



**Editörler:**

**Zeliha Selek**

**Yakup Karaaslan**

**Ekosistem Esaslı**

# **Su Kalitesi Yönetimi**







# Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi

**Editörler:**

Zeliha Selek, Yakup Karaaslan

**Yayınlayan:**

Tarım ve Orman Bakanlığı

**Düzenleyen:**

Bülent Selek, Ahmet Rifat İlhan

**Kapak Tasarımı:**

Bülent Selek

e-ISBN No: 978-605-82367-0-7

ISBN No: 978-605-7599-12-4

Ankara, 2019



# İçindekiler

<b>Önsöz</b> .....	iii
<b>Katkıda Bulunanlar</b> .....	v
<b>1 Giriş</b> .....	1
Zeliha Selek ve Yakup Karaaslan	
<b>2 Ekoloji ve Hidrojeoloji</b> .....	7
Müge Erkan Aydar, Osman Şerif Gültekin ve Meriç Albay	
<b>3 Su Kalitesi</b> .....	39
Tuğba Canan Oğuz, Esra Şiltu, Osman Özdemir, Serap Perçin, Tolga Çetin, Hümevra Bahçeci, Nesibe Turan, Ersin Yıldırım, Nida Bakır, Serdar Koyun ve Mehmet Çakmakçı	
<b>4 Su Kaynaklarının Sınıflandırılması</b> .....	97
Caner Gök, Bahar Ayşe Aydın İşeri, Alper Uğurluoğlu, Ozan Soytürk, Gökçen Gökdereli ve Aslıhan Ural	
<b>5 Su Kalitesi Üzerindeki Baskılar</b> .....	123
Özge Hande Sahtiyancı Özdemir, Gökçen Gökdereli, Özgür Günhan ve Yakup Karaaslan	
<b>6 Su Kalitesi İzleme</b> .....	145
Ebru Doğanay, Ozan Soytürk, Ezgi Parlar Güngör, Kamil Aybuğa ve Serhat Fatih Kılınç	
<b>7 Risk Değerlendirmesi ve Acil Durum Müdahale Planları</b> .....	185
Ceren Yüceçam Akdağ, Aylin Okuldaş Çetin, Erdem Eroğlu, Seda Arı, Ozan Soytürk, Ahmet Rıfat İlhan ve Nermin Anul	
<b>8 Su Kaynaklarının Kalite Durumu Belirleme ve Çevresel Hedefler</b> .....	213
Ceren Aksu, Tolga Çetin, Hümevra Bahçeci, Arife Özüdoğru, Özgür Günhan, Yakup Karaaslan ve Ülkü Yetiş	
<b>9 Su Kalitesi Açısından Sulak Alanlar ve Su Kaynakları ile Etkileşimi</b> .....	345
Ayşegül Demir Yetiş, Zeliha Selek ve Bülent Selek	
<b>10 Nehir Havzası Yönetim Planlarında Su Kalitesi Yönetimi</b> .....	373
Burhan Fuat Çankaya, Taner Kimençe, Yakup Karaaslan ve Bülent Selek	
<b>11 Su Kalite Modelleri</b> .....	407
Neşat Onur Şanlı, Gizem Kıymaz, Ceren Aksu, Sena Çetinkaya, Yakup Karaaslan, Bülent Selek ve Ali Ertürk	



# ÖNSÖZ

Son yıllarda Türkiye'nin ekonomik gelişme sürecinin yanı sıra hızlı nüfus artışı, iklim değişikliği gibi etkiler su kaynaklarına miktar ve kalite yönünde olan baskıları daha da artırmıştır. Bu sebeple 1983 yılında "Çevre Kanunu"nun çıkarılması ile birlikte Çevre Genel Müdürlüğü teşkil edilmiştir. 1988'de ise "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin yürürlüğe girmesinin ardından 1991 yılında Çevre Bakanlığı kurulmuştur. Devam eden süreçte su alanında alınan tedbirler uygulamaya konulmuş ve 90'lı yılların sonuna doğru Türkiye'nin Avrupa Birliği (AB) adaylık sürecinin de katalizör etkisi ile su kaynaklarının; miktar, kalite ve ekolojik bakımdan bütüncül şekilde yönetilme çalışmaları başlamıştır. Bu doğrultuda, havza esaslı planlama, yönetim ve koordinasyon temel görevleri ile Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2011 yılında teşkil edilmiştir. 2011 yılından günümüze, Türkiye genelinde yürütülen havza esaslı yönetim planları ile koordinasyon ve mevzuat çalışmaları sonucunda bütüncül su kaynakları yönetimi kavramının ilgili tüm kurum ve kuruluşlarca benimsenmesi sağlanmıştır.



Önümüzdeki yıllarda, ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi anlayışı, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ile mücadelede de faydalı bir rol oynayacaktır. Bu bağlamda Ülkemiz, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) Küresel Gündem kapsamında, öncelikli hedeflerden biri olan "su ve sanitasyon" konusunu özellikle iklim değişikliği, nüfus hareketleri ve yer değiştirmeler gibi güncel gelişmelerin ışığında değerlendirmekte, su kaynaklarımızın miktar ve kalite açısından ekosistem esaslı korunması, iyileştirilmesi ve sürdürülebilir yönetimi hususlarında hızla mesafe kaydetmektedir.

Ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi; su ekolojisi, çevre mühendisliği, fizik, kimya, biyoloji, matematik, hidrolik, hidroloji, hidrojeoloji, harita mühendisliği, jeoloji ve jeomorfoloji gibi birçok disiplinin uyumlu çalışmasını gerektiren, karmaşık ve çok emek isteyen bir konudur. Bu sebeple, bu kitap hazırlanırken, okuyucuya temel bir su kalitesi eğitimi verilmesi yerine, konu ile ilgili temel tanımların ışığında ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi konusunda rehberlik yapılması hedeflenmiştir.

Şüphesiz ki, esas olan mevcut su kaynaklarımızın koruma ve kullanma dengesi gözetilerek en iyi şekilde geliştirilmesi ve yönetilmesidir. Bizim de öncelikli hedefimiz; kaynaklarımızı en verimli şekilde Aziz Milletimizin hizmetine sunmak ve gelecek nesillerimize sağlıklı bir şekilde bırakabilmektir.

Bilindiği üzere Cumhurbaşkanlığı Sistemiyle yeni bir döneme girdik. Bu dönemde daha işlevsel kararlarla daha hızlı hareket etme kabiliyetine ulaşacağız. İşleyişle değil iş ile iştigal edeceğiz. Geçmişin hesabını da dikkate alarak geleceğin inşasını gerçekleştireceğiz. Aziz Milletimize daha etkin ve verimli hizmetler sunacağız.

Bu çerçevede, su kalitesi yönetimi konusunda bu kapsamda ilk bütüncül eserlerimizden biri olacak bu kitabın, konu ile ilgili önemli bir eksiğin giderilmesine öncülük edecek bir çalışma olduğu kanısındayım. Kitabın, başta Aziz Milletimiz olmak üzere konuyla alakalı bütün kurum ve kuruluşlara, uygulamada ve akademik hayatta çalışanlara faydalı olmasını temenni ediyor, kitabın editörlerine, yazarlarına ve hazırlanmasında katkıda bulunan herkese teşekkürü bir borç biliyorum.

**Dr. Bekir PAKDEMİRLİ**  
T.C. Tarım ve Orman Bakanı





# Katkıda Bulunanlar

## Bölüm 1

### Giriş

**Doç. Dr. Zeliha Selek**

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Teknikokullar, Beşevler, Ankara  
e-posta: [zelihaelek@gazi.edu.tr](mailto:zelihaelek@gazi.edu.tr)

**Dr. Yakup Karaaslan**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr](mailto:yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr)

## Bölüm 2

### Uygulamalı Ekoloji

**Müge Erkan Aydar**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [muge.erkanyaydar@tarimorman.gov.tr](mailto:muge.erkanyaydar@tarimorman.gov.tr)

**Osman Şerif Gültekin**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [osmanserif.gultekin@tarimorman.gov.tr](mailto:osmanserif.gultekin@tarimorman.gov.tr)

**Prof. Dr. Meriç Albay**

İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi  
Deniz ve İçsu Kaynakları Yönetimi Bölümü  
İçsu Kaynakları ve Yönetimi Anabilim Dalı  
Laleli, İstanbul  
e-posta: [merbay@istanbul.edu.tr](mailto:merbay@istanbul.edu.tr)

## Bölüm 3

### Su Kalitesi

**Tuğba Canan Oğuz**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [tugbacanan.oguz@tarimorman.gov.tr](mailto:tugbacanan.oguz@tarimorman.gov.tr)

**Esra Şiltu**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [esra.siltu@tarimorman.gov.tr](mailto:esra.siltu@tarimorman.gov.tr)

**Osman Özdemir**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [osman.ozdemir@tarimorman.gov.tr](mailto:osman.ozdemir@tarimorman.gov.tr)

**Serap Perçin**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [serap.percin@tarimorman.gov.tr](mailto:serap.percin@tarimorman.gov.tr)

**Dr. Tolga Çetin**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [tolga.cetin@tarimorman.gov.tr](mailto:tolga.cetin@tarimorman.gov.tr)

**Hümeyra Bahçeci**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [humeyra.bahceci@tarimorman.gov.tr](mailto:humeyra.bahceci@tarimorman.gov.tr)

**Nesibe Turan**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [nesibe.turan@tarimorman.gov.tr](mailto:nesibe.turan@tarimorman.gov.tr)

**Ersin Yıldırım**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [yildirim.ersin@tarimorman.gov.tr](mailto:yildirim.ersin@tarimorman.gov.tr)

**Nida Bakır**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [nida.bakir@tarimorman.gov.tr](mailto:nida.bakir@tarimorman.gov.tr)

**Serdar Koyun**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [serdar.koyun@tarimorman.gov.tr](mailto:serdar.koyun@tarimorman.gov.tr)

**Prof. Dr. Mehmet Çakmakçı**

Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi  
Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Teknolojisi  
Ana Bilim Dalı  
Esenler, İstanbul  
e-posta: [cakmakci@yildiz.edu.tr](mailto:cakmakci@yildiz.edu.tr)

## Bölüm 4

### Su Kaynaklarının Sınıflandırılması

**Caner Gök**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [caner.gok@tarimorman.gov.tr](mailto:caner.gok@tarimorman.gov.tr)

**Bahar Ayşe Aydın İşeri**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [baharayse.aydiniser@tarimorman.gov.tr](mailto:baharayse.aydiniser@tarimorman.gov.tr)

**Alper Uğurluoğlu**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:  
[alper.ugurluoglu@tarimorman.gov.tr](mailto:alper.ugurluoglu@tarimorman.gov.tr)

**Ozan Soytürk**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ozan.soyturk@tarimorman.gov.tr](mailto:ozan.soyturk@tarimorman.gov.tr)

**Gökçen Gökdereli**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:  
[gokcen.gokdereli@tarimorman.gov.tr](mailto:gokcen.gokdereli@tarimorman.gov.tr)

**Aslıhan Ural**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [aslihan.ural@tarimorman.gov.tr](mailto:aslihan.ural@tarimorman.gov.tr)

## Bölüm 5

### Su Kalitesi Üzerindeki Baskılar

#### Özge Hande Sahtiyancı Özdemir

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ozge.ozdemir@tarimorman.gov.tr](mailto:ozge.ozdemir@tarimorman.gov.tr)

#### Gökçen Gökdereli

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [gokcen.gokdereli@tarimorman.gov.tr](mailto:gokcen.gokdereli@tarimorman.gov.tr)

#### Özgür Günhan

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ozgur.gunhan@tarimorman.gov.tr](mailto:ozgur.gunhan@tarimorman.gov.tr)

#### Dr. Yakup Karaaslan

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr](mailto:yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr)

## Bölüm 6

### Su Kalitesi İzleme

#### Ebru Doğanay

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ebru.doganay@tarimorman.gov.tr](mailto:ebru.doganay@tarimorman.gov.tr)

#### Ozan Soytürk

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ozan.soyturk@tarimorman.gov.tr](mailto:ozan.soyturk@tarimorman.gov.tr)

#### Ezgi Parlar Güngör

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ezgi.parlargungor@tarimorman.gov.tr](mailto:ezgi.parlargungor@tarimorman.gov.tr)

#### Kamil Aybuğa

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [kamil.aybuga@tarimorman.gov.tr](mailto:kamil.aybuga@tarimorman.gov.tr)

#### Serhat Fatih Kılınç

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [serhatfatih.kilinc@tarimorman.gov.tr](mailto:serhatfatih.kilinc@tarimorman.gov.tr)

## Bölüm 7

### Risk Değerlendirmesi ve Acil Durum Müdahale Planları

#### Ceren Yüceçam Akdağ

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ceren.akdag@tarimorman.gov.tr](mailto:ceren.akdag@tarimorman.gov.tr)

#### Aylin Okuldaş Çetin

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:  
[aylin.okuldascetin@tarimorman.gov.tr](mailto:aylin.okuldascetin@tarimorman.gov.tr)

#### Erdem Eroğlu

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [erdem.eroglu@tarimorman.gov.tr](mailto:erdem.eroglu@tarimorman.gov.tr)

#### Seda Arı

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [seda.ari@tarimorman.gov.tr](mailto:seda.ari@tarimorman.gov.tr)

#### Ozan Soytürk

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ozan.soyturk@tarimorman.gov.tr](mailto:ozan.soyturk@tarimorman.gov.tr)

#### Ahmet Rıfat İlhan

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ahmetrifat.ilhan@tarimorman.gov.tr](mailto:ahmetrifat.ilhan@tarimorman.gov.tr)

#### Nermin Anul

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [nermin.anul@tarimorman.gov.tr](mailto:nermin.anul@tarimorman.gov.tr)

## Bölüm 8

### Su Kaynaklarının Kalite Durumu Belirleme ve Çevresel Hedefler

#### Ceren Aksu

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ceren.aksu@tarimorman.gov.tr](mailto:ceren.aksu@tarimorman.gov.tr)

#### Tolga Çetin

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [tolga.cetin@tarimorman.gov.tr](mailto:tolga.cetin@tarimorman.gov.tr)

#### Hümeyra Bahçeci

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [humeyra.bahceci@tarimorman.gov.tr](mailto:humeyra.bahceci@tarimorman.gov.tr)

#### Arife Özudoğru

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [arife.ozudogru@tarimorman.gov.tr](mailto:arife.ozudogru@tarimorman.gov.tr)

#### Özgür Günhan

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [ozgur.gunhan@tarimorman.gov.tr](mailto:ozgur.gunhan@tarimorman.gov.tr)

#### Dr. Yakup Karaaslan

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr](mailto:yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr)

#### Prof. Dr. Ülkü Yetiş

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik  
Fak.  
Çevre Mühendisliği Bölümü  
Üniversiteler Mahallesi, Çankaya, Ankara  
e-posta: [uyetis@metu.edu.tr](mailto:uyetis@metu.edu.tr)

## Bölüm 9

### Su Kalitesi Açısından Sulak Alanlar ve Su Kaynakları ile Etkileşimi

#### Dr. Öğretim Üyesi Ayşegül Demir Yetiş

Bitlis Eren Üniversitesi  
Çevre Mühendisliği Bölümü  
e-posta: [ademir@beu.edu.tr.tr](mailto:ademir@beu.edu.tr.tr)

#### Doç. Dr. Zeliha Selek

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Teknikokullar, Beşevler, Ankara  
e-posta: [zelihaselek@gazi.edu.tr](mailto:zelihaselek@gazi.edu.tr)

#### Dr. Bülent Selek

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta: [bulent.selek@tarimorman.gov.tr](mailto:bulent.selek@tarimorman.gov.tr)

## Bölüm 10

### Nehir Havzası Yönetim Planlarında Su Kalitesi Yönetimi

#### **Burhan Fuat Çankaya**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[burhanfuat.cankaya@tarimorman.gov.tr](mailto:burhanfuat.cankaya@tarimorman.gov.tr)

#### **Taner Kimence**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[taner.kimence@tarimorman.gov.tr](mailto:taner.kimence@tarimorman.gov.tr)

#### **Dr. Yakup Karaaslan**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr](mailto:yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr)

#### **Dr. Bülent Selek**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[bulent.selek@tarimorman.gov.tr](mailto:bulent.selek@tarimorman.gov.tr)

## Bölüm 11

### Su Kalite Modelleri

#### **Neşat Onur Şanlı**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[nesatonur.sanli@tarimorman.gov.tr](mailto:nesatonur.sanli@tarimorman.gov.tr)

#### **Gizem Kıymaz**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[gizem.kiymaz@tarimorman.gov.tr](mailto:gizem.kiymaz@tarimorman.gov.tr)

#### **Ceren Aksu**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[ceren.aksu@tarimorman.gov.tr](mailto:ceren.aksu@tarimorman.gov.tr)

#### **Sena Çetinkaya**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[sena.cetinkaya@tarimorman.gov.tr](mailto:sena.cetinkaya@tarimorman.gov.tr)

#### **Dr. Yakup Karaaslan**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı  
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr](mailto:yakup.karaaslan@tarimorman.gov.tr)

#### **Dr. Bülent Selek**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Beştepe, Yenimahalle, Ankara  
e-posta:

[bulent.selek@tarimorman.gov.tr](mailto:bulent.selek@tarimorman.gov.tr)

#### **Doç. Dr. Ali Ertürk**

İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi,  
Laleli, Fatih, İstanbul  
e-posta:

[erturkali@istanbul.edu.tr](mailto:erturkali@istanbul.edu.tr)

# Bölüm 1

## GİRİŞ

### Zeliha Selek ve Yakup Karaaslan

Dünyamızda son yıllarda hızla artan nüfus ile beraber sanayileşme, tarımsal faaliyetler ve diğer sektörlerin su taleplerinde yaşanan artış ve iklim değişikliğinin etkileri su kaynakları üzerinde kalite ve miktar açısından ciddi baskılar oluşturmaktadır. İlâveten, sürdürülebilir olmayan su yönetimi ve uygulamaları doğal hidrolojik döngülerin kırılmasına sebep olmaktadır. Bunun birlikte su kaynakları birbiriyle bağlı birçok doğal kaynaktan beslenmekte ve antropojenik kökenli girişimlerin varlığı sebebi ile yapı itibari ile dinamik ve değişken özellikler göstermektedir. Bu sebeplerle su kaynaklarının özel olarak yönetilmesi ve durumlarının her aşaması gerekli izlemelerle takip edilerek potansiyel tehlikelerin su kaynaklarına etki etmeden saptanması ve önlenmesi gerekmekte, ekolojik ve kimyasal durumunun bütüncül bir yaklaşımla havza bazında korunması ve iyileştirilmesi önem arz etmektedir.

Su kaynakları üzerinde baskıların artması sebebiyle önemli seviyede kirlenmeye başlamış ve bu sebeple kötüleşen su kalitesinin çözümüne yönelik yönetim uygulamalarına başlanması gerekmiştir. Teknoloji kaynaklı sınırlar ve ekonomik sebeplerle; su ekosistemlerine ulaşan kirlenici yüklerin azaltılmasına yönelik çabalar; geçmişte kirlenmenin tamamen ortadan kaldırılmasını sağlayamamıştır. Bu durum günümüzde de geçerlidir ve gelecekte de geçerli olacaktır. Su kaynaklarının kirlenmesine karşı alınacak tedbirlerin maliyetleri yüksek olduğundan, herhangi bir tedbirin alınmasına karar verilmeden önce, su ekosistemi açısından elde edilecek faydanın ortaya konulması gerekmektedir. Henüz alınmamış bir tedbirin faydasının ortaya konulması ise, ancak öngörü ile mümkündür. Su kaynakları yönetimi; su kalitesi, su miktarı ve sucul ekosistemlerin tamamen birbirine bağlı olduğu büyük oranda bütünleşmiş bir çevreyi kapsamaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir bir su yönetiminde su kalitesi, su miktarı ve sucul ekosistemlerin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bütüncül havza yönetimi kavramı, 1990 yıllardan itibaren uluslararası kuruluşlar tarafından gündeme taşınmış olup stratejik bir doğal kaynak olan suyun sürdürülebilir kullanımını teşvik ederek su ekosistemlerinin ve bunlara bağlı diğer ekosistemlerin havza bazında korunması, iyileştirilmesi ve olası tahribatların önlenmesini hedeflemektedir. Bütün su ekosistemlerinin ve su

ihtiyaçlarıyla ilgili olarak, karasal ekosistemler ve sulak alanlarda, son tarih uzatma veya istisna yapılmaması koşuluyla, AB Su Çerçeve direktifine göre 2015 yılına kadar “iyi su durumu”na ulaşılması gerekmektedir. Su Çerçeve Direktifi (SÇD), yerüstü su kaynaklarının kalitesi ile sucul ekosistemlerin korunması ve iyileştirilmesi maksadıyla bütünleşik bir çevre koruma ve yönetim yaklaşımını esas almaktadır. Bu yaklaşım doğrultusunda yapılması gerekenlerden biri de, yerüstü su kaynakları için risk teşkil eden tehlikeli maddelerin kontrolü için Çevresel Kalite Standartlarının (ÇKS) belirlenmesi ve uygulamaya alınmasıdır. Bir yerüstü suyu kütlesinde iyi su durumu, hem ekolojik hem de kimyasal durumun iyi olması ile mümkündür. Bu aşamada; ÇKS’ler su kaynaklarının ekolojik ve kimyasal durumunun belirlenmesinde bir araç olarak dikkate alınmakta ve su kalitesinin durum tespitinde kullanılan kirleticiler için ÇKS’lerin sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Avrupa sularının çoğunda bulunan bir dizi kirletici su ekosistemlerini tehdit etmekte ve halk sağlığı sorunlarına yol açabilmektedir. AB Su Çerçeve Direktifi gereğince su kirliliğini azaltmak, uygulanacak diğer birkaç direktif ve düzenlemeyi gerektirmektedir. Geçtiğimiz yıllarda noktasal kaynaklardan ileri gelen emisyonların azaltılmasında açık bir ilerleme kaydedilmiştir. AB Kentsel Atık Su Arıtma Direktifi'nin ulusal mevzuatlarla birlikte uygulanması, Avrupa kıtasının çoğunda atık su arıtımında iyileşmelere yol açmıştır. Tarımsal üretim, aşırı miktarda besin maddesi ve pestisit gibi kimyasalların kullanılmasının bir sonucu olarak yaygın bir kirlilik kaynağıdır. Diğer tarımsal kirleticiler ise kırsal, kentsel ve orman alanlarından yüzey akışıyla su kaynaklarına karışmaktadır. AB’ye üye ülkeler tarafından şu anda çiftlik düzeyinde besin planlaması, uygun toprak işleme, ürün rotasyonu ve gübre standartları uygulanması dahil olmak üzere çok sayıda önlem alınmaktadır. Diğer taraftan, Avrupa sularının tehlikeli maddelerle kirlenmesi birçok yasal tedbir alınmasına neden olan bir önemli çevresel kirlilik olarak raporlanmıştır.

Ülkemizde bütüncül su kaynakları yönetimi kapsamında, su kaynaklarının ve suya bağlı canlıların korunması maksadıyla, katılımcı bir yaklaşımla havzanın tamamı esas alınarak Nehir Havza Yönetim Planlarının (NHYP) hazırlanması gerekmektedir. Söz konusu planlar ile; su kaynaklarının daha fazla tahrip olmasının engellenmesi, daha iyi duruma getirilmesinin sağlanması ve sürdürülebilir su kullanımının gerçekleştirilmesi, aynı zamanda suya bağlı ekosistemlerin korunması amaçlanmaktadır. Buna ek olarak yeraltı sularında kirliliğin azaltılması ve daha fazla kirlenmesinin engellenmesi, taşkın ve kuraklığın etkilerinin azaltılması



hedeflenmektedir. Nehir Havza Yönetim Planları ile su kaynaklarının kalite ve miktarının korunması, su kaynaklarının Avrupa Birliği (AB) kriterlerine göre iyi su durumuna ulaşması, iyi veya çok iyi su durumunda olanların bu durumun korunması maksadıyla etkin bir izleme sistemi oluşturularak izlemenin yapılması; çevresel hedeflerin belirlenmesi, bunun yanında, su hizmetlerinin maliyetinin karşılanmasına yönelik çalışmalar ile çevresel hedeflere ulaşmak maksadıyla belirlenen tedbirlere ilişkin ekonomik analiz çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Su kalitesi suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin göstergesi olarak tanımlanmaktadır. Su kalitesi standartlarının belirlenmesinde ise suyun kullanım maksadı (içme suyu, tarım, sanayi, enerji vb.) ve su sınıfları (nehir, göl, kıyı-geçiş suları ve yeraltı suları) esas alınmaktadır. Bunun yanında bütün su kaynaklarının bütünsel bir yaklaşımla “iyi durum”a ulaşması için daha genel su kalitesi standartları belirlenebilmektedir. Su kalitesi yönetimi açısından risk değerlendirmesi, genel olarak su kaynaklarındaki kirleticilerin insan sağlığı ve sucul ekosistem üzerindeki muhtemel etkilerini ve etkileme riskinin analiz edilerek derecelendirilmesi ve olumsuz etkilerin önlenmesi maksadıyla alınması gereken tedbirleri içermektedir. AB Su Çerçeve Direktifi’ne uyum çalışmaları kapsamında ülkemizde su kalitesi yönetimi açısından risk değerlendirmesi ile ilgili çalışmalar yaygınlaşmış olup, bu çalışmalar özellikle sucul ortamda bulunan ve bulunması muhtemel kimyasallara yoğunlaşmıştır. Su kaynaklarında fiziko-kimyasal parametrelerin izlenmesi ve dolayısıyla kontrolü daha uzun bir geçmişe sahip olmakla beraber tehlikeli maddelere ilişkin izleme ve mevzuat oluşturma çalışmaları AB Su Çerçeve Direktifi uyum süreci ile hızlanmıştır. Bu kapsamda risk değerlendirmesi, insan sağlığı ve sucul ekosistemi korumak maksadıyla toksisite ve maruziyet çalışmaları gibi metotlar kullanılarak kirleticilerin tespit edilmesini ve gerekli önlemlerin alınmasını içermektedir.

Bir nehir veya göl tarafından sağlanan ekosistem işlevlerinin ve/veya ekosistem hizmetlerinin bozulmamış olup olmadığı veya sürdürülebilir bir şekilde restore edilip edilmediği, sonuçta, tercihen çok paydaşlı bir karar olmaktadır. İç su ekosistemleri birim alan başına orantısız olarak deniz ve kara ekosistemlerinden daha fazla tür içermektedir. Her ne kadar iç sular -sulak alanlar hariç- Dünya yüzeyinin sadece yüzde 1'ini kaplıyor olsa da, bilinen faunanın yüzde 10'undan fazlası ve bütün omurgalı türlerin yaklaşık üçte biri için yaşam alanı sağlamaktadır. Bu sebeple, tatlı su sistemlerinin su kalitesi gerekliliklerini ele almak, dünyadaki yaşamı ve ihtiyaçlarını sürdürülebilir bir şekilde sağlamak için büyük önem taşımaktadır. Tatlı su biyotasını

korumak için fiziksel ve kimyasal parametrelere dayanan su kalitesi kuralları bazı bölgelerde iyi geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bu önlemlerin tek başına biyolojik çeşitliliğin ve temel ekolojik süreçlerin korunmasını sağlayamayacağı genel olarak kabul edilmektedir. Biyolojik göstergelerin kullanımı, bazı ülkelerde tatlı su ekosistem sağlığı değerlendirmesinin temel bir bileşeni haline gelmiştir. Bu sebeple, mevcut kılavuzlar geleneksel fiziko-kimyasal su kalitesi parametrelerinin dikkate alınmasının ötesine geçmekte ve tatlı su ekosistem sağlığının daha kapsamlı bir değerlendirmesini yapmak için biyolojik ve hidromorfolojik göstergelerin değerlendirilmesini de içermektedir. Biyolojik göstergelerin dahil edilmesinin, kimyasal göstergelere yönelik birçok ani denetim testinden farklı olarak, içme suyu kalitesi ve diğer kullanımlar için risklerin hassas bir şekilde ölçülmesini de sağladığını belirtmek gerekir.

Ekosistemler İçin Uluslararası Su Kalitesi Rehberlerinde, su kütlelerinin tiplerinde ciddi bir doğal heterojenite varsa, daha spesifik kuralların/daha spesifik bir tipolojinin uygun yetki ölçeklerinde geliştirilmesi gerekebileceğini kabul eden kaba ölçekli bir tipoloji kabul edilmiştir. İç su kütleleri için sınıflandırma şeması, sınıflandırma kriterleri nihayetinde farklı ekotipler için şablon teşkil eden doğal fiziksel, kimyasal, biyolojik, hidromorfolojik ve ilgili özelliklere dayanan çerçeveyi sağlamaktadır. Sınıflandırmanın değeri, tatlı su ekosistemlerinin baskılarına (ve bunlara bağlı etkilere) ve bunlara karşılık gelen gösterge kümelerine farklı genel tepkilerin, su kütlelerinin değerlendirilmesinde uyumlaştırılabileceğidir. Ekosistemler İçin Uluslararası Su Kalitesi Rehberlerinde üç geniş su kütlesi kategorisi bulunmaktadır:

- Akan su ekosistemleri (akarsular, nehirler ve onların sulak alanları)
- Durgun su ekosistemleri (göller, rezervuarlar, göletler ve bunların sulak alanları)
- Sulak alan ekosistemleri.

Temel olarak fiziksel ve kimyasal parametrelere dayanan su kalitesi değerlendirmesine yönelik geleneksel yaklaşımlar, tatlı su için bazı sosyal değerlerin (örneğin içme suyu standartları) karşılandığından emin olmak için yeterli olabilirken, bunların toplumsal ekolojik sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşip ulaşmadığını sağlamak ve izlemek için muhtemelen yeterli olmamaktadır. Ekosistemlerin sağlığı kavramı, sağlıklı bir ekosistemin sağlam yapılara sahip ve doğal olarak çalışan bir sistem olduğu ilkesine dayanmaktadır.

Ekosistemlerin önemli mal ve hizmet sağlama kabiliyetini geri dönüşümsüz biçimde düşürmeden artan su, gıda ve enerji ihtiyacını karşılamak, yirmi birinci yüzyılda toplum için en önemli zorluklardan biridir ve mevcut su güvenliği kavramlarının merkezinde yer almaktadır.

Ekonomik faaliyetleri, arazi kullanım değişiklikleri ve iklim değişikliğini hızlandıran nüfus artışı, küresel su kaynaklarının niteliği ve niceliğine olan baskıyı arttırmaktadır. Bu baskılar tüm ekosistemleri ve özellikle tatlı su ekosistemlerini tehdit etmektedir. Su kalitesinin düşmesi, su kullanımı, ekosistem sağlığı ve işleyişi ve ekosistemlerin desteklediği biyoçeşitliliğe büyük zararlar vermesi nedeniyle küresel bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Bu durum dünyanın birçok yerinde, acil eylemlere olan ihtiyaçlara ve sorunların çözülmesi için çözüm taleplerinin artmasına neden olmuştur. Bu arada, nehirlerde ve sulak alanlarda ekosistem sağlığını ve biyoçeşitliliği sürdürmek için su gereksinimlerinin insan ihtiyaçları ile uyumlu olabileceği ve topluma sürdürülebilir bir şekilde ekosistem mal ve hizmetlerini sunabileceği konusunda artan bir bilinç bulunmaktadır. Açıkçası, "her zaman yapılanlar" sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için bir seçenek değildir. Hemen önlem alınsa bile, bozulmuş tatlı su ekosistemlerinin rehabilitasyonu yıllarca sürecektir. Bu sebeple acil eylemler gerekmektedir.

Ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi, su kaynakları yönetiminin temel bileşenidir. Ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi ile; su kaynaklarının daha fazla tahrip olması engellenecek, iyileştirilmesi sağlanabilecek ve sürdürülebilir su kullanımını gerçekleştirebilecektir. Aynı zamanda sucul ekosistemler ileri düzeyde korunabilecek ve iyileştirilebilecektir.



## Bölüm 2

# Ekoloji ve Hidrojeoloji

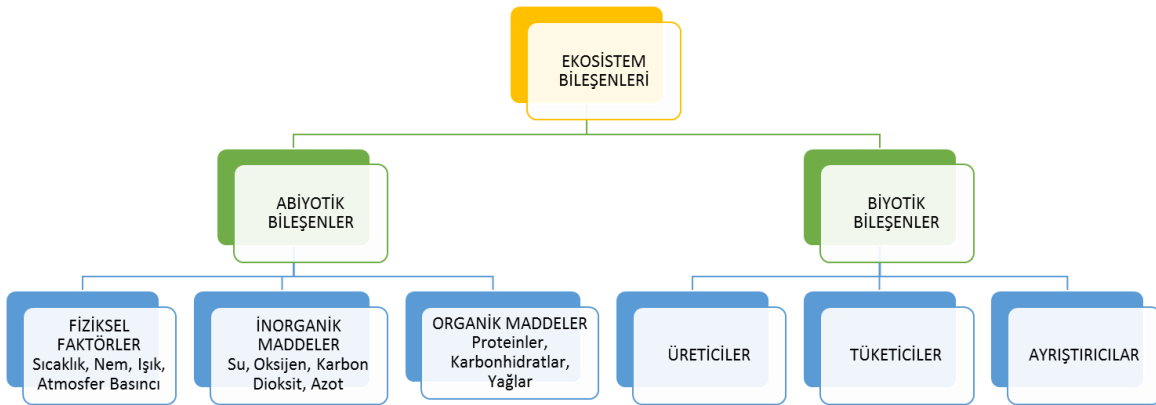
Müge Erkan Aydar, Osman Şerif Gültekin ve Meriç Albay

### 2.1. Ekosistem ve Bileşenleri

Ekosistem, canlıların (üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar) birbirleriyle ve parçası oldukları fiziksel çevreyle ilişki içerisinde buldukları fonksiyonel bir doğa birimi olarak tanımlanmaktadır.

Ekosistemler abiyotik(cansız) ve biyotik(canlı) bileşenler olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Abiyotik bileşenler sıcaklık, ışık, nem, su karbondioksit ve organik maddeleri içerirken, biyotik bileşenler tüm canlı organizmaları ve bunların atık ürünlerini içermektedir. Ekosistem, bitkiler, hayvanlar ve diğer canlı organizmaların oluşturduğu ‘biyotik faktörler’ ile fiziksel çevreyi oluşturan “abiyotik faktörler”in birleşimini ifade eder ve bu bileşenler beslenme döngüleri ve enerji akışları yoluyla birbirleriyle devamlı bir ilişki içindedir (Şekil 2.1).

Ekosistemler birbirlerinden coğrafi bariyerlerle ayrılmış olup, dünya üzerinde küçük bir gölet, bir orman ya da deniz ekosistemi gibi farklı büyüklükte ekosistemler bulunmaktadır. Orman ve çöl gibi alanlar karasal ekosistemlere, göl, gölet, sulak alan, nehir ve nehir ağzı gibi alanlar ise sucul ekosistemlere örneklerdir. Ayrıca, insan yapımı bazı ekosistemler de bulunmaktadır (yapay göller, ekim alanları vb.)



Şekil 2.1 Ekosistem Bileşenleri

### 2.1.1. Abiyotik Bileşenler

Abiyotik bileşenler ekosistemin cansız parçalarını oluşturur ve 3 temel kategoriye ayrılır:

1. **İklimsel ve fiziksel faktörler:** Hava, su, toprak, güneş ışığı, yağış, sıcaklık, nem, toprak yapısı ve jeomorfolojik koşullar.
2. **İnorganik maddeler:** Karbon, nitrojen, sülfür, fosfor, karbondioksit, su vb. besin elementleri ve bileşikler. Bunlar ekosistemdeki madde döngülerine katılırlar.
3. **Organik maddeler:** Canlı organizmalardan gelen proteinler, karbonhidratlar, lipitler, humik maddeleri ihtiva eder.

Abiyotik faktörler belirli bir alanda yaşayabilecek canlıları belirler. En önemli abiyotik faktörler;

**Işık:** Fotosentez için gereklidir, canlıları ve onların cansız çevresini etkiler, canlıların büyüme ve gelişmesi için temel ihtiyaçlarındanır.

**Su:** Su hayatın iksiridir; tüm canlılar hayatta kalmak için suya ihtiyaç duyarlar, ancak bazıları daha azıyla yaşayabilir

**Sıcaklık:** Tüm canlıların hayatta kalabilecekleri bir sıcaklık aralığı vardır; bu sınırların ötesinde yaşamak oldukça zordur.

**Oksijen:** birçok canlı yaşamak için oksijene ihtiyaç duyar, çünkü yiyeceklerden enerji alma prosesi olan hücresel solunum için gereklidir. Bazı canlılar ise oksijensiz ortamda yaşamakta olup, oksijen varlığında (bazı bakteriler) ölmektedir.

**Toprak:** Toprağın tipi, pH, içindeki su miktarı, mevcut besin maddeleri vb. bu toprakta yaşayabilecek organizmaları belirler. Örneğin bir kaktüs kum üzerinde yaşarken, su kamışları suya doymuş topraklarda yaşamaktadır.

Nitrat, karbon, fosfat gibi inorganik maddeler ise serbest ya da bileşik formunda, suda çözülmüş halde veya toprakta bulunabilirler. Bu maddelerin bazıları ölü hayvan ve bitkilerin üzerinde yaşayan mikro-omurgasızlar tarafından geri dönüştürülür.

### 2.1.2. Biyotik Bileşenler

Bu grup, tüm hayvanları, bitkileri, bakterileri, mantarları ve düşen yapraklar, dallar veya dışkı gibi atık ürünlerini içerir.

Yaşamsal faaliyetlerine göre biyotik bileşenler üç ana kategoriye ayrılır; üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar. Üreticiler (ototroflar) fotosentez yoluyla kendi besinlerini üretirler. Bu besin ya

kendileri tarafından enerji amacıyla tüketilir ya da tüketiciler tarafından yenir. Tüketiciler (heterotroflar) ototroflar tarafından üretilen besini tüketir. Besin tüketimlerine göre herbivor (otçul), karnivor (etçil) ve omnivor (hem etçil hem otçul) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Ayrıştırıcılar ölü doku ve atık ürünleri parçalayan heterotroflardır. Ekosistemde çok önemli bir rol oynarlar çünkü besin maddelerini geri dönüştürmektedirler. Bakteri ve mantarlar ana ayrıştırıcılardır.

**Üreticiler:** Üreticiler organik ve inorganik maddeler yardımıyla güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürürler. Üreticilere ototrofik (oto=kendi; trofi=beslenme) organizmalar denir. Canlı olmayan inorganik bileşiklerden besin sentezleme yeteneğine sahiptirler. Üreticiler büyük ölçüde karadaki yeşil bitkiler (ağaçlar, çimenler, ekinler) ve sudaki fitoplanktonlar tarafından temsil edilir.

**Tüketiciler:** Tüketiciler, gıda gereksinimini diğer organizmalarla beslenerek karşılayan organizmalardır. Tüketiciler üreticiler tarafından hazırlanan besinleri tüketirler. Bu nedenle, tüketicilere heterotrofik organizmalar denir. Hayvanlar bu kategoriye girer.

Besin tüketimine bağlı olarak, tüketiciler birincil, ikincil ve üçüncül tüketiciler olarak sınıflandırılır. Primer tüketiciler sadece bitkilerle beslenir. Herbivorlar bitki yiyicilerdir. Çekirge, tavşan, keçi, koyun primer tüketicidir. İkincil tüketiciler, bazı birincil tüketicilerle beslenir. Karnivorlar et yiyenlerdir; şahin, kaplan, aslan vb. Omnivorlar (biyofaj da denir) ise hem sebze hem de etle beslenmektedir (hamamböceği, tilki, insan).

İkincil tüketiciler, birincil tüketicilerle beslenen canlılardır. Örneğin çeşitli böcek ve balık türleri ifade eder.

Tersiyer tüketiciler avcılarının yırtıcılarıdır. Bunlar çoğunlukla daha büyük hayvanlardır.

**Ayrıştırıcılar:** Mikro-tüketiciler olarak da adlandırılan bu organizmalar, besin için ölü organik maddeye ihtiyaç duyarlar. Bakteri ve mantarlar gibi organizmaları ihtiva eden bu canlılar, bitki ve hayvanlarda bulunan karmaşık organik maddeleri parçalayarak basit maddelere dönüştürür. Bu maddeler de ototroflar tarafından bir kez daha kullanılır. Protozoa ve solucan gibi bazı omurgasız hayvanlar, bu ölü organik maddeyi besin olarak kullanırlar. Bu canlılar ikincil ayrıştırıcılar olarak adlandırılır.

Çoğu kaynakta ayrıştırıcılar başlığı altında verilen dönüştürücü bakteriler grubu, bazı kaynaklarda 4. bir bileşen olarak verilmektedir. Bunlar diğer canlılar tarafından atılan maddeleri organik veya inorganik maddelere dönüştürerek, atık olarak gelen besin maddelerinin geri

dönüşümüne yardımcı olur. Böylece bu maddeler yeşil bitkilerin beslenmesi için uygun hale getirilir (1).

## **2.2. Sucul Ekosistemler**

Sucul ekosistem, bitkilerin ve hayvanların çevrenin kimyasal ve fiziksel özellikleriyle etkileşime girdiği su bazlı bir ortamlardır. Tarihsel olarak sucul ekosistemler genellikle belirli kategorilere ayrılır; tatlı su, nehir ağzı, deniz ekosistemleri gibi(1). Deniz ekosistemleri, yeryüzünün yüzde 70'ini kaplamaktadır. Tatlı su ekosistemleri ise dünyanın yüzde 6'sından daha azını kapsamakta ve bol miktarda lentik, lotik ve sulak alanlara bölünmektedir. Okyanuslar, haliçler, mercan resifleri, nehir, göl ve kıyı ekosistemleri çeşitli sucul ekosistemler olup, makro-omurgasızlar, makrofitler, fitoplankton, fitobentoz ve balıklar sucul ekosistemlerin başlıca üyeleridir.

### **2.2.1. Tatlı Su Ekosistemleri**

Göller, göletler, nehirler, akarsular ve sulak alanlar gibi tatlı su ekosistemlerinin, dünya yüzeyinin yaklaşık % 6'sını, kıtaların ise yüzde 15'ini kapsadığı tahmin edilmektedir. Geçmişte yapılan değerlendirmelerde küçük sistemler dikkate alınmadığından bu oranlar daha düşük olarak verilmekteydi, ancak tüm dünyada yaklaşık 300 milyon doğal göl, 4,2 milyon km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Benzer biçimde yapay göller toplam 335.000 km<sup>2</sup>'lik alanı kaplamaktadır. Son yıllarda yapay su kütleleri sayı, hacim ve kapladıkları yüzey alanı bakımından da hızla artmaktadır.

Tüm dünyadaki nehir ve dereler yaklaşık 500.000 km<sup>2</sup>'lik bir alanı, kıtasal sulak alanlar ise 12,8 ila 15,8 milyon km<sup>2</sup> arasında bir alanı kaplamaktadır(2).

Yüzeysel sular, bilinen hayvanların yüzde 10'undan fazlası ve tüm omurgalı türlerinin yaklaşık üçte biri için yaşam alanı sağlar. Şu andaki tatlı su türlerinin çeşitliliğiyle ilgili bilgimiz, organizma grupları arasında büyük farklılıklar göstermektedir ve su kaynaklarındaki organizmaların çeşitliliği mevcut bilgimizin oldukça altındadır.

Akarsu ve dere ekosistemleri, diğer iç su ekosistemlerinden birkaç açıdan farklılık gösterir;

- Akışın tek yönlü oluşu;
- Toplam drenaj alanının çok azını kaplayan doğrusal yapı
- Kararsız ve sürekli değişen kanal substratı ve morfolojisi



- Akıntıya veya nehre gelen organik madde nedeniyle biyotik metabolizmanın çoğuna sahip olmak
- Hızla ve sıklıkla değişen heterojenlik
- Fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin yüksek değişkenliği

Göller ise açık su bölgesini temsil eden pelajik zon ve makrovejetasyonu içeren göl bölümü olan litoral zon olmak üzere ikiye ayrılır. Pelajik zonun altında kalan ve bitki örtüsü içermeyen çökeller profundal zon olarak adlandırılır. Littoriprofundal zon ise, dağınık bentik alglerin bulunduğu litoral ve profundal bölgeler arasındaki sedimentlerin geçiş alanıdır.

Bu bölgelerde yaşayan organizma gruplarına farklı tanımlamalar yapılmıştır. Plankton, suda asılı duran hareketsiz/ sınırlı hareket kabiliyeti olan organizmalardır. Bunlar türbülans ve diğer su hareketleri ile dağılırlar. Hem bitkisel planktonlar olan *fitoplankton*, hem de hayvansal planktonlar olan *zooplankton* genellikle sudan daha yoğundur ve yerçekimi ile derinliklere iner. Suda asılı kalan ve yüzme kabiliyeti olan organizmalara ise *nekton* denir.

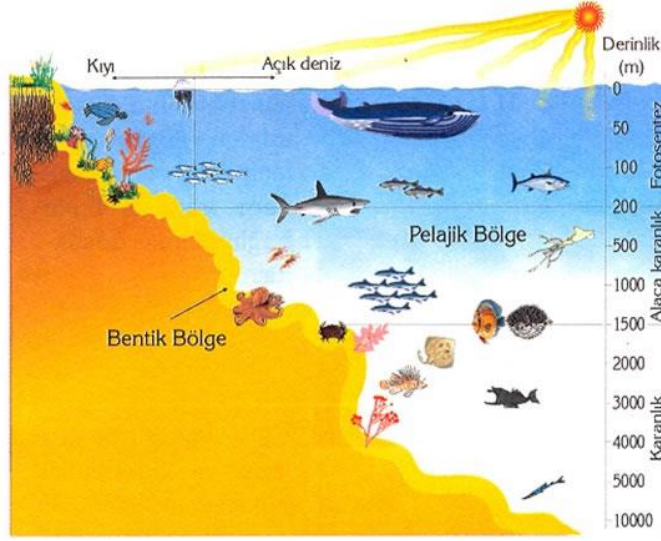
Substrata bağlı bakteri ve algler, toplu olarak periphyton olarak adlandırılır ve üzerinde yetiştirildikleri substrata (tortullar, kaya, bitki, hayvan, kum) göre adlandırılırlar. *Bentos* tanımı, sedimant-su ara yüzeyinde substrata bağlı olarak yaşayan ve planktonik olmayan organizmalara karşılık gelir. Hava-su ara yüzünde yaşamaya uyarlanmış özelleşmiş organizmalara *pleuston* denir. Nöston olarak adlandırılan mikroflora bu canlılar arasındaki baskın gruptur. Akarsu ve göllerdeki farklı jeomorfolojik ve hidrolojik özellikler bu su kaynaklarında yaşamaya adapte olan farklı tür toplulukları oluşmasına neden olmaktadır(3).

### 2.2.2. Tuzlu Su Ekosistemleri

Bir deniz ekosisteminde belirli bir alanında hangi organizmaların yaşayabileceğini etkileyen en önemli faktör ışığın mevcudiyetidir. Suyun derinliği ne kadar fazla olursa, hiç ışık almayan belli bir derinliğe kadar, gittikçe azalan miktarda ışık nüfuz edebilir. Okyanusların büyük bir kısmını oluşturan bu karanlık bölgeye *afotik zon* denir. Bunun üzerindeki ışıklı bölge, içinde *öfotik ve disfotik bölgeleri* ayırt eden *fotik zon* olarak adlandırılır. *Öfotik zon*, fotosentez için yeterli ışık alan yüzeye yakın tabakadır. Bunun altında solunumun fotosentezden daha yüksek olduğu çok az ışık alan disfotik zon bulunur. Bu zonların derinliği, bulut örtüsü, su bulanıklığı ve okyanus yüzeyindeki koşullara bağlıdır. Genel olarak, *öfotik zon* 80 ila 100 metre derinliğe ve *disfotik zon* 80 ila 700 metre derinliğe kadar uzanabilir. Deniz organizmaları,

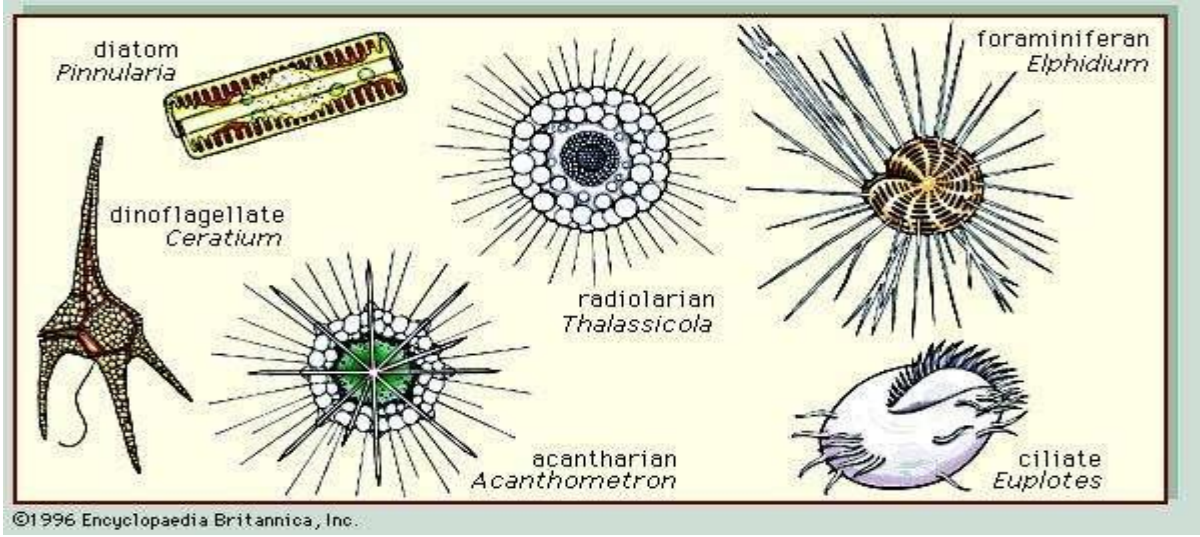
özellikle öfotik zon olmak üzere, fotik bölgede bol miktarda bulunurlar. Bununla birlikte, birçok organizma afotik bölgeye yerleşir ve her gece fotik bölgeye dikey olarak göç eder. Tripod balığı ve bazı deniz hıyarı ve deniz yıldızı türleri gibi diğer organizmalar da tüm yaşamlarını karanlıkta geçirir.

Denizler pelajik (su kolonu) veya bentik (dip ortam) bölge olarak iki ana bölümden oluşurlar (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2** Bentik - Pelajik Bölge ve Canlıları

Deniz biyotası, genel bir tanımla pelajik ortamda (plankton ve nekton) veya bentik ortamda (benthos) yaşayan organizmalara şeklinde sınıflandırılabilir (Şekil 3). Bununla birlikte, bazı organizmalar hayatının bir aşamasında bentik ve diğerinde pelajiktir. Organik molekülleri sentezleyen üreticiler her iki ortamda da mevcuttur. Tipik bentik üreticiler mikroalg (örneğin Diatomlar), makroalgalar (örneğin Kelp *Macrocystis pyrifera*) veya deniz çayıtlarıdır (örneğin *Zostera*). Bunun dışında makro-omurgasız ve balıklar da deniz biyotasının önemli elemanlarıdır(4).



Şekil 2.3 Plankton Örnekleri

## 2.3. HİDROJEOLOJİ

### 2.3.1. Hidrojeoloji Biliminin Tanımı ve Önemi

Hidrojeoloji bilimi, yeraltı suyu kaynaklarının etkin kullanımı, aşırı tüketimden ve kirlenmeden korunması, yerüstü-yeraltı suyu etkileşimleri, yeraltı suyu kirliliği, su kaynakları potansiyelinin değerlendirilmesi vb. konularda faaliyet göstermektedir.

İnsanlık tarihinin büyük bir bölümünde yeraltı sularından, yerüstü sularının kıt olduğu kurak bölgelerde yararlanılmıştır. Yüzyıllar içinde insan nüfusu arttıkça ve tarım arazileri genişledikçe, su o kadar değerli bir kaynak haline gelmiştir ki, bazı kültürlerde yeraltı sularına ve su arayıcılarına özel güçler atfeden karmaşık efsaneler, mitolojiler geliştirilmiştir. Ortaçağ Avrupa'sında su cadısı olarak adlandırılan kişilerin çatal uçlu bir değnekle su bulabileceğine ve bu kişilerin mistik öngörü sahibi olduğuna inanılıyordu.

Yirminci yüzyılın ikinci yarısında patlayan su talebi, su cadılarının modern çağdaki benzerlerinin büyük bir endüstriye dönüşmesine yol açmıştır. Günümüzde her kıtada, büyük akiferlerin sularından faydalanılmaktadır; yeraltı suları dünya nüfusunun 1,5-2 milyarlık kesimi için en önemli içme suyu kaynağıdır (Tablo 1). Doğu Çin'de yer alan Sarı Nehir'in debisi 2.571 m<sup>3</sup>/s ve nehrin uzunluğu 5.464 km'dir. Nehri oluşturan Sarı Nehir Havzası ise 752.000 km<sup>2</sup>'dir. Türkiye'nin yüzölçümü 783.562 km<sup>2</sup> olduğu göz önüne alındığında, yaklaşık ülkemiz büyüklüğünde olan bu havza altında bulunan akiferler yaklaşık 160 milyon kişinin içme suyunu temin etmektedir.

Dakka, Jakarta, Lima ve Mexico City de dahil olmak üzere, gelişmekte olan dünyanın en büyük kentlerinin bazıları sularının aşağı yukarı tümünü akiferlerden temin etmektedirler. Merkezi su sistemlerinin yeterince gelişmediği kırsal bölgelerde, yeraltı suları genellikle tek su kaynağıdır. Kırsal ABD nüfusunun aşağı yukarı yüzde 99'u ve Hindistan'ın kırsal nüfusunun yüzde 80'i, içme sularını yeraltı sularından temin etmektedir.

**Tablo 2.1** Hidrojeolojinin Tarihçesi

3000-5000 yıl önce; Çin	Pompaj Kuyuları Maden Suyunun Sağlık Alanında Kullanımı
Milattan önce 5. Yüzyıl; Yunanistan	Miletus'un Hikayelerinden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Karaların su üzerinde yüzdüğünden,</li> <li>• Deniz suyunun rüzgarın etkisiyle yerin iç kısımlarına girdiğinden ve kayaçlardaki basıncın etkisiyle deniz suyunun yüzeye doğru yükseldiğinden bahsedilmiştir.</li> </ul>
Milattan önce 4. Yüzyıl; Yunanistan	Aristoteles: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deniz suyunun buharlaşıp kara üzerine tekrar yağış olarak düştüğünden,</li> <li>• Kayaç boşluklarındaki soğuyan havanın yeraltı suyunu oluşturduğundan,</li> <li>• Kayaçların, sudaki kimyasal bileşiklerin kaynağı olduğundan bahsetmiştir.</li> </ul>
Milattan önce 1. yüzyıl; Roma	Pollio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yağmur ve kar sularının kayaçların içlerine doğru süzülmesinden,</li> <li>• Suyun doğadaki döngüsünden bahsetmiştir.</li> </ul>
Milattan sonra 1000'li yıllar; İran	Karadi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suyun döngüsünden,</li> <li>• Su kalitesinden,</li> <li>• Arazi deneylerinden bahsetmiştir.</li> </ul>
1674; Fransa	Perrault: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yağış miktarlarını ölçen aletlerden alınan verilerden,</li> <li>• Sen Nehri'nden ayrılan su miktarının ilk tespiti,</li> <li>• İlk sayısal hidrolojiden bahsetmiştir.</li> </ul>
1684; Fransa	Mariotte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perrault'a benzer gözlemler,</li> <li>• Süzülme, su taşıyan ve geçirimsiz tabakalardan, yağış ve akifer beslenmesinden bahsetmiştir.</li> </ul>
1693; İngiltere	Edmond Halley:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yeterli miktardaki suyun okyanuslardan buharlaştığını gösteren buharlaşma deneyini gerçekleştirmiştir.</li> </ul>
1802; Fransa	Lamarck: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrojeoloji terimini ilk ortaya atmıştır.</li> </ul>
1856; Fransa	Darcy: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poroz ortamdaki suyun hareketinden,</li> </ul> Dupuit: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yeraltı suyunun kuyulara doğru olan akışından</li> </ul> Forchheimer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poroz ortamdaki suyun hareketinin matematiksel ifadesinden bahsetmişlerdir.</li> </ul>
1902; Avusturya	Suess: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jüvenil suyun magmatik kökenli olduğundan</li> </ul> Gofer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fosil suların eski jeolojik dönemlerde kabukta oluştuğundan bahsetmişlerdir.</li> </ul>
1950'den günümüze	Yakın geçmişteki bulgular.

Yeraltı sularının daha fazla kullanılmasının arkasında, 1950 yılından bu yana sulu tarım uygulamasının artması yatmaktadır. Her yıl kuyular ve nehirlerden çekilen tatlı suyun üçte ikisi, sulu tarımda kullanılmaktadır. Sulu tarım yapılan toprak alanı açısından dünya birincisi ve dünyanın üçüncü büyük hububat üreticisi olan Hindistan'da, yeraltı sularını çıkarmak için kullanılan kuyuların sayısı 1950 yılında 3.000 iken, bu sayı 2010 yılında 9 milyona çıkmıştır. Hâlihazırda, Hindistan'da sulanan arazilerin yarısından çoğunda kullanılan su akiferlerden elde edilmektedir. Hindistan'da tarımsal üretiminin yüzde 40'ı yeraltı suları ile sulanan bölgelerden gelmektedir; yani yeraltı sularının gayri safi milli üretime katkısı yüzde 9 civarındadır. Sulamalı tarım arazisi miktarı açısından dünya üçüncüsü olan ABD'de, sulamalı tarım yapılan tarım arazilerinin yüzde 43'ünde yeraltı suları kullanılmaktadır (Tablo 2.2) (5).

**Tablo 2.2** Bölgelere Göre İçme Suyunda Kullanılan Yeraltı Sularının Oranı

Bölge	Yeraltı Suyunun İçme Suyundaki Oranı (%)	Faydalanan İnsan Sayısı (milyon)
Asya-Pasifik	35	1000-1200

Avrupa	75	200-500
Latin Amerika	30	150
ABD	55	135
Avustralya	18	3
Dünya Geneli	43	2000-2500

Yeraltı sularının tüketiminde en büyük rol oynayan sektör, tarımdır; ama diğer sektörlerin su kullanımı da çok hızlı artmakta ve su kullanımı, bu sektörlerde çok daha yüksek kârlar getirmektedir. Endüstride kullanılan bir ton su ortalama 14.000 ABD dolarlık mal üretilmesini sağlamaktadır; bu miktar, hububat üretmek için kullanılan aynı miktarda suyun yarattığı kârın yaklaşık 70 katıdır. Dünya sanayileştikçe, suyun önemli bir bölümü çiftliklerden daha kârlı olan fabrikalara kaymaktadır. Endüstrinin toplam tüketim içindeki payı % 22'ye ulaşmıştır; büyük bir olasılıkla hızla yükselmeye de devam edecektir. Dolayısıyla içme suyu miktarını kısıtlayan sadece kaynağın sınırlı olması değil, aynı zamanda daha güçlü rakiplerle kullanım için yaşanan yoğun rekabet olacaktır.

Nehirler ve göller tükenme sınırlarına dayandıkça, çoğunun üzerinde barajlar inşa edildikçe, bu kaynaklar kurudukça veya kirlendikçe, insanlar da su ihtiyaçlarını yeraltı sularından sağlamaya mecbur kalmışlardır. Örneğin Tayvan'da yeraltı sularının, su kullanımı içindeki oranı sekiz yılda iki katına çıkmıştır; bu oran 1983 yılında yüzde 21 iken 2000 yılında yüzde 45'i aşmıştır. Bir zamanlar su ihtiyacını tamamıyla nehir ve derelerden sağlayan Bangladeş'te 1970'li yıllarda, ciddi bir biçimde kirlenen yüzey sularının yerine temiz su bulmak adına bir milyonun üzerinde kuyu kazılmıştır. Günümüzde Bangladeş nüfusunun yüzde 95'i, içme suyunu akiferlerden temin etmektedir. Daha zengin ülkelerde, genellikle yeraltı sularından sağlanan şişelenmiş kaynak suyu satışları giderek artmaktadır; ABD'de şişe suyu satışları 1978- 2008 yılları arasında on kat artmıştır.

Yeraltı sularına bağımlılığımız arttıkça, akiferlerin sayısı da azalmaktadır. Aşağı yukarı her kıtada, büyük akiferlerin hepsi, dolum hızından daha yüksek bir hızla boşalmaktadır. Yeraltı suyu havzalarının boşalması Hindistan'ın bazı bölgeleri, Çin, ABD, Kuzey Afrika ve Orta Doğu'da çok ciddi bir sorun haline gelmiş, dünyada her sene 200 milyar m<sup>3</sup> su açığı yaşanmasına yol açmıştır. Akiferden büyük miktarlarda su çekmek, geride kalan yeraltı sularındaki kirlilik oranını da

arttırmaktadır. Bazı vakalarda, kirlenen yüzey suları veya tuzlu okyanus suları boşalan yeraltı sularının yerini almak üzere akifere akmakta ve akiferlerde depolanan su miktarının daha da azalmasına yol açmaktadır. Sorunun büyümesine yol açan başka bir unsur, hızla boşalan suların, akiferlerde sedimentlerin birikmesine yol açarak, akiferin depolama kapasitesini düşürmesidir.

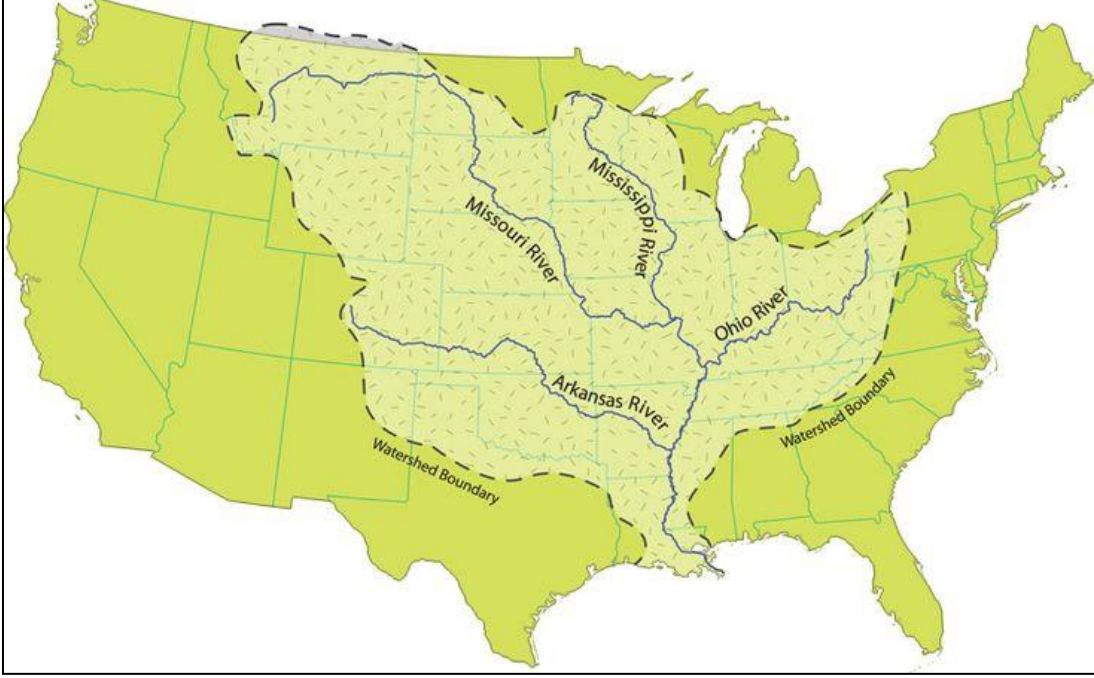
Akiferlerin depolama kapasitesindeki bu düşüş önemli boyutlara ulaşabilir ve bu süreci geriye çevirmek mümkün olmayabilir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri(ABD) California Central Valley'deki akiferlerin yapısının değişmesi yüzünden kaybedilen su depolama kapasitesi, eyalette bulunan insan yapımı rezervuarların % 40'ına eşittir. Biriken ve sıkışan akifer sedimentleri, üstteki toprağın içeri göçmesine de yol açabilmektedir (Şekil 2.4). Mexico City, Pekin ve 45'ten fazla Çin kentinde bu tür "toprak göçükleri" yaşanmıştır.



**Şekil 2.4** Obruk Oluşumu Winter Park, Florida (1981)

Fabrikalar, çiftlikler ve evler arasındaki rekabet arttıkça, lüzumlu ekolojik hizmetler için gereken yeraltı suyu miktarını göz ardı etmek de kolaylaşmaktadır. Yeraltı suları gezegenin hidrolojik döngüsünün önemli bir parçasıdır. Yağmur yağdığı anda, yağmur sularının bir bölümü toprağın altına sızar ve akiferlerde depolanır. Akifer, yüzyıllar içinde depoladığı suyu yavaş yavaş yüzeye ve en sonunda denize ulaştırır. Dolayısıyla nehirler, göller ve dereler, sadece yağmur sularıyla değil, yüzeye çıkan yeraltı sularıyla da beslenir. ABD'nin farklı bölgelerinde yer alan 54 nehirde yapılan bir çalışma sonucunda, yeraltı sularının nehirlerdeki suyun ortalama

yarısını sağladığını bulmuştur. Akiferler her gün ABD'deki yerüstü sularına 1.86 km<sup>3</sup> su eklemektedir, bu miktar (16.790 m<sup>3</sup>/s) yaklaşık olarak Mississippi Nehri'nin günlük akışına eşittir (Şekil 2.5) (5).



Şekil 2.5 Mississippi Havzası, ABD (Havza alanı: 2.981.076 km<sup>2</sup>)

Yeraltı suları, Mississippi, Nijer, Sarı Nehir (Yangtze) ve dünyanın en büyük nehirlerinin bazılarının kaynağına da su temin etmektedir; bu su olmazsa, nehirler bütün yıl boyunca akmaya devam edemez. Kuşlar, balıklar ve diğer yabancıl canlılar için önemli bir yaşam alanı olan sulak alanların suları, aşağı yukarı tümüyle yeraltı sularından gelmektedir; sulak alanlar, yeraltı sularının sürekli olarak yüzeye çıktıkları bölgelerdir. Yeraltı sularının aşırı kullanıldığı yerlerde, nehirler ve sulak alanlar kurumaktadır.

Akiferler, yerüstü sularının istikrarını korumaya yetecek kadar su sağlamanın yanı sıra, taşmasını da önlerler. Fazla yağmur yağdığında, nehirlerin altındaki akiferler su fazlasını emer, yüzey sularının hızla yükselerek, nehrin yakınındaki arazilere ve köylere akmasını engellerler. Sıcak mevsimin dokuz ay kadar uzun sürebildiği ve muson yağmurlarının çok yoğun yaşanabildiği tropik Asya'da, akiferlerin sunduğu bu ikili hidrolojik hizmet kritik önem taşır. Akiferler, çok fazla yerüstü suyunun buharlaşma ile kaybedilmemesini ve tatlı suyun depolanmasını sağlarlar; bu hizmet, su kaybının yüksek olduğu, sıcak ve kıtlık yaşanma eğilimi



olan bölgeler için yaşamsal önem taşır. Örneğin Afrika'da her yıl, rezervuarlardan gelen suyun ortalama üçte biri, buharlaşma sonucu kaybolmaktadır.

Peki bu ölçekteki dünyanın en önemli tatlı su kaynaklarına ne kadar değer veriyoruz; 1940 yılında yani İkinci Dünya Savaşı sırasında, ABD ordusu Missouri eyaletindeki St. Louis'de Weldon Spring ve komşu kasabalar etrafında 70 km<sup>2</sup> arazi almıştı. Amerikan Ordusu daha önce çiftlik evleri ve saman depolarının olduğu yerde, dünyanın en büyük TNT fabrikasını kurmuştu. Bitkilerin bol olduğu bu verimli bölgede inşa edilen fabrikada, patlayıcı madde üretiminde nitrik asitle birlikte gazolinin bir bileşeni olan toluene kullanılıyordu; üretimin doruğa çıktığı dönemde her gün binlerce ton patlayıcı üretiliyordu. Üretim sürecinin bir bölümü, TNT'nin saflaştırılmasını gerektiriyordu. Saflaştırma işlemi için, toluene ve nitrik asitin kimyasal reaksiyonu sonucunda ortaya çıkan "nitroaromatik" bileşenlerin temizlenmesi gerekiyordu. Seneler içinde bu kırmızı renkli çamurdan milyonlarca ton üretildi. Atıkların bir bölümü, atık işleme tesislerinde işlendi; ama büyük bir bölümü, işleme tesislerindeki sızıntılı borulardan geçerek, yeraltına sızdı. 1945 yılında ordu bölgeyi terk ettiğinde askerler çevre kirliliğine maruz kalmış binaları yıktılar, ama rengi hafifçe kırmızıya dönmüş toprağı ve fabrika sahasını olduğu gibi bıraktılar. Fabrika alanı onlarca yıl boyunca terkedilmiş durumda, öylece durdu. 1980 yılında ABD Kongresi "Süperfon" yasasını kabul etti, bu yasaya göre ülke içinde zehirli atıklarla kirlenen birçok sahanın temizlenmesi gerekiyordu. Weldon Spring, bu listede yer alan, yüksek öncelikli sahalardan biriydi. Ordu istihkam bölüğü bölgeyi temizlemekle görevlendirildi; ancak işçilerin tespitleri, istihkâm bölümünde görevli mühendisleri çok şaşırttı. Fabrikayı çevreleyen toprak tabakasının ve bitkilerin, nitro-aromatik maddelerle dolu olduğunu tahmin ediyorlardı; ama kirlilik kaynağı tek ve bir yerde olduğu için, fabrikadan kilometrelerce uzaktaki kuyular ve kasabalarda bile zehirli maddelerin mevcut olabileceğini hiç kimse öngörmemişti. Jeologlar daha sonraki araştırmalarında Tri Nitro Toluen(TNT) fabrikasının altındaki yeraltı sularının büyük ölçüde kirlendiği sonucuna vardılar. Kireç tabakasındaki çatlaklar yüzünden kirlenen sular, 35 yıl içinde akiferin diğer bölümlerine de sızmıştı. Kötü planlamanın, kirlenmeye duyarlı jeolojik yapılarla bir araya gelmesi yüzünden Weldon Spring'in hikâyesi, istisnai bir durum gibi gözükebilir. Ancak, Weldon Spring istisna olmaktan çok uzaktır. ABD'nin her yerinde, Avrupa, Asya ve Latin Amerika'nın kimi bölgelerinde, insan faaliyetleri yüzünden her an çevreyi kirleten yüzlerce madde akiferlere sızmakta ve yeraltı sularını kirletmektedir. Bu durum, doğal olarak bütünüyle yeni bir olgu değildir. Yeraltı, ister ölümler, ister çöpler, ister lağım suları için olsun, daima atık

maddelerin biriktiği bir çöp tenekesi işlevi görmüştür. Ama yirminci yüzyıldan önce bu uygulamalar, yeraltı sularına genellikle ciddi bir zarar vermemiştir. Kullanılan malzemelerin hacmi arttıkça, bilim adamları yüzyıllar önce var olmayan binlerce kimyasal keşfettikçe, durum değişmeye başlamıştır. Yeni maddelerin çoğu, çevrede daha uzun bir süre var olmakla kalmazlar, aynı zamanda daha önce üretilen benzerlerine göre daha da zehirlidirler. Günümüzde kullanılan tarım ilaçlarının çoğu, 1975 yılında satılanlardan 10 ilâ 100 kat daha güçlüdür. (6).

## **2.3.2. Hidrojeoloji ile İlgili Kavramlar**

### **2.3.2.1.Yeraltı Suyu**

Yeraltı suyu: doygun bölgede bulunan durgun ve hareketli sular olarak bilinmekle birlikte, geniş yayılıma sahip doğal gözenekli, kırık-çatlaklı, karstik ortamlar olan litolojik formasyonlardaki birbirleriyle bağlantılı boşlukları dolduran genellikle meteorik kökenli su olarak tanımlanabilir. Yeraltı suyunun hangi miktarda bulunabileceği iklimsel, hidrolojik, jeolojik, topoğrafik, vb. dinamik bir sistem oluşturan etkenlere bağlıdır. Bu dinamik sistemin davranışı ile ilgili kestirimler yapmak, bir akışkan olarak suyun bu tür ortamlardaki hareketi ile ilgili fizik yasalarının anlaşılmasını gerektirir.

Yeraltı suları en büyük tatlı su depolarıdır. Dünyada içme suyu, kullanma ve sulama amacı ile kullanılan tatlı su kaynakları olan göller, nehirler ve baraj göllerinden çok daha fazla miktarda su ihtiva etmektedir. Yeraltı suyu rezervuarları yağışlar, akarsular ve göller gibi yerüstü kaynakları ile beslenir. Ayrıca yeraltı suyu suni olarak beslendiği gibi, fazla sulama suyundan, kanallardaki sızmalarla veya yeraltı suyu rezervuarlarını beslemek maksadı ile çeşitli yollardan verilen sular vasıtasıyla da beslenebilir. Su yeraltında, doymamış sahada gravite etkisiyle aşağıya doğru hareket ederken doymuş alana eriştikten sonraki hareket doğrultusu çevredeki hidrojeolojik şartların etkisiyle gerçekleşir. Yeraltı sularının akışı yerüstü sularından farklı olup, piyezometrik yüzeyin eğimi doğrultusunda meydana gelmektedir. Kalker galerileri dışında yeraltı sularının akış hızı oldukça düşük olup, yeraltı suyu sabit bir şekilde hareket etmektedir. Büyük bir çoğunluğu doğal geçirgen ortamlardan oluşan akiferlerde hidrolojik prensiplere göre oluşan yeraltı suyu akımının bir yerden diğerine ulaşması geçtiği ortamın permeabilitesine bağlı olarak uzun zaman alabilmektedir.

### 2.3.2.2 Yeraltı Suyu Mühendisinin Görevi

Yaşamsal öneme sahip doğal kaynakların başında gelen yeraltı suyunun bugün için olduğu kadar, gelecek kuşakların da ihtiyaçları dikkate alınarak yönetimi Hidrojeologların temel hedefini oluşturur. Bu amaçla, Hidrojeologların bu hedef doğrultusunda yeraltı suyunun bulunması, geliştirilmesi, işletilmesi ve korunmasına yönelik çalışmaların “sürdürülebilir kaynak yönetimi” anlayışına uygun bir şekilde gerçekleştirilmesinden sorumludur. Görüldüğü gibi, Hidrojeoloji veya Yeraltı suyu Hidrolojisi, genellikle ülkemizde anlaşıldığı ve uygulandığı gibi ‘yeraltında su bulmak’ ile sınırlı değildir. Bu tür bir yaklaşım, suyu “doğal bir kaynak”tan çok, “tüketilecek bir ürün” olarak gören/değerlendiren hatalı ve zararlı bir anlayışın sonucudur.

Bu anlayış, suyun yerkürede sonsuz bir çevrim içinde olmasını suyun tükenmez, sonsuz bir kaynak olmakla eşdeğer görür. Bu anlayış çerçevesinde tanımlanan hidrojeoloji problemleri, suyun sonlu ve kırılğan, dolayısıyla yönetilmesi gereken doğal bir kaynak olarak gören anlayışın tanımladığı problemlerden temelde ayrılırlar. Hidrojeologlar doğru cevapları bulabilmek için doğru soruları sormak zorundadır. Bu bağlamda, yeraltı suyu kaynaklarının bulunuşundan korunmasına kadar her aşamayı temsil eden bir hidrojeoloji problemini doğru bir şekilde tanımlamalıdır. Herhangi bir yeraltı suyu kaynağına ilişkin bir hidrojeoloji incelemesi, söz konusu aşamaların gerçekleştirilmesi ölçüsünde yetkinleşir. Hidrojeoloji ile ilgili bir problemin çözümüne ilişkin çalışmalar, hidrojeolojik yapının (akifer sisteminin) ortaya konulmasını izleyen aşamada yeraltı suyu sisteminin aşağıda verilen soruları yanıtlamak üzere tanımlanmasını gerektirir:

- Yeraltı suyu erişebilir durumda mı?
- Yeraltı suyu işletmeye uygun mu?
- Yeraltı suyu potansiyeli nedir?
- Yeraltı suyu kullanıma uygun mu?
- Yeraltı suyu nasıl korunabilir?

Bu sorulara verilecek yanıtlar, yeraltı suyu kaynakları potansiyelinin aynı zamanda uygun bir yönetimini sağlayacak bilgilerin de ortaya konmasına yardımcı olacağından büyük önem taşımaktadır.

### 2.3.2.3. Hidrojeolojik Birimler

Yukarıda sorulan sorulara doğru cevap verebilmek için sırasıyla yeraltı suyunun varlığını ve var olan bu yeraltı suyunun miktarını, sınırlarını ve hidrojeolojik karakteristiklerini doğru tanımlamak gerekmektedir. Bu amaçla sırasıyla yeraltı suyunun bulunduğu jeolojik ortamları tanımlayarak sorularımızı cevaplayabiliriz.

**Akifer:** Gözenekli olmaları nedeniyle su taşıyabilen ve taşıdığı suyun önemli bir kısmını kuyu, galeri gibi yapılarla alınabilecek şekilde iletebilecek düzeyde hidrolik iletkenliğe sahip olan geçirimli jeolojik birimler olarak adlandırılırlar. Akifer latince kökenli su (aqua) ve taşımak anlamına gelen sözcükten (ferous) türemiştir. Çakıl, kum, çakıltaşı, kumtaşı gibi jeolojik malzemeler akifer özelliği gösterirler.

**Akitard:** Gözenekli olmaları nedeniyle su taşıyabilen ancak taşıdığı suyu çok düşük miktarda, gecikmeli olarak iletebilen yarıgeçirimli birimlerdir. Kil, siltli kum, ince kum gibi jeolojik malzemeler akitard özelliğinde olan birimlerdir.

**Akiklud:** Gözenekli olmaları nedeniyle su taşıyabilen ancak taşıdığı suyu verebilecek düzeyde bir hidrolik iletkenliğe sahip olmayan geçirimsiz birimlerdir. Kil, siltli kil, gibi jeolojik malzemeler akiklud özelliğindedir.

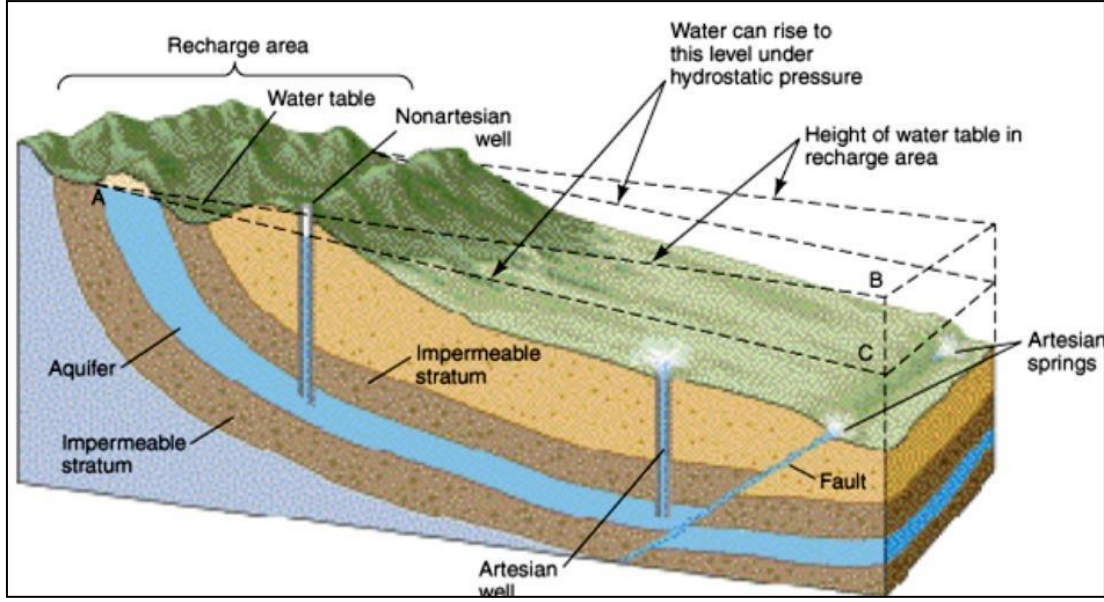
**Akifüj:** Gözenekli olmayan, bu nedenle su taşımayan ve olmayan suyu iletemeyeceği için su iletemeyen birimlerdir. Kırık-çatlak gibi ikincil gözenekliliğe sahip olmayan granit, masif mermer gibi magmatik ve metamorfik birimler akifüj özelliği gösterirler.

Tanımlardan anlaşılacağı üzere geçirimli olan her birim gözenekli iken (akifer, akitard), gözenekli olan her birim geçirimli olmak zorunda değildir (akiklud) (7).

### 2.3.2.4 Akifer Türleri

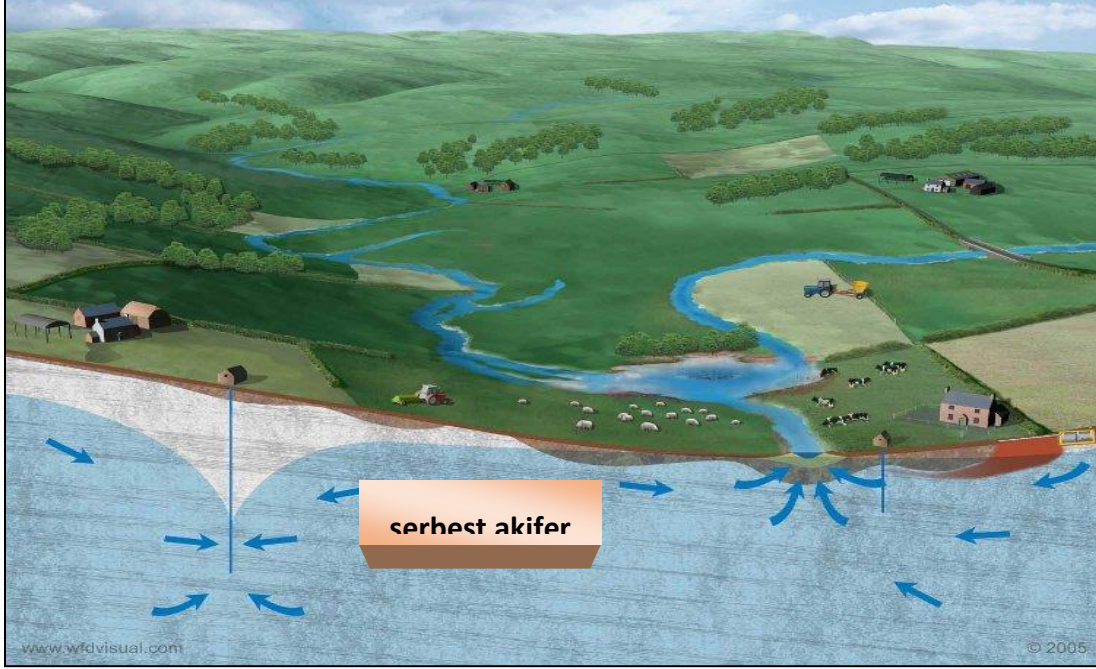
Hidrojeolojik birimlerden başlıcası olan akiferler, sahip oldukları hidrolik koşullara göre iki ana sınıfta toplanabilirler. Akifer özelliğine sahip gözenekli ortamda su tablasının bulunup bulunmamasına bağlı olarak akiferler serbest ve basınçlı akifer olarak adlandırılırlar. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi basınçlı akifer, alttan ve üstten geçirimsiz birimlerle sınırlandırılmış durumdadır. Bu tür bir akiferi kesen kuyuda su, akifer tavanını oluşturan geçirimsiz birimin üzerindeki bir seviyeye yükselir. Yeryüzeyinin şekline göre (topoğrafya) akifer tavanının üzerine yükselen su seviyesi yeryüzeyine ulaşabilir veya ulaşamaz. Kuyudaki su yeryüzeyine çıkacak şekilde yükselirse kuyuya, akan kuyu veya artezden kuyu, akifer tavanının üzerinde ancak yeryüzeyinin

altında kalırsa yarı artezyen kuyu denir. Basınçlı akiferler, gözenekli ortamın yeryüzüne açıldığı, jeolojik terminolojiyle, yüzeyletiği alandan beslenirler. Bu alanlar yüksek kotlarda bulunurlar. Bu alanlardan gelen su daha alçak kotlarda iki geçirimsiz birim arasında sıkıştığından, basınçlı akiferde bulunan suyun basıncı atmosferik basınçtan daha büyüktür. Bu nedenle bu tür akiferler “basınçlı” olarak nitelendirilirler.



Şekil 2.6 Basınçlı Akifer

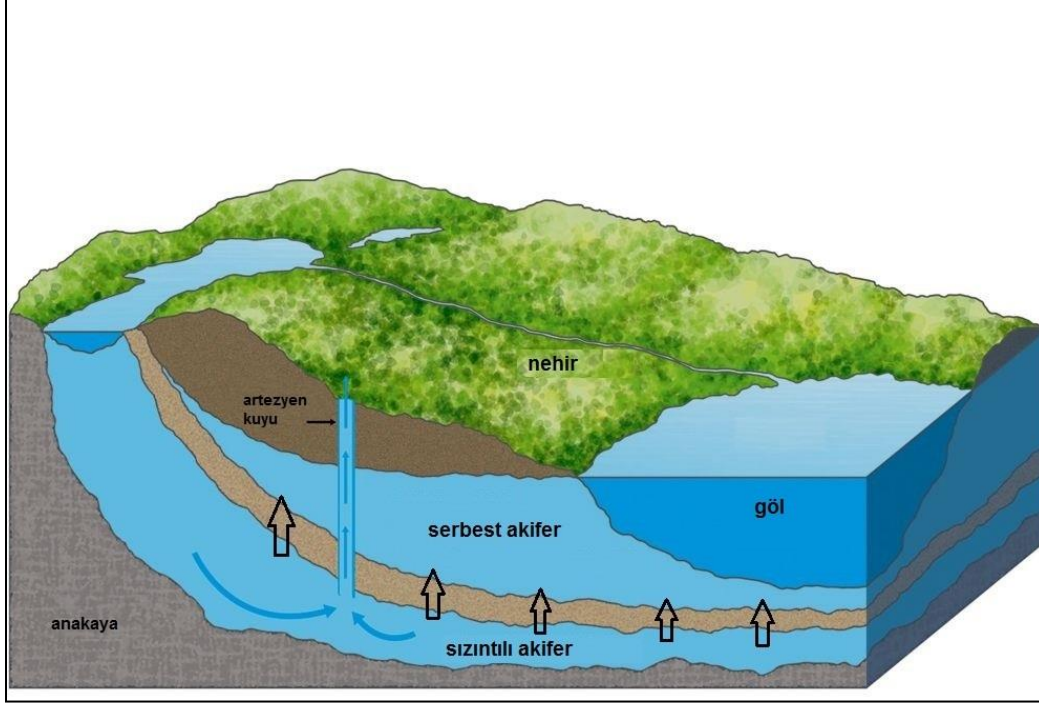
Serbest akiferler, tabanında geçirimsiz bir birim bulunan üstten herhangi bir geçirimsiz birimle sınırlanmayan gözenekli ortamı ifade eder. Serbest akiferlerde üst sınır, yeraltı suyunun düzeyini gösteren yeraltı suyu tablasıdır. Üstten herhangi bir geçirimsiz birimin bulunmaması nedeniyle, su tablasındaki basınç atmosferik basınca eşittir. Serbest akiferler, basınçlı akiferlerden farklı olarak uzaklardan değil, doğrudan doğruya üzerlerindeki yüzeyde yer alan sulardan ve yağışlardan beslenirler (Şekil 2.7).



**Şekil 2.7 Serbest Akifer**

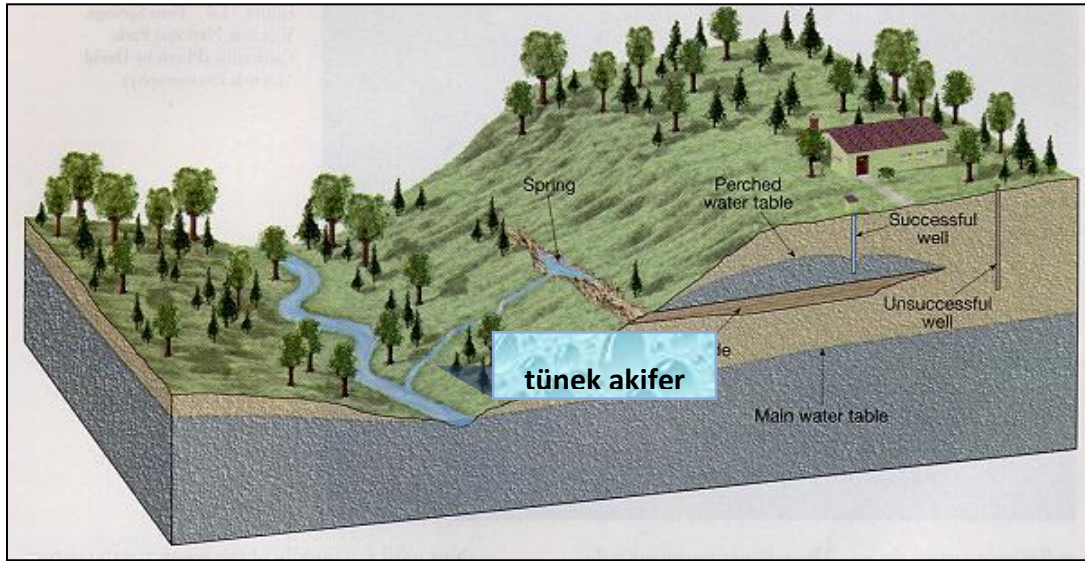
Doğada serbest veya basınçlı akiferlerin oluşmasını sağlayan ve akiferleri üstten ve alttan sınırlayan birimler her zaman geçirimsiz olmayabilir. Akitard türü, yarı geçirimli malzemelerden oluşan birimlerin akiferleri sınırladığı durumlarda, akiferler alttan veya üstten belirli oranlarda su kaybederler veya kazanırlar.

Bu tür akiferler sızıntılı akiferler olarak adlandırılırlar. Akiferin su kazanması veya kaybetmesi, yarı geçirimli katmanın üzerinde etkili olan piyezometrik düzey ile su tablasının sahip oldukları yüke bağlıdır. Yarı geçirimli bir birim üzerinde bulunan serbest akifer yarı serbest akifer, üstten ve alttan yarıgeçirimli bir birimle sınırlanmış olan basınçlı bir akifer de yarı basınçlı akifer olarak adlandırılır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Yarı Basınçlı Akifer

Yukarıda tanımlanan akifer türleri dışında doğada doymun olmayan (vadoz) bölgede yerel ölçeklerde bulunan geçirimsiz malzemeler üzerinde toplanan suların oluşturduğu küçük çapta, yerel öneme sahip suya doymun kesimlere rastlanabilir. Asıl yeraltı suyu bölgesinin üzerinde rastlanan ve yerel akiferler oluşturan bu tür doymun kesimler tünük akiferler olarak adlandırılırlar (Şekil 2.9). (7)

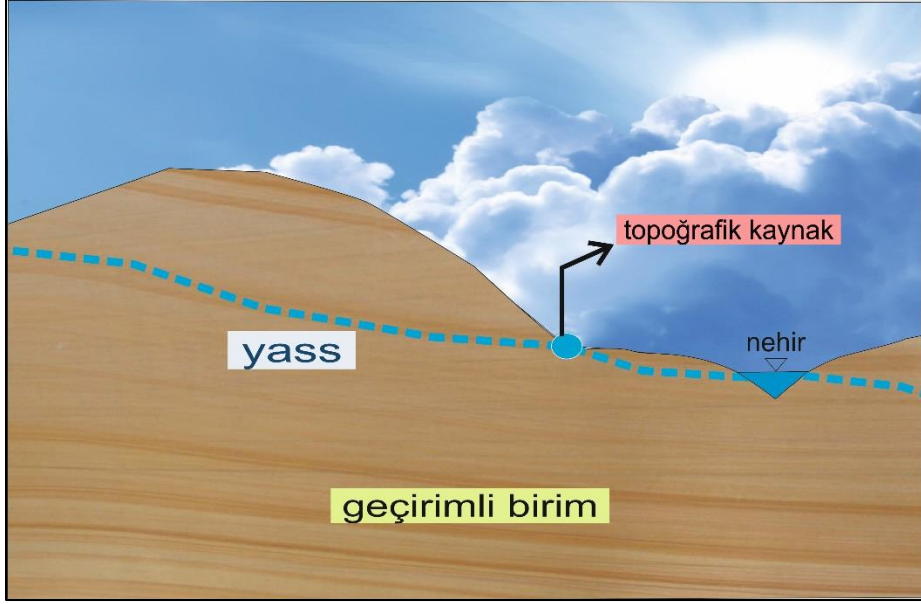


Şekil 2.9 Tünük Akifer

### 2.3.2.5. Kaynaklar

Yeraltı suyunun kendiliğinden yeryüzüne çıktığı yerlere kaynak denir. Ülkemizde kaynaklara pınar, eşme, bulak, göze, memba gibi isimler verilir. Kaynakların oluştuğu yerlere ve çıkış özelliklerine göre birçok çeşidi vardır. Başlıca kaynak türleri aşağıda sıralanmaktadır.

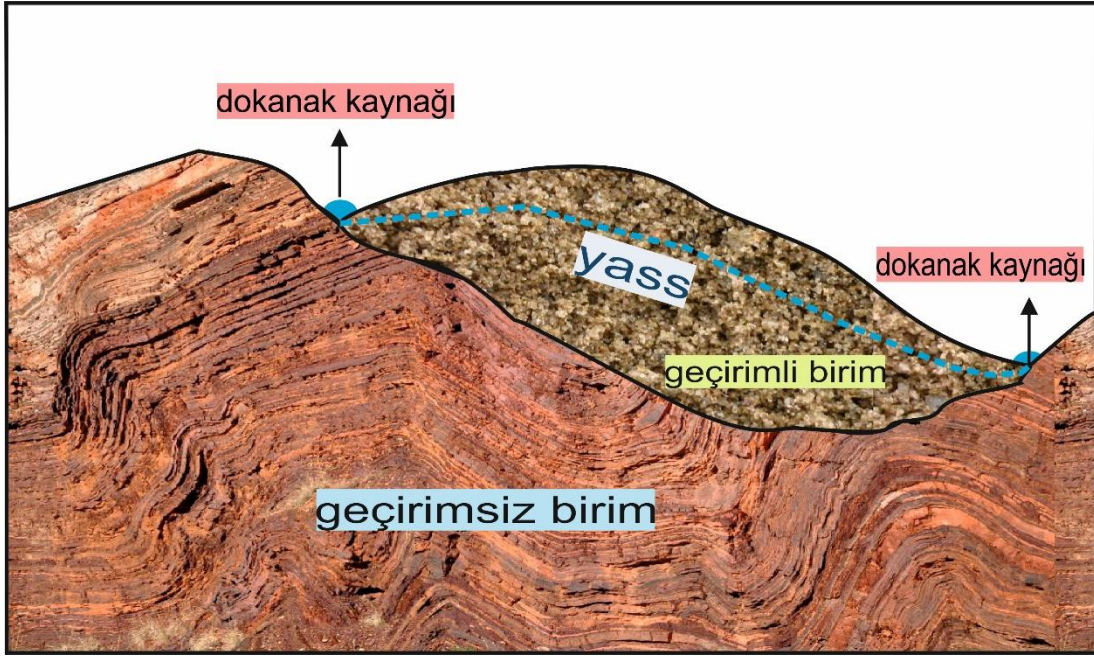
Topoğrafik Kaynak: Yeraltı suyunun yüzey topoğrafyasını kestiği noktalarda oluşan kaynaklardır. Genellikle vadi yamaçlarında görülür (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Topoğrafik Kaynak

Dokanak Kaynağı: Geçirimli bir birim ile geçirimsiz bir birimin yer yüzeyinde kesiştiği yerlerde (dokanak) oluşan kaynaklardır (Şekil 2.11).

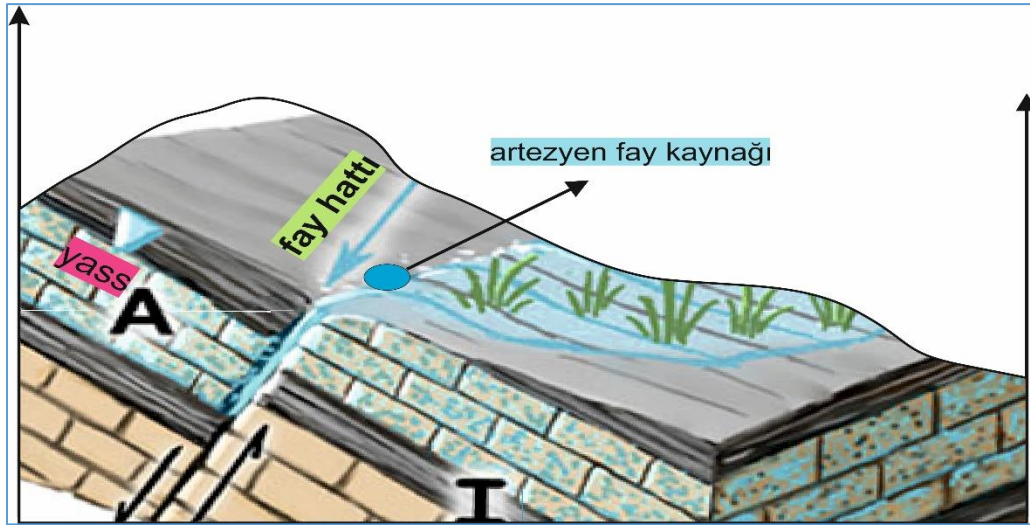




Şekil 2.11 Dokanak Kaynağı

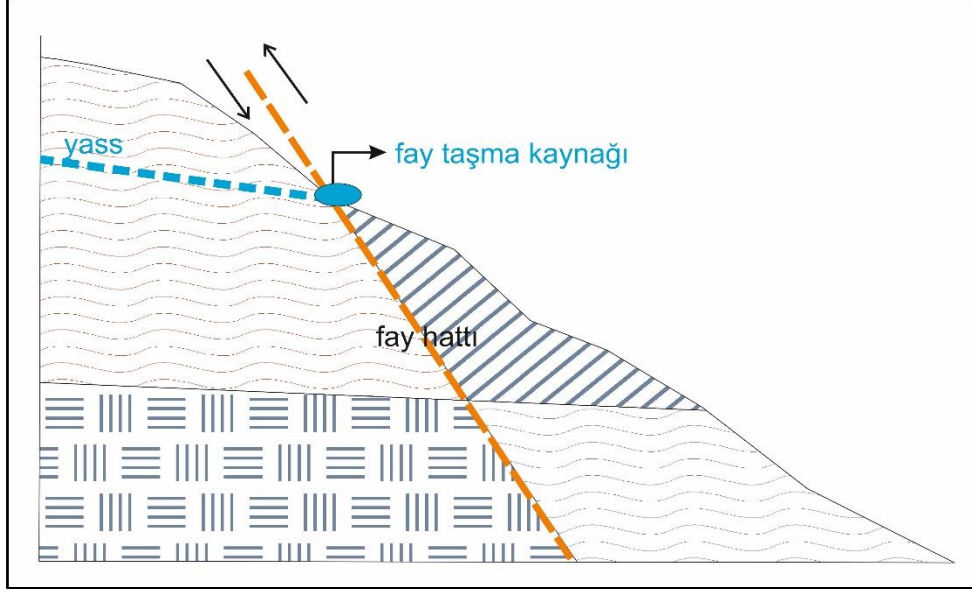
Fay Kaynakları: Yüzeye bir fay kırığı kanalıyla çıkan kaynaklardır.

- a) Artezyen Kaynak: Basıncı bir akiferde bir kırık kanalıyla yüzeye çıkan kaynaklara artezyen kaynak denir (Şekil 2.12).



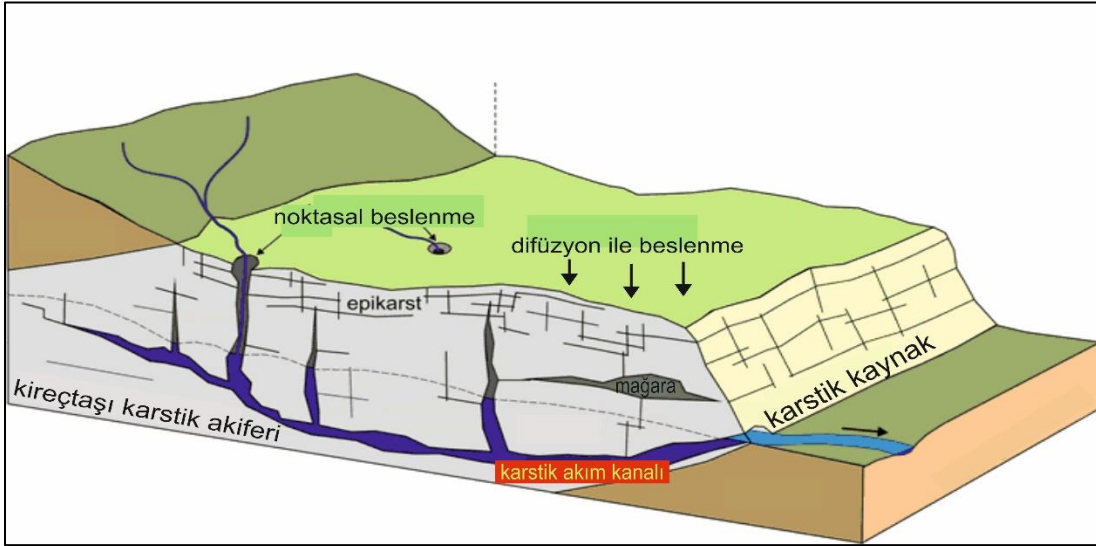
Şekil 2.12 Artezyen Fay Kaynağı

- b) Taşma Kaynağı: Fay kaynağının gerisinde depolanmış su haznesi bulunur. Bu tür kaynaklar boşalım şekli nedeniyle taşma kaynağı adını alır (Şekil 2.13).

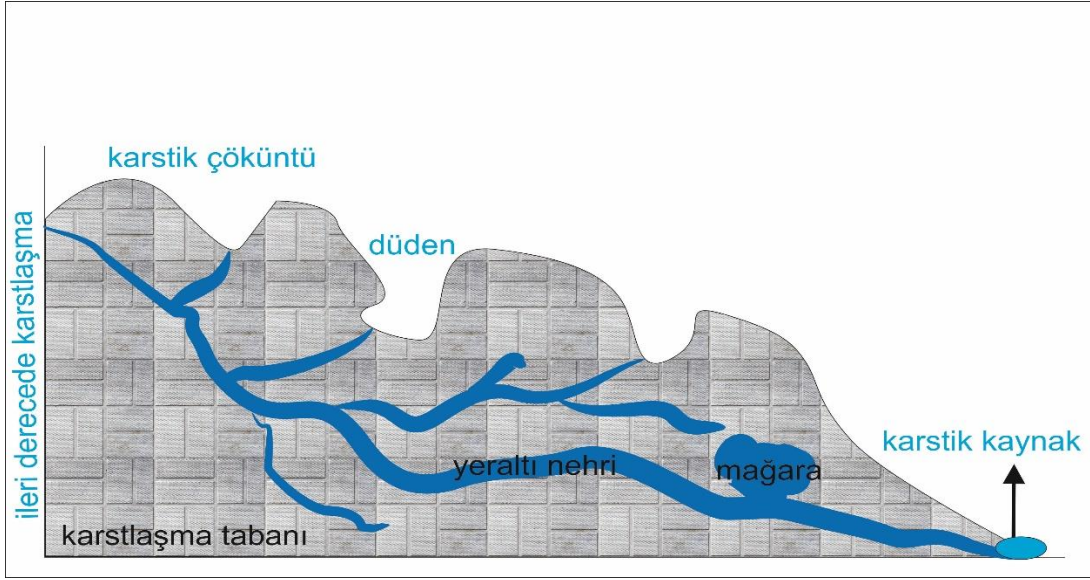


Şekil 2.13 Taşma Kaynağı

Karstik Kaynaklar: Karstik boşluklarda yeraltı suyu nehirleri vasıtasıyla ilerleyen yeraltı suyunun çıkış yaptığı yerlerde oluşur (Şekil 2.14). En önemli özellikleri beslenme ve dolaşımın yaygın olması ve bu nedenle de genel bir yeraltı suyu tablasının bu tür akiferlerde oluşmamasıdır (Şekil 2.15).



Şekil 2.14 Karstik Kaynak



**Şekil 2.15** Karstik Akış

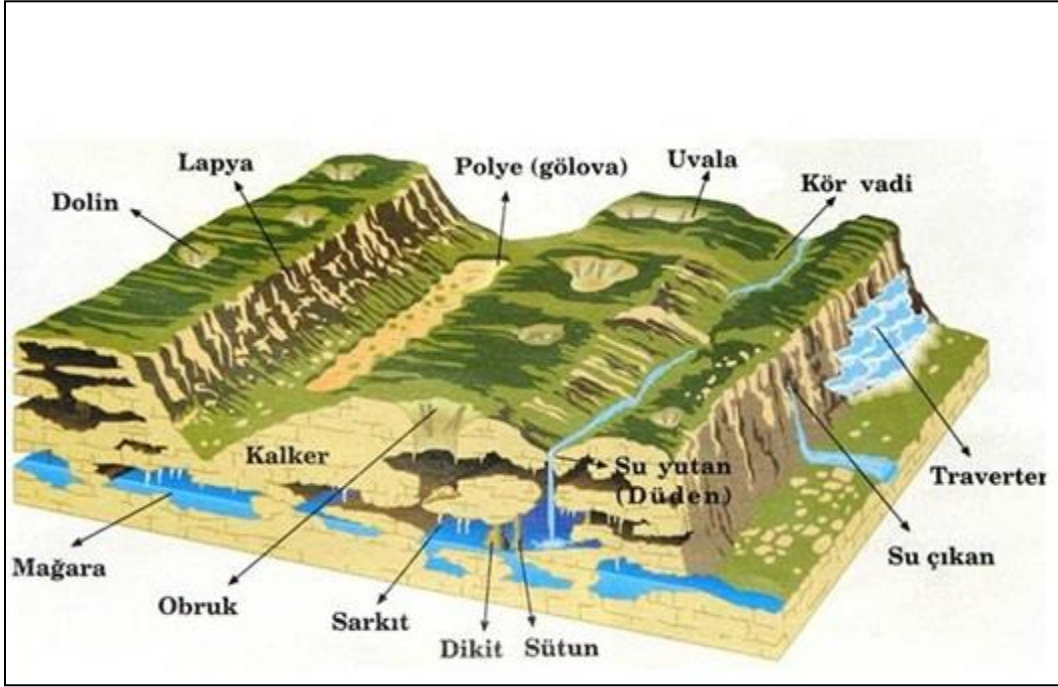
Kaynakların oluşum şekilleri, akiferin geliştirme ve işletme yöntemlerini belirleyen önemli bir faktördür. Örneğin fay hattı ile oluşan taşma kaynaklarında fayın gerisinde depolanan ve statik rezerv olarak adlandırılan su potansiyelinin kuyularla geliştirilmesi olanaklı iken dokanak kaynaklarında kuyu ile geliştirme mümkün değildir. Karstik kaynaklarda kuyu ile geliştirme özel hidrojeolojik araştırmalar gerektirir. Çünkü yeraltı suyu akımı yerel olup kanallar vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Kuyularla bu kanallara ulaşmak için genel hidrojeolojik yöntemler yeterli olmadığı için özel tekniklere başvurulur(8).

### 2.3.2.6 Karst Hidrojeolojisi

Karst, doğal suların etkisiyle yüksek oranlarda çözünebilir ve iyi gelişmiş ikincil poroziteye sahip kayaların bulunduğu alanların tanımlanması için kullanılan bir terimdir. Bu tür alanlar kendilerine özgü hidrojeolojik ve jeomorfolojik özelliklere sahiptirler.

"Karst" terimi Yugoslavya'nın batısında, karbonat kayalarıyla kaplı bir bölgenin morfolojisi için kullanılan ve "kayalık, eğri-büğü, çıplak arazi" anlamlarına gelen "Krs" sözcüğünden türetilmiştir. Kireçtaşı, dolomit, jips, halit ve diğer çözünebilir kayalarla kaplı alanlar, uzun jeolojik zamanlar boyunca, çözünme ve çeşitli jeolojik süreçlerin etkisiyle karstlaşmanın görülebildiği alanları oluştururlar. Karstik alanlarda gözlenen morfolojik şekillerden en yaygın

olanları karren, dolin, düden, gölova, mağara, alıcı-verici düden, geçici kaynak, denizaltı kaynağı, kuru vadiler, yeraltı nehirleri ve buna benzer yapılardır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Karstik Oluşumlar

Karst teriminin, bir cümle ile tam olarak tanımlanması oldukça zordur. Çünkü karst çözünebilir kayaçların çeşitli jeolojik, iklimsel, fiziksel ve kimyasal süreçlerin ortak etkileri sonucunda oluşmaktadır. Bu nedenle de çeşitli araştırmacılar karstı, bu süreçlerden birini ön plana alarak farklı tanımlamışlardır.

Karstlaşma aşağıdaki ön koşulları gerektirir:

1. Karstlaşmanın gelişebileceği uygun jeolojik ortamın bulunması,
2. Tektonik hareketler yüzeyde bozunma ve erozyon süreçlerinin görülmesi,
3. Çözücü ajan olan suyun bulunması,

Görüldüğü gibi karst, çözünebilir kayaçların oluşturduğu bir jeoloji ortamında gelişmekte olup, karstlaşma, jeoloji bilimlerinin alt dallarının incelediği süreçlerin (ekzodinamik, endodinamik, çözünme-erozyon) etkisiyle başlamaktadır. Dolayısıyla, karst jeolojik süreçlerin bir ürünü olup karstlaşma jeolojik bir olgudur.

Suyun yüzeydeki ve yeraltındaki dolaşımı, akiferin oluşumunu denetleyen koşullar, akiferin geometrisi, beslenme ve boşalım özellikleri de kapalı gölovaların beslenme+boşalımları

ve buna benzer birçok karstik yapının oluşumu gibi hidrojeolojik ve jeomorfolojik olgulardır. Doğal olarak, bu olguların tümü bölgenin jeolojik yapısıyla yakından ilgilidir. Karstın oldukça karmaşık yapısı, araştırmalarda çeşitli bilimsel disiplin ve tekniklerin bir araya gelmesini gerektirmektedir. Karst araştırmalarında konuyla doğrudan ilgili disiplinlerden bazıları jeoloji, jeofizik, hidroloji, hidrojeoloji, jeomorfoloji, mağaracılık, ekoloji, istatistik, matematiktir.

Karst kaynaklarının geliştirilmesi projelerinin, yukarıda sözü edilen disiplinlerden araştırmacıların bir araya geldiği bir grup tarafından gerçekleştirilmesi, çalışmaların başarısı için zorunludur.

#### **2.3.2.6.1. Dünyada ve Türkiye'de Karstik Alanların Yayılımı**

Karstik alanlar, kabaca, dünyanın kara bölgelerinin (buzullar dışında) %12'sini kaplamaktadır. Karbonat kayaçları kuzey yarımkürede daha yaygın olarak bulunmaktadır. Dünya nüfusunun bir kısmı karbonat kayaçlarının kapladığı önemli alanlarda yaşamaktadır. Dünya nüfusunun %25'inin ise su ihtiyacının büyük oranda karst sularından karşılandığı tahmin edilmektedir.

Akdeniz havzasında yer alan ülkelerde ileri derecede gelişmiş karst yoğun olarak gözlenir. Öte yandan Güney Amerika ve İskandinavya ülkelerinde karst ancak yerel öneme sahiptir. Avrupa kıtasında bulunan önemli karst alanları Yugoslavya (Dinar dağ kuşağı), Yunanistan (Helen dağ kuşağı), Türkiye (Toros dağ kuşağı), İtalya (Apenin dağ kuşağı), İspanya (Pirene dağ kuşağı) ve Alpelerde, Karpatlarda, Balkanlarda yer almaktadır. Bunun yanında, İsrail, Tunus ve Libya'da da karst oluşumları görülmektedir. Asya kıtasında Rusya ve özellikle Çin, karstın ileri derecede gelişmiş olduğu iki ülke durumundadır. Amerika kıtasında, Birleşik devletler ve Meksika körfezi bölgesinde yaygın karst bulunmaktadır. Okyanusya'da Yeni Zelanda ve Avustralya'da karst geniş alanlar kaplar.

Türkiye yüzölçümünün yaklaşık üçte biri karbonat kayaçları ile kaplıdır. Karstik kayaçlar karbonat kayaçlarıdır. Güneyde Toros karst kuşağı, Güneydoğu'da Güneydoğu Anadolu Karst kuşağı, Marmara ve Trakya'da Kuzeybatı Anadolu Karst Kuşağı ve iç Anadolu'da ise Konya Kapalı Havzası Karst Kuşağı bulunmaktadır.

### 2.3.2.6.2 Karstlaşabilen Kayaçlar

Genel fizik yasaları ve hidroloji ilkeleri, kum gibi granüler malzemelere uygulanabildiği gibi karbonat kayaçlarına da uygulanabilir. Ancak karstlaşmış karbonat kayaçları kendilerine özgü hidrolojik özellikler sunarlar. Karstlaşmış kayaçların tümünü karakterize edecek ortalama bir hidrolojik özellik bulmak mümkün değildir. Çünkü, karstik alanlarda, ince toprak örtüsü bulunan çıplak bölgeler olabildiği gibi kalın toprak örtüsü ile kaplı bölgeler de bulunmaktadır. Yüksek geçirimsizliğe sahip kayaçlar yaygın olduğu gibi çok zayıf geçirimsizliğe sahip kayaçlarda mevcuttur. Topoğrafya çok sarp veya çok yumuşak olabilmektedir. Kısaca, anizotropi ve heterojenlik oldukça yüksek değerdedir. Karstik alanlarda gözlenen temel hidrojeolojik özelliklerden bazıları aşağıda verilmiştir:

- Yağış yüzeyde çok kısa bir süre durur, hızla yeraltına süzülür. Bu nedenle karst alanlarında sürekli akarsu pek gözlenmez.
- Yüzey sularının çoğu mevsimseldir.
- Akarsular ve karst kaynaklarının akış rejimleri çok düzensizdir. En küçük ve en büyük akımlar arasında fark büyüktür.
- Karst polyeleri mevsimsel olarak göllenir. Kurak dönemlerde suyun düdenler yoluyla kaybolmasıyla kuraklaşırlar.
- Yüzey sularından, akarsu boyunca yeraltına süzülme görülür.
- Akarsular, kısa mesafelerde farklı hidrolojik koşullar sunar; Kuru dere yatağı, kısa bir mesafeden sonra önemli miktarda su taşıyan bir dereye dönüşebilir veya bunun tersi görülebilir.

Karst alanlarında yaygın olarak gözlenen karstik yapılar karrenler, düdenler, kuru vadiler, şaftlar, mağaralar, polyeler, karst kaynakları, alıcı-verici düdenler (estavella), dolinler ve denizaltı kaynaklarıdır. Bunların yanında, karst ovaları (Korrozyon platoları), doğal kemerler (köprü), humlar, koni karst gibi yapılarda gözlenebilmektedir.

### 2.3.2.6.3 Karst Sularının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Karst sularının kalitesini çeşitli etkenler verir. Bunlardan en önemlileri;

1. Yeraltı suyunu besleyen atmosferik yağışın bileşimi,
2. Yeraltı suyunu besleyen kaynaklardan meydana gelen buharlaşma kayıpları,

3. Yeraltı suyunu besleyen kaynakların ve yeraltı suyunun karbonat kayaçlarına göre doygunluk durumu ve asitliği,
4. Ortamda çözünebilen kayaçların (karbonat kayacı, jips, halit, vb.)varlığı,
5. Bu kayaçların çözünme oranı ve yeraltı suyu ile temasta olduğu süre,
6. Yeraltı suyunun tatlı su beslenmesi veya farklı özellikteki su ile karışımı denetleyen hidrolojik süreçler,
7. İnsan kaynaklı kirlenmeler.

Karst sularının kalitesini belirleyen en önemli parametreler; sıcaklık, pH, çözünmüş katı madde, kısmi karbondioksit basıncı, çözünmüş oksijen, majör iyonlar, sertlik, azot türevi kirleticiler, fosfat, deterjan, mikroorganizmalardır. Bu parametrelerin önemi suyun kullanılabilirliğini etkilemelerinden ileri gelmektedir.

#### 2.3.2.7. Gözeneklilik ve Gözenekli Ortamlar

En genel anlamda içinde boşluklar bulunduran bütün katılar gözenekli bir ortam oluştururlar. Bununla birlikte, örneğin içi boş bir kutu veya kazan gözenekli bir ortam olarak tanımlanamaz. Buna göre, birbirleriyle çeşitli oranlarda bağlantıları olan, katı madde içerisinde düzenli veya düzensiz bir dağılım gösteren boşlukları olan katılar gözenekli ortam olarak tanımlanırlar. Bu şekildeki bir tanıma, doğal veya yapay maddelerin büyük bir bölümünün uyabileceği görülmektedir. Buna göre bir parça sünger, kumaş parçası, bir kova kum, bir tutam pamuk veya bir parça ekmek gözenekli ortamlara örnek oluşturur. Birbirleri ile bağlantılı olan gözenek boşlukları *etkin*, bağlantılı veya değil tüm boşluklara da *toplam boşluk* adı verilir(7).

$$n = 100 \times \frac{V_b}{V_t}$$

n = gözeneklilik

$V_b$  = kayacın içerisindeki boşluk hacmi

$V_t$  = kayacın toplam hacmi

Büyüklikleri göz önüne alındığında boşluklar moleküler ölçekte olabildiği gibi, kilometrelerce büyüklükteki mağaralar ölçeğinde de görülebilmektedir. Boşluk boyutları küçüldükçe buradaki katı ile akışkan arasında moleküler kuvvetler daha önemli hale gelir. Mağaralar gibi büyük boşluklarda ise akışkan hareketi boşlukların iç yüzeyinden kısmen etkilenir. Gözenekli ortamlarda boşluklar düzenli veya dağınık olabilirler. Doğal gözenekli

ortamların büyük bir kısmı düzensiz, dağınık bir boşluk yapısı gösterirler. Yeraltı suyu taşıyan gözenekli ortamlar üç kısımlı sistemler olarak tanımlanabilirler.

- Katı kısım (litoloji-iskelet)
- Sıvı kısım (su)
- Gaz kısım (hava)

Katı kısım kireçtaşı, granit veya bazalt gibi pekişmiş kayalardan oluşabildiği gibi, kumtaşı veya şeyl gibi yarı pekişmemiş malzemelerden de oluşabilir. Boşluk türü ve şekli katı malzemenin türüne bağlı olarak gelişebilmektedir. Hidrojeoloji açısından gözenekli ortamları oluşturan bu litolojik birimlerdir.

### **3.2.7.1. Gözeneklilik Türleri**

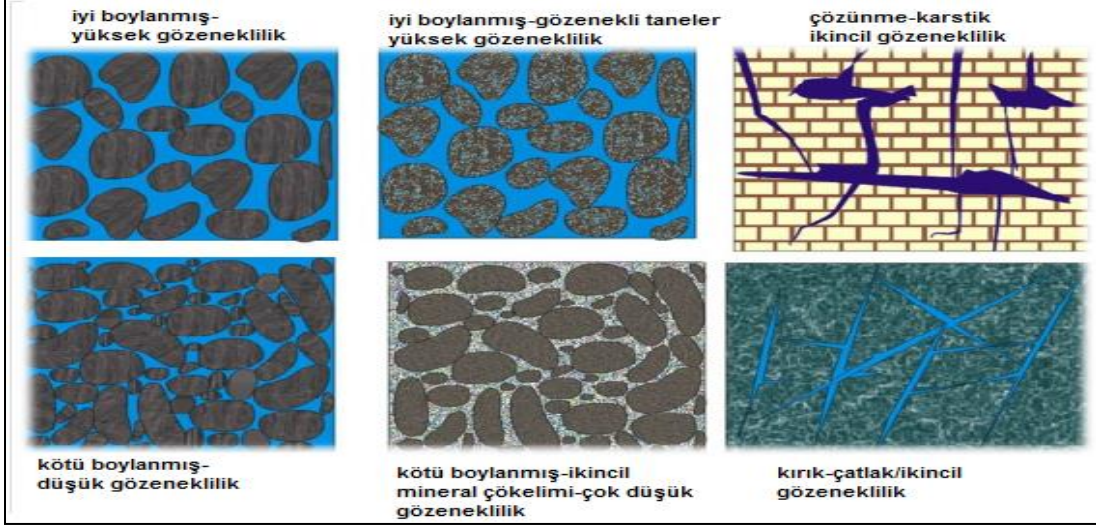
*Birincil Gözeneklilik:* Oluşum (çökme-kristallenme) sırasında oluşan gözenekliliktir. Buna tane boyu ve dağılımı etki eder.

*İkincil Gözeneklilik:* Oluşumdan sonra diyajenez sonrasında, özellikle tektonizma sonucunda kazanılan gözeneklilik türüdür. Kırık-çatlak ve/veya doğal suların etkisiyle kimyasal çözünme sonucunda kazanılan gözenekliliktir.

Sedimanter kayalar ve pekişmemiş çökeller genellikle yüksek gözenekliliğe sahiptirler. Magmatik ve metamorfik kayalar ise düşük birincil gözeneklilik ve bazen önemli sayılabilecek ikincil gözeneklilik kazanabilirler

Tanelerin yuvarlaklığı gözenekliliğe etki eden bir diğer faktördür. Yuvarlaklık arttıkça gözeneklilik küçülür. Sıkışma da gözenekliliği düşüren bir süreçtir. Litolojik birimler üzerlerine gelen örtü birimlerin altında sıkışarak boşluklarının bir kısmını kaybederler. Litolojik birimlerde gösterilen boşluk türleri Şekil 2.17'de gösterilmiştir.



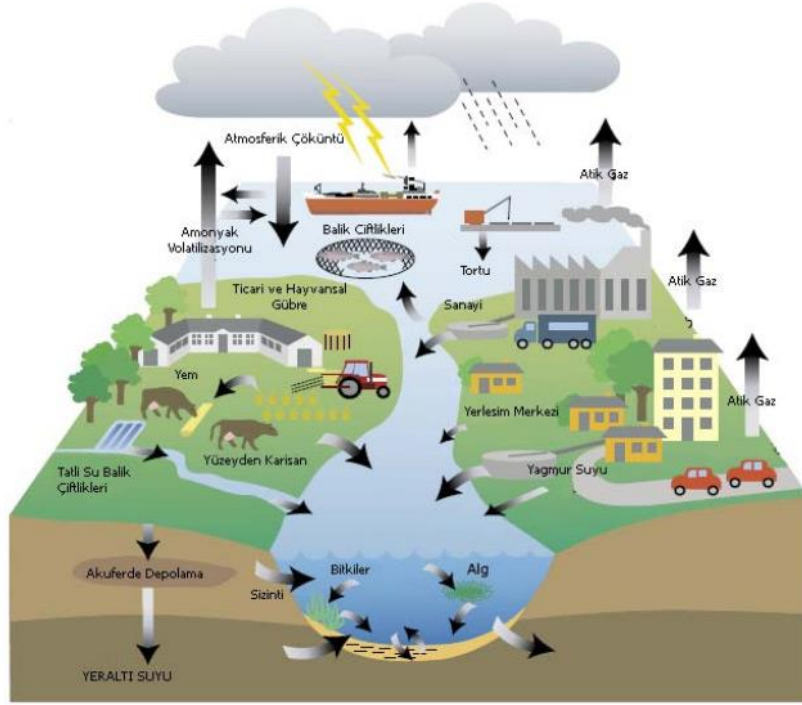


Şekil 2.17 Tanelerin Boylanma Durumu ile Kayaçlardaki Birincil ve İkincil Gözeneklilik

#### 2.4. Su Kirliliği

Su, doğal kaynaklar arasında en önemli unsurdur ve insan da dahil olmak üzere tüm canlıların hayatta kalması için olduğu gibi, gıda üretimi ve ekonomik kalkınma açısından da oldukça kritik bir kaynaktır. Bugün dünya çapında birçok şehir su kıtlığı ile karşı karşıyadır. Ayrıca, dünyaya arz edilen gıdanın yaklaşık yüzde 40'ı sulama gerektirmekte ve çok çeşitli endüstriyel süreçler de suya bağlıdır. Yani, çevrenin, ekonomik büyümenin ve gelişmelerin tamamı suyun bölgesel ve mevsimsel olarak bulunabilirliğinden ve yüzey ve yeraltı sularının kalitesinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Suyun kalitesi insan faaliyetlerinden etkilenmektedir ve kentleşme, nüfus artışı, endüstriyel üretim, iklim değişikliği ve diğer faktörlerin artması nedeniyle düşüş göstermektedir (9).

Yüzeysel sular üzerindeki kirlilik, noktasal ve yayılı kaynaklar olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. Noktasal kirlilik kaynakları, arıtma tesislerinin deşarjları, yağmur suyu şebekeleri ya da su yollarıyla doğrudan suya taşınan kirleticileri kapsar. Yayılı kirlilik kaynakları ise, doğrudan değil, dolaylı olarak suya ulaşan kirlilik kaynaklarını ifade eder. Tarım alanlarında kullanılan gübre kaynaklı azotlu bileşiklerin su kaynaklarına girişi, noktasal kirlilik kaynaklarına örnektir (Şekil 2.18).



**Şekil 2.18** Su kaynaklarını tehdit eden kirlilik kaynakları

Su kaynakları; deterjan, insektisit ve herbisit gibi maddeler, uçucu organik bileşikler gibi organik kimyasallar, gübreler, ağır metaller ve kimyasal atıklar gibi inorganik kimyasallar, radyoaktif atıklar, atmosferik çökme, patojenler, soğutma suyu deşarjlarından kaynaklanan sıcak sular ile kirlenmektedir. Tüm bu kirlilik kaynakları insanlarla birlikte, sucul bitki ve hayvanlar için de oldukça zararlıdır. Sudaki besin maddelerinin ve organik kirleticilerin artması, diğer sucul yaşamın hayatını tehlikeye sokan alg patlamasına neden olur. Diğer taraftan, balıklarda ve kabuklularda biriken ağır metaller, besin zinciri yoluyla bunları tüketen insanlara zarar verebilir. (10)

Avrupa sularının çoğunda bulunan bir dizi kirletici su ekosistemlerini tehdit etmekte ve halk sağlığı sorunlarına yol açabilmektedir. Su Çerçeve Direktifi gereğince su kirliliğini azaltmak, uygulanacak diğer birkaç direktif ve düzenlemeyi gerektirmektedir. Geçtiğimiz yıllarda noktasal kaynaklardan ileri gelen emisyonların azaltılmasında açık bir ilerleme kaydedilmiştir. Kentsel Atık Su Arıtma Direktifi'nin ulusal mevzuatlarla birlikte uygulanması, Avrupa kıtasının çoğunda atık su arıtımında iyileşmelere yol açmıştır. Tarımsal üretim, aşırı miktarda besin maddesi ve pestisit gibi kimyasalların kullanılmasının bir sonucu olarak yaygın bir kirlilik kaynağıdır. Diğer tarımsal kirleticiler ise kırsal, kentsel ve orman alanlarından yüzey akışıyla su kaynaklarına karışmaktadır. Üye Ülkeler tarafından şu anda çiftlik düzeyinde besin planlaması, uygun toprak

işleme, ürün rotasyonu ve gübre standartları uygulanması dahil olmak üzere çok sayıda önlem almaktadır. Diğer taraftan, Avrupa sularının tehlikeli maddelerle kirlenmesi birçok yasal tedbir alınmasına neden olan bir önemli çevresel kirlilik olarak raporlanmıştır (11).

## KAYNAKÇA

1. Balasubramanian, A. (2008). Ecosystem and its components. Erişim tarihi: 24.07.2018 ([https://www.researchgate.net/publication/314213426\\_ECOSYSTEM\\_AND\\_ITS\\_COMPONENTS](https://www.researchgate.net/publication/314213426_ECOSYSTEM_AND_ITS_COMPONENTS))
2. Team, Drafting. (2016). International Water Quality Guidelines for Ecosystems (IWQGES): Scientific Background and Technical Guides. United Nations Environmental Program.
3. Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems*. San Diego: Academic Press.
4. Marine ecosystem, 2018, Temmuz 26. <https://www.britannica.com/science/marine-ecosystem>
5. Understanding and managing the effects of groundwater pumping on streamflow, U.S. Geological Survey-USGS, 2013, <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs20133001> 1-5
6. Erguvanlı K., Yüzer E., “Yeraltı suları Jeolojisi”, İTÜ Maden Fakültesi Yayınları Yayın No: 23, Nisan 1987. 6-7
7. Ekmekçi, 2004 “Hidrojeoloji Ders Notları” 7-12, 16-22
8. Gültekin, 2015 “Yeraltı Suyu Miktarındaki Değişimin Yeraltı Sularına Etkileri Uzmanlık Tezi” Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara 13-16
9. JN Halder, MN Islam (2015). Water pollution and its impact on the human health, *Journal of environment and human* 2 (1), 36-46
10. Hümeýra Bahçeci, 2010, Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Tatlı Sularda Su Kalitesinin Biyolojik İzlenmesi – Büyük Menderes Havzası Örneęi Çevre ve Orman Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, sf.19-20
11. EEA 2018: European Waters Assessment of Status and Pressures. EEA Report No 7/2018. European Environment Agency, Luxembourg.

## Bölüm 3

# Su Kalitesi

**Tuğba Canan Oğuz, Esra Şiltu, Osman Özdemir, Serap Perçin, Tolga Çetin, Hümeyra Bahçeci, Nesibe Turan, Ersin Yıldırım, Nida Bakır, Serdar Koyun ve Mehmet Çakmakçı**

### 3.1 Fiziko-Kimyasal Parametreler

#### 3.1.1 pH

##### *Genel özellikler*

Suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür. Çözeltide bulunan H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonunu ifade etmektedir. pH değeri 7 olduğunda (25°C) nötr, pH < 7 ise asidik ve pH > 7 ise baziktir. Düşük pH suda acı metal bir tada ve korozyona sebep olurken, yüksek pH değerleri ise suda kaygan hisse, soda tadına ve tortulara neden olur.

İçme suyu olarak kullanılacak ham suda pH değeri 4 ve 9 arasında olması beklenmekle birlikte, karşılaşılan değerler daha çok 5,5 ve 8,6 arasındadır. Ham suda karbonat ve bikarbonatların varlığına bağlı olarak 7 den büyük değerler olması beklenir.

pH'nın insan sağlığı üzerinde direkt bir etkisi olmamakla birlikte, işletme açısından en önemli su kalite parametrelerinden biridir. pH'nın su kimyasındaki rolü korozyon, alkalinite, sertlik, klorlama, koagülasyon ve CO<sub>2</sub> dengesi ile bağlantılıdır.

#### 3.1.2 İletkenlik

##### *Genel özellikler*

İletkenlik, su kalitesi için gösterge bir parametre olup, suyun elektrik akımını iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. İletkenlik yaygın olarak kirlilik izlemede kullanılmaktadır. Doğal nehirlerin ve göllerin iletkenlikleri genellikle 10-1000 µS/cm seviyesinde olmaktadır. Bu seviyenin üzerindeki değerler ise kirlilik olduğunu gösterir.

Fenol, alkol ve şeker gibi organik bileşikler elektrik akımını iyi iletmediklerinden, suda bulduklarında düşük iletkenlikte dirler. Ancak, klor, nitrat, sülfat ve fosfat anyonları ya da sodyum magnezyum, kalsiyum, demir ve alüminyum katyonlar gibi inorganik çözülmüş katıların

varlığında suyun iletkenliği artmaktadır (1).

### **3.1.3 Sıcaklık**

#### ***Genel özellikler***

Su kaynakları; iklimsel koşullar, su kaynağının özellikleri gibi pek çok faktörün etkisiyle farklı sıcaklıklarda olabilir. Genel olarak, su sıcaklığının 16°C'den düşük olması tercih edilir (2).

Sıcaklık; suyun yoğunluğu, viskozitesi, yüzey gerilimi, çözünürlüğü gibi parametrelerin yanı sıra, kimyasal, biyokimyasal ve biyolojik aktiviteyi etkileyebilme potansiyeli olması sebebiyle su arıtma tasarımında oldukça önemli bir parametredir (3). Yüksek su sıcaklıkları mikroorganizma gelişimini ve tat, koku, renk ve korozyon problemlerini arttırabilmektedir (3).

### **3.1.4 Çözünmüş Oksijen**

#### ***Genel özellikler***

Sucul bitkilerden ve atmosferden gelen oksijenin sudaki miktarını gösterir. Tüm sucul canlılar, nefes almak için çözünmüş oksijene ihtiyaç duyarlar. Durgun su özelliği gösteren göllere ya da barajlara göre akış halindeki nehirler daha yüksek oranda oksijene sahiptirler.

Göllerde epilimnion tabakası rüzgâr sayesinde karıştığında tabakanın her yerinde sıcaklık aynı kalır. Bu tabaka hem sıcak olduğundan hem de güneş ışınlarını direk aldığından alglerin gelişimi için uygun hale gelir. Eğer alg gelişimi için azot ve fosfor gibi yüksek miktarda besi elementleri tarımsal yüzey akışı vb. ile suda mevcut haldeyse, ötrofikasyon adı verilen büyük miktarlarda alg gelişimi tüm epilimnion tabakada gözlenir. Bu tabakada genellikle su, duru ve oksijen oranı yüksek haldedir. Ancak, ötrofikasyon meydana geldiğinde, istenmeyen tat ve koku oluşumu ile bazı türlerden salınan toksinler sebebiyle sudan giderilmesi gereklidir. Algler gün ışığının varlığında fotosentez ile oksijen üretir ancak geceleri solunum yaptığında sudaki tüm oksijeni tüketebilir. Bu da balık ölümlerine sebep olabilir.

Hipolimnion tabakasında ise çok az karışım ve hareket olduğundan, çok çabuk durgun ve oksijensiz hale gelir. Üst tabakalardan gelen ölü algler ve organik madde çökerek bu alt tabakaya iner. Hipolimnionda oksijen tamamen tüketildiğinden oluşan anaerobik koşullar altında demir, mangan, amonyak, sülfatlar, fosfatlar ve silika sedimandan suya doğru geçiş yapar, nitrat ise azot gazına indirgenir. Bu şekilde su demir ve mangan sebebiyle renk ve kötü tat şikayetlerine sebep olacak, amonyak klorla birleşerek oksijeni daha hızlı tüketip, besin elementi gibi

davranarak ötrofikasyonun oluşumuna (fosfor ve silika da benzer etkiyi gösterir) ortam hazırlayacak, sülfatlar da klorla reaksiyonu neticesinde oksijen azalmasının yanı sıra kötü koku ve tat meydana getirecektir.

Bu nedenlerdir ki, çözülmüş oksijen su kalitesinin ve sucul türlerin yaşam şartlarının uygunluğunu gösteren önemli bir göstergedir.

## **3.2 Kimyasal Parametreler**

### **3.2.1 Demir**

Demir, yerküre yapısında en çok bulunan metallere biridir. Demire doğada element olarak çok nadir rastlanmakla birlikte, oksijen ve sülfür içeren bileşiklerle  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  demir iyonları birleşerek oksitleri, hidroksitleri, karbonatları ve sülfatları oluşturur. Demir, doğada en çok oksitlenmiş haliyle bulunur.

Doğal tatlı su kaynaklarındaki konsantrasyonu 0,5-50 mg/L arasında değişen değerlerde bulunabilir (4). Kaya ve minerallerin aşınmasından, asidik maden su drenajından, katı atık sızıntı sularından, atıksu deşarjlarından ve demir ile ilgili endüstrilerden kaynaklı olarak sularda bulunabilir (4). Demir ayrıca, demir bileşenli koagülantların kullanımı ya da su dağıtımında çelik ve dökme demir boruların korozyonu sonucu içme suyunda bulunabilir.

40 µg/L demir ( $Fe^{+2}$  olarak) konsantrasyonları, distile suda tatma yöntemiyle tespit edilebilir. Toplam çözülmüş madde içeriği 500 mg/L olan bir mineralize kaynak suda, tat ile tespit edilme eşik değeri 0,12 mg/L'dir. 0,3 mg/L ve altı değerlerde suyun tadında genellikle dikkate değer bir değişiklik hissedilmez. Çamaşır ve seramikler üzerinde leke oluşması da 0,3 mg/L üzerindeki demir konsantrasyonlarında görülmektedir. Ancak 0,05-0,1 mg/L değerleri üzerinde, boru sistemlerinde bulanıklık ve renk oluşumu gözlenebilir. (4).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Demir, özellikle demir (II) oksit durumundayken, insan vücudu için gerekli elementlerden biridir. Demir, 3 mg/L ve üzerine çıkmadığı takdirde insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Ancak, tat eşik değerinin bu değer çok altında kalması sebebiyle insan sağlığı açısından limit değer önerilmemiştir.

### 3.2.2 Mangan

#### *Genel özellikler*

Mangan, yerküre yapısında en çok bulunan metallere biridir, genellikle demirle birlikte görülür. Ancak sudaki konsantrasyonları demire oranla daha düşüktür.

Demir ve çelik alaşımların üretiminde, okside edici olarak temizlikte, ağartmada ve dezenfeksiyonda (potasyum permanganat olarak), çeşitli ürünlerin içeriğinde kullanılmaktadır.

Ham suda genellikle 0,001-0,6 mg/L aralığında bulunmakla birlikte; 1 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda, manganlı minerallerin oksijensiz ortamda suyla teması ya da bakterilerin aktivitesi söz konusudur (5).

#### *Sağlık üzerine etkileri*

Mangan, insanların ve hayvanların fonksiyonlarının sağlıklı işlemesi (pek çok hücresel enzimin çalışması ve pek çoğunun da aktive olabilmesi) için gerekli bir elementtir (6).

Sağlık açısından 0,4 mg/L konsantrasyonda limit değer belirlemek mümkün olmakla birlikte (6), mangan içme suyu kaynaklarında genellikle bu konsantrasyonların çok daha altında bulunduğu ve suyun tüketici tarafından kabul edilebilirliği (tat, leke, borularda birikme vb.) de bu konsantrasyonun altında kaldığından sağlık açısından limit bir değer belirlenmesine gerek görülmemiştir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda mangan alımı neticesinde olumsuz fizyolojik etkiler, özellikle nörolojik etkiler gözlemlenebilir (7).

### 3.2.3 Çinko

#### *Genel özellikler*

Çinko, hemen hemen tüm yiyecek ve içme sularında tuz ve organik bileşik formunda bulunabilen gerekli bir iz elementtir (8). Korozyonu önlemek için galvanizlemede kullanılmasının yanı sıra; boya, lastik ürünler, kozmetikler, ilaçlar, yer kaplama malzemeleri, plastikler, mürekkep, sabun, tekstil ürünleri ve elektrik malzemeleri gibi pek çok ürünün hazırlanmasında kullanılabilir.

Yerüstü ve yeraltı sularındaki çinko konsantrasyonları normalde sırasıyla 0,01 mg/L ve 0,05 mg/L'nin altındadır (9). Yüksek konsantrasyonlar, çinko madenlerinin çıkarıldığı yapısında metal bulunan alanlarda görülebilir. Çinkonun içme sularındaki öncelikli kaynağı, galvanize çelik tanklar ve tesisat borularının korozyonu olup, bu durum düşük pH'lı sulardan kaynaklanmaktadır. Galvanize çelik borulardaki bu korozyon, çok az miktardaki bakır (0,1 mg/L)



konsantrasyonlarında bile önemli miktarda artmaktadır (9). Ayrıca içme suyundaki çinko seviyelerinin tesisat kaynaklı olarak yüksek olması (>0,1 mg/L) suda kadmiyum konsantrasyonlarının da arttığının göstergesi olabilir.

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

3 mg/L'yi geçen çinko seviyeleri suda bulanıklığa ve tatta değişikliğe neden olması sebebiyle tüketici tarafından kabul edilmeyebilir (8). Ancak, içme suyunda 20 mg/L'ye kadar olan çinko seviyelerindeki tüketimde herhangi bir hastalık etkisi tespit edilmediğinden WHO tarafından sağlık açısından limit bir değer belirlenmemiştir. Ancak 25 ve 40 mg/L arasındaki çok daha yüksek konsantrasyonlarda bulantı ve kusma görülebilmektedir (2).

### **3.2.4 Kobalt**

#### ***Genel özellikler***

Sert, kırılğan, demir ve nikle benzeyen metal kimyasal bir elementtir. Metal elektrokaplama ve cam, porselen, emayenin alaşımı olarak kullanılmaktadır. Antropojenik kaynaklar olarak; fosil yakıtların yanması, atıksu çamuru, fosfat gübrelere, madencilik ve kobalt bileşiklerini işleyen endüstriler sayılabilir.

Yerüstü ve yeraltı sularında kobalt konsantrasyonları düşük olup; bozulmamış alanlarda 1 µg/L'in altında, yerleşim alanlarında ise 1-10 µg/L arasında bulunabilmektedir (10). Tarım ve maden alanlarında ise 100-200 mg/L'ye kadar yükselebilir.

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Kobalt insan sağlığı için gerekli bir element olup, insan yaşamı için elzem olan vitamin B<sub>12</sub>'nin de bir bileşenidir. İnsan sağlığına olumsuz etkisi ise 1 mg/kg miktarın üzerinde başlamaktadır. Yüksek kobalt seviyelerinde sindirim sisteminde (bulantı, kusma ve ishal) rahatsızlıklar ile karaciğer hasarı gibi olumsuz etkiler görülebilmektedir (11).

Volfram karbürü kobalt metali "yüksek ihtimalle kanserojenik (grup 2A)", volfram karbürsüz kobalt ve kobalt sülfat ile diğer çözünebilir kobalt (II) tuzları ise "muhtemel kanserojenik (grup 2B)" sınıfındadır.

### **3.2.5 Sülfat**

#### ***Genel özellikler***

Sülfürik asitin tuz ya da ester hali olup, element sülfürün en çok üretilen kimyasal

formudur. Doğal olarak pek çok mineralde bulunur. Sülfatlar ve sülfürik asit ürünleri gübre, kimyasal, boya, cam, kâğıt, sabun, tekstil, fungusit, insektisit ve ilaç yapımı ile madencilikte, odun hamurunda, metal ve kaplama endüstrilerinde, atıksu arıtımında ve deri işlemede kullanılmaktadır.

Su kaynaklarında dünya çapında su izleme istasyonları ile yapılan ve 1990 yılında yayımlanan bir çalışmada, sülfatın tatlı sulardaki tipik değeri 20 mg/L olduğu, nehirlerde 0-630 mg/L arasında, göllerde 2-250 mg/L arasında ve yeraltı sularında 0-230 mg/L arasında değişen konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir (12).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Sülfatın sağlık üzerine olan etkilerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda, farklı bölgelerdeki sülfat seviyelerinin insan sağlığı açısından oluşturduğu etkilerin çeşitliliği sebebiyle, belirli bir akut maruziyete tepki dozu henüz belirlenememiştir. Ancak, yüksek sülfat seviyelerinde (600 mg/L ve üzeri için) sülfatın ishal etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle 500 mg/L ve üzerine çıkan sülfat seviyelerinin içme suyu kaynaklarında tespit edilmesi halinde, sağlık yetkililerinin bilgilendirilmesi önerilmektedir (12).

Yüksek sülfat seviyelerine uzun süreli maruziyette, insanların zamanla adaptasyon gösterdiği tespit edilmiştir (13). Bu nedenle yüksek sülfat seviyelerinde gösterilen olumsuz belirtilerin yerel halk dışında, düşük sülfat seviyelerine alışık olan turist, geçici misafir ya da yeni taşınan sakinlerde görülmesi daha muhtemeldir. Bir başka ihtimal ise içme suyu kaynağının değiştirilmesi ya da sülfat değerleri yüksek yeni kaynakların ilavesi neticesinde benzer etkilerin görülmesi söz konusu olabilir.

## **3.2.6 Nitrat**

### ***Genel özellikler***

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), çevrede doğal olarak bulunur ve önemli bir bitki besinidir. Tarımsal faaliyetlerden, katı atık sızıntı sularından, endüstriyel deşarjlardan ve atıksu deşarjı ile septik tanklar da dâhil olmak üzere insan ve hayvan dışkılarındaki azotlu atıkların oksidasyonu sonucu yerüstü ve yer altı sularına ulaşabilir. Yeni çalışmalarda nitrat seviyelerindeki ani artışların yalnızca gübre kullanımındaki artış gibi sebeplerin değil, fosil yakıtların yanması sonucu salınan azot oksitler ( $\text{NO}_x$ )'lerin de sebep olduğu tespit edilmiştir (14).

İdeal koşullarda toprağa uygulanan azotun % 50-70'i bitki tarafından alınır, % 2-20'si

uçarak kaybolur. % 15-25'lik kısmı organik maddeyle ya da kil tanecikleri ile birleşir. Kalan % 2-10'luk kısmı ise yerüstü ya da yeraltı sularına ulaşır (14). Pek çok lkede nitrat seviyeleri yerüstü su kaynaklarında 10 mg/L'yi geçmemekle birlikte (15), yeraltı sularında nitrat konsantrasyonlarının 1300 mg/L konsantrasyona kadar ulaşabildiği tespit edilmiştir (2).

Akarsularda nitrat konsantrasyonları, yeraltı sularına nazaran daha hızlı değişim gösterir. Yüzeysel akış dönemlerinde yüksek konsantrasyonların görüldüğü mevsimsel bir değişim düzeninde gerçekleşir. Bu durum özellikle, toprakta azot seviyelerinin arttığı kuru geçen bir yaz sonrası yağışlı sonbahar mevsiminde ortaya çıkar (7).

### ***Sağlık zerine etkileri***

Nitrat, vücut içinde nitrit formuna döner ve sağlığa olumsuz etkisi olabilecek iki kimyasal reaksiyona uğrayabilir. Özellikle altı aylık ve daha kk bebeklerde mavi bebek sendromuna (methemoglobinemia) ve nitrosamit/nitrosamin formlarına dönüşerek muhtemel kanserojenik etkiye sebep olabilir (16).

### **3.2.7 Fosfat**

#### ***Genel zellikler***

Fosforik asidin bir tuzu olan fosfat, doğada apatit minerali olarak bilinen fosfat kayalarında bulunur. En yaygın bulunan formları orto-fosfat, polifosfat ve organik fosfatlardır.

Fosfatlar yaygın olarak kimyasal gübre yapımının yanı sıra, özel cam, porselen, kabartma tozu ve deterjanların yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca, polifosfatlar kazan taşı ve korozyon önleyici olarak kullanılabilir.

Su kaynaklarında fosfatlar, minerallerle temas sonucu doğal kaynaklı olarak ya da gübre kullanımı, kanalizasyon ve endüstriyel deşarjlar sonucu insan faaliyetleri kaynaklı olarak bulunabilir. Yeraltı suları daha yüksek konsantrasyonlarda fosfat bulundurma olasılığı daha yüksektir.

### ***Sağlık zerine etkileri***

Fosfor kemik ve dişlerin inorganik bileşeni olması dolayısı ile insan vücudu için gerekli bir elementtir. Günlük fosfor ihtiyacı miktarı, kalsiyum ihtiyacıyla aynı olup, alınabilecek en yüksek miktar 800 mg/L olarak belirlenmiştir (5).

11.1 Fosforun su kaynaklarında bulunan miktarlarının düşük olması sebebiyle Dünya Sağlık rgt (World Health Organization, WHO) ve Amerika Birleşik Devletleri evre Koruma

Ajansı (U.S. Environmental Protection Agency, USEPA) insan sağlığı için limit değer belirlemediştir.

### **3.2.8 Bakır**

#### ***Genel özellikler***

Bakır doğal su kaynaklarında, eğer metal içeren alanlarla temas söz konusu değer ise, genellikle düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Su kaynaklarında, kaya aşınması ya da endüstriyel kaynaklı olarak görülebilir. Arıtılmış içme suyunda ise bakır ve pirinç borulardan kaynaklanabilir.

1 mg/L üzerindeki konsantrasyonlarda çamaşır ve sıhhi tesisat gereçlerinde lekelenmelere (mavi/mavi-yeşil) sebep olabilir; 2,5 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda ise suya istenmeyen acı bir tat verir (3). Daha yüksek konsantrasyonlarda (4-5 mg/L) suyun rengi değerışime uğrayabilmektedir (9).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Bakır; besin olarak gerekli bir element olup, eksikliğinde kansızlığa, iskelet bozukluklarına, sinir sistemi bozulmasına ve üreme anormalliklerine sebep olur.

Yüksek dozlarda bakır alımında ise, sindirim sistemi rahatsızlıkları (bulantıyla birlikte), karaciğer ve böbrek hasarları gibi etkilere sebep olabilir (1). WHO tarafından 2003 yılında insan sağlığı için tespit edilen sınır değer 2 mg/L'dir.

### **3.2.9 Bor**

#### ***Genel özellikler***

Bor bileşikleri cam, sabun, deterjan, kozmetik, ilaç, pestisit ve yapay gübre yapımında ve alev yavaşlatıcı olarak kullanılabilir.

Bor öncelikli olarak, borat ve borosilikat içeren kayalar ve topraklardan süzülme gibi doğal yollarla yeraltı sularında görülebilmektedir. Bor, Doğu Avrupa'daki su kaynaklarında 20 mg/L konsantrasyonlara kadar görülebilmekte iken, dünya bor rezervleri açısından ilk sırada yer alan Türkiye'nin boraks madenlerinin yoğun olduğu bir bölgede (Kütahya, Hisarcık köyü civarı) bor konsantrasyonları 2-29 mg/L değerleri arasında ölçülmüştür (2).

Yerüstü sularında borat konsantrasyonu daha çok atıksu deşarjlarından kaynaklanmakta olup, ev temizlik ürünleri sebebiyle oluşan bu durum, kullanımın azalmasına bağlı olarak su

kaynaklarında görölme oranlarını da düşürmektedir. İçme suyu kaynaklarındaki bor konsantrasyonları çevrenin jeolojisi ve atıksu deşarjlarına bağılı olarak değışiklik göstermekle birlikte, içme suyundaki konsantrasyonu genel olarak 0,5 mg/L'nin altındadır (3).

#### ***Sağıık üzerine etkileri***

Borun toksik etkisi yetişkinlerde baş ağrısı, kusma, ishal, heyecan ve depresyon; çocuklarda ise daha çok havale, kanama gibi beyin zarı tahribi etkileri görölür, parmak uçlarında görölün pembe renk, bor ile zehirlenmeye işaret eden karakteristik görünüşlerdir (2).

İçme sularının yüksek oranda bor minerali içermesi, sindirim sisteminde bazı rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Karaciğerde büyüme ve şişmeye, sinir sisteminden kaynaklanan benzeri sorunlara yol açmaktadır (3).

### **3.2.10 Nikel**

#### ***Genel özellikler***

Nikel parlak beyaz, sert ve ferromanyetik bir metaldir. Doğada genellikle saf metal halinde değıil, sülfidler, arsenitler, antimonitler, oksitler ve silikatlar halinde bulunur. Oksidasyona olan dayanıklılığı sebebiyle paslanmaz çelik kaplamada ve nikel alaşımlarının üretiminde kullanılır.

Nehir ve göllerdeki nikel konsantrasyonları oldukça düşüktür ve genellikle ortalama olarak 10 µg/L'nin altındadır (13). Nikel taşıyan kayaların çözünmesi sonucu bazı yer altı sularında da bulunabilir. Ancak içme suyunda birincil olarak tesisat ve boru kaynaklı olarak bulunur.

İçme sularındaki nikel miktarı genellikle 0,02 mg/L'nin altındadır. Nikel, musluk ve tesisattan suya geçen nikel ile 1 mg/L konsantrasyona ulaşmakla birlikte, doğal ya da endüstriyel kaynaklardan dolayı nikel birikiminin olduğı özel durumlarda daha yüksek konsantrasyonlar da görülebilir (3).

#### ***Sağıık üzerine etkileri***

Nikel hayvanlar için gerekli bir element olmakla birlikte, beslenme açısından eksikliği insanlar için bir sorun olarak nitelenmemiştir. Nikel; çinko, manganez ve krom gibi maddelerle kıyaslandığında düşük toksisiteye sahip bir elementtir ve dokularda birikimi gözlenmez.

Endüstride çalışan işçilerin yanlışılıkla 1,63 g/L nikel sülfat ve nikel klorür içeren suyu yanlışılıkla içmeleri neticesinde, işçilerde bulantı, kusma, ishal, baş dönmesi, halsizlik, baş ağrısı,

nefes kesilmesi ve geçici körlük gibi semptomlar görülmüştür. Ancak, ağız yoluyla alınan nikelin uzun süreli maruziyet ve kanserojenik etkisine ilişkin yeterli veri mevcut değildir.

### **3.2.11 Arsenik**

#### ***Genel özellikler***

Arsenik gümüş-beyaz renkte, kırılğan, kristal yapıda, yarı-metal katı bir kimyasal elementtir. Bakır, kurşun, çinko, demir, mangan, uranyum ve altın madenlerinde yapılan işlemler neticesinde bulunur. Kurşunsuz pil, seramik, boya, ilaç, cam ve elektronik ekipmanlar için alaşım yapımı ile meyve bahçelerinin ve pamuk tarlalarında pestisit olarak kullanılmış olup, günümüzde yalnızca organik arseniğin pamuk için kullanımına izin verilmektedir. Arseniğin en yaygın kullanımı (% 90) ise ahşap koruyucuların üretimi içindir (14).

Doğada genel olarak -3, 0, +3, +5 oksidasyon formunda ve çoğunlukla sülfürler, metal arsenitler ya da arsenatlar halinde bulunur. Yerüstü sularında daha çok arsenat (+5) formunda bulunurken, yeraltı sularında anaerobik koşullarda ise daha reaktif ve toksik olan arsenit (+3) formunda görülür.

Arsenik, suda doğal olarak 1-2 µg/L konsantrasyonlarda görülse de, doğal kaynaklı olarak (volkanik kayalıklar vs.) bu konsantrasyonların çok üzerine (12 mg/L) çıkması da mümkün olabilmektedir.

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Arseniğin insanlar için gerekli bir element olduğuna dair henüz kanıtlanmış bir bilgi mevcut değildir. Ancak arseniğin belli konsantrasyonların üzerinde insan sağlığına olumsuz etkileri söz konusu olup, insan vücuduna arsenik alımı en çok içme suları vasıtası ile gerçekleşmektedir. Arsenik formlarından arsin en toksik formdur ve onu arsenit, arsenat ve organik bileşikleri takip eder (17).

İlk semptomları karın ağrısı, kusma, ishal, kas ağrısı ve halsizlik ile cilt kızarmasıdır. Bu semptomları genellikle eller ve ayaklardaki hissizlik ve karıncalanma, kaslarda kramp ve sivilce gibi döküntüler takip eder. Bir ay içinde ise el ve ayaklarda uyuşmaya ilave olarak yanma, palmoplantar hiperkeratoz (ciltte görülen bir rahatsızlık), tırnaklarda Mees'in çizgileri, motor ve duyuşsal tepkilerde gerileme gibi semptomlar görülebilir. Kronik arsenisizm işaretleri cilt lezyonları, periferik nöropati, cilt kanseri, mesane ve akciğer kanseri ile periferik arter hastalığı olup, arsenikle kirlenmiş içme sularını tüketenlerde görülmektedir (17).

### 3.2.12 Kadmiyum

#### *Genel özellikler*

Yumuşak, mavi-beyaz metalik bir elementtir. Çinko, kurşun, bakır gibi metallerin üretimi esnasında yan ürün olarak, pillerde, kaplamalarda, seramiklerde, plastiklerde, fotoğrafçılıkta, insektisitlerde ve çeşitli alaşımlarda kullanılır. Madencilik, endüstriyel işlemler dışında katı atık sızıntı sularından kaynaklı olarak da su kaynaklarına karışabilmekte, galvanize borular sebebiyle de içme suyunda görülebilmektedir.

Kirletilmemiş doğal su kaynaklarında genellikle 1 µg/L'nin altında bulunur (3). Yeraltı sularında, yerüstü sularına nazaran daha yüksek konsantrasyonlar görülür. Dünya çapında 110 istasyonda yapılan ölçümlerde, en yüksek değer 100 µg/L olarak Peru'da görülmüştür (18).

#### *Sağlık üzerine etkileri*

Kadmiyum ağırlıklı olarak böbreklerde birikim yapar ve insanda 10-35 yıl arası uzun bir biyolojik yarılanma ömrüne sahiptir. Uzun süre düşük seviyede alınan kadmiyum bu birikim sebebiyle böbreklerde, akciğerde, karaciğer ve sinir sisteminde hasara, kemiklerde hassasiyete ve kolay kırılmaya, bazen de farklı tiplerdeki kanserlere neden olabilir. İçme suyu ile alınan çok yüksek seviyedeki kadmiyum, mideyi tahriş eder, kusma ve ishale bazen de ölüme dahi yol açabilmektedir (18). Kadmiyumun ağızdan alınması halinde kanserojenik ya da genotoksik etkisinin olduğuna dair yeterli kanıt söz konusu değildir.

### 3.2.13 Krom

#### *Genel özellikler*

Krom; grimsi-beyaz renkte, kristal yapıda, çok sert, metalik bir kimyasal elementtir. Doğada krom (III) ve krom (VI) olarak bulunur ve krom (VI) formu daha çözünür olması sebebiyle daha hareketli ve değişkendir (9).

Krom (III) doğal olarak en çok görüldüğü form olup, pek çok toprak ve kayada bulunan bu çözünmeyen hali, hava şartları, oksidasyon ve bakteriyel aktivite ile çözünebilen krom (III) tuzlarına dönüşmektedir. İnsanlar için gerekli bir element olan krom (III) tuzları; katalizör, boya pigmenti, fungusit, seramik ve cam yapımı ile deri tabaklamada kullanılır.

Krom (VI) ise doğada daha seyrek olarak bulunur ve sudaki varlığı endüstriyel ve evsel atıksu deşarjı kaynaklıdır. Krom (III)'ün aksine insan için gerekli bir element olmayıp, sağlığa zararlı olarak gösterilen etkiler kromun bu formuna atfedilmektedir. Krom (VI) bileşikleri; krom

alaşımları ve krom metal üretimi için metalürji endüstrisinde ve oksitleme ajanı olarak kimya endüstrisinde kullanılmaktadır.

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Krom (III) insan için gerekli bir element olup, yüksek dozlarda vücuda alımı halinde herhangi bir olumsuz etkisi gözlenmemiştir. Ancak krom (VI)'nın insan vücudu için gerekli bir element olmamasının yanı sıra, yüksek dozlarda solunması halinde akciğer kanserine sebep olduğu epidemiyolojik çalışmalar neticesinde kanıtlanmıştır (9). Ağız yoluyla alımında insan sağlığına olan etkilerine ilişkin yeterli bir çalışma henüz olmadığından, geçici (ve ihtiyati) olarak WHO tarafından 0,05 mg/L değeri belirlenmiştir. Ancak USEPA'nın belirlediği limit değer 0,1 mg/L'dir.

### **3.2.14 Kurşun**

#### ***Genel özellikler***

Kurşun; oldukça yumuşak, ağır, kolay işlenebilir, mavi-gri metalik bir elementtir. Kurşun-asit akümülatörleri, lehim, alaşım, kablo yalıtımı, boya pigmenti, pas önleyici, plastik dengeleyici yapımında kullanılmaktadır.

Yerüstü ve yeraltı sularında ortalama 0,01 mg/L (0,04 mg/L'ye kadar çıkabilir) konsantrasyonlarda bulunur. Endüstriyel ya da madencilik kaynaklı olarak lokal kirlilik etkisi görülmekle birlikte genellikle yüksek konsantrasyonlar tesisat kaynaklıdır. İçme sularında genellikle 5 µg/L altındaki değerlerde bulunur, ancak kurşun tesisatı olan yerlerde daha yüksek konsantrasyonlarda (> 100 µg/L) görülebilir (3).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Kurşunun insanlar için etkileri soluma ya da ağız yoluyla alınsa da aynıdır ve çocuklar ile yetişkinler için kurşun zehirlenmesi öncelikle sinir sistemini etkiler. Kurşuna maruziyet neticesinde parmaklarda, bileklerde güçsüzlük, kan basıncında artış, kansızlık gibi etkiler görülebilmektedir. Yüksek seviyedeki maruziyette ise beyin ve böbreklerde ciddi hasarlara hatta ölüme neden olabilir (13).

Kurşunun insanlar için kanserojenik etkilerine ilişkin kesin bir kanıt olmamakla birlikte insanlar üzerindeki bazı çalışmalar ile hayvanlar üzerinde yapılmış çalışmalar neticesinde, Uluslararası Kanser Araştırma Kuruluşu (The International Agency for Research on Cancer-IARC) inorganik kurşunu insanlar için "muhtemel kanserojenik" olarak kabul etmiştir. Organik



kurşun bileşiklerinin kanserojenik olarak sınıflandırılabilmesi için ise yeterli kanıt henüz bulunmamaktadır.

### **3.2.15 Selenyum**

#### ***Genel özellikler***

Gri/kırmızı renkte, sülfür grubunun ametalik bir kimyasal elementidir. Doğal ve insan faaliyetleri kaynaklı olarak doğada bulunabilir. Cam, pigment, kimyasal, ilaç, fungusit, elektrikli aygıtlar ve lastik endüstrisinde kullanılmaktadır.

Su kaynaklarında selenyum konsantrasyonları genellikle düşük olup, yerel jeokimya, pH ve demir tuzlarının varlığına bağlı olarak değişmektedir. İçme sularında genellikle 10 µg/L'in çok altındaki konsantrasyonlarda bulunmakla birlikte yeraltı suyu konsantrasyonları 6 mg/L'ye kadar çıkabilmektedir (19).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Selenyum insan vücudu için (diğer bazı canlılar için de) gerekli besin elementlerinden biridir (çok düşük konsantrasyonlarda). Selenyum eksikliğinde Keshan hastalığı adı verilen çok odaklı kalp kası iltihabı (multifokal miyokard) ve Kaschin-Beck hastalığı adı verilen kondrodistrofi görülebilmektedir. Ayrıca selenyumun antikanserojen olduğuna ilişkin çalışmalar da mevcuttur (19).

Yüksek miktarlarda selenyum alınması durumunda sindirim sistemi ile ilgili rahatsızlıklar, cildin renk değişimi, diş, saç ve tırnak kaybı, tırnak anomalileri ve periferik sinirlerde değişiklikler görülebilmektedir (3). Çok yüksek sodyum selenat ya da sodyum selenit dozlarının (kazara/isteyerek) alınması, anında medikal tedavinin olmaması halinde hayatı tehdit edecek seviyede olabilir. Belirlenen limitlerin çok az miktarda aşıldığı dozların uzun süreli alınımında dahi saç kaybı ve tırnaklarda şekil bozuklukları görülebilir (19).

Farklı selenyum bileşiklerinin toksisiteleri de farklıdır. Selenit ve selenat, selenyum sülfata göre çok daha fazla toksik etki göstermektedir.

### **3.2.16 Civa**

#### ***Genel özellikler***

Gümüş-beyaz, ağır ve metalik bir kimyasal elementtir. Doğada en az bulunan elementlerden biri olan civa serbest halde nadir olarak görülmekte olup, genellikle sülfürlü

bileşikler halinde bulunur. Civa bileşiklerini iki kategoriye ayrılabilir: suda genellikle çözünmeyen inorganik civa tuzları ve en bilineni metil civa olan organik civa bileşikleri. İnorganik civa sedimentteki bakterilerin aktivitesi neticesinde metil civaya dönüşür ve besin zincirine katılır (5). Klorun elektrolitik üretiminde, elektronik aletlerde, diş amalgamlarında, fungusitlerde, antiseptiklerde, koruyucu maddelerde, farmasötiklerde ve civa bileşiklerinde kullanılmaktadır.

Yüzey sularında civa konsantrasyonları 2 µg/L ve daha azı nehirlerde, 10 µg/L konsantrasyonları da küçük göl ve rezervuarlarda görülmektedir (5).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

İnorganik civa bileşikleri böbreklerde birikir ve oldukça uzun bir biyolojik yarılanma ömrüne sahiptir. İnsanlarda inorganik civa bileşiklerinin kısa/uzun süreli temas sonucu toksik etkileri daha çok böbreklerde görülmektedir. Akut civa zehirlenmelerinde, kanamalı gastrit ve kalınbağırsak iltihabının yanı sıra en büyük zarar böbreklerde görülür. Civa (II) klorürün ise doku hasarının olduğu yerlerde iyi huylu tümör oluşturma potansiyeli olduğu kanıtlanmıştır.

Organik civa bileşiklerinin kirletilmemiş içme suyu kaynaklarında bulunması beklenmemekle birlikte, inorganik civa ile kıyaslandığında toksik etkileri daha ciddidir. Metil civanın yağda çözünürlüğü inorganik civaya göre çok daha yüksek olması sebebiyle vücuttaki pek çok sisteme (beyin, omirilik, plësenta vb.) girebilmektedir (5). Metil civa zehirlenmelerinin başlıca etkileri (Minamata hastalığı) ise çok ciddi ve kalıcı nörolojik bozukluklara ve zihinsel engellere sebep olabilmektedir.

WHO'nun 1984'de belirlediği 0,001 mg/L değeri, organik ve inorganik civanın toplamıdır. Ancak 2004 yılında yapılan değerlendirme ile sadece inorganik civa için standart 0,006 mg/L olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak içme suyu kaynaklarında civanın daha çok inorganik formda bulunması gösterilmiştir.

### **3.2.17 Baryum**

#### ***Genel özellikler***

Gümüş-mavi renkte, havayla temas ettiğinde gümüş-sarı renge dönen, kolay işlenebilen metalik bir kimyasal elementtir. Klorürlü ve nitratlı bazı baryum tuzları suda çözünebilir. Ancak karbonatlı, florürlü, fosfatlı ve sülfatlı olanlar suda çözünmeyen yapıdadır.

Baryum bileşikleri plastik, kauçuk, elektronik, çelik, optik ve tekstil endüstrilerinde

kullanılmaktadır. Ayrıca seramik cilalarında, cam ve kağıt yapımında, ilaçlarda, kozmetiklerde ve rodentisitlerde (kemirgen öldürücü) kullanılabilir (3).

İçme sularında genellikle volkanik ve tortul kayalar gibi doğal kaynaklı olarak görülmekte olup, çoğunlukla 0,1 mg/L'nin altındaki konsantrasyonlarda görülmektedir. 1 mg/L'nin üzerindeki konsantrasyonları ise yeraltı suyu kaynaklıdır (3).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Suda çözünebilir baryum bileşiklerinin yüksek miktarda ağız yoluyla alınması sonucunda, kalp ritminin bozulması ve felç görülebilir. Daha az miktarlarda ve kısa süreliğine alınan baryum neticesinde ise kusma, karın krampları, ishal, nefes almada zorluk, kan basıncında düşüş/yükseliş, yüzde hissizlik ve kas güçsüzlüğü gibi etkiler gözlemlenebilir (5).

Baryum kemiklerde, kaslarda, böbreklerde ya da diğer dokularda birikme yapmaz, hatta kalsiyumdan daha çabuk vücuttan atılır (5).

Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde, baryumun kanser yaptığına dair kanıt bulunamaması sebebiyle, Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) baryumu kanserojenik maddeler arasında sınıflandırmamıştır.

WHO tarafından insan sağlığı için 0,7 mg/L limit değeri belirlenmiş olup, USEPA ve Avustralya (3)'nin içme suyu için belirlediği değeri 2 mg/L'dir. Kılavuz değeri hesaplamasında yeterli ve güvenilir veri olmadığından, ilave bir katsayı kullanan WHO, belirlediği değeri oldukça ihtiyatlı olduğunu ifade etmektedir (3).

### **3.2.18 Siyanür**

#### ***Genel özellikler***

Siyanür (CN<sup>-</sup>), karbon atomunun üçlü bağ ile azot atomuna bağlanarak oluşan ve siyano grubu olarak adlandırılan bileşiklerdir. Organik, inorganik ya da sentetik çeşitleri mevcuttur. Siyanürler; altın ve gümüş çıkarma işlemlerinde, plastik, çelik, elektrokaplama, malzeme endüstrisinde, sentetik elyaf ve kimyasallarda kullanılmaktadır.

Kaynağın kirlenmesi ya da siyanoglikozit sentezleyen bazı bitkilerin doğal bozunumu neticesinde, içme sularında görülebilir. *Chromobacterium violaceum* bakterisi ve *Anacystis nidulans* siyanobakterisi gibi bazı mikroorganizmalar, serbest siyanür üretebilir. Kirlenmemiş su kaynaklarında, serbest siyanür konsantrasyonları genellikle 0,01 mg/L'nin altındadır (20).

Siyanürlerin kokusu badem, acı badem kokusuna benzer ve sudaki koku tespit seviyesi

0,17 mg/L'dir.

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Yüksek siyanür miktarlarına kısa süreli maruziyet neticesinde, beyin ve kalp hasarı, hatta koma ve ölüm dahi görülebilir. Az miktarlardaki siyanürün ağız yoluyla alınması neticesinde bile, kısa sürede panzehir tedavisi yapılmadığında ölümle karşılaşılabilir.

Siyanür zehirlenmesinin ilk etkileri ani ve derin solunum, nefes darlığı, havale (nöbet) ve bilinç kaybıdır (13). Bu semptomlar, alınan miktarlara bağlı olarak ani gelişebilir. Siyanürün insanlarda ya da hayvanlarda kansere sebep olduğuna dair bir tespit ise yoktur.

Siyanür için 1958 yılından günümüze 0,01mg/L değeri ile 0,2 mg/L değeri arasında zaman içinde azalan ve yükselen limitler belirlenmiştir. WHO'nun 2009 yılında yapmış olduğu ve hala güncel olan değerlendirme neticesinde sağlık açısından bir standart belirlenmesine gerek görülmemiştir.

Siyanür için kısa süreli maruziyette sağlık açısından limit değer olarak 0,5 mg/L hesaplanmış olup, bu limit 5 günlük süre için geçerlidir (3). İçme suyunda bulunan siyanürün öncelikli kaynağı siyanojen klorür olup, dağıtım sisteminde ya da sindirildiğinde kolaylıkla siyanüre dönüştüğünden ve siyanürün içme suyundaki konsantrasyonları oldukça düşük seviyede olduğundan, klorla dezenfeksiyonun yan ürünü olarak meydana gelen siyanojen klorürü de içeren toplam siyanür için uzun süreli maruziyet limitinin belirlenmesine gerek görülmemiştir (8).

### **3.2.19 Fenoller**

#### ***Genel özellikler***

Fenol renksiz ve kristal yapıda olup, karbolik asit veya hidroksil benzen de denilen, çok yönlü organik bir bileşiktir. Başlıca üç tipte bulunur: monohidroksifenoller, kresoller, polihidroksifenoller.

Fenoller doğal olarak kömür katranında bulunmakla birlikte, sentetik olarak da üretilmektedir. Fenol; ilaçlarda, boyalarda, reçinelerde ve diğer ticari ürünlerde geniş ölçüde kullanılmaktadır. Ayrıca deterjan imalatında kullanılan alkil fenoller de, fenolden elde edilmektedir. Fenoller endüstriyel deşarjların yanı sıra, ağaç ürünlerinin doğal bozunumu, biositler ve evsel atıksu deşarjlarından da kaynaklanabilmektedir (2).

Suda oldukça çözünebilir olan fenol, eğer su klorlanmayacak ise 100 µg/L konsantrasyona kadar kabul edilebilirdir (2). Ancak klorlama neticesinde oluşabilecek yan

ürünler nedeniyle suda toplam fenol içeriği 1 µg/L konsantrasyonun altında olmalıdır (5).

AB standartlarına göre fenol, “yüksek miktarda bulunması istenmeyen maddeler” arasında listelenmiş ve en yüksek izin verilebilir konsantrasyon 0,5 µg/L C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH olarak belirlenmiştir (klorla reaksiyon vermeyen fenoller hariç olmak üzere).

Fenollü sular klorlandıktan sonra esas reaksiyon ürünü olarak 2 ve 4 klorofenol, 2, 4 diklorofenol ve 2, 4, 6, triklorfenol meydana gelir. Klorofenoller genellikle çok düşük konsantrasyonlarda dahi suda tat ve koku oluşumuna neden olabilmektedir.

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Fenolün akut toksisitesinin olduğu bilinmekle birlikte, içme suyundan yüksek seviyede fenol tüketimi beklenmediğinden ve eşik değer toksik seviyenin oldukça altında olduğundan, gerek WHO gerekse USEPA tarafından sağlık açısından limit bir değer belirlemeye gerek görülmemektedir.

Fenollerin yüksek konsantrasyonlarda ağız yoluyla vücuda alınması neticesinde ciddi sindirim sistemi hasarı ve hatta ölüm gözlenebilir. Fenollerin klorla reaksiyonu sonucu oluşan yan ürünlerin sağlığa olumsuz etkileri mevcut olup bunlar için limit değerler belirlenmiştir. Örneğin 2,4,6-Trichlorophenol için hayvanlar üzerinde yapılan çalışma sonucu lenfoma ve lösemiye sebep olduğu belirlendiğinden “Grup 2B: insanlar için muhtemel kanserojenik” olarak sınıflandırılmış ve WHO tarafından 0,2 mg/L limit değer belirlenmiştir (3). Benzer şekilde pentaklorofenol (PCP)’de Grup 2B altında sınıflandırılmış ve 0,009 mg/L limit değer kabul edilmiştir (3).

## **3.2.20 Pestisitler**

### ***Genel özellikler***

Pestisitler; insektisitler, herbisitler, algisitler veya fungusitler olarak sınıflandırılacak kimyasallardır. Suda çözünürlükleri değişken olmakla birlikte, pek çoğunun toprak parçacıklarındaki organik maddelere sıkıca bağlanması sebebiyle yerüstü ve yeraltı sularına girişleri yavaş olur.

Pek çok pestisit türü klorlu bileşikler halinde olduğundan, tarımsal kullanımında ve aynı zamanda çevresel mevcudiyetinde de daha dirençlidir. Fümigant pestisitler suda daha çözünabilir olmaları sebebiyle içme suyu kaynaklarında kirlilik oluşturmaktadır. Lindan, klordan ve DDT gibi lipofilik organoklorür pestisitlerin yasaklanmış olmaları sebebiyle içme suyu sistemlerinde

belli bir konsantrasyonun üzerinde nadir görülürler. Ancak sıklıkla nehir sedimentlerinde ve yağda biyobirikimi sebebiyle besin zincirinde görülebilirler (16).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Pestisitlerin genel olarak sağlığa olan etkileri arasında öncelikle karaciğer ve böbrek hasarı, sinir, bağışıklık ve üreme sistemi fonksiyonlarında bozukluk ve doğum kusurları sayılabilir. Daha az ciddi etkileri ise sinir sistemine olan ve baş dönmesi, bulantı ve yorgunluk gibi spesifik olmayan semptomlar sıklıkla görülür (16).

Düşük seviyeli miktarlara uzun süreli maruziyet durumunda doğum kusur riskleri ve kanser riskinde artış görülebilir. Epidemiyolojik çalışmalarda, çiftçiler arasında yumuşak doku tümörlerinde ve lenfoid kanserlerde oluşum oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Pek çok pestisit bozunma ürünleri ve metabolitleri ana pestisite göre daha az zararlıdır ancak bazıları için benzer ya da daha fazla toksik etki söz konusu olabilmektedir.

### **3.3 Biyolojik Kalite Bileşenleri**

Avrupa Birliği(AB)'nin su kalitesi ile ilgili temel direktifi olan Su Çerçeve Direktifine (SÇD) göre Avrupa'nın tüm yüzeysel su kütlelerinde "iyi durum"a ulaşılması hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşılabilmesi için üye ülkelerin su kalitesi izleme sistemlerini kurmaları, bu sistemlerle su kütlelerinin ekolojik ve kimyasal durumlarını belirlemeleri ve düzenli aralıklarla Birliğe rapor etmeleri gerekmektedir. Direktife göre ekolojik durum bentik makroomurgasız, makrofit, makroalg, angiosperm, fitobentoz, fitoplankton ve balık faunası gibi biyolojik kalite bileşenleri kullanılarak ve su kütlelerinin fiziksel, kimyasal ve hidromorfolojik özellikleri de biyolojik kalite bileşenlerini destekleyici elementler olarak kullanılarak belirlenmelidir.

Su kalitesi izleme sistemleri geleneksel olarak fiziksel ve kimyasal parametrelere odaklanmıştır. Ancak zamanla bu parametrelerin su kalitesinin sadece numune alım anındaki durumunu gösterdiği ve su kalitesi hakkında daha doğru yorumlar yapabilmek için sucul canlıların da izlenmesinin gerektiği ortaya çıkmıştır. Sucul ekosistemin bileşeni olan canlılar, çok uzun bir dönemde ekosistemde varlıklarını sürdürmüşler ve morfolojileri, fizyolojileri, davranışları ile habitatlarına tam uyum sağlamışlardır. Birçok organizma yaşadıkları ortamdaki değişikliklere, ister insan kaynaklı (kimyasal kirlenme gibi) isterse doğal olsun (sellerden kaynaklanan bulanıklık gibi) oldukça duyarlıdır. Yaşama ortamlarında farklı nedenlerle ortaya çıkacak bir değişime (bozulmaya) sayılarının azalmasıyla, belli türlerin ortadan kalkmasıyla ve

belli türlerin yaşama bölgelerini değiştirmesiyle cevap verirler. Suda belirli organizma veya organizma gruplarının bulunması, belirli bir örnekleme noktasında, haftalık veya aylık su kalitesini gösterebilir; bu organizma gruplarının bulunmaması ise rutin kimyasal örneklemelerde gözden kaçabilen kesikli bir atıksu deşarjı veya kirleticinin varlığına işaret edebilir. Sucul organizmaların değişimler karşısındaki reaksiyonları belirlendiğinde, mevcut su ortamının kalitesi de belirlenmiş olur. Bu mantıktan hareketle biyolojik izleme insani faaliyetlerin neden olduğu çevresel değişimlerin biyolojik tepkiler yardımı ile değerlendirilmesi anlamına gelmektedir.

Gelişen sanayi ve hızlı nüfus artışı ile kirlenen su kaynaklarının kalitesinin belirlenmesine yönelik kullanılan fiziksel ve kimyasal metodların yerine biyolojik metodların kullanılmasının önemli avantajları bulunmaktadır. Kimyasal izleme ile sadece analiz edilen kimyasallar tespit edilirken, biyolojik izleme ile analiz edilen ve edilmeyen tüm parametrelerin kümülatif etkisi gözlenebilmektedir. Belirli bir nehir, göl, geçiş suyu ve kıyı suyu kütlelerinde yaşayan balık, böcek, alg ve bitkilerin türü, sayısı, kompozisyonu ve durumları o su kütlelerinin kalitesi hakkında en doğru bilgiyi sağlar. Ayrıca biyolojik izleme metodları fiziksel ve kimyasal izleme metodlarının tespit etmekte yetersiz kaldığı sucul kirleticilerin su kalitesi üzerindeki sinerjik ve antagonist etkilerinin belirlenmesi konusundaki boşluğu doldurmaktadır. Ancak biyolojik izlemenin tüm bu avantajlarının yanısıra diğer yöntemlere göre daha çok uzmanlık gerektirmesi gibi bir dezavantajı bulunmaktadır.

Biyolojik izleme sonucunda elde edilen ham biyolojik veriler tür veya taksa isim listeleri ve bolluklarıdır. İşin uzmanı olmayan biri için bu listelere bakarak su kalitesi hakkında fikir yürütmek imkansızdır. Biyolojik indeksler uzun bir zaman diliminde çok sayıda istasyondan toplanmış ve bir çok tür ve parametreyi içeren verinin su kalitesine dönüştürülmesi için kullanılan metrik sistemlerdir. Biyolojik indeksler kullanılarak örneklenen alanın ekolojik durumu örneklenen türlerin varlığı, yokluğu, bolluğu, hassasiyet ve tolerans durumları dikkate alınarak belirlenebilir. Farklı biyolojik kalite bileşenleri için geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılmakta olan çok sayıda indeks bulunmaktadır. Ülkemizin biyolojik çeşitlilik bakımından zenginliği göz önünde bulundurulduğunda ülkemize özgü türlerin dikkate alındığı biyolojik indekslerin geliştirilmesi su kalitesinin doğru olarak belirlenmesi için öncelikli alanlardan biridir.

İzleme sonuçlarının alınıp indeks değerlerinin belirlenmesinden sonraki aşama su kütlelerinin ekolojik kalite oranlarının ve ardından ekolojik durum ve potansiyellerinin

belirlenmesi aşamasıdır. Mevcut verilerin referans bölgelerden elde edilen verilere oranı “Ekolojik Kalite Oranı (EKO/EQR)” olarak ifade edilir. Bu oran 0 ile 1 arasında sayısal bir değerdir ve çok iyi durum 1’e yakın değerlerle, kötü durum 0’a yakın değerlerle ifade edilir.

SÇD’ye göre su kalitesi sınıflandırması “biri kötü ise hepsi kötü (one out all out) prensibine” göre yapılmaktadır. Ekolojik durum bir dizi biyolojik kalite bileşenine (omurgasızlar, bitkiler, balıklar gibi), biyolojiyi destekleyen genel kimyasal ve fizikokimyasal parametrelere (oksijen, sıcaklık gibi), özel kirleticilere (pestisitler ve metaller gibi) ve sadece çok iyi durumunun belirlenmesine yardımcı olması için kullanılan hidromorfolojiye bağlıdır. En düşük kaliteyi gösteren unsur hangisiyse ekolojik durumu o belirler. Su kütlelerinin ekolojik durumlarının veya potansiyellerinin belirlenmesi sistemi su kütlelerinin tiplerinin belirlenmesinin ardından tanımlanacak tipe özgü referans koşullara dayalı olmalı, kalite sınıfları izleme sisteminden edinilen verilerin mevcut veya hipotetik bozulmamış durumu yansıtan referans şartlar ile karşılaştırılarak belirlenmeli, değerlendirme sonucu su kütleleri direktifte yer alan normatif tanımlara uygun olarak beş su kalitesi sınıfından biri (çok iyi, iyi, orta, zayıf ve kötü durum) olarak sınıflandırılmalı ve değerlendirme sırasında biyolojik kalite bileşenlerinin kompozisyonu, bolluğu, çeşitliliği ve hassas türlerin mevcudiyeti gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır.

Ülkemizdeki rutin izleme çalışmalarını SÇD ile uyumlu hale getirebilmenin yolu bir an önce biyolojik izlemeyi de içerecek şekilde izleme ağının kurulmasıdır. Genel Müdürlüğümüzce ülkemizin 25 havzası için direktifle uyumlu izleme programları hazırlanmış olup, izleme görevi DSİ Genel Müdürlüğüne verilmiştir. Özellikle ülkemizdeki veri eksikliği göz önünde bulundurulduğunda biyolojik izlemeye bir an önce başlanması ve düzenli olarak yapılan izlemelerle biyolojik verinin toplanması gerekmektedir. İzlemeden gelen verinin su kalitesi sınıflarına dönüştürülebilmesi için öncelikli olarak her bir biyolojik kalite bileşenine yönelik olarak ülkemize özgü biyolojik indekslerin belirlenmesi gerekmektedir. Ülkemize varolan farklı biyocoğrafik bölgelerin sucul flora ve fauna kompozisyonuna yol açması nedeni ile su kütlesi tiplerinin ve biyolojik izleme sonuçlarını değerlendirme sisteminin tanımlanması gereken ekobölgelere uygun olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Ekolojik durum belirlenebilmesi için referans alanlar belirlenerek tipe özgü referans şartlar tespit edilmeli ve tiplere özgü sınıf sınır değerleri belirlenmelidir.



Bazı ülkelerin yüz yılı aşkın biyolojik izleme tecrübesi ve verisinin bulunduğu düşünülürken, ülke olarak bu konuda alınacak uzun bir yol olduğu ortadadır. Biyolojik izleme ağının sağlıklı bir şekilde oluşturulabilmesi için yeterli finansman kaynağı ve nitelikli insan kaynağının ayrılması zorunludur. Türkiye'nin yüzölçümü de dikkate alındığında 25 havzadaki biyolojik izleme ağının oluşturulması ve faaliyete geçirilmesi için gereken yeterli sayıda ve biyolojik izleme ile tür teşhisi konularında tecrübeli biyologlar istihdam edilmelidir. Söz konusu personelin biyolojik izleme ile ilgili verilecek ayrıntılı eğitim programlarından geçirilerek bu işi yapabilir duruma getirilmesi önem arz etmektedir (20), (21).

Su Çerçeve Direktifi ve ulusal mevzuatımıza göre izlenmesi gereken biyolojik kalite bileşenleri bundan sonraki bölümlerde detaylandırılmıştır.

### 3.3.1. Fitoplankton

Fitoplankton sucul ortamlarda *fototrofik büyüme gösteren serbest yüzme özelliğine sahip tek hücreliler ve koloniler olarak tanımlanmaktadır. Fitoplankton primer prodüksiyonda ve dünyanın küresel element döngüsünde kilit bir rol oynamaktadır. Su sütununun üst kısmından başlayarak ışığın nüfuz ettiği alt sınıra kadar koloniler oluşturur. Fitoplankton popülasyonunun yapısı ve bolluğu azot, fosfor, silis ve demir gibi inorganik nütrientler tarafından kontrol edilir.*

Bulduğu ortamdaki değişikliklere karşı gösterdiği hassasiyet ve tepkiler göz önünde bulundurulduğunda, fitoplankton su kalitesindeki değişikliklere karşı iyi bir indikatör olarak kullanılabilir. SÇD'nin 2000 yılında Avrupa'da yürürlüğe girmesinden bu yana, fitoplankton yüzey sularının ekolojik durumunu değerlendirmek üzere kullanılması önerilen dört kalite unsurundan biri olarak kullanılmaktadır (22).

SÇD Ek 5; nehir, göl, geçiş ve kıyı sularındaki ekolojik durumun değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken fitoplankton kalite unsuruna ilişkin kriterleri (kompozisyon, bolluk ve biyokütle) Tablo 3.1'de özetlemektedir.

**Tablo 3.1** SÇD'ye göre su kütlelerinde izlenmesi gereken fitoplankton kriterleri (European Parliament Council, 2000)

Fitoplankton	Nehirler	Göller	Geçiş Suları	Kıyı Suları
Kompozisyon	X	X	X	X

Bolluk	X	X	X	X
Biyokütle	-	X	X	X

Örnekleme sıklığı izleme programına, sınıflandırma sistemlerinin gerekliliklerine ve kalite unsuruna bağlı olarak değişmektedir. Kalite unsurları için minimum izleme gereklilikleri SÇD’de gözetimsel izleme kısmında yer almaktadır (Tablo 3.2).

**Tablo 3.2** Gözetimsel izleme kapsamındaki kalite unsurları ve minimum izleme sıklıkları  
(European Parliament Council, 2000)

Kalite Unsuru		Nehirler	Göller	Geçiş Suları	Kıyı Suları
Biyolojik	Fitoplankton	6 ay	6 ay	6 ay	6 ay
Fizikokimyasal	Termal Koşullar	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Oksijenlenme	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Tuzluluk	3 ay	3 ay	3 ay	-
	Nütrient Durumu	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Asitlenme Durumu	3 ay	3 ay	-	-

Fitoplankton için hızlı akışa sahip nehirler iyi habitatlar değildir çünkü su sütununun içinde bulunan organizmalar sürekli olarak mansaba doğru gider ve yer değiştirir. Ancak düzlük arazilerde akan geniş nehirler kendi fitoplankton topluluklarını geliştirebilirler. Bunlar potamoplankton olarak bilinirler ve nehrin uzunluğu boyunca su parsellerinde görülürler. Buna karşılık daha küçük, daha sığ ve daha hızlı akan nehirlerde görülen alg topluluklarının çoğu, suyun kendilerini sürüklemesini engellemek için güvenli bir substrata yapışık olan filamentöz algler şeklinde kendini gösterir ya da kaya, çamur, ağaç parçası ve sucul makrofit gibi yüzeyleri kaplayan mikroskobik alg filmlerinde kendini göstermektedir.

Göl yönetimi çerçevesinde fitoplankton; yerleşim, fabrikalar ya da noktasal olmayan kaynaklar gibi dış yüklemelerden etkilenen ilk topluluktur. Göl ekosisteminin durumundaki en hızlı ve en güçlü değişiklikler fitoplanktonda görülmektedir. Bu nedenle de fitoplankton, çevresel ötrofikasyon ve kirlilik açısından en sık kullanılan göstergedir.

Günümüzde fitoplankton kalite unsurunu tam anlamıyla kullanarak kıyı ve geçiş sularının ekolojik durumunun belirlenmesine ilişkin düzenleyici bir süreç bulunmamaktadır. Fitoplankton biyokütlesine ilişkin bir gösterge olarak, Üye Devletler arasında değerlendirme yapmak için yalnızca klorofil *a* kabul görmüş bir metodoloji olarak kullanılmaktadır (22).

Fitoplanktonun örneklenmesi, muhafazası ve analizine ilişkin standartlar Tablo 3.3’de belirtildiği şekildedir.

**Tablo 3.3:** Fitoplankton için kullanılan standart dokümanlar

<b>Standart No</b>	<b>Standart Adı</b>
TS EN 16698 : 2016	Su kalitesi–İçsulardan gelen fitoplanktonun nicel ve nitel numune alınmasına ait kılavuz
TS EN 16695 : 2016	Su kalitesi–Fitoplankton biyohacminin hesaplanmasına ait kılavuz
TS EN 15204 : 2006	Su kalitesi–Utermohl tekniği kullanılarak fitoplanktonun sayılmasına ait kılavuz
TS EN 15972 : 2012	Su kalitesi–Denizel fitoplanktonun nitel ve nicel araştırmalarına ait kılavuz
TS 9548 : 1991	Su kalitesi–Yüzey sularında fitoplankton numune alımında kullanılan aletlerin sınıflandırılması ve kullanma tekniği
TS 9841 : 1992	Su kalitesi–Fitoplankton numunelerinin muhafaza kuralları
TS 9092 ISO 10260 : 1999	Su kalitesi–Biyokimyasal parametrelerin ölçülmesi–klorofil <i>a</i> derişiminin spektrofotometrik tayini

### **3.3.2.Fitobentoz**

Fitobentoz sucul ekosistemlerde önemli bir bileşendir ve bir su kütleindeki fitobentoz kompozisyonu o su kütleinin durumu ve uygun yönetim stratejileri ile ilgili faydalı bilgiler sağlar. SÇD, ekolojik durum değerlendirilmesi için kullanılan fitobentozun bir kalite unsuru olarak izlenmesini gerektirir (22).

Fitobentoz terimini etimolojik olarak doğru kullanmak gerekirse, bu terim tüm fototrofik organizmaları içerir ancak bunun içine mikroskobik tek hücreli canlılardan 2 m’den uzun makrofitlere kadar bütün organizmalar girer. SÇD’de fitobentoz “makrofit ve fitobentoz” olarak adlandırılan biyolojik kalite unsurunun bir parçasıdır. Buna göre de fitobentoz terimi bentik

floranın makrofitik olmayan bileşenlerini içinde barındırır. Ancak, bu hala tartışmaya açık bir konudur çünkü “makrofit” tanımı hala belirsizliğini korumaktadır.

Su kalitesini değerlendirmek için fitobentozu kullanan yöntemler pek çok Avrupa ülkesinde ve Amerika’da geliştirilmiştir. Fitobentozun bir grubu olan diatomun örnekleme ve analizine ilişkin yöntemler halihazırda uyum aşamasındadır (European Committee for Standardization, 2010). Çünkü diatomlar fitobentozun en önemli bileşenini temsil ettiği için yüzeye bağlı diatom topluluklarının taksonomik kompozisyonu pek çok ülkede ekolojik kalite oranı hesaplamasında kullanılmaktadır ve SÇD su kalitesi değerlendirmesini basit, anlaşılır ve güçlü olması gerektiğini savunmaktadır (22).

SÇD Ek-5’de verilen, nehir ve göllerde ekolojik durumun değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken fitobentoz kalite unsuruna ilişkin kriterleri (kompozisyon ve bolluk) Tablo 3.4’de özetlemektedir.

**Tablo 3.4** SÇD’ye göre su kütlelerinde izlenmesi gereken fitobentoz kriterleri (European Parliament Council, 2000)

<b>Fitobentoz</b>	<b>Nehirler</b>	<b>Göller</b>
Kompozisyon	X	X
Bolluk	X	X

Örnekleme sıklığı izleme programına, sınıflandırma sistemlerinin gerekliliklerine ve kalite unsuruna bağlı olarak değişmektedir. Kalite unsurları için minimum izleme gereklilikleri SÇD’de gözetimsel izleme kısmında yer almaktadır (Tablo 3.5).

**Tablo 3.5** Gözetimsel izleme kapsamındaki kalite unsurları ve minimum izleme sıklıkları (European Parliament Council, 2000)

<b>Kalite Unsuru</b>		<b>Nehirler</b>	<b>Göller</b>	<b>Geçiş Suları</b>	<b>Kıyı Suları</b>
Biyolojik	Fitobentoz	3 yıl	3 yıl	-	-
Fizikokimyasal	Termal Koşullar	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Oksijenlenme	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Tuzluluk	3 ay	3 ay	3 ay	-

	Nütrient Durumu	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Asitlenme Durumu	3 ay	3 ay	-	-

AB Su Çerçeve Direktifi, fitobentozun da aralarında yer aldığı biyolojik yöntemler kullanarak nehirlerin ve göllerin izlenmesini ve durumlarının sınıflandırılmasını öngörmektedir. Avrupalı pek çok araştırmacı fitobentozun, özellikle de diatomların nehirlerin izlenmesinde oldukça faydalı olduğunu düşünmektedir (22). Nehirlerde gerçek fitoplanktonun olmaması nedeniyle faydalı bilgiler sağlayan tek topluluk fitobentozdur.

Günümüzde diatomlar nehirlerin ekolojik durumlarının değerlendirilmesinde bütün dünyada kullanılmaktadır. Diatomlar, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'daki büyük çaplı uluslararası değerlendirme programlarında kullanılan değerli bir unsur haline gelmiştir. Nehirlerdeki çevresel koşulların bir göstergesi olarak diatomları kullanmak şu üç temel sebepten dolayı çok önemlidir: ekosistemdeki önemleri, çevresel koşulların göstergesi olarak kullanışlı olmaları ve kullanılmalarının kolay olması. Nehir ekosistemlerindeki diatomların önemi, onların besin zincirinde ve biyo-kimyasal döngüler arasındaki bağlantılarında üstlendikleri kilit rollerine dayanmaktadır.

Avrupa Su Çerçeve Direktifi, Üye Devletlere akarsuların ekolojik durumlarının değerlendirilmesi için sucul ekosistemlerin analiz edilmesi gerektiğini tavsiye etmektedir. Bentik diatomlar, sayısal üstünlükleri ve türlerin ekolojik tercihlerine ilişkin ileri düzeyde bilimsel bilgi olması nedeniyle, en sık kullanılan alg grubu olmuştur (22).

Fitobentoz örneklenmesi, muhafazası ve analizine ilişkin standartlar Tablo 3.6'de belirtildiği şekildedir.

**Tablo 3.6** Fitobentoz için kullanılan standart dokümanlar

Standart No	Standart Adı
TS EN 13946 : 2014	Su kalitesi–Nehir ve göllerden bentik diatomlardan rutin numune alınması ve hazırlanmasına ait kılavuz
TS EN 14407 : 2014	Su kalitesi–Nehir ve göllerden bentik diatom numunelerinin tanımlanması ve sayılmasına ait kılavuz
TS EN 15708 : 2010	Su kalitesi–Sığ akarsulardaki fitobentozun araştırılması, numune alınması ve laboratuvar analizlerine ait kılavuz

### 3.3.3. Balık

Balıklar diğer organizmaların tüketicisi olmaları ve ekosistemin yapısı ve fonksiyonuna olan önemli etkileri nedeniyle sucul ekosistemin önemli bir bileşeni olarak kabul edilir. Bu nedenle balık faunasını kötü etkileyen bir değişiklik diğer canlılar üzerinde direkt olarak etkili olmasa bile dolaylı olarak diğer sucul organizmaları etkiler. Dolayısıyla balık toplulukları doğal suların ekolojik sağlığının belirlenmesi için iyi bir indikatördür (23), (24).

Balık topluluklarında değişimler genellikle pH, tuzluluk, sıcaklık rejimi, debi, bulanıklık, askıda katı madde, çözünmüş oksijen, su kütlesi tabanı substratı veya kirlilik seviyelerindeki değişimlerin göstergesidir. Balık faunası insani aktivitelerden ve doğal nedenlerden kaynaklanan su kalitesi ve habitat değişimlerine karşı hassasiyet gösterir. Balık faunası üzerindeki insani aktivitelerden kaynaklanan yaygın etkiler atık metal, pestisit, tuzluluk ve organik atıklardan kaynaklanan su kirlenmesi, balık sağlığı üzerinde doğrudan etkili olan veya ötrofikasyona yol açması nedeniyle suyun oksijen seviyesinde düşümlere yol açan nütrientler ile termal kirlilik, akış rejimi değişimleri, akarsu yatağında sediment birikimi ve kıyılardaki bitki kaplı alanın temizlenmesi gibi fiziksel habitat değişimleridir. Bu nedenle balıklar biyoçeşitlilik ve gıda açısından önemine ek olarak bir su kütlesi üzerindeki birçok insani faaliyetin neden olduğu etkilerinin belirlenebilmesi açısından da iyi bir biyoindikatördür (23), (24), (25).

Biyolojik izleme kapsamında balık faunasının izlenmesinin bazı avantajları bulunmaktadır. Öncelikle balıklar hemen hemen her türlü su kaynağında yaşayabilirler. Tatlısuların biyoçeşitliliği açısından bentik makroomurgasızlar ve alglerle karşılaştırıldığında daha az sayıda balık türü bulunmaktadır. Bazı türlerin arazide teşhisi zor olmasına rağmen birçok türün teşhisi kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu da değişik balık türleriyle ilgili veri toplamanın hızlı olmasına yol açmaktadır. Diğer biyolojik kalite bileşenleri ile karşılaştırıldığında personelin teşhisiyle ilgili eğitimi daha kolaydır. Bugüne kadar geliştirilmiş pek çok teşhis anahtarı bulunmaktadır. Bir çok türün daha büyük bireylerinin teşhisi daha kolayken, yavru balıklar veya küçük türlerin teşhisi daha zor olabilmektedir (23), (25).

Balık faunasının uzun hayat döngüleri kirliliğin uzun dönemli etkilerinin araştırılabilmesi açısından avantaj sağlar. Akut toksisite (bir türün yokluğu, toplu ölümler) ve baskı etkileri (baskılanmış gelişim) aynı anda değerlendirilebilir. Uzun yıllardır bilimsel çalışmalar yürütülen bir biyolojik kalite bileşeni olduğundan kirliliğe karşı toleransı ve baskılara verdiği etkiler ile ilgili tarihi literatür bilgisi edinilmesi en kolay biyolojik kalite bileşenidir. Ayrıca tarihi veri elde

edinilebilmesi için bölgede uzun yıllardır balık avlamakta olan balıkçılarla konuşulması bile yeterli olacaktır (25), (21).

İnsan sağlığı veya ekolojik durum açısından bilinen potansiyel kirleticilerle ilgili bir endişe olduğu durumlarda büyük gövdeleri kirletici konsantrasyonlarının ölçülebilmesi için doku örnekleri alınmasına uygun olduğundan balıkların kullanılması, tercih edilir. Ayrıca uzun yaşam döngülerinden dolayı kirleticileri dokularında biriktirdikleri (biyoakümülyasyon) bilinmektedir (23), (25).

İzleme programlarında balığın kullanılmasının en önemli dezavantajı balığın hareketli olmasından dolayı örneklenmesinin zor olmasıdır. Bu nedenle farklı habitatlar ve balık davranışlarına göre farklı örnekleme yöntemleri geliştirilmiştir. Fakat her örnekleme yönteminin belirli türler ve balık boyutları ile ilgili zayıf yönleri olduğundan bu durum izleme programının oluşturulmasında ve sonuçların değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulmalıdır (23), (25). Balıkların sürüler halinde hareket etmesi örneklemenin kısa süreli olarak veya sınırlı bir bölgede yapılması durumunda varolan türlerin örneklenememesine yol açmaktadır (23). Tüm bu avantajlar ve dezavantajlar göz önünde bulundurulduğunda balık faunasının biyolojik izleme çalışmalarının bir parçası olması gerektiği ortadadır.

Bilindiği üzere bir su kütlesinde balık faunası ile ilgili sağlıklı bir değerlendirme yapılabilmesi için Su Çerçeve Direktifi ve Ulusal mevzuatımızda da belirtildiği üzere balık faunasının kompozisyonu, bolluğu ve boy ağırlık ilişkisi birlikte değerlendirilme ve örnekleme bu veriyi sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Balık örneklemesine ilişkin standardizasyonun sağlanması için Tablo 3.7’de yer alan standart dokümanlar kullanılmaktadır.

**Tablo 3.7** Balık örneklemesi için kullanılan standart dokümanlar

Standart No	Standart Adı
TS EN 14962 : 2006	Su kalitesi - Balık numunesi alma metotlarının kapsamı ve seçimine dair kılavuz
TS EN 14757 : 2015	Su kalitesi- Çoklu gözenekli ağlarla balık numunesi alınması
TS EN 14011 :2004	Su kalitesi-Elektrikle balık numunesi alma
TS EN 15910 : 2014	Su Kalitesi – Mobil hidroakustik yöntemlerle balık bolluğu tahmini için kılavuz

Mevcut durumda Tarım ve Orman Bakanlığınca yürütülen izleme çalışmalarında Su Yönetimi Genel Müdürlüğüne yayımlanan “Yerüstü Suları, Yeraltı Suları ve Sedimentten

Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği (21.02.2015 tarih ve 29274 sayılı RG)’nde yer alan standart dokümanlara uygun olarak örnekleme yapılmaktadır.

### 3.3.4.Makrofit

Makrofit terimi her ne kadar yüksek yapılı sucul ve karasal bitkileri ifade etse de; genel olarak çıplak gözle görülebilen, suda veya su ile ilişkili olan ortamlarda bulunan, fotosentetik organizmalardan oluşan, alglerden tohumlu bitkilere kadar farklı sistematik kategorilerde yer alabilen ağaçlar dışındaki sucul bitkileri ifade etmek için kullanılmaktadır.

Makrofitler su ekosisteminin önemli bir bileşeni olmakla birlikte, kirliliğin saptanmasında ve özellikle durgun su kütlelerinin kalitesinin belirlenmesinde önemli indikatör organizmalardır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Gölde makrofit örneği

#### 3.3.4.1. Makrofitlerin Ekolojik Rolü

Sucul bitkiler;

- Suya oksijen sağlarlar ve su ortamının dengesinin korunmasında önemlidirler.
- Birincil üreticiler olarak adlandırılan makrofitler ve fitoplankton klorofilleri sayesinde fotosentez olayı sonucu organik madde üretimini sağlarlar. Böylece bitkisel protein kaynaklarını oluştururlar ve sucul ortamdaki besin zincirinin ilk halkasıdır (Bolat, vd, 2015).
- Balıklar ve sucul yaşamdaki diğer canlılar için barınak, çeşitli omurgasızlara predatörlerinden kaçmak için sığınak, tutunma, dinlenme ve üreme alanlarıdır.



- Nehir ve göllerin kıyı bölgeleri ile su tabanındaki aşınmanın, erozyonunun, bulanıklığın ve sedimentin karışımının önlenmesinde temel göreve sahiptirler.
- Omurgalı ve omurgasız canlılar için besin kaynağını oluştururlar. Tropikal bölgelerde birçok yabancı tür yerliler tarafından yenilir, dolayısıyla insanların dahi doğrudan beslenmesinde önemlidir. Sazlıklardan hasır, çadır ve çatı yapımında faydalanılır, evcil hayvanların beslenmesinde, hastalıkları iyileştirmede ve tarlalarda gübre olarak kullanılır (Bolat, vd, 2015).
- Su kalitesinin iyileştirilmesinde ve biyolojik arıtmada önemlidirler.
- Küçük ve orta büyüklükteki akarsularda ötrofikasyonun ve nehir hidromorfolojisindeki değişikliklerin, göllerde ise nutrient durumu ve ötrofikasyonun iyi birer göstergesidir.
- Örnekleme ve tanımlanması kolay bir biyolojik kalite bileşeni olup, örnekleme ve analiz maliyeti düşüktür.

**Sucul bitkilerin dezavantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:**

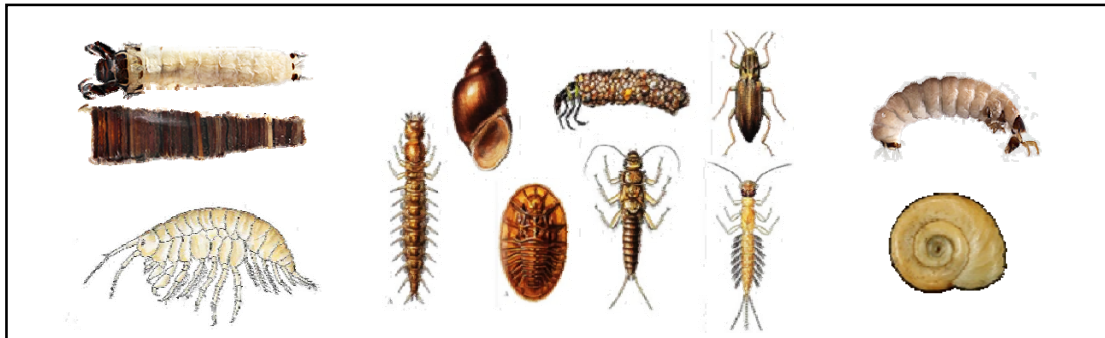
- Aşırı çoğaldıklarında suyun yüzeyini kaplayarak ışığın geçişini azaltırlar ve diğer canlıların gelişimini olumsuz yönde etkilerler.
- Aşırı çoğaldıklarında ölme ve çürümeleri sonucu suda organik madde artışına yol açarlar, parçalandıklarında oksijen tüketirler.
- İçme suyu amacıyla kullanılan barajlarda, tarımda sulama amacıyla kullanılan kanallarda, göl ve göletlerde sorunlar oluştururlar.
- Balık yetiştiriciliği ve avcılığı açısından problem oluşturabilirler.
- Büyük ve derin nehirler ile baraj göllerinde kullanımı uygun değildir.
- Avrupa Birliği Ülkelerinde nehirlerde ekolojik durum değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılan biyolojik kalite bileşenleri arasında değildir.
- Referans durum kriterlerinin oluşturulması ve su kütlesinin ekolojik kalite oranını belirlemek için ihtiyaç duyulan referans durumla karşılaştırma konusunda veri ve bilgi eksikliği bulunmaktadır.

Sucul flora yani makrofitlerin tepki vermesi uzun zaman gerektirdiği için su kalitesinin belirlenmesinde uzun dönemli göstergeler olarak kullanılabilirler. Çevresindeki değişikliklere hızlı tepki verebilen fitoplankton ve fitobentozla birlikte makrofitler göl ekosisteminin işleyişinde büyük bir öneme sahiptirler (26).

TS EN 14184- Akarsularda sucul makrofitlerin araştırılması için kılavuz standardı ve TS EN 15460 Göllerdeki makrofitlerin araştırılması için kılavuz standardı, nehirlerde ve göllerde yapılacak arazi çalışması ve laboratuvar çalışmaları sırasında uyulması gereken temel esasları tanımlamaktadır. Söz konusu standartlar, ön arazi çalışmalarında dikkat edilmesi gereken hususlar ile makrofit örnekleme metodlarını, muhafaza ve teşhis yöntemlerini içermektedir.

### 3.3.5. Bentik Makroomurgasızlar

Bentik makroomurgasızlar 0,5 mm göz açıklığına sahip elek üzerinde kalan, çıplak gözle görülebilen, omurgası olmayan, yaşamlarının tümünü veya büyük bir bölümünü su kütlelerinin tabanında çeşitli substratlarda (sediman, debris, kaya, sucul bitkiler vs.) geçiren canlılardır (27). Bentik makroomurgasızlar böcekler (Insecta), eklem bacaklılar (Arthropoda), halkalı solucanlar (Annelida), kurtlar (Oligochaetes), yumuşakçalar (Mollusca, Gastropoda) ve kabuklular (Crustacea) gibi çeşitli grupları içerir (Şekil 3.2 ve Tablo 3.8).



Şekil 3.2 Bentik makroomurgasızlar

Nehirler, göller, kıyı suları ve geçiş suları gibi çeşitli su kütlelerinde örneklenebilen bentik makroomurgasızlar aynı zamanda *makrozoobentoz* olarak da isimlendirilmektedir (Rossenberg, 1993). Genel olarak tatlı ve tuzlu sularda bulunabilecek makroomurgasızlar Tablo 3.1’de taksonomik gruplar olarak gösterilmektedir.

Tablo 3.8 Bentik makroomurgasız taksonomik grupları

Şube	Sınıf	Takım
<b>Annelida</b> ( <i>Halkalı</i> )	<b>Polychaeta</b>	<b>Oligochaeta</b> ( <i>Sucul</i> )

<i>Solucanlar)</i>	<b>Clitellata</b>	<i>Solucanlar)</i>
<b>Arthropoda</b> ( <i>Eklem Bacaklılar)</i>	<b>Insecta</b> ( <i>Böcekler</i> )	<b>Acanthobdellida</b>
<b>Mollusca</b> ( <i>Yumuşakçalar</i> )	<b>Malacostraca</b> ( <i>Kabuklular, Kerevit, Karides</i> )	<b>Arhynchobdellida</b>
<b>Bryozoa</b> ( <i>Deniz paspasları</i> )	<b>Arachnida</b>	<b>Diptera</b> ( <i>Çift kanatlılar, Sinek</i> )
<b>Chordata</b> ( <i>Sırt iplikliler, kordatlar</i> )	<b>Branchiopoda</b>	<b>Ephemeroptera</b> ( <i>Mayıs sinekleri</i> )
<b>Nemertea</b> ( <i>Şerit kurtlar</i> )	<b>Bivalvia</b> ( <i>Çift Kabuklular, Midye, İstiridyeye</i> )	<b>Coleoptera</b> ( <i>Kın kanatlılar, Beetles</i> )
<b>Cnidaria</b> ( <i>Sölenterler</i> )	<b>Gastropoda</b> ( <i>Karıncadan bacaklılar, Su Salyangozları</i> )	<b>Trichoptera</b> ( <i>Caddisfly</i> )
<b>Echinodermata</b> ( <i>Derisi dikenliler</i> )	<b>Anthozoa</b>	<b>Odonata</b> ( <i>Kız böcekleri, Yusufçuk</i> )
<b>Nematoda</b> ( <i>Yuvarlak solucanlar</i> )	<b>Hydrozoa</b>	<b>Hemiptera</b> ( <i>Yarım kanatlılar, True Bug</i> )
<b>Platyhelminthes</b> ( <i>Yassı Solucanlar</i> )	<b>Turbellaria</b>	<b>Plecoptera</b> ( <i>Taş sinekleri</i> )
<b>Porifera</b> ( <i>Süngerler</i> )		<b>Amphipoda</b>
<b>Rotifera</b>		<b>Isopoda</b>
		<b>Decapoda</b>
		<b>Ostreida</b> ( <i>Avrupa native İstiridyesi</i> )
		<b>Veneroidea</b> ( <i>Asya İstiridyesi</i> )
		<b>Unionoida</b> ( <i>Tatlı Su Midyeleri</i> )

Yaşamlarının tümünü veya büyük bir bölümünü suda geçirdiklerinden, hayatta kalmaları suyun kalitesine bağlıdır. Bentik makroomurgasızlar, sudaki bakteriler, ölü çürümüş bitki ve hayvanlar, odun parçaları ve döküntüleri yiyerek beslenirler. Su ekosistemindeki besin zinciri içerisinde önemli bir yere sahip olan canlılardır (28), (29).

Bentik makroomurgasız toplulukları su kütlelerine bağı olarak farklılık göstermekte ve farklı su kütleleri genellikle kendi karakteristik topluluklarına sahiptir. Nehir, göl, kıyı ve geçiş gibi büyük ölçekteki su kütlelerinde farklı türler yer alabildiği gibi, bir akarsu sisteminde farklı zonlarda farklı bentik makroomurgasız türleri yer alır.

### **3.3.5.1. Makroomurgasızlar ve Su Kalitesi**

Bentik makroomurgasızlar, ekolojik olarak su kalitesini (özellikle nehir, kıyı ve geçiş suyu kütleleri) değerlendirmek için en yaygın kullanılan organizma gruplarından biridir (Hellowell, 2012). Dünya ölçeğinde giderek artan bir şekilde, akarsular, nehirler, göller, geçiş suları ve kıyı suları gibi yüzey sularının ekolojik bütünlüğünü ve kalitesini belirleme, antropojenik kirliliğin etkilerini korumaya, iyileştirmeye ve yönetmeye yönelik yürürlüğe konulan Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (SÇD), Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD), ABD Temiz Su Yasası, ABD ve Kanada Okyanusları Yasası gibi direktif, politika ve mevzuatlarda (30), bentik makroomurgasızlar önemli bir yer teşkil etmektedir (31).

Bentik makroomurgasızlar farklı kimyasal ve fiziksel koşullara duyarlıdır (32). Su kalitesinde bir değişiklik meydana geldiğinde (suya deşarj edilen bir kirletici veya akış yönünde bir değişiklik vasıtasıyla) makroomurgasız komünite yapısı da değişebilir. Makroomurgasız topluluklarının bolluğu, taksonomik zenginliği veya özellikle Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera gibi belirli takson gruplarının zenginliği gibi ölçümler çeşitli çevresel parametrelerin su kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koymada rutin olarak kullanılmaktadır (33). Genel olarak, bentik makroomurgasızlar farklı antropojenik baskıları, taksonomik yapılarında veya işlevlerindeki değişikliklerle yansıtmaktadırlar. Organik kirliliğin yanı sıra, asidifikasyon, habitat kaybı ve su kütlesi akış rejimindeki bozulmaları saptamak için de bentik makroomurgasızlar kullanılmaktadır (31). Bu nedenle, bir su kütlesi içinde örneklenen makroomurgasız tür kompozisyonu o su kütlesinin kalitesini tayin etmek için kullanılabilir.

Su kalitesi belirlenirken biyolojik izleme çalışmalarında bentik makroomurgasızların daha yaygın kullanılmasındaki avantajları Tablo 3.9'da sunulmaktadır.

**Tablo 3.9** Bentik makroomurgasızların kullanım avantajları (27)'den özetlenerek alındı.)

Avantajları	
-	Her su kütlelerinde bulunurlar ve sucul ortamdaki habitatlarda meydana gelebilecek tüm değişikliklerden etkilenirler.
-	Çok sayıda türe sahip olmaları farklı tipteki etkilere karşı farklı tepkilerin verilmesini sağlar.
-	Hareketleri kısıtlıdır; genel olarak bulunduğu alana bağlı olarak yaşamaları nedeniyle buldukları ortamın koşullarını çok iyi temsil ederler.
-	Sucul ekosistemdeki besin zincirinde önemli bir yere sahiptirler.
-	Diğer sucul canlı türlerine göre daha uzun hayat döngülerine sahip olduklarından yılın her döneminde bulunup mevsimsel izleme için uyumludurlar.
-	Farklı sucul sistemlerde çok sayıda ve çeşitlilikte bulunup geniş bir dağılım gösterirler.
-	Baskılara kısa sürede cevap veren hassas türleri olmaları nedeniyle, zamana bağlı olarak meydana gelen çevresel değişimlerin belirlenmesinde etkilidirler.
-	Su kalitesi izleme amacıyla en çok tercih edilen canlılar olduklarından, bu çalışmalarla ilgili çok geniş bir literatür bilgisi ve tarihi veri mevcuttur.
-	Örnekleme, sayım ve familya düzeyinde teşhisleri kolaydır.

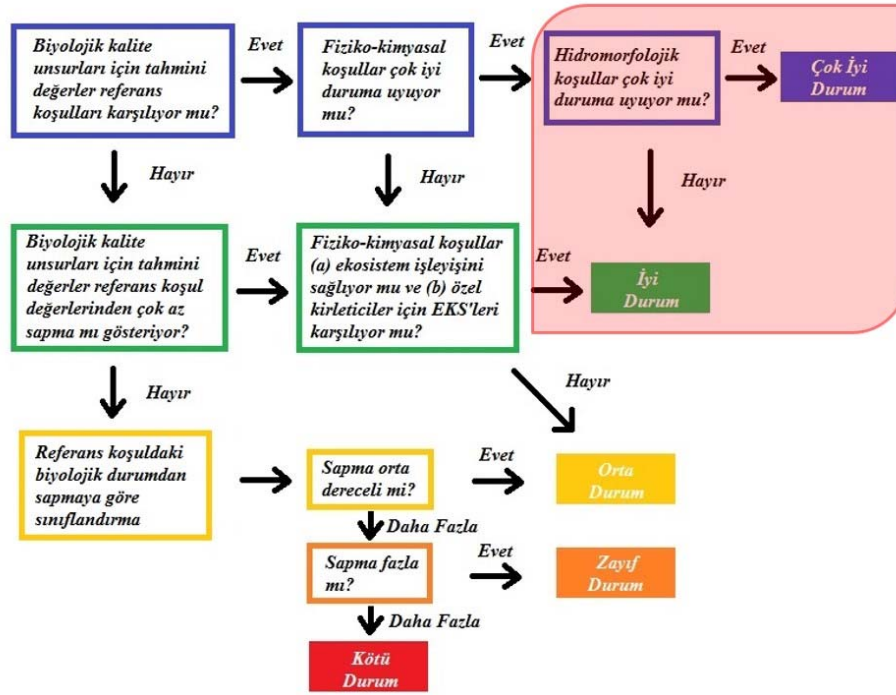
### 3.4 Hidromorfolojik Kalite

Hidromorfoloji, su kaynakları morfolojisinin orijini ve dinamiği ile ilgilenmektedir. Yerküre sisteminin dinamik morfolojik süreci ile ilgilenen jeomorfolojiye benzer olarak, Hidromorfoloji de doğal ve antropojenik etkilerin neden olduğu su kaynaklarının dinamik morfolojisiyle ilgilenmektedir (34).

Hidromorfolojik kalite bileşeni genel itibarı ile su kütlelerinin fiziksel, hidrolojik ve morfolojik karakteristiklerini ve bu karakteristiklerin altında yatan süreçleri inceleyen ve değerlendiren kalite bileşeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatüre bakıldığında hidromorfolojik kalite bileşenin su kalitesinin belirlenmesinde kullanılması 1950'li yıllara kadar dayandığı görülmektedir. Özellikle Amerika'da, habitat izlemesi ve değerlendirmesi kapsamında hidromorfolojik izleme ve değerlendirme çalışmaları, 1980'li yıllardan itibaren etkin bir şekilde yürütülmeye başlanmıştır (35).

2000 yılında yürürlüğe giren Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ile Avrupa Birliği ülkelerinde su kütlelerinin bütünsel bir bakış açısıyla ele alınmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. SÇD'de bütünsel bakış açısı için kimyasal su kalitesi izleme ve değerlendirme çalışmalarının yanında

ekolojik su kalitesi izleme ve değerlendirme çalışmalarının ise biyolojik kalite unsurları ile bu biyolojik kalite unsurlarını destekleyen fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite unsurlarını içermesi gerektiği SÇD Madde 8 Ek V’de belirtilmiştir. SÇD’ye göre su kütlelerinin nihai ekolojik durumu belirlenirken; hidromorfoloji kalite bileşeni su kütlelerinin “Çok İyi” veya “İyi” durumda olup olmadığını göstermektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 SÇD’ye Göre Nihai Ekolojik Durumunun Belirlenmesi

SÇD’de hidromorfolojiye ilişkin verilerden yola çıkarak, Hidromorfolojiyi “Su kütlelerine yapılan müdahalelerin ekolojik durum üzerine yaptığı etkilerinin belirlenmesi maksadıyla; suyun miktarında, akışında ve niteliğinde, su yatağında, kıyı şeridinde, su taban yapısında ve su içi ile kıyı habitatlarında meydana gelen değişimleri izlemek için yapılan ölçümler ile ekolojik durumu saptamak için yapılan çalışmalar” olarak tanımlayabiliriz (35).

Su kütlelerinin hidromorfolojik kalitesini ortaya koyabilmek için öncelikli olarak su kütleleri üzerinde yapılan fiziksel ve hidrolojik müdahalelere ve su kütlelerinin fiziksel, morfolojik, hidrolojik ve niteliksel durumlarına ilişkin bilgilerin sahadan toplanması ve sonrasında bu bilgilerden yola çıkarak fiziksel ve hidrolojik müdahaleler sonucunda su kütlelerinin doğal durumdan ne kadar değiştiğini ortaya koymak gerekmektedir. Hidromorfolojik kalite bileşeni

esasında su kütlesi üzerinde yaşayan sucul canlıların habitatındaki değişimi ve potansiyeli ortaya koymayı hedeflemektedir.

SÇD'ye göre nehirlerin hidromorfolojik kalite durumu belirlenirken, nehirlerin hidrolojik rejim, sürekliliği ve morfolojik koşullarının değerlendirilmesi gerekmektedir (Tablo 3.10).

**Tablo 3.10** SÇD'ye göre nehir hidromorfolojik parametreleri

	<b>Alt Unsur</b>
<b>Hidrolojik Rejim</b>	Suyun miktar ve dinamikleri
	Yeraltı suyu ile bağlantı
<b>Nehir Sürekliliği</b>	Bariyer sayısı ve tipi
	Sucul canlıların geçişi
<b>Morfolojik Koşullar</b>	Nehir derinlik ve genişlik değişimi
	Nehir yatağının yapısı ve dip materyali (substratı)
	Kıyı bölgesinin yapısı
	Akış Hızı
	Kanal Özellikleri

SÇD'ye göre göllerin hidromorfolojik kalite durumu belirlenirken, göllerin hidrolojik rejim, ve morfolojik koşullarının değerlendirilmesi gerekmektedir (Tablo 3.11).

**Tablo 3.11** SÇD'ye göre göl hidromorfolojik parametreleri

	<b>Alt Unsur</b>
<b>Hidrolojik Rejim</b>	Suyun Miktarı ve Dinamikleri
	Yenilenme Süresi
	Yeraltı Suyu ile bağlantı
<b>Morfolojik Koşullar</b>	Göl derinlik değişimi
	Göl yatağının yapısı ve dip materyali ve miktarı (substratı)

---

Göl kıyısının yapısı

---

SÇD'ye göre geçiş suyunun hidromorfolojik kalite durumu belirlenirken, geçiş suyunun gelgit rejimi ve morfolojik koşullarının değerlendirilmesi gerekmektedir (Tablo 3.12).

**Tablo 3.12** SÇD'ye göre geçiş suyu hidromorfolojik parametreleri

	<b>Alt Unsur</b>
<b>Morfolojik Koşullar</b>	Derinlik değişimi
	Yatağın yapısı, dip materyali (substratı) ve miktarı
	Gelgit bölgesinin yapısı
<b>Gelgit Rejimi</b>	Tatlı su akışı
	Dalgaya maruziyet

SÇD'ye göre kıyı sularının hidromorfolojik kalite durumu belirlenirken, kıyı sularının gelgit rejimi, ve morfolojik koşullarının değerlendirilmesi gerekmektedir (Tablo 3.13).

**Tablo 3.13** SÇD'ye göre kıyı suyu hidromorfolojik parametreleri

	<b>Alt Unsur</b>
<b>Morfolojik Koşullar</b>	Derinlik değişimi
	Yatağın yapısı, dip materyali (substratı) ve miktarı
	Gelgit bölgesinin yapısı
<b>Gelgit Rejimi</b>	Baskın akıntının yönü
	Dalgaya maruziyet

Avrupa Birliği üye ülkeleri, SÇD'ye göre su kütlesinin hidromorfolojik kalitesini ortaya koymak amacıyla hidromorfolojik izleme ve değerlendirme çalışmalarını kapsayan hidromorfolojik indeksler kullanılmaktadır. Söz konusu indeksler kullanılarak, Hidrolojik ve



morfolojik izlemeler sonucu yapılan değerlendirmelerle, doğal durumdan olan sapmalar belirlenerek, hidrolojik ve morfolojik değişikliklerin biyolojik kalite elementleri üzerindeki etkileri tespit edilmektedir.

### **3.5 Ulusal Ve Uluslararası Mevzuat**

#### **3.5.1 Ulusal Mevzuat**

##### ***1982 Anayasası***

Su kaynakları konusunda temel çerçeveyi 1982 Anayasamız çizmektedir. Bu minvalde “Tabii servetlerin ve kaynakların aranması ve işletilmesi” başlıklı 168 inci maddesi uyarınca; *“Tabii servetler ve kaynaklar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı Devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Hangi tabii servet ve kaynağın arama ve işletmesinin, Devletin gerçek ve tüzel kişilerle müşterek olarak veya doğrudan gerçek ve tüzel kişiler eliyle yapılması kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken şartlar ve Devletçe yapılacak gözetim, denetim usûl ve esasları ve müeyyideler kanunda gösterilir.”* hükmü amirdir.

1982 Anayasası 56’ncı Madde, Sağlık hizmetleri ve çevrenin korunması

*“Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir. Devlet herkesin hayatını beden ve ruh sağlığı içinde sürdürmesini sağlama; insan ve madde gücünde tasarruf ve verimi artırarak, işbirliğini gerçekleştirmek amacıyla sağlık kuruluşlarını tek elden planlayıp hizmet vermesini düzenler. Devlet, bu görevini kamu ve özel kesimdeki sağlık ve sosyal kurumlardan yararlanarak, onları denetleyerek yerine getirir. Sağlık hizmetlerinin yaygın bir şekilde yerine getirilmesi için kanunla genel sağlık sigortası kurulabilir”*

##### ***18/3/1924 Tarihli ve 442 Sayılı Köy Kanunu***

Kanun ile köy muhtarı ve ihtiyar heyetine, köye kapalı yoldan içilecek su getirmek ve çeşme yapmak, evlerden dökülecek pis suların kuyu, çeşme, pınar sularına karışmayarak ayrıca akıp gitmesi için üstü kapalı akıntı yapmak ve bunlara benzer vazifeler verilmiştir.

##### ***28/4/1926 Tarihli ve 831 Sayılı Sular Hakkında Kanun***

Osmanlı İmparatorluğu döneminde şehir hizmetleri kısmen devlet teşkilatı kısmen de vakıflar eliyle yürütölmekteydi. Belediye teşkilatları kurulduktan sonra dahi şehir, kasaba ve köylere su sağlama vazifesi vakıflar aracılığıyla yerine getirilmiştir. 1926 yılında yürürlüğe giren

Sular Hakkında Kanun ile reform niteliğinde bir değişiklik yapılmış ve şehir, kasaba ve köylerin kullanımına ait vakıf sularının yönetimi ilgili yerel yönetime devredilmiştir.

Cumhuriyet döneminin içme suyu konusunu düzenleyen ilk kanunu olan Sular Hakkında Kanun ile şehir, kasaba ve köylerde kamunun ihtiyacını karşılamaya özgü suların tedariki ve yönetimi vazifesi, belediye teşkilatı olan yerlerde belediyelere, belediye olmayan yerlerde ise Köy Kanunu uyarınca köy ihtiyar heyetlerine verilmiştir.

#### ***4/1/1943 Tarihli ve 4373 Sayılı Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Korunma Kanunu***

Bu Kanun, taşkınların önlenmesini veya taşkın sonrasında doğabilecek zararların en aza indirilmesini sağlamak üzere getirilen hükümler ihtiva etmektedir.

#### ***24.06.1935 Tarihli ve 3036 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 2819 sayılı Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Teşkiline Dair Kanun***

24.06.1935 tarih ve 3036 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 2819 sayılı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Teşkiline Dair Kanun ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü kurulmuş ve memleketin hidrolik potansiyelini tespit için çalışmalar yapmak ve enerji ekonomisine en uygun yeraltı ve su kaynaklarını tespit ederek memleketin elektrifikasyon planlamasını hazırlamak üzere görevlendirilmiştir. Bu Genel Direktörlük faaliyetlerini farklı bakanlıklara bağlı olarak sürdürmüş, 1964 yılında mülga Başbakanlık talimatıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)'ye bağlanmıştır. 19.02.1985 tarih ve 3154 sayılı Kanunun geçici 5. maddesi ile Kurumun adı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) olarak değiştirilmiştir. EİE, 2 Kasım 2011'de 662 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile kapatılmış ve Kurumun görevlerinin bir kısmı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne devredilmiştir. EİE, kurulduğu tarihten mülga olduğu tarihe kadar ülkemizin hidroelektrik potansiyelinin %65 'inin belirlenmesi ve değerlendirilmesi kapsamında önemli çalışmalar yapmış ilk Kurum olması nedeniyle Türkiye Cumhuriyeti tarihinde önemli bir görevi yerine getirmiştir.

#### ***08/02/2011 tarihli ve 27840 sayılı İller Bankası Anonim Şirketi Hakkında kanun***

6107 sayılı kanun ile; il özel idareleri, belediyeler ve bağlı kuruluşları ile münhasıran bunların üye oldukları mahalli idare birliklerinin finansman ihtiyacını karşılamak, bu idarelerin sınırları içinde yaşayan halkın mahalli müşterek hizmetlerine ilişkin projeler geliştirmek, bu idarelere danışmanlık hizmeti vermek ve teknik mahiyetteki kentsel projeler ile alt ve üstyapı işlerinin yapılmasına yardımcı olmak ve her türlü kalkınma ve yatırım bankacılığı işlevlerini yerine getirmekle vazifelendirilmektedir.

### ***18/12/1953 Tarihli ve 6200 Sayılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun***

6200 sayılı Kanun ile kamu tüzel kişiliğine haiz ve özel bütçeli bir kuruluş olan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü vaz olunmakta ve başlıca yerüstü ve yeraltı sularının zararlarını önlemek ve/veya bunlardan çeşitli yönlerden faydalanmak, taşkın sular ve sellere karşı koruyucu tesisler meydana getirmek, sulama tesislerini kurmak, sulak alanları ıslah etmek, akarsularda ıslahat yapmak ve icap edenleri seyrüsefere elverişli hale getirmek hususlarında vazifelendirilmektedir.

### ***9/5/1960 Tarihli ve 7478 Sayılı Köy İçme Suları Hakkında Kanun***

Sular Hakkında Kanun, köy suları hakkında köy yönetimini vazifelendirmişken, 1960 yılında kabul edilen bu kanun, köylerin içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarının DSİ tarafından karşılanacağını öngörmekte ve bu suların dağıtım ve tahsisinde izlenecek usul ve esaslara ilişkin hükümler ihtiva etmektedir.

### ***16/12/1960 Tarihli ve 167 Sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun***

Bu Kanun yeraltı sularının mülkiyeti ve işletilmesi hususlarını hüküm altına alan hususi bir kanundur. Bu kanuna göre yeraltı suları genel sular arasında bulunup devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Kanun, yeraltı sularının kullanılması, araştırılması, işletilmesi, tahsisi, korunması ve tescili konusunda Devlet Su İşleri (DSİ)'ni yetkilendirmektedir.

### ***3/7/1968 Tarihli ve 1053 Sayılı Belediye Teşkilâtı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun***

Bu kanun uyarınca; Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Kamu Yatırım Programında yer almak şartıyla belediye teşkilâtı olan yerleşim yerlerinin içme, kullanma ve sanayi suyunun temini hizmetleri ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün sağlık ve çevre açısından acil tedbirler alınmasını gerekli gördüğü öncelikli atık su arıtma ile alakalı yatırım hizmetleri için gelecek yıllara yaygın yüklenmelere girişmeye Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü yetkili kılınmıştır. Kanunda, barajlar, isale hatları ve tasfiye tesislerinin DSİ tarafından depo ve tevzi şebekelerinin ise belediyeler tarafından yapılması, meydana getirilecek isale hatları ve tasfiye tesislerinin bir protokol ile alakalı belediyelere devredilmesi ve belediyelerce işletilmesi hüküm altına alınmıştır.

### ***22/3/1971 Tarihli ve 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu***

Kanun; denizler, iç sular ve suni olarak yapılmış havuz, baraj, gölet, dalyan ve çiftlik gibi tesislerde tabii veya suni olarak istihsal edilen, yetiştirilen su bitkileri, balıklar, süngerler, yumuşakçalar, kabuklular, memeliler, sürüngenler gibi canlılarla bunlardan imal edilen ürünlere

dair hususları düzenlemektedir. Ayrıca denizler ve iç sularda, su ürünlerinin üretim, geliştirme, avcılık yönetimi, denetim ve kontrolleri ile istihsal sahaları ve istihsal usullerine ilişkin iş ve işlemleri yapma yetkisinin düzenlendiği bu kanunun yürütülmesi görevi Tarım ve Orman Bakanlığına verilmiştir.

#### ***20/11/1981 Tarihli ve 2560 Sayılı İSKİ Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun***

Bu kanun, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin vazife alanına giren yerlerde içme, kullanma ve sanayi suyu temini; atık ve yağmur suyunun uzaklaştırılmasını sağlanması ile bu sulardan yeniden yararlanılması için gerekli tesisleri kurmak ve işletmek gibi hususlarla birlikte su kaynaklarının, sanayi artıkları ile kirletilmesini, bu kaynaklarda suların kaybına veya azalmasına yol açacak tesis kurulmasını ve bu tür faaliyetlerde bulunulmasını önlemek, bu konuda her türlü teknik, idari ve hukuki tedbiri alma hususunda İSKİ'nin yetki ve görevlerini düzenlemektedir.

Kanun'un ek 5 inci maddesi hükmü uyarınca; İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, diğer büyükşehir belediyelerine de uygulanmaktadır.

#### ***20/5/1982 Tarihli ve 2674 Sayılı Karasuları Kanunu***

Karasuları Kanunu uyarınca; Türk karasuları Türkiye ülkesine dâhildir ve kural olarak genişliği altı deniz milidir. Ancak Bakanlar Kurulu, belirli denizler için, o denizlerle alakalı bütün özellikleri ve durumları göz önünde bulundurmamak ve hakkaniyet ilkesine uygun olmak şartıyla, altı deniz milinin üstünde karasuları genişliği tespit etmeye yetkili kılınmıştır. Türkiye ile kıyıları bitişik veya karşılıklı olan devletlerarasında karasularının, bölgenin bütün özellikleri göz önünde bulundurularak ve hakkaniyet ilkesi esas alınmak suretiyle, antlaşma ile sınırlandırılabilen de hüküm altına alınmıştır.

#### ***09/08/1983 Tarihli ve 2872 Sayılı Çevre Kanunu***

2006 yılında önemli değişikliklere uğrayan Çevre Kanunu, özellikle su kaynaklarını çevrenin en temel öğelerinden biri olarak görmekte ve su kaynaklarının korunmasına ilişkin düzenlemeler ihtiva etmektedir. Kanun genel olarak çevrenin korunması ve çevre kirliliğinin giderilmesine ilişkin usul ve esasları tespit etmektedir. Bunun yanı sıra denetim ve yaptırıma ilişkin hükümler ihtiva etmektedir.

Kanun'un 9 uncu maddesi he bendine göre; Sulak alanların doğal yapılarının ve ekolojik dengelerinin korunması esastır. Sulak alanların doldurulması ve kurutulması yolu ile arazi kazanılamaz. Bu hükme aykırı olarak arazi kazanılması halinde söz konusu alan faaliyet sahibince eski haline getirilir.

Kanununun 20 nci maddesi, Kanunda öngörülen yasaklara ve sınırlamalara aykırı olarak ülkenin egemenlik alanlarındaki denizlerde ve yargılama salahiyetine tâbi olan deniz salahiyet alanlarında ve bunlarla bağlantılı sulara, tabî veya sunî göller ve baraj gölleri ile akarsuları kirletenler hakkında idarî para cezası tesis edilmesini hükme bağlamıştır.

#### ***9/5/1985 Tarihli ve 3202 Sayılı Köye Yönelik Hizmetler Kanunu***

Bu Kanun, köy ve bağlı yerleşim birimlerinde toprak ve su kaynaklarının, kalkınma plan ve programlarında yer alan ilke ve politikalara uygun bir şekilde, verimli kullanılması, korunması, geliştirilmesinin sağlanması, yol, içme suyu, kanalizasyon ve sulama gibi hizmetlerin yerine getirilmesi ile ilgili esasları düzenlemektedir.

#### ***4/4/1990 Tarihli ve 3621 Sayılı Kıyı Kanunu***

Kıyı Kanunu denizler, tabii ve suni göller ve akarsu kıyıları ile deniz ve göllerin kıyılarını çevreleyen sahil şeritlerine ait düzenlemeleri ve bu yerlerden kamu yararına yararlanma esaslarını düzenlemiştir.

#### ***22/11/2001 Tarihli ve 4721 Sayılı Medeni Kanun***

4721 sayılı Medeni Kanun'da su; kamuya ait su kaynakları ile özel hukuk ve özel mülkiyet kapsamındaki su kaynakları olmak üzere iki kategoride ele alır. Bu sınıflandırma Medeni Kanun'un 715 inci maddesinde yer almaktadır:

*“Sahipsiz yerler ile yararı kamuya ait mallar, Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır.*

*Aksi ispatlanmadıkça, yararı kamuya ait sular ile kayalar, tepeler, dağlar, buzullar gibi tarıma elverişli olmayan yerler ve bunlardan çıkan kaynaklar, kimsenin mülkiyetinde değildir ve hiçbir şekilde özel mülkiyete konu olamaz.*

*Sahipsiz yerler ile yararı kamuya ait malların kazanılması, bakımı, korunması, işletilmesi ve kullanılması özel kanun hükümlerine tâbidir.”*

Medeni Kanun'un 756 ncı maddesi ise kaynakları özel mülkiyet içinde düzenlemektedir. Söz konusu madde;

*“Kaynaklar, arazinin bütünleyici parçası olup, bunların mülkiyeti ancak kaynadıkları arazinin mülkiyeti ile birlikte kazanılabilir.*

*Başkasının arazisinde bulunan kaynaklar üzerindeki hak, bir irtifak hakkı olarak tapu kütüğüne tescil ile kurulur.*

*Yeraltı suları, kamu yararına ait sularandır. Arza malik olmak, onun altındaki yeraltı sularına da malik olmak neticesini doğurmaz.*

*Arazi maliklerinin yeraltı sularından yararlanma biçimi ve ölçüsüne ilişkin özel kanun hükümleri saklıdır.” hükmünü amirdir.*

Mülga 17/02/1926 tarihli ve 743 sayılı Türk Medeni Kanunu'nun 679 uncu maddesindeki; “Kaynak, arzın mütemmim bir cüzü olup mülkiyeti, kaynadıkları toprağın mülkiyeti ile beraber iktisap olunur. Başkasının arzındaki kaynaklardan istifade irtifak hakkı olarak tapu siciline kayıt ile tesis olunur. Yer altındaki sular kaynaklar gibidir.” şeklindeki hüküm, 23/11/1960 tarihli ve 138 sayılı Kanunla değiştirilerek; “Kaynak, arzın mütemmim bir cüz'ü olup mülkiyeti, kaynadıkları toprağın mülkiyeti ile beraber iktisap olunur. Başkasının arzındaki kaynaklardan istifade, irtifak hakkı olarak, tapu siciline kayıt ile tesis olunur. Yeraltı suları, genel olarak, menfaati umuma ait sularandır. Bir arza malik olmak, onun altındaki suya malik olmayı tazammun etmez. Yeraltı sularından arz maliklerinin istifade şekli ve bunun derecesi, mahsus kanunlarında gösterilir.” hükmü vazolunmuştur. Böylece yeraltı sularının hukuki statüsü kaynaklardan ayrılmıştır.

#### **10/7/2004 Tarihli ve 5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu**

Büyükşehir Belediyesi Kanunu, sürdürülebilir kalkınma ilkesinin uygulanarak Büyükşehir Belediyelerinde çevrenin, tarım alanlarının ve su havzalarının korunmasını sağlamayı hedeflemektedir. Ayrıca su ve kanalizasyon hizmetlerini yürütmek, bunun için gerekli baraj ve diğer tesisleri kurmak ve işletmek; derelerin ıslahını yapmak, kaynak suyu veya arıtma sonunda üretilen suları pazarlamak hususunda Belediyelere vazife ve salahiyet vermektedir.

#### **22/02/2005 Tarihli ve 5302 Sayılı İl Özel İdaresi Kanunu**

Kanunda, gençlik ve spor, sağlık, tarım, sanayi ve ticaret: Belediye sınırları il sınırı olan Büyükşehir Belediyeleri hariç ilin çevre düzeni planı, bayındırlık ve iskan, toprağın korunması, erozyonun önlenmesi, kültür, sanat, turizm, sosyal hizmet ve yardımlar, yoksullara mikro kredi verilmesi, çocuk yuvaları ve yetiştirme yurtları; ilk ve orta öğretim kurumlarının arsa temini, binaların yapımı, bakım ve onarımı ile diğer ihtiyaçlarının karşılanmasına ilişkin hizmetlerin il sınırları içinde, imar, yol, su, kanalizasyon, katı atık, çevre, acil yardım ve kurtarma; orman

köylerinin desteklenmesi, ağaçlandırma, park ve bahçe tesisine ilişkin hizmetlerin belediye sınırları dışında yapılmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektedir.

***10/05/2005 Tarihli ve 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Maksatlı Kullanımına İlişkin Kanun***

Kanunda, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi maksatlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu gayelerin gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi hedeflenmiş ve yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esaslar düzenlenmiştir.

***26/5/2005 Tarihli ve 5355 sayılı Mahalli İdare Birlikleri Kanunu***

Bu Kanunun amacı, mahalli idare birliklerinin hukuki statüsünü, kuruluşunu, organlarını, yönetimini, görev, yetki ve sorumlulukları ile çalışma usul ve esaslarını düzenlemektir. İlçelerde, tarım ürünlerinin pazarlanması hariç olmak üzere, yol, su, kanalizasyon ve benzeri altyapı tesislerinin köylere ait diğer hizmetlerin yürütülmesine yardımcı olmak, bizzat yapmak, yaptırmak ve kırsal kalkınmayı sağlamak üzere, tüm köylerin iştiraki ile o ilçenin adını taşıyan, köylere hizmet götürme birliği kurulmasına ilişkin usul ve esaslar düzenlenmiştir.

***13/7/2005 Tarihli ve 5393 Sayılı Belediye Kanunu***

Mezkur kanun ile Belediyelere yerel bazda içme, kullanma ve sanayi suyu sağlamak; atık ve yağmur suyunun uzaklaştırılmasını sağlamak, bunlar için gerekli tesisleri kurmak ve işletmek gibi salahiyet ve vazifeler verilmektedir.

***3/6/2007 Tarihli ve 5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu***

Bu Kanun, belirlenmiş veya belirlenecek jeotermal ve tabii mineralli su kaynakları ile jeotermal kökenli gazların arama ve işletme dönemlerinde, kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması, devredilmesi, terk edilmesi, kaynak kullanımının ihale edilmesi, sona erdirilmesi, denetlenmesi, kaynak ve kaptajın korunması ile alakalı usul ve esaslar ile yaptırımları ihtiva etmektedir.

***08/03/2011 Tarihli ve 6172 Sayılı Sulama Birlikleri Kanunu***

Sulama Birlikleri Kanunu ile, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilmiş veya halen inşa edilmekte olan ya da inşa edilmesi planlanan sulama tesislerini gayelerine uygun

şekilde kullanmak, işletmek, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün onayını almak suretiyle işletirmek, bu tesislerin bakım, onarım ve yönetim sorumluluğunu yürütmek, tesisi geliştirmeye yönelik yeni projeler yapmak, yaptırmak veya tesisi yenilemekle vazifeli sulama birliklerinin kuruluşu, organlar ile vazife ve yetkileri düzenlenmiştir.

#### ***14.03.2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu***

Bu Kanun uyarınca; elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanması hedeflenmiştir. Hidrolik kaynaklar için üretim lisansı almak maksadı ile su kullanım hakkı anlaşması imzalamak üzere yapılan başvurularda; su kullanım hakkı anlaşması imzalanacak tüzel kişiyi belirleme hususunun DSİ'nin yetkisinde olduğu ve elektrik üretim lisanslarının ise EPDK tarafından verileceği düzenlenmiştir.

#### ***20/7/1961 Tarihli ve 5/1465 Sayılı Yeraltı Suları Tüzüğü***

Yeraltı Suları Tüzüğü, 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun'un uygulanmasını göstermek üzere yayınlanmıştır. Mezkûr tüzük uyarınca yer altı suyu işletme sahaları, el ile açılan kuyular, belge alınması gerekli kuyular, belge alınması için gereken usul ve esaslar, yeraltı suyu ile ilgili işlerin kontrolü, yeraltı suyu ve tesislerinin korunması, faydalı ihtiyaç komşu hakkı ve yer altı suyu işletme sahaları gibi hususlar detaylı bir şekilde düzenlenmiştir.

#### ***15/5/1959 Tarihli ve 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun***

Deprem (Yer sarsıntısı), yangın, su baskını, yer kayması, kaya düşmesi, çığ benzeri afetlerde; yapıları ve kamu tesisleri genel hayata etkili olacak derecede zarar gören veya görmesi muhtemel olan yerlerde alınacak tedbirlerle yapılacak yardımlar hakkında usul ve esaslara ilişkin hükümler ihtiva etmektedir.

#### ***17/06/2009 Tarihli ve 5902 Sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı(AFAD)'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun***

Afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere, İçişleri Bakanlığı'na bağlı AFAD Başkanlığı'nın kurulması, afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetlerin ülke düzeyinde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması, olay meydana gelmesinden önce hazırlık ve zarar azaltma, olay sırasında yapılacak müdahale ile



olay sonrasında gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarını yürüten kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanması ve bu konularda politikaların üretilmesi ile ilgili hususlar düzenlenmektedir.

Mevzuatla ilgili özet bilgiler Tablo 3.14’de verilmiştir.

**Tablo 3.14** Su ile alakalı ulusal mevzuat

<b>MEVZUAT ADI</b>	<b>DURUMU</b>
<b>Sular Kanununun Uygulanışını Gösteren Tüzük</b>	29/08/1928 tarihli ve 976 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Taşkın Suları ve Su Baskınlarına Karşı Korunma Kanunu</b>	21/01/1943 tarihli ve 5310 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İl İdaresi Kanunu</b>	18/6/1949 tarihli ve 7236 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanunu</b>	25/12/1953 tarihli ve 8592 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler ve Yapılacak Yardımlar Hakkındaki Kanun</b>	25/5/1959 tarihli ve 10213 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yeraltısuları Hakkında Kanun</b>	23/12/1960 tarihli ve 10688 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Elektrik İşleri Etüt İdaresi Teşkiline Dair Kanun ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü’nün Kuruluş Kanunu</b>	24.06.1935 tarihli ve 3036 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır.
<b>Yeraltı Suları Tüzüğü</b>	08/08/1961 tarihli ve 10875 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Her türlü yol planlaması inşasında karayolu yol boyu mühendislik yapıları için Afet Yönetmeliği</b>	07/12/1966 tarihli ve 126369 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Afetlerin Genel Hayata Etkililiğine İlişkin Temel Kurallar Hakkında Yönetmelik</b>	22/09/1968 tarihli ve 13007 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Her türlü yol planlaması inşasında karayolu yol boyu mühendislik yapıları için Afet Yönetmeliği</b>	07/12/1966 tarihli ve 126369 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>DSİ Yeraltısuları Teknik Yönetmeliği</b>	23/06/1972 tarihli ve 14224 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Tabii Afetlerden Zarar Gören Çiftçilere Yapılacak Yardımlar Hakkındaki kanun</b>	5/7/1977 tarihli ve 15987 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>Tabii Afetlerden Zarar Gören Çiftçilere Yapılacak Yardımlar Hakkındaki kanun</b>	5/7/1977 tarihli ve 15987 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>İSKİ Kanunu</b>	23/11/1981 tarihli ve 17523 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır

<b>Çevre Kanunu</b>	11/08/1983 tarihli ve 18132 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>Taşınmaz Mal Zilyetliğine Yapılan Tecavüzlerin Önlenmesi Hakkındaki Kanun</b>	15/12/1984 tarihli ve 18606 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Köye Yönelik Hizmetler Hakkında Kanun</b>	22/5/1985 tarihli ve 18761 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği</b>	02/11/1985 tarihli ve 18916 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Taşınmaz Mal Zilyetliğine Yapılan Tecavüzlerin Önlenmesi Hakkındaki Kanun</b>	15/12/1984 tarihli ve 18606 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği</b>	02/11/1985 tarihli ve 18916 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İmar Kanunu</b>	9/5/1985 tarihli ve 18749 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>Taşınmaz Mal Zilyetliğine Yapılan Tecavüzlerin Önlenmesi Hakkında Kanun Uygulama Şekli ve Esaslarına Dair Yönetmelik</b>	31/07/1985 tarihli ve 18828 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Taşınmaz Mal Zilyetliğine Yapılan Tecavüzlerin Önlenmesi Hakkında Kanun Uygulama Şekli ve Esaslarına Dair Yönetmelik</b>	31/07/1985 tarihli ve 18828 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Sulama Alanlarında Arazi Düzenlemesine Dair Tarım Reformu Kanunu</b>	01/12/1984 tarihli ve 18592 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Meteoroloji Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun</b>	14/01/1986 tarihli ve 18988 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Su Ürünleri Yönetmeliği</b>	10/03/1995 tarihli ve 22223 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Tabii Afet Nedeniyle Meydana Gelen Hasar ve Tahribata İlişkin Hizmetlerin Yürütülmesine Dair Kanun</b>	25/7/1995 tarihli ve 2235 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Tabii Afet Nedeniyle Meydana Gelen Hasar ve Tahribata İlişkin Hizmetlerin Yürütülmesine Dair 4123 Sayılı Kanun</b>	25/7/1995 tarihli ve 2235 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği</b>	29/06/2004 tarihli ve 25507 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik</b>	01/12/2004 tarihli ve 25657 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği</b>	31/12/2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Büyükşehir Belediyesi Kanunu</b>	23/7/2004 tarihli ve 25531 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Belediye Kanunu</b>	13/7/2005 tarihli ve 25874 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü</b>	26/11/2005 tarihli ve 26005 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.

<b>Yönetmeliği</b>	
<b>Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik</b>	01/12/2004 tarihli ve 25657 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik</b>	17/02/2005 tarihli ve 25730 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İl Özel İdaresi Kanunu</b>	04/03/2005 tarihli ve 25745 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Mahalli idare Birlikleri Kanunu</b>	26/05/2005 tarihli ve 25842 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği</b>	09/01/2006 tarihli ve 26048 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Tarım Kanunu</b>	25/4/2006 tarihli ve 26148 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İskan Kanunu</b>	26/09/2006 tarihli ve 26301 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği</b>	08/01/2006 tarihli ve 26047 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Kum Çakıl ve Benzeri maddelerin Alınması, İşletilmesi Ve Kontrolü Yönetmeliği</b>	08/12/2007 tarihli ve 26724 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği</b>	11/12/2007 tarihli ve 26727 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Arazi Toplulaştırmasına İlişkin Tüzük</b>	24/7/2009 tarihli ve 27298 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği</b>	10/10/2009 tarihli ve 27372 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği İdari Usuller Tebliği</b>	10/10/2009 tarihli ve 27372 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki 5902 Sayılı Kanunu</b>	17/6/2009 tarihli ve 27261 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>Akarsu ve Dere Yataklarının Islahı ile ilgili 2010/5 Sayılı Başbakanlık Genelgesi</b>	19/02/2010 tarih ve 2010/5 Sayılı Başbakanlık Genelgesi
<b>Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği</b>	20/03/2010 tarihli ve 27527 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Atıksu Altyapı ve Evsel Katı Atık Bertaraf Tesisleri Tarifelerinin Belirlenmesinde Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Yönetmelik</b>	27/10/2010 tarihli ve 27742 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İller Bankası Anonim Şirketi Hakkında Kanun</b>	08/02/2011 tarihli ve 27840 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yüzme Havuzlarının Tabi Olacağı Sağlık Esasları Hakkında Yönetmelik</b>	06/03/2011 tarihli ve 27866 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Sulama Birlikleri Kanunu</b>	22/03/2011 tarihli ve 27882 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.

<b>Su Arıtma Sistemi Yönergesi</b>	28/10/2011 tarihli Sağlık Bakanlığı oluru
<b>Orman ve Su İşleri Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname</b>	04/07/2011 tarihli ve 27984 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun</b>	31 /5/2012 tarihli ve 28309 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun</b>	31 /5/2012 tarihli ve 28309 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik</b>	07/04/2012 tarihli ve 28257 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik</b>	29/06/2012 tarihli ve 28338 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği</b>	30/11/2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Genelgesi</b>	20/03/2013 tarihli ve 1919 sayılı Genelge
<b>Elektrik Piyasası Kanunu</b>	30.03.2013 tarihli ve 28603 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yeraltı Suyu Yönetimi Eylem Planı Genelgesi</b>	11.07.2013 tarihli ve 2013/5 sayılı Genelge
<b>Alabalık ve Sazan Türü Balıkların Yaşadığı Suların Korunması ve İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik</b>	12/01/2014 tarihli ve 28880 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yüzeysel Sular ve Yer altı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik</b>	11/02/2014 tarihli ve 28910 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır..
<b>Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ</b>	26/02/2014 tarihli ve 28925 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği</b>	04/04/2014 tarih ve 28962 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği</b>	08/05/2014 tarihli ve 28994 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İçme-Kullanma Suyu İzleme Faaliyetleri Genelgesi</b>	2014/25 Sayılı Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Başkanlığı Genelgesi
<b>Dere Yatakları ve Taşkınlar ile ilgili Başbakanlık Genelgesi</b>	09/09/2006 tarih ve 26284 sayılı
<b>Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği</b>	18/12/2013 tarih ve 28855 sayılı”
<b>Yer Üstü Suları, Yeraltı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği</b>	21/02/2015 tarihli ve 29274 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.

<b>Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik</b>	21/02/2015 tarihli ve 29274 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Sürekli Atıksu İzleme Sistemleri Tebliği</b>	22/03/2015 tarihli ve 29303 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik</b>	15/04/2015 tarihli ve 29327 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Su Yapıları Denetim Hizmetleri Yönetmeliği</b>	12/05/2015 tarihli ve 29353 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Havza Yönetim Kurullarının Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Tebliğ</b>	20/05/2015 tarihli ve 29361 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik</b>	22/05/2015 tarihli ve 29363 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği</b>	16/07/2015 tarih ve 29418 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Melen Çayı Alt Havzası Koruma Eylem Planı Genelgesi</b>	22/08/ 2015 tarihli ve 29453 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Dezenfeksiyon Teknik Tebliği</b>	26/08/2015 tarihli ve 29457sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır.
<b>Burdur Gölü Alt Havzası Eylem Planı</b>	13/11/2015 tarihinde Bakanımız Veysel EROĞLU tarafından imzalanarak yürürlüğe girmiştir.
<b>Taşkın Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve İzlenmesi Hakkında Yönetmelik</b>	12/05/2016 tarihli ve 29710 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Nilüfer Çayı, Uluabat Gölü ve Manyas Gölü Alt Havzaları Su Kalitesi Eylem Planları Genelgesi</b>	Sayın Bakanımız Prof. Dr. Veysel EROĞLU imzası ile 14/06/2016 tarihli ve 2016/3 sayılı Bakanlık Genelgesi olarak yürürlüğe girmiştir.
<b>Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği</b>	23/07/2016 tarihli ve 29779 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik</b>	10/08/2016 tarihli ve 29797 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Hassas Su Kütleleri İle Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik</b>	23/12/2016 tarihli ve 29927 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik</b>	06/01/2017 tarihli ve 29940 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı Genelgesi</b>	02/02/2017 tarihli ve 2017/1 Sayılı Genelge Sayın Bakanımız tarafından imzalanarak

	yürürlüğe girmiştir.
<b>Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik</b>	16/02/2017 tarihli ve 29981 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik</b>	23/06/2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
<b>İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik</b>	12/10/2017 tarihli ve 30208 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır
<b>İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik</b>	28/11/2017 tarihli ve Yönetmelik 30224 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır
<b>Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Yönetmelik Hazırlanması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik</b>	28/11/2017 tarihli ve Yönetmelik 30224 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır

### 3.5.2 Uluslararası Mevzuat

#### *Avrupa Birliği Mevzuatı*

Avrupa Birliği Devlet ve Hükümet Başkanlarının 17 Aralık 2004 tarihli Zirvesinde aldığı karar doğrultusunda 3 Ekim 2005 tarihinde Lüksemburg'ta yapılan Hükümetlerarası Konferans (HAK) ile Türkiye resmen AB'ye katılım müzakerelerine başlamıştır. Böylece, Türkiye ile AB arasındaki inişli çıkışlı ilişki, çok önemli bir dönüm noktasını aşarak yepyeni bir sürece girmiştir. Türkiye'nin AB'ne adaylık statüsü verilmesi hakkındaki karar ile başlayan AB katılım süreci, bir takım önemli reformların yapılması sorumluluğunu beraberinde getirmiştir. Birliğe üye olmanın şartlarından biri, aday ülkelerin ulusal mevzuatının AB mevzuatına uyumlaştırılmasıdır.

AB Çevre müktesebatı yatay konuların (çevresel etki değerlendirmesi (ÇED), stratejik çevresel değerlendirme (SÇD), çevresel sorumluluk, çevresel bilgiye erişim) yanında, hava kalitesi, su kalitesi, atık yönetimi, doğa koruma, endüstriyel kirliliğin kontrolü, kimyasallar, gürültü ile iklim değişikliği alanındaki düzenlemeleri kapsamaktadır. Ayrıca bu alandaki müktesebat birçok uluslararası sözleşmeyi de içermektedir.

Avrupa Birliği'ne katılım sürecinde, 27 No'lu Çevre ve İklim Değişikliği Faslı 21 Aralık 2009 tarihinde Brüksel'de gerçekleştirilen Hükümetlerarası Konferans ile müzakerelere açılmış olup, çevre faslı altında yer alan su kalitesi sektörüne ilişkin çalışmalar yürütülmektedir.

Türkiye, su kalitesi sektörü ile alakalı olarak aşağıda yer alan Çevre Faslı 3. kapanış kriterini karşılamakla yükümlüdür. Bu kapsamda gerekli yasal düzenlemeler ve kapasite geliştirme çalışmaları yapılmakta, projeler ve analiz çalışmaları yürütülmektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde mevcut durumu gösterir tablo aşağıda yer almaktadır.

### ***Türkiye'nin AB Müzakere Kapanış Kriterleri Açısından Durum***

Türkiye, Avrupa Ekonomik Topluluğunun 1958 yılında kurulmasından kısa bir süre sonra Temmuz 1959'da Topluluğa üye olmak için başvurmuş, 10-11 Aralık 1999 tarihlerinde Helsinki'de yapılan AB Devlet ve Hükümet Başkanları Zirvesi'nde oybirliği ile Avrupa Birliği'ne aday ülke olarak kabul edilmiştir. AB Konseyi tarafından 8 Mart 2001 tarihinde resmen kabul edilen Katılım Ortaklığı Belgesi; AB'nin katılım kriterlerinin karşılanması yönünde ilerleme kaydedilmesi maksadıyla Türkiye için önceliklerin belirlendiği bir yol haritasıdır.

2002 yılındaki Kopenhag Zirvesi'nde Türkiye ile ilgili olarak; gözden geçirilmiş Katılım Ortaklığı Belgesi'nin hazırlanması, müktesebat uyum çalışmalarının yoğunlaştırılması, Gümrük Birliğinin geliştirilip, derinleştirilmesi, mali işbirliğinin önemli miktarda artırılması ve Türkiye'ye verilecek mali yardımların katılım başlıklı bütçe kalemine alınması yönünde karar alınmıştır. Bu gelişmeler ışığında Avrupa Komisyonunca 25 Mart 2003'te yayımlanan Katılım Ortaklığı Belgesi'ne istinaden güncelleştirilerek 24 Temmuz 2003'te Resmi Gazete'de yayımlanan 2003 Yılı Ulusal Programı'nda, kısa ve orta vadeli hedefler açık şekilde belirtilmiştir.

### ***Avrupa Birliği (AB) Müzakere Süreci***

Türkiye 17 Aralık 2004 tarihinde gerçekleştirilen Brüksel Zirvesinde alınan karar doğrultusunda 3 Ekim 2005 tarihli Lüksemburg Hükümetlerarası Konferansı ile resmen Avrupa Birliği (AB) müzakere sürecine girmiştir. Aynı gün içinde Türkiye için Müzakere Çerçeve Belgesi yayınlanmıştır. Böylece, "Katılımcı Ülke (Accession Country)" statüsüne sahip olan Türkiye'nin; Katılım Ortaklığına uyum sağlamak için hazırlanacak çevre strateji dokümanında kısa, orta ve uzun vadeli hedefleri ortaya koyması ve bu doğrultuda çevre müktesebatını uygulaması gerekmiştir. Katılım Müzakereleri, Türkiye'nin AB Müktesebatını ne kadar sürede kendi iç hukukuna aktarıp, yürürlüğe koyacağını ve etkili bir şekilde uygulayacağını belirlediği süreçtir.

### ***Çevre Faslı Müzakere Süreci***

Türkiye ile Avrupa Birliği arasında "Çevre" faslına ilişkin müzakere sürecinin ilk aşaması olan Tarama Toplantıları, 2006 Yılı'nın Nisan ve Haziran Ayları'nda neticelenmiştir. *Tarama* sürecinin sonunda iki adet **Açılış Kriteri** belirlenmiştir:

- Ulusal, bölgesel ve yerel seviyede gerekli idari kapasitenin oluşturulması ve gereken finansal kaynaklar için planlar da dahil olmak üzere, bu fasıldaki müktesebatın iyi koordine edilmiş şekilde kademeli olarak uyumlaştırılmasına, uygulanmasına ve uygulamanın etkili hale getirilmesine yönelik, aşamaların ve zaman çizelgelerinin de gösterildiği, kapsamlı bir strateji sunulması

- Türkiye'nin, AT-Türkiye Ortaklık Konseyi'nin kararlarına uygun olarak, ilgili çevre müktesebatının uygulanmasına dair yükümlülüklerini yerine getirmesi

*Açılış Kriterleri* için gerekli çalışmaların neticelenmesinin ardından 21 Aralık 2009 tarihinde Brüksel'de yapılan Hükümetlerarası Konferansta *Çevre Faslı* müzakerelere açılmıştır. Açıklanan *AB Ortak Müzakere Pozisyon Belgesi'nde* belirlenen, beşi teknik ve biri siyasi olmak üzere, altı adet **Kapanış Kriteri** çerçevesinde Tablo 3.15'de de özetlenen aşağıdaki uyum çalışmaları sürdürülmektedir:

- Türkiye'nin, Türkiye-AB Ortaklık Anlaşması Ek Protokolü'nden kaynaklanan yükümlülüklerini yerine getirmesi (*siyasi kriter*)

- Türkiye'nin, sınır-ötesi unsurları da dahil olmak üzere AB'nin yatay ve çerçeve çevre mevzuatını uyumlaştırmaya yönelik mevzuatı benimsemesi

- Türkiye'nin, su kalitesi ile ilgili müktesebatı uyumlaştırmaya yönelik mevzuatı özellikle de Su Koruma Çerçeve Kanununu benimsemesi; Nehir Havzaları Koruma Eylem Planları oluşturması ve bu sektörde uygulama mevzuatını benimsemek suretiyle yasal uyum alanında önemli gelişmeler kaydetmesi

- Türkiye'nin, endüstriyel kirlilik kontrolü ve risk yönetimi alanlarındaki müktesebatı uyumlaştırmaya yönelik mevzuatı benimsemesi

- Türkiye'nin, bu fasıldaki diğer sektörler için doğa koruma ve atık yönetimi dahil olmak üzere, "Ulusal, Bölgesel ve Yerel Düzeyde Gerekli İdari Kapasitenin ve Çevre Müktesebatının Uygulanması İçin Gerekli Mali Kaynakların Oluşturulması Planı" uyarınca mevzuat uyumunu sürdürmesi ve katılım tarihinde AB gereklerinin yürürlüğe konması ve uygulanması konusunda hazır olduğunu göstermesi

- Türkiye'nin, denetim hizmetleri de dahil olmak üzere, her düzeyde idari birimin kapasitesini geliştirmeye "Ulusal, Bölgesel ve Yerel Düzeyde Gerekli İdari Kapasitenin ve Çevre Müktesebatının Uygulanması İçin Gerekli Mali Kaynakların Oluşturulması Planı" çerçevesinde devam etmesi; çalışmaların koordinasyonunu iyileştirmeyi sürdürmesi ve bu faslın her



sektöründeki müktesebatın yürürlüğe konulması ve uygulanmasını teminen katılımdan uygun bir zaman önce gerekli tüm idari yapıları oluşturduğunu göstermesi

**Tablo 3.15 AB Müktesebatı Uyum Tablosu**

<b>AB Müktesebatı No ve Adı</b>	<b>Uyumlaştırılan Ulusal Mevzuat</b>	<b>Sorumlu/Alakalı Kurum</b>
2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi	<p>“Su Havzalarının Korunması Ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik” (17 Ekim 2012 tarihi ve 28444 sayılı RG)</p> <p>“Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” (30 Kasım 2012 tarihli ve 28483 sayılı RG)</p> <p>Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik(11.02.2014 tarih ve 28910 sayılı RG)</p> <p>“Hassas Su Kütleleri İle Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik” (23.12.2016 tarih ve 29927 sayılı RG)</p>	Orman ve Su İşleri Bakanlığı
2008/105/EC Öncelikli Maddeler ve Belirli Diğer Kirleticiler için Çevresel Kalite Standartlarının Belirlenmesine Dair Direktif	<p>“Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” (30 Kasım 2012 tarihli ve 28483 sayılı RG)</p>	Orman ve Su İşleri Bakanlığı
91/271/EEC Kentsel Atık Su Arıtımına Dair Direktif	<p>“Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği” (08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı RG)</p> <p>“Hassas Su Kütleleri İle Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik” (23.12.2016 tarih ve 29927 sayılı RG)</p>	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
91/676/EEC Tarımsal Kaynaklı Nitratın Neden Olduğu Kirliliğe Karşı Suların Korunmasına Dair Direktif	<p>“Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği” (18 Şubat 2004 tarih ve 25377 sayılı RG)</p> <p>“Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” (30 Kasım 2012 tarihli ve 28483 sayılı RG)</p> <p>“Hassas Su Kütleleri İle Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik” (23.12.2016 tarih ve 29927 sayılı RG)</p>	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı

2006/118/EC Yeraltı Suyunun Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunmasına Dair Direktif	“Yeraltısuyunun Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” (07.04.2012 tarih ve 28257 sayılı RG, değişik 22 Mayıs 2015 tarih ve 29363 sayılı RG)	Orman ve Su İşleri Bakanlığı
2007/60/EC Taşkın Risklerinin Değerlendirilmesi ve Yönetimine Dair Direktif	Taşkın Yönetim Planlarının ;Hazırlanması, İzlenmesi ve Uygulanması Hakkında Yönetmelik.	Orman ve Su İşleri Bakanlığı
98/83/EC <i>İnsani Tüketim Amaçlı Sulara Dair Direktif</i>	“İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” (7 Mart 2013 tarih ve 28580 sayılı RG)	Sağlık Bakanlığı
2008/56/EC Deniz Strateji Çerçeve Direktifi	-	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

### ***Su ile Alakalı Taraf Olunan Uluslararası Sözleşmeler***

Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi)

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi)

Özellikle Afrika’da Ciddi Kuraklık ve/veya Çölleşmeye Maruz Ülkelerde Çölleşmeyle Mücadele İçin Birleşmiş Milletler Sözleşmesi (Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi)

Avrupa Peyzaj Sözleşmesi (Floransa Sözleşmesi)

Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Ortamlarını Koruma Sözleşmesi (Bern Sözleşmesi)

Karadeniz’in Kirliliğe Karşı Korunması Sözleşmesi (Bükreş Sözleşmesi), (Biyoeşitliliğin ve Peyzajın Korunmasına Dair Protokol)

Akdeniz’in Kirliliğe Karşı Korunması Sözleşmesi (Barcelona Sözleşmesi)

Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticareti Sözleşmesi (CITES Sözleşmesi)

Özellikle Su Kuşları Hayat Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme (Ramsar Sözleşmesi)

## KAYNAKÇA

1. AWWA. (2011). *Water Quality and Treatment – A Handbook on Drinking Water*. (6th edition) ABD: Mc Graw Hill
2. Nemerov, N.L. (Ed.). (2009). *Environmental Engineering – Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation*. (6th edition). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc
3. World Health Organization-WHO. (2011). *Guidelines for Drinking Water Quality*. 4th edn. Geneva: World Health Organization.
4. World Health Organization-WHO. (2003). *Iron in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.
5. De Zuane, J. (1990). *Handbook of Drinking Water Quality*. (2nd edition). ABD: John Wiley & Sons Inc.
6. World Health Organization-WHO. (2011a). *Manganese in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.
7. Gray, N.F. (2005). *Water Technology - An Introduction for Environmental Scientists and Engineers*. (2nd edition). Elsevier Science & Technology Books
8. World Health Organization-WHO. (2011f). *Chemical Aspects* Geneva: World Health Organization.
9. Gray, N.F. (2008). *Drinking Water Quality – Problems and Solutions* . (2nd edition). New York: Cambridge University Press
10. World Health Organization-WHO. (2006). *Concise International Chemical Assessment Document 69-Cobalt and Inorganic Cobalt Compounds*. Geneva: World Health Organization.
11. Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR. (2004). *Public Health Statement – Cobalt*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
12. World Health Organization-WHO. (2004b). *Sulfate in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.
13. Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR. (2007). *Public Health Statement – Barium*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.

14. Gray, N.F. (2008). *Drinking Water Quality – Problems and Solutions* . (2nd edition). New York: Cambridge University Press
15. World Health Organization-WHO. (2011b). *Nitrate and Nitrite in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.
16. AWWA. (2011). *Water Quality and Treatment – A Handbook on Drinking Water*. (6th edition) ABD: Mc Graw Hill
17. World Health Organization-WHO. (2011c). *Arsenic in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.
18. World Health Organization-WHO. (2011d). *Cadmium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.
19. World Health Organization-WHO. (2011e). *Selenium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.
20. Bahçeci, H., 2016. Biyolojik İzleme. *Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Bülteni*. Cilt 2, Sayı 10, 1-3.
21. Bahçeci, H., 2010. *Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Tatlı Sularda Su Kalitesinin Biyolojik İzlenmesi – Büyük Menderes Havzası Örneği*. Uzmanlık Tezi, Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
22. Çetin, T. 2014. Su Çerçeve Direktifi'ne Göre Biyolojik Kalite Elementleri: Fitoplankton ve Fitobentoz. Uzmanlık Tezi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara
23. Pidgeon B., 2004. *A review of options for monitoring freshwater fish biodiversity in the Darwin Harbour catchment*. Report prepared for Water Monitoring Branch, Natural Resource Management Division, Department of Infrastructure, Planning & Environment, Avusturalya.
24. Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D. ve Clesceri, L.S., 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. APHA, Amerika Birleşik Devletleri.

25. Resh, V.H., 2008. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138(1-3), 131-138
26. Bakır, N., (2015), Su Çerçeve Direktifine Göre Biyolojik Kalite Unsuru: Makrofit, Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara
27. Rossenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). Introduction to Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. In Rosenberg, D. M. & V. H. Resh (eds), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York.
28. Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 495-523.
29. Demir, Ö. (2005). Sedimentteki Makro omurgasızlarla Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa*.
30. Borja, A., & Dauer, D. M. (2008). Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: comparing methodologies and indices. *Ecological indicators*, 8(4), 331-337.
31. Hering, D., Moog, O., Sandin, L., & Verdonschot, P. F. (2004). Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia*, 516(1-3), 1-20.
32. Carter, J. L., Resh, V. H., & Hannaford, M. J. (2017). Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. In *Methods in Stream Ecology (Third Edition)* (pp. 293-318).
33. Lenat, D. R. (1988). Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(3), 222-233.
34. Vogel, M.R., (2011). Hydromorphology. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 137(2), (147-149).
35. Azlak, M., (2015). Su Çerçeve Direktifi'ne göre hidromorfoloji, hidromorfolojik izleme ve Türkiye için öneri geliştirme. Uzmanlık Tezi; Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı.



## Bölüm 4

# Su Kaynaklarının Sınıflandırılması

**Caner Gök, Bahar Ayşe Aydın İşeri, Alper Uğurluoğlu, Ozan Soytürk, Gökçen Gökdereli ve Aslıhan Ural**

### 4.1. Sınıflandırmada Su Kütlesi Kavramı

Su kütleleri ifadesi kavram olarak düşünüldüğünde birçok farklı açıdan yorumlanabilir. Örneğin NASA'nın Uzay Eğitimcileri El Kitabı'nın [1] eğitim modüllerinde öğrencilere su kütleleri uzay fotoğraflarından da ayrımı yapılabilen okyanus, deniz, körfez, koy, göller ve akarsular olarak aktarılmaktadır. Farklı bir bakış açısıyla su kütlelerini dünyanın yüzeyinde bulunan yerüstü suları ve yerkabuğun altında yer alan yeraltı suları olarak da sınıflandırabilmek mümkündür.

Avrupa Birliği üye ülkelerinde tüm suların korunmasını hedefleyen Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ise su kütlesi kavramına farklı bir boyut getirmiştir. Direktifin uygulanmasını ve kalite hedeflerinin operasyonel olarak uygunluğunun kontrol edilmesini sağlamak için, “su kütleleri” kavramı, Direktifin bir takım gereksinimlerinin ilişkili olduğu temel birimler olarak tanımlanmıştır [2]. Bu bakımdan su kütlesi kavramı herhangi bir su kaynağının yönetilebilir en küçük parçası olarak tanımlanmaktadır. Direktif incelendiğinde yeraltı sularının ve yerüstü sularının kütlelere bölümlendirildiği yeraltı ve yerüstü sularında farklı yaklaşımların uygulandığı görülmektedir.

Yerüstü sularında bir göl, nehir, ırmak, rezervuar ya da kanalın tamamı veya bir bölümü su kütlesi olarak belirlenebilir. Bu belirlemede önemli olan husus her bir su kütlesi ayrık olmalı, birden fazla su kütlelerini içermemeli ya da birden fazla su kütlelerinin kesişimi olmamalıdır. Ayrıca su kütleleri coğrafi ya da hidrolojik karakteri açısından diğerlerinden farklı ve kendine özgü olmalıdır.

Yerüstü sularında akarsular (nehirler, kanallar vb.), durgun sular (göller, rezervuarlar vb.), geçiş suları ve kıyı suları birbirinden ayrıştırılırken bu suların fizyolojik ve morfolojik özelliklerine göre de su kaynakları doğal, yapay ve büyük ölçüde değiştirilmiş olarak ayrıştırılmaktadır.

Mevcut bir su kaynağı fizyolojik ve morfolojik özellikleri dikkate alındığında antropojenik etkilere maruz kalmamış ise doğal olarak nitelendirilmektedir. Mevcut bir su kaynağının antropojenik etkiler ile yapısında bazı değişiklikler yaratılması (baraj yapıları, taşkın koruma yapıları, rekreasyonel yapılar, su akışı düzenlemeleri vb.) sonucunda ekolojik değişimlere yol açabilecek düzenlemelerin yapıldığı su kaynakları büyük ölçüde değiştirilmiş olarak nitelendirilmektedir. Herhangi bir su kaynağı bulunmayan bölgede insan eli ile oluşturulmuş su kaynakları ise (sulama göletleri, sulama ve drenaj kanalları vb.) yapay olarak nitelendirilmektedir.

Yeraltı sularında su kütlesi kavramı ise akifer veya akiferler içindeki belirgin miktardaki yeraltı suyu olarak tanımlanmaktadır. SÇD, bu akiferlerin tamamı veya bir bölümü özelinde önlemler alınmasını, sistemi yeterli parçalara bölerek ayrıntılı bir değerlendirme yürütülmesini hedeflemektedir.

#### **4.1.1. Yerüstü Su Kütlelerinin Belirlenmesi**

##### **4.1.1.1. Nehir Suyu Kütleleri**

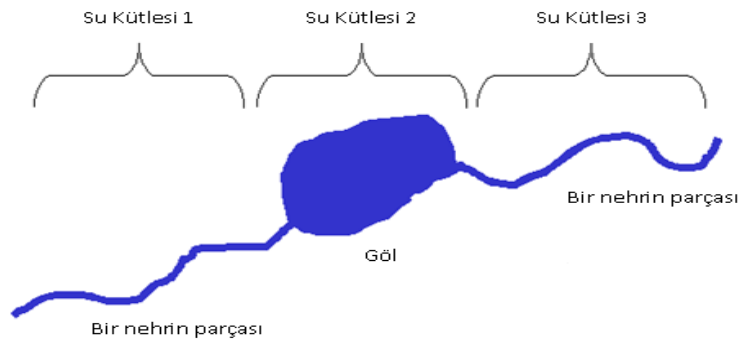
Avrupa'daki tüm su kaynakları için kalite hedefleri ortaya koyan kapsamlı bir mevzuat olan SÇD'nin uygulanması ve kalite hedeflerinin uygunluk kontrolünü sağlamak adına, Direktifin bir dizi gerekliliklerinin ilişkilendirildiği kilit birimler olarak "su kütleleri" kavramı ortaya koyulmuştur [2]. Su kütlesi, nehir havzasının kendi içinde aynı özellikleri gösteren en küçük yönetilebilir birimdir [3]. Direktifin ana çevre hedeflerine ulaşma konusundaki başarısı "su kütlesi" durumu ile ölçülmekte ve raporlama bu birimler kullanılarak yapılmaktadır. Diğer taraftan Direktif, su kaynaklarının bu amaç doğrultusunda gerekli olmayacak kadar küçük su kütlelerine bölünmemesini tavsiye etmektedir [2].

"Su Kütlelerinin Belirlenmesi Klavuz Belgesi (Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive Guidance Document No: 2)"nin maksadı; su kütlesi tanımına ortak bir anlayış getirmek ve SÇD kapsamında su kütlesi belirleme metotları geliştirmektir [3]. Su kütlelerinin belirlenmesi ülkeler için bir ilk adım olup her bir Nehir Havzası Yönetim Planı (River Basin Management Plan)'nın oluşturulmasından önceki dönemde belirlenmesi ve doğrulanması gerekmektedir. Daha sonra, her 6 yılda bir gözden geçirilmesi ve gerekli olan durumlarda güncellenmesi gerekmektedir. Direktifte yerüstü ve yeraltı suları için karakterizasyon gereklilikleri ve hedefleri farklı olduğundan, su kütlesi tanımlama ve belirleme yöntemleri de



farklıdır. Pek çok üye Devlet su kütlesi teriminin uygulamada kullanılmasına ilişkin tartışmalara katılmış, farklı görüşler ortaya koymuş ve bu konuda bir dizi belge oluşturmuştur [2].

Yerüstü su kaynakları nehirler, göller, geçiş suları ve kıyı suları olmak üzere 4 kategoriye; doğal, yapay ve büyük ölçüde değiştirilmiş olmak üzere de 3 sınıfa ayrılmaktadır [2]. Bir su kütlesi içerisinde birden fazla kategori bulunamaz. Bu sebeple her bir kategori kendi içerisinde ayrı değerlendirilmektedir (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1** Su kütlesinin ilk aşamada (yerüstü su kategorilerine göre) ayrılması [2].

Coğrafi ve hidromorfolojik özellikler yerüstü su ekosistemini ve bunların insani faaliyetlere duyarlılığını önemli derecede etkileyen, dolayısıyla su kütlelerinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerdir [2].

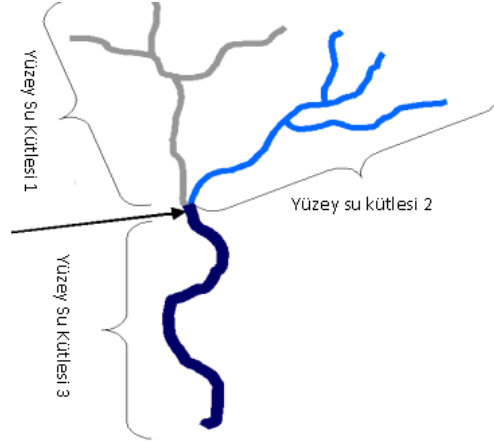
Su kütleleri öncelikle yukarıdaki bilgiler doğrultusunda oluşturulduktan sonra CBS üzerinde tipoloji katmanları (rakım, jeoloji, yağış), havzadaki baskı ve etkiler, korunan alanlar (hassas alanlar, Natura 2000 alanları gibi) dikkate alınarak sınıflandırılmakta ve fiziksel olarak son halleri verilmektedir [2].

“Yerüstü suyu kütlesi” bir göl, rezervuar, akım, nehir ya da kanal, bir nehrin, kanal ya da akıntının parçası, bir geçiş suyu ya da kıyı suyunun bir uzantısı gibi yerüstü sularının **ayrık ve anlamlı elemanı** olarak tanımlanmaktadır. Direktifin amaçları, hedefleri ve hükümleri doğrultusunda her bir su kütlesinin “ayrıklık ve anlamlılık” açısından tanımlanması gerekmektedir. Direktif veya klavuzları, “ayrık ve anlamlı eleman” özelliği arz eden bir nehir, akıntı ya da kanal parçasının nasıl “su kütlesi” olarak belirleneceğine dair kesin bir bilgi sunmamaktadır [2].

Bir nehrin tamamı, kollarının bir kısmı ya da tamamı veya nehir gövdesinin bir kısmı su kütlesi olarak tanımlamak mümkündür. Bir nehir, dere ve kanalın değişik bölümleri için değişik

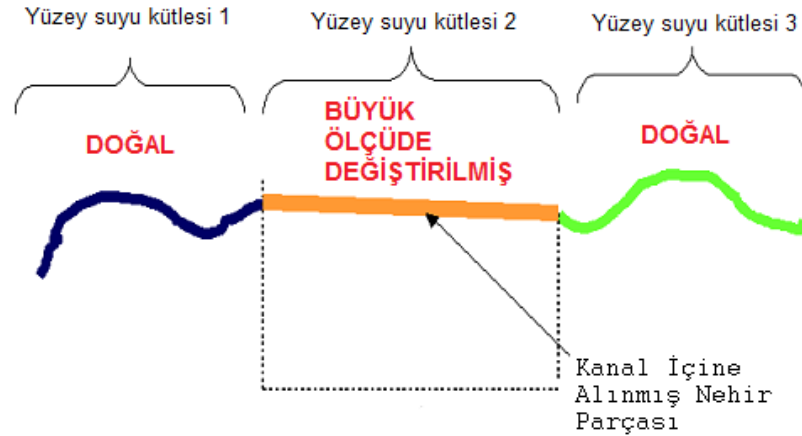
referans koşullar geçerli ise bu bölümler ayrı su kütleleri olarak belirlenmektedir. Referans koşulların aynı, su durumunun farklı olduğu bölümler kendi aralarında yeni su kütlelerine bölünmektedir [4].

Bir nehir parçasının diğeri ile birleşmesi coğrafi ve hidromorfolojik olarak farklı özellikleri olan bir su kütlelerinin oluşmasına neden olabilmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Nehir su kütlelerinin tipoloji öncesi ayrımları [2].

Nehir kategorisi olarak ayrılan su kütleleri daha sonra morfolojik olarak bölümlere ayrılmaktadır. Bir nehir suyu kütleleri, bir kısmı kanal içine alınarak doğal akış ve ekolojik özelliklerinin değiştirilmesi sonucu farklı bir su kütlelerine dönüşmektedir [2].



Şekil 4.3 Bir nehrin morfolojik olarak ayrılması [2].

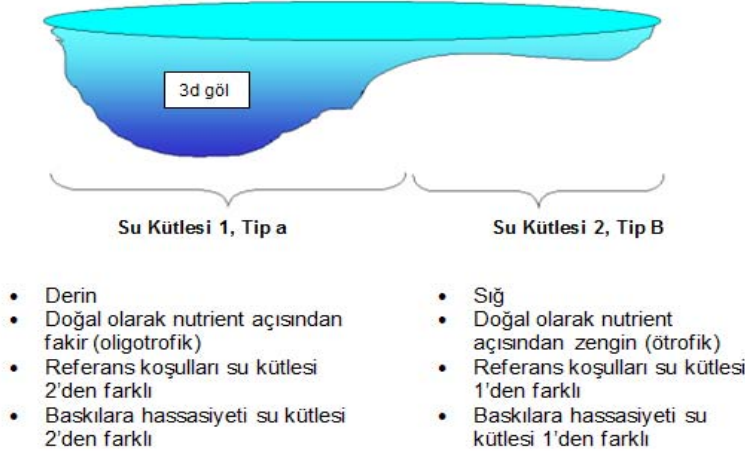
SÇD Madde 2(9)'a göre bir su kütlesi “Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütlesi” olabilmesi için;

- a) İnsan eliyle fiziksel olarak müdahalede bulunulmuş,
- b) Büyük ölçüde karakteri değiştirilmiş,
- c) Uzun vadeli (kalıcı) olarak hem hidrolojik, hem de morfolojik olarak bir değişikliğe uğramış olması gerekmektedir [3].

“Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütleleri (Heavily Modified Water Bodies) ve Yapay Su Kütleleri (Artificial Water Bodies) Klavuz Belgesi (Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive Guidance Document No: 4)” kapsamında bu su kütlelerinin belirlenmesi ve tanımlanması ile ilgili ortak gereksinimler açıklanmış ve uygulayıcılar için pratik bir rehber hazırlanmıştır. Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütleleri (BÖDSK) SÇD’de; “insan etkinliklerinden kaynaklanan fiziksel değişimler sonucu karakteri somut şekilde değişen ve bu nedenle iyi ekolojik durumu sağlayamayan su kütleleri”; Yapay Su Kütleleri (YSK) ise, “önceden su kütlesi bulunmayan bir konumda oluşturulan ve mevcut bir su kütesinin fiziksel olarak değiştirilmesi, hareket ettirilmesi veya konumunun değiştirilmesi olmaksızın oluşturulan yerüstü su kütleleri” olarak tanımlanmaktadır. Bu su kütlelerinin tanımlanması isteğe bağlı olup üye Devletlerin BÖDSK veya YSK olarak sınıflandırma zorunlulukları olmamakla birlikte, bu su kütlelerinin yerüstü sularının karakterizasyonu esnasında geçici olarak belirlenmiş olması gerekmektedir. Belirlenen su kütleleri, yine 6 yılda bir gözden geçirilmektedir [5].

#### **4.1.1.2. Göl Suyu Kütleleri**

Bir göl ya da rezervuar tek başına bir su kütlesi olarak belirlenebileceği gibi, bir bölümünün diğer bölümlerden farklı özellikler göstermesi nedeniyle birden fazla su kütesine bölünebilmesi mümkündür. Su kütlelerinin belirlenmesinde göller için ilk adım, dikkate alınacak göl alanı aralığının belirlenmesidir [2]. Batimetri(dip haritası) ve tuzluluk da göl su kütlelerinin belirlenmesinde diğer önemli faktörlerdir (Şekil 4.4).



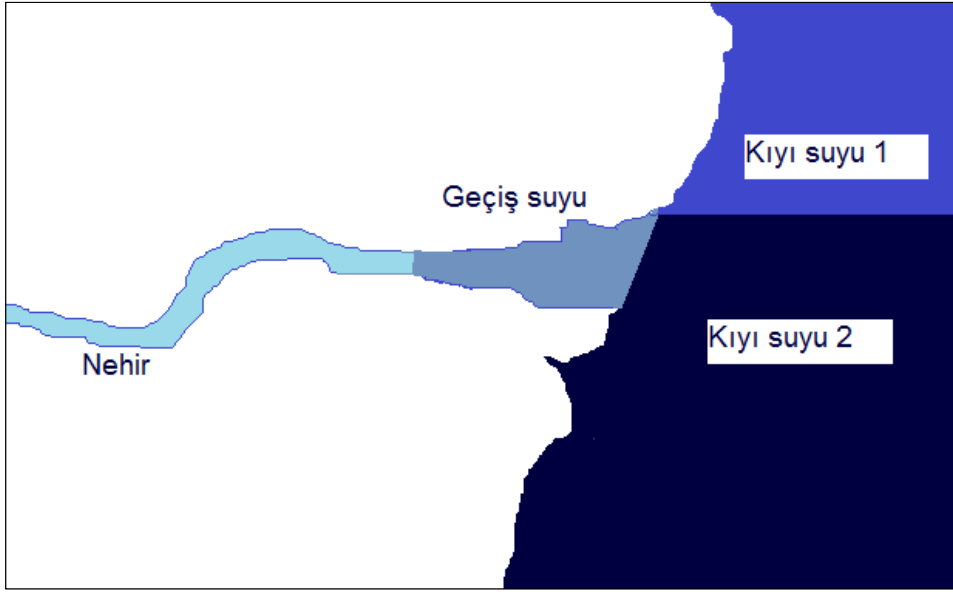
**Şekil 4.4 Göl su kütlelerinin tipoloji öncesi ayrımları [2]**

“Su kütlesi” olarak belirlenmiş su kaynaklarının yönetiminde paydaşların ve kamunun aktif katılımı etkili olmaktadır [2].

#### **4.1.1.3. Geçiş Suyu Kütleleri**

Geçiş suları 11 Şubat 2014 tarih ve 28910 sayılı Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelikte “Nehir ağızları civarındaki, kıyı sularına yakın olmaları ancak aynı zamanda tatlı su akıntılarında önemli ölçüde etkilenmeleri neticesinde kısmen tuzlu olma özelliğine sahip yüzeysel su kütleleri” olarak tanımlanmaktadır.

SÇD Ek-II’ye göre nehir havzası içerisinde yer alan yerüstü su kütlelerinin nehirler, göller, geçiş suları ve kıyı suları olacak şekilde kategorilere ayrılması gerekmektedir [3]. Şekil 4.5’de akarsu ile kıyı suyu arasında kalan geçiş suyu görülmektedir.



Şekil 4.5 Geçiş suyu kategorisindeki sular [6]

Şekilden de anlaşılacağı üzere geçiş suları nehirlerin kıyıya döküldüğü kısımlarda yer almakta olup, tuzluluk özellikleri hem kıyı hem de akarsuyun etkilenmektedir. Bu sebeple geçiş suyu kütlesi belirlenirken hem akarsudaki sınırının hem de denizdeki sınırının belirlenmesi gerekmektedir.

Geçiş suyunun akarsudaki sınırı belirlenirken; akarsuyun dinamikleri ve büyüklüğünü de dikkate alacak şekilde morfolojik ve kimyasal özellikleri dikkate alınmaktadır.

SÇD, Ek II, Madde 1.2 ve 1.2.3'e göre bir suyun tatlı su olarak ifade edilebilmesi için tuzluluk seviyesinin ‰ 0,5'in altında olması gerekmektedir. SÇD'nde geçiş suları ile ilgili tipolojik tanımlamalara göre; yıllık ortalama tuzluluk değerleri baz alındığında ‰ 0,5 değerinin altında tuzluluğa sahip sular, tatlı su kapsamına girmektedir. Bu tanımlamalara göre akarsuyun denize döküldüğü noktadan tuzluluğun ‰ 0,5'e düştüğü noktaya kadar olan kısmın geçiş suyu olarak değerlendirilebilmesi mümkündür.

Akarsu ile geçiş suyu ayrımında tuz içeriği ya da gelgit limit noktası göz önünde bulundurulmaktadır. Türkiye iç kıyılarının gelgit olaylarından düşük düzeyde etkilenmeleri nedeniyle, gelgit limit noktası yerine tuz içeriğine göre sınır şartların belirlenmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda geçiş suyu üzerinde belirli aralıklarla, su yüzeyinden ve dipten 100 cm örnek alınarak tuzluluk seviyesi ölçülmekte ve ortalaması alınmaktadır. Bu ortalama değerin ‰ 0,5'in altına düştüğü mesafe, akarsu tarafında geçiş suyunun sınırı olarak alınmaktadır.

Geçiş suyunun denizdeki sınırı belirlenirken ise temel olarak 4 unsur dikkate alınır. Bunlar unsurlar aşağıda listelenmektedir.

- 1.Mevcut yasal limit değerler,
- 2.Tuzluluk gradyanı,
- 3.Fizyografik özellikler,
- 4.Modelleme.

“Mevcut yasal limit değerler incelendiğinde; Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği’nde belirtilen esaslar göz önüne alındığında, kıyı suları için numune alma esaslarında, numune alma bölgesinin; erozyon, nehir akışı ve atık su gibi bir baskıya maruz ise tam karışımın sağlandığı bölge olduğu belirtilmektedir. Sığ kıyılarda deşarj noktasından yaklaşık “100x100 metrelik”, derin kıyı sularında “150x150 metrelik” alan karışım bölgesi olarak kabul edilmektedir. Buna göre geçiş suyu da mevcut kıyı bölgesini etkiler nitelikte olduğu için sığ sularda 100x100 metrelik, derin sularda 150x150 metrelik alanın geçiş suyu sınır bölgesi açısından değerlendirilebileceği düşünülebilir. Fakat büyük nehirler için bu yöntemin kullanılarak sınırların belirlenmesinde yetersiz kalınacağından ve geçiş suyunun karakteristiğinin mevsimsel hareketlere göre deniz tarafında çok değişkenlik göstereceğinden, deniz tarafındaki sınırın fizyografik özelliklere bağlı olarak belirlenmesi yerinde olacaktır.

Fizyografik özelliklere göre yapılabilecek değerlendirmede, geçiş suyunun kıyı suyuna döküldüğü bölgenin fiziksel koşulları göz önüne alınarak sınırların belirlenmesi mümkündür.

Tuzluluk gradyanı baz alındığında ise geçiş suyunun kıyı sularına döküldüğü bölgede tuzluluk ölçümleri var ise bunun gradyanı çizilerek, geçiş sularının kıyı tarafındaki sınırlarının belirlenmesi mümkündür.

Tuzluluk ile ilgili bir ölçüm bulunmaması veya yasal sınırlamaların olmaması durumunda modelleme araçlarına başvurulmaktadır. Modelleme araçları kullanılarak çalışma yapılabilmekte ve geçiş suyu sınırları belirlenebilmektedir[7].

#### **4.1.1.4. Kıyı Suyu Kütleleri**

Kıyı suları 11 Şubat 2014 tarih ve 28910 sayılı Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Daire Yönetmelik’te “Kıyı çizgisinden itibaren deniz tarafına doğru bir deniz mili mesafeye (1852 m) kadar uzanan sular” olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.6).

Oldukça girintili çıkıntılı olan kıyı hatları, körfezler, nehir ağzları ve ada kıyıları boyunca, esas hattın düz bir çizgi olarak çekilmesi mümkündür.



**Şekil 4.6** Kıyı Suları [8]

SÇD Ek II'ye göre kategorilere ayrılmış su kütlelerinin tiplere ayrılması gerekmektedir. Kıyı suları için Sistem-A kullanılacak ise yıllık ortalama tuzluluk değeri ve ortalama derinlik tip belirleme için kullanılmaktadır.

Kıyı suyu tiplerini belirlemede Sistem-B kullanılacak ise gel-git büyüklüğü ve tuzluluk gibi öncelikle zorunlu faktörler kullanılması gerekmektedir. Sonrasında ise sıcaklık, dalga maruziyeti, dip kompozisyonu, akış hızı, bulanıklık gibi faktörler kullanılmaktadır [6].

#### **4.1.2. Yeraltı Suyu Kütleleri**

SÇD Madde 5'e göre belirlenecek olan yeraltı suyu kütlelerinin kütle belirleme esasları Ortak Uygulama Stratejisi Rehber Dokümanı No:2'de açıklanmaktadır. Ayrıca, yeraltı suyu kütle karakterizasyonu ile ilgili 2004 yılında yayımlanan Teknik Raporda da bahse konu metodoloji ile ilgili olarak Avrupa Birliği Ülkeleri'nin uygulamaları ve yaşadıkları tecrübeler anlatılmaktadır.

##### **4.1.2.1. Tanımlar**

Yeraltı suyu kütlelerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalarda sıkça yer alan bazı temel tanımlar aşağıda verilmektedir:

**Yeraltı suyu:** doymun alanda toprak yüzeyinin altında olan ve yüzey veya yüzeyin hemen altındaki toprakla doğrudan bağlantılı olan tüm sular,

**Akifer:** ya önemli bir yeraltısuyu akışı ya da önemli miktarlarda yeraltısuyu çıkarılmasına izin veren yeterli gözeneklilik ve geçirgenliğe sahip yeraltı katmanı, kaya katmanları veya diğer jeolojik katman,

**Yeraltısuyu kütlesi:** bir akifer veya akiferler içerisindeki yeraltısularının belirgin bir hacmi olarak tanımlanmaktadır.

#### **4.1.2.2. Akiferler**

Yeraltısuyu kütlesi belirlenirken ilk adım akiferlerin belirlenmesidir. Akifer kavramı “Yeterli miktarda yeraltısuyu akışına ya da içerdiği yeraltısuyunun yeterli miktarda kullanılmasına izin veren gözeneklilik ve geçirgenliğe sahip litolojik birimleri” ifade etmektedir. Dolayısı ile akiferin ne olduğunun daha açık bir şekilde ortaya konulması ancak “yeterli miktarda yeraltısuyu akışı” ve “ yeterli miktarda yeraltısuyu kullanımı”nın tam olarak neye karşılık geldiğinin belirlenmesi ile mümkün olabilmektedir [2].

##### **4.1.2.2.1. Yeterli Miktarda Yeraltısuyu Akışı/Boşalımı**

Yeterli miktarda yeraltısuyu akışı, ulaştığı yerüstü suyu kütlesinin kimyasal ve ekolojik kalitesinde önemli bir düşüş meydana getirebilecek ya da yeraltısuyu kütlesinin bağlantılı olduğu karasal ekosistemlere önemli bir zarar verebilecek bir derecedeki miktarı olan yeraltısuyu akışıdır. Buna ilaveten, yeterli miktarda yeraltısuyu akışı, akışın ortadan kaldırılması durumunda bağlantılı yerüstü suyu kütlesinin ya da doğrudan bağlı kara ekosistemlerinin çevresel kalitesinde ciddi miktarda azalmaya yol açabilecek bir derecedeki miktarı olan yeraltısuyu akışı olarak da tanımlanabilir. Bu derecedeki bir yeraltısuyu akışına izin veren jeolojik birim akifer olarak nitelendirilmelidir [2].

##### **4.1.2.2.2. Yeterli Miktarda Yeraltısuyu Kullanımı**

Günlük olarak, herhangi bir noktadan, en az 10 m<sup>3</sup> ya da 50 kişiden fazlasına su sağlayabilen jeolojik birimlerin akifer olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Dolayısı ile yeraltısuyu kütlelerinin belirlenmesinde baz alınması gereken minimum çekim miktarı 10 m<sup>3</sup>/gün ya da 50 kişiden fazlasına su sağlamaya yetecek miktardır.

Bu kapsamda, SÇD’ye göre a ve b kriterlerinden herhangi birisini karşılayan jeolojik katmanın akifer olarak addedilmesi gerekmektedir (Şekil 4.6) [2].





Şekil 4.6 SÇD'ye göre akifer belirlemede takip edilmesi gereken adımlar [2]

#### 4.1.2.3. Yeraltısu Kütlelerinin Belirlenmesi

Yeraltısu kütleleri sadece kalite durumunun değerlendirilmesi için değil aynı zamanda miktar durumunun değerlendirilebilmesi için de belirlenebilmektedir. Yeraltısu kütesinin miktar durumu genellikle su dengesinin/bütçesinin hesaplanması ile elde edilmektedir. Dolayısı ile belirlenen yeraltısu kütesinin bu hesaplama imkan vermesi gerekmektedir. Söz konusu duruma örnek olması açısından, birbirlerine su akışı olan iki ayrı su kütesini ele alırsak, bu iki kütle öyle bir şekilde belirlenmiş olması gerekmektedir ki:

- Bir kütleden diğerine akışın, hesaplamada ihmal edilebilir derecede küçük olması,
- Bir kütleden diğerine akış miktarının, yeterli bir kesinlikle hesaplanabilir derecede olması gerekmektedir.

Yeraltısu kütleleri belirlenirken dikkat edilmesi gereken bir başka husus ise akiferin karakteristik yapısıdır. Akiferin karakteristik yapısı, akışı, kirlilik yayılımını vb. hususları doğrudan etkileyen bir faktördür. Ayrıca değişik yapıdaki akiferlerin incelenmesine ilişkin zorluklar da yapıya göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin karstik ya da kırıklı katmanlar daha karmaşık yapıda olduğundan ötürü bu özelliği gösteren yeraltısu kütlelerine ilişkin hesaplamalar diğer yapılara göre daha zordur [2].

#### **4.1.2.3.1. Jeolojik ve Hidrolik Sınırlar**

Yeraltısuyu kütlesinin belirlenmesi, en basit anlatımıyla, yeraltısuyuna coğrafik sınırlar çizmek olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, yeraltısuyu kütlesinin durumunun değerlendirilebilmesi için daha küçük alt birimlere ayrılması gerekmedikçe, bir yeraltısuyu kütlesinin coğrafi sınırlarının belirlenmesi çalışmasında atılacak ilk adım jeolojik sınırların belirlenmesidir. Öte taraftan, jeolojik sınırların belirlenmesini müteakiben, aynı jeolojik yapı içerisinde yer alan yeraltısuyunun da eş potansiyel yüksekliğinde ya da akış yönünde farklılık gösterdiği durumda da birkaç ayrı kütleyle bölmek gerekmektedir [2].

#### **4.1.2.3.2. Durumdaki Farklılıkları Hesaba Katmak**

Yeraltısuyu kütlelerinin, mümkün ölçüde yeraltısuyu kalitesini homojen bir yapıda gösterecek şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bir yeraltısuyu kütlesi, kendi içinde, farklı noktalarında değişik kalite durumları sergiliyorsa, yeraltısuyu kütlelerinin bu duruma göre alt birimlere ayrılması gerekmektedir. Yeraltısuyu kütlelerinin belirlenmesi “iterativ” bir süreçtir. Dolayısı ile alt birimlere ayrılmış yeraltısuyu kütlelerinin kalite durumu süreç içerisinde birbirine benzediği, bir elden değerlendirilebildiği durumda, bu alt yeraltısuyu kütleleri tekrardan bütün bir yeraltısuyu kütlesi olarak değerlendirilmesi mümkündür[9]. SÇD’ye göre, bu durumu göz önünde bulundurmak suretiyle her 6 yılda bir revize edilmesi gereken Nehir Havzası Yönetim Planları’nda, belirlenmiş olan su kütlelerinin de gözden geçirilmesi gerekmektedir [2].

Diğer taraftan, yeraltısuyu kütlelerinin alt-birimlere ayrılmasında bir denge gözetilmesi gerekmektedir. Yeraltısuyu kalitesinin, yeraltısuyu kütlesi bütününde belirlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda, yeraltısuyu kütlesinin alt birimlere bölünmek faydalı sonuçlara yol açsa da, bölünmenin fazla yapıldığı durumlarda yönetilemeyecek derecede fazla sayıda yeraltısuyu kütlesi elde edilmektedir. Dolayısı ile yeraltısuyu kütlesinin bölünmesinde, kalite durumunun belirlenebilmesi ve idari olarak yönetilebilmesi hususları arasında bir denge gözetilmesi gerekmektedir[2].

#### **4.1.2.3.3. Yeraltısuyu derinliğinin kütle belirlemeye etkisi**

Baskıların daha çok yeraltısularının sığ kısmını etkilemesine karşın, daha derindeki yeraltısuyu akışı da yüzey ekosistemi için, özellikle de uzun vadede, önemli olabilmektedir. İnsani faaliyetlerin yeraltısuyu akışının derin kısmında yaptığı değişiklik, sığ yeraltısuyunu

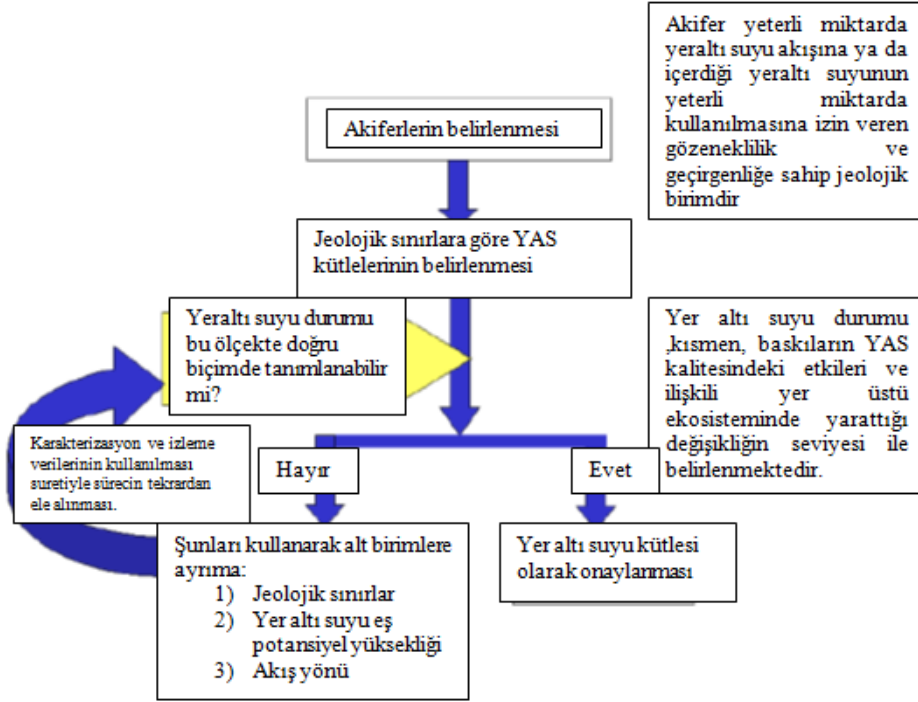
etkileyebilmekte ve bu durumda, ilişkili olan yüzey ekosistemi de etkilenebilmektedir. Ayrıca, derin yeraltısuyu, aynı zamanda içme suyu kaynakları ve diğer kullanımlar için de önem arz edebilmektedir. Buna karşın üye ülkelerin şu durumlarda derin yeraltısuyunu yeraltısuyu kütlesi olarak belirlemekle sorumlu bulunmamaktadır:

- a) Yüzey ekosistemini olumsuz olarak etkilemiyorsa,
- b) Yeraltısuyu çekiminde kullanılmıyorsa,
- c) İçme suyu teminine uygun değilse (kalitesi uygun değilse ya da çekimi teknik olarak pahalıysa ya da mümkün değilse),
- d) Diğer ilgili çevresel hedefleri riske sokacak bir durum arz etmiyorsa.

SÇD, yeraltısuyu kütlelerinin belirlenmesinde bize şu seçenekleri sunmaktadır:

- a) Dikey düzeyde birbirinin üzerine binen her bir ayrı katmandakini ayrı olarak belirlemek,
- b) Bu farklı katmanları kapsayacak tek bir yeraltısuyu kütlesi olarak belirlemek.

Bu durum, üye ülkelere, (baskının türünü ve akiferin özelliklerini hesaba katarak) hedeflere daha etkin ulaşabilmesi açısından esneklik kazandırmaktadır. Örneğin; bir katman içerisinde, değişik derinliklerde büyük farklılıklar varsa, her bir derinliği farklı bir kütle olarak ele almak mümkündür [2]. Yeraltısuyu kütlelerinin belirlenmesinde önerilen yaklaşım özeti Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7 Yeraltısuyu Kütlelerinin Belirlenmesinde Önerilen Yaklaşım Özeti [2]

#### 4.1.2.3.4. Korunan Alanlar

Korunan alanlar; içme suyu temini amacıyla kullanılan yerüstü ve yeraltı suları koruma alanları, yüzme suları olarak belirlenen alanlar da dahil olmak üzere rekreasyon suları olarak belirlenen su kütleleri, nitrat direktifi kapsamında nitrat açısından hassas bölgeler olarak belirlenen alanlar ve ilgili Natura 2000 alanları da dahil olmak üzere su durumunun aynı seviyede tutulması veya iyileştirilmesi gereken ve içindeki habitat veya türlerin korunması için belirlenen alanlardır [10].

SÇD kapsamında, tüm korunan alanların belirlenmesinin bir NHYP parçası olarak ele alınması gerektiği belirtilmektedir. Korunan alanlar için, daha spesifik (özelliikli) hedefler ve bir takım spesifik hüküm ve gereksinimler söz konusudur. Sonuç olarak, korunan bir alanın parçası olan su kütleleri için, bir takım ek hedeflerin düşünülmesi gerekmektedir. Buradan hareketle, yeraltısuyu kütlelerini belirlerken, korunan alanlar da dikkate alınması gerekmektedir [2].

#### 4.1.2.3.5. Sucul ve Karasal Ekosistemlerle Etkileşimler

Yeraltısuyu kütlelerinin belirlenmesi ile bağıntılı olarak, yeraltısuyu kütlelerinin karakterize edilmesinde önemli başlıklardan birisi de, kütlenin bağlantılı yerüstü suları ve karasal ekosistemle etkileşimidir. Zaten, SÇD’de yer alan iyi yeraltısuyu kimyasal durumu tanımı da, yeraltısuyu kütlelerinin, çevresindeki yerüstü sularının çevresel hedeflerini riske sokmaması, ekolojik ve kimyasal durumunu kötüleştirmemesi ve çevreleyen karasal ekosisteme önemli bir zarar vermemesi gerektiğini belirtmektedir [2].

#### 4.2. Tipoloji Kavramı ve Su Tiplerinin Belirlenmesi

SÇD, Avrupa Birliği üyesi ülkeler için tipe özgü referans koşulların belirlenmesini şart koşturmaktadır. Üye ülkeler, ekolojik kalite durumlarını izlemek, değerlendirmek ve gerekli durumlarda ekolojik kalite durumlarını geliştirmekle yükümlüdür. Çevresel mevzuat açısından dönüm noktası olan bu yükümlülük ile üye ülkelerde 2015 yılına kadar tüm yerüstü suları için en azından “iyi ekolojik durum” elde etmek amaçlanmaktadır ve ilk kez, tatlı su ve deniz sularının kalitesini belirlemede su biyotasının önemi kabul edilmektedir [11].

Tüm bu ekolojik değerlendirmeleri yapabilmek ve uygun referans koşulları belirleyebilmek için öncelikle su tiplerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tipoloji çalışması su kaynaklarının, sucul ekosistemi etkileyebilecek belirli abiyotik özelliklerine göre hiyerarşik olarak gruplandırılması çalışmasının bütünüdür. Seçilecek abiyotik faktörler ve bu faktörlere ilişkin sınır değerlerin kombinasyonu ile gruplandırılmış her bir su kaynağı özelliğine su tipi denilmektedir.

Öncelikle akarsular, göller, geçiş suları, kıyı suları ve fizyolojik özelliklerine göre doğal/yapay/büyük ölçüde değiştirilmiş olarak ayrılmış su kaynakları daha sonra tipoloji çalışmaları ile farklılaştırılmaktadırlar. Tüm bu çalışmaların amacı birbirine benzer özelliklere sahip olan su kaynaklarını ortaya koyarak, en küçük yönetim birimi olan su kütlelerini tespit edebilmek ve ekolojik olarak karşılaştırılabilir yönetim birimleri oluşturabilmektir. Ancak bu işlemlerden sonra su kütleleri yönetiminde tipe özgü referans koşulların tanımlanması mümkün olabilmektedir.

SÇD tip belirleme sistemini Sistem-A ve Sistem-B olmak üzere iki farklı yaklaşımla belirlemeye imkan tanımaktadır. Sistem-A yaklaşımı Avrupa’yı belirli eko bölgelere bölerek bu bölgelere dahil olan su kütlelerinin rakım, büyüklük ve jeoloji gibi belirli kriterlere ve sabit sınır

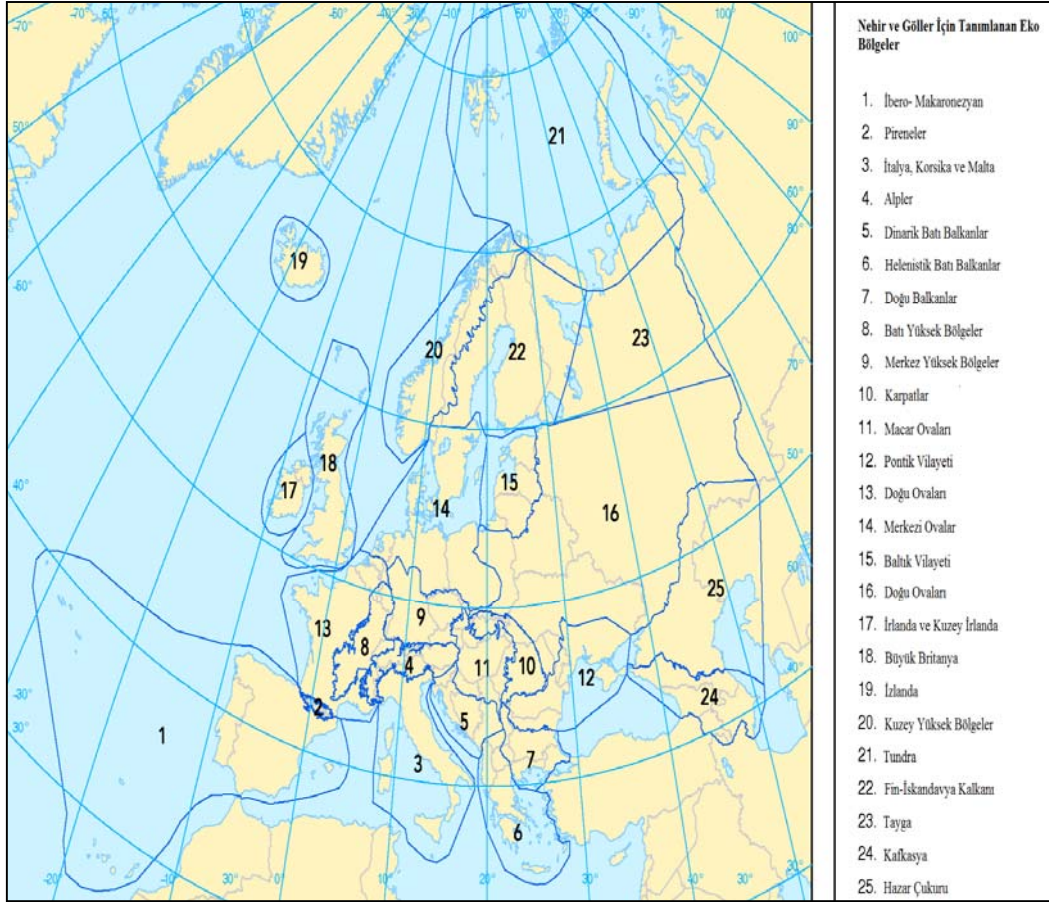
değerlere bağlı olarak gruplandırılması ilkesine dayanan bir yöntemdir. Sistem-B yaklaşımında ise tiplerin belirlenmesi zorunlu ve seçmeli faktörlerin çeşitli kombinasyonları ile gerçekleştirilmektedir. Sistem-B'ye göre üye ülkeler, zorunlu parametreler ile ülkelerinin ekolojik ve coğrafi özelliklerine göre belirleyecekleri seçmeli parametreler ve sınır değerlerin kombinasyonları ile tip belirleme çalışmalarını gerçekleştirmekte özgür bulunmaktadır.

#### **4.2.1. Sistem-A Yaklaşımı**

SÇD'ne göre yerüstü su kütlelerinde tip belirleme kriterleri Sistem-A ve Sistem-B olmak üzere iki farklı metodolojiye göre gerçekleştirilmektedir. Uygulamada, iki farklı sistemin yer almasına karşın esasında Sistem-A temel ve zorunlu parametreleri taşımaktadır. Ekobölge yaklaşımının dahil edilmesi sebebiyle Sistem-A'nın kullanılması nispeten daha kolay ve anlaşılır olmaktadır. Avrupa eko-bölgeleri Şekil 4.8'de görülmektedir.

Sistem-A'nın kullanımını gerektiren diğer bir husus ise Sistem-B metodolojisinin seçildiği durumlarda ortaya çıkan tipoloji sayısının Sistem A'da tanımlanan tipoloji sayısından az olması durumudur [3].

Sistem-A'ya göre eko-bölgeler ile nehir, göl, kıyı ve geçiş suları için önerilen kriterler ve değer aralıkları Tablo 4.1-4 verilmektedir [3].



Şekil 4.8 Avrupa Eko Bölgeleri [3]

Tablo 4.1 Nehirler için Sistem-A kriterleri

Tipoloji	Tanımlayıcılar
Eko Bölge	Direktif EK XI'da yer alan A haritasında gösterilen Eko Bölgeler
Tip	<p><b>Rakım tipolojisi:</b></p> <p>Yüksek : &gt; 800 m</p> <p>Orta rakım : 200 - 800 m</p> <p>Alçak bölge : &lt; 200 m</p> <p><b>Su toplama bölgesine dayalı boyut tipolojisi:</b></p> <p>Küçük : 10 ile 100 km<sup>2</sup></p> <p>Orta : &gt; 100 ile 1000 km<sup>2</sup></p> <p>Geniş : &gt; 1000 ile 10000 km<sup>2</sup></p> <p>Çok geniş : &gt; 10000 km<sup>2</sup></p> <p><b>Jeoloji:</b></p> <p>Kalkerli</p> <p>Silisli</p>

	Organik
--	---------

**Tablo 4.2** Göller için Sistem-A kriterleri [3]

Tipoloji	Tanımlayıcılar
Eko Bölge	Direktif EK XI'da yer alan A haritasında gösterilen Eko Bölgeler
Tip	<p><b>Rakım tipolojisi:</b>            Yüksek : &gt; 800 m            Orta rakım : 200 - 800 m            Alçak bölge : &lt; 200 m</p> <p><b>Ortalama derinliğe dayalı derinlik tipolojisi:</b>            &lt; 3 m            3-15 m            &gt; 15 m</p> <p><b>Yüzey alanına dayalı boyut tipolojisi:</b>            0,5 - 1 km<sup>2</sup>            1 -10 km<sup>2</sup>            10 - 100 km<sup>2</sup>            &gt; 100 km<sup>2</sup></p> <p><b>Jeoloji:</b>            Kalkerli            Silisli            Organik</p>

**Tablo 4.3** Geçiş Suları için Sistem-A kriterleri [3]

Tipoloji	Tanımlayıcılar
Eko bölge	1. Kuzey Atlantik Okyanusu 2. Norveç Denizi 3. Barents Denizi 4. Kuzey Denizi 5. Baltık Denizi 6. Akdeniz
Tip	<p><b>Yıllık ortalama tuzluluğa dayalı olarak;</b>            &lt; ‰ 0,5 : tatlı su            ‰ 0,5 ile &lt; ‰ 5 : oligohaline            ‰ 5 ile &lt; ‰ 18 : mesohaline            ‰ 18 ile &lt; ‰ 30 : polyhaline            ‰ 30 ile &lt; ‰ 40 : euhaline</p> <p><b>Ortalama dalga dağılımına dayalı olarak;</b>            &lt; 2 m : mikro dalgalı            2 ile 4 m : mezo dalgalı            &gt; 4 m : makro dalgalı</p>

**Tablo 4.4** Kıyı suları için Sistem-A kriterleri [3]



<b>Tipoloji</b>	<b>Tanımlayıcılar</b>
Eko bölge	Baltık Denizi Barents Denizi Norveç Denizi Kuzey Denizi Kuzey Atlantik Okyanusu Akdeniz
Tip	<p><b>Yıllık ortalama tuzluluğa dayalı olarak</b></p> <p>&lt; ‰ 0,5 : tatlı su  ‰ 0,5 ile &lt; ‰ 5 : oligohaline  ‰ 5 ile &lt; ‰ 18 : mesohaline  ‰ 18 ile &lt; ‰ 30 : polyhaline  ‰ 30 ile &lt; ‰ 40 : euhaline</p> <p><b>Ortalama derinliğe dayalı olarak</b></p> <p>Sığ sular : &lt; 30 m  Orta : 30 – 200 m  Derin : &gt; 200 m</p>

#### 4.2.2. Sistem-B Yaklaşımı

Su kütlelerinin karakteristiğini ortaya koyma amacıyla gerçekleştirilen tipoloji çalışmalarında uygulanan iki yöntemden bir diğeri Sistem-B yaklaşımıdır. Sistem-B yaklaşımında yerüstü su kütlelerinde izleme yapılması gereken parametreler nehir, göl, kıyı ve geçiş suları özelinde zorunlu ve opsiyonel parametreler olarak ikiye ayrılmaktadır. Zorunlu parametreler bir su kütlesi tipini belirleyebilmek için mutlaka göz önünde bulundurulması gereken göstergeler iken, opsiyonel parametreler şartlara bağlı olarak bölgeden bölgeye değişebilecek ve sucul flora/fauna yapısında değişikliklere sebebiyet verecek parametre grubunu oluşturmaktadır.

Sistem B yaklaşımında yer alan, zorunlu parametreler yanında opsiyonel parametreler tanımlayabilme imkânı tipoloji uygulamalarında ciddi bir esneklik ve uygulanabilirlik kazandırmaktadır. Örneğin coğrafi konum, rakım, boyut ve jeoloji nehir suyu kaynakları için zorunlu parametreler olarak belirlenmişken, ortalama sıcaklık ve yağış ise opsiyonel parametre grubu olarak tanımlanmıştır. Böylece ortalama sıcaklık ve yağış değişimleri ciddi değişiklik gösteren bir bölgedeki su kütlesi üzerinde tipoloji çalışmaları gerçekleştirilirken bu parametreleri hesaba katmak gerekliken bir diğere bölgede böyle bir zorunluluk bulunmamaktadır. Sistem-B uyarınca nehir, göl, kıyı ve geçiş suları için tip belirleme kriterleri Tablo 4.5-8'de verilmektedir.

**Tablo 4.5** Nehirler için Sistem-B kriterleri [3]

<b>Zorunlu Faktörler</b>	<b>Opsiyonel Faktörler</b>
Yükseklik	Nehir kaynağına mesafe
Enlem Boylam	Su akış hızı ve nehir akış kategorisi
Jeoloji	Ortalama su genişliği ve derinliği
Boyut	Ortalama eğim
	Nehir yatağı şekli ve formu
	Vadi şekli
	Katı madde taşınımı
	Asit nütürleme kapasitesi
	Nehir yatağı kompozisyonu
	Klorid
	Ortalama hava sıcaklığı
	Hava sıcaklığı aralığı
	Yağış

**Tablo 4.6** Göller için Sistem-B kriterleri [3]

<b>Zorunlu Faktörler</b>	<b>Opsiyonel Faktörler</b>
Yükseklik	Ortalama su derinliği
Enlem Boylam	Göl şekli
Derinlik	Suyun yenilenme süresi
Jeoloji	Ortalama hava sıcaklığı
Boyut	Hava sıcaklığı aralığı
	Karışım özellikleri
	Asit nütürleme kapasitesi
	Nütrient durumu
	Göl tabanı kompozisyonu
	Su seviyesi değişimleri

**Tablo 4.7** Geçiş suları için Sistem-B kriterleri [3]

<b>Zorunlu Faktörler</b>	<b>Opsiyonel Faktörler</b>
Enlem Boylam	Derinlik
Dalga boyutu	Akım hızı
Tuzluluk	Dalgalara maruziyet
	Yenilenme süresi
	Ortalama su sıcaklığı
	Karışım özellikleri
	Bulanıklık
	Ortalama taban kompozisyonu
	Şekil
	Su sıcaklığı aralığı

**Tablo 4.8** Kıyı suları için Sistem-B kriterleri [3]

<b>Zorunlu Faktörler</b>	<b>Opsiyonel Faktörler</b>
Enlem Boylam	Akım hızı
Dalga boyutu	Dalgalara maruziyet
Tuzluluk	Ortalama su sıcaklığı
	Karışım özellikleri
	Bulanıklık
	Yenilenme süresi
	Ortalama taban kompozisyonu
	Su sıcaklığı aralığı

Genel olarak Sistem-A yaklaşımında eko-bölge olarak tanımlanan bir bölgenin yerüstü su kütlelerinde daha az çeşit tipe sahip olması beklenirken, Sistem-B yaklaşımında çok daha ayrıntılı bir çalışma ile aynı bölge içerisinde çeşitliliği yüksek bir tipoloji altlığı tanımlanabilir.

Bu durum belirlenen her su tipi için temsil edici bir referans su kütlesi bulunmasının zorunlu olması sebebiyle yönetsel açıdan güçlük yaratacakmış gibi gözükse de tip belirlemede kullanılan ölçüm sonuçlarındaki aralık değerlerin bu yaklaşım göz önünde bulundurularak belirlenmesiyle sorunun üstesinden gelinebilmesi mümkündür.

Ayrıca yüksek çeşitliliğe sahip bir tipoloji altlığı oluşturmak önerilen bir yaklaşım olup güvenli tarafta kalmak adına Sistem-B metodolojisiyle ortaya çıkartılan tipoloji sayısının Sistem-

A'da tanımlanan tipoloji sayısından farklı olması durumunda; daha yüksek çeşitliliğe sahip tipoloji altlığının kullanılması gerektiği yine SÇD'nde belirtilmektedir.

Çeşitliliği yüksek bir tipoloji altlığının tanımlanması süreci ise ölçüm sonuçları üzerinde matematik ve istatistiksel gruplama yöntemleri kullanmayı gerekli kılması sebebi ile Sistem-B yaklaşımı ciddi bir uzmanlık ve uzun yıllara yayılmış güvenilir bir veri kaynağını gerekli kılmaktadır.

### **4.3. Su Kütlelerinin Kodlanması**

Su kütlesi kodlamasında amaç, raporlanacak su kütleleri için bir tanımlayıcı oluşturmaktır. Kod, ortak bir tanımlayıcı olarak hizmet vererek ulusal bilgi sistemleri arasında bir bağlantı sağlayacaktır.

Bununla birlikte kodlama ile coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasına gerek kalmadan coğrafi özelliklerin topolojik analizinin sağlanması gerekmektedir. Örneğin, bir nehir ağının yukarı havzasındaki yan kolların etkileşimlerini analiz etmek, tanımlanmış bir kaynaktan nehrin denize dökülen akışını takip etmek mümkün olmalıdır [12].

Bir kodlama sisteminin kullanılabilir ve amacına uygunluğunu sağlamak için aşağıdaki özellikleri karşılaması önemlidir [3].

#### ***Teklik (uniqueness)***

Her bir su kütlesi, koduyla birlikte benzersiz bir şekilde tanımlanabilmelidir.

#### ***Topolojik kod***

Su Kütleleri yapılandırılmış bir hidrolojik kod ile belirlenmelidir. Kodlamanın, nehir ağının ve ilgili havzalarının hiyerarşisi ve topolojisi ile ilgili olarak yapılması gerekmektedir. Yapılandırılmış kodlama, su kütleleri arasındaki topolojik ilişkilerin analizinde zaman alıcı coğrafi analizinden kaçınılmasını sağlayacaktır.

#### ***Uluslararasılık***

Sınır aşan su kütleleri tek bir kod ile tanımlanması uluslararası yönetimin sağlanabilmesi için önem taşımaktadır.

#### ***Kapsamlı kodlama sistemi***

Kodlama sisteminin, su kütlelerin tüm özelliklerini kapsaması ve diğer hidrolojik ve mekânsal ilişkili unsurların (baskı, izleme noktası vb.) özelliklerle uygun ilişkiler kurması gerekmektedir.

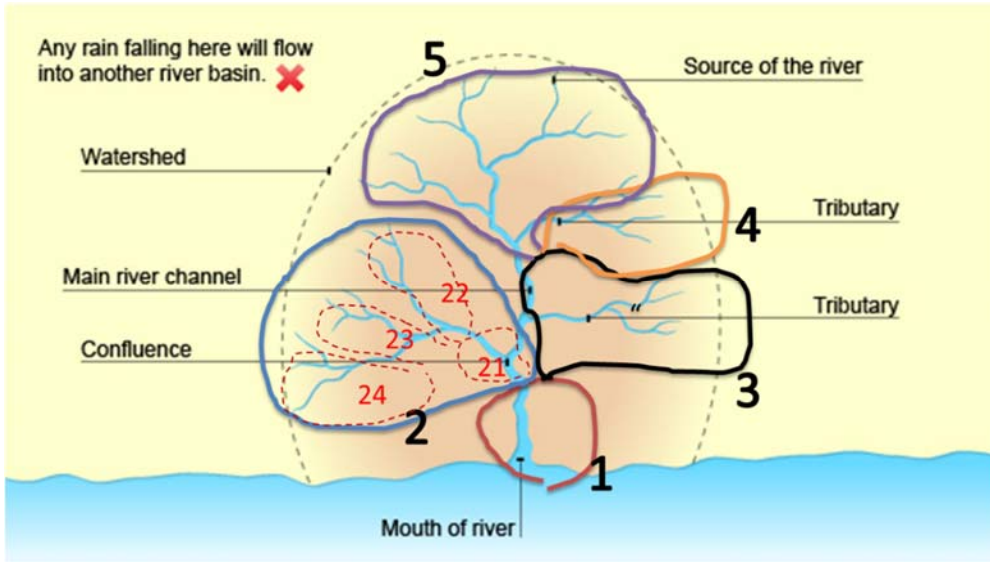
### ***İşlevsellik***

Genel ilkeler dahilinde kodların işlevsel olması ve işlenmesinin kolay olması gerekmektedir. Kodların mümkün olduğunca kısa olması ve hata kontrolünü kolaylaştıracak kadar bilgilendirici olması gerekmektedir.

### ***Tümdengelim yaklaşımı***

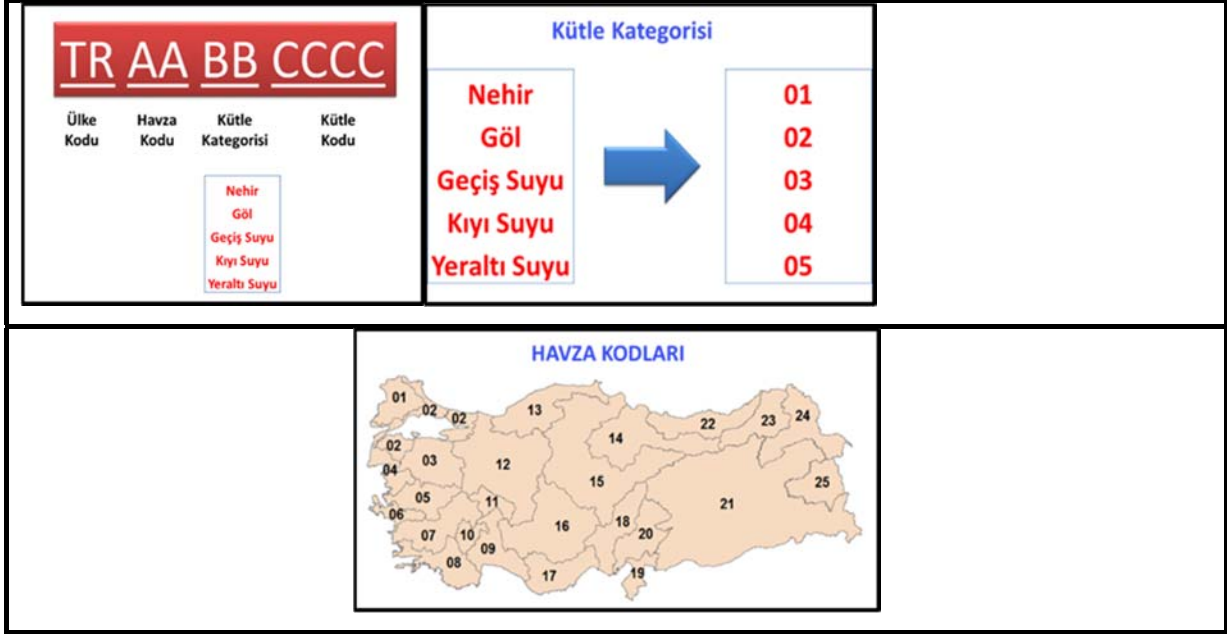
Kodlamanın, en genel özellikten en detay özelliğe kadar yapılması gerekmektedir. Bu yaklaşımla, kodlama her zaman daha yüksek çözünürlüklere genişletilebilmesi mümkündür ve kod uzantısı için esneklik sağlamaktadır.

Avrupa Birliği ülkelerinde kodlama sisteminin temeli Pfafstetter Sistemine dayanmaktadır (Şekil 4.9). Bu sisteme göre ana kollar nehrin denize döküldüğü kısımdan başlayarak membaya doğru artan sayılarla ayrılmaktadır. Membada yer alan su kütlelerine doğru gidildikçe numara eklenme işlemine devam edilmektedir.

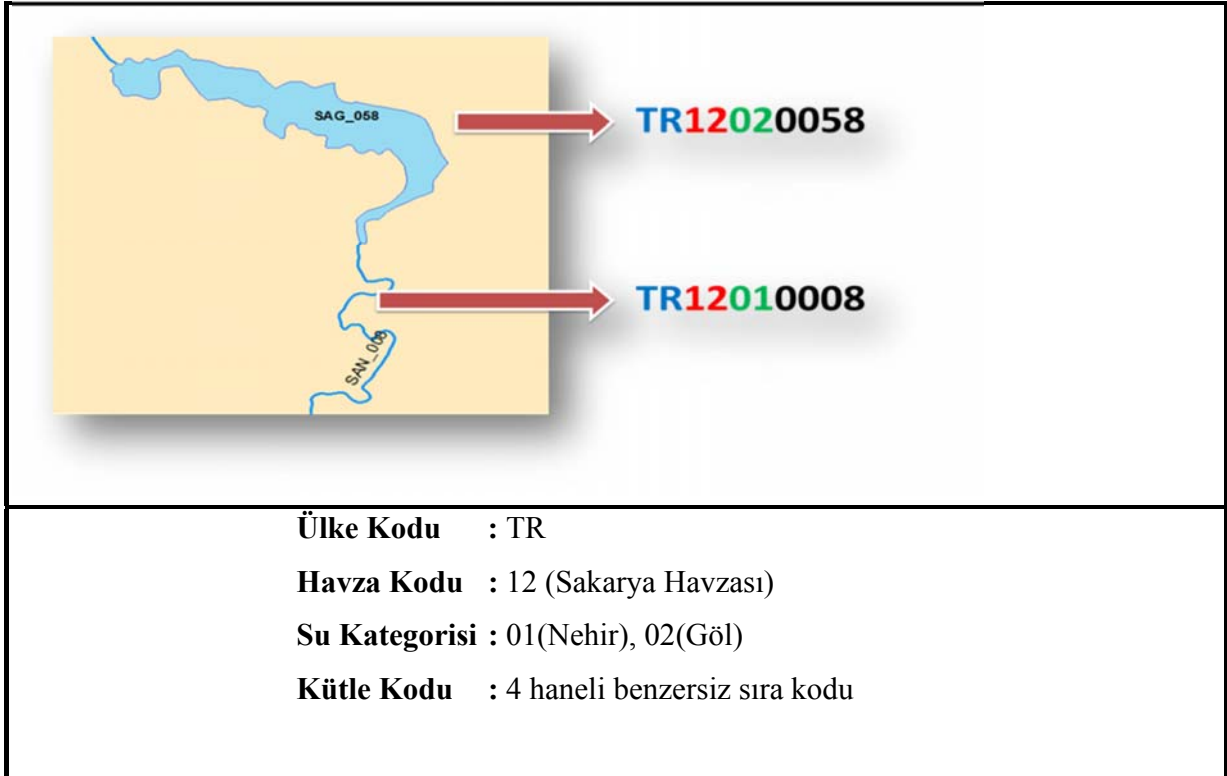


**Şekil 4.9** Avrupa Birliği'nde kullanılan Pfafstetter sistemi

Türkiye için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen su kütlesi kodlaması örneği aşağıda verilmiş sistematik dikkate alınarak, öncelikle havza sıralamasına göre, havza içerisindeki kütleler membadan mansaba olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.10-11).



Şekil 4.10 Türkiye için Su Kütleleri Kodlama Sistematığı



Şekil 4.11 Türkiye Su Kütleleri Örnek Kodları

## KAYNAKÇA

1. NASA Educator's Guide Investigation 3. Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2018, [https://er.jsc.nasa.gov/seh/Mission\\_Geography/k-4/Module\\_2/I-2-3.pdf](https://er.jsc.nasa.gov/seh/Mission_Geography/k-4/Module_2/I-2-3.pdf)
2. WFD CIS Guidance Document No. 2 (2003). *Identification of Water Bodies*. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels
3. Directive, C. (2000). Council Directive 2000/60/EC of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal L, 327(22), 72.
4. WFD CIS Guidance Document No. 10 (2003). *Rivers and Lakes - Typology, Reference Conditions and Classification Systems*. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels
5. WFD CIS Guidance Document No. 4 (2003). *Identification and Designation of Artificial and Heavily Modified Waterbodies*. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels
6. WFD CIS Guidance Document 5 (2003). *Transitional and Coastal Waters – Typology, Reference Conditions and Classification Systems*. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels (2000/60/EC), 2003
7. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2017), *Türkiye'de Referans İzleme Ağının Kurulması Projesi Başlangıç Raporu*
8. <http://www.arealchange.com/blog/year-today-nervous-breakdown/>, Erişim Tarihi: 27 Temmuz 2018
9. Gökdereli G. (2015). *Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Yeraltı Suyu Kütlelerinin Belirlenmesinde Tanımlanan Metodoloji ve Türkiye İçin Öneriler*, (Uzmanlık Tezi), T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara
10. Gök C. (2014). *Avrupa Birliği Adayı Türkiye için Yerüstü Sularında Kimyasal İzleme ve İzleme Noktalarının Belirlenmesi*, (Uzmanlık Tezi), T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara
11. Davy-Bowker J., Clarke R. T., Johnson R.K., Kokes J., Murphy J.F., Zahradkova S., A comparison of the European Water Framework Directive physical typology and RIVPACS-

type models as alternative methods of establishing reference conditions for benthic macroinvertebrates, *Hydrobiologia*, 566:91–105

12. Verdin, K.L. and Verdin, J.P. (1999): A topological system for delineation and codification of the Earth's river basins. *Journal of Hydrology*, 218, 1-12



## Bölüm 5

# Su Kalitesi Üzerindeki Baskılar

**Özge Hande Sahtiyancı Özdemir, Gökçen Gökdereli, Özgür Günhan ve Yakup Karaaslan**

### 5.1 Giriş

Avrupa Birliği(AB) Su Çerçeve Direktifi(SÇD)'ne uygun olarak hazırlanan nehir havza yönetim planları birbirini etkileyen ve tamamlayan adımlardan oluşmaktadır. Söz konusu planlarda iyi su durumu hedefine ulaşılabilmesi için su kaynakları üzerinde doğru önlemlerin alınması gerekmektedir. Önlemler oluşturulurken göz önünde bulundurulması gereken iki önemli unsur bulunmaktadır. Bunlardan biri aşırı maliyetlerden kaçınmak maksadıyla ekonomik analiz çalışmalarını gerçekleştirmek, bir diğeri ise etkin ve doğru önlemlerin alınabilmesi için su kaynakları üzerindeki baskıları tespit etmektir.

Önlemler su kaynakları üzerindeki baskıları ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için geliştirilen eylemlerdir. En doğru ve en uygun önlemlerin geliştirilebilmesi için su kaynaklarını olumsuz etkileyen sebeplerin yani baskıların doğru bir şekilde analiz edilerek ortaya konulması elzemdir. Bu sebeple, nehir havza yönetim planları hazırlanırken; ilk adımda havzanın karakterizasyonuna ilişkin çalışma gerçekleştirilmektedir. Karakterizasyon çalışmalarında; noktasal, yayılı, hidromorfolojik ve diğeri insan kaynaklı baskılar belirlenmekte, baskı-etki analizini içeren risk analizi çalışmaları gerçekleştirilmekte; çevresel hedefe ulaşamama riski altında olan su kütleleri tespit edilmektedir.

Bir su kütlesi çevresel hedefe ulaşamıyor veya ulaşamama ihtimali barındırıyorsa, bunun sebebinin araştırılması gerekmektedir. Bir baskı tek başına veya birkaç baskı birlikte hedefe ulaşılmamasına sebep olabilmektedir. Bu sebeple, karakterizasyon aşamasında su kaynakları üzerindeki baskı ve etkilerin belirlenebilmesi maksadıyla bir baskı etki analizi çalışması gerçekleştirilmektedir. Baskı ve etki analizi, sucul ortamlar için istenilen su kalitesi hedeflerinin gerçekleştirilme durumuyla ilgili riskleri değerlendirmek amacıyla kullanılan bir risk analiz yöntemidir. Bu nedenle söz konusu analizin temel amacı risk altında bulunan su kütlelerinin belirlenmesidir.

Baskı etki analizindeki temel adımlar(Tablo 5.1) aşağıda özetlenmektedir:

- Etkenlerin ve baskıların belirlenmesi,
- Önemli baskıların belirlenmesi,
- Etkilerin belirlenmesi,
- Çevresel hedeflere ulaşamaması riskinin belirlenmesidir.

**Tablo 5.1** Baskı etki analizi adımlarının açıklamaları

Terim	Açıklaması
Etken	Çevre üzerinde etkisi olan insani faaliyet (tarım, sanayi vb.)
Baskı	Etkenin direk sonucu (tarım faaliyetlerinde kullanılan pestisitteki etken maddelerin suya karışması vb.)
Durum	Hem doğal koşullar hem de insani faaliyetler sonucunda suyun mevcut durumu
Etki	Baskının etkisi (balıkların ölmesi, ekosistemin değişmesi vb.)
Tepki	Su durumunun iyileştirilmesi amacıyla alınan önlemler (su çekiminin yasaklanması, deşarj standartlarının sıkılaştırılması vb.)

Bir insani aktivite sonucunda oluşan baskı su kütlesinin durumunda bozulmaya sebep olabilmektedir. Çoğu durumda, bir maddenin çevreye bırakılması baskı unsurunu oluşturmaktadır. Bu bir atıksu deşarjı olabileceği gibi, tarım aktivitelerinde uygulanan pestisitte var olan maddelerin suya karışması şeklinde de olabilmektedir.

Çevresel hedeflere ulaşamama riski altında bulunan su kütlelerini tanımlamak için farklı kaynaklardan temin edilen, kentsel su tüketimi ve atıksu oluşumu, endüstriyel faaliyetler, hayvancılık faaliyetleri, tarımsal kaynaklı pestisit, gübre kullanımı gibi pek çok veri bir araya getirilerek baskılar belirlenmektedir.

Su kaynakları üzerinde büyük, küçük birçok baskı bulunmaktadır. Baskı analizi yapılırken dikkat edilmesi gereken husus hedeflenen su kütlesi üzerindeki önemli baskı veya baskı gruplarının belirlenmesidir. Baskı analizindeki amaç su kütlesini hedefe ulaşmaktan alıkoyan sebeplerin bulunmasıdır. Bu sebeple, ülkemizde hazırlanmakta olan nehir havza yönetim planlarında baskı analizi yapılırken eşik değer uygulaması kullanılmaktadır. Belirlenen eşik değer üzerinde olan baskılar önemli baskı olarak belirlenmektedir.

Baskı analizi noktasal baskılar, yayılı baskılar, hidromorfolojik ve diğer baskılar ele alınarak gerçekleştirilmektedir.

Noktasal baskılar kapsamında aşağıda yer alan unsurlar değerlendirilmektedir:

- Kentsel atıksu deşarjları,
- Sanayiden kaynaklanan atıksu deşarjları,
- Arıtma çamuru,
- Balık çiftlikleri,
- Madencilik faaliyetleri,
- Düzenli katı atık depolama sahaları,
- Düzensiz katı atık depolama sahaları,
- Zeytinyağı üretim tesisleri,
- Jeotermal faaliyetler,
- Hassas su kütlelerine deşarjlar,

Yayıllı kaynaklı baskılar kapsamında aşağıda yer alan unsurlar değerlendirilmektedir:

- Tarım faaliyetleri,
- Hayvancılık faaliyetleri,
- Kentsel ve kırsal alanlardan kaynaklı yüzeysel akış,
- Çayır, mera ve ormanlık alanlardan kaynaklı arazi örtüsü yükü,
- Havalimanları,
- Karayolları, demiryolları,
- Petrol istasyonları,
- Düzensiz katı atık depolama sahaları.

Su çekimi baskıları kapsamında aşağıda yer alan unsurlar değerlendirilmektedir:

- Evsel kullanım maksatlı su çekimleri,
- Tarımsal maksatlı su çekimleri,
- Enerji üretimi maksatlı su çekimleri,
- Endüstriyel kullanım maksatlı su çekimleri,
- Akuakültür maksatlı su çekimleri,
- Rekreatyonel maksatlı su çekimleri,
- Ulaşım maksatlı su çekimleri.

Hidromorfolojik baskılar kapsamında aşağıda yer alan unsurlar değerlendirilmektedir.

- Barajlar, Göletler,
- Hidroelektrik maksatlı derivasyonlar,
- Su transferleri,
- Taşkın Alanında Arazi Kullanımı,
- Derenin Kanala Alınması,
- Dere yatağına müdahale (kum-çakıl çekimi),
- Nehir kıyısı koruma çalışmaları,
- Su kütlesi bağlantılarının değişimi,
- Hidrolik yapının varlığı,

Diğer baskılar kapsamında aşağıda yer alan unsurlar değerlendirilmektedir:

- İstilacı türler,
- Kirlenmiş sediman alanları,
- Yanmış alanlar.

İlerleyen bölümlerde baskı grupları altında baskı analizi kapsamında değerlendirilen baskılar detaylandırılmaktadır.

## **5.2 Hidromorfolojik Baskılar**

İnsan tarafından gerçekleştirilen tarım, kentleşme, hidroelektrik santral rezervuarları, taşkın koruma yapıları, kum çekimi, balıkçılık ve turizm faaliyetleri su kütleleri üzerinde fiziksel değişikliklere sebep olmakta yani hidromorfolojik baskılar oluşturmaktadır.

Hidromorfolojik baskılar su çekimi, akış düzenlemesi ve suyun morfolojisine etki eden baskıları içermektedir. Akış düzenlemeleri su miktarını etkilediği gibi, kıyı habitatına zarar vermekte ayrıca bazı canlıların yok olmasına sebep olmaktadır. Su çekimi ise suyun miktarını ve sediman hareketlerini etkilemektedir. Su çekimlerinin etkileri özellikle nehrin mansabında daha fazla görülmektedir.

Suyun depolanması için insan eliyle yapılan rezervuarlar birçok maksat için kullanılmaktadır. Hidroelektrik enerji üretimi, içme suyu temini, sulama, taşkın koruma gibi maksatlara sahiptir. Geçtiğimiz son iki yüzyılda bu tür rezervuarların yapımı oldukça artmıştır. Barajlar ve setler su akışını ve sediman hareketini etkilemekte, balık geçişini engellemektedir.

Su transferi, su çekimi, baraj, bent, set, kanal, menfez inşaatı, taşkın koruma yapısı, derinleştirme faaliyetleri, nehir düzleştirme, kanallaştırma vb. faaliyetler habitatları etkilemekte;

akış rejimi, süresi, mevsimsellik, değişim oranı, nehir ve habitat sürekliliği, ve sediman taşınımında değişiklik, erozyon, taşkın yataklarının kaybı, sulak alanların bağlantılarının kopması ve yeraltı suyuyla bağlantıda olumsuz etkilere yol açmaktadır (Şekil 5.1-2).



**Şekil 5.1** Hidromorfolojik Baskı Altında Su Kütleleri (1)

İnsani faaliyetler sonucunda oluşan bazı hidromorfolojik baskılar ve etkileri Şekil 5.2-3'de ve aşağıda verilmektedir.

- Baraj, bent ve savaklar nehirlerin boyuna akışlarını etkilemektedir.
- Su kaynaklarının enerji, insani kullanım maksatlı çekimleri debiyi azaltmakta, mevsimlik değişimi etkilemektedir.
- Kanallaştırma, düzleştirme, derinleştirme ve nehir kıyısı düzenlemeleri ekolojik hayatı olumsuz etkilemektedir.
- Kanallaştırma çalışmaları sediman taşınımını etkilemekte bu da nehir dibinde erozyona sebep olmaktadır.
- Taşkın koruma yapıları nehirdeki yukarı ve aşağı yönlü göçü etkilemekte, nehirlerin sulak alanlarla bağlantılarını koparmakta, su akışını etkilemektedir.



**Şekil 5.2** Denizli Baklan Sulama Kanalı



**Şekil 5.3** Çine Barajı

Tüm bu baskıların ekolojik hayat üzerinde etkileri bulunmaktadır; habitat çeşitliliğinin azalması, türlerin göçünde aksamalar ve egzotik türlerin ortaya çıkması gibi sonuçlar görülmektedir. Söz konusu etkiler sadece lokal olarak kalmamakta nehrin menba ve mansabı ile kıyı bölgelerini de etkilemektedir. (2)

### 5.3 İstilacı Türler

Herhangi yabancı bir türün yeni bir ortama taşınması çoğu zaman o türün başarısız olup ortadan kalkması ya da ortamın doğal bir parçası haline gelmesi ile sonuçlanmasına rağmen, bazı durumlarda yabancı türler ortama çok iyi bir şekilde adapte olabilir ve hızlı bir şekilde çoğalıp, yayılabilirler. Bu tip türler başlıca ortamdaki endemik türler olmak üzere yerel faunaya ve oraya geri dönüşü mümkün olmayan zararlar verebilir, devamında ekosistem servislerine ve işleyişine etki edebilir, sonunda da bulunduğu ortamın sosyo-ekonomik yapısını kökten değiştirecek kadar zararlı bir istilacı tür özelliği kazanabilir. Türkiye’de son yıllarda artan bir şekilde fark edilen bu olumsuz etkiler, dünyada daha uzun bir zamandır takip edilmekte ve çalışılmaktadır. İnsan kaynaklı ekonomik kaygıların başını çektiği yetiştiricilik ve doğal stokların desteklenmesi faaliyetleri yabancı tür transferlerindeki en önemli araçlar olarak ortaya çıkmaktadır. Yabancı türlerin doğal türler ve ekosisteme en büyük etkileri; predasyon, habitat tahribatı, besin ve alan rekabeti, melez oluşturma ve hastalıkların taşınması yollarıyla ortaya çıkabilir. (3)

Aşılınmış türlerin doğal türler, ekosistemler, yerel ve ulusal ekonomiler ile topluluklar üzerinde yaratabileceği etkiler çok çeşitli şekillerde ve doğrudan veya dolaylı yollarla ortaya çıkabilir. Bu yollarla meydana gelen yeni tür aşılınmaları, ekonomik değeri az olan bazı balık türlerinin değerli türlerin yerini almasına neden olabildiği gibi avcı karaktere sahip bazı aşılınmış balık türleri, üzerinden beslendikleri diğer balık türlerinin popülasyonlarının azalmasına hatta yok olmasına bile yol açabilir. Yabancı türler bu sayede tür çeşitliliğini azaltıp balık topluluklarının kompozisyonunu ve yapısını değiştirebilirler. Dikkatlice planlanmış ve kontrol edilmiş aşılmalarda bile büyük bir ekolojik ve ekonomik tehlike söz konusu olabilir. Çünkü doğal ekosisteme bu tip müdahaleler, besin zincirinde ve bütün ekosistemde şiddetli değişimlere yol açabilirler (4)

Yabancı tür aşılınmalarının etkileri ile ilgili birçok faktör öne sürülebilir (predasyon, habitat tahribatı, rekabet, melez oluşturma, hastalık taşınması). Ancak sadece bu faktörlerin tespit edilmesi ve sıralanması da ekolojik bir etkiyi anlamak için yeterli olmayabilir (5). Asıl ortaya

konması gereken bu faktörlerin doğal bir türün uzun dönemde genetik ve biyolojik bütünlüğünü önemli oranda ve ölçülebilir şekilde azaltıp azaltmadığını anlamaktır. Burada sorulması gereken esas soru, yabancı bir türün yeni bir ortama girdiğinde meydana getirdiği ekolojik sorunlar değildir çünkü bu değişimler kaçınılmaz olarak gerçekleşecektir esas sorulması gereken soru bu meydana gelen ekolojik değişimlerin çeşitlilikte ya da ekosistem işleyişinde ölçülebilir bir azalma veya değişim oluşturup oluşturmadıklarıdır. Ancak, bu durumda bir yabancı tür aşılması zararlı olarak atfedilebilir (6).

Yabancı balıkların aşılması, doğal ve yerli balıkların ortadan kalkmasına ya da popülasyonlarının olumsuz biçimde etkilenerek küçülmesine yol açabilir. Bu, ya aşılana yabancı türlerin yerli türlerin erginleri, yumurtaları ve genç bireyleri üzerinden beslenmesi yoluyla doğrudan ya da yerli türlerle girilen rekabet, hibritleşme veya patojenlerin taşınması yoluyla dolaylı olarak gerçekleşir. Etki sınıflandırmasına giren bu yukarıda sayılan birçok faktörden en fazla çalışılanı ise yabancı türlerin beslenme alışkanlıkları ile ilgili olanıdır (7), (8), (9). Ancak beslenme bütün bir ekolojik etki konseptinin içinde karakterize edilmesi oldukça zor bir faktördür. Yabancı türler ile etkileşimde bulunan yerel türlerin beslenme rejimleri arasında meydana gelen örtüşmeler ve av-avcı ilişkileri, türler arası etkileşimlerin ve aşılana yabancı türün besin düzeyinin kuvvetli göstergeleri olabilirler. Ancak, bu faktörler ekosistem işleyişinde meydana gelen değişimleri ya da biyolojik çeşitlilikte meydana gelen kayıpların gerçek sebepleri olarak her zaman gösterilemezler (10). Gerçek bir etkiden bahsedilmek isteniyorsa, yabancı türün çevresel parametrelerde meydana getireceği önemli değişimlerin ekosistemin devamlılığını sekteye uğratacak etkileşimlere yol açtığı gözlemlenmesi gerekmektedir. Bu, ekosistemin dışarıdan gelen etkilere karşı esnekliğini ve işleyişini ne kadar koruyabildiğine bağlıdır (11). Daha az işlevsel yenilenme yeteneğine sahip olan ekosistemlerin etkiye karşı daha kırılgan olmaları kaçınılmazdır (12), (3).

#### **5.4 Kimyasal Kirlenme**

Kimyasallar insanoğlunun varoluşundan beri hayatın ayrılmaz bir parçası olmuştur. Çağlar boyu, yeme, içme, ısınma gibi birçok temel ihtiyacın karşılanmasında kimyasallardan faydalanılmıştır. İnsanlık geliştikçe kimyasallara olan ihtiyaç artmış ve çeşitlenmiştir. Bu da yeni ve üstün özelliklere sahip kimyasalların sentezlenmesi ve önemli miktarlarda üretilerek sınai faaliyetlerde kullanılmasına yol açmıştır. İlk zamanlarda bu gelişmenin her yönden devrim



niteliği taşıdığı düşünülse de kimyasalların insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri zamanla anlaşılmıştır. Bunun üzerine gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar ile toprağın, suyun ve havanın kimyasallar ile kirlendiği, hatta bu kimyasalların organizmaların vücutlarında birikerek hastalıklara neden olduğu ortaya konulmuştur (13).

Dünyada mevcut kimyasal madde sayısı tam olarak bilinmese de Avrupa Birliği'nde (AB) endüstriyel sektörlerde 140.000'den fazla kimyasal kullanıldığı ve üretildiği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, her yıl piyasaya yeni kimyasallar sürülmeye devam etmektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından her yıl 700 yeni kimyasal, Zehirli Kimyasalların Kontrolü Yönetmeliği envanterine eklenmektedir (14). Tüm yararlı kullanımlarının yanı sıra, kimyasalların insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkileri de söz konusudur. Kimyasallara yüksek dozlarda veya sürekli maruz kalınması, bağışıklık sistemi, sinir sistemi, solunum sistemi, kardiyovasküler sistem, sindirim sistemi ve cilt hastalıkları ile üreme bozukluklarına sebebiyet vermektedir (15). Bunun yanı sıra, birçok kimyasalın kanserojen ve endokrin bozucu özellik gösterdiği kanıtlanmıştır (16); (17). Ayrıca, kimyasallar doğada uzun yıllar bozunmadan kalabilmekte, canlı bünyesinde birikim özeliği göstermekte ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (13).

Yerüstü sularında kimyasal kirlenme sucul çevre için bir tehdit oluşturmaktadır. Etkiler sucul organizmalar üzerinde akut ve kronik toksisite, ekosistemde birikim ve habitatlar ile biyolojik çeşitliliğin kaybı ve aynı zamanda insan sağlığına etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple, kirliliğin sebebinin belirlenmesi ve emisyonun kaynağında engellenmesi gerekmektedir (18).

Kimyasalların çevresel davranışları ve akıbetleri ile çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini belirleyen ve önceliklendirme yöntemlerinde dikkate alınan temel fiziko-kimyasal ve eko-toksikolojik özellikleri aşağıda özetlenmektedir.

**Kalıcılık:** Kalıcılık bir maddenin doğada uzun süre bozunmadan kalma ve dağılma potansiyelini gösterir. Kalıcılık genellikle maddenin sudaki, topraktaki ve/veya havadaki yarılanma ömrü ile ifade edilir. Bir maddenin biyolojik yarılanma ömrü, ortam sıcaklığına, maddenin reaktifliğine ve ortamda bulunan mikroorganizmaların maddeyi parçalayabilme özeliği olup olmamasına bağlıdır. Tuzlu sularda yarılanma ömrünün tatlı su ortamlarına nazaran daha uzun olması beklenir (19).

**Biyobirikim:** Biyobirikim bir maddenin çeşitli yollarla organizmalara alınması ile tekil organizma vücudunda ve besin zincirinde birikmesidir.

Toksisite: Toksisite bir maddenin canlılar üzerindeki öldürücü, zehirleyici ve/veya hastalık yapıcı etkisidir. Akut ve kronik toksisite olmak üzere iki şekilde incelenir (13).

Su Çerçeve Direktifi, yerüstü su kaynaklarının kalitesi ile sucul ekosistemlerin korunması ve iyileştirilmesi maksadıyla bütünleşik bir çevre koruma ve yönetim yaklaşımını esas almaktadır. Bu yaklaşım doğrultusunda yapılması gerekenlerden biri de, yerüstü su kaynakları için risk teşkil eden tehlikeli maddelerin kontrolü için çevresel kalite standartlarının (ÇKS) belirlenmesi ve uygulamaya alınmasıdır. SÇD, 2015 yılı sonuna kadar tüm sularda iyi su durumuna ulaşılmasını hedeflemektedir. Bir yerüstü suyu kütlelerinde iyi su durumu, hem ekolojik hem de kimyasal durumun iyi olması ile mümkündür. Bu aşamada; ÇKS'ler su kaynaklarının ekolojik ve kimyasal durumunun belirlenmesinde bir araç olarak dikkate alınmakta ve su kalitesinin durum tespitinde kullanılan kirleticiler için ÇKS'lerin sağlanması büyük önem arz etmektedir (20).

İnsan sağlığı ve çevreyi korumak için belli bir kirletici veya kirletici gruplarının su, sediman veya biyotada aşmaması gereken konsantrasyonları olarak tanımlanan ÇKS, temel olarak alıcı ortamlarda sağlanması gereken kalite durumunu ifade eder. Bununla birlikte; su yönetiminde ÇKS'ler su kalitesi izleme verilerinin değerlendirilmesinde dikkate alınacak limitleri belirler, su kaynaklarında kirliliğin kontrol altına alınması için kalite hedeflerinin belirlenmesinde kullanılır ve çevresel hedeflere ulaşmak maksadıyla ihtiyaç duyulan koruma ve iyileştirme çalışmalarının gerekliliğini ortaya koyar. Ayrıca, su kaynaklarına yapılacak deşarjlara ilişkin limitlerin belirlenmesinde altlık teşkil eden ÇKS'ler, su ortamlarına yapılan kimyasal deşarjlarının kontrolünde ve planlama sürecinde havza eylem planlarında yer alacak eylemlerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi aşamasında dikkate alınır (20).

Öncelikli Maddeler 2013/39/EU sayılı Direktif ile AB düzeyinde 45 öncelikli madde ve bu maddelere ilişkin tatlı sular ve tuzlu sular için ayrı olmak üzere yıllık ortalama ve maksimum ÇKS (YO-ÇKS ve MAK-ÇKS) değerleri belirlenmiştir. Bununla birlikte; 45 öncelikli madde içerisinde yer alan 11 madde için biyotada ÇKS değerleri de geliştirilmiştir. Öncelikli maddeler, yerüstü sularının kimyasal durumunun tespitine yönelik izlenen maddeler olmakla birlikte, bu maddelerin ÇKS'lerinin aşılmamasına bağlı olarak geçti/kaldı şeklinde bir kalite durum değerlendirilmesi yapılmakta ve bu doğrultuda su kalitesi “çok iyi/iyi durum” veya “orta durum” şeklinde sınıflandırılmaktadır (20).

Öncelikli maddelere ek olarak, SÇD Ek-V'in Bölüm 1.2.6'sı doğrultusunda, üye ülkeler, aynı Direktifin Ek- III'ünde listelenen madde ve madde gruplarını kapsayan ve ulusal veya nehir havzası ölçeğinde belirleyecekleri spesifik kirleticiler için de ÇKS geliştireceklerdir. Spesifik kirleticiler su kütlesine, kalitesini olumsuz yönde etkileyebilecek miktarda deşarj edilmeleri sebebiyle sucul ortamlar için risk teşkil eden maddeler olarak tanımlanmakta olup, organik ve inorganik maddeler ile konvansiyonel kirleticiler spesifik kirletici grupları arasında yer alabilmektedir. Spesifik kirleticiler ile ilgili bir diğer önemli husus ise bu maddeler için geliştirilen ÇKS'lerin "iyi ekolojik durum" hedefi kapsamında sağlanması gerektiğidir. Söz konusu kirleticilere ilişkin kalite durumu, öncelikli maddelerde olduğu gibi "çok iyi/iyi durum" veya "orta durum" şeklinde 2 sınıfta değerlendirilmektedir. Kalite durum değerlendirmesi hem YO-ÇKS hem de MAK-ÇKS gözetilerek öncelikli maddeler için uygulanan aynı metodoloji esas alınarak yapılmaktadır. Bu çerçevede; bu sınıfa giren maddelerin belirtilen sıklıkta yerüstü sularında izlenmesi, bu maddeler için ulusal veya nehir havzası ölçeğinde geliştirilen ÇKS değerlerinin sağlanması ve ÇKS'nin aşıldığı durumlarda çevresel hedeflere ulaşmak için alınması gereken tedbirlerin ortaya konularak uygulamaya alınması gerekmektedir. Bununla birlikte; SÇD'ye göre spesifik kirleticilerin ve ÇKS değerlerinin nehir havza yönetim planlarının güncellenmesi periyodu olan 6 yılda bir üye ülkelerce gözden geçirilmesi gerekmektedir (20).

ÇKS'ler, su kütlelerinin ekolojik ve kimyasal durum tespiti ve değerlendirilmesi için gerekli araçlar olmakla birlikte su, sediman ve biyota için bağımsız olarak türetilmektedir. SÇD'ye göre, ÇKS'ler öncelikli maddeler ve spesifik kirleticiler için oluşturulmaktadır. Öncelikli maddelere ilişkin ÇKS'ler sırasıyla "2008/105/EC sayılı Çevresel Kalite Standartları Direktifi (ÇKSD)" ve "Su Politikası Alanında Öncelikli Maddeler Açısından 2000/60/EC Sayılı Direktifi ve 2008/105/EC Sayılı Direktifi Değiştiren 2013/39/EU Sayılı Direktif" ile Avrupa Birliği (AB) düzeyinde belirlenmiştir. Diğer taraftan; spesifik kirleticiler ve bu kirleticilere ilişkin ÇKS'ler ise, SÇD'de verilen muhtemel madde grupları esas alınarak, her bir ülke tarafından kendi endüstriyel ve tarımsal üretim portföyüne bağlı olarak belirlenmektedir (21). ÇKS'lerin belirlenmesi aşamasında kimyasallara ilişkin literatürde var olan akut ve kronik toksisite verileri kullanılmaktadır. ÇKS'lerin uygulanması ile yerüstü su kaynaklarının kalitesi ile birlikte insan ve çevre sağlığının korunması ve ekosistemin devamlılığının sağlanması hedeflenmektedir (20).

645 sayılı Kanun Hükmünde Kararname'de verilen görev, yetki ve sorumluluklar çerçevesinde, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından ilk olarak, öncelikli maddeler ve spesifik

kirleticilere ilişkin ilgili AB mevzuatının uyumlaştırılması yönünde çalışmalar gerçekleştirilmiş ve bu kapsamda Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) hazırlanarak 30.11.2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Böylelikle, ilgili direktiflerin su kalitesi, sınıflandırma, öncelikli madde listesi ve muhtemel spesifik kirletici gruplarına ilişkin kısımları büyük ölçüde ulusal mevzuatımıza aktarılmıştır (20).

Ayrıca, kıyı ve geçiş suları dâhil yerüstü su kaynaklarında bulunan ve/veya bulunması muhtemel tehlikeli madde ve madde gruplarına ilişkin ÇKS’ler geliştirilerek Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne derç edilmiştir.

## 5.5 Jeotermal ve Madencilik Faaliyetleri

### 5.5.1. Jeotermal faaliyetler

Jeotermal enerji, yerin derin kısımlarında yer alan kayalarda birikmiş olan ısının akışkanlar ile taşınarak rezervuarlarda depolanması sonucu oluşan sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir. Ülkemiz jeotermal enerji açısından dünya ülkeleri arasında zengin bir konumdadır. Ülkemize yayılmış 1.000 adet civarında farklı sıcaklıklarda jeotermal kaynak mevcuttur. Ülkemizin jeotermal potansiyeli teorik olarak 31.500 MWt’dır. Bu alanların % 78’i Batı Anadolu’da, % 9’u İç Anadolu’da, % 7 si Marmara Bölgesinde, % 5’i Doğu Anadolu’da ve % 1’i diğer bölgelerde bulunmaktadır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Türkiye’de Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası (22)

Jeotermal kaynaklarımızın % 90’ı düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulama olan ısıtma, termal turizm, mineral eldesi v.s. için uygundur. % 10’u ise dolaylı uygulamalar olan elektrik enerjisi üretimi için uygundur. Ülkemizde Aydın, Denizli, Manisa, Çanakkale ve

Afyonkarahisar illerinde toplam 40 adet jeotermal elektrik santrali (JES) bulunmaktadır (Şekil 5.5). Ancak, jeotermal kuyularının açılmasında olası problemler yaşanması durumunda ve alınan sıcak suyun kullanıldıktan sonra reenjeksiyonunun suyun alındığı formasyona yapılmadığı durumlarda; bu faaliyetler yeraltı ya da yerüstü sularının kalitesinde kötüleşmeye neden olabilmektedir. Suların sıcaklığı, elektriksel iletkenliği üzerinde önemli baskı oluşturmakla birlikte, sularımızda bor, arsenik, kurşun, kadmiyum, bakır, demir, kobalt gibi ağır metal kirliliğine de sebep olabilmektedir.



**Şekil 5.5** Germencik Jeotermal Enerji Santrali

Jeotermal faaliyetlerin son yıllarda artmış olduğu düşünülürse, bu faaliyetlerin su kaynaklarının kalitesi üzerindeki potansiyel etkilerinin kısa ya da uzun vadede ortaya çıkması önemli bir problem olarak karşımızda durmaktadır. Mevcut durumda, yüzey sularında görülmüş olan etkilerin yeraltı sularında ortaya çıkması uzun zaman alabilmektedir. Bu sebeple, hem yüzey sularının mevcut durumdaki kalitesinin iyileştirilmesi; hem de söz konusu baskı unsurunun yeraltı sularının kalitesi üzerindeki olası etkilerinin en alt düzeye indirilebilmesi amacıyla bir takım önlemlerin alınması faydalı olacaktır. Bu önlemler hatalı reenjeksiyon kuyularının kapatılması, reenjeksiyonun doğru formasyona doğru bir şekilde yapılması, jeotermal sondajlar sonucunda oluşan atıkların doğru şekilde depolanması, kaplıca ve termal tesislere ait jeotermal deşarjların kontrolünün sağlanması vb. olarak sıralanabilir.

Söz konusu tedbirlerin de sürekli olarak denetlenmesi ve su kaynaklarımızın da jeotermal faaliyetlerden kaynaklanabilecek parametreler açısından sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir.

### 5.5.2 Madencilik faaliyetleri

Madencilik faaliyetlerinin yeraltı sularının kalitesinde üzerinde oluşturması muhtemel baskılar, bu faaliyetler sonucu ortaya çıkan kontrolsüz deşarjlar ve atıklardır. Deşarjlar alıcı ortama kontrolsüz bir şekilde bırakıldığında ve/veya oluşan atıklar tıpkı katı atık depolama alanları gibi işletme sahası içerisinde kontrolsüz bir şekilde biriktirildiğinde; yerüstünde yerüstü sularının ya da yeraltına sızarak, yeraltı sularının kalitesinde ciddi bozulmalara sebep olabilmektedir. Bunlara ek olarak; madenciliğin türüne bağlı olarak gelişebilecek asit kaya drenajı da yeraltı sularının kalitesi üzerinde önemli etkiler ortaya çıkarabilecek bir baskıdır. Maden yatağının türüne bağlı olarak oluşacak deşarj ve atıkların miktarları, kimyasal içerikleri ve konsantrasyonları büyük farklılık gösterebilmektedir.

İşletilmeyen ancak zuhur ve yatak olarak sınıflandırılmış olan maden yatakları, pek çok noktada demir, mangan, arsenic, sülfür, bor, moliptan, alüminyum, kurşun, nikel ve civa gibi parametreler açısından kirliliğe neden olabilmektedir. Bu gibi doğal kirlilik durumlarında yeraltı suyunun kalitesinin alınacak önlemler ile iyileştirilmesi söz konusu olmayıp; kuyu ve kaynaklar aracılığı ile alınan bu yeraltı sularının kullanıma amacına göre, ilgili yönetmeliklerdeki standartlara ulaşacak şekilde arıtıldıktan sonra kullanılması gerekmektedir. Ancak, her ihtimale karşın cevherleşmeye bağlı doğal kirlilik olarak da tanımlanmış olsa, eşik değer/kalite standartlarının aşıldığı tüm noktalarda bu parametrelerin izlenmeye devam edilmesi ve izlenen konsantrasyonlarda herhangi bir artış tespit edildiği takdirde, daha detaylı çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Madencilik faaliyetlerin su kaynaklarının kalitesini olumsuz etkilediği belirlenen izleme noktalarında kirliliğin giderilmesi için bazı tedbirlerin alınması gereklidir. Bu tedbirlerden biri atık kontrolüdür. Bu kapsamda, her türlü kimyasal madde, proses ve arıtma çamurları ve özel atıklar ve benzeri maddelerin depolama tanklarının sızdırmaz olarak yapılarak atıkların düzgün bir şekilde depolanmasının sağlanması gereklidir. Bir diğer tedbir ise alıcı ortam deşarj standartlarının sağlanmasıdır. Bu kapsamda madencilik faaliyetleri sonrasında ortaya çıkması olası atıksuların doğrudan veya arıtma sonrasında alıcı ortama deşarj edilmesi aşamasında; gerek SÇD, gerek ülkemizde yürürlükte olan mevzuat ile uyumlu şekilde gerçekleştirilecek çalışmalar ile belirlenecek olan alıcı ortam çevresel hedeflerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda hem deşarj edilen suyun kalitesinin belirli limitlerin üzerinde olması hem de alıcı

ortama doğru lokasyondan (deşerj debisi de dikkate alınarak)deşerj edilmesi önem arz etmektedir.

Söz konusu tedbirlerin de sürekli olarak denetlenmesi ve su kaynaklarımızın da madencilik faaliyetlerinden kaynaklanabilecek parametreler açısından sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir.

## **5.6. İklim Değişikliğinin Etkileri**

Su; iklimsel, biyolojik, hidrolojik, fiziksel ve insan etkileşimlerinden oluşan son derece karmaşık bir dinamik sistemin merkezinde yer almaktadır. Artan sera gazı emisyonları sebebiyle küresel ısınma dünyanın pek çok bölgesinde su kaynaklarının dağılımında değişikliklere yol açmış, küresel ve bölgesel hidrolojik döngüler iklim değişikliğinden büyük ölçüde etkilenmiştir. Bugün gelinen noktada suya erişmek ve suyu temin etmek giderek artan küresel bir sorun haline gelmiştir. Bu sonucu destekleyen en önemli gelişme, gelecek iklim senaryolarında ortaya çıkan sonuçlardır. Örneğin 21. yüzyıl için yapılan emisyon senaryolarına dayanan bütün iklim model simülasyonları, sıcaklık artışlarını ve yağış değişikliklerini öngörmektedir. Hatta bazı iklim projeksiyonları(kestirimleri) sıcaklık artışlarının içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna doğru çok daha yükseleceğini ortaya koymaktadır. Özellikle bu projeksiyonların tamamına yakın kısmında Güney Avrupa ve Akdeniz Havzası'nda yüksek sıcaklık ve kuraklık gibi koşulların daha da kötüleşmesi öngörülmektedir. Ülkemiz iklim değişimi bakımından hayli kritik bir bölge olan Güneydoğu Avrupa ve Doğu Akdeniz coğrafyası içerisinde yer almaktadır (23).

İklim değişikliği su kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Dünyanın pek çok bölgesi çölleşme riski ile karşı karşıya geleceğinden gelecek senaryolarında suyun, petrol gibi değerli olması beklenmektedir. Küresel ısınma sonucu su kaynaklarında azalma, orman yangınları ve bunlara bağlı ekolojik bozulmaların meydana gelmesi olasıdır. Akarsu havzalarındaki yıllık akımlarda oluşabilecek azalma sonucu su gereksinimi artacaktır. İklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarındaki azalma tarımsal üretimde olumsuz etki yapacaktır. Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak yıllık ortalama sıcaklığın artması çölleşme, tuzlanma ve erozyonu arttıracaktır. Mevsimlik kar ve kar örtüsünün kapladığı alan azalacak, karla örtülü dönem kısılacaktır. Kar erimesinden kaynaklanan akış zamanı ve hacmindeki değişiklik su kaynakları, tarım, ulaştırma ve enerji sektörlerini olumsuz etkileyecektir. Ayrıca küresel ısınma buzulların

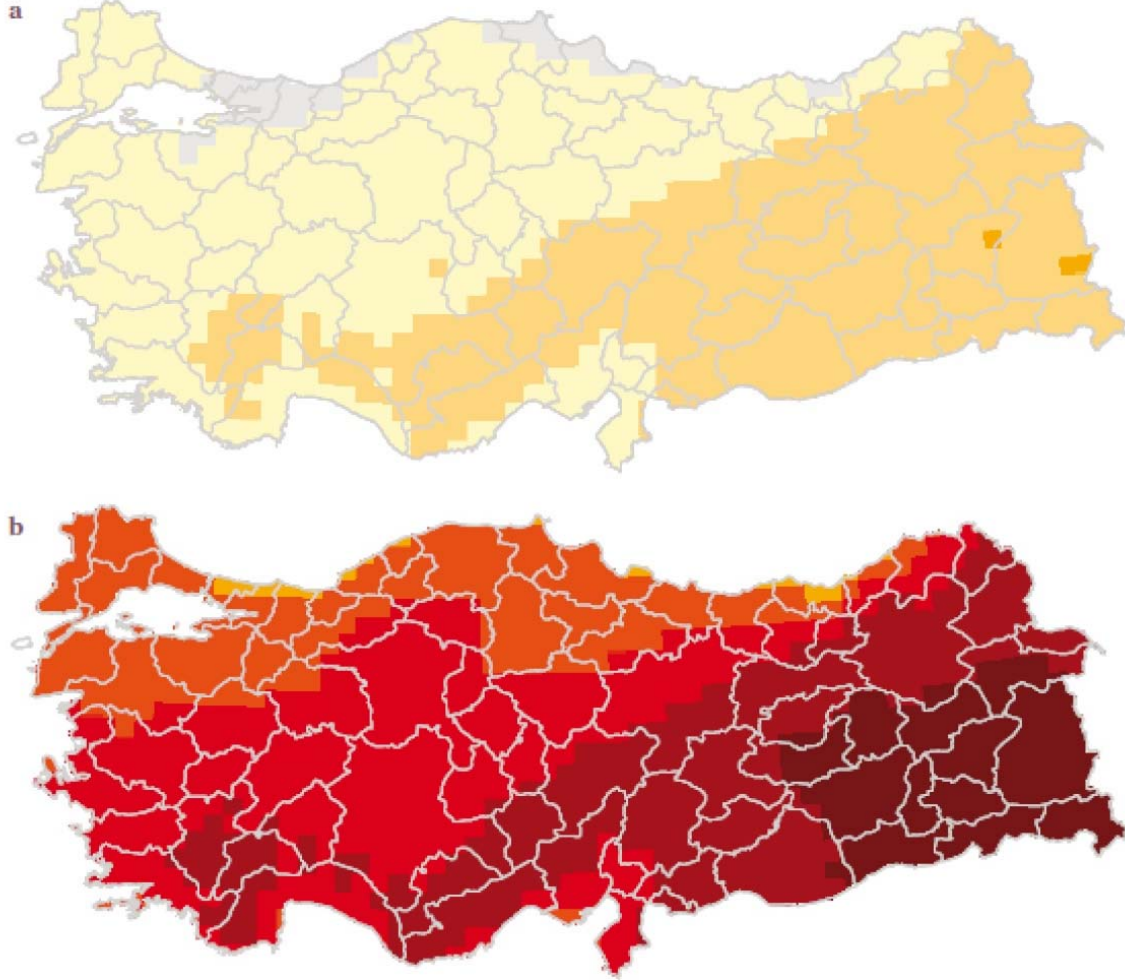
erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının kayması gibi değişikliklere de neden olacaktır (23).

Küresel iklim değişikliği, hidrolojik çevrimdeki sistemler ve süreçler arasındaki mevcut dengeyi etkilemektedir. Hidrolojik çevrimin en önemli sistemlerinden birisinin atmosfer olması nedeniyle iklim değişikliğinin atmosferik koşullarda yaratacağı değişikliklerin havzaların yağış, evapotranspirasyon ve akış gibi hidrolojik süreçleri üzerinde, hem alan hem de zaman ölçeğinde önemli değişimlere yol açacağı açıktır. Bu değişimler yalnızca mevcut uzun dönem ortalamalarıyla sınırlı kalmayıp, ekstrem(aşırı) olayların sıklık, büyüklük ve alansal dağılımlarında da görülecektir. Küresel ısınma konusunda yapılan çalışmalar, iklim değişikliğinin su kaynaklarını kısıtlayıcı bir rol oynayacağını göstermektedir. Genel olarak, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde yaratacağı önemli etkiler havzaların bulunduğu bölgelere bağlı olarak; yerüstü su potansiyellerinde azalma ya da artış, yeraltı akiferlerinin beslenmelerinde dolayısıyla boşalmalarında değişim, ekstrem akımların (taşkınlar ve kuraklık) görülme sıklıklarında, mevsimlerinde ve büyüklüklerinde değişim, değişen yağış rejimi, bitki örtüsü ve arazi kullanımının neden olduğu erozyon sorunları, kar suları ile beslenen akarsuların akış rejimlerinde farklılaşma, tarımsal su gereksinimlerinde artış şeklinde özetlenebilir (23).

İklim değişikliği hidrolojik çevrim, su kaynakları, onların yerel-bölgesel-küresel yönetimi ve dağıtımını üzerine önemli ölçüde etki etmektedir. Anılan etkilerin çok yavaş ve uzun yıllar süresince ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir. Ancak bunun zararlı uyarılarını insanlık bugünden duyumsar hale gelmiştir. Yıl boyunca nehir, çay, ırmak ve dere akışlarında birçok değişiklikler oluşmaktadır. Nehir akış rejimleri değişmekte, sel, kuraklık gibi doğal afetlerin olma sıklığı artmaktadır. Nehir akışlarında zaman içinde ileriye ve geriye doğru kaymalar oluşturmaktadır. Ayrıca dere akışları değişmekte, yeraltı suyu beslenmesi bölgesel yağış rejimlerine bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır. Küresel ısınmanın su sağlama üzerinde önemli etkileri olacağı kesindir ve yağış değişkenliğinin artması, tarım sektöründe önemli sorunlar oluşturacaktır. Daha sıcak iklim hidrolojik döngüyü hızlandıracak, yağış ve evapotranspirasyonunun (ET, buharlaşma-terleme) küresel miktarlarında artış olacaktır. Dağlardaki karın erimesinden oluşan yüzey akış gibi yağışın zamansal dağılımını da tarihsel biçimlerinden farklılık gösterebilir. Bu değişikliklerin bazılarının gerçekleşmesine karşın, bölgesel etkileri iyi biçimde bilinmemektedir. Hidrolojik belirsizlikler özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, yağış ve sıcaklıktaki göreceli olarak küçük değişikliklerin yüzey akışı ile ET'nin hacmi ve zamanlaması üzerinde oldukça büyük etkilere



sahip olmasından kaynaklanmaktadır (23). Türkiye’de 21. Yüzyılda beklenen sıcaklık değişimleri Şekil 5.6’da görölmektedir.



Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, “IPCC’nin Son Raporu Işığında Türkiye’de İklim Değişikliği, Olası Etkileri ve Çözüm Önerileri” başlıklı teknik bir rapor hazırlanmıştır. Söz konusu raporda Türkiye için temel çözüm önerileri sıralanmaktadır (24):

- Etki azaltımı iklim değişikliği ile küresel ölçekte mücadelede elzem olup, bu konudaki çalışmalar artarak devam etmelidir. Türkiye, en kötü senaryo için hazırlıklı olmalı ve iklim

değişikliği etkilerine karşı ülke bazında dirençliliği arttıracak uyum politikalarına ağırlık vermelidir.

- İklim parametrelerinde öngörülen önemli değişikliklere rağmen, Türkiye'nin kaynaklarının yüksek ihtimalle gelecekte de yeterli olacağı düşünülmektedir. Ancak ülkenin refahı büyük oranda bu kaynakların nasıl kullanıldığına bağlı olduğundan, Türkiye'nin en temel ihtiyacı bütünlük bir yönetimdir.

- Türkiye'de su ve enerji israfı yaygın olduğundan, her şeyden önce iklim değişikliğine olan kırılganlığı artıran bu tip savurganlıkların azaltılmasına toplumsal düzeyde ağırlık verilmelidir. Su tasarrufu kuraklık dönemleri gibi nispeten zor zamanlarda olumsuz şartların bertaraf edilmesini sağlayacak, enerji tasarrufu ise iklim değişikliğini daha da kuvvetlendiren sera gazı salınımına neden olan santrallerin kurulmasının önüne geçecektir.

- Su tasarrufu en önemli önlemlerden biri olduğundan, şehirlerin altyapısı suyun tekrar yeniden kullanımına imkan verecek şekilde geliştirilmelidir.

- Isı adası etkisi küresel ısınma ile beraber gerçekleştiğinde kent yaşam koşullarını kötüleştirecektir; bu nedenle kentleşme şehir ısı adası etkisini minimize edecek şekilde planlanmalıdır.

- Türkiye'de nüfusun belli bölgelerde yığılması doğal afetlere olan kırılganlığı artırmaktadır; doğru politikalar ile nüfusun şehir ölçeğinden ülke ölçeğine kadar daha düzenli dağılımı teşvik edilmelidir.

- Türkiye, kullanılabilir su potansiyelinin büyük bir kısmını tarımsal sulamaya ayırdığından, su tasarruflu sulama teknikleri desteklenerek ve teşvik primleri uygulanarak, tarımsal su kullanımı azaltılmalıdır.

- Tarımda ürün desenlerinin belirlenmesi, iklim değişikliği hesaba katılarak yapılmalıdır.

- Olası kuraklıklar, geniş alanları etkisi altına alarak Türkiye'de gıda güvenliğini ve ürün rekoltesini tehdit edebileceğinden, özellikle tahıl üretim alanları mümkün olduğunca değişik bölgelere yayılmalıdır.

- İklim değişikliği ile mücadelede küresel ölçekte kuraklık izlemesi artarak önem kazandığından, kuraklıkları önceden öngörebilme, gerekli tedbirleri alma ve artacak gıda fiyatlarından en az şekilde etkilenme sağlanmalıdır.

- Artan sıcaklıklar yangınlara sebep olarak Türkiye'nin orman kaynaklarını tehdit etmekte olduğundan, kuraklığa ve sıcaklığa dirençli ağaçların olduğu orman alanları artırılmalıdır.

- Kurulu güç bünyesindeki yenilenebilir enerji oranı nispeten yüksek olup (~%40), fiili enerji üretimi içerisinde oran -bu tip enerjinin kesintili yapısı nedeniyle- düşmektedir (~%25). Bu sebeple Türkiye, enerji arzında istikrar sağlamak şartıyla yenilenebilir enerji potansiyelini en üst seviyede değerlendirme yoluna gitmelidir (25), (26).

### 5.7. Sıcaklık Kirlenmesi

Sıcaklık kirlenmesi (ısıl kirlenme) insani faaliyetler sonucunda tatlı su habitatlarının doğal sıcaklık rejiminin bozulması olarak ifade edilmektedir. Soğukkanlı organizmaların metabolizma hızları sıcaklığa direkt bağlıdır. Tatlısulara yaşayan organizmaların çoğu ise soğukkanlıdır. Bu sebeple, sıcaklık kirlenmesi tatlı su komünitelerini oldukça etkilemektedir. 1-2 derecelik artışlar dahi komüniteleri etkilemektedir; söz konusu artış bazı türler için ölümcül olabileceği gibi, bazılarının büyümesini ve üremesini etkilemektedir. Su sıcaklığında meydana gelecek 2-3 derecelik artışlar bazı böceklerin yumurta sayılarını oldukça azaltmaktadır, çünkü daha yüksek metabolizma hızlarında daha fazla enerji ihtiyacı olduğundan, yumurta oluşumuna daha az enerji ayrılabilir (27).

Tatlı su organizmalarının sıcaklığa karşı toleransları oldukça değişmektedir, fakat hepsi için optimum bir sıcaklık aralığı mevcuttur ve sadece bu aralıkta yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Artan sıcaklık belirli bir noktaya kadar büyümeyi arttırmakta, fakat belirli bir noktadan sonra zarar vermeye başlamaktadır. Termal kirlenme sonucunda ılık-su balıkları soğuk-su balıklarının yerini almaktadır (27).

Enerji santralleri ve sanayi tesisleri sıcaklık kirlenmesine sebep olan başlıca etkenlerdir. Nehirlerden çekilen soğuk su jeneratörlerin ve diğer ekipmanın soğutulması için kullanılmakta, daha sonra yüksek sıcaklıklarda nehre geri bırakılmaktadır. Enerji santrallerinden bırakılan sıcak suyun nehirde meydana getirdiği ani sıcaklık yükselmesi bazı balıkları ısıl şoka sokarak öldürmektedir (27) .

## KAYNAKÇA

1. (2018). *Burdur NHYP Hazırlanması Projesi Mevcut Durum Raporu*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
2. Feher, J. G. (2012). *Hydromorphological Alterations and Pressures in European Rivers, Lakes, Transitional and Coastal Waters*. Prague: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters.
3. Tarkan, A. S. (2013). Yabancı Tatlısu Balıklarının Dünyada ve Türkiye'de Giriş Yolları, Etkileri ve Bunlardan Korunma Yöntemleri. *Su Ürünleri Dergisi*.
4. Copp, G. H. (2005). To be or not to be a non-native freshwater fish? *Journal of Applied Ichthyology*.
5. Gozlan, R. E. (2009). Biodiversity Crisi and The Intorduction on Non-native Fish: Solutions, not Spacegoats. *Fish and Fisheries*.
6. Gozlan, R. E. (2009). Indication of the Rosette-like Agent as Sphaerothecum Destruans, A Multihost Fish Pathogen. *International Journal for Parasitology*.
7. Kitchell, J. F.-O. (1997). The Nile Perch in Lake Victoria: Interactions between Predation and Fisheries. *Ecological Applications*.
8. Shurin, J. B. (2001). Interactive Effects of Presation and Dispersal on Zooplankton Communities . *Ecology*.
9. MacDowell, R. (2006). Crying Wolf, Crying Foul, or Dying Shame: Alien Salmonids and a biodiversity Crisis in the Southern Cool-temprate Galavioid Fisher? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*.
10. Isumbiso, M. S. (2006). Zooplankton of Lake Kivu, East Africa, Half a Cantury After the Tanganyika Sardine Introduction. *Journal of Plankton Research*.
11. Folke, C. C. (2004). Regime Shifts, Resilience and Biodiversity in Ecosystem Maanagement. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*.
12. Schindler, D. W. (1990). Experimental Perturbations of Whole LAkes as Tests of Hyphothesis Concerning Ecosystem Structure and Function. *Oikos*.
13. Şiltu, E. (2015). Su Ortamında Bulunabilecek Tehlikeli Maddelerin Önceliklendirilmesi Açısından Türkiye'de Uygulanabilecek Metodolojinin Belirlenmesi. *Uzmanlık Tezi*. Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
14. Massey, R. J. (2013). *Global Chemical Outlook*. UNEP.

15. Exposure, A. H. (2015).  
<http://www.atsdr.cdc.gov/emes/public/docs/Health%20Effects%20of%20Chemical%200628>, 06 28, 2015 tarihinde alındı
16. ACS., A. C. (2015). *Known and Probable Human Carcinogens*; . 06 28, 2015 tarihinde <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/generalinformationaboutcarcinogens/known-and-probable-human-carcinogens>. adresinden alındı
17. Bergman, A. H. (2013). State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals. *UNEP & WHO*.
18. Technical Guidance on the Preparation of an Inventory of Emissions, Discharges and Losses of Priority Priority Hazardous Substances, 2012
19. Mackay, D. (2001). *Multimedia Environmental Models: The Fugacity Approach*. Lewis Publishers.
20. Koç Orhon, A. (2015). Yerüstü Sularında Bulunan Tehlikeli Maddelere ilişkin Çevresel Kalite Standartlarının Geliştirilmesine Yönelik Metodoloji. *Uzmanlık Tezi*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
21. EC. (2015). *European Commission. Strategies Against Chemical Pollution of Surface Waters*. 06 28, 2015 tarihinde <http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/>. adresinden alındı
22. (2013). *Ormancılık ve Su Şurası Su Kalitesi Yönetimi Çalışma Grubu Raporu*.
23. Karaman, S. G. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*.
24. Şen, Ö. L. (2013). Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri.
25. Projesi, B. N. (2018). *Mevcut Durum Raporu*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
26. Projesi, İ. D. (2016). *Nihai Rapor*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
27. Dodds, W. K. (2010). Responses to Stress, Toxic Chemicals and Other Pollutants in Aquatic Ecosystems. *Freshwater Ecology*.



## Bölüm 6

# Su Kalitesi İzleme

**Ebru Doğanay, Ozan Soytürk, Ezgi Parlar Güngör, Kamil Aybuğa ve Serhat Fatih Kılınç**

### 6.1 İzlemenin Önemi

Son yıllarda hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve tarımsal faaliyetlerdeki artış ile birlikte tüm su kaynakları üzerindeki baskılar hem miktar hem de çeşitlilik olarak ciddi oranda artmıştır. Bunun yanında su kaynakları birbiriyle bağlı birçok doğal kaynaktan beslenmekte ve antropojenik (insani) kökenli girişimlerin varlığı sebebi ile yapı itibari ile dinamik ve değişken özellik göstermektedirler. Bu sebeplerle su kaynaklarının özel olarak yönetilmesi ve durumlarının her aşaması gerekli izlemelerle takip edilerek potansiyel tehlikelerin su kaynaklarına etki etmeden saptanması ve önlenmesi gerekmektedir.

İzleme sistemleri; su miktar ve kalitesindeki eğilimlerin belirlenmesi, kirletici konsantrasyonlarının ortaya konulması, yerüstü, yeraltı ve atık sularındaki baskıların belirlenmesi, bu suların standartlara uyumunun test edilmesi ve sınıflandırılması gibi değişik amaçlara yönelik olarak oluşturulmaktadır. Su kalitesi suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik, mikrobiyolojik ve hidromorfolojik karakteristiğinin göstergesidir. Su kalitesi suyun fiziksel özellikleri ve barındırdığı sucul ekosistemin yanı sıra, sudaki organik ve inorganik maddelerin konsantrasyonu ile de ifade edilmektedir. Su kalitesi, yerinde ölçümler veya su örneklerinin laboratuvarında incelenmesi ile belirlenmektedir. Su kalitesi izlemesinin ana bileşenleri; yerinde ölçümler, su numunesi alınması ve analizi, analitik sonuçların değerlendirilmesi ve raporlanmasıdır. İzleme programlarının amacı, su miktar ve kalitesindeki değişimlerin değerlendirilebilmesi için yeterli verinin elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır [1] [2] [3] [4].

### 6.2. Kimyasal, Biyolojik ve Hidromorfolojik İzleme

Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi (ŞÇD)'ne göre izleme, kalite parametreleri bazında değerlendirilecek olursa, temel olarak üç ana parametre grubundan bahsedilir. Bu temel gruplar kimyasal izleme, biyolojik izleme ve hidromorfolojik izlemedir. Her bir izleme grubu kendine özgü

olarak parametre, izleme noktası ve izleme sıklığı gereksinimine sahiptir. Nihai izleme sonucu ise bu üç izleme grubundan alınacak sonuçların en düşüğüne göre şekillenmektedir [5].

### **6.2.1. Kimyasal izleme**

SÇD'ye göre ekolojik sınıflandırmada “biri kötüyse hepsi kötüdür” prensibi baz alınır. Bu prensibe göre, bir noktadaki tüm kalite unsurlarından hangisi en kötü değere sahipse her nokta da bu en kötü değere sahiptir. Bu yaklaşım kimyasal durum değerlendirmesi için de kullanılmaktadır [6].

Kirleticiler, tarım, endüstri, yakma prosesleri vb. birçok faaliyetin ürünü ya da ara ürünü olarak çevreye deşarj edilebilmektedir. Bazı kirleticiler yasaklandıktan yıllar sonra çevrede bulunabilmekte, bazıları uzun mesafeler boyunca taşınabilmektedir[5]. Yerüstü sularının kimyasallarla kirlenmesi; sucul ekosistemlerin bozulmasına ve biyoçeşitliliğin azalmasına yol açmaktadır. Kirleticiler, sucul canlıların dokusunda birikim göstermekte, balık ya da diğer su ürünlerinin avcı canlılar tarafından tüketimi sonucunda bu canlılar da zarar görmektedir. Böylelikle besin zincirine giren kirleticiler, zincirin en alt noktasından başlayarak en üst noktasında bulunan canlılara kadar her basamakta miktarının artarak birikmesi sonucu zararlı etkiler meydana getirmektedir. Bahse konu etkilerin tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması için kimyasal izleme yapılması gerekmektedir.

SÇD'ye göre üye devletlerin, her bir nehir havzasına özel izleme programı oluşturması gerekmektedir. İzleme programlarında izleme noktaları, izleme parametreleri ve izleme sıklıkları yer almaktadır. İzlemelerin verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için analizlerin yapılacağı laboratuvarların, izleme programlarında yer alan parametreleri limit değerlere uygun olarak ölçebilme kapasitesine sahip olması gerekmektedir. Bununla birlikte, bütüncül bir değerlendirmenin yapılabilmesi için kimyasal izleme yalnızca su kolonunda değil biyotada ve sedimanda da yapılmalıdır.

#### **6.2.1.1. Kimyasal İzleme Parametreleri**

SÇD, izlenmesi gereken kimyasal parametreleri değişik gruplar altında toplayarak belirli amaçlar tanımlamıştır. Direktifte kimyasal izleme;

- 2455/2001/AT sayılı karar ile öncelikli madde adı verilen topluluk düzeyinde öncelikle ilgilenilmesi gereken maddeleri,



- Havza bazında önemli miktarda deşarj edilen belirli kirleticiler adı verilen diğer maddeleri,
- Biyolojik izlemeyi destekleyecek genel fiziko-kimyasal parametrelerini kapsamaktadır. Öncelikli maddeler topluluk kararı ile belirlenmiştir. İzlenecek olan belirli kirleticiler ve genel fiziko-kimyasal parametreler ise üye ülkelerce seçilebilmektedir [5].

#### 6.2.1.1.1. Genel Kimyasal ve Fiziko Kimyasal ve Parametreler

Ülkemiz mevzuatına göre alıcı ortam kalite kriterleri belirlenmiş olan genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler, kıta içi yerüstü su kaynakları ve kıyı suları için ayrı ayrı olmak üzere Tablo 6.1’de verilmektedir.

**Tablo 6.1** Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler

<b>Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler</b>		
<b>Kıtaıçi Yerüstü su kaynakları için</b>		<b>Kıyı suları için</b>
Renk ( $m^{-1}$ )	Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L)
pH	Toplam azot (mg N/L)	TP ( $\mu$ g/L)
İletkenlik ( $\mu$ S/cm)	Orto fosfat fosforu (mg o-PO <sub>4</sub> -P/L)	NO <sub>x</sub> ( $\mu$ g/L)
Yağ ve Gres (mg/L)	Toplam fosfor (mg P/L)	Yağ-gres (mg/L)
Çözünmüş oksijen (mg/L)	Florür ( $\mu$ g/L)	Yüzer madde
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	Mangan ( $\mu$ g/L)	
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) (mg/L)	Selenyum ( $\mu$ g/L)	
Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	Sülfür ( $\mu$ g/L)	
Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)		

#### 6.2.1.1.2. Öncelikli Maddeler

SÇD’nin 16. maddesinde suyun kimyasallarla kirlenmesi ile mücadele etmek için bir strateji ortaya koyulmuştur. Bu stratejinin ilk adımı olarak, 2455/2001/AT sayılı karar ile topluluk düzeyinde öncelikle ilgilenilmesi gereken 33 maddeyi belirleyen bir öncelikli maddeler listesi kabul edilmiştir. Öncelikli maddeler sucul çevre için risk teşkil eden ve deşarjları kademeli olarak azaltılması gereken maddeler olarak tanımlanabilir. Öncelikli maddelerin bir alt kümesi olan öncelikli tehlikeli maddeler ise toksiklik, kalıcılık ve biyobirikim özelliklerine sahiptir. Öncelikli

tehlikeli maddelerin deşarjlarının aşamalı olarak azaltılması ve ortadan kaldırılması gerekmektedir [5].

2455/2001/AT sayılı karar ile belirlenen öncelikli madde listesi, 2008/105/EC sayılı Çevresel Kalite Standardı(ÇKS) Direktifi ile yeniden düzenlenmiştir. Ayrıca bu ÇKS direktifi ile 33 adet öncelikli madde ve daha önceden AB yasalarında yer alan 8 adet diğerkirletici için çevresel kalite standartları tanımlanmıştır. 3 yılı aşkın bir çalışmanın sonucunda ise yeni öncelikli madde ve ÇKS listesi düzenlenmiş ve 31 Ocak 2012 tarihinde bir öneri liste yayımlanmıştır [7]. Öneri listeye göre, 33 maddeye 6'sı öncelikli tehlikeli madde olmak üzere 15 maddenin ilave edilmesi, 4 madde için daha ÇKS hesaplanması, 2 öncelikli maddenin öncelikli tehlikeli madde haline dönüştürülmesi, bazı maddeler için biyotada ÇKS hesaplanması gibi birçok değişiklik önerilmiştir [5].

21 Ağustos 2013 tarihinde AB tarafından yayımlanan 2013/39/EU sayılı ÇKS Direktif ile 2000/60/EC ve 2008/105/EC sayılı direktifler düzeltilmiştir. Yayımlanan yeni ÇKS direktifi ile 45 öncelikli madde ve bu maddelere özel ÇKS değeri belirlenmiştir. Endokrin bozucu özellikte olan 17-alfa-ethinilestradiol, 17-beta-estradiol ve Diklofenak parametreleri öncelikli madde olarak belirlenmemiş fakat bu parametrelerin izleme listesine alınması tavsiye edilmiştir [5].

Söz konusu 45 parametreye ait bilgiler Tablo 6.2'de verilmektedir.

**Tablo 6.2 Öncelikli Maddeler Listesi**

No	CAS No	Kimyasal adı
1	15972-60-8	Alaklor
2	120-12-7	Antrasen*
3	1912-24-9	Atrazin
4	71-43-2	Benzen
5	n.a.	Bromlu difenileterler*
	93703-48-1	Tetrabromodifenileter
	32534-81-9	Penrabromodifenileter
	36483-60-0	Hekzabromodifenileter
	68928-80-3	Heptabromodifenileter
	32536-52-0	Octabromodifenileter
	1163-19-5	Decabromodifenileter
6	7440-43-9	Kadmiyum ve bileşikleri*
7	85535-84-8	C10-13-Kloroalkanlar*
8	470-90-6	Chlorfenvinphos
9	2921-88-2	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)
10	107-06-2	1,2-dikloroetan
11	75-09-2	Diklorometan
12	117-81-7	Di(2-etilhekzil)ftalat (DEHP)*
13	330-54-1	Diuron

No	CAS No	Kimyasal adı
14	115-29-7	Endosulfan*
	959-98-8	Endosulfan(alfa)
15	206-44-0	Floranten
16	118-74-1	Hekzaklorobenzen*
17	87-68-3	Hekzaklorobütadien*
18	608-73-1	Hekzaklorosikloheksan*
19	34123-59-6	Isoproturon
20	7439-92-1	Kurşun ve bileşikleri
21	7439-97-6	Civa ve bileşikleri*
22	91-20-3	Naftalin
23	7440-02-0	Nikel ve bileşikleri
24	25154-52-3	Nonilfenol*
	104-40-5	4-nonilfenol
	84852-15-3	4-nonilfenol (dallanmış)
25	1806-26-4	Oktilfenol
	140-66-9	4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol
26	608-93-5	Pentaklorobenzen*
27	87-86-5	Pentaklorofenol
28	n.a.	Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH)*
	50-32-8	Benzo(a)piren
	205-99-2	Benzo(b)floranten
	191-24-2	Benzo(g,h,i)perilen
	207-08-9	Benzo(k)floranten
	193-39-5	Indeno(1,2,3)piren
29	122-34-9	Simazin
30	n.a.	Tributikalay bileşikleri*
	36643-28-4	Tributikalay-katyon
31	12002-48-1	Triklorobenzenler
	87-61-6	1,2,3-Triklorobenzen (1,2,3-TCB)
	120-82-1	1,2,4-Triklorobenzen (1,2,4-TCB)
	108-70-3	1,3,5-Triklorobenzen (1,3,5-TCB)
32	67-66-3	Triklorometan (kloroform)
33	1582-09-8	Trifluralin*
34	115-32-2	Dikofol*
35	1763-23-1	Perflorooktansülfonik asit (PFOS) ve türevleri*
	2795-39-3	Potasyum PFOS
	29457-72-5	Lityum PFOS
	29081-56-9	Amonyum PFOS
	70225-14-8	Dietanolamonyum PFOS
	56773-42-3	Tetraetilamonyum PFOS
	251099-16-8	Didecildimatilamonyum PFOS
36	124495-18-7	Kinoksifen*
37	n.a.	Dioksin ve Dioksin benzeri bileşikler*
	1746-01-6	2,3,7,8-T4CDD

No	CAS No	Kimyasal adı
	40321-76-4	1,2,3,7,8-P5CDD
	39227-28-6	1,2,3,4,7,8-H6CDD
	57653-85-7	1,2,3,6,7,8-H6CDD
	19408-74-3	1,2,3,7,8,9-H6CDD
	35822-46-9	1,2,3,4,6,7,8-H7CDD
	3268-87-9	1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD
	51207-31-9	2,3,7,8-T4CDF
	57117-41-6	1,2,3,7,8-P5CDF
	57117-31-4	2,3,4,7,8-P5CDF
	70648-26-9	1,2,3,4,7,8-H6CDF
	57117-44-9	1,2,3,6,7,8-H6CDF
	72918-21-9	1,2,3,7,8,9-H6CDF
	60851-34-5	2,3,4,6,7,8-H6CDF
	67562-39-4	1,2,3,4,6,7,8-H7CDF
	55673-89-7	1,2,3,4,7,8,9-H7CDF
	39001-02-0	1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF
	32598-13-3	3,3',4,4'-T4CB (PCB 77)
	70362-50-4	3,3',4',5-T4CB (PCB 81)
	32598-14-4	2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105)
	74472-37-0	2,3,4,4',5-P5CB (PCB 114)
	31508-00-6	2,3',4,4',5-P5CB (PCB 118)
	65510-44-3	2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123)
	57465-28-8	3,3',4,4',5-P5CB (PCB 126)
	38380-08-4	2,3,3',4,4',5-H6CB (PCB 156)
	69782-90-7	2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157)
	52663-72-6	2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167)
	32774-16-6	3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169)
	39635-31-9	2,3,3',4,4',5,5'-H7CB (PCB 189)
38	74070-46-5	Aklonifen
39	42576-02-3	Bifenoks
40	28159-98-0	Cybutryne
41	52315-07-8	Cypermethrin
	67375-30-8	Alpha cypermethrin
42	62-73-7	Dichlorvos
43	n.a.	Hekzabromosiklododekanlar (HBCDD)*
	25637-99-4	1,3,5,7,9,11-HBCDD
	3194-55-6	1,2,5,6,9,10-HBCDD
	134237-50-6	$\alpha$ -HBCDD
	134237-51-7	$\beta$ -HBCDD
	134237-52-8	$\gamma$ -HBCDD
44	76-44-8	Heptaklor*
	1024-57-3	Heptaklor epoksit
45	886-50-0	Terbutirin

\*Öncelikli tehlikeli madde

### 6.2.1.1.3. Belirli Kirleticiler

2013/39/EU ÇKS direktifi ile 45 adet öncelikli kimyasal maddenin izlenerek sınır değeri aşıp aşmadığının kontrolünün sağlanması amaçlanmıştır. Sanayileşmiş ülkelerde, bu 45 adet öncelikli kimyasal madde dışında değişik özellikte birçok kimyasal madde kullanımının olduğu bilinmektedir [5].

Avrupa ölçeğinde yasal bir düzenlemeye tabi olmayan ancak önemli miktarda deşarj edilen kimyasal maddeler, ekolojik durum değerlendirmesi altında dikkate alınmalıdır. Bu amaçla, SÇD Ek-8 de belirli kirleticiler adı verilen, üye ülkelerin ekolojik durum değerlendirmesi altında dikkate alacakları kimyasalları belirledikleri “ana kirleticiler için belirleyici liste” oluşturmaları önerilmektedir [8] [9]. Günümüzde 14 milyondan fazla kimyasal bulunması sebebiyle bu liste oluşturulurken bir önceliklendirme çalışması yapılması gerekmektedir.

Ülkemizde yer alan 25 havza için, her bir havzaya özgü belirli kirleticilerin belirlenmesi amacıyla birçok farklı proje yürütülmüştür. Tüm bu projelerin sonucunda;

- Su kütleleri üzerindeki noktasal ve yayılı baskılardan kaynaklanan kirletici parametreler için belirli kirletici listesi,
- Havzalardaki ürün desenlerine ve kullanılan bitki koruma ürünlerine bağlı olarak pestisitlerden kaynaklanan kirletici listesi oluşturulmuştur.

Yerüstü su kaynakları için ülkemize özgü olarak belirlenen 250 adet belirli kirleticiye ait bilgiler Tablo 6.3’te verilmektedir.

**Tablo 6.3** Belirli Kirleticiler Listesi

No	CAS No	Kimyasal adı
1	75-34-3	1,1-Dikloroetan
2	95-94-3	1,2,4,5-tetraklorobenzen
3	95-63-6	1,2,4-trimetilbenzen
4	108-67-8	1,3,5-trimetilbenzen; Mesitilen
5	541-73-1	1,3-diklorobenzen
6	106-46-7	1,4-diklorobenzen
7	57-63-6	17-alfa-etinilestradiyol
8	50-28-2	17-beta-estradiyol
9	97-00-7	1-kloro-2,4-dinitrobenzen
10	90-13-1	1-Kloronaftalin
11	90-12-0	1-metilnaftalin
12	877-11-2	2,3,4,5,6-Pentaklorotoluen; Pentaklorotoluen
13	732-26-3	2,4,6-tri-tert-butilfenol
14	128-39-2	2,6-di-ter-butilfenol; 2,6-di-tersiyer-butilfenol

<b>No</b>	<b>CAS No</b>	<b>Kimyasal adı</b>
15	576-26-1	2,6-ksilenol
16	95-85-2	2-amino-4-klorofenol
17	91-58-7	2-kloronaftalin
18	1576-67-6	3,6-dimetilfenantren
19	72-54-8	4,4'-DDD
20	2050-47-7	4,4'-Dibromodifenil eter
21	64359-81-5	4,5-dikloro-2-oktil-2H-izotiyazol-3-on
22	60-09-3	4-Aminoazobenzen
23	59-50-7	4-Kloro-3-metilfenol; Paraklorometakresol
24	106-47-8	4-kloroanilin
25	309-00-2	Aldrin
26	7429-90-5	Alüminyum
27	7440-36-0	Antimon
28	7440-38-2	Arsenik
29	83-32-9	Aseften
30	34256-82-1	Asetaklor; 2-kloro-N-(etoksimetil)-N-(2-etil-6-metilfenil)asetamid
31	86-50-0	Azinfos-metil
32	7440-50-8	Bakır
33	7440-39-3	Baryum
34	120-51-4	Benzil benzoat
35	85-68-7	Benzilbutilfitalat (BBP)
36	238-84-6	Benzo(a)florene
37	192-97-2	Benzo(e)piren
38	7440-41-7	Berilyum
39	92-52-4	Bifenil
40	6422-86-2	Bis(2-etilhekzil) tereftalat
41	80-05-7	Bisfenol-A
42	7440-42-8	Bor
43	7726-95-6	Bromür
44	7440-66-6	Çinko
45	50-29-3	DDT (toplam)
46	541-02-6	Dekametilsiklopentasiloksan; Siloksan-D5
47	8065-48-3	Demeton
48	7439-89-6	Demir
49	333-41-5	Diazinon
50	84-74-2	Dibutilfitalat (DBP)
51	818-08-6	Dibutikalay oksit
52	60-57-1	Dieldrin
53	84-66-2	Dietil Fitalat
54	101-84-8	Difenil eter; difenil oksit
55	122-39-4	Difenilamin
56	141-04-8	Diizobütil adipat
57	15307-79-6	Diklofenak

No	CAS No	Kimyasal adı
58	117-84-0	Dioktil fitalat (DnOP)
59	60-00-4	EDTA
60	72-20-8	Endrin
61	96-45-7	Etilentiyoüre (ETU); İmidazolidin-2-tiyon; Etilentiyoüre (ETU)
62	85-01-8	Fenantren
63	122-14-5	Fenitrotiyon (ISO); O,O-dimetil O-4-nitro-m- tolil fosforotiyoot
64	55-38-9	Fentiyon
65	86-73-7	Floren
66	7440-22-4	Gümüş
67	98-82-8	Izopropilbenzen
68	465-73-6	İsodrin
69	7440-31-5	Kalay
70	56-23-5	Karbontetraklorür
71	882-09-7	Klofibriik asit
72	79-11-8	Kloroasetik asit
73	1897-45-6	Klorotalonil
74	7440-48-4	Kobalt
75	218-01-9	Krisen
76	7440-47-3	Krom
77	108-38-3	Ksilen (m)
78	95-47-6	Ksilen (o)
79	81-15-2	Ksilen misk
80	330-55-2	Linuron
81	149-30-4	Merkaptobenzotiyazol (MBT); Benzotiyazol-2- tiyol; 2-Merkaptobenzotiyazol (MBT)
82	101-61-1	N,N,N',N'-tetrametil-4,4'-metilenedianilin (Michler's bazı)
83	1118-46-3	n-bütikalay triklorür
84	98-95-3	Nitrobenzen
85	80-46-6	p-(1,1-dimetilpropil)fenol
86	1336-36-3	Poliklorlubifeniller (PCB'ler)
87	37680-73-2	PCB 101
88	35065-28-2	PCB 138
89	35065-27-1	PCB 153
90	35065-29-3	PCB 180
91	7012-37-5	PCB 28
92	16606-02-3	PCB 31
93	35693-99-3	PCB 52
94	198-55-0	Perilen
95	52645-53-1	Permetrin
96	-	Petrol Hidrokarbonları
97	129-00-0	Piren

No	CAS No	Kimyasal adı
98	95737-68-1	Piriproksifen
99	67747-09-5	Prokloraz; N-propil-N-[2-(2,4,6-triklorofenoksi)etil]-1H-imidazol-1-karboksamid
100	31218-83-4	Propetamfos
101	103-65-1	Propilbenzen
102	57-12-5	Serbest CN
103	7440-21-3	Silisyum
104	100-42-5	Stiren; Vinilbenzen
105	723-46-6	Sülfametoksazol
106	25013-16-5	Ter-bütil-4-metoksifenol
107	79-94-7	Tetrabromobisfenol A (TBBP-A)
108	7440-32-6	Titanyum
109	55219-65-3	Triadimenol; $\alpha$ -ter-bütil- $\beta$ -(4-klorofenoksi)-1H-1,2,4-triazol-1-etanol
110	49690-94-0	Tribromodifenil eter
111	126-73-8	Tributil fosfat
112	629-50-5	Tridekan
113	668-34-8	Trifenilkalay; Fentin
114	79-01-6	Trikloroetilen (TRI)
115	3380-34-5	Triklosan
116	26523-78-4	Tris(nonilfenil) fosfit
117	7440-62-2	Vanadyum
118	93-76-5	2,4,5-triklorofenoksiasetikasit (2,4,5-t)
119	25168-26-7	2,4-d isooktil ester
120	94-75-7	2,4-d; (2,4-diklorofenoksi)asetik asit
121	534-52-1	2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOK
122	135410-20-7	Asetamiprid
123	6190-65-4	Atrazin-desetil
124	131860-33-8	Azoksistrobin
125	25057-89-0	Bentazon
126	58-89-9	Lindan ( $\gamma$ -bhc, $1\alpha,2\alpha,3\beta,4\alpha,5\alpha,6\beta$ -heksaklorosikloheksan)
127	188425-85-6	Boskalid
128	4824-78-6	Bromofos-etil
129	2104-96-3	Bromofos-metil
130	18181-80-1	Bromopropilat
131	1689-84-5	Bromoksinil
132	69327-76-0	Buprofezin
133	33629-47-9	Butralin
134	95465-99-9	Kadusafos
135	133-06-2	Kaptan
136	63-25-2	Karbaril
137	10605-21-7	Karbendazim



<b>No</b>	<b>CAS No</b>	<b>Kimyasal adı</b>
138	1563-66-2	Karbofuran
139	5234-68-4	Karboksin; vitavaks
140	500008-45-7	Klorantraniliprol
141	510-15-6	Klorobenzilat
142	57-74-9	Klordan
143	122453-73-0	Klorfenapir
144	1698-60-8	Kloridazon; pirazon
145	64902-72-3	Klorsulfuron
146	74115-24-5	Klofentezin
147	1702-17-6	Klopiralid
148	210880-92-5	Klotianidin
149	113136-77-9	Siklanilid
150	68359-37-5	Siflutrin; beta siflutrin
151	121552-61-2	Siprodinil
152	66215-27-8	Siromazin
153	72-55-9	4,4'-dde; 1,1-dikloro-2,2-bis(4-klorofenil) etin
154	1194-65-6	Diklobenil
155	87130-20-9	Dietofenkarb
156	119446-68-3	Difenokonazol
157	35367-38-5	Diflubenzuron
158	83164-33-4	Diflufenikan
159	87674-68-8	Dimetenamid
160	60-51-5	Dimetoat
161	110488-70-5	Dimetomorf
162	4710-17-2	Dimetilaminosulfanilid
163	973-21-7	Dinobuton
164	133855-98-8	Epoksikonazol
165	55283-68-6	Etalfluralin
166	26225-79-6	Etofumesat
167	13194-48-4	Etoprofos
168	22224-92-6	Fenamifos
169	60168-88-9	Fenarimol
170	13356-08-6	Fenbutatin ksit
171	126833-17-8	Feneksamid
172	39515-41-8	Fenpropatrin
173	67564-91-4	Fenpropimorf
174	79241-46-6	Fluazifop-p-butil
175	131341-86-1	Fludioksonil
176	658066-35-4	Fluopiram
177	136426-54-5	Flukinkonazol
178	69377-81-7	Fluroksipir
179	66332-96-5	Flutolanil
180	76674-21-0	Flutriafol
181	39148-24-8	Fosetil al

<b>No</b>	<b>CAS No</b>	<b>Kimyasal adı</b>
182	98886-44-3	Fostiazat
183	79983-71-4	Hekzakonazol
184	78587-05-0	Hekzitiazoks
185	35554-44-0	Imazalil
186	81334-34-1	Imazapir
187	138261-41-3	Imidakloprid
188	2164-08-1	Lenasil
189	121-75-5	Malation
190	374726-62-2	Mandipropamid
191	24307-26-4	Mepikuat klorit
192	104206-82-8	Mesotrion
193	57837-19-1	Metalaksil
194	137-41-7	Metam potasyum
195	41394-05-2	Metamitron
196	67129-08-2	Metazaklor
197	10265-92-6	Metamidofos
198	950-37-8	Metidation
199	16752-77-5	Metomil
200	161050-58-4	Metoksifenozyd
201	51218-45-2	Metolaklor
202	220899-03-6	Metrafenon
203	2212-67-1	Molinat
204	6923-22-4	Monokrotofos
205	88671-89-0	Miklobutanil
206	111991-09-4	Nikosulfuron
207	1836-75-5	Nitrofen
208	1113-02-6	Ometoat
209	19666-30-9	Okzadiazon
210	77732-09-3	Okzadiksil
211	298-00-0	Paration-metil
212	66246-88-6	Penkonazol
213	40487-42-1	Pendimetalin
214	2597-03-7	Fentoat
215	1918-02-1	Pikloram
216	51-03-6	Piperonil butoksit
217	23103-98-2	Pirimikarb
218	32809-16-8	Prosimidon
219	7287-19-6	Prometrin
220	25606-41-1	Propamokarb HCL
221	139-40-2	Propazin
222	122-42-9	Profam
223	60207-90-1	Propikonazol
224	23950-58-5	Propizamid
225	34643-46-4	Protiofos

No	CAS No	Kimyasal adı
226	175013-18-0	Piraklostrobin
227	96489-71-3	Piridaben
228	53112-28-0	Primetanil
229	13593-03-8	Kuinalfos
230	100646-51-3	Kuizalofop-p-etil
231	118134-30-8	Spiroksamin
232	107534-96-3	Tebukonazol
233	34014-18-1	Tebutiuron
234	117-18-0	Teknazen
235	79538-32-2	Teflutrin
236	5915-41-3	Terbutilazin
237	148-79-8	Tiabendazol
238	111988-49-9	Tiaklopid
239	153719-23-4	Tiametokzam
240	51707-55-2	Tidiazuron
241	640-15-3	Tiometon
242	23564-05-8	Tiofanat-metil
243	57018-04-9	Tolklofos-metil
244	129558-76-5	Tolfenpirad
245	82097-50-5	Triasulfuron
246	101200-48-0	Tribenuron-metil
247	141517-21-7	Trifloksistrobin
248	64628-44-0	Triflumuron
249	95266-40-3	Trinekezapak-etil
250	50471-44-8	Vinklozolin

## 6.2.2. Biyolojik izleme

### 6.2.2.1. Biyolojik Kalite Bileşenleri

Ulusal mevzuata göre, biyolojik izleme kapsamında değişik su kütlesi kategorilerinde izlenmesi gereken biyolojik kalite bileşenleri Tablo 6.4'te verilmektedir.

**Tablo 6.4.** Biyolojik Kalite Bileşenleri

<b>BİYOLOJİK KALİTE BİLEŞENLERİ</b>			
<b>NEHİR</b>	<b>GÖL</b>	<b>KIYI SUYU</b>	<b>GEÇİŞ SUYU</b>
Fitobentoz (Taksonomik Kompozisyon, Bolluk)	Fitoplankton ve Fitobentoz (Taksonomik Kompozisyon, Bolluk, Biyokütle, Siyanobakter bolluğu, Klorofil a)	Fitoplankton (Taksonomik Kompozisyon, Tür Çeşitliliği, Bolluk, Biyokütle, Klorofil a)	Fitoplankton (Taksonomik Kompozisyon, Bolluk, Biyokütle, Klorofil a)

Makrofit (Bolluk, Taksonomik Kompozisyon, Hassas Tür Varlığı)	Makrofit (Bolluk, Taksonomik Kompozisyon, Hassas Tür Varlığı)	Makroalg, Angiosperm (Tür Çeşitliliği, Bolluk, Hassas Tür varlığı, Derinlik Dağılımı/Örtü)	Makroalg, Angiosperm (Taksonomik Kompozisyon, Bolluk)
Bentik Omurgasız (Tür Çeşitliliği, Taksonomik Kompozisyon, Bolluk, Hassas Tür Varlığı)	Bentik Omurgasız (Tür Çeşitliliği, Taksonomik Kompozisyon, Bolluk, Hassas Tür Varlığı)	Bentik Omurgasız (Tür Çeşitliliği, Bolluk, Hassas Tür Varlığı)	Bentik Omurgasız (Tür Çeşitliliği, Bolluk, Hassas Tür Varlığı)
Balık (Bolluk, Taksonomik Kompozisyon, Yaş Dağılımı, Hassas Tür Varlığı)	Balık (Bolluk, Taksonomik Kompozisyon, Yaş Dağılımı, Hassas Tür Varlığı)	-	Balık (Bolluk, Taksonomik Kompozisyon)

### 6.2.3. Hidromorfolojik İzleme

20. yüzyılın başına kadar, en yaygın hidromorfoloji terimi toprak sistemlerinin yapısının bir niteleyici terimi olarak kullanılmıştır. Avrupa Birliği, SÇD ile hidromorfojiye, hidrolojik ve jeomorfolojik unsurlar ve su kütle sistemlerinin süreçlerini içeren özel ve yeni bir anlam verilmiştir [10].

SÇD, suların doğal durumuna ulaşmasında temel gösterge olarak biyolojik kalite unsurlarının değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Direktif Ek-V'e göre, ekolojik durumun belirlenmesinde biyolojik kalite elementlerinin yanında, biyolojik kalite elementlerini desteklemesi amacıyla, hidromorfolojik ve fizikokimyasal parametrelerin de izlenmesi gerekmektedir. Hidromorfolojik durumunun belirlenmesi için izlenmesi gereken hidromorfolojik kalite elementleri, su kategorileri bazında SÇD Ek-V'de verilmektedir. (Tablo 6.5-8).

**Tablo 6.5** Nehir su kütlesi bazında hidromorfolojik kalite elementleri [8]

<b>Nehir Hidromorfolojik Kalite Elementleri</b>	
<b>Hidrolojik rejim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suyun miktar ve dinamikleri</li> <li>• Yeraltı suyu ile bağlantı</li> </ul>
<b>Nehir Sürekliliği</b>	
<b>Morfolojik koşullar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nehir derinlik ve genişlik değişimi</li> <li>▪ Nehir yatağının yapısı ve dip materyali (substratı)</li> </ul>

- Kıyı bölgesinin yapısı

**Tablo 6.6** Göl su kütlesi bazında hidromorfolojik kalite elementleri [8]

**Göl Hidromorfolojik Kalite Elementleri**

<b>Hidrolojik rejim</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suyun miktar ve dinamikleri</li><li>• Yenilenme (bekleme) süresi</li><li>• Yeraltı suyu ile bağlantı</li></ul>
<b>Morfolojik koşullar</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Göl derinlik değişimi</li><li>▪ Göl yatağının yapısı, dip materyali (substratı) ve miktarı</li><li>▪ Göl kıyısının yapısı</li></ul>

**Tablo 6.7** Geçiş suları bazında hidromorfolojik kalite elementleri [8]

**Geçiş Suları Hidromorfolojik Kalite Elementleri**

<b>Morfolojik koşullar</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Derinlik değişimi</li><li>• Yatağın yapısı, dip materyali (substratı) ve miktarı</li><li>• Gelgit bölgesinin yapısı</li></ul>
<b>Gel-git rejimi</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tatlı su akışı</li><li>▪ Dalgaya maruziyet</li></ul>

**Tablo 6.8** Kıyı suları bazında hidromorfolojik kalite elementleri [8]

**Kıyı Suları Hidromorfolojik Kalite Elementleri**

<b>Morfolojik koşullar</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Derinlik değişimi</li><li>• Yatağın yapısı, dip materyali (substratı) ve miktarı</li><li>• Gelgit bölgesinin yapısı</li></ul>
----------------------------	---

- Baskın akıntının yönü
- Dalgaya maruziyet

### **Gel-git rejimi**

Hidromorfolojik izlemenin kökenine bakıldığında, SÇD'den önce sucul canlıların yaşam alanlarının araştırılması, habitat araştırmaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Habitat araştırmaları ile veriler toplanmış ve sucul canlılar üzerinde fiziksel, morfolojik ve hidrolojik özelliklerin etkileri değerlendirilmiştir. Bu çerçevede SÇD ile hidromorfoloji olarak karşımıza çıkan izleme ve değerlendirme çalışmaları yürütölmüştür. Benzer şekilde, biyolojik örnekleme çalışmaları sırasında, değerlendirmelerde kullanmak üzere, ortam hakkında bilgileri toplamak için akademisyenler ile araştırmacılar tarafından kullanılan formlarda, basit hidromorfoloji formları olarak değerlendirilebilir. Hidromorfolojik izlemenin bir diğer amacı da hidromorfolojik baskılarla ilgili bilgileri toplamak ve risk değerlendirmeleri yapmaktır.

#### **6.2.3.1. Avrupa'da Hidromorfolojik İzleme**

Su kalitesinin izlenmesi ve değerlendirilmesinde kalite unsurlarından bir tanesi olan hidromorfoloji, SÇD'nin yayınlanmasından sonra Avrupa'da izleme ve değerlendirme açısından önem kazanmıştır. Ülkeler, SÇD' de çizilen sınırlar çerçevesinde hidromorfolojik izleme ile ilgili çalışmalarını kendi ülkelerine özgü metotlarla yürütmeye başlamışlardır. Son yıllarda, farklı ölkelerde amaçları, ölçekleri ve yaklaşımları açısından önemli derecede farklılıklar içeren birçok hidromorfolojik izleme ve değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu değerlendirme yöntemlerinden bazıları, yöntemlerin etkinliği ve sınırlamaları henüz yeterince bilinmemesine rağmen, yaygın olarak Avrupa ölkelerinde kullanılmaktadır.

Hidromorfolojik izleme genel olarak hem Avrupa'da hem de Avrupa dışı ölkelerde; değerlendirme kriterlerini de içeren veri toplama formları (indeksler) ile gerçekteştirilmektedir. Bu formlar aracılığıyla hem incelenen su kütlesindeki fiziksel, morfolojik, hidrolojik ve niteliksel bilgiler toplanmakta, hem de incelenen su kütlesinin hidromorfolojik durumu değerlendirilmektedir. Formların geliştirilmesinde spesifik olarak belirli hidromorfolojik kalite elementlerine veya belirli hidromorfolojik çalışma amaçlarına odaklanılmıştır. Bir başka deyişle hidromorfolojik kalite elementi ve çalışma amacı özelinde hidromorfolojik izleme ve değerlendirme formları geliştirilmiştir. Bundan dolayı mevcut durumda Avrupa'da, birçok hidromorfolojik izleme ve değerlendirme formu (indeks) bulunmaktadır [11].

2011 yılında başlayan ‘‘Hidromorfoloji ve SÇD’nin Çevresel Hedefleri İşbirliği Projesi’’ altında, REstoring rivers FOR effective catchment Management (REFORM) alışma grubu tarafından sınıflandırma oluşturulmuştur. Nehir su kategorisi için mevcut metotlar, çalışma grubu tarafından, 2013 yılında yayınlanan ‘‘Eko-hidromorfolojik Yöntemler Üzerine İnceleme’’ raporunda, kullanılma amaçlarını ve temel karakteristiklerini içerecek şekilde sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma karakteristikleri arasında net bir ayırım olmamakla birlikte metotlar;

- Fiziksel Habitat Değerlendirme Yöntemleri (FHD),
- Kıyı Habitatu Değerlendirme Yöntemleri (KHD),
- Morfolojik Durum Değerlendirme Yöntemleri (MDD),
- Hidrolojik Rejim Değerlendirme Yöntemleri (HRD) ve
- Süreklilik Değerlendirme Yöntemleri (BSD)

olmak üzere beş ana kategori altında toplanmıştır [12].

Avrupa’da en fazla fiziksel habitat değerlendirme amacı ile nehir kategorisi altında hidromorfolojik izleme ve değerlendirme metodu geliştirilmiştir (Tablo 9). Diğer su kategorilerinde ise; metot, değerlendirme sistemi ve yapılan çalışmalar açısından önemli ölçüde eksiklikler bulunmaktadır. Çalışmaların en az olduğu su kategorileri ise kıyı ve geçiş sularıdır. AB üye devletlerinde en çok kullanılan ve geliştirilen nehir hidromorfolojik değerlendirme indeksleri genel olarak İngiltere’de geliştirilen Nehir Habitat Sörveyidir [13].

Geliştirilen nehir hidromorfolojik değerlendirme indeksleri temel alınarak yapılan çalışmada hidromorfolojik izleme parametrelerinin bağıl önem dereceleri çok kriterli karar verme metodu kullanılarak belirlenmiş olup en önemli parametreler sırası ile dikey ve boylamsal devamlılık, suni yapılar, kıyı vejetasyon devamlılığı ve yapısı, dip materyali (substrat), akış tipi ve rejimi, arazi kullanımı olarak belirlenmiştir [10].

**Tablo 6.9** AB Üye Devletlerinde geliştirilen nehir hidromorfolojik değerlendirme indeksleri

Ülke	İndeks İsmi	İndeks Kısaltması
Almanya	Stream Habitat Survey - Field Survey Method	LAWA-FS-SToM
Almanya	Stream Habitat Survey - Overview Survey Method	LAWA-FS-MToL
Avusturya	Gudelines for Assessing the Hydromorphological Status of Running Waters	AHS-RW

Ülke	İndeks İsmi	İndeks Kısaltması
Çek Cumhuriyeti	Hydroecological Monitoring Method	HEM
Danimarka	Danish Habitat Quality Index	DHQI
Fransa	CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau (Hydromorphological Characterization of Watercourses)	CARHYCE
Fransa	Systeme Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (Relational System Audit of Hydromorphology of Rivers)	SYRAH-CE
Fransa	Référentiel National des Obstacles à l'Écoulement (National Repository Barriers to Flow)	ROE
Hollanda	Manual for Hydromorphology	Handboek HYMO
İngiltere, Galler	River Habitat Survey	RHS
İrlanda	River Hydromorphology Assessment Technique	RHAT
İskoçya	Morphological Impact Assessment Method	MImAS
İspanya	Index for the Assessment of Fluvial Habitat in Mediterranean Rivers	IHF (HIDRI)
İspanya	Índice de Vegetación de Ribera / Qualitat del Bosc de Ribera (Riparian Forest Quality Index)	QBR
İtalya	Core Assessment of River Habitat Value and Hydromorphological Conditions	CARAVAGGIO
İtalya	Indice di Qualità Morfologica (Morphological Quality Index)	MQI
Letonya, Estonya	Methodology for the Assessment of Hydromorphological Changes	AHC
Polonya	River Hydromorphological Monitoring	MHR
Portekiz	Adaptation of River Habitat Survey	RHS-P



Ülke	İndeks İsmi	İndeks Kısaltması
Slovakya	Hydromorphological Assessment Protocol for the Slovak Republic	HAP-SR
Slovenya	Indices for Assessment of Hydromorphological Alteration of Rivers	SI_HM

### 6.2.3.2. Avrupa Dışında Gerçekleştirilen Hidromorfolojik İzleme Çalışmaları

AB ülkeleri dışında da hidromorfolojik izleme ve değerlendirme ile ilgili oldukça geniş bir literatüre rastlanmaktadır. Özellikle Amerika başta olmak üzere, birçok ülkede hidromorfolojik izleme ve değerlendirme çalışmaları yürütülmektedir. Hidromorfolojik izleme ve değerlendirme çalışmalarına bakıldığında, çalışmaların “hidromorfoloji” terminolojisi altında değil, yoğun olarak “habitat araştırması” ve “habitat değerlendirmesi” terminolojisi altında gerçekleştirildiği görülmektedir.

Avrupa’da olduğu gibi diğer ülkelerde de çalışmalar, nehirlere odaklanmış durumdadır. Nehirlerde yürütülen izleme ve değerlendirme çalışmaları, Avrupa’ya benzer şekilde, değerlendirmeleri de içeren formlar (indeksler) aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Eyalet sistemi olan ülkelerde, eyaletler bazında metodlarda farklılık görülmektedir. Bununla birlikte, eyaletlerde hidromorfolojik izleme ve değerlendirme formları açısından genel hatları itibarı ile birbirine benzer formlar oluşturulmuştur. Formlar genel olarak, standart sayılabilecek verileri toplamakta ve değerlendirmektedir. Göller için durum, Avrupa’ya göre biraz daha farklıdır. Hidromorfolojik izleme ve değerlendirme çalışmaları göllerde; ayrı bir başlık altında verilmemekte, ayrı bir değerlendirme olarak kullanılmamaktadır. Göl hidromorfolojisi kalite elementleri, biyolojik kalite unsurlarının değerlendirilmesinde; alt değerlendirme ölçütleri, dikkate alınan faktörler ve/veya yorum araçları olarak görülmekte ve kullanılmaktadır. Kıyı ve geçiş suları ile ilgili çalışmalar, özellikle Amerika başta olmak üzere uydu bazlı yürütülmektedir. Uydu görüntülerinden yararlanılarak yapılan çalışmalar hidromorfolojik çalışma özelliği taşımakla birlikte, kapsam olarak SÇD’de verilen çerçeveyi tam olarak doldurmamaktadır [11].

### 6.2.3.3. Türkiye’de Hidromorfolojik İzleme

Türkiye AB aday ülkesi olarak, çevre faslı altında kapanış kriterlerinden olan SÇD yükümlülüklerini yerine getirmesi, mevzuatın uyumlaştırılması ve SÇD’nin Türkiye’de uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle, hidromorfoloji ve hidromorfolojik izleme kavramı SÇD kapsamında Türkiye’ye gelmiştir. Türkiye’de nehir hidromorfolojik izleme ve değerlendirme çalışmaları için temel oluşturması maksatlı olarak SÇD gereklilikleri ile bağdaşan 19 AB Üye Devletlerinde geliştirilmiş indeks ile 25 tane AB dışındaki ülkelerde geliştirilmiş indekslerden Türkiye’de uygulanabilecek olanlar belirlenmiştir [10]. Bu çalışmaya göre Türkiye için AB Üye Devletlerinde geliştirilen en uygun 3 indeks sırası ile Slovenya (SHIM), Portekiz (RHS\_P), İngiltere (RHS) olarak belirlenmiştir. 25 adet AB dışında geliştirilen indeklerin içerisinde ise en uygun olanları sırası ile Güney Afrika (IHI), ABD (SEvalAH) ve Avustralya (AusRivAS) olarak belirlenmiş ve bu indekslerin Türkiye nehirleri üzerindeki temel baskılar göz önüne alınarak geliştirilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur.

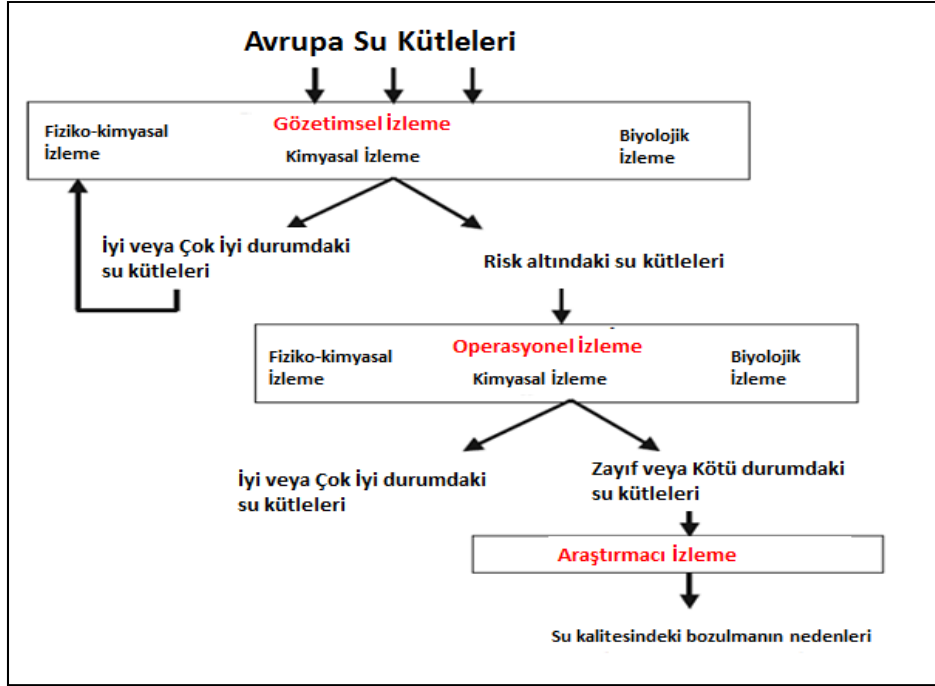
### 6.3. İzleme Türleri

SÇD’ye göre temel olarak üç tür izleme tipi tanımlanmıştır (Şekil 6.1). Bunlar gözetimsel izleme, operasyonel izleme ve araştırmacı izlemedir. Bu izleme türlerinin dışında daha iyi bir su yönetimi için referans su kütlelerinde izleme ve korunan alanların izlenmesi için farklı bir ağ oluşturabilir. Fakat referans su kütlelerinde izleme ve korunan alanların izlenmesi halihazırda gözetimsel ve operasyonel izleme altında tanımlandığı için böyle bir zorunluluk bulunmamaktadır.

İzleme programları oluşturulurken, izleme noktaları ve izlenecek parametreler için adım adım bir yaklaşım sergilemek gerekmektedir. Birçok durumda problemsiz durumdaki bölgeler, problemlili bölgeler, temel kaynakların vb. konuların araştırılması yaklaşımını kullanmak gerekebilir. Bu yaklaşım ile öncelikle önemli kaynaklar ve baskılar tespit edilip, daha sonra bu baskılar ve sorunlu bölgeler üzerine odaklanmak gerekmektedir.

Temel sorunların tespitinin ardından hangi maksatla, nerelerde, ne tür izlemelerin yapılacağına karar verilmelidir. İzleme programları oluşturulurken tüm bu izleme gereksinimleri dikkate alınmalıdır [5].

Direktifte tanımlanmış olan üç temel izleme türü ve aralarındaki ilişkiler Şekil 1’de verilmektedir.



Şekil 6.1 SÇD'ye Göre İzleme Türleri [8]

### 6.3.1. Gözetimsel (Genel Amaçlı) İzleme

Gözetimsel izleme, su kütelleri üzerinde doğal koşullardan ve insani faaliyetlerden kaynaklanan uzun dönemli su kalitesi değişikliklerinin değerlendirilmesi için veri sağlamakta ve havzadaki su durumuna ilişkin genel bilgi vermektedir.

SÇD Ek-V Bölüm 1.3.1' de, yerüstü sularında gözetimsel izleme yapılmasının gerekçeleri aşağıdaki gibi açıklanmaktadır:

- Karakterizasyon ve baskılar için etki değerlendirme analizinin doğrulanması,
- Verimli ve etkili izleme programlarının hazırlanması,
- Doğal şartlardaki uzun dönemli değişikliklerin değerlendirilmesi,
- İnsani faaliyetlerden kaynaklı uzun dönemli değişikliklerinin tespit edilmesi.

Gözetimsel izlemenin maksadının; su kalitesi sorunlarını haritalamak ve analiz etmek, tedbirler programının etkinliğini test etmek ve su kaynaklarının kalitesine dair ayrıntılı veya eksiksiz bir bakış açısı elde etmek olmadığının da altının çizilmesi gerekmektedir [8,14].

### 6.3.1.1. Yerüstü Sularında İzleme Noktalarının ve İzleme Parametrelerinin Seçimi

Gözetimsel izleme noktaları, tüm nehir havzalarında ve alt havzalarda yerüstü suyu durumunun bütüncül olarak belirlenmesi amacıyla yeterli sayıda su kütlelerini kapsayacak miktarda olmalıdır. Su kütlesi tipleri ve insani etkiler bakımından büyük çeşitlilik gösteren havzalarda, çeşitliliğin az olduğu havzalara göre daha fazla noktada izleme yapılması gerekir. Her iki durumda da tüm su kütleleri yerine belirli temsili su kütlelerinin izlenmesi yeterli olacaktır. Havzada su kütlesi durumu ile ilgili mevcut verinin kısıtlı olduğu durumlarda gözetimsel izleme ağı kapsamında bulunan su kütlesi sayısı, izleme sıklığı ve izleme süresi artırılabilir [5].

İzleme yapılacak su kütlelerinin belirlenmesi hususunda Su Çerçeve Direktifi'nde aşağıdaki kriterler tanımlanmıştır;

- Havza içinde önemli miktarda su akışı bulduran, su toplama alanı 2500 km<sup>2</sup>'den büyük olan geniş nehirler,
- Havzada önemli miktarda su hacmine sahip göller ve rezervuarlar,
- Sınır aşan su kütleleri.

İzleme programlarının hazırlanması aşamasında öncelikle programa dahil edilecek su kütlelerinin boyutu belirlenmeli, her bir havzanın karakteri (doğal ve antropojenik) ve su statusüne ilişkin tutarlı ve kapsamlı genel bir bakış elde etme amacıyla izleme noktaları belirlenmelidir [15].

Gözetimsel izleme noktalarının, mümkün olması durumunda, otomatik ölçüm istasyonlarının bulunduğu yerlerde olacak şekilde belirlenmesi ve numunelerin otomatik numune alma cihazları tarafından alınması tavsiye edilmektedir. Bunun mümkün olmadığı yerlerde ise anlık numuneler alınmalıdır. Sınır aşan suların bulunduğu su kütlelerinde ise ülkeler arasındaki işbirliği oldukça önemlidir [14].

Gözetimsel izleme noktalarının seçiminde;

- Her nehir su kütlesi tipine yönelik en az bir gözetimsel izleme noktası belirlenmeli,
- Her göl su kütlesi tipine yönelik en az bir gözetimsel izleme noktası belirlenmeli,
- Risk altında olmayan su kütlelerine yönelik gözetimsel izleme noktası belirlenmeli,
- Havzanın genel durumu ile ilgili yeterli veri sağlayacak gözetimsel izleme noktaları belirlenmelidir.

Havza içinde aynı su kütlesi tipine haiz birden fazla su kütlesi bulunabilir. Bu durumda, aynı tipte olan su kütleleri arasından seçim yapılırken aşağıdaki kriterlere sahip su kütlesi üzerinde gözetimsel izleme noktası belirlenir [5];

- Ait olduğu tipi en iyi temsil eden,
- Koruma alanında kalan,
- Daha büyük alan kaplayan (uzun nehir, yüksek akış, büyük yüzey alanı v.b.),
- Hidrolojik bağlantı bakımından en membada veya en mansapta olan,
- Üzerinde daha önceden izleme noktası bulunan,
- Düşük baskıya sahip,
- Ulaşım sorunu olmayan.

Gözetimsel izlemede, her bir izleme noktasında, nehir havzası yönetim planı döneminde yer alan bir yıllık periyotta aşağıda yer alan parametre grupları izlenmelidir [8];

- Biyolojik kalite bileşenleri,
- Hidromorfolojik kalite bileşenleri,
- Genel fiziko-kimyasal parametreler,
- Havza veya alt havzaya deşarj edilen öncelikli maddeler,
- Havza veya alt havzaya önemli miktarda deşarj edilen diğer kirleticiler.

### **6.3.1.2. Yeraltı Sularında İzleme Noktalarının ve İzleme Parametrelerinin Seçimi**

Gözetimsel izleme kapsamında, yeraltısuyu kütlesi üzerine bir bütün olarak odaklanılır. Gözetimsel izlemeden aşağıdakiler için bilgi sağlanması beklenmektedir:

1. Risk Değerlendirmelerini tamamlamak ve geçerli hale getirmek:

Yeraltısuyunda,

- İyi kimyasal duruma,
- Korunan alan hedeflerine,
- Kirletici konsantrasyonlarındaki önemli artış eğilimlerini tersine çevirme hedeflerine ulaşamama riskine ilişkin karakterizasyon ve risk değerlendirme sürecini tamamlamak ve geçerli hale getirmek.

2. Yeraltısuyu kütlelerini sınıflandırmak: Risk değerlendirmesi sonucunda risk altında olmadığına karar verilen tüm yeraltısuyu kütle veya kütle gruplarının durumunu doğrulamak.
3. Eğilimleri değerlendirmek: Doğal şartlardaki ve insan faaliyetinden kaynaklanan uzun dönemli eğilimlerin değerlendirilmesine katkıda bulunmak.

Gözetimsel izleme, SÇD hedeflerine ulaşmada risk taşıyan ya da taşımayan tüm kütle ya da kütle gruplarında gereklidir. Gözetimsel izleme programının, yeraltısuyu kütlesi ya da kütle gruplarının risk altında olduğuna bakılmaksızın her bir nehir havzası yönetim döngüsü süresince uygulanması gerekmektedir. [8, 15, 16].

Gözetimsel izleme programı ayrıca, yeraltısuyu kütlesindeki doğal arka plan seviyelerinin ve karakteristiklerin tanımlanmasında yararlı olmaktadır. Bu da, ilerideki kütle durumlarındaki değişimlerin değerlendirilmesine, referans veri elde edilmesine ve tipolojilerin incelenmesine olanak tanımaktadır. Bu bilgiler ayrıca, sınır aşan su kütlelerinin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi açısından da yararlı bilgiler sunmaktadır [16].

Gözetimsel izleme kapsamında izlenmesi gereken temel parametreler:

- Çözünmüş oksijen,
- pH değeri,
- Elektrik iletkenliği,
- Nitrat,
- Amonyum,
- Sıcaklık ve
- Bir dizi temel ve eser miktardaki iyonlardan oluşmaktadır.

İzleme noktalarının seçimi ve bunların işleyişi, daha sonraki değerlendirmelerin sonuçları açısından, özellikle de kirleticilerin yeraltısuyu kütlesi boyunca genelde düzensiz bir şekilde dağılmış olması sebebiyle büyük önem taşımaktadır. Kirleticilerin konumsal dağılımı, farklı baskıların yerleriyle, örneğin noktasal ve yayılı kaynaklarla ilişkilidir. Buna ek olarak bir yeraltısuyu kütlesi üç boyutludur ve kirleticilerin konsantrasyonu dikey ve yatay doğrultuda önemli farklılıklar gösterebilir. Bir su kütlesi içindeki hidrodinamik ve hidro-jeokimyasal özelliklerde görülen genel değişiklikler kirleticilerin yayılımı üzerinde önemli bir etki oluşturabilir ve bu nedenle izleme noktalarının seçimi esnasında göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Dahası

sığ akiferlerdeki elektrik iletkenliği, sıcaklık ve kirletici konsantrasyonları gibi fiziko-kimyasal parametreler bazen sene içerisindeki belirgin bir değişimi ortaya çıkartabilmektedir [17].

Gözetimsel izleme kapsamında izleme noktalarının seçim süreci şu üç temel faktöre dayanmaktadır:

- Yeraltısuyu kütesinin hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrokimyasal niteliklerinin değerlendirmesini içeren kavramsal model(ler). Bu nitelikler karakteristik ulaşım süreleri, farklı arazi kullanımı türlerinin dağılımı (ör: yerleşim, sanayi, orman, otlak/tarım arazisi), yol hassasiyeti, alıcı duyarlılığı ve mevcut kalite verilerini de kapsayacaktır.
- Risk değerlendirmesi ve değerlendirmedeki güvenilirlik düzeyi
- Her bir örnekleme noktasının uygunluğuna ilişkin pratik düşünceler. İzleme sahalarına kolaylıkla erişilebilmeli, sahalar güvenli olmalı ve sahalarla ilgili uzun vadeli erişim anlaşmaları yapılabilmelidir.

Etkili bir izleme ağının, tespit edilen baskıların ve kütle içindeki akış yolları boyunca yeraltısuyu kalitesinin geçirdiği değişimin neden olabileceği potansiyel etkilerin izlemesinin mümkün olduğu noktalara sahip ağlardan oluşması gerekmektedir [17].

Gözetimsel izleme kapsamında uygun izleme sıklığının seçimi genel olarak kavramsal modele ve mevcut yeraltısuyu izleme verilerine dayanacaktır. Yeraltısuyu sistemi hakkında yeterli bilgiye sahip ve uzun dönemli bir izleme programının mevcut bulunduğu durumlarda, bunlar gözetimsel izleme için uygun olan sıklığa karar verme amacıyla kullanılmalıdır.

Genel olarak, sığ yeraltısuyu kütleleri su miktarı ve kalite değişimleri açısından nispeten dinamiktir. Bu tür bir değişkenlik durumunda, bu değişkenliğin yeterli ölçüde karakterize edilmesi amacıyla izleme sıklığının, bu değişkenlikler göz önünde bulundurularak seçilmesi gerekmektedir [17].

Daha az dinamik yeraltısuyu sistemlerinde, gözetimsel izleme kapsamında yıllık iki örnek alınması başlangıç olarak yeterli olacaktır. Altı yıllık bir nehir havzası döngüsünde izleme sonuçları hiçbir önemli değişim göstermezse örnek alma sıklığında azaltmaya gidilebilir.

Konsantrasyon düzenindeki zamana bağlı değişimler sebebiyle, özellikle de dinamik olan yeraltısuyu akış sistemlerinde, her bir izleme noktasından alınan örnekler aynı süre aralıklarıyla alınmalıdır. Bu sayede karşılaştırılabilir izleme sonuçları ve uygun bir eğilim değerlendirmesi elde edilmiş olacaktır.

Gereken bilgilerin tam olarak elde edilerek ve maliyet-etkin programın devamlılığını sağlamak amacıyla gözetimsel izlemenin sonuçlarının düzenli olarak gözden geçirilmesi ve sıklıkların buna göre ayarlanması gerekmektedir [16, 17].

### **6.3.2. Operasyonel İzleme**

Operasyonel izleme baskı ve etkilere göre belirlenen bir izleme çeşididir. Operasyonel izleme yapılacak su kütleleri belirlenirken öncelikle havza genelinde bir su kütlesi üzerinde hangi tip baskıların olduğunun belirlenmesi esastır. Operasyonel izleme;

- Çevresel hedeflerinin karşılanması açısından risk altında olan su kütlelerinin durumlarının belirlenmesi,
- Önlemler programının uygulandığı su kütlelerinde su durumundaki değişimin değerlendirilmesi,

maksadıyla yapılmaktadır [15].

Gözetimsel izlemenin aksine, operasyonel izleme mekânsal, geçici ve esnetilebilir özellikte bir izleme ağıdır. Probleme yönelik parametre seçimi ve örnekleme prosedürüne sahiptir.

Operasyonel izleme programında izleme sıklıkları baskı kaynağında ani ve önemli bir değişimin olmayacağına ulaşıldığı durumlarda ya da iyi su durumuna ulaşılması ve bu iyi su durumunu olumsuz etkileyecek herhangi bir etkenin bulunmaması durumunda azaltılabilir. Önlemler programı sonucunda su kütlelerindeki değişimin izlenmesinin amaçlandığı durumlarda operasyonel izleme sıklıklarının azaltılması mümkündür.

Operasyonel izleme noktalarının ve izlenecek parametrelerin seçimi tamamen izleme yapılacak havza ve izleme yapılacak su kütlelerine özgü olarak belirlenmektedir. Su kütleleri üzerindeki noktasal ve yayılı baskılar ile bu baskıların su kütlesi üzerindeki etkileri sorgulanarak yapılacak bir risk analizi sonucunda, risk altında olduğu tespit edilen su kütlelerinde operasyonel izleme yapılması gerekmektedir. Yayılı baskıların bulunduğu su kütlelerinde izleme noktaları baskıyı temsil edecek yerde seçilmelidir. Ancak aynı türde baskılara sahip olan ardı ardına bulunan su kütleleri gruplandırılabilir [5].

#### **6.3.2.1. Yerüstü Sularında İzleme Noktalarının ve İzleme Parametrelerinin Seçimi**

Operasyonel izleme ağının tasarımındaki en önemli faktör bir su kütlelerinin çevresel hedefleri karşılama açısından risk altında olup olmadığına karar verilmesidir. Bunu yapmanın



yöntemlerinden biri bir su kütlesi üzerindeki baskıların su kütesinin önlemler alınmadan iyi duruma erişmesini engelleyecek bir etkisinin bulunup bulunmadığının tahmin edilmesidir. Su kütlesi risk altında ise durumun iyileştirilmesi ve nihai olarak iyi duruma ulaşılması için önlem alınması gerekir. Risk altındaki bütün su kütleleri için operasyonel izleme gerçekleştirilmesi gerekir. Buna karşın, SÇD benzer su kütlelerinin gruplandırılması ve temsili olarak izlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntem, izleme maliyetlerinin azaltılması için kullanılabilir. Ek olarak, öncelikli maddelerin deşarj edildiği su kütleleri ve diğer kirleticilerin önemli miktarlarda deşarj edildiği su kütleleri operasyonel izleme ağına dahil edilmelidir. Buradaki ‘önemli miktar’ tabiri bir deşarjın su kütesinin durumunu tehdit etmesi durumu için kullanılmaktadır [5].

Operasyonel izleme noktalarının seçiminde aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır;

- Üzerinde önemli baskının olduğu tüm su kütlelerine operasyonel izleme noktası belirlenmelidir,
- Bir su kütesine birden fazla baskı olduğu durumlarda, tüm baskıları temsil edebilecek bir operasyonel izleme noktası belirlenmelidir,
- Üzerinde aynı baskılar bulunan su kütleleri gruplanarak izleme noktası belirlenebilir,
- Birden çok baskı kaynağının bulunduğu su kütlelerinde, farklı baskı kaynaklarını ayrı değerlendirmek istenildiğinde birden fazla operasyonel izleme noktası konulması mümkün olmaktadır [8].

Operasyonel izleme, risk altında olduğu tespit edilen su kütlelerindeki durumun belirlenmesi, bu su kütlelerindeki değişimin takip edilmesi ve alınmış olan önlemlerin değerlendirilmesi amacıyla yapıldığından, gözetimsel izlemede olduğu gibi tüm kalite unsurlarının izlenilmesine gerek bulunmamaktadır. Operasyonel izlemede izlenecek parametreler ve izleme sıklıkları belirlenirken baskıya özgü seçim yapılması gerekmektedir.

### **6.3.2.2. Yeraltı Sularında İzleme Noktalarının ve İzleme Parametrelerinin Seçimi**

Operasyonel izleme programı aşağıdakilerin gerçekleştirilmesi için gereklidir:

- “Risk altında” olduğuna karar verilen bütün yeraltısuyu kütlelerinin veya kütle gruplarının kimyasal durumunu belirlemek
- Herhangi bir kirletici konsantrasyondaki uzun vadeli antropojenik kaynaklı herhangi bir yukarı eğilimin varlığını belirlemek

- Ayrıca bir kütleyi yeniden iyi duruma getirmek amacıyla uygulanan tedbirler programının etkinliğini değerlendirebilmek.

Operasyonel izleme yalnızca, SÇD hedeflerini karşılamada başarısız olan “risk altındaki” kütleler için gerekmektedir. Bu izleme gözetimsel izleme dönemlerinin arasında gerçekleştirilmelidir. Gözetimsel izlemenin aksine operasyonel izlemede büyük ölçüde Direktif hedeflerine ulaşılmasındaki belirli, tespit edilmiş risklerin değerlendirilmesine yoğunlaşır.

Bir operasyonel izleme programı tasarlanırken, izleme sonuçlarının güvenilirlik düzeyi tanımlanmalıdır. Operasyonel izleme için gerekli güven; etki kaynağının değişkenliğine ve yeraltısuyunun veya söz konusu olan akiferin özelliklerine bağlıdır. Prensip, izleme sürecinden kaynaklanan belirsizlikler, riskin kontrolündeki belirsizliğe önemli bir katkı yapmamalıdır.

Yeni bir riskin tespit edilmeme ve bilinen bir riskin kontrol edilmeme durumunun kabul edilebilirliği belirlenmelidir. Bu durum, söz konusu özelliklerin değişkenliğine ilişkin hedeflerin konulmasını ve veri değişkenliği açısından izleme kalitesinin kontrolünü sağlar [16].

Operasyonel izleme programı SÇD Ek-2 karakterizasyon ve risk değerlendirme sürecinin çıktıları temelinde tasarlanmak zorundadır. Gözetimsel izleme programından gelen verilerle karakterizasyon ve risk değerlendirme süreci geliştirilerek yeniden tanımlanır ve operasyonel izleme programı için temel oluşturur. Dolayısıyla gerek gözetimsel izlemenin gerekse de operasyonel izlemenin doğru çıktılarının olabilmesi için karakterizasyon ve risk değerlendirme sürecinin belirli bir güven aralığında kavramsal model/kavramsal anlayış temelinde gerçekleştirilmesi gerekir.

Ayrıca operasyonel izleme uygun güven aralığında belirlenmiş risk altındaki kütleleri zayıf ya da iyi kütle durumunda olarak sınıflayabilmek için yada kirleticilerde önemli yukarı eğilimlerin varlığını tespit edebilecek için gerekli olan verileri sağlamalıdır [15].

Çoğu durumda, temel parametrelerin yanında seçilecek ilave parametreler de her bir örnekleme istasyonunda gerekli olacaktır. Operasyonel izleme parametrelerinin seçiminde üç ana faktör rol oynar [16].

- Karakterizasyon ve yeraltısuyu sisteminin hassasiyetinin, alıcı duyarlılığının, herhangi bir tedbir programının etkili olabilmesi için gerekli olan sürenin ve farklı önlemlerin etkilerini ayırt edebilme kabiliyetinin değerlendirilmesini de kapsamak üzere kavramsal model(ler),

- Karakterizasyon süresinde tespit edilen ve kütlenin kötü durumda sınıflandırılmasına neden olabilecek temel baskıların dağılımı da dahil olmak üzere; risk değerlendirmesi ve değerlendirmedeki güvenilirlik düzeyi,
- -Her bir izleme noktasının uygunluğuna ilişkin pratik düşünceler.

İzleme noktalarının yerlerinin seçiminde ise aşağıdaki öncelikler göz önüne alınmalıdır:

- Temsil edici örnekler sağlayan mevcut uygun noktaların bulunması. (ör: gözetimsel izleme programından)
- Farklı SÇD izleme programlarını destekleme potansiyeli. Örneğin uygun kaynak suları miktar, kalite ve yeraltı suyu örnekleme istasyonu görevi görebilir.
- Entegre, çok amaçlı izleme potansiyeli. Örneğin Nitrat Direktifi uyarınca yapılan izlemelerin, içme suyu korunan alan izlemelerinin, bitki koruma veya biyokıran ürün kaydına ilişkin izlemelerinin ve Yeraltı Suyu Direktifine uyumun gerekliliklerini birleştiren noktalarda.
- Mevcut veya planlanan yüzey suyu izleme noktalarıyla olan potansiyel bağlantılar. [17].

Operasyonel izleme kapsamında izleme sıklığının seçimi genel olarak kavramsal modele ve özellikle de akiferin özelliklerine ve kirlilik baskılarına karşı hassasiyetine bağlı olacaktır.

Yeraltı suyu kalitesi ve hidrojeolojik sistem davranışının iyi anlaşıldığı durumlarda gerek duyulursa alternatif izleme aralıkları tercih edilebilir.

Her bir izleme yerindeki örnekleme sıklığı ve numune alma zamanlarıyla ilgili olarak aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Eğilim değerlendirmesi gereklilikleri
- Konumun baskının eğim yukarısında, hemen altında veya eğim aşağısında yer alıp almadığı. Baskının hemen altında olan yerlerde izlemenin daha sık gerçekleştirilmesi gerekebilir.
- Madde 5 risk değerlendirmelerindeki güvenilirlik düzeyi ve zaman içinde bu değerlendirmelerde meydana gelen değişiklikler.
- Kirletici madde konsantrasyonlarında mevsimler etkiler sebebiyle gerçekleşen kısa vadeli dalgalanmalar. Mevsimsel ve diğer kısa vadeli etkilerle karşı karşıya kalmanın olası olduğu durumlarda eğilim değerlendirmelerine ilişkin karşılaştırılabilir veriler ile doğru bir karakterizasyon ve durum değerlendirmesi elde edilebilmesi için örnekleme sıklığının

ve zamanlamalarının buna göre ayarlanması ve örneklemenin her sene aynı zamanlarda ve aynı koşullar altında gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

- Alan kullanım düzenleri, örneğin; pestisit veya nitrat uygulama dönemleri. Bu husus, özellikle, karstik akiferler ve/veya sığ yeraltısuyu kütleleri gibi hızlı akış sistemleri açısından önem taşımaktadır. [17].

Yeraltısuyu kütesinin artık kötü bir durumda olmadığından veya kötü durumda olma riski altında bulunmadığından emin olununcaya ve eğilimlerdeki tersine dönüşü kanıtlayacak yeterli veri mevcut oluncaya kadar operasyonel izleme örneklemleri sürdürülmelidir [16].

### **6.3.3. Araştırmacı İzleme**

Araştırmacı izleme gözetimsel ve operasyonel izlemeden farklı olarak, izleme yerleri ve sıklığı net olan bir izleme türü değildir. Normalden farklı bir durum oluşması durumunda araştırmacı izleme yapılmaktadır. Alınan önlemlerin işe yaramadığı durumlarda bunun sebebini sorgulamak ya da bir kaza durumunda etkileri incelemek ve bir dönem içindeki değişikliğini anlamak için araştırmacı izleme kullanılmaktadır [5].

#### **6.3.3.1. Yerüstü Sularında İzleme Noktalarının ve İzleme Parametrelerinin Seçimi**

Yerüstü sularında araştırmacı izleme yapılmasını gerektiren durumlar aşağıda özetlenmektedir;

- Çevresel hedef değerleri aşan herhangi bir durumda sebebin ne olduğunun bilinmemesi,
- Gözetimsel izlemeye göre belirlenen hedeflere ulaşılamayan ve operasyonel izlemenin henüz tasarlanmadığı su kütlelerinde çevresel hedeflere ulaşamamanın sebeplerinin kesinleştirilmesi,
- Kazaların neden olduğu kirliliğin boyutlarının ve etkilerinin belirlenmesi [8].

Araştırmacı izleme programları özel izleme programlarıdır ve amaca ve/veya olaya özgü olarak hazırlanmaktadır. Dolayısıyla, araştırmacı izleme noktaları, parametre ve sıklık bilgileri bu çerçevede şekillenmektedir.

Bununla birlikte, araştırmacı izlemenin, örneğin içme suyu çekimi yapılan alanlarda herhangi bir kaza oluşumuna karşın bir erken uyarı sistemi olarak da tasarlanması mümkündür. Araştırmacı izleme aynı zamanda çevresel hedeflere ulaşılması için bir önlemler programının

oluşturulması ve kazaların neden olduğu kirliliğin etkilerinin giderilmesi için gerekli özel önlemlerin alınması için de bilgi sağlar.

### **6.3.3.2. Yeraltı Sularında Önleme ve Kısıtlama İzlemesi**

Yeraltısuyu kalite izlemesine yeraltısuyu durumundaki bozulma ve/veya kirleticilerin yeraltısına girişinin önlenmesi ya da kısıtlanması için alınan önlemlerin etkinliğini değerlendirebilmek için gerek duyulur. Gözetimsel ve operasyonel izleme programları buna büyük ölçüde katkıda bulunsa da noktasal kaynaklı baskıları hedef alan belirli ilave izleme programlarına ihtiyaç duyulabilir. Bu sebeple SÇD ortak uygulama stratejisi kapsamında hazırlanan 15 numaralı rehber dokümanda yeraltısuyu kütesine bir bütün olarak odaklanan gözetimsel ve operasyonel izleme ile noktasal kaynaklara odaklanan önleme ve kısıtlama izlemesi birbirinden ayrılır.

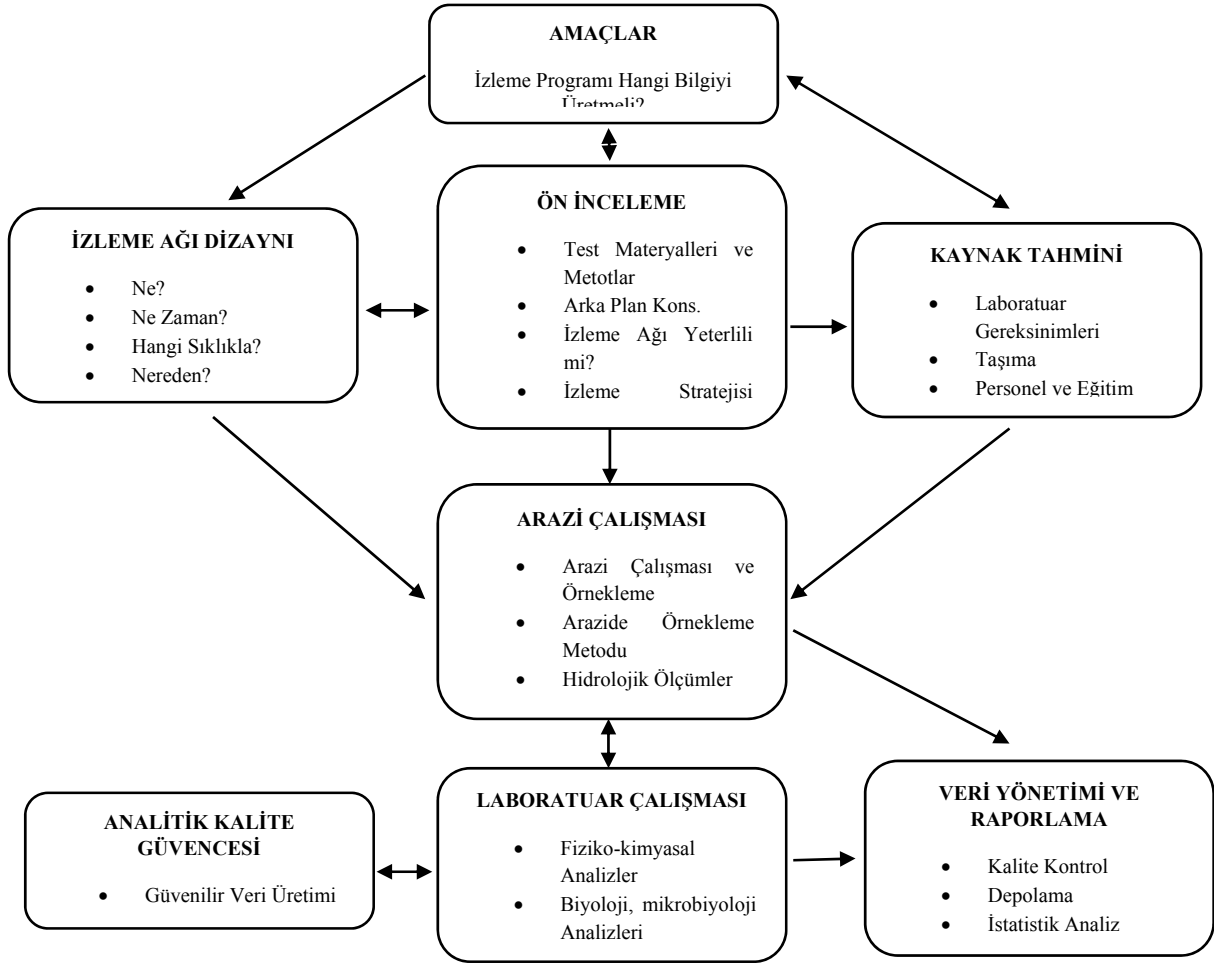
Önleme ve sınırlama izlemesi SÇD’de açık bir şekilde istenmemiş de olsa, bu izlemeden elde edilen bilgiler özel konuların karakterizasyonu ve incelenmesi ile tedbirler programlarının etkili olmasında kullanılmalıdır. Bazı izleme sahaları gözetimsel ve/veya operasyonel izlemede kullanılma potansiyeline sahip olsa da, bu bilgiler durum ve eğilim değerlendirmelerine özel olarak kullanılmamalıdır. Ancak, bu tür sahaların kullanıldığı durumlarda, bu sahalar SÇD izleme programı sahalarına ilişkin kalite/güvence gereklerine tam olarak uymak zorundadır. Uyum göstermeyen sahalar reddedilmelidir [16].

### **6.4. Entegre İzleme Programlarının Oluşturulması**

Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (ISO) izlemeyi “belirli amaçlara yönelik olarak genellikle çeşitli su kaynaklarını kapsayacak programlanmış örnekleme prosesi, ölçüm ve müteakip kayıt ya da bilgileri” olarak tanımlamaktadır. Bu genel kapsamlı tanımlama uzun dönemli izleme, kısa dönemli izleme ve sürekli izleme olarak üç ana başlık altında aşağdaki şekilde detaylandırılabilir:

- Uzun dönemli izleme, sucul çevrenin durumunu ve değişimini gözlemleyebilmek amacıyla yapılan standart hale gelmiş ölçümleri ifade etmektedir.
- Kısa dönemli izleme, belirli bir amaç çerçevesinde sucul çevrenin kalitesini anlayabilmek amacıyla yoğunlaştırılmış bir ölçüm programını ifade etmektedir.
- Sürekli izleme ise, su kalitesi yönetimi ve operasyonel aktiviteler için spesifik ölçüm ve tetkikleri ifade etmektedir [1].

Bununla birlikte izleme denildiğinde birçok kritik bileşeni içinde barındıran bir süreç akla gelmelidir. Bu sürecin bileşenleri ve söz konusu bileşenlerin birbirleri arasındaki ilişkileri Şekil 6.2’de verilmektedir.



Şekil 6.2 İzleme Ağı Bileşenleri [1]

Şekil 6.2 incelendiğinde izleme ağının oluşturulması için hangi amaçla, hangi parametrelerin, hangi sıklıklarla nerelerde izlenmesi gerektiği hususunun yanı sıra veri depolama, kalite kontrol ve finansal konular gibi diğer temel bileşenlerle de ilişkili olduğu görülmektedir. AB, SÇD’de tüm bu bileşenleri bünyesinde barındıran bir izleme ağı oluşturmayı hedef olarak işaret etmektedir.

Direktif Madde 8, yüzey suyu durumu, yeraltı suyu durumu ve korunan alanların izlenmesi için gereksinimleri belirler. Her nehir havza bölgesi içinde su durumunun tutarlı ve kapsamlı

denetiminin yapılabilmesi için izleme programları gereklidir. İzleme programları oluşturulurken direktifin Ek-V gereksinimlerinin yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu gereksinimler:

- Durumun sınıflandırılması (Üye Devletler, sınırları içerisindeki her nehir havza bölgesi için, Direktif tarafından belirlenen renk kodlama sistemini kullanarak her su kütlesinin ekolojik ve kimyasal durumunun sınıflandırmasını gösteren bir harita hazırlamalıdır.);
- Risk değerlendirme prosedürünün tamamlanması ve geçerli hale getirilmesi;
- Gelecek izleme programlarının etkili ve verimli tasarımı;
- Doğal koşullardaki uzun vadeli değişimlerin değerlendirilmesi;
- Geniş çaplı antropojenik etkinlikten kaynaklanan uzun vadeli değişimlerin değerlendirilmesi;
- Uluslararası sınırlar arasında gidip gelen veya denizlere boşaltılan kirlilik yüklerinin hesaplanması;
- Kötüye gitmenin durdurulması veya tersine döndürülmesi için belirlenen tedbirlerin uygulanmasına karşılık risk taşıdığı düşünülen su kütlelerinin durumundaki değişimlerin değerlendirilmesi;
- Başarısızlığın sebeplerinin belirlenmemiş olmadığı durumlarda, çevresel hedefleri gerçekleştirilmede başarısız olan su kütlelerinin sebeplerinin tespit edilmesi;
- Rastlantısal kirliliğin büyüklüğünün ve etkilerinin tespit edilmesi;
- İnterkalibrasyon deneylerinin yapılması;
- Korunan Alanlar standartları ve hedefleri ile uygunluğun değerlendirilmesi ve
- Yüzey suları için (mevcut yerlerde) referans koşulları miktarının belirlenmesidir [8].

SÇD'nin ülkemiz mevzuatına uyumlaştırılması kapsamında, Yüzeysel Sular ve Yer altı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 11.02.2014 tarih ve 28910 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik ile SÇD'nin Madde 8 ve Ek-5 hükümleri tamamen ulusal mevzuatımıza aktarılmıştır.

Yönetmelik gereğince, ülkemizde bulunan 25 havza için yerüstü su kalitesi izleme programları hazırlanmış ve uygulamaya konulmuştur. Havza izleme programları kapsamında, ülkemizde belirlenen yerüstü su kütleleri ve tipleri dikkate alınarak belirlenmiş olan izleme noktalarında gözetimsel (genel amaçlı), operasyonel ve korunan alan izleme çalışmaları

planlanmıştır. Her bir izleme amacına uygun, havzaya özgü, izleme parametreleri ve izleme sıklıkları belirlenmiştir.

## **6.5. Veri Analizi ve Değerlendirme**

### **6.5.1. Su Kalitesi Verileri ve Veri Değerlendirme İlkeleri**

Suyla ilişkili veriler, suyun doğası gereği hızlı değişim gösteren niteliklerini temsil etmektedir. Suyun miktarı ile birlikte suyun niteliği (kalitesi) de kısa zamanda hızlı biçimde değişme eğilimindedir. Suyun doğasındaki bu değişkenlik suyun hidrosfer içerisindeki hızlı deviniminden ileri gelmektedir. Su verilerinin bazı temel özellikleri şunlardır:

- Su verileri negatif değerler içermez.
- Pik değerler veya beklenen aralıktan yüksek değerler sıklıkla görülür.
- Analiz sonuçları eşik değer uygulanması nedeniyle sansürlenmiş özelliktedir ve verilerin dağılımı (eğik-çarpık) özelliktedir.
- Veriler mevsimsel veya günlük döngüler nedeniyle dönemsel olarak yüksek veya düşük seyretme eğilimindedir.
- Art arda alınan numunelerden üretilen analiz sonuçları yüksek düzeyde benzerdir.
- Bazı parametreler diğer parametrelerle (debi, elektriksel iletkenlik vb.) uyumlu şekilde değişim göstermektedir.

Bu özellikler, suyla ilişkili verilerin değerlendirilmesinde özgün bir bakış açısını gerektirmektedir. Suyla ilişkili araştırmalar, izleme çalışmaları ve ilişkili tüm faaliyetlerde genel çerçeve bu bakış açısıyla şekillendirilmektedir.

İzleme faaliyetleri sonucunda üretilen verilerin doğruluk analizi, su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik alınan tedbirlerin, uygulanan politika ve stratejilerin etkinliğinin değerlendirilmesi bakımından gereklidir. Veri doğruluğunun değerlendirilmesinde takip edilecek süreçler, verilerin tasarım parametrelerine bağlı olarak şekillenmektedir. Genel anlamda verilerin doğruluk değerlendirmesinde işlenen süreçler şunlardır:

#### **- Verilerin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi**

İzleme faaliyetleri sonucunda üretilen verinin izleme programlarındaki kriterler çerçevesinde ele alınarak buradaki tanımlamalara uygun biçimde derlenip derlenmediği değerlendirilir. İzleme programlarında yer alan parametreler ve parametre gruplarının izlenip izlenmediği, her parametre



için belirlenen izleme sıklığına uyum düzeyi, izleme parametreleri arasındaki ilişkilerden hareketle verinin tutarlılığının değerlendirilmesi değerlendirilmelidir. Bununla birlikte verilerin kim tarafından hangi tarihte üretildiği, ham veri üzerinde yapılan değişiklikler, düzeltmeler ve benzeri her türlü işlemin veri kimliği (meta-veri) üzerinden tüm kullanıcılara (araştırmacı, yönetici veya teknik personel) ulaştırılması elzemdir.

- ***Verilerin zamanlılık ve erişilebilirlik bakımından değerlendirilmesi***

Zamanlılık kriteri, verilerin üretilmesi planlanan dönemi kapsama durumu ve üretilen verilerin kullanıcılara ulaşması gereken zaman dilimi içerisinde ulaşmış ulaşmadığını ifade etmektedir. Örneğin sahada ölçülmesi gereken bir parametrenin bu koşula uygun olarak ölçülüp ölçülmediği, bu parametrelerin laboratuvara numuneler ile birlikte teslim edilen tutanaklarda yer alıp almadığı zamanlılık kriterini açıklamaktadır. Benzer biçimde dönemsel olarak yıllık düzeyde izlenip raporlanması beklenen parametrelerin takip eden yıl içerisinde ön değerlendirme ve kontrolleri müteakip en kısa zamanda kullanıcıların erişimine sunulması gerekir. Bununla birlikte, su kalitesi verilerinin uzun dönemlerde değişiminin takip edilebilmesi zaman serilerinin oluşturulmasını gerektirdiğinden, verilerin düzenli biçimde güncellenme durumu da veri kalitesi bakımından önemlidir.

- ***Verilerin tutarlılık ve doğruluğunun değerlendirilmesi***

Tutarlılık kontrolü, verilerin tasarım esasları (izleme programlarında belirlenen formatı) çerçevesinde üretilip üretilmediğinin değerlendirilmesi ve diğer kaynaklardan alınan veriler veya diğer başka prosedürlerle doğruluğunun kontrol edilmesini ifade etmektedir. Şekil bakımından verinin tutarlılığı izleme programında yer alan analiz metotları, akreditasyon koşullarına uygunluğun değerlendirilmesini kapsamaktadır.

Veri doğruluğu, üretilen verilerin kaynağın gerçek durumunu yansıtırma düzeyini ifade etmektedir. Seçilen analiz metotlarına bağlı olarak üretilen verilerin belirsizlik düzeyindeki değişim veri doğruluğunu etkilemektedir. Veri doğruluğunun kontrolü şahit numuneler ve doğrulama analizi prosedürleri ile gerçekleştirilmektedir.

- ***Veri bütünlüğünün değerlendirmesi***

Veri bütünlüğü, üretilen verilerin yapısal özellikler ve içerik bakımından karar vermeye elverişli olmasını ifade etmektedir. Su kalitesinin değerlendirilmesinde birlikte ele alınması gereken parametrelerin birlikte ve eş zamanlı olarak üretilmiş olması, birbiriyle ilişkili parametrelerin değerlendirilmesine yönelik olarak izleme programlarında belirlenen analiz yöntemlerine riayet edilmesi ve birimlerinin tutarlı olması gerekmektedir.

Diğer taraftan, veriyi oluşturan (hidromorfolojik veya biyolojik kalite verisi) alt temalardan birinin eksik olmasının karar vermeye etkisi de eksiksizlik kavramıyla ifade edilmektedir. Verinin eksiksiz üretimi planlanan zaman diliminde eş zamanlı biçimde her bir alt temaya ilişkin verilerin üretilmesini gerektirmektedir.

### **6.5.2. İzleme verilerinin değerlendirilmesi**

Doğal su kaynaklarının kalitesinin değerlendirilmesinde su ortamının ekolojik durumu ile kimyasal durumu göz önünde bulundurulur. Su ortamının ekolojik durumu genel kimyasal ve fiziko-kimyasal kalite unsurları, biyolojik kalite unsurları ve hidromorfolojik kalite unsurlarının birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Genel kimyasal ve fiziko-kimyasal kalite unsurları, doğal kimyasal ve fiziksel parametreler ile mikro kirletici parametrelerden oluşmaktadır. Bu parametrelerin kendi aralarındaki ilişkiler ve çevresel faktörlerle olan ilişkisi verilerin değerlendirilmesinde temel hareket noktasını teşkil etmektedir.

Su kalitesi izleme verilerinin değerlendirilmesi yukarıda bahsedilen hususlardan hareketle aşağıda genel hatları gösterilen çerçevede ele alınmaktadır:

#### **✓ İzleme programlarına uygunluğun değerlendirilmesi**

Türkiye'deki 25 su havzası için düzenlenen izleme programlarında planlanan izleme faaliyetinin etkinliğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda izleme programında yer alan;

- İzleme İstasyonları
- İzlenmesi Gereken Parametreler
- İzleme Sıklıkları (yıllık ve döngüsel periyotlar)
- Su kütleleri (nehir, göl, kıyı suları, geçiş suları) düzeyinde üretilen verilerin oranı tespit edilir.

#### **✓ Veri matrisinin değerlendirilmesi**

Üretilen verilerin şekil itibarıyla karar vermeye yönelik özelliklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu maksatla;

- Ölçümlenen parametre sayısı ve satır/sütun doluluk oranı
- Ölçüm sürekliliği ve düzenliliği
- Karşılaştırılabilirlik oranı tespit edilerek,
- Birim karşılaştırma ve doğrulaması yapılır.

✓ **Mantıksal Sınama ve Parametreler Arası Uyumun Değerlendirilmesi**

Mantıksal sınama, Kalite Kontrol Sistemi tasarımı için en temel testtir. Ölçümü yapılan parametrenin sayısal veya sözel değeri kadar bu ölçüm değerinin mantık sınırları içerisinde bulunması da önem arz etmektedir. Bu doğrultuda su kalitesi parametreleri özelinde aşağıdaki sınama türlerine ilişkin sonuçlar üretilir.

- Sıcaklık parametresine ait ölçüm nümerik olmalıdır.
- pH değeri 0-14 arasında tanımlanmalıdır.
- Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) değeri < Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değeri
- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değeri > Toplam Organik Karbon (TOK) değeri
- Toplam Azot değeri, aşağıdaki her bir parametrenin değerinden büyük olmalıdır.
  - Amonyum azotu
  - Nitrit azotu
  - Nitrat azotu
  - Toplam kjeldahl azotu
  - Organik azot
  - Çözünmüş İnorganik Azot
  - Toplam İnorganik Azot
- Toplam Fosfor değeri aşağıdaki her bir parametrenin değerinden büyük olmalıdır.
  - Orto Fosfat
  - Çözünbilir Reaktif Fosfor
  - Çözünmüş İnorganik Fosfor
- Nitrat (NO<sub>3</sub>) değeri > Nitrit (NO<sub>2</sub>) değeri

✓ ***Aralık Kontrolü***

Ölçümlenen veya analizlerle üretilen su kalitesi verilerinin doğruluğunun değerlendirilmesinde uzun yıllar verilerinden elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerlerinden yararlanılmaktadır. Herhangi bir istasyondaki belli bir parametrenin uzun yıllar ortalaması ile karşılaştırılarak test edilen verinin güvenilirlik durumu belirlenmektedir.

✓ ***Basamak Testi***

Veri matrisinde yer alan ardışık iki ölçüm arasındaki farkın makul düzeyde olup olmadığı kontrol edilir. Basamak Testi ile bu ardışık veriler arasındaki sıçrama miktarı kontrol edilir. Sınır değeri parametrenin sıçrama aralığını temsil etmektedir.

✓ ***Mükerrerlik Testi***

Bazı durumlarda yöntemsel nedenlerle ölçümlenen bazı değerlerin mükerrer olduğu görülür. Mükerrerlik kontrolü ile belli değerlerin tekrar sayıları kontrol edilerek belli bir limitin üzerindeki tekrar sayısı için önceden belirlenen prosedürler ile yöntemsel hatalar veya insan kaynaklı hatalar tespit edilir.

## KAYNAKÇA

1. Bartram, J., Ballance, R., 1996. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. *United Nations Environment Programme and the World Health Organization*
2. Zweiner, C. ve Frimmel, F.H. (2001). Handbook of Analytical Separations, Water Quality, V3
3. Robles, J.A.A. ve Soria, F.J.Z. (2007). Water Quality Monitoring to Support the European Commission's Water Framework Directive Reporting Requirements, Transactions in GIS
4. Strobl, R.O. ve Robillard, P.D. (2008) Network Design for Water Quality Monitoring of Surface Freshwater, A Review, Journal of Environmental Management
5. Gök, C.,(2014), *Avrupa Birliği Adayı Türkiye için Yerüstü Sularında Kimyasal İzleme ve İzleme Noktalarının Belirlenmesi*, Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara
6. Tueros I., Borja A., Larreta J., Rodríguez J. G., Valencia V., Millán E. (2009), Integrating Long-Term Water and Sediment Pollution Data, In Assessing Chemical Status Within the European Water Framework Directive, Marine Pollution Bulletin 58, 1389–1400
7. Loos R. (2012), Analytical Methods for the new proposed Priority Substances of the European Water Framework Directive (WFD), Revision of the Priority Substance List, Joint Research Centre,
8. Water Framework Directive, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000; establishing a framework for Community action in the field of water policy,
9. Wilkinson H, Sturdy L, Whitehouse P., Prioritising Chemicals for Standard Derivation Under Annex VIII of the Water Framework Directive, Environment Agency;. 145, 2
10. Kılınç, S. F., & Kay, P. (2018). Determination of the Most Suitable Assessment Methods of River Hydromorphology for Turkey. *Turkish Journal Of Water Science & Management*, 2(2), 110-148.
11. Azlak, M.,(2015), *Su Çerçeve Direktifine Göre Hidromorfoloji, Hidromorfolojik İzleme ve Türkiye için Öneri Geliştirme*, Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara
12. Rinaldi, M., Belletti, B., Van de Bund, W., Bertoldi, W., Gurnell, A., Buijse, T. and Mosselman, E. (2013b). Review on eco-hydromorphological methods. Deliverable 1.1, REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management), Project funded by the European

- Commission within the 7th Framework Programme (2007–2013), Topic ENV.2011.2.1.2-1 hydromorphology and ecological objectives of WFD, Grant Agreement 282656.
13. Raven, P.J., Fox, P., Everard, M., Holmes, N.T.H. and Dawson, F.H. (1997). *River Habitat Survey: A new system for classifying rivers according to their habitat quality*. In: Resh, V.H. ed. *Freshwater Quality: Defining the Indefinable?* Edinburg: The Stationery Office, 381-552.
  14. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)(2009), *Guidance on Surface Water Chemical Monitoring under the Water Framework Directive*, Guidance Document No.19, Directorate General Environment of the European Commission, Luxembourg
  15. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)(2003), *Monitoring under the Water Framework Directive*, Guidance Document No.7, Directorate General Environment of the European Commission, Luxembourg
  16. Ortak Uygulama Stratejisi Rehber Dokümanı No. 15 (OUS 15), 2007. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive .Guidance on Grandwater Monitoring
  17. Soytürk O., (2014), *Su Çerçeve Direktifine Göre Yeraltısularının İzlenmesi ve Türkiye İçin Bir Değerlendirme*, Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara

## Bölüm 7

# Risk Değerlendirmesi ve Acil Durum Müdahale Planları

**Ceren Yüceçam Akdağ, Aylin Okuldaş Çetin, Erdem Eroğlu, Seda Arı, Ozan Soytürk, Ahmet Rıfat İlhan ve Nermin Anul**

### 7.1. Fiziko-kimyasal Parametreler Açısından Risk Değerlendirilmesi

Konvansiyonel parametreler olarak da adlandırılan fiziko-kimyasal parametreler için risk değerlendirilmesi söz konusu maddelerin tespiti ve sınır değer belirleme çalışmalarını içermektedir. Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi(SÇD)'ne göre fiziko-kimyasal parametreler ekolojik durum ve ekolojik potansiyel kapsamında değerlendirilmekte olup, nehir, göl, kıyı ve geçiş sularının ekolojik durum ve ekolojik potansiyelin sınıflandırılması için kullanılan kalite elementleri söz konusu Direktifin EK 5'i ile belirtilmiştir.

Ülkemizde yerüstü suları ile kıyı ve geçiş sularının fiziko-kimyasal parametreler açısından kalitesinin belirlenmesi amacıyla parametre seçimi ve sınıf sınır değerler hususlarında yürürlükteki mevzuat, literatür araştırması ve AB ülkelerinin uygulamaları incelenmiştir. Ülkemizde yerüstü suları ile kıyı ve geçiş sularının fiziko-kimyasal parametreler açısından kalitesini belirlemek için 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği*'nden yararlanılmaktadır. Söz konusu Yönetmeliğin EK-5 Tablo 2'si ile nehir, göl ve geçiş suları için genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler ve kalite kriterleri ile aynı Yönetmeliğin Ek-5 Tablo 3'ü kıyı suları için genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler ve sınıf sınır değerleri belirtilmiştir. Söz konusu parametreler ve kalite kriterleri Tablo 7.1'de verilmiştir.

**Tablo 7.1.** Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
Renk (m <sup>-1</sup> )	RES 436 nm: ≤ 1,5	RES 436 nm: 3	RES 436 nm: 4,3	RES 436 nm: > 4,3
	RES 525 nm: ≤ 1,2	RES 525 nm: 2,4	RES 525 nm: 3,7	RES 525 nm: > 3,7

	RES 620 nm: ≤ 0,8	RES 620 nm: 1,7	RES 620 nm: 2,5	RES 620 nm: > 2,5
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Yağ ve Gres (mg/L)	< 0,2	0,3	0,5	> 0,5
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	3	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) (mg/L)	< 4	8	20	> 20
Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N/L)	< 0,2	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 3	10	20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	< 0,5	1,5	5	> 5
Toplam azot (mg N/L)	< 3,5	11,5	25	> 25
Orto fosfat fosforu (mg o- PO <sub>4</sub> -P/L)	< 0,05	0,16	0,65	> 0,65
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	0,8	> 0,8
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	2000	> 2000
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	3000	> 3000
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	20	> 20
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	10	> 10

Ülkemiz sularının fiziko-kimyasal kalitesini belirlerken dörtlü bir sınıflandırma sistemi kullanılmakta olup I. Sınıf (Yüksek kaliteli su), II. Sınıf (Az kirlenmiş su), III. Sınıf (Kirlenmiş su) ve IV. Sınıf (Çok kirlenmiş su) olarak ayrılmaktadır. Su Çerçeve Direktifi kapsamında ekolojik durum değerlendirilmesinde, fiziko-kimyasal parametreler yalnızca “Çok İyi”, “İyi” ve “Orta” durumları arasında belirleyici olabildiğinden; uygulamada I. Sınıf “Çok İyi”, II. Sınıf “İyi”, III. Sınıf ve IV. Sınıf “Orta” su durumunu ifade etmektedir. Bu çerçevede ülkemiz sularında ulaşılmak istenen hedef en az II. Sınıf su kalitesidir. Havza ölçeğinde yapılan su kalitesi izleme çalışmaları neticeleri *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği*'ne göre değerlendirilerek su kalitesi Sınıf III ve Sınıf IV olarak tespit edilen su kütleleri için su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik olarak tedbirler belirlenmekte ve uygulamaya alınmaktadır.



Sonuç olarak; Ülkemizde fizikokimyasal parametreler açısından risk değerlendirmesi havza bazlı su kalitesi izlemesi ve izlemeyi takiben 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği* kapsamında su kalitesinin belirlenmesi neticesinde en az II. Sınıf su kalitesinin elde edilmesi maksadıyla havza bazlı tedbirlerin alınmasını içermektedir.

## **7.2. Tehlikeli Maddeler Açısından Risk Değerlendirmesi**

Önceliklendirme olarak da tanımlanan tehlikeli maddeler açısından risk değerlendirmesi çalışmaları, temel olarak insan sağlığı açısından ve ekolojik açıdan öncelikli kimyasalların belirlenmesine yönelik çalışmalar olarak sınıflandırılmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri’nde kullanılan kimyasal bazlı önceliklendirme yöntemleri genel olarak belirli bir kimyasallar listesi üzerinden riskin bir sıralama ve puanlama olarak ortaya konulması ve toksisite ve/veya maruziyete ilişkin ölçütlerin kullanılmasını içermektedir [1, 2]. Amerika Birleşik Devletleri’nde yürürlükte olan Temiz Su Yasası kapsamında tehlikeli maddelerin önceliklendirmesi toksisite ve maruziyet değerlendirmesine dayanmaktadır [2, 3].

Avrupa Birliği’nde CLP (Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures: Maddelerin ve karışımların sınıflandırılması, etiketlenmesi ve paketlenmesi), REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals: Kimyasalların, Kayıtlandırılması, Değerlendirmesi, Ruhsatlandırılması ve Kısıtlanması) ve SÇD gibi yasal düzenlemelerde yer alacak kimyasal maddelerin belirlenmesi amacıyla farklı önceliklendirme yaklaşımları mevcuttur. REACH Tüzüğü’nün uygulanmasında “Yüksek önem arz eden madde (SVHC)” ifadesi kullanılmakta olup kimyasalların kalıcılık, biyobirikim ve toksisite özelliklerine göre farklı sınır değerler dikkate alınmaktadır. Su Çerçeve Direktifi kapsamında “Öncelikli Maddeler Listesi” oluşturulurken uygulanan önceliklendirme metodu ise Kombine Model Bazlı ve İzleme Bazlı Önceliklendirme metodu (Combined Modeling-based and Monitoring-based Priority Setting; kısaca COMMPS) olarak adlandırılmaktadır. Su Çerçeve Direktifi kapsamında öncelikli madde listesinin gözden geçirilmesinde uygulanmak üzere İngiltere ve AB Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından yürütülen bir çalışma ile modelleme bazlı bir önceliklendirme yaklaşımı olarak Toplam Tehlike Skoru (TTS) yöntemi geliştirilmiştir [2].

Bu bölümde hem Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi kapsamında kullanılmış hem de ülkemiz su kalitesi yönetiminde uygulanmış olması sebebiyle COMMPS ve TTS yöntemleri detaylı olarak açıklanacaktır.

### 7.2.1. Kombine Model Bazlı ve İzleme Bazlı Önceliklendirme Yöntemi

Kombine Model Bazlı ve İzleme Bazlı Önceliklendirme Yöntemi, Avrupa Birliği'nde Su Çerçeve Direktifi "Öncelikli Maddeler Listesi" oluşturulurken uygulanan önceliklendirme metodudur. Bu metot ile 658 maddeden oluşan ilk aday parametre listesi üzerinden eleme yapılarak 33 maddelik öncelikli maddeler listesi belirlenmiştir. COMMPS (Combined Monitoring-Based And Modeling-Based Priority Setting: Birleşik İzleme Tabanlı ve Modelleme Tabanlı Öncelik Belirleme) metodunda 5 kademeli bir seçim sistemi uygulanır. Bunlar sırasıyla; aday listenin belirlenmesi, izleme ve modelleme bazlı olarak maruziyet skorunun hesaplanması, etki skorunun hesaplanması ve risk bazlı skorun hesaplanması ve öncelikli kirleticilerin belirlenmesidir [2].

Aday listesinin oluşturulmasını takiben bu maddeler ön elemeyden geçirilerek 95 kimyasal maddeden oluşan bir liste elde edilmiştir. Bu listede yer alan kimyasalların her biri için maruziyet skoru ve etki skoru hesaplanarak risk bazlı bir sıralama yapılmıştır. COMMPS yönteminde toplanan skor, aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [2]:

$$I\_PRIO = I\_EXP \times I\_EFF \quad (7.1)$$

Burada; I\_PRIO: Toplam skor, I\_EXP: Maruziyet skoru, I\_EFF: Etki skorunu ifade etmektedir.

**Maruziyet skoru**, izleme bazlı maruziyet skoru ve model bazlı maruziyet skoru olmak üzere iki farklı şekilde hesaplanabilir ve 0-10 arasında bir değerdir. Model bazlı maruziyet skoru hesaplanırken emisyon, bozunma ve dağılım faktörleri göz önüne alınır. Metaller için sadece izleme bazlı maruziyet skoru kullanılırken, metaller haricindeki maddeler için elde edilen izleme ve model bazlı maruziyet skorları için bir korelasyon grafiği oluşturulmaktadır [2].

#### 7.2.1.1. Model bazlı maruziyet skoru

Kimyasalın kullanım kategorisi ve su fazına tutunma miktarı model bazlı maruziyet skorunu etkilemektedir. Maruziyet skoru 0-10 arası bir değer olacak şekilde normalize edilmiştir. Model bazlı maruziyet skoru aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [2]:

$$I\_EXP = 1,37(\log(EEXV) + 1,301) \quad (7.2)$$

Burada; EEXV = Emission x Distribution x Degradation

Emission: Emisyon faktörü

Distribution: Dağılıma faktörü

Degradation: Bozunma faktörü

$$\text{Emission} = 0.01 \times T1 + 0.1 \times T2 + 0.2 \times T3 + 1.0 \times T4 \quad (7.3)$$

T1, T2, T3 ve T4 kimyasalların kullanım kategorilerine göre yıllık kullanımı miktarının ton cinsinden ifadesidir. Kullanım kategorilerinin tanımları Tablo 7.2’de verilmektedir:

**Tablo 7.2.** COMMPS Yöntemi Kullanım Kategorileri [2]

Kategori Açıklaması	Çarpan
1-Kapalı sistemde kullanım	0,01
2-Çevresel matrise karışım ile sonuçlanan kullanım	0,1
3-Dispersiv olamayan kullanım	0,2
4-Dispersiv kullanım	1,0
Varsayılan	1,0

Dağılım faktörü Mackay I modeli kullanılarak hesaplanır [4]:

$$C = Zf \quad (7.4)$$

Burada; C: konsantrasyon, Z: fugasite kapasitesi f: fugasite

Her bir çevresel kompartman için kimyasalın fugasite kapasitesi aşağıdaki yöntemle hesaplanır:

$$\text{Hava (1)} \quad Z_1 = 1/RT$$

$$\text{Su (2)} \quad Z_2 = C^S/VP^S$$

$$\text{Toprak (3)} \quad Z_3 = Z_2 n_3 f_{oc3} K_{oc}/1000$$

$$\text{Sediman (4)} \quad Z_4 = Z_2 n_4 f_{oc4} K_{oc}/1000$$

$$\text{katı madde (5)} \quad Z_5 = Z_2 n_5 f_{oc5} K_{oc}/1000$$

Askıda

Balık (biyota) (6)  $Z_6 = Z_2 n_6 L K_{ow} / 1000$

R: ideal gaz sabiti (8.314 J/mol K)

T: Sıcaklık (K)

$C^S$ : sudaki çözünürlük (mol/m<sup>3</sup>)

$VP^S$ : Buhar basıncı (Pa)

$n_i$ : faz i'nin yoğunluğu (kg/ m<sup>3</sup>)

$f_{oci}$ : organik karbonun faz i'deki kütle fraksiyonu

L: balık yağ içeriği (0.10)

Formüllerde kullanılan  $K_{oc}$  değeri  $K_{ow}$  değerinden aşağıdaki formülle hesaplanır [2, 4]:

$$K_{oc} = 0.41K_{ow} \quad (7.5)$$

$K_{oc}$ : Toprak organik karbon/su ayrışma katsayısı

$K_{ow}$ : Oktanol su ayrışma katsayısı

Mackay I Modelinde kullanılan çevresel özellikler Tablo 7.3'te listelenmiştir:

**Tablo 7.3** Mackay I Modeli'nde Kullanılan Çevresel Özellikler [2]

Çevresel kompartman	Hava	Su	Toprak	Sediman	Askıda Katı Madde	Balık (Biyota)
Hacim (m <sup>3</sup> )	10 <sup>14</sup>	2 x 10 <sup>11</sup>	9 x 10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>	2 x 10 <sup>5</sup>
Derinlik (m)	1000	20	0,1	0,01	-	-
Alan (m <sup>2</sup> )	10 x 10 <sup>10</sup>	10 x 10 <sup>9</sup>	90 x 10 <sup>9</sup>	10 x 10 <sup>9</sup>	-	-
Organik karbonun kütle fraksiyonu ( $f_{oc}$ )	-	-	0,02	0,04	0,2	-
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	1,2	1000	2400	2400	1500	1000

Mackay I Modeli ile kimyasalın her bir çevresel kompartmandaki konsantrasyonu hesaplandıktan sonra kimyasalın su ortamında denge halindeki fraksiyonu belirlenir ve dağılım faktörü olarak kullanılır.

Bozunurluk faktörü kimyasalın sucul çevredeki biyobozunurluğu dikkate alınarak aşağıdaki Tablo 7.4'e göre hesaplanır:

**Tablo 7.4** COMMPS Yöntemi Bozunurluk Faktörü [2]

Biyobozunurluk Özelliği	Faktör
Çabuk bozunur	0,1
Doğal olarak bozunur	0,5
Kalıcı	1,0
Varsayılan değer	1,0

#### 7.2.1.2. İzleme bazlı maruziyet skoru

İzleme bazlı maruziyet skoru ise kimyasalın su veya sedimanda tutunmasına bağlı olarak farklı sınır değerler ile izleme sonuçlarından yararlanılarak hesaplanır. İzleme bazlı maruziyet skoru aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$I_{\text{-EXP}}(i \text{ maddesi}) = \frac{\log(C_i / (C_{\min} \times 10^{-1}))}{\log(C_{\max} / (C_{\min} \times 10^{-1}))} \times 10 \quad (7.6)$$

$C_i$ : i maddesi ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması

Hesaplama da kullanılan maksimum ve minimum değerler Tablo 7.5'te verilmektedir:

**Tablo 7.5** İzleme Bazlı Maruziyet Skoru Hesaplamasında Maksimum ve Minimum Değerler [2]

Kimyasalın türü ve fazı	$C_{\max}$	$C_{\min}$	Birim
Su fazındaki organik maddeler	100	0,0001	$\mu\text{g/L}$
Su fazındaki organik maddeler (Maksimum olabilirlik)	100	0,0001	$\mu\text{g/L}$
Su fazındaki metaller	200	0,2	$\mu\text{g/L}$
Sedimandaki organik maddeler	10000	0,01	$\mu\text{g/kg}$

Sedimandaki metaller	2000	6	mg/kg
----------------------	------	---	-------

**Etki skoru**, 0-10 arası bir değer olarak sucul çevreye direk ve dolaylı etkiler ile insanlar üzerindeki etkiler göz önüne alınarak hesaplanmaktadır. Kimyasalın sucul çevreye direkt ve dolaylı etkileri ile insan sağlığı üzerindeki etkileri dikkate alınmaktadır.

Toplam etki skoru aşağıdaki formülle hesaplanır [2]:

$$I_{EFF} = EFS_d + EFS_i + EFS_h \quad (7.7)$$

Burada;

$EFS_d$ : sucul çevreye direkt etki faktörü

$EFS_i$ : sucul çevreye dolaylı etki faktörü

$EFS_h$ : insan sağlığı üzerindeki etki faktörü

Sucul çevreye direkt etki faktörü aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$EFS_d(i \text{ maddesi}) = \frac{\log(PNEC_i / (10 \times PNEC_{max}))}{\log(PNEC_{min} / (10 \times PNEC_{max}))} \times AF \quad (7.8)$$

AF: Ağırlık faktörü (Organik maddeler için 5, metaller için 8 olarak alınır.)

Hesaplama da kullanılan ve hiçbir etkinin olmadığı tahmin edilen konsantrasyon olarak tanımlanan PNEC değerleri Tablo 7.6'da yer almaktadır:

**Tablo 7.6** PNEC Değerleri [2]

Kimyasalın türü ve fazı	$PNEC_{max}$	$PNEC_{min}$	Birim
Su fazındaki organik maddeler	1	0,000001	mg/L
Sedimandaki organik maddeler	10	0,000001	mg/kg
Su fazındaki metal bileşikleri	0,1	0,000001	mg/L

Hesaplanan  $EFS_d$  değeri organik maddeler için 0-5 arasında iken, metaller için 0-8 aralığındadır. Formülde kullanılan  $PNEC_i$  değeri hesaplanırken her bir madde için literatürde var olan  $LC_{50}/NOEC$  değerleri, Tablo 7.7'de verilen DF (Değerlendirme faktörü) değerine bölünür.

Eğer literatürde bir kimyasal için LC<sub>50</sub> yada NOEC değeri mevcut değilse 0.00001 mg/L değeri PNEC değeri olarak alınır [2].

**Tablo 7.7** Toksikite Testi için Değerlendirme Faktörleri [2]

Test Süresi	Toksikite Testi Mevcut Olan Taksonomik Grup Sayısı	Değerlendirme faktörü
Akut test	1	1000
	2	1000
	3	1000
Kronik test (NOEC)	1 (balık yada omurgasız)	100
	2 (balık ve/veya omurgasız ve/veya alg)	50
	3	10

Sucul çevreye dolaylı etki faktörü; EFS<sub>i</sub>, K<sub>ow</sub>, molekül ağırlığı ve BCF değerleri baz alınarak Tablo 7.8’de gösterildiği gibi hesaplanır:

**Tablo 7.8** Dolaylı Etki Faktörü [2]

Kow yada Molekül Ağırlığı (MA)	BCF	EFS <sub>i</sub>
K <sub>ow</sub> < 3 ya da MA > 700	< 100	0
3 ≤ K <sub>ow</sub> < 4 ve MA < 700	100- < 1000	1
4 ≤ K <sub>ow</sub> < 5 ve MA < 700	1000- < 10000	2
K <sub>ow</sub> ≥ 5 ve MA < 700	>10000	3
Varsayılan (K <sub>ow</sub> değeri yok) ve MA < 700	BCF değeri yok	3

İnsan sağlığı üzerine etki; EFS<sub>h</sub>, faktörü ise Tablo 7.9’da verilen şekilde 67/548/EEC sayılı Tehlikeli Maddeler Direktifi’nde listelenen risk ibareleri dikkate alınarak belirlenir:

**Tablo 7.9** İnsan Sağlığı Üzerine Etki Faktörü [2]

Kanserojenlik	Mutajenlik	Üreme Üzerine Etkiler	Kronik Etkiler (Oral)	EFS <sub>h</sub>
R45	R46	R47, R60 ya da R61	-	2
R40	R40	R62, R63 ya da R64	-	1,8
-	Test yok	Test yok	R48 ve R23-R28 kombinasyonları	1,4
-	-	Test yok	R48 ve R20-R22 kombinasyonları	1,2
-	-	-	R33	1
-	-	-	-	0

### 7.2.2. Toplam Tehlike Skoru Yöntemi

İngiltere ve AB Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından yapılan çalışmada, Su Çerçeve Direktifi kapsamında öncelikli madde listesinin gözden geçirilmesinde kullanılmak üzere modelleme bazlı bir önceliklendirme yaklaşımı önerilmiştir [2, 5]. Bu çalışmada benimsenen yaklaşım, model çalışması bazlı risk skoru hesaplanmasını esas almaktadır. Risk skorlaması, diğer yöntemlerde olduğu gibi tehlikelilik ve maruziyet değerlendirmesine dayanmaktadır. Tehlikelilik değerlendirmesinde kimyasalın PBT (Kalıcılık, biyobirikim, toksisite) özellikleri dikkate alınmaktadır. Maruziyet değerlendirmesi ise kimyasalın toplam üretim miktarı ve kullanım şekline göre gerçekleştirilmektedir. Tehlike ve maruziyet skorlamalarına ilişkin formüller aşağıda verilmektedir [2]:

$$\text{Tehlike skoru} = P + B + T + ED \quad (7.9)$$

Burada; P: Kalıcılık, B: Biyobirikim, T: Toksikite, ED: Endokrin bozucu özellik'tir.

Tehlike skoru; kalıcılık (P), toksisitesi (T), birikim potansiyeli (B) ve endokrin bozucu (ED) olup olmadığı dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Modelde her bir değerlendirme kriteri için sınır değer aşılmışsa skor 1, aşılmamışsa 0 olarak alınmaktadır. Bir madde ayrıca eğer çok dirençli ve



çok biyoakümülatif (vPvB) olarak sınıflandırılıyorsa modelin toplam skoruna +1 eklenir. Böylece toplam skor, maksimum 5, minimum 0 olacaktır [2].

Değerlendirmede kullanılan sınır değerler Tablo 7.10'da verilmektedir.

**Tablo 7.10** Tehlike Skoru Sınır Değerleri [2]

Kriter	Sınıflandırma ve Sınır Değerler
Kalıcılık (P)	<p>Tatlı sudaki yarı ömür &gt; 40 gün ya da tuzlu sudaki yarı ömür &gt; 60 gün ya da</p> <p>Tatlı su sediman tabakasında yarı ömür &gt; 120 gün ya da tuzlu su sediman tabakasında yarı ömür &gt;180 gün</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_{ov}</math> (Toplam bulunma süresi) &gt; 195 gün ve CTD (Karakteristik taşınma mesafesi) &gt; 5097 km ya da TE (Taşınma verimi) &gt; %2,25 ise vP</li> </ul>
Biyobirikim (B)	<p>BCF &gt; 2000</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BCF &gt; 5000 ise vB</li> </ul>
Toksisite (T)	<p>NOEC &lt; 0,01 mg/L (tatlı ve tuzlu su canlıları için)</p> <p>Kanserojen (kategori 1A yada 1B), mutajen (kategori 1A yada 1B) ya da üreme üzerinde toksik etkiler (kategori 1, 2 ya da 3)</p> <p>Kronik toksisiteye ilişkin diğer bulgular</p>
Endokrin bozucu özellik (ED)	Var/Yok

$P_{ov}$  bir kimyasalın çevresel ortamlarda toplam bulunma süresini ifade eder. CTD bir kimyasalın deşarj edildiği noktasal kaynak ile deşarjdan sonra çevresel konsantrasyonun ilk konsantrasyonun % 37'sine düştüğü nokta arasındaki mesafedir ve km cinsinden ifade edilir. TE ise bir kimyasal

emisyonun salımın gerçekleştiği bölgelerden uzak mesafelere taşınımı sonrası çevresel yüzeylere çökelen miktarının yüzde cinsinden ifadesidir [2]. Maruziyet skoru Tablo 7.11'deki gibi belirlenir:

**Tablo 7.11** Maruziyet Skorunun Belirlenmesi [2]

Maruziyet Skoru	Yıllık Kullanım
0	0-1
1	1-10
2	10-100
3	100-1000
4	> 1000

Yıllık kullanım, kimyasalın yıllık toplam üretim miktarının (ton/yıl) kullanım indeksi ile çarpılması ile elde edilir [2]. Kullanım indeksi değerleri Tablo 7.12'de yer almaktadır:

**Tablo 7.12** Kullanım İndeksi Değerleri [2]

Kullanım şekli	İndeks
Kontrollü sistem (kapalı ortam)	0,1
Endüstriyel kullanım ya da çevresel matrise karışım ile sonuçlanan kullanım	0,2
Yaygın dispersiv kullanım	0,5
Çevrede doğrudan kullanım	1,0

Nihai risk skoru ise tehlike ve maruziyet skorlarının ortak değerlendirilmesi ile Tablo 7.13'te gösterilen şekilde belirlenir.

**Tablo 7.13** Nihai Risk Skorunun Belirlenmesi [2]

		Maruziyet Skoru				
		4	3	2	1	0
Tehlike Skoru	4	1	1	2	3	5
	3	1	2	2	3	5
	2	2	2	3	4	5
	1	3	3	4	4	5
	0	5	5	5	5	5

Yukarıda yer alan tabloya göre "1" skoru en yüksek risk durumunu, "5" skoru ise en düşük risk durumunu ifade etmektedir. Bu değerlendirmede "1" skorunu alan kimyasallar PNEC ve PEC (Tahmin edilen çevresel konsantrasyon) değerleri kullanılarak tekrar değerlendirilerek bir sıralamaya tabi tutulur [2]. PEC değeri aşağıda verilen formülle hesaplanır:

$$PEC = (\text{toplam üretim miktarı} \times \text{kullanım indeksi} \times \text{suda dağılım})(25 \times 10^9) \quad (7.10)$$

Formülde yer alan suda dağılım değeri, ECETOC TRA kullanılarak belirlenmektedir [2, 6]. "25\*10<sup>9</sup>" değeri ise REACH Uygulama Rehberi'nde önerilen suda seyrelme faktörünü ifade etmektedir ve m<sup>3</sup>/yıl cinsinden hesaplanmıştır [2, 7].

Sonuç olarak; Ülkemizde tehlikeli maddeler açısından risk değerlendirmesi, insan sağlığı ve sucul ekosistemi korumak maksadıyla toksisite ve maruziyet çalışmaları gibi çalışmalardan yararlanılarak ve AB Su Çerçeve Direktifi'nde uygulanmış olan COMMPS ve TTD metotları kullanılarak kirleticilerin tespit edilmesini içermektedir. Belirlenen kirleticiler için 8.Bölüm'de detaylı olarak bahsedilecek olan çevresel kalite standartları ortaya konularak söz konusu kirleticiler su kaynaklarımızda izlenmekte ve sınır değerleri aşanlar için tedbirler hayata geçirilmektedir.

### **7.3. Su Kaynaklarına Yapılacak Ani Bir Saldırıda ve Kaza Olması Durumunda Alınması Gereken Tedbirler**

Kimyasal Silahlar, fizyolojik etkileri nedeniyle canlıları kitlesel olarak çok kısa bir sürede öldürme veya yaralama kapasitesine sahip toksisitesi/zehir etkisi yüksek, çevresel etkenlere dayanıklı, taşınması ve saklanması kolay kimyasal zehirlerdir. Hedef ülkede/toplumda asker ve sivilleri saf dışı bırakmak, hareket kabiliyetlerini azaltmak, bitkisel ve hayvansal besinleri zehirleyerek kullanılmaz hale getirmek maksadıyla kullanılmakta ve tehdit unsuru haline gelmektedirler [8].

Herhangi bir kimyasalın kimyasal harp malzemesi olarak kullanılabilmesi için;

- Madde sadece "çok toksik" değil, "temini kolay çok toksik" madde olmalıdır.
- Madde, bozulma olmaksızın ve ambalaj malzemesini korozyona uğratmaksızın kaplar içinde uzun süre saklanabilir olmalıdır.

- Atmosferik suya ve oksijene karşı nispeten dirençli olması gerekir, böylece püskürtüldüğünde/dağıtıldığında etkisini kaybetmez [8].

Kimyasal silahların en tehlikeli ve endişe verici özelliği, imalatı ve dağıtımının nispeten kolay ve ucuz olmasıdır. Örneğin, yapılan bir çalışmada, 1 Km<sup>2</sup>' deki insanlar üzerinde aynı etkiyi elde etmek için kullanılan kimyasal harp malzemelerinin maliyeti 600 ABD\$ iken konvansiyonel silah maliyetinin 2000 ABD\$ olacağı öngörülmüştür [8].

İnsan ve ekosistem sağlığı açısından çok önemli olan su temini, su dağıtımı ve arıtma tesisleri gibi su altyapıları; savaş, ülke içi şiddet ve terörizm yüzünden kasıtlı olarak bozulmaya maruz halde olan yapılardır. Kimyasal harp maddeleri ile içme suyu kaynaklarına yapılabilecek saldırılar ciddi bir tehdit unsurudur. 20. yüzyılda kimyasal harp malzemesi olarak kullanılan veya üretilen 70 civarında kimyasal madde bulunmaktadır [8].

Su sistemlerine saldırıların tarihi 4500 yıl öncesine dayanmaktadır. Biyolojik savaşın ilk örneklerinden biri MÖ 600'de Eski Yunanda, (Atina) Solon Cırha şehri kuşatması sırasında yerel içme suyu kaynağına hellebore kökleri zehri katılmasıdır. 1992'de İstanbul'da Türk Hava Kuvvetleri su tanklarında öldürücü konsantrasyonlarda potasyumsiyaniür bulunmuş ve bunu PKK üstlenmiştir [8].

Su sistemlerinin güvenlik açığı altyapı saldırıları ve kimyasal/biyolojik saldırılar olarak iki şekilde olabilir. Altyapı saldırıları; baraj ve boru hatlarına yapılan saldırılardır ve patlayıcı ile hasar verirler. Günümüz modern su altyapıları; vana, pompa, kimyasal proses ekipmanları vs. bilgisayar dayalı kontrolü olduğu, SCADA gibi sistemleri sensörler ve kontrol ekipmanları vasıtası ile veri topladığı için, saldırılara ve kötüye kullanımlara elverişlidirler. Kimyasal/biyolojik saldırılar; şehirlere içme suyu sağlayan kaynaklara ve içme suyu arıtma tesislerine yapılan kimyasal ve biyolojik terörist saldırılardır ve en iyi senaryoya göre kirletici tespit edilir ve kirletici nötralize edilene kadar su arıtma tesisi kapatılır. Bu durum, şehir sakinleri için içme suyu hizmetinin kesilmesine ya da "sularınızı kaynatın" uyarılarının yapılmasına sebep olabilir. En kötü senaryoya göre ise kirletici tespit edilememiştir ve insanlar hasta olmaya başlar, panik gelişir, hem sağlık açısından hem de ekonomik olarak zararlar yaşanır [8].

Suyun bir terör aracı olarak etkili olabilmesi için, bir kimyasal veya biyolojik silah olması gerekir ve bu silah:

- Yeterli miktarda ve istenilen etkiye sahip olacak şekilde üretilmiş olmalıdır.
- Suda yayılmaya uygun, istikrarlı ve taşınabilir olmalıdır.

- Enfeksiyon yapıcı, öldürücü veya toksik olmalı, hedef nüfusun bağışıklığının olmadığı, hastalık veya ölüme neden olma konusunda etkili olmalıdır.

Genellikle, içme suyu kaynaklarının terörist saldırılarla kirlenmesi ihtimali düşüktür. Tehdit oluşturması için kullanılacak olan kirleticiler miktarlarının çok fazla olması gerekir. Ayrıca, bazı kirleticiler arıtma tesislerinde arıtılabilecektir. Biyolojik ajanlar, aerosol halinde özellikle çok tehlikeli olduğundan kitle imha silahı olarak genellikle biyolojik ajanlar kullanılır.

Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) yaptığı bir araştırma sonucu, su ile ilgili tehditleri ve ilgili kirleticiler sınıflarının açıklamalarının olduğu kısım aşağıda Tablo 7.14'te verilmiştir. Tabloda belirtildiği gibi bu maddelerin bir kısmı yalnızca askeri stoklarda bulunma olasılığı yüksek olmakla birlikte, diğerleri daha sıradan endüstriyel tesislerde veya ev ortamında terörist gruplar tarafından üretilebilir. Tablo 7.14'te verilen bazı biyolojik ve kimyasal kirleticiler maddelerin askeri kullanım için üretilmiş olmasına rağmen, askeri sınıf kimyasal silahları üretmek, işletmek ve yaymaktan çok daha zordur. Yaygın olarak üretilen, dağıtılan ve dünya çapında kullanılan ticari kimyasalların, teröristlerin su kaynaklarına olası saldırıları için daha fazla kullanılması muhtemeldir.

**Tablo 7.14** Su ile ilgili tehdit olacak kimyasal ve biyolojik kirleticiler (EPA)

Sınıf	Örnekler (ayrıntılı değil)	Kaynakları	Erişimi sınırlı mı?
Mikrobiyolojik Kirleticiler			
Bakteriler	Bacillus anthracis, Brucella spp., Burkholderia spp., Campylobacter spp., Clostridium perfringens, E. coli O157:H7, Francisella tularensis, Salmonella typhi, Shigella spp., Vibrio cholerae	Doğal olarak oluşanlar, mikrobiyolojik laboratuvarlar, devlet destekli programlar	Evet
Virüsler	Caliciviruses, Enteroviruses, Hepatitis A/E, Variola	Doğal olarak oluşanlar, mikrobiyolojik laboratuvarlar <sup>1</sup> , devlet destekli programlar	Evet
Parazitler	Cryptosporidium parvum, Entamoeba histolytica, Toxoplasma gondii	Doğal olarak oluşanlar, mikrobiyolojik laboratuvarlar <sup>1</sup>	Hayır

Sınıf	Örnekler (ayrıntılı değil)	Kaynakları	Erişimi sınırlı mı?
İnorganik Kimyasallar			
Aşındırıcılar ve yakıcılar	Hidroklorik asit, sülfürik asit, sodyumhidroksit	Perakende sektörü	Hayır
Siyanür tuzları veya siyanogenetikler	Sodyum siyanür, potasyum siyanür, amigdalin, siyanojen klorür, ferisiyanür tuzları	Tedarikçi sanayi (özellikle galvanik)	Evet
Metaller	Cıva, kurşun, ozmiyum, bunların tuzları, organik bileşikler ve kompleksler (hatta demir, kobalt, bakır yüksek dozlarda toksik olanlardır).	Sanayi, ticaret, laboratuvar	Evet <sup>2</sup>
Metal olmayan oksianyonlar, organo olmayan metaller	Arsenat, arsenit, selenit tuzları, organoarsenic, organoselenyum bileşikleri	Bazı perakende, sanayi, ticaret, laboratuvar	Evet <sup>3</sup>
Organik Kimyasallar			
Florlu organikler	Sodyum trifloroasetat (sıçan zehiri), flor alkoller, florlu yüzey aktif maddeler	Tedarikçi, sanayi, laboratuvar	Evet
Hidrokarbonlar ve oksijenli ve/veya halojenlenmiş türevleri	Boya incelticiler, benzin, gazyağı, ketonlar, alkoller, eterler (örneğin, metil tert-butil eter veya MTBE), halohidrokarbonlar (Örneğin, diklorometan, tetrakloroetan)	Perakende, sanayi, laboratuvar, tedarikçi	Hayır
İnsektisitler (böcek öldürücüler)	Organo fosfat (Örneğin; Malathion), klorlu organik (Örneğin; DDT), karbamatlar (örneğin, Aldicarb), bazı alkaloitler (Örneğin, nikotin)	Perakende, sanayi, tedarikçi (bileşiğine göre değişir)	Evet

Sınıf	Örnekler (ayrıntılı değil)	Kaynakları	Erişimi sınırlı mı?
Pis kokulu, zararlı, kötü tadı olan ve/veya göz yaşartıcı kimyasal <sup>4</sup>	Tiyoller (örneğin, merkaptoasetik asit, merkaptoetanol), aminler (Örneğin kadaverin, putresin), inorganik esterler (Örneğin trimetilfosfit, dimetilsülfat, akrolein)	Laboratuvar, tedarikçi, polis kaynağı, askeri depo	Evet
Su ile karışabilen organikler	Aseton, metanol, etilen glikol (antifriz), fenoller, deterjanlar	Perakende, sanayi, ticaret, laboratuvar	Hayır
İnsektisitler dışındaki pestisitler	Herbisitler (Örneğin klorofenoksi ya atrazine türevleri), rodentisit (Örneğin süper warfarin, çinko fosfit, a-naftil tiyoüre)	Perakende, sanayi, tarım, laboratuvar	Evet
İlaçlar	Kardiyak glikositler, bazı alkaloidler, antineoplastik kemoterapi, antikoagülan (örneğin varfarin). Yasadışı ilaçlar LSD (Lysergic acid diethylamid), PCP (Fensiklidin) ve eroin gibi	Laboratuvar, tedarikçi, eczane, doğal bir kaynaktan gelen	Evet
Kimyasal savaş ajanları			
Kimyasal silahlar	Organofosforlu sinir gazları (Örneğin, Sarin, tabun VX), vezikanlar, [Azot ve kükürt mustartlar (klorlu alkil Aminler ve tiyoeterler, sırasıyla)], levisit	Tedarikçi, askeri depolar, bazı laboratuvarlar	Evet
Biyotoksinler			

Sınıf	Örnekler (ayrıntılı değil)	Kaynakları	Erişimi sınırlı mı?
Biyolojik olarak üretilen toksinler	Bakteri, bitkiler, mantar, protistler tarafından üretilen biotoksinler, bazı deniz veya kara hayvanları tarafından üretilen savunma zehirleri. Örneğin, risin, saksitoksin, botulinum toksini, T-2 mikotoksinler, mikrokistinler.	Laboratuvarlar, tedarikçi, eczane, doğal kaynak <sup>5</sup> , devlet destekli askeri programlar	Evet
Radyolojik kirleticiler			
Radyonüklidler	Nükleer silahlar bu kapsamda değildirler. Radyonüklidler tıbbi cihazlarda ve endüstriyel ışınlama sistemlerinde (sezyum-137 iridyum-192, kobalt-60, stronsiyum-90) kullanılabilirler. Bu sınıf hem metal hem de tuz olabilir.	Laboratuvar, devlet kaynakları, atık üniteleri	Evet <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tipik bir klinik laboratuvarında, bakteri, virüs veya parazit miktarı, su sistemini geniş çaplı kirletmek için genellikle yeterli değildir, ancak çekirdek kültürler yeterlidir. Virüslerin, belki de devlet destekli özel ekipman ve üniteler kullanılarak aşı saflığında üretilmesi gerekmektedir.

<sup>2</sup> Daha toksik bileşiklerin, özellikle, oldukça pahalı olan ağır metallerin ticari olarak temini sınırlıdır. Demir ve bakırın temini çoğunlukla kolaydır, ancak genellikle çözünür (biyolojik olarak kullanılabilir) halde değildir.

<sup>3</sup> Ticari sektördeki arsenikli ve selenyum bileşiklerinin temin edilebilirliği çevre mevzuatları gereğin azalmıştır, ancak, bu tip bileşikler nadiren de olsa eski ürünlerin bazı kısımlarında bulunabilir. Bu malzemelerin temini için ise endişeye sebep olmamalıdır.

<sup>4</sup> Bu grup, kargaşa kontrol maddeleri ve diğer mukoz zarı tahriş edicileri kapsamaktadır.

<sup>5</sup> Bu kaynakların, laboratuvarlardan, tedarikçiden ve eczanelerden, gereken miktarda temini, su sistemini geniş çaplı kirletmek için genellikle yeterli değildir. Doğal olarak oluşan biotoksinlerin



su için tehdit oluşturması için özel olarak saflaştırılması ya da hazırlanması gerekmekte ancak bu çoğu zaman çok mümkün değildir.

Mayıs 1999'da Virginia Reston'da düzenlenen Su Kaynaklarında Tehlikeli Olayları Tespit Etmek Üzere Erken Uyarı Takibi adlı konferansta biyo-silahların terörist kullanımının bazı durumlarda içme suyu için önemli bir tehdit oluşturduğu sonucuna varıldı. Çoğu biyolojik savaş ajanları havada yayılarak bir tehdit unsuru haline gelirken bazıları ise sindirildiğinde etkili olabilir ve bunlardan bazıları suda kararlı ve çözünabilir maddelerdir. Patojenler ve toksinler iki ana biyolojik tehdit türü olarak gösterilirler. Patojenler, bakteri, virüs ve protozoa gibi canlı organizmalardır (Tablo 7.15). Toksinler, biyolojik süreçlerden elde edilen kimyasallardır (Tablo 7.16) [9]. Her iki tablo, aynı zamanda, bu toksinleri veya patojenleri nötralize etmek için genellikle belediye su sistemlerinde kullanılan klorun kabiliyetini de açıklar. Ayrıca, içme suyu güvenliği açısından önemli bileşiklerin özellikleri de Tablo 7.17'de verilmiştir.

**Tablo 7.15** Biyolojik Patojenler (ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA)) [9]

Patojen	Tip	Silah haline getirilmesi	Su içinde kararlılığı	Klor toleransı
<b>Şarbon (Anthrax)</b>	B	Evet	2 yıl sporlar	Dayanıklı sporlar
<b>Bruselloz (Brucellosis)</b>	B	Evet	20-72 gün	Bilinmiyor
<b>C. perfringens</b>	B	Olası	Kanalizasyonda yaygın	Dayanıklı
<b>Tularemi (Tularemia)</b>	B	Evet	<90 gün	Etkisizleştirilmiş, 1 ppm, 5 dakika
<b>Şigella (Shigellosis)</b>	B	Bilinmiyor	2-3 gün	Etkisizleştirilmiş, 0.05 ppm, 10 dakika
<b>Kolera (Cholera)</b>	B	Bilinmiyor	Evet	Kolayca öldürür
<b>Veba (Plague)</b>	B	Olası	16 gün	Bilinmiyor
<b>Q Humması (Q Fever)</b>	R	Evet	Bilinmiyor	Bilinmiyor

<b>Hepatit A (Hepatitis A)</b>	V	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Etkisizleştirilmiş, 0,4 ppm, 30 dakika
------------------------------------	---	------------	------------	--

*B – bakteri; R – riketsiya; V – virüs.*

**Tablo 7.16.** Biyolojik Toksinler (ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA)) [9]

<b>Toksin</b>	<b>Silah haline getirilmesi</b>	<b>Su içinde kararlılığı</b>	<b>Klor toleransı</b>
<b>Botulinum toksini</b>	Evet	Kararlı	Etkisizleştirilmiş, 6 ppm, 20 dakika
<b>T-2 mikotoksin</b>	Olası	Kararlı	Dayanıklı
<b>Aflatoksin</b>	Evet	Muhtemelen kararlı	Dayanıklı
<b>Risin</b>	Evet	Bilinmiyor	10ppm’de dayanıklı
<b>Staf enterotoksinler</b>	Olası	Muhtemelen kararlı	Bilinmiyor
<b>Mikrokistin</b>	Olası	Muhtemelen kararlı	100 ppm’de çok kararlı
<b>Anatoksin A</b>	Bilinmiyor	Günlerce etkisiz	Bilinmiyor
<b>Tetrodotoksin</b>	Olası	Bilinmiyor	Etkisizleştirilmiş, 50 ppm
<b>Saksitoksin</b>	Olası	Kararlı	10 ppm’de kararlı

**Tablo 7.17** İçme suyu güvenliği açısından önemli bileşikler [11]

<b>Sınıf</b>	<b>Özelliği</b>
<b>Ağır metaller</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toksik</li> <li>• Temini kolay</li> <li>• Tuzlarının suda çözünürlüğü yüksek</li> </ul>

Sınıf	Özelliği
<b>Herbisitler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daha az zararlı</li> <li>• Fazla miktarda temini kolay</li> </ul>
<b>İnsektisitler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herbistten daha zararlı</li> <li>• Bazılarının kimyasal yapısı kimyasal harp malzemelerinin (sinir ajanları) yapısı ile oldukça benzerdir.</li> <li>• Fazla miktarda temini kolay</li> <li>• Çoğunluğu suda oldukça çözünür</li> </ul>
<b>Nematositler (solucan öldürücü) ve Rodentisitler (kemirgen öldürücü)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çözünürlükleri yüksektir.</li> <li>• Bazı nematosit bileşikler yapısal ve etki açısından kimyasal harp ajanlarına benzerlik gösterir.</li> <li>• Rodentisitler insanlar başta olmak üzere memeli hayvanlar için ölümcüldür.</li> <li>• Fazla miktarda temini kolay</li> </ul>
<b>Endüstriyel Kimyasallar ve Muhtelif Ajanlar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saldırı amaçlı kullanılabilen birçok kimyasal mevcut, en önemlisi <u>siyanürdür.</u></li> </ul>
<b>Radyonüklitler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terör silahı olarak kullanılma olasılığı yüksektir.</li> <li>• Yüksek saflıkta, radyoaktivitesi yüksek (ör. Plütonyum veya uranyum 238) bileşiklerin temini zordur ve saldırıda kullanılma olasılığı düşüktür.</li> <li>• Daha çok düşük seviyeli radyoaktif bileşik veya atıkların kullanılması ihtimali yüksektir.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VX, Soman, Sarin gibi kimyasal savaş ajanlarının ve eski tip kimyasal savaş silahlarının (hardal gazı ve levisit vb.), temini</li> </ul>

Sınıf	Özelliği
<b>Kimyasal Harp Malzemeleri</b>	<p>güç olduğundan, su sistemlerine karşı yapılacak bir saldırıda kullanılma ihtimali düşüktür.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Saldırı olması durumunda ise bu silahların aerosol formları kullanılması yüksek ihtimaldir.</li></ul>

### 7.3.1. Su ile ilgili terörizm tehdidine karşı alınabilecek önlemler

- Su ile ilgili tesislerin (arıtma tesisleri, rezervuarlar, barajlar, pompalama tesisleri vb.) tespiti ve envanterinin çıkarılması gereklidir. Bunlardan saldırı operasyonlarına karşı en kritik ve savunmasız olanlara fiziksel erişim kontrol edilmelidir.
- Net bir güvenlik riski olduğunda su dağıtım haritaları ve tesis planlarına erişilebilirlik kontrol edilmelidir.
- Aydınlatma, gözetleme kameraları ve hareket detektörleri uygun yerlere monte edilmelidir.
- Su arıtma kimyasalları güvenli tesislerde tutulmalı ve düzenli olarak envanteri yapılmalıdır.
- Su sistemlerine biyolojik ya da kimyasal bir saldırıda yaşanacak hastalık ve ölüm hallerinde, hastalığın doğasını ve kontaminasyonun kaynağını tespit etmek çok fazla zaman alabileceğinden yeni güvenlik önlemleri (su kaynakları ve boru hatlarının daha geniş izlenmesi, santrallerde daha fazla güvenlik önlemi alınması gibi) alınmalıdır. Ancak, bu da pahalı olabilir ve tüketiciler için yüksek maliyetler anlamına gelir [8].

### 7.3.2. Erken uyarı sistemleri

Kaynak suyu ve su dağıtım sistemlerinde patojenleri tespit etmek için yeni, gerçek zamanlı teknolojiler geliştirilmektedir. Bunlar; DNA mikroçip dizileri, immünolojik teknikler, mikrorobotlar ve bir dizi optik araçlar, moleküler probalar ve diğer tekniklerdir. Bu tür sistemler belediyelerde su kalitesi izleme için uygundur ancak teknolojisi yavaş ilerlemektedir. Bu teknolojilerin çoğu büyük içme suyu sistemlerinde denenmemiş olup, ticari olarak çok fazla yaygın değildir [12].

Sularda tehdit tespitinde doğru kararların verilebilmesi için izleme sonuçları ve diğer bilgi kaynaklarının doğru bir şekilde entegrasyonu gerekmektedir. Kirlilik uyarı sistemlerinin (CWS) kurulması esnasında karar vericilere yeterli bilginin sağlanması amacıyla aşağıdaki bilgi kaynakları temin edilmelidir;

- Su kalitesi izleme verisi,
- Müşteri şikâyet verisi,
- Halk sağlığı hastalık ve/veya sendromik gözlem verisi,
- Fiziksel olaylar,
- Diğer tehdit bilgileri [12].

İdeal kirlilik tespit sistemi aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

- Hızlı cevap süresi,
- Yüksek oranda otomatik,
- Analiz veya yasal amaçlı numuneleri alabilme/saklayabilme kapasitesine sahip,
- Örneklem sıklığı yüksek,
- Halk sağlığı tehdidi açısından hassasiyeti yüksek,
- Kirleticiler için geniş spektruma sahip,
- Yüksek yeniden üretilebilirlik,
- Pozitif ve negatif hata oranı düşük,
- Dayanıklı, kullanımı kolay,
- Ucuz,
- Düşük işletme/bakım maliyeti,
- Düşük güç tüketimi,
- İlgililere vaktinde haber verme yeteneğine sahip.

Su kalitesi izlemeleri için potansiyel kirletici ajanlar;

- Kimyasal,

- Biyolojik
- Radyolojik

olarak sınıflandırılabilir [12].

İzleme ham suda, arıtma tesisinde veya şebekede yapılabilir. Şebekede izlenmesi gereken yerler özellikle su depoları ve hidrofor istasyonlarıdır. Uygun izleme noktalarının belirlenmesi için istasyonun ulaşılabilirliği (bakım ve onarım için) çok önemli bir husustur.

Sonuç olarak; erken uyarı sistemlerinin kurulumu aşamasında aşağıdaki soruların yanıtlarına uygun olarak planlama yapılmalıdır.

- ✓ Uygun izleme teknolojisi,
- ✓ Hangi kirleticilerin izleneceği,
- ✓ Sensörlerin nerede konumlandırılacağı,
- ✓ Sensör ağının bakımının nasıl yapılacağı,
- ✓ İzleme verilerinin nasıl analiz edileceği,
- ✓ Elde edilen izleme verilerinin (veya diğer verilerin) karar vericiler için eylem verilerine nasıl dönüştürüleceği

Erken uyarı sistemleri çoğunlukla su kalitesinin çabuk değişebildiği nehir sistemleri üzerine kurulmaktadır. Baraj göllerine kurulma sıklığı daha az ve nadiren de yer altı sularına kurulmaktadır. Erken uyarı sistemlerinde, gerek maliyet gerekse bakım onarım gereksinimleri açısından, özel parametreler yerine fiziko-kimyasal parametrelerin izlenmesi daha uygundur.

### **7.3.3. Harp maddelerinin kimyasal parametrelerle etkileşimine ilişkin örnek çalışma**

Kirletici kaynağı olarak; pestisit, herbisit, alkaloid, bakteri, biyolojik gelişim ortamı, inorganik kimyasallar kullanılarak bir takım çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyonlar sonucunda bazı parametrelerin kirleticiye çok tepki vererek aniden düştüğü/yükseldiği, bazılarının orta miktarda değiştiği, bazılarının ise hiç tepki vermediği tespit edilmiştir [12].

Deneyler sonucunda çoğu kirletici için serbest klor ve TOK parametrelerinin en hassas parametreler olduğu gözlenmiştir. Tablo 7.18’de Kirletici deneylerde su kalitesi parametresi değişimlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

**Tablo 18.** Kirletici deneylerde su kalitesi parametresi değişimlerinin karşılaştırılması [12]

Kirletici	Cl <sub>f</sub>	Cl <sub>t</sub>	Klorür	pH	ORP	TOK	Elektrik İletkenlik	Bulanıklık	Çözünmüş Oksijen	Amonyak Azotu	Nitrat Azotu
Aldicarb	L	L	/	/	/	/	/	/	S	M	/
	-	-	NC	NC	-	+	NC	+	NC	NC	NC
	-	/	/	NC	/	+	NC	+	/	/	/
	L	/	/	L	/	M	S	M	/	/	/
	L	L	S+	NC	S-	/	/	/	/	/	/

Burada;

Cl<sub>f</sub> : Serbest Klor

Cl<sub>t</sub> : Toplam Klor

L : yüksek değişim

/ : ölçülmeyen parametre

M : orta dereceli değişim

- : azalan trend

S : az değişim veya değişiklik yok

+

: artan trend

NC : sapma yok (baselindan)

ORP : Oksidasyon indirgeme potansiyeli

TOK : Toplam organik karbon

EC : Elektrik iletkenliği

Serbest klor en hassas ve içme suyu şebekelerinde izlenen en yaygın madde olduğundan klor ve kirletici arasındaki bağın modellenmesi anlamlı olacaktır. Kirletici ve su kalite parametresi arasında yapılacak korelasyona bağlı olarak, kalite parametrelerindeki değişim olası kirlilik göstergesi olarak kullanılabilir.

Su kalitesi vaka tespiti için bir çok metodoloji geliştirilmiştir. Ancak, amaç kirliliğin daha hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesi olduğundan konu ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Aşağıda listelenen alanlarda daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır:

- ✓ Daha fazla kirlenici çalışması,
- ✓ Kirlenici tanımlanması,
- ✓ Normal su modelinin (arkaplanın) bilinmesi,
- ✓ Gerçek olaylarla test çalışması (simüle olay değil),
- ✓ UV-Vis Spectrum ile tayin [12].

Sonuç olarak; su ile ilgili şiddet olayları ve su kaynakları ve alt yapılarına yönelik çevresel terörizm olayları hakkında uzun bir geçmişe dayanan çelişkiler bulunmaktadır. Gelecekteki saldırılar için tehditler olduğu bir gerçektir ancak bu saldırılara karşı hâlihazırda yapılan planlar yetersiz görülmektedir. Gelişmiş su sistemlerinin karışık yapıları ile biyolojik ve kimyasal kontaminasyonu belirlemek ve elimine etmek için alınan önlemler göz önüne alındığında insan sağlığına olan etkileri bir hayli göz ardı edilmiştir.

Risk değerlendirmelerinin yüksek hassasiyeti işaret ettiği, özellikle kirleniciye maruz kalan kritik altyapıların bulunduğu veya etkili bir yanıt verilmesi için hızlı izlemenin zaman kazandırabileceği yerlerde önlemlerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, hassas su sistemlerinin fiziksel bariyerler, gerçek zamanlı kimyasal ve biyolojik izleme ve arıtma ile iyi tasarlanmış bütünleşmiş yanıt stratejilerinin geliştirilmesi yoluyla korunması oldukça önemlidir.

Su sistemlerine yapılan terörist ataklara karşı en iyi savunma yöntemleri, su yönetim sistemlerine güven duyulması, hızlı ve etkin su kalitesi izlemesi ve güçlü-etkili bilgi yayılması olarak sayılabilir.

Savaş içinde olan ülkelere komşu olmamız ve terör saldırılarına maruz kalan bir ülke olmamız nedeni ile biyolojik ve kimyasal harp malzemeleri kullanılarak yapılabilecek ve kitlesel ölümlere neden olabilecek saldırılara karşı hazırlıklı olunması zorunludur. Bu sebeple içme suyu kaynakları başta olmak üzere su kaynaklarına yönelik herhangi bir terörist saldırı olması durumunda bu saldırının erken tespit edilmesi ve zamanında müdahale edilmesi büyük önem arz etmektedir.



## KAYNAKÇA

1. Davis, G. A., Swanson, M., Jones, S. (1994). *Comparative Evaluation of Chemical Ranking and Scoring Methodologies*. Tennessee, USA: University of Tennessee.
2. Şiltu, E., 2015. Su Ortamında Bulunabilecek Tehlikeli Maddelerin Önceliklendirilmesi Açısından Türkiye'de Uygulanabilecek Metodolojinin Belirlenmesi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi.
3. *Developing the Risk-Screening Environmental Indicators* (2013). USA: EPA.
4. Mackay, D. (2001). *Multimedia environmental models: the fugacity approach*. Lewis Publishers.
5. Daginnus, K., Gottardo, S., Payra-Perez, A., Whitehouse, P., Wilkinson, H., Zaldivar, JM. (2011). A model-based prioritisation exercise for the European Water Framework Directive. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8, 435-455.
6. *ECETOC Targeted Risk Assessment Tool*. (2018, 30 Temmuz) <http://www.ecetoc.org/tools/targeted-risk-assessment-tra/>
7. *ECHA. (2010). Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.16: Environmental Exposure Estimation: Version 2*. (2010). Helsinki: FINLAND.
8. Gleick, P. (2006). *Water and terrorism*. *Water Policy*, 8(6), 481. doi: 10.2166/wp.2006.035)
9. Valcik, J. E. (1998). *Biological Warfare Agents as Potable Water Threats. Medical Issues. Information Paper No. IP-31-017.PROTECTING THE NATION'S WATER SUPPLIES FROM TERRORIST ATTACK - originally EPA document*. (2018). Retrieved from <http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/epa/secqanda.htm>
10. Zichichi, A., & Ragaini, R. (1993). *International Seminar on Nuclear War and Planetary Emergencies*. Singapore: World Scientific.
11. Morley, K., Janke, R., Murray, R., & Fox, K. (2007). *Drinking Water Contamination Warning Systems: Water Utilities Driving Water Security Research*. *Journal - American Water Works Association*, 99(6), 40-46. doi: 10.1002/j.1551-8833.2007.tb07954.x
12. Zhao, H., Hou, D., Huang, P., & Zhang, G. (2014). *Water Quality Event Detection in Drinking Water Network*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(11). doi: 10.1007/s11270-014-2183-7



## Bölüm 8

# Su Kaynaklarının Kalite Durumu Belirleme ve Çevresel Hedefler

**Ceren Aksu, Tolga Çetin, Hümeyra Bahçeci, Arife Özudoğru, Özgür Günhan, Yakup Karaaslan ve Ülkü Yetiş**

### 8.1 Kimyasal Durum Sınıflandırılması

İyi yerüstü su durumu; yerüstü su kaynağının ekolojik durumunun ve kimyasal durumunun birlikte değerlendirilmesi sonucunda iyi kalite sınıfında olması halini ifade eder. Yerüstü suları için kalite sınıflandırması, ekolojik ve kimyasal durumun ortak değerlendirmesiyle Şekil 1’de verilen değerlendirme şeması göz önüne alınarak yapılır. Sınıf tespitinde belirleyici olan ekolojik durumdur. Kimyasal kalite parametreleri izleme neticelerinin, çevresel kalite standartlarını aşması halinde tespit edilen kimyasal durum, su kalite sınıfını belirleyen ekolojik kalite durumunu sadece bir sınıf aşağıya indirir ve asgari orta seviyeye düşürür. Kimyasal durum, öncelikli maddelerin izlenmesi neticesinde belirlenir. Kimyasal durum değerlendirilmesinde, su kütleleri için belirlenen izleme noktalarındaki izleme neticeleri dikkate alınır.

### 8.2 Ekolojik Durum ve Potansiyel Sınıflandırması

Bilindiği üzere SÇD’nin temel hedefi tüm su kütlelerinde en az iyi ekolojik su durumunun sağlanabilmesidir. Bunun sağlanabilmesi için öncelikle tüm su kütlelerinin ekolojik durumunun değerlendirilmesi gereklidir. Su Kütlelerinin ekolojik durum veya potansiyellerinin belirlenmesi sistemi:

- Bentik makroomurgasız, makrofit, fitoplankton, fitobentoz ve balık faunası biyolojik kalite bileşenlerine göre yapılandırılmalı,
- Biyolojik kalite bileşenlerini destekleyici olarak suyun hidromorfolojik, fizikokimyasal ve kimyasal durumu da göz önünde bulundurulmalı,
- Su kütlelerinin tiplerinin belirlenmesinin ardından tanımlanacak tipe özgü referans şartlara dayalı olmalı,
- Kalite sınıfları izleme sisteminden elde edilen verilerin mevcut veya hipotetik bozulmamış durumu yansıtan referans şartlar ile karşılaştırılması ile belirlenmeli,

- Değerlendirme sonucu su kütleleri direktifte yer alan normatif tanımlara uygun olarak beş su kalitesi sınıfından biri (çok iyi, iyi, orta, zayıf ve kötü durum) olarak sınıflandırılmalı,
- Değerlendirme sırasında biyolojik kalite bileşenlerinin kompozisyonu, bolluğu, çeşitliliği ve hassas türlerin mevcudiyeti gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır.

Su kütlelerinde ekolojik durumun belirlenmesi ve bu su kütlelerinin en az iyi ekolojik duruma getirilmesi için oldukça kısıtlayıcı bir süre veren direktif, ekolojik sınıfların nasıl belirleneceği ile ilgili yalnızca genel bir kılavuzluk sağlamıştır. Bu nedenle SÇD'nin uygulanması sırasında en fazla zorlanılacak nokta ekolojik durumun nasıl tanımlanacağı ve belirleneceği olacaktır (1).

### 8.2.1 Direktifteki Normatif Tanımlar

Su kütlelerinin ekolojik durumlarına göre sınıflandırılabilmesi için öncelikle bu sınıfların tanımlarının bilinmesine ihtiyaç vardır. Direktifte ekolojik durum sınıflandırması ve sınıflarla ilgili olarak yer alan genel normatif tanımlar Tablo 8.1'de, nehirlerde biyolojik, hidromorfolojik ve fizikokimyasal kalite bileşenlerinin sınıflandırılması ve sınıfları ile ilgili normatif tanımlar ise Tablo 8.2-4 ve göllerde biyolojik, hidromorfolojik ve fizikokimyasal kalite bileşenlerinin sınıflandırılması ve sınıfları ile ilgili normatif tanımlar Tablo 8.5-7'de, geçiş sularında biyolojik, hidromorfolojik ve fizikokimyasal kalite bileşenlerinin sınıflandırılması ve sınıfları ile ilgili normatif tanımlar

Tablo 8.8-10'da ve kıyı sularında biyolojik, hidromorfolojik ve fizikokimyasal kalite bileşenlerinin sınıflandırılması ve sınıfları ile ilgili normatif tanımlar

Tablo 8.11-13'de verilmektedir (2).

**Tablo 8.1. SÇD’de Yer Alan Genel Normatif Tanımlar**

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
<b>Genel</b>	<p>Referans şartlarda o su kütlesi tipi ile ilişkilendirilen fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite bileşenleri değerlerinde insani faaliyetlerden kaynaklanan değişiklikler yoktur ya da önemsizdir.</p> <p>Yüzeysel su kütlelerinin biyolojik kalite bileşenleri değerleri referans şartlarda o su kütlesi tipi ile ilişkilendirilen değerlerdedir veya önemsiz değişimler göstermektedir.</p>	<p>Yüzeysel su kütlelerinin biyolojik kalite bileşenleri değerleri insani faaliyetlerin etkisi sonucunda düşük düzeyde bozulma gösterir ancak bu bozulma referans şartlarda o su kütlesi tipi ile ilişkilendirilen değerlerden düşük miktarda farklılık gösterir.</p>	<p>Yüzeysel su kütlelerinin biyolojik kalite bileşenleri değerleri, insani faaliyetlerin etkisi sonucunda orta düzeyde bozulma belirtileri gösterir ve bu bozulma referans şartlarda o su kütlesi tipi ile ilişkilendirilen değerlerden orta düzeyde farklılık gösterir.</p>

- Orta durumun altında sınıflandırılan sular zayıf yada kötü olarak sınıflandırılır.
- Yüzeysel su kütlelerinin biyolojik kalite bileşenleri ve ilgili biyolojik toplulukları referans şartlarda o su kütlesi tipi ile ilişkilendirilen biyolojik değerlerden büyük ölçüde sapıyorsa, bu sular **zayıf** olarak sınıflandırılır.
- Yüzeysel su kütlelerinin biyolojik kalite bileşenleri referans şartlarda o su kütlesi tipi ile ilişkilendirilen biyolojik değerlerden ağır şekilde sapıyorsa, referans durum biyolojik topluluklarının büyük bir kısmı eksikse, bu sular **kötü** olarak sınıflandırılır.

Tablo 8.2. Nehirler İçin Biyolojik Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
<b>Fitoplankton</b>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Fitoplankton taksonomik kompozisyonu tipe özgü referans şartlara karşılık gelmektedir. Mevcut tüm taksalar tipe özgü fitoplankton topluluklarını temsil etmektedir. Fitoplankton topluluklarının boyutları tipe özgü referans şartlardan farklı değildir.</p> <p><b>Bolluk:</b> Tüm mevcut taksalar referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinde bulunmaktadır.</p> <p><b>Biyokütle:</b> Fitoplankton topluluklarının biyokütlesi referans şartlardan beklenen aralıklardadır.</p> <p><b>Transparanlık:</b> Ortalama transparanlık referans şartlarda belirlenenden önemli oranda farklılık göstermez.</p> <p><b>Plankton patlamaları:</b> Plankton</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Fitoplankton taksonomik kompozisyonu tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklılık göstermektedir. Topluluk referans şartlardan farklı bir kısım taksayı barındırabilir ancak referans koşul taksaları dominanttır. Fitoplankton topluluklarının boyutları tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklıdır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların çoğu referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinde bulunmakta ancak bazıları beklenenden sapmalar gösterebilmektedir.</p> <p><b>Biyokütle:</b> Fitoplankton topluluklarının biyokütlesi referans şartlardan beklenenden yüksektir. Alglerin bolluğundaki bu artış suyun ve sedimanın ışık iklimini, fizikokimyasal</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Fitoplankton taksonomik kompozisyonu tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklılık göstermektedir. Fitoplankton topluluklarının boyutları tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklıdır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların çoğu referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinde bulunmamaktadır.</p> <p><b>Biyokütle:</b> Fitoplankton topluluklarının biyokütlesi referans şartlardan beklenenden orta seviyede yüksektir. Makrofitler ve bentik omurgasızlar gibi diğer kalite bileşenleri artan alg kütlisinden etkilenebilir.</p> <p><b>Plankton patlamaları:</b> Düzenli aralıklarla kalıcı patlamalar yaşanabilir. Referans şartlarında plankton</p>

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
	<p>patlamaları sıklığı ve yoğunluğu referans şartlarda belirtildiği aralıklardadır.</p> <p><b>Not:</b> Taksonomik kompozisyon ve bolluk tüm baskılarla, biyokütle, transparanlık ve planktonik patlamalar ötrofikasyonla ilgilidir.</p>	<p>kalitesini ve biyotanın kompozisyonunu değiştirmeye yeterli değildir.</p> <p><b>Plankton patlamaları:</b> Patlamalar beklenenden daha sık aralıklarla gerçekleşebilir, ancak diğer kalite bileşenlerine zarar verecek sıklık ve yoğunlukta değildir.</p>	<p>patlamalarının sık yaşandığı tiplerde bile referans şartlardan beklenenden daha yoğun olarak ve referans şartlarda bulunmayan taksaların domine ettiği patlamalar yaşanır.</p>
<b>Makrofit ve fitobentoz</b>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan farklı değildir. Mevcut tüm taksalar veya çoğu tipe özgü taksa listesinden oluşmaktadır. Mevcut taksaların sayısı referans şartlardan beklenen aralıktadır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların hemen hepsi referans şartlardan beklenen bolluk aralıklarındadır. Bitki kaplı alan referans şartlardan beklenen aralıklardadır.</p> <p><b>Bakteriyel küme ve tabakalar:</b> İnsani faaliyetlerden kaynaklanan bakteriyel</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların çoğu tipe özgü taksalar listesinde yer almakta, listede yer almayan taksalar floranın önemli bir kısmını oluşturabilmektedir. Mevcut taksaların sayısı referans şartlardan düşük seviyede farklılık gösterir. Referans şartlardaki taksalar dominanttır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların çoğu referans</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklılık gösterir. Mevcut taksaların en az yarısı tipe özgü taksa listesinde yer alır. Taksa listesinin dışındaki taksalar florayı domine edebilir. Taksa sayısı referans şartlardan orta seviyede farklıdır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut pek çok taksa referans şartlardan beklenen bolluk aralıkları dışındadır ve tipe özgü taksa listesi dışındaki taksalar dominant olabilir.</p>

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
	tabaka bulunmamaktadır.	şartlardan beklenen bolluk aralığındadır ve bazıları referans şartlardan düşük seviyede sapma gösterebilir. <b>Bakteriyel küme ve tabakalar:</b> İnsani faaliyetlerden kaynaklanan bakteriyel filmler taşların altında bulunabilir.	<b>Bakteriyel küme ve tabakalar:</b> Bakteriyel küme ve tabakalar çıplak gözle görülebilecek şekilde kayaların üstünde ve diğer substratlarda bulunur, ancak mevcut substratın önemli bir miktarını kaplamıştır (örn. %25).
<b>Bentik omurgasız fauna</b>	<b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan farklı değildir. Mevcut tüm taksalar veya çoğu tipe özgü taksa listesinden oluşmaktadır. Mevcut taksaların sayısı referans şartlardan beklenen aralıktadır. <b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların hemen hepsi referans şartlardan beklenen bolluk aralıklarındadır. <b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren türler referans şartlardan beklenen değerlerdedir.	<b>Taksonomik kompozisyon:</b> Mevcut taksaların sayısı tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların çoğu tipe özgü taksalar listesinde yer almakta, listede yer almayan taksalar da bulunabilmektedir. Referans şartlardaki taksalar dominanttir. <b>Bolluk:</b> Bazı taksalar referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinin dışındadır. <b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı	<b>Taksonomik kompozisyon:</b> Mevcut taksaların sayısı tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların en az yarısı tipe özgü taksa listesinde yer alır. <b>Bolluk:</b> Birçok veya çoğu taksa referans şartlardan beklenen bolluk değerleri dışındadır. <b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren birçok tür bulunmamaktadır. <b>Çeşitlilik:</b> Mevcut taksa sayısı ve



Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
	<p><b>Çeşitlilik:</b> Mevcut taksa sayısı ve bollukları arasındaki denge referans şartlardan beklenen değerlerdedir.</p> <p><b>Ana Taksonomik Gruplar:</b> Referans şartlarda bulunan taksonomik gruplar beklenen oranlarda mevcuttur.</p>	<p>hassasiyet gösteren bazı türler bulunmamaktadır.</p> <p><b>Çeşitlilik:</b> Mevcut taksa sayısı ve bollukları arasındaki denge referans şartlardan beklenen değerlerin dışında olabilir.</p> <p><b>Ana Taksonomik Gruplar:</b> Referans şartlarda bulunan taksonomik grupların çoğu mevcuttur, ancak bazı gruplar eksik olabilir veya bazıları sayıca düşük seviyede bulunabilir.</p>	<p>bollukları arasındaki denge referans şartlardan beklenen değerlerin genellikle dışındadır. Bu kirliliğe toleransı olan türlerin sayıca artması ve bu nedenle hassas türlerin azalması yüzünden olabilir.</p> <p><b>Ana Taksonomik Gruplar:</b> Referans şartlarda bulunan taksonomik grupların bazıları mevcuttur, bazı gruplar eksik olabilir veya bazıları sayıca düşük seviyede bulunabilir.</p>
<b>Balık faunası</b>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan farklı değildir. Mevcut taksaların sayısı referans şartlardan beklenen aralıktadır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaları hemen hepsi referans şartlardan beklenen bolluk aralıklarındadır. Toplam balık bolluğu referans şartlardan beklenen</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Mevcut taksaların sayısı tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların çoğu tipe özgü taksalar listesinde yer almakta, listede yer almayan taksalar da bulunabilmektedir. Referans şartlardaki taksalar dominanttir.</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Mevcut taksaların sayısı tipe özgü referans şartlardan önemli seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların en az yarısı tipe özgü taksa listesinde yer alır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Birçok veya çoğu taksa referans şartlardan beklenen bolluk değerleri dışındadır.</p>

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
	<p>aralıklardadır.</p> <p><b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren türler referans şartlardan beklenen değerlerdedir.</p> <p><b>Yaş sınıfları:</b> Tipe özgü türlerin beklenen tüm yaş sınıfı aralıkları mevcuttur.</p>	<p><b>Bolluk:</b> Bazı taksalar referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinin dışındadır. Toplam balık bolluğu referans şartlardan beklenen aralıkların dışındadır.</p> <p><b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren türler referans şartlardakinden daha düşük seviyelerde bulunmaktadır.</p> <p><b>Yaş sınıfları:</b> Tipe özgü dominant türlerin beklenen tüm yaş sınıfı aralıkları mevcuttur. Daha düşük öneme sahip türlerin bazı yaş sınıfları eksik olabilir.</p>	<p><b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren birçok tür bulunmamaktadır.</p> <p><b>Yaş sınıfları:</b> Tipe özgü dominant türler hala mevcuttur, ancak beklenen yaş sınıfları gözlemlenemeyebilir. Daha düşük öneme sahip türler tamamen bulunmayabilir veya referans şartlardan beklenmeyen yaş sınıflarında bulunabilirler.</p>

**Tablo 8.3 Nehirler İçin Hidromorfolojik Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
<b>Hidrolojik Rejim</b>	Akışın miktarı, dinamikleri ve yer altı sularıyla bağlantısı tamamen ya da	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile

	büyük oranda referans şartları yansıtmaktadır.	uyumludur.	uyumludur.
<b>Nehir Sürekliliği</b>	Nehirin sürekliliği antropojenik faaliyetlerle bozulmamıştır ve sucul canlıların göçüne ve sediman taşınmasına izin vermektedir.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.
<b>Morfolojik Koşullar</b>	Kanal kalıpları, genişlik ve derinlik farklılıkları, akış hızı, substrat şartları ve kıyı bölgesinin yapısı ve durumu tamamen ya da büyük oranda referans şartlara karşılık gelmektedir.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.

**Tablo 8.4. Nehirler İçin Fizikokimyasal Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
<b>Genel Koşullar</b>	Fizikokimyasal bileşenlerin değerleri tamamen ya da büyük oranda referans şartlara karşılık gelmektedir.	Tuzluluk, pH, oksijen dengesi, asit nötürleme kapasitesi ve sıcaklık tipe özgü ekosistemin işlevselliğini ve	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.

	Nütrient konsantrasyonları referans şartlardan beklenen aralıklar içinde kalmaktadır. Tuzluluk, pH, oksijen dengesi, asit nütürleme kapasitesi ve sıcaklık insani faaliyetlerden etkilenmemiştir ve referans şartlardan beklenen aralıklar içinde kalmaktadır.	yukarıda biyolojik kalite bileşenleri için belirlenen değerlerin sağlanması için oluşturulan aralıkların dışındaki düzeylere ulaşmamaktadır. Nütrient konsantrasyonları ekosistemin işlevselliğini ve yukarıda biyolojik kalite bileşenleri için belirlenen değerlerin sağlanması için oluşturulan aralıkların dışındaki düzeylere ulaşmamaktadır.	
<b>Belirli Sentetik Kirleticiler</b>	Konsantrasyonlar sifıra yakındır ya da genel olarak kullanılan en ileri analitik tekniklerin tespit limitlerinin altındadır.	Konsantrasyonlar, 91/414/EC sayılı Direktif ve 98/8/EC sayılı Direktiflerle belirlenen çevresel kalite standartlarını aşmamaktadır. (<EQS)	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.
<b>Belirli Sentetik Olmayan Kirleticiler</b>	Konsantrasyonlar referans şartlara ilişkin aralıklar içinde kalmaktadır.	Konsantrasyonlar, 91/414/EC sayılı Direktif ve 98/8/EC sayılı Direktiflerle belirlenen çevresel kalite standartlarını aşmamaktadır. (<EQS)	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.

**Tablo 8.5 Göller İçin Biyolojik Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
---------	---------------	-----------	------------

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
<b>Fitoplankton</b>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Fitoplankton taksonomik kompozisyonu tipe özgü referans şartlara karşılık gelmektedir. Mevcut tüm taksalar veya taksaların çoğu, tipe özgü taksa listesindekilerden oluşmaktadır. Fitoplankton topluluklarının boyutları tipe özgü referans şartlardan farklı değildir.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların hemen hepsi referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinde bulunmaktadır.</p> <p><b>Biyokütle:</b> Fitoplankton topluluklarının biyokütlesi referans şartlardan beklenen aralıklardadır.</p> <p><b>Transparanlık:</b> Ortalama transparanlık referans şartlarda belirlenenden önemli oranda farklılık göstermez.</p> <p><b>Plankton patlamaları:</b> Plankton patlamaları sıklığı ve yoğunluğu</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Fitoplankton taksonomik kompozisyonu tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklılık göstermektedir. Topluluk referans şartlardan farklı bir kısım taksayı barındırabilir ancak referans koşul taksaları dominanttır. Fitoplankton topluluklarının boyutları tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklıdır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların çoğu referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinde bulunmakta ancak bazıları beklenenden sapmalar gösterebilmektedir.</p> <p><b>Biyokütle:</b> Fitoplankton topluluklarının biyokütlesi referans şartlardan beklenenden yüksektir. Alglerin bolluğundaki bu artış suyun ve sedimanın ışık iklimini, fizikokimyasal kalitesini ve biyotanın kompozisyonunu</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Fitoplankton taksonomik kompozisyonu tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklılık göstermektedir. Taksa referans şartlardan sapmayı gösteren türleri içerebilir. Fitoplankton topluluklarının boyutları tipe özgü referans şartlardan önemli seviyede farklıdır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların çoğu referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinde bulunmamaktadır.</p> <p><b>Biyokütle:</b> Fitoplankton topluluklarının biyokütlesi referans şartlardan beklenenden orta seviyede yüksektir. Makrofitler ve bentik omurgasızlar gibi diğer kalite bileşenleri artan alg kütlelerinden etkilenebilir.</p> <p><b>Plankton patlamaları:</b> Düzenli aralıklarla kalıcı patlamalar yaşanabilir.</p>

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
	<p>referans şartlarda belirtildiği aralıklardadır.</p> <p><b>Not:</b> Taksonomik kompozisyon ve bolluk tüm baskılarla, biyokütle, transparanlık ve planktonik patlamalar ötrofikasyonla ilgilidir</p>	<p>değiştirmeye yeterli değildir.</p> <p><b>Plankton patlamaları:</b> Patlamalar beklenenden daha sık aralıklarla gerçekleşebilir, ancak diğer kalite bileşenlerine zarar verecek sıklık ve yoğunlukta değildir.</p>	<p>Referans şartlarda plankton patlamalarının sık yaşandığı tiplerde bile referans şartlardan beklenenden daha yoğun olarak ve referans şartlarda bulunmayan taksaların domine ettiği patlamalar yaşanır.</p>
<b>Makrofit ve fitobentoz</b>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan farklı değildir. Mevcut tüm taksalar veya taksaların çoğu tipe özgü taksa listesinden oluşmaktadır. Mevcut taksaların sayısı referans şartlardan beklenen aralıktadır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaları hemen hepsi referans şartlardan beklenen bolluk aralıklarındadır. Bitki kaplı alan referans şartlardan beklenen aralıklardadır.</p> <p><b>Bakteriyel küme ve tabakalar:</b> İnsani faaliyetlerden kaynaklanan bakteriyel tabaka bulunmamaktadır.</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların çoğu tipe özgü taksalar listesinde yer almakta, listede yer almayan taksalar floranın önemli bir kısmını oluşturabilmektedir. Mevcut taksaların sayısı referans şartlardan düşük seviyede farklılık gösterir. Referans şartlardaki taksalar dominanttır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların çoğu referans şartlardan beklenen bolluk aralığındadır</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklılık gösterir. Mevcut taksaların en az yarısı tipe özgü taksa listesinde yer alır. Taksa listesinin dışındaki taksalar florayı domine edebilir. Taksa sayısı referans şartlardan orta seviyede farklıdır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut pek çok taksa referans şartlardan beklenen bolluk aralıkları dışındadır.</p> <p><b>Bakteriyel küme ve tabakalar:</b> Bakteriyel küme ve tabakalar çıplak</p>

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
		ve bazıları referans şartlardan düşük seviyede sapma gösterebilir. <b>Bakteriyel küme ve tabakalar:</b> İnsani faaliyetlerden kaynaklanan bakteriyel filmler taşların altında bulunabilir.	gözle görülebilecek şekilde kayaların üstünde ve diğer substratlarda bulunur, mevcut substratın önemli bir miktarını kaplamıştır (örn. %25).
<b>Bentik omurgasız fauna</b>	<b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan farklı değildir. Mevcut tüm taksalar veya taksaların çoğu tipe özgü taksa listesinden oluşmaktadır. Mevcut taksaların sayısı referans şartlardan beklenen aralıktadır. <b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların hemen hepsi referans şartlardan beklenen bolluk aralıklarındadır. <b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren türler referans şartlardan beklenen değerlerdedir. <b>Çeşitlilik:</b> Mevcut taksa sayısı ve	<b>Taksonomik kompozisyon:</b> Mevcut taksaların sayısı tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların çoğu tipe özgü taksalar listesinde yer almakta, listede yer almayan taksalar da bulunabilmektedir. Referans şartlardaki taksalar dominanttır. <b>Bolluk:</b> Bazı taksalar referans şartlardan beklenen bolluk değerlerinin dışındadır. <b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren bazı türler	<b>Taksonomik kompozisyon:</b> Mevcut taksaların sayısı tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların en az yarısı tipe özgü taksa listesinde yer alır. <b>Bolluk:</b> Taksaların çoğu referans şartlardan beklenen bolluk değerleri dışındadır. <b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren birçok tür bulunmamaktadır. <b>Çeşitlilik:</b> Mevcut taksa sayısı ve bollukları arasındaki denge referans

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
	<p>bollukları arasındaki denge referans şartlardan beklenen değerlerdedir.</p> <p><b>Ana Taksonomik Gruplar:</b> Referans şartlarda bulunan taksonomik gruplar beklenen oranlarda mevcuttur.</p>	<p>bulunmamaktadır.</p> <p><b>Çeşitlilik:</b> Mevcut taksalar sayısı ve bollukları arasındaki denge referans şartlardan beklenen değerlerin dışında olabilir.</p> <p><b>Ana Taksonomik Gruplar:</b> Referans şartlarda bulunan taksonomik grupların çoğu mevcuttur, ancak bazı gruplar eksik olabilir veya bazıları sayıca düşük seviyede bulunabilir.</p>	<p>şartlardan beklenen değerlerin genellikle dışındadır. Bunun sebebi kirliliğe toleransı olan türlerin sayıca artması ve bu nedenle hassas türlerin azalması olabilir.</p> <p><b>Ana Taksonomik Gruplar:</b> Referans şartlarda bulunan taksonomik grupların bazıları mevcuttur, bazı gruplar eksik olabilir veya bazıları sayıca düşük seviyede bulunabilir.</p>
<b>Balık faunası</b>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Tipe özgü referans şartlardan farklı değildir. Mevcut taksaların sayısı referans şartlardan beklenen aralıktadır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Mevcut taksaların hemen hepsi referans şartlardan beklenen bolluk aralıklarındadır. Toplam balık bolluğu referans şartlardan beklenen aralıklardadır.</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Mevcut taksaların sayısı tipe özgü referans şartlardan düşük seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların çoğu tipe özgü taksalar listesinde yer almakta, listede yer almayan taksalar da bulunabilmektedir. Referans şartlardaki taksalar dominanttir.</p> <p><b>Bolluk:</b> Bazı taksalar referans</p>	<p><b>Taksonomik kompozisyon:</b> Mevcut taksaların sayısı tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklılık göstermektedir. Mevcut taksaların en az yarısı tipe özgü taksalar listesinde yer alır.</p> <p><b>Bolluk:</b> Taksaların çoğu referans şartlardan beklenen bolluk değerleri dışındadır.</p> <p><b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su</p>



Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
	<p><b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren türler referans şartlardan beklenen değerlerdedir.</p> <p><b>Yaş sınıfları:</b> Tipe özgü türlerin beklenen tüm yaş sınıfı aralıkları mevcuttur.</p>	<p>şartlardan beklenen bolluk değerlerinin dışındadır. Toplam balık bolluğu referans şartlardan beklenen aralıkların dışındadır.</p> <p><b>Hassas taksadaki bozulma:</b> Su kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren türler referans şartlardakinden daha düşük seviyelerde bulunmaktadır.</p> <p><b>Yaş sınıfları:</b> Tipe özgü dominant türlerin beklenen tüm yaş sınıfı aralıkları mevcuttur. Daha düşük öneme sahip türlerin bazı yaş sınıfları eksik olabilir.</p>	<p>kütlesinin etkisinde olduğu baskıya karşı hassasiyet gösteren birçok tür bulunmamaktadır.</p> <p><b>Yaş sınıfları:</b> Tipe özgü dominant türler mevcuttur, ancak beklenen yaş sınıfları gözlemlenemeyebilir. Daha düşük öneme sahip türler tamamen bulunmayabilir veya referans şartlardan beklenmeyen yaş sınıflarında bulunabilirler.</p>

**Tablo 8.6. Göller İçin Hidromorfolojik Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
<b>Hidrolojik Rejim</b>	Akışın miktarı ve dinamikleri, su seviyesi, yenilenme zamanı ve yer altı sularıyla bağlantısı tamamen ya da büyük oranda referans koşulları	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.

	yansıtmaktadır.		
<b>Morfolojik Koşullar</b>	Göl derinlik değişimi, substrat miktarı ve yapısı, göl kıyı bölgesinin yapısı ve durumu tamamen ya da büyük oranda referans şartlara karşılık gelmektedir.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.

**Tablo 8.7 Göller İçin Fizikokimyasal Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
<b>Genel Koşullar</b>	Fizikokimyasal bileşenlerin değerleri tamamen ya da büyük oranda referans şartlara karşılık gelmektedir. Nütrient konsantrasyonları referans şartlardan beklenen aralıklar içinde kalmaktadır. Tuzluluk, pH, oksijen dengesi, asit nötrleme kapasitesi, transparanlık ve sıcaklık insani faaliyetlerden etkilenmemiştir ve referans şartlardan beklenen aralıklar içinde kalmaktadır.	Tuzluluk, pH, oksijen dengesi, asit nötrleme kapasitesi ve sıcaklık tipe özgü ekosistemin işlevselliğini ve yukarıda biyolojik kalite bileşenleri için belirlenen değerlerin sağlanması için oluşturulan aralıkların dışındaki düzeylere ulaşmamaktadır. Nütrient konsantrasyonları ekosistemin işlevselliğini ve yukarıda biyolojik kalite bileşenleri için belirlenen değerlerin sağlanması için oluşturulan aralıkların dışındaki düzeylere ulaşmamaktadır.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
<b>Belirli Sentetik Kirleticiler</b>	Konsantrasyonlar sifıra yakındır ya da genel olarak kullanılan en ileri analitik tekniklerin tespit limitlerinin altındadır.	Konsantrasyonlar, 91/414/EC sayılı Direktif ve 98/8/EC sayılı Direktiflerle belirlenen çevresel kalite standartlarını aşmamaktadır. (<EQS)	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.
<b>Belirli Sentetik Olmayan Kirleticiler</b>	Konsantrasyonlar referans şartlara ilişkin aralıklar içinde kalmaktadır	Konsantrasyonlar, 91/414/EC sayılı Direktif ve 98/8/EC sayılı Direktiflerle belirlenen çevresel kalite standartlarını aşmamaktadır. (<EQS)	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.

**Tablo 8.8 Geçiş Suları İçin Biyolojik Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
<b>Fitoplankton</b>	Fitoplankton taksalarının kompozisyonu ve bolluğu referans şartlarla uyumludur. Ortalama fitoplankton biyokütlesi tipe özgü fizikokimyasal şartlar ile uyumlu ve tipe özgü transparanlık durumunu değiştirmeyecek seviyededir. Plankton patlamaları sıklığı ve yoğunluğu tipe özgü fizikokimyasal	Fitoplankton taksalarının kompozisyonu ve bolluğunda düşük seviyede değişimler mevcuttur. Tipe özgü şartlar ile karşılaştırıldığında biyokütlerde düşük seviyede değişimler mevcuttur. Bu değişimler su kütlelerinde mevcut bulunan organizmaların dengesini bozacak istenmeyen bir alg	Fitoplankton taksalarının kompozisyonu ve bolluğu tipe özgü referans şartlardan orta seviyede farklılık göstermektedir. Biyokütlerde orta seviyede değişimler mevcuttur ve diğer kalite bileşenleri üzerinde önemli etkileri bulunabilir. Plankton patlamalarının sıklığı ve yoğunluğunda önemli seviyede artış

Bileşen	Çok İyi Durum	İyi Durum	Orta Durum
	durum ile uyumludur.	artışına veya suyun fizikokimyasal kalitesinde değişime neden olacak kadar etkili değildir. Plankton patlamalarının sıklığı ve yoğunluğunda düşük seviyede artışlar olabilir.	olabilir. Yaz aylarında kalıcı patlamalar yaşanabilir.
<b>Diğer sucul flora</b>	<b>Makroalg;</b> Makroalg takson kompozisyonu referans şartlardaki ile uyumludur. İnsani faaliyetler yüzünden makroalg örtüşü üzerinde tespit edilebilir bir değişim yoktur. <b>Angiosperm;</b> Taksonomik kompozisyon referans şartlardaki ile uyumludur. İnsani faaliyetler yüzünden angiosperm bolluğu üzerinde tespit edilebilir bir değişim yoktur.	<b>Makroalg;</b> Tipe özgü topluluklarla karşılaştırıldığında makroalg taksonlarının kompozisyon ve bolluğunda düşük seviyede değişimler mevcuttur. Bu değişimler su kütlelerinde mevcut bulunan organizmaların dengesini bozacak istenmeyen fitobentoz veya daha yüksek yapıları bitki yaşamının artışına veya suyun fizikokimyasal kalitesinde değişime neden olacak kadar etkili değildir. <b>Angiosperm;</b> Tipe özgü topluluklarla	<b>Makroalg;</b> Tipe özgü topluluklarla karşılaştırıldığında makroalg taksonlarının kompozisyonunda orta seviyede değişimler mevcuttur ve iyi kalitede olduğundan daha fazla bozunmayı gösterir. Ortalama makroalg bolluğu üzerinde orta seviyede değişimler mevcuttur ve su kütlelerinde mevcut bulunan organizmaların dengesini bozacak seviyededir. <b>Angiosperm;</b> Tipe özgü topluluklarla karşılaştırıldığında angiosperm

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
		karşılaştırıldığında angiosperm taksonlarının kompozisyonunda düşük seviyede değişimler mevcuttur. Angiosperm bolluğu düşük seviyede bozunma gösterir.	taksonlarının kompozisyonunda orta seviyede değişimler mevcuttur ve iyi kalitede olduğundan daha fazla bozunmayı gösterir. Angiosperm bolluğu orta seviyede bozunma gösterir.
<b>Bentik omurgasız fauna</b>	Omurgasız taksonların çeşitliliği ve bolluğu referans şartlar ile uyumludur. Bozulmamış durumla ilişkili olan tüm bozulmaya hassas taksonlar mevcuttur.	Omurgasız taksonların çeşitliliği ve bolluğu tipe özgü koşulların sınır değerlerinin düşük seviyede dışındadır. Tipe özgü toplulukların hassas taksonlarının çoğu mevcuttur.	Omurgasız taksonların çeşitliliği ve bolluğu tipe özgü koşulların sınır değerlerinin orta seviyede dışındadır. Kirlilik göstergesi taksonlar mevcuttur. Tipe özgü toplulukların hassas taksonlarının bir çoğu eksiktir.
<b>Balık faunası</b>	Tür kompozisyonu ve bolluğu referans şartlar ile uyumludur.	Bozulmaya hassas türlerin bolluğu fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite bileşenleri üzerindeki insani faaliyetlerin etkilerine bağlı olarak tipe özgü şartlardan düşük seviyede farklılık gösterir.	İnsani faaliyetlerin fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite bileşenleri üzerindeki etkileri nedeniyle tipe özgü bozulmaya hassas türlerin önemli bir kısmı yoktur.

**Tablo 8.9 Geçiş Suları İçin Hidromorfolojik Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
<b>Morfolojik Durum</b>	Derinlik değişimi, substrat yapısı, gelgit bölgesinin yapısı ve durumu referans şartlar ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.
<b>Dalga Rejimi</b>	Tatlısu akış rejimi referans şartlar ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.

**Tablo 8.10 Geçiş Suları İçin Fizikokimyasal Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
<b>Genel Koşullar</b>	Fizikokimyasal bileşenlerin değerleri tamamen ya da büyük oranda referans şartlara karşılık gelmektedir. Nütrient konsantrasyonları referans şartlardan beklenen aralıklar içinde kalmaktadır. Sıcaklık, oksijen dengesi ve ışık geçirgenliği insani faaliyetlerden etkilenmemiştir ve referans şartlardan	Sıcaklık, oksijenlenme durumu ve ışık geçirgenliği tipe özgü ekosistemin işlevselliğini ve yukarıda biyolojik kalite bileşenleri için belirlenen değerlerin sağlanması için oluşturulan aralıkların dışındaki düzeylere ulaşmamaktadır. Nütrient konsantrasyonları ekosistemin işlevselliğini ve yukarıda biyolojik kalite bileşenleri için belirlenen değerlerin	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.

	beklenen aralıklar içinde kalmaktadır.	sağlanması için oluşturulan aralıkların dışındaki düzeylere ulaşmamaktadır.	
<b>Belirli Sentetik Kirlenmeler</b>	Konsantrasyonlar sifıra yakındır ya da genel olarak kullanılan en ileri analitik tekniklerin tespit limitlerinin altındadır.	Konsantrasyonlar, 91/414/EC sayılı Direktif ve 98/8/EC sayılı Direktiflerle belirlenen çevresel kalite standartlarını aşmamaktadır. (<EQS)	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.
<b>Belirli Sentetik Olmayan Kirlenmeler</b>	Konsantrasyonlar referans şartlara ilişkin aralıklar içinde kalmaktadır (arka plan konsantrasyonu).	Konsantrasyonlar, 91/414/EC sayılı Direktif ve 98/8/EC sayılı Direktiflerle belirlenen çevresel kalite standartlarını aşmamaktadır. (<EQS)	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.

**Tablo 8.11 Kıyı Suları İçin Biyolojik Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
----------------	----------------------	------------------	-------------------

<b>Fitoplankton</b>	<p>Fitoplankton taksalarının kompozisyonu ve bolluğu referans şartlarla uyumludur. Ortalama fitoplankton biyokütlesi tipe özgü fizikokimyasal şartlar ile uyumlu ve tipe özgü transparanlık durumunu değiştirmeyecek seviyededir. Plankton patlamaları sıklığı ve yoğunluğu tipe özgü fizikokimyasal durum ile uyumludur.</p>	<p>Fitoplankton taksalarının kompozisyonu ve bolluğunda düşük seviyede değişimler mevcuttur. Tipe özgü şartlar ile karşılaştırıldığında biyokütlerde düşük seviyede değişimler mevcuttur. Bu değişimler su kütlelerinde mevcut bulunan organizmaların dengesini bozacak istenmeyen bir alg artışına veya suyun fizikokimyasal kalitesinde değişime neden olacak kadar etkili değildir. Plankton patlamalarının sıklığı ve yoğunluğunda düşük seviyede artışlar olabilir.</p>	<p>Fitoplankton taksalarının kompozisyonu ve bolluğunda orta seviyede değişimler mevcuttur. Alg biyokütlesi tipe özgü şartların sınırlarının orta seviyede dışındadır ve bu durumun diğer kalite bileşenleri üzerinde önemli etkileri bulunabilir. Plankton patlamalarının sıklığı ve yoğunluğunda orta seviyede artış olabilir. Yaz aylarında kalıcı patlamalar yaşanabilir.</p>
<b>Diğer sucul flora</b>	<p>Bozulmamış durumla ilişkili olan tüm bozulmaya hassas makroalg ve angiosperm taksonları mevcuttur. Makroalg örtüş ve angiosperm bolluk seviyesi referans şartlar ile uyumludur.</p>	<p>Bozulmamış durumla ilişkili olan ve bozulmaya hassas makroalg ve angiosperm taksonlarının çoğu mevcuttur. Makroalg örtüş ve angiosperm bolluk seviyesi düşük seviyede bozunma gösterir.</p>	<p>Bozulmamış durumla ilişkili olan ve bozulmaya hassas makroalg ve angiosperm taksonlarının bir çoğu yoktur. Makroalg örtüş ve angiosperm bolluk seviyesi orta seviyede bozunma gösterir ve bu su kütlelerinde mevcut bulunan organizmaların dengesini</p>



			bozacak seviyededir.
<b>Bentik omurgasız fauna</b>	Omurgasız taksonların çeşitliliği ve bolluğu referans şartlar ile uyumludur. Bozulmamış durumla ilişkili olan tüm bozulmaya hassas taksonlar mevcuttur.	Omurgasız taksonların çeşitliliği ve bolluğu tipe özgü koşulların sınır değerlerinin düşük seviyede dışındadır. Tipe özgü toplulukların hassas taksonlarının çoğu mevcuttur.	Omurgasız taksonların çeşitliliği ve bolluğu tipe özgü koşulların sınır değerlerinin orta seviyede dışındadır. Kirlilik göstergesi taksonlar mevcuttur. Tipe özgü toplulukların hassas taksonlarının bir çoğu eksiktir.

**Tablo 8.12 Kıyı Suları İçin Hidromorfolojik Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
<b>Morfolojik Durum</b>	Derinlik değişimi, kıyı yatağının substratı ve yapısı, gelgit bölgesinin yapısı ve durumu referans şartlar ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.
<b>Dalga Rejimi</b>	Tatlı su akış rejimi ve yönü ile dominant akımların hızı referans şartlar ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.	Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanabilmesi ile uyumludur.

**Tablo 8.13 Kıyı Suları İçin Fizikokimyasal Kalite Bileşenlerine İlişkin Normatif Tanımlar**

<b>Bileşen</b>	<b>Çok İyi Durum</b>	<b>İyi Durum</b>	<b>Orta Durum</b>
----------------	----------------------	------------------	-------------------

<p><b>Genel Koşullar</b></p>	<p>Fizikokimyasal bileşenlerin değerleri tamamen ya da büyük oranda referans şartlara karşılık gelmektedir.</p> <p>Nütrient konsantrasyonları referans şartlardan beklenen aralıklar içinde kalmaktadır.</p> <p>Sıcaklık, oksijen dengesi ve ışık geçirgenliği insani faaliyetlerden etkilenmemiştir ve referans şartlardan beklenen aralıklar içinde kalmaktadır.</p>	<p>Sıcaklık, oksijenlenme durumu ve ışık geçirgenliği tipe özgü ekosistemin işlevselliğini ve yukarıda biyolojik kalite bileşenleri için belirlenen değerlerin sağlanması için oluşturulan aralıkların dışındaki düzeylere ulaşmamaktadır.</p> <p>Nütrient konsantrasyonları ekosistemin işlevselliğini ve yukarıda biyolojik kalite bileşenleri için belirlenen değerlerin sağlanması için oluşturulan aralıkların dışındaki düzeylere ulaşmamaktadır.</p>	<p>Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.</p>
<p><b>Belirli Sentetik Kirleticiler</b></p>	<p>Konsantrasyonlar sifıra yakındır ya da genel olarak kullanılan en ileri analitik tekniklerin tespit limitlerinin altındadır.</p>	<p>Konsantrasyonlar, 91/414/EC sayılı Direktif ve 98/8/EC sayılı Direktiflerle belirlenen çevresel kalite standartlarını aşmamaktadır. (&lt;EQS)</p>	<p>Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.</p>
<p><b>Belirli Sentetik Olmayan Kirleticiler</b></p>	<p>Konsantrasyonlar referans şartlara ilişkin aralıklar içinde kalmaktadır (arka plan konsantrasyonu).</p>	<p>Konsantrasyonlar, 91/414/EC sayılı Direktif ve 98/8/EC sayılı Direktiflerle belirlenen çevresel kalite standartlarını aşmamaktadır. (&lt;EQS)</p>	<p>Şartlar yukarıda biyolojik bileşenler için belirlenen değerlerin sağlanması ile uyumludur.</p>

## 8.2.2 Ekolojik Kalite Oranının Belirlenmesi

SÇD Madde 2(17)'ye göre "yüzeysel su durumu" bir su kütesinin en düşük ekolojik ve kimyasal durumuna göre belirlenmiş su kalitesi sınıfı için kullanılan genel bir ifadedir. Direktif Madde 2(21)'e göre "ekolojik durum" Ek-V'e göre sınıflandırılmış yüzeysel sularla ilişkili sucul ekosistemlerin yapı ve işleyişinin niteliği için kullanılan genel bir ifadedir. Direktif Madde 2(23)'e göre ise "iyi ekolojik potansiyel" Ek-V'e göre sınıflandırılmış büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütlelerinin durumu için kullanılan genel bir ifadedir.

SÇD ekolojik durum veya ekolojik potansiyel ve yüzeysel su kimyasal durumunun değerlendirilmesi yoluyla yüzeysel suların sınıflandırılmasını zorunlu kılar. SÇD Ek-V'te yer alan Tablo 1.1'de ekolojik durum/potansiyelin değerlendirilmesine ilişkin kalite bileşenleri belirlenmiştir. Nehirler, göller, geçiş suları ve kıyı suları için ayrı listeler bulunmaktadır. Her bir yüzeysel su kategorisi için kalite bileşenleri 3 kategoriye ayrılmakta olup, bunlar (1) biyolojik bileşenler, (2) biyolojik bileşenleri destekleyen hidromorfolojik bileşenler ve (3) biyolojik bileşenleri destekleyen kimyasal and fizikokimyasal bileşenlerdir (3).

Biyolojik bileşenleri destekleyen kimyasal ve fizikokimyasal kalite bileşenleri aşağıdaki gibidir:

- Genel fizikokimyasal kalite bileşenleri (SÇD EK-V., Tablo 1.1);
- Üye ülkeler tarafından önemli miktarlarda deşarjının yapıldığı belirlenen belirli öncelikli olmayan kirleticiler ;
- Deşarj edilen belirli öncelikli kirleticiler (SÇD EK X )

Bununla birlikte Ek X'da yer alan öncelikli maddeler için topluluk seviyesinde çevresel standartlar benimsenmiş olup, bu maddeler ekolojik durumun sınıflandırılmasında destekleyici bileşenler olarak değil yüzeysel su kimyasal durumunun sınıflandırılmasında kullanılmalıdır.

SÇD Ek-V, Tablo 1.2'de, ekolojik durumun her beş sınıfı için genel normatif tanımlar yer almaktadır (Tablo 8.1). İlgili her kalite bileşeni için çok iyi, iyi ve orta ekolojik durum daha detaylı tanımları nehirler için Tablo 8.2, Tablo 8.3 ve Tablo 8.4'te, göller için Tablo 8.5, Tablo 8.6 ve Tablo 8.7'de, geçiş suları için

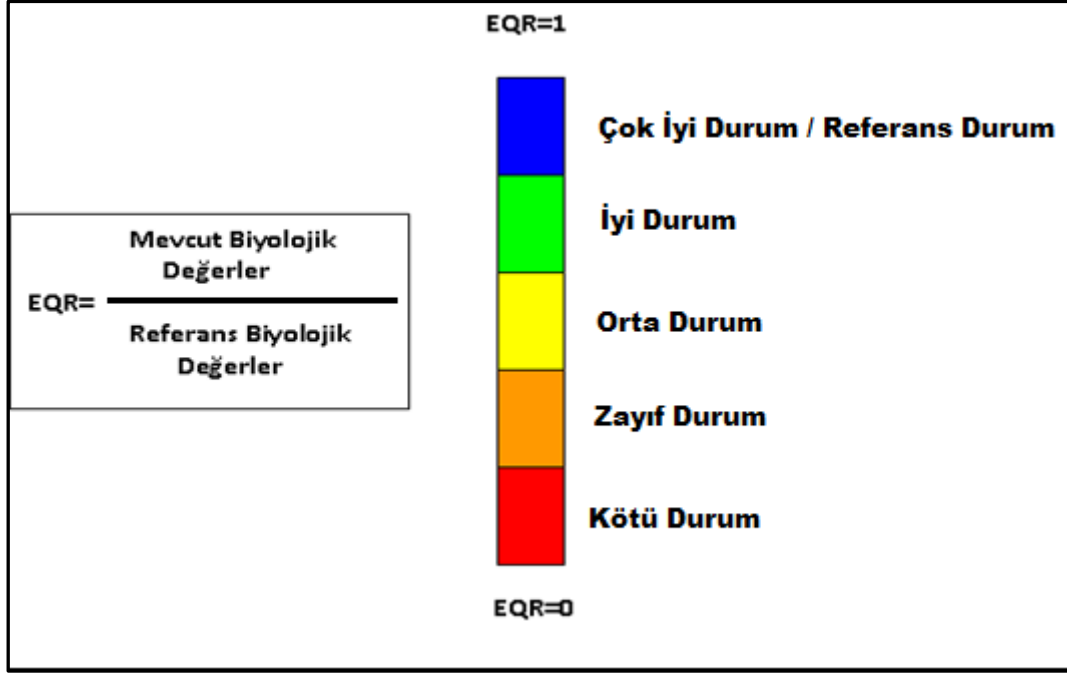
Tablo 8.8, Tablo 8.9 ve Tablo 8.10'da ve kıyı suları için

Tablo 8.11,

Tablo 8.12 ve Tablo 8.13'te verilmektedir.

Su kütlelerinin ekolojik durum ve ekolojik potansiyel sınıfları belirlenirken biyolojik kalite bileşenlerinin değerleri esas alınır. İzleme ağından elde edilen biyolojik kalite

bileşenlerini destekleyici hidromorfolojik ve fizikokimyasal kalite bileşenleri de bu değerlendirmede göz önünde bulundurulmalıdır. Mevcut verilerin referans bölgelerden elde edilen verilere oranı “Ekolojik Kalite Oranları (EQR)” olarak ifade edilmelidir. Bu oran aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi 0 ile 1 arasında sayısal bir değerdir ve çok iyi durum 1’e yakın değerlerle, kötü durum 0’a yakın değerlerle ifade edilir (4).



Şekil 8.1. Ekolojik Kalite Oranı (EQR) Hesaplanması

Bir su kütlesinin çok iyi ekolojik durum veya maksimum ekolojik potansiyel sınıfına ait olduğu belirlenirken hidromorfolojik kalite bileşenleri dikkate alınmalıdır. Diğer durum/potansiyel sınıfları için hidromorfolojik bileşenler belirlenmiş biyolojik kalite bileşenleri değerlerinin sağlanması ile uyumlu olmalıdır. Bu yüzden fizikokimyasal kalite bileşenlerine göre iyi ekolojik durum/potansiyelde olan su kütlelerinin iyi, orta, zayıf ve kötü ekolojik durum/ekolojik potansiyel sınıflandırması biyolojik kalite bileşenlerinin izleme sonuçlarına göre yapılır. Biyolojik kalite bileşenlerine göre iyi, orta, zayıf veya kötü sınıf değerleri sağlandıysa, hidromorfolojik kalite bileşenleri bu sınıfla uyumlu olmalıdır ve bu durum ekolojik durum/potansiyel sınıflandırmayı etkilememelidir (5).

Bir su kütlesinin çok iyi ekolojik durum veya maksimum ekolojik potansiyel sınıfına ait olduğu belirlenirken fizikokimyasal kalite bileşenleri de dikkate alınmalıdır. Diğer durum/potansiyel sınıfları için fizikokimyasal bileşenler, belirlenmiş biyolojik kalite bileşenleri değerlerinin sağlanması ile uyumlu olmalıdır. Bu yüzden su kütlelerinin iyi, orta, zayıf ve kötü ekolojik durum/ekolojik potansiyel sınıflandırması biyolojik kalite bileşenlerinin

izleme sonuçlarına göre yapılır. Biyolojik kalite bileşenlerine göre iyi, orta, zayıf veya kötü sınıf değerleri sağlandıysa, fizikokimyasal kalite bileşenleri bu sınıfla uyumlu olmalıdır (6).

Tüm doğal su kategorileri ve tiplerinin durum sınıflandırılması aşamasında biyolojik, hidromorfolojik ve fizikokimyasal kalite bileşenleri arasındaki ilişki Şekil 8.2’de gösterilmektedir.

SÇD Ek-V, 1.2.5’de Maksimum Ekolojik Potansiyel (MEP), büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay olması nedeniyle belirli fiziksel koşullara sahip su kütlelerinin, mümkün olduğunca benzer ve karşılaştırılabilir olan yüzeysel su kütlesinin biyolojik kalite bileşenlerini yansıttığı durum olarak tanımlanır. Büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütlelerinin sınıflandırılması aşamasında biyolojik, Fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite bileşenlerinin rolü Şekil 8.3’de gösterilmektedir. Büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütlelerinin referans şartlarında olduğu gibi MEP belirlenmiş bir kullanıma veya daha geniş çevreye önemli bir olumsuz etkisi olmadan değiştirilemeyecek hidromorfolojik koşullarda sağlanabilecek doğal su ekosistemine en yakın tanımlamayı yapmayı hedefler. Buna göre biyolojik koşullar için MEP değerleri mümkün olduğunca belirli hidromorfolojik ve fizikokimyasal koşullara sahip referans şartlardaki en yakın karşılaştırılabilir doğal su kütlesinin biyolojik koşullarını yansıtmalıdır (7).

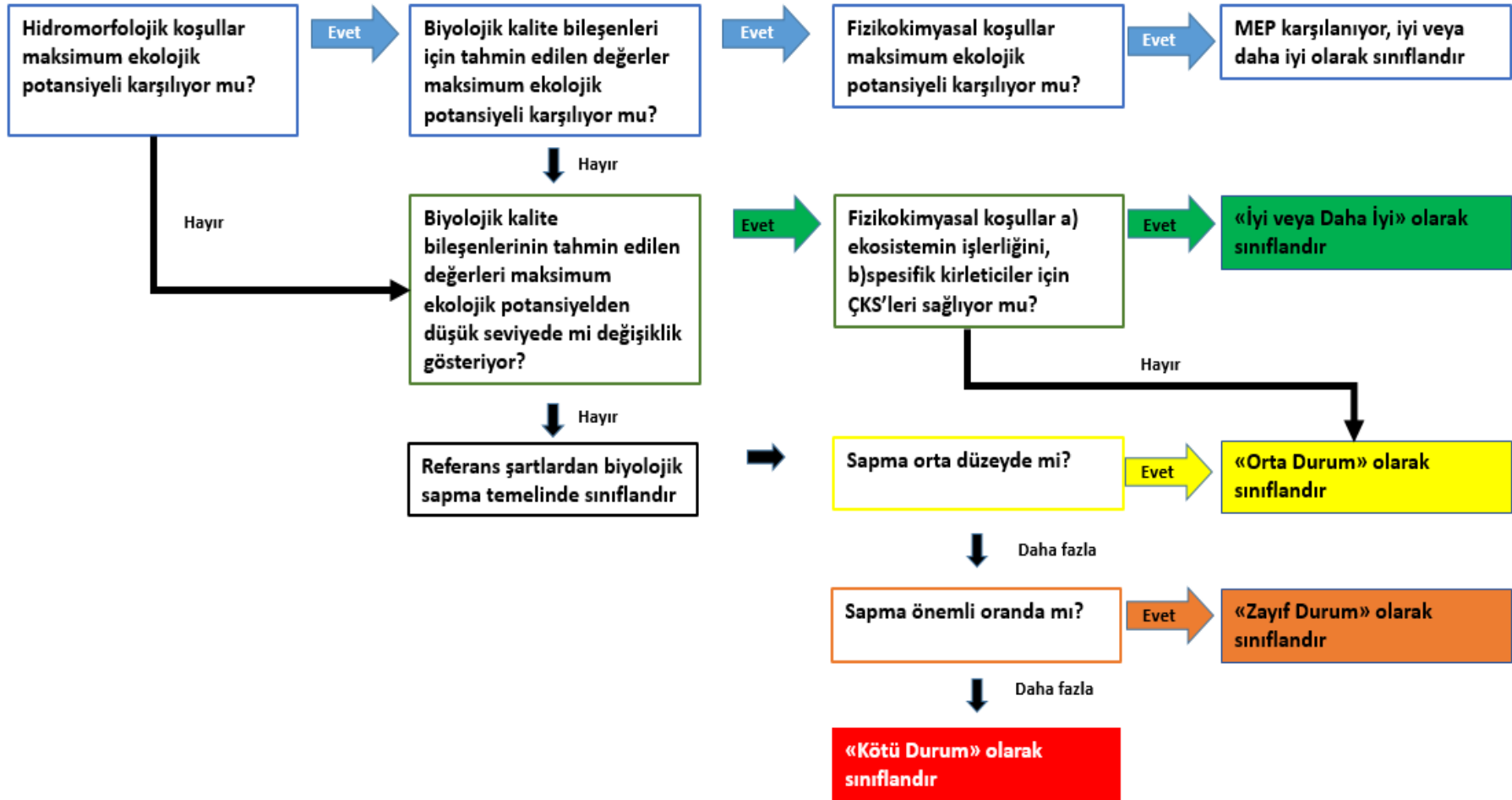
SÇD Ek-V, 1.4.2’de izleme sonuçlarının sunulması ve ekolojik durumun ve ekolojik potansiyelin sınıflandırılması ile ilgili olarak;

- (i) Yüzeysel su kategorileri için, su kütlelerinin ekolojik durum sınıflandırması sırasında ilgili kalite bileşenlerinin biyolojik ve fizikokimyasal izleme sonuçlarının en düşük değeri kullanılmalıdır.
- (i) Büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütleleri için su kütlelerinin ekolojik potansiyel sınıflandırması sırasında ilgili kalite bileşenlerinin biyolojik ve fizikokimyasal izleme sonuçlarının en düşük değeri kullanılmalıdır ifadeleri yer almaktadır.

SÇD’ye göre ekolojik durum/potansiyelin sınıflandırılması sırasında ilgili kalite bileşenlerinin biyolojik ve fizikokimyasal izleme sonuçlarının en düşük değeri esas alınmalıdır (Ek V, 1.4.2. (i)). Bunun nasıl gerçekleştirileceği Şekil 8.4’te açıklanmaktadır. Bu üye ülkelerin ekolojik durum/potansiyeli hem biyolojik ve hem de fizikokimyasal kalite bileşenlerine göre belirleyecek metod/araçları kullanmasını gerektirir (8).

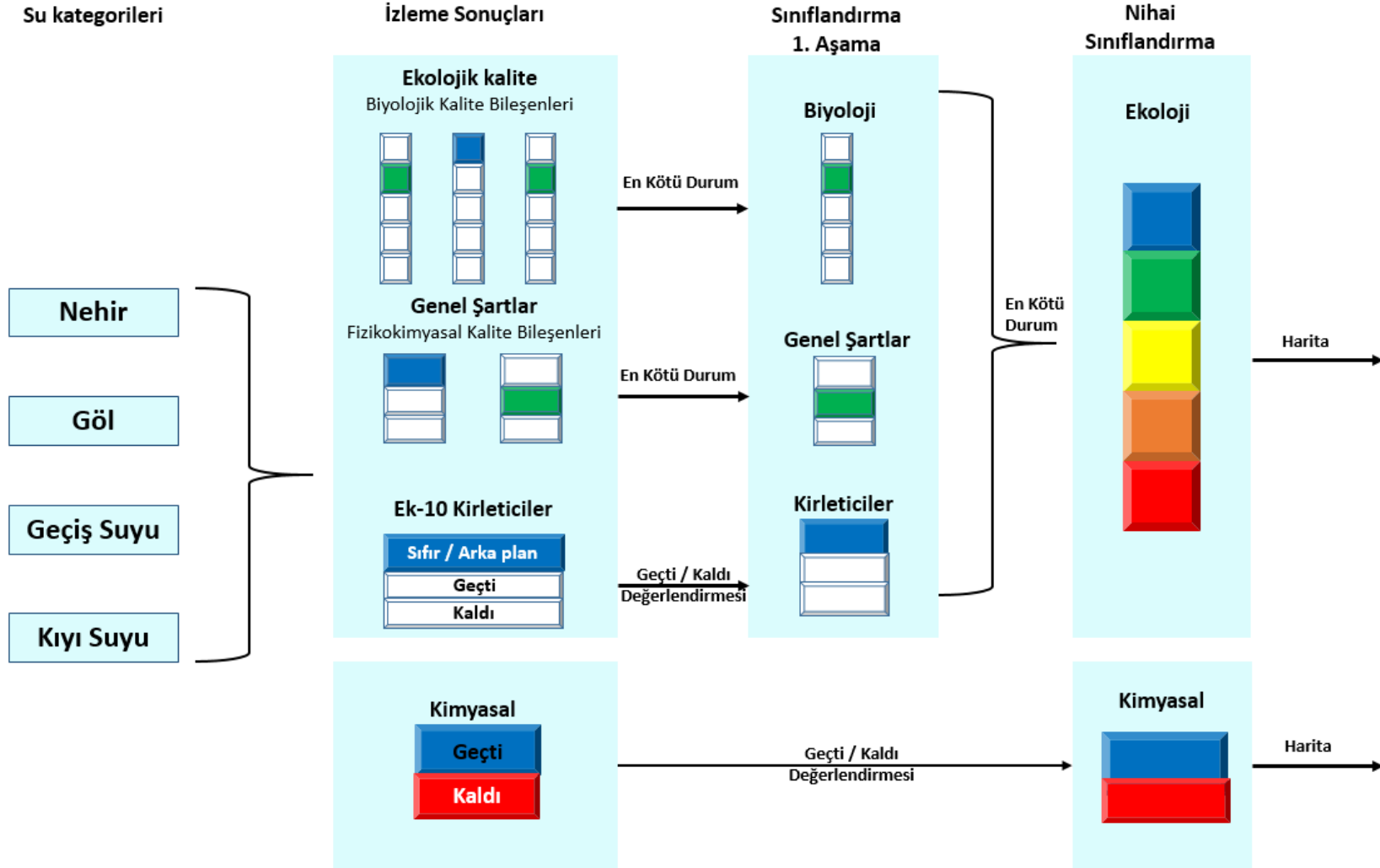


Şekil 8.2 Ekolojik Durum Sınıflandırmasında Biyolojik, Hidromorfolojik ve Fizikokimyasal Kalite Bileşenlerinin Rollerini



Şekil 8.3 Ekolojik Potansiyel Sınıflandırmasında Biyolojik, Hidromorfolojik ve Fizikokimyasal Kalite Bileşenlerinin Rollerini

Su kategorileri



Şekil 8.4 SÇD'ye Göre Ekolojik Durumun Belirlenmesi



SÇD'ye göre, su kütlesinin genel durumu beş farklı sınıf altında tanımlanır: çok iyi (Çİ), iyi (İ), orta (O), zayıf (Z) ya da kötü (K) durum. Yüzey sular için, iyi durum ekoloji ve kimyayı dikkate alır. Ekolojik durum bir dizi biyolojik kalite bileşenine (omurgasızlar, bitkiler, balıklar gibi), biyolojiyi destekleyen genel kimyasal ve fizikokimyasal bileşenlere (oksijen, sıcaklık gibi), özel kirleticilere (pestisitler ve metaller gibi) ve sadece çok iyi durumunun belirlenmesine yardımcı olması için kullanılan hidromorfolojik bileşenlere bağlıdır (Ek 8.1). En düşük kaliteyi gösteren bileşen hangisi ise ekolojik durumu o belirler. Kimyasal durum Geçti (G) (Çok İyi ve İyi durumlarına denk) veya Kaldı (K) olarak sınıflandırılmaktadır ve hangi bileşen en kötü kaliteyi belirliyorsa genel kimyasal durumu da o belirler. Yüzey sularının genel durumu ise ekolojik veya kimyasal durumun hangisi en kötüyse ona göre belirlenir.

### **8.2.3 İyi ve Orta Durum/Potansiyelin Ekolojik Sınıflandırmasında Genel Fizikokimyasal Kalite Bileşenlerinin Rolü**

Genel fizikokimyasal bileşenlerle ilişkili olarak, SÇD Ek-V, Tablo 1.2.1 – 1.2.5'de belirtildiği gibi iyi ekolojik durum/potansiyelin sağlanması, ekosistemin işlevini devam ettirebilmesi ve biyolojik kalite bileşenleri için belirlenmiş değerlerin sağlanması için sıcaklık, oksijenasyon, asidifikasyon, tuzluluk, nütrientler ve ışık geçirgenliği parametreleri için belirlenmiş aralıkların dışına çıkmaması ile mümkün olabilir.

SÇD Ek-V, Bölüm 1.2'de genel koşullarla ilgili olarak iyi durum/potansiyeldeki nehir, göl, geçiş ve kıyı suları için genel tanımlar:

- Sıcaklık (N,G,GS,KS), oksijen dengesi (N,G,GS,KS), pH (N,G), asit nötralizasyon kapasitesi (N,G), geçirgenlik (G,GS,KS) ve tuzluluk (N,G) tipe özgü ekosistemin işlevini devam ettirebilmesi ve biyolojik kalite bileşeni değerlerinin sağlanması için belirlenen aralıkların dışına çıkmamalıdır.
- Nütrient konsantrasyonları (N,G,GS,KS) ekosistemin işlevini devam ettirebilmesi ve biyolojik kalite bileşeni değerlerinin sağlanması için belirlenen aralıkların dışına çıkmamalıdır.

Genel fizikokimyasal kalite bileşenleri için belirlenmiş aralık ve seviyelerin biyolojik kalite bileşenlerinin iyi durum/potansiyel için sağlanması gereken değerleri desteklemesi gerekmektedir. İyi durum biyolojik kalite bileşenleri tipe özgü olduğu için, genel

fizikokimyasal kalite bileşenleri değerlerinin de tipe özgü olması mantıklıdır. Birçok tip için genel fizikokimyasal kalite bileşenleri ortak aralık ve seviyelerine sahip olabilir ([9, 1, 6]).

Bir su kütlesinin biyolojik kalite bileşenleri ile genel ve belirli fizikokimyasal kalite bileşenlerinin izleme sonuçları iyi ekolojik durum/potansiyel koşullarını sağlıyorsa, su kütlesinin toplam ekolojik durum/potansiyeli iyi olarak belirlenir. Fakat biyolojik kalite bileşenleri açısından iyi ekolojik durum/ potansiyel koşullarını sağlamasına rağmen bir veya daha fazla genel fizikokimyasal kalite bileşenleri veya belirli kirleticiler açısından iyi ekolojik durum/ potansiyel koşullarını karşılamıyor ise toplam ekolojik durum/potansiyel orta olarak belirlenir (9).

Biyolojik kalite bileşenlerinin durumunun tahmininde biyolojik olmayan göstergelerin kullanılması biyolojik göstergelerin kullanılmasını tamamlayıcı olabilir fakat yerini alamaz. Genel fizikokimyasal kalite bileşenleri ile biyolojik bileşenler arasında güvenilir doz etki ilişkisi kurulmuşsa, bazı durumlarda fizikokimyasal kalite bileşenleri izleme sonuçları biyolojik bileşenlerin durumuna ilişkin güvenilir bir fikir verebilir. Örneğin, Norveç, İskoçya, Finlandiya ve İsveç'deki göller gibi pH'ı etkileyecek aynı baskıya maruz kalmış benzer bir grup su kütlesi düşünülecek olursa, pH ve biyolojik bileşenler arasındaki doz etki ilişkisi doğru oluşturulduysa ve diğer baskıların etkisinin bulunmaması durumunda gruptaki su kütlelerinin biyolojik açıdan durumunun tahmini grup için belirlenmiş doz etki ilişkisinin doğruluğunun kontrolü için birkaç su kütlesinde biyolojik parametrelerin ve su kütlelerinin sınıflandırılmasına yardımcı olacak yeterli güvenilirlik ve hassasiyet seviyesinde yeterli verinin toplanabilmesi için gruptaki yeterli orandaki su kütlesinde pH parametresi izlenerek yapılır (10).

#### **8.2.4 Aşamalı Ekolojik Sınıflandırma Yaklaşımı**

##### **Adım 1: Çok İyi Ekolojik Durum (ÇİED) ve Maksimum Ekolojik Potansiyel (MEP)**

SÇD Ek-II 1.3'e göre üye ülkeler Ek-V Tablo 1.2.1-1.2.5'de çok iyi ekolojik durum ve maksimum ekolojik potansiyel için tanımlanan değerleri yansıtan tipe özgü biyolojik, hidromorfolojik ve fizikokimyasal durumları belirlemelidir.

Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'e göre doğal, büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütleleri için farklı yaklaşımlar kullanılmalıdır. Genel olarak maksimum ekolojik potansiyele sahip büyük ölçüde değiştirilmiş veya yapay su kütlelerinin değerlendirilmesi, ekolojik devamlılığın sağlanması için tüm hafifletici önlemlerinin alınması halinde beklenen durumun hidromorfolojik kalite bileşenleri durumu ile uyumlu olup olmadığının değerlendirilmesi ile başlamalıdır.

Hafifletici önlemler su kütlesinin kullanım amacı ile uyumlu olmalı ve MEP hidromorfoloji sonuç değerleri belirli bir su kütlesi veya su kütlesi grupları için özel olmalıdır. MEP hidromorfolojisinin MEP biyolojik ve fizikokimyasal durumu üzerinde baskın olması sebebiyle, büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütlelerinin MEP durumu değerlendirilirken diğer kalite bileşenlerinden önce hidromorfolojik durumunun MEP ile uyumlu olup olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Yalnızca tüm biyolojik, hidromorfolojik ve fizikokimyasal kalite bileşenlerinin değerlerinin kendi tipe özgü durumlarını yansıtması durumunda, sınıflandırma ÇİED ve MEP olarak yapılabilir (11).

### ***Biyolojik Kalite Bileşenleri***

Doğal su kütlelerinde çok iyi durumdaki biyolojik kalite bileşenleri, bozulmamış durumu yansıtır veya çok az bozulma belirtisi gösterirler.

Büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütlelerinde maksimum ekolojik potansiyel durumundaki biyolojik kalite bileşenleri, en yakın karşılaştırılabilir su kütlesi tipi hidromorfolojik ve ilişkili fizikokimyasal durum MEP değerlerini mümkün olduğunca yansıtmalıdır (12).

### ***Fizikokimyasal Kalite Bileşenleri***

Doğal su kütlelerinde çok iyi durumdaki genel fizikokimyasal kalite bileşenleri bütünüyle ya da kısmen bozulmamış durumu yansıtır. Fizikokimyasal kalite bileşenleri bozulmamış durumla ilgili seviye ve aralıklarda olmalıdır.

Büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütlelerinde MEP'deki genel fizikokimyasal kalite bileşenleri, ilgili büyük ölçüde değiştirilmiş veya yapay su kütlesi ile karşılaştırılabilir en yakın yüzeysel su kütlesi tipi için bozulmamış durum MEP değerlerinden türetilir. Büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütleleri ile ilgili CIS kılavuzunda (SÇD 4 nolu CIS kılavuzu) bazı hidromorfolojik durum MEP değerleri ve bazı genel fizikokimyasal kalite bileşeni değerlerinin en yakın karşılaştırılabilir tiplerle farklı olabileceği belirtilmektedir. Bu yüzden kılavuz farklılıkların kaçınılmaz ve hidromorfolojik durum MEP değerlerinin direkt sonucu olması durumunda bu farklılıkların genel fizikokimyasal kalite bileşenleri MEP değerlerinin oluşturulmasında dikkate alınabileceğini önerir. Aşağıdaki örnek MEP fizikokimyasal referans durumlarının nasıl tanımlandığını göstermektedir: Hidroenerji ve su temini amaçlı rezervuarların hidromorfolojik özellikleri rezervuar suyunun ve mansabının oksijen ve sıcaklık durumu üzerinde baskın olabilir. Bu doğal su kütlelerinde olduğundan farklı olabilir. Bu farklılıklar MEP tanımlanırken göz önünde bulundurulmalıdır.

Belirli kirleticiler, belirli sentetik kirleticiler ve belirli sentetik olmayan kirleticiler olarak ikiye ayrılır. ÇİED/MEP değerlerinin sağlanabilmesi için belirli sentetik kirletici konsantrasyonunun sifıra yakın ya da genel olarak kullanılan en gelişmiş analitik yöntemlerle tespit edilebilen sınır değerinin altında olması gerekir. Belirli sentetik olmayan kirletici konsantrasyonları bozulmamış durum normal aralıkları içinde olmalıdır (13).

### ***Hidromorfolojik Kalite Bileşenleri***

ÇİED için hidromorfolojik kalite bileşenleri tamamen veya çoğunlukla bozulmamış durumla uyumlu olmalıdır.

MEP için hidromorfolojik durum, yüzeysel su kütlelerinde ekolojik devamlılığın (özellikle faunanın göçü ve doğru yumurtlama ve yavrulama zemininin) sağlanabilmesi için tüm hafifletici önlemlerin alınmasına rağmen büyük ölçüde değiştirilmiş veya yapay su kütlesi özelliklerinden kaynaklanan etkiler ile uyumlu olmalıdır. Hafifletici önlemler su kütlelerinin belirlenmiş kullanım amacına veya daha geniş anlamda çevreye önemli zararlı etkileri olabilecek türden olamaz (14).

### **Adım 2: İyi Ekolojik Durum (İED) ve İyi Ekolojik Potansiyel (İEP)**

Doğal ve büyük ölçüde değiştirilmiş veya yapay su kütleleri için Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'deki yaklaşım kullanılmalıdır. Yalnızca biyolojik ve fizikokimyasal kalite bileşenleri değerlerinin İED ve İEP için belirlenmiş değerleri sağlaması durumunda su kütlesi İED ve İEP olarak sınıflandırılmalıdır.

### ***Biyolojik Kalite Bileşenleri***

Doğal su kütlelerinin İED olarak sınıflandırılabilmesi için insani faaliyetlerden kaynaklanan sebeplerle düşük seviyede bozulma gösterip, o tipteki yüzeysel su kütleleri bozulmamış durumuna (ÇİED) ilişkin biyolojik kalite bileşeni değerlerinden düşük seviyede sapma göstermelidir.

Büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütlelerinin İEP olarak sınıflandırılabilmesi için ilgili biyolojik kalite bileşeni değerleri MEP değerlerinden düşük seviyede farklılık göstermelidir.

### ***Fizikokimyasal Kalite Bileşenleri***

Bir su kütlelerinin İED/İEP olarak sınıflandırılması için, genel fizikokimyasal kalite bileşenleri değerleri ekosistemin devamlılığını ve ilgili biyolojik kalite bileşenleri değerlerinin sağlanabilmesi için gereken aralık ve değerlerle uyumlu olmalıdır.

### ***Hidromorfolojik Kalite Bileşenleri***

İED ve İEP'ye ait hidromorfolojik kalite bileşenleri durumu İED/İEP seviyesi için belirlenmiş biyolojik kalite bileşenleri değerlerinin sağlanması için uygun olmalıdır (15).

### **Adım 3: Orta Ekolojik Durum (OED) ve Orta Ekolojik Potansiyel (OEP)**

Doğal ve büyük ölçüde değiştirilmiş veya yapay su kütleleri için Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'deki yaklaşım kullanılmalıdır. Bir su kütlelerinin orta durum/potansiyel olarak sınıflandırılması için:

- (a) Biyolojik kalite bileşenleri değerlerinin tipe özgü topluluklardan orta seviyede farklı olması;
- (b) Biyolojik kalite bileşenleri değerlerinin orta seviyede farklı olması ve fizikokimyasal kalite bileşenleri değerlerinin iyi durumdan düşük olması veya;
- (c) Biyolojik kalite bileşenleri değerlerinin orta durumdan daha iyi olmasına rağmen fizikokimyasal kalite bileşenleri değerlerinin iyi durumdan daha düşük olması gerekir.

Biyolojik kalite bileşenleri orta durum/potansiyelde ise, fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite bileşenleri bu biyolojik değerlerin sağlanması için uygun olmalıdır.

Biyolojik kalite bileşenleri İED/İEP'i yansıttığı ancak genel fizikokimyasal kalite bileşenleri değerlerinin tipe özgü ekosistemin devamlılığının sağlanması için yeterli olmadığı veya bir veya daha fazla belirli kirletici kalite bileşeninin ilgili çevresel kalite standartları ile uyumlu olmaması durumunda ekolojik durum/potansiyel orta olarak sınıflandırılır (16).

### **Adım 4: Zayıf Ekolojik Durum (ZED) ve Zayıf Ekolojik Potansiyel (ZEP)**

Doğal ve büyük ölçüde değiştirilmiş veya yapay su kütleleri için Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'deki yaklaşım kullanılmalıdır. SÇD Ek V, Bölüm 1.2'ye göre, ilgili biyolojik kalite bileşenleri değerleri tipe özgü değerlerden önemli ölçüde farklılık gösteriyorsa (ilgili biyolojik topluluklar bozulmamış durumdaki tipe özgü yüzeysel su kütlesi normal topluluklarından büyük ölçüde farklı ise), su kütlesi "zayıf" olarak sınıflandırılır. Bir su kütlelerinin ZED/ZEP olup olmadığı kararı biyolojik kalite bileşenleri durumu tarafından yönlendirilir. Fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite bileşenleri durumu bu kararı biyolojik kalite bileşenleri üzerindeki etkilerinden dolayı sadece dolaylı olarak etkiler (17).

### **Adım 5: Kötü Ekolojik Durum (KED) ve Kötü Ekolojik Potansiyel (KEP)**

Doğal ve büyük ölçüde değiştirilmiş veya yapay su kütleleri için Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'deki yaklaşım kullanılmalıdır. SÇD Ek-V, Bölüm 1.2'ye göre ilgili biyolojik kalite bileşenleri değerleri tipe özgü değerlerden büyük ölçüde farklılık gösteriyorsa (tipe özgü toplulukların büyük bölümü bulunmuyor ise), su kütlesi "kötü" olarak sınıflandırılır. Bir su kütlelerinin KED/KEP olup olmadığı kararı biyolojik kalite bileşenleri durumu tarafından yönlendirilir. Fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite bileşenleri durumu bu kararı biyolojik kalite bileşenleri üzerindeki etkilerinden dolayı sadece dolaylı olarak etkiler (18).

## 8.2.5 İzleme Sonuçlarının Sunumu ve Ekolojik Durum ve Ekolojik Potansiyelin Haritalanması

SÇD Ek V, Bölüm 1.4.2 (i,ii)'ye göre yüzeysel bir su kütlelerinin ekolojik durum/potansiyel sınıflandırması Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'de belirtildiği üzere ilgili kalite bileşenlerine ait izleme sonuçlarından en düşük biyolojik ve fizikokimyasal değerlere göre belirlenir. Bu nedenle yüzeysel su kütlelerinin sınıflandırılmasında fizikokimyasal kalite bileşenleri göz önünde bulundurulmalıdır.

SÇD Ek-V, Bölüm 1.4.2 (iii)'e göre üye ülkeler bir harita üzerindeki siyah noktalar ile belirli sentetik ve sentetik olmayan kirleticiler için belirlenen bir veya daha fazla çevresel kalite standardı (ÇKS) ile uyumsuzluk nedeniyle iyi durum ve iyi ekolojik potansiyel değerlerini sağlayamayan su kütlelerini belirlemelidir. Örneğin bir su kütlelerinin ekolojik durum/potansiyel sınıfı bir belirli kirleticinin ÇKS değerleri ile uyumlu olmaması nedeniyle orta olarak sınıflandırıldıysa, bu durum (a) nehir havzası yönetim planı içerisinde yer alan harita sarı ile renklendirilerek ve (b) orta durum/ potansiyel olarak sınıflandırılmasının sebebinin belirli kirletici değerleri ile uyumsuzluk olduğu harita üzerinde siyah bir nokta ile belirtilerek rapor edilmelidir.

SÇD'ye göre ÇİED, İED, MEP ve İEP sınıfları için fizikokimyasal kalite bileşenleri belirli değerleri belirlenmeli ve bu değerlere uyum sağlanmalıdır. Daha düşük ekolojik durum/potansiyel sınıflarına ilişkin (orta, zayıf ve kötü durum/potansiyel) biyolojik kalite bileşenleri için değerler belirlenmeli ve bu değerlere uyum sağlanmalıdır.

SÇD Ek V, Bölüm 1.4.2'de yer alan "İzleme Sonuçlarının Sunulması ve Ekolojik Durum ve Potansiyelin Sınıflandırılması" bölümüne göre:

(i) Yüzeysel su kategorileri için, su kütlelerinin ekolojik durum sınıflandırması aşağıdaki tablonun (Tablo 8.14) ilk sütununa uygun olarak ilgili kalite bileşenleri için en düşük biyolojik ve fizikokimyasal izleme sonuçlarına göre yapılmalıdır.

**Tablo 8.14** Ekolojik Durumun Sunulması

<b>Ekolojik Durum Sınıflandırma</b>	<b>Renk Kodları</b>
Çok İyi	Mavi
İyi	Yeşil
Orta	Sarı
Zayıf	Turuncu
Kötü	Kırmızı

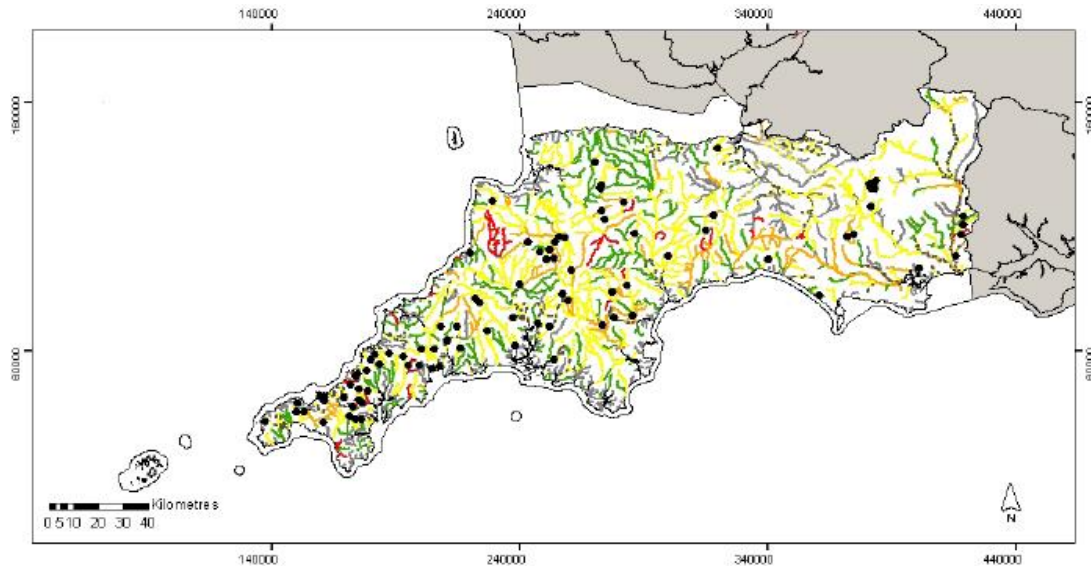
(ii) Büyük ölçüde değiştirilmiş ve yapay su kütleleri için, su kütlesinin ekolojik potansiyel sınıflandırması aşağıdaki tablonun (Tablo 8.15) ilk sütununa uygun olarak ilgili kalite bileşenleri için en düşük biyolojik ve fizikokimyasal izleme sonuçlarına göre yapılmalıdır.

**Tablo 8.15** Ekolojik Potansiyelin Sunulması

Ekolojik Potansiyel Sınıflandırma	Renk Kodları	Yapay su kütleleri	Büyük ölçüde değiştirilmiş su kütleleri
İyi ve yukarısı	Yeşil ve...	açık gri çizgiler	koyu gri çizgiler
Orta	Sarı ve ...	açık gri çizgiler	koyu gri çizgiler
Zayıf	Turuncu ve...	açık gri çizgiler	koyu gri çizgiler
Kötü	Kırmızı ve ...	açık gri çizgiler	koyu gri çizgiler

(iii) Üye ülkeler ayrıca belirli kirleticiler için belirlenmiş ÇKS ile uyumlu olmadığı için iyi durumda olmayan su kütlelerini haritada siyah noktalar ile belirlemelidir (19).

Şekil 8.5’de su kütlelerinin durumlarının harita üzerinde renkli gösterimi konusunda bir örnek harita sunulmaktadır.



**Şekil 8.5** Örnek Su Kütleleri Durumu Haritası

### 8.3 Çevresel Kalite Standartlarının Belirlenmesi

Çevresel Kalite Standardı (ÇKS); belli bir kirleticinin ya da kirletici gruplarının suda, dip çökeltisinde veya biyotada insan sağlığı ve çevreyi korumak için aşmaması gereken konsantrasyonları ifade eder. Atıksuların alıcı ortama deşarj standartları, alıcı ortamdaki

ÇKS'ler dikkate alınarak belirlenir. Kentsel ve endüstriyel faaliyetler için alıcı ortama deşarj kriterleri, yerüstü su kaynağının özümleme kapasitesi ve Ek-1'deki tablolarda yer alan ÇKS'ler göz önüne alınarak ve alıcı ortama tarımsal faaliyetlerden gelen kirlilikle ilgili gerekli tedbirler ÇKS'ler esas alınarak belirlenir. Havza düzeyinde ÇKS'lere bağılı değerlendirmeler arkaplan konsantrasyonu dikkate alınarak yapılır.

Ek-2'deki belirli kirleticiler ve öncelikli maddelere ilişkin ÇKS'ler göz önüne alınarak, bu maddeler için alıcı ortamlara atıksu deşarjları ile ilgili gerekli düzenlemeler yapılır. Ek-2'de yer alan belirli kirleticiler ve öncelikli maddelere ilişkin su kalitesi izleme sonuçlarının değerlendirilmesinde, kendi su kütlesi kategorisine (nehirler/göller, kıyı ve geçiş suları) göre 1 yıllık izleme sonuçlarının aritmetik ortalaması yıllık ortalama çevresel kalite standardı (YO-ÇKS) ile karşılaştırılır. Olağanüstü hallerde (kaza, doğal afet ve benzeri hallerde) ise, herhangi bir belirli kirletici ve/veya öncelikli maddeye ait tekil izleme verisi maksimum izin verilebilir çevresel kalite standardı (MAK-ÇKS) ile karşılaştırılır. Yapılan değerlendirme neticesinde, izleme verilerinin hem MAK-ÇKS hem de YO-ÇKS değerlerinden düşük olması halinde alıcı ortam çevresel kalite standardı değerleri sağlanmış olur.

Karışım bölgesinin bittiğı noktada çevresel kalite standardının aşılması kaydıyla, özellikleri Ek-3'de tanımlanan karışım bölgesinde ÇKS'ler aşılabılır.

### **8.3.1 Yasal Kapsam**

Avrupa birliği için su politikası alanında bir çerçeve meydana getiren 2000/60/AT Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Avrupa Toplulukları Resmi Gazetesi'nde 12 Aralık 2000 tarihinde yayımlanmış ve aynı gün yürürlüğe girmiştir. Bu Direktifin amacı; kıta içi yerüstü sularının, geçiş sularının, kıyı ve yeraltı sularının korunması için bir çerçeve oluşturmaktır.

SÇD 16. Madde'ye göre:

- a) İçme suyu çekiminden kaynaklananlar da dahil olmak üzere sucul çevreye veya sucul çevre yoluyla önemli risk teşkil eden tekil kirleticilerden veya kirletici gruplarından kaynaklanan su kirliliğine karşı spesifik tedbirler alınmalıdır. Bu kirleticiler için alınacak önlemler, aşamalı azaltımı ve öncelikli tehlikeli maddeler için, deşarjların, emisyonların ve kayıpların aşamalı olarak azaltılmasını veya kesilmesini amaçlamalıdır.
- b) Öncelikli madde listesi içerisinde sucul çevreye veya sucul çevre yoluyla önemli risk teşkil edenler sunulmalıdır.
- c) Yerüstü suları, çökelti ve biyotada öncelikli madde konsantrasyonlarına uygulanabilecek kalite standartları teklif edilmelidir.

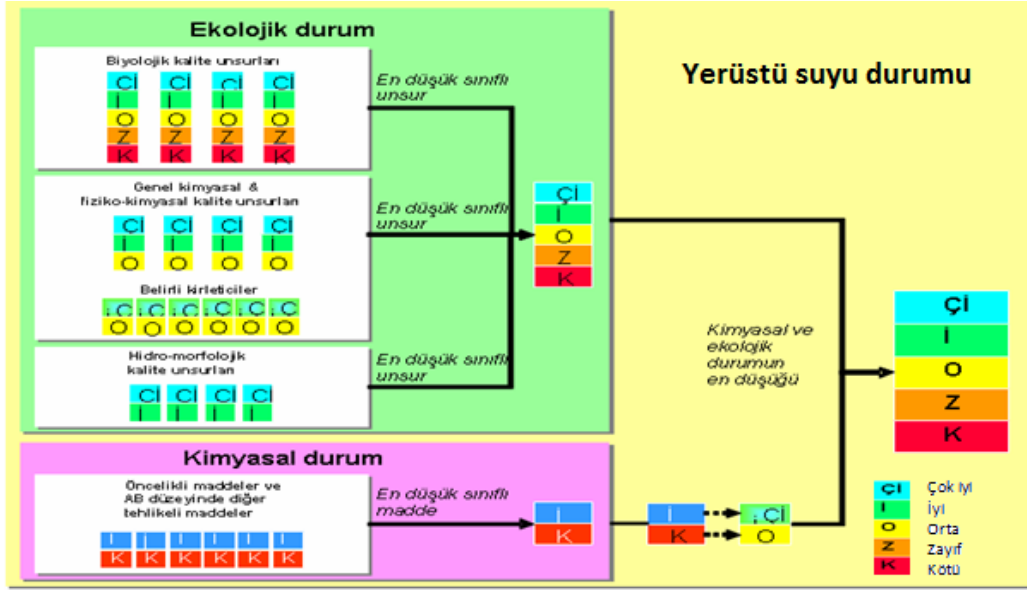


Öncelikli maddeler için gereklilikler; SÇD Ek-X içeriğini tanımlayan ve öncelikli tehlikeli madde olarak tanımlanan 11 maddenin yer aldığı 33 madde veya madde grubunun ilk listesini oluşturan 2455/2001/AT sayılı Karar ve 33 öncelikli madde ve 8 diğer kirletici için kalite standartlarını belirleyen su politikası alanında 2008/105/AT sayılı Çevre Kalite Standartları (ÇKS) Direktifi ile karşılanmaktadır.

Daha yakın bir tarihte, 13 Eylül 2013 tarihinde, Birlik seviyesinde öncelikli eylem için yeni maddeler tanımlayarak öncelikli maddeler listesinin gözden geçirilmesini sağlayan 2013/39/AB sayılı Direktif, yeni tanımlanan maddeler için ÇKS belirleyerek, bazı mevcutlar için ÇKS'yi revize etmiştir. Bilimsel ilerlemelere uygun olarak mevcut ve yeni belirlenen bazı öncelikli maddeler için Biyotada Çevresel Kalite Standartları yürürlüğe girmiştir.

Buna göre, öncelikli maddeler için AB seviyesinde belirlenen ÇKS'ler üye ülkelerin tamamına uygulanmaktadır. EK II.1.4 (Baskıların Tanımlanması), özellikle kentsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer tesisler ve faaliyetlerden kaynaklanan Ek-VIII'de (Özel Kirleticiler) listelenen maddelerden kaynaklanan önemli kirlilik kaynaklarını tahmin ve tespit etme yükümlülüğü getirmektedir. İlaveten, Ek-V.1.1 (yerüstü suyu durumu), biyolojik unsurları destekleyen fiziko-kimyasal kalite elemanları olarak Belirli Kirleticileri içeren ekolojik durumun sınıflandırılması için kalite durumlarını ortaya koymaktadır. Son olarak, aynı Ek'in 1.2.6 bölümü, Üye Devletlerin, Belirli Kirleticiler için ÇKS'leri geliştirirken uygulayacakları ilkeleri belirler. Buna göre Üye Ülkeler, insan faaliyetlerinden kaynaklanan etkileri gözden geçirmek ve ekolojik durumu belirlemek için Belirli Kirleticilerin ÇKS'lerini tanımlamalı ve türetmelidir.

Genel olarak SÇD'de su, çökelti ve biyotadaki tekil kirleticilerin veya kirletici gruplarının konsantrasyonları olarak tanımlanan su kütlelerinin bütüncül sınıflandırmasında (Şekil 8.6) ve alıcı su ortamına deşarj limitlerinin belirlenmesinde anahtar bir araç olan ÇKS'ler insan ve çevre sağlığını korumak için aşılmamalıdır.



Şekil 8.6 Su Kütlelerinin Sınıflandırılmasında ÇKS'lerin Rolü

### 8.3.2 Çevresel Kalite Standartlarının Türetilmesi

ÇKS türetim ilkeleri belirlenirken, SÇD Ek V, Bölüm 1.2.6 uygulayıcılar için ÇKS'leri tutarlı bir şekilde geliştirmeleri veya göz önünde bulundurulması gereken tüm bilimsel konuları kapsamaları için gerekli detayları sağlamamaktadır.

2005 yılında, ÇKS türetilmesi maksadıyla bir teknik rehber doküman hazırlanmıştır (20). Bu, ÇKS'lerin türetilmesiyle ilgili önemli teknik sorunların birçoğunu kapsamıştır. Bununla birlikte, bilimsel gelişmeler, o zamandan beri rehber dokümanın güncellenmesine ihtiyaç duyulmasını gerektirmiştir.

2011 yılında biyota/çökelti ÇKS'lerini türetme metodolojilerini ve türleşme ve biyoyararlanımı sağlayan metaller için ÇKS'lerin ayarlanmasını içeren güncellenmiş bir rehber doküman hazırlanmıştır

2015 yılında, rehber dokümanın güncellenmesi hususunda tartışmalar devam etmiştir (21).

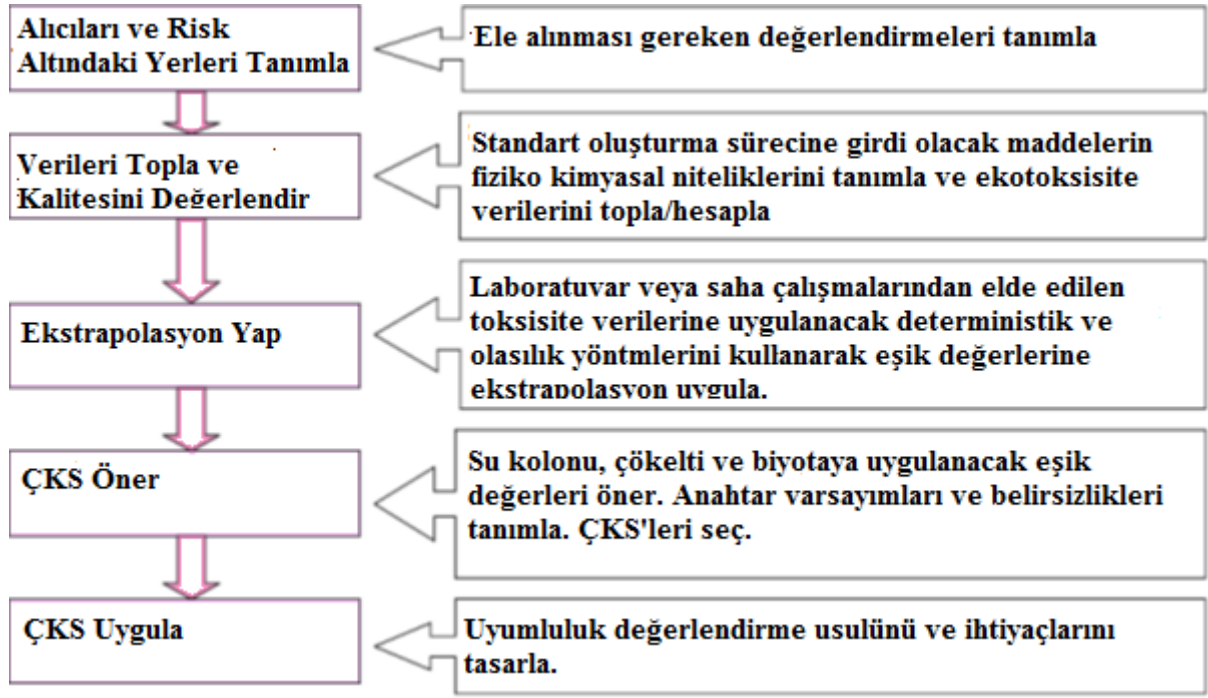
Belirli kirleticilerin ÇKS'lerinin türetilmesinde kullanılan temel bilgiler aşağıda listelenmektedir:

- 2000/60/AT Direktifi, EK V: Belirli Kirleticilerin Türetilmesi İçin İlkeler
- 2008/105/AT Direktifi, Su Politikası Alanında ÇKS'ler
- 2013/39/AT Direktifi, 2000/60/AT ve 2008/105/AT Direktiflerini Değiştiren Direktif, Su Politikası Alanında Öncelikli Maddeler

- ARM/2656/2008 Hidrolojik Planlama Talimatını Oluşturan İspanyol Düzenlemesi
- 60/2011 ÇKS İçin İspanyol Kraliyet Kararnamesi
- 817/2015 Yerüstü Suyu Durumu ve ÇKS İçin İzleme ve Değerlendirme Kriterlerini Oluşturan İspanyol Kraliyet Kararnamesi,
- SÇD İçin Ortak Uygulama Stratejisi Rehber Doküman No. 27 “ÇKS Türetmek İçin Teknik Rehber“.
- Lepper 2005, SÇD 16. Madde 'ye Göre Öncelikli Maddeler İçin ÇKS Türetmede Yöntemsel Çerçeve Hakkında El Kitabı
- SÇD İçin Ortak Uygulama Stratejisi Rehber Doküman No. 27 geliştiren uzman grubunun lideri olan Geneviève Deviller'in deneyimlerine ilaveten, INERIS, Fransa tarafından üretilen tüm EQS Ve Kılavuz Değerler İle Bir Excel Dosyası
- Hollanda'nın İlk Hidrolojik Planlama Döngüsü
- UKTAG Çevresel Standartlar Faz III Sonuç Raporu, 04.12.2013, İngiltere
- ÇKS Türetmede Uygulanan Prosedürlere ve Sonuçlarına İlişkin Yasal Dokümanlar
- ÇKS Türetmede Ulusal Uzman Grupları Tarafından Üretilen Teknik Dokümanlar

### **8.3.3 Çevresel Kalite Standartları Türetme Adımları**

Şekil 8.7'de ÇKS türetmede takip edilen genel prosedürü özetlemektedir.



Şekil 8.7 ÇKS Türetmede Anahtar Adımlar

### 8.3.3.1 Birinci Adım: Alıcıları ve Risk Altındaki Yerleri Tanımla

ÇKS'ler, tatlı su ve deniz ekosistemlerini, kimyasalların ve insan sağlığının, su ortamlarından kaynaklanan yiyeceklerin yutulması veya içme suyu yoluyla olabilecek olumsuz etkilerinden korunmalıdır. Bu nedenle, farklı tipte çeşitli alıcılar tanımlanmalıdır.

Bu maddeler neredeyse tamamen pestisitler (örneğin Alüminyum Fosfid, Diklorvos), herbisitler (örneğin Glyphosate ammonium), insektisitler (örneğin Aldrin) ve aynı zamanda tabaklama ve deri gibi çeşitli endüstriyel sektörler (örneğin; Sülfidler), transformatör ve kapasitörlerin (PCB) üretimi, metal işleme (örneğin PAH), deterjan ve farmasötikler (örneğin Benzalkonyum klorür) ve kozmetikler (örneğin, Myristamine oxide, Triclosan) kaynaklı organik bileşiklerdir. Alıcılar Tablo 8.16'da görülmektedir.

Tablo 8.16 Alıcılar

Alıcılar		Su	Çökelti	Biyota
	İnsanlar	Hayır	Hayır	Hayır (balıkçılık ürünleri)
	Çökeltide Bulunan Biyota	Hayır	Evet	Kapalı
	Pelajik Biyota	Evet	Hayır	Kapalı (ikincil zehirlenme)
	Üst Avcılar (kuşlar, memeliler)	Hayır	Hayır	Evet (ikincil zehirlenme)

## ***Su***

Pelajik canlılar (su kolonunda yaşayan canlılar) korunur. Öte yandan, içme suyundan insan sağlığının korunması ve üst yırtıcıların Korunması İçme Suyu Direktifiyle belirlenir. Bu şekilde, Rehber Doküman No. 27, 3.9.1 bölümüne de yansıtıldığı gibi, içme suyu elde edilmesinde kullanılan su kütlelerinin kalite standartlarını belirlemek için içme suyu standartları kullanılmaktadır. Bu nedenle, Belirli Kirleticiler sadece ekolojik durum için düşünülürken, bu alıcıları dikkate almak gerekli değildir.

## ***Çökelti***

Bentik canlılar (çökeltide yaşayan) korunur.

## ***Biyota***

Üst avcılar (kuşlar ve memeliler gibi) avlarında toksik kimyasallar tüketerek ortaya çıkan ikincil zehirlenme risklerinden korunur.

Şu anda, kuşlar ve memeliler için geliştirilen Biyota standartlarının, bentik ve pelajik avcılar için yeterince koruyucu olduğu varsayılmaktadır. Öte yandan, balıkçılık ürünlerinin tüketilmesinden insan sağlığının korunması, kapsam dışındadır.

### **8.3.3.2 İkinci Adım: Verileri Topla ve Kalitesini Değerlendir**

Kapsamlı ve kalitesi değerlendirilen veriler Kalite Standardı (ÇKS) türetmesinin temel girdisidir. Nitekim ÇKS türetilmesi için gereken kaynakların çoğu, verilerin toplanması ve değerlendirilmesi için harcanmaktadır.

#### ***ÇKS Türetilmesinde Gereken Veri Tipleri***

ÇKS türetilmesinde bütün veriler eşit etkiye sahip değildir. Öte yandan, kritik veriler, ekstrapolasyon için temel olarak kullanılan hassas türler ve son noktalar için eksotoksisite verileridir (tipik olarak NOEC'ler/EC10'lar veya LC/EC50) ve dolayısıyla ÇKS'nin değerini belirler ve/veya güçlü bir şekilde etkiler ve diğer destekleyici veriler bu veriler olup, kritik veri olarak tanımlanmamaktadır. Tercihen, deneysel veriler, bu metodolojide ÇKS elde etmek için, hesaplama ve QSAR tahminleri gibi tahmini veriler, veri eksikliğinden kaynaklanabilen türetme sürecinde belirsizliğin azaltılması için destekleyici veriler olarak kullanılır. Sadece ilgili maddeler için deneysel verilerin bulunmaması durumunda, QSAR verileri kritik bir veri olarak kullanılır.

Bu veriler şu gruplarda sınıflandırılabilir:

- Kimyasal Kimlik

Ortak ad, Kimyasal adı (IUPAC), Sinonimler, CAS numarası, AB numarası, Molekül formülü, Molekül yapısı.

- Fiziksel ve kimyasal nitelikler

Su çözünürlüğü, Buhar basıncı, Henry kanunu sabiti, Çözünme sabiti (İyonik bileşiklerin adsorpsiyonu ve yöntemlerin güvenilirliği için destekleyici bilgiler), n-oktanol/su kısmı katsayısı Log Kow (biyoakümülyasyon ve adsorbsion).

- Çevresel kader ve davranış

Biyo çözünürlük, Hidroliz, adsorpsiyon/desorpsiyon: Ksed-su ve Koc, biyo akümülyasyon: Biyo Konsantrasyon Faktörü (BCF<sup>1</sup>), Biyo Akümülyasyon Faktörü (BAF<sup>2</sup>) ve Biyo Magnifikasyon Faktörü (BMF<sup>3</sup>).

- Toksikolojik veriler

- Tatlı ve tuzlu sudaki sucul pelajik canlılar

Temel set, alg (veya makrofitler), dafniya ve balıktır ancak yabancı veya egzotik türler de dahil olmak üzere tüm taksonomik gruplardan elde edilen tüm veriler dikkate alınmalıdır. Bu veriler akut ve uzun dönem toksisite ile alakalıdır.

Tatlı ve tuzlu sudaki sucul bentik canlılar

Bütün alakalı bentik taksonomik gruplar ele alınmalıdır. Bu veriler akut ve uzun dönem toksisite ile alakalıdır. Bununla birlikte, ikincisi tercih edilmelidir.

- Kuşlar ve memeliler oral toksisite

Alt akut ve kronik maruziyet ile tekrarlanan doz toksisite çalışmaları, hayati organların ve gelişmenin üreme son noktaları üzerindeki etkileri olarak dikkate alınmalıdır.

### ***Veri Araştırma: İlgili Kaynakları***

Kaynak seçimi, ÇKS türetilmesinde esastır çünkü aşağıda açıklanan veri kalitesini belirler. Bu yöntemi öncelik sırasına göre değerlendiren kaynaklar şunlardır:

- AB veya diğer düzenleyici çerçeveler altında değerlendirilen ve kamuya açık veriler.

SÇD altındaki Kalite Standartları (Öncelikli Maddeler ve Öncelikli Tehlikeli Maddeler İçin AB Kalite Standartları ve Belirlil Kirleticiler İçin Ulusal Kalite Standartları), Sınıflandırma ve Etiketlendirme (Küresel Uyumlaştırılmış Sistem ve CLP Düzenlemesi), Pestisitler (AB), Mevcut Madde Düzenlemeleri (AK 793/93), Biyosit Ürünler (Kabul edilen ve

---

<sup>1</sup> BCF: Bir canlıdaki madde konsantrasyonunun su konsantrasyonuna oranı.

<sup>2</sup> BAF: Bir canlıdaki madde konsantrasyonunun çevreleyen ortam konsantrasyonuna oranı (su, gıda ve çökelti).

<sup>3</sup> BMF: Avcıdaki madde konsantrasyonunun avdaki konsantrasyona oranı.

gözden geçirilen aktif maddeler), REACH (maddeler için madde değerlendirme raporları), OECD (SIDS), US EPA (TSCA), Kanada Hükümeti, NICNAS (Avustralya), NITE (Japonya).

- Sanayiden Gönüllü Temin Edilen Veriler  
Küresel (Cefic, ECETOC), Piyasa Sektörü (Concawe, HERA, CIR, EIGA), Araştırma ve Tüketici Kuruluşları (Eawag, NIH-US Ulusal Tıp Kütüphanesi, ChemHat, Gestis).
- Bilimsel Literatür  
El Kitapları (Martindale's, Index Merck), Hakemli Makaleleri Araştıran Veri Tabanları (PubMed, Science direct, vs).
- QSAR Veritabanları  
OECD Araç Kutusu, VEGA Platformu, vs.

### ***DeneySEL Verilerin Kalite Değerlendirmesi***

Açıklanan bilgi kaynaklarından elde edilen veriler toplandıktan sonra, ÇKS türetilmesi için kullanılmadan önce değerlendirilmelidir. Bu değerlendirme, verilerin geçerliliği ve güvenilirliğinin bir kontrolüne dayanmaktadır:

- Alakalılık: Bir testin alakalı bir koruma hedefi için bir kimyasalın tehlikeli özellikleri hakkında faydalı bilgiler sağladığı durum.
- Güvenilirlik: Bir test raporu veya (tercihen standartlaştırılmış) yöntem ile alakalı yayınların niteliği, deneysel prosedür ve bulguların netliği ve makul olup olmadığına dair kanıtların açıklandığı sonuçlar.

Eldeki verilerin uygunluğunu değerlendirmek için dikkate alınan hususlar şunlardır:

- Test edilen maddenin incelenen madde için temsili olması,
- Maruziyet yolunun türler ve koruma hedefi ile alakalılığı,
- Test edilen koşulların saha adına temsili olması,
- Son noktayı etkileyen kritik parametrelerin yeterli olarak kabul edilmesi,
- Çalışılan son noktaların uygunluğu,

Mevcut çalışma verilerinin kaliteden farklılık gösterebilmesinin ve dolayısıyla bilginin güvenilirliğini etkileyebilmesinin genel nedenleri, rafine hale getirilmiş olan ham metotların, örneğin ölçülen konsantrasyonun, sonuçların istatistiksel analizi/öneminin olmaması, düşük kalite güvencesinin, örn. GLP, test maddesini karakterize etme başarısızlığı, örn. saflık ve zayıf raporlama bilgisi kullanılması olmasıdır.

### ***Veri Eksikliğinde Veri Tahmini***

ÇKS çerçevesindeki test dışı yöntemlerin kullanımı, toksikliği kritik veriler olarak tahmin etmek için uygun değildir, bu nedenle bu verilerin, kader ve davranış özellikleri ve toksisite hakkında destekleyici bilgiler için kullanılması önerilir. Bu yöntemler, maliyet etkin bir şekilde ÇKS'deki belirsizlikleri azaltmak için yararlı olabilir ve deneysel veri kümelerini temel alan tahmin modelleri ve okumaları içerir.

Bu metodolojide, veri boşluklarını doldurmak için QSAR adında bir tahmin modeli kullanılır. Sadece ilgili veriler için deneysel verilerin bulunmaması durumunda, QSAR verileri kritik veriler olarak kullanılır.

QSAR, kimyasal yapıdan türetilen bir veya daha fazla kantitatif parametreyi bir nitelik ölçüsüne (ör. kader özellikleri) veya aktiviteye (örn., Toksisite) bağlayan matematiksel bir modeldir (genellikle istatistiksel bir korelasyon). QSAR'lar sıklıkla regresyon denklemleri formunu almıştır ve sürekli bir ölçekte (örneğin, reproduktif çıktı) veya kategorik bir ölçekte (ör. mortalite) olan etkilerin/etkinliklerin tahminlerini yapabilirler.

Bununla birlikte, genellikle ÇKS'yi elde etmek için gerekli olan tüm destekleyici veriler sadece bir modelde bulunmaz, bu nedenle EPI Suite yazılımı (US EPA, 2007b) kullanılabilir. Bu yazılım kader ve davranış verilerini (ör. Kow, Koç, Biyodegradasyon, BMF, vb.) ve ekotoks verilerini (ör. akut su toksisitesi) tamamlar. Ayrıca VEGA platformu da kullanılabilir. Bu model, tehlike değerlendirmesi, güvenilirlik skoru, uygulanabilirlik alanı puanları ve model değerlendirmesine dayanan bir tahmin puanı verebilir ve tahmin güvenilirliğinin kritik yönleri üzerine dikkat çekmek için otomatik kontrol yapabilir.

### 8.3.3.3 Üçüncü Adım: Ekstrapolasyon

ÇKS türetmenin tüm metodolojisi, laboratuvarında elde edilen değerlerin sahadakilere benzer olduğu düşüncesine dayanmaktadır, ancak elde edilen değerlerin ekosistemleri korumak için uygun olup olmadığı konusunda belirsizlik yaratan farklılıklar olduğu için bu tam olarak doğru değildir. Bu belirsizlikleri dikkate almak için, laboratuvarında elde edilen verilerin bir ekstrapolasyonu yapılır.

Deterministik ve olasılıksal yöntemler olmak üzere iki ana yaklaşım mümkündür, Esas olarak deterministik yaklaşım, en düşük güvenilir toksisite verisini alır ve ÇKS'yi hesaplamak için bir AF (1'e kadar düşük veya 10000'e kadar yüksek olabilir) uygular, AF mevcut verilerdeki belirsizlikleri mümkün kılar. Olasılıksal yöntemler, tüm güvenilir toksisite (genellikle NOEC) verilerinin sıralandığı ve bir modelin yerleştirildiği türler duyarlılık dağılımı (SSD) modellemesini benimsemektedir. Bundan, belli bir orandaki türler için (tipik olarak% 95) konsantrasyon koruma tahmin edilebilir (HC5).



SSD modelleri, türler arasındaki duyarlılık farklılıklarını açık bir şekilde açıklamaktadır ancak SSD modeli tarafından hesaplanmayan “artık” belirsizliklerini hesaba katmak için model ekstrapolasyonundan kaynaklanan HC5'e bir başka AF uygulanmaktadır. Deterministik bir yaklaşımda, mevcut veri miktarına ve türüne bağlı olarak daha büyük AF'ler tipiktir. Ekstrapolasyonun temel ilkesi, belirsizliğin yüksek olduğu durumlarda daha büyük AF'lerin gerekli olmasıdır.

Deterministik veya olasılıksal yaklaşımların ne zaman uygulanacağına ilişkin bir karar kriteri olarak, veri setine dahil edilen takson ve türlerin sayısı bakımından en az 3 taksonomik grubu kapsayan farklı türlerden 10 veya daha fazla NOEC/EC10 veya L(E)C50 kabul edilir. Örneğin, doğrudan ekotoksositeye ilişkin tatlı su kalitesi standardı bazında, aşağıdaki taksonun normal olarak temsil edilmesi gerekir:

- Balıklar (sıklıkla test edilen türler arasında soğuk sularda yaşayan yumuşak yüzgeçli balıklar, golyan balıkları, ay balığı, kanal yayın balığı vs.)
- Bir kabuklu (ör: Kladoceran, kopepod, ostrakod, balık kenesi, amfipod, kerevit vb.)
- Algler

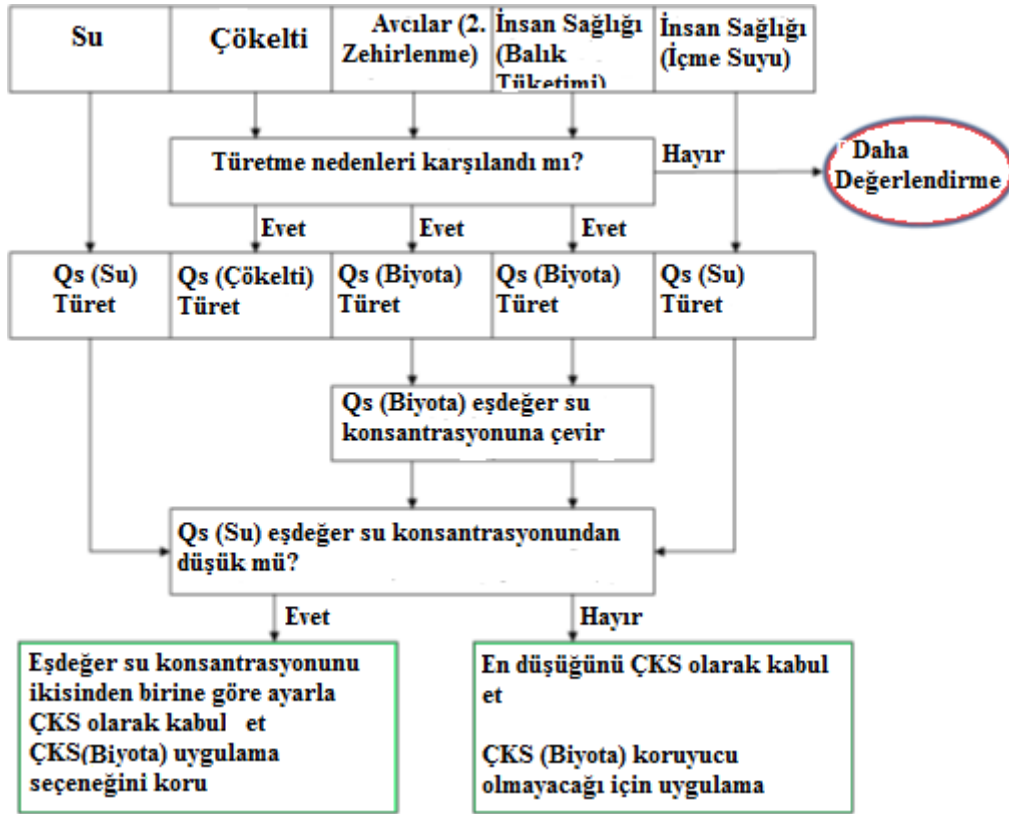
Böylece, bu metodolojide NOEC/EC10 veya L(E)C50 sayısı  $<10$  olduğunda, ÇKS deterministik yöntem kullanılarak türetilir. Bununla birlikte, elde edilen NOEC/EC10 sayısı  $\geq 10$  ise, sonuçları karşılaştırmak ve her ikisini de dikkate alarak nihai kararı vermek için deterministik ve olasılıksal yöntemler kullanılır.

Bu karşılaştırmada, olasılıksal yaklaşımdan elde edilen sonuçlar, tercihen ekosistem etkilerini değerlendirmek için daha sağlam bir yaklaşım gerektirdiği için kabul edilir.

Ayrıca, Rehber Doküman no. 27 “Çevresel Kalite Standartlarının Türetilmesi İçin Teknik Rehberlik”, bir SSD oluşturmak için toksisite verilerinin log-transformasyona tabi tutulması ve bu dağılımın bir yüzdesinin bir ÇKS için temel olarak kullanıldığı bir dağıtım fonksiyonuna takılması gerektiği, dolayısıyla tüm mevcut dağıtımlara uygun veriler az olduğunda SSD yönteminin kullanılmaması gerektiğine işaret eder.

#### **8.3.3.4 Dördüncü Adım: ÇKS Öner**

Bu noktada, su sütunu, çökelti veya biyota uygulanan eşik konsantrasyonunu öner ve gerekli olan toplam ÇKS'yi seç. Bunun için Rehber Doküman no. 27'nin karar kriteri takip edilir. Şekil 8.8'de değerlendirme ve ÇKS Seçimi özetlenmiştir.



Şekil 8.8 Değerlendirme ve ÇKS Seçimi

Öte yandan, ÇKS'nin türetilmesinin hedeflerinden birinin yasal bağlamda kullanılacak bir standardı uygulamaya koyduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle, politika yapıcıya çözümlenmemiş belirsizliklerin doğası, önemi ve çözülmesi gereken adımlar hakkında tavsiyelerde bulunulması elzemdir. Bu şekilde standardın nasıl uygulanacağına dair kararlar bilinçli bir şekilde verilir.

### 8.3.3.5 Beşinci Adım: ÇKS Uygula

Tablo 8.1'de gösterildiği gibi, farklı alıcıların kirletici maddelere maruz kalması, her bir kısım için farklıdır, sonuç olarak ÇKS'nin türetilmesi söz konusu olduğunda, uzun ve kısa vadeli olmak üzere, iki tür maruziyet dikkate alınır,

Maruz kalma sonucunda ortaya çıkan hem uzun hem de kısa vadeli etkileri karşılamak için, normalde iki su sütununun ÇKS'si gerekir:

- Yıllık ortalama konsantrasyon (YO-ÇKQS) olarak ifade edilen ve normalde kronik toksisite verilerine dayanan uzun vadeli bir standart
- Akut toksisite verilerine dayanan maksimum kabul edilebilir konsantrasyon ÇKS (MAK-ÇKS) olarak adlandırılan kısa süreli bir standart

ÇKS'lerin biyota ve çökelti için türetildiği yerlerde, bunlar her zaman uzun vadeli bir standart olarak ifade edilir. Bu kısımlar için kısa vadeli bir standart elde etmek uygun değildir, çünkü maruz kalma tipik olarak uzun süreler boyunca gerçekleşir.

#### **8.3.4 Su Kalitesi Koruma Standartları**

İki kalite standardı türetilir. Bunlardan biri, kronik toksisiteye bağlı olarak, yıllık konsantrasyonun kirletici maddeyi geçmemesine izin verir (YO-ÇKS) ve diğeri akut toksisite verisiyle ilgili olarak, bir su kütleindeki (MAK-ÇKS) bir kontaminantın izin verilen maksimum konsantrasyonunun değerini elde eder. İlk olarak, bir alıcının kontaminant etkilerine maruz kaldığı sürenin daha düşük konsantrasyonlarda gerçekleşmesi mantıklı görünmektedir. Bu nedenle, düşük konsantrasyonlarda kronik maruziyetin etkileri normalde akut maruziyete göre gerçekleşir. Bununla birlikte, tahmini MAK-ÇKS bazen YO-ÇKS'den daha sıkı olabilir. Kronik çalışmalarda gözlenen etkilerin, uzun süreli maruz kalmaktan ziyade test maddesiyle ilk temastan kaynaklanması da mümkündür. Bu, toksikolojik anlam taşımadığından, MAK-ÇKS doğrudan ekotoksisite için YO-ÇKS'ye eşit olarak ayarlanır.

Su kolonunda bir değerlendirme her zaman ÇKS türetmede gerçekleştirilir, bu nedenle bu kısım için herhangi bir tetikleme kriteri gerekli değildir.

#### **8.3.5 Sucul Toksikite Verilerinin Hazırlanması**

Ekotoksikite verileri, ÇKS'nin değerinin çıkarılması için temel olarak kullanılan kritik verilerdir, bu nedenle bu verileri toplamak ve değerlendirmek için özel dikkat gösterilir. Bunun için aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmelidir:

- Dünya çapında düzenleyici programları kontrol edin.
- İnternetteki diğer kaynakları kontrol edin (ör. Veritabanları)
- Bilgi paylaşımı için çevre ajansları ile iletişime geçin
- Özellikle standart dışı organizmalar için hakemli makale literatürünü gözden geçirin ve eksik ve ham veriler rapor edilirse ilgili toksisite değerlerini elde edin
- Alaka düzeyi ve güvenilirlik için veri değerlendirmesi yapın
- Tablodaki verileri rapor edin: trofik grup, tatlı/deniz suyu, türler, toksisite değeri, maruz kalma süresi, ölçülen etki (son nokta) ve referans.

Öte yandan, birçok veri mevcutsa aynı tür ve son nokta için toplanması ve tatlı ve tuzlu su verilerinin birleştirilip birleştirilemeyeceği analiz edilmelidir. Bu amaçla aşağıdaki prensipler dikkate alınmalıdır:

- Toksikite (ör. farklı test koşulları) arasındaki farklılıkların açık bir nedeni olmadıkça, toksisitedeki herhangi bir değişiklik sadece rastgele hatayı yansıtabilir ve geçerli veriler, her bir tür ve bitiş noktası için geometrik ortalama hesaplanarak tek bir değer olarak toplanır.
- Deniz ve tatlı su türlerinin toksisite veri setleri normal olarak birleştirilir. Benzer duyarlılık konusunda şüpheler varsa, farklılıklar istatistiksel analizlerle test edilir.

Bu analiz aşağıdaki adımların gerçekleştirilmesini içerir:

- Tüm tatlı su verileri toplanır ve tablo haline getirilir (not: bu veri seti, tür başına bir toksisite değeri içerir). Daha sonra, bu toksisite değerlerinin her birinin logaritmik dönüşümü gerçekleştirilir.
- Tüm tuzlu su verileri toplanır ve tablo haline getirilir (not: bu veri seti, tür başına bir toksisite değeri içerir). Daha sonra, bu toksisite değerlerinin her birinin logaritmik dönüşümü gerçekleştirilir.
- Bir F-testi kullanarak, iki log dönüştürülmüş veri kümesinin eşit mi yoksa eşit olmayan varyans mı olduğunu belirleyin. Testi 0.05 anlamlılık seviyesinde ( $\alpha$ ) yapın
- Veri kümeleri arasındaki farkları test etmek için, f testi ile belirlenen eşit olmayan varyanslar için düzeltme içeren veya düzeltilmemiş iki kuyruklu  $t^4$ -testi gerçekleştirilir. Testi 0.05 anlamlılık seviyesinde ( $\alpha$ ) yapın

İstatistiksel bir fark bulunursa, deniz suyu verilerine dayalı deniz suyu için ÇKS'ler türetilir.

Aksine, verilerin eksik olması durumunda, bu tür bir iyileştirmenin ayırt edici gücünün neredeyse sıfır olamayacağından, her iki dizinin istatistik özelliklerini karşılaştırmak için bir iyileştirme gerçekleştirilmesi anlamsızdır. Bu durumlarda uzman kriterleri geçerli olur. Bu kriter, tatlı su ve deniz türlerinin duyarlılıklarındaki farklılığa dayanarak, aşağıdaki muhasebenin yapılıp yapılmadığının kontrol edilmesini içerir.

- Yayılmış veriler (birleştirilmiş)
- Önemli aşma veya varsayılan (birleştirilmemiş)

---

<sup>4</sup> Bir t-testinin sonuçları, artan örnek büyüklüğü ile gittikçe daha anlamlı hale gelmektedir, bu nedenle seçime (daha duyarlı organizma grubu) ve temsil edilen veri sayısına özel bir dikkat gösterilmesi gerekir.

### 8.3.6 Deterministik Yaklaşım (AF Yöntemi) Kullanılarak ÇKS Türetilmesi

Küçük veri setleri olan maddelerde (yani, veri sayısı<10), ÇKS'leri elde etmek için deterministik yaklaşım veya değerlendirme faktörü yöntemi (AF yöntemi) kullanılır.

Esas olarak deterministik yaklaşım, en düşük güvenilir toksisite verisini alır ve ÇKS'yi hesaplamak için bir AF (1 kadar düşük veya 10000'e kadar yüksek olabilir) uygular.

$$\text{ÇKS} = \text{En Düşük Zehirlilik Verisi (LC50, EC10, NOEC)} / \text{Değerlendirme Faktörü (AF)}$$

Son nokta/tür seçimi akut ve kronik toksisite verileri arasında en hassas olanı dikkate almalı ve AF uygulaması mevcut verilere, suyun (tatlı/tuzlu) ve uç nokta türüne (kronik veya akut etkiler ile ilgili olarak) bağlı olmalıdır.

#### Tatlı Su-Yıllık Ortalama (YO-ÇKS<sub>(Tatlı Su, Eko)</sub>)

Rehber Doküman No. 27'den alınan dikkate alınan değerlendirme faktörü aşağıdaki tabloda (Tablo 8.17) gösterilmektedir.

**Tablo 8.17 AA-ÇKS Elde Etmek İçin Sucul Toksikite Verilerine Uygulanan Değerlendirme Faktörü ÇKS(Tatlı Su, Eko)**

Mevcut Veri	Değerlendirme Faktörü
Üç trofik seviyenin her birinden en az bir kısa süreli L(E)C50 (balıklar, omurgasızlar (Su Piresi ve alg) (örneğin temel set)	1000 <sup>a)</sup>
Bir uzun dönem EC10 veya NOEC (balık veya Su Piresi)	100 <sup>b)</sup>
İki trofik seviyeyi temsil eden türden (balık ve/veya Su Piresi ve/veya alg) iki uzun dönem neticesi (örneğin EC10 veya NOEC)	50 <sup>c)</sup>
Üç trofik seviyeyi temsil eden en az üç türden (normal olarak balık, Su Piresi ve alg) uzun dönem neticeleri (örneğin EC10 veya NOEC)	10 <sup>d)</sup>
Saha veya ekosistem model verileri	Durum bazında gözden geçirilen <sup>f)</sup>

Tabloya ilave edilen a), b), c), d) ve f) notları Rehber Doküman No. 27 tarafından oluşturulan AF değerini uygun olduğu yerlerde ayarlamak için kullanılan klavuzlardır. 1000 AF, yüksek bir belirsizlik seviyesini ima eder, bu nedenle kullanıldığında, ÇKS türetme sayfasında rapor edilir.

### **Tatlı Su-Maksimum Kabul Edilebilir Konsantrasyon (MAK-ÇKS<sub>(Tatlı Su, Eko)</sub>)**

MAK-ÇKS (tatlı su, eko) için sadece akut ve baz seti verileri kullanılmalıdır. Rehber Doküman no. 27'den elde edilen dikkate alınan değerlendirme faktörü Tablo 8.18'de gösterilmektedir.

**Tablo 8.18** MAK-ÇKS(Tatlı Su, Eko) Türetmek İçin Akut Toksikite Verilerine Uygulanan Değerlendirme Faktörü

<b>Toksikite Verisi</b>	<b>İlave Bilgi</b>	<b>Değerlendirme Faktörü</b>
Temel set tamam değil	–	– <sup>a)</sup>
Denizin üç trofik seviyesinden her birinden (balıklar, kabuklular ve algler) en az bir kısa dönem L(E)C50		100
Temel setin üç trofik seviyesinden her birinden (balıklar, kabuklular ve algler) en az bir kısa dönem L(E)C50	Farklı türler için akut toksikite verileri, her iki yönde de 3 faktörden daha yüksek bir standart sapmaya veya veri kümesine dahil olan en hassas taksonomik grup için toksik eylem ve temsili türlerin bilinen moda sahip değildir b)	10 <sup>c)</sup>

Tabloya ilave edilen a), b) ve c) notları Rehber Doküman no. 27 tarafından oluşturulan AF değerini uygun olduğu yerlerde ayarlamak için kullanılan klavuzlardır. Deneysel temel kümesi tamam MAK-ÇKS<sub>(Tatlı Su, Eko)</sub> değilse, türetilemez, bu nedenle bundan kaçınmak test dışı veriler veri kümesini tamamlamış sayılır.

### **Deniz Suyu-Yıllık Ortalama (YO-ÇKS<sub>(Deniz Suyu, Eko)</sub>)**

Deniz ortamındaki yüksek biyoçeşitliliği hesaba katmak için ÇKS deniz suyuna 10 ek AF uygulanır. Rehber Doküman no. 27'den elde edilen dikkate alınan değerlendirme faktörü Tablo 8.19'da görülmektedir.

**Tablo 8.19 YO-ÇKS(Deniz Suyu, Eko) Türetmek için Sucul Toksikiteye Uygulanan Değerlendirme Faktörü**

<b>Veri Seti</b>	<b>Değerlendirme Faktörü</b>
Üç trofik düzeydeki üç taksonomik grubun (alg, kabuklular ve balık örn. temel set) tatlı su veya tuzlu su temsilcilerinden en düşük kısa süreli L(E)C50	10000 a)
Üç trofik seviyenin üç taksonomik grubun (alg, kabuklular ve balık) tatlı su veya tuzlu su temsilcilerinden en az kısa süreli L(E)C50 ve iki ek deniz taksonomisi grubu (ör. Ekinodermiler, yumuşakçalar)	1000 <sup>b)</sup>
Bir uzun vadeli sonuç (örneğin EC10 veya NOEC) (tatlı su veya tuzlu su kabuklu üreme veya balık büyüme çalışmalarından)	1000 <sup>b)</sup>
İki trofik seviyeyi (alg ve/veya kabuklular ve/veya balık) temsil eden tatlı su veya tuzlu su türlerinden iki uzun vadeli sonuç (örn. EC10 veya NOEC)	500 <sup>c)</sup>
Üç tatlı su veya tuzlu su türünden (normal olarak alg ve/veya kabuklular ve/veya balık) üç trofik seviyeyi temsil eden en düşük uzun vadeli sonuçlar (örn. EC10 veya NOEC)	100 <sup>d)</sup>
İki trofik seviyeyi (alg ve/veya kabuklular ve/veya balık) temsil eden tatlı su veya tuzlu su türlerinden iki uzun vadeli sonuç (örneğin EC10 veya NOEC) ve bir ek deniz taksonomik grubundan (örneğin ekinodermiler, yumuşakçalar) bir uzun vadeli sonuç	50
Üç tatlı su veya tuzlu su türünden (normal olarak alg ve/veya kabuklular ve/veya balık) üç trofik seviyeyi temsil eden en düşük uzun vadeli sonuçlar (örn. EC10 veya NOEC) ve ek deniz taksonomik gruplarından iki uzun vadeli sonuç (örn. Ekinodermiler. Yumuşakçalar)	10 <sup>e)</sup>

Tabloda yer alan a), b), c), d) ve e) notları, uygun olduğunda AF değerini modüle etmek için kullanılan Rehber Doküman no. 27 klavuzlarıdır. Tatlı su verileri, deniz verileri yoksa veya hassasiyette bir farklılık yoksa kullanılabilir.

### Deniz Suyu – Maksimum Kabul Edilebilir Konsantrasyon (MAK-ÇKS<sub>Deniz Suyu, Eko</sub>)

MAK-ÇKS<sub>Deniz Suyu, Eko</sub> türetmek için aynı ilave AF 10 uygulanan ve akut ve temel veri seti gerektiğinde kullanılır. Rehber Doküman No. 27'den elde edilen dikkate alınan değerlendirme faktörü Tablo 8.20'de gösterilmektedir:

**Tablo 8.20 MAK-ÇKS Deniz Suyu, Eko Türetmek için Sucul Toksikiteye Uygulanan Değerlendirme Faktörü**

Toksosite Verisi	İlave Bilgi	Değerlendirme Faktörü
Temel set tamamlanmamış	–	– <sup>a)</sup>
Temel setin üç trofik seviyesinin her birinden en az bir kısa süreli L(E)C50 (balık, kabuklular ve algler)		1000
Temel setin üç trofik seviyesinin her birinden en az bir kısa süreli L(E)C50 (balık, kabuklular ve algler)	Farklı türler için akut toksisite verileri, her iki yönde de 3 faktörden daha yüksek bir standart sapmaya sahip değildir <sup>b)</sup> VEYA veri setine dahil olan en hassas taksonomik gruplar için bilinen toksik etki ve temsili türler veri setine dahildir.	100
İlave bir spesifik tuzlu su taksonomik gruptan temel setin (balık, kabuklular ve algler) üç trofik seviyesinin her birinden en az bir kısa süreli L(E)C50 ve bir kısa süreli L(E)C50		500



İlave bir spesifik tuzlu su taksonomik gruptan temel setin (balık, kabuklular ve algler) üç trofik seviyesinin her birinden en az bir kısa süreli L(E)C50 ve bir kısa süreli L(E)C50	Farklı türler için akut toksisite verileri, her iki yönde de 3 faktöründen daha yüksek bir standart sapmaya sahip değildir b) VEYA bilinen toksik etki türü ve veri kümesinde bulunan çoğu hassas taksonomik grup için temsili tür veri setine dahildir.	50
Temel setin (balık, kabuklular ve algler) üç trofik seviyesinin her birinden en az bir kısa süreli L(E)C50 ve ilave spesifik tuzlu su taksonomik gruplarından iki veya daha fazla kısa süreli L(E)C50s		100
Temel setin (balık, kabuklular ve algler) üç trofik seviyesinin her birinden en az bir kısa süreli L(E)C50 ve ilave spesifik tuzlu su taksonomik gruplarından iki veya daha fazla kısa süreli L (E) C50s	Farklı türler için akut toksisite verileri, her iki yönde de 3 faktöründen daha yüksek bir standart sapmaya sahip değildir. b) VEYA bilinen toksik etki türü ve veri kümesine dahil olan en hassas taksonomik grup için temsili türler veri setine dahildir.	10 <sup>c)</sup>

Tabloda yer alan a), b) ve c) notları, uygun olduğunda AF değerini modüle etmek için kullanılan Rehber Doküman no. 27 klavuzlarıdır.

### 8.3.7 Olasılık Yaklaşımı Kullanılarak ÇKS Türetilmesi (SSD Yöntemi)

REACH rehberi (ECHA, 2008), yani türler için duyarlılık dağılımı yöntemi (SSD) hükümleri doğrultusunda istatistiksel olarak ekstrapolasyon, su için ÇKS'nin türetilmesi için kullanılabilir. Aldenberg ve Jaworska'nın (2000) yöntemi en uygun olarak kabul edilir çünkü HC5 için güven aralığının (normalde% 90 aralığının) hesaplanmasını sağlar. Bu yöntem ETX bilgisayar programında kullanılır.

Aldenberg ve Jaworska'ya göre HC5 aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Log HC5} = X_{m-k} * s \quad (8.1)$$

Burada;

HC5: Belli bir orandaki türler için (tipik olarak% 95) konsantrasyon koruma

$X_m = \log$  dönüştürülmüş NOEC ve EC10 verileri ortalaması

$k =$  koruma seviyesine ve örnek büyüklüğüne bağlı olarak ekstrapolasyon sabiti

$s = \log$  dönüştürülmüş verilerin standart sapmasıdır.

Yukarıda belirtilen gerekliliklere göre, bir SSD sadece veriler bol olduğu zaman oluşturulabilir, ancak nihai ÇKS'de hesaba katılması gereken birtakım belirsizlikler olabilir. Bu nedenle, HC5 ilave bir AF'ye bölünür:

$$QS = HC5/AF$$

Bu belirsizlikler arasında HC5 tahmini etrafındaki istatistiksel belirsizlikler yer almaktadır. örneğin:

- Uygunluğun iyiliği veya 5. persentilin etrafındaki güven aralığı
- Farklı güven düzeylerinin değerlendirilmesi (ETX programında, her zaman HC5'in% 90 güven aralığının üst ve alt sınırı için ekstrapolasyon faktörleri verilmiştir.).

Bununla birlikte, MAK-ÇKS<sub>Tatlı Su, Eko</sub> durumunda, uzun vadeli NOEC'ler yerine eko ekstrapolasyon, akut L(E)C50 verileri uygun girdi verileridir ve sonuçta oluşan HC5, türlerin% 5'i için etkisizlik konsantrasyonu değil % 50'lik etki konsantrasyonuna karşılık gelir çünkü SSD girdisi L(EC)50 değerleridir. Dolayısıyla, bu durumda, seçilen AF, yukarıda listelenen belirsizlikleri ve etkilerin etkilerini azaltma etkilerini hesaba katan belirsizlikleri dikkate alır (bu sebeple AF, MAK-ÇKS<sub>Tatlı Su, Eko</sub>'yu türetmek için kullanılırken, Eko, YO-ÇKS<sub>Tatlı Su, Eko</sub> içinde kullanılan AF'den daha büyüktür).

Bu yaklaşım sadece veri gereksinimleri karşılandığında kullanılır:

- Bir dağıtım fonksiyonuna bağlı toksisite verileri (Bir veri dizisinin normal dağılımdan türetme olasılığı% 5'ten daha büyük olduğunda)
- Alakalı topluluğun istatistiksel ve ekolojik olarak temsil edilmesi (Veri seti en azından farklı türlerden 10 NOEC/EC10 olmalıdır)

Tatlı su ve tuzlu su toksisite verilerinin değerlendirilmesinden sonra, veri havuzda toplanabilir, deniz ve tatlı su türleri için kombine toksisite veri setleri kullanılabilir.

Formülde yer alan Değerlendirme Faktörünün değeri, ilgili suyun türüne ve değerlendirilmekte olan etki türüne bağlıdır:

### **Tatlı Su – Yıllık Ortalama (YO-ÇKS Tatlı Su, Eko)**

- Veri Girişi: Kronik NOEC veya EC10.

- Varsayılan olarak AF 5 değeri kullanılır, ancak kanıtın kalan belirsizliği ortadan kaldırdığı durumlarda azaltılabilir.

$$YO-ÇKS_{\text{Tatlı Su, Eko}} = HC5 / 5 \quad (8.2)$$

#### **Tatlı Su – Maksimum Kabul Edilebilir Konsantrasyon (MAK-ÇKS<sub>Tatlı Su, Eko</sub>)**

- Veri Girişi: L(E)C50.
- Etki dışı ekstrapolasyon etkilerini açıklamak için AF 10 kullanılır.

$$MAK-ÇKS_{\text{Tatlı Su, Eko}} = HC5 / 10 \quad (8.3)$$

#### **Deniz Suyu – Yıllık Ortalama (YO-ÇKS<sub>Deniz Suyu, Eko</sub>)**

- Veri Girişi: Kronik NOEC veya EC10
- Deniz ve tatlı su türleri için birleştirilmiş veri seti ilave bir AF kullanırsa bu, daha geniş çeşitlilikteki deniz ekosistemleri ve deniz yaşamı formları için etki verilerinin sınırlı kullanılabilirliğinden kaynaklanan artan belirsizliği karşılamak için uygulanır. Mevcut verilere bağlı olarak AF değerleri:

- Veri seti + 2 ilave balık, kabuklular ve algler dışındaki deniz taksonomik grupları. AF 1-5 kullanılır:

$$YO-ÇKS_{\text{Deniz Suyu, Eko}} = HC5 / 1-5 \quad (8.4)$$

- Veri seti + 1 ilave deniz taksonomik grubu (yukarıda tanımlandığı gibi). AF 1-5'e ilave olarak AF 5 kullanılır:

$$YO-ÇKS_{\text{Deniz Suyu, Eko}} = HC5 / (1-5, 5) \quad (8.5)$$

- Veri seti + 0 ilave deniz taksonomik grubu (yukarıda tanımlandığı gibi). AF 1-5'e ilave olarak AF 10 kullanılır:

$$YO-ÇKS_{\text{Deniz Suyu, Eko}} = HC5 / (1-5, 10) \quad (8.6)$$

- Birleştirilmiş veri kümesi kullanılmazsa, HC5'e uygulanan AF 1-5'e ilave olarak ilave AF gerekmemektedir.

#### **Deniz Suyu – Maksimum Kabul Edilebilir Konsantrasyon (MAK-ÇKS<sub>Deniz Suyu, Eko</sub>)**

- Veri Girişi: L(E)C50.
- Etki dışı ekstrapolasyon etkilerini açıklamak için AF 10 kullanılır.

- Deniz ve tatlı su türleri için birleştirilmiş veri seti kullanılırsa, deniz ekosistemlerinin daha geniş çeşitliliğinden ve deniz yaşamı formları için etki verilerinin sınırlı kullanılabilirliğinden kaynaklanan artan belirsizliği karşılamak için ilave bir AF uygulanır. Mevcut verilere bağlı olarak AF değerleri:
- Veri seti + 2 ilave balık, kabuklular ve algler dışındaki deniz taksonomik grupları. AF 1-10 kullanılır:

$$\text{MAK-ÇKS}_{\text{Deniz Suyu, Eko}} = \text{HC5} / 10 \quad (8.7)$$

- Veri seti + 1 ilave deniz taksonomik grubu (yukarıda tanımlandığı gibi). AF 1-10'a ilave olarak AF 5 kullanılır:

$$\text{MAK-ÇKS}_{\text{Deniz Suyu, Eko}} = \text{HC5} / (1-10, 5) \quad (8.8)$$

- Veri seti + 0 ilave deniz taksonomik grubu (yukarıda tanımlandığı gibi). AF 1-10'a ilave olarak AF 10 kullanılır:

$$\text{MAK-ÇKS}_{\text{Deniz Suyu, Eko}} = \text{HC5} / (1-10, 10) \quad (8.9)$$

- Birleştirilmiş veri seti kullanılmazsa, HC5'e uygulanan AF 10'a ek olarak ilave AF gerekmez.

Özetle, olasılıksal yaklaşımda bir sonraki değerlendirme faktörü uygulanır (Tablo 8.21):

**Tablo 8.21 Olasılıksal Yaklaşıma Uygulanan Değerlendirme Faktörü (YO-ÇKSTatlı Su, Deniz Suyu, Eko, MAK-ÇKSTatlı Su, Deniz Suyu, Eko)**

			AF 1	AF 2
<b>YO-ÇKS<sub>Tatlı Su, Eko</sub></b>			5	
<b>MAK-ÇKS<sub>Tatlı Su, Eko</sub></b>			10	
<b>YO-ÇKS<sub>Deniz Suyu, Eko</sub></b>	<b>Birleştirilmiş</b>	<b>Veri Seti + 0</b>	5	10
		<b>Veri Seti + 1</b>	5	5
		<b>Veri Seti + 2</b>	5	
	<b>Birleştirilmemiş</b>		5	
<b>MAK-ÇKS<sub>Deniz Suyu, Eko</sub></b>	<b>Birleştirilmiş</b>	<b>Veri Seti + 0</b>	10	10
		<b>Veri Seti + 1</b>	10	5
		<b>Veri Seti + 2</b>	10	
	<b>Birleştirilmemiş</b>		10	

### **8.3.8 ÇKS Türetme Sonuçları**

Deterministik yöntem ve olasılıksal uygulamaların sonuçları farklıdır. Sınırlayıcı faktör açıkça, her bir madde hakkında, farklı ülkelerin, özellikle ABD'nin veri tabanlarında bulunan bilgi miktarıdır. Bazıları için bilgi fazlası bulunurken bazıları da pratik olarak ekotoksikolojik düzeyde çalışılmamıştır. Dolayısıyla elde edilen bütün veri ve bilgilerin kullanılması önem arz etmektedir.

## **8.4 Yeraltı Suyu Kütlelerinde Doğal Arka Plan Seviyeleri, Kalite Standartları ve Eşik Değerler**

### **8.4.1 Eşik Değer Neden Belirlenmektedir?**

Yeraltı suyu kütlelerinin kalite açısından değerlendirilebilmesi için bünyesindeki kirletici konsantrasyonlarının istenen düzeyin altında olup olmadığını bilmesi gerekmektedir. Söz konusu “düzeyin” ne olduğunun ortaya konması için de limit değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Su Çerçeve Direktifi'nin yanı sıra Yeraltı Suyu Direktifi'nde (Directive 2006/118/EC) yeraltı suyunun kalite durumunun iyi, zayıf veya belirsiz gibi tanımlarla belirlenmesinde kullanılacak olan ve üye devletlerce tespit edilecek olan standart ve eşik değerlere vurgu yapılmaktadır (22).

Dolayısı ile yeraltı suyu kütlelerinin kalite durumunun belirlenebilmesi için limit değerlerin (eşik değer/kalite standardı) ortaya konulması gerekmekte olup yeraltı suyunda yapılan izlemelerden elde edilen kirletici konsantrasyonlarının bu limit değerlerle karşılaştırılması gerekmektedir (51). Genel olarak, çalışma yürütülen yeraltı suyu kütlelerinde, risk arz eden tüm parametreler için yapılan izleme çalışmalarından elde edilen değerlerin, belirlenen limit değerlerin altında kalması halinde, söz konusu yeraltı suyu kütlelerinin kalite durumunun “iyi” olduğu kabul edilmektedir (23).

### **8.4.2 Mevzuat Açısından Eşik Değerler**

Su Çerçeve Direktifi (SÇD)'ne göre Avrupa'daki yeraltı suyu kütlelerinin, iyi kalite ve miktar durumuna ulaşılması gerekmektedir. Bu temelde, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Direktif'te (Yeraltı Suyu Direktifi, Directive 2006/118/EC), bu hedefe ulaşılabilmesine ilişkin olarak, yeraltı suyu kütlelerinin kalite durumlarının değerlendirilebilmesi açısından, SÇD'de belirtilen hususları hangi açıdan ele almak gerektiğini daha detaylı bir şekilde ele alan bir dizi kriter belirlemiştir. Bu kriterler, kalite standartlarını ve eşik değerleri içermektedir.

Yeraltı Suyu Direktifi'nin üçüncü maddesinde, eşik değerlerin belirlenmesi için temel kriterler yer almakta olup bu maddede üye ülkelerin 22 Aralık 2008'e kadar eşik değerleri belirlemesi gerektiği ve 29 Aralık 2009 itibarıyla de yürüttükleri eşik değerlere ilişkin çalışmaları Avrupa Komisyonu'na bir rapor olarak sunması gerektiği belirtilmektedir.

Eşik değerlerin belirlenmesine ilişkin literatür çalışmalarına bakıldığında en somut ve güncel verilerin Avrupa Birliği üye ülkelerinin çalışmalarından elde edilen verilerin olduğu görülmektedir. Öte taraftan, direktiflerin üye ülkelerin kendi koşullarına göre değişik şekillerde uygulanabilecek esnek bir yapıya sahip olması sebebiyle bu ülkelerdeki uygulamaların ülkemize uyarlanmasının daha kolay olacağı düşünülmektedir (23). Bu kapsamda, halihazırda Ülkemizde yeraltı sularının kalite durumunun değerlendirilmesi için yapılan çalışmalarda, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Direktif'te belirtilen hususlar ve Avrupa Birliği üye ülkelerinin çalışmaları dikkate alınarak bir metodoloji oluşturulmuştur/oluşturulmaktadır.

#### 8.4.3 Eşik Değerlerin Kalite Standartlarından Farkı

Yeraltı suyunda kirlenici konsantrasyonu limit değerlerine ilişkin iki tanım söz konusudur: kalite standardı ve eşik değer. Her iki tanım da yeraltı suyu kütlelerinde limit değerlere işaret etmekle beraber farklı anlam taşımaktadırlar.

Yeraltı Suyu Direktifi- Ek 1'de sadece iki madde için kalite standardı belirlemiştir: Nitrat ve pestisit (Tablo 8.22). Bu iki madde için kalite standardı belirlenmesinde temel alınan direktifler, AB Nitrat Direktifi (EU Nitrates Directive (91/676/EEC)), Bitki Koruma Ürünleri Direktifi (Plant Protection Products Directive (91/414/EEC)), Biocidal Products Directive (98/8/EC) gibi AB'nin temel direktifleridir. Yeraltı Suyu Direktifi'nde, üye ülkelere inisiyatif bırakmaksızın, her iki madde için de sayısal olarak bir limit değeri belirtilmiştir. Dolayısıyla, verili durumda, her iki madde konsantrasyonunun aşmaması gereken bir standart söz konusudur (23).

**Tablo 8.22 Yeraltı Suyu Direktifi Kalite Standartları**

<b>Kirlenici</b>	<b>Kalite Standartları</b>
<b>Nitratlar</b>	50 mg/L
<b>İlgili metabolitler, bozulma ve reaksiyon ürünlerini içeren pestisitlerdeki aktif maddeler</b>	0,1 µg/L 0,5 µg/L (toplam)

Öte taraftan, Yeraltı Suyu Direktifi'nde, yeraltı suyu kütlelerinin risk durumunda olmasına sebebiyet verebilecek diğer kirleticiler için ise bir limit değeri belirtilmesi gerektiği ifade edilmiş olup bu limitlerin sayısal karşılığının belirlenmesi üye ülkelere bırakılmıştır. Her bir üye ülkenin hidrojeolojik koşullarının, doğal arka plan seviyelerinin, baskı-etki miktarının vb. koşullarının diğer ülkelere göre büyük değişkenlik gösterebileceği hususu dikkate alındığından ötürü söz konusu parametreler için genel geçer olan bir sayısal değeri belirlenmemiştir. Üye ülkelerin, kalite standardı halihazırda belirlenmiş olan kirleticiler (nitrat ve pestisit) dışında kalan parametreler için belirleyeceği limit değerlere "eşik değeri" denilmektedir. Eşik değeri, bir değeri deyişle, üye ülkelerce belirlenen kalite standartlarıdır (24).

Yeraltı Suyu Direktifi-Ek 2'ye göre, yeraltı suyu kütlelerini en yaygın olarak risk sınıfına sokabilecek 12 parametre için eşik değeri belirlemek gerekmektedir (Tablo 8.23). Her bir ülkenin, kendine özgü hidrojeolojik-jeolojik yapısına, baskı-etki durumuna ve akifer çeşidine göre, bu 12 kirleticiye ilave olarak, Su Çerçeve Direktifi'nin Ek 8'inde yer alan "Temel Kirletici Listesi"nden (Tablo 8.24) seçilecek ilave parametrelerin de dikkate alınabileceği belirtilmektedir. Yeraltı Suyu Direktifi, parametre sayısı ve çeşidi ile bu parametre konsantrasyonlarının yeraltı suyu kütlelerinde bulunabileceği minimum değeri her ülkede aynı olmasının mümkün olmadığı gerçeğinden hareketle, eşik değeri belirlemesine ilişkin olarak oldukça esnek bir içerik sunmaktadır (23).

**Tablo 8.23** Eşik Değerleri Belirlenirken Dikkate Alınması Gereken Asgari Parametre Listesi

<b>Parametreler</b>
Arsenik
Kadmiyum
Kurşun
Civa
Amonyum
Klorür
Sülfat
Trikloretilen
Tetrakloretilen
İletkenlik
Nitrit
Toplam Fosfor /Fosfatlar <sup>(1)</sup>

(1) Eşik değeri toplam fosfor ve fosfatlardan sadece biri için belirlenir.

Yukarıdaki tabloda verilen maddelerden:

- Arsenik, kadmiyum, kurşun, civa, amonyum, klorü, sülfat, nitrit ve fosfor/fosfat hem doğal olarak oluşabilen hem de insani faaliyetler sonucunda meydana gelebilen kirletici ya da indikatörleri,
- Trikloretilen ve tetrakloretilen sentetik kirleticileri,
- İletkenlik, klorür ve sülfat ise tuzlu su ya da başka girişleri gösteren kirleticileri temsil etmektedir.

**Tablo 8.24** Temel Kirleticiler Listesi

<b>Temel Kirleticiler</b>
Organohalojen bileşikler ve su çevresinde bu gibi bileşikler oluşturabilecek maddeler
Organofosforlu bileşikler.
Organotin bileşikler.
Kanserojen ya da biçim bozucu (mutajenik) özellikler ya da sterojenik, tiroit, üreme yada diğer endokrin bağlantılı faaliyetleri su çevresinde ya da su çevresi yoluyla etkileyebilecek özelliklere sahip olduğu kanıtlanmış maddeler ve preparatlar yada türevleri.
Kalıcı hidrokarbonlar ve kalıcı ve biyolojik olarak birikebilir organik toksik maddeler.
Siyanürler
Metaller ve metal bileşikleri
Arsenik ve arsenik bileşikleri
Biosidler ve bitki koruma ürünleri
Askıda katı maddeler
Ötrofikasyona katkıda bulunan maddeler (özellikle nitratlar ve fosfatlar)

Yeraltı Suyu Direktifi'nde verilen kalite standartları ve eşik değeri belirlenecek asgari parametre listesi, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'te aynı şekilde yer almaktadır.



#### 8.4.4 Eşik Değerlerin Belirlenmesinde Genel Prensipler

Yeraltı Suyu Direktifi ve Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'e göre, eşik değerlerin belirlenmesinde dikkat edilecek temel hususlar aşağıdaki gibidir:

- YAS ile ilişkili sucul ve karasal ekosistemler arasındaki etkileşim boyutu,
- Yeraltı suyunun mevcut ve potansiyel kullanımları (içme suyu, sulama suyu vb.) ve fonksiyonu
- Direktif'in Ek-2'sinin B bölümünde yer alan kirleticiler listesini (Tablo 8.24) göz önünde bulundurarak risk altındaki YAS kütlelerinin risk altında olmasına sebep olan tüm kirleticileri,
- YAS üzerindeki şehirleşme, tarım, sanayi bölgeleri, madencilik faaliyetleri gibi baskı unsurları,
- Doğal hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal süreçlerden elde edilen arka plan konsantrasyonları ile ilgili bilgiler de dahil olmak üzere, yeraltı suyu kütlelerinin hidrojeolojik özellikleri,
- Kirleticilerin kaynakları, kirleticiler konsantrasyonlarının arka plan seviyeleri, oluşum sebepleri, zehirlilik durumları, yayılımları, artma ve azalma eğilimleri, kalıcılıkları ve biyolojik birikme potansiyelleri ,
- Doğal hidrojeolojik nedenlerden ötürü bir arka plan seviyesi var ise, bu arka plan seviyesi,
- Eşik değer belirlenmesinde kullanılacak verinin kalitesi ve analiz hassasiyeti.

Yeraltı suyunun içme, sulama ya da endüstriyel amaçlı kullanımına göre eşik değer de değişkenlik göstereceğinden eşik değerler belirlenirken yukarıda ifade edilen kriterlere ek olarak yeraltı suyunun kullanım amacı da dikkate alınmalıdır (23).

Ayrıca, yeraltı suyu kütlelerine jeolojik nedenlerden ötürü tuzlu su girişi varsa ya da yeraltı suyu kütlesi bir yerüstü suyu kütlesi ile bağlantılıysa, eşik değer belirlerken farklı değerlendirmeler de göz önüne alınmalıdır. Mesela, bir yeraltı suyu kütlesi yer üstü suyu kütlesi ile bağlantılı ise, söz konusu yerüstü suyu kütlesi için belirlenmiş olan çevresel kalite standardının dikkate alınması gerekli olmaktadır (26).

#### 8.4.5 Eşik Değerin Belirlenmesinde Ölçek

Eşik değerlerin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken bir başka husus da, eşik değerin hangi ölçekte belirleneceğidir. Yeraltı Suyu Direktifi'ne göre eşik değerler, ulusal ölçekte, nehir havzası ölçeğinde ya da yeraltı suyu kütlesi ölçeğinde belirlenebilir (23).

Bir kirletici parametre için ulusal ölçekte belirlenen bir eşik değer, herhangi bir yeraltı suyu kütlesi için daha sıklaştırılabilir ya da yükseltilebilir. Dolayısıyla ile bir kirletici parametre için ulusal ölçekte ya da havza ölçeğinde bir değer söz konusu iken, özel koşulları nedeniyle bir yeraltı suyu kütlesi için, yerüstü suyu kütlelerindeki “özel hüküm” kavramına benzer olarak, özel eşik değer belirlenebilir (24).

Avrupa Birliği üye ülkeleri:

- Ülke bazında 126 parametre için,
- Yeraltı suyu kütlesi bazında 79 parametre için,
- Havza bazında ise 24 parametre için,

eşik değer belirlemiştir (24).

Öte taraftan yerel yönetimlere ya da bölgesel yönetimlere sahip olan üye ülkeler (Örn. Almanya ve Belçika), eşik değeri yerel ya da bölgesel yönetim bazında da belirleyebilmiştir.

Tablo 8.25'de AB üye ülkelerinin hangi ölçekte, kaç parametre için eşik değer belirlediğine ilişkin sayısal veriler yer almaktadır.

**Tablo 8.25** Eşik Değerler ve Belirlenen Ölçekler (24).

Üye Ülke	Bölgesel Yönetim	Bölge, YSK	YSK	YSK, Havza	Üye Ülke	Havza	Üye Ülke, YSK	Toplam Eşik Değer
Austria					21			21
Belgium		20						20
Bulgaria			3	9		7		19
Cyprus			9					9
Czech Republic					25			25
Germany	9		1		1		7	18
Denmark								
Estonia			6					6
Spain			20					20
Finland					42			42
France					29	3	1	33
Greece								
Hungary			4		2			6
Ireland					40			40
Italy					52			52
Lithuania					6		2	8
Luxembourg						6	2	8
Latvia				10				10
Malta			6		5			11
Netherlands			6					6
Poland					52			52
Portugal								
Romania			9					9
Sweden					14			14
Slovenia					7			7
Slovak Republic			20					20
United Kingdom			62					62

Diğer taraftan, sınır aşan yeraltı suları söz konusu olduğunda, sınırı paylaşan ülkelerin ED belirlenmesi konusunda müşterek hareketi gerekmektedir (51)

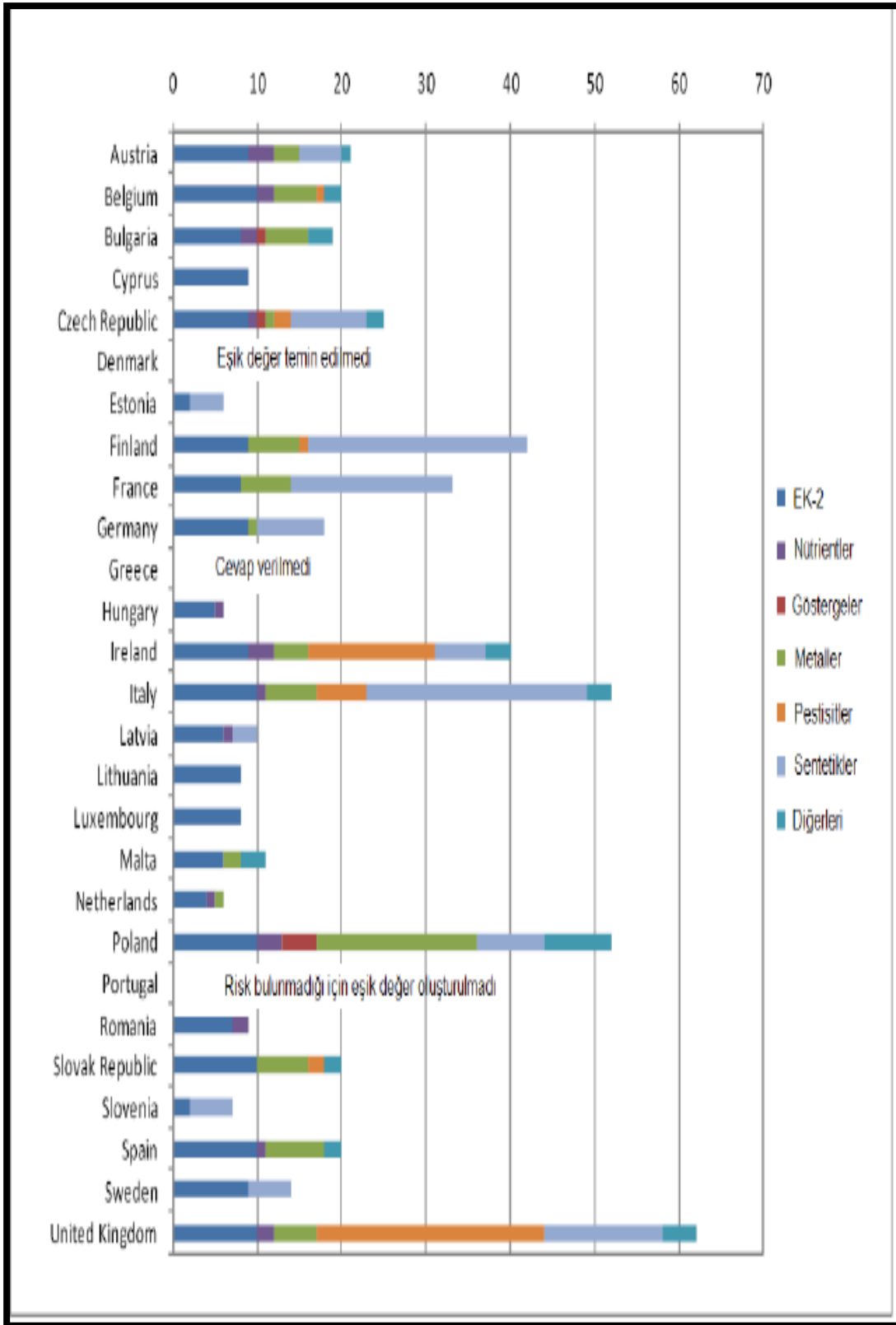
#### 8.4.6 AB Ülkelerince Belirlenmiş Olan Eşik Değerlere Genel Bakış

Üye ülkelerce 2010 yılında Avrupa Komisyonu'na sunulan raporlara göre, Avrupa Birliği'nin 26 üye ülkesinden Yunanistan, Avrupa Komisyonu'na eşik değer çalışmaları ile ilgili raporlama yapmamıştır. Danimarka, eşik değer belirlemesi için çalışma yaptığını bildirmiş olup herhangi bir sayısal veri sunmamıştır. Portekiz ise, nitrat dışında, YAS kütleleri bakımından risk arz eden bir madde olmadığını belirtmiş ve eşik değer belirlemediğine ilişkin rapor sunmuştur. Bilgi edinilen 25 üye ülkeden 24'ü çeşitli parametreler için eşik değer

belirlemiştir. Toplam 158 farklı kirletici/gösterge parametresi için eşik değerler belirlenmiştir (23):

- 12 adet ana madde (Yeraltı Suyu Direktifi EK-2, Bölüm B’de yer alan 10 maddenin yanı sıra amonyum ve trichloroethylene ile tetrachloroethylene’nin toplamı)
- 39 adet pestisit
- 8 adet nütrient (nitrat, nitrit, fosfor vb.)
- 21 adet metal
- 62 adet sentetik madde
- 10 adet diğer maddeler (bor, kalsiyum, bromat, siyanür vb.)
- 6 adet indikatör (sertlik, pH vb.) (24).

Ülkeler tarafından belirlenen eşik değer sayısı 0 (Portekiz) ile 62 arasında (Birleşik Krallık) değişmektedir. Şekil 8.9’da ülke bazında belirlenen eşik değer sayısı ve madde çeşidi verilmektedir.



Şekil 8.9 Her Bir Üye Ülke Tarafından Belirlenen Kirlenici Bazında Eşik Değer Sayısı (24)

Yeraltı Suyu Direktifi'nin EK-2'sinde yer alan 12 kirlenici, AB üye ülkelerince en fazla eşik değer belirlenen maddelerin başında gelmektedir. Direktife, bu maddeler için eşik

değer belirlenmesinin bir gereklilik olarak yer alması bu durumu oldukça anlaşılır kılmaktadır. Öte taraftan, Şekil 8.9'a bakıldığında EK-2 maddelerinin tümü için eşik değer belirlemeyen ülkelerin de olduğu görülmektedir: Yeraltı Suyu Direktifi'ne göre sadece risk arz eden kütlelerde eşik değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, aynı direktifte eşik değerlerin belirlenmesi gerektiği bir "asgari parametre listesi" sunulmuştur. Dolayısı ile hem sadece risk arz eden kütleler için eşik değerlerin belirlenmesi gerektiği hem de risk durumuna bağlı olmaksızın her koşulda eşik değer belirlenmesi gereken bir parametre listesinin olması çelişkili bir durum olarak görülmektedir (23).

Avrupa Komisyonu Eşik Değer Raporu, söz konusu çelişkili durumu "*her ne kadar asgari parametre listesi için eşik değerlerin belirlenmesi gerekiyorsa da, üye ülkeler, geçerli bir neden belirterek, bu maddeler için eşik değer belirlemeyebilir*" ifadesine yer vererek açıklamıştır (24). Buradan hareketle, bazı AB üye ülkeleri, asgari parametre listesindeki bazı maddeler için, bu maddelerin yeraltı suyu için herhangi bir risk arz etmediğini belirterek, eşik değer belirlememiştir. Öte taraftan, "asgari parametre listesi" oluşturulurken, yeraltı sularında çok sık rastlanan ve yeraltı suları için yüksek risk arz eden parametreler düşünülmüştür. Dolayısı ile eşik değerlerin belirlenmesinde asgari parametre listesine uyulması, ülkelerin güvenli tarafta kalmasını sağlayacaktır (23).

Tablo 8.26'da en az 10 ülke tarafından eşik değer belirlenen maddeleri ve bu maddeler için farklı ülkelerde belirlenen değer aralıkları verilmiştir. Tablo 8.26 incelendiğinde, belirlenmiş olan eşik değerler arasında büyük sayısal farkların bulunduğu görülmektedir. Eşik değerler arasında bu derecede büyük farklılıkların görülmesinde: direktifin ülkelere sağladığı metodolojik esneklik, her bir ülkenin her bir yeraltı suyu kütlelerinin değişken derecelerdeki baskı ve etkilere maruz kalması, yeraltı suyunun kullanım amacındaki farklılıklar, yeraltı suyu kütlelerinin sucul ve karasal ekosistemlerle bağlantı derecelerinin farklı olması, her bir yeraltı suyu kütlelerine göre büyük değişkenlik gösterebilen doğal arka plan seviyeleri, doğal arka plan seviyelerinin hesaplanmasındaki anlayış farklılıkları, kirleticilerin davranış ve karakteristiğindeki farklılıklar, yeraltı suyu izleme verilerinin kalite ve sıklıklarının farklılıklar göstermesi ve her bir ülke ve yeraltı suyu kütlelerine göre değişkenlik gösteren hidrojeolojik yapı önemli etkenlerdir. Eşik değerler arasındaki bu büyük farklılıklara bakıldığında, bu etkenlerin eşik değer belirlenmesi çalışmalarında kapsadığı önem açıkça görülmektedir (23).

**Tablo 8.26** En Az 10 Üye Ülke Tarafından Eşik Değer Belirlenen Parametreler (24)

Madde / Gösterge	Madde Grubu	Üye Ülke Sayısı	Eşik Değer Aralığı		Birim
			En Düşük	En Yüksek	
<b>Klorür</b>	Ek-2	22	24	12.300	mg/l
<b>Arsenik</b>	Ek-2	21	0,75	189	µg/l
<b>Sülfat</b>	Ek-2	21	129,75	4.200	mg/l
<b>Amonyum</b>	Ek-2	21	0,084	52	mg/l
<b>Kurşun</b>	Ek-2	20	5	320	µg/l
<b>Kadmiyum</b>	Ek-2	19	0,08	27	µg/l
<b>Civa</b>	Ek-2	18	0,03	1	µg/l
<b>İletkenlik</b>	Ek-2	14	485	10.480	µS/cm
<b>Nikel</b>	Metal	11	60	60	µg/l
<b>Bakır</b>	Metal	10	10,1	2.000	µg/l
<b>Tetrakloretilen</b>	Ek-2	10	1,1	50	µg/l
<b>Triklöretilen</b>	Ek-2	10	1,5	50	µg/l
<b>Tetrakloretilen ve Triklöretilen Toplamı</b>	Ek-2	10	5	40	µg/l

Eşik değerler arasında bu derecede farklılığın bulunmasının nedenlerinden birisi de, doğal sebeplerle oluşabilecek parametrelerin söz konusu olduğu durumlarda, her bir ülkenin kendi doğal arka plan seviyesinin (her bir ülkenin kendi jeolojik yapısının değişkenlik göstermesinden ötürü) bir diğer ülkeye göre büyük değişkenlik göstermesidir (27).

Yeraltı Suyu Direktifi'nde Nitrat ve Pestisit için standartlar belirlenmiş olup bu standartların aşılmasına rağmen yeraltı suyundaki nitrat ya da pestisit, bağlantılı sucul ya da karasal ekosistemlerde olumsuz sonuçlara (örn. ötrofikasyon) yol açması durumunda, bu standartlardan daha sıkı değerlerin üye ülkelerce belirlenebileceği ayrıca belirtilmektedir (27). AB ülkelerinde Nitrat parametresine bakıldığında (Tablo 8.27), 5 Üye Ülke nitrat için direktifte verilen standart değerden daha sıkı eşik değerler belirlemiş olup bu değerler 18-50 mg/l arasında değişmektedir.

**Tablo 8.27** Nitrat İçin Kalite Standardından Daha Sıkı Değer Belirleyen Ülkeler ve Değerler

(24)

Üye Ülke	Tek Eşik Değer	Eşik Değer Aralığı		Birim
		En Düşük	En Yüksek	
Avusturya	45			mg/l
İrlanda	37,5			mg/l
Birleşik Krallık		18	42	mg/l
Macaristan		25	50	mg/l
Letonya	48,7			mg/l

Benzer bir şekilde, 6 üye ülke, pestisitler içinde yer alan 36 farklı aktif madde için direktifte verilen 0,1 µg/l değerinden daha düşük, bir üye ülke ise toplam pestisit için direktifin önerdiğinden daha düşük bir eşik değer (0,375 µg/l) belirlemiştir. 20 Üye Ülke tarafından direktifin EK-1 ve EK-2'sinde yer almayan 106 farklı madde için eşik değer belirlenmiştir. Söz konusu 106 maddenin 62'si sentetik maddeler grubuna dahildir.

Yeraltı Suyu Direktifi'ne göre, sadece risk altında bulunan yeraltı suyu kütlelerinde, riske neden olan parametreler için eşik değer belirlenmesi zorunludur. Buna karşın, 18 üye ülke, kendi ülkelerinde herhangi bir yeraltı suyu kütlelerinin risk altında olması ile ilintisi olmayan toplam 68 madde için eşik değer belirlemiştir. Üye ülkelerce rapor edilen maddelerin sadece yarısı yeraltı suyu kütlelerinin kötü durumda olmasına sebebiyet veren maddelerdir. Dolayısıyla, üye ülkeler, direktifin kendilerine getirdiği zorunluluktan daha fazla parametre için eşik değer belirlemiş olup söz konusu durumun teknik yeterlilik, veri fazlalığı ve yeraltı suyu kütlelerinin çok fazla kirlenmemiş olmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir (23).

Tablo 8.28'de, Avrupa Birliği genelinde 100'den fazla yeraltı suyu kütlelerinin "risk altında" olarak nitelendirilmesine veya 50'den fazla yeraltı suyu kütlelerinin "zayıf durumda" olmasına neden olan kirleticilere ilişkin sayısal veriler sunulmaktadır. Bu verilere bakıldığında, nitrat parametresinin en az 504 yeraltı suyu kütleleri için risk oluşturmakta ve en az 478 yeraltı suyu kütlelerinin zayıf durumda olmasına neden olduğu görülmektedir.



**Tablo 8.28** 100'den Fazla Yeraltı Suyu Kütlesi İçin Risk Oluşturan veya 50'den Fazla Yeraltı Suyu Kütlesi İçin Zayıf Duruma Neden Olan Kirleticiler (24)

Kirleticiler	Risk Oluşturan		Zayıf Duruma Neden Olan	
	YAS Kütlesi	Üye Ülkeler	YAS Kütlesi	Üye Ülkeler
<b>Nitrat</b>	504	17	478	14
<b>Amonyum</b>	276	14	147	13
<b>Klorür</b>	256	18	117	13
<b>Sülfat</b>	216	16	117	15
<b>Molibdat Reaktif Fosfor</b>	210	1	102	1
<b>Arsenik</b>	128	13	42	11
<b>Benzen</b>	124	7	58	6
<b>Benzopren</b>	110	4	51	3
<b>Kadmiyum</b>	101	11	55	5
<b>Tetrakloretilen</b>	96	6	62	6
<b>Kurşun</b>	90	10	51	5

#### 8.4.7 Eşik Değerlerin Belirlenmesinde Seçenekler

Yeraltı suyunda kirlenme meydana getirebilecek maddelerden hangileri için hangi sınırlarda eşik değerin belirlendiğine, bu eşik değerlerin sayısal olarak karşılığının ne olduğuna ve eşik değerler belirlenirken hangi temel ölçütlere dikkat edildiğine ek olarak, eşik değerlerin belirlenmesinde hangi yöntemlerin izlenebileceği de önem arz etmektedir.

Eşik değerlerin belirlenmesi prosedüründe takip edilmesi gereken adımlar Şekil 8.10'da sıralı bir şekilde verilmektedir (23).



**Şekil 8.10** Eşik Değerlerin Belirlenmesinde Takip Edilmesi Gereken Adımlar

#### 8.4.7.1 Kriter Değerin Belirlenmesi

Yeraltı sularının birçok değişik fonksiyonu ya da kullanım maksadı bulunmaktadır: Bir yeraltı suyu kütlesi içme suyu kaynağı olarak kullanılabilirken, bir diğeri sulama suyu kaynağı olarak kullanılmakta bazı kütleler her iki kullanım amacına da hizmet etmekte olup bazı yeraltı suyu kütleleri ise bağlantılı olduğu bir yerüstü suyu kütlesini besleyebilmektedir.

Bu kapsamda, içme suyu kaynağı olarak kullanılacak yeraltı suyu kütlesinin, ideal olarak, içme suları için belirlenmiş standartları (söz konusu standartlar Avrupa Birliği İçme Suyu Direktifi ((98/83/EC), Dünya Sağlık Örgütü'nce belirlenmiş standartlar ya da her bir ülkenin içme sularıyla ilişkili kendi ulusal mevzuatınca belirlenmiş içme suyu standartları olabilir) sağlaması beklenmekteyken, yerüstü suyu kütlesini besleyen bir yeraltı suyu kütlesindeki kirletici konsantrasyonunun da, yine ideal olarak, söz konusu yerüstü suyu kütlesi için belirlenmiş Çevresel Kalite Standardı'nın aşılmasına neden olmayacak bir değere sahip olması beklenmektedir (23).

İçme suyu kaynağı olarak kullanılması düşünölen yeraltı suyu kütlesi için içme suyu standartlarının (Örneğin TS 266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ya da benzeri mevzuatta yer alan kriterler) "kriter değer" olarak kabul edilmesi gerekirken, yerüstü suyu kütlesini besleyen bir yeraltı suyu kütlesi için Çevresel Kalite Standardı (ÇKS) değeri "kriter değer" olarak kabul edilmelidir (yerüstü suyu kütlesi için henüz bir ÇKS belirlenmediyse, PNEC değerlerinden de faydalanmak mümkün olabilmektedir). Yeraltı suyu kütlelerinin kullanım maksadına ve fonksiyonuna göre, kriter değer için kullanılacak ölçütler de (Örn. Sulama suları için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan sınır değerler vb.) zenginlik ve değişkenlik gösterebilmektedir (23).

Bir yeraltı suyu kütlesi için aynı anda iki kriter değerin belirlenmesinin gerektiği durumlar da söz konusu olabilmektedir. Bir yeraltı suyu kütlesinin hem içme suyu kaynağı olarak kullanılması planlanıyor hem de bir yerüstü suyu kütlesini besliyor ise, içme suyu standardı ve ÇKS aynı anda "kriter değerler" olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, içme suyu standardı ve ÇKS arasından, daha sıkı değere sahip olanının kriter değer olarak seçilmesi gerekmektedir. Böylelikle, daha sıkı değerin seçilmesiyle birlikte, her iki kriter değer de karşılanmış olacaktır (23).

Bu yaklaşım çerçevesinde, 2010 yılında yayınlanan rapora göre Avrupa Birliği'nin 15 üye ülkesi, kriter değerin belirlenmesinde, yeraltı suyu kütleleriyle bağlantılı olan sucul ve karasal ekosistemleri, dolayısıyla ÇKS'leri dikkate alırken, 23 ülkede ise yeraltı suyu kütlesinin kullanım maksadı (örn. içme suyu) kriter değerin belirlenmesinde rol oynamıştır.

Bazı AB ülkelerinde, yeraltı suyu kütlelerinde tuzlu su girişi var ise, bu durum kriter değerini belirlemede dikkate alınmıştır. Bunlara ek olarak yeraltı suyu kütlelerinin sadece sanayide ya da sulamada kullanılması düşünülüyorsa, kriter değeri, bu kullanım maksadına göre belirlenmiştir (24).

Öte taraftan, yeraltı ve yerüstü suyu kütleleri arasındaki bağlantı konusunda yeterince bilgi mevcut değilse, akım yönleri, akım miktarları vb. hususlar bilinmiyorsa, yeraltı suyu kütlelerinde kriter değerlerinin belirlenmesinde yerüstü suyu kütleleriyle bağlantısını dikkate almak zorlaşacaktır. Buradan hareketle, Yeraltı Suyu Direktifi ve Su Çerçeve Direktifi'nin tanıdığı esneklik sebebiyle, bazı AB üye ülkeleri, yeraltı suyu kütleleriyle, sucul ve karasal ekosistemlerin bağlantısı hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığını belirterek, eşik değerlerinin belirlenmesinde, yerüstü suyu kütleleri için geçerli olan ÇKS'leri dikkate alamadığını belirtmektedir (24).

Bunların yanı sıra, “yeraltı suyu kütleleriyle bağlantılı karasal ekosistemler” ifadesinden temel olarak anlaşılması gereken ise yeraltı suyu kütleleriyle bağlantısı bulunan Natura 2000 alanları ile yine yeraltı suyu kütleleriyle bağlantısı bulunan, ekolojik ya da sosyo-ekonomik açıdan önem arz eden karasal ekosistemlerdir (25).

Tablo 8.29'da, AB üye ülkelerince, kriter değerlerinin belirlenmesinde hangi ölçütlerin dikkate alındığı verilmektedir. Tablo 8.29'daki değerlendirmeler, AB üye ülkelerinin, Avrupa Komisyonu'na sunduğu raporlamada yer alan ifadeleridir.

**Tablo 8.29 AB Üye Ülkelerin “Kriter Değer” Belirleme Ölçütleri (24)**

Üye Ülke	Bağlı Sucul ve Karasal Ekosistemlerle Bağlantısı	Yer Altı Suyunun Kullanım Maksadı	Tuzlu Su ve Diğer Girişimler
AT	Dikkate alınmış olup bağlantılı sucul ve karasal ekosistemler için tehlike arz etmemesine rağmen, fosfat için de eşik değeri belirlenmiştir.	İçme suyu	Giriş yok
BEL	Dikkate alınmıştır.	İçme suyu, kaynak suyu, sanayi amaçlı kullanım	
BGR		İçme suyu	
KBR		İçme suyu, sulama	

ÇEK C.	Yeraltı suları, hiçbir ekosistemi tehlikeye sokmadığı için, dikkate alınmamıştır.	İçme suyu	
GE (ALM)	Dikkate alınmıştır	İçme suyu	
DK	Bilgi ve veri yetersizliğinden ötürü dikkate alınmamıştır.	İçme suyu	
EST	Yeraltı suyu kütlelerinin, bağlantılı sucul ve karasal ekosistemler üzerinde önemli bir etkisi bulunmadığından ötürü dikkate alınmamıştır.	İçme suyu	
İSP	İlgili tüm kriterler dikkate alınmıştır.	İçme Suyu	Dikkate alınmıştır.
FIN	Bağlantılı tüm karasal ve sucul ekosistemler dikkate alınmıştır.	İçme suyu	
FR	Dikkate alınmıştır.	İçme suyu	
GR (YUN)			
HU (MCR)	Dikkate alınmıştır.	İçme suyu	
IRL	Dikkate alınmıştır: Bağlantılı ekosistemleri koruma maksadıyla amonyak ve fosfor için eşik değer belirlenmiştir.	İçme suyu	Dikkate alınmış olup klorür ve iletkenlik için eşik değer belirlenmiştir.
İT	Dikkate alınmıştır.	İçme suyu	
LİT	Dikkate alınmıştır.	İçme suyu	
LÜX		İçme suyu	

LET			
MALTA	Dikkate alınmıştır.	İçme suyu, sulama suyu	Dikkate alınmıştır.
NL (HLND)	Dikkate alınmıştır.	Dikkate alınmıştır.	Dikkate alınmış olup klorür için eşik değer belirlenmiştir.
PLY	Dikkate alındı	İçme suyu	
POR	Risk altında olan herhangi bir yeraltı suyu kütlesi bulunmadığından ötürü eşik değer belirleme çalışması yapılmamıştır.		
RO	Bilgi ve veri yetersizliğinden ötürü dikkate alınmıştır.	İçme suyu	
SWE (İSV)		İçme suyu	
SLV		İçme suyu	
SLVK		İçme suyu	
UK (İNG)	Dikkate alınmıştır.	Dikkate alınmıştır.	

#### 8.4.7.2 Doğal Arka Plan Seviyesi (DAS)

Eşik değerlerin belirlenmesi prosedüründe, kriter değer belirlenmesinden sonraki aşama, doğal olarak meydana gelebilen maddeler için doğal arka plan seviyesinin belirlenmesidir. Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, doğal arka plan seviyesini, “*bir maddenin, insan faaliyetleri sebebiyle bozulmamış veya ihmal edilebilir ölçüde bozulmuş yeraltı suyu kütlesindeki konsantrasyonu ya da bir göstergenin değerini ifade eder*” şeklinde tanımlamaktadır. Doğal arka plan seviyesi için başka bir tanımlama ise şöyledir: “*büyük oranda insani faaliyetlerden türememiş, genelde jeolojik, biyolojik veya atmosferik kaynaklardan etkilenmiş sudaki element, tür veya kimyasal madde derişimi*” (28, 29). Doğal arka plan seviyesi birçok nedenden ötürü oluşabilmektedir: su-kayaç etkileşimi, vadoz zondaki kimyasal ya da biyolojik prosesler, yağışların etkisi, yeraltı suyu kütlesinin başka akiflerle iletişimi bu nedenlerden bazılarıdır (25).

Doğal arka plan seviyesi, basit anlamıyla, yeraltı suyu kütlesi herhangi bir antropojenik baskıya maruz kalmazsa dahi, bölgenin jeolojik-hidrojeolojik yapısından ötürü yeraltı suyunda sürekli olarak bulunan kirletici konsantrasyonunu tanımlamaktadır. Bu kapsamda, herhangi bir kirletici, yeraltı suyu kütlesinde doğal olarak meydana geliyorsa, teknik olarak, söz konusu parametre için doğal arka plan seviyesinden daha düşük bir konsantrasyona ulaşmak mümkün değildir. Doğal arka plan seviyesi, bu maddeler için, minimum konsantrasyon seviyesidir (23).

Yeraltı Suyu Direktifi ve Su Çerçeve Direktifi'nin yeraltı sularıyla ilgili hükümlerinde, doğal arka plan seviyelerinin belirlenmesi gerektiği ifade edilmektedir. Öte taraftan, her bir ülkenin, her bir yeraltı suyu kütlesinin birbirinden oldukça değişik karakteristiğe sahip olduğu da düşünülerek söz konusu direktiflerde, doğal arka plan seviyesi belirlemesinin nasıl yapılması gerektiği konusunda bir formülasyon sunulmamıştır (28).

Avrupa Birliği'ndeki endüstri sektörünün uluslararası boyutta rekabet gücünü arttırmak için bilimsel ve teknolojik altyapı sağlanması ve Avrupa Birliği'nin diğer politikalarının desteklenmesi amacıyla Çerçeve Araştırma Programları oluşturulmuştur. Bu kapsamda, çerçeve programlar ile birlik içerisinde karşılaşılan sosyo-ekonomik güçlüklerle ve çeşitli problemlere çözüm önerileri getirilmiştir. Çerçeve Araştırma Programları AB'nin araştırma ve geliştirme çalışmalarına fon sağlanması için en önemli araçtır. 6. Çerçeve Program kapsamında, Üye Ülkelerin yeraltı sularında eşik değerleri tespit etmek için kullanacağı ortak bir yöntem geliştirmek amacıyla BRIDGE Projesi (**B**ackground **c**Riteria for the **ID**entification of **G**roundwater **thrE**sholds, Yeraltı Sularında Eşik Değerlerinin Belirlenmesi için Temel Kriterler) yürütülmüştür. Projeye 17 ülkeden toplam 27 kuruluş (akademik, kamu, özel) destek vermiş ve proje 2 yıl sürmüştür (31).

Söz konusu BRIDGE Projesi'nde, AB direktiflerinin eşik değer ve doğal arka plan seviyesi belirlemesinde, mümkün olduğu ölçüde, ortak bir akılla hareket edebilmesini teminen bir yaklaşım geliştirilmiştir (31).

BRIDGE Projesi kapsamında, doğal arka plan seviyesinin hesaplanmasına ilişkin geliştirilen formülasyon istatistik bilimiyle ilgilidir. Kısaca bir yeraltı suyu kütlesinde yapılan izlemelerden elde edilen ve antropojenik etkinin olmadığı düşünülen yeraltı suyu kimyası verilerinden dikkatli seçilmiş veri setinde, diğer verilere göre daha uçta kalan/anomalite sergileyen verilerin elenmesinin sağlanması açısından, 90 ve 97,7'lik olasılık yüzdeleri dilime (percentile (P90 ve P97,7)) karşılık gelen değerlerin doğal arka plan seviyesi olarak tespit edilmesi ilkesine dayanmaktadır (26).

Bu ilkeye göre, öncelikle, yeraltı suyu kimyasal analiz verilerinde antropojenik etkilerin olduğu verilerin elenmesi gerekmektedir. Bu eleme, yeraltı suyunda doğal yollarla mevcut olamayacak maddeler (örneğin pestisitler, PAH vb.) ile yeraltı suyunda doğal yollarla ancak düşük miktarlarda (örneğin nitrat, ağır metaller vb.) bulunabileceği düşünülen ve buna rağmen yüksek konsantrasyona sahip olan verileri kapsamakta olup bu verilerin elenmesiyle herhangi bir insani etkinin söz konusu olamayacağı verilerin elde edilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda, elenmesi gereken verilere ilişkin bazı örnekler aşağıda sunulmaktadır:

- Ortalama nitrat konsantrasyonun (yükseltgen ortamda) 10 mg/L üzerinde olduğu örneklerde antropojenik kirlilik göstergesi olduğundan, bu veriler kullanılmaz.
- Tamamen antropojenik etki gösteren (örneğin pestisit, PAH (polisiklik aromatik hidrokarbonlar, vb. antropojen kaynaklı maddeler içeren) örnekler kullanılmaz.
- Alındığı derinlik bilinmeyen ve akifer tipi mevcut olmayan örnekler kullanılmaz.
- Tuzlu su girişimi etkilerinin tespit edildiği ( $Na+Cl > 1000$  mg/L) veriler kullanılmaz.
- İyon dengesi %10'u geçen hatalı veriler kullanılmaz (32).

Söz konusu veriler elendikten sonra, izlenecek metot, istatistik bilimiyle ilgili bir süreci takip etmektedir: doğadaki birçok olay ve bu olaylara ait veriler normal veya normale yakın bir dağılım gösterdiği düşünüldüğü için, elde edilen analiz verilerinin “normal dağılım kümülatif olasılık” değerleri ve grafiği elde edilmektedir (32). Bu grafikte:

- Yüksek sayıda ( $>60$  örnekleme noktası) ve doğal içeriği temsil edici yeraltısuyu kimyası verisi varsa  $P_{97,7}$  değerine karşılık gelen derişim doğal arka plan seviyesi olarak kabul edilir (30).
- Eğer veri seti boyu küçükse  $P_{90}$  değerine karşılık gelen derişim doğal arka plan seviyesi olarak önerilmektedir (26).

BRIDGE Projesi'nde önerilen doğal arka plan seviyesi hesaplaması yöntemi yukarıda verilen aşamaları içermekte iken, bazı uygulamalarda ve literatür çalışmalarında, farklı yöntemlerin de izlendiği görülebilmektedir:

- Yeraltı suyu kimyasal analiz verilerini herhangi bir ön elemeye tabi tutmaksızın değerlendirmeye alan fakat olasılık yüzdelik dilimini %50 ( $P_{50}$ ) ya da %75 ( $P_{75}$ ) olarak seçen AB üye ülkeleri mevcuttur (23).
- Bir diğer yaklaşıma göre, doğal arka plan seviyelerinin belirlenmesinde, öncelikle herhangi bir baskıya maruz kalmayan (ya da ihmal edilebilir derecede bir baskıya maruz kalan) yeraltı suyu kütlelerinde, doğal olarak var olan parametreler için yapılan

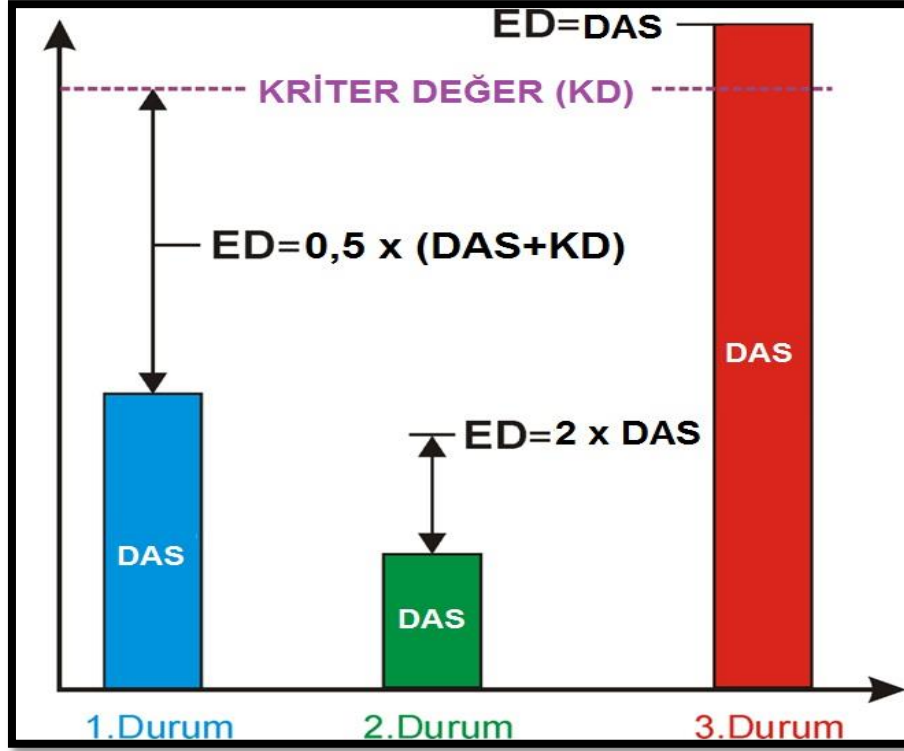
izleme sonucunda elde edilen değerler doğal arka plan seviyesi olarak kabul edilmekte olup bir veri bankası oluşturulmaktadır. Daha sonra, baskıya maruz kalan yeraltı suyu kütlesindeki doğal arka plan seviyesi, bu veri bankasında tutulan ve jeolojik-hidrojeolojik yapı açısından çok büyük oranda benzer olan yeraltı suyu kütlesinde hesaplanan doğal arka plan seviyesine eşit ya da çok büyük oranda yakın bir değer olarak kabul edilmektedir (26). Öte taraftan, bu yöntemde hem “uzman yaklaşımı” hem de tahmini değerler söz konusu olabilmekte olup bu yaklaşım ölkelere, BRIDGE Projesi’nde önerilen yaklaşıma kıyasla, uygulayıcılara çok daha fazla insiyatif vermekte ve esneklik sunmaktadır (23).

Belirtilmesi gereken önemli bir husus da şudur ki, görüldüğü üzere doğal arka plan seviyelerinin belirlenmesinde sabit bir yöntem bulunmamaktadır. Ayrıca, hidrojeolojik ve jeolojik yapı her bir öлке ve yeraltı suyu kütlesine göre değişkenlik göstermektedir. Doğal arka plan seviyesinin hesaplanmasında kullanılan izleme verilerinin sıklığının ve kalitesinin de her bölge ya da ölkede aynı olması mümkün değildir. Ayrıca, ilgili direktiflerde doğal arka plan seviyelerinin tespit edilmesi yönünde bir gereklilik belirtilmiş olup bunun nasıl yapılacağına ilişkin bir metodoloji sunulmamıştır. Tüm bu faktörler, ölkeden öлкеye ve yeraltı suyu kütlesinden yeraltı suyu kütlesine büyük değişiklikler gösteren doğal arka plan seviyelerinin tespit edilmesine yol açmaktadır. Doğal arka plan seviyelerindeki bu büyük farklılıklar ise eşit değerlerin, farklı ölçek ve kütlelerde, büyük sayısal farklılıklar göstermesine sebebiyet vermektedir (23).

#### **8.4.7.3 Kriter Değerle Doğal Arka Plan Seviyesinin Karşılaştırılması: Eşit Değerin Belirlenmesi**

Eşit değerlerin belirlenmesi prosedüründe son aşama kriter değerlerle doğal arka plan seviyelerinin mukayese edilmesi suretiyle eşit değerin belirlenmesidir. Söz konusu mukayese, BRIDGE Projesi’nde (BRIDGE, AB Yedinci Çerçeve Programı tarafından ortaklaşa finanse edilen ortak bir projedir) önerilen yaklaşımla, şekil 8.11’de açık bir şekilde özetlenmektedir.





Şekil 8.11 DAS ve Kriter Değerin Karşılaştırılarak Eşik Değerin Belirlenmesi (23).

Şekil 8.11'den de anlaşılacağı üzere doğal arka plan seviyesinin seçilen bir kriter değere (KD) göre karşılaştırılmasıyla aşağıdaki üç durum ortaya çıkmaktadır:

- 1-  $DAS \leq KD$  (DAS'ın KD'den küçük ve ya eşit olduğu durumlar)
- 2-  $DAS < 1/3 \times KD$  (DAS'ın KD'den oldukça küçük olduğu durumlar)
- 3-  $DAS > KD$  (DAS'ın KD'den büyük ya da eşit olduğu durumlar)

1. ve 2. durum için, doğal arka plan seviyesinin kriter değere oranla küçüklüğü farklı olsa da bu iki durum için eşik değer belirlenmesinde aynı yöntem izlenmektedir. Bu kapsamda, 1. ve 2. durum, aynı çatı altında, "1. durum" olarak nitelenebilir. Halihazırda, BRIDGE Projesi'nin ilk ara raporlarında 2. durum'dan bahsedilse de, son raporda 1. durum çatısı altına sokulmuştur. Dolayısı ile yeni denklemde iki durum söz konusu olmaktadır:

Birinci Durum:  $DAS \leq KD$

İkinci Durum:  $DAS > KD$

Yukarıda verilen birinci ve ikinci durum için ayrı eşik değer belirleme yaklaşımının takip edilmesi gerekmektedir (23).

### **Birinci Durum:**

Birinci durumda, doğal arka plan seviyesi, kriter değerden daha düşüktür. Dolayısı ile kriter değer hedefine ulaşma şansı bulunmaktadır. Birinci durum için BRIDGE Projesi'nce önerilen formülasyon aşağıdaki şekildedir:

$$\text{Eşik Değer} = (\text{KD} + \text{DAS}) / 2 \quad (8.10)$$

Bu formüle göre, eşik değer, kriter değerle doğal arka plan seviyesinin orta noktasına denk gelmektedir. Bu yaklaşıma göre, Arsenik için belirlediğimiz kriter değer 10 mg/L, tespit ettiğimiz arka plan seviyesi ise 6 mg/L ise, eşik değer 8 mg/L olması gerekmektedir.

Öte taraftan, BRIDGE Projesi'nde yukarıdaki formülasyonun önerilmesine karşın, buradaki temel felsefe, herhangi bir ülkenin, herhangi bir kirletici konsantrasyonunu zaten doğal arka plan seviyesinin altına düşürmeyeceği, kriter değeri de aşmaması gerektiği gerçeğinden hareketle eşik değeri, kriter değer ve doğal arka plan seviyesinin arasında bir noktaya tekabül edecek şekilde belirlenmesidir. Dolayısıyla, KD ve DAS aralığında bir noktaya (bu noktalara DAS ve KD'in kendisi de dahildir) tekabül etmesi koşuluyla kriter değer ve doğal arka plan seviyesinin orta noktası dışında bir noktaya denk gelecek bir eşik değeri belirlenebilmektedir. Baskıların az olduğu ve tedbirler programının güçlü olduğu durumlar için eşik değer, doğal arka plan seviyesi ya da ona yakın bir değer olarak seçilebilirken, baskıların daha yoğun olduğu kütleler için ise kriter değer ya da kriter değere daha yakın noktalar seçilebilmektedir (23).

Tablo 8.30'da birinci durum söz konusu olduğunda AB üye ülkelerinde, genel olarak, uygulanan formülasyon yer almaktadır.

**Tablo 8.30 Birinci Durum İçin AB Üye Ülke Yaklaşımları (24)**

<b>DAS &lt; KD (Birinci Durum)</b>	<b>Üye Ülke</b>	
<b>Eşik Değer (ED) = DAS</b>	4	Bulgaristan, Çek C (metaller için), Litvanya (amonyum için) ve Romanya
<b>ED = 0.5 x (RF+DAS)</b>	2	Belçika ve Slovakya
<b>ED = DAS ve KD arasında</b>	2	İspanya ve Malta (ED= x% RD)
<b>ED = KD</b>	3	Almanya, Danimarka ve Hollanda

## İkinci Durum:

İkinci durumda, doğal arka plan seviyesi, kriter değerden daha büyük bir değere sahiptir. Dolayısı ile kriter değere ulaşma şansı bulunmamaktadır. Bu durumda, örneğin yeraltı suyu kütlesi içme suyu kaynağı olarak kullanılacaksa ve dolayısıyla kriter değerler, içme suyu standartlarına göre belirlenmişse, yeraltı suyu kütlesinden çekilen su ancak uygun bir arıtmadan sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu çerçevede, kriter değeri yakalama şansı bulunmasa dahi, yeraltı sularının hiç kirletilmemesi ya da mümkün olduğu ölçüde az kirletilmesi ilkesinden hareket etmek gerekmektedir (23).

İkinci durum için BRIDGE Projesi’nce önerilen formülasyon aşağıdaki şekildedir:

$$\text{Eşik Değer} = \text{DAS ya da}$$

$$\text{Eşik Değer} = \text{DAS} + \text{küçük oranlı ekleme (örneğin DAS'ın \%X'i)}$$

Formülasyondaki “küçük ekleme” ye baskının yoğunluğuna ya da ülkenin gelişme/büyüme durumuna göre mevcut baskının ekonomik açıdan önemli olmasından ötürü kısıtlanmasının hangi dereceye kadar yapılabileceğine göre karar verilmelidir. Üye ülkeler, söz konusu eklemelerin hangi nedenle yapıldığını açıklamakla yükümlü olmakla beraber, bu eklemelerin Su Çerçeve Direktifi ve diğer ilgili direktiflerde belirlenmiş olan ekolojik çevre hedefleri açısından da kabul edilebilir bir oranda olması gerekmektedir (23).

Tablo 8.31’de, ikinci durum söz konusu olduğunda AB üye ülkelerinde, genel olarak, uygulanan formülasyon yer almaktadır.

**Tablo 8.31 İkinci Durum İçin AB Üye Ülke Yaklaşımları (24)**

<b>DAS &gt; KD</b>	<b>Üye Ülke</b>	
<b>ED=DAS</b>	10	Belçika, Kıbrıs (sülfat, klorür ve iletkenlik için), Çek C., Almanya, Danimarka, İspanya, İrlanda, İtalya, Malta, Slovakya
<b>ED= DAS+ küçük ekleme</b>	1	Hollanda
<b>ED= DAS + DAS x 0,1</b>	1	Bulgaristan
<b>ED=DAS + DAS x 0,2</b>	1	Romanya
<b>ED= 2 x DAS</b>	1	Finlandiya

Doğal arka plan seviyeleri hesaplanırken hangi yaklaşımdan hareket edildiğine ve doğal arka plan seviyesi ile eşik değer belirlenmesi arasındaki ilişkinin hangi ölçütlere göre yapıldığına örnek teşkil etmesi açısından Tablo 8.32’de bütün Avrupa Birliği üye ülkelerinin

izlediği genel yöntem verilmektedir. Tablo 8.32 incelendiğinde, eşik değerlerin doğal arka plan seviyesiyle ilişkisinin kurulmasında ve doğal arka plan seviyesinin belirlenmesinde oldukça değişken ve esnek yaklaşımların takip edildiği görülmektedir. Öte taraftan, söz konusu tablo, ülkelerin eşik değer belirlemesine yaklaşımının genel bir fotoğrafını çekmekte olup her bir ülkenin farklı parametre ya da farklı yeraltı suyu kütlesi için tabloda belirttiği genel yaklaşımdan farklı bir yöntem izleyebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır (23).

**Tablo 8.32** AB Üye Ülkelerinin Doğal Arka Plan Seviyesi ve Eşik Değer Belirleme Metodolojisi (24)

Üye Ülke	ED ve DAS İlişkisi	DAS Hesaplaması
AT	DAS, eşik değerler belirlenirken kullanılmamış olup yeraltı suyunun durum değerlendirmesinde kullanılmıştır.	Ülke genelinde her bir yeraltı suyu kütlesinde önemli sayıdaki parametre için hesaplanmıştır.
BEL	DAS, CIS 18 Rehber Dokümanında belirtilen hususlar ışığında dikkate alınmıştır. Eğer $KD > DAS$ : $ED = 0.5 (KD + DAS)$ Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$	DAS, BRDIGE Projesinde önerilen yaklaşıma göre hesaplanmıştır.
BGR	$SO_4$ , Cl, EC için : $ED = DAS$ Eğer $KD > DAS$ : $ED = DAS$ Eğer $KD < DAS$ : $ED = 1.1 DAS$ (%10'luk ekleme)	
KBR	$SO_4$ , Cl, EC için : $ED = DAS$	DAS genellikle içme suyu standartlarından küçük olarak hesaplanmıştır ( $SO_4$ , Cl, EC hariç)
ÇEK C.	Eğer $KD > DAS$ : $ED = DAS$ (metaller için) Eğer $KD < DAS$ ve bilinen bir antropojenik etki yoksa: $ED = DAS$	DAS, izleme verilerinin 95'lik olasılık yüzdelik dilimi olarak hesaplanmıştır.
GE (ALM)	Eğer $KD > DAS$ : $ED = KD$ Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$	

DK	Eğer $KD > DAS$ : $ED = KD$ Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$	
EST		Klorür için DAS hesaplamasının yapıldığı ifade edilmiştir.
İSP	Tuzlu su girişimi var ise: $ED = DAS$ . İçme suyu olarak kullanılacak yeraltı sularında: Eğer $KD > DAS$ : $DAS < ED \leq KD$ Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$	Risk altında olan yeraltı suyu kütlelerinin her biri için DAS belirlenmiş olup her bir parametre için 50, 90 ya da 97.7'lik olasılık yüzdeleri dilimi DAS olarak hesaplanmıştır.
FIN	$ED = 2 \times DAS$	Sülfür, Kadmiyum, Krom, Bakır ve Civa için, ön eleme yapılan kimyasal su analiz verilerine ait 90'lık olasılık yüzdeleri dilimi DAS olarak ele alınmıştır.
FR	Fransa'da, yeraltı suyunda bulunan maddelerin ya tamamen doğal yollarla medyana geldiği ya da tamamen insani faaliyetler sonucunda oluştuğu düşünülmektedir.  Tamamen doğal yollarla meydana gelen maddeler için, herhangi bir antropojenik etki olmadığı için, eşik değeri belirlenmemiştir. İnsani faaliyetler sonucunda oluşan maddeler içinse içme suyu standartları eşik değeri olarak belirlenmiştir.	
GR (YUN)	Avrupa Komisyonu'na eşik değeri belirleme çalışmalarıyla ilgili herhangi bir rapor sunmamıştır. Dolayısıyla, hangi metodolojiyi izlediği	

	bilinmemektedir.	
HU (MCR)	İçme suyu	Amonyum, sülfat ve iletkenlik (Eİ) için, ön eleme yapılan kimyasal su analiz verilerine ait 90'lık olasılık yüzdelik dilimi DAS olarak ele alınmıştır. Bu maddeler için DAS, içme suyu standardından daha yüksek bir değer olarak tespit edilmiştir.
IRL	Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$	DAS, BRDIGE Projesinde önerilen yaklaşıma göre hesaplanmıştır
İT	Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$	
LİT		
LÜX		
LET	Tüm ED ler $> DAS$ Amonyum ve BTEX (Benzen, Toleun, Etilbenzeen ve Xetilen'ler) için $ED=DAS$	
MALT A	Eğer $KD > DAS$ : $ED = KD$ 'nin belirli bir yüzdesi  KD'nin yüzde kaçının alınacağı, risk durumuna ve kirleticinin kimyasal/toksikolojik özelliğine göre belirlenecektir. Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$	
NL (HLN)	Eğer $KD > DAS$ : $ED = KD$ Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$ (İkinci durum için klorür dışındaki parametreler için, DAS değerine bazı eklemeler de yapılabilmektedir)	Her bir yeraltı suyu kütlesi için DAS hesaplaması yapılmıştır.

PLY		DAS, yeraltı suyunun kalite durum değerlendirilmesi aşamasında dikkate alınmıştır.
POR	Risk altında olan herhangi bir yeraltı suyu kütlesi bulunmadığından ötürü eşik değer belirleme çalışması yapılmamıştır.	
RO	Eğer $KD > DAS$ : $ED = DAS$ Eğer $KD < DAS$ : $ED = 1.2 \times DAS$	DAS, BRIDGE Projesi metodolojisini de dikkate alarak, 50 ya da 90'lık olasılık yüzdeleri dilimi değerleri ile elde edildi.
SWE (İSV)		DAS, yeraltı suyunun kalite durum değerlendirilmesi aşamasında dikkate alınmıştır.
SLV	DAS değerlerine ihtiyaç duyulmamış olup eşik değerler sadece antropojenik olarak oluşabilen maddeler için belirlenmiştir.	
SLVK	Eğer $KD > DAS$ : $ED = 0.5 \times (KD + DAS)$ Eğer $KD < DAS$ : $ED = DAS$	Sentetik maddeler için $DAS=0$ .
UK (İNG)	Eşik değerler, genel olarak DAS'lardan daha büyük olacak şekilde belirlenmiştir.	DAS, BRIDGE Projesinde önerilen yaklaşıma göre hesaplanmıştır

### **Diğer Hususlar:**

Doğal olarak meydana gelmeyen maddeler için doğal arka plan seviyesi söz konusu olmadığı için, kriter değer üzerinden eşik değer belirlenmesi gerekmektedir. Dolayısı ile doğal olarak meydana gelmeyen maddeler için eşik değer belirlenmesi, doğal olarak meydana gelen maddeler için eşik değer belirlenmesinden daha kolay ve basit bir çalışmayı gerektirmektedir (23).

Bunlara ek olarak, yeraltı suyu kütlesinden yerüstü suyu kütlesine bir akış var ise, dolayısı ile yeraltı suyu kütlesinde eşik değer belirlenirken kriter değer olarak yerüstü suyu kütlesinin Çevresel Kalite Standardı dikkate alınıyorsa ve yeraltı suyundaki doğal arka plan seviyesi ya da ölçülen kirlenici parametre konsantrasyonu, yerüstü suyunun ÇKS'sini aşıyorsa:

i) Yeraltı suyu kütlesinden, yerüstü suyu kütlesine geçecek olan kirlenici konsantrasyonunun, yerüstü suyunda ya da yerüstü suyuna geçiş yolunda hangi ölçüde seyrelceği ve kirlenicinin akiferde tutulması, bozulması vb. nedenlerle hangi ölçüde hafifleyeceğinin (atenüe olacağını) bilinmesinde fayda bulunmaktadır. Eğer yerüstü suyu kütlesi, yeraltı suyundan gelen kirleniciyi seyreltecekse ya da kirlenici akiferde tutulma, bozulma vb. nedenlerle hafifleyecekse, doğal olarak yeraltı suyu için belirlenen eşik değer, ÇKS değerinden daha yüksek bir şekilde hesaplanabilmektedir. Bu durumda karşımıza iki çarpan çıkmaktadır: “Seyrelme Faktörü” (SF) ve “Atenüasyon (Hafifleme) Faktörü” (AF)

ii) **Seyrelme Faktörü:** Yeraltı suyunun, yüzey suyunda ya da yüzey suyuna geçiş aşamasında belli bir ölçüde seyrelceğini varsayan ve bunun derecesini belirleyen faktördür (33).

**Atenüasyon (Hafifleme) Faktörü:** Kirlenicinin akiferde tutulması, bozulması vb. nedenlerle hafifleyeceğini varsayan faktördür (33).

iii) Bir parametre için yerüstü suyu kütlesi ÇKS değerinin 10 mg/L olduğu ve yeraltı suyunda bulunan bu kirlenicinin yerüstü suyunda ya da yerüstü suyuna geçiş yolunda seyrelceği ya da kirlenicinin akiferde tutulması, bozulması vb. nedenlerle hafifleyeceği varsayımlarıyla bu kirlenicinin yerüstü suyuna geçişte toplam olarak %50 oranında seyrelceği ya da hafifleyeceği bir durum ele alınırsa: Bu durumda, kriter değer 10 mg/l olmasına karşın yeraltı suyunda eşik değer 20 mg/L olarak hesaplanabilmektedir. Sonuç olarak yeraltı suyunda 20 mg/L olan konsantrasyon, yerüstü suyuna geçerken ya da yerüstü suyuna ulaştığında %50'lik bir seyrelme ve hafiflemeye uğrayarak 10 mg/L olacak ve yerüstü suyu kütlesinin ÇKS değeri aşılmamış olacaktır. Bu durumda SF ve AF'nin eşik değer için çarpan etkisi 2 olacaktır:  $ED = KD \times 2$ .

iv) BRIDGE Projesi'ne göre, yeraltı suyu kütlesi ve yerüstü suyu kütlesi arasındaki bağlantı ve etkileşim konusunda ya da kirlenicinin akiferde tutulması, bozulması vb. nedenlerle hangi ölçülerde hafifleyeceği hususunda



yeterli veri yoksa, söz konusu seyrelme ve atenüasyon faktörleri 1 olarak kabul edilmelidir, yani dikkate alınmamalıdır. Öte taraftan, seyrelme ve atenüasyon faktörlerinin belirlenmesi hususunda, Yeraltı Suyu Direktifi, Su Çerçeve Direktifi, rehber dokümanlar ve BRIDGE Projesi'nde genel geçer bir formülasyon ya da modelleme yöntemi sunulmamış olduğundan bu faktörlerin hesaplanmasındaki yaklaşımların oldukça subjektif olacağı ve ülkeden ülkeye değişkenlik göstereceği aşikârdır (23).

### 8.5 Hassas Su Kütleleri

Ötrofikasyon su ortamının besleyici elementlerle, alg ve daha yüksek yapılı bitkilerin üremesini hızlandıracak, böylece sudaki canlıların dengesini bozacak ve su kalitesinde istenmeyen bozulmalara yol açacak şekilde zenginleşmesidir. Ötrofikasyonun yağmur suları, kayaların aşınması, göl tabanının toprak yapısı, orman yangınları, bitki polenler ve erozyon gibi doğal nedenlerle oluşması durumuna “doğal ötrofikasyon” denir. Kanalizasyon atıkları, endüstriyel ve evsel nitelikli atıksular, tarımsal arazilerden süzülen drenaj suları ile göle giren fosfor ve azot ise yapay ötrofikasyona neden olabilmektedir. Bu da “kültürel ötrofikasyon” olarak tanımlanır (34).

Hassas su kütlesi *ötrofik olduğu belirlenen veya gerekli tedbirler alınmazsa yakın gelecekte ötrofik hale gelebilecek su kütlesi* olarak ifade edilmektedir. Bu ifadeden de anlaşılacağı üzere hassas alan tanımlamasındaki temel unsur ötrofikasyondur.

Hassas alanların etkin şekilde yönetimi için ötrofikasyon kontrolü oldukça önemlidir. Bu hususta da, ötrofikasyona neden olan sınırlayıcı besin elementlerinin doğru şekilde tanımlanması gerekmektedir. Ötrofikasyon sorununda sınırlayıcı element fitoplankton oluşumunu sağlayan azot, fosfor, karbon ve silisyum elementlerinden biri olmalıdır. Karbon fitoplanktonlar tarafından kolay elde edilebilen bir besin elementi olması açısından sınırlayıcı bir faktör olarak düşünülmez. Silisyum ise diğer elementlere kıyasla çok az kullanıldığından sınırlayıcı element olarak görülmemektedir. Bu durumda ötrofikasyon sürecini sınırlayıcı elementler azot (N) ve fosfordur (P) (35). Sucul ekosistemlerde biyolojik gelişmeyi hangi elementin sınırlandırdığını belirlemek amacıyla ortalama azot ve fosfor konsantrasyonları kullanılmaktadır (36). Bu besin elementlerinden hangisinin sınırlayıcı faktör olduğuna ilişkin karar aşamasında bilinmesi gereken temel faktör ötrofikasyona neden olan fitoplankton türünün sitokiyometrisidir. 1 µg klorofil-a oluşumu için 1 µg P ve 10 µg N gerektiği şeklinde bir kabul yapıldığı takdirde; N/P<10 durumunda fitoplankton büyümesi azot tarafından, N/P>10 durumunda ise sistem fosfor tarafından sınırlandırılıyor denilebilir. N/P=10

durumunda sistem ikisi tarafından da sınırlandırılmaz. Bu oranlar tüm fitoplanktonlar için genişletilirse  $N/P > 20$  durumunda fosfor sınırlayıcı  $N/P < 5$  durumunda azot sınırlayıcı olarak kabul edilmesi daha emniyetli bir yaklaşım olur (37). Sınırlayıcı elementin tespitine yönelik kullanılabilecek genel yaklaşım Tablo 8.33’de gösterilmiştir.

**Tablo 833 Sınırlayıcı Besin Elementi (37)**

	<b>Besin Elementi Kaynağı</b>	<b>N/P Oranı</b>	<b>Sınırlayıcı Besin Elementi</b>
<b>Nehirler</b>	Noktasal Kaynakların Baskın Olması Durumu	$\ll 10$ (fosfor giderimi yok) $\gg 10$ (fosfor giderimi var)	Azot Fosfor
	Yayıllı Kaynakların Baskın Olması Durumu	$\gg 10$	Fosfor
<b>Göller</b>	Büyük Göller (Yayıllı Kaynakların Baskın Olması Durumu)	$\gg 10$	Fosfor
	Küçük Göller (Noktasal Kaynakların Baskın Olması Durumu)	$\ll 10$	Azot

### 8.5.1 Hassas Alanların Belirlenmesi ve Yönetimi

Sularda miktar ve kalite açısından yaşanan problemlerin önem kazanmasıyla beraber ülkeler su yönetimi konusunda çalışmalara yönelmiş ve bunu destekleyici mevzuat oluşturmuşlardır. Avrupa Birliği’nde de su kalitesinin artırılması, denizlerde kirliliğin önlenmesi, tehlikeli maddelerin kontrolü gibi daha pek çok düzenlemeyi içeren kapsamlı bir su politikası mevcuttur. Bu mevzuat içerisinde ötrofikasyon ve hassas alanlarla doğrudan ilişkili olanlar; 91/271/EEC sayılı Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerine İlişkin Direktif (KASAD), 91/676/EEC sayılı Tarımsal Kaynaklardan Gelen Nitratların Neden Olduğu Kirlenmeye Karşı Suların Korunması Hakkında Direktif (ND) ve 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi (SÇD)” dir.

**91/271/EEC sayılı Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerine İlişkin Direktif** kentsel ve özellikle belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklı atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjını kapsamakta olup, bu deşarjların olumsuz etkilerinden çevreyi korumayı amaçlamaktadır. Direktifin önemli noktalarından biri “hassas alan” kavramının tanımlanmış

olmasıdır. Direktife göre hassas alan; “Ötrofik olduğu belirlenen ya da gerekli önlemler alınmazsa yakın gelecekte ötrofik hale gelebilecek tatlısular, haliçler ve kıyı suları, içme suyu temini amaçlanan 50 mg/L nitrat içeren ya da içirme ihtimali bulunan yerüstü suları, başka direktifler ile uyum sağlanabilmesi için daha ileri arıtma gereken alanlar” olarak tanımlanmıştır. Bunun yanında direktifte “az hassas alan” tanımı da yer almaktadır. Direktife göre az hassas alan “Herhangi bir atıksu deşarjında, morfolojik, hidrolojik veya spesifik hidrolik koşullarda olumsuz bir çevresel etki yaratmayan deniz suları” olarak tanımlanmıştır.

Direktif kapsamında üye ülkelerin 31 Aralık 1993’e kadar hassas ve az hassas alanları belirleme zorunluluğu bulunmaktadır. Hassas alanların deşarj standartlarından daha sıkı standartlar uygulayan ülkelerde alanların tamamı hassas alan sayılmaktadır.

Direktifin temel gereklilikleri şunlardır:

- Eşdeğer nüfusu 2.000’den fazla olan tüm yerleşimler için kentsel atıksu toplama sistemlerinin (kanalizasyon) ve arıtma tesislerinin kurulması,
- Hassas olarak tanımlanan ve eşdeğer nüfusu 2.000’den fazla olan yerleşimlerde tüm deşarjlar için ikincil arıtmanın; eşdeğer nüfusu 10.000’den fazla olan yerleşimlerden yapılan deşarjlar için ise ileri arıtmanın uygulanması,
- Tüm kentsel atıksu ve direktifte değinilen sektörlere ait endüstriyel atıksu deşarjları için ön şartlar ve/veya özel izin gerekliliği,
- Arıtma çamurlarının bertarafının ve yeniden kullanımının sağlanması, uygun olduğu takdirde arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımının sağlanması,
- Arıtma tesisleri performansının ve alıcı ortamların izlenmesidir.

**91/676/EEC sayılı Tarımsal Kaynaklardan Gelen Nitratların Neden Olduğu Kirlenmeye Karşı Suların Korunması Hakkında Direktif** Su Çerçeve Direktifi’nin temel bileşenlerinden biri olup, tarımsal kaynaklı baskılara karşı suların korunmasındaki en önemli araçtır.

Direktif kapsamında kirli ya da kirlenme riski altındaki sular şu şekilde tanımlanmaktadır;

- 50 mg/L üzeri nitrat içeren ya da tedbir alınmazsa içerebilecek yerüstü suları, özellikle içme suyu maksadıyla kullanılan/kullanılacak sular,
- 50 mg/L üzeri nitrat içeren ya da tedbir alınmazsa içerebilecek yeraltı suları,
- Ötrofik olan ya da tedbir alınmazsa ötrofik olabilecek tatlısu kaynakları, haliçler, kıyı suları ve denizel sular.

Direktife göre yukarıda sıralanan kirli ya da kirlenme riski altındaki sulara drene olan ve kirliliğin oluşmasına etkisi olan alanlar “Nitrata Hassas Bölge” olarak tanımlanmalıdır.

Direktifin temel gereklilikleri şunlardır;

- Direktif kapsamında kirli ya da tedbir alınmazsa kirlenebilecek suların belirlenmesi,
- İyi tarım uygulamaları kodunun oluşturulması,
- Nitrata hassas bölgelerde eylem planlarının oluşturulması,
- Ulusal izleme ağı ve raporlama sisteminin oluşturulması.

**2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi** sürdürülebilir su yönetimi konusunda etkin bir çerçeve oluşturmaktadır. Direktifin amacı su kütlelerinde bozulmanın önüne geçilmesi, sürdürülebilir su tüketiminin sağlanması ve sucul yaşamın geliştirilmesi ve korunmasıdır.

Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi (KASAD) ve Nitrat Direktifi (ND) ötrofikasyon değerlendirmesini bir gereklilik olarak açıkça ortaya koymaktadır (ilk direktif “hassas alanları”, yani hassas su kütlelerini belirleme uygulamasıyla; ikincisi ise “kirlenmiş suları” belirleme ve ardından “nitrata hassas bölge”leri tespit etme uygulamasıyla). Söz konusu bu direktiflerde “ötrofikasyon” terimi açık bir şekilde belirtilmekte olup KASAD’da hassas alanların ve arıtma koşullarına uygunluğunun belirlenmesi, ND’de ise nitrata hassas bölgelerin tespit edilip eylem programlarının uygulanması ile iki direktifin de ötrofikasyonla mücadele kapsamında önlemler ortaya koyduğu görülmektedir. SÇD ise ötrofikasyonun ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi için bir temel sağlamakta ve daha önceki AB mevzuatının ortaya koyduğu gerekleri de tamamen dikkate alarak suya besin elementi girdisinin (ötrofikasyon) yönetimi için daha tutarlı ve bütüncül bir yaklaşım ortaya koymaktadır. SÇD ayrıca yerüstü su kütlelerinin ekolojik durumunu sınıflandırırken ötrofikasyonun değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmektedir (38).

SÇD’de hassas alan kavramı, Madde 6 ve Ek-IV’de belirtilen “koruma alanları” ile ilgili hükümlerde yer almaktadır. Direktifte belirtilen koruma alanları;

- İnsani kullanım amaçlı su temini için tahsis edilen alanlar,
- Ekonomik bakımdan önemli sucul türlerin korunması için tahsis edilen alanlar,
- 76/160/EEC sayılı Yüzme Suyu Direktifi uyarınca yüzme suyu olarak tahsis edilen alanlar dâhil, rekreasyon alanları olarak tahsis edilen su kütleleri,
- KASAD ile belirlenen hassas su alanları ve ND ile belirlenen nitrata hassas bölgeler dâhil olmak üzere besin elementleri açısından hassas alanlar,

- 92/43/EEC sayılı Habitat Direktifi ve 79/409/EEC sayılı Kuş Direktifi altında tahsis edilen Natura 2000 alanları dâhil olmak üzere korumanın özellikle su durumunu koruma ve iyileştirmeye dayandığı habitatlar ya da türlerin korunması için tahsis edilen alanlar

olarak tanımlanmaktadır (38).

Diğer taraftan SÇD'nin 10. Maddesinde belirtilen "Bütüncül Yaklaşım İlkesi" çerçevesinde, üye ülkelerin ilgili direktiflerin gerekliliklerini de karşılayacak şekilde noktasal ve yayılı kaynaklı kirliliğin kontrolü için uygulamalar tanımlanmaktadır. Üye ülkeler yerüstü sularına yapılan bütün deşarjların bu maddede belirtilen bütüncül yaklaşıma uygun olarak kontrol edilmesini sağlamalıdır.

Bunların dışında direktife göre; besin elementi zenginleşmesi nedeniyle risk altında olan su kütlelerini izlemek amacıyla, üye ülkeler besin elementi zenginleşmesinin etkilerine en duyarlı biyolojik kalite unsuru veya unsurlarının göstergesi olan parametrelerin yanı sıra su kütlesine önemli miktarlarda deşarj edilen besin elementleri de izlemelidir. İzleme, ekolojik durum sınıflandırmasında yeterli bir düzeyde güvenilirlik ve kesinliğe ulaşabilmeyi sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ötrofikasyonla ilgili minimum izleme sıklıkları da direktifte belirlenmiştir (38).

Hassas alan veya ötrofikasyonla ilgili direktiflerde yer alan değerlendirme ve izlemeye yönelik koşullar Tablo 8.34'de genel hatlarıyla özetlenmiştir.

**Tablo 8.34 Ötrofikasyonla İlgili Direktifler ve Gereklilikleri (38)**

<b>Direktif</b>	<b>Ötrofikasyon Değerlendirme Gereklileri</b>	<b>Ötrofikasyonla ilgili Minimum İzleme Gereklileri</b>
<b>Su Çerçeve Direktifi</b>	Besin elementi zenginleşmesinin biyolojik ve fiziko-kimyasal kalite unsurlarını etkilediği Ekolojik Durum sınıflaması içinde yer almıştır.	-Fitoplankton (6 ay), sucul flora (3 yıl), -Makro omurgasızlar (3 yıl), balıklar (3 yıl) -Hidromorfolojik kalite unsurları (Hidroloji sürekli - 1 ay; diğerleri 6 yıl) -Fiziko-kimyasal kalite unsurları (3 ay)

<b>Kentsel Atık Su Arıtma Direktifi</b>	Ötrofikasyondan etkilenmiş su kütleleri veya önlem alınmazsa yakın gelecekte ötrofikasyondan etkilenebilecek su kütleleri uyarınca hassas alanları belirlemek	En az dört yılda bir mevcut hassas alanlar gözden geçirilir ve yeni alanlar tayin edilir.
<b>Nitrat Direktifi</b>	“Kirlenmiş suları” belirlemek ve bu suların havzasını nitrattan zarar görebilir bölgeler olarak tayin etmek	Yerüstü ve yeraltı suyu nitrat konsantrasyonunu belirlemek için bir yıllık süre boyunca izlenmelidir. Bu izleme programı en az dört yılda bir tekrarlanmalıdır. Yerüstü suları, haliçler ve kıyı sularının ötrofikasyondan etkilenme durumu dört yılda bir gözden geçirilmelidir.

Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi ve Nitrat Direktifi kapsamında hassas alan belirleme yaklaşımı ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi’ne göre Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Litvanya, Luxemburg, Malta, Polonya, Hollanda, Slovakya, İsveç, Finlandiya, Bulgaristan ve Romanya tüm ülkeyi hassas alan olarak belirlemiştir. Bahse konu ülkelerde ülke geneli için sadece bir eylem planı hazırlanmış ve üçüncül arıtma zorunlu tutulmuştur. Avrupa Komisyonu tarafından Atıksu Arıtma Tesislerinin performansları sıkı bir şekilde tetkik edilmektedir. Buna karşılık Güney Kıbrıs, Almanya, Macaristan, Slovenya, İspanya, Fransa, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Portekiz, ve İngiltere tarafından ise bağımsız hassas alanlar belirlenmiştir. Bu ülkelerde her bir alan için ayrı eylem planı hazırlanması gereği bulunmaktadır. AB komisyonu bu ülkelerde sadece su kütlesinin değil aynı zamanda su kütlesinin su toplama havzasının da hassas alan olarak belirlenmesi gerektiği yönünde bu ülkeleri zorunlu kılmıştır.

Nitrat Direktifi açısından da yukarıda belirtilen iki yaklaşım uygulanmaktadır. Avusturya, Danimarka, Finlandiya, Almanya, İrlanda, Litvanya, Luxemburg, Malta, Hollanda ve Slovenya’da tüm ülke nitrata hassas alan ilan edilerek tek bir eylem planı hazırlanmış ve üçüncül arıtma zorunlu tutulmuştur. Buna karşılık Güney Kıbrıs, Macaristan,

İspanya, Fransa, Yunanistan, İtalya, Portekiz, İngiltere, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Polonya, Slovakya, İsveç, Bulgaristan ve Romanya’da spesifik bölge belirleme yaklaşımı uygulanmış; su kalitesi sonuçları, azot kullanımı, arazi kullanımı, hidrolojik, hidrojeolojik verilerin analizleri sonucunda Nitrate Hassas Bölgeler (NHB)’ler tespit edilmiştir. Ülkemizde ise her iki direktif içinde bağımsız hassas alan belirleme yaklaşımı uygulanmıştır.

### **8.5.2 Ülkemizde Hassas Alanların Belirlenmesi ve Yönetimine İlişkin Yaklaşım**

Ülkemizde Su Çerçeve Direktifi’nin uyumlaştırılması çalışmaları kapsamında Türkiye’deki 25 su havzasında bulunan yerüstü sularında hassas su kütleleri, kentsel atıksu kirliliği açısından Kentsel Hassas Alanlar (KHA) ve nitrate hassas alanların (NHA) tespit edilmiş ve su kalitesi hedefleri ile su kalitesinin iyileştirilmesi için alınacak tedbirler belirlenmiştir. Bu sürecin adımları şu şekildedir:

1. Su kütlelerinin belirlenmesi,
2. Su kütlelerinin tipolojilerinin belirlenmesi,
3. Baskı ve etki analizi,
4. Potansiyel hassas alanların belirlenmesi,
5. Potansiyel hassas alanlarda özümleme kapasitesinin belirlenmesi,
6. İç sularda nihai hassas alanların belirlenmesi,
7. Kıyı alanlarında hassas/az hassas alanların belirlenmesi,
8. Kentsel hassas alanların belirlenmesi,
9. Nitrate hassas alanların belirlenmesi,
10. Potansiyel referans su kütlelerinin belirlenmesi,
11. Su kalite hedeflerinin belirlenmesi,
12. Alınacak tedbirlerin belirlenmesi.

Yukarıda yer alan adımların neticesinde ülkemizde;

- 25 havzada 1.805 nehir su kütlesi, 652 göl su kütlesi olmak üzere toplam 2.457 adet yönetilebilir su kütlesi belirlenmiştir.
- Her bir su kütlelerinin tipolojisi belirlenerek tip haritaları oluşturulmuş ve nehir su kütleleri için 56 farklı tip, göl su kütleleri için ise 23 farklı tip tespit edilmiştir.
- Su kütlelerine etki eden bütün kirletici baskı bileşenleri belirlenmiştir.

- Potansiyel hassas alanlarda bir yıllık sürede fiziko-kimyasal ve biyolojik parametreler izlenmiş göl trofik durumları ile nehir su kütlelerinin su kalite durumu tespit edilmiştir.
- İzleme, baskı bileşenleri ve trofik durum neticeleri birlikte değerlendirilerek nihai hassas su kütleleri belirlenmiş ve drenaj alanları KHA ve/veya NHA olarak tasnif edilmiştir. Buna göre 551 nehir 227 göl olmak üzere toplam 778 su kütlelerinin drenaj alanı hassas alan olarak belirlenmiştir. 621 nehir 234 göl su kütlesi drenaj alanı olmak üzere toplam 855 kentsel hassas alan belirlenmiştir. 615 nehir 229 göl su kütlesi drenaj alanı olmak üzere toplam 844 nitrata hassas alan belirlenmiştir.
- Kıyı su kütleleri için hassas ve az hassas alanlar belirlenmiştir.
- Hassas alanlarda su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik su kalite hedefleri ve hedeflere ulaşılması için alınması gereken tedbirler de ortaya konulmuştur. Buna göre;
  - Nüfusu 10.000 ve üzeri olan KHA'larda azot ve fosfor giderimi yapılacaktır.
  - NHA'larda iyi tarım uygulamaları yapılacak ve Eylem Planları hazırlanacaktır.
  - Erozyon riski orta ve üzeri şiddette olan alanlarda ise ağaçlandırma, erozyon kontrolü ve rehabilitasyon tedbirleri uygulanacaktır.

Söz konusu projenin çıktısı olarak ise “Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik” 23.12.2016 tarih ve 29927 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 4 bölüm (14 madde) ve 8 ekten oluşan söz konusu Yönetmelik'in maksadı besin elementleri açısından hassas su kütlelerinin ve bu kütleleri etkileyen kentsel ve nitrata hassas alanların tespit edilmesi, buna ilişkin ilke ve esasların ortaya konulması ve hassas su kütlelerinde su kalitesinin iyileştirilmesi için alınması gerekli tedbirlerin belirlenmesidir. Yönetmelik kapsamında nitrata hassas alanlar içerisinde yer alan nitrata hassas bölgelerin (NHB) ilanına müteakip eylem planlarının hazırlanması ve iyi tarım uygulama kodlarının, NHB dışındaki diğer alanlarda ağaçlandırma, erozyon kontrolü ve rehabilitasyon tedbirlerinin uygulanması gerekmektedir. KHA'larda uygulanacak tedbirleri içeren eylem planları yönetmeliğin yayımlanmasına müteakip 6 ay içerisinde Bakanlığımız ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile birlikte hazırlanacaktır.



## 8.6 Çevresel Hedef Belirleme

Çevresel Hedef (ÇH); bir su kütleindeki sucul canlıların en yüksek mertebede korunması için kimyasal ve ekolojik açıdan su kütlelerinin ulaşabileceği en iyi su durumunu ifade eder. Ulaşılması amaçlanan ÇH ve bununla alakalı ilke ve esaslar şöyle sıralanabilir:

- Yerüstü suların kalitesinin bozulmasının önlenmesi,
- Doğal su kütlelerinde, iyi kimyasal su durumu ve iyi ekolojik duruma ulaşılması,
- Yapay ve büyük ölçüde değiştirilmiş su kütlelerinde, iyi kimyasal su durumu ve iyi ekolojik potansiyele ulaşılması maksadıyla su kütlelerinin iyileştirilmesi, geliştirilmesi, korunması ve ıslah edilmesi,
- Hassas su alanlarına ve Ek-4'te yer alan koruma bölgelerine yapılacak deşarjlarda, bu alanlara özel olarak belirlenmiş çevresel hedeflere uyulması,
- Hassas alanlar dışındaki alanlarda bulunan yerüstü su kütlelerinde çevresel hedeflere ulaşılması.

Baskı ve etkiler değerlendirilirken fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler ile suyun kullanım durumuna ilişkin veriler toplanır. Çevresel hedeflere ulaşmada darboğaz oluşturan önemli baskılar tespit edilir. Baskı ve etkilere ilişkin değerlendirmeler ve risk analizleri yapılır. Belirli kirleticiler için; çevresel hedef aşağıdaki şekilde belirlenir:

- Arka Plan (AP) konsantrasyonu, Çevresel Kalite Standardından (ÇKS'den) düşükse Çevresel Hedef (ÇH), ÇKS'ye eşittir.

$$AP < \text{ÇKS} \rightarrow \text{ÇH} = \text{ÇKS},$$

- AP, ÇKS'den yüksek veya eşitse ÇH, ÇKS ile AP'nin toplamına eşittir.

$$AP \geq \text{ÇKS} \rightarrow \text{ÇH} = \text{ÇKS} + AP$$

Belirlenen çevresel hedeflere ulaşamama ihtimalinin bulunduğu durumlarda, modelleme teknikleri kullanılarak, ilgili kurum ve kuruluşlarla yapılacak ortak çalışma neticesinde, daha düşük hedefler belirlenebilir. Belirli bir su kütlesi ile birden fazla hedefin alakalı olması durumunda en kısıtlayıcı olan uygulanır. Yerüstü su kütlelerinin kalitesinin iyileştirilmesi maksadıyla belirlenen hedeflere ulaşılmasının herhangi bir sebeple mümkün olamaması ve bu durumun bilimsel olarak ortaya konulması halinde hedefin uygulanması istenmez ve yeni çevresel hedefler belirlenir. Kaza ve doğal afetler dolayısıyla su kalitesinin bozulduğunun ve su kütlelerinin doğal zenginleşmeye uğradığının tespit edilmesi halinde, belirlenen çevresel hedefler gözden geçirilir ve yeni çevresel hedefler belirlenir.

## 8.7 İçme Suyu Kalite Standartları Belirleme

İçme sularında kirletici parametrelerin bulunabileceği maksimum konsantrasyonları ülkeden ülkeye veya eyaletten eyalete farklılık gösterebilmektedir. Bu sebeple, analizin yapıldığı bölge veya ülkeye ait yönetmeliklerde belirtilen standartlarla sonuçlar değerlendirilmektedir. Başta Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün geliştirdiği standartlar olmak üzere, ülkeler kendi içme suyu standartlarını geliştirmektedir. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından içme sularında bulunan kirletici parametrelerin maksimum kirletici seviye hedefleri, maksimum kirletici seviyesi, insan sağlığına olası etkileri birincil öncelikli kirletici parametreler ve ikincil öncelikli kirletici parametreler şeklinde gruplandırıp sınır değerler belirlenmiştir. Avrupa Birliği'nin İçme Suyu Direktifi'nde (98/83/EC) içilebilir suyun standartları ve izleme sıklıklarına ilişkin hükümler getirmektedir. Ülkemizde de söz konusu AB direktifi uyumlaştırılarak 17.02.2005 tarihli ve 25730 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik yürürlüğe girmiştir. Sağlık Bakanlığı bu yönetmelikteki standartlar doğrultusunda içme sularında izin ve denetim çalışmalarını yürütmektedir.

İnsanlar çevrelerindeki kirleticilere hava, toprak, su ve gıda ile maruz kalmaktadır. İçme suyu kaynaklarının kirlenmesi ve bu kaynakların insanlar tarafından kullanılması sonucu çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir. Sağlık sorunlarının en aza indirilmesi için içme suyu standartları ve kılavuz değerleri belirlenmektedir.

Kılavuz değer belirlenirken ilgili parametrenin konsantrasyonunun ömür boyu tüketiminde herhangi bir sağlık riskine neden olmaması istenmektedir. Kılavuz değer hesabında iki yaklaşım kullanılmaktadır (39). Bunlar;

- Eşik değerli kimyasallar
- Eşik değeri olmayan kimyasallar (genellikle genotoksik kanserojenler)

**Eşik Değerli Kimyasallar:** Tüm toksisite türlerinde herhangi olumsuz bir etkinin görülmediği bir dozun olduğu kabul edilmektedir. Bu doz deney hayvanları üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları sonucu belirlenmektedir. Tolere edilebilen günlük alım aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$TDI, ADI \text{ veya } RfD = \frac{\text{NOEL veya LOEL veya BMDL}}{\text{Belirsizlik Faktörü}} \quad (8.11)$$

**TDI, ADI ve RfD:** Herhangi bir bileşiğin besin ve içme suyu ile alımının vücut tarafından tolere edilebilir miktarını (TDI) ifade etmektedir. Birimi mg/kg.gün veya µg/kg.gün'dür. Bu miktar ömür boyu alındığında hissedilir bir sağlık riskine neden olmamaktadır. TDI ömür boyu tolere edilebilir alımı ifade etmektedir. Herhangi bir kirleticiye kısa süreli maruz

kalındığında TDI değeri aşılsa bile uzun periyotta o kirleticinin ortalama alımı TDI değerini geçmiyorsa herhangi bir problem teşkil etmemektedir. Ancak bu durumda akut etkilerin meydana gelebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır (39).

Kabul edilebilir günlük alım (ADI) genellikle gıdalarda bulunan gıda katkı maddeleri ve pestisit kalıntıları için kullanılmaktadır. Referans doz günlük (RfD) alımda insan popülasyonuna yaşam boyunca hissedilebilir zararlı bir etki göstermeyecek dozdur. Referans doz EPA tarafından kullanılmaktadır (40).

**NOEL ve LOEL:** NOEL, yapılan doz çalışmalarında tespit edilebilir sağlık etkisi bulunmayan en yüksek konsantrasyonu veya doz miktarını belirtmektedir. LOEL ise yapılan doz çalışmalarında tespit edilebilir sağlık etkisinin görüldüğü en düşük konsantrasyonu veya doz miktarını ifade etmektedir. NOEL değerinin bulunmadığı durumlarda NOEL yerine kullanılmaktadır. NOEL yerine LOEL kullanıldığında ekstra belirsizlik faktörü uygulanmaktadır.

NOEL değeri için eğer mümkünse uzun süreli çalışmalardan ve dozlamanın içme suyu ile yapıldığı çalışmalar tercih edilmelidir. Ancak kısa süreli çalışmalardan ve gıda, hava gibi diğer doz kaynaklarının kullanıldığı çalışmalar da kullanılabilir (39, 42).

**BMD (Kıyaslama dozu):** Eğer doz-etki ilişkilerinin belirlenmesi ve matematiksel olarak modellenmesi için yeterli veri varsa kılavuz değerin hesabında NOEL yerine kıyaslama dozu (BMD) veya düşük güven limitli kıyaslama dozu (BMDL) kullanılabilir (39).

**Belirsizlik Faktörü:** Belirsizlik faktörleri hayvanlar üzerinde yapılan deneysel çalışmaların insan popülasyonuna veya küçük bir insan grubunun genel popülasyonuna ekstrapolasyonundaki belirsizlikleri ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Kullanılan belirsizlik faktörleri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

**Tablo 8.35** Belirsizlik Faktörleri

<b>Belirsizlik Kaynağı</b>	<b>Belirsizlik Faktörü</b>
Türler arası varyasyon (deney hayvanlarının insanlara ekstrapolasyonu)	1-10
Türler içi varyasyon (insanlar içindeki bireysel varyasyonlar)	1-10
Çalışmaların ve verilerin yeterliliği	1-10
Etkilerin doğası ve şiddeti	1-10

Belirsizlik faktörü olarak genellikle 100 kullanılmaktadır. Bu faktör iki belirsizlik kaynağından oluşmakta ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Türler arası varyasyon (10) x Türler içi varyasyon (10) = 100

Ancak duruma göre ekstra belirsizlik faktörleri de uygulanabilmektedir (39).

**Kılavuz Değer Hesabı:** Kılavuz değer aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Kılavuz Değer (mg/L veya } \mu\text{g/L)} = \frac{(\text{TDI veya ADI}) \times \text{Ortalama insan ağırlığı} \times \text{Orantısal faktör}}{\text{Tüketilen su miktarı}} \quad (8.12)$$

**Orantısal Faktör:** Çalışmalar ile belirlenen TDI değeri tüm kaynaklardan (su, hava, gıda) alınan kirletici miktarını ifade etmektedir. İçme suyu için kılavuz değer hesaplanırken bu miktarın içme suyundan gelen kısmı önem arz etmektedir. Bu nedenle orantısal faktör kullanılmaktadır.

Orantısal faktör Avustralya tarafından genellikle %10 ve WHO ile Kanada tarafından genellikle %20 kabul edilmiştir. Bu veri mevcut ise kirleticinin sudan gelen miktarı orantısal faktör olarak kullanılmalıdır (39, 42).

**Tüketilen Su Miktarı:** Yetişkin bir insan tarafından günlük içme suyu olarak tüketilen su miktarını ifade etmektedir. WHO, Kanada ve Avusturalya tarafından içme suyu tüketimi sırasıyla 2 L/gün, 1,5 L/gün ve 2 L/gün olarak kabul edilmektedir. Bu çalışma kapsamında bu değer 2 L/gün olarak alınmıştır.

**Ortalama İnsan Ağırlığı:** Yetişkin bir insanın kg olarak ortalama ağırlığını ifade etmektedir. WHO, Kanada ve Avusturalya tarafından yetişkin insan ağırlığı sırasıyla 60 kg, 70 kg ve 70 kg olarak kabul edilmektedir. Bu çalışma kapsamında da bu değer 70 kg olarak alınmıştır. Çocukların kirleticiye karşı daha hassas olduğu durumlarda kılavuz değer çocuklara göre hesaplanmıştır. Çocuk için günlük tüketilen su miktarı 1 L/gün ve ortalama ağırlığı 10 kg olarak kabul edilmiştir.

**Eşik Değeri Olmayan Kimyasallar:** Eşik değeri olmayan kirleticiler için kılavuz değer matematiksel model kullanılarak belirlenmektedir. Bir kimyasala maruz kalma seviyesi düşüğe ortaya çıkacak tehlikenin de düşmesi beklenmektedir. Model ile doz-etki ilişkisi belirlenerek düşük konsantrasyonlardaki maruziyetin ortaya çıkaracağı risk tespit edilebilmektedir.

Model ile belirli bir seviyedeki maruziyet sonucu oluşacak risk, alt ve üst güven sınırlarıyla birlikte belirlenmektedir. WHO tarafından içme suları için yaşam boyu kanser riski üst güven sınırı  $10^{-5}$  olarak belirtilmiştir. Bunun anlamı herhangi bir parametre için

belirlenen kılavuz değerdeki konsantrasyona sahip içme suyunun 70 yıl tüketilmesi sonucu 100.000 insanda bir insanda kanser vakasının ortaya çıkmasıdır (39).

Eşik değeri olmayan kimyasallar için kılavuz değer aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (43).

$$\text{Kılavuz Değer} = \frac{\text{Ortalama insan ağırlığı} \times \text{Doz (mg/kg.gün)}}{\text{Günlük tüketilen su miktarı}} \quad (8.13)$$

Doz = Yaşam boyu kanser riski ( $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  veya  $10^{-6}$ )/Kanser eğim faktörü

Kanser eğim faktörü = 0,1 (Kıyas etkisi)/ Ekivalent insan dozu (mg/kg.gün)

**Alüminyum İçin Örnek Hesap:** İçme suyunda belli konsantrasyonların üzerindeki alüminyum, renk ve koku oluşumuna sebep olabilir. Suda çözülmüş alüminyum konsantrasyonunun 0,2 mg/L değerini aştığı durumlarda, pH'a bağlı olarak, şebekede alüminyum hidroksit beyaz jelatinimsi formda çökerek, suyun süt görünümlü bir hal almasına neden olur (44). Alüminyum akut olarak ağız yoluyla alındığında toksik etki yapabilmektedir. Özellikle böbrek yetmezliği hastalarında kanda alüminyum birikmesi sonucu böbrek demansı görülmektedir. Alüminyumun ayrıca Parkinson ve Amyotrofik lateral skleroz (ALS) hastalığı ile de bağlantılı olduğu düşünülmektedir (42). Alzheimer hastalığına sahip kişilere yapılan otopside beyin alüminyum seviyelerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu çalışmalar haricinde içme suyundaki alüminyumun insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olduğuna dair yeterli kanıt bulunmamaktadır (44, 45).

Alüminyum için bazı kurum ve kuruluşlar tarafından belirlenen içme suyu standartları Tablo 8.36'da verilmiştir (39, 41, 42, 43, 46).

**Tablo 8.36** Alüminyum İçin İçme Suyu Standartları

WHO	EPA	Avustralya	Kanada	EU
0,1-0,2 mg/L	0,05-0,2 mg/L	0,2 mg/L	<0,1 mg/L	0,2 mg/L

Alüminyum için derlenen arıtma yöntemleri ve giderim verimleri Tablo 8.37'de verilmiştir.

**Tablo 8.37** Alüminyum İçin Önerilen Arıtma Yöntemleri ve Giderim Verimleri

Arıtma Yöntemi	Verim (%)	Kaynak
Ters osmoz	89	Chon vd. (2012)
Koagülasyon	60	Srinivasan vd. (1999)
Ters osmoz	90	Srinivasan vd. (1999)
İyon değiştirme	95	Othman vd. (2010)

Kimyasal oksidasyon	90-100	Srinivasan vd. (1999)
---------------------	--------	-----------------------

İçme sularında bulunan alüminyum konsantrasyonunun insan sağlığı açısından olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak alüminyum içme suyu arıtma tesislerinde koagülant olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle alüminyumun koagülant olarak kullanıldığı içme suyu arıtma tesislerinde çıkış alüminyum konsantrasyonunun estetik açıdan 0,2 mg/L'yi geçmemesi tavsiye edilmektedir. Bu nedenle alüminyum için 0,2 mg/L kılavuz değer olarak kabul edilmiştir (47; 44, 39, 42).

Derlenen çalışmalar incelendiğinde alüminyumun koagülasyonla % 60 verimle giderilebildiği görülmektedir. A2 kılavuz değerinin hesabı için Alüminyumun konvansiyonel arıtma yöntemleriyle giderim verimi % 60 olarak öngörülmüştür. A2 değerinin hesabı aşağıdadır:

$$\frac{0,2 \text{ mg/L}}{0,4} \cong 0,5 \text{ mg/L}$$

A3 kılavuz değerinin hesabı için ileri arıtma yöntemleriyle giderim verimi % 90 olarak öngörülmüştür.

$$\frac{0,2 \text{ mg/L}}{0,1} \cong 2 \text{ mg/L}$$

Alüminyum için belirlenen A1, A2 ve A3 kılavuz değerleri Tablo 8.38'de verilmiştir (47).

**Tablo 8.38** Alüminyum İçin Önerilen Kılavuz Değerleri

A1	A2	A3
0,2 mg/L	0,5 mg/L	2 mg/L

## 8.8 Sulama Suyu Kalite Standardı Belirleme

Sulama, bitkinin en iyi şekilde yetişmesi için ihtiyacı olan suyun doğal yağışlarla karşılanamayan kısmını toprağa vermek için yapılan bir işlemdir (49). Sulama kurak kuşak diye adlandırılan coğrafi bölgelerde gelişmesine rağmen, önemli miktarda yağış alan bölgelerde de sulama ihtiyacı meydana gelmektedir, çünkü bu bölgelerde yağış miktarı yeterli olmasına rağmen, bitkinin ihtiyaç duyduğu zamanlarda meydana gelme olasılığı çok düşüktür (48).

Bir su kaynağının sulama suyu olarak kullanılabilmesi için fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirli sınırlar içinde kalması gerekmektedir. Sulama suyunun kalitesini su içinde bulunan eriyiklerin (katyonlar ve anyonlar) konsantrasyonu belirler. Katyonlar

sodyum, magnezyum ve kalsiyum; anyonlar ise nitrat, flor, bor, klorür, sülfat ve bikarbonattır (49).

Sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde genel kriterler Tablo 8.39’da verilmiştir. Çeşitli metaller için sulamada suyunda kabul edilebilen maksimum konsantrasyonlar Tablo 8.40’da, sulama suyunun mikrobiyolojik içeriğine ilişkin (e.coli konsantrasyonu) standartlar da Tablo 8.41’de sunulmuştur.

**Tablo 8.39** Genel Sulama Suyu Kriterleri (40)

Kalite Kriteri		Birim <sup>5</sup>	Kullanım Kısıtlaması Yok	Az-Orta Kullanım Kısıtlaması	Yüksek Kullanım Kısıtlaması
<b>Tuzluluk</b> (Sulama suyunun bitki için uygunluğunu etkiler) <sup>1</sup>					
Elektriksel İletkenlik (EC <sub>w</sub> )		dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Toplam Çözünmüş Madde (TÇM)		mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
<b>Geçirgenlik</b> (Suyun toprakta emilim oranını etkiler. SAR ve EC <sub>w</sub> birlikte değerlendirilmelidir.) <sup>2</sup>					
SAR	0 - 3	ve EC <sub>w</sub>	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
	3 - 6		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
	6 - 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
	12 - 20		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
	20 - 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>Özgül İyon Toksisitesi</b> (Hassas bitkiler için)					
Sodyum (Na) <sup>3</sup>	Yüzey sulama	SAR	< 3	3 – 9	> 9
	Püskürtme sulama	me/L	< 3	> 3	
Klorür (Cl) <sup>3</sup>	Yüzey sulama	me/L	< 4	4 – 10	> 10
	Püskürtme sulama	me/L	< 3	> 3	
Bor (B)		mg/L	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
<b>Diğer Etkiler</b> (Hassas bitkiler için)					
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N) <sup>4</sup>		mg/L	< 5	5– 30	> 30
Toplam Pestisit		mg/L	<0,01	0,01-0,1	> 0,1
Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> ) (sadece tepeden püskürtme sulama için)		me/L	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH			Normal Aralık 6,5 – 8,4		

1 ECw: Elektriksel iletkenlik suda tuzluluğun bir göstergesi olup, 25°C’de desisiemens/metre (dS/m) veya millimhos/santimetre(mmhos/cm) olarak ifade edilir (dS/m = mmhos/cm).

2 SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı): Belirli bir SAR değerinde suyun tuzluluğu arttıkça toprağın geçirgenliği artar. Geçirgenlik sorunları olan bölgelerde SAR ve elektriksel iletkenlik parametreleri birlikte değerlendirilmelidir. SAR’ın hesaplanması ile SAR ve iletkenliğin birlikte değerlendirilmesine ilişkin bilgiler Ek-3’de detaylı olarak verilmiştir.

3 Ağaç tohumları ve odunsu bitkiler sodyum ve kloro karşı hassas olduklarından bunlar için yüzeysel sulamada tabloda verilen değerlere uyulur. Yıllık tohumların çoğunluğu sodyum ve kloro karşı hassas olmadığından sulama suyu kalitesine karar verilirken bitkilerin tuza karşı hassasiyetleri göz önünde bulundurulur. Bitkilerin tuzluluğa karşı hassasiyetleri Tablo 4’de verilmiştir.

4 NO<sub>3</sub>-N: Nitrat azotu (Atıksuyun sulama suyu olarak kullanılacağı durumlarda NH<sub>4</sub> -N ve Organik-N analizleri de yapılır.)

5 dS/m = desisiemens/metre (1 mmhos/cm = 1 millimhos/santimetre ye eşittir)

Sıvı akışkanlar için mg/L = miligram/litre ≈ milyonda bir (ppm) alınabilir.

me/L = miliequivalent/litre (mg/L ÷ eşdeğer ağırlık = me/L); 1 me/L= 1 milimol/litre elektron yükü için uyarlanmıştır.

Eşdeğer ağırlık, bir element veya bileşiğin 1 gr hidrojenle veya 8 gram oksijenle birleşen veya yer değiştirebilen miktarının ağırlık olarak miktarıdır. Başka bir deyişle 1 mol elektron ile birleşebilen ağırlık olarak element miktarıdır

**Tablo 8.40** Sulamada Kullanılacak Sularda Kabul Edilebilen Maksimum Parametre Konsantrasyonları

Element	Hedeflenen Su Kalitesi (tüm topraklarda sürekli yapılan sulamalarda) (mg/L)	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde <u>7 yıldan daha az sulama yapıldığında</u> (mg/L)	Açıklamalar
Alüminyum (Al)	5,00	20,00	Asidik toprakta verimsizliğe sebep olabilmektedir. Ancak pH’ı 5,5-8,0 olan topraklar, iyonu çöktürüp toksisiteyi ortadan kaldıracaktır.



<b>Element</b>	<b>Hedeflenen Su Kalitesi (tüm topraklarda sürekli yapılan sulamalarda) (mg/L)</b>	<b>pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde <u>7 yıldan daha az sulama</u> yapıldığında (mg/L)</b>	<b>Açıklamalar</b>
Arsenik (As)	0,10	2,00	Bitkilere olan toksisitesi geniş ölçüde değişmekte olup; Sudan Çimi için 12 mg/L ‘den, pirinç için 0,05 mg/L ‘ye kadar değişmektedir.
Berilyum (Be)	0,10	0,50	Bitkilere olan toksisitesi geniş ölçüde değişmekte olup, lahana için 5 mg/L ‘den, çalı fasulyesi için 0,5 mg/L ‘ye kadar değişmektedir.
Bor (B)	<i>Hassas Bitkiler İçin</i> 1 mg/L	<i>Hassas Bitkiler İçin</i> 2 mg/L	Bitki gelişimi için gerekli bir element olup, kullanılmış sulardaki uygun miktarları topraktaki bor eksikliğinin giderilmesini sağlayacaktır. Hassas bitkilerde (narenciye vb.) 1 mg/L ve üzeri konsantrasyonlarda toksik etki göstermektedir. Çoğu çim çeşidi, 2-10 mg/L’ye tolerans göstermektedir.
	<i>Diğerleri İçin</i> 4 mg/L	<i>Diğerleri İçin</i> 6 mg/L	
Kadmiyum (Cd)	0,01	0,05	0,1 mg/L gibi düşük konsantrasyonlarda fasulye, pancar ve turp için toksik etkiye sahiptir; ihtiyatlı sınır-değerler tavsiye edilmektedir.
Krom (Cr)	0,10	1,00	Genellikle gerekli elementler arasında sayılmamaktadır; toksisite verilerinin eksikliği sebebiyle ihtiyatlı sınır değerler tavsiye edilmektedir.
Kobalt (Co)	0,05	5,00	0,1 mg/L konsantrasyonda domates için toksik etki göstermektedir. Nötral ve alkali topraklar ile etkisiz hale gelme eğilimi vardır.
Bakır (Cu)	0,20	5,00	Pek çok bitki için 0,1 -1,0 mg/L

<b>Element</b>	<b>Hedeflenen Su Kalitesi (tüm topraklarda sürekli yapılan sulamalarda) (mg/L)</b>	<b>pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde <u>7 yıldan daha az sulama</u> yapıldığında (mg/L)</b>	<b>Açıklamalar</b>
			konsantrasyonlarında toksik etkisi mevcuttur.
Florür (F)	1,00	15,00	Nötral ve alkali topraklar ile etkisiz hale gelmektedir.
Demir (Fe)	5,00	20,00	Havalandırılmış toprakta toksik etkisi olmamakla birlikte toprak asiditesini artırma ile fosfor ve molibdenin azalmasına katkıda bulunur.
Kurşun (Pb)	3	5	Yüksek konsantrasyonlarda, bitki hücre gelişimini engellemektedir.
Lityum (Li)	2,50	-	Pek çok ürün 5 mg/L 'ye kadar tolere edebilmektedir. Toprakta değişken/hareketlidir. Narenciye için düşük dozları bile toksik olup, tavsiye edilen sınır 0,075 mg/L, şeker pancarı için 3,5 mg/L ve arpa için ise 1 mg/L'dir.
Mangan (Mn)	0,2	10,00	Asidik topraklarda 0,1 ile 1-2 mg/L konsantrasyonlarda bazı ürünler için toksik etkisi mevcuttur.
Molibden (Mo)	0,01	0,05	Bitkiler için toksik etkisi bulunmamaktadır. Ancak yüksek molibdenli toprakta yetişmiş hayvan yemleri, hayvanlar için toksik etki yapabilir.
Nikel (Ni)	0,20	2,00	0,5 ile 1,0 mg/L arası konsantrasyonlarda bazı bitkiler için toksik olabilmektedir. Nötral veya alkali pH'larda toksisite azalmaktadır.
Selenyum	0,02	0,05	Düşük konsantrasyonlarda bitkiler için toksik

<b>Element</b>	<b>Hedeflenen Su Kalitesi (tüm topraklarda sürekli yapılan sulamalarda) (mg/L)</b>	<b>pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde <u>7 yıldan daha az sulama</u> yapıldığında (mg/L)</b>	<b>Açıklamalar</b>
(Se)			etki yapmaktadır. Düşük seviyedeki selenyumlu toprakta yetişmiş hayvan yemleri, hayvanlar için toksik etki yapabilir.
Vanadyum (V)	0,10	1,00	Nispeten düşük konsantrasyonlarda pek çok bitki için toksiktir.
Çinko (Zn)	2,0	5,00	Geniş aralıkta değişen konsantrasyonlarda pek çok bitki için toksiktir. İnce taneli ya da organik topraklarda ve artan pH (6 veya üstü)'da toksisite azalmaktadır.

**Tablo 8.41** Sulama Suyunun Mikrobiyolojik Kalitesine İlişkin Kriterler

<b>Konsantrasyon (E. Coli sayısı/100 mL)</b>	<b>Bitki kalitesi üzerinde etki ve uygulama yöntemleri</b>
< 1	Çok düşük etki (tüm bitkiler ve tüm sulama yöntemleri için)
1-1000	Çok düşük etki (çiğ tüketilmeyen bitkiler için tüm sulama yöntemleri ile)
> 1000	Park, bahçe vs. gibi su ile direk temasın olmadığı durumlarda

**EK-8.1****Kıtaıçı Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Aısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (50)**

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları <sup>(a)</sup>			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
Renk (m <sup>-1</sup> )	RES 436 nm: ≤ 1,5 RES 525 nm: ≤ 1,2 RES 620 nm: ≤ 0,8	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	RES 436 nm: 4,3 RES 525 nm: 3,7 RES 620 nm: 2,5	RES 436 nm: > 4,3 RES 525 nm: > 3,7 RES 620 nm: > 2,5
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Yağ ve Gres (mg/L)	< 0,2	0,3	0,5	> 0,5
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	3	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) (mg/L)	< 4	8	20	> 20
Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	< 0,2	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 3	10	20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L) <sup>(b)</sup>	< 0,5	1,5	5	> 5
Toplam azot (mg N/L) <sup>(c)</sup>	< 3,5	11,5	25	> 25
Orto fosfat fosforu (mg o-PO <sub>4</sub> -P/L)	< 0,05	0,16	0,65	> 0,65
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	0,8	> 0,8
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	2000	> 2000
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	3000	> 3000
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	20	> 20
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	10	> 10

(a) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

**I. Sınıf** - Yüksek kaliteli su (I. sınıf su kalitesinde olması “Çok İyi” su durumunu ifade etmektedir.);

- 1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,
- 2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
- 3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

**II. Sınıf** - Az kirlenmiş su (II. sınıf su kalitesinde olması “İyi” su durumunu ifade etmektedir.);

- 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,
- 2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
- 3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

**III. Sınıf** - Kirlenmiş su (III. sınıf su kalitesinde olması “Orta” su durumunu ifade etmektedir.);

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,

**IV. Sınıf** - Çok kirlenmiş su (IV. sınıf su kalitesinde olması “Zayıf” su durumunu ifade etmektedir.);

III. sınıf için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yerüstü suları.

(b) TKN:  $\text{NH}_3\text{-N}$  + Organik Azot

(c) TN: TKN +  $\text{NO}_3\text{-N}$  +  $\text{NO}_2\text{-N}$

Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri

	Parametre	Su Kalite Sınıfları			
		I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
Ege-	Çözülmüş oksijen	$\geq 7$	6	5	$< 5$

<b>Akdeniz</b>	(mg O <sub>2</sub> /L)				
	TP (µg/L)	< 5	5-7	7,1-11	> 11
	NO <sub>x</sub> (µg/L) *	< 5	5-10	10,1-20	> 20
	Yağ-gres (mg/L)	< 0,2	0,3	0,5	> 0,5
	Yüzer madde	Yüzer halde sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.			
<b>Marmara</b>	Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L)	≥ 6	5	4	< 4
	TP (µg/L)	< 14	14-21	22-30	> 30
	NO <sub>x</sub> (µg/L) *	< 14	14-20	21-34	> 34
	Yağ-gres (mg/L)	< 0,2	0,3	0,5	> 0,5
	Yüzer madde	Yüzer halde sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.			
<b>Karadeniz</b>	Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L)	≥ 6	5	4	< 4
	TP (µg/L)	< 8	8-12	12-16	> 16
	NO <sub>x</sub> (µg/L) *	< 14	14-20	21-34	> 34
	Yağ-gres (mg/L)	< 0,2	0,3	0,5	> 0,5
	Yüzer madde	Yüzer halde sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.			

\* NO<sub>x</sub>: Oksitlenmiş azotlu bileşikler (NO<sub>3</sub>-N + NO<sub>2</sub>-N)

**EK-8.2****Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları (50)**

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
1	1,1-Dikloroetan	75-34-3	1000	10000	1000	10000
2	1,2,4,5-tetraklorobenzen	95-94-3	6	24	6	24
3	1,2,4-trimetilbenzen	95-63-6	7,4	516	0,3	516
4	1,3,5-trimetilbenzen; Mesitilen	108-67-8	9	150	0,8	150
5	1,3-diklorobenzen	541-73-1	58	599	58	599
6	1,4-diklorobenzen	106-46-7	38	284	38	284
7	17-alfa-etinilestradiyol	57-63-6	0,5	0,9	0,5	0,9
8	17-beta-estradiyol	50-28-2	0,5	0,5	0,5	0,5
9	1-kloro-2,4-dinitrobenzen	97-00-7	5	20	5	20
10	1-Kloronaftalin	90-13-1	0,7	7	0,7	7
11	1-metilnaftalin	90-12-0	1,5	29	1,5	29
12	2,3,4,5,6-Pentaklorotoluen; Pentaklorotoluen	877-11-2	1,3	1,3	0,004	0,07
13	2,4,6-tri-tert-butilfenol	732-26-3	0,06	0,6	0,06	0,6
14	2,6-di-ter-butilfenol; 2,6-di-tersiyer-butilfenol	128-39-2	7,6	76	7,6	76
15	2,6-ksilenol	576-26-1	54	112	1,1	112

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
16	2-amino-4- klorofenol	95-85-2	10	100	10	100
17	2-kloronaftalin	91-58-7	1,6	40	1	40
18	3,6-dimetilfenantren	1576-67-6	2	2	0,05	0,13
19	4,4'-DDD	72-54-8	0,025	0,025	0,01	0,025
20	4,4'-Dibromodifenil eter	2050-47-7	1,5	1,5	0,004	0,07
21	4,5-dikloro-2-oktil- 2H-izotiyazol-3-on	64359-81-5	0,17	0,34	0,17	0,34
22	4-Aminoazobenzen	60-09-3	0,7	46	0,7	7
23	4-Kloro-3- metilfenol; Paraklorometakresol	59-50-7	37	366	37	366
24	4-kloroanilin	106-47-8	0,005	85	0,26	85
25	Aldrin	309-00-2	0,01	-	0,01	-
26	Alüminyum*	7429-90-5	2,2	27	2,2	22
27	Antimon*	7440-36-0	7,8	103	4,5	45
28	Arsenik*	7440-38-2	53	53	10	20
29	Asenaften	83-32-9	6	66	6	66
30	Asetaklor; 2-kloro- N-(etoksümetil)-N- (2-etil-6- metilfenil)asetamid	34256-82-1	0,3	10,1	0,3	10,1
31	Azinfos-metil	86-50-0	0,05	0,4	0,05	0,4
32	Bakır*	7440-50-8	1,6	3,1	1,3	5,7
33	Baryum	7440-39-3	680	680	680	680
34	Benzil benzoat	120-51-4	1000	10000	1000	10000



No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
35	Benzilbutilfitalat (BBP)	85-68-7	2,7	44	2,7	27
36	Benzo(a)floreon	238-84-6	0,1	1	0,1	1
37	Benzo(e)piren	192-97-2	0,6	0,6	0,05	0,05
38	Berilyum	7440-41-7	2,5	3,9	2,5	3,9
39	Bifenil	92-52-4	46	87	46	87
40	Bis(2-etilhekzil) terefitalat	6422-86-2	0,1	0,15	0,1	0,15
41	Bisfenol-A	80-05-7	6,5	252	6,5	65
42	Bor*	7440-42-8	707	1472	707	1472
43	Bromür	7726-95-6	31	46	31	46
44	Çinko*	7440-66-6	5,9	231	5,33	76
45	DDT (toplam)	50-29-3	0,01	0,65	0,01	0,1
46	Dekametilsiklopenta siloksan; Siloksan- D5	541-02-6	0,6	0,6	0,6	0,6
47	Demeton	8065-48-3	20	20	20	20
48	Demir*	7439-89-6	36	101	36	101
49	Diazinon	333-41-5	0,9	4	0,9	4
50	Dibutilfitalat (DBP)	84-74-2	16	96	1,5	96
51	Dibutikalay oksit	818-08-6	4	67	4	40
52	Dieldrin	60-57-1	0,02	0,93	0,02	0,93
53	Dietil Fitalat	84-66-2	72	1920	72	1920
54	Difenil eter; difenil oksite	101-84-8	6	60	1	60
55	Difenilamin	122-39-4	37	100	44	440
56	Diizobütil adipat	141-04-8	8,7	9	11	11

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
57	Diklofenak	15307-79-6	100	100	100	100
58	Dioktil fitalat (DnOP)	117-84-0	1680	16800	1680	16800
59	EDTA	60-00-4	39	39	39	39
60	Endrin	72-20-8	0,01	-	0,01	-
61	Etilentiyoüre (ETU); İmidazolidin-2- tiyon; Etilentiyoüre (ETU)	96-45-7	248	2000	248	2000
62	Fenantren	85-01-8	1,4	11,2	1,4	11,2
63	Fenitrotiyon (ISO); O,O-dimetil O-4- nitro-m-tolil fosforotiyoat	122-14-5	3,5	103	3,5	103
64	Fentiyon	55-38-9	0,05	1,1	0,05	1,1
65	Floren	86-73-7	3,4	47	3,4	47
66	Gümüş*	7440-22-4	1,5	1,5	1,5	1,5
67	Izopropilbenzen	98-82-8	35	260	35	260
68	İsodrin	465-73-6	0,01	-	0,01	-
69	Kalay*	7440-31-5	13	13	13	13
70	Karbondetraklorür	56-23-5	7,2	130	7,2	130
71	Klofibrik asit	882-09-7	0,3	89	0,5	89
72	Kloroasetik asit	79-11-8	0,5	5	0,5	5
73	Klorotalonil	1897-45-6	0,3	4,2	0,3	2
74	Kobalt*	7440-48-4	0,3	2,6	0,3	2,6
75	Krisen	218-01-9	1,9	19	1,9	19
76	Krom*	7440-47-3	1,6	142	4,2	88

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
77	Ksilen (m)	108-38-3	24	273	1,4	273
78	Ksilen (o)	95-47-6	24	585	1,8	585
79	Ksilen misk	81-15-2	5,6	56	5,6	56
80	Linuron	330-55-2	3	7	3	7
81	Merkaptobenzotiyazol (MBT); Benzotiyazol-2-tiyol; 2-Merkaptobenzotiyazol (MBT)	149-30-4	50	50	50	50
82	N,N,N',N'-tetrametil-4,4'-metilenedianilin (Michler's bazı)	101-61-1	20	20	0,26	3
83	n-bütilkalay triklorür	1118-46-3	1,2	12	1,2	12
84	Nitrobenzen	98-95-3	187	3516	187	3516
85	p-(1,1-dimetilpropil)fenol	80-46-6	9	14	0,07	14
86	Poliklorlubifeniller (PCB'ler)	1336-36-3	0,31	0,37	0,07	0,14
87	PCB 101	37680-73-2	0,25	0,25	0,01	0,02
88	PCB 138	35065-28-2	0,01	0,02	0,01	0,02
89	PCB 153	35065-27-1	0,01	0,02	0,01	0,02
90	PCB 180	35065-29-3	0,01	0,02	0,01	0,02
91	PCB 28	7012-37-5	0,01	0,02	0,01	0,02
92	PCB 31	16606-02-3	0,01	0,02	0,01	0,02

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
93	PCB 52	35693-99-3	0,01	0,02	0,01	0,02
94	Perilen	198-55-0	0,6	0,6	0,01	0,03
95	Permetrin	52645-53-1	0,12	0,12	0,12	0,12
96	Petrol Hidrokarbonları	-	96	100	96	100
97	Piren	129-00-0	0,1	0,4	0,02	0,4
98	Piriprosifen	95737-68-1	0,02	7,5	0,02	7,5
99	Prokloraz; N-propil- N-[2-(2,4,6- triklorofenoksi)etil]- 1H-imidazol-1- karboksamid	67747-09-5	11	13	11	13
100	Propetamfos	31218-83-4	0,05	0,7	1,5	15
101	Propilbenzen	103-65-1	0,2	1,7	0,2	1,7
102	Serbest CN	57-12-5	1,2	6	1,2	6
103	Silisyum	7440-21-3	1830	1830	610	6891
104	Stiren; Vinilbenzen	100-42-5	6,3	575	5,1	575
105	Sülfametoksazol	723-46-6	5	50	5	50
106	Ter-bütül-4- metoksifenol	25013-16-5	0,9	9	0,9	9
107	Tetrabromobisfenol A (TBBP-A)	79-94-7	2	20	2	20
108	Titanyum*	7440-32-6	26	42	26	42
109	Triadimenol; α-ter- bütül-β-(4- klorofenoksi)-1H- 1,2,4-triazol-1-	55219-65-3	32	250	1,5	15

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
	etanol					
110	Tribromodifenil eter	49690-94-0	1,6	1,6	0,004	0,08
111	Tributil fosfat	126-73-8	53	326	53	326
112	Tridekan	629-50-5	0,05	0,05	0,05	0,05
113	Trifenilkalay; Fentin	668-34-8	0,5	0,5	0,5	0,5
114	Trikloroetilen (TRI)	79-01-6	177	8163	177	8163
115	Trikloran	3380-34-5	0,12	1,1	0,12	1,1
116	Tris(nonilfenil) fosfit	26523-78-4	10	10	10	10
117	Vanadyum*	7440-62-2	1,6	97	1,6	16
118	2,4,5- triklorofenoksiasetik asit (2,4,5-t)	93-76-5	400	829	1	829
119	2,4-d isooktil ester	25168-26-7	0,2	26	2,8	26
120	2,4-d; (2,4- diklorofenoksi)aseti k asit	94-75-7	5,3	583	5,3	583
121	2-metil-4,6-dinitro- fenol DNOK	534-52-1	20	23	20	23
122	Asetamiprid	135410-20-7	42	42	42	42
123	Atrazin-desetil	6190-65-4	0,3	3	0,3	3
124	Azoksistrobin	131860-33-8	0,2	6	0,2	6
125	Bentazon	25057-89-0	4,5	832	4,5	832
126	Lindan (γ-bhc, 1α,2α,3β,4α,5α,6β- heksaklorosikloheks an)	58-89-9	1,4	4	1,4	1,4

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
127	Boskalid	188425-85-6	19	113	19	113
128	Bromofos-etil	4824-78-6	0,01	0,1	0,01	0,1
129	Bromofos-metil	2104-96-3	0,001	0,1	0,001	0,01
130	Bromopropilat	18181-80-1	0,12	23	0,12	1,2
131	Bromoksinil	1689-84-5	36	262	0,8	262
132	Buprofezin	69327-76-0	3,5	3,5	3,5	3,5
133	Butralin	33629-47-9	0,1	4,1	0,1	4,1
134	Kadusafos	95465-99-9	0,01	0,02	0,01	0,02
135	Kaptan	133-06-2	1,6	8,5	1,6	8,5
136	Karbaril	63-25-2	9	34	0,04	34
137	Karbendazim	10605-21-7	2,7	77	2,7	77
138	Karbofuran	1563-66-2	2,3	2,3	0,05	1,6
139	Karboksin; vitavaks	5234-68-4	11	11	5	5
140	Klorantraniliprol	500008-45-7	0,09	1,4	12	12
141	Klorobenzilat	510-15-6	6	60	0,8	8
142	Klordan	57-74-9	42	42	42	42
143	Klorfenapir	122453-73-0	0,007	0,4	0,007	0,4
144	Kloridazon; pirazon	1698-60-8	6	6	0,01	0,1
145	Klorsulfuron	64902-72-3	0,02	0,6	2000	2000
146	Klofentezin	74115-24-5	0,12	0,5	0,025	0,25
147	Klopiralid	1702-17-6	200	200	200	200
148	Klotianidin	210880-92-5	1,2	1,2	1,2	1,2
149	Siklanilid	113136-77-9	2,5	10	2,5	10
150	Siflutrin; beta siflutrin	68359-37-5	0,001	0,003	0,001	0,003
151	Siprodinil	121552-61-2	4,3	21	4,3	21
152	Siromazin	66215-27-8	0,2	16	0,3	3

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
153	4,4'-dde; 1,1- dikloro-2,2-bis(4- klorofenil) etin	72-55-9	0,02	0,2	0,02	0,2
154	Diklobenil	1194-65-6	0,6	187	74	187
155	Dietofenkarb	87130-20-9	0,7	910	0,7	7
156	Difenokonazol	119446-68-3	0,2	5,5	0,2	5,5
157	Diflubenzuron	35367-38-5	0,13	0,13	0,02	0,02
158	Diflufenikan	83164-33-4	0,01	0,01	0,01	0,01
159	Dimetenamid	87674-68-8	0,4	1,5	0,4	1,5
160	Dimetoat	60-51-5	15	15	15	15
161	Dimetomorf	110488-70-5	3,5	61	3,5	61
162	Dimetilaminosulfani lid	4710-17-2	100	9560	100	1000
163	Dinobuton	973-21-7	0,05	0,5	0,05	0,5
164	Epoksikonazol	133855-98-8	0,8	0,8	0,03	0,3
165	Etalfluralin	55283-68-6	0,3	0,5	0,5	0,5
166	Etofumesat	26225-79-6	48	324	48	324
167	Etoprofos	13194-48-4	0,21	6,4	0,21	0,35
168	Fenamifos	22224-92-6	0,01	0,08	0,01	0,08
169	Fenarimol	60168-88-9	0,07	0,07	0,07	0,07
170	Fenbutatin ksit	13356-08-6	0,1	0,5	0,1	0,5
171	Feneksamid	126833-17-8	28	28	28	28
172	Fenpropatrin	39515-41-8	0,01	0,01	0,01	0,01
173	Fenpropimorf	67564-91-4	0,1	30	0,1	1
174	Fluazifop-p-butil	79241-46-6	4,8	53	4,8	48
175	Fludioksonil	131341-86-1	1,2	3,1	1,2	3,1
176	Fluopiram	658066-35-4	50	275	22	43

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
177	Flukinkonazol	136426-54-5	3,1	3,1	3,1	3,1
178	Fluroksipir	69377-81-7	5600	5600	5600	5600
179	Flutolanil	66332-96-5	55	975	0,6	0,6
180	Flutriafol	76674-21-0	25	79	25	79
181	Fosetil al	39148-24-8	25	330	25	330
182	Fostiazat	98886-44-3	42	42	42	42
183	Hekzakonazol	79983-71-4	11	115	11	115
184	Hekzitiazoks	78587-05-0	0,4	0,4	0,4	0,4
185	Imazalil	35554-44-0	50	73	50	73
186	Imazapir	81334-34-1	1900	1900	1590	1840
187	Imidakloprid	138261-41-3	0,14	1,4	0,14	1,4
188	Lenasil	2164-08-1	1	1	1	1
189	Malation	121-75-5	42	42	42	42
190	Mandipropamid	374726-62-2	46	250	46	250
191	Mepikuat klorit	24307-26-4	20	20	20	20
192	Mesotrion	104206-82-8	44	705	44	705
193	Metalaksil	57837-19-1	17	5320	1	10
194	Metam potasyum	137-41-7	24	240	24	240
195	Metamitron	41394-05-2	2	4,5	2	4,5
196	Metazaklor	67129-08-2	42	42	42	42
197	Metamidofos	10265-92-6	0,2	0,2	0,2	0,2
198	Metidation	950-37-8	42	42	42	42
199	Metomil	16752-77-5	42	42	42	42
200	Metoksifenozid	161050-58-4	11	110	11	110
201	Metolaklor	51218-45-2	3,3	88	3,3	88
202	Metrafenon	220899-03-6	12	13	1	13
203	Molinat	2212-67-1	136	460	136	460



No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
204	Monokrotofos	6923-22-4	0,4	45	1	45
205	Miklobutanil	88671-89-0	9,6	9,6	9,6	9,6
206	Nikosulfuron	111991-09-4	0,05	0,2	0,05	0,2
207	Nitrofen	1836-75-5	0,2	90	0,2	2
208	Ometoat	1113-02-6	16	16	85	85
209	Okzadiazon	19666-30-9	0,3	9	0,3	9
210	Okzadiksil	77732-09-3	306	306	306	306
211	Paration-metil	298-00-0	1,4	2,5	0,01	2,5
212	Penkonazol	66246-88-6	1,2	1,9	1,2	1,9
213	Pendimetalin	40487-42-1	0,5	8	0,5	8
214	Fentoat	2597-03-7	0,05	0,5	0,05	0,5
215	Pikloram	1918-02-1	55	1401	12	120
216	Piperonil butoksit	51-03-6	3,3	350	0,8	350
217	Pirimikarb	23103-98-2	3,3	21	3,3	21
218	Prosimidon	32809-16-8	12	12	12	12
219	Prometrin	7287-19-6	0,3	2	0,3	2
220	Propamokarb HCL	25606-41-1	2240	3914	185	3914
221	Propazin	139-40-2	0,3	4,1	0,3	4,1
222	Profam	122-42-9	1	989	1	10
223	Propikonazol	60207-90-1	0,7	50	0,7	50
224	Propizamid	23950-58-5	23	112	23	112
225	Protiofos	34643-46-4	0,1	16	0,1	16
226	Piraklostrobin	175013-18-0	0,08	0,08	0,08	0,08
227	Piridaben	96489-71-3	0,25	0,25	0,25	0,25
228	Pirimetanil	53112-28-0	12	139	12	139
229	Kuinalfos	13593-03-8	0,2	1,4	0,2	1,4
230	Kuizalofop-p-etil	100646-51-3	1	1	1	1

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	MAK- ÇKS Nehirler / Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
231	Spiroksamin	118134-30-8	42	42	42	42
232	Tebukonazol	107534-96-3	23	121	1,6	121
233	Tebutiuron	34014-18-1	0,18	7,4	0,18	7,4
234	Teknazen	117-18-0	1	10	1	10
235	Teflutrin	79538-32-2	0,002	0,002	0,002	0,002
236	Terbutilazin	5915-41-3	0,2	3,5	0,01	3,5
237	Tiabendazol	148-79-8	0,5	28	0,5	28
238	Tiaklopid	111988-49-9	0,13	2	0,13	2
239	Tiametokzam	153719-23-4	20	20	20	20
240	Tidiazuron	51707-55-2	10	61	10	61
241	Tiometon	640-15-3	0,01	47	0,01	0,1
242	Tiofanat-metil	23564-05-8	42	42	42	42
243	Tolklofos-metil	57018-04-9	1,2	7	1,2	7
244	Tolfenpirad	129558-76-5	0,2	0,2	0,2	0,2
245	Triasulfuron	82097-50-5	0,012	0,12	1,8	1,8
246	Tribenuron-metil	101200-48-0	0,04	0,08	0,04	0,08
247	Trifloksistrobin	141517-21-7	42	42	42	42
248	Triflumuron	64628-44-0	0,23	0,23	0,23	0,23
249	Trinekezapak-etil	95266-40-3	13	86	13	86
250	Vinklozolin	50471-44-8	1,1	84	1,1	84

**EK 3****Yerüstü Su Kaynakları için Öncelikli Maddeler Ve Çevresel Kalite Standartları\* (50)**

No	Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/Göll er (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
1	Alaklor	15972-60-8	0,3	0,7	0,3	0,7
2	Antrasen	120-12-7	0,1	0,4	0,1	0,4
3	Atrazin	1912-24-9	0,6	2,0	0,6	2,0
4	Benzen	71-43-2	10	50	8	50
5	Bromlu difenileter <sup>1</sup>	32534-81-9	-	0,14	-	0,014
6	Kadmiyum ve bileşikleri <sup>2</sup>	7440-43-9	< 0,08 (Sınıf 1) 0,08 (Sınıf 2) 0,09 (Sınıf 3) 0,15 (Sınıf 4) 0,25 (Sınıf 5)	< 0,45 (Sınıf 1) 0,45 (Sınıf 2) 0,6 (Sınıf 3) 0,9 (Sınıf 4) 1,5 (Sınıf 5)	0,2	< 0,45 (Sınıf 1) 0,45 (Sınıf 2) 0,6 (Sınıf 3) 0,9 (Sınıf 4) 1,5 (Sınıf 5)
7	C10-13- Kloroalkanlar	85535-84-8	0,4	1,4	0,4	1,4
8	Klorfeninfos	470-90-6	0,1	0,3	0,1	0,3
9	Klorpirifos (Klorpirifos- etil)	2921-88-2	0,03	0,1	0,03	0,1
10	1,2- dikloroetan	107-06-2	10	-	10	-
11	Diklorometan	75-09-2	20	-	20	-
12	Di(2- etilhekzil)fital at (DEHP)	117-81-7	1,3	-	1,3	-
13	Diuron	330-54-1	0,2	1,8	0,2	1,8
14	Endosulfan	115-29-7	0,005	0,01	0,0005	0,004
15	Floranten	206-44-0	0,0063	0,12	0,0063	0,12

No	Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/Göll er (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
16	Hekzakloro- benzen	118-74-1	-	0,05	-	0,05
17	Hekzakloro- bütadien	87-68-3	-	0,6	-	0,6
18	Hekzakloro- sikloheksan	608-73-1	0,02	0,04	0,002	0,02
19	Isoproturon	34123-59-6	0,3	1,0	0,3	1,0
20	Kurşun ve bileşikleri <sup>3</sup>	7439-92-1	1,2	14	1,3	14
21	Cıva ve bileşikleri	7439-97-6	-	0,07	-	0,07
22	Naftalin	91-20-3	2	130	2	130
23	Nikel ve bileşikleri <sup>3</sup>	7440-02-0	4	34	8,6	34
24	Nonilfenoller (4- Nonilfenol)	84852-15-3	0,3	2,0	0,3	2,0
25	Oktilfenol (((4-(1,1', 3,3' - tetrametilbütıl )-fenol))	140-66-9	0,1	-	0,01	-
26	Pentakloro- benzen	608-93-5	0,007	-	0,0007	-
27	Pentakloro- fenol	87-86-5	0,4	1	0,4	1
28	Poliaromatik hidrokarbonla r (PAH)	-	-	-	-	-

No	Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/Göll er (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
	Benzo(a)piren	50-32-8	$1,7 \times 10^{-4}$	0,27	$1,7 \times 10^{-4}$	0,027
	Benzo(b)floranten	205-99-2	-	0,017	-	0,017
	Benzo(k)floranten	207-08-9	-	0,017	-	0,017
	Benzo(g,h,i)perilen	191-24-2	-	$8,2 \times 10^{-3}$	-	$8,2 \times 10^{-4}$
	Indeno(1,2,3-cd)piren	193-39-5	-	-	-	-
29	Simazin	122-34-9	1	4	1	4
30	Tributilkalay bileşikleri (Tributilkalay -katyonu)	36643-28-4	0,0002	0,0015	0,0002	0,0015
31	Triklorobenzenler	12002-48-1	0,4	-	0,4	-
32	Triklorometan	67-66-3	2,5	-	2,5	-
33	Trifluralin	1582-09-8	0,03	-	0,03	-
34	Dikofol	115-32-2	$1,3 \times 10^{-3}$	-	$3,2 \times 10^{-5}$	-
35	Perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS)	1763-23-1	$6,5 \times 10^{-4}$	36	$1,3 \times 10^{-4}$	7,2
36	Kinoksifen	124495-18-7	0,15	2,7	0,015	0,54
37	Dioksinler ve dioksin		-	-	-	-

No	Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/Göll er (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
	benzeri bileşikler <sup>4</sup>					
38	Aklonifen	74070-46-5	0,12	0,12	0,012	0,012
39	Bifenoks	42576-02-3	0,012	0,04	0,0012	0,004
40	Sibutrin	28159-98-0	0,0025	0,016	0,0025	0,016
41	Sipermetrin <sup>5</sup>	52315-07-8	$8 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-5}$
42	Diklorvos	62-73-7	$6 \times 10^{-4}$	$7 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-5}$
43	Hekzabromo- siklododekanl ar (HBCDD) <sup>6</sup>		0,0016	0,5	0,0008	0,05
44	Heptaklor ve heptaklor epoksit	76-44- 8/1024-57-3	$2 \times 10^{-7}$	$3 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-8}$	$3 \times 10^{-5}$
45	Terbutrin	886-50-0	0,065	0,34	0,0065	0,034

\* 2013/39/EU sayılı Avrupa Birliği Direktifi'nde listelenen öncelikli maddeler ve çevresel kalite standartlarını ifade eder.

<sup>1</sup> Bromludifenileterler için verilen ÇKS değeri 28, 47, 99, 100, 153 ve 154 numaralı konjinerlerin toplamının konsantrasyonunu ifade eder.

<sup>2</sup> Sınıf 1: <40 mg CaCO<sub>3</sub>/L; Sınıf 2: 40-50 mg CaCO<sub>3</sub>/L; Sınıf 3: 50-100 mg CaCO<sub>3</sub>/L; Sınıf 4: 100-200 mg CaCO<sub>3</sub>/L; Sınıf 5: ≥200 mg CaCO<sub>3</sub>/L

<sup>3</sup> ÇKS'ler bu maddelerin biyolojik olarak kullanılabilir konsantrasyonlarını ifade eder.

<sup>4</sup> 7 adet poliklorlu dibenzo-p-dioksin (PCDDs): 2,3,7,8-T4CDD (CAS 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (CAS 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8- H6CDD (CAS 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (CAS 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (CAS 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD (CAS 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (CAS 3268-87-9)

10 adet poliklorlu dibenzofuran (PCDFs): 2,3,7,8-T4CDF (CAS 51207-31-9), 1,2,3,7,8-P5CDF (CAS 57117-41-6), 2,3,4,7,8-P5CDF (CAS 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (CAS 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8-H6CDF (CAS 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (CAS 72918- 21-9),

2,3,4,6,7,8-H6CDF (CAS 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (CAS 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (CAS 55673-89-7), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (CAS 39001-02-0)

12 adet dioksin benzeri poliklorlu bifenil (PCB-DL): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, CAS 32598-13-3), 3,3',4',5'-T4CB (PCB 81, CAS 70362-50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, CAS 32598-14-4), 2,3,4,4',5'-P5CB (PCB 114, CAS 74472-37-0), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 118, CAS 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, CAS 65510-44-3), 3,3',4,4',5'-P5CB (PCB 126, CAS 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 156, CAS 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, CAS 69782-90-7), 2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167, CAS 52663-72-6), 3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169, CAS 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5,5'-H7CB (PCB 189, CAS 39635-31-9).

<sup>5</sup> 52315-07-8 numaralı CAS Numarası sipermetrinin, alfa sipermetrin (CAS 67375-30-8), beta sipermetrin (CAS 65731-84-2), teta sipermetrin (CAS 71697-59-1) ve zeta sipermetrinden (CAS 52315-07-8) oluşan bir izomer karışımını ifade eder.

<sup>6</sup> 1,3,5,7,9,11-Hekzabromosiklododekan (CAS 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-Hekzabromosiklododekan (CAS 3194-55-6),  $\alpha$ -Hekzabromosiklododekan (CAS 134237-50-6),  $\beta$ -Hekzabromosiklododekan (CAS 134237-51-7) ve  $\gamma$ -Hekzabromosiklododekanı (CAS 134237-52-8) ifade eder.

Rekreasyon Maksadıyla Kullanılan Kıyı ve Geçiş Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler

Parametre	Standart
Bulanıklık	Secchi disk derinliği:
Berraklık	1 m - %90 (kılavuz)
Işık geçirgenliği	2 m - %95 (zorunlu)
Çözülmüş oksijen (% doygunluk)	$\geq$ %80
Escherichia coli (koloni/100 mL) (*)	250 (%95) (kılavuz)
	500 (%95) (zorunlu)
	500 (%90) (yeterli)
Intestinal enterokok (koloni/100 mL) (*)	100 (%95) (kılavuz)
	200 (%95) (zorunlu)
	185 (%90) (yeterli)
Karbon kalıntıları ve yüzen maddeler	Bulunmayacaktır.

pH	6–9
Renk	Renkte sıra dışı bir değişiklik olmamalıdır.
Sahil koruma bandı genişliği (m)	Derinliği 20 m ve altında olan sığ sularda kıyıdan: 500 Derinliği 20 m’den fazla olan derin sularda kıyıdan: 300
Yüzer madde (yağ ve gres dâhil)	Yüzer halde yağ, katran gibi sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.

(\*) Mikrobiyolojik değerlendirme:

Yüzme sularından elde edilen mikrobiyolojik verilerin, normal ihtimal fonksiyonunun  $\log_{10}$  yüzdelerik değerlendirmesine dayanarak, yüzdelerik değer aşağıdaki gibi elde edilir:

(i) Veri dizisi içinde değerlendirilecek bütün bakteriyel sayımların  $\log_{10}$  değerleri alınır. (Sıfır değeri elde edilirse, bunun yerine kullanılan analitik yöntemin asgari ölçüm sınırının  $\log_{10}$  değeri alınır.)

(ii)  $\log_{10}$  değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanır ( $\mu$ ).

(iii)  $\log_{10}$  değerlerinin standart sapması hesaplanır ( $\sigma$ ).

Veri ihtimal fonksiyonunun yüzde 90 üstü yandaki denklem ile elde edilir:  $P = \log^{-1} (\mu + 1,282 \sigma)$  (Çözünmüş oksijen parametresi için ise  $P = \log^{-1} (\mu - 1,282 \sigma)$ ).

Veri ihtimal fonksiyonunun yüzde 95 üstü yandaki denklem ile elde edilir:  $P = \log^{-1} (\mu + 1,65 \sigma)$  (Çözünmüş oksijen parametresi için ise  $P = \log^{-1} (\mu - 1,65 \sigma)$ ).

### EK-8.3

#### Yerüstü Su Kütlelerinde Karışım Bölgeleri (50)

- Karışım bölgelerinin belirlenmesinde modelleme tekniklerinin yanı sıra basit yaklaşım esasları da kullanılmaktadır. Basit yaklaşımlara göre, kıyılarda deşarj noktasından itibaren 500 metre yarıçapında ve 5 metre derinliğindeki yarım dairenin hacmine karşılık gelen bölge karışım bölgesi olarak kabul edilebilir.
- Akarsularda ise karışım bölgesi uzunluğu deşarj noktasından itibaren mansap yönünde “10 x Akarsu Genişliği” olarak alınır. Genişliği 100 m’den fazla olan akarsularda karışım bölgesi mesafesi 1.000 m’yi geçemez. Karışım bölgesi genişliği ise basit bir yaklaşımla akarsu genişliğinin ¼’ü olarak kabul edilir.



## **EK-8.4**

### **Yerüstü Su Kütlelerinde Koruma Bölgeleri (50)**

- İnsani kullanım maksatlı su temini için tahsis edilen alanlar
- Ekonomik bakımdan önemli sucul canlı türlerinin korunması için tahsis edilen alanlar
- Yüzme suyu olarak tahsis edilen alanlar dahil, rekreasyon maksatlı kullanılan su kütleleri
- Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği ve Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği kapsamında nütrientler açısından hassas bölgeler ve hassas su alanları olarak belirlenmiş alanlar
- Su durumunun sürdürülmesi ya da iyileştirilmesinin sağlanması için önemli bir faktör olduğu habitatlar ya da türlerin korunması için tahsis edilen alanlar ve Natura 2000 alanları

## KAYNAKÇA

1. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Muxica ve Borja, 2007; Schaumberg ve Schranz, 2004; Rolauffs ve Stubauer, 2004; Sondergaard ve Jeppesen, 2005; Bahçeci, 2010
2. Bahçeci, 2010; CIS Guidance Doc. No. 7, 2003; EC L327, 2000 Doc. No. 7, 2003; EC L327, 2000
3. CIS Guidance Doc. No. 10, 2003; CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; EC L 327, 2000; Bahçeci, 2010
4. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003, Muxica ve Borja, 2007; Bahçeci, 2010
5. CIS Guidance Doc. No. 10, 2003; CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; EC L 327, 2000; Bahçeci, 2010
6. CIS Guidance Doc. No. 10, 2003; CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
7. CIS Guidance Doc. No. 4, 2003
8. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003
9. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
10. CIS Guidance Doc. No. 4, 2003; CIS Guidance Doc. No. 10, 2003
11. CIS Guidance Doc. No. 4, 2003; Bahçeci, 2010
12. CIS Guidance Doc. No. 4, 2003; Bahçeci, 2010
13. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
14. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
15. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
16. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
17. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
18. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
19. CIS Guidance Doc. No. 13, 2003; Bahçeci, 2010
20. Lepper 2005, SÇD 16. Madde 'ye Göre Öncelikli Maddeler İçin ÇKS Türetimde Yöntemsel Çerçeve Hakkında El Kitabı
21. ÇKS Türetimde Ulusal Uzman Grupları Tarafından Üretilen Teknik Dokümanlar, WG Chem

22. Marandi, A. and Karro, E., (2008). "Natural Background Levels and Threshold Values of Monitored Parameters in The Cambrian-Vendian Groundwater Body, Estonia", *Environmental Geology*, Vol. 54, 1217-1225.
23. Günhan, Ö., (2014). Yeraltı Sularının Kalitesinin Değerlendirilmesi Açısından Uygun Bir Metodoloji Araştırması, *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi*, Ankara
24. Avrupa Komisyonu. (2010). Report From The Commission in accordance with Article 3.7 of the Groundwater Directive 2006/118/EC on the Establishment of Groundwater Threshold Values, (C(2010) 1096 final), Brussels.
25. Avrupa Toplulukları, (2003): Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive, Guidance Document No 12: role of the wetlands in the Water Framework Directive, Luxemburg.
26. Hart, A., Müller, D., Blum, A., Hookey, J., Kunkel, R., Scheidleder, A., Tomlin, C. And Wendland, F., (2006). Preliminary Methodology to Derive Environmental Threshold Values, Specific Targeted EU Research Project BRIDGE (Contract No SSPI-2004-006538), Report: D15, [www.wfd-bridge.net](http://www.wfd-bridge.net).
27. Scheidleder, A. (2012). "In-depth assessment of the differences in groundwater threshold values established by Member States", Umweltbundesamt GmbH, Vienna.
28. Shand, P., Edmunds, W. M., Lawrence, A. R., Smedley, P. L. and Burke, S.,(2008). The Natural (Baseline) Quality of Groundwater in England and Wales, British Geological Survey Research Report No. RR/07/06, ISBN 978 085272595 5, 72 p.
29. Wendland, F., Berthold, G., Blum, A., Elsass, P., Fritsche, J.G., Kunkel, R. and Wolter, R. (2008). "Derivation of Natural Background Levels and Threshold Values for Groundwater Bodies in The Upper Rhine Valley (France, Switzerland and Germany)", *Desalination*, 226, 160-168
30. Shand, P. and Edmunds, W.M., (2008). "The Baseline Inorganic Chemistry of European Groundwaters", In: Edmunds, W.M. and Shand, P. (eds.) *Natural Groundwater Quality*, Blackwell, Oxford, 22-58.
31. Doğan, A., (2010). Avrupa Birliği'nde ve Türkiye'de Yeraltı Suyu Yönetimi, *Çevre ve Orman Bakanlığı Uzmanlık Tezi*, Ankara.
32. Müller, D., Blum, A., Hookey, J., Kunkel, R., Scheidleder, A., Tomlin, C. and Wendland, F., (2006). Final Proposal of A Methodology to Setup Groundwater Threshold Values in

Europe, Specific Targeted EU Research Project BRIDGE (Contract No SSPI-2004-006538), Report: D18, www.wfd-bridge.net.

33. Doğdu. M. Ő. (2011). “Yeraltısularındaki Bazı Kimyasal Parametrelerin Doğal Arka Plan Seviyelerinin Ve EŞik Değerlerinin Belirlenmesi”, DSİ Teknik Bülteni, Sayı 14: 1-13.
34. Yiğit S. (2004). Göllerde Ötrofikasyon Problemleri ve Çözüm Yolları, *Mavi Gezegen Popüler Yerbilim Dergisi*, Sayı 09, 32-36.
35. Karpuzcu, M. ve Koçali, M. (2007). Göllerde Ötrofikasyon ve Çözüm Önerileri, *Göller Kongresi Göller Yöresi, İç Anadolu Gölleri ve Sorunları*, 09-10 Haziran, 86-92.
36. Ekholm, P. (2008). N:P Ratios in Estimating Nutrient Limitaion in Aquatic Systems, *Finnish Environment Institute*.
37. Muslu, Y. (2001). Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi, e-kitap, İSKİ.
38. Aksu C. (2017). Hassas Alanlarda Analitik HiyerarŐi Metodu İle En Uygun İyileştirme Önlemlerinin Belirlenmesi: Manyas Gölü Örneği, *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi*.
39. WHO. (2011). “Guidelines for Drinking-water Quality”, 4. Baskı, Geneva, İsviçre. ISBN: 978 92 4 154815 1.
40. EPA (2012), 2012 Guidelines for Water Reuse, EPA/600/R-12/618.
41. EPA. (2012). “2012 Edition of the Drinking Water Standarts and Health Advisories”, EPA 822-S-12-001.
42. NHMRC-NRMMC. (2011). “Australian Drinking Water Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy”. National Health and Medical Research Council, National ource Management Ministerial Council, Commonwealth of Australia, Canberra. ISBN: 1864965118.
43. Health Canada. (2017). “Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table”. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario.
44. Health Canada (1998). Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document: Aluminum. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. ISBN: 978-1-100-18261-2.
45. WHO. (2010). “Aluminium in drinking-water”, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, WHO/HSE/WSH/10.01/13.

46. EU. (2014) “European Union Drinking Water Regulations”, S.I. No. 122 of 2014.
47. akmakçı, M., Zengin, İ.H., Zaungrana, A., Türk, O.K, (2017), “Su Kaynaklarının Sınıflandırılması”, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
48. Kanber, R. (2002). Sulama. Adana: ukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
49. Ağırlioğlu, N., ve Erkek, C. (2013), Su Kaynakları Mühendisliği, İstanbul: Beta.
50. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 15.04.2015 tarih ve 29327 sayılı Resmi Gazete
51. Avrupa Parlamentosu Konseyi. (2006). Directive 2006/118/EC of The European Parliament and of The Council of 12 December 2006 on the Protection of Groundwater against Pollution and Deterioration, Avrupa Birliği Resmi Gazetesi, L 372/19, 27 Aralık 2006.



## Bölüm 9

# Su Kalitesi Açısından Sulak Alanlar ve Su Kaynakları ile Etkileşimi

**Ayşegül Demir Yetiş, Zeliha Selek ve Bülent Selek**

### 9.1. Sulak Alan Kavramı

Sulak alanlar; bir takım ortak özelliğe sahip olan derinliği 6 metreyi geçmeyen, suyu tatlı, tuzlu veya acı olan gölleri, bataklıkları, akarsuların durgun kısımlarını, taşkın alanlarını, alçak deniz kıyılarını, haliçleri, nehir ağzının genişleyerek deniz ekosistemlerine dönüştüğü sahaları ve lagünleri içermektedir (1)

Sulak alanlar üzerine birçok tanım mevcut olmasına rağmen en kapsamlı tanım 4 Nisan 2014 tarih ve 28962 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği” ve 1994 yılında Türkiye’nin de taraf olduğu Ramsar (1971) (Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesi’ndeki tanımdır (2). Sulak alanlar: “tabii veya suni, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gelgit hareketlerinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan, başta su kuşları olmak üzere canlıların yaşama ortamı olarak önem taşıyan bütün sular, bataklık, sazlık ve turbiyeler ile bu alanların kıyı kenar çizgisinden itibaren kara tarafına doğru ekolojik açıdan sulak alan kalan yerler” şeklinde ifade edilmiştir (3).

Ayrıca, suya doymunluğun fazla olduğu ve bunun toprak, bitkiler ve hayvanlar üzerinde kendisini gösterdiği alanlar da, “sulak alan ya da ıslak alan” olarak tanımlanabilmektedir. Bir alanın sulak alan olmasını sağlayan en önemli özelliği, taban toprağının belli bir süre suyla kaplanmış veya suya doymun durumda olması gerekir. FGDC (2013) (4)’te yer alan Sulak alanlar sınıflandırma standardına göre su tablasının genellikle yüzeyde veya yakınında olduğu ya da arazinin sığ sularla kaplandığı karasal ve sucul sistemler arasında geçiş yapan araziler”olarak tanımlanmaktadır. Bu alanların kurak ve sulak ortamlar arasında sürekli olması ve çeşitlilik arz etmesi ekolojik anlamda sulak alan tanımını gerekli kılmıştır. Çünkü tanımlamaların hızla artması ve aynı zamanda çeşitli olması sulak alan tanımlaması için sebepleri ve ihtiyaçları arttırmıştır (5).

### 9.1.1. Sulak Alan Tipleri

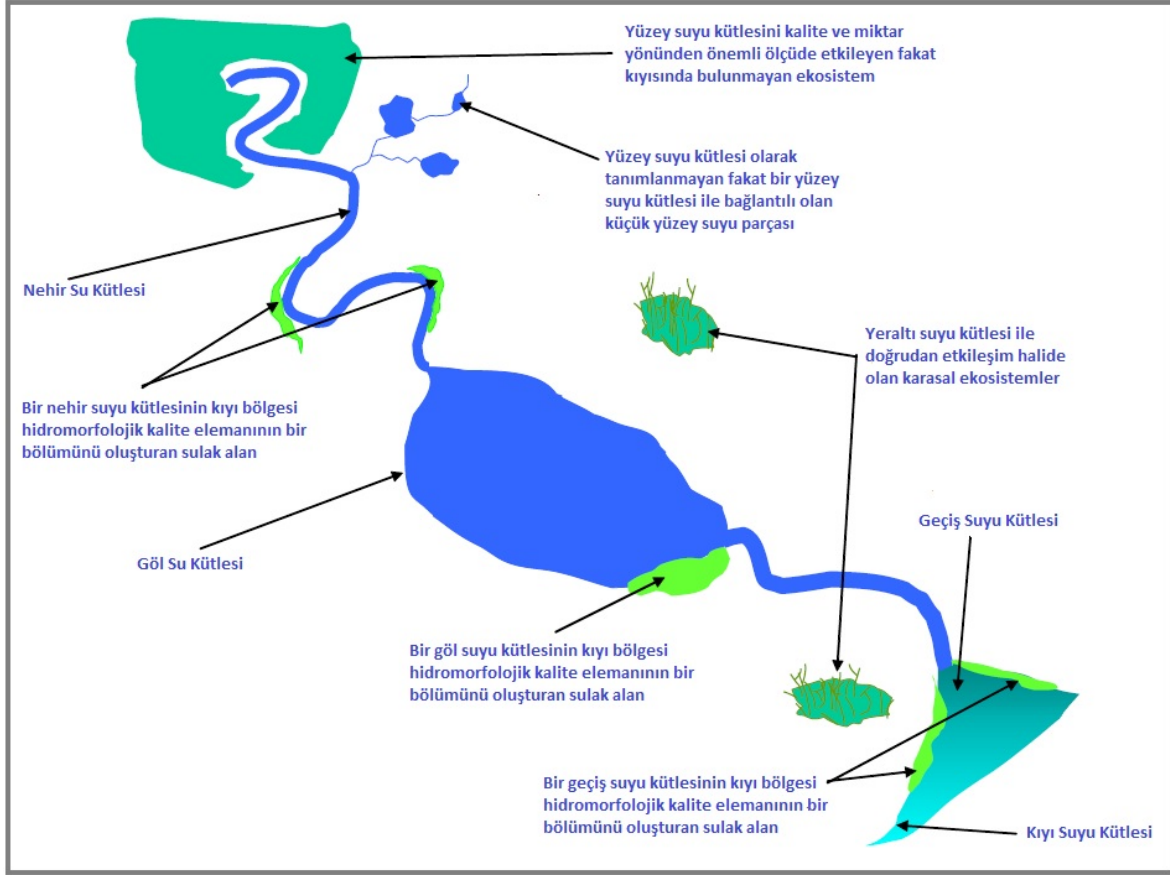
Sulak alanların sınıflandırılması ilk olarak ABD’de yapılmış olup, bu sınıflandırmalar çok ayrıntılı ve çeşitlidir. Günümüze kadar sulak alan sınıflarının belirlenmesinde sulak alanların oluşumları, işlevleri, jeomorfik durumu, hidrolojik özellikleri ve fizyografik konumu gibi daha birçok etken gözönüne alınmıştır (6). Bunların yanında Yapılan çalışmalarda (7, 8, 9, 10, 11, 12, 13) genel sınıflandırmalar yapılmış olup, her birinde ortak olan sulak alan sınıfı baz alındığı zaman sulak alanları 6 başlıkta toplamak mümkündür. Havza sınırı içerisinde bulunan sulak alan ekosistemlerine ait sınıflar Şekil 9.1 ve Şekil 9.2’de verilmiştir.

Sulak alalar aşağıdaki tiplere ayrılmaktadır:

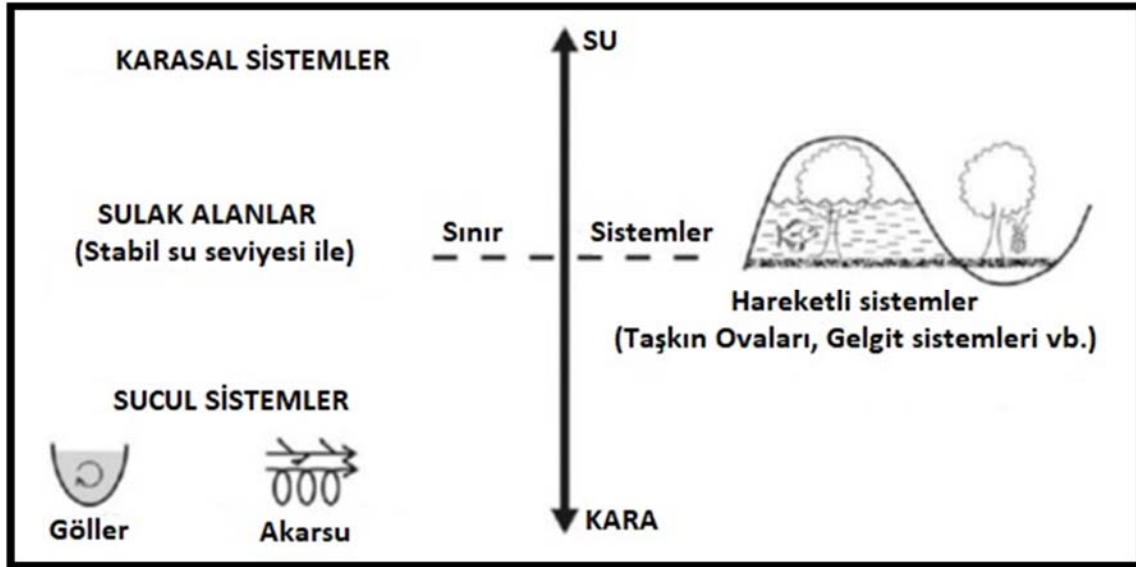
- Haliçler (Akarsu Ağzları), Lagünler, Gel-git Akıntıları ve Açık Kıyılar
- Göller
- Bataklıklar ve Sazlıklar
- Taşkın ovaları ve Deltalar
- Turbalıklar
- Ormanlık Sulak Alanlar ve Mnagrovlar

Her ne kadar yapılan sınıflandırmalarla sulak alanlara ait farklı tipte sınıflar olsa da bu alanların çoğu tek terim olan “sulak alanlar” adı ile anılmaktadır. Bu genel terim veya her bir sulak alan tipinin değerlerini ve özelliklerini anlayıp tanımlamamız, karasal sulak alan ve kıyısal sulak alanları etkin bir şekilde yönetmemiz gerekmektedir. Sulak alanlar basite alınacak ekosistemler olmayıp, aynı zamanda olası bir kirlenme durumu söz konusu olduğunda tekrar geri dönüştürülemeyen sistemlerdir (5).





Şekil 9.1 Nehir Havzası içerisinde sulak alan ekosistemleri (14)



Şekil 9.2 Sulak alan sistemlerinin diğer yüzey sularına göre sınıflandırılması (13)

### 9.1.1.1. Haliçler (Akarsu Ağzları), Lagünler, Gel-git Akıntıları ve Açık Kıyılar

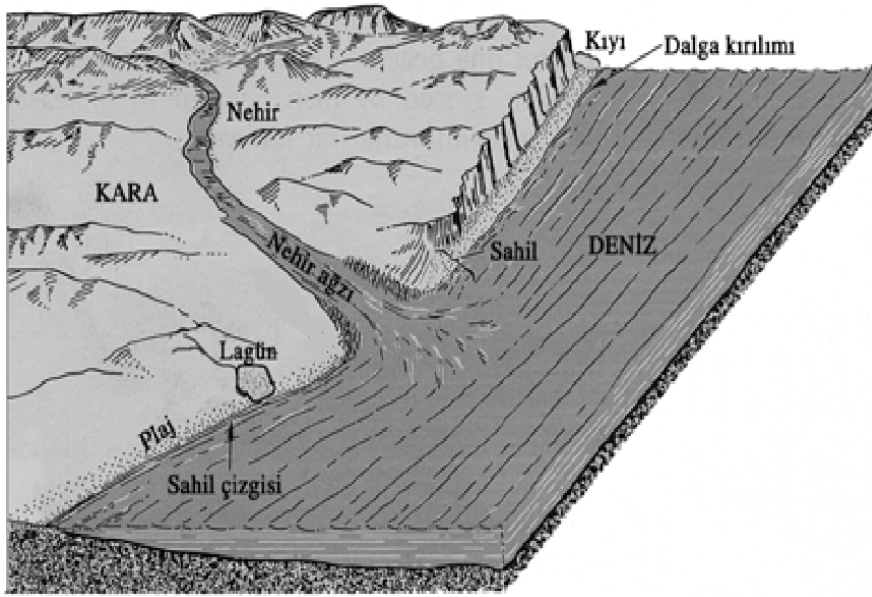
Haliçler nehir ağzının genişleyerek deniz ekosistemlerine dönüştüğü sulak alanlardır (8). Haliçler içerdiği deniz suyu ve karasal drenaj kanallarından gelen sularla seyreltilen, gelgitlerden etkilenen ve genellikle 20 metreden daha sığ olan kıta içi nehir yatağı veya sahil düzlüğünün bir bölümünde oluşan alanlardır (15). En basit ve anlaşılır tanımı ise “deniz suyunun tatlı suyla yarı ilişkili olduğu alanlar” olarak bilinir (16).

Haliçlerin su rejimi ve su kimyaları; deniz akıntıları, çökelmeler, tatlı su girdileri, karaya ait alanlar, buharlaşma ve rüzgar gibi kuvvetlerin bir ya da daha fazlasından etkilenmektedir (5). Haliçler, nehir kıyısının mansap kesimlerinde denizin alçalıp yükselmesine ve tuzlu su miktarına göre değişiklik gösteren alanlardır (16). Tuzluluk miktarı, tuzlu su ile tatlı su arasında bir değerdir (8). Tuzluluk, buharlaşma ile periyodik olarak denizin sahip olduğu tuzluluğun üzerine çıkabilir. Bununla birlikte haliçler, denizin gelgit olaylarından etkilenmekte olduklarından (16, 17) gelgit olayı haliçler için önemli bir biyo-fiziksel düzenleyicidir (8). Ayrıca bazı zamanlarda karadan gelen yoğun tatlı su kaynaklarının etkisiyle tuzlu haliç suyu devamlı seyrelir. Haliçler denize göre kara sisteminden de etkilenmektedir (5, 17). Geniş ve sığ kıyı körfezlerinde daha fazla tatlı su etkisinin görüldüğü, yine tatlı su ve tuzlu suyun karışması ile nehir ağzında akıntının azalması, buna bağlı olarak besin yönünden o bölgelerin zenginleşmesi ile kum yığılması ve çamur düzlüklerinin oluşması, haliçlerin önemli yararlarından (16). Nehir ağzlarında sediment çok büyük ve geniş deltalar oluşturur (11).

Haliçler dünyada sıklıkla görülebilir ancak verimleri, iklim özellikleri, hidrolojileri ve kıyısız jeomorfolojilerindeki farklılıktan dolayı birbirlerine benzemezler. Haliçler genellikle düşük tuzluluk, güneş ışığı, sığ derinlik, yüksek türbülasyon, ani dalga etkisinden korunma, yüksek besin miktarı ve biyolojik üretkenliği ile farklı habitat çeşitliliği bakımından dikkate değer bu alanlar canlılara daha iyi barınaklık yapan ve popülasyonun gelişmesini sağlayan dünyanın en verimli doğal alanları arasındadır. (15, 16, 18).

Haliçler, lagün sistemleriyle birarada görülebilmekte veya çoğunlukla da birbirleriyle karıştırılabilmektedir (8). Haliçler genellikle nehrin mansabının denizle birleştiği yerde nehir ağzının genişlemesiyle oluşmakta ve denize dik olarak konumlanmaktadır (Şekil 9.3). Lagünler ise kıyıların arkasında alçak topoğrafik yapıya sahip bölgelerde çökellemeyle oluşan, bariyerler vasıtasıyla denizden kısmen veya tamamen ayrılabilen çoğunlukla kıyıya paralel yüzeysel sığ su alanlarıdır (19). Lagünlerin bazıları, haliçlerin denize açılan ağızlarının zamanla kapanması

neticesinde oluşmuş olabilir. Lagünler ve haliçler arasında önemli bir fark vardır; lagünlerle deniz arasında önemli bir dolaşım söz konusu değilken haliçler genelde gelgit akıntılarının etkisi altında kalan bir dolaşıma sahiptir (17). Lagünler de tıpkı haliçler gibi hızlı morfolojik ve ekolojik değişim ve yoğun insan baskısının etkisi altında olan hassas ve karmaşık alanlardır. Son yıllarda bu alanların ekolojik ve ekonomik öneminin anlaşılması, bu alanlara duyulan ilginin artmasını sağlamıştır (20).



Şekil 9.3 Kıyı Bölgesinde Haliç (Nehir ağzı) ve Lagünün Görünüşü (Köksal ve ark., 2005)

Çoğu haliçler gelgit nehri ile ilişkilendirilmekte olup, gel-git akıntıları; deniz seviyesindeki yükselme esnasında deniz kendisine göre daha alçak seviye akışına sahip nehri istila ederek su altında bırakır (15). Açık kıyılar ise nehirler ile lagün ekosistemlerinin etkisi dışındaki sulak alanlar olarak adlandırılmaktadır (11)

#### 9.1.1.2. Göller

Göller bir takım süreçler sonrasında oluşmaktadır. Bazıları yer kabuğunun kıvrılması ya da hareket etmesi sonucu meydana gelirken bazıları da volkanik hareketler ve buzul hareketleri ile oluşur. Ayrıca kurak alanlarda rüzgarın etkisi de göllerin oluşumuna neden olur (8). Derin göller, son yirmi yıldır bilimsel araştırmaların odağında bulunmuştur. Ancak gerçekte derin göllerin toplam yüzey alanı, dünyadaki toplam tatlı su göllerinin küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Sığ

göller ise birkaç metrelik derinlikleriyle, sayıca derin göllerden fazladır. Aynı zamanda kapladıkları toplam alan bakımından da dünya yüzeyinde derin göllerden daha fazla alan işgal etmektedirler. Ayrıca sığ göller barındırdıkları doğal hayatın zenginliği ve insan kullanımı açısından, çok daha önemlidirler (21). Sığ göller temel olarak yüzeysel akış, yağış ve diğer su kütlelerinden beslenirler. Genellikle yeraltı suyu kaynakları ile de ilişkileri vardır. Çoğunlukla derinlikleri 2 metreden azdır. Hidrolojik işleyişi su seviyesi değişimleri tayin eder. İklim koşullarına bağlı olarak kurak dönemde tamamen kuruyabilirler (10, 22). Göller oldukça geniş tarım alanlarının drenaj sularını aldıklarından kara sistemi ile sürekli bir alışveriş içerisinde. Sulak alanlar temiz su kaynaklarıyla beslenemedikleri zaman veya artan drenaj ve kirli su girdileri nedeniyle yerüstü suları içinde kirlenmeye en kolay maruz kalabilen alanlardır (23).

### **9.1.1.3. Bataklıklar ve Sazlıklar**

Bataklıklar yüzyıllardır en iyi bilinen (5), genellikle tatlı su ile doymuş düşük kotlu alanlardır (18). Bataklıklar çoğunlukla havzanın alçak kesimlerinde, yeraltı su seviyesinin yüzeyde olduğu ya da yüksek olduğu durumlarda meydana gelir. Bununla birlikte geniş ovalarda akarsular veya nehirler kıvrım oluşturarak akarken yavaş hareket eden suda bulunan sediment üst üste yığılarak zamanla çamurlu ortamları oluşturur ve bunlarda bataklıklar ya da bataklık gölleri olarak adlandırılır (11). Bataklıkların yüzey suyu seviyesi günlük veya mevsimlik değişmektedir (24). Tabanının geçirimsizliğine göre yeraltına sızma ya yavaş bir şekilde olur ya da hiç olmaz. Sızmanın ne kadar olduğu ve ne kadar sürede gerçekleştiği bataklıkta depolanacak organik madde miktarını belirler. Bataklıklar yeni oluştukları dönemde bir yeraltı suyu kaynağından beslenebilirler, ancak yine de temel beslenme yağıştır (22). Bataklıklar besin maddeleri yönünden zengin olup, zaman zaman veya sürekli, az da olsa yavaş akışla ve ya durgun durumda su ile kaplı sulak alanlardır. Bataklıklar çoğunlukla ıslak olan, minerallerin bol bulunduğu ve oldukça yüksek oksijen doygunluğuna sahip alanlardır. Bataklıklar genellikle büyük ılıman göllerin ve bozkır alanlardaki göllerin kenarlarında ve gelgitin olduğu kıyı bölgelerde yaygındır. Bataklıklar genellikle hasır otu, ince kamış, saz ve su kamışı gibi gelişmiş vejetasyonla tanımlanır (24).

Tatlı su sazlıkları yeraltı suyu, yağış ya da yüzeysel akışla beslenmesine karşın taşkın suları sazlıklar için hayati öneme sahiptir. Bunun yanında sazlık yeraltı suyunu da besler. Sığ suya ihtiyaç duymalarına rağmen su seviyesi değişimi ve kurak dönemde dahi toprakta tutulan su, buradaki

bitkiler açısından büyük önem taşır. Tuzlu su sızlıklarının temel beslenimi ise gel-gitin gel evresindeki deniz suyudur. Git evresinde ise bu su sistemi terk eder. Bu ekosistemler için ayrıca gel-git sellenmesine izin verecek hafif eğimli bir kıyı çizgisi gereklidir. Tatlı su sızlıkları genellikle kıta içinde, tuzlusu sızlıkları ise deniz kıyısı bölgelerinde görülür (10).

#### **9.1.1.4. Taşkın Ovaları ve Deltalar**

Taşkın ovalarının ana beslenimi, adından da anlaşılacağı üzere mevsimlik yağışlar sonucu oluşan taşkınlarla gerçekleşir (11). Bilhassa yağışlı dönemlerde yüzeysel harekete geçen taşkın suları düşük eğimli ve düzlük bölgelerde yayılırlar. Bu ovaların boşalımı ise yeraltına sızma, suni drenaj ve buharlaşma yoluyla gerçekleşir (10, 22).

Deltalar ise, göl, baraj gölü ve denizleri besleyen akarsuların düzenli aralıklarla taşması neticesinde mansap kısmında meydana gelen alüviyal birikintilerle oluşan sulak alanlardır. Bu alanların boyutları arazi eğimi, akarsu debisi ve taşıma kapasitesi gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Yağışlı dönemlerinde su altında kalıp, suyun çekildiği dönemde ise yüzeye çıkan küçük adacıklar, genelde su kuşlarının üreme ve yaşamları açısından büyük önem taşır (22).

#### **9.1.1.5. Turbalıklar**

Turbalıklar, dünyada en sık görülen sulak alanlarından biri olup hidrolojik ve karbon çevrimlerindeki fonksiyonu, yaban hayatı, birçok kuş ve böcek için önemli bölgelerdir. Turba tabakasının özellikleri nedeniyle genellikle organik sulak alanlar olarak düşünülmektedir (25). Bitkiler, sucul ortamda belirli bir mesafede anaerobik şartlarda birikir. Oksijen miktarı normal bir şekilde sağlandığında, ölü bitkiler ayrışarak, karbondioksit ve su olarak mineralize hale gelirler. Besin miktarı az, ortam ısı düşük, asitliği yüksek ve oksijen miktarının az olduğu sularda, ayrışma yavaşlar ve ölü haldeki bitki artıkları turba halinde toplanır (8). Turbalar dünya bulunan bütün toprak karbonunun yaklaşık %45'ini bünyesinde bulundurmakla birlikte büyük bir organik karbon havuzu halindedirler (25).

Turbalıklarda su miktarı değişimleri genel olarak bölgeyi besleyen yeraltı suyu veya akarsu gibi hidrolojik sistemlerle doğrudan etkileşim halindedir (22). Dünyada bulunan turbalık alanlar iklime, hidrolojisine ve asit oranı gibi etmenlere göre çeşitlilik gösterirler. Örneğin kuzey kutbuna yakın bölgelerde diğer enlemlerde görülmeyen sulak alan tiplerine rastlanır (8).

Turbalık alanların biçimlenmesi, özellikleri ve oluşumu büyük oranda farklılıklar gösterdiği için bunları kullanım alanlarına göre sınıflandırmak oldukça zordur. Çünkü bazı turbalıklar düşük besin miktarı ve yüksek asit oranına sahipken, bazıları da yüksek besin miktarı ve düşük asit oranına sahip olabilirler. Bu sebeple turbalık alanlar dünyanın en verimli sulak alanları olabileceği gibi en verimsizleri de olabilirler. Ancak veriler ele alındığında, bunun gibi karbon depolayan sistemler yeryüzünün biyojeokimyasal yapısını şekillendirir ve karbonun sera etkisi göstermesine karşı önemli rol oynayabilirler (8).

#### **9.1.1.6. Ormanlık Sulak Alanlar**

Ormanlık sulak alanlar, 6 m ve üzeri uzunluktaki ağaçlıkların bulunduğu sulak alanları tanımlarlar. Alt akıntılar haricindeki birçok su rejimini bünyelerinde bulundurlar (5). Ağaçlıklar, korular, mangrov ormanları, su basar ormanlar, ağaçlı bataklıklar gibi inorganik topraklardan oluşmuş sulak alanlar bu grup altında değerlendirilirler.

Ormanlık sulak alanlar yalnızca Palustrine ve Haliç sistemlerde oluşurlar ve genellikle ağaçların su seviyesi üzerinde kaldığı, kısa ağaçlar, çalılar ve otsu bitkilerin ise su seviyesi altında kaldığı ekosistemlerdir (5). Yağışlı dönemlerde su seviyesinin üzerinde bulunan ağaçlar, üreyecek kuşların yuva yapabilmeleri için son derece güvenlidir ve bu özelliğinden dolayı su basar ormanların biyolojik çeşitliliği son derece zengin ve önemli bir haldedir (22).

Asptropikal ve tropikal iklimlerde açık deniz etkilerinden uzak kıyı kesimlerinde, kıyı boyunca uzanan ağaç toplulukları olup 'mangrov ormanı', 'kıyı ormanı' veya 'gelgit ormanı' olarak birkaç farklı isimlerle adlandırılmaktadır. Islak ve tuzlu topraklara uyum sağlayabilen ağaçlar olan mangrovlar, değişik cinsler ve birkaç farklı türden oluşur. Mangrovlar haliç ekosistemlerinin tipik bir parçası olup bu bölgelerde yaşamını sürdüren insanların binlerce yıldır faydalandığı önemli bir ekonomik kaynaktır. Bu ormanlar ve bataklıklar çok fazla canlılığın yaşama alanı olmuş ve diğer sulak alan tipleri gibi dünyanın en üretken ekosistemleri arasındadır (8, 11, 26).

#### **9.1.2. Sulak Alanların Önemi ve İşlevleri**

Sulak alanlar, ekolojik yada ticari değerleri yüksek, bitki ve hayvan çeşitliliği ile birçok türün yaşama, barınma ve üremesi için doğal ortam sunmakla birlikte, insanların içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılama, erozyon ve taşkın önleme, bölgesel iklim düzenini sağlama, zehirli ve

besin maddelerini (azot, fosfor gibi) alıkoyup kullanarak suyu temizleme gibi sayısız yarara sahiptirler (26). İlk uygarlıklardan günümüze kadar değerleri pek bilinmeyen sulak alanlar, insanlar tarafından kurutularak tarım arazisi haline getirilmiş ve büyük çoğunluğu yok olma tehlikesiyle karşı karşıya gelmiştir. Yenilerde sulak alanların ehemmiyeti anlanmaya başlamış ve topluma olan yararları, göz önünde bulundurularak “sulak alan değeri” kavramı gelişmiştir. Sulak alan değeri her sulak alan için ayrı belirlenir ve üç ana başlıkta tetkik edilir. (27).

- Çevre kalitesini arttırıcı değerleri,
- Biyolojik değerler,
- Sosyal ve ekonomik değerler

Ayrıca, sulak alanların değerleri, sosyal ve kültürel değerler, doğrudan kullanım değerleri, dolaylı kullanım değerleri, olarak incelenmiştir (22). Birçok sulak alan, yerel geleneklerle özdeş kültür mirası olan özel nitelikli sosyal aktivitelere imkân sağlarken; güzel manzaraları, yaban hayatı ve peyzaj değerleriyle estetik ilham kaynağı halindedirler. Sulak alanların tuz ve su ürünleri üretimi, otlatma, su kullanımı (sulama, içme ve kullanma), turizm ve ulaşım gibi ekonomik değeri olan faaliyetlerle doğrudan; su rejimini düzenleme, taşkın önleme, su kalitesi iyileştirme, besi ve sediman madde depolama, gibi dolaylı olarak değerleri ve ekonomilere katkıları vardır.

#### **9.1.2.1. Çevre Kalitesini Arttırıcı Değerleri**

Sulak alanlar, birçok bitki ve hayvan popülasyonuna yaşam ortamı olmanın yanı sıra, özellikle de sucul ekosistemlerin sürdürülebilirliğini sağlayan çok önemli alanlardır. Ayrıca, suların bitki ve hayvan yaşamı ile bağlantılı olduğu, çevresel kontrolü sağlayan öncelikli etmen olduğu alanlardır (9). Bu alanlarda, sediment depolama, erozyon önleme, su sağlama, küresel döngüler ve taşkın önleme gibi etkiler çevre kalitesine tesir etmektedir (28).

##### **a) Su Kalitesi Üzerindeki Etkileri**

Sulak alanlar su ve kara arasında ki pozisyonlarından dolayı iyi derecede filtre özelliğine gösterdiğinden sedimentleri ve kirletici besin maddelerini tutarlar. Ayrıca taşınan alüvyal materyalin tutulduğu çökeltim havuzu görevini de görürler. Azot ve fosfor gibi besin maddelerinin yanı sıra suda bulunan organik ve inorganik maddelerin arıtılma işi de sulak alanların işlevleri arasındadır (29, 30, 31). Kirletici olarak fosfor ele alındığında, sulak alanlardaki bitkilerin tuttuğu miktarın yanı sıra, anaerobik çamur ortamında da tutulup giderimi gerçekleşmektedir. Azot miktarları bakımından durum araştırıldığında, nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemlerini yürüten

bakteriler azotun azaltılmasında oldukça etkilidir. Aynı şekilde ağır metaller ve pestisit gibi sulak alana giren toksik materyaller, iyon değişimi ve absorpsiyon sayesinde ortamdan uzaklaştırılabilirler. Bu sebeple yeşil filtre terimi, sulak alanlarda kirlilik azaltma kapasitesini gösterir (32).

Ayrıca, kıyı bölgelerde bulunan lagünler, çoğunlukla, ılıman bir iklime bağlı olarak, çok önemli rekreasyon ve ekonomik kaynaklar sağlar ve bu nedenle, birçok ülke için sahil veya kabuklu deniz hayvanları ve balık yetiştiriciliği sularının güvenliği endişe yaratmaktadır. Çoğu kıyı lagünleri nispeten sığ olarak tanımlanır, kara, deniz ve atmosferin (rüzgarlar, gelgitler ve göreceli deniz seviyesi gibi) fiziksel güçlerin etkisini en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olur ve bu da lagünlerin biyojeokimyasında değişikliklere yol açabilir. Sonuç olarak, bu ekosistemler hassas bir dengede karmaşık ekosistemler olarak karakterize edilir. Bununla birlikte, bu ekosistemler hem nokta hem de noksan olmayan kaynaklardan önemli antropojenik kirleticiler almaktadır. İnsan faaliyetlerinde, kentleşmede ve sanayileşmede aşırı artışlar kıyı ortamının dengesini bozmuştur. Kıyı suları, insan faaliyetleri, atıkların boşaltılması ve evsel atıkların kıyı ortamına boşaltılması nedeniyle kirlenmektedir. Bütün bunlar kıyı sularını kirletebilir ve sahili rekreasyon ve balıkçılık faaliyetleri olumsuz bir şekilde etkileme yolunda eğilim gösterir. (31)

#### **b) Sediment Depolama**

Genelde eğimi çok düşük alanlar olmaları nedeniyle yavaş su akışına sahip olan sulak alanlarda toz, kil ve organik bileşiklerin birikimi fazla miktarlardadır. Sulak alan topraklarındaki kimyasal özellik nedeniyle depo edilmiş karbon bileşikleri çok yavaş bir şekilde ayrışır. Bu özelliğinden dolayı, sulak alanlar bileşiklerin devamlı olarak depolandığı yerler olarak bilinirler. Havza büyüklüğü, havzadaki arazilerin kullanımı gibi etmenler, sulak alanlarda sediment ve besin maddesi depolama miktarını etkiler (6).

#### **c) Dalga Hızı ve Erozyonu Önleme**

Normal şartlarda sulak alanların kıyı erozyonunu engelleyici bir görevi vardır. Bitki kökleri toprağı sıkıca tutup dalga hareketlerini ve akış hızını yavaşlatarak kıyı erozyonuna engel olur. Sonuç olarak nehir kenarları ve kıyı stabilizasyonuna yardım eder (6).

#### **d) Küresel Döngüler ve Mikro-klima Üzerindeki Etkileri**

Sulak alanlar, karasal ve sucul sistemler arasında geçiş bölgeleridir. Bu durum sulak alanlarda iki farklı sistemin; sediment biriktirme, azot-fosfor uzaklaştırma ve inorganik maddeleri,



organik besi maddelerine dönüştürme gibi biyojeokimyasal işlevlerinin bir arada gerçekleşebilmesi açısından büyük öneme haizdir (6).

Sulak alanlar; madde döngüsünde muazzam bir işlevi yerine getirerek organik topraklarda ve turbalarda hatırı sayılır miktarda karbon biriktirir ve depolarlar (25). Sulak alanların kurutulması tarım arazilerine dönüştürülmesi, sulak alan ve karbon döngüsünde değişimlere sebep olmaktadır. Bu değişim, bölgesel olarak farklılıklar gösterebilir. Sulak alanlar başta sıcaklık ve yağış miktarı olmak üzere, mikroklimatik şartları dengelemektedir. Sonuç olarak; doğal kaynaklar ve tarımsal aktivitelere etki eder ve ekosistemler arasında bir denge oluşturmaktadır (6). Buna ek olarak sulak alanlar buldukları bölgede nem oranını yükseltir ve başta sıcaklık olmak üzere yerel iklime olumlu bir şekilde etkilemektedir (29, 30).

#### **e) Taşkın Önleme**

Sulak alanlar anlık ve aşırı yağışlarda zemin tarafından emilemeyen fazla miktardaki suyu depolayıp yavaş ve düzenli bir şekilde çevreye bırakırlar bu da taşkınların yok edici, yıkıcı etkisini azaltır. Aynı zamanda; taban suyunun devamlı olarak sabit bir seviyede tutarak, hidrolojik dengeyi korunmasına olumlu bir şekilde etki ederler (22).

Sulak alanlar taşkın sularını kısa süreli olarak depolayıp ve yavaşça serbest bırakmasından dolayı, aşağı havzalarda yaşayanların taşkın zararlarından koruma işlevine sahiptirler. Taşkın yataklarında bulunan sulak alanlar, taşkın ve sel sularını yukarı havzalardan aşağı havzaya doğru taşırlar. Bu özellik de günümüzde yoğun bir şekilde artan kent alanlarının taşkınlardan korunması için çok önemli bir görevdir. Sulak alanların kurutulması, taşkın tehlikesi ve sonucundaki yıkımı artıran faktörlerin başında gelmektedir (6).

#### **f) Su Sağlama**

Hidrolojik olarak kompleks ve karasal habitatlardan sucul habitatlara doğru ilerleyen farklı hidrolojik eğilimler içerisinde bulunan ekosistemlerdir (33). Çoğu zaman taban suyu çizgisi ile yüzeyin birleştiği ya da taban suyunun yüzey kısmına yakın olduğu alanlarda yer alırlar (6). Sulak alanların hem bitki ve hayvanların yaşamını hem de bulunduğu ortamı kontrol etmede birincil etmen sudur (9). Sulak alanları kaynakları ve yeraltı suyunu beslediği gibi içme, kullanma ve sulama suyu olarak kullanılırlar (22).

Beslenme-depolama-boşalma işlemleri, yüzey-yeraltı suyu etkileşimleri ve mevsimsel olarak su seviyesi değişimleri, ekosistemi kontrol eder (22). Yeraltı suyunun depolanması, suyun alt katmanlarda bulunan akifer tabakasına doğru hareket ederek beslemesi şeklinde olur.

Depolanma potansiyeli, sulak alanın tipine, jeolojik yapısına, toprak tipine ve yağışlara bağılı olarak farklılık göstermektedir. Yeraltında depolanan su, pompalar yardımıyla çekilerek çeşitli maksatlarla kullanılabilirdiği gibi, yeraltı akışı sağlayıp başka bir sulak alana veya kaynak olarak da ortaya çıkabilir. Sonuç olarak; yeniden depolanma ve boşalmalar göller ve akarsulardaki su kalitesini olumlu bir şekilde etkilemektedir (6).

### 9.1.2.2. Biyolojik Önemi

Ekolojik ve ekonomik bakımdan büyük oranda önemli olan sulak alanlar doğal görevleri ve ekonomik yönden değerleriyle yeryüzünün en önemli ekosistemleridir. Ayrıca tropik ormanların ardından biyolojik çeşitlilik ve organik madde miktarının en yüksek olduğu ekosistemlerdir. Biyolojik çeşitlilik açısından değerlendirildiğinde dünyanın doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilirler (22).

Sulak alanların çoğu işlevi biyolojik aktiviteler sonucu ortaya çıkmaktadır. Yüz binlerce yıldır birbirini takip eden doğal faaliyetler sonucu ortama adapte olmuş bitki ve hayvan türleri ile organizma koleksiyonuna sahip dünyanın en önemli genetik havuzlarıdır (29). Sulak alanların ekolojik yapıları ve popülasyon çeşitliliği, su kuşları yönünden çok önemlidir. Su derinliği 6 metreden daha az olduğu için güneş ışığı dibe kadar ulaşır, fitoplankton ve zooplanktonlar, sualtı-suüstü bitkileri büyüme imkânı bulur (29, 34). Sulak alanlar yaşamı tehlike ve koruma altında olan birçok tür için yaşam alanı olmalarının yanında, doğal dengenin devamı için de çok önemli bir role sahiptirler (9, 29). Sulak alanlar suların hızlı akmadığı yani düzenli aktığı zamanlarda bol mineral ve besin maddesi taşıyarak sudaki biyolojik yaşamın devamını sağlar, ayrıca civarda bulunan yaban hayatının gelişimine de yardımcı olur (34).

Su akışının hızlı olduğu zamanlarda ise sulak alanlar tıpkı bir memba gibi görev yapmakta ve bu sayede alg artışı, balık sayısında artış, sudaki kalitesi ve alt havza kısımlarında ekosistemin yeniden oluşması yönünden büyük öneme sahiptir. Besin miktarının aşırı olması durumunda ötrofik koşulların meydana gelmesi ihtimaline karşı besin miktarı azalır; ötrofik koşulların etkin olmadığı zamanlarda ise besinler azalarak serbest kalır. (6, 8). Sulak alanları etkileyen iklim ve hidroloji gibi bazı etmenler, üretken olma ve bu üretilen maddenin kullanımını etkilemekte olup bunlar arasındaki denge organik kütle dengesidir. Sulak alanlardaki organik madde kayıpları ise, mikro canlılar arasında ayrışma, otçul canlıların azlaması, erozyon ve yeraltı suyuna filtrasyon olmaktadır (6).

### 9.1.2.3. Sosyal ve Ekonomik Önemi

Sulak alanlar sadece yöredeki insanlara değil aynı zamanda bütün ülkeye hitap eden farklı doğal sistemlerdir. İnsanlar için kültürel, ekonomik, bilim ve rekreasyon maksatlı kullanım açısından önemli bir yer teşkil eder (9). Hem ekolojik ve hem de ticari değer açısından iyi durumda; özellikle su kuşu ve balık için önemli ekolojik değere sahip; bitki ve hayvan çeşitliliği açısından zengin ve birçok türün yaşaması için önemli bir yaşama ortamıdır. Sulak alanlar çevresinde yaşayan insanların hayatlarında ve tüm ülkenin mali açıdan önemli birer değeridir. Buna katkı sağlayan aktiviteler ise balık tutmak, su kuşu gözlemlemek, kayak yapmak, kayıkta gezi, kamp ve avcılık yapmak, fotoğraf çekimi ve konaklama vb. aktivitelerdir (6, 30, 29). Ayrıca, sulak alanlar; çevre kalitesine olan etkiler bakımından dikate alındığı zaman erozyona engel olmak suretiyle su kalitesini iyileştiren etkileri yönüyle oldukça mühim alanlardır (6).

Sulak alanlar, eski zamanlardan günümüze gelinceye kadar gıda, dini, manevi ve estetik amaçlı yerler olarak kullanılmıştır. Nüfusta artış, su temini, selin kontrol altına alınması ve tutma, su kirliliği ve su kaynaklarının planlanması açısından önemlidir. Nüfusun artmasıyla su sağlama, sel kontrolü, su kirliliği kontrolü ve diğer su kaynaklarını planlama ihtiyacı yoğunluk kazanmıştır. Benzer şekilde eğitim, balıkçılık, araştırma, kuş gözleme, tekne gezintisi, yürüyüş gibi sudan kültürel amaçlı faydalanma isteklerinde artış söz konusu olmuştur. Bütün bunlar sağlıklı sulak alan, kıyı ekosistemleri, taşkın düzlükleri ve sucul ekosistemlere bağlıdır (6).

### 9.1.3. Sulak Alanları Etkileyen Faktörler

İnsan topluluklarının ilk çağlardan beri sulak alanlara olan ihtiyaçları ve insanların kötü kullanimlarına karşı sulak alanların kendini korumasına rağmen dünya çapında tarihsel değişimlere bağlı olarak sulak alanlar kullanma veya bozulma durumlarında bu özelliklerini kaybederek verimli topraklara dönüştürülmüşlerdir (35). Günümüzde de sulak alanların önemi yeteri kadar anlaşılmayarak yanlış bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir. Ekolojik olarak büyük öneme sahip bu alanların, karşı karşıya kaldığı doğal veya antropojenik tehditlerin artması, sayılarında azalmaya ve kirlenme risklerinde artışa neden olmuştur (26). Ekosistemlerin tamamında sulak alanlar, en tartışmalı, zor ve politik olarak duyarlı çevre sorularının bazılarını ortaya koymuştur.

Sanayi tesislerinin ve yerleşim alanlarının atıksuları, havza içersinde yer alan tarım alanlardan gelen drenaj suları nihai olarak havzanın en aşağı noktasında bulunan sulak alan ekosistemlerine ulaşmaktadır (22). Sulak alanları etkileyen bu faktörlerin yanı sıra tehdit eden

problemler arasında yabancı balık türlerinin göllere aşılması, içme ve kullanma suyu temin etmek amacıyla çok fazla miktarda su alınması ve bunlar içerisinde en önemlisi sayılabilecek olan tarım ya da yerleşim amaçlı kullanım için bu alanların kurutulması yer almaktadır. Kontrolsüz olarak sulak alanlardan ve bunları besleyen kollarda yapılan otlatma, saz yakılması ve kesimi, kum ve çakıl çıkarılması günümüzde eskisi kadar rastlanmasa da altyapı ve turizm yatırımları gibi faaliyetler de sulak alanları etkileyen faktörler arasında yer almaktadır (22, 36).

#### **9.1.4. Ülkemizdeki Sulak Alanlar**

Türkiye; Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının orta noktasında ve üç tarafı denizlerle çevrili iki yarımadadan oluşmaktadır. Doğu Avrupa ile Afrika arasındaki eşsiz coğrafi konumu ve farklı ekolojik karakterdeki denizlerle çevrili olması ile Avrupa ve Orta Doğu'nun en önemli ülkesidir. Deniz seviyesinden ortalama 5000 m'yi aşan yükseklik farkı, topografyası ve iklim şartlarının getirdiği çeşitlilik ve değişik yaşama ortamlarının varlığı yönünden eşi ve benzeri yoktur. Dolayısıyla bu özellikler Türkiye'yi sulak alanlar bakımından bulunduğu coğrafyanın en zengin ülkelerinden biri yapmıştır. Bunun başlıca iki nedeni bulunmaktadır; birincisi Türkiye'nin farklı ekolojik karakterdeki zengin sulak alan habitatlarına sahip olması, ikincisi ise Batı Paleartik bölgedeki 4 önemli kuş göç yolundan ikisinin ülkemiz üzerinden geçmesidir. Bu çeşitlilik sonucunda, gerek bitki örtüsü, gerekse hayvan toplulukları açısından ülkenin yüzölçümü dikkate alındığında, olağanüstü bir ortam zenginliği söz konusudur (26, 29, 30, 37, 38).

Sulak alan ekolojisinin karşı karşıya kaldığı bu sorunlardan dolayı Ülkemizde ve dünyada sulak alanların korunması yönünde son derece önemli sözleşmeler imzalanmıştır. Bu sözleşmelerin ilki Ramsar Sözleşmesi'dir. Ramsar sözleşmesi, doğal kaynakların bilinçli kullanımı ve korunması üzerine hükümetler arası imzalanmış bir anlaşmadır (11, 39). Hazar Denizi'nin güney sahillerinde yer alan bir İran kenti olan Ramsar'da, 2 Şubat 1971'de yapılan hükümetler arası bir anlaşma olup, amacı "yerel, bölgesel ve ulusal faaliyetler ve uluslararası işbirliği yoluyla dünya çapında sürdürülebilir kalkınmaya ulaşma hedeflerine katkıda bulunmak amacıyla tüm sulak alanların korunması ve akılcı kullanımınıdır". Türkiye; Ramsar Sulak Alanlar Sözleşmesi'ne 30 Aralık 1993 tarihinde taraf olmuş ve sözleşme 94/5434 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla 17.05.1994 tarihi ve 21937 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Ramsar (Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesinin amacı; sulak alanların bulunduğu bölgenin su rejimini düzenlemesi, karakteristik bitki ve hayvan



**Tablo 9.1.** Türkiye'nin Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Listesi (41).

No	Sulak Alan Adı	Alanı (ha)	İli
1.	<u>Acıgöl</u>	55095	Afyonkarahisar-Denizli
2.	<u>Ahlat Sazlığı</u>	243	Bitlis
3.	Akgöl	1203	Van
4.	<u>Aktaş Gölü</u>	5847	Ardahan
5.	Aras Karasu Taşkınları	9090	Iğdır
6.	<u>Arin (Sodalı) Gölü</u>	4322	Bitlis
7.	Avlan Gölü	10062	Antalya
8.	Aygır Gölü	1034	Kars
9.	Bendimahı Deltası	27177	Van
10.	Bulanık Ovası Sulak Alanları	3496	Muş
11.	Çalı Gölü	391	Kars
12.	Çelebibağ Sazlıkları	1337	Van
13.	Çıldır Gölü	27058	Ardahan
14.	Çorak Gölü	7892	Burdur
15.	Doğubeyazıt Sazlıkları	22179	Ağrı
16.	Dönemeç Deltası	5945	Van
17.	Erçek Gölü	22269	Van
18.	Göhlisar Gölü	5877	Burdur
19.	Gönen Deltası	9770	Balıkesir
20.	Güney Keban Barajı	41424	Elazığ
21.	Hazar Gölü	28846	Elazığ
22.	Heybeli (Norşin) Gölü	53	Bitlis
23.	Hürmetçi Sazlığı	15713	Kayseri
24.	Işıklı Gökgöl	33693	Denizli
25.	İron Sazlığı	13746	Bitlis; Muş
26.	Karasu Deltası	339	Van
27.	Karkamış Taşkın Ovası	27396	Gaziantep; Şanlıurfa
28.	Ladik Gölü	1836	Samsun

29.	Nazik Gölü	11164	Bitlis
30.	Putka Gölü	4181	Ardahan
31.	Sarısu Ovası Sulak Alanları	10092	Ağrı
32.	Tödürge Gölü	4340	Sivas
33.	Turna (Keşiş) Gölü	3045	Van
34.	Ulaş Gölü	7994	Sivas
35.	Yarışlı Gölü	13219	Burdur
36.	Yazır Gölü	2705	Burdur
37.	Yeniçağa Gölü	8224	Bolu
38.	Yüksekova(Nehil) Sazlıkları	21533	Hakkâri
39.	Tol Gölü	1414	Ankara
40.	Tortum Gölü	2709	Erzurum
41.	Akşehir ve Eber Gölleri	117779	Afyonkarahisar; Konya
42.	Gölbaşı Gölü	792	Hatay
43.	Gölmarmara Gölü	24893	Manisa
44.	Ekşisu Sazlıkları	8736	Erzincan
45.	Dipsiz Lagünü	1035.00	Mersin

**Tablo 9.2** Türkiye’deki Ramsar Alan Listesi (41)

No	Ramsar Alanları	Bulunduğu il/iller	Alanı(ha)	İlan Edilme Yılı	Resmi Gazete Sayısı
1.	Akyatan Gölü	Adana	14.700	1998	23314
2.	Burdur Gölü	Burdur	24.800	1994	21943
3.	Gediz Deltası	İzmir	14.900	1998	23314
4.	Manyas Gölü	Balıkesir	16.800	1994	21943
5.	Seyfe Gölü	Kırşehir	10.700	1994	21943
6.	Uluabat Gölü	Bursa	19.900	1998	23314
7.	Kızılırmak Deltası	Samsun	21.700	1998	23314
8.	Göksu Deltası	Mersin	15.000	1994	21943

9.	Sultansazlığı	Kayseri	17.200	1994	21943
10.	Yumurtalık Lagünü	Adana	19.853	2005	25722
11.	Meke Maarı	Konya	202	2005	25722
12.	Kızören Obruğu	Konya	127	2006	25722
13.	Nemrut Kalderası	Bitlis	1.200	2013	28545
14.	Kuyucuk Gölü	Kars	219	2009	27264

## 9.2. Su Kalitesinin Sulak Alanlar Açısından Önemi

Su kalitesinin sulak alanlar açısından önemine Avrupa Birliği'ne (AB) uyum yasaları kapsamında 2000 yılında AB'nin benimsediği ve su politikalarının anayasası olarak kabule dilen Su Çerçeve Direktifi'nde (SÇD)'de detaylı bir şekilde değinilmiştir. Buna göre; tüm sulak alanlar için SÇD'nin kapsamında "su kaynaklarının korunması için bu alanların gerçekleştirdiği önemli fonksiyonları kabul eden, bataklık alanların akılcı kullanımı ve korunması, nitelik ve nicelik bakımından geliştirilmesi, sürdürülebilir su kullanımını teşvik etme, sucul ve karasal ekosistemleri ve bunlara doğrudan bağlı bulunan bataklık bölgelerinin korunması" gibi birçok madde yer almaktadır. Direktif; suyun coğrafi ve hidrolojik sınırlarının dikkate alınarak yönetilmesi esas alır, idari veya siyasi sınırları göz ardı eder. Direktifin amacı "iç yerüstü sularının, geçiş sularının, kıyı sularının ve yeraltı sularının korunması" için bir çerçeve oluşturmaktır. Bunun yanında zarar görmüş ve mevcut halini koruyamamış sulak alanlar için de önlemler programında "sulak alanların yeniden oluşturulması ve restorasyonunun" yapılmasını teklif eder. Kısacası direktifin ana maksadı çok iyi durumda olan sulara bu durumun korunması; suların mevcut durumlarındaki her türlü bozulmanın engellenmesi ve bütün sulara iyi duruma ulaşılmasıdır. Sulak alanlar üzerindeki baskılarla ilgili olarak: "her bir nehir havzası bölgesindeki yerüstü sularının (su kütlesi) maruz kalacağı önemli antropolojik baskıların türü ve büyüklüğü hakkında bilgileri içerecek şekilde; kentsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer tesisler ve faaliyetlerden gelen önemli noktasal kirlilik kaynaklarının belirlenmesi önemlidir (39, 42).

Sulak alanlar genellikle karasal ve sucul ekosistemler arasında geçiş zonlarıdır. Ekosistem açısından çok zengin alanlar olup çok farklı türleri bünyelerinde barındırırlar. Aynı zamanda antropojenik kaynaklı baskı ve etkilere karşı çok hassas ekosistemler olup, bu etkilere maruz kaldığı zaman kolay kirlenebilen alanlardır (43). Sulak alanlarda su kalitesini etkileyen antropojenik kaynaklı baskı ve etkiler arasında tarımsal kaynaklı besin maddeleri (azot ve fosfor)



ilk sırada gelmektedir. Besin maddelerinin sulak alanlara aşırı yüklenmesi plankton ve sucul bitkilerin aşırı çoğalmasına neden olur. Modern tarımın çoğu, mahsulde verim almak için büyük miktarlarda azot ve fosforlu gübre uygulamasını kullanır. (13, 44). Bunun sonucu olarak ötrofik ortam oluşur, sudaki çözünmüş oksijen azalır ve ortam anaerobik hale gelir. Bu nedenle, besin ve ötrofikasyon, bir ekosistem için ve özellikle sığ kıyı lagünlerinde en önemli tehditlerdir (45). Su Çerçeve Direktifi de ötrofikasyonun net ve ayrıntılı olarak değerlendirilerek, yüzey suyu kütlelerinin ekolojik sınıflandırmasında kullanılmasını önermekte ve suda ötrofikasyon (nütrient giderimi) yönetimi için tutarlı ve bütüncül bir yaklaşım ortaya koymaktadır (39). Atmosferik birikimden, otomobillerden, enerji santrallerinden ve endüstriden kaynaklanan emisyonlar suya besin ve diğer kirleticilerin yüklemesine katkıda bulunur. Atmosferde yayılan emisyonlar ve besin maddelerinin uzun mesafeli atmosferik taşınması, bozulmamış görünen sularda bile azot girişlerini arttırır. Bunun yanında atık sular, zararlı kimyasallar, böcek ilaçları, ağır metaller, eczacılık ürünleri ve organik maddeler gibi kirleticiler sulak alanların su kalitesini ciddi oranda bozar (13, 46 ). Sulak alan ekosisteminin durumu veya çevresel kalitesi hakkında net bir bilgiye ekosisteme ait her bir bileşen üzerinde; su, sedimet ve canlılar ile ilgili inceleme yapmadan anlaşılamaz (45). Sulak alanların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin ve etkilerinin daha iyi anlaşılması, bu önemli su sistemlerinin başarılı bir şekilde korunması ve sahip olduğu ekosisteminin devamının sağlanması ve stratejik yönetim politikalarının geliştirilmesi açısından gereklidir (43, 46, 47). Bu nedenle, sulak alanların ekosistemlerin sağlığı ve devamlı olması kavramı, sağlıklı bir ekosistemin sağlam yapılara ve işlevlerine doğal olarak sahip olması ilkesine dayanmaktadır (13).

Sulak alanların sürdürülebilirliğinin sağlanması, gelecek nesillere bu kaynaklarımızın aktarılmasını ve korunmasını sağlamak adına bu kaynaklar için yönetim planları yapılmaktadır. Planlama için suların miktarı ile birlikte kalitesinin de belirlenmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Su kirliliğinin sebepleri ortadan kaldırılrsa da sulardaki mevcut kirliliğin anında ortadan kalkması mümkün değildir. Bu nedenle kirlilik artışının önlenmesi ve mevcut kirlenmenin ortadan kaldırılabilmesi için öncelikle yapılması gereken şey kirletici maddeleri takip ve kontrol etmektir. Takip ve kontrol işlemi ise kalite ölçümü yani izleme yapılmasını gerektirmektedir (İçağa ve ark., 2006). Sulak alanlarda veya su kütlelerinde su kalitesi izleme çalışmaları, fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite parametreleri baz alınarak yapılmaktadır. Mevzuatlar kapsamında elde edilen veriler birbiriyle kıyaslanarak sulak alanların mevcut durumları hakkında bilgi sahibi olunabilir. İlgili izlemeler ve değerlendirmeler için Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair

Yönetmelik (48), Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (49), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (50) gibi bazı mevzuatlar dikkate alınır Son zamanlarda bir takım modeller, yaklaşımlar ve karar destek sistemleri ile su kalitesinin yönetilmesine yardımcı olacak çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bunlar için belirten verilere sahip olmak ve bu verilerin sürekli olarak toplanması önemlidir. Bu sayede su kaynaklarının koşullarının değerlendirilmesi ve sorunların ortaya çıkması halinde çözümlerin geliştirilmesi çok daha kolay olacaktır. Sahada elde edilen su kalitesi parametrelerinin, bu standartlara göre belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılması, suyun istenen amaca uygun olup olmadığı ile ilgili bir sonuca yol açmaktadır. Her bir parametre için böyle bir değerlendirme yapmak, incelenen suyun bazı parametreler için kullanılabilir, bazıları için de kullanılamaz olduğunu ve suların o parametreye ait sınıflarının belirlenmesine yardımcı olacaktır (51).

Ülkemizde; Avrupa Birliğine uyum yasaları kapsamında SÇD direktifi ve mevzuatımızda 2012 tarih ve 28444 sayılı “Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmeliği” çerçevesinde su havzalarında ve sulak alanlarda bütüncül bir yaklaşımla miktar ve fiziksel, kimyasal ve ekolojik açıdan kalitesinin korunması ve planlanmasına yönelik havza yönetim planları hazırlanmaktadır. Ayrıca sulak alanın mevcut durumu ve ileride olması beklenen durumu arasındaki süreçleri ve nasıl bir yol izlenmesi gerektiğini tanımlayan 5 yılda bir revizyonu yapılması gereken sulak alan yönetim planları yapılmaktadır. SÇD’de yer alan hedeflerin yerine getirilebilmesi amacıyla ülkemiz sınırları içerisinde bulunan bütün sular 25 coğrafi su havzasına ayrılmıştır. Havza bazlı yönetim suyun, coğrafi olarak ayrılmış bir drenaj alanı içerisinde kalite ve miktarının sürdürülebilirliği, bütüncül korunması, geliştirilmesi ve faydalanılmasını sağlar (39). Su havzalarına yönelik hazırlanan yönetim planlarında su kalitesi ile ilgili izlemeler de yapılmalıdır. Yerüstü sularında bulunan her bir su kütlesi için kalite izlemesi açısından su çerçeve direktifi kapsamında gözetimsel, operasyonel ve araştırmacı izleme olmak üzere 3 çeşit izleme gerçekleştirilmelidir. Bunlar direktifte yönetim planlamasının birer parçası olarak öngörülmüştür. Gözetimsel izleme sulak alanın üzerinde doğal etkenler ve insan kaynaklı faaliyetlerin neden olduğu uzun süre zarfındaki değişikliklerin değerlendirilmesi amaçlı yapılan izlemedir. Operasyonel izleme kirlilik kaynakları nedeniyle risk altında olan su kütlelerinde, kirlenici girişinin olduğu yerlerde yapılan izlemedir. Araştırmacı izleme ise çevresel hedeflere ulaşamama sebebinin ve kazara, kasten, doğal afet veya diğer sebeplerle oluşan kirliliğin boyutunun ve etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan izleme olarak ifade edilebilir (42). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne (49) göre sulak alanlarda su kalitesi ölçüm sonuçlarına ait

değerlendirmeler yönetmelik eklerinde yer alan genel fiziko-kimyasal ve kimyasal parametreler, belirli kirleticiler ve biyolojik parametre başlıkları içerisinde bulunan kalite parametreleri baz alınarak yapılmaktadır. Başka bir çalışmada ise sucul ekosistem kalitesinin sürekliliğini alt gruplara ayırmak için dört kategori önerilmektedir. Sulak alan ekosistemlerinin durumu, fiziko-kimyasal, biyolojik ve hidromorfolojik parametrelerin eş zamanlı değerlendirilmesiyle karakterize edilmelidir (13)

Sulak alanlarla ilgili literatürde su kalitesi üzerine yapılmış birçok ulusal ve uluslararası çalışma mevcuttur. Bunlardan 2001-2018 yılları arası: Yumurtalık Körfezi Lagünlerinde (52); Ria Formosa Lagünü'nde (Portekiz) (53); Venice Lagünü'nde (İtalya) (54); İzmir Kuş Ceneti sulak alanlarında (55); Mar Menor Lagünü'nde (İspanya) (32); Nador Lagünü'nde (İspanya) (56); Ölüdeniz Lagünü'nde (57); Korissia Lagünü'nde (Yunanistan) (58); Gaga Gölü'nde (59); Zhalong sulak alanlarında (Çin) (60); Akyatan Lagünlerinde (31, 61, 62); Çoruh Havzasında (51); East Kolkata (Hindistan) sulak alanlarında (27); Kızılırmak Deltasında (63); Güllük (Muğla) sulak alanında (33); Karakuyu Gölü sulak alanında (64); Gomishan ve Zarivar sulak alanlarında (İran) (43) su kalitesi üzerine yapılmış çalışmalardan sadece birkaç tanesidir.

### **9.3. Su Kütleleri ile Sulak Alanların İlişkisi**

Su Çerçeve Direktifi'ne göre sular; yerüstü su kütleleri ve yeraltı su kütleleri olarak ayrılmış olup, yerüstü su kütleleri nehir, yapay ve doğal göller, geçiş suları ve kıyı suları olarak nitelendirilmektedir. SÇD'de su kütleleri nehirler, göller, kıyı ve geçiş suları olarak sınıflandırılmakta ve her bir su kütesinin bir parçası sulak alan olarak kabul edilmektedir. Bu su kütleleri için geçerli her bir hedefi sulak alanlar için de geçerli kılmaktadır. Sulak alan ekosistemleri SÇD hedeflerine ulaşmada ve sürdürülebilir nehir havzası yönetiminde önemli role sahiptirler. Sulak alanlar için Su Çerçeve Direktifi, çevresel hedef belirtmemiştir. Ancak, sulak alanlar yerüstü sularına bağlı olmalarının yanında yerüstü su kütesinin bir parçasını oluşturmaktalar. Bunun yanında IWQGES tarafından su kütleleri için yapılan sınıflandırmada akarsular için hareketli su ekosistemleri, göller ve rezervuarlar için durgun su ekosistemleri ve son olarak sulak alanlara da yer verilmiştir (13).

Su Çerçeve Direktifinde; yerüstü sularının ve bu sulara bağlı olan tüm su kaynaklarının bir bütün olarak iyileştirilmesi kapsamında sulak alanlar nehir havzasının bir parçası olması nedeniyle aynı hedefler çerçevesinde değerlendirilmektedir. Bununla birlikte su statüsünün korunması veya

iyileştirilmesi noktasında da sulak alanların sağlayacağı fayda önemlidir. Sulak alanların özellikle ekolojik statülerinde bozulmaya sebep olacak baskılar için alınacak önlemler, Su çerçeve direktifinde nehir havza yönetim planlarının bir bölümü olarak çevresel hedeflerle örtüşmek zorundadır. Su Çerçeve Direktifinde sulak alanlar için “Kıta içi yüzeysel sular, geçiş suları, kıyı suları ve yeraltı suları için bir koruma çerçevesi oluşturulmalı” bu kapsamda “geçiş ekosistemleri ve sulak alanların direkt olarak sucul ekosisteme bağlı olduğunu göz önünde bulundurarak sucul ekosistemlerin statüsünün daha fazla bozulmasını engeller, korur ve geliştirir” ifadeleri yer almaktadır. Su Çerçeve Direktifi sulak alanları tanımlamamış veya ölçülerine dair herhangi bir bilgi vermemiş, yükümlülük ve tavsiyede bulunmamıştır. Ancak bu alanların yer aldığı sularda çevresel hedeflerin uygulanması ve izlenmesi zorunlu kılınmıştır. Su kütleleri olarak tanımlanan sulak alanların bulunduğu suların çevresel hedeflere; iyi ekolojik statü, iyi ekolojik potansiyel, iyi kimyasal statüye ulaşması, korunması, geliştirilmesi ve restore edilmesi gerekmektedir. Yerüstü sularında su kütlesi veya sulak alanın zarar görmesi durumunda nehir havza sınırı içerisinde bulunduğu yeri dikkate alınmaksızın bu durum çevresel hedeflere ulaşmada aksamalara neden olacak ve bir takım önlemlere ihtiyaç duyulacaktır. Dolayısıyla sulak alanlar SÇD’de yer alan ilgili maddeler göz önüne alındığında Nehir Havza Yönetim Planı içerisinde korunması gereken hassas bir yapıdır. Bu süreçte SÇD’nin ve sulak alanların, Direktifleriyle, ayrıca Ramsar Sözleşmesiyle olan ilişkileri değerlendirilmelidir. Nehir Havza sınırları içerisindeki her bir yerüstü su bileşeni, su kütlesi veya onun bir parçası olarak tanımlanamaz. Bunlar su kütlesi olarak tanımlanmayıp su kaynaklarına bağlı olanlar, etkileyenler ve su kütlesi olarak tanımlananlar olarak SÇD çevresel hedeflerine tabidirler (14; 65).

Bunlara ilaveten sulak alan bölgelerinin başarılı bir biçimde yönetilmesi sulak alanları beslemekte olan bütün kaynakların korumasını gerektirmektedir. Hidrolojik döngünün kendi içerisinde bağlantılı olması, sulak alandan mesafe olarak uzakta gerçekleşen değişimlerin sulak alanı olumsuz olarak etkileyebileceği anlamına gelmektedir. Çünkü havzalar içindeki hidrolojik ağ, genellikle karmaşık, birbirine bağlı su kütlesi tiplerinden oluşan bir ağ şeklindedir. Sulak alan koruma ve akılcı kullanımı için temel bir gereklilik sulak alanlara, istenen kalitede ve ihtiyaç duydukları miktarda suyu doğru zamanda sağlayabilmeleridir. Yönetim planlaması için temel olarak sulak alan ve sulak alana ait yeraltı ve yer üstü sularının arasındaki hidrolojik bağlantıların saptanması büyük önem taşımaktadır (11).

## KAYNAKÇA

1. Cirik, S., 1993. Sulak Alanlar. Ekoloji Dergisi, 7: 50-51.
2. Ramsar, 1971. Ramsar Convention of Wetlands of International Importance, Especially as Waterfowl Habitat, Ramsar, Iran.
3. ÇOB, 2010. Sulak Alanlar, Ormanlarımız, Hayvan Hakları, Nesli Tehlike Altında bulunan Türler Rehber Doküman. Çevre ve Orman Bakanlığı, Eğitim ve Yayın Dairesi Başkanlığı. Ankara.
4. FGDC (Wetlands Subcommittee Federal Geographic Data Committee), 2013. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. Adapted from Cowardin, Carter, Golet and LaRoe (1979) .
5. Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C., Laroe, E.T., 1985. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States, U.S. Department of Interior Fish and Wildlife Service, Washington, U.S.A., 79 p.
6. Yaşar Korkanç, S., 2004. Sulak Alanların Havza Sistemi İçindeki Yeri. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi Yıl: 2004 Cilt:6 Sayı:6.
7. Ramsar Convention Bureau, 1992. Ramsar Convention, Slimbridge, England
8. Dugan, P. J., 1990. Sulak Alanların Korunması, Güncel Konular ve Gerekli Çalışmalar Üzerine Bir İnceleme, DHKD, IUCN-The World Conservation Union, PK 1, 80810 Bebek-İstanbul.
9. Pakalne, M., 2004. Wetland management methods in protected nature areas and their application in LIFE-Nature projects. Baltic Environmetntal Forum, University of Latvia Department of Botany and Ecology, Latvia. 31 p.
10. Erdoğan, S., 2007. Sulakalanlar ve Genel Hidrolojik Davranışları. Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Kuş Araştırmaları Derneği. Ankara
11. Tapan, D.S., Ayas, C., İş, G., Beton D. ve Çakırığılu, İ. 2008. Türkiye'deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu. WWF Türkiye Doğal Hayatı Koruma Vakfı Yayını.
12. Matthews, G. V. T., 2013. The Ramsar Convention on Wetlands: Its history and development. Bureau of the Ramsar Convention (Ramsar, 1993), Re-issued Ramsar Convention Secretariat (2013) Gland, Switzerland.

13. IWQGES (International Water Quality Guidelines for Ecosystems), 2015. I Summary for Decision Makers, II Executive Summary and Main Report (Draft). United Nations University&Institute for Environment and Human Security.
14. EU-WFD CIS 12, 2003. Guidance document no 12. Horizontal guidance on the role of wetlands in the water framework directive, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).
15. Kjerfve, B., 1994. Coastal lagoons process. In: Kjerfve B (ed) Coastal lagoons processes. Elsevier Oceanography Series, Amsterdam, 60, pp 1-8.
16. Altan, T., Artar, M., Atik, M., Çetinkaya, M., 2004. Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Planlama Projesi. Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 372s. Adana.
17. Köksal, E. Y., Kocataş, A., Büyükkışık, B., 2005. Kıyısal Bölgenin Jeolojik ve Osenografik Kriterlere Göre Bilimsel ve Yasal Tanımlarının Karşılaştırılması. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, Cilt/Volume 22, Sayı/Issue (1-2):241–249.
18. Garrison, T., 1998. Oceanography: an invitation to marine science 3rd ed.. Brooks/Cole-Wadsworth; An International Thomson Publishing Company.USA. 552 s.
19. Kırdaglı, M., 1999. Lagün Deniz Etkileşiminin İncelenmesi, (A. İ. ALDOĞAN, Y. ÜNSAN, E. BAYRAKTARKATAL editör), Gemi İnşaatı Ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 99 – Bildiri Kitabı, Cilt 1-2, Yapım Matbaacılık, Maslak-İstanbul, 367-377 s.
20. Camuffo, M., Benvenuto, F., Marani Abbadessa, M., Modenese, L., Marani, A., 2006. Statistical methods for analysis of seasonal modifications in the salt marshes of the Venice lagoon. Health & Medical Complete, 17(3): 328-338.
21. Akdeniz, S., 2005. Uluabat Gölü Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Analizi.Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
22. Beklioğlu, M., Ceran, Y., Erdem, O., Erdoğan, S., Hemmami, M., Koopmanschap, E., Meriç, T., Özen, A., Dinç-Sarısoy, H., 2007.
23. Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M. S., 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 23, No 1, 119-127.
24. Bond, W. K., Cox, K.W., Heberlein, T., Manning, E. W., Witty, D. R, Young, D. A., 1992. Wetland Evaluation Guide. North American Wetlands Conservation Council. Canada. 104 p.

25. Pflugmacher, D., Krankina, O. N., Cohen, W. B., 2007. Satellite-based peatland mapping: Potential of the MODIS sensor. *Global and Planetary Change* 56: 248–257
26. Balkaya, N., Çelikoba, İ., 2005. Sulakalanlar ve Kızılırmak Deltası. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, MBGAK, 17-19 Kasım, İstanbul
27. Isunju J. B. and Kemp J., 2016. Spatiotemporal analysis of encroachment on wetlands: a case of Nakivubo wetland in Kampala, Uganda. *Environ Monit Assess.* 188:203 DOI 10.1007/s10661-016-5207-5
28. Chen, Y., He, X., Wang, J., 2015. Classification of coastal wetlands in eastern China using polarimetric SAR data., *Arabian Journal of Geoscience.* 8:10203–10211 DOI 10.1007/s12517-015-1940-2
29. ÇOB (Çevre ve Orman Bakanlığı), 2004. Çevre Atlası. Çed ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, Ankara.
30. Erdem, O., 2004. Sulak Alanlar: Önemi, Temel Sorunları, Türkiye'nin Uluslar arası Öneme sahip sulak alanları. *Haber Ekspres: İzmir Gediz Deltası ve Kuşları*, (28 Şubat 2004), 7 s.
31. Yetiş ve ark., 2018. <http://www.turkiyesulakalanlari.com/sulak-alanlar/> (Erişim tarihi: 25.05.2018)
32. Alvarez-Rogel, J., Jimenez-Carceles F. J., and Egea Nicolas C., 2006. Phosphorus and Nitrogen Content in the water of a Coastal Wetland in the Mar Menor Lagoon (Se Spain): Relationships with effluents from Urban and Agricultural areas. *Water, Air, and Soil Pollution* 173: 21–38. doi: 10.1007/s11270-006-9020-6.
33. Somay M.A. (2017). Güllük (Muğla) Sulak Alanının Duraylı İzotoplarla ( $\Delta^{18}O$ ,  $\Delta d$ ) İncelenmesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi MTA Dergisi* 154:185-196.
34. Balkaya, N., Çelikoba, İ., 2005. Sulakalanlar ve Kızılırmak Deltası. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, MBGAK, 17-19 Kasım, İstanbul
35. Ortaçşme, V., Karagüzel, O., Sayan, M. S., 2002. Land Uses and Wetland Interactions in the Case of a Coastal Freshwater Wetland in Turkey. *Littoral* 353-362.
36. Görgün, E., 2002. Kara Kökenli Kirleticilere İlişkin Ulusal Eylem Planı Hazırlanması Projesi Ulusal Tanı Analizi. TÜBİTAK-MAM-ESÇAE-BM Çevre Programı Akdeniz Eylem Planı Koord. Birimi, 1-49 s.

37. ÇOB (Çevre ve Orman Bakanlığı), 2007. Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı Çevre ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Doğa Koruma Dairesi Başkanlığı, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi Ulusal Odak Noktası
38. Can, Ö. ve Taş, B., 2012. Ramsar Alanı İçinde Yer Alan Cernek Gölü ve Sulak Alanının (Kızılırmak Deltası, Samsun) Ekolojik ve Sosyo-Ekonomik Önemi. TÜBAV Bilim Dergisi, 5(2) 2012 1-11.
39. OSİB, 2017. Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı 2017-2023. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Ankara.
40. Demir, A., 2008. Akyatan Lagününde Tuzluluk ve Bazı Kirlilik Düzeylerinin Saptanarak Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Dağılımlarının Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Adana.
41. Çağırankaya, S. S, Meriç, Dr. B. T. 2013. Sulak Alanlar Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü, Ankara.
42. SÇD, 2000. Su Çerçeve Direktifi (Water Framework Directive), 2000/60/EC, 2000.
43. Solgia, E., Galangashi M. M., 2018. Assessing the health of marine and lacustrine wetland using measurement of heavy metals in fish species: Case study from two Iranian international wetland (Gomishan and Zarivar). Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 10 73–78.
44. Shrestha S., Farrelly J., Eggleton M., Chen Y., 2017. Effects of conservation wetlands on stream habitat, water quality and fish communities in agricultural watersheds of the lower Mississippi River Basin. Ecological Engineering 107 (2017) 99–109
45. Avramidis, P, Bekiari, V, Kontopoulos, N and Kokidis N., 2013. Shallow Coastal Lagoon Sediment Characteristics and Water Physicochemical Parameters - Myrtari Lagoon, Mediterranean Sea, Western Greece. Fresenius Environmental Bulletin, Volume 22 – No 5a.
46. Khan, M.Y.A., Gani, K.M. and Chakrapani, G.J. , 2016. Assessment of surface water quality and its spatial variation. A case study of Ramganga River, Ganga Basin, India. Arab J Geosci. 9:28 DOI 10.1007/s12517-015-2134-7.
47. Tuboi, C., Irengbam, M., Hussain S. A., 2018. Seasonal variations in the water quality of a tropical wetland dominated by floating meadows and its implication for conservation of Ramsar wetlands. Physics and Chemistry of the Earth 103:107–114



48. Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 11 Şubat 2014 tarih ve 28910 sayılı Resmî Gazete
49. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmî Gazete
50. SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004 Resmi Gazete Sayısı: 25687
51. Bilgin A, 2015. An assessment of water quality in the Coruh Basin (Turkey) using multivariate statistical techniques. *Environ Monit Assess.* 187: 721 DOI 10.1007/s10661-015-4904-9
52. Açıkgöz, B., 2001. Yumurtalık Körfezi Lagünlerin’nde Su Kirlenmesi ve Kontrolü. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
53. Newton, A., Mudge, S.M., 2003. Temperature and Salinity regimes in a shallow, mesotidal lagoon, the Ria Formosa. *Estuarine and Shelf Science.* 56:1-13.
54. Solidoro, C., Pastres, R.G., Cossarini, G., Ciavatta, S., 2004. Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the lagoon of Venice. *Journal of Marine Systems,* 51: 7-18.
55. Gündoğdu V., Torusdağ E., Sarıkaya, D., 2005. İzmir Kuş Cenneti Sulak Alanının Ekolojik Yapısı ve Su Kirliliği İzleme Çalışması. *Ekoloji,* 14, 54, 31-36
56. Ruiz, F., Abad, M., Olias, M., Galan, E., Gonzales, I., Aguila, E., Hamoumi, N., Pulido, I., Cantano, M., 2006. The present environmental scenario of The Nodor Lagoon (Morocco). *Environmental Research.* 102: 215-229.
57. Tuncel, S. G., Tugrul, S., ve Topal, T., 2007. A case study on trace metals in surface sediments and dissolved inorganic nutrients in surface water of Ölüdeniz Lagoon –Mediterranean. *Water Research,* 41: 365-372.
58. Diamantopoulo, E., Dassenakis, M., Kastritis, A., Tomara, V., Paraskevopoulou, V., Poulos, S., 2008. Seasonal Fluctuations of nutrients in a hypersaline Mediterranean lagoon. *Desalination,* 224: 271-279.
59. Taş B., 2011. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi / The Black Sea Journal of Sciences,* 2 Cilt / Volume: 1 Sayı / Number: 3 Sayfa/Page 43-61 ISSN: 1309-4726
60. Hongyan L, Guangxin Z, Xuqian L, Rui G., 2012. Spatial Characteristics of Water Quality of Wetland in Northeast China– the Case of Zhalong Wetland. *International Conference on Environmental Science and Engineering (ICESE 2011) and Procedia Environmental Sciences* 12: 1024 – 1029.

61. Demir Yetis, A. and Selek, Z. 2015. Determination of total and fecal coliforms of Akyatan Lagoon in terms of microbiological pollution. *Arabian Journal of Geoscience*, 8: 1125. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1268-3>.
62. Demir Yetis, A., Selek, Z., Seckin, G. Davutluoglu O. 2014. Water quality of Mediterranean coastal plains: conservation implications from the Akyatan Lagoon, Turkey. *Environ Monit Assess.* 186: 7631. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3954-8>.
63. Cüce, H., Bakan G., 2017. Sığ Sularda Nutrient Seviyelerine Sediman Kalitesinin Etkisinin Konumsal Olarak Değerlendirilmesi: Cernek Gölü Örneği. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (5): 546-555.
64. Şener Ş., Özdemir H., 2017. Karakuyu (Afyon) Gölü Sulak Alanı ve Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 5(2), 425-439, e-ISSN: 1308-6693.
65. Güney, B., 2014. Havza Yönetim Planları İçerisinde Sulak Alanların Yeri, Kuş ve Habitat Direktifleriyle Olan İlişkisi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Uzmanlık Tezi. 168 s. Ankara.

## Bölüm 10

# Nehir Havzası Yönetim Planlarında Su Kalitesi Yönetimi

**Burhan Fuat Çankaya, Taner Kimençe, Yakup Karaaslan ve Bülent Selek**

### 10.1. Su Kalitesinin Önemi

Su kaynaklarının farklı türde baskılara maruz kalarak birçok bölgeden geçtiği düşünüldüğünde, yerel müdahaleler su kaynaklarının kalite ve miktar durumlarını korumak için yeterli olmamaktadır (1). Bu nedenle, su kaynaklarına yönelik baskılar, bunların etkileri, ulaştırılması gereken çevresel hedefler ile bu hedeflere ulaşılabilmesi için alınması gereken tedbirlerin bütüncül bir şekilde havza bazında ve su kütlesi özelinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bütüncül havza yönetimi kavramı, 1990 yıllardan itibaren uluslararası kuruluşlar tarafından gündeme taşınmış olup stratejik bir doğal kaynak olan suyun sürdürülebilir kullanımını teşvik ederek su ekosistemlerinin ve bunlara bağlı diğer ekosistemlerin havza bazında korunması, iyileştirilmesi ve olası tahribatların önlenmesini hedeflemektedir.

Avrupa Birliği'nde su kaynaklarının korunması ve yönetimine ilişkin mevzuat önemli bir yer tutmaktadır. Bu alanda yirmiyi aşkın direktif bulunmaktadır. Bu direktiflerden en önemlisi, su yönetimi ile ilgili Birlik politikasının çerçevesini oluşturan, 22 Aralık 2000 tarihli 2000/60/EC sayılı Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi'dir (SÇD) (2). SÇD'nin temel yapısını direktif hedeflerine ulaşmada temel araç olarak ortaya konulan bütüncül havza yönetimi oluşturmaktadır.

“Bu Çerçeve Direktif; Avrupa Birliği'nin su kirliliğini önlemesi ve azaltması, sürdürülebilir su kullanımını sağlaması, sucul ortamları koruması, sucul ortamların durumlarını iyileştirmesi ve taşkın ve kuraklığın etkilerini azaltması için kıta içi suların, yeraltı sularının, kıyı ve geçiş sularının yönetimini sağlamaktadır” (3).

Bütüncül havza yönetimi, farklı sektörlerin ve kaynak kullanıcılarının bir arada düşünülmesine, tehdit ve olanakların uzun vadeli değerlendirilmesine, havza içindeki bir alana yapılan müdahalenin olumlu ve olumsuz etkilerin izlenilmesine olanak sağlar. Buna göre, havzalarda; iç sular, geçiş suları ve kıyı suları belirlenerek yönetimleri havza bazında sürdürülmelidir.

SÇD'ye göre, su havzasındaki su kaynaklarının ve canlı hayatının korunması, geliştirilmesi ve bozulmamasının sağlanması amacıyla su kaynakları için sürdürülebilir bir koruma-kullanma dengesi gözetilerek havzanın bütünü esas alınarak Nehir Havzası Yönetim Planlarının (NHYP) hazırlanması gerekmektedir. Nehir Havzası Yönetim Planlarını hazırlanması ve uygulanmasındaki maksat, yerüstü ve yeraltı su kütlelerinin, bütüncül bir yaklaşımla havza bazında, fiziko-kimyasal, kimyasal ve ekolojik kalite bileşenleri ile miktar açısından iyi su durumunda olanlarının mevcut haliyle korunması, bozulmuş olanlarının iyi su durumuna getirilmesi ve ihtiyaç önceliklerine uygun şekilde tahsisi yapılarak sürdürülebilir kullanımının sağlanmasıdır (4). SÇD, tüm sulara “iyi su” durumuna ulaşmayı amaçlamakta olup yerüstü su kütlelerinde “iyi ekolojik durum” ve “iyi kimyasal durum” un, yeraltısu kütlelerinde ise “iyi kimyasal durum” ve “iyi miktar durumu” nun sağlanması gerekmektedir.

Bu gereklilik ile; su kaynaklarının daha fazla tahrip olması engellenecek, iyileştirilmesi sağlanabilecek ve sürdürülebilir su kullanımını gerçekleştirilebilecektir. Aynı zamanda sucul ekosistemler ileri düzeyde korunabilecek ve iyileştirilebilecektir.

Her havzadaki su ile ilgili tüm kurumların SÇD için gereken tüm aktivite ve kararları yerine getirmek amacı ile işbirliği yapması gerekmektedir. Bu kapsamda birçok analizin yapılması gerekmektedir. Bu analizler beklenen durum ve çevresel hedefler (ulaşılacak istenen durum) arasındaki boşlukların değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Su kaynaklarının mevcut su kalitesinin iyileştirilmesi ve korunması maksadıyla, öncelikle havzayı karakterize eden bütün unsurların (akım, kalite, meteorolojik, hidrolojik, jeolojik unsurlar ile sektörel bazda su kullanımları, arazi kullanımı, erozyon konuları) birbirleriyle ilişkilerinin tanımlandığı ve sonrasında koruma-kullanma dengesi çerçevesinde kısa, orta ve uzun vadeli koruma ilkelerinin belirlendiği bir eylem planına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yukarıda belirtilen iyileşmelerin gerçekleşebilmesi için NHYP'nın SÇD kapsamında aşağıdaki adımları kapsayacak şekilde hazırlanması gerekmektedir.

NHYP'nin hazırlanması aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

1. Nehir havzasının karakterizasyonu
2. İnsan aktivitelerinin önemli baskı ve etkilerinin özeti
3. Miktar ve kalite yönetimi açısından sıcak noktaların belirlenmesi
4. İzleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi
5. Çevresel hedeflerin belirlenmesi

6. Ekonomik analiz
7. Önlemler programının oluşturulması
8. Kamuoyu bilgilendirilmesi ve danışılması ölçeğinin ve sonuçlarının özeti
9. Nehir Havza Yönetim Planının oluşturulması

SÇD'nin 5.maddesine göre, su kaynaklarının havza bazında sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi, iyileştirilmesi, korunması ve kullanılmasının sağlanmasına yönelik hazırlanması gereken Nehir Havza Yönetim Planı'nın ilk adımı havzanın karakterizasyonudur.

Havzanın karakterizasyonunda, su kütlelerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması çalışmaları ardından her bir su kütlesi üzerindeki hidromorfolojik, noktasal ve yayılı kaynaklı baskı unsurları ile bunların etkilerinin belirlenmesi ve mevcut durum analizi yapılması gerekmektedir. Havzanın karakterizasyonu su kütlelerinin mevcut durumunun tespiti, gelecek durumunun tahmini için önemli bir altlık oluşturmaktadır. Bu amaçla hem yeraltı suları hem de yüzeysel sular üzerinde önemli baskı oluşturan insan faaliyetleri analiz edilmesi ve risk analizi gerçekleştirilmiştir. Baskı etki analizinin amacı insan faaliyetlerinin etkilerinin su kütlelerinin iyi su durumuna ulaşmasını engelleyip engellemediğinin tespit edilmesidir.

SÇD'nin 4.maddesi “Çevresel Hedefler” ile ilgili hususları içermektedir. Çevresel hedeflerin amacı uzun dönemli sürdürülebilir su yönetimiyle sucul ortamın yüksek düzeyde korunmasını sağlamaktır. Çevresel hedef, Bir su kütleisindeki sucul canlıların en yüksek mertebede korunması için kimyasal ve ekolojik durum ile miktar açısından ulaşabileceği en iyi su durumudur (4). SÇD'nin 4.1. maddesi tüm yerüstü ve yeraltı sularında erişilmesi istenilen SÇD'nin genel hedefini ‘2027 yılına kadar iyi su durumunun sağlanması ve herhangi bir kötüleşmenin engellenmesi’ olarak tanımlamaktadır.

“Nehir havzası yönetim planlarında belirlenen önlem programlarının işler hale getirilmesi için ilgili taraflar 1. maddede atıfta bulunulan ilgili uluslararası sözleşmeler saklı kalmak kaydıyla; üye devletler, bütün yerüstü suyu kütlelerinin statülerinin bozulmalarını önlemek için, gerekli önlemleri uygulayacaklardır.” ifadesi yer almaktadır (2).

Tüm su ekosistemlerinin ve su ihtiyaçlarıyla ilgili olarak, karasal ekosistemler ve sulak alanlarda, son tarih uzatma veya istisna yapılmaması koşuluyla, 2015 yılına kadar “iyi su durumu” na ulaşılması gerekmektedir. Üye Devletler tarafından, 2015 ve 2021 ve 2021'den 2027'ye kadar uzanan ikinci ve üçüncü yönetim döngülerinin sonuna kadar tüm SÇD çevresel hedeflere ulaşılması gerekmektedir.

SÇD'nin 4. maddesi özellikle Madde 4.1'de tanımlanan "çevresel hedefleri" aşağıda özetlenmektedir (5):

- Yüzey ve yeraltı sularının durumunda kötüleşme olmaması ve tüm su kütlelerinin korunması, geliştirilmesi ve yenilenmesi;
- İyi su durumunun elde edilmesi, örneğin yüzey suları için iyi ekolojik durum (veya potansiyel) ve iyi kimyasal durum ve yer altı suları için iyi kantitatif durum;
- Yerüstü sularındaki öncelikli maddelerin kirliliğinde giderek artan azalma ve öncelikli zararlı maddelerin aşamalı sona ermesi ve yeraltı sularındaki kirleticilerin etkilerinin önlenmesi ve sınırlanması;
- Yeraltı sularındaki kirleticilerinde herhangi bir önemli artma eğiliminin kaldırılması;
- Korunan alanlar için ilgili yönetmeliklerde ortaya koyulmuş olan standart ve hedeflerin elde edilmesi.

Eğer bir su kütlesi için birden fazla hedef varsa, bütün hedeflerin gerçekleştirilmesi gereği dikkate alınmadan en sıkı olanın uygulanması gerekmektedir (3). SÇD'ye göre iyi su durumunun sağlanabilmesi için ekolojik durumun ve kimyasal durumun en az "iyi su durumu"nda olması gerekmektedir. SÇD'ye göre doğal su kütleleri için hedef, iyi ekolojik durum ve iyi kimyasal duruma ulaşmaktır.

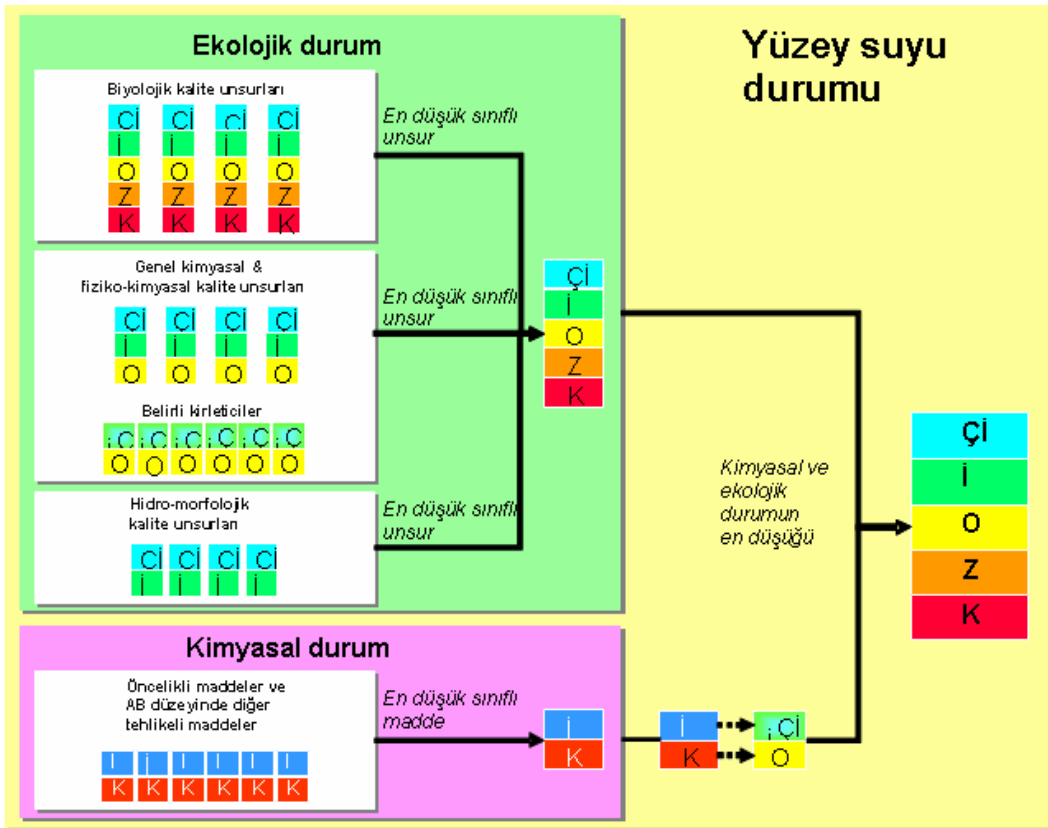
Yapay ve büyük ölçüde değiştirilmiş su kütleleri için ise hedef iyi ekolojik potansiyel ve iyi kimyasal duruma ulaşmaktır. Yeraltı suları için hedef ise hem miktar hem de kimyasal değerlendirmede iyi duruma ulaşmaktır. Yerüstü ve yeraltı suları için muafiyetler hariç, su kalitesinde bozulmanın engellenmesi her zaman için sağlanmalıdır. Buna yönelik muafiyetler SÇD Madde 4(6) ve 4(7)'de belirtilmektedir. Yeraltı suları için herhangi bir kirletici konsantrasyonu için yükseliş trendi olup olmadığı göz önünde bulundurularak, bu trendin engellenmesine yönelik hedefler belirlenmelidir. Hedefler belirlenirken korunan alanlar için ilgili yönetmeliklerde belirtilen hedefler göz önünde bulundurulmalı ve en kısıtlayıcı kriterler hedef olarak seçilmelidir.

SÇD, yerüstü sularında ekolojik durum değerlendirmesini beş sınıfta (çok iyi, iyi, orta, zayıf ve kötü) ve kimyasal durum değerlendirmesini ise iki sınıfta (ÇKS'nin altında ve ÇKS'nin üstünde) ele almaktadır. Ekolojik durum, biyolojik kalite bileşenleri esas alınarak hidromorlojik,

kimyasal (belirli kirleticiler) ve fiziko-kimyasal parametreler üzerinden değerlendirilerek belirlenmektedir. Ekolojik durum tespitinde kullanılan hidromorfolojik, fiziko-kimyasal ve kimyasal kalite elemanları sınıflandırma çalışmasında biyolojik kaliteye uyumluluğun değerlendirilmesi için kullanılan destekleyici kalite elemanlarıdır. Fiziko-kimyasal veya hidromorfolojik kalite unsurları izleme sonuçları daha düşük bir sınıfa işaret etmediği sürece insan kaynaklı değişimlerden en fazla etkilendiği tahmin edilen biyolojik unsurun koşulları ekolojik kalite sınıflamasında belirleyici olmaktadır.

Kimyasal durum için ise, öncelikli maddeler esas alınmaktadır. Belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler, sulara önemli derecede deşarj edilmeleri sebebiyle suçlu çevre ve insan sağlığı için risk teşkil eden kimyasal maddeler olup her bir madde için Çevresel Kalite Standartlarını aşp aşmaması üzerinden durum değerlendirmesi yapılmaktadır. Çevresel Kalite Standardı, belli bir kirleticinin ya da kirletici gruplarının suda, dip çökeltisinde veya biyotada insan sağlığı ve çevreyi korumak için aşmaması gereken konsantrasyonlardır (4).

Su durum değerlendirmesinde durumu her zaman en düşük sınıftaki kalite unsuru belirlemektedir (Şekil 10.1).



Şekil 10.1 Su Çevre Direktifine göre yerüstü sularında su durumunun belirlenmesi

SÇD Madde 11'e göre NHYP kapsamında hazırlanması gereken önlemler programı ile su kütlelerinin su kalitesinin bozulmasının engellenmesi ve hedeflenen su kalitesine ulaşmasının sağlanması amacı ile temel ve gerektiğinde tamamlayıcı önlemler belirlenir. Havzanın karakterizasyonu için yapılmış olan tüm çalışmalar önlemler programının hazırlanmasına da altlık oluşturacaktır.

Nehir Havza Yönetim Planı için oluşturulan önlemler programı tüm su kütleleri için iyi su durumuna ulaşmak ve su durumunda kötüleşmeyi engellemek için gerçekleştirilmesi gerekli eylemleri kapsamaktadır. Bu amaçla, tüm önemli su yönetimi konularına dair alınması gerekli önlemler, önlemleri uygulayacak kurum ve kuruluşlar da belirtilerek listelenir. Önlemler program oluşturulması ve karar verme süreci için önlemlerin ve önlem paketlerinin maliyet etkinliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir (6).

## **10.2 Su Kalitesinin İyileştirilmesi için Alınması Gereken Tedbirler**

SÇD'nin 11. Maddesi gereği Üye Ülkeler, her bir nehir havza bölgesi veya uluslararası nehir havza bölgelerinin kendi topraklarındaki kısmı için bir tedbirler programı oluşturmakla yükümlüdür. SÇD, 6 yıllık döngülerle tekrarlanan, güncellenen ve uyumlulaştırılan bir yaklaşım benimsemektedir.

Su kütlesi özelinde hazırlanması gereken tedbirler programı, SÇD'ye uygun olarak gerçekleştirilen izleme çalışmaları neticesinde su kütlerinin ekolojik ve kimyasal durumları ortaya konularak çevresel hedeflere ulaşamayan su kütleleri için oluşturulmaktadır.

Tedbirler, insani faaliyetler sonucu ortaya çıkan baskılar ve bunların etkilerinin düzenli olarak değerlendirilmesi ile oluşturulmaktadır. Baskıların önceliklendirilmesi etkin tedbirlerin tespitine ışık tutmaktadır. Bunun yanı sıra tedbirlerin teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilirliklerinin değerlendirilmesi mevcut mevzuat ile birlikte uluslararası yaklaşımlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Önlemlerin oluşturulması sürecinde farklı mekanizmalar da kullanılmaktadır. Bu mekanizmalar; ekonomik araçlar, müzakere edilmiş anlaşmalar, su verimliliğinin artırılması yöntemleri, eğitim programları, araştırma, geliştirme ve uygulama projeleri olabilmektedir.

Yapılacak ilk değerlendirmenin ve sınıflandırmanın ardından SÇD Madde 4 gereğince belirlenen çevresel hedeflere ulaşma maksadıyla yönetim planlaması yapılmalı ve bunlar uygulamaya konmalıdır.



#### Tedbirler Programı;

1. İyi su durumuna ulaşmak için alınan tedbirler belirlenmelidir.
2. Su hizmetlerinin kalitesinin artırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla maliyet karşılama oranlarının yükseltilmesi için alınacak tedbirler belirlenmelidir.
3. İçme suyu alanlarının korunmasına yönelik alınacak tedbirler belirlenmelidir.
4. Su temini ve toplanması için alınan tedbirler (hidromorfolojik tedbirler vb.) ortaya konulmalıdır.
5. Deşarjların ve su durumu üzerinde bir etkiye sahip diğer faaliyetler için uygulanan tedbirler tespit edilmelidir.
6. Yeraltı suyunun korunması için gerekli tedbirler ortaya konulmalıdır.
7. Belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler için alınacak tedbirler belirlenmelidir.
8. Kaza sonucu oluşan kirlenme olaylarının etkisinin önlenmesi veya azaltılması için alınacak tedbirler belirlenmelidir.
9. Temel tedbirlerin ve tamamlayıcı tedbirlerin etkinliğine ilişkin modelleme çalışması ve maliyet etkinlik analizi çalışmaları yapılmalıdır.
10. Tamamlayıcı tedbirler ve ekonomik analiz çalışmaları yapılmalıdır.
11. Kıyı sularının kirlenmesinin önlenmesi ve kalitesinin iyileştirilmesi için alınacak tedbirler belirlenmelidir.
12. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi ve alınacak tedbirler ortaya konulmalıdır.
13. Su verimliliği tedbirleri belirlenmelidir.
14. Diğer tedbirler belirlenmelidir.
15. Belirlenecek tedbirlerle çevresel hedeflere ulaşıp ulaşılamadığı belirlenmeli, çevresel hedeflere ulaşılmaması durumunda ulaşılmama sebepleri ayrıntılı açıklanmalıdır (4).

Tedbirlerin belirlenmesi sürecinde çeşitli enstrümanlar kullanılabilir. Bunlara örnek vermek gerekirse;

- Yürürlükte olan mevzuat (kanun, yönetmelik, tebliğ, vb.),
- Ekonomik araçlar,
- Müzakere edilmiş anlaşmalar,

- Su verimliliğinin artırılması,
- Eğitim Programları,
- Araştırma, geliştirme ve uygulama projeleri sayılabilir (7).

Tedbirler programı oluşturulurken dikkat edilmesi önerilen hususlar (7) şunlardır:

- Çevresel soruna veya baskıya hangi sektörün/sektörlerin neden olduğu,
- Çevresel sorunun ortadan kaldırılması için hangi tedbirlerin uygulanabilir olduğu,
- Uygulanabilecek mekanizmaların neler olduğu,
- Tedbirlerin etkinliğinin nasıl değerlendirilebileceği ve kıyaslanabileceği başlıca hususlar olarak ifade edilmektedir.

Çevresel hedeflere ulaşmak amacıyla tedbirler programının oluşturulmasına ilişkin aşamalar (8) aşağıda verilmektedir:

- Tedbirler programının oluşturulmasında ilk olarak, mevcut durumda uygulanmakta olan tedbirlerin çevresel hedefleri sağlamak açısından yeterli olup olmadıkları belirlenmelidir.
- Uygulanan tedbirlerle istenilen hedeflere ulaşıp ulaşılamayacağı veya ne ölçüde ulaşılabileceği değerlendirildikten sonra, yeni tedbirlerin oluşturulması aşamasına geçilmelidir.
- Yeni tedbirler belirlenirken, maliyet etkinlik analizlerinin gerçekleştirilmesi ve maliyet etkin tedbirlerin seçilmesi gerekmektedir.
- Teknik ve ekonomik analizler sonrasında tedbirlerin teknik uygulanabilirlikleri ve orantısız maliyete neden olup olmadıkları değerlendirilmelidir.
- Tedbirlerin maliyet analizi gerçekleştirildikten sonra, alternatif hedeflerin gözden geçirilmesi ve muafiyetlerin belirlenmesi aşamasına geçilmektedir.

Tedbirler programının hazırlanmasında ulusal, bölgesel ve uluslararası geçerliliği olan tüm tedbirler göz önüne alınmalı ve her tedbir için maliyetler ve etkiler hakkında bilgi sunulmalıdır. Anlaşılacağı üzere, tedbirler programı bir dizi irdelemeler sonrasında nihai halini alacaktır. Tedbirlerin uygulanmasından sorumlu olacak kurumların tedbirlerin gerçekleştirilmesi durumundaki bütçe ihtiyacı ve zaman konuları önem arz ettiğinden nihai tedbirler programı bu

sorumlu kurum ve kuruluşların sürece katılımını gerektirmektedir. Hatta seçilen tedbirlerin uygulanma aşamasına geçilmeden tedbirlerin halka da anlatılması gerekmektedir (9).

Doğru tedbirler programının hazırlanması için her bir su kütlesine olan baskıların iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için aşağıda sıralanan çalışmalar (7) yürütülmelidir:

- Mevcut durumun belirlenmesi,
- Sorunun nedeninin, soruna neden olan faaliyetin, kirleticinin/kirleticilerin su kütlesine ulaşmaya dek izlediği yolun belirlenmesi,
- Mevcut durumda uygulanan ve planlanan önlemlerin sorunu çözmeye yetip yetmeyeceğinin değerlendirilmesi,
- Yürürlükte olan kimyasal standartların sağlanması ile ilgili bir sorun yok ise maliyetin belirlenmesi amacıyla biyolojik unsurlara ilişkin verinin olabildiğince sağlanması,
- Maliyet etkin çözümlerin belirlenmesi,
- Yeni teknik çözümlerin belirlenmesi veya var olanların maliyet yönünden geliştirilmesi,
- Olası çözümlerin maliyet, fayda ve diğer etkileri açısından değerlendirilmesi,
- Mevcut finans kaynakları belirli bir sektöre veya toplumun bir bölümüne aşırı yüke neden oluyorsa farklı finansman mekanizmalarının araştırılmasına yer verilmelidir.

Düzenli şekilde yapılan izleme çalışmaları, alınan tedbirlerin ve yapılan planlamanın etkinliğinin kontrol edilmesine fayda sağlamak ve sınıflandırma çalışmasının belirli dönemlerde revizyonu için de bilgi akışı sağlamaktadır.

İzleme sonuçları ya da su kütlesi özelinde mevcut olan diğer verilerin su kütlesinde çevresel hedeflere ulaşmanın olanaksız olduğunu göstermesi halinde;

- Olası uyumsuzluğun nedenlerinin araştırılması,
- İlgili izinler ve ruhsatların incelenmesi ve uygun olması halinde gözden geçirilmesi,

- İzleme programlarının gözden geçirilmesi ve uygun görülmesi halinde düzeltilmesi
- Oluşturulan hedeflerin gerçekleştirilmesi için gerekli olabilecek ilave tedbirlerin uygulanması ve uygun olması halinde daha sıkı çevresel kalite standartlarının oluşturulması gerekmektedir.

Çevresel hedeflerin sağlanamama nedenlerinin istisnai olan ya da makul olarak öngörülemeyecek doğal nedenli olaylar sonucu olması halinde, SÇD Madde 4.6'da belirtilen muafiyetlere tabi olması nedeniyle ilave tedbirlerin uygulanmasına gerek olmadığına karar verilmektedir.

### 10.2.1. Temel Tedbirler

Tedbirler programında yerine getirilmesi gereken asgari şartlar, temel tedbirler olarak adlandırılmakta olup, buna ilişkin detaylara SÇD 11. Maddenin 3. paragrafında yer verilmektedir.

Yürürlükteki topluluk mevzuatı gerekliliklerinin hayata geçirilmesi ve dikkate alınmasının teminine yönelik tedbirler, etkili ve sürdürülebilir bir su kullanımının teşvikine ilişkin tedbirler, su kalitesinin korunmasına ve noktasal/yayıllı kaynaklı kirliliğe ilişkin tedbirler ve yeraltı sularının korunmasına ilişkin özel tedbirler, tedbirler programının asgari içeriği bakımından öne çıkan tedbirlerdir (10).

SÇD bazı durumlarda temel tedbirlerin iyi durumu sağlamada yeterli olamayacağından bahisle bu gibi durumlarda tamamlayıcı tedbirlere ihtiyaç duyulabileceğini belirtmektedir. Ancak, tamamlayıcı tedbirlerin uygulanmasından önce hukuki zorunluluk olan temel tedbirler silsilesinin uygulanmasının sağlanması önem arz etmektedir.

Temel tedbirlerin ilki ve en önemlisi, su kaynaklarının korunması için tüm diğer ilgili topluluk mevzuatının uygulanmasıdır. Örneğin, kentsel atıksu, nitrat, endüstriyel emisyonlar, içme suyu, yüzme suyu direktifleri uygulanması gereken direktifler arasındadır. Yayıllı kaynaklı kirleticiler için ise, en iyi çevresel uygulama kontrolleri, bağlayıcı kurallara dayalı ruhsatlar veya kayıtlar olarak sayılabilmektedir (10).

Su Çerçeve Direktifi Ek-6'da su kaynaklarının kalite ve miktar durumlarının korunması için alınması zorunlu temel önlemlerin yer aldığı Avrupa Birliği mevzuatı aşağıda verilmiştir:

- Yüzme Suyu Direktifi (76/160 / EEC)

- Kuşlar Direktifi (79/409 / EEC)
- İçme Suyu Direktifi (98/83 / EC) (80/778 / EEC sayılı Direktifle değiştirilen)
- Büyük Kazalar (Seveso) Direktifi (96/82 / EC)
- Çevresel Etki Değerlendirmesi Direktifi (85/337 / EEC)
- Atıksu Arıtma Direktifi (86/278 / EEC)
- Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi (91/271 / EEC)
- Bitki Koruma Ürünleri Direktifi (91/414 / EEC)
- Nitrat Direktifi (91/676 / EEC)
- Habitat Direktifi (92/43 / EEC)
- Entegre Kirlilik Önleme Kontrol Direktifi (96/61 / EC)

Yerüstü sularının kalitesinin iyileştirilmesi ve korunması amacıyla alınacak temel tedbirler (10) aşağıdaki şekilde listelenmektedir:

- İçme suyu temini için gerekli arıtma ihtiyacını düşürmek amacıyla su kalitesinin korunması tedbirleri (Madde 11 (3) d));
- Noktasal kaynaklardan gelen kirleticilerin suya girişinin yasaklanması gibi bir ön düzenleme şartı ya da söz konusu kirleticiler için emisyon kontrolleri gibi ön izin tedbirleri (Madde 11 (3) g));
- Yayılı kaynaklardan gelen kirleticilerin suya girişinin yasaklanması gibi kirliliğin önlenmesi ya da kontrolüne yönelik tedbirler (Madde 11 (3) h));
- Su kalitesi durumu üzerindeki diğer önemli ters etkiler için, özellikle su kütlelerinin hidromorfolojik koşullarının gerekli ekolojik durum/potansiyele ulaşılması hedefi ile uyumlu olmasını sağlayacak tedbirler (Madde 11 (3) i));
- Öncelikli maddeler listesinde belirlenen maddelerle yerüstü suyu kirliliğinin giderilmesi ve yerüstü su kütleleri için çevresel hedeflere ulaşılmasını engelleyecek diğer maddelerin neden olduğu kirlenmelerin aşamalı olarak azaltılmasına yönelik tedbirler; (Madde 11 (3) k)) ve

- Teknik tesislerden kaynaklı önemli miktarda kirletici kayıplarını önlemeye ve kaza sonucu kirlenme olayları sonucunda (örneğin seller), kirlenmenin etkilerini önlemeye ve/veya azaltmaya yönelik tedbirler (Madde 11 (3) l); (örneğin uyarı veren sistemler)

Madde 16' da ise su kirliliğine karşı stratejilere yer verilmektedir. Söz konusu maddenin 1. paragrafında, içme suyu temini için kullanılan suların kirletici madde ya da madde grupları tarafından kirletilmesine karşı özel tedbirler alınması gerekliliğine değinilmektedir. Bu kirleticiler için tedbirlerin aşamalı olarak azaltılması ve öncelikli tehlikeli maddeler için tedbirlerin, emisyonların ve kayıpların tamamen ya da aşamalı olarak durdurulmasının amaçlanması gerekmektedir.

Tedbirler alınırken, öncelikli maddelere öncelik verilmesi gerekmektedir. Öncelikli maddelerin boşaltımları, emisyonları ve kayıpları için aşamalı olarak azaltma ya da aşamalı ortadan kaldırılması hususlarında uygun bir iş takvimiyle öneriler sunulmalıdır.

#### **10.2.1.1. Atıksu Arıtma Tesisleri**

Atıksu arıtma tesislerine yönelik tedbirler kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisleri olmak üzere iki başlık ta ele alınmaktadır.

##### **10.2.1.1.1. Kentsel Deşarjlar**

Kentsel faaliyetlerden kaynaklanan atıksuların yerüstü ve yeraltı suları üzerinde oluşturması muhtemel baskılar oluşan organik ve besi maddesi kirlilik yüklerinin yüzeysel akışla alıcı ortamı veya yeraltına sızarak akiferleri kirletmesi olarak tanımlanabilir. Sözü edilen kirlilik yükleri su kütlesi drenaj alanında bulunan yerleşimlerin atıksu altyapısına ve hizmet ettiği toplam nüfusa bağlıdır. Yerleşimin bir kanalizasyon altyapısının bulunup bulunmaması ve varsa bu şebekenin nasıl sonlandığı gibi faktörler ile yerüstü ve yeraltı suyu kütlelerine ulaşacak kirlilik yükleri ve neden olacağı etkilerle doğrudan ilişkilidir.

Kentsel atıksu deşarjlarının yerüstü ve yeraltı su kalitesi üzerinde oluşturduğu baskıların kontrol altında tutulması ve bu baskılardan kaynaklanması olası etkilerin asgari düzeye indirilmesi amacıyla alınması gereken tedbirler aşağıda özetlenmiştir:

- Yeni kentsel atıksu arıtma tesislerinin kurulması ve mevcutların Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifine göre iyileştirilmesi

- Mevcut kentsel atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi ve bakımı
- Kanalizasyon şebekelerinin inşası, iyileştirilmesi ve bakımı
- Fosseptiklerin inşası, iyileştirilmesi ve bakımı
- Deşarjların kontrolü, izleme ve denetleme

#### **10.2.1.1.2. Endüstriyel Deşarjlar**

Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan yerüstü ve yeraltı su kütleleri üzerinde etkili olması muhtemel baskılar, OSB ve tekil endüstri tesislerinde oluşan organik ve besi maddesi, ağır metal, belirli kirletici ve öncelikli maddeleri içeren atıksuların, yüzeysel akışla alıcı ortamı ve yeraltına sızarak akiferleri kirletmesi olarak tanımlanabilir. Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşması muhtemel baskılar sektör, üretilen ürüne, kullanılan imalat teknolojisi ve oluşan atık miktarına göre çeşitlilik gösterebilmektedir. Tehlikeli maddelerin deşarjından kaynaklanan kirliliğin önlenmesi için çevresel kalite standartlarına dayalı deşarj standartlarının belirlenmesi, mevzuata aktararak uygulanması büyük önem arz etmektedir.

Endüstriyel atıksu deşarjlarının yerüstü ve yeraltı su kalitesi üzerinde oluşturduğu baskıların kontrol altında tutulması ve bu baskılardan kaynaklanması olası etkilerin asgari düzeye indirilmesi amacıyla alınması gereken tedbirler aşağıda özetlenmiştir:

- Endüstriyel deşarjlarındaki belirli kirleticiler ve öncelikli maddelere ilişkin deşarj standartlarının belirlenmesi, mevzuata aktarılması ve uygulanması
- Endüstriyel tesisler tarafından Mevcut En İyi Tekniklerin uygulanması (MET/BAT)
- Endüstriyel tesislerin mevcut atık su arıtmalarının kontrol edilmesi ve gerekli olduğu takdirde arıtmanın iyileştirilmesi

#### **10.2.1.2. İyi Tarım Uygulamaları**

Tarımda çevre kirliliğinin önlenmesi, kaynakların korunması gibi konular önem kazanmaktadır. Kimyasal gübre kullanımının yoğun kullanımıyla ortaya çıkan problemler çevre konusunda daha fazla vurgu yapılmasına neden olmaktadır (11). İyi Tarım Uygulamaları ile,

tarımsal üretim sistemini sosyal ve ekonomik açılardan verimli, insan sağlığını koruyan, hayvan sağlığı ile çevreye önem veren bir hale getirmek amaçlanmaktadır (11).

Kontrolsüz hayvan gübrelere, bilinçsiz bir şekilde kimyasal gübre ve pestisit kullanımından kaynaklanan azot, fosfor ve toksik organik mikrokirleticiler gibi yayılı yükler su kaynaklarının kalitesinin bozulmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle, gübrelerin mümkün olduğunca gübre yönetimi ve pestisit kullanımının en uygun şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu maksatla, Avrupa Birliği tarafından yayımlanmış olan Nitrat Direktifi'nde(91/676/EEC) yer alan, özellikle tarım ve hayvancılık faaliyetlerine yönelik iyi tarım uygulamalarının yer aldığı tedbirlerin alınması gerekmektedir.

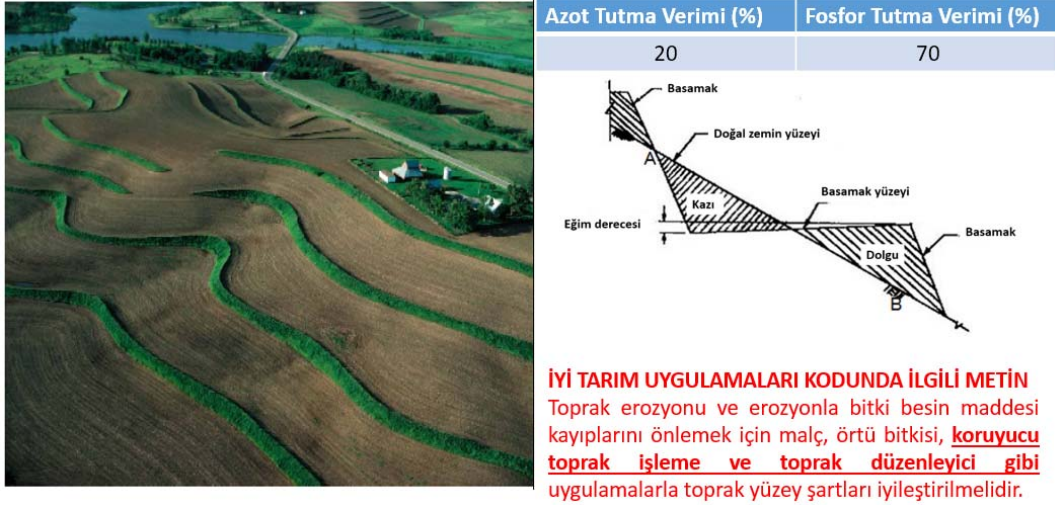
İyi tarım uygulamaları şu başlıklar altında toplanmaktadır:

1. Teraslama
2. Yeşil Bant Uygulaması (Yeşil filtre kuşak)
3. Gübreleme Planı
4. Hayvan Gübresi Yönetim Planı
5. Tampon Şeritler - Gübre Uygulanamayacak Alanlar
6. Malçlama
7. Sürmeden tarım
8. Çimlendirilmiş su yolları
9. Eğimli araziler için toprak stabilizasyonu
10. Akarsu kıyılarını ormanlaştırma

#### **10.2.1.2.1. Teraslama**

Tarım alanlarında arazi eğiminin %6'nın üzerinde olan bölgeler için teraslama uygulaması önerilmektedir (Şekil 10.2). Teraslama yöntemi yüzeysel akışı kısıtlamak için uygulanan bir yöntemdir. Yüzeysel akışın sorun teşkil ettiği alanların erozyon şiddetinin yüksek olduğu alanlar olduğu göz önünde bulundurulmaktadır.





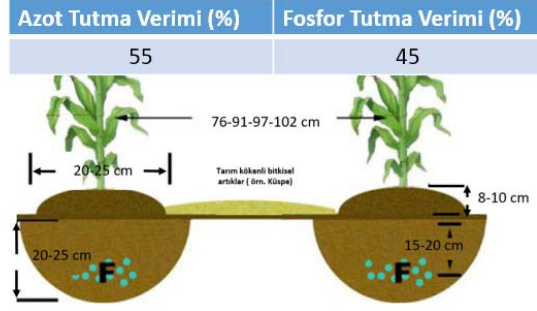
Şekil 10.2 Teraslama (12)

#### 10.2.1.2.2. Sürmeden Tarım

Toprak işleme genel olarak, bitkilerin büyümesi amacıyla uygun şartların oluşturulmaya çalışıldığı, ekim, dikim ve tohum yatağı için toprağın hazırlanması yöntemidir (Şekil 10.3). Toprak işleme esnasında yabancı otlar, hastalıklar ve toprak zararlıları elimine edilirken, toprağa karışan anız artıkları da bitkilerin büyümesi için fiziksel ve kimyasal koşulları daha uygun hale getirir. Bununla birlikte aşırı toprak işleme bir takım olumsuzluklara da neden olabilir. Bunların başında özellikle toprak yapısının bozulması, toprak verimliliğinin göstergesi olan organik madde miktarının azalması, erozyon riskinin artması, toprak nem kaybı, faydalı toprak mikroorganizmalarının yaşam döngüsüne zarar vermesi ile işgücü, zaman ve yakıt tüketimi gibi bir takım maliyetlerin artması sayılabilir (11).

Toprak işleme, agregatların yapısını, dağılımını ve aralarındaki boşlukları değiştirerek, nitratın sızarak kaybı üzerinde etkili olmaktadır. Nitrat toprağa suyun infiltrasyonu yoluyla girer ve topraktaki büyük gözenekler vasıtasıyla da suda çözülmüş halde hareket ederler. Farklı toprak işleme uygulamaları toprak koşullarının farklı şekilde değişmesine sebep olacağından toprağın sızma özellikleri de buna bağlı olarak değişecektir. Koruyucu toprak işleme uygulamaları ile toprak fiziksel özellikleri korunarak nitratın sızarak kaybının önüne geçilebilir (11).

Koruyucu toprak işleme yöntemlerinden biri de azaltılmış toprak işleme sağlayan sürmeden ekimdir. Bu yöntem, tahıl ve yem bitkilerine uygulanabilmektedir.

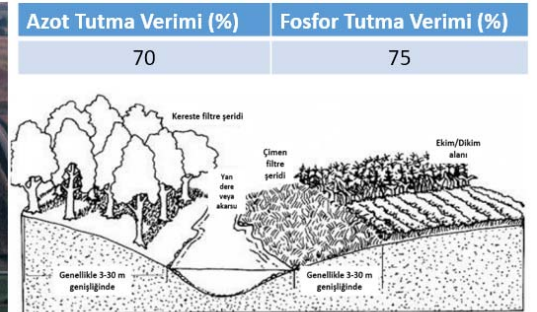


**İYİ TARIM UYGULAMALARI KODUNDA İLGİLİ METİN**  
 Toprak erozyonu ve erozyonla bitki besin maddesi kayıplarını önlemek için malç, örtü bitkisi, koruyucu toprak işleme ve toprak düzenleyici gibi uygulamalarla toprak yüzey şartları iyileştirilmelidir.

Şekil 10.3 Sürmeden tarım (12)

### 10.2.1.2.3. Yeşil Bant Uygulaması (Yeşil Filtre Kuşak)

Tarımsal alandan yayılı yükün en yüksek giriş yaptığı nehir segmentleri boyunca yeşil bant uygulanması gerekmektedir. Genişliği yük azaltım ihtiyacına bağlı olarak 3 ila 30 metre arasında değişen yeşil bant uygulaması gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 10.4). Vadi özellikleri taşıyan ekilebilir alanlarda ya da geniş arazilerdeki eğimlerde akışı engellemek amacıyla yerüstü suları boyunca yeşil bant uygulanmalıdır.



**İYİ TARIM UYGULAMALARI KODUNDA İLGİLİ METİN**  
 Vadi özellikleri taşıyan ekilebilir alanlarda ya da geniş arazilerdeki eğimlerde akışı engellemek için yüzey suları boyunca yeşil bantlar ile tampon şeritler oluşturulmalı, gerekirse kalıcı çim, orman veya benzeri arazi örtüsü de düşünülmelidir.

Şekil 10.4 Yeşil filtre kuşak (13)

#### 10.2.1.2.4. Hayvan Gübresi Yönetim Planı

Her bir köy için hayvansal gübre uygulamasına kapalı dönemlerde uygulama yapılmamalıdır. Gübre uygulamasının yasak olduğu dönemlerde depolama yapılması gerekmektedir. Nitrata Hassas Bölgelerde 1600 kg/N/yıl, Nitrata Hassas Olmayan Bölgelerde ise 3500 kg/N/yıl üzerindeki hayvansal atık üretimi olan işletmelerde hayvansal gübre sızdırmaz koşullarda depolanması gerekmektedir. Hayvan gübrelerinin uygulamasına izin verilen ve yasaklanan aylar Tablo 10.1’de verilmiştir (12).

**Tablo 10.1** Hayvan gübrelerinin uygulamasına izin verilen ve yasaklanan aylar

Bölgeler	Aylar											
	O	S	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
İç Anadolu	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Red	Red
Ege	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Purple	Purple
Marmara ve Trakya	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Purple	Purple
Akdeniz	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Purple	Purple
Kuzeydoğu Anadolu	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Red	Red
Güneydoğu Anadolu	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Purple	Purple
Karadeniz	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Purple	Purple
Doğu İç Anadolu	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Purple	Red
Güney İç Anadolu	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Purple	Red

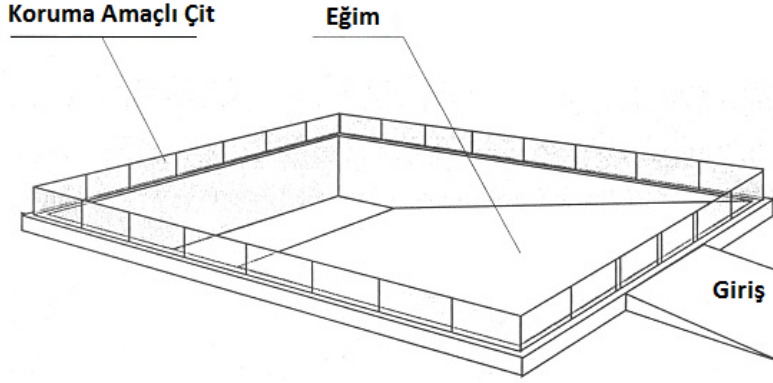
Red: Tip 1 ve Tip 2 gübrelerinin uygulanmasının yasak olduğu dönemler:  
Blue: Yazlık ekilen ürünler için Tip1 ve Tip 2 gübreleri uygulamanın yasak olduğu dönemler:  
Yellow: Yazlık ekilen ürünler için yalnızca Tip 2 gübreleri uygulamanın yasak olduğu dönemler  
Purple: Hem yazlık hem kışık ekilen ürünler için Tip 2 gübrelerinin uygulamanın yasak olduğu dönemler:  
Green: Tip 1 ve Tip 2 gübrelerinin uygulanmasına izin verilen dönemler

Tip I: C/N oranı 8'den yüksek organik azot içeren gübre, örneğin altlıklı hayvan gübresi,

Tip II: C/N oranı 8'den düşük organik azot içeren gübre, örneğin altlıksız hayvan gübresi, sulu hayvan gübresi gibi.

Hayvan gübresi, uygulanmadığı dönemlerde depolanmalıdır. Depolar, gübre yığınlarındaki besin elementlerinin sızma ile yeraltı suyuna doğru düşey hareketlerini (geçirimsiz taban) ve yüzeysel akışla akarsu ve göllere doğru taşınımını durdurmalıdır. Hayvansal gübrelerin düzenli ve kontrollü depolanması için geçirimsiz tabanlı gübre deposu şematik

gösterimi Şekil 10.5'te görülmektedir. Küçük işletmeler için, daha basit ve ucuz çözümler de mevcuttur (Şekil 10.6).



**Şekil 10.5** Geçirimsiz tabanlı gübre deposu



**Şekil 10.**Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı. Gübrelerin depolanması amacıyla kullanılabilen yapı

#### **10.2.1.2.5. Tampon Şeritler - Gübre Uygulanamayacak Alanlar**

Yayıllı kaynaklar için alınan diğer önlemlerin yeterli olmaması durumunda su kütlesi kıyısında tarım arazisi mevcut ise Tablo 10.2'de yer alan eğimlere bağlı olarak tanımlanan mesafede gübre uygulanmaması gerekmektedir.

**Tablo 10.2** Gübre uygulamasının su kaynaklarına mesafesi

<b>Su Kaynakları</b>	<b>&lt;%12 eğim</b>	<b>&gt; % 12 eğim</b>
Göl, gölet ve baraj	20 m	40 m
Nehirler	10 m	20 m
İçme suyu kaynakları	50 m	<b>100</b>

#### **10.2.1.2.6. Gübreleme Planı**

Organik maddeler toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu etkilemektedir. Toprakların su tutma, havalanma özellikleri iyileşmekte, bitki köklerinin topraktaki nüfuzunu kolaylaştırmakta, toprağın suya girişini arttırmaktadır (12).

Tarımsal faaliyetlerde kullanılan kimyasal ilaç ve gübrelerin insan ve toplum sağlığı üzerinde gösterdiği zararların artmasıyla birlikte, aynı görevi yapan organik gübrelerin kullanımına dayalı ekolojik tarım uygulamaları gelişmektedir. Özellikle petrol kökenli kimyasallara bağımlı gübrelerin kullanımıyla tarımsal alanların verimliliği sürdürülememektedir. Toprak verimliliği toprakta var olan ve sürekli azalan organik maddelerin içeriği ile sınırlıdır. Ahır ve tavuk gübreleri bir yandan toprağın yapısını olumlu yönde etkilerken, bir yandan bitkiler için gerekli besin elementlerini sağlayarak ürün miktarı üzerinde olumlu etki yapmaktadır. Ayrıca tavuk gübresi, azot içeriği yönünden diğer çiftlik gübrelerine oranla daha değerlidir (14).

Ahır gübresi çıkarıldıktan sonra gereken dikkat ve özen gösterilmez ve yeterli önlemler alınmazsa, tarlaya taşınmadan önce bitki besin elementlerinin %50'sinin bulunduğu sıvı dışkı yitmesi önemli bir sorun olmaktadır. Yeterli miktarda yataklığın kullanılmaması durumunda ahır tabanından ve gübre yığınının altından sızarak önemli ölçüde yitebilir. Ayrıca ahırdan çıkarılan gübre açıkta ve gevşek yığınlar halinde bırakılırsa yitme önemli boyutlara ulaşabilir (14).

Hayvan gübresi, içerdiği toplam azot, amonyum, nitrat ve organik azottan dolayı bitkiler için değerli bir bitki besin maddesi kaynağıdır. Bu yüzden gübre planları yapılırken hayvan gübrelerindeki azot, fosfor ve potasyum miktarları dikkate alınmalıdır. Hayvan gübresinin gübre olarak değerlendirilmesinde ve bu gübrelerin çevreye etkileri üzerine uygulama zamanı, miktarı ve şekli etkili olmaktadır (15).

Hayvan gübresi (katı hayvan gübresi, sıvı hayvan gübresi ve sulu hayvan gübresi ) ile uygulanan "toplam azot" miktarı, Nitrata Hassas Bölge için hektara 170 kg, Nitrata Hassas Bölgelerin dışında ise 340 kg'ı geçmemelidir (16).

Değişik tipte hayvan gübrelerinin 170 kg N/ha'a kadar olan uygulama oranları, gübreleme planları için kullanılabilir. Gübreler uygulanmadan önce analiz edilmeli ve hayvansal gübreden gelen besin maddesi miktarları da gübreleme planlarında hesaba katılmalıdır (16).

#### **10.2.1.2.7. Bitki Koruma Ürünlerinin Kullanımı**

Tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisitlerin alıcı ortama ulaşmasıyla, alıcı ortam kalitesinde bozulmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için tarımsal faaliyetlerin kontrollü olarak gerçekleşmesi önemlidir. Pestisit yönetimi iyi tarım uygulamaları kodu kapsamında değerlendirilmelidir. Tarımsal ürünlerin verim ve kalitesini artırmak, zararlı organizmaları kontrol altına almak için entegre mücadele prensipleri çerçevesinde kültürel, fiziksel, biyolojik, biyoteknik ve kimyasal mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler içinde yer alan kimyasal bitki koruma ürünleri (BKÜ)'nin hatalı kullanımı; doğrudan veya dolaylı olarak insan, hayvan ve bitki sağlığını tehlikeye atmaktadır (15).

Bitkisel üretimde zararlı organizmalarla mücadelede BKÜ kullanımının azaltılması, kalıntının önlenmesi ve ekosistemin korunması ile sürdürülebilir tarımın sağlanması amacıyla kimyasal mücadeleye alternatif yöntemlerin (biyolojik, biyoteknik) yaygınlaştırılması sağlanmalıdır (15).

#### **10.2.1.2.7.1. Entegre Zirai İlaç Mücadele Yönetimi ve Kontrolü**

Entegre zirai ilaç mücadele kapsamında, hedefe uygun ve doğru zamanda doğru miktarda, doğru seçilmiş pestisit uygulaması önem taşımaktadır. İzleme çalışmaları sayesinde pestisit uygulamaları yalnızca ihtiyaç duyulduğunda daha etkili bir şekilde yapılır. Pestisitlerin uygulama gereksiniminin azaltılması ile pestisitlerin suya taşınım ve kirlenme riski azaltılır. Entegre yönetim, kullanılan pestisitlerin yüzey ve yeraltı suyuna ulaşmasını dolayısıyla yüzey veya yeraltı suyu kirliliği riskini azaltır.

Zararlı organizma, konukçu ve çevre birbirine sıkı sıkıya bağlıdır. Birçok hastalık ve zararlı mücadelesinde konukçu bitkinin biyolojisi, etmenin biyolojisi ve popülasyon yoğunluğu ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkileri esas alan ve gerektiği zamanda bitki koruma

ürünlerinin uygulanmasını sağlayan “Tahmin ve Uyarı Sistemleri”nin kullanılması önem teşkil etmektedir (15).

Sulama ile birlikte pestisitlerin yeraltına ve yüzey sularına taşınması artar. Doymuş toprağı sulamak veya infiltrasyon hızından fazla oranda sulama yapmak pestisit sızıntısını artırır. Kaba dokulu topraklar nedeniyle sık sulamanın gerekli olduğu alanlarda bu özellikle risk teşkil etmektedir. Pestisitlerin yeraltı sularına taşınması riskini en aza indirmek için uygun sulama yönetimi önemlidir. Hava durumunda uygulama sahasında sürüklenmeye veya topraklarda akışa neden olacak yağış öngörüldüyse uygulamaya başlanmamalıdır. Yağış veya sulamanın hemen öncesinde uygulanan uygulama, pestisit etkinliğin azalmasına neden olabilir ve bu sebeple pestisit yeniden uygulamaya ihtiyaç duyulur.

Çevre dostu bitki koruma ürünlerinin ruhsatlandırılması, kullanımda tercih edilmesi, uygun koşullarda depolanması, uygun alet-ekipmanın kullanılması ve bunların kalibrasyonlarının yapılması, tavsiyesine göre doğru uygulanması ile bitki ve bitkisel ürünlerin korunmasına, kalıntının önlenmesine katkı sağlayacaktır. Böylece çevrenin ve uygulayıcıların ve tüketicilerin olumsuz etkilenmesi engellenecektir (15).

İlave olarak araştırma geliştirme çalışmalarına önem verilmelidir. Yurt içinde biyolojik mücadele laboratuvarlarının artırılması ve zararlıya karşı mücadelede kimyasal kullanımını azaltacaktır.

Uygulama aşamasında başarılı olabilmek için ise reçeteli satışlar ile pestisit kullanımının kayıt altına alınması ve çiftçilerin eğitimi, bilinçlendirme çalışmaları ile teşvik çalışmaları önem kazanmaktadır. Pestisit satışlarının kontrolü ile ilgili olarak pestisit kullanımında reçeteli ilaçların kullanımının zorunlu tutulması gerekmektedir. Organik fosforlu pestisitlerde kısıtlamaya gidilmelidir. Organik olarak ayrıştırılabilir pestisitlerin kullanımına önem verilmelidir. Pestisit kullanımında uygulanması gereken dozlar, ürün ve zirai mücadeleye yönelik olarak çiftçilerin eğitilerek bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Pestisit karıştırma ya da pestisit çözeltisi hazırlama/yükleme işlemleri ile depolama kuyulardan, derelerden, göllerden ve su kaynaklarından uzakta yapılmalıdır. Ölçme, karıştırma ve yükleme işlemleri beton gibi geçirimsiz yüzeyler üzerinde yapılmalıdır. Ayrıca pestisitleri karıştırmak ve yüklemek için kapalı sistemler kullanmak dökülme riskini azaltır. Durulanmamış pestisit kapları su kaynakları için risk oluşturmaktadır. Dışarıda bırakılan ve yağmura maruz kalan kontamine kaplar pestisitleri çevreye sızdırabilir.

#### **10.2.1.2.7.2. Biyoteknik ve Biyolojik Mücadele**

Biyoteknik mücadele bir canlı etmenin diğer bir canlı etmenin yoğunluğunu baskı altında tutmak amacı ile aktif olarak kullanılması olarak tanımlanır. Seçici bir etmen olmaları ve toksik olmamaları nedeni ile hem etkin hem de kimyasal BKÜ'lere olan ihtiyacı azalttıkları için sürdürülebilir tarım açısından kullanımları önemlidir. Çiftleşmeyi engelleme ya da şaşırtma tekniği, dişi böcekler çiftleşme çağrısı olarak salgıladığı feromonun yapay olarak üretilip yayıcılar ile belirli bir alana dağıtılması sonucu yoğun bir koku bulutu oluşturulması ve böylelikle erkeklerin dişilere çiftleşme amacı ile ulaşmasının engellenmesidir. Buna ilave olarak monitör amaçlı tuzaklar ile zararlı çıkışı takip edilerek fazla ilaç kullanımı engellenmektedir.

#### **10.2.1.2.7.3. Çevreye En az Zararlı Aktif Madde Seçimi**

Entegre mücadelede hastalık ve zararlılarla mücadele edilirken çevreye en az zararlı aktif maddeler seçilmelidir. Entegre mücadeleye kayıtlı çiftçilere destekleme ödemesi yapılması entegre mücadelenin daha da yaygınlaşmasını sağlayacak ve bu da pestisit kullanımını azaltacaktır.

#### **10.2.1.3. Hidromorfolojik Tedbirler**

Nehir su kütleleri için uygulanacak önlemler, kütlenin hidrolojisi, sürekliliği, habitat kalitesi ve yatak yapısı gibi temel hidromorfolojik bileşenlerine dönük olarak planlanırken; göl su kütleleri için uygulanacak önlemler ise kütlenin hidrolojisi, morfolojik özelliklerindeki değişimler ve habitat kalitesi gibi bileşenlere dönük olarak planlanmaktadır.

##### **10.2.1.3.1. Nehir Su Kütlelerinde Hidromorfolojik Tedbirler**

Nehir su kütlelerinin genel hidromorfolojik kalitesine etki eden bileşenler ve önlemlerin tanımlanacağı başlıklar şunlardır;

- Nehrin hidrolojisi
- Nehrin sürekliliği
- Nehrin habitat kalitesi
- Nehir yatağı özellikleri



Nehir su kütlelerinin hidromorfolojik kalitelerini iyileştirebilmek için uygulanacak önlemlerin bu alt unsurların her biri için ayrı ayrı tanımlanmaları gerekmektedir.

#### **10.2.1.3.1.1. Nehir Hidrolojisinin İyileştirilmesine Dönük Önlemler**

Bir nehir su kütlelerinin hidrolojisi temel olarak havza karakteristiklerine ve buna bağlı olarak yağış-akış ilişkisine bağlıdır. İklimsel özellikleri ve yağış paternleri, küresel ölçekte olaylardan etkilenen ve lokal müdahaleler ile iyileştirilmesi mümkün olmayan özelliklerdir. Bir havzaya düşecek yağış miktarı havza arazi kullanımı gibi bazı parametrelerden kısmen etkilense de, büyük oranda bölgesel iklim koşulları tarafından belirlenmektedir. Bu bağlamda, havzaya düşecek yağışın artırılması pratik olarak mümkün değildir. Suni tohumlama vb. bir takım metotlar bulunmakla birlikte dünya üzerinde büyük ölçekte ve etkisi kanıtlanmış bir yağış miktarı artırma yöntemi mevcut değildir. Bu nedenle, havzaya düşen yağışın miktarının artırılmasına dönük bir önlem de söz konusu olmayacaktır. Buna karşın doğal arazi kullanımlarına daha az müdahale, ormanlaştırma gibi bazı önlemler alınması mümkündür. Bu tip önlemler düşen yağışın hidrolojik döngü kompartmanları arasındaki paylaşımına katkı yapabilmektedir. Örneğin, buharlaşmanın azaltılması yağışın önemli bir kısmının kaybedilmesinin önüne geçebilmektedir.

Yerüstü-yeraltı suyu etkileşiminde çoğunlukla nehrin yeraltı suyunu beslediği bölgelerde, hidrolojik durumun iyileşmesi ancak dışsal yağışa bağlı olabilmektedir. Bu gibi bölgeler için yeraltı suyunu sızan nehir suyu, nehir hidrolojisini olumsuz etkilemektedir. Bu miktarın azaltılması için alınabilecek önlemlerin ise nehir hidromorfolojisini oluşturan diğer bileşenleri olumsuz etkileyecek olması nedeniyle alınabilecek yegâne önlemin yeraltı sularının aşırı kullanımının ve buna bağlı olarak seviye düşümlerinin önüne geçmek olduğu görülebilir. Seviye düşümlerinin önlenmesi de suyun en yoğun olarak kullanıldığı tarım sektöründe reform yapılmasını ve daha etkili ve verimli sulama teknolojilerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Örneğin, karık sulaması yerine damlama sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması, ciddi miktarda su tasarrufu sağlayacak ve buna bağlı olarak akiferden çekilen suyun azalmasını temin edecektir. Böylelikle, azalan çekimlere paralel olarak seviye düşümleri de azalacaktır. Bu durum da, yerüstü-yeraltı suyu etkileşimlerinin nehirde yeni iyileşmesine neden olacaktır.

Bir nehir su kütlelerinin hidrolojisi üzerinde etkili olan bir diğer unsur ise nehrin akış yukarısında bulunan hidrolik yapılardır. Bu yapıların tipi, yapılış amacı gibi faktörler nehrin hidrolojisi üzerine doğrudan etkindir. Örneğin, içme veya sulama suyu temini amacıyla yapılmış

olan bir baraj veya gölette, temel kullanım amacı dışındaki tüm kullanımların minimize edilmesi hedeflenir. Bu nedenle bu tip bir yapıdan akış aşağısına su bırakılması tercih edilmez. Bu depolama yapılarının boyutları, akış aşağısındaki nehir su kütlesi üzerinde oluşturacağı etkiyi de belirlemektedir. Küçük bir depolama yapısının mansaba fazla bir etkisi olmazken, büyük bir depolama yapısının önemli etkileri olabilmektedir. Sözü edilen yapılardan kullanım amacına bağlı olarak çekilecek/bırakılacak suların nehir yatağı dışında bir yolla alınması, nehrin mansap kesimlerinde ciddi su azlığına neden olacaktır. Bu bağlamda klasik bir hidroelektrik santral ile elektrik üretiminde, su tekrar yatağa bırakıldığından nehir hidrolojisi üzerine kısıtlı etkisi olmakta iken, sulama veya içme suyu temini için kanal ve boru hattıyla alınan suyun etkisi daha fazla olmaktadır.

Yarı kurak iklim kuşağında bulunan bir havzada yerüstü-yer altı suyu etkileşimi genellikle nehirden yeraltı suyuna doğru gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak, yeraltı suyu seviyelerinin düşük olduğu yoğun çekim yapılan bölgelerde, nehir yeraltı suyunu beslemekte ve buna bağlı olarak yüzeysel akımlar olumsuz etkilenmektedir. Nehir hidrolojisi açısından bu kaybın engellenmesine dönük bir takım önlemlerin alınması mümkün olabilir. Ancak, bu amaçla alınacak önlemler yapısal olacağından, ekosistem üzerinde başka sorunlara neden olabilecektir. Bu sebeple, iklimsel koşulların bir sonucu olarak oluşmuş tek yönlü yerüstü-yeraltı suyu etkileşimi mekanizmasını değiştirmek amaçlı bir önlem alınması önerilmemektedir. Yeraltı sularının daha dikkatli kullanımı ve buna bağlı olarak seviye düşüşlerinin engellenmesi en uygun önlemdir.

Yarı kurak havzalardaki bir başka önemli hidrolojik sorun da, akışların büyük oranda yağışa bağlı olmasıdır. Yağışın kesikli yapısı, akışı da oldukça kesikli bir hale getirmektedir. Buna bağlı olarak ana nehre katılan pek çok yan kolda yılın çok büyük bir döneminde akış gözlenmemektedir. Bu tip akarsu sistemleri üzerinde yapılan depolama yapıları nehrin akış karakteristiğini daha da bozabilmekte ve kesikli hale getirebilmektedir. Nehir hidrolojisi açısından bakıldığında kontrollü olarak bırakılan suyun biyolojik açıdan su kütlesinin daha iyi ekolojik koşulda olması anlamına geleceği dikkate alınmalıdır.

#### **10.2.1.3.1.2. Nehir Sürekliliğinin İyileştirilmesine Dönük Önlemler**

Bir su kütlesinin sürekliliği, suyun ve sudaki biyolojik yaşam unsurlarının hareketinin engellenmeden ilerlemesi olarak tanımlanmaktadır. Nehir su kütlelerinin sürekliliğini etkileyen

en önemli unsur insan eliyle inşa edilmiş su yapılarıdır. Bunlar yatak üzerine akışa dik olarak inşa edilen ve suyun depolandığı, yönlendirildiği veya hız, kesit ve eğim gibi hidrolik özelliklerinin değiştirildiği mühendislik yapılarıdır. Sözü edilen yapılar arasında en önemlileri, barajlar, bağlama yapıları (regülatörler) ve muhtelif amaçlarla inşa edilmiş sedde veya bentlerdir. Bu tip bariyerlerin sayıları, yükseklikleri ve üzerlerinde biyolojik yaşamın geçişine izin veren balık geçidi gibi yapıların bulunup bulunmaması, söz konusu su kütesinin sürekliliğini etkilemektedir. Bu nedenle, sürekliliğin iyileştirilmesi için alınabilecek önlemler de bariyerlerin fiziksel özellikleri dikkate alınarak planlanmalıdır.

Nehir sürekliliği anlamında alınabilecek en iyi önlem yeni bariyerlerin inşa edilmemesidir. Ancak, yapılması gerekli ve/veya hali hazırda inşa halinde olan yapılar için, bariyer yüksekliklerinin düşük tutulması ve gerekli olanlarına balık geçitlerinin yerleştirilmesi gibi önlemler alınmalıdır. Özellikle ana kol üzerindeki regülatör yapılarındaki mevcut geçitlerin işler hale getirilmesi de önem arz etmektedir. Bu geçitler mevcut durumda faal halde olmadıklarından etkisizdirler. Makro sucul yaşamın nehir boyunca ilerlemesi bu geçitlerin sağlıklı bir şekilde işletilmesine bağlıdır.

Balık geçidi olmayan mevcut barajlara balık geçidi yapılması oldukça maliyetli bir işlemdir. Ancak, makro sucul yaşamın nehir boyunca ilerlemesi için mevcut barajlarda balık geçitlerinin inşası gerekmektedir. Mevcutta balık geçidi olan yapılarda alınması gereken tedbirler aşağıda yer almaktadır:

1. Mevcut balık geçitlerinin çalıştırılması
2. Nehir sistemindeki biyotanın bu geçitleri kullanıp kullanmadığının ilk döngü boyunca izlenmesi (bu geçitleri kullanacak balık türlerinin havzada bulunup bulunmadığı ve havzada bulunan balıkların geçidi kullanma durumu)
3. İzleme sonuçlarına göre gerekli iyileştirmelerin yapılması

#### **10.2.1.3.1.3. Nehir Habitat Kalitesinin İyileştirilmesine Dönük Önlemler**

Akarsu yatağı ve akarsu kıyı bölgesi habitatının kalitesi, sistemin genel hidromorfolojik kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Yatak habitat kalitesi incelenirken çatlak mevcudiyeti, yatak malzemesi sıklığı, malzeme kompozisyonu, kanal yapıları etkisi, akım rejimi, nehir yatağı gölgelenmesi, doğal malzeme dağılımı ve sucul bitki örtüsü dağılımı dikkate

alınırken; kıyı bölgesi habitat kalitesinde kıyı bölgesi örtü seviyesi, örtü yapısı, örtü kalitesi ve yatak değişimi gibi konulara dikkat edilmektedir. Bu parametrelerin doğal (referans) seviyesinde bulunması habitat kalitesinin yüksekliğine işaret etmektedir.

Yatağın yüksek oranda çatlak içermesi ve yatak malzemesinin yüksek sıklığa sahip olması sucul habitatın yatağa tutunması açısından önemlidir. Malzeme kompozisyonunun da farklı litolojilerden oluşacak ve böylelikle farklı biyolojik yaşam unsurlarına ev sahipliği yapabilecek nitelikte olması da yatak habitat kalitesi açısından önem taşımaktadır. Yatakta doğal malzemelerin bulunması ve gölgelenmiş bir nitelikte bulunması da habitat kalitesini arttırıcı unsurlar arasındadır.

Kıyı bölgesi kalitesinin belirlenmesinde riparyan örtünün çeşitliliği ve örtü seviyesi habitatın kalitesini belirleyen önemli bir unsurdur. Örtünün ağaçlardan oluşması, farklı türde ağaçlardan oluşması ve yakınındaki orman/koru gibi doğal ortamlarla bağlantısının bulunması habitat kalitesini arttırıcı unsurlardır. Nehir yatağının değiştirilmemiş olması, taşkınlarda akımı taşıyabilecek seviyede kanal hacmi içermesi gibi unsurlar da yatağın habitat kalitesinin bozulmadığının ve iyi durumda olduğunun işaretidir.

Gerek yatak gerekse kıyı bölgesi habitat kalitesinin arttırılmasında alınabilecek en önemli önlem yatağa ve yakın kıyısına müdahale edilmemesidir. İnsan etkisinin azaldığı veya tamamen ortadan kalktığı durumlarda ekosistem kendi doğal yapısına hızla dönebilmektedir. Gediz Havzası gibi yatağın ciddi oranda müdahale gördüğü ve kıyı bölgesinin de neredeyse su çizgisine kadar tarım alanları ile kuşatıldığı bir nehir sisteminde habitat kalitesinin iyileştirilebilmesi için öncelikle bu müdahalelerin ortadan kaldırılması, daha sonra da 10 ila 30 m genişliğinde bir kıyı koruma bandı oluşturulması gerekmektedir. Bu tip bir bandın hem sağ hem de sol sahilde oluşturulması nehir ekosisteminin antropojenik etkilerden mümkün olduğunca korunmasını sağlayabilecektir. Özellikle nehrin ana kolu etrafında böylesi bir koruma alanının oluşturulması, sucul ve karasal ekosistemin korunmasında ve habitat kalitelerinin artmasında önemli rol oynayacaktır. Bu bölgelere yer yer yerel türlerin dikilmesi iyileştirmenin hızlandırılmasına yardımcı olacaktır. Buna ek olarak, nehir su kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli çalışmalar yapılması ve evsel ve endüstriyel nitelikli tüm deşarjların gerekli standartlara uygun olarak artıldıktan sonra nehre bırakılması da habitat kalitesinin iyileştirilmesinde büyük önem taşımaktadır.

#### **10.2.1.3.1.4. Nehir Yatağının İyileştirilmesine Dönük Önlemler**

Nehir yatağına yapılan müdahaleler de hidromorfolojik kalitenin düşmesine neden olan olaylardır. Bu kapsamda yapılan en yaygın uygulamalar arasında yanal şevlerin düzeltilmesi, yatak tabanına veya kenarlarına taş döşenmesi ve tüm yatağın dikdörtgen veya trapez kesitli betonarme kanala alınması sayılabilir. Özellikle yatak tabanının beton kanala alınması olabilecek en ileri müdahale olup, akarsuyun yeraltı suyu ile etkileşiminin tamamen kesilmesine neden olmaktadır. Daha çok meskûn mahal geçişlerinde uygulanan bu tip müdahalelerden mümkün olduğunca kaçınılması gerekmektedir. Akarsuyun civarı ile etkileşimini tamamen koparan bu tip uygulamalar sonucu olası taşkınların şiddeti de artmakta ve mal ve can kayıplarının daha fazla olmasına neden olabilmektedir. Bunun yerine, akarsu ve taşkın yatağının boyutunun hidrolik ve hidrolojik analizler ile net olarak ortaya çıkartılması ve bu alanların yapılaşmaya kapatılması ve rekreasyon alanları olarak düzenlenmesi önerilmektedir. Bu sayede akarsuyun hidrolojik olarak yer altı suyu bağlantısı koparılmamakta ve olası taşkın olaylarında da yayılabileceği yatağını hazırlamak mümkün olabilmektedir. Kanala müdahalenin kaçınılmaz olduğu noktalarda ise, geçirimli riprap uygulamaları ile düzenleme yapılması yerinde olacaktır.

Yataktaki vejetasyonun temizlenmesi hidromorfolojik olarak çelişen durumlara neden olmaktadır. Akışın kısıtlandığı ve taşkın zamanlarında suyun aşırı yükselip yatak dışına taşmasına neden olan vejetasyonun kaldırılması, kanalın hidrolik taşıma kapasitesinin artırılması ve sürekliliğinin sağlanması açısından yerinde bir uygulamadır. Buna karşın, kaldırılan vejetasyon ile birlikte önemli bir sucul habitat da ortadan kaldırılmaktadır. Bunun sonucu olarak yataktaki tür çeşitliliği azalmakta ve yatağın doğal ekolojik yapısı bozulmaktadır. Çelişen bu durum sebebiyle, mümkün olduğu kadar yatağa müdahale edilmemesi en uygun çözüm olarak dikkati çekmektedir. Ancak, hidrolik açıdan kaçınılmaz olduğu durumlarda kısıtlı kesimlerde ve sınırlı bir müdahale yapılması mümkündür. Müdahale yapılmasının kaçınılmaz olduğu durumlarda bunun ekolojik açıdan en az zarar verecek şekilde planlanması için konunun uzmanlarından oluşan bir heyetin müdahalenin planlaması esnasında teknik uzmanlarla birlikte çalışması yerinde olacaktır.

#### **10.2.1.3.2. Göl Su Kütlelerinde Hidromorfolojik Tedbirler**

Göl su kütlelerinin genel hidromorfolojik kalitesine etki eden bileşenler ve önlemlerin tanımlanacağı başlıklar şunlardır;

- Gölün hidrolojisi
- Gölün morfolojisindeki değişimler
- Gölün habitat kalitesi

Göl su kütlelerinin hidromorfolojik kalitelerini iyileştirebilmek için uygulanacak önlemlerin bu alt unsurların her biri için ayrı ayrı tanımlanmaları gerekmektedir.

##### **10.2.1.3.2.1. Göl Hidrolojisinin İyileştirilmesine Dönük Önlemler**

Göl su kütlelerinin hidrolojisi temel olarak kütleye giren su miktarının ve kütle hacminin bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Bu değerler kullanılarak hesaplanan yenilenme zamanı, suyun kütle içinde geçirdiği süre olarak tanımlanmaktadır. Buna göre düşük bekleme süresine sahip kütlelerin daha dinamik, daha stabil olduğunu söylemek mümkündür. Suyun daha sık yenilenmesi su kalitesi açısından bakıldığında kütleye giren su kalitesine daha büyük oranda bağımlılık anlamına gelmektedir. Pek çok sucul canlı için su kütlelerinin nispeten stabil bir durumda bulunması daha uygun bir habitat ortamı oluşturmaktadır. Fazla dinamik sistemlerde su seviyelerindeki aşırı değişimler kıyı habitatının tahribine neden olması itibarıyla biyolojik yaşamın sürdürülebilirliğine tehditler oluşturmaktadır.

Bu noktalardan hareketle göl hidrolojisinin iyileştirilmesi kütleye giren ve çıkan suyun yıllar içerisinde büyük değişkenlikler göstermemesi ile ilişkilidir. Kütlenin su toplama havzasından gelen su miktarına yapılacak müdahaleler (çekimler, arazi kullanım değişiklikleri vb.) kütleye giren suyun miktarı üzerinde doğrudan etkilidir. Giren suyun azalmasına neden olabilecek her türlü müdahale, sonuç itibarıyla göl hidrolojisini bozacaktır. Havzadaki yağışlara müdahale etmek mümkün olmadığından, hidrolojinin iyileştirilmesi adına alınabilecek en uygun önlem gölden olan kullanımları düzenleme ve gelen su miktarı ile uyumlu hale getirmektir. Aksi takdirde, gelen suyun sabit olduğu veya azaldığı hidrolojik koşullar altında, gölden yapılan tüketimlerin (çekimlerin/kullanımların) artması, göl genelinde negatif su bütçelerinin oluşmasına neden olacaktır. Bu durumun önüne geçmenin en temel prensibi, insani kullanım, tarımsal kullanım gibi amaçlarla işletilen göllerde işletme koşullarının havza koşulları ile uyumlu

belirlenmesidir. Zamana bağılı oluşan değişimlerinin hemen işletme çalışmalarına yansıtılması ve değişen koşulları dikkate alan revize işletme planlarının uygulanması gerekmektedir. Özellikle, baraj göllerinden sulama amaçlı bırakılan suların kurak dönemlerde daha hassas hesaplanması ve göl hidrolojisini en az etkileyecek şekilde salımların yapılması önemlidir. Ancak, Gediz Havzası gibi yarı kurak havalardaki baraj göllerinin uzun yıllar içerisinde stabil göl hacimlerini korumaları mümkün olmamakta, gelen su miktarlarındaki yıllar içinde gözlenen değişimler sonucu “doldur-boşalt” formunda çalıştırılmasına mecbur kalınmaktadır. Bu durum da özellikle kıyı bölgesi sucul yaşamı açısından ciddi bir olumsuzluk olarak göze çarpmaktadır.

Doğal göllerin herhangi bir işletme prensibi olmadığından ve doğrudan buldukları bölgenin iklimsel ve meteorolojik koşullarına bağılı olduklarından alınabilecek önlemler daha sınırlıdır. Bu tip göllerde alınabilecek tek önlem varsa su çekimlerinin engellenmesi olarak görülmektedir. Yasal veya yasa dışı yollardan yapılan su çekimlerinin engellenmesi, giren su miktarının değiştirilemediği tüm göller için ekosistemin sürdürülebilirliği için alınabilecek yegâne önlemdir. Buna karşın hidrolojik olarak bekleme süresi çok azalan ve zaman zaman kuruma noktasına ulaşan göller de bulunabilmektedir. Kullanımların olmadığı veya çok sınırlı olduğu göllerde bu tip bir durumun oluşması halinde ise, durumu gölün doğal yaşam döngüsü içinde kabul etmek gerekmektedir.

Yeraltı suyu etkileşimi de göl hidrolojisi açısından önemlidir. Yukarıda anlatılan hidrolojik kuraklık dönemlerinde bu etkileşim de tek yönlü olmakta ve çoğu zaman gölün yeraltı suyunu beslediği bir duruma dönüşmektedir. Söz konusu durum da çoğu zaman gölün hidrolojik durumunu daha da riske atan nitelikte gerçekleşebilmektedir. Göl civarından oluşan yer altı suyu çekimlerine bağılı seviye düşümleri de bu etkileşimin göl hidrolojisi açısından olumsuz yönde hızlanmasına neden olmaktadır.

#### **10.2.1.3.2.2. Göl Morfolojisinin İyileştirilmesine Dönük Önlemler**

Göl morfolojisinin iyileştirilmesi açısından yapılabilecekler, kıyı bölgesindeki değişimler, kıyı bölgesi kullanımı, göl içi kullanım, hidrolojik yapılara ilişkin durum ve göl tortu rejimi ile ilişkilidir. Kıyı kesimi ve göl içi kullanımın sınırlandırılması gerek baraj gölleri gerekse doğal göller açısından, göl morfolojisine dönük alınabilecek önemli önlemler arasındadır.

Hidrolojik yapılar açısından bakıldığında ideal olanın bu tip yapıların en az sayıda bulunması veya hiç bulunmamasıdır. Ancak özellikle baraj göllerinde bu tip yapılar

bulunmaktadır. Barajın kullanım amacına göre dip ve dolu savaklar ve/veya su alma yapıları gibi kontrollü veya kontrolsüz hidrolik yapılar yer almaktadır. Doğal göllerde ise normal şartlarda bu tip bir yapının bulunması beklenmemekle birlikte, göl seviyelerinin kontrolünü sağlamak adına göl çıkışının kontrol edildiği hidrolik yapılar bulunabilmektedir. Savak, kapak vb. kontrol yapıları nedeniyle bu tip doğal göller de doğallıklarını kısmen yitirmektedir.

Göl kıyı alanlarında tarımsal faaliyetler önemli bir baskıya neden olmaktadır. Gerek su kalitesi gerek morfolojik açıdan baraj ve doğal göllerde kıyı alanlarında tarım yapılması engellenmelidir. Sulak sezona girildiğinde bu alanlar tekrar göl alanı içinde kalmakta ve buna bağlı olarak ilaç ve gübre gibi zirai yardımcıların göl suyuna karışmasına neden olmaktadır. Bu nedenle göl maksimum su kotunun çit vb. şekilde çevrilmesi ve insani kullanıma kapatılması önerilmektedir.

Son olarak tortu rejimi de göl morfolojisi üzerinde etkili bir bileşendir. Tercihen kıyının dörtte birinden daha az bir kısmın erozyondan etkilenmesi kabul edilebilir bir seviyedir. Erozyonun önlenmesinde uygulanabilecek tüm önlemlerin kıyı bölgesinde özellikle uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla alınabilecek en önemli önlem ormanlaştırmadır. Mümkün olan kısımlarda baraj ve doğal göllerin etrafının ağaçlandırılması, havzadan göl kütlelerine ulaşacak olan rüsubatın azaltılmasında etkili olmaktadır. Ana veya yan kollardan taşınarak gelen askıda malzemenin göle girmeden tutulması, etkili göl hacminin azalmasının önüne geçecektir.

#### **10.2.1.3.2.3. Göl Habitat Kalitesinin İyileştirilmesine Dönük Önlemler**

Göl su kütleleri için habitat kalitesinin değerlendirilmesinde kıyı, kıyısal alan ve göl kenarı bölgelerini içeren pek çok parametre kullanılmaktadır. Kıyı yapılarının çeşitliliği, sahilin doğallığı, sahil tabiatının çeşitliliği, plajların doğallığı, plaj habitatının doğallığı, kıyı bölgelerinin tür dağılımı, makrofit örtüsünün kapsamı ve çeşitliliği, göl kenarı bitki örtüsünün çeşitliliği ve doğal arazi örtüsü tür çeşitliliği gibi unsurlar dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu bölgelerdeki habitat kalitesinin iyileştirilmesi için bu bölgelerde olası müdahalelerin en aza indirilmesi şarttır. Sert ve yumuşak sahil mühendisliği yapıları, turistik tesisler, rekreasyon faaliyetleri, sportif balıkçılık ile ilgili tesisler gibi baskıların en aza indirilmesi gerekmektedir. Söz konusu göllerin halk için doğal cazibe alanları olması, kullanımlarının kısıtlanmasını güçleştirmektedir. Ancak erişimin tamamen veya kısmen engellenmesi bu bölgelerdeki habitat kalitesinin korunması adına atılabilecek adımların başında gelmektedir.



Göl kıyısının tarımsal faaliyetler amacıyla düzenlenmesi ve doğal bitki örtüsünün ortadan kaldırılması da habitat kalitesi üzerindeki en önemli risklerden biridir. Bu bölgelerin tarım amaçlı kullanımının önüne geçilmesi, gerek kıyı morfolojisinin gerekse kıyı habitatının kalitesinin bozulmamasını sağlayacaktır. Bu amaçla göl yakınlarında yaşayan halkın bilinçlendirilmesi faaliyetlerine de ağırlık verilmesi gerekmektedir. Tahrip olmuş bölgelerin eski haline döndürülmesi doğal haline bırakıldığında uzun yıllar alabilmektedir. Ancak, bilinçlendirilen halkın da katılımı ile bu bölgelere doğal bitki örtüsü türlerinin yeniden kazandırılması çalışmalarının yapılması planlanabilir.

### **10.2.2. Tamamlayıcı Tedbirler**

Bazı durumlarda temel tedbirlerin uygulanması çevresel hedeflerin istenilen süre içerisinde gerçekleştirilmesine yetmeyebilir. Bu gibi durumlarda, tamamlayıcı tedbirlerin dikkate alınması gerekmektedir. “Tamamlayıcı” tedbirler temel tedbirlere ilave olarak, SÇD 4. Maddeye uygun oluşturulan hedefleri gerçekleştirmek maksadıyla belirlenen ve uygulanan tedbirlerdir. Ayrıca, ilgili topluluk mevzuatı gereği ileri tamamlayıcı tedbirler de alınabilir.

SÇD Ek-6 ‘da tamamlayıcı tedbirler verilmektedir:

- Mevzuat araçları
- İdari araçlar
- Ekonomik veya mali araçlar
- Müzakere edilen çevresel anlaşmalar
- Emisyon kontrolleri
- İyi tarım uygulama kodları
- Sulak alanların rekreasyonu ve restorasyonu
- Su çekimi kontrolleri
- Talep yönetimi ve daha az su tüketimine uygun tarımsal üretimin teşvik edilmesine yönelik önlemler
- Kuraklıktan etkilenen bölgelerde ürün yetiştirilmesi

- Verimlilik ve suyun yeniden kullanımına ilişkin önlemler (sanayide su tasarruflu teknolojilerin tanıtımı ve su tasarrufu)
- Sulama teknikleri
- İnşaat projeleri
- Tuzdan arındırma tesisleri
- Rehabilitasyon projeleri
- Akiferlerin yapay yeniden doldurulması
- Eğitim projeleri
- Araştırma, geliştirme ve gösteri projeleri
- Diğer ilgili önlemler

Tamamlayıcı tedbirler ile temel tedbirlerde yer alan mevzuatta belirtilenlerden daha sıkı sınır değerler getirilebilir, tarımsal faaliyetler için daha sıkı kontroller gerçekleştirilebilir. Tamamlayıcı tedbirlerin teknik olarak uygulanabilen tedbirlerin en maliyet etkin kombinasyonu olması gerekmektedir (8).

Bir su kütlesi için uygulanacak tamamlayıcı önlemlerin kombinasyonu seçilirken önlemlerin teknik uygunluğunun dikkate alınması ve istenilen zaman içerisinde hedefin sağlanmasına hizmet etmesi gerekmektedir. Ayrıca, önlemlerin istenilen zaman içerisinde uygulanmasının orantısız maliyete sebep olup olmayacağının değerlendirilmesi gerekmektedir. Eğer önlemin istenilen süre içerisinde uygulanması orantısız maliyete yol açıyorsa veya teknik olarak uygulanabilir değil ise sürenin bir sonraki nehir havza yönetim planlamasına uzatılması için muafiyet istenebilir (8).

## KAYNAKÇA

1. Strategy Document. (2009, Kasım). Plan for Setting up Necessary Administrative Capacities at National, Regional and Local Level and Required Financial Resources for Implementing the Environmental Acquis.
2. 23 Ekim 2000 tarih ve 2000/60/EC sayılı AB Su Çerçeve Direktifi.
3. European Communities. (2009). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No.20, Guidance Document on Exemptions to the Environmental Objectives). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
4. Mülgâ Orman ve Su İşleri Bakanlığı (2017), 28 Ekim 2017 Tarih ve 30224 sayılı “Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği”.
5. WFD CIS Guidance Document No. 20 Exemptions to the environmental objectives.
6. WFD CIS Guidance Document No. 1 Economics and the Environment - The Implementation Challenge of the Water Framework Directive.
7. Environment Agency (EA) (2009). South West River Basin District River Basin Management Plan Annex E: Actions appraisal and justifying objectives.
8. Sahtiyancı, Ö.H. (2014). Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Çevresel Hedefler ve Önlemler Programı Büyük Menderes Havzası Örneği, Uzmanlık Tezi, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
9. Mülgâ Çevre ve Orman Bakanlığı (2010). Büyük Menderes Nehir Havza Yönetim Planı Nihai Taslak, Ankara.
10. Ölmez G. (2014). Yerüstü Su Kaynaklarında Su Kalitesinin İyileştirilmesi için Çevresel Hedeflerin Belirlenmesi, Uzmanlık Tezi, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
11. Mülgâ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2010), 07.12.2010 Tarih ve 27778 Sayılı (28.05.2014 Tarih 29013 sayılı değişiklik) “İyi Tarım Uygulamaları Hakkında Yönetmelik”.
12. Konca, Y., & Uzun, O. (2012). 4th Congress of Soil Scientists of Azerbaijan. Hayvansal Gübrelerin Toprak ve Çevre Üzerine Olan Etkileri. Bakü.

13. <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/national/technical/alphabetical/ncps/>
14. Soyergin, S. (2003). Organik Tarımda Toprak Verimliliğinin Korunması, Gübreler ve Organik Toprak İyileştiricileri. Atatürk Bahçecilik Araştırma Merkez Enstitüsü.
15. Mülğâ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2017), 23.07.2016 Tarih ve 29779 Sayılı “Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği”.
16. Mülğâ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2016), 23.07.2016 Tarih ve 29779 Sayılı “Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği”.

## **Bölüm 11**

# **Su Kalite Modelleri**

**Neşat Onur Şanlı, Gizem Kıymaz, Ceren Aksu, Sena Çetinkaya, Yakup Karaaslan, Bülent Selek ve Ali Ertürk**

### **1.1. Model Kavramı**

Su kalitesi modelleri; su ekosistemlerinin maruz kaldığı etkilere karşı; fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısı itibari ile vereceği tepkilerin tespit edilmesini sağlayan, günümüzde özellikle bilgisayar kullanımı ile geliştirilen araçlardır.

Su kalitesi modelleri; su ekosistemlerin basitleştirilmesi ve idealleştirilmesi sağlayarak su kalitesi ile ilgili problemlerin analiz edilmeleri veya çözümlerine yardımcı olmaktadır.

Su kalitesinin modellenmesi; genellikle çevre ve inşaat mühendislerinin koordinasyonu altında birçok disiplinden uzmanların bir arada çalışmalarını gerektiren karmaşık bir konudur. Su kaynakları ile ilgili yatırımlar genellikle büyük ve bir kere yapıldıktan sonra geri dönümleri zor olan yatırımlardır. Bu nedenle, yatırım yapılmadan önce, yatırımın faydaları ve çevresel etkilerinin öngörülmesi gerekmektedir, ancak birçok büyük yapı, arazi kullanımı değişimi gibi önemli etkileri olan bu yatırımların çoğunlukla bir laboratuvar ortamında kurulup denemeler yapılması her zaman mümkün olmamakta olsa dahi su yapılarını içeren ender durumlar dışında testler tam ölçekli yapılamamaktadır. Bu konudaki ihtiyacın giderilmesi amacıyla su kaynakları modellemesi bir yöntem olarak geliştirilmiştir.

Su kaynakları modellemesinin ilk örnekleri; 1920'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde görülmüştür. İlk çalışmalar, su kalitesi modelleme amaçlıdır. Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler ve Sistem Mühendisliği disiplinindeki gelişmelerle paralel olarak 1950'li yılların sonu ve 1960'lı yılların başında havza modelleme adı altında hidrolojik modelleme çalışmaları hızlanmış ve bu yıllarda ABD'nin yanı sıra Avrupa'da da ilk gelişmeler görülmeye başlanmıştır.

Bilişim teknolojisinin gelişimine paralel olarak son 30 yılda matematiksel modellerin kullanımı hızla yaygınlaşmış ve birçok kurum tarafından herkesin kullanımına açık matematiksel modeller geliştirilmiştir. Matematiksel modeller, doğru kullanıldıklarında ekolojik sorunların çözülmesi ile ilgili çalışmalarda zaman ve para tasarrufu sağlamak ve sorunların çözümünü

kolaylaştırmaktadırlar. Matematiksel modeller yardımıyla gelecek senaryolarının kurulup, sürdürülebilir kalkınma da göz önünde bulundurularak çeşitli yönetim planlarının yapılması ve bu planlara göre alınacak önlemlerin çevresel etkilerinin ve maliyetlerinin önceden belirlenerek en uygun planın seçilmesi mümkündür.

Günümüzde; 1960'lı yılların sonunda ve 1970'li yılların başında olduğu gibi, çevre kirlenmesi toplum tarafından önemsenmekte ve çevre kalitesi, yaşam kalitesi ile bağdaştırılmaktadır. Çevre kalitesindeki düşüş, yüksek yaşam kalitesi standardını tehdit eden bir sorun olarak ele alınmaktadır. Ancak bunların yanında, geçmiş ile günümüz arasında su kalitesi modelleme çalışmaları açısından önemli olan dört önemli fark bulunmaktadır:

1. Ekonomik kısıtlamalar, 50 yıl öncesinden çok daha önemli duruma gelmişlerdir. Çoğu çalışmada mümkün olduğu kadar düşük maliyetli çözümler aranmaktadır. Noktasal kaynaklar, atık su arıtma sistemleri tarafından kontrol altına alınabilmektedir, ancak yayılı kaynakların kontrolü için atık su arıtma sistemlerinden çok daha kapsamlı ve pahalı önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmalar sırasında yapılacak planlama ve uygulama hatalarının da büyük ekonomik zararları olacaktır. Bu nedenle planlama ve karar verme süreçlerinin daha sağlıklı yürümesi açısından 50 yıl öncesindekilerden daha güvenilir ve kapsamlı modellere ve modelleme yaklaşımlarına gereksinim vardır.
2. Çevre sorunları, gelişmekte olan ülkelerin de dikkatlerini çekmeye başlamışlardır. Bu ülkelerin çevre sorunlarına çözüm yaklaşımları maliyet açısından en iyileştirilmeleri (optimizasyon) ve ekonomik gelişme hedefleriyle çelişmemeleri gerekmektedir. Çözüm seçeneklerinden en uygunlarının belirlenmesi sırasında modelleme çalışmalarının önemli katkıları vardır.
3. Son 20 yılda, bilgisayar yazılım ve donanımı hem teknolojik açıdan hızla gelişmiş, hem de önemli ölçüde ucuzlamıştır. Ayrıca özel kullanıcı arabirimleri sayesinde modellerin kullanımı ve model sonuçlarının görselleştirilmeleri kolaylaşmıştır. Bu koşullar, modellerin geçmişe göre daha yaygın kullanılabilmelerini sağlamışlardır.
4. Son yıllarda birçok önemli araştırma yapılmıştır. Bu araştırmaların sonucunda, hidrodinamik süreçler ve taban çökelleri etkileşimleri gibi olayların su kalitesi modelleri ile bütünleştirilmeleri kolaylaşmıştır.

Kitabın bu bölümü; su kalitesi modellemenin ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi kullanımı için bir rehber olarak tasarlanmıştır. Burada okuyucuya su kalitesi modelleme

tekniklerinin temelden öğretilmesi amaçlanmamıştır. Su kalitesi modelleme teknikleri ile ilgili bilgi edinmek isteyen okuyucuların su kalitesi modelleme ile ilgili temel kaynaklara (1, 2) başvurması önerilmektedir.

## 1.2. Konu ile İlgili Tanımlar

Bu kısımda, su kalitesi modelleme ile ilgili önemli tanım, kavram ve terimler açıklanmaktadır.

**Alt model:** Ekosistem benzetimlerinde (simülasyon), birden çok model (örneğin sıcaklık modeli, birincil üretim modeli, vb.) aynı anda kullanılmaktadır. Bu modeller, genellikle taşınım süreçlerinden bağımsız olarak kinetik ya da hidrodinamik bileşenler içermektedirler. Bu modeller, adveksiyon-dispersiyon denklemi gibi bir ana taşınım modeli çatısı altında birleştirildiklerinden alt model olarak adlandırılmaktadırlar. Bu bölümde de aksi belirtilmedikçe alt model “ana taşınım modeli çatısı altında birleştirilen diğer modeller” olarak anlaşılmalıdır.

**Ayrıklaştırma:** Matematiksel modelleme çalışmaları sırasında özellikle geometrisi karmaşık sistemlerin analitik olarak çözümleri genellikle mümkün olmamaktadır. Bu nedenle sayısal yöntemler kullanılmakta ve bu yöntemlerin çoğunda sistem homojen bölümlere ayrılmaktadır. Bu işleme ayrıklaştırma (model kutularını belirleme, ızgara oluşturma) denilmektedir.

**Durum Değişkenleri ve Model Katsayıları:** Durum değişkenleri model tarafından benzetimi (simülasyonu) yapılan model bileşenleridir. Model katsayıları ise model tarafından benzetimi yapılmayan model bileşenleridir. Katsayılar modele göre sabit ya da zamana göre değişken olarak girilmektedir. Bazı kaynaklarda model parametreleri olarak tanımlanmaktadırlar. Bazı kaynaklarda ise model parametreleri, modelin benzetim yaptığı parametreler (değişkenler veya durum değişkenleri) olarak tanımlanmaktadırlar. Bazı modellerde ise her bileşen model parametresi olarak tanımlanmıştır. Bu karışıklığın önlenmesi açısından

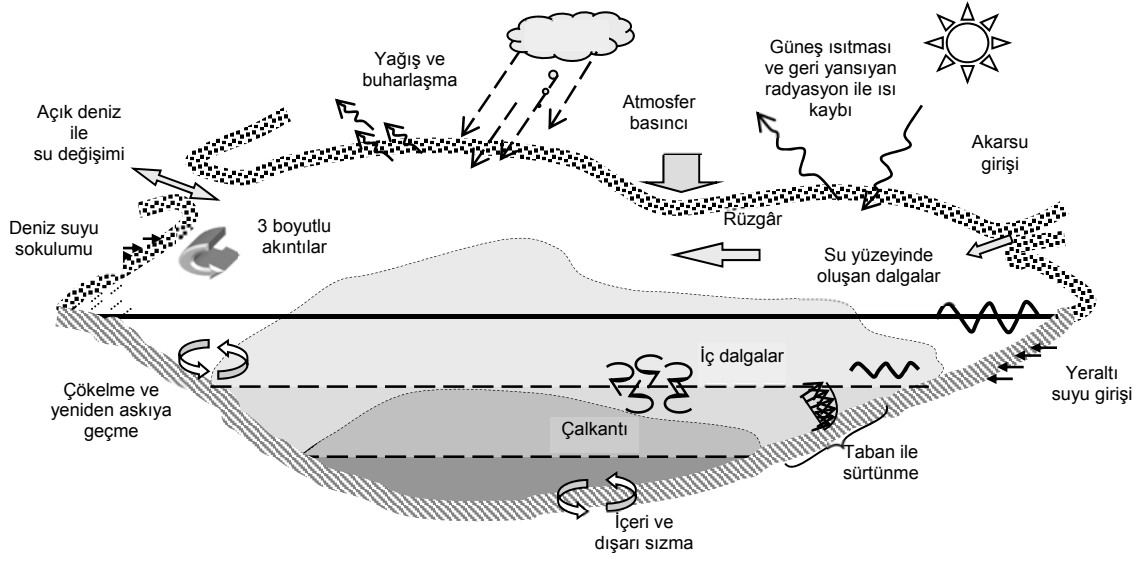
- Model tarafından benzetimi yapılan parametreler “değişken” veya “durum değişkeni”
- Model tarafından benzetimi yapılmayan parametreler “katsayı”, “model katsayısı”, “parametre” veya “model parametresi”

olarak adlandırılacaktır.

**Model ağı:** Gerçek sistemler, sürekli yapılar olup geometrileri coğrafya bilimindeki yöntemler yardımıyla tanımlanmaktadır. Modeller ise gerçek sistemin basitleştirilmiş canlandırmaları







**Şekil 11.2** Kıyı lagünleri için kavramsal bir model örneği

Kavramsal modeller; fiziksel veya matematiksel modellerin temellerini oluşturmaktadırlar. Fiziksel modeller, gerçek sistemin herhangi bir ölçüğe göre küçültülerek laboratuvar ortamında (Şekil 11.3) ya da açık arazide (Şekil 11.4) kurulmalarıyla elde edilmektedirler.



**Şekil 11.3** Fitoplanktonun farklı çevresel koşullara tepkilerini araştırmak amacıyla laboratuvar ortamında kurulmuş fiziksel model



**Şekil 11.4** Misisipi Nehri Havzası'ndaki akım koşulları analiz etmek amacıyla açık arazide kurulmuş fiziksel bir model

Fiziksel modellerde gerçek sistemde doğal nedenlerle oluşan süreçler, laboratuvar ortamında sınır koşullarını temsil eden yapay itici güçlerin etkisiyle oluşturulmakta ve özel olarak geliştirilmiş izleme yöntemleri ile izlenerek sonuçlar yorumlanmaktadır. Doğal sistemlerin karmaşık yapıları nedeniyle fiziksel modeller yardımıyla tüm doğal koşulların oluşturulması çoğu durumda mümkün olmamaktadır. Fiziksel modellerden ölçülerek üretilen verilerin, karmaşık bir analizden geçirilerek gerçek boyuttaki sisteme yükseltgenmeleri gerekmektedir. Fiziksel modellerin hem kurulumu çok emek gerektirmektedir hem de özellikle nispeten büyük ölçekli olanlarının kurulumu kendi başına bir inşaat projesi olabilmektedir. Bu nedenle kullanımları nispeten az yaygındır.

Matematiksel modeller, gerçek sistemdeki süreçleri temsil eden matematiksel denklemler kullanılarak günümüzde genellikle bilgisayar ortamında, sanal olarak kurulmaktadır. Matematiksel modeller ile fiziksel modelleme çalışmalarında elde edilemeyecek koşulların benzetimleri (simülasyonlarının) yapılabilir. Önemli olan modelin doğru kurulması ve modele doğru girdilerin sağlanmasıdır. Kitabın bu bölümde “model” terimi kullanıldığı zaman aksi belirtilmedikçe matematiksel modeller algılanmalıdır.

Matematiksel modellerinin sınıflandırılması, değişik kategorilere göre yapılmaktadır. Bu kategoriler (3) tarafından

1. Dağıtık - ayrık parametrelili modeller
2. Stokastik - Deterministik modeller
3. Kararlı - devingen (dinamik) modeller
4. Mekanistik - ampirik modeller
5. İndirgen - bütünsel modeller
6. Nicel - nitel modeller
7. Benzetim (simülasyon) ya da en iyileşme (optimizasyon) modelleri

olarak verilmiştir. Bunlardan başka, modelin konumu kaç boyuta (0, 1, 2 veya 3 boyut) göre belirlendiğine, model türüne (taşıma, kinetik, hidrodinamik, vb.), kullanılan konum ve zamanda ayrıklaştırma ya da matematiksel çözüm yöntemine (analitik, sonlu farklar, sonlu hacimler, sonlu elemanlar, vb.), modelin çalıştığı ortama (kara, yüzey suları, yer altı suları, çoğul ortam modelleri), modeldeki ekosistem ilişkilerine (endeks modelleri, biyo-enerjik modeller, birey ya da popülasyon modelleri) göre yapılan sınıflandırmalar vardır.

#### **1.2.1.1. Dağıtık – Ayrık Parametrelili Modeller**

Dağıtık parametrelili modellerde, model parametreleri konumun ve zamanın sürekli işlevleridirler. Ayrık parametrelili modellerde ise model ağı kontrol hacimlerine ayrılmakta ve her kontrol hacminde zamana göre değişken olmayan model parametreleri kullanılmaktadır. Genellikle ayrık parametrelili modeller adı, dağıtık parametrelili modeller ise kısmi türevli diferansiyel denklemlerden oluşmaktadır.

#### **1.2.1.2. Stokastik – Deterministik Modeller**

Deterministik modellerde model katsayıları kesin sayılar olarak verilmekte ve bu nedenle her model çalıştırılması sonucu zaman ve konumda koşullara, zamana ve konuma göre değişken, ancak tekil sonuçlar elde edilmektedir. Stokastik modellerde ise model katsayıları olasılık yoğunluk işlevleri olarak verilmekte ve bu nedenle tekil sonuçlar yerine model değişkenlerinin olasılık dağılımları elde edilmektedir. Stokastik modeller, rasgele hataların ya da sistemdeki diğer belirsizliklerin de benzetime dâhil edilmesini sağlamaktadırlar. Ancak, bu tür modellerin çalıştırılması için daha yüksek bilgisayar kaynağı gereksinimi olmaktadır.

### **1.2.1.3. Kararlı Durum – Devingen Modeller**

Kararlı durum modellerinde durum değişkenlerinin değerleri zamana göre değişmezlerken, devingen (dinamik) modellerde bu değişkenler zamana göre değişebilirler.

### **1.2.1.4. Mekanistik - Ampirik Modeller**

Ampirik modeller veri analizine, mekanistik modeller ise kuramsal temellere dayandırılmış modellerdir. Kara kutu modelleri olarak ta adlandırılan ampirik modeller, genellikle uygulanmaları oldukça kolay, ancak veri analizinin yapıldığı sistem veya benzer sistemlerde güvenilir sonuçlar veren modellerdir. Mekanistik modeller ise sistemi daha genel ve değişik sistemlere uygulanabilir kuramlar (örneğin termodinamiğin birinci kanunu) tanımladıklarından uygulanmaları daha karmaşık ancak ilgili katsayılar belirlendikten sonra ampirik modellere göre daha çok sayıda sisteme uygulanabilir modellerdir.

### **1.2.1.5. İndirgen - Bütünsel Modeller**

İndirgen modeller, bir sistemi mümkün olduğu kadar ayrıntılı olarak ele almaktadırlar. Bu özellikleri, isimleri ile zıt gibi görünse de burada kastedilen bu modellerin sisteme özel ayrıntıları olduğu gibi ele almaları, dolayısıyla model çatısını çalışılan sistem özeline indirgemeleridir. Bütünsel modellerde ise genel sistem prensipleri ile bir sistemi ele alırlar. Bu sistem prensipleri ile ortaya koyulan süreçler sistemdeki özel koşulların benzetimini ilgili model girdileri yardımıyla yapabilmektedirler.

### **1.2.1.6. Nicel - Nitel Modeller**

Nicel modeller, matematiksel olarak kesin sayısal sonuçlar üretmektedirler. Nitel modeller ise daha az girdi verisine ihtiyaç duyan ve matematiksel olarak kesin sayısal sonuçlar üretmeyen modellerdir. Bu modeller sistem davranışı ile ilgili nispeten kaba ancak sistem gidişinin daha rahat anlaşılabilirdiği sonuçlar üretmektedirler.

### **1.2.1.7. Benzetim – En İyileme Modelleri**

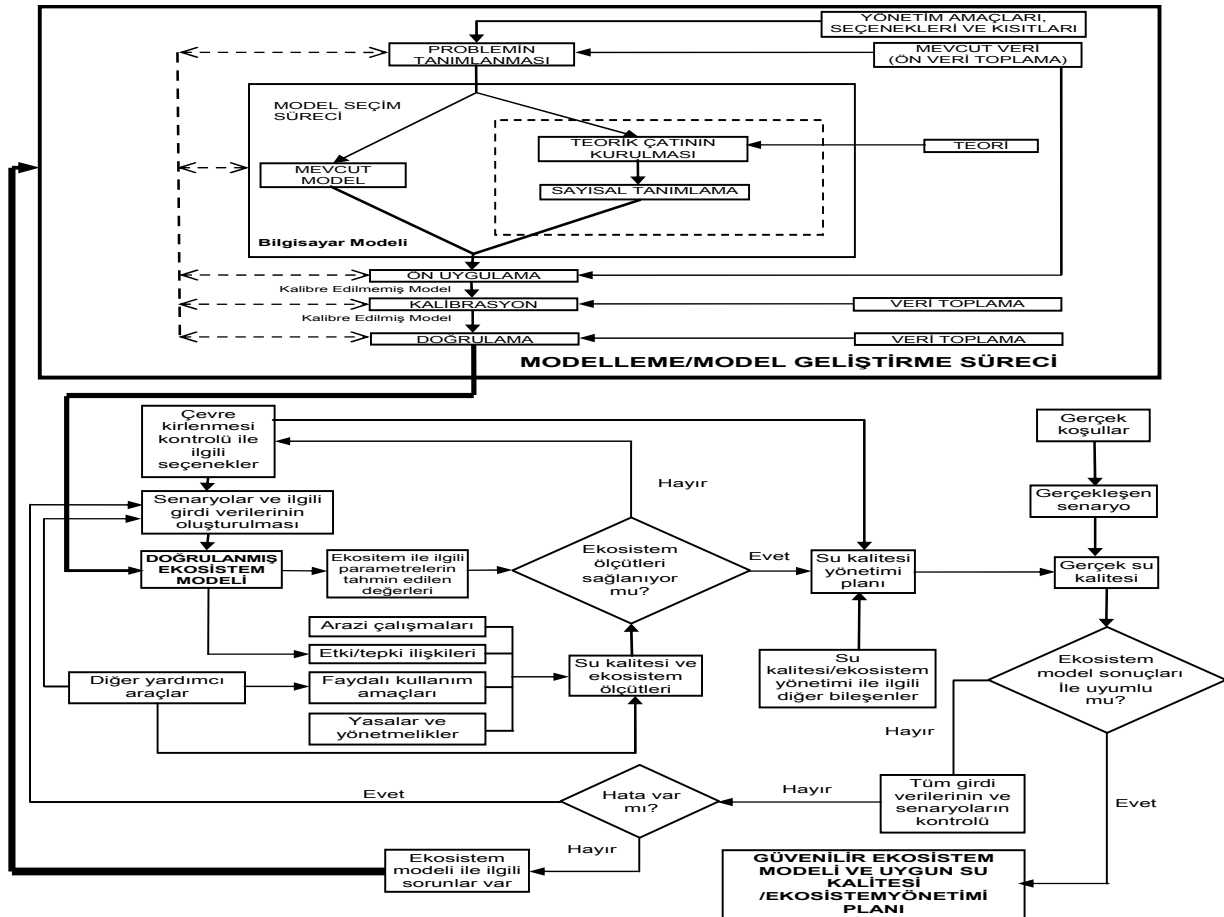
Benzetim (simülasyon) modelleri sistemi açıklayabilmekte ancak en iyi çözümün ne olduğu ile ilgili yorumunu kullanıcıya bırakmaktadırlar. En iyileme (optimizasyon) modelleri ise analiz

edilen modelin en iyi çözümü belirlemek amaçlı algoritmalar içermektedirler. Bu konu ile ilgili daha ayrıntılı bilgi, Bölüm 11.6’da verilmektedir.

### 1.2.2. Su Kalitesi/Ekosistemi Modellerinin Uygulanması Yaklaşımı

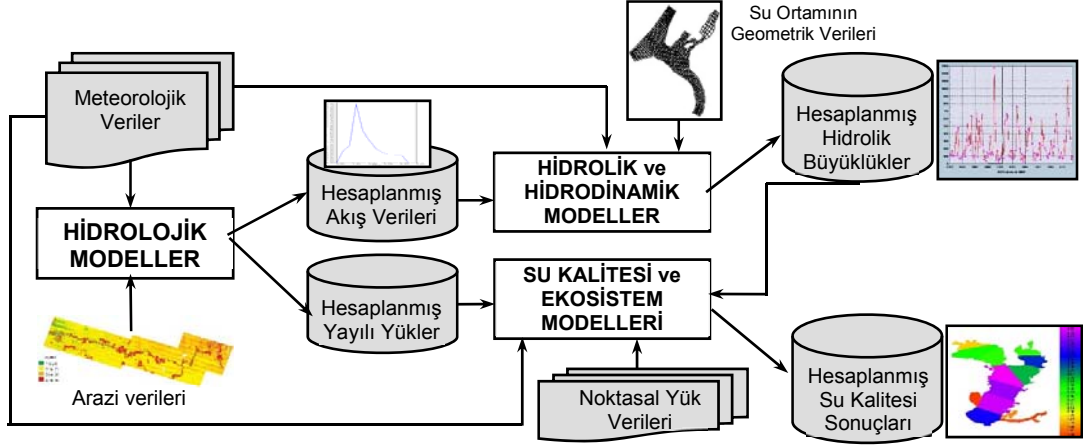
Su kalitesi/ekosistemi modelleme; çevre bilimleri, sucul ortamların ekosistemi, su kimyası, bilişim ve mühendislik bilimleri gibi birçok disiplini içine alan ve uzmanlık gerektiren bir çalışmadır. Bu çalışmalar sırasında, duruma göre oldukça ayrıntılı veri analizlerinin veya yüksek maliyetli arazi çalışmalarının da yürütülmesi gerekebilmektedir.

Alıcı su ortamları söz konusu olduğu zaman genellikle su kalitesi modelleme çalışmaları ile birlikte yürütülen ekosistem modelleme sürecinin adımları, Şekil 11.5’te, kapsamlı bir ekosistem modelleme çalışmasında kullanılabilir modeller ve bu modellerin veri gereksinimleri, Şekil 11.6’da gösterilmiştir.



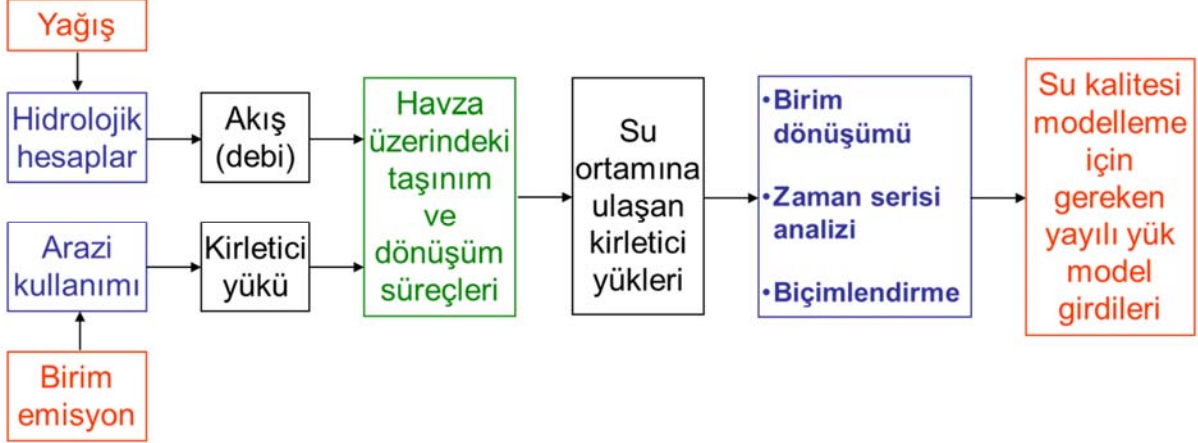
Şekil 11.5 Su Kalitesi Modelleme sürecinin adımları

((1) ve (2)'den uyarlanmıştır)



**Şekil 11.6** Ekosistem modelleme çalışmalarında kullanılan modeller ve bu modellerin veri gereksinimleri

Hidrolojik modeller, havzadaki kirletici taşınım ve dönüşüm hesaplarını yapan yayılı yük modelleri yardımıyla drenaj alanından su ortamına ulaşan debi ve kirlilik yükleri hesaplanabilmektedir (Şekil 11.7).



**Şekil 11.7** Hidrolojik modeller ve yayılı yük modellerinin birlikte kullanımı

Hidrodinamik modeller ise su kalitesi modelleme açısından önemli olan akıntı hızı, çalkantı, difüzyon ve sistemin değişik bölgelerindeki hidrolik bekletme süreleri gibi fiziksel taşınım parametrelerinin zamana ve konuma göre değişimlerini modellemek amacıyla kullanılmaktadırlar.

Uygun bir su kalitesi modeli, su ortamındaki zamana ve konuma bağılı değişikliklerin benzetimlerini yapabilecek ve ortam içindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri karakterize edebilecek bir model ağını ve kinetik altyapıyı içermelidir.

Modellerin tümünün kendine özgü bir amaç için oluşturulmaktadır. Bazı modeller birçok amaç için kullanılabilir kadar esnek bir yapıda oluşturulmuş olsa da, her amaç ve ortam için uygun evrensel bir ekosistem modeli henüz geliştirilememiştir. Modelleme çalışmalarında genellikle üç tip uzan görev almaktadır. Bunlar: (a) su kalitesi modelleme ile ilgili gereksinim ve amaçları belirleyecek yönetici uzmanlar (b) ilgili su ekosistemlerinin yapılarını ve ekosistemlerdeki önemli süreçleri tanımlayabilecek uzmanlar (c) ekosistemdeki fiziksel, kimyasal, biyolojik değişken ve süreçleri matematiksel model haline getirip çözebilecek uzmanlar. Çoğu durumda bir kişinin bu üç görevi birden üstlenebilmesi mümkün görünmemektedir (4).

### **1.2.3. Ekosistem Modellerinde Kullanılacak Değişkenler ve Katsayılar**

Alıcı su ortamları için yapılan ekosistem modelleme çalışmalarında kullanılacak değişkenler

- Çalışmanın amacı,
- Var olan ya da toplanabilecek veriler,
- İlgili su ekosisteminin özellikleri,
- Havza özellikleri,
- Hedeflenen model duyarlılığı,

dikkate alınarak belirlenmektedir. Kapsamlı su kalitesi çalışmalarında kullanılabilir değişkenler aşağıda verilmiştir:

- Fiziksel değişkenler
  - Su sıcaklığı
  - Tuzluluk
  - Hidrodinamik özellikler (çevrıntiler, akıntı hızı, derinlik, basınç, su seviyesi, vb.)
  - Taşınım özellikleri (çalkantı, karışım, karışım uzunluğu, ısı taşınımı, vb.)
  - Çökelebilen katı madde taşınımı özellikleri (çökme/yeniden askıya geçme hızları, askıda yük, yatak yükü, vb.)
  - Meteorolojik özellikler (Hava sıcaklığı, hava basıncı, rüzgâr hızı ve yönü, yağış, buharlaşma)

- Kimyasal değişkenler
  - Yaşam için önemli miktarda gerekli elementler (Karbon, Azot, Fosfor, Silisyum, Oksijen, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Kükürt)
  - Alkalinite, pH
  - Doğal organik maddeler (tanen, lignin, hümik asitler, vb.)
  - Yapay/zehirli organik maddeler (Pestisitler, PAH, PCB, vb.)
  - Ağır metaller (Civa türevleri, kadmiyum, kurşun, vb.)
  - Çözülmüş gazlar (CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S türevleri, O<sub>2</sub>)
- Biyolojik değişkenler
  - Fitoplankton grupları (Diatomlar, mavi-yeşiller, yeşiller)
  - Makroalgler
  - Makrofitler
  - Zooplankton
  - Balıklar
  - Tabanında yaşayan canlılar

Her ekosistem modelleme çalışmasında bu değişkenlerin tümünün kullanılması ya da yalnızca bu değişkenlerin kullanılması ile ilgili herhangi bir zorunluluk bulunmamaktadır. Çoğu araştırmacı ve bilim insanına göre, en iyi model mümkün olduğu kadar basit, ancak gereğinden basit olmayan modeldir. Bu değişkenlerin su ortamındaki konsantrasyonlarını taşınım süreçlerine ve kinetik süreçlere bağlıdır. Kimyasal ve biyolojik ekosistem değişkenleri ile ilgili diferansiyel bağıntılar matematiksel modellerin alt model olarak adlandırılan kesimlerinde bulunmaktadır. Alt modeller, diferansiyel işleçler ve ifadeler ile birlikte değerleri modellenen alıcı ortama göre çok değişken olabilen birçok katsayı içerebilmektedirler. Bunlar, model katsayılarının kalibrasyonu sürecinde belirlenebilmektedir. Katsayıların değerlerinin ilk tahminlerinin yapılması sırasında el kitaplarından (5) faydalanmak mümkündür, ancak güvenilir bir model oluşturulabilmesi için arazi ve laboratuvar çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

#### **1.2.4. Alıcı Su Ortamlarında Ekosistem Modellemenin Tarihi Gelişimi**

İlk matematiksel modeller, fiziğin klasik mekanik ve optik dallarındaki olayları incelemek ve açıklamak amacıyla 300 yıl önce geliştirilmiştir. Su ortamlarının ekosistem modellemesi ise, 1920'li yıllardan günümüze süregelen 80 yıldan daha uzun sürede yapılmış çalışmalar sonucu



oluşturulan bilgi birikimi ile şekillenmiştir. Bu gelişim süreci, toplumun çevresel sorunlara olan ilgisi ve bilişim teknolojisindeki gelişmeler de göz önünde bulundurularak beş ana gelişme sürecine ayrılabilir.

#### **1.2.4.1. Birinci Kuşak Su Kalitesi Modelleri**

İlk su kalitesi modelleme çalışmaları, bilgisayarların bulunmadığı ve çevresel sorunlar ve ekosistem konusunun toplum tarafından çok önem verilmedikleri 1920'li yıllarda yapılmıştır. Bu tarihlerde bilgisayarlar yoktu ve bu nedenle geliştirilen matematiksel modeller oldukça basit denklemler içeren, çoğunlukla analitik hesaplarla çözüme ulaşılabilen modeller olup genellikle ideal geometrilerde kararlı durum için çözüm yapabilmekteydiler. Bu modellere örnek olarak Ohio Nehri'nde kullanılan (6) çözülmüş oksijen modeli, Howland, W. E. ve Farr, F. Jr. (7) tarafından çözülmüş oksijen üzerinde yapılan çalışmalar verilebilir. Bu iki çalışmada da su kalitesi sorunlarına çözüm aramak amaçlı yapılmış ve çözülmüş oksijen üzerinde yoğunlaşmıştır. Ortaya koyulan modeller ise kararlı durum modelleridir.

#### **1.2.4.2. İkinci Kuşak Su Kalitesi Modeller**

1940'lı yılların sonunda askeri amaçlarla geliştirilen bilgisayarlar, 1960'lı yıllarda üniversitelerde ve devlet kurumlarında yaygınlaşmaya ve bilimsel amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarlar ile birlikte sayısal çözüm yöntemlerinin de uygulamaları artmıştır.

Bilgisayarlar ve sayısal çözüm tekniklerindeki gelişmelerin bir sonucu olarak hem modellerde hem de modellerin uygulanma yöntemlerinde ilerlemeler kaydedilmiş ve ikinci kuşak modeller ortaya çıkmıştır. 1960'lı yıllarda ve 1970'li yılların başında halen su ortamlarındaki çözülmüş oksijen eksikliği ilgi odağı olan su kalitesi sorunu olarak görülmekte idi ve yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak çözülmüş oksijen üzerinde durulmaktaydı (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14). Bu yıllarda çözülmüş oksijen dışında bakteri/virüs topluluklarıyla ilgili çalışmalara (15, 16) ve kirleticilerin zehirli etkilerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalara da rastlanmaktadır (17, 18, 19; 20).

Analitik yöntemler yerine sayısal yöntemlerin kullanılması daha karmaşık, çok boyutlu ve dinamik modellerin (21, 22, 23) ve stokastik modellerin (24, 25, 26) kurulmalarını sağlamıştır.

İkinci kuşak modelleme çalışmalarında su kalitesi problemlerin çözümleriyle ilgili daha bütünsel yaklaşımlar geliştirilmeye başlanmıştır. Örneğin her noktasal kaynağın tek başına alıcı su

ortamına etkisinin belirlenmesi yerine, havzanın tümü bir sistem olarak ele alınmaya başlanmıştır. Akarsuların, baraj göllerinin ve havzaların sistem olarak birlikte ele alınıp modellenmesi ile ilgili ilk çalışmalara da (27, 28) ikinci kuşak modellerin kullanıldığı yıllarda rastlanmaktadır. Böylece halen noktasal kaynak odaklı çalışmalar yürütülmekle birlikte bilgisayarlar yardımı ile daha bütünsel yaklaşımlar uygulanabilmektedir.

#### **1.2.4.3. Su Ekosistemi Benzetiminde Kullanılan Üçüncü Kuşak Modeller**

1970'lerde toplum sadece çözünmüş oksijen eksikliği nedeniyle belirginleşen çevresel sorunların yanında ötrofikasyon gibi daha karmaşık süreçlerin yol açtığı çevresel/ekolojik sorunlarla ilgilenmeye başladı. Toplumdan gelen istekler üzerine, kalitesi bozulmuş alıcı su ortamlarının iyileştirilmesi ile ilgili proje çalışmaları yapılmaya başlandı. Bu yıllarda gelişmiş ülkelerde çözünmüş oksijen eksikliği kaynaklı sorunlar çözülmeye ve önemlerini kaybetmeye başladılar ve ötrofikasyon odak su kalitesi sorunu oldu. Bu nedenle, su ekosistemlerindeki besin elementleri ile ilgili kapsamlı çalışmalara başlandı (29, 30, 31, 32, 33, 34).

Ötrofikasyon kontrolü odaklı su kalitesi yönetimi nedeniyle besin elementi döngülerin modellenmesi önem kazanmıştır. Bu gelişmeler, 1960'lı yıllarda kullanılmakta olan ikinci kuşak modellerden daha farklı modellerin geliştirilmelerini gerektirmiştir. Su kalitesi ve su ekosistemi modellerinin kapsamına besin elementi döngülerinin alınması bu modellere Org-N,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N, Org-P,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P, fitoplankton biyokütlesi gibi yeni durum değişkenlerinin katılmasını gerektirmiştir. Bu modellerdeki yeniliklerden en önemlileri, biyolojik süreçlerin daha ayrıntılı ve kuramsal ağırlıklı olarak temsil edilmeleridir. Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte besin elementlerinin biyojeokimyasal döngülerinin benzetimlerini yapan modeller (35, 36, 37) geliştirilmeye başlanmıştır. Belirsizlik analizi teknikleri ve doğrusal olmayan model kinetiği gibi konular üzerinde de çalışmaların başladığı bu yıllarda günümüzde kullanılmakta olan modern modelleme yazılımlarının çoğunun ilk sürümleri geliştirilmeye başlanmıştır.

Üçüncü kuşak modeller, bütünsel olup karmaşık süreçlerin benzetimini yapmakla birlikte bu yıllardaki modelleme anlayışı halen ağırlıklı olarak kentsel noktasal kaynakların yol açtığı çevresel/ekolojik sorunlar üzerine yoğunlaşmıştır. 1970'li yıllarda hızla gelişmeye başlayan çevre bilinci de göz önünde bulundurulduğunda, su ekosistemlerinin yönetimlerinin sistem yaklaşımı ile yürütülmesi beklenmekte iken bu durum gerçekleşmemiştir. Sistem yönetimi yaklaşımının uygulanamamasının başlıca nedenleri:

- Ötrofikasyon mevsimsel değişimlere dayanan ve kentsel-noktasal kaynak kontrolünden daha devingen bir süreçtir. O yıllarda, sistem analizi yardımıyla bu tür sorunların çözümleri en iyileştirilebilmekte ancak bilişim teknolojisi bu sorunların etkin olarak çözülebilmeleri için yetersiz kalabilmekteydi.
- Çevre bilinci hareketleri, alıcı ortamların acilen temizlenmesi gerektiren bir atmosfer oluşturulmuştur. Maliyeti ne olursa olsun bozulmuş alıcı ortamlar düzeltilmelidir zihniyeti hâkim olmuş ve Amerika Birleşik Devletleri gibi gelişmiş ülkelerde sıfır deşarj gibi yaklaşımlar ulusal hedef durumuna gelmiştir.
- Ekonomik nedenlerle daha önceden koyulmuş gerçekçi olmayan hedeflere ulaşılması her zaman mümkün olmamıştır.

#### **1.2.4.4. Su Ekosistemi Benzetiminde Kullanılan Dördüncü Kuşak Modeller**

1980’li yıllara gelindiğinde, zehirli organik maddeler ve ağır metallerin insan ve ekosistem sağlığı açısından oluşturduğu tehlikeler anlaşılmaya başlanmıştır. Bu durum politik olarak ta önem kazanmış ve su kaynakları yönetiminde değişikliklere neden olmuştur. Aynı zamanda çoğu havzada atık su arıtma teknolojisindeki gelişmelerin de katkılarıyla noktasal kirletici kaynaklarla ilgili çevresel problemler çözülmeye başlanmış, bu kaynaklardan gelen yüklerin azalması, yayılı kirletici kaynaklardan gelen yüklerin toplam yükteki paylarının artmasına neden olarak dikkatleri bu konu üzerine çekmiştir. Havzalardaki yayılı kaynaklardan gelen katı madde yükleri de önem kazanmaya başlamıştır. Zehirli organikler ve ağır metaller, katı madde üzerinde tutunabildiklerinden katı madde taşınımı süreçleri de modellemede önem kazanmaya başlamıştır. Tüm bu gelişmeler, dördüncü kuşak modellere gereksinim duyulmasına neden olmuştur. Bu yıllarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, kişisel bilgisayar kavramı da oluşmasını sağlamış ve modelleme yazılımlarının kullanımı hızla artmıştır. Bilişim teknolojisi, bilgisayarların sadece ucuzlamalarını değil, ayrıca daha kolay kullanılmalarını da sağlamıştır. Örneğin 1980’li yıllardaki kişisel bilgisayarlara disk üzerinde manyetik ortamda veri girilmesi, 1960-1970’li yıllarda kullanılan delikli kart girdi sisteminden çok daha hızlı ve kolaydır. Dördüncü kuşak modeller, 15 yıl boyunca kullanılmış modeller olup, günümüzde halen birçok çalışmada kullanılmaktadırlar.

#### 1.2.4.5. Su Ekosistemi Benzetiminde Kullanılan Beşinci Kuşak Modeller

1990'lı yılların ortalarına gelindiğinde bütünsel havza yönetimi birçok ülkede uygulanmaya başlanmıştır. Modellemenin oldukça önemli bir yönetim aracı olduğu anlaşılmış ve modellerin kullanımı hızla artmıştır. Model sonuçları sadece bilim insanları tarafından değil, bilim dünyasından uzakta çalışan diğer mühendis ya da yöneticiler tarafından da kullanılmaya başlanmıştır. Su kaynakları, su kalitesi ve bütünsel havza yönetimi konularında çalışmakta olan birçok danışmanlık şirketi kurulmuş ve bu şirketler kuruldukları ülke ya da diğer ülkelerdeki birçok devlet kurumuyla birlikte çalışmışlardır. Çevre ve ekosistem bilimlerindeki gelişmeler, ekosistem bileşenleri arasındaki ilişkileri daha detaylı olarak ortaya koymuştur. Ayrıca risk analizi; su kaynakları, su kalitesi ve bütünsel havza yönetiminin önemli bir parçası haline gelmeye başlamıştır. Tüm bu ilerleme ve değişimler, modelleme anlayışına da yansımış ve beşinci kuşak modellerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Beşinci kuşak modellerin genel özellikleri:

- Bu modeller, hem tek hem de birlikte çalışabilecek şekilde tasarlanmış modellerdir. Özellikle 1995 yılından sonra birçok kamu kuruluşu ve özel kesimde çalışan şirket, hidrolojik/hidrodinamik/su kalitesi modellerinin bütünselleştirilmelerini sağlayan kullanıcı arabirimleri geliştirmişlerdir. Bu kullanıcı arabirimleri, veri girişleri ve girdi verisi oluşturma işlemlerinin dördüncü kuşak modellere göre çok daha kolay olmalarını sağlamışlardır.
- Modeller daha karmaşık ekolojik süreçlerin de benzetimlerini yapabilecek şekilde değiştirilmiş ve su kalitesi modelleme yerini ekosistem modellemeye bırakmaya başlamıştır. Önceki kuşak modellerde nispeten yüzeysel olarak ele alınan “kirleticilerin besin zincirinde hareketi” gibi süreçler su kalitesi modellerinden elde edilen sonuçların tek yönlü olarak kara kutu ekolojik modellerine girilip hesap yapılması yerine, hem su kalitesi hem de diğer ekosistem bileşenlerini tek çatı altında toplayan kuramsal ağırlıklı modeller geliştirilip kullanılmaya başlanmıştır.
- Ekosistem bilimindeki gelişmeler ve su kaynaklarının bütünsel yönetimindeki risk analizi gereksinimleri, ekosistem modellemesi çalışmalarında belirsizlik analizlerinin yapılması gereksinimlerini arttırmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, çok yoğun işlemci gücü gereksinimi nedeniyle üçüncü ve dördüncü kuşak modellerde oldukça yüzeysel olarak yapılabilen ya da düşük konum ve zaman çözünürlüklü modellere uygulanabilen belirsizlik

analizi yöntemlerinin yüksek zaman ve konum çözünürlüklü modellere uygulanabilmelerini de sağlamıştır.

- Modeller karmaşıklaştıkça bu modellerin sağlıklı çalıştırılması için gerekli veri miktarı artmış ve özellikle model sınır koşullarının oluşturulmasında kullanılacak ya da model katsayılarının kalibrasyonu için gerekli olan arazi ölçümü verilerinin dikkatle analiz edilmeleri gerekmiştir. Bu yoğun veri gereksinimi bazı ülkelerin ulusal veri bankalarını oluşturmalarına da yol açmıştır. Ulusal veri tabanları olsalar da olmasalar da, özellikle çok boyutlu ve yüksek zaman ve konum çözünürlüğü ile işlem yapan modeller ile ilgili veri analizi/giriş verisi oluşturma işlemlerinde veri tabanı teknolojilerinin kullanılması gerekmiştir.

Karmaşık modellerin girdi ve çıktı verileri de karmaşık olduğundan veri tabanı teknolojilerinin yanında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) de kullanılmaya başlanmıştır. CBS; su ekosistemi modellerinde sistem batimetrisinin oluşturulması veya tanımlanması, model kutularının belirlenmesi gibi işlemlerin kolay, az hatalı ve hızlı yapılmasını sağlamıştır. CBS'nin en önemli faydası ise yüzlerce hatta binlerce sayfa uzunluğunda olabilen model çıktılarının kolaylıkla görselleştirilerek model sonuçlarının yorumlanmasını kolaylaştırmasıdır.

### **1.2.5. Su Kalitesi Modellemesi Çalışmalarında Kullanılan Diğer Modeller**

Kapsamlı havza çalışmalarında, su kalitesi modelleri genellikle tüm girdilerin ulaştığı son noktadır. Bu girdilerden bazıları karmaşık olup, üretilmeleri farklı modellerden çıktı alınabilmesine bağlıdır. Çıktıları su kalitesi modelleri için girdi oluşturabilecek modeller, aşağıda verilmektedir:

#### **1.2.5.1. Hidrolojik Modeller ve Havza Modelleri**

Hidrolojik modeller, havza üzerindeki su döngüsünün benzetimini yapan modellerdir. Bu modeller yardımıyla suyun atmosfer ve havza arasındaki hareketleri ve faz dönüşümleri, havza yüzeyi boyunca hareketleri tahmin edilebilmektedir. Günümüzde geliştirilen hidrolojik modeller, genellikle su döngüsü süreçlerinin benzetimlerine ek olarak tarım alanları gibi yayılı kaynaklardan gelen besin elementi ve pestisit yüklerinin belirlenmesi veya havzadan kaynaklanan katı madde miktar ve özelliklerinin belirlenmesi gibi önemli işlemleri de yapabilmektedirler. Bu modellerin çoğu gelişmiş alt modelleri bünyelerinde barındıran havza modellerine dönüştürülmüş

durumdadırlar. Çoğu için havza sınırlarını belirleyen ve alt havzalar ile ilgili CBS analizleri yapabilen birçok yardımcı yazılım geliştirilmiştir.

Hidrolojik modeller ve havza modelleri, su ekosistem modellerinde sınır koşulu olabilecek girdi verilerinin zaman serisi şeklinde üretilmelerini sağlamaktadırlar.

### 1.2.5.2. Hidrodinamik Modeller

Hidrodinamik modeller su ortamındaki hareketlerin benzetimini yapabilmektedir. Bu benzetimlerin sonuçları

- Su sistemde hangi yönde hareket eder?
- Su ne kadar sürede gideceği yerlere ulaşır?
- Su sistemin hangi bölgelerinde ne kadar bekler?

gibi taşınım ile ilgili önemli soruların yanıtlayabilmesi için su ortamındaki hız alanlarını vermektedir. Hız alanları, su ortamındaki en önemli taşınım süreçlerinden biri olan öteleme ile taşınım (adveksiyon) sürecinin anlaşılıp taşınım modellerine girdi verisi (debilerin zamana ve konuma göre büyüklükleri) oluşturılmaktadır. Çoğu hidrodinamik model bu temel girdiler dışında:

- Kayma gerilmeleri
- alkantı (türbülans) ve dağılım (dispersiyon) ile ilgili büyüklükler
- Sıcaklık, tuzluluk, tabakalaşma
- Yoğunluk, basınç
- Bazı kütle taşınımı katsayıları

gibi taşınım modelleri ve kinetik alt modeller için önemli girdi verileri oluşturulmasını sağlayan ıktıları üretebilmektedir. Sayısal hidrodinamik modeller koordinat sistemine, model boyutlarına ve sayısal zm yöntemine göre sınıflandırılmaktadır.

Günümüzde kullanılan hidrodinamik modellerin çoğu kartezyen koordinat sistemine göre çalışmakta, bazıları kullanıcıya eğrisel ya da küresel koordinat sisteminde çalışma olanağı da sunmaktadır. Örneğin modellenen sistemin karakteristik uzunluklarının 1000 km'yi aştığı durumlarda, dünyanın geoit şeklinde olmasından kaynaklanabilecek model uzayı-ortam geometrisi ve fiziği arasındaki uyumsuzluk, küresel koordinat sistemi kullanılarak giderilebilmektedir. Bu tez çalışmasında, kartezyen koordinat sistemi kullanılacaktır.

Kartezyen koordinat sisteminde iki yatay ( $x, y$ ) ve bir derinlik ( $z$ ) doğrultusu bulunmaktadır. Genellikle kuzey-güney doğrultusu  $x$ , doğu-batı doğrultusu  $y$  olarak adlandırılmakla birlikte kesin bir kural yoktur. Bazı araştırmacılar ise yatay doğrultuların adlarına sistem geometrisine göre karar vererek sistemin karakteristik uzunluklarından en büyüğünün doğrultusu  $x$ , bu doğrultuya dik doğrultu ise  $y$  olarak alınmaktadır.  $Z$  koordinatı ise ya olduğu gibi, ya da boyutsuz hale getirilerek kullanılmaktadır. Hidrodinamik boyutlarına göre:

- Yatay yönde tek boyutlu ( $x$ )
- Derinlik boyunca tek boyutlu ( $z$ )
- İki boyutlu, derinlik boyunca ortalaması alınmış ( $x, y$ )
- İki boyutlu, genişlik boyunca ortalaması alınmış ( $x, z$ )
- Üç boyutlu ( $x, y, z$ )

olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bunlardan başka iki tabakalı tek boyutlu ( $x_1, x_2$ ) veya iki tabakalı derinlik boyunca ortalaması alınmış iki boyutlu ( $x_1, y_1 - x_2, y_2$ ) gibi özel modeller de geliştirilmiştir.

Üç boyutlu hidrodinamik modeller ise

- Yatayda iki boyutlu  $n$ -tabakalı
- Üç boyutlu derinlik boyunca hidrostatik
- Gerçek üç boyutlu

olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Yatayda iki boyutlu  $n$  tabakalı modellerde her tabaka için iki boyutlu ( $x, y$ ) Navier-Stokes denklemleri çözülüp, tabakalar arasındaki etkileşim daha basit yaklaşımlarla hesaba katılmaktadır.

Üç boyutlu derinlik boyunca hidrostatik hidrodinamik modellerde, derinlik yönündeki ( $z$ ) hız, yatay yöndeki hızlar ( $x, y$ ) yanında göz ardı edilmekte ve böylece Navier-Stokes denklemlerinin derinlik yönündeki bileşeni hidrostatik denklemlere dönüşmektedir. Üç boyutlu su kalitesi ve ekosistem modelleme çalışmalarında kullanılan modellerin çoğu için kullanılan bu modeller, genellikle yeterli duyarlılıkta sonuç vermektedirler.

Yüzeyde hızlı soğuyup derinlik boyunca batan su kütlelerinin hareketleri, derin deniz deşarjları gibi yakın alan karışım bölgesindeki etkiler, derin suların yükselmesi (upwelling) ya da yüzey sularının batması (downwelling) gibi bazı özel durumların benzetimlerinin yapılması gerektiğinde bazen gerçek üç boyutlu hidrodinamik modeller kullanılmaktadır.

### 1.2.5.3. Taşınım Modelleri

Su ortamlarının ekosistem modellemesinde taşınım modelleri, tüm diğer alt modelleri toplayıp kuramsal çatısı altına alan ana yapıyı oluşturmaktadır. Taşınım modelleri, taşınım süreçleri, sınır koşulları ve kinetik alt modelleri bir araya getirerek su ekosistemlerinin benzetimindeki en önemli işlevlerden birini yerine getirmektedir. Bu modeller, adveksiyon-difüzyon denklemini çözmektedirler. Su ekosistemlerinde taşınım

- Yüzey suyu hareketleriyle
- Taban çökelleri boşluklarındaki su hareketleriyle
- Katı madde taşınımıyla
- Canlılar yoluyla

olmaktadır. Ekosistem modelleme çalışmasının amaç ve kapsamına ve ekosistem özelliklerine göre bu taşınım süreçlerinden bazıları ya da tümünün taşınım modeli kapsamına alınması gerekmektedir. Bu süreçler, taşınım modelinde birer alt model olarak benzeştirilebilmekte ya da zaman serisi işlevleri ile modele girilebilmektedir.

Yüzey suyu hareketleriyle taşınım, akıntı ve dağılım ile olmaktadır. Akıntı hızları, debi, dağılım ile ilgili hesaplar, Bölüm 11.1.6.2'de anlatılan hidrodinamik modeller yardımıyla yapılmaktadır. Dispersiyon katsayılarının belirlenmesi için

- Hidrodinamik modeldeki çalkantı alt modellerinin çıktıları
- Diğer kaynaklarda (38, 39) verilen basit tabakalaşma/karışım hesabı yöntemleri
- Arazi deneyleri sonuçları
- Taşınım modellerinin çalıştırılarak korunan bir su kalitesi değişkeni için dağılım katsayılarının kalibrasyonu

yöntemleri kullanılabilir. Kıyı alanları söz konusu olduğu zaman, yüzey suyu hareketleri sadece akıntı nedeniyle değil, gelgit ve dalga etkisiyle de oluşmaktadır. Bu itici güçler, dispersiyonu da etkilemektedirler.

Katı madde taşınımı, çok karmaşık bir konudur. Katı madde taşınımı sırasında

- Askıda katı madde taşınımı (aksıda yük)
- Tabanda katı madde sürüklenmesi (yatak yükü)
- Çökelme
- Yeniden askıya geçme

süreçleri gerçekleşmektedirler. Katı madde taşınımı



- Katı maddenin özelliklerine (çap, çap dağılımı, yoğunluk, şekil, ...)
- Suyun özelliklerine (sıcaklık, tuzluluk, viskozite, ...)
- Su ortamının özelliklerine (akıntı hızı, dalga durumu, çalkantı durumu, ...)

bağlıdır. Bu kadar çok parametrenin varlığı, katı madde taşınımıyla ilgili kuramsal ağırlıklı modellerin geliştirilmelerini güçleştirmektedir. Bu nedenle, veri analizine dayanan birçok kara kutu modeli geliştirilmiştir. Bu modellerin çoğu çalışmaya özel koşullarda geliştirildiklerinden birbirleri ile yakınsamayan çok farklı (duruma göre bir-iki merteye farklı olabilen) sonuçlar verebilmektedirler ve bu nedenle doğru modelin seçilmesi önemli bir adımdır (40, 41).

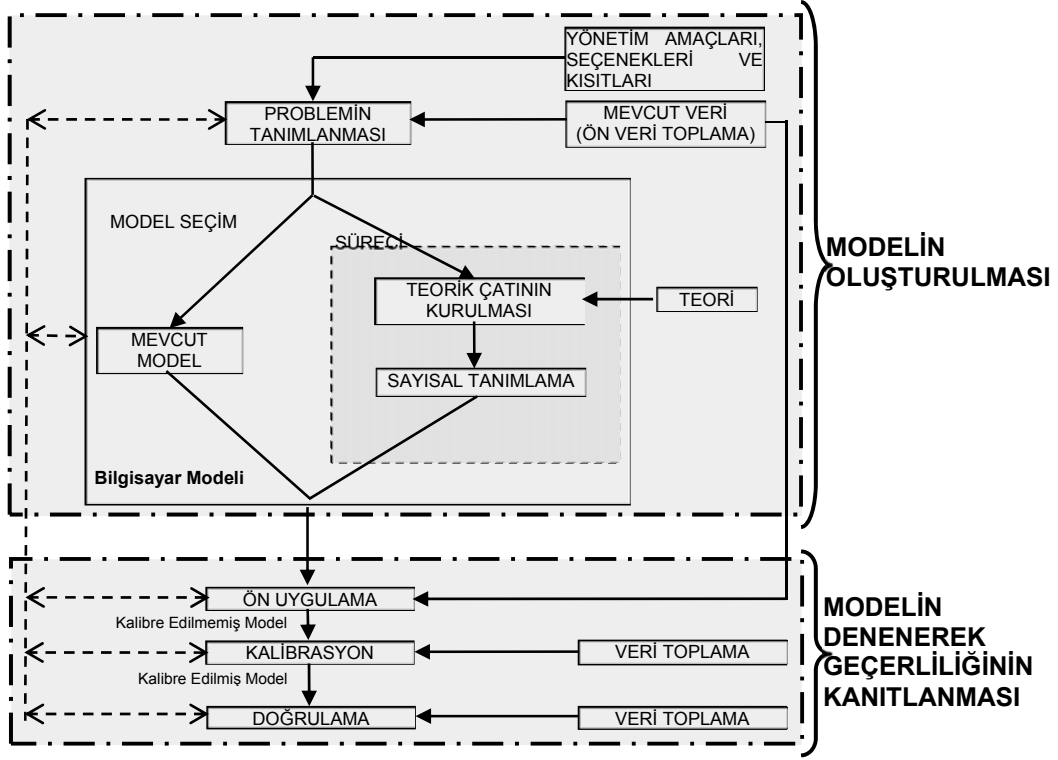
#### **1.2.5.4. Kinetik Alt Modeller**

Kinetik alt modeller sistem değişkenleriyle ilgili kimyasal/biyokimyasal süreçlerin benzetimlerinin yapıldığı matematiksel model bileşenleridir. Matematiksel modelleme çalışmalarında “su kalitesi” veya “ekolojik” model olarak tanımlanmakta olan model bileşenleridir.

#### **1.2.6. Ekosistem Modellerinin Geçerliliklerinin Kanıtlanması**

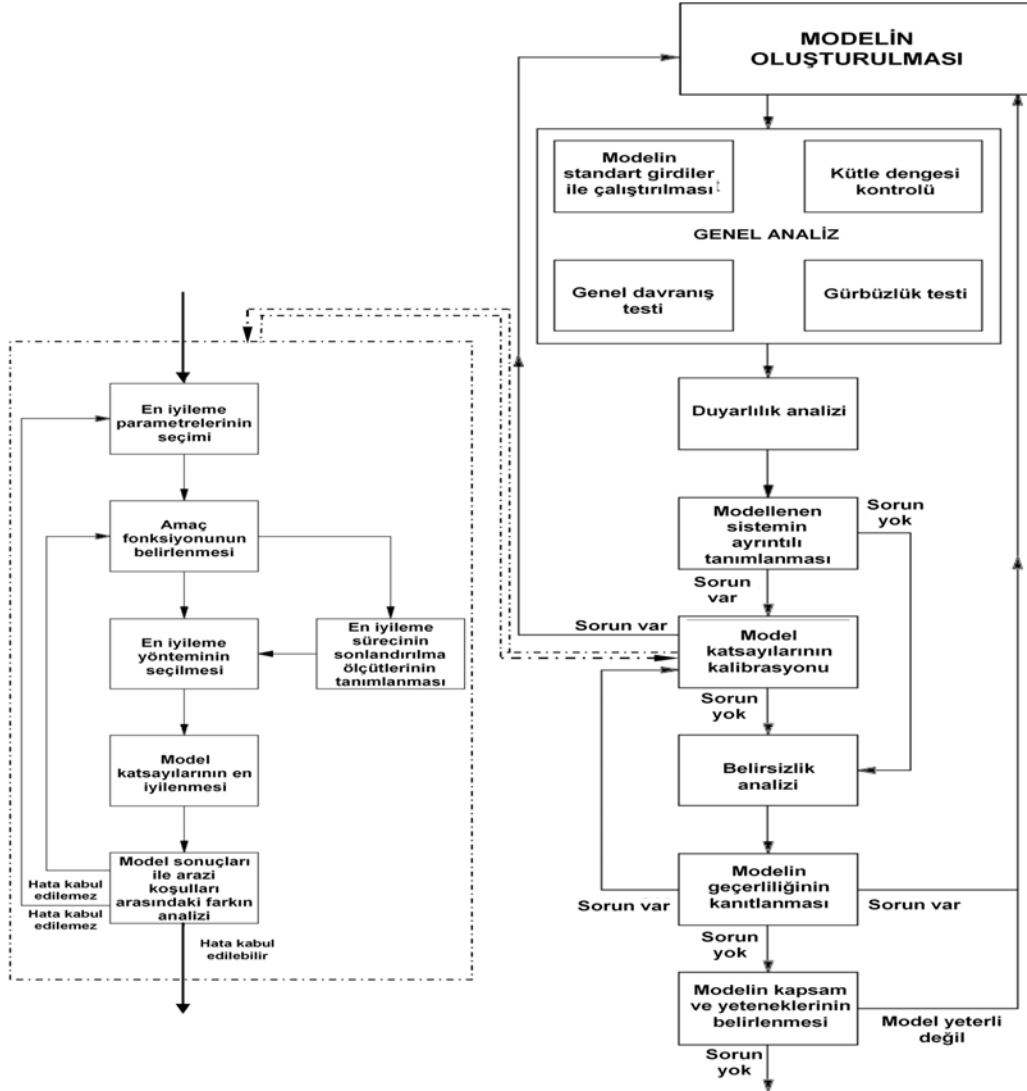
Su kalitesi modelleri, değişik karmaşıklık seviyelerinde olmakla birlikte, çoğu durumda mühendislik hesaplarından daha karmaşıktır ve ekosistemi basitleştirilmiş olarak ele almalarına rağmen birçok kabul ve varsayıma dayanmaktadır.

Şekil 11.5’te verilmekte olan model geliştirme süreci, aslında modelin oluşturması ve modelin denenerek geçerliliğinin kanıtlanması olmak üzere iki temel adımdan oluşmaktadır (Şekil 11.8).



Şekil 11.8 Model geliştirme süreci

Modelin denerek geçerliliğinin kanıtlanması, Şekil 11.8’te görüldüğünden daha karmaşık bir süreçtir (Şekil 11.9). Model oluşturulduktan sonra, öncelikle bir genel analiz sürecinden geçmelidir. Genel analiz sürecini, duyarlılık analizi izlemektedir. Daha sonra, uygun veri bulunması durumunda modellenen sistemin ayrıntılı tanımlaması yapılır. Eğer sistem, ayrıntıları ile tanımlanamıyorsa model katsayıları kalibre edilmelidir. Kalibrasyondan sonra, belirsizlik analizi yapılır ve son adım modelin geçerliliğinin kanıtlanmasıdır (42). Bu adım modelin, katsayıların kalibre edildiği girdi verileri grubundan mümkün olduğunca farklı bir veri grubu ile tekrar çalıştırılarak model sonuçlarının arazide yapılan ölçümlerle karşılaştırılmasına dayanmaktadır.



Şekil 11.9 Modelin denenerek geçerliliğinin kanıtlanması (42'den uyarlanmıştır)

## **Modelin Genel Analizi**

Genel analizde model önce standart veri olarak tanımlanabilen çok karmaşık olmayan ve uç veya aşırı (ekstrem) büyüklükler içermeyen verilerle bir kez çalıştırılarak izlenmelidir. Modelin bu benzetimi başarıyla tamamlaması gerekmektedir. Model standart verilerle başarılı bir benzetimi yürütemiyorsa ya standart verilerde ya da modelde önemli bir hata önemli bir hatanın varlığından şüphelenilmelidir.

Model, standart verilerle başarıyla çalıştırıldıktan sonra, üzerinde genel davranış denemeleri yapılmalıdır. Genel davranış testi sırasında, standart girdide değişiklikler yapılır ve benzetim sonuçları, standart girdi ile yapılan benzetimin sonuçları ile karşılaştırılarak modelin girdisinde yapılan değişikliklere nasıl tepki verdiği bakılır. Eğer model beklenen tepkileri veriyorsa genel davranış denemeleri başarılıdır. Modelin beklenen tepkileri vermemesi, modelin yazılım anlamında çalışmasını engellemeyen küçük hataların ya da model girdilerindeki büyük hataların var olabileceklerini göstermektedir.

Modelin doğrulanması sırasında, kütle dengesi kontrol edilmiş olsa da, genel analizlerde bu kontrol bir daha yapılmalıdır. Model yazılımı doğru çalışıyor olsa da, kullanıcının model girdilerini oluştururken yapabileceği bazı hatalar kütle dengesinin korunmamasında yol açabilmektedirler.

Modelin bir de gürbüzlük (robustness) denemelerinden geçirilmesi de gereklidir. Bu denemelerde, model özellikle sınır koşullarında uç ve aşırı büyüklükler içeren girdiler ile çalıştırılır ve verdiği tepkiler gözlenir. Örneğin modele sınırlarından giren debiler, modellenen sistem için gerçekte olabilecek en yüksek büyüklüklerine (ya da bu büyüklüklerinin biraz üzerine) getirilir ve genel model davranışı gözlemlenir. Bu gözlemlerde özellikle modelin kütle dengesini koruyup korumadığına ve model sonuçlarının sayısal kararsızlıklar içerip içermediklerine dikkat edilmelidir. Gürbüzlük denemeleri hem model yazılımının hem de temel model girdilerinin (model kutuları, sınır koşulları ve diğer zorlayıcı koşulların model ağı içinde tanımlanmaları) doğruluk ve güvenilirliklerinin sınındığı önemli denemelerdir. Ayrıca kullanıcının, modelin hangi koşullarda hesap yapamayacak duruma gelip çalışma zamanı yazılım hatası vererek benzetimi zamanından önce bitireceğini görmesini sağlarlar.

### 1.2.6.1. Duyarlılık Analizi

Benzetim modelleri, karmaşık yapıları nedeniyle yapılarında birçok belirsizlik kaynağı içermektedirler. Duyarlılık analizi, modelin başlangıç koşullarının, sınır koşullarının ve model katsayılarının değişimine karşı verdiği tepkinin sayısal olarak ortaya koymak amaçlı yapılan bir analizdir. Model girdilerindeki değişimin model çıktılara etkisinin sistematik analizidir (42). Böylece model girdilerindeki parametrelerin her birinin model sonuçlarının üzerindeki etkisinin önemi ortaya koyulmuş olur. Etkileri önemli model girdilerinin ortaya koyulması, model katsayılarının kalibrasyonu açısından da önemlidir.

Duyarlılık analizi, elle ya da özel geliştirilmiş yazılımlar ile yapılabilmektedir. Değişik uygulama yöntemleri, (42)

- Analitik duyarlılık analizi
- Parametrelerin birbirinden bağımsız olarak tek tek değiştirildiği duyarlılık analizi
- Klasik duyarlılık analizi
- “Tepki yüzeyli” duyarlılık analizi
- Monte Carlo analizi
- Bölgesel duyarlılık analizi

olarak verilmektedir.

Model denklemlerinin analitik çözümlerinin yapılabildiği durumlarda, model sonuçlarının herhangi bir model parametresindeki değişime verdikleri tepki de analitik olarak hesaplanabilmektedir. Yapılması gereken tek matematiksel işlem, model denklemlerinin çözümlerini veren ifadelerin duyarlılığı hesaplanmak istenen model parametresine göre türevlerinin alınmasıdır.

Parametrelerin birbirinden bağımsız olarak tek tek değiştirildiği duyarlılık analizi yaklaşımında ise, bir model girdi parametresi sürekli değiştirilirken diğerler sabit tutulmaktadır. Bu uygulaması kolay bir duyarlılık analizi yöntemi olmakla birlikte, model parametrelerinin birbirleri üzerindeki etkilerinin tamamen göz ardı edilmesi gibi önemli bir zayıflığı vardır.

Klasik duyarlılık analizinde; model, duyarlılık analizi yapılacak girdi parametrelerinin önceden seçilerek belirlenmiş sayısal büyüklüklerinin yakın komşuluğunda doğrusallaştırılarak model bir kez çalıştırıldığında, herhangi bir durum değişkeninin herhangi bir model girdisine göre herhangi bir andaki duyarlılığı belirlenebilir. Bu yöntemde de model parametrelerinin birbirleri üzerindeki etkileri göz ardı edilmektedir.

Tepki yüzeyi yönteminde modelden başka bir model (meta-model) üretilmektedir. Meta model, model katsayılarına göre doğrusaldır. Meta modelin geçerliliği de, gerçek modelde olduğu gibi denenip kanıtlanmalıdır. Tepki yüzeyi yönteminde model parametrelerinin birbirleri üzerindeki etkileri göz ardı edilmektedir.

Monte Carlo analizinde (43), model parametreleri rasgele olarak değiştirilerek benzetimler tekrarlanır. Herhangi bir model parametresi, kendi istatistiksel dağılımı içinden rasgele seçilen bir sayısal değer alır. Ekosistem modellerinde çok sayıda model katsayısı olduğu ve bu katsayıların değişik değerlerinin kombinasyonları için benzetim yapıldığından, Monte Carlo analizinde, yüzlerce ya da binlerce benzetim yapılması gerekebilmektedir.

Bölgesel duyarlılık analizinde, önce Monte Carlo analizi yapılmakta ve bu analizden sonra elde edilen sonuçlara göre, benzetimler başarılı (kabul edilebilir) ya da başarısız (kabul edilmez) benzetimler olmak üzere gruplandırılmaktadır. Bu yöntem, Spear, R.C. (44) tarafından uygulanan Peel-Harvey Haliç'inin (Batı Avustralya) modellenmesinde (45) kullanılmıştır.

Piasecki ve Katopodes (46), akarsulara zararlı atık deşarjlarının etkilerini inceledikleri çalışmanın modelleme aşamasında, adjoint duyarlılık analizi yöntemini kullanmışlardır. (Adjoint yöntemi özetle) Piasecki (47), adjoint duyarlılık analizi yöntemini doğrudan (gerekli model çalıştırma sayısını herhangi bir algoritma ile azaltmayan) duyarlılık analizi yöntemi ile karşılaştırmış ve adjoint yöntemin hesap yükünü önemli ölçüde azaltabilmekte olduğu sonucuna varmıştır.

Omlin ve diğ. (48), Zürih Gölü'nün modellenmesi için yaptıkları çalışmada, model katsayılarındaki belirsizliği de dikkate alarak ayrıntılı duyarlılık analizi yapmışlardır. Yaptıkları duyarlılık analizi, model girdi parametrelerinin; fiziksel parametreler, stokiyometrik parametreler, kinetik parametreler ve dış zorlayıcı koşullar üzere dört sınıfa ayrılmasına dayanmaktadır.

Manache ve Melching (49), Dender Nehri ve Havzası'nı (Belçika) modelledikleri çalışmada, duyarlılık analizi için Latin hiperküp örnekleme yöntemini kullanmışlardır.

Arhonditis ve Brett (50), Washington Gölü'ndeki (Amerika Birleşik Devletleri) ötrofikasyonu incelemek amacıyla yaptıkları kapsamlı bir modelleme çalışmasında duyarlılık analizini iki aşamalı olarak ele almışlardır. Birinci aşamada, model sonuçları üzerindeki etkileri en belirgin olan model katsayıları belirlenmiştir. Her durum değişkeni için, model sonuçları üzerinde etkilerinin en önemli olan beş model katsayısı belirlenmiştir. İkinci aşama ise, etkileri en belirgin olarak ortaya koyulan model katsayılarından 20 tanesi seçilmiş ve modelin durum değişkenleri

üzerindeki etkileri tanımlanmıştır. 20 model katsayısı etkili oldukları durum değişkenleri ve süreçlere göre; fitoplankton, zooplankton, besin elementi döngüleri ve diğer süreçler olmak üzere dört gruba ayrılmıştır ayrılmıştır. Daha sonra ana bileşen analizi ile model katsayılarının etkileri tanımlanmıştır.

Brungnach (51), karmaşık modellerin kullanıldıkları çalışmalar için farklı bir duyarlılık analizi yöntemi önermiştir. Bu yöntemde duyarlılık analizinin model katsayıları gibi model girdileri seviyesinde değil, modeli oluşturan süreçler seviyesinde yapılması önerilmektedir. Brungnach (51)'e göre öncelikle duyarlılık analizinin amacı belirlenmeli ve bu belirlemeden sonra sırasıyla modelin kavramsal temsili oluşturulmalı, duyarlılık analizi tasarlanmalı ve modelin davranışı analiz edilmelidir.

Modelin kavramsal temsilinin oluşturulması, duyarlılık analizinin amacına göre modeldeki süreçlerin veya süreç gruplarının uygun ayrıntıda ortaya koyularak aralarındaki ilişki ve veri aktarımlarının belirlenmesidir. Burada kastedilen modelin tüm ayrıntılarıyla ortaya koyulması değildir. Modelin içerdiği birçok süreçten bazıları ihtiyaca göre gruplandırılıp girdileri işleyip diğer süreçlere girdi olacak çıktıları oluşturan bir tür kara kutu olarak ele alınmaktadır. Duyarlılık analizinin amacına göre önem kazanan süreçler ve bu süreçlerin diğer süreçler ile bağlantıları ise ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Duyarlılık analizinin tasarımı ise; süreçler üzerinde yapılacak değişikliklerin tasarlanması, süreçler arasındaki ilişkilerdeki değişmelerin gözlenmesi ve çıktılar üzerindeki etkilerin ölçülmesini içermektedir. Süreçler üzerinde; ilgili model katsayılarının değiştirilmesi ve süreçlerin matematiksel ifadelerinin değiştirilmesi olmak üzere iki tür değişiklik yapılabilmektedir. Bir modelde, süreçler birbirlerine ve akışları ile bağlanmaktadır. Bu veri akışı gözlenerek, süreçler arasındaki ilişkilerdeki değişimler gözlenebilmektedir.

Brungnach (51)'e göre; modelin davranışı analiz edilirken, hem süreçler arasındaki veri alışverişi sırasında taşınan ara sonuçlar (süreçlerin çıktıları) hem de model sonuçları dikkate alınmalıdır. Ara sonuçların dikkate alınması, model katsayıları gibi girdilerde yapılan değişikliklerin yalnızca model sonuçlarındaki etkileri yerine, modeldeki her süreç boyunca etkilerinin görselleştirilmesini sağlamaktadır. Böylece herhangi bir model girdisinin ilgili süreç üzerindeki doğrudan ve bu sürecin çıktısındaki değişikliklerin diğer süreçler üzerindeki etkileri ile birlikte analiz edilmesi mümkün olmaktadır.

### **1.2.6.2. Modellenen Sistemin Ayrıntılı Tanımlanması**

Bir modelleme çalışması sırasında aslında model ekosisteme özel olarak tasarlanıp geliştirilmelidir. Bu nedenle, öncelikle ekosistem üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapılması gerekebilir. Temel araştırmalar ayrıca uzun süreli ve sürekli gözlemlerle desteklenmelidir. Ancak, bu yöntem çok özel koşullarda yürütülebilir. Çoğu durumda, özellikle de hızlı karar verilmesi gereken projelerde karar destek sistemi bileşeni olarak geliştirilen modeller ile ilgili çalışmalarda, yeterince veri bulunamamaktadır ya da modelde girdi amaçlı kullanılacak zaman serileri yeterince uzun zaman aralıklarını kapsamamaktadırlar. Bu nedenle ekosisteme özel bir model geliştirilmesi yerine daha genel amaçlı ve çoğu durumda önceden geliştirilmiş ve benzer ekosistemlere uygulanmış bir matematiksel model, elde edilen kısıtlı sayıda veri ile kalibre edilerek kullanılmaktadır.

### **1.2.6.3. Model Katsayılarının Kalibrasyonu**

Ekosistemleri matematiksel olarak tanımlamayı amaçlayan model denklemlerinin iki temel bileşeni vardır.

- Bunlardan birincisi, çevrenin zamana ve konuma göre durum değişkenleri üzerinde neden olduğu değişikliklerin ve durum değişkenleri arasındaki ilişkilerin mekanizmalarının tanımlandığı kısımdır. Bu kısım model denklemlerinin analitik ya da sayısal olarak çözülmesi gereken kısımdır. Mekanizmalar sistemden sisteme değişkenlik gösterebilseler de, herhangi bir süreç (örneğin nitrifikasyon) tüm alıcı ortamlarda benzer yapıdaki denklemlerle ifade edilebilmektedir.
- Model denklemlerinin ikinci kısmı ise, genel yapıları bilinen süreçlerin ilgili ekosisteme özel davranış ayrıntılarını incelemektedir. Örneğin organik maddenin su ortamlarında aerobik olarak oksitlenmesi, çözülmüş oksijen sınırlayıcı olmadığına organik madde konsantrasyonuna birinci mertebeden bağlıdır. Ancak oksitlenme hızı ortamdan ortama değişebilmektedir. Bu nedenle oksitlenme hızı ilgili matematiksel modelde bir kinetik hız katsayısı ile temsil edilmektedir. Ekosisteme göre değişken olan kinetik ve stokiyometrik katsayılar, model denklemlerinde sabit olarak bulunmaktadırlar ve matematiksel denklem çözüm süreci dışında kalmaktadırlar. Ancak modelden sonuç elde edilebilmesi için aldıkları değerlerin bilinmesi gerekmektedir. Katsayılar, matematiksel çözüm sürecinin bir parçası olmadıklarından, ekosisteme bağlı olarak almaları gereken sayısal büyüklüklerin



bulunabilmeleri için model sonuçları; su ekosisteminde yapılan ölçümler ile karşılaştırılmalı ve model sonuçları ölçümlere mümkün olduğu kadar yakınsayana kadar model katsayıları ayarlanmalıdır. Model katsayılarının kalibrasyonundaki temel amaç, model sonuçları ile ekosistemde yapılan ölçümlerin arasındaki sapmaların en aza indirilmeleridir.

Süreçler ile ilgili kinetik ve stokiyometrik katsayıların bulunması için birçok yöntem (model kalibrasyonu yöntemi) olmakla birlikte, bu yöntemler temelde ikiye ayrılmaktadır.

1. Herhangi bir sistematik yaklaşım kullanmadan, model katsayılarının rasgele değiştirilerek arazi ölçümleri ile uygun sonuçları veren bir model katsayısı kombinasyonunun bulunmaya çalışılması
2. Değişik en iyileme algoritmaları kullanılarak model sonuçları ile arazi ölçümlerindeki arasındaki hatanın en aza indirilmesine dayanan model kalibrasyonu yöntemleri

İki yöntemde de, kalibrasyon işlemine başlamadan önce model katsayılarının yaklaşık değerlerinin bilinmesi, kalibrasyon sürecini kısaltacaktır. Değişik ortamlar için bu katsayıların sayısal büyüklüklerinin derlendiği yayınlar ve veri tabanları (5, 52, 53) bulunmaktadır.

Model karmaşıklıkça, model katsayılarının deneme yanılma yöntemi ile bulunmaları zorlaşmaktadır. Eniyileme algoritmalarının kullanılması durumunda ise, algoritma, kullanıcı için zaman alacak birçok benzetim işlemi yürütmektedir. Ancak eniyileme algoritmalarının kullanılabilmesi, çoğu durumda bilgisayar programlama bilgisi gerektirmektedir. Ayrıca, en iyileme algoritmalarında; Şekil 11.9'da gösterilmekte olan amaç fonksiyonunun belirlenmesi ve en iyileme sürecinin sona erme ölçütlerinin tanımlanması sırasında dikkatli olunmalıdır.

#### **1.2.6.4. Belirsizlik Analizi**

Model katsayılarının ve diğer parametrelerinin ayarlanması süreci sona erdiğinde, duruma göre yüksek doğrulukta ya da kaba tahminler yapmak amacıyla kullanılacak bir su ekosistemi modeli elde edilmektedir. Ancak bu ürün, çoğu çalışmada yeterli değildir. Model sonuçlarındaki belirsizlik ve bu belirsizliğe neden olan etkenlerin toplam belirsizlikteki önemleri, sayısal olarak ortaya koyulmalıdır. Model sonuçlarındaki belirsizliklerin kaynakları

- Model katsayılarındaki belirsizlik
- Model denklemlerinin su ekosistemini tanımlamadaki yetersizliği ya da su ekosistemindeki önemli ve etkin süreçler ile uyumsuzluğu

- Modele etki eden başlangıç koşullarını, sınır koşullarını ve diğer zorlayıcı koşulları tanımlayan model girdilerindeki belirsizlik

olarak sıralanmaktadır. Teknik açıdan duyarlılık analizi ile belirsizlik analizi birbirlerine benzemektedirler. Her ikisinde de benzer algoritmalar kullanılarak model girdilerindeki değişikliklerin model sonuçları üzerindeki etkileri sayısal olarak ortaya koyulmaktadır. Aralarındaki fark ise; duyarlılık analizinde çoğu uygulamada model katsayıları üzerinde odaklanılmaktadır. Belirsizlik analizinde ise tüm belirsizlik kaynakları üzerinde odaklanılmaktadır. Model katsayılarının ele alınması da farklıdır. Belirsizlik analizinde ilgili su ekosistemine uygun tüm model katsayısı değer aralığı kümesi rasgele taranırken, belirsizlik analizinde model katsayılarının kalibrasyonu süreci sonunda elde edilen ya da ilgili su ekosistemi için temsil edici olduğu varsayılan model katsayıları temel alınmakta ve bu katsayıların büyüklüklerinden yola çıkılarak değişik model katsayıları kombinasyonları üretilmektedir.

Belirsizlik analizi, su ekosistemi benzetimi ile birlikte yapılarak, benzetim sonuçları ile birlikte konuma ve zamana bağlı olarak belirsizlikler de ortaya koyulabilmektedir. Böylece benzetim sonuçları konuma ve zamana bağlı tekil değerler yerine güven aralıkları (örneğin %90, %95) ile verilebilmektedir. Bu tür sonuçların bilimsel ya da karar verme sürecinde destek amaçlı kullanımda, tekil sonuçlardan daha etkin olarak kullanılmaları mümkün olabilmektedir.

#### **1.2.6.5. Modelin Geçerliliğinin Kanıtlanması**

Model bir veri setine göre kalibre edilmiş dahi olsa, aşağıda sıralanan nedenlerle, kalibre edilmiş modelin geçerli olup olmadığının kanıtlanması gerekmektedir.

Model katsayıları kalibrasyonu yapılırken, tesadüfen ekosistemin özel bir durumunu temsil eden bir veri seti kullanılmış olabilir. Koşullar ekosistem için olağan olduğunda, ekosistem de özel koşullara özgü olan davranışından, olağan davranışına dönecektir. Bu durumda koşullar ekosistemin olağan durumunu temsil ederken, aynı model katsayıları geçerli olmayabilmektedirler.

Ayrıntıları Bölüm 11.1.7.4'te anlatılan model katsayılarının kalibrasyonu, bir matematiksel eniyileme sürecidir. Eniyileme algoritmaları her zaman tekil sonuç kümeleri üretmemektedirler. Bu nedenle, özellikle model katsayılarının sayısı arttığında ve rasgele arama teknikleri kullanıldığında, model sonuçları ile arazi ölçümleri arasında aynı uyumu veren birden çok model katsayısı kombinasyonunun da olması mümkündür. Ancak çoğu durumda, matematiksel olarak hepsi çok yakın ya da eşdeğer kalitede sonuç veren bu çözümlerin çoğu fiziksel durumu

yansıtmayabilmektedir. Bu durumda, farklı koşullarda da model sonuçları ile arazi ölçümleri arasında aynı ya da yakın uyumu verebilen çözümler geçerli model katsayıları kombinasyonlarıdır.

Bu nedenlerle, katsayıları kalibre edilmiş bir model mutlaka mümkün olduğunca farklı koşullarda denenerek geçerliliği kanıtlanmalıdır.

#### **1.2.6.6. Modelin Kapsam ve Yeteneklerinin Belirlenmesi**

Her su ekosistemi modelinin bir geliştirilme ve kullanım amacı vardır. Su ekosistemi modeli geliştirmek uzun ve çoğu durumda çok emek gerektiren bir süreçtir. Geliştirilen modelin, modelin geliştirilip bir araç olarak kullanıldığı çalışma ya da proje tamamlandıktan sonra da ilgili su ekosisteminde yapılan diğer çalışmalarda da kullanılması gerekebilmekte ya da istenebilmektedir. Bu nedenle, modelin geçerliliği kanıtlandıktan sonra; elde edilen sonuçların hangi koşullarda ve hangi amaçlar için yeterli doğrulukta oldukları belirlenmelidir. Özellikle mühendislik çalışmalarında, modelin genel yeteneklerinin ve kapsamının genişliği, özel koşullardaki yüksek doğruluğundan daha önemli olabilmektedir.

Modelin kapsam ve yeteneklerinin belirlenmesi için, model aşağıdaki koşullarda çalıştırılmalı ve hem davranışı hem de ürettiği sonuçlar ayrıntılı olarak analiz edilmelidir.

- Modelin, ilgili su ekosisteminin karşılaşılabileceği olağan koşullardaki davranışı ve geçerliliği
- Modelin, ilgili su ekosisteminin karşılaşılabileceği olağan üstü koşullardaki davranışı ve geçerliliği
- Modelin, ilgili su ekosisteminin üzerinde ya da yakın civarında değişiklikler (örneğin atık su deşarjı, büyük inşaatlar ya da sistemdeki taşınımı değiştirecek su yapıları) yapılması durumundaki geçerliliği

Bu analizlerden başka; modelin benzetimini yaptığı su ekosistemindeki konuma ve zamana bağlı değişiklikleri hangi ölçekte temsil edebileceğinin belirlenmesi de önemlidir. Örneğin bir sistemin genel davranışını belirlemek amacıyla geliştirilen ve model ağının konumsal çözünürlüğü düşük olan bir su ekosistemi modeli, o sisteme sonradan eklenecek bir deşarj sisteminin yakın çevresindeki değişimlerin tahmin edilmesinde yetersiz kalabilmektedir.

### **1.3. Yaygın Kullanılan Su Kalitesi Modelleri**

Çeşitli amaçlar ve durumlar için dünya genelinde yaygın olarak kullanılan ve geçerliliği kanıtlanmış modeller bu kısımda anlatılmaktadır.

#### **1.3.1. BASINS Modeli**

BASINS modeli; bölgesel, devlet ve yerel kurumların su havzası ve su kalitesine dayalı çalışmalarını gerçekleştirmesine yardımcı olmak için tasarlanmış çok amaçlı bir çevresel analiz sistemidir. Çevre verileri, analiz araçları, su havzaları ve su kalitesi modellerini entegre ederek havza yönetimine ve Günlük Maksimum Toplam Yük geliştirilmesine yardımcı olmak için ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından 1996 yılında geliştirilmiştir.

Model; HSPF (Hydrological Simulation Program), SWAT, AQUATOX, WASP, SWMM (Storm Water Management Model), PLOAD (The Pollutant Loading Estimator), GWLF-E (Generalized Watershed Loading Function model extension) modelleme araçlarını ve çevresel mekansal ve tablo verilerini bir coğrafi bilgi sistemi (GIS) arayüzünde bir araya getiren bir çerçeve sunmaktadır. BASINS, tek bir belediye'deki küçük su havzalarından çeşitli eyaletler boyunca geniş bir havzaya kadar çeşitli coğrafi ölçekler üzerinde inceleme ve analiz için kullanılabilir.

Söz konusu modelin boyutu ve kirletici parametreleri modelleme kabiliyeti kullanılan alt modüle göre değişiklik göstermektedir.

#### **1.3.2. SWAT Modeli**

SWAT modeli değişik ölçeklerde ve çevresel koşullardaki uygulamalarıyla su kaynaklarının ve yayılı kaynaklı kirliliğin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir araçtır. Arazi yönetiminin su ve sediman üzerindeki etkisi ile tarımsal faaliyetlerden gelen kimyasalların havzadaki uzun yıllardaki etkisinin incelenmesi için kullanılmaktadır.

Su kalitesi bileşenlerinden karbonlu BOİ, ÇO ve nütrientler ile alg miktarını modelleme kabiliyetine sahiptir.

#### **1.3.3. HEC-RAS Modeli**

Hidrolojik Mühendisler Birliği Birleşik Devletler Askeri Mühendisler Birliği (United States Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilmiş bir modeldir. Model genellikle taşkın modellerinde kullanılıyor olmasına karşın su kalitesi analiz bölümü de bulunmaktadır. Geliştirilen

son sürümlerinde su sıcaklığını modelleme yeteneği eklenerek adveksiyon-dispersiyon modülü de dahil edilmiştir.

HEC-RAS ile 1 ve 2 Boyutlu modeller kurulabilir ve hidrolojik durum için kararlı ve kararsız durum varsayımlarını modelleyebilmektedir. Modellenen kirletici parametreleri NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, Org-N, PO<sub>4</sub>-P, Org-P, Alg, ÇO ve cBOİ'dir.

#### **1.3.4. QUAL2E Modeli**

Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından geliştirilen model 1 boyutlu modelleme yeteneğine sahiptir. Dinamik durum modellemesi de yapabilen QUAL2E yan kolları da kapsayacak şekilde akarsularda ve iyi karışımli göllerdeki klasik kirleticiler kullanılan bir modelidir.

Model, yüklerin giriş suyu kalitesi üzerindeki etkisini ve yayılı yüklerin büyüklüğünü ve kalite özelliklerini tanımlamak gibi amaçlarla kullanılmaktadır. QUAL2E ile kullanıcı

- Meteorolojik verilerdeki varyasyonların çözünmüş oksijen ve sıcaklığa olan etkileri
- Alg büyümesi ve solunumunun neden olduğu günlük çözünmüş oksijen konsantrasyonunun değişimini inceleyebilmektedir.

QUAL2E ÇO, BOİ, Sıcaklık, Alg, Org N, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, Org P, Çöz P, Koliformlar, Kararlı olmayan bileşikler (1 adet) ile Kararlı bileşikler (3 adet) modellemek kabiliyetine sahiptir.

#### **1.3.5. QUAL2K Modeli**

QUAL2K, Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Tufts Üniversitesi ile bağlantılı olarak Steve Chapra, Greg Pelletier ve Hua Tao tarafından geliştirilmiştir. QUAL2E'nin güncellenmiş versiyonu olup, nehirlerin su kalitesinin modellenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Model kararlı duruma ulaşıldığı anı hesaplayabildiği gibi bir gün (24 saat) içerisindeki su kalitesi bileşenlerindeki değişiklikleri de hesaplayabilmektedir. Kararlı halde, hidrolik uniform olmayan sabit akışa göre günlük su kalitesi kinetiklerinin, ısı ve kütle girdileri, sıcaklık ve meteorolojik fonksiyonlarına göre noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynaklarını simüle etmektedir.

QUAL2K Total N, Total P, ÇO, BOİ, Sediman Oksijen İhtiyacı, Alg, pH, Perifiton ve Patojenleri modelleme yeteneğine sahiptir.

### 1.3.6. MIKE-11 Modeli

Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilen tek boyutlu taşkın, su kalitesi ve sediman taşınım modelidir. Nehir sistemlerinde çözünmüş konsantrasyonlar veya sıcaklık, hidrodinamik MIKE 11 modelinde adveksiyon-dispersiyon süreçleri ile nehir sistemi boyunca kirletici maddelere reaksiyon ve reaksiyonlar ile simüle edilmektedir.

MIKE-11 ile  $\text{CO}$ ,  $\text{BOİ}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , Koliformlar ve P su kalitesi bileşenlerini modelleme kabiliyetine sahiptir.

### 1.3.7. WASP

Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından geliştirilen model 1,2 ve 3 boyutlu su kalitesi modelidir. WASP, yüzey suyundaki kirleticilerin taşınımı ve transferini incelemektedir. Noktasal ve yayılı kaynaklardan gelen yükleri ve sınır değerleri düşünerek adveksiyon ve dispersiyonun zamanla değişimini simüle eder. Su kaynağı her bir kararlı değişken için başlangıç konsantrasyonları, sınır koşulları, yükler ve tam karışım olan kutulara bölünerek simüle edilebilir. Alt Modülleri;

- İleri ötrofikasyon modülü,
- Sıcaklık simülasyonu modülü,
- TOXI (zehirli organik maddelerin davranışları)

WASP ile  $\text{CO}$ ,  $\text{CBOİ}$ , Amonyak, Nitrat, Organik N, Organik P, Ortho P ve alg modellemesi yapabilmektedir.

### 1.3.8. AQUATOOL Modeli

Su ve Çevre Mühendislik Araştırma Enstitüsü (Universitat Politecnica De Valencia) tarafından geliştirilen model 1 ve 2 boyutlu modelleme yeteneğine sahiptir. Program alt modüllerden oluşmaktadır. Su Kalitesi modülü GESCAL'dır. Kaliteyi etkileyen fizikokimyasal ve biyolojik prosesleri nehir bölümlerindeki elementlerde hesaplanmaktadır. Model ile sıcaklık, Çözünmüş Oksijen, Karbonlu Organik Maddeler, Org N,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , Phytoplankton, Org P ve İnorg P su kalitesi bileşenlerini modelleyebilmektedir.

### **1.3.9. WFD EXPLORER Modeli**

Hollanda'da bağımsız bir kuruluş olan Deltares tarafından Su Çerçeve Direktifi'nin uygulanmasını desteklemek için geliştirilmiş bir analiz aracıdır. Yerüstü sularının ekolojik ve kimyasal kalitesiyle ilgili belirlenen önlemlerin etkilerini de hesaplayabilmektedir. Önlemler noktasal ve yayılı yükler için belirlenebilmektedir. Hidromorfolojik değişikliklerin de etkisini ve maliyetini hesaplamak mümkündür. Söz konusu model senaryo modellerinin oluşturulmasına olanak sağlamak ve senaryo durumları için maliyet analizi yapabilmektedir.

### **1.4. Ekolojik Kalite Modelleri**

Su ekosistemlerinin modellenmesi, karmaşık ve çok disiplinli bir bilim dalıdır. Bu modeller, genel su kaynakları modellerinden farklı olarak; yalnızca herhangi bir su ekosistemi türüne (sığ göller, haliçler, derin göller, akarsular, sulak alanlar vb.) göre nispeten genel bir yazılım paketi olarak geliştirilebilecekleri gibi (Bölüm 11.3.2), özgün bir su ekosistemi için (örneğin Sakarya Nehri, İznik Gölü, Kurland Lagünü, vb) özel olarak da kurulabilirler (Bölüm 11.3.3).

Su ekosistemi modelleri; su kalitesi problemlerini analiz etmek, su ekosistemi besin ağını analiz etmek, su ekosisteminin yapısını incelemek gibi birçok amaçla kullanılabilir. Bu kısım, su ekosistemi modelleme ile ilgili genel bir rehber olarak tasarlanmış olmakla birlikte, su kalitesi analizi ile ilgili kısımlara odaklanılmış ve bu nedenle de bu kitap içinde "Ekolojik Kalite Modelleri" olarak adlandırılmıştır.

#### **1.4.1. Su Ekosistemi Modellerinin Genel Yapıları**

Su kalitesi modelleri ile su ekosistem modelleri çoğunlukla ortak bileşenler içerdikleri (örneğin taşınım, besin elementi döngüleri) ve benzer amaçlarla kullanılabilirler için hep birbirleri ile karıştırılmaktadır. Hangi modelin "su kalitesi modeli" hangi modelin ise "su ekosistemi modeli" olduğu ile ilgili kesin bir ayırım ya da sınıflandırma da bulunmamaktadır<sup>1</sup>. Bu kısımda, bir sınıflandırma yapmaktan ziyade, su ekosistemi modellerinin genel yapıları üzerinde durulacak ve hangi su kalitesi modelleme yazılımının bir su ekosistem modeli olarak sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağı tartışılmayacaktır.

---

<sup>1</sup> Kesin bir ayırma da gerek olup olmadığı ayrı bir tartışma konusudur. Önemli olan modelin ne amaçla yapılandırıldığı ve kullanılacağıdır.

Su ekosistemi modelleri; kurulma amaçlarına bağlı olarak aşağıdaki bileşenleri<sup>2</sup> içerebilmektedir:

- Taşınım
- Biyojeokimyasal dōngüler
- Sentetik kirleticiler
- Birinci üreticiler
- Tüketiciler
- Besin ağını tanımlayan beslenme matrisi ve yiyecek matrisi
- Çevresel koşulların (sıcaklık, akıntı hızı, derinlik, ışıklanma süresi, vb) canlı bileşenleri proses hızları üzerindeki etkileri
- Habitat uygunluk ölçütleri

Matematiksel modellerinin kurulması için üç temel teknik kullanılabilir:

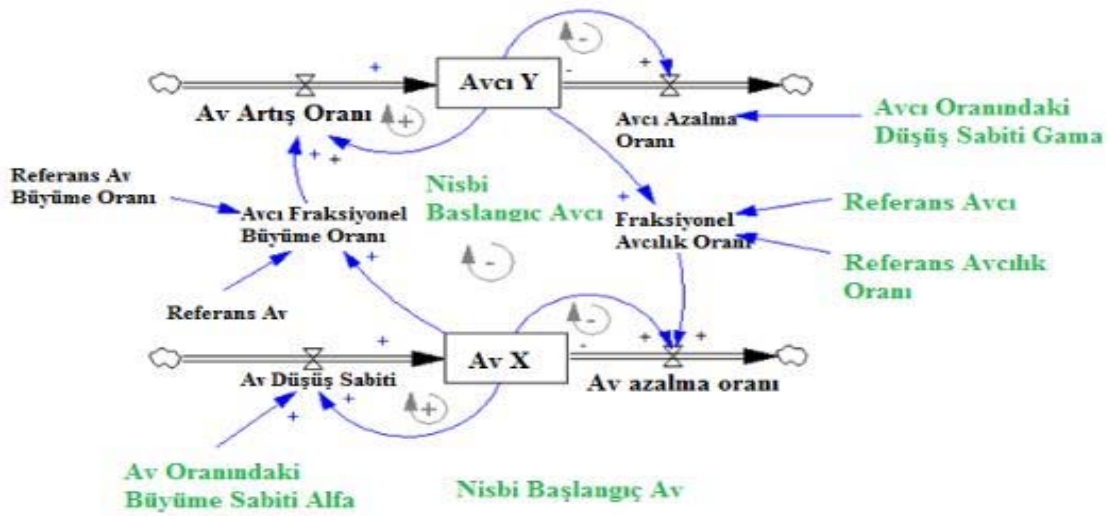
**Sistem dinamiği modelleme:** Sistem dinamiği modelleme yöntemi, 1950'li yıllarda Massachusetts Institute of Technology (MIT) üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Bir sistemin stoklar ve akışlardan oluştuğunu varsayarak bir stoğa giren ve çıkan akışların toplamının stoklardaki değişime eşit olduğu ilkesine göre kütle ve enerji dengesi kurulup zamana göre integrasyon yapılarak stokların zamana göre değerlerini hesaplayan bir tekniktir (Şekil 11.10). Birçok su kalitesi modelinde sistem dinamiği yöntemi kullanılmıştır. Modeller zaman boyunca süreklidir.

---

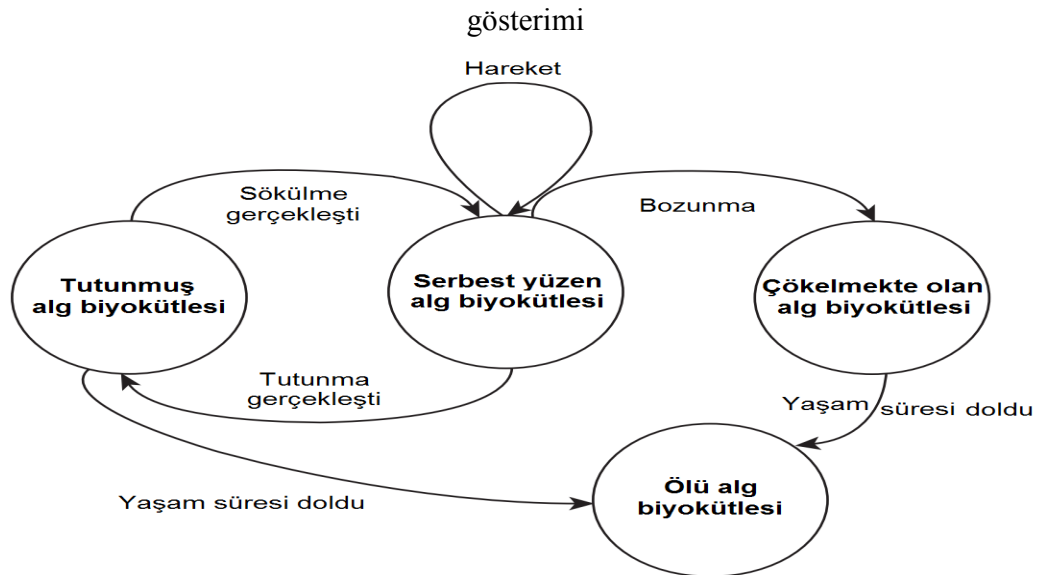
<sup>2</sup> Bu bileşenlerin tümü tüm su ekosistem modellerinde bulunmamaktadır.



**Ayrık olayların modellenmesi:** 1960'lı yılların başında International Business Machines (IBM) firması bünyesinde geliştirilmiş bir tekniktir. Bu teknikte olayları zaman sırasına ve etkin olduğu sürelerde dikkate alınmaktadır. Kaynakların oluşması-tükenmesi, güneşin doğuşu-batışı, canlıların üreme mevsiminin gelmesi gibi bazen zamana göre bazen de geçmişteki birikim sonucunda birden ortaya çıkan olayların etkisinin dikakte alınabilmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir. Canlı davranışlarının ve yaşam döngülerinin modellenmesi için de uygun bir bileşendir (Şekil 11.11). Ayrıca su kaynakları operasyonlarının modellenmesi için de uygun bir tekniktir.



Şekil 11.10 Lotka-Volterra av-avcı modelinin sistem dinamiği modelleme yöntemi ile



Şekil 11.11 Alg davranış ve yaşam döngülerinin ayrık olay modellemesi tekniği ile

gösterimi

**Ajan tabanlı modelleme:** Sistem dinamiği ve ayrık olayların modellenmesi ile karşılaştırıldığında nispeten yeni bir yöntemdir. Bir sistemin genel davranışının bilinmediği durumlarda, o sistemi oluşturan tekil bileşenlerin (ajanların) davranışlarının tek tek tanımlanarak tümevarım ile sistem genel davranışının benzeştirilmesi tekniğine dayanmaktadır. Larva dağılımları, canlı göçleri, istilacı türlerin yayılımı ya da çevresel koşulların canlı davranışları üzerindeki genel etkilerinin belirlenmesi gibi karmaşık problemlerin analizi için uygun bir modelleme tekniğidir.

Su ekosistemi modelleme çalışmaları; bu üç modelleme tekniğinin birden çoğunu eşzamanlı olarak kullanmasını gerektirebilmekle birlikte, su kalitesi problemlerine yönelik “ekolojik kalite modellerinin” uygulamasındaki çoğu durumda sistem dinamiği modelleme yeterli olduğundan, bu kısımda de sistem dinamiği tekniği kökenli su ekosistemlerinin modelleri üzerinde odaklanılmıştır.

Ekosistem modellerinin ilk örneği; 1920’li yıllarda türetilmiş olan Lotka-Volterra denklemleridir. Yapılan bağımsız çalışmalar (54, 55) sonucunda, kuramsal ekosistem modellerinin geliştirilebilmeleri için önemli adımlar atılmıştır. Ortaya koyulan denklemler, Lotka-Volterra av-avcı modelleri olarak bilinmektedir (Denklem 11.1 ve Denklem 11.2). Bu model, hem su hem de kara ekosistemlerine uygulanabilecek yapıdadır.

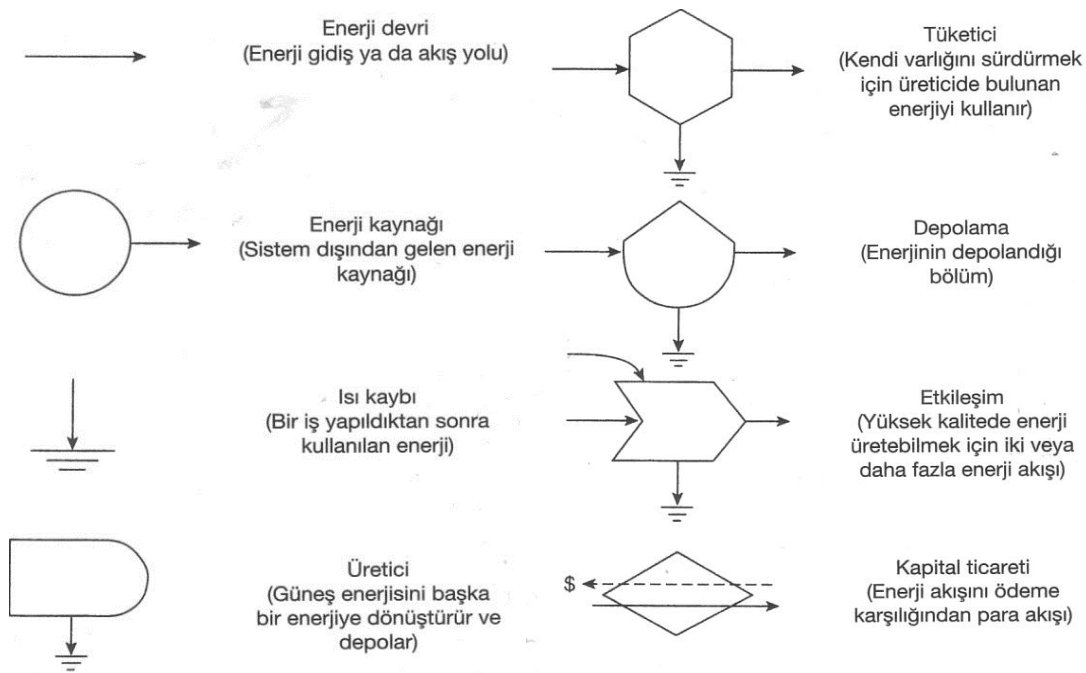
$$\frac{dA_v}{dt} = r \cdot A_v - a \cdot A_v \cdot A_{vcı} \quad (11.1)$$

$$\frac{dA_{vcı}}{dt} = b \cdot A_v \cdot A_{vcı} - m \cdot A_{vcı} \quad (11.2)$$

Bu denklemlerde;  $A_v$ : av biyoküklesi;  $A_{vcı}$ : avcı biyoküklesi;  $r$ : Avın üreme hızı sabiti;  $a$ : Avcının avlama hızı sabiti;  $b$  : Tüketilen birim av başına üreyen avcı  $m$  : Avcının ölüm hızı sabiti anlamındadır. Denklem 11.1 ve Denklem 11.2 olabilecek en basit ekosistem modeline örnektir. Yalnızca iki popülasyonun diğer kaynaklar sınırsızken birbirleri ile etkileşimlerinin dikkate almakta olmasına rağmen; Lotka-Volterra modeli, matematiksel açıdan analitik çözümleri nispeten hüner isteyen ve doğrusal olmayan bir diferansiyel denklem takımından oluşmaktadır. Lotka-Volterra denklemlerinin bu formu, popülasyon dinamiğinin modellenmesi açısından verilebilecek en basit canlı-canlı etkileşimli örnektir. Lotka-Volterra denklemlerinin; rekabet, mutualizm ya da parazitlik ilişkileri üzerine odaklanılan değişik birçok uyarlaması bulunmaktadır. İki popülasyonlu

model genişletilerek ikiden çok sayıda popülasyon etkileşimini dikkate alabilen modeller de türetilmiştir (56). Popülasyon dinamiği ile ilgili daha karmaşık gibi modeller (57) de geliştirilmiştir. Ayrıntılı bilgiler diğer kaynaklarda (56, 58, 59, 60) verilmiştir.

Ekosistem modellemeye destek olan temel bilgilerin önemli bir kısmı ise, iki ayrı ekol tarafından üretilmiştir. Bu ekollerden birisi; Eugene Odum diğeri ise Georgi G. Winberg tarafından kurulmuştur<sup>3</sup>. Bu iki ekolde de; ekosistemler, metabolizma enerjisi ve termodinamik yaklaşımlarla incelenmesi (Şekil 11.12) ve ekosistem modelleme için önemli sistem dinamiği yaklaşımları oluşturulmuştur.

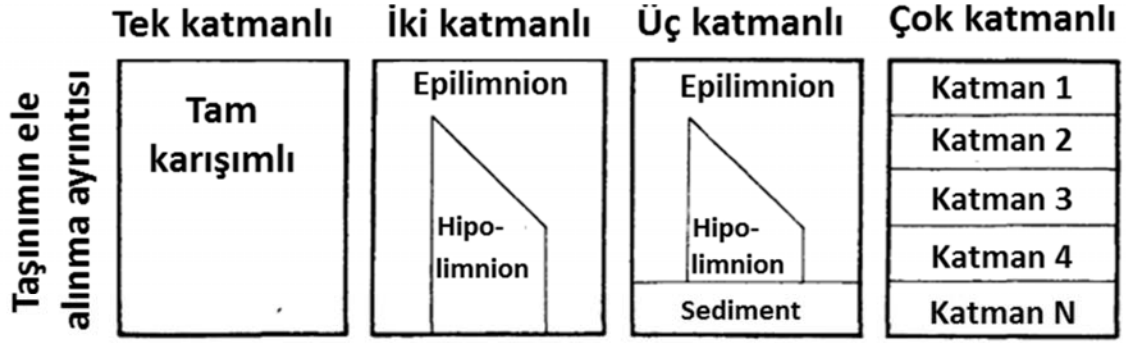


Şekil 11.12 Eugene Odum tarafından geliştirilmiş olan enerji dilinin bileşenleri

Bu ekollerin on yıllarca süren araştırmaları; ekosistem modellemenin birçok teoriye dayandırılmış disiplinler arası bir konu olmasına katkıda bulunmuştur. Bu teoriler ve yaklaşımlar, bu kitabın kapsamı dışında olduğundan kullanıcının temel bilgilere ulaşmak için diğer kaynaklara (61, 62) başvurması önerilmektedir.

Su ekosistemi modelleri; ihtiyaca göre değişik karmaşıklık seviyelerinde kurulabilmektedir (Şekil 11.13).

<sup>3</sup> Bu ekoller, bahsi geçen bilim insanları ve onların öğrencileri tarafından yaşatılmıştır. Aslında Odum ekoloji bilimindeki ABD-Batı Avrupa, Winberg ise soğuk savaş dönemindeki "Doğu Bloğu" etkisini temsil etmektedir.



### Durum değişkenlerinin sayısı

Her trofik seviye için bir durum değişkeni

Besin elementi
Fitoplankton
Zooplankton

Her trofik seviye için çok durum değişkeni

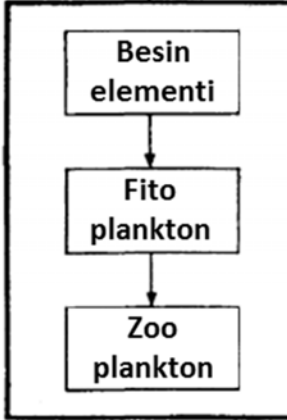
Besin elementlerinin sayısı		
1	2	çok
Fitoplankton sayısı		
1	2	çok
Zooplankton sayısı		
1	2	çok

Çok sayıda durum değişkeni

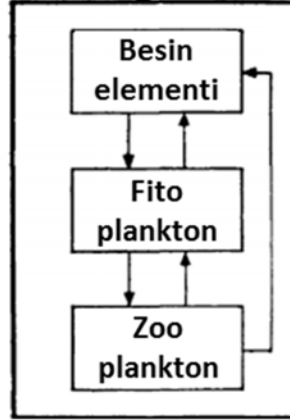
Fosfor
Azot
Oksijen
Çözünmüş organik madde
Fitoplankton
Makrofit (Mikroskobik olmayan su bitkileri)
Filtreleyen organizmalar
Avcı zooplankton
Bentoz (Tabanda yaşayan organizmalar)
Balık

**Biyolojinin ele alınma ayrıntısı**

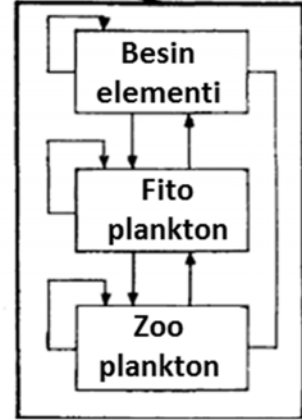
### Geri beslemelerin sayısı



Geri besleme yok



Durum değişkenleri arasında geri besleme

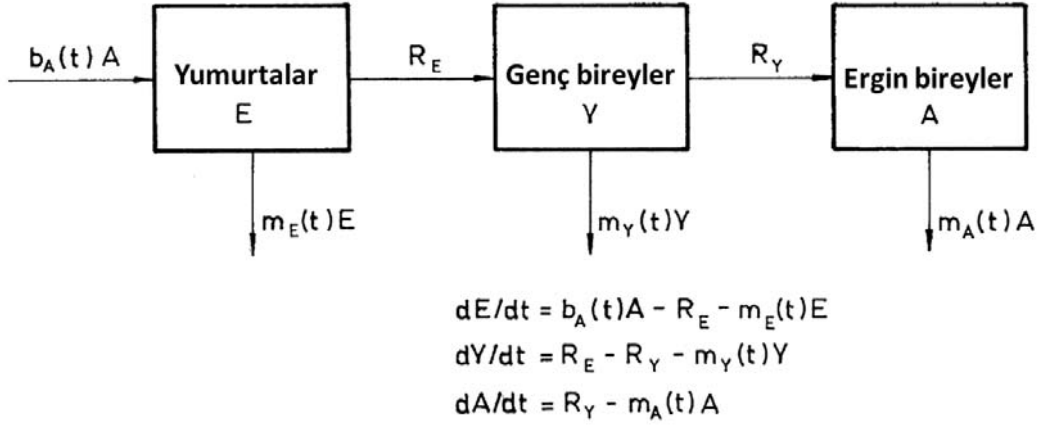


Durum değişkenleri arasında ve durum değişkeni içinde geri besleme

Şekil 11.13 Su ekosistemi modellerinin değişik karmaşıklık seviyeleri ((63)'den uyarlanmıştır))

Su ekosistemi modelleri karmaşıklaştıkça; alışlagelmiş su kalitesi modellerinde dikkate alınmayan süreçlerin de modele dâhil edilmesi gerekebilmektedir. Örneğin su ekosistemlerinde

yaşayan ve ikincil üretime katılan çoğu tüketicinin fitoplankton gibi birincil üreticilerden farklı olarak zamana ya da mevsimlere göre gelişme evreleri olabileceği ve her gelişme evresinin aynı çevresel koşullardan farklı etkilenebileceğinden bir canlı grubunun bir yerine birden çok durum değişkeni ile temsil edilmesi gerekli olabilmektedir (Şekil 11.14).



**Şekil 11.14** Gelişme evrelerine göre bir tüketici grubunun birden çok durum değişkeni ile temsil edilmesi

Bir canlının hangi gelişme evresinde olduğu, diğer canlılarla olan besin ağı etkileşimini de değiştirebilmektedir (Şekil 11.15).



**Şekil 11.15** İki canlı arasındaki beslenme ilişkisinin canlılardan birinin gelişme evresine göre değişimi

### **1.4.2. Genel Amaçlı Su Ekosistemi Modelleri**

Değişik su ekosistemlerine uygulanan birçok genel amaçlı su ekosistemi modelleme yazılımı geliştirilmiştir. Bu kısımda, ilgili yazılımlardan su kalitesine odaklı ve nispeten sık kullanılmış/kullanılmakta olan birkaç tanesi örnek olarak verilmiştir.

#### **1.4.2.1. WQRRS/CE-QUAL-R1 Modeli**

Water Quality for River and Reservoir Systems - WQRRS (64): U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Hydraulic Engineering Center (HEC) tarafından geliştirilmiş olan düşey doğrultuda (z) tek boyutlu ve dinamik su kalitesi simülasyonu yapabilen bir modeldir. Aslında baraj işletme koşullarının akarsu/rezervuar sistemlerinin su kalitesi üzerindeki etkilerini modellemek üzere tasarlanan model, proses kinetiği ve içerdiği su kalitesi değişkenleri nedeniyle lagün sistemlerinin modellenmesine uygun görülmektedir. Ancak model 1978 yılında geliştirilmiş olup, eski ana bilgisayarlar üzerinde çalışacak şekilde FORTRAN IV diliyle kodlanmış olup, elde edilmesi mümkün görülmemektedir. Model, birçok su kalitesi değişkeniyle birlikte, fitoplankton, zooplankton, balık ve bentik canlıların da simülasyonunu yapabilmektedir. Modelin değişik uyarlamaları bulunmaktadır. Bunlardan biri olan EGÖLEM, WQRRS modelinin rezervuar modülünün Gönenc ve diğ. (1990) tarafından IBM-PC ile uyumlu hale getirilip yeniden derlenmiş halidir. Biyokimyasal süreç kinetiği ve diğer model özelliklerinde herhangi bir değişiklik yapılmamış olan model, Küçükçekmece Lagünü'ne başarıyla uygulanmıştır (65, 66). WQRRS rezervuar modülü, daha sonra U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Waterways Experiment Station (WES) tarafından geliştirilerek CE-QUAL-R1 (67) adıyla kullanıma sunulmuştur. Bu yeni modelin çoğu özelliği WQRRS'e benzemekte olup modellenen parametrelere Fe, Mg da dahil edilmiştir. Model anaerobik süreçlerin de simülasyonunu yapabilmektedir.

#### **1.4.2.2. AQUATOX Modeli**

AQUATOX; konvansiyonel kirleticilerin ve ağır metaller dışındaki mikro kirleticilerin taşınım ve dönüşüm süreçlerinin dikkate alabilen ve bu kirleticilerin canlılar üzerindeki etkilerinin simülasyonunu yapabilen bir su ekosistemi modelidir. Modelin temel özelliklerinden birisi de, zooplankton, balık ve taban makro omurgasızları gibi tüketicilerin de temel süreçlerinin (çoğalma, ölüm, vb) simülasyonunu yapabilmektedir. AQUATOX; nesneye yönelik bir Pascal uyarlaması olan Delphi Object Pascal dilinde geliştirilmiş açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Su

ekosistemindeki canlılar ve ekosistem içindeki süreçleri model kodunda nesne sınıfları olarak tanımlanmış olduklarından, bilgisayar belleğinde kopyalanarak çoğullanmaları kolaydır. Bu özellik; yazılıma ortak özellikleri ancak farklı süreç hızları olan canlıların tanımlanmasını ve simülasyona canlılar ile ilgili durum değişkenlerinin eklenip çıkarılmasını mümkün hale getirmiştir. Benzer bir esneklik, mikro kirleticiler için de sağlanmıştır. Bu nedenle, AQUATOX halen genel olmakla birlikte, kinetik olarak ekosisteme göre kısmen özelleştirilebilen bir yapıdadır. Kutu modeli olarak tasarlanmış olan AQUATOX yazılımının tek zayıf yönü, üst üste en fazla iki kutu koyulmasını destekliyor olmasıdır. Bu nedenle, örneğin derin bir gölü düşeyde birden çok katmana değil yalnızca üst tabaka ve alt tabaka olarak iki katmana bölerek analiz edilmesine imkan tanımaktadır. Model; iç sulara ve kıyı-geçiş sularına uygulanabilmektedir.

#### **1.4.2.3. CAEDEM**

Göl ve haliç ekosistem modeli olarak geliştirilen CAEDEM, Fortran 90 dilinde yazılmış olup, AQUATOX modelinde olduğu gibi, değişik canlıların simülasyona eklenip çıkarılmasına izin vermektedir, ancak AQUATOX modeli kadar canlı durum değişkeni çeşitliliği içermemektedir. Ayrıca mikro kirleticileri doğrudan modellememektedir. CAEDEM, tek boyutlu bir göl ekosistemi modeli olan DYRSEM ve üç boyutlu bir hidrodinamik model olan ELCOM modelleri ile birlikte çalıştırılabilmektedir.

#### **1.4.3. Özel Amaçlı Su Ekosistemi Modelleri**

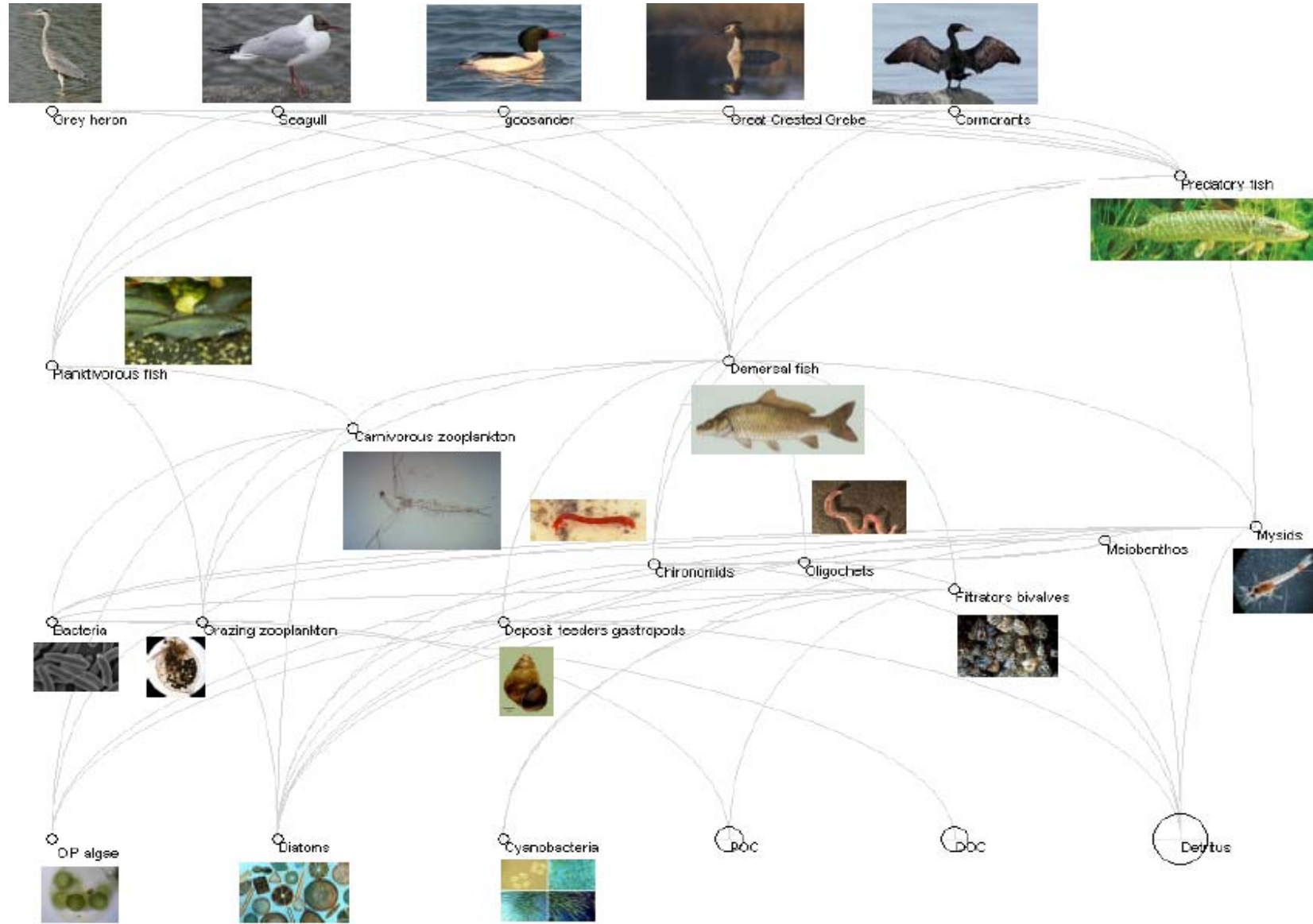
Herhangi bir su ekosistemi problemin analizine ya da çözümüne uygun bir araç olarak kullanılacak bir model, o problemin temel bileşenlerini de analiz edebilmek durumundadır. Bu nedenle, uygulamada sık rastlanan klasik su kalitesi problemlerinin (örneğin çözünmüş oksijen eksikliği ya da ötrofikasyon) çözümüne yönelik birçok modelleme yazılımı geliştirilmiştir ancak su kirlenmesi problemlerinin çeşitliliğinden dolayı nispeten az rastlanan bir problemin analizine yönelik modelleme yazılımı her zaman bulunmayabilmektedir. Bu durumda, problemi analiz etmekle görevli uzmanın kendi ekosistem modelini kendisinin geliştirmesi gerekebilmektedir. Herhangi bir su ekosistemi modelleme yazılımının ise, sıfırdan geliştirilmesi çok uzun bir süreçtir ve model denklemleri ya da sayısal çözüm yöntemlerine hakim olmak dışına yazılım geliştirme, yazılımda hata ayıklama ve kalite kontrolü gibi birçok uzun ve maliyetli sürecin de

tamamlanmasını gerektirmektedir. Kullanım amacı ve isteklerine bağılı olarak, bir modelinin kurulması ve çalıştırılması, birkaç ay ve birkaç yıl arasında sürebilmektedir.

Bununla birlikte; modellerde ortak kullanılan birçok nesne (örneğin durum değişkenleri, reaksiyon hızları), temel algoritma (örneğin kararlar, döngüler) ve genel hizmet rutinleri (örneğin iki değeri zamana, tarihe göre interpolate eden rutinler, matris çarpımı yapan rutinler, bir çalışma kitabının içeriğinin okunması, vb) bulunmaktadır. Bu bileşenlerin her su kalitesi modeli için baştan geliştirilmeleri, özellikle çevresel problemlerin çok çeşitli ve yönlü olduğu günümüz koşullarında özel amaçlı bilimsel çalışmalar dışında çoğu durumda gereğinden fazla zahmetli bir çaba olurdu. Bu nedenle; modellemeye uygun genel nesnelere içeren ve model geliştiricisinin yalnızca bu nesnelere aralarındaki etkileşimi tanımlayarak model oluşturmalarını sağlayan yazılımlar bulunmaktadır. Bu yazılımlar; sistem dinamiği teorisini temel alarak çalışmaktadır ve kullanıcı ile etkileşimi, genel model nesnelere şematik olarak görselleştirildiği bir grafik ara yüzünden sağlamaktadır. AQUASIM, Goldsim, Vensim ve Anylogic gibi genel amaçlı model oluşturma yazılımları, ya da Ecopath gibi kullanıcı tanımlı durum değişkenleri ile model kurulmasını sağlayan ekosistem modelleme yazılımları bu amaçla kullanılabilirlerdir.

Bu yazılımlardan Ecopath besin ağı modeli; su ekosistemlerinin modellenmesi için gerekli genel özellikleri içermektedir, ancak kullanıcıya herhangi bir durum değişkeni olmayan boş bir model sunmaktadır. Bu yapısı ile aslında Bölüm 11.3.2'de anlatılan türdeki genel su ekosistemi modelleri ile bu kısımda özetlenen ekosisteme özel su ekosistemi geliştirme araç ve yöntemleri arasında bir köprü kurmaktadır. Ecopath modeli; kararlı ve tam karışımli bir ekosistemi temsil etmekle birlikte, aynı yazılım paketi içindeki Ecosim tam karışımli ekosistemler, Ecospace ise konuma göre değişkenlikler nedeniyle tam karışımli olmayan ekosistemler için dinamik simülasyon yapabilmektedir. Şekil 11.16'da haliç tipi bir kıyı lagünü besin ağı için Ecopath kullanılarak geliştirilen örnek bir model verilmektedir.





Şekil 11.16 Haliç tipi bir kıyı lagünü ekosistemi için geliştirilen besin ağı modeli (68)

## 1.5. Özümleme Kapasitesi

Özümleme kapasitesi, herhangi bir mevcut durumu değil su kalitesinin ulaştırılması istenen bir sınır değeri temsil etmektedir. Sınır değer; su kalitesi disiplini anlamında bir ölçüttür ve bu nedenle bilimsel esaslara göre belirlenmelidir. Ancak, su kalitesi yönetimi amaçlı bir bakış açısında ilgili ölçüt, herhangi bir faydalı kullanım amacı temel alınarak belirlenmiştir.

Özümleme kapasitesi; gerçekte mevcut olmayan ya da su kalitesi için tanımlanan değişkenin; bir eşiği aşma anındaki değerine neden olan bir kirletici yüküne karşı geldiği için ancak mevcut durum ortaya koyulduktan sonra, hesap yapılarak belirlenebilir. Bu amaçla, su kütleleri için yük-konsantrasyon ilişkilerini veren modeller kullanılarak, durgun su kütlelerinin mevcut besin elementi yüklerinin özümleme kapasitesinden ne kadar ve hangi yönde saptıkları ve teorik olarak özümleme kapasitesinin aşılmaması için sisteme giren besin elementi yükünün ne olması gerektiğinin hesaplanması gerekmektedir.

### 1.5.1. Toplam Maksimum Günlük Yük Yaklaşımı

Toplam maksimum günlük yük (TMGY) yaklaşımı bir sistemdeki genel su kalitesi ölçütleri temel alınarak belirlenmiş olan eşik konsantrasyonların aşılmaması için günlük zaman biriminde hesaplanmış olan kirletici yüküdür. TMGY, alıcı ortamdaki konsantrasyondan geriye doğru hesap yapılarak yükün hesaplanmasını gerektirdiğinden özünde bir tür “ters hesaplama” ya da “ters modelleme” problemidir. Kirletici yükü ile alıcı ortamdaki kirletici konsantrasyonu ya da su kalitesi durumu arasındaki ilişkiye veren modelin ilgili denklemlerin analitik çözümüne dayanması durumunda bu ters problemin çözümü doğrudan mümkün olabilmekte iken, sayısal modellerin kullanılmasını gerektiren durumlarda model kurulduktan sonra deneme-yanılma yöntemi ile modele verilen yükün alıcı ortamdaki eşik konsantrasyona denk geldiği değerin belirlenmesi gerekmektedir. Her iki durumda da alıcı ortamdaki eşik konsantrasyonun ya da su kalitesi durumunun oluşmasına neden olduğu öngörülen yükü özümleme kapasitesi, bu yükün günlük zaman ölçeğindeki karşılığı ise TMGY olarak tanımlanır. TMGY belirlenirken proje ihtiyaçlarına göre basit ya da karmaşık modeller kullanılabilir. TMGY'nin belirlenmesi sürecinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmaktadır:

- TMGY'nin bir eşik hesabı olduğu unutulmamalıdır. TMGY sisteme hangi gün verilirse verilsin su kalitesinin istenen eşikte ya da aralıkta kalmasının garanti altına alınacağı öngörülen bir yüküdür, sisteme verilen gerçek bir yük değildir.

- TMYG ilgili su ekosisteminin durumu göz önünde bulundurularak verilen toplam günlük kotadır. Ekosisteminin değişime uğraması bekleniyor ise (örneğin havza içinde barajlar inşa edilmesi, su çekimlerinin artması, vb.) bu durum ek modelleme senaryoları ile tahkik edildikten sonra TMYG belirlenmelidir.
- TMGY sisteme hangi gün verilirse verilsin su kalitesinin istenen eşikte ya da aralıkta kalmasının garanti altına alınacağı öngörülen bir yük olacağından, sistemin yıl içindeki hangi durumunun temel alınacağı çok dikkatli belirlenmelidir. Örneğin söz konusu bir su ekosistemi akarsu ise, özellikle Türkiye gibi alanının çoğu kurak ya da yarı kurak olan ülkelerde hem su sıcaklığının artması hem de akarsuyun debisinin azalması durumunun gerçekleştiği yaz ayları dikkate alınması doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu durumda akarsuyun ilgili en kesiti için bir proje debisi belirlenmeli ve TMGY o debi temel alınarak hesaplanmalıdır. Belirlenen TMGY'nin pratik olarak sağlanmasının mümkün olmadığı durumlarda ise TMGY belirleme diğer çalışmalar ile (örneğin akarsuyun ekolojik debi ihtiyacının belirlenmesi çalışmaları ile) birlikte yürütülebilir.
- TMYG alıcı ortam için günlük bir kotadır ve hangi deşarj kaynağının ne kadar deşarj izni olduğunu belirlememektedir. TMYG'den deşarj limitlerine geçilmesi bir su kalitesi modelleme probleminden ziyade, su kalitesi yönetimi problemidir.

### 1.5.2. Seyrelme Faktörü Yaklaşımı

Seyrelme faktörü yaklaşımında; ilgili alıcı ortamın özümleme kapasitenin tümünün gelen yükü hacimsel olarak seyreltmesiyle oluştuğu ve kirleticilerin kinetik olarak tüketilmelerinin ihmal edilecek düzeyde olduğu varsayılmaktadır. Başka bir deyişle, kirletici korunan maddedir. Bu yaklaşım çok basittir ve uygulaması nispeten kolaydır. Seyrelme faktörü yaklaşımı ile özümleme kapasitesinin belirlenmesi su kalitesi modelinden çok, bir taşınım modelin kurulması ve kirleticinin korunan bir iz maddesi olarak tanımlandığı bir modelleme problemi olarak uygulanmaktadır. Kirletici korunan madde olarak ele alındığından mühendislik yaklaşımı bakış açısıyla özümleme kapasiteleri belirlenirken güvenli tarafta kalınmaktadır. Ancak bu nedenle, sisteme aslında gerçekte özümleyebileceğinden daha az kirletici yükü verilmesine neden olunmakta ve bu durum önlem maliyetlerini arttırabilmektedir. Yaklaşım; deşarj edilen maddenin başka bir maddeye dönüşmesi durumunda dikkatle uygulanmalıdır.

### 1.5.3. Karışım Bölgesi Yaklaşımı

Özümleme kapasitesi, çoğunlukla bir su ekosisteminin tümünün genel bir durumu üzerinden tanımlanmıştır. Daha önceden de belirtildiği gibi, faydalı kullanım ya da sistemin çevreyle ilgili durumunu tanımlayan eşik değerler üzerinden koyulan su kalitesi ölçütlerinin sağlanması durumunda su ekosisteminin ilgili kirletici yükünü özümleyebildiği sağlanmaması durumunda ise özümleyemediği yorumu yapılmaktadır.

Noktasal deşarjlar<sup>4</sup> söz konusu olduğunda, kirletici yükü su ekosistemine karışmadan önce etkisini su ekosistemindeki ile karşılaştırıldığında çok küçük bir hacimde göstermektedir. Bu durumda, sistemin geneli için belirlenen bir eşik değerin (örneğin alıcı ortamdaki kirletici konsantrasyonunun) deşarja yeterince yakın bir konumda sağlanması mümkün olmayacaktır. Sistem geneli için hedeflenen eşik değerlerin sağlanıp sağlanmadığının denetimi, deşarj noktasına ancak karışım olayının tamamlanmasının mümkün olacağı kadar uzak konumlar için anlamlıdır.

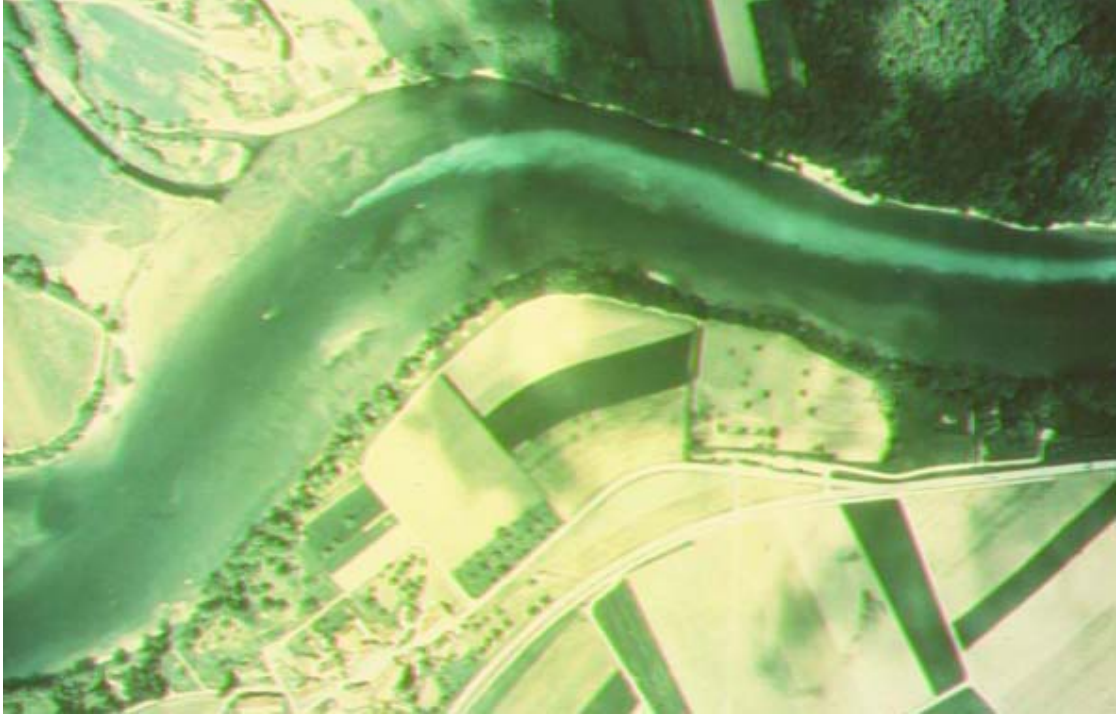
Genel analizde deşarjların alıcı ortam ile tamamen karıştığı varsayılmaktadır. Bununla beraber tam karışım varsayımı, çoğunlukla deşarj yeri yakınında gerçekleşmez ve alıcı ortamdaki kirletici konsantrasyonunun, deşarj konsantrasyonu ile tam karışım konsantrasyonu arasında değiştiği bir bölge oluşur (Şekil 11.17 ve Şekil 11.18). Bu bölgeye karışım bölgesi adı verilir.

Herhangi bir noktasal deşarj için; karışım bölgesi için “yakın alan”, karışım bölgesinin bittiği konumun mansabındaki bölge için ise “uzak alan” tanımları yapılmaktadır. Yakın alanda, ağırlıklı olarak seyrelmeye neden olan taşınım süreçleri gerçekleşme birlikte, nispeten az bir oranda madde dönüşümü de gerçekleşmektedir.

Özellikle toksik kimyasal maddeler içeren deşarjların karışım bölgesinin karakteristikleri önem kazanır. Zira zehirlilik etkisini azaltmak için su ekosistemine deşarj edilen kirleticinin kendini çevreleyen alıcı suyla hızlı bir şekilde karışarak kirletici konsantrasyonlarının düşürülmesi istenir.

---

<sup>4</sup> Noktasal deşarjlar; atıksu deşarjı gibi insan kaynaklı olabilmekle birlikte örneğin bir akarsuyun göle boşalması gibi doğal coğrafi birimler tarafından da oluşturulan girişlerin de noktasal kaynak olarak incelenmeleri ya da modellenmeleri mümkündür.



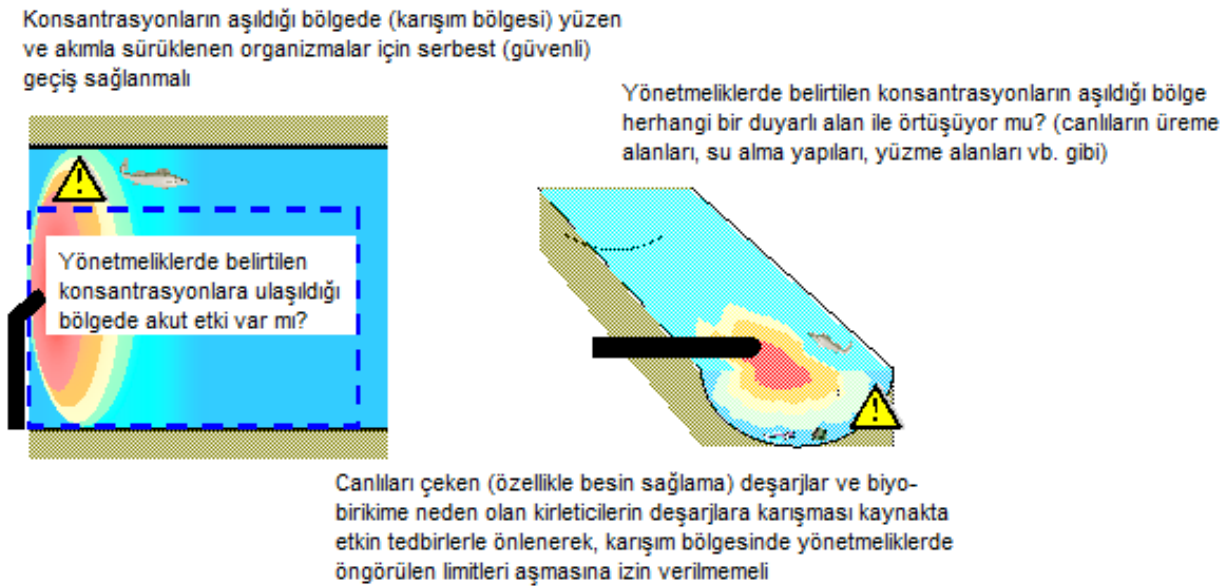
Şekil 11.17 Akarsularda karışım bölgesi oluşumu ([www.cormix.info](http://www.cormix.info) web adresinden alınmıştır)



Şekil 11.18 Durgun sularda karışım bölgesi oluşumu  
([www.cormix.info](http://www.cormix.info) web adresinden alınmıştır)

Karışım bölgesi, ekolojik açıdan yakın alan etkilerinin alıcı geneli ile karşılaştırıldığında nispeten daha yoğun olarak gözleneceği beklenen bir alandır. Bu nedenle, bu bölgede alıcı ortam olan su ekosisteminin geneline nazaran daha ayrıntılı araştırmalar yapılması gerekebilmektedir. Bu tür araştırmalar genellikle alışıl gelmiş izleme çalışmalarından daha zahmetli ve araştırılan birim alan için daha yüksek maliyetli olabileceğinden dikkatli planlanmalı ve araştırma bölgesinin sınırları iyi belirlenmelidir. Karışım bölgesindeki kirletici konsantrasyonlarının konuma ve incelenen olaya bağlı olarak zamana göre dağılımı önemlidir. Bu durumlar model kurulurken mutlaka dikkate alınmalıdır.

Karışım bölgesinin şekli alıcı ortamdaki akım koşullarına ve deşarj sisteminin tasarımına bağlıdır. Karışım bölgesinde alıcı ortam tarafından sağlanan seyrelme potansiyelinin tümü kullanılmamış olduğundan yönetmeliklerce belirlenen seyrelme sonrası su kalitesi ölçütlerinin ya da kirletici konsantrasyonu limitlerinin aşılması kaçınılmazdır. Deşarj sistemi tasarımında önemli olan, kirletici konsantrasyonu limitlerinin aşıldığı bölgeye (karışım bölgesi, yakın alan) paralel olarak geçiş koridorları oluşturularak üreme ya da başka amaçlarla göç eden ya da akıntı ile mansaba sürüklenen sucul organizmaların korunmasıdır (Şekil 11.19).



Şekil 11.19 Yönetmeliklerde tanımlanan limitlerin aşıldığı bölgeler (69)

Bu nedenle; deşarj sisteminin tasarımı sırasında karışım bölgesinin ve karışım bölgesi-deşarj sistemi etkileşiminin modellenmesi gereklidir. Karışım bölgesinin modellenmesi

- Deşarjın hidrodinamik anlamda yakın alandaki akıntılar ile girişim yapması

- Türbülansın yüksek olması
- Yakın alanda kısa mesafelerde önemli konumsal değişimler olabilmesi

gibi nedenlerle nispeten karmaşık bir konudur. Kurulacak modeller ise çok emek ve bilgisayar kaynağı gerektirebileceğinden, model yapılandırma sürecine başlanılmadan önce ön çalışmalar yapılarak ilgili deşarjın yakın alanının temel boyutları ve şekli belirlenmelidir. Böylece kurulacak ayrıntılı modelin konumsal sınırları ve sınır koşulları belirlenmiş olur.

Ön çalışmalara başlanılmadan önce, işi yapacak ekibin alıcı su ortamlarındaki karışım olayları hakkında yeterli temel bilgi sahibi olduğundan emin olunmalıdır. Bu amaçla alıcı ortamlardaki karışım konusundaki temel kaynakların (69) gözden geçirilmesi önerilmektedir. Akarsulardaki karışım olaylarının analizi ile ilgili daha ayrıntılı bilgi için (bkz. 70, 71), durgun iç sulardaki karışım olayları ise diğer kaynaklara (72) başvurulabilir. Ön çalışmalar ile ilgili faydalı olabilecek pratik bilgi ve yöntemler; başka kaynaklarda (39, 69) verilmektedir.

Ön çalışmalar tamamlandıktan sonra kurulacak model için alıcı ortamda ayrıntılı veri (örneğin yüksek çözünürlüklü batimetri, doğal türbülans, sıcaklık, yoğunluk, canlı türleri vb) temin edilmesi gerekebileceğinden sürece arazi çalışmaları dâhil edilmeli ve uzun süreli arazi izleme gerekebileceği düşünülerek çalışma takvimi bu duruma uygun olarak planlanmalıdır.

Karışım bölgesi analizi için değişik modeller kullanılabilirle birlikte; CORMIX modeli hem yakın alan analizini ayrıntılı yapabilmesi hem de deşarj sistemi hidroliği ve tasarımı ile ilgili araçlar içermesi nedeniyle öne çıkmaktadır. CORMIX bir yakın alan modeli olmakla birlikte Delft3D hidrodinamik modeli ile etkileşimli çalışması sağlanmıştır ve geliştirilen bu araç uzak alan analizi de yapabilmektedir. EFDC (Environmental Fluid Dynamics Vode) modeli de CORMIX kadar ayrıntılı olmasa yakın alan analizi yapabilmekte olan bir hidrodinamik modeldir. Türkiye’de geliştirilmiş olan HIDROTAM modelinin de benzer becerileri olduğu bilinmektedir.

#### **1.5.4. Basit Yaklaşımlarla Kurulan Ötrofikasyon Modelleri İle Özümlenme Kapasitesinin Belirlenmesi**

Bu kısımda; göllerde ötrofikasyona karşı alınacak önlemlerin planlanması amacıyla özümlenme kapasitesinin belirlenmesi anlatılmaktadır. İlgili yaklaşımda su kütlelerinin ötrofikasyon riski taşıması, özümlenme kapasitesinin aşılmış olması ve bu durumdaki su kütlelerinin mezotrofik su kalitesi hedefine ulaştırılması konuları üzerinde durulmaktadır. Çalışılan su kütlesi oligotrofik durumda ise su kütlelerinin kirlenmemiş durumu “oligotrofik durumun sürdürülmesi” olarak dikkate

alınmaktadır. Mezotrofik durum ile ilgili birçok kaynak değişik ölçütler ortaya koymaktadır. Ancak ülkemizde konu ile ilgili ölçütler 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği”nde tanımlanmış olup ilgili su kütlesinin Yönetmeliğin Ek-6 Tablo 9’deki su kalitesi ölçütlerine karşı gelen konsantrasyonlara ulaşmasını sağlayan besin elementi (azot ve fosfor) yükleri olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Özümleme kapasitesi, herhangi bir mevcut durumu değil durgun su kütlesinde aşılması istenen kirlilik yükü değerini temsil etmektedir. Bu nedenle, gerçek olmayan bir durumdur ve ancak mevcut durum ortaya koyulduktan sonra, hesap yapılarak belirlenebilir. Bu nedenle, özümleme kapasitesinin belirlenmesi için modellerden faydalanılması gerekmektedir.

Göldeki toplam fosfor (TP) konsantrasyonu toplam fitoplankton biyokütlesi, siyanobakteri oranı, alg patlamaları, anoksi, makrofit, zooplankton ve balık türlerinin kompozisyonu, suyun temizliği gibi göldeki su kalitesi ve genel ekosistem kompozisyonu açısından oldukça önemli bir göstergedir. TP konsantrasyonu göl ekolojisi arasındaki bu güçlü ilişki sebebiyle TP konsantrasyonuna etki eden faktörler üzerine çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmaların temelini Vollenweider’in (73, 74, 75) bekleme süresi ve TP yüklemesini baz alan kütle dengesi modeli oluşturmaktadır. Ayrıca gölün morfometrik/hidrolik karakteristiği ile TP bekleme süresi arasındaki genel ilişkiyi Vollenweider’in çalışmalarını geliştirerek ya da bundan bağımsız modeller kullanarak araştıran pek çok çalışma mevcuttur (50). Aşağıdaki tabloda literatürde yer alan azot ve fosfor yükleri için giriş yükü-çıkış yükü modelleri verilmiştir.

**Tablo 11.1** Literatürde Önerilmiş Yük-Konsantrasyon İlişkisi Modelleri

(50)

<b>Yazar</b>	<b>Formülasyon</b>	<b>Tahmin Edilen Parametre</b>
Vollenweider (1969)	$L, \sigma, z, qs$	Sednet
Dillon & Rigler (1974)	$L, Rp, z, p$	TP <sub>Lake</sub>
Imboden (1974)	$L, z, v, qs$	RP
Chapra (1975)	$Rp, v, qs$	RP
Dillon (1975)	$L, Rp, z, p$	-
Dillon & Kirchner (1975)	$Rp, \sigma, p$	RP
Kirchner & Dillon (1975)	$L, Rp, z, p$	RP
Snodgrass & O’Melia (1975)	$L, qs, \sigma, z$	TP <sub>Lake</sub>
Vollenweider (1975)	$L, qs, z, \sigma$	RP



<b>Yazar</b>	<b>Formülasyon</b>	<b>Tahmin Edilen Parametre</b>
Jones & Bachman (1976)	$L, z, p, \sigma$	TP <sub>Lake</sub>
Larsen & Mercier (1976)	TP <sub>in</sub> , RP	RP
Vollenweider (1976)	$L, qs, z$	LCRIT
Chapra (1977)	$LQC, Q, v, AL$	TP <sub>Lake</sub>
Ostrofsky (1978)	$LQC, Q, RP$	TP <sub>Lake</sub>
Schindler et al. (1978)	$L, z, Q, v, Tw$	TP <sub>Lake</sub>
Yeasted & Morel (1978)	$L, Tw, z, \sigma, v, RP$	Trofik durum
Chapra & Reckhow (1979)	TP <sub>in</sub> , $Tw$	TP <sub>Lake</sub>
Reckhow & Chapra (1979)	$L, Rp, qs$	RP
Reckhow (1979)	$Lz, Tw, qs, v$	TP <sub>Lake</sub>
Reckhow & Simpson (1980)	$L, v, qs$	TP <sub>Lake</sub>
Uttormark & Hutchins (1980)	TP <sub>in</sub> , RP, $L, z, p, \sigma$	Trofik durum
Canfield & Bachmann (1981)	$L, RP, z, p$	TP <sub>Lake</sub>
Higgins & Kim (1981)	TP <sub>in</sub> , $\sigma, Tw$	TP <sub>Lake</sub>
Nurnberg (1984)	$L, RP, qs$	RP
Stauffer (1985)	$L, qs$	TP <sub>Lake</sub>
Prairie (1988)	$L, RP, qs, \sigma, z, v$	Sed <sub>net</sub>
Reckhow (1988)	TP <sub>in</sub> , $\sigma, Tw$	TP <sub>Lake</sub>
Prairie (1989)	$L, qs, \sigma, z, RP$	Sed <sub>net</sub>
Dillon & Molot (1996)	RP, $v, qs$	RP
Nurnberg (1998)	$L, RP, qs$	TP <sub>Lake</sub>

Yük-konsantrasyon ilişkisi modellerinin notasyonu aşağıda sıralanmaktadır:

$AL$  : Gölün yüzey alanı (m<sup>2</sup>)

$L$  : Alansal TP yükleme oranı (mg TP m<sup>2</sup>/yıl)

$LCRIT$  : Kritik bir alansal TP yükleme oranı (mg TP m<sup>2</sup>/yıl)

$LQC$  : Geleneksel besin yüklemesi. Örn;  $Q \times TP_{in}$  (kg / yıl)

$Q$  : Çıkış debisi. Genellikle yıllık ortalama olarak ölçülür. (m<sup>3</sup>/yıl)

$qs$  : Alansal hidrolik yükleme oranı. Örn;  $Q/AL$  (m/yıl)

$RP$  : Gölün P tutma oranı, katsayısı (birimsiz)

$Sednet$  : Sedimentasyona bağlı net P kayıpları. Örn;  $LxRP$  (kg/yıl)

$TPin$  : Akış ağırlıklı TP akış konsantrasyonu (mg/m<sup>3</sup> veya µg/l)

$TP_{Lake}=TP_{out}$ : Göldeki ve çıkış suyundaki TP konsantrasyonu (mg/m<sup>3</sup> veya µg/l)

$v$  : TP içeren partiküllerin çökme hızı (m/yıl)

$VL$  : Göl hacmi (m<sup>3</sup>)

$z$  : Ortalama göl derinliği, Örn;  $VL/AL$  (m)

$p$  : Gölün yenilenme hızı, Örn;  $Q/VL$  (Yıl)

$Tw$  : Ortalama hidrolik kalış süresi, Örn;  $VL/Q$  (Yıl)

$\sigma$  : Gölde birinci derece TP kayıp katsayısı (1/yıl)

İlgili modellerden bazılarının denklemleri, örnek olmaları amacıyla aşağıdaki tabloda verilmektedir.

**Tablo 11.2** Örnek Yük-Konsantrasyon İlişkisi Modelleri

(Durgun Sularda Özümleme Kapasitesinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi. (2018))

Model	Uygulanan Göller	Model Türü	Denklem	Avantaj	Dezavantaj
Vollenweider (1976)	68 Baraj Gölü, USA 32 Baraj Gölü, Güney Afrika	Kararlı durum/ Tam karışım	$P = \frac{L}{Q_e \cdot (1 + Tw^{1/2})}$	Basit bir model olduğu için, Excel gibi bir elektronik tablo yazılımı içinde uygulanabilmesi	Modelde yük ve konsantrasyon ilişkisi doğrusal tanımlanmadığı için süperpozisyon ilkesinin geçersiz olması
Jones-Bachmann (1976)	75 Göl, Amerika	Kararlı durum/	$P = \frac{0,84 \cdot L}{Z \cdot 0,65 + p}$	Basit bir model olduğu için, Excel	Modelde yük ve konsantrasyon

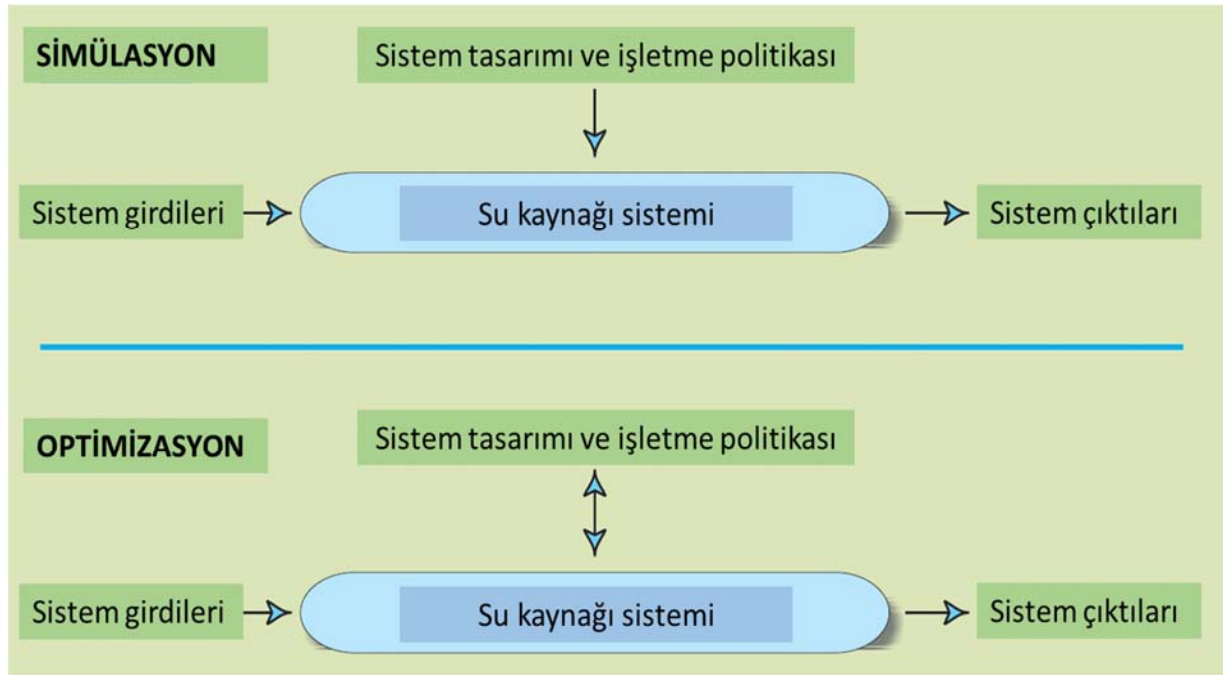
Model	Uygulanan Göller	Model Türü	Denklem	Avantaj	Dezavantaj
	68 Baraj Gölü, USA	Tam karışım		gibi bir elektronik tablo yazılımı içinde uygulanabilmesi	on ilişkisi doğrusal tanımlanmadığı için süperpozisyon ilkesinin geçersiz olması
Jones-Bachmann (1976)	704 yapay ve doğal göl, Avrupa ve Kuzey Amerika	Kararlı durum/ Tam karışım	$P = \frac{0,49 \cdot L}{Z \cdot (0,0926 \cdot (L/Z)^{0,51} + q^5)}$	Basit bir model olduğu için, Excel gibi bir elektronik tablo yazılımı içinde uygulanabilmesi	Modelde yük ve konsantrasyon ilişkisi doğrusal tanımlanmadığı için süperpozisyon ilkesinin geçersiz olması
Jones-Bachmann (1976)	271 doğal göl, Avrupa ve Kuzey Amerika	Kararlı durum/ Tam karışım	$P = \frac{0,8 \cdot L}{Z \cdot (0,0942 \cdot (L/Z)^{0,422} + p)}$	Basit bir model olduğu için, Excel gibi bir elektronik tablo yazılımı içinde uygulanabilmesi	Modelde yük ve konsantrasyon ilişkisi doğrusal tanımlanmadığı için süperpozisyon ilkesinin

Model	Uygulanan Göller	Model Türü	Denklem	Avantaj	Dezavantaj
					geçersiz olması
Jones-Bachmann (1976)	433 yapay göl, Avrupa ve Kuzey Amerika	Kararlı durum/ Tam karışım	$P = \frac{0,8 \cdot L}{Z \cdot (0,0569 \cdot (L/Z)^{0,639} + p)}$	Basit bir model olduğu için, Excel gibi bir elektronik tablo yazılımı içinde uygulanabilmesi	Modelde yük ve konsantrasyon ilişkisi doğrusal tanımlanmadığı için süperpozisyon ilkesinin geçersiz olması
Jones-Bachmann (1976)	704 doğal ve yapay göl, Avrupa ve Kuzey Amerika	Kararlı durum/ Tam karışım	$P = \frac{0,603 \cdot L}{Z \cdot (0,257 + p)}$	Basit bir model olduğu için, Excel gibi bir elektronik tablo yazılımı içinde uygulanabilmesi	Modelde yük ve konsantrasyon ilişkisi doğrusal tanımlanmadığı için süperpozisyon ilkesinin geçersiz olması
Dillon-Rigler (1974)	18 Göl, Kanada 68 Baraj Gölü, USA 32 Baraj	Kararlı durum/ Tam karışım	$P = \frac{L \cdot (1 - R)}{Z \cdot p}$	Basit bir model olduğu için, Excel gibi bir elektronik	Modelde yük ve konsantrasyon ilişkisi doğrusal

Model	Uygulanan Göller	Model Türü	Denklem	Avantaj	Dezavantaj
	Gölü, Afrika			tablo yazılımı içinde uygulanabilmesi	tanımlanmadığı için süper pozisyon ilkesinin geçersiz olması
OECD (1982)	87 Göl, Avrupa ve K. Amerika 14 Göl, İskandinavya 18 Alpin Göl, Avrupa 31 Göl, Kuzey Amerika 24 Göl, Avrupa ve K. Amerika	Kararlı durum/ Tam karışım	$P = \frac{(L/q_s)}{1 + \sqrt{T_w}}$	Basit bir model olduğu için, Excel gibi bir elektronik tablo yazılımı içinde uygulanabilmesi	Modelde yük ve konsantrasyon ilişkisi doğrusal tanımlanmadığı için süperpozisyon ilkesinin geçersiz olması

## 1.6. Optimizasyon Modelleri

Optimizasyon modelleri; su kalitesi çalışmalarında, havzayı ve içindeki bileşenleri, bir "su kaynakları sistemi" olarak ele alabilen ve bir amaç fonksiyonunu (örneğin önerilen tedbir maliyetlerini) maksimize ya da minimize etmeye yönelik en iyi çözümleri bulmaya yönelik modellerdir (Şekil 11.20). Genellikle amaç fonksiyonu basit bir simülasyon modelinin tersten çalıştırılmasıyla elde edilerek, yöneticilerin verdikleri kısıtlar altında çözüm yapılmaktadır.



Şekil 11.20 Simülasyon/Optimizasyon süreçleri

Optimizasyon modellerinin kullanımları alışlagelmiş simülasyon modellerinin kullanımına göre nispeten zordur ve modelleme konusunda daha çok deneyim gerektirmektedir, ancak su kalitesi/havza yönetiminin "çok ölçütlü karar verme" gibi önemli bileşenlerine faydalı veriler üretebilen modellerdir. Üzerinde çalışılan su kaynakları problemlerine göre kullanılacak optimizasyon tekniklerinden bazıları aşağıda sıralanmaktadır:

- **Doğrusal programlama:** Amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonlarının doğrusal olması durumunda kullanılır. Kirletici taşınım denklemleri özünde doğrusal denklemler olduğundan doğrusal programlamanın su kalitesi yönetiminde uygulama alanları mevcuttur.

- **Karesel programlama:** Amaç fonksiyonu karesel, kısıt fonksiyonları doğrusal olması durumunda kullanılabilir. Kirletici taşınım denklemleri özünde doğrusal denklemler olduğundan doğrusal programlamanın su kalitesi yönetiminde uygulama alanları mevcuttur.
- **Doğrusal olmayan programlama:** Amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonu doğrusal olmayan herhangi bir ifade olmasında kullanılabilir. Bu yöntemde kısıt fonksiyonu genellikle izole bir alt program olarak sisteme girildiğinden ve bir tür kara-kutu mantığı ile çalıştığından bütün bir sayısal simülasyon modelinin kısıt fonksiyonu olarak kullanılmasına imkan vermektedir.
- **Tamsayı programlama:** Kesikli amaç fonksiyonları (örneğin havzada alınan önlem seçenekleri ya da bir önlemin alınıp alınmaması durumu) için uygundur.
- **Dinamik programlama:** Zamana göre değişken problemler (örneğin hazne işletme programının su kalitesine etkisi) için uygundur.

## 1.7. Su Kalitesi Modellerinin Uygulanmasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Bir su kalitesi modelinin kurulması ve doğrulanması çok yıllık ve kaliteli verinin varlığına bağlıdır. Modelleme çalışmaları için de yeterli sürenin verilmesi gerekmektedir. Ancak bu koşullar Türkiye’de haklı nedenlerle her çalışmada sağlanamamaktadır. Modelleme su kalitesi yönetiminin bir sürecidir ve önemli olan, ideal bir modelleme çalışmasının yapılmasından çok elde edilen model sonuçlarının ne amaçla kullanılacağıdır. Bu kısımda, su kalitesi modelleme ile ilgili bazı savlar alt bölümler olarak verilmiş ve uygulamada olabilen bazı ön yargıların giderilmesi için irdelenmiştir.

### 1.7.1. Modelleme Çalışmalarının Ucuz Olması

Modellerin kullanımının maliyeti, doğal olarak çoğu su kaynağı yatırımından düşüktür. Ancak, modelleme çalışmasının amacına ve veri mevcudiyetin göre bu durum değişebilir. Temel maliyet kalemleri aşağıda verilmektedir.

- **Yazılım ve donanım maliyeti:** Özellikle açık kaynak kodlu ve ücretsiz yazılımların kullanılması durumunda, diğer maliyetlerin yanında nispeten düşük olmakla birlikte, özel durumlarda, tecrübeli bir mühendisin 1-2 adam yıl maliyetine denk gelebilir.
- **Büro çalışmaları:** Modelleme, nispeten uzun büro çalışmaları gerektirmektedir. Sanılanın aksine, veriler girildikten sonra "tuşa bas ve çalıştır sonuçlar gelir" beklentisi ile sonuç elde etmek genellikle mümkün olmamaktadır.

- **Arazi çalışması maliyeti:** Türkiye’de genellikle modelleme amacına uygun arazi verisi bulunmamaktadır ve araziye çıkılıp izleme yapılması gerekmektedir. İlgili maliyet kalemi, diğer maliyet kalemlerinden yüksek olabilmektedir.

### **1.7.2. Model Sonuçları Planlamada Doğrudan Kullanılabilmekte Olması**

Bu durum, ancak ideal koşullarda geçerlidir. Su kalitesi modelleme söz konusu olduğu zaman ideal koşullar, Türkiye’de mevcut değildir.

- Ülkemiz koşullarında, yağış-akış modellerinin yüksek güvenilirlikle doğrulanması için mevcut veri ve veri toplama altyapısı mevcuttur. Ancak modellerin çalıştırılması için gerekli arazi verileri her zaman elde edilememektedir.
- Su kalitesi modellerinin doğrulanmaları için, uzun yıllar boyunca (örneğin 5-10 yıl) ve zamansal olarak araları çok açık olmayan (örneğin aylık) veri gerekmektedir. Çoğu çalışmada ise, bu veriler bulunmadığından izleme yapılması gerekmekte ve ilgili izlemeler çoğunlukla bir yıllık, özel durumlarda iki yıllık olmaktadır.
- Bu durumda, çoğu su kalitesi modelinin mutlak durumun ortaya konulması yerine, ancak alternatif önerilerin birbirleri ile karşılaştırılması amacıyla kullanımı uygun olmaktadır.

### **1.7.3. Model ile Doğrudan Senaryo Analizi Yapılabilmesi**

Su kalitesi modelleri ile senaryo analizi yapılması mümkün değildir. Su kalitesi modelleri ancak değişik senaryolar için sonuç verebilmekte, kullanıcılar için su kalitesi yönetimine sürecinde alınması gereken tedbirlerle ilgili otomatik olarak senaryo üretmemektedir.

- Bazı uygulayıcı kuruluşlar, modelin doğrudan havza tedbirlerini vermesini beklemektedir. Ancak su kalitesi modelleri yalnızca su kalitesi yönetimi amaçlarına yönelik faydalı olacakları öngörülen önlemlerin su kalitesine etkilerini verebilirler. Başka bir deyişle, model için senaryo oluşturmak modelleme sürecinin değil, su kalitesi yönetimi sürecinin bir adımıdır.
- Senaryo sonucu olan değişikliklerin, modeli geçersiz hale getirmeleri ve bu nedenle yeni modelleme çalışmalarının yapılması gerekebileceği unutulmamalıdır. Örneğin fiziksel özellikleri aynı olan iki gölün birinin oligotrofik diğerinin ötrofik olması durumunda model kalibrasyonları farklı olacaktır. Buna dayanarak; halihazırda ötrofik olan ve o koşullarda kalibre edilen bir model ile yapılan senaryo analizinde göle giren yüklerin azaltılması sonucunda trofik durum değişirse, senaryo sonucu ulaşılmaması beklenen yeni durumda model





### 1.7.5. Veri Olmaması Durumunda Basit Su Kalitesi Modellerinin Kullanımı

Veri yok ise, basit bir model kullanmak iyi bir yaklaşım olarak kabul görmektedir.

Ancak;

- Model, matematiksel bir olgudur ve soyuttur. Modelde önemli olan denklemlerdir, denklemlerin nerede uygulandığı (kâğıt-kalem, hesap makinesi, Excel, paket program vb.) ise iş pratiği dışında önemsizdir.
- Basit modellerde, az miktarda model katsayısı olduğu için az veri ile doğrulabildikleri her zaman geçerli bir sav değildir. Burada, az sayıda katsayı ve değişken üzerine büyük ölçüde belirsizlik dağıtılması riskine girilmektedir.
- Çoğu fen ve mühendisliği eğitiminde, temel eğitimde hatta lisans seviyesinde ilk andan itibaren ağırlıklı olarak model kullanıldığı unutulmamalıdır. Örnekler: Newtonun ikinci yasası, statik-mukavemet, hidroloji ile ilgili yapılan dört işlem tabanlı hesapların çoğu, Manning denklemi, bakteri büyüme kinetiği, çözünmüş oksijen kaşık eğrisi, atık su arıtma tesisi tasarımı (hem fiziksel hem de biyolojik)

## KAYNAKÇA

1. Thomann R.V., Mueller J.A. 1987. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control, Harper Collins Publishers, 644 sayfa
2. Chapra, S. C., 1997. Surface Water Quality Modeling, McGraw-Hill Inc.
3. Saito, L. 1999. Interdisciplinary Modeling at Shasta Lake, Thesis presented to the Department of Civil Engineering Colorado State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy
4. Stefan, H. G., Ambrose, R. B., Dortch, M.S., 1990. Surface water quality models: Modeler's Perspective, Proceedings of the International Symposium on Water Quality Modeling of Agricultural Non-Point Sources, Part 1, June 19-23 1988, Utah State University, Logan, Utah, Ed.De Coursey, D. G., 421.
5. Bowie, G.L., Mills, W.B., Porcella, C.L., Campbell, C.L., Pagenkopf, J.R., Rupp, G.L., Johnson, K.M., Chan, P.W.H., Gherini, S.A., and Chamberlin, C.E. 1985. Rates, Constants and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling, Second Edition, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA, EPA-600/3-85-04
6. Streeter, H. W., Phelps, E. B., 1925. A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River, III. Factors Concerning the Phenomena of Oxidation and Reaeration. U.S. Public Health Service, Pub. Health Bulletin No. 146.
7. Howland, W. E., Farr, F. Jr. 1941. Graphical Analysis of the Oxygen Sag, Sewage Works Journal, Vol 13(1), pp 43-47.
8. Pearson, E. A. 1957. Discussion of Paper by Professor Donald J. O'Connor on The Measurement and Calculation of Stream Reaeration Ratio, Presented at Seminar on Dissolved Oxygen Relationships in Streams, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, U.S. Public Health Service, Cincinnati, Ohio, United States of America.
9. Thomann, R. V. 1967. Time Series Analyses of Water Quality Data, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(93), No: SA1, pp 1-23.
10. Purdy, R.W. 1968. What Do We Know About Natural Purification, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(94), No: SA1.

11. Ahlert, R. C., Mochumson, D. 1970. Oxygen Dynamics in the Thermal Mixing Zone, Presented at the 5<sup>th</sup> International Water Pollution Research Conference, July-August 1970, pp I-12/1 – III-12/13.
12. Manczak, H., Krasnodebski, R. 1970. A Mathematical Model of Self-Purification Process in a Canalized Highly Polluted River, Presented at the 5<sup>th</sup> International Water Pollution Research Conference, July-August 1970, pp I-7/1 – I-7/7.
13. Meier, P. G., Gannon, J. J., Bender, M. E. 1970. Oxygen Production in Experimental Channels, Presented at the 5<sup>th</sup> International Water Pollution Research Conference, July-August 1970, pp I-9/1 – I-9/17.
14. Parkhurst, J. D., Pomeroy, R. D. 1970. Oxygen Absorption in Streams, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(98), No: SA1, pp 101-124.
15. Hudson, H. E. Jr., 1962. High-Quality Water Production and Viral Disease, A paper presented on Jun. 18, 1962, at the Annual Conference in Philadelphia, Journal of AWW, pp 1265-1266.
16. Brezensky, F.T., Winter, J.A., 1969. Use of Delayed Incubation Membrane Filter Test for Determining Coliform Bacteria in Seawater, Water Research, Vol(3), pp 583-592.
17. Alabaster, J. S., Abram, F. S. H. 1964. Development of a Direct Method of Evaluating Toxicity to Fish, Proceedings of the Second International Conference on Water Pollution Research, Nippon Toshi Center, Tokyo, Japan.
18. Pickering, Q. H., Henderson, C., 1964. The Acute Toxicity of Some Heavy Metals to Different Species of Warm Water Fish, Proceedings of 19<sup>th</sup> Industrial Waste Conference, Purdue University, pp 578-591.
19. Brown, M.A. 1969. The Prediction of the Acute Toxicity of River Waters to Fish, Proceedings of the Fourth British Course Fish Conference, Liverpool University, England.
20. Armstrong N. E., Storrrs, P. N., Pearson, E. A. 1971. Development of a Gross Toxicity Criterion in San Francisco Bay, Presented at the 5<sup>th</sup> International Water Pollution Research, July-August 1970, Proceedings to be published by Pergamon Press Ltd. Spring 1971.
21. Li, W.H. 1962. Unsteady Dissolved-Oxygen Sag in Stream, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(95), No: SA5, pp 865-885.

22. Pence, G. D. Jr., Jeglic, J. M., Thomann, R. V. 1968. Time-Varying Dissolved Oxygen Models, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(94), No: SA2, pp 381-402.
23. Hobbes, G. D. 1970. The Mathematical Modelling of a Stratified Estuary, Presented at the 5<sup>th</sup> International Water Pollution Research Conference, July-August 1970, pp III-8/1 – III-8/6.
24. Thayer, R. P., Krutchkoff, R.G., 1967. Stochastic Model for BOD and DO in Streams, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(93), No: SA3, pp 59-72.
25. Bugliarello, G., Jackson, E.D., 1969. A Stochastic Model of Convective Diffusion from a Continious Source, Journal of Hydraulic Research (1969) No 2, pp 177-204
26. Custer, S. W., Krutchkoff, R.G., 1969. Stochastic Model for BOD and DO in Estuaries, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(88), No: SA3, pp 865-885.
27. Goldman, A. S ., Tucker, R.J. 1969. Use of Mathematical Models in Water Quality Control Studies, Department of Civil Engineering, Northeastern University, Program No. 16090, Grant No. WP-01090.
28. Grantham, G. R., Schaake, J. C. Jr., Pyatt, E.E. 1971. Water Quality Simulation Model, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(97), No: SA5, pp 569-585.
29. O'Connor, D. J., John, P. St., DiToro, M. 1968. Water Quality Analyses of the Delaware River Estuary, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol(94), No: SA6, pp 1225-1225.
30. Edmonson, W. T. 1970. Phosphorus, Nitrogen and Algae in Lake Washington after Diversion of Sewage, Science, Vol(169), pp 690-691.
31. Owens, M., Garland, J. N. H., Hart, I. C., Wood, G. 1972. Nutrient Budgets in Rivers, Symp. Zool. Soc. Lond., No. 29, pp 21-40.
32. Stadelmann, P., Fraser, A., 1974. Phosphorus and Nitrogen Cycle on a Transect In Lake Ontario, During the International Field Year 1972-1973 (IFYGL), Proceedings of 17<sup>th</sup> Conference in Great Lake Research, pp 92-108.

33. Welch, E. B., Wiederholm, T., Spyridakis, D. E. Rock, C. A. 1975. Nutrient Loading and Trophic State of Lake Sammamish, Washington, University of Washington, Department of Civil and Environmental Engineering, Water and Air Resources Division.
34. Bloesch, J., Stadelmann, P., Bührer, H. 1977. Primary Production, Mineralization and Sedimentation in the Euphotic Zone of two Swiss Lakes, *Limnology and Oceanography*, Vol(22), No. 3, pp 511-526.
35. Di Toro, D. M., O'Connor, D. L., Thomann, R. V. 1971. A Dynamic Model of the Phytoplankton Population in the Sacramento-San Joaquin Delta, *Advances in Chemistry Series 106, Nonequilibrium Systems in Natural Water Chemistry*, pp 131-180.
36. Thomann, R. V., Di Toro, D. M., Winfield, R. P., O'Connor, D. O. 1975. Mathematical Modeling of Phytoplankton in Lake Ontario, 1. Model Development and Verification, U.S. Environmental Protection Agency, Ecological Research Series, EPA-660/3-75-005
37. Di Toro, D. M., Connolly, J. P., 1980. Mathematical Models of Large Lakes, Part 2. Ontario Lake, National Environmental Research Center, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Ecological Research Series, EPA-600/3-80-065
38. Fisher, H.B., Imberger, J., List, E.J., Koh, R.C.Y., Brooks, N.H. 1979. *Mixing in Inland and Coastal Waters*, Academic Pres, NewYork, 483 sayfa
39. Martin, J.L, McCutcheon, S.C. 1999. *Hydrodynamics and Transport for Water Quality Modeling*, Lewis Publishers
40. Yang, C.T. 1996. *Sediment Transport Theory and Practice*, McGraw-Hill, 396 sayfa
41. Özyayın, V. 2003. Problems Related to Open Channels and Channel Design, Post Graduate Course in Sediment Transport Technology, UNESCO IPH: 4500008547, DSI, Ankara, Kurs Notları, Bölüm 2, 37 Sayfa
42. van Waveren, R.H., Groot,S.,Scholten,H.,van Geer, F.C.,Wösten, J.H.M., Koeze, R.D., Noort, J.J. 1999. *Good Modelling Practice Handbook*, STOWA report 99-05, ISBN 90-5773-056-1
43. Metropolis, Nicholas, and Stanislaw Ulam. "The monte carlo method." *Journal of the American statistical association* 44.247 (1949): 335-341.
44. Spear, R.C., 1997. Large Simulation Models: Calibration, uniqueness and goodness of fit, *Ecological Modelling & Software*, Vol 12, sayfa 219-228
45. McComb, Arthur J., and Rod J. Lukatelich. "The Peel-Harvey estuarine system, Western Australia." *Eutrophic shallow estuaries and lagoons* (1995): 5-17.

46. Piasecki M., Katapodes, N.D., 1997. Control of contaminant releases in rivers I: Adjoint sensitivity analysis, *Journal of Hydraulic Engineering* 123, sayfa 486-492
47. Piasecki M., 2004. Optimal wasteload allocation procedure for achieving dissolved oxygen water quality objectives, *Journal of Environmental Engineering* 130, sayfa 1322-1334
48. Omlin, M., Brun, R., Recihert, P., 2001. Biogeochemical Model of Lake Zurich: Sensitivity, identifiability and uncertainty analyses, *Ecological Modelling* 141, sayfa 105-123
49. Manache, G., Melching, C.S. 2004. Sensitivity analysis of a water-quality model using latin hypercube sampling, *Journal of Water Resources and Planning* 130, sayfa 232-242
50. Arhonditis, G.B ve Brett, M.T., 2005. Eutrophication model for Lake Washington (USA) Part I. Model description and sensitivity analysis, *Ecological Modelling* 187, sayfa 140 - 17
51. Brugnach, M., 2005. Process level sensitivity analysis for complex ecological models, *Ecological Modelling* 187, sayfa 99-120
52. Jorgensen, S.E., Nielsen, S.N., Jorgensen, L.A., 1991. *Handbook of Ecological Parameters and Ecotoxicology*, Elsevier Science Pub Co, 1264 sayfa
53. Çilek, A.S. 2005. Yüzeysel Su Kalitesi Modellerinde Besi Maddesi Döngüleri için Kullanılan Model Katsayıları için Veri Tabanı Tasarımı ve Geliştirilmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
54. Lotka, A.J. 1925. *Elements of Physical Biology*. Baltimore: Williams & Williams Co.
55. Volterra, V., 1926. Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically, *Nature*, 118, sayfa 558-560
56. Pastor J. 2008. *Mathematical Ecology of Populations and Ecosystems*, Wiley-Blackwell yayınevi, ISBN: 978-1-4051-8811-1
57. Beverton, R.J.H ve Hold S.J. 1954. *On the Dynamics of Exploited Fish Populations*
58. Legendre ve Legendre, 1998. *Numerical Ecology*, Second Edition, Elsevier Yayın evi, ISBN: 0-444-89249-4
59. Murray, J. D. 2001. *Mathematical Biology I: An Introduction*, Springer Yayın Evi, ISBN 0-387-95223-3
60. Murray, J. D. 2003. *Mathematical Biology II : Spatial Models and Biomedical Applications*, Springer Yayın Evi, ISBN 0-387-95228-4
61. Jorgensen, S.E., Svirezhev, Y.M., 2004. *Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems*, Elsevier

62. Singh, V.P. 2013. Entropy Theory and Its Applicatipon in Environmental and Water Engineering, Willey-Blackwell yayınevi, ISBN: 978-1-119-97656-1
63. Straskraba, M., Gnauck, A. H., 1985. Freshwater Ecosystems Modelling and Simulation. Elsevier, Yayın evi, Developments in Environmental Modelling Serisi. ISBN: 0-444-99567-6.
64. HEC, 1978 Generalized Computer Program, Water Quality for River-Reservoir Systems, The Hydrologic Engineering Center, United States Army Corps of Engineers
65. Çakır, A., EGÖLEM Modeli'nin Lagünlere Uygulanması, İTÜ Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Müh. Bölümü Programı, İstanbul, (1995).
66. Gönenç İ.E., Baykal, B.B., İnce, O., Aşıkoğlu, O. 1997. Ecosystem Modelling of Coastal Lagoons for Sustainable Management-A Case Study: Küçükçekmece Lagoon, Turkey, International Journal of Salt Lake Research, Vol.6, No.2, pp. 91-105.
67. Environmental Laboratory, 1995. CE-QUAL-R1: A Numerical One Dimensional Model of Reservoir Water Quality; User's Manual, Instruction Report E-82-1, Rev. Ed., US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
68. Ertürk, A. 2008. Modelling the Response of an Estuarine Lagoon System to Nutrient Inputs, Doctoral Dissertation in Biomedical Sciences, Ecology and Environmental Sciences (03B), Klaipeda Üniversitesi, Litvanya
69. Ertürk, A. Öztürk, İ. 2011. Akarsulara Deşarj, Bölüm 13: Deniz Deşarjı Tesisleri Tasarımı, Sayfa: 341-362, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
70. Rutherford, J.C. 1981. Handbook on Mixing in Rivers. Ulusal Su ve Toprak Koruma Organizasyonu, Su ve Toprak Bölümü, Yeni Zellanda Çalışma ve Kalkınma Bakanlığı.
71. Holley, E.R. ve Jirka, G.H. 1986 Mixing in Rivers, US Army Corps of Engineers, Technical Report E-86-11, ABD
72. Ford, D.E.i Johnson, L.S. 1986. An Assessment of Reservoir Mixing Processes, US. Army Corps of Engineers, ABD
73. Vollenweider, R. A. 1969. Moglichkeiten und grenzen elementarer modelle der stoffbilanz von seen. arch. *Hydrobiol*, 66, 1-36.
74. Vollenweider, R. A. 1975. Input-output models. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 37(1), 53-84.



75. Vollenweider, R. A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, Dott. Marco de Marchi Verbania Pallanza.*

