	1315±2	1097±2	1239±3
DO (mg/l)	0,20±0,05	0,70±0,08	0,40±0,05
NH ₃ -N (mg/l)	5,7±0,3	5,3±0,2	4,8±0,3
NO ₂ -N (mg/l)	0,060±0,005	0,052±0,005	0,070±0,006
o-PO ₄ (mg/l)	0,87±0,04	0,79±0,02	0,79±0,03
Fe (mg/l)	15,34±0,40	10,21±0,3	13,14±0,3
Mn (mg/l)	0,090±0,005	0,070±0,003	0,100±0,006
Cr (mg/l)	0,030±0,005	0,024±0,002	0,037±0,004

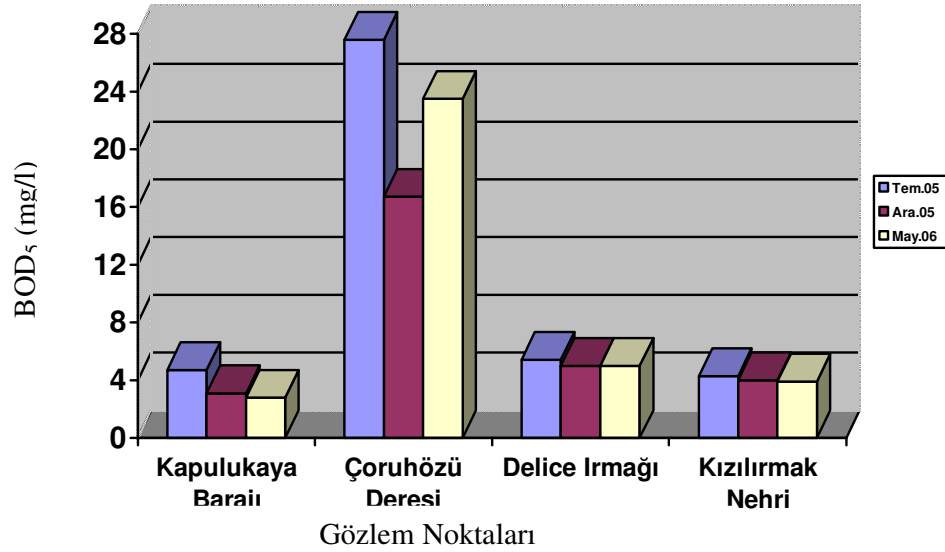
Çizelge 5.4.Delice Irmağı kirlilik yükleri (n=3)

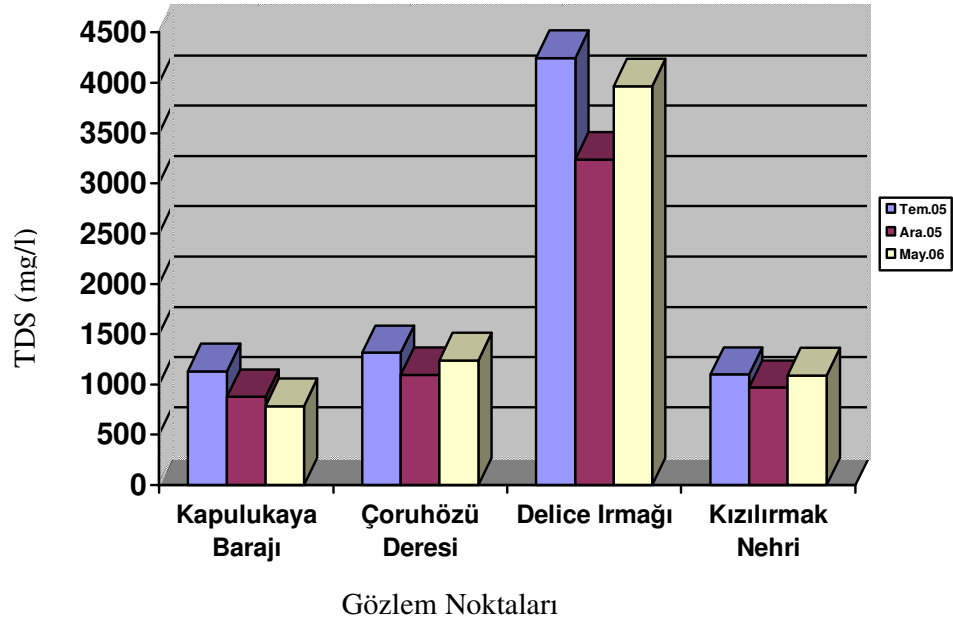
Kirlilik Parametreleri	Temmuz 2005	Aralık 2005	Mayıs 2006
BOD ₅ (mg/l)	5,4±0,1	5±0,1	5±0,11
TDS (mg/l)	4238±5	3237±4	3967±4
DO (mg/l)	1,2±0,1	1,60±0,12	1,30±0,09
NH ₃ -N (mg/l)	2,7±0,1	1,80±0,09	2,50±0,15
NO ₂ -N (mg/l)	0,060±0,001	0,050±0,002	0,060±0,004
o-PO ₄ (mg/l)	0,25±0,07	0,18±0,01	0,22±0,03
Fe (mg/l)	0,98±0,01	0,70±0,04	0,75±0,1
Mn (mg/l)	0,040±0,003	0,030±0,005	0,030±0,004
Cr (mg/l)	0,026±0,001	0,018±0,001	0,010±0,001

Çizelge 5.5. Kızılırmak Nehri kirlilik yükleri (n=3)

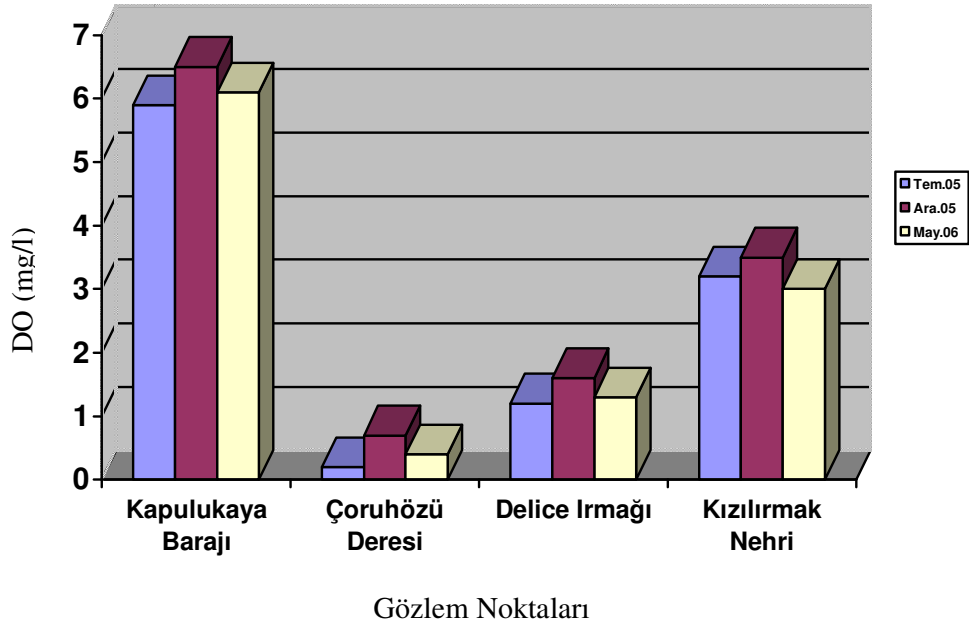
Kirlilik Parametreleri	Temmuz 2005	Aralık 2005	Mayıs 2006
BOD ₅ (mg/l)	4,30±0,07	4,0±0,1	3,90±0,05
TDS (mg/l)	1098±2	967±1	1090±1
DO (mg/l)	3,20±0,17	3,50±0,11	3,00±0,13
NH ₃ -N (mg/l)	1,77±0,07	1,23±0,01	1,20±0,03
NO ₂ -N (mg/l)	0,02±0,01	0,015±0,01	0,03±0,02
o-PO ₄ (mg/l)	0,27±0,01	0,24±0,02	0,36±0,01
Fe (mg/l)	3,65±0,20	2,6±0,1	2,83±0,20
Mn (mg/l)	0,060±0,007	0,040±0,006	0,07±0,01
Cr (mg/l)	0,030±0,001	0,012±0,003	0,023±0,001

Havzada elde edilen sonuçlar, ölçüm noktalarına göre grafiklendirilmiş ve değişimler gözlenmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirmeler Şekil 5.1-5.9'da gösterilmiştir.

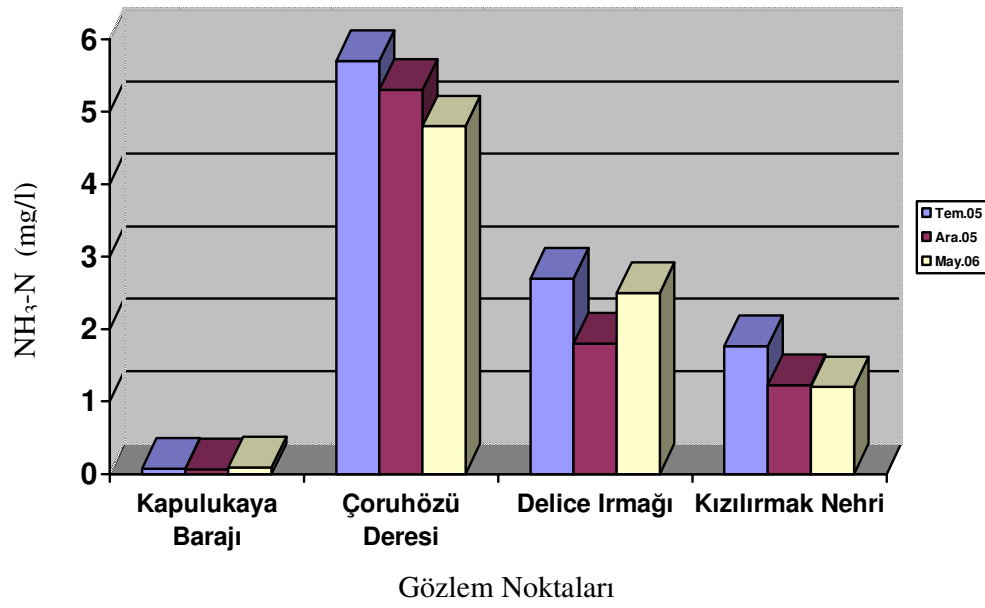
Şekil 5.1. Kırıkkale havzasında BOD₅ değişimi



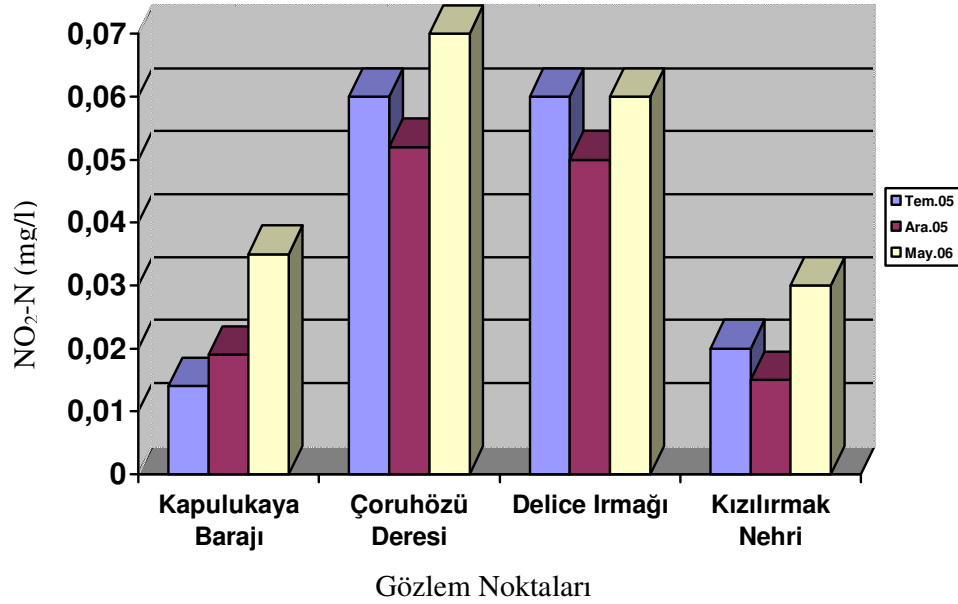
Şekil 5.2. Kırıkkale havzasında toplam çözünmüş katı değişimi



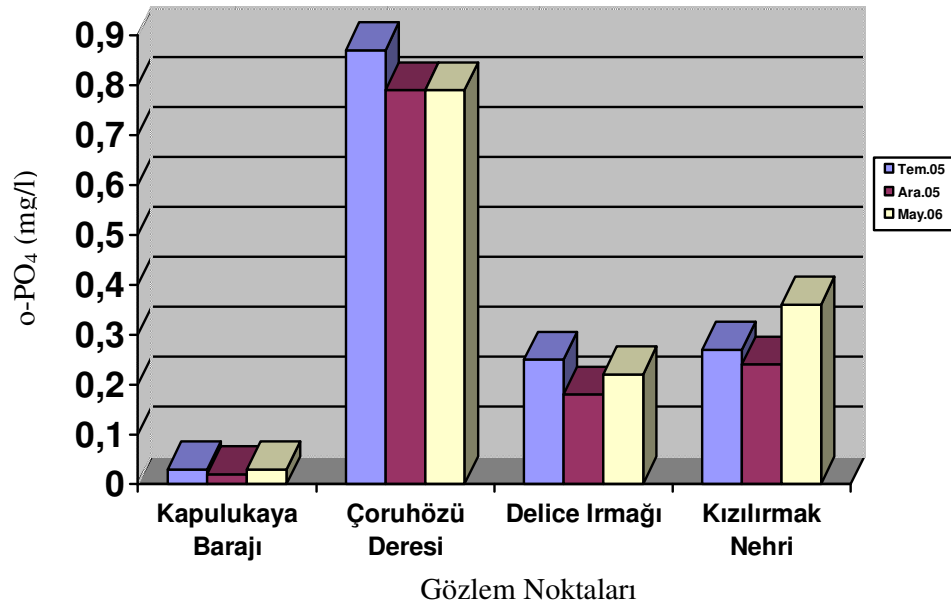
Şekil 5.3. Kırıkkale havzasında çözünmüş oksijen değişimi



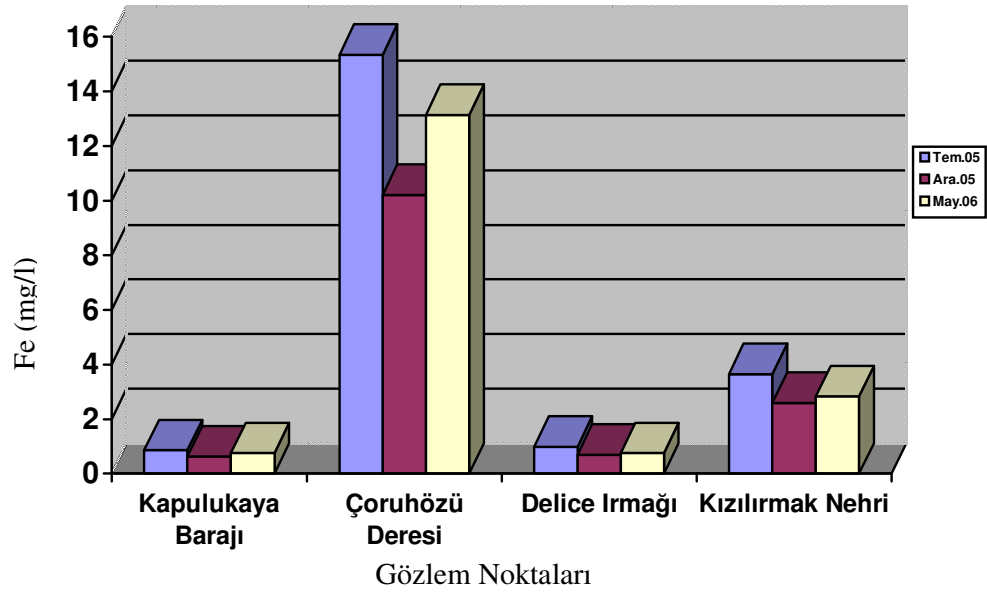
Şekil 5.4. Kırıkkale havzasında amonyak azotu değişimi



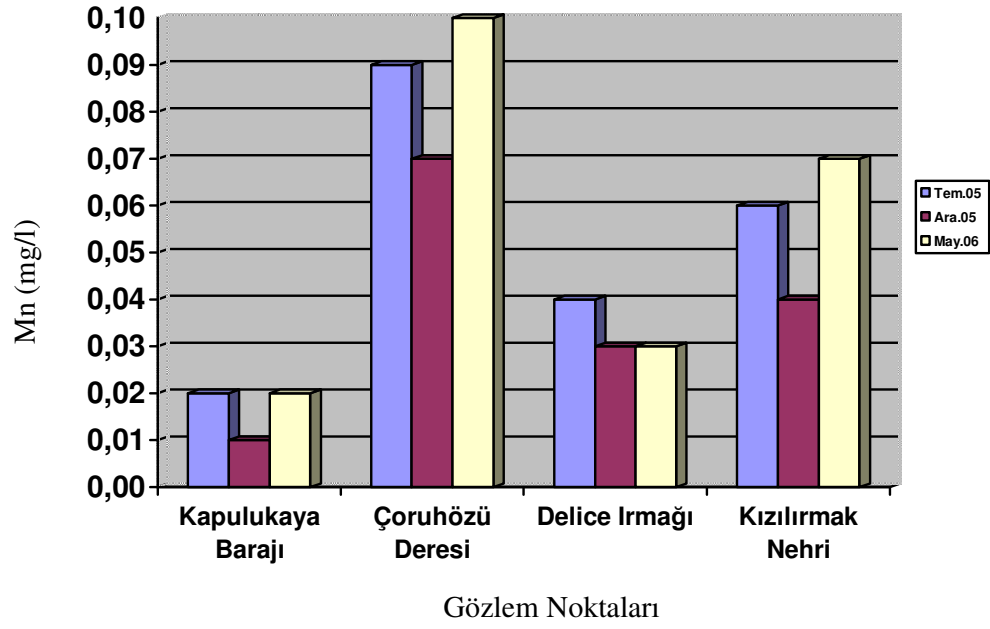
Şekil 5.5. Kırıkkale havzasında nitrit azotu değişimi



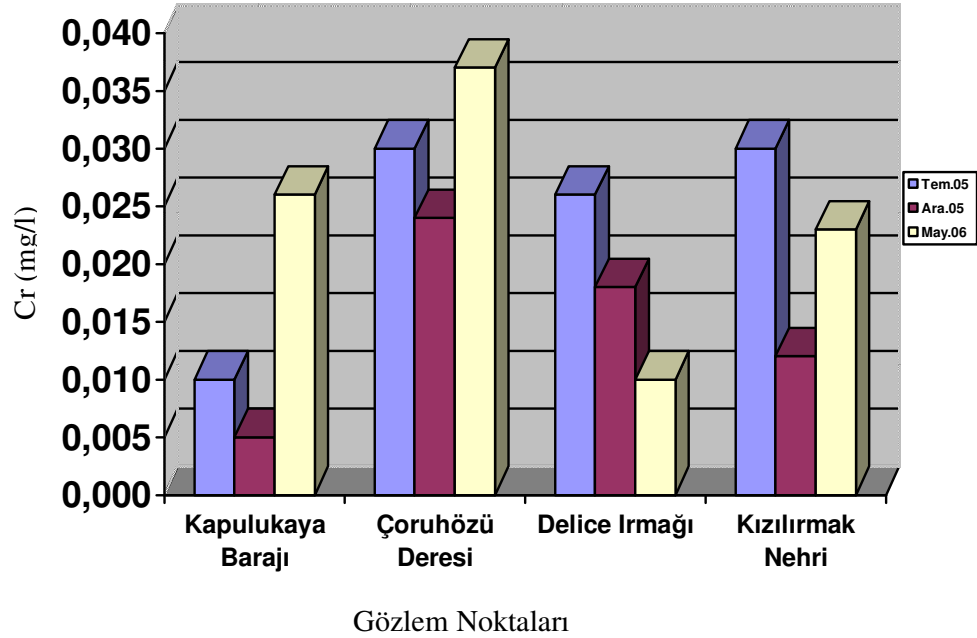
Şekil 5.6. Kırıkkale havzasında ortofosfat değişimi



Şekil 5.7. Kırıkkale havzasında demir değişimi



Şekil 5.8. Kırıkkale havzasında mangan değişimi



Şekil 5.9. Kırıkkale havzasında krom değişimi

5.2. Kırıkkale İlinde Su Kalitesi Gözlem Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Elde edilen analiz sonuçları, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan, Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri esas alınarak Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Su kaynaklarının sınıflandırma sonuçları

Su Kaynağı	Sınıflar (İncelenen Özellik Açısından)								
	BOD	TDS	DO	NH ₃ -N	NO ₂ -N	o-PO ₄	Fe	Mn	Cr
Kapulukaya Barajı	I	II	II	I	III	II	II	I	I
Çoruhözü Deresi	IV	II	IV	IV	IV	IV	IV	I	II
Delice Irmağı	II	III	IV	III	IV	III	II	I	I
Kızılırmak Nehri	II	II	III	II	III	III	III	I	II

*Sınıflandırma kriteri; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği –Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Ek-1)

Kırıkkale havzası içerisinde BOD değişimi görüldüğü üzere; Kapulukaya Baraj Çıkışı'nda I. sınıf, Kırıkkale kentinin evsel ve endüstriyel atık sularını taşıyan Çoruhözü Deresi'nde IV. sınıfa kadar çıktığı, Delice Irmağı'nda II. Sınıf, Kırıkkale Havzasındaki suların döküldüğü Kızılırmak Nehri'nde II. sınıf olmaktadır. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD) parametresi; su kaynaklarının kirlenme derecelerinin göstergesi olarak bilinir. Bu kapsamda; BOD değerinin Çoruhözü Deresi'nde IV. sınıf kalitede olmasının nedeni, Kırıkkale İlının kanalizasyon atık sularının Çoruhözü Deresi'ne verilmesi dolayısıyla biyolojik faaliyetlerin artmasındandır.

Kırıkkale havzası içerisinde Toplam Çözünmüş Katılar (TDS) değişimi; Kapulukaya Baraj Çıkışı II. sınıf, Çoruhözü Deresi II. sınıf, Delice Irmağı III. sınıf, Kızılırmak Nehri'nde II.sınıf niteliğindedir. Kızılırmak nehrinin suyu kaynağında yumuşak ve içilebilir özelliklere sahip olmasına karşın özellikle Zara ilçesinden sonra su yatağının jipsli ve tuzlu araziye girmesi, niteliği uygun olmayan güney kollarının da karışmasıyla bileşimi büyük ölçüde değişmekte, Hafik ilçesinden sonra sulama suyu olarak bile kullanılamamaktadır [30]. Irmağın tuz konsantrasyonunun 4238 mg/l'ye kadar ulaştığı belirlenmiştir. Delice Irmağı, Kırıkkale Havzası içerisinde tuzluluk miktarı en fazla olan akarsu olduğu ölçüm sonuçlarından anlaşılmaktadır. Delice Irmağı'ndaki tuzluluk kaynağının, bölgede su yatağının jipsli ve tuzlu yapısı nedeniyle arazinin yapısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Delice Irmağı'nın bu özelliği sulama suyu kalitesi için olumsuzluk teşkil etmektedir. 07.01.1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usüller Tebliği'nde toplam tuz konsantrasyonu 2100 mg/lt'nin üzerinde ise; sulama suyu kullanımına uygun olmadığı ve toprakta zararlı etkilere neden olacağı belirtilmiştir.

Kırıkkale havzası içerisinde Çözünmüş Oksijen (DO) değişimi; Kapulukaya Baraj Çıkışı II. sınıf, Çoruhözü Deresi IV. sınıf, Delice Irmağı'nda IV. sınıf, Kızılırmak Nehri'nde III. sınıf olmaktadır. Çözünmüş Oksijen (DO); suların kendini temizleyebilme kapasitesiyle ilgili olup, su kalitesinin belirlenmesinde temel parametrelerden biridir. Kapulukaya Barajı'nın, içme ve kullanma suyu amaçlı olmasından dolayı çözünmüş oksijen değerinin yüksek olması gerekmektedir. Bu nedenle; çözünmüş oksijen açısından II. sınıf kalitede olması beklenir bir durumdur. Çoruhözü Deresi'nin, Kırıkkale İlinin evsel ve endüstriyel sularını taşıması nedeniyle çok düşük çözünmüş oksijen değerine sahip olması beklenir. Delice Irmağı'nda; çözünmüş oksijen değerinin düşük olması, tuzluluk miktarı ile ilişkilidir. Çünkü; tuzluluk miktarı arttıkça çözünmüş oksijen değeri azalır. Kızılırmak Nehri'nde III. sınıf kalite olması ise; tuzluluk miktarı ve taşıdığı kirletici konsantrasyonuna bağlı olduğu söylenebilir. Ayrıca; çözünmüş oksijen değeri sıcaklıkla birlikte azalır. Analiz sonuçlarına bakıldığında; çözünmüş oksijen değerinin, sıcaklığın fazla olduğu Temmuz ayında az, sıcaklığın az olduğu aralık ayında fazla olduğu görülmektedir.

Kırıkkale havzası içerisinde $\text{NH}_3\text{-N}$ (Amonyak Azotu) değişimi; Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Kapulukaya Baraj Çıkışı'nda I. sınıf, Çoruhözü Deresi'nde IV. sınıf, Delice Irmağı'nda III. sınıf, Kızılırmak Nehri'nde II. sınıf kalitededir. $\text{NH}_3\text{-N}$ kaynağının fekal kirlilik olduğunu ve evsel nitelikli atık sularda yüksek seviyelerde olacağını söyleyebiliriz. Çoruhözü deresi'nde IV. sınıf olması, Kırıkkale ilinin kanalizasyon atık sularını taşıması ile ilgilidir. Delice Irmağı'nın III. sınıf kalitede olması, Yozgat İlinin atık sularını taşıyan Yozgat Çayı'nın, Çorum-Sungurlu atık sularını taşıyan Budaközü Deresi'nin Delice Irmağı'na karışması ile ilgilidir. Diğer bir deyişle; $\text{NH}_3\text{-N}$ nüfusla doğrudan ilişkilidir. Kırıkkale İlindeki nüfus artış hızı dikkate alınırsa gelecekte Kızılırmak Nehri'nde ötrofikasyon tehlikesi olması da kaçınılmaz bir sorundur. Bu sorunun giderilmesi için Kırıkkale ilinin atık su arıtma tesisinin bir an önce faaliyete geçirilmesi gerekmektedir.

Kırıkkale Havzasında $\text{NO}_2\text{-N}$ (Nitrit Azotu) değişimi; Kapulukaya Baraj Çıkışı'nda III.sınıf, Çoruhözü Deresi'nde IV. sınıf, Delice Irmağı'nda IV. sınıf, Kızılırmak Nehri'nde III. sınıf kalitededir. Sudaki nitrit kaynağı, tarımsal kaynaklı gübre veya pestisit kullanımı ile ilgilidir. Çoruhözü Deresi'nin tarım alanlarına büyük katkısı olup, pestisit ve gübrenin kullanımına bağlı olarak IV. sınıf su kalitesine ulaşmaktadır. Delice Irmağı'nın suyunun tuzlu olması tarıma elverişli olmamasına rağmen, sularını topladığı Kozaklı, Şefaatli, Yozgat, Yerköy, Çayıralan, Boğazlıyan, Sungurlu, Kaman ve Delice yerleşimlerindeki tarım faaliyetleri sonucu kullanılan gübre ve pestisit kullanımına bağlı olarak IV. sınıf su kalitesinde olmaktadır.

Kırıkkale Havzasında o-PO_4 (Ortofosfat) değişimi; Kapulukaya Baraj Çıkışı'nda II. sınıf, Çoruhözü Deresi'nde IV. sınıf, Delice Irmağı'nda III.sınıf, Kızılırmak Nehri'nde III.sınıf su kalitesindedir. Kapulukaya Barajı'nda suyun depolanmasıyla birlikte su kendi kendini temizlemektedir. Evsel atık sular, sentetik deterjanlarda ve organik madde bünyesinde bulunan fosfatlar dolayısıyla, önemli miktarda fosfor içerirler. Bunun yanında gübre kullanımı da fosfor miktarının artmasına neden olmaktadır. Çoruhözü Deresi'nin Kırıkkale İlinin evsel atık sularını taşıması, Delice

Irmağı'nın sularını topladığı yerleşim birimleri nedeniyle fosfor miktarları yüksek seviyededir.

Azot ve fosfor bileşikleri su kaynaklarında en önemli besleyici unsurlardır. Bu bileşiklerin sınır değerlerin üzerinde olması su kaynaklarında ötrofikasyona neden olmaktadır. Bu şekilde kirlenmiş su kaynakları etrafa kötü koku yaymakta olup, bataklıklaşma tehlikesini beraberinde getirmektedir. Su kaynaklarından en etkin bir şekilde yararlanabilmek için su kaynaklarına besleyici akışının önlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle su kaynaklarında besleyici parametrelerin etkin bir şekilde izlenmesi ve bu kirlenmeye neden olan kaynakların denetlenmesi gerekmektedir.

Atık sulardaki azot ve fosfor giderimi için ileri arıtım yöntemleri etkili olmaktadır.

Kırıkkale Havzasında Fe (Demir) konsantrasyonu, Çoruhözü Deresi'nde en yüksek değere sahiptir. Kırıkkale il sınırları içinde suların ağır metal bakımından kirlenmesine neden olan sanayi metal ana sanayidir. MKE Kurumu'nca işletilen 8 metal işleyen fabrika bulunmaktadır. Bunlardan Silahsan I ve Çeliksân'ın endüstriyel atık suları bulunmamaktadır. Kimyasal ön arıtma gerektiren fabrikalar: Mühimmatsan, Silahsan II ve Pirinçsan'dır. Bu üç işletmenin atık suları arıtılmadan Çoruhözü Deresi'ne verilmektedir.

Arıtma gerektiren Barutsan, Çelbor ve Hurdasan işletmelerinin atık suları ise arıtılmadan Kızılırmak Nehri'ne verilmektedir.

Mangan konsantrasyonu açısından; Kırıkkale havzası I. sınıf kalitededir.

Krom konsantrasyonu açısından; Kırıkkale havzası I. ve II. sınıf kalitededir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda Çoruhözü Deresi'nin IV. sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmaktadır. Çoruhözü Deresi; Kırıkkale İlinin evsel ve endüstriyel atık sularını taşıması nedeniyle bu özellikte olduğu belirlenmiştir. Ayrıca; Çoruhözü Deresi; sulama suyu amaçlı kullanıma uygun olmamasına rağmen, bölgede sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Bu durum; toprağın niteliğinin bozulmasına, ürün kalitesinin düşmesine ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilere neden olması muhtemeldir. Bu nedenle; Kırıkkale İlinin Atık su Arıtma Tesisinin işletmeye açılması, metal işleyen fabrikalara ön arıtma tesislerini kurmaları ivedilikle sağlanmalıdır.

Delice Irmağı'nın tuz miktarının fazla olması nedeniyle tarımsal amaçlı kullanımı toprakta çoraklaşmaya neden olacaktır. Bu yüzden; tarım amaçlı kullanımı önlenmelidir.

Kızılırmak Nehri; Delice Irmağı'ndan gelen tuz konsantrasyonu nedeniyle diğer nehlere göre tuz miktarı fazladır. Bu nedenle; sulama amaçlı kullanımı hususunda sınırlamalar getirilmelidir. Kırıkkale'de faaliyet gösteren Organize Sanayi Bölgesi'nin ve Kızılırmak Nehri'ne atık sularını arıtmaksızın veren sanayi kuruluşlarının Su Kirliliği Kontrolü hükümleri çerçevesinde atık su arıtma tesislerini işletmeye almaları sağlanmalıdır. Çoruhözü Deresi ve Delice Irmağı'nın suları Kızılırmak Nehri'ne akmakta olup, bu kollarda yapılacak her türlü iyileştirme Kızılırmak Nehri'ne olabilecek baskının azalmasını sağlayacaktır.

Kapulukaya Baraj Çıkışı analiz sonuçlarından, düşük kirlilik seviyelerinde olduğu görülmüştür. Bu durum, su kaynaklarının depolanmasının suyun kendini temizlemesine neden olduğunu göstermektedir.

Kırıkkale İlinin mevcut düzensiz çöp döküm alanı da su havzasında farklı bir kirlilik sorunu teşkil etmektedir. Kırıkkale İli, Bahşılı ilçesi'nde yapılması planlanan

Kırıkkale Katı Atık Bertaraf Tesisi için Çevresel Etki Değerlendirmesi raporu Şubat-2006 yılında tamamlanmıştır.

Görüldüğü üzere; Kırıkkale havzasındaki sorunların; belediyenin ve sanayi kuruluşlarının atık su arıtma tesisi ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Kırıkkale ilinin 2030 yılındaki nüfusunun bugünkünden yaklaşık 100000 kişi fazla olacağı, az yağış alan bir bölge olması, sanayi kuruluşlarının çevresel zorunluluklarından yoksun olması gibi faktörler göz önüne alındığında; gelecekte ildeki su kaynaklarının tamamen ötrofik durumda olacağını ve kullanılamaz durumda olacağı öngörülmektedir. Başka bir deyişle; Kırıkkale Havzasında su kaynaklarının 2030 yılına kadar bu şekilde kullanımı, su kaynaklarının bir bataklığa dönüşmesinin yanı sıra burada yaşayan insanların tarımsal faaliyetleri nedeniyle toprağın niteliği bozulacak, insanlarda ağır metal konsantrasyonlarının artmasına paralel olarak kanserojen hastalıklar meydana gelebilecek, yaşamsal aktivitenin zarar görmesine neden olacaktır. Görüldüğü gibi, su kaynaklarının aşırı düzensiz kullanımı, besin zinciri yoluyla insanları, hayvanları, toprağı etkilemesi birbirine bağımlı olarak gelişebilmektedir. Bu nedenle; aslında su fakiri bir ülke olduğumuzu da göz önünde bulundurarak, su kaynaklarımızın optimum kullanımına bir an önce başlamak gerekmektedir.

Ülkemizde; Avrupa Birliği kapsamında çalışmalar hız kazanmış olup, sadece kanalizasyon ve atık su arıtma tesisi için finansman ihtiyacımızın 5 milyar Euro olduğu bilinmektedir. Bu miktar, ülkemizde bu yönde mevcut olan eksikliği de açıklamaktadır.

Ülkemizde su kaynaklarının korunmasında yaşanan problemlerin temelinde havza bazında veri toplama, planlama, ilgili kurumlararası koordinasyon kurumların yasal görev ve idari yapılarının durumu, işletme problemleri bulunmaktadır.

Ülkemizdeki en büyük problem yasa ve yönetmeliklerin yeterliliği-yetersizliği gibi bir sorundan öte, bu yasa ve yönetmeliklerin yeterince uygulanamayışı ve uygulamada yaşanan karmaşıdır.

Bu kapsamda; ulusal anlamda su kaynaklarının yönetiminde havzada yer alan tüm elemanları, olayları ve bunların etkileşimlerini inceleyen Entegre Havza Yönetim Modeli'nin benimsenmesi gerekmektedir. Entegre havza yönetiminin kaçınılmaz bir unsuru da havzanın alansal boyutta incelenmesini sağlayan görüntüleme, matematik işlem, veri depolama gibi işlevi birlikte yerine getiren Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanılmasıdır.

Her havzaya özel yönetim birimleri geliştirilmeli ve bu idari yapılanmanın merkezi hükümet, yerel yönetimler ve havza ile ilgili tüm kuruluşlar tarafından desteklenecek nitelikte olması sağlanmalıdır.

Her havzaya özel yönetmelikler bilimsel ve teknolojik gelişmelerin ışığında hazırlanmalı ve yeni gelişmelere açık olmalıdır.

Kirliliği önlemek ve düzeltmek için yapılan çalışmalar için gerekli olan harcamalar kirliliğe neden olan kişi ve kuruluşlarca karşılanmalıdır.

Koruma alanları belirlenirken her havzanın özellikleri dikkate alınarak havzaya özel uygulamalara gidilmelidir.

Havza bazında Arıtma tesislerinin inşası ve işletilmesi yaygınlaştırılmalıdır.

Dünyadaki uygulama örneklerine bakıldığında; su kaynaklarının su havzası bazında ele alındığı ve su havzası için oluşturulan havza birlikleri kurularak problemlerin çözüldüğü görülmektedir. Korumayı ön plana alarak kontrollü kullanımı sağlayan programların hazırlandığı dikkati çekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Alpaslan, A.H, ‘‘Türkiye ve Dünyada Su Politikaları’’, **İzmir Su Kongresi**, İzmir, 1-6, (1999)
2. Nemlioğlu, A. ve Şimşek, M., I.Ormancılık Şurası Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, **T.C Orman Bakanlığı, Cilt I**, Ankara, 520-527, (1993)
3. Özhan, S., ‘‘Havza Amenajmanı Esasları ve Orman-Su İlişkileri’’ Ağaçlandırma, **Orman ve Köy İşleri Bakanlığı**, Ankara, 371-382, (1986)
4. Önder, S., Gümüş, Z., Önder, D., ‘‘Türkiye Su Kaynaklarının Havzalar Düzeyinde Değerlendirilmesi’’,**Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi**, Hatay, 203-209, (2002)
5. Türkiye Çevre Vakfı, ‘‘Türkiye’nin Çevre Sorunları’’, Ankara, 43-54 (1999)
6. DİE, ‘‘Türkiye Çevre İstatistikleri’’, , Ankara, 19-25, (2005)
7. DİE, ‘‘Havza İstatistikleri’’, Türkiye Havzalarında Mevcut Durum, Ankara, 120, (1995)
8. Fernandez, E. B., ‘‘Tropik Dağ Alanlarında Havza Yönetimini Güçlendirme Amaçlı Stratejiler’’, **XI. Dünya Ormancılık Kongresi Bildirileri**, Antalya, 2 : 275-283, (1997)
9. FAO, ‘‘Report on Natural Resources for Food and Agriculture in Latin America and the Caribbean’’, **Paper:8, Rome** , (1986)
10. Dünya Bankası, ‘‘Doğu Anadolu Su Havzası Rehabilitasyon Projesi Heyet Değerlendirme Raporu’’, Ankara, 35-46 (1993)
11. Füsunoğlu, M., I.Ormancılık Şurası Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, **T.C Orman Bakanlığı, Cilt I**, Ankara, 390-399, (1993)
12. T.C Orman Bakanlığı, ‘‘Doğu Anadolu Su Havzası Rehabilitasyon Projesi Takdim Notları’’, **Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü**, Ankara, 13-27, (1995)
13. Doolette, J. B. ve Smyle, J.W., Soil and Moisture Conservation Technologies: Review of Literature, In Watershed Development Strategies and Technologies, **‘‘World Bank Technical Paper’’**, 23-29, (1990)
14. DSİ, ‘‘DSİ’ce İnşa Edilerek İşletmeye Açılan Sulama ve Kurutma Tesisleri’’, Ankara, 17-23, (2001)
15. Alpaslan, A.H, Harmancıoğlu, N., ‘‘Türkiye’de ve Dünyada Su Politikaları’’, **III.**

Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, 111-118, (2001)

16. T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, “Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği”, ***31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete***, Ankara, (2004)
17. Kulga, D., Akkaya, C., “Su ve Toprak Kaynakları Yönetiminde Havza Yönetim Modelinin Önemi”, ***III. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı***, İzmir, 147-154, 2001
18. Kulga, D., Çakmak, C., “DSİ’nin Su ve Sürdürülebilir Tarımsal Kalkınmadaki Rolü: Strateji ve Politikalar”, Ankara, 1993
19. Falkenmark, M., Lundqvist, J., “Coping with Multi-cause Environmental Challenges-A Water Perspective on Development”, ***International Conference on Water and the Environment***, Dublin, (1992)
20. Kulga, D., “Su Kaynakları Yönetiminde Yeni Gelişmeler”, ***Su ve Toprak Kaynakları Planlama Semineri***, Adana, (1992)
21. Şahsuvaroğlu, L., “Toprak ve Su Hizmetleri Toprak ve Su Kaynaklarını Muhafaza ve Geliştirme, Strateji/Yönetim Eylem Planı”, ***Tarım ve Köyişleri Bakanlığı***, 1-20, Ankara
22. Beaumont, P., “The Euphrates River – On International Problem of Water Resources Development”, ***Environmental Conservation***, 5(1): 57-75, (1978)
23. Bilen, Ö., “Ortadoğu Su Sorunları ve Türkiye”, ***Tesav Vakfı***, Ankara, 43-63 (1996)
24. Efeoğlu, A., Akkaya, C., Özdemir, A.D., “Su Kaynaklarının Korunmasında Yürürlükteki Çevre Mevzuatının Etkinliği Üzerine bir Değerlendirme”, ***III. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı***, İzmir, 103-110, (2001)
25. Baltacı, F., Celtemen, S. P., “Su Kaynaklarının Kalite İzleme Çalışmaları: Amaç, Kapsam, Hedefler”, ***III. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı***, İzmir, 169-176, (2001)
26. Datta, S. K. ve Ray, M., “Doon Vadisi Havza Yönetimi-Halkın Katılımı Yoluyla Sürdürülebilir Eko-restorasyon Çalışması”, ***XI. Dünya Ormancılık Kongresi Bildirileri***, Antalya, 2 : 293-301, (1997)
27. Anonymous, “Badger Creek Watershed”, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), 64-74, (2002)
28. EPA, Watershed Academy Information Transfer Series. U.S. Environmental Protection Agency, ***Office of Wetlands, Oceans and Watersheds***, Washington, (1997)

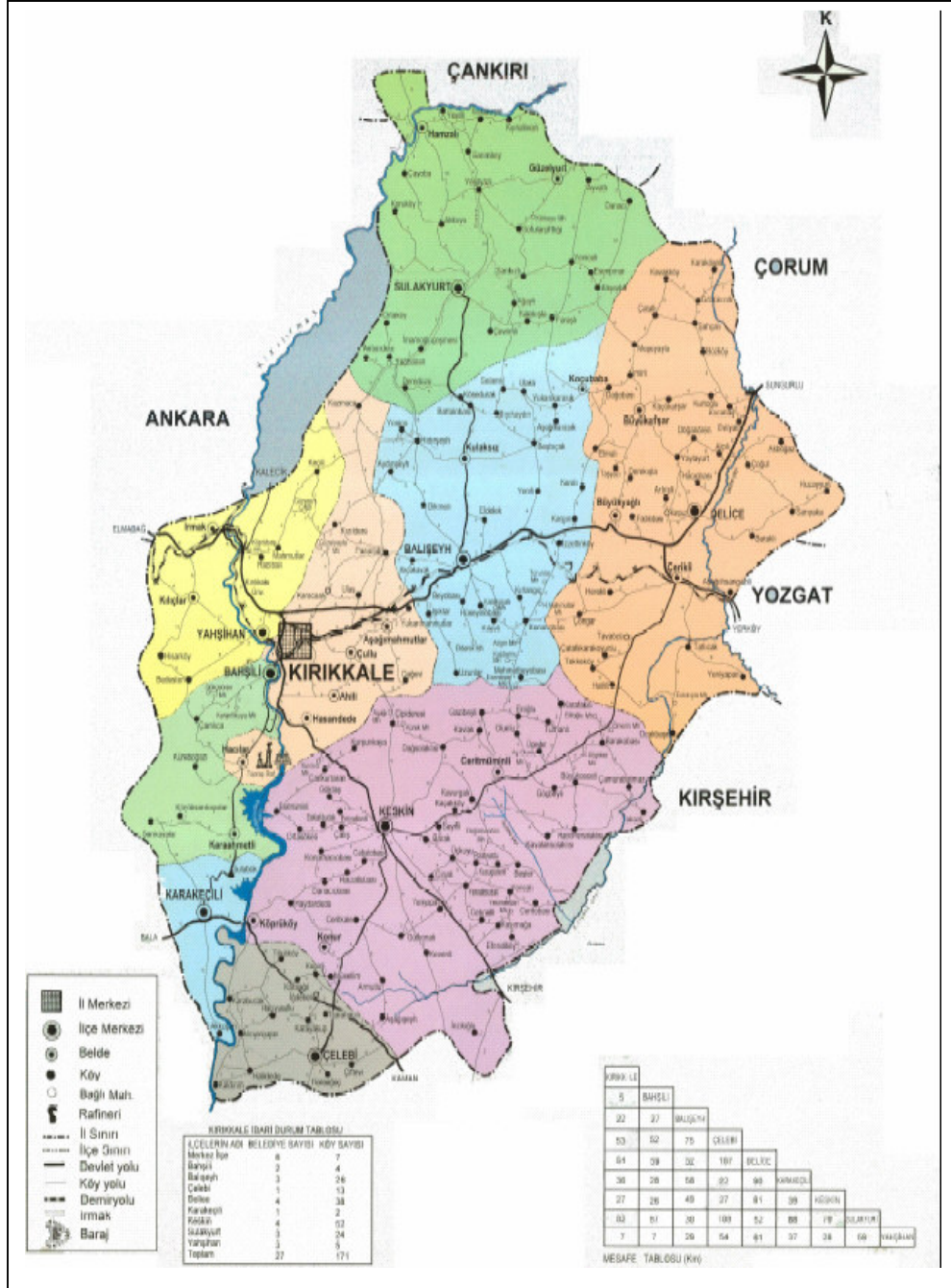
29. T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, “Kırıkkale İli Çevre Durum Raporu”, Kırıkkale, 10-15, 25-47, 83-102 (2004)
30. Polat, M., “Kızılırmak Havzası Su Kalitesi Araştırma Raporu” *DSİ*, Ankara, 3-7, 25-27, 40-45, 51-94, (2004)
31. Şengül, F. ve Türkman, A., “Su ve Atık su Analizleri” *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*, İzmir, (1991)
32. T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, “*Çevre Kanunu*”, 23.11.1983 tarih ve 2872 sayılı *Resmî Gazete*, Ankara
33. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN ISO 11885, ICS 13.060.01, (1998)

EKLER

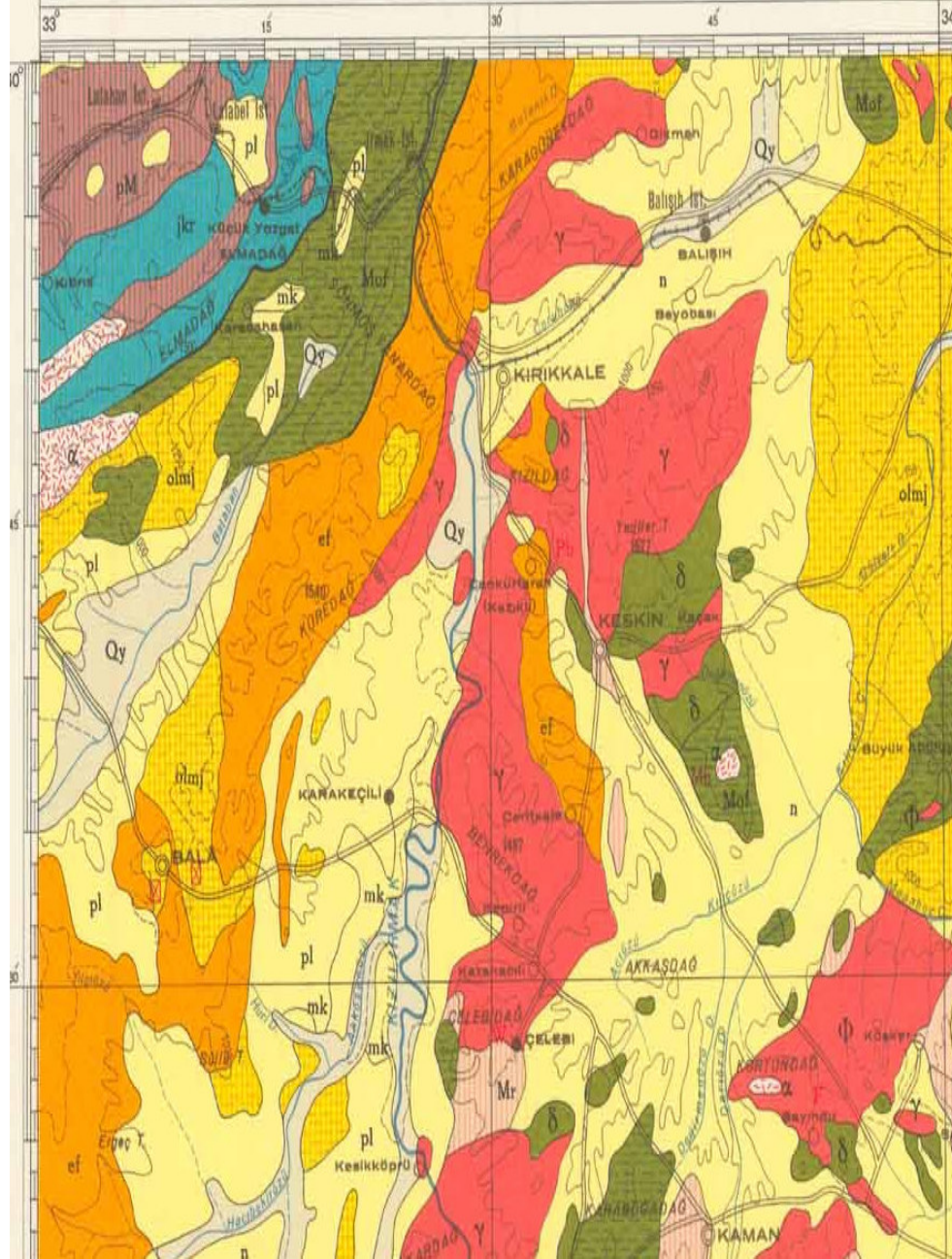
EK-1. Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve 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 ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ²⁻ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -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 ⁺ /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 ^d				
1) Cıva (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
7) Krom (µg Cr ⁶⁺ /L)	çok az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ²⁻ /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/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

EK-2. Kırıkkale İli 1/200 000 ölçekli haritası



EK-3. Kırıkkale İli 1/200 000 ölçekli jeolojik haritası



EK-3. (Devam) Kırıkkale İli 1/200 000 ölçekli jeolojik harita

Q	KUATERNER, KARASAL, AYRILMAMIŞ QUATERNARY, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED	Y	GRANİT, GRANODİORİT, KUARSLI DİORİT GRANITE, GRANODIORITE, QUARTZ - DIORITE
Qy	HOLOSEN, YENİ ALÜVYON HOLOCENE, RECENT	Φ	SİYENİT, MONZONİT SYENITE, MONZONITE
Qe	PLEİSTOSEN, ESKİ ALÜVYON PLEISTOCENE	δ	DİORİT, GABRO, DIABAZ DIORITE, GABBRO, DIABASE
n	NEOJEN, KARASAL, AYRILMAMIŞ NEOGENE, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED	σ	SERPANTİN SERPENTINE
bu	NEOJEN, VOLKANİK FASİES NEOGENE, VOLCANIC FACIES	ı	RIYOLİT, DASİT RHYOLITE, DACITE
pl	PLİOSEN, KARASAL PLIOCENE, CONTINENTAL	z	ANDEZİT ANDESITE
mk	MİOSEN, KARASAL, AYRILMAMIŞ MIOCENE, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED	τ	TRAKİT, FONOLİT TRACHYTE, PHONOLITE
md	MİOSEN, DENİZEL, AYRILMAMIŞ MIOCENE, MARINE, UNDIFFERENTIATED	β	BAZALT BASALT
olmj	OLİGO - MİOSEN, JİPSLİ FASİES OLIGO - MIOCENE, GYPSIFEROUS FACIES	st	VOLKANİK TÜF, AGLOMERA, BRİŞ VOLCANIC TUFF, AGGLOMERATE, BRECCIA
e	EOSEN, AYRILMAMIŞ EOCENE, UNDIFFERENTIATED		TRAVERTEN TRAVERTINE
ev	EOSEN, VOLKANİK FASİES EOCENE, VOLCANIC FACIES	○	KRATER CRATER
ef	EOSEN, FLİŞ EOCENE, FLYSCH	—	FORMASYON SINIRI FORMATION BOUNDARY
el	ORTA EOSEN, LÜTESİEN MIDDLE EOCENE, LUTETIAN	- - -	MUHEMEL FORMASYON SINIRI ESTIMATED BOUNDARY
maf	MESOZOİK (OFİOLİTLİ) SERİ, EKSERİYA KRETASE MESOZOIC (OPHOLITIC SERIES), MAINLY CRETACEOUS	—	ŞARİYAJ, FAY OVERTHRUST, FAULT
kr	KRETASE, AYRILMAMIŞ CRETACEOUS, UNDIFFERENTIATED	▲	SICAK SU VE MADEN SUYU KAYNAĞI HOT WATER AND MINERAL WATER SPRINGS
krü	ÜST KRETASE UPPER CRETACEOUS	Cr	KROM CHROMITE
ıkr	JURA - KRETASE JURASSIC - CRETACEOUS	Fe	DEMİR IRON
l	LİAS LIAS	Mn	MANGANEZ MANGANESE
pM	PERMIEN - MESOZOİK PERMIAN - MESOZOIC	Pb	KURŞUN LEAD
pk	PERMO - KARBONİFER PERMO - CARBONIFEROUS	W	WOLFRAM TUNGSTEN
d	DEVONİEN DEVONIAN	F	FLÜORİT FLUORITE
s	SİLÜRİEN SILURIAN	Na	KAYA TUZU ROCK SALT
Cr	METAMORFİK SERİ, AYRILMAMIŞ METAMORPHIC SERIES, UNDIFFERENTIATED	×	LİNYİT LIGNITE
Mr	MERMER, KRİSTALİZE KALKER VE DOLOMIT MARBLE, CRYSTALLINE LIMESTONE AND DOLOMITE	□	JİPS GYPSUM
Qu	KUARSİT QUARTZITE		
G	GNAYS, MIKAŞİST, AMPİBOLİT GNEISS, MICASCHIST, AMPHIBOLITE		

ANKARA

SİVAS

EK-4. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)

Sularda mikroorganizmalarca ayrıştırılabilen organik maddelerin miktarını belirlemekte kullanılır. BOD kavramı, aerobik mikroorganizmalar için elverişli bir organik karbon kaynağı içeren bir suyun kirletme potansiyelinin belirlenmesine dayanır. Bu potansiyel, bu sudan alınmış numunede mikroorganizmaların geliştirilmesi sırasında kullandıkları oksijenin ölçülmesiyle belirlenir.

Ölçüm Yöntemi

Bir su örneğinin biyokimyasal oksijen ihtiyacı, sadece organik maddelerin kısıtlı olduğu ve atmosferden oksijen almayacağı koşullarda, karanlıkta ve 20 °C sabit sıcaklıkta, 5 gün süreyle bekletilen bir miktar örnek içindeki organik maddelerin yükseltgenmesiyle oluşan, çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki düşüşe eşittir.

Su örneğindeki organik maddelerin mikroorganizmalarca kararlı hale getirilmesi sırasında uyulan koşulların deneyden deneye tekrarlanabilecek biçimde düzenlenmesi ve yakından denetlenmesi gerekir. Standart BOD deneyinde aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır.:

- 1-Zehirli maddeler bulunmamalıdır.
- 2-Uygun pH sağlanmalıdır. Gerektiğinde nötralizasyon yapılır.
- 3- Besleyici elementler bulunmalıdır. Bunun için ortama ayrıca azot, fosfor, demir ve kükürt bileşikleri eklenir. Böylece biyodeney süresince mikroorganizmaların gelişmesinde tek kısıtlayıcının organik karbon olması sağlanır.
- 4- Karanlık ve 20 °C sabit sıcaklık koşulları sağlanmalıdır.
- 5-Değişik türlerden yeterli miktarda mikroorganizma bulunmalıdır. Bunun için ortama, bir miktar atık su eklenir. Bu işleme aşılama denir.
- 6- Seyreltme gereklidir. Seyreltme, örnekteki oksijen miktarının organik maddelere yetmesi sağlanacak şekilde yapılır. Deney sonunda örnekteki organik maddeler oksijenin tamamını tüketmemelidir. Sonuçtaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu en az 1 mg/L olmalıdır.

EK-4. (Devam) Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)

Deney sonuçlarının nitrifikasyondan etkilenmesi engellenmelidir. Uygun koşullarda, karbonlu organik maddelerin yanı sıra azotlu maddeler ve besin olarak eklenen amonyak azotu biyolojik süreçlerle yükseltgenerek çözünmüş oksijen tüketir. Bunun önlenmesi için inhibitör kullanılır.

Girişim

Ölçüm esaslarında belirtilen koşulların herhangi birinin yerine gelmemesi girişime yol açar. Önemli miktarda nitrit içeren örneklerde, nitritin yükseltgenmesi girişim yapabilir. Deneyde kullanılan tüm araçların (seyreltme suyu kabı, BOD şişeleri, mezürler, pipetler v.b) temizliğine dikkat edilmelidir.

Örnek Alma ve Koruma

Örnekler 4 °C'de en fazla 48 saat korunabilir.

Araçlar

Özel BOD şişeleri 300 ml kapaklı,
İnkübatör, sıcaklığı 20 ± 1 °C 'da sabit tutulabilen

Çözeltiler

Seyreltme Suyu

Damıtık su ya da deiyonize su kullanılabilir. Suda klor, kloraminler, hidroksit alkalinitesi, organik madde, asit bulunmamalıdır.

EK-4. (Devam) Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)

Besleyici Çözeltiler

Fosfat Tampon Çözeltisi

8,5 g $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 21,75 g NH_4Cl 500 ml damıtık suda çözülür ve 1 L'ye tamamlanır. Bu tamponun pH'ı 7.2 olmalıdır.

Magnezyum Sülfat Çözeltisi

22,5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ damıtık suda çözülüp 1L'ye tamamlanır.

Kalsiyum Klorür Çözeltisi

27,5 g CaCl_2 damıtık suda çözülüp 1 L'ye tamamlanır.

Demir Klorür Çözeltisi

0,25 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ damıtık suda çözülüp 1L'ye tamamlanır.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi

1M NaOH

Sülfirik Asit Çözeltisi

1 M H_2SO_4

EK-4. (Devam) Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)

Nitrifikasyon İnhibitörü

500 mg alliltiyoüre (ATU) damıtık suda çözülüp 1 L'ye tamamlanır.

Deneyin Yapılışı

1 L'lik mezür içine seyreltme oranına göre belirlenen hacimde örnek ve besleyici çözeltilerden 1'er ml konur, üzerine 1 ml nitrifikasyon inhibitörü eklenir. Mezüre ayrıca 0,6 mg/L'den çok aşı düzeltmesi gerektirmeyecek miktarda aşı ilave edilir. Bu miktar genellikle 1-2 ml arasındadır.

Daha sonra seyreltme suyu ile 1 L'ye tamamlanır. Bir cam bagetle iyice karıştırılır, pH'ı 6.5-8.5 sınırları dışında kalan seyreltmeler 1 M NaOH ya da 1 M H₂SO₄ ile pH 7'ye getirilir. Mezürden 3 BOD şişesi doldurulur. Şişelerdeki hava kabarcıkları çıkartılır ve şişe kapağı kapatılır. Kapağın üzeri, hava almasını engellemek için suyla dolu kalmalıdır. Doldurulan 3 şişeden birinde hemen çözünmüş oksijen tayini yapılır, diğer ikisi 5 gün sonra çözünmüş oksijen tayini yapılmak üzere inkübatöre konur.

Her örnek için beklenen BOD değerine karşılık gelen seyreltme dışında bu oranın altındaki ve üstündeki seyreltmeler de yapılır. Böylece her örnek için 3 seyreltme yapılmış olur. Bunların yanı sıra kullanılan aşı tarafından harcanan çözünmüş oksijen miktarını belirleyebilmek için aşı düzeltmesi yapılır. Aşılama yapılmayan durumlar için seyreltme suyu kontrolü yapılarak bu düzeltme hesaba katılmalıdır.

Seyreltme Suyunun Hazırlanması

Yeterince damıtık su ya da deiyonize su, doygunluğa ulaşana kadar havalandırılır. Havalandırma, bir hava pompasına bağlı difüzör kullanılarak ya da seyreltme suyunu kısmen dolu bir kaptan şiddetle çalkalayarak sağlanabilir. Kullanılacağı sırada

EK-4. (Devam) Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)

seyreltme suyu sıcaklığı 20 ± 1 °C olmalıdır. Seyreltme suyunda zehirli maddelerin bulunmaması çok önemlidir. Muhafaza ve havalandırma sırasında da organik madde bulaşmaması için azami dikkat gösterilmelidir.

Seyreltme Tekniği

Örneğin tahmini BOD'sine göre, seyreltme oranları Çizelge 4.1'te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Seyreltme oranları

Tahmini BOİ (mg/L)	Seyreltme Oranı (%)
20000-70000	0,01
10000-35000	0,02
4000-14000	0,05
2000-7000	0,10
1000-3500	0,20
400-1400	0,50
200-700	1,00
100-350	2,00
40-140	5,00
20-70	10,00
10-35	20,00
4-14	50,00
0-7	100,00

Örneğin tahmini BOD'sinin 800 mg/L civarında olması bekleniyorsa, en uygun seyreltme oranı % 0,5 olarak bulunur (Bkz. Çizelge 3.15). 1 L hacim için bu örnekten $(0,5/100) \times 1000 = 5$ ml almak gerekir. Yapılacak diğer seyreltmeler için, % 0.5 in altındaki ve üstündeki seyreltme oranları olan % 1 ve % 0.2 seçilmelidir. (Bkz. Çizelge 3.15) Bunlar için de sırasıyla 10 ml ve 2 ml örnek alınır.

Aşılama

Aşılama kullanılabilecek olan atık su bir kolektörden alınmalı ve zehirli olmamasına

EK-4. (Devam) Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)

dikkat edilmelidir. Atık su alındıktan sonra 24 saat içinde kullanılmalı ve kullanılıncaya kadar sürekli havalandırılmalıdır. Aşılamadan az önce, havalandırma durdurulup atık su içindeki katı maddeler çökeltilir. Aşılama için üstteki duru faz kullanılır.

Akarsulara boşaltılan endüstriyel atıkların BOD tayininde, aşı olarak atık su yeri boşaltım noktasından alınmış örneklerle alıştıran mikroorganizmaların kullanılması daha iyi sonuç verebilir. Bunun için, örnek sürekli havalandırılır, düzenli olarak birkaç kez atıkla beslenir.

Glikoz-glutamik asit kontrolü deneyin bütününe olduğu gibi aşının ve aşılama tekniğinin de kontrolünü sağlar. Yüzey sularında aşılama yapmak gerekmez.

Aşı Düzeltmesi

Aşı olarak kullanılan havalandırılmış atık sudan seyreltme suyu ile %2 ve %0,5'lik iki seri seyreltme hazırlanır. Bu seyreltmeler içinde BOD tayini yapılır. 5 günde %40-70 çözünmüş oksijen tüketimi yapan bir tanesi aşı düzeltmesi hesabında kullanılır. Aşılanmış seyreltme suyunun çözünmüş oksijen tüketimi 0,6-1 mg/L arasında olmalıdır.

Seyreltme Suyunun Kontrolü

3 BOD şişesine sadece seyreltme suyu doldurulur. Bunlardan birinde hemen çözünmüş oksijen tayini yapılır. Diğer ikisi 5 gün inkübatörde 20 °C'de tutulur. Beş günlük çözünmüş oksijen tüketimi 0,1 mg/L'yi geçmemelidir. Gözlenen tüketim, aşı kullanılmayan seyreltmelerde, seyreltme suyu düzeltmesi hesabında kullanılır.

EK-4. (Devam) Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)

Glikoz-Glutamik Asit Kontrolü

105 °C'de 1'er saat kurutulmuş glikoz ve glutamik asitten 150'şer mg alınarak, damıtık su ile 1 L'ye tamamlanır. Bu çözeltiden % 2'lik seyreltme yapılır, çözelti aşılır ve BOD₅ tayin edilir. Sonuç 198 ± 30,5 mg/L olmalıdır.

BOD₅ Hesaplaması

$$BOD_5 \text{ (mg/L)} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \times f}{P} \quad (4.1)$$

D₁: Hazırlanan seyreltmede 1.gün ölçülen çözünmüş oksijen, mg/L

D₂: Hazırlanan seyreltmede 5.gün ölçülen çözünmüş oksijen, mg/L

B₁: Aşı kontrolü 1. gün ölçülen çözünmüş oksijen, mg/L

B₂: Aşı kontrolü 5. gün ölçülen çözünmüş oksijen, mg/L

P: Örneğin hacimsel fraksiyonu, %

f: Örnekteki aşı yüzdesinin, aşı kontrolündeki aşı yüzdesine oranı, (D₁'deki % aşı/ B₁'deki % aşı)

EK-5. Toplam Çözünmüş Katılar (TDS)

Toplam katı madde, filtre edilebilen ve filtre edilemeyen katıların toplamıdır. Filtre edilebilen katı maddeye çözünmüş katı madde, filtre edilemeyen kısma ise askıda katı madde denilmektedir.

Ölçüm Yöntemi

Su numunesinin 0.45 mikron gözenekli standart filtreden geçebilen kısmının 103 °C’de buharlaştırılması ile geriye kalan maddelerin mg/L cinsinden ifadesidir. 100 ml su numunesi alınır. Filtre kağıdı süzme aparatına yerleştirilir. Süzülen numune (filtreden geçen) önceden sabit tartıma getirilmiş buharlaştırma kabına konarak, 103-105 °C’de buharlaştırılır. Kap tekrar tartılır. Çözünmüş katı madde konsantrasyonu aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{TDS Konsantrasyonu (mg/L)} = (A-B) \times 1000 / \text{ml numune} \quad (5.1)$$

A : Buharlaştırılan madde + kabın ağırlığı, mg

B: Kabın darası, mg

Toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu, toplam katı madde ve toplam askıda katı madde konsantrasyonları farkından hesap yöntemi ile de bulunabilir.

$$\begin{aligned} \text{Toplam çözünmüş} &= \text{Toplam katı madde (mg/L)} - \text{Toplam askıda katı madde (mg/L)} \\ \text{Katı madde (mg/L)} & \quad (5.2) \end{aligned}$$

EK-6. Çözünmüş Oksijen (DO)

Oksijen, doğal sularda suyun kendi kendini temizleme süreçlerinde işlevleri olan organizmalar dahil, sucul yaşamın parçası olan tüm canlılar için gereklidir. Doğal sularda oksijen miktarı sıcaklık, tuzluluk, türbülans akım, alg ve bitkilerin fotosentez aktiviteleri ve atmosferik basınca bağlıdır. Oksijenin suda çözünürlüğü sıcaklık ve tuzluluk arttıkça azalır. Tatlı sularda çözünmüş oksijen deniz seviyesinde 0 °C'de 15 mg/L, 25 °C'de ise 8 mg/L'dir. Kirlenmemiş sularda oksijen konsantrasyonu genelde 10 mg/L dolayındadır.

Su kalitesi değerlendirmelerinin temeli DO konsantrasyonunun belirlenmesine dayanır. Çünkü oksijen su kaynaklarındaki kimyasal ve biyolojik işlemleri etkiler. Oksijen konsantrasyonunun 5 mg/L'den az olması biyolojik toplulukların fonksiyonlarını olumsuz yönde etkiler ve hayatta kalmalarını zorlaştırır. 2 mg/L'den az olması ise pek çok balığın ölmesine neden olur. Ölçülen DO konsantrasyonu suyun kirlenme derecesini, sudaki organik madde konsantrasyonunu ve suyun kendi kendini ne derece temizleyebileceğini ifade eder.

Ölçüm Yöntemi

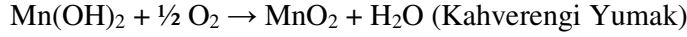
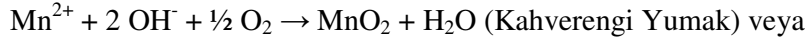
Çözünmüş oksijen ölçüm yöntemleri iyodometrik yöntemlerdir.

Titrimetrik Yöntem (Winkler Metodu) ve Modifikasyonları

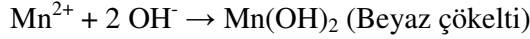
İyodometrik yöntem Mn(II)'nin alkali ortamda çözünmüş oksijen ile oksitlenerek mangandioksit olarak çökmesine dayanır. Oksitlenen mangan, asidik ortamda iyodürü iyoda oksitleyerek indirgenir ve oluşan iyot, tiyosülfat ile titre edilerek çözünmüş oksijene geçilir. İşlem adımları aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

EK-6. (Devam) Çözünmüş Oksijen (DO)

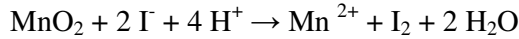
a) Çözünmüş Oksijen İle Mangan Oksidasyonu



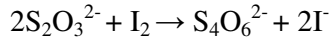
MnO_2 taze çökeltide kahverengi hidrat halindedir, ortamda çözünmüş oksijen yoksa, beyaz çökelek oluşur.



b) Asit Ortamda İyodür Oksidasyonu



c) İyodun Tiyosülfat İle Reaksiyonu



Elektrokimyasal Yöntem

Elektrokimyasal yöntem, arazide ölçümler için çok yararlıdır. Yöntem oksijene duyarlı membrana sahip elektrodlar ile çözünmüş oksijenin ölçümüne dayanır. Yöntemin hassasiyeti 0,1 mg/L çözünmüş oksijendir.

Örnek Alma ve Koruma

Çözünmüş oksijen değeri örnek alınma anında hava ile karışma sonucu değişebilir. Bu nedenle örnekler, çok dikkatle, dar ağızlı şişelerle alınır. Bu amaçla BOD şişeleri kullanılabilir. Derin sulardan ve kazan suları gibi basınç altındaki sulardan örnek almak için numune alıcıları kullanılmalıdır. Oksijen veya iyot ihtiyacı fazla olan örneklerde çözünmüş oksijen hemen ölçülmelidir. İyot ihtiyacı olmayan sularda

EK-6. (Devam) Çözünmüş Oksijen (DO)

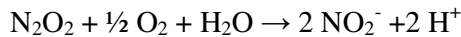
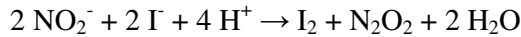
MnSO₄ alkali – iyodür ve H₂SO₄ ile işlem görmüş örnekler birkaç saat bekletilebilir. Bu sırada örnekler güneş ışığına maruz bırakılmamalıdır. İyot ihtiyacı olan örnekler H₂SO₄ ile asitlendirilir, sodyum azid ilavesiyle ve hava ile teması kesilerek 10-20 °C de bekletilebilir. Bu örneklerle en kısa sürede MnSO₄ alkali-azid çözeltileri ve H₂SO₄ ile işlem yapıp örneklerin deneye alınması gerekir.

Girişim

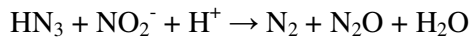
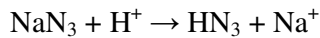
İyodometrik yöntemde çeşitli girişimler söz konusudur. Bunlar esas olarak iyodürü oksitleyerek pozitif hataya yol açan oksitleyiciler ve iyodu iyodüre indirgeyerek negatif hataya yol açan indirgeyicilerdir. Çoğu organik madde de asidik ortamda oksitlenerek negatif hataya yol açar. İyodometrik yöntemin bu girişimleri kontrol etmek üzere çeşitli modifikasyonları kullanılmaktadır. Bunlar kullanım yerleri ile birlikte aşağıda açıklanmıştır.

Azid Modifikasyonu

Bu modifikasyon nitrit girişimini önlemek üzere geliştirilmiştir. Nitrit aşağıdaki reaksiyonlar ile açıklanan çevrimsel bir reaksiyon ile sürekli olarak iyodür harcayarak önemli bir hataya neden olur.



Bu girişim, alkali-iyodür ayıracına ilave edilen sodyum azid ile aşağıdaki reaksiyonlar uyarınca önlenir.



Bu yöntem 50 µgN/L'den yüksek konsantrasyonda NO₂⁻ içeren bütün sularda uygulanmalıdır. Fe²⁺ 1 mg/L'den yüksek konsantrasyonda ise ve ortamda diğer oksitleyici ve indirgeyiciler var ise bu yöntem kullanılmamalıdır. Ortamda bulunan

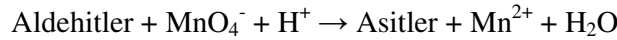
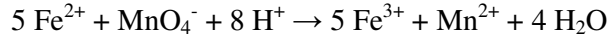
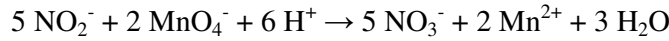
EK-6. (Devam) Çözünmüş Oksijen (DO)

100-200 mg/L Fe^{3+} , potasyum florür (KF) ilavesi ve deneyin süratle yürütülmesi halinde uygulamayı engellemez. 20 mg/L'ye kadar Fe^{3+} girişimi asitlendirmede H_2SO_4 yerine H_3PO_4 kullanılarak önlenabilir.

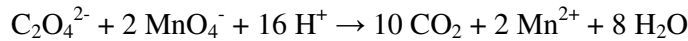
Permanganat Modifikasyonu

Bu modifikasyon ortamda Fe^{2+} bulunduğunda kullanılır. Aynı zamanda ortamda birkaç yüz mg/L'den yüksek konsantrasyonda Fe^{3+} bulunması halinde azid modifikasyonuna potasyum florür ilavesi ile bu iyon uzaklaştırılır.

Permanganat uygulaması sonucu Fe^{2+} 'nin oksidasyonu ile oluşan Fe^{3+} 'de aynı şekilde uzaklaştırılır. Yöntem sülfid, tiyosülfat, polisiyanat ve çoğu organik maddenin oksidasyonunu sağlamaz. Bu nedenle bu maddelerin yüksek konsantrasyonda bulunduğu atık sularda alkali-hipoklorit modifikasyonu kullanılabilir. Yöntemde nitrit dahil çeşitli indirgeyiciler aşağıdaki reaksiyonlar uyarınca giderilir.



Uygulamada permanganat fazlası kullanıldığından işlem sonunda permanganat fazlası oksalat ile aşağıdaki reaksiyon ile giderilir.



Alum Modifikasyonu

Bu modifikasyon iyot harcayarak girişime yol açabilecek askıda katı maddelerin giderilmesi için uygulanır. Alum yumaklarının askıda maddeyi ortamdan uzaklaştırması ile berrak numunede çözünmüş oksijen ölçümü yapılır.

EK-6. (Devam) Çözünmüş Oksijen (DO)

Bakır Sülfat – Sülfamik Asit Modifikasyonu

Hızla oksijen harcayan, aktif çamur karışımı gibi numunelerde rastlanan mikroorganizma yumaklarının oluşturduğu askıda maddelerin ortamda bulunması halinde bu yöntem uygulanır.

Çözeltiler

a) Mangan Sülfat Çözeltisi

480 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ veya 400 g $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ya da 364 g $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ damıtık suda çözülür, filtre edilir ve 1 L'ye tamamlanır. MnSO_4 çözeltisi, asitlendirilmiş potasyum iyodür (KI) çözeltisi eklendiğinde nişasta ile renk vermemelidir.

b) Alkali İyodür Azid Çözeltisi

Doymuş ya da doymamış örnekler için

500 g NaOH (ya da 700 g KOH) ve 135 g NaI (ya da 150 g KI) damıtık suda çözülür ve 1 L'ye tamamlanır. 40 ml damıtık suda çözülmüş 10 g NaN_3 (sodyum azit) eklenir. Potasyum ve sodyum tuzları değiştirilerek kullanılabilir. Bu çözelti seyreltilip asitlendirildiğinde nişasta ile renk vermemelidir.

Aşırı doymuş örnekler için

10 g NaN_3 500 ml damıtık suda çözülür. 480 g NaOH ve 750 g NaI eklenir ve çözünene kadar karıştırılır. Çözeltide sodyum karbonatın varlığından kaynaklanan beyaz bir bulanıklık olacaktır, ancak bunun zararı yoktur.

Uyarı : Bu çözeltinin asitlendirilmesi sonucu asit dumanları oluşabilir.

EK-6. (Devam) Çözünmüş Oksijen (DO)

c) Derişik Sülfirik Asit (H_2SO_4)

1 ml'si 3 ml alkali iyodür çözeltisine eşdeğerdir.

d) Nişasta Çözeltisi

Sulu nişasta çözeltisi ya da kolay çözünen nişasta toz karışımları kullanılabilir. Sulu nişasta çözeltisi hazırlamak için 2 g nişasta ve koruyucu olarak 0,2 g salisilik asit 100 ml damıtık suda çözülür.

e) Standart Sodyum Tiyosülfat Çözeltisi

6,205 g $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ damıtık suda çözülür. 1,5 ml 6 M NaOH ya da 0,4 g katı NaOH eklenir ve damıtık su ile 1 L'ye tamamlanır. Potasyum hidrojen iyodat çözeltisi ile standardize edilir.

f) Standart Potasyum hidrojen iyodat Çözeltisi

0,0021 M : 812,4 mg $KH(IO_3)_2$ damıtık suda çözülür ve 1 L'ye tamamlanır.

Standardizasyon

Yaklaşık 2 g iyodat içermeyen KI, 100 ya da 150 ml damıtık su ile bir erlen içinde çözülür. 1 ml 6 M H_2SO_4 ya da birkaç damla konsantre H_2SO_4 ve 20 ml standart potasyum hidrojen iyodat çözeltisi eklenir. 200 ml'ye seyreltilir ve oluşan iyot, tiyosülfat ile titre edilir. Titrasyonun sonuna doğru saman sarısı rengine ulaşıldığında nişasta çözeltisi eklenir. Eğer çözeltiler eşit güçte ise 20 ml 0,025 M $Na_2S_2O_3$ sarfedilecektir. Aksi halde $Na_2S_2O_3$ çözeltisinin konsantrasyonunu 0,025 M ayarlamak gerekir.

EK-6. (Devam) Çözünmüş Oksijen (DO)

Deneyin Yapılışı

250-300 ml'lik şişeye alınan örnek üzerine, pipetle su yüzeyinin hemen altına 1 ml MnSO_4 çözeltisi ve 1 ml alkali iyodür azid çözeltisi eklenir. Hava almamasına dikkat edilerek şişenin kapağı kapatılır. Şişe pek çok kez ters çevrilerek karıştırılır. Mangan dioksit flokları tamamen çöktükten (yaklaşık olarak şişe hacminin yarısı) ve üst faz berraklaştıktan sonra 1 ml derişik H_2SO_4 eklenir. Kapak tekrar kapatılarak tüm çökelti çözünüp şeffaf bir çözelti elde edilinceye kadar karıştırılır. Şişeden 200 ml örnek erlene alınarak titre edilir.

Örnek, 0,025 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi ile saman sarısı rengine kadar titre edilir. Bu noktada birkaç damla nişasta çözeltisi eklenir ve oluşan mavi renk kayboluncaya kadar titrasyon sürdürülür.

Hesap

$$\text{DO (mg/L)} = \frac{A \times N \times 8000}{\text{ml numune}} = \frac{A \times 0.025 \times 8000}{200 \text{ ml}} = A \text{ mg/L DO} \quad (6.1)$$

A : Sodyum Tiyosülfat Sarfiyatı, ml

200 ml örnek alındığında 1 ml Sodyum tiyosülfat 1 mg/L Çözünmüş Oksijene eşittir.

EK-7. Azot Bileşikleri

Azot, canlı organizmalar açısından yaşamsal değere sahip proteinler için gereklidir. Bitkiler ve mikroorganizmalar inorganik azotu organik yapılara dönüştürürler. Sucul ortamda azot, nitrat, nitrit, amonyum ve moleküler azota çevrilir. Azot, azot çevriminin bir parçası olarak biyolojik ve biyolojik olmayan çevrime girer. Biyolojik olmayan işlemler buharlaşma ve çökme gibi çevrimleri kapsar. Biyolojik çevrimler şunlardır;

- a) İnorganik azotun (NH_4^+ ve NO_3^-) bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından aminoasit gibi organik azota çevrilerek ortamdaki uzaklaştırılması,
- b) Azot gazının mikroorganizmalar tarafından amonyak ve organik azota indirgenmesi,
- c) Bir organizmadan diğerine kompleks heterotrofik çevrim,
- d) Amonyakın nitrat ve nitrite çevrimi (nitrifikasyon)
- e) Organik maddelerin bozunması sırasında amonyak oluşturmak için organik azotun amonyağa dönüştürülmesi,
- f) Nitratın N_2O ve N_2 'ye bakteriler aracılığıyla indirgenmesi (denitrifikasyon)

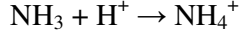
İçme ve kullanma suları ile yüzeysel suların ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği çeşitli organik ve anorganik azotlu bileşikler ölçülerek, suyun kalitesi hakkında karar verilebilir. Örneğin, içme suyunda amonyak bulunması, suda muhtemelen kısa bir süre önce fekal kirlenme olduğunu gösterir. Sularda bulunan başlıca azot türleri amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$) ve organik azot (Org-N) türüdür.

Herbir türün ölçümü, numunenin kirlilik derecesi ve konsantrasyonuna bağlı olarak farklı yöntemlerle gerçekleştirilir. Tüm analiz sonuçları azot cinsinden verilir.

Ölçüm Yöntemi

Amonyak azotu, suda pH'a bağlı olarak çözünmüş formda amonyum iyonuna dönüşür.

EK-7. (Devam) Azot Bileşikleri



Bu denge içinde yer alan tüm azot, amonyak azotu olarak kabul edilir. Amonyak azotu tayininde ölçüm yöntemi konsantrasyona ve girişimlere bağlı olarak seçilir.

Buna göre, amonyak azotu aşağıdaki yöntemlerle tayin edilir.

- a) Amonyak Seçici Elektrod Yöntemi
- b) Fenat Yöntemi
- c) Distilasyon-Titrasyon Yöntemi

Distilasyon işlemi, amonyağın girişim yapan birçok maddeden ayrılmasını sağlar. Distilasyonda, gaz fazı yoğunlaştırılarak borik asit çözeltisi içinde toplanır. Bu çözelti daha sonra kuvvetli bir asit ile titre edilerek amonyak azotu tayini yapılır.

Ön Distilasyon İşlemi

Cihazlar

a) Distilasyon cihazları

800-2000 ml kapasitedeki borosilikat camdan yapılmış balonlar dikey bir soğutucuya bağlanır. Soğutucunun çıkış ağzı absorpsiyon çözeltisinin yüzeyinin altına kadar dalmalıdır. Tamamen borosilikat cam bir cihaz veya metalik tüp içerisine yerleştirilmiş yoğunlaştırma üniteli cihazlar kullanılır.

b) pH metre

Reaktifler

a) Amonyaksız Su

EK-7. (Devam) Azot Bileşikleri

İyon Değişimi

Amonyaksız su, kuvvetli katyonik ve anyonik reçine karışımlarının bulunduğu iyon değiştirici kolonlardan damıtık su geçirilerek hazırlanır. Reçineler amonyak analizinde girişim veren organik maddeleri giderebilenler arasından seçilir. Bazı anyon değiştirici reçineler amonyağı serbest bırakma eğilimindedir. Bu gerçekleşiyorsa, su kuvvetli katyon değiştirici kolonlar üretici firmanın talimatına göre rejenere edilmelidir. Elde edilen amonyaksız suyun uygunluğu test edilmelidir.

Distilasyon

Damıtık suya, eser miktardaki amonyağı gidermek için 0,1 ml/L derişik H_2SO_4 ilave edilir ve yeniden distillenir. Veya damıtık su, 2-5 mg/L halojen bakiyesi verecek şekilde bromlu ya da klorlu su ile muamele edildikten ve en az bir saat bekletildikten sonra yeniden distillenir. Son olarak elde edilen amonyaksız su test edilmelidir.

Amonyaksız damıtık suyu laboratuarda gaz halindeki amonyak ile kirlenmeden korumak oldukça zordur. Bununla beraber depolamak gerekirse ağzı sıkıca kapatılabilen bir cam şişede ve amonyaksız suyun litresi başına 10 gr iyon değiştirici (tercihen kuvvetli asidik katyon değiştirici) reçine ilave edildikten sonra muhafaza edilmelidir. Kullanma öncesi reçine çökelmeye bırakılır ve üstteki amonyaksız su dekante edilerek alınır. Yüksek bir şahit değeri elde edilirse reçine yenilenmeli veya taze amonyaksız su hazırlanmalıdır. Bütün reaktiflerin hazırlanmasında yıkama ve numune seyreltme işlemlerinde yukarıda elde edilen amonyaksız su kullanılmalıdır.

b) Borat Tampon Çözeltilisi

88 ml 0,1 M NaOH, 500 ml yaklaşık 0,025 M sodyum tetraborat ($Na_2B_4O_7$) çözeltisine (9,5 g $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O/L$) ilave edilir ve 1 L'ye seyreltilir.

EK-7. (Devam) Azot Bileşikleri

c) Sodyum Hidroksit

6 M : 240 g NaOH suda çözülür ve 1 L'ye seyreltilir.

d) Deklorinasyon Reaktifi

500 ml numunede 1 mg/L bakiye kloru gidermek için aşağıdaki reaktiflerin herhangi birinden 1 ml ilave etmek yeterlidir.

Sodyum sülfat

0,9 g Na_2SO_3 suda çözülür ve 1 L'ye seyreltilir. Bu çözelti günlük hazırlanmalıdır.

Sodyum tiyosülfat

3,5 g $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ suda çözülür ve 1 L'ye tamamlanır. Bu çözelti haftalık olarak hazırlanır.

e) Nötralizasyon Reaktifi

Amonyaksız su ile hazırlanır.

1. Sodyum hidroksit NaOH, 1 M
2. Sülfürik asit H_2SO_4 , 1 M

f) Absorbsiyon Çözeltisi

(Borik asit) 20 g H_3BO_3 suda çözülür ve 1 L'ye seyreltilir.

EK-7. (Devam) Azot Bileşikleri

g) Karışık İndikatör Çözeltisi

200 mg metil kırmızısı indikatörü, 100 ml % 95 lik etil veya isopropil alkolde çözülür. 100 mg metilen mavisi, 50 ml % 95 lik etil veya isopropil alkolde çözülür. Her iki çözelti birleştirilir. Aylık hazırlanır.

h) Sülfürik Asit, 0.02 M

1 ml derişik H_2SO_4 1 L'ye seyreltilir.

3. İşlemler

a) Ekipmanın hazırlanması

Bir distilasyon balonuna 500 ml su ve 20 ml borat tampon çözeltisi ilave edilir. 6 M sodyum hidroksit ile pH 9.5'a ayarlanır, birkaç kaynama taşı ilavesi ile distillenir. Bu işleme çıkan distilatta amonyak kalmayana kadar devam edilir.

b) Numunenin Hazırlanması

500 ml veya 500 ml'ye seyreltilmiş ve kloru giderilmiş numune alınır. NH_3-N konsantrasyonu 100 $\mu g/L$ ' den az ise 1000 ml'lik bir numune hacmi kullanılır. Gerektiğinde, seyreltik asit veya baz kullanılarak numune bir pH metre yardımı ile pH 7 olacak şekilde nötralize edilir. 25 ml borat tamponu ilavesinden sonra yine pH metre ve 6 M NaOH kullanılarak pH 9.5 e getirilir.

c) Distilasyon

Kirlenmeyi azaltmak için 3.a işlemi uygulanan cihaz distilasyona başlayana kadar o

EK-7. (Devam) Azot Bileşikleri

haliyle bırakılır. Distilasyon balonuna numune konur konmaz hemen cihaza bağlanmalıdır. Soğutucu çıkış ucu absorbant çözeltinin içinde kalacak şekilde ve 6-10 ml/dakika'lık bir hızla distillenir. Titrimetrik metod kullanılacaksa 50 ml indikatörlü borik asit erlene konur. Fenat veya amonyak seçici elektrot metodları için absorbsiyon çözeltisi olarak 50 ml 0.02 M H_2SO_4 içine distilasyon yapılır. En az 200 ml distilat toplanır ve 500 ml'ye seyreltilir.

B. Titrasyon İşlemi

Çözeltiler

Bütün çözeltileri ve seyreltmeler amonyaksız su ile yapılır.

a) Karışık indikatör çözeltisi

b) İndikatörlü borik asit çözeltisi

20 g H_3BO_3 suda çözülür ve 10 ml karışık indikatör çözeltisi ilave edildikten sonra 1 L'ye seyreltilir.

Standart sülfürik asit titrasyon çözeltisi, 0,01 M : Alkalinite deneyinde olduğu gibi hazırlanır ve standardize edilir. Daha büyük hassasiyet için indikatörlü borik asit içerisine belirli miktarda sodyum karbonat Na_2CO_3 ilavesiyle titrasyon yapılarak standardize edilebilir.

1 ml 0,01 M H_2SO_4 = 280 μg M' ye tekabül eder.

EK-7. (Devam) Azot Bileşikleri

İşlemler

- a) Distilatın toplanması için indikatörlü borik asit kullanılır.
- b) Çamur veya sediment numuneleri için yaklaşık 1 g kuru ağırlığa eşdeğer 500 ml'lik distilasyon balonuna yıkanarak aktarılır, 250 ml ye tamamlanarak A-3 deki bütün işlemler aynen uygulanır. Ayrıca distilasyon balonuna bir miktar parafin yağı ilave edilir. Distilasyona 100 ml distilat toplanana kadar devam edilir.
- c) Titrasyon : Distilattaki amonyak 0,01 M H₂SO₄ ile açık leylak rengine kadar titre edilir.
- d) Şahit : Numuneye uygulanan bütün işlemler aynen uygulanarak hazırlanır ve titre edilir.

C. Hesaplama

Sıvı Numuneler

$$\text{mg NH}_3\text{-N / L} = \frac{(A - B) \times 280}{\text{numune hacmi, ml}} \quad (7.1)$$

Çamur veya Sediment Numuneleri

$$\text{mg NH}_3\text{-N / L} = \frac{(A - B) \times 280}{\text{numunenin kuru ağırlığı, g}} \quad (7.2)$$

A: Numunenin titrasyonunda kullanılan H₂SO₄ hacmi, ml

B : Şahit için kullanılan H₂SO₄ hacmi, ml

EK-8. Fosfor Bileşikleri

Fosfor, canlı organizma için gerekli besleyicilerden biridir. Suda çözülmüş fosfor alglerin büyümesinde sınırlayıcı besin olup, sudaki üretimi birincil olarak kontrol eder. İnsan faaliyetleri sonucu fosfor konsantrasyonunun aşırı artması su kütlelerinde ötrofikasyona neden olur. Doğal ve atık sularda fosfor, ortofosfat, polifosfat ve organik fosfat biçiminde bulunur. Bunlardan biyolojik faaliyet açısından en önemlisi ortofosfattır. Fosfor bileşikleri kazan taşı oluşumu kontrolünde ve isale hatlarında korozyon kontrolünde kullanılır.

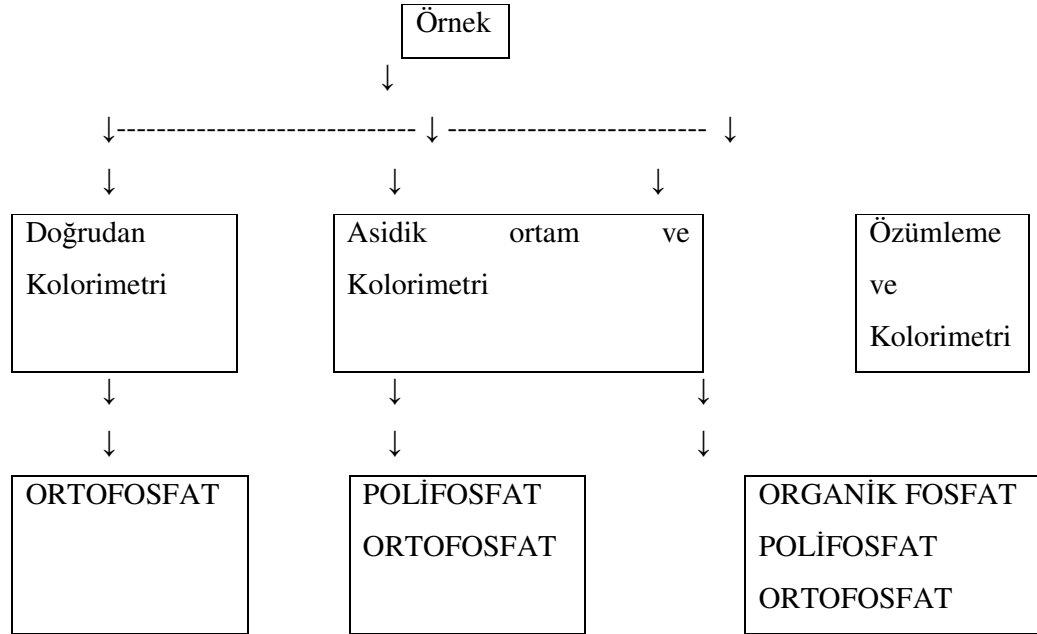
Tatlı suda fosfor konsantrasyonu nadiren yüksek bulunur. Yüzeysel su kaynaklarında fosfor konsantrasyonu mevsimsel olarak değişir. Bazı doğal haliyle korunmuş sularda $\text{PO}_4\text{-P}$ konsantrasyonu 0,001mg/L olurken, kapalı tuzlu sularda ise 0,200 mg/L'ye çıkmaktadır. Yeraltısularında ortalama olarak 0,02 mg/L $\text{PO}_4\text{-P}$ düzeyindedir. Evsel atık sular, sentetik deterjanlarda ve organik madde bünyesinde bulunan fosfatlar dolayısıyla, önemli miktarda fosfor içerirler.

Fosfor suda biyolojik çevrimin önemli bileşeni olup, temel su kalitesi etüdlerine yön verir. Fosfor konsantrasyonunun yüksek olması kirlenmenin varlığını ve suda ötrofikasyon koşulunun varlığını gösterir. Özellikle içmesuyu sağlanan göl ve rezervuarların yönetiminde alglerin büyümesinin kontrol edilmesi amacıyla fosfat konsantrasyon seviyesinin bilinmesi gereklidir.

Ölçüm Yöntemi

Fosfor tayini çeşitli fosfor türlerinin kolorimetrik olarak ortofosfat cinsinden ölçülmesi esasına dayanır. Örnek üzerinde doğrudan kolorimetrik ölçüm yapılır ise, toplam ortofosfat miktarı belirlenir. Örnek kuvvetli bir asit ile işlem gördüğünde polifosfatlar, ortofosfata dönüşür. Eğer örnek bir özümleme işlemine tabi tutulur ise organik fosfor türleri ortofosfat formunda ölçülebilmektedir.

EK-8. (Devam) Fosfor Bileşikleri



Şekil 8.1. Fosfor tayin yöntemi

Ortofosfat tayini aşağıdaki şekilde yapılır.:

Seyreltik ortofosfat çözeltisi asidik ortamda amonyum molibdat ile reaksiyona girerek amonyumfosfomolibdat oluşturur. Bu bileşik kalay klorür ile indirgendiğinde, molibden mavisi'ni verir.

Araçlar

a) Kolorimetrik donanım

Spektrofotometre (625 nm dalga boyu benzen izobutanollü, 690 nm sulu çözeltiler için)

EK-8. (Devam) Fosfor Bileşikleri

b) Cam malzeme

Düşük konsantrasyonlardaki fosfat çözeltileri için asitle yıkanmış cam eşya kullanılmalıdır. Hiç bir şekilde yıkama işleminde deterjan kullanılmamalıdır. Cam eşyanın tümü seyreltik HCl ile temizlenmeli damıtık su ile çalkalanmalıdır. İkinci bir temizleme yöntemi ise cam eşyanın bir gece derişik sülfürik asitte bekletilip ertesi gün damıtık su ile çalkalanmasıdır. Tercihan fosfat ölçümünde kullanılan cam eşya başka bir amaçla kullanılmamalı ve kullanıldıktan sonra tekrar gerekli olana kadar içi su dolu olarak saklanmalıdır.

c) Çeker ocak

Çözeltiler

a) Fenolftalein İndikatör Çözeltisi

b) Kuvvetli Asit Çözeltisi

300 ml derişik H_2SO_4 , 600 ml damıtık suya yavaş yavaş ilave edilir. Soğuyunca 4 ml derişik HNO_3 eklenip 1 L' ye tamamlanır.

c) Amonyum Molibdat Çözeltisi (I)

25 g $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$, 175 ml damıtık suda çözülür. 280 ml derişik H_2SO_4 , 400 ml damıtık suya dikkatle eklenir, soğutulur ve amonyum molibdat çözeltisine ilave edilir. Çözelti 1 L' ye seyreltilir.

EK-8. (Devam) Fosfor Bileşikleri

d) Kalay (II) Klorür Çözeltisi

2,5 g $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 100 ml gliserinde çözülür. Çözme işlemini hızlandırmak için su banyosu üzerinde cam bagetle karıştırılır. Bu çözelti dayanıklı olup özel koruma gerektirmez.

e) Standart Fosfat Çözeltisi

219,5 mg susuz KH_2PO_4 , damıtık suda çözülerek 1L'ye tamamlanır. Bu çözeltinin 100 ml sinde 50 mg $\text{PO}_4\text{-P}$ vardır.

f) Ekstraksiyon Çözeltileri

Benzen-izobutanol Çözücüsü : Eşit hacimde benzen ve izobutil alkol karıştırılır.

UYARI : Bu çözücü çok kolay alevlenebilir.

Amonyum Molibdat Çözeltisi (II) : 40,1 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 500 ml damıtık suda çözülür. Yavaşça 396 ml amonyum molibdat çözeltisi (I) ilave edilir. Çözelti soğutulur ve 1 L' ye seyreltilir.

Alkollü Sülfürik Asit Çözeltisi : 20 ml derişik H_2SO_4 , dikkatle ve sürekli karıştırılarak 980 ml metil alkole eklenir.

Seyreltik Kalay (II) Klorür Çözeltisi : 8 ml kalay (II) klorür çözeltisi (d) 1.5 ml gliserinle karıştırılır. Bu çözelti en az 6 ay bozulmadan saklanabilir.

Deneyin Yapılışı

a) Ön İşlemler

EK-8. (Devam) Fosfor Bileşikleri

Rengi ve bulanıklığı olmayan ve 0,2 mg'dan fazla fosfor içermeyen 100 ml örneğe 0,05 ml (1 damla) fenolftalein indikatörü eklenir. Örneğin rengi pembeye dönerse kuvvetli asit çözeltisi damlatılarak bu renk giderilir. Eğer rengin giderilmesi için 0,25 ml'den (5 damla) fazla asit gerekirse, ilk renk giderilmesinden sonra daha az örnek hacmi alınarak 100 ml'ye tamamlanır.

b) Renk Geliştirilmesi

Her ilaveden sonra karıştırılarak, 4 ml amonyum molibdat çözeltisi (I) ve 0,5 ml (10 damla) kalay (II) klorür çözeltisi örneğe eklenir. Renk gelişiminin hızı ve renk şiddeti son çözeltinin sıcaklığına bağlıdır. 1°C lik sıcaklık artışı renk şiddetini % 1 arttırır. Bunun için örnek, standart ve çözeltilerin sıcaklık farkları 2 °C'ı geçmemeli ve 20-30 °C arasında bulunmalıdır.

c) Renk Ölçümü

10 dakika sonra ancak 12 dakikayı geçirmeden ve aynı zaman aralıklarında geliştirilen renk 690 nm dalga boyunda, şahit olarak damıtık su kullanılarak ölçülür. Okunan değer kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılır. Çeşitli konsantrasyonlar için uygun ışık yollarının uzunlukları Çizelge 8.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 8.1. Konsantrasyonlar için ışık yolları uzunlukları

P Aralığı (mg/L)	Işık Yolu (cm)
0,3 – 2	0,5
0,1 – 1	2,0
0,07 – 0.2	10,0

EK-8. (Devam) Fosfor Bileşikleri

Deneyin Yapılışı Sırasında Dikkat Edilecek Noktalar

1. İşlemlerde daima damıtık su kullanılmalıdır.
2. Geliştirilen renk başlangıçta arttığı ve sonra azaldığı için örnek ve standartlar için eşit bekletme süresi koşuluna dikkat edilmelidir.
3. Her bir numune grubu için ya da en az her gün yeni bir standart hazırlanmalıdır. Kalibrasyon eğrisi 300-2000 g/L P aralığındaki yüksek konsantrasyonlarda doğrusallıktan sapabilir.

d) Ekstraksiyon

Yüksek hassasiyette çalışılmak istenirse ya da girişimleri önlemek amacıyla fosfat aşağıdaki şekilde ekstrakte edilebilir. Uygun miktarda örnek 100 ml' lik dereceli bir erlene alınır. Gerekirse 40 ml damıtık su ile seyreltilir. 50 ml benzen-izo butanol ve 15 ml amonyum molibdat (II) çözeltisi ilave edilir. Erlenin ağzı kapatılarak 15 saniye şiddetli bir biçimde çalkalanır. Eğer örnekte polifosfat bulunuyorsa çalkalama süresinin uzaması ortofosfat olarak ölçülen değer artmasına sebep olur. Erlenin ağzı açılır ve ayrı bir faz oluşturan organik kısımdan bir pipetle çeker ocakta 25 ml alınır. 50 ml'lik balon jojeye alınan bu çözeltiye 15-16 damla alkollü sülfürik asit çözeltisi eklenir, çevrilerek karıştırılır ve 10 dakika sonra ancak 30 dakikadan önce şahite karşı 625 nm'de okuma yapılır. Şahit 40 ml damıtık suyun yukarıdaki işlemlerden geçirilmesiyle hazırlanır. Fosfor konsantrasyonu aynı işlemlerle hazırlanmış standart eğriden yararlanılarak bulunur.

Sonuçların Verilişi

Doğrudan kolorimetri ya da ekstraksiyonla yürütülen tayinlerin her ikisi için de fosfor derişimi mg/L cinsinden verilir.

EK-9. Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

Ağır metallerin önemli bir kirletici grubu oluşturdukları bilinmektedir. Bunların toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikme eğilimi de sözkonusudur. Krom, civa, kurşun, kadmiyum, mangan, kobalt, nikel, bakır ve çinko gibi metaller doğada genellikle sülfür, oksit, karbonat ve silikat mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Bunların suda çözünürlükleri oldukça düşüktür.

Çok küçük miktarlarda bile genellikle kuvvetli zehir etkisine sahip olan ağır metaller, kirlenmiş sularda metal, katyon, tuz ve kısmen anyon şeklinde bulunurlar. Bunlar, hem kirlenmiş suların kendiliğinden temizlenmesini engelleyebilir, hem de bu suların arıtılmış halde sulamada kullanılmasını ve arıtma çamurlarının gübre olarak kullanılmasını sınırlandırabilirler.

Mangan ve demir; ağır metaller arasında en zehirsiz metaller sayılırlar. Katyon olarak manganın stabilite sınırı alabalık için 75 mg/L, sazanlar için 600 mg/L'dir. Litrede 0,5 mg demir ve mangan içeren içme suları, mürekkep tadını vermektedir. (veya mürekkep kokusu hissedilir.)

Demir de mangan gibi, tedrici olarak zehirsiz sayılmaktadır. Buna rağmen sulardaki yüksek demir konsantrasyonu mikrofloranın büyük ölçüde değişmesine neden olur. Demir oksit, demir hidroksit ve iki değerlikli demir bileşikler fazla zararlı değildir. Çeşitli demir bileşikler sert olmayan sularda pH'yı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Demir hidroksit, balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine sebep olur. 1 mg Fe/L balıklar için zararlı bir konsantrasyondur. İçme sularında ise 0,5 mg Fe/L, renk ve tat ile hissedilebilecek bir konsantrasyondur.

Krom; kirlenmiş sularda hem katyon, hem de anyon (kromat, bikromat veya kromik asit) olarak bulunabilir. Anyon formu katyon formundan daha etkilidir. Balıklar için toksisite sınırı 28-80 mg Cr/L, içme suyunda ise 0,05 mg Cr/L'dir.

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi, elektromanyetik ışımının serbest atomlar tarafından absorpsiyonuna dayanan bir metottur. Ağır metal analizlerinde çok hassas sonuçlar vermektedir. AAS günümüzde elementlerin analizi için kullanılan en önemli tekniklerden biridir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Su, kan, biyolojik

maddeler, jeolojik maddeler gibi ortamlarda bulunan elementler analiz edilebilmektedir. Metodun hassasiyeti çok yüksektir. Bu nedenle özellikle eser analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Her atom için elektronik enerji seviyeleri belirli olduğundan absorplayacağı ışınların dalga boyları da belirlidir ve atoma hastır. Absorbe edilen ışın miktarı ise atomlaştırıcıdaki atom sayısı ile orantılıdır.

Bir ışık kaynağından gelen ışın atomlaştırıcıda atomlaştırılan numuneden geçer. Numuneden absorplanarak geçen ışın, monokromatörde diğer ışınlardan ayrılarak dedektöre düşer. Dedektör, gelen ışının ne kadarının absorplandığını ölçerek absorbans oranını tayin ederek sonuçları yazıcıya aktarır.

Işık Kaynakları

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi'nde ışık kaynaklarının görevi numunedeki atomların absorplayacağı ışınları yaymaktır. Elementler çok dar dalga boyu aralığında absorpsiyon yaparlar. Bu nedenle absorpsiyon hattından daha dar emisyon hattı veren bir kaynak kullanılmalıdır. Hidrojen ve tungsten lambası gibi sürekli kaynak kullanılması ile ölçülen absorbans çok küçük olur. Çünkü, sürekli ışının çok küçük bir kısmı, dar absorpsiyon hatlı atom tarafından absorplanabilir. Bu amaçla kullanılan ışık kaynakları;

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

- a. Oyuk Katot Lambası (OKL)
- b. Buhar Boşalım Lambası,
- c. Elektrotsuz Boşalım Lambası,
- d. Alevdir.

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ile analizlerde her elementin analizi için katotu o elementten yapılmış OKL gereklidir. Ancak, birden fazla metal için kullanılabilen, katotu uygun alaşımlardan yapılmış çok elementli lambalar da bulunmaktadır.

Atomlaştırmacılar (Absorpsiyon Ortamı)

Atomlaştırmacı, numunedeki molekül veya iyonlardan temel haldeki element atomlarını oluşturan kısımdır. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi'nde kullanılan atomlaştırmacılar başlıca alevli ve alevsiz atomlaştırmacılar olarak ikiye ayrılır. Alevli

atomlaştırmacılar uzun ışık yollu ön karıştırmalı yakıcısı olan alev kullanılır. Numune çözeltisi havalı sisleştircilerle aleve püskürtülür. Alevde önce numune çözücüsü buharlaşır ve numune termal veya kimyasal yolla atomlarına ayırır. Oluşan atomların bir kısmı uyarılabilir, bir kısmı iyonlaşabilir, bir kısmı da alev gazları ile yeni bir bileşik oluşturabilir. Ancak, atomlaştırmacıdan istenen özellik temel düzeyde atomlar oluşturmaktır. Bunun için sıcaklık iyi ayarlanmalıdır. Seçilen sıcaklıkta element atomlaşmalı fakat uyarılmamalıdır. Her element için optimum atomlaşma sıcaklığı belirlenmelidir.

En yaygın kullanılan alev sistemi hava-asetilen alevidir. Hava asetilen alevi, kararlı, çalıştırması kolay ve bir çok element için diğer elementlerin girişiminin olmadığı ve iyi bir hassasiyet için yeterli atomlaşmanın sağlandığı bir alevdir. Alev sisteminde, numune çözeltisi havalı sisleştircilerle aleve püskürtülür. Böylece, zamanla değişmeyen bir sinyal elde edilir. Sinyalin yüksekliği konsantrasyonla orantılı olup,

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

çözelti aleve püskürtüldüğü sürece değişmez. Alev sistemleri, yanıcı ve yakıcı gazın alev başlığına giriş şekline göre iki sınıftır.

Ön Karıştırmasız Alev Başlıkları

Bu tip alevde ışık yolu kısa olduğundan Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi'nde pek kullanılmaz.

Ön Karıştırmalı Alev Başlıkları

Bu başlıklarda yanıcı ve yakıcı gazlar alev başlığına gelmeden önce bir karıştırma bölgesinde karıştırılır. Numune de bu bölgeye püskürtülür. Bu bölmede gaz karışımı ile karışan numune belli bir yol katederek aleve verilir. Bu sırada büyük damlacıklar aleve ulaşmadan atılır. Numunenin yaklaşık % 5-20'si aleve ulaşır. Ancak aleve ulaşan damlalar küçük olduğundan atomlaşma verimi daha yüksektir. Işık yolu uzun olduğu için Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi'nde yaygın olarak kullanılır.

Monokromatör

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi'nde, monokromatör, ışık kaynağından gelen ve atomlaştırıcıdan geçen ışığın absorplanan hatlarını diğer spektral hatlardan ayırır. Bir çok elementin atomik spektrumları sınırlı sayıda hat içerdiğinden, ayırma gücünün çok büyük olması gereksizdir. Ayırma gücünün 0,2-0,02 nm olması yeterlidir.

Dedektör

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi'nde, dedektör olarak ışık sinyalini elektrik sinyaline çeviren cihazlar kullanılır. Tek bir fotondan bile yeterli sayıda elektron elde edilir. Ölçülen sinyal dedektöre düşen ışık şiddeti ile orantılıdır.

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

Standartların Hazırlanması

a) Demir

1 g demir tel 50 ml'lik HNO_3 çözeltisi içinde çözülür ve suyla 1L'ye seyreltilir.

b) Mangan

3,076 g mangan sülfat, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 200 ml suda çözülür, 1,5 ml derişik HNO_3 ilave edilir, suyla 1L'ye seyreltilir.

c) Krom

2,828 g potasyum dikromat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 200 ml suda çözülür. 1,5 ml derişik HNO_3 ilave edilir, 1 L'ye su seyreltilir.

Araç ve Gereçler

Shimadzu AA 680 Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi

Reaktifler

a) Hava

Atomik absorpsiyon spektrofotometresinde kullanılacak hava, yağ, su ve yabancı maddeleri uzaklaştırmak için uygun bir filtreden geçirilerek temizlenmiş ve kurutulmuş olmalıdır.

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

b) Asetilen

Standart olarak bulunan asetilen kullanılmalıdır. Asetilen silindirleri içerisinde bulunan asetonun yakma başlığını tahrip etmemesi için, silindirdeki basınç 689 kPa'nın (kilopaskal) altına düştüğünde değiştirilmelidir.

c) Metalsiz Su

Bütün reaktiflerin ve standartların hazırlanmasında metalsiz su kullanılmalıdır.

d) Kalsiyum Çözeltisi

630 mg kalsiyum karbonat, 50 ml sulandırılmış HCl içerisinde çözülür. Gerekirse, çözünmenin tamamlanması için ısıtılır, kaynatılır, daha sonra soğutularak 1 L'ye seyreltilir.

e) Derişik hidroklorik asit

f) Lantanyum Çözeltisi

58,65 g lantanyum oksit La_2O_3 , 250 ml derişik HCl içinde çözülür. Madde çözününceye kadar asit ilave edilir, daha sonra su ile 1L'ye seyreltilir.

g) Hidrojen Peroksit

% 30'luk

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

h) Nitrik Asit

HNO₃ derişik

ı) Kral Suyu

3 hacim derişik HCl, 1 hacim derişik HNO₃'e ilave edilir.

i) İyot Çözeltisi

20 g potasyum iyodür, 50 ml destile suda çözölür, 12,7 g iyot ilave edilir, 100 ml'ye seyreltilir.

j) Siyanojen İyodür Çözeltisi

50 ml suya 6,5 ml potasyum siyanür KCN 5 ml iyot çözeltisi ve 4 ml derişik amonyum hidroksit NH₄OH ilave edilir, karıştırılarak 100 ml'ye seyreltilir.

Deneyin Yapılışı

Aletin Çalıştırılması

Analizi yapılacak metalin lambası alete takılır. İlgili metal için dalga boyu ayarlanır. Dalga boyları Cr için 258 nm, Fe için 242 nm, Mn için 279 nm olarak alınmıştır (TS EN ISO 11885). Alet çalıştırıldıktan sonra ısınması için 10-20 dakika beklenir. Isınmadan sonra akım ayarı yapılır.

Yakma başlığının pozisyonu düzeltilir. Hava akım hızı ile asetilen akım hızı ayarlandıktan sonra alev yakılır. Standart çözelti emdirilerek, maksimum hassasiyeti

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

verecek emme hızı ayarlanır. Yeni hazırlanmış standardın absorbanı, yeni katot lamba takıldıktan sonra okunarak saklanır ve daha sonraki ölçümlerde lambanın kontrolü bu değere göre yapılır. Okuma işlemi bittikten sonra alev önce asetilen vanası, sonra da hava vanası kapatılarak söndürülür.

Numunenin Analizi

Litresinde 1,5 ml derişik HNO_3 içeren su emdirilerek giriş kısmı temizlenir. Şahit çözelti atomize edilir ve aletin sıfır ayarı yapılır. Numune atomize edildikten sonra absorbanı okunur.

Demir ve mangan analizlerinde 100 ml numune, 25 ml kalsiyum çözeltisi ile, krom analizinde ise, 100 ml numune 1 ml %30'luk H_2O_2 çözeltisi ile karıştırıldıktan sonra analiz edilir. Standart çözeltiler numunelerden önce ve sonra analiz edilir. Her numuneden sonra şahitle aletin stabilitesi kontrol edilmelidir.

Kalibrasyon Eğrilerinin Hazırlanması

Her standart metal çözeltisinden en az üç farklı konsantrasyonda çözelti hazırlanmalıdır. Çözeltiler aleve emdirildikten sonra absorbanı değerleri kaydedilir. Absorbanı değerleri metal konsantrasyonlarına karşı lineer ölçekte noktalanarak kalibrasyon eğrisi çizilir. Doğrudan konsantrasyon okuyan aletler için bu adım gereksizdir. Bazı aletlerde yüzde absorpsiyon değerlerini absorbanı değerine çevirmek gerekebilir. Demir ve mangan için kalibrasyon eğrileri, kalsiyum çözeltisi ile seyreltme yapmadan önceki orijinal konsantrasyonlara göre hazırlanır. Analiz sırasında standartlar periyodik olarak kontrol edilmelidir. Bir grup numune analiz edildikten sonra arada bir standart çözelti ile ölçüm yapılmalıdır.

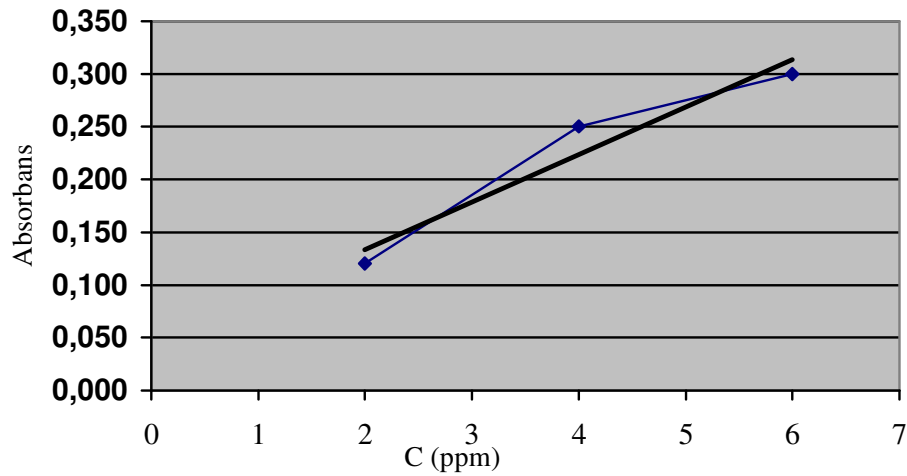
EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

Kırıkkale Havzası'nda kirlilik ölçümü yapılan Fe (Demir), Mn (Mangan), Cr (Krom) parametrelerinin kalibrasyon eğrileri aşağıdaki gibidir.:

Uygulamada Absorbans 0-1 arasında çalışmaktadır. Yüksek A (Absorbans) değerlerinde A ve C arasındaki doğrusallık sapmaktadır.

Çizelge 9.1. Demir için konsantrasyon-absorbans değerleri

Fe, ppm	Absorbans (A)
2	0,12±
4	0,25
6	0,30
Bilinmeyen	0,20



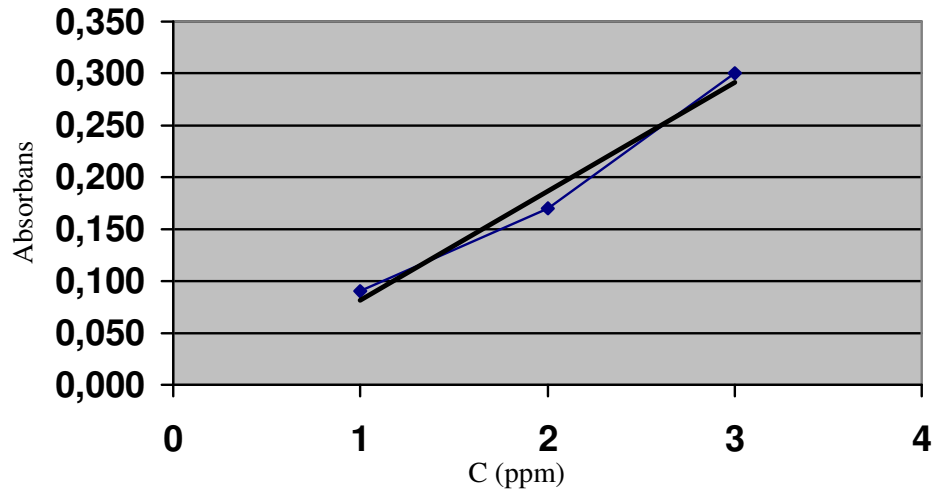
Şekil 9.1. Fe için kalibrasyon grafiği

Bilinmeyen absorbansı 0,20 ise, grafikten konsantrasyonu yaklaşık 3,7 ppm olarak bulunur.

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

Çizelge 9.2. Mangan için konsantrasyon-absorbans değerleri

Mn, ppm	Absorbans (A)
1	0,09
2	0,17
3	0,30
Bilinmeyen	0,20



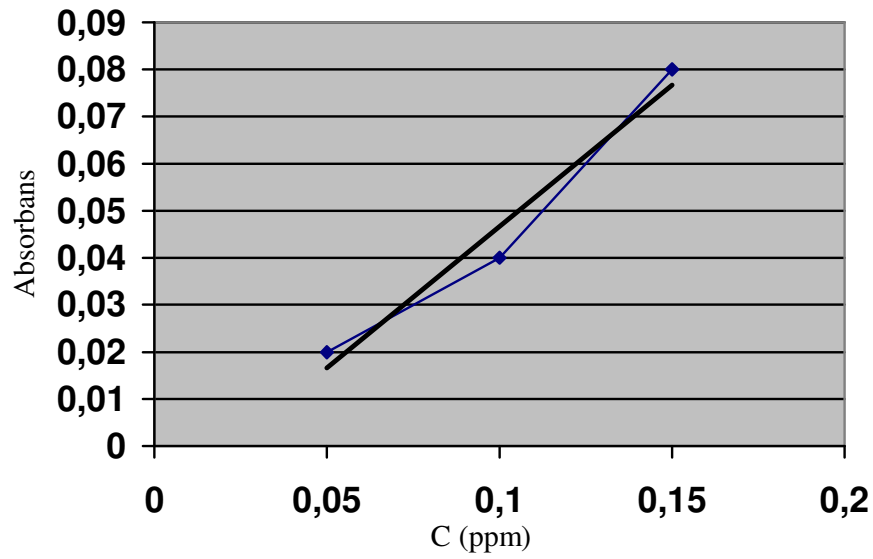
Şekil 9.2.Mn için kalibrasyon grafiği

Bilinmeyen absorbansı 0,20 ise, grafikten konsantrasyonu yaklaşık 2,2 ppm olarak bulunur.

EK-9. (Devam) Ağır Metaller (Demir, Mangan, Krom)

Çizelge 9.3. Krom için konsantrasyon-absorbans değerleri

Cr, ppm	Absorbans (A)
0,05	0,02
0,1	0,04
0,15	0,08
Bilinmeyen	0,03



Şekil 9.3.Cr için kalibrasyon grafiği

Bilinmeyen absorbansı 0,03 ise, grafikten konsantrasyonu yaklaşık 0,075 ppm olarak bulunur.