

Ankara Üniversitesi  
ZİRAAT FAKÜLTESİ

Yayın No: 1513  
Deer Kitabı: 406

# SU KİRLENMESİ VE KONTROLÜ

Prof.Dr. Doğan ATAY  
Doç.Dr. Serap PULATSÜ

ANKARA  
2000

Ankara Üniversitesi  
ZİRAAT FAKÜLTESİ

Yayın No: 1513  
Ders Kitabı: 466

# **SU KİRLENMESİ VE KONTROLÜ**

**Prof.Dr. Doğan ATAY Doç.Dr. Serap PULATSÜ**

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Su Ürünleri Bölümü

ANKARA

2000

**ISBN: 975-482-514-9**

ANKARA ÜNİVERSİTESİ BASIMEVİ • 2000

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İçindekiler.....	i
Şekil Listesi.....	iv
Çizelge Listesi.....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SU KALİTE KRİTERLERİ.....</b>	<b>5</b>
2.1. Sıcaklık.....	5
2.2. Tuzluluk.....	7
2.3. Bulanıklık.....	8
2.4. Çözünmüş Oksijen.....	11
2.5. pH.....	16
2.6. Karbondioksit.....	18
2.7. Toplam Alkalilik ve Toplam Sertlik.....	19
2.8. Ilıksu Balıkların Yetiştiriciliğinde Su Kalite Kriterleri.....	20
2.9. Soğuksu Balıkların Yetiştiriciliğinde Su Kalite Kriterleri.....	23
2.10. Bazı Deniz Balıklarının Yetiştiriciliğinde Su Kalite Kriterleri.....	28
2.11. Bazı Kabuklu Su Ürünlerinin Yetiştiriciliğinde Su Kalite Kriterleri.....	29
2.12. Yüzme Suyu Amaçlı Kullanılan Suların Genel Kalite Özellikleri.....	32
2.13. İçme ve Kullanma Amaçlı Yüzey Sularının Kalite Özellikleri.....	35
2.14. Kıta İçi Su Kaynaklarının Kalite Özellikleri.....	38
<b>3. SU KİRLENMESİ TİPLERİ.....</b>	<b>41</b>
3.1. Ağır Metal ve İz Elementlerle Kirlenme.....	41
3.2. Petrol Kirlenmesi.....	45
3.2.1. Yağların döngüsünü etkileyen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik faktörler.....	47
3.2.2. Petrolün denizlerde yaşayan canlılar üzerindeki etkileri.....	50
3.2.3. Petrol ve petrol ürünlerinin antımı.....	54
3.3. Endüstriyel Kirlenme.....	58
3.3.1. Yağ endüstrisi.....	58
3.3.2. Tekstil endüstrisi.....	59
3.3.2.1. Pamuk endüstrisi.....	59
3.3.2.2. Yün ve keten endüstrisi.....	60
3.3.3. Kağıt sanayi.....	61
3.3.4. Deri sanayi.....	62
3.4. Erozyondan Kaynaklanan Sediment Kirliliği.....	63
3.4.1. Erozyonun içsu kaynaklarına etkileri.....	65
3.4.2. Su ürünlerine etkileri.....	68
3.5. Tarımsal Mücadele İlaçlarının Yarattığı Kirlilik.....	68
3.6. Deterjanla Kirlenme.....	78
3.7. Termal Kirlenme.....	81

3.8. Organik Kirlenme.....	89
3.9. Zararlı ve Zehirli Maddelerle Kirlenme.....	90
3.10. İnorganik Besin Elementleriyle Kirlenme.....	100
3.10.1. Azotlu maddeler.....	100
3.10.2. Fosforlu maddeler.....	105
3.10.3. Gübrelerden kaynaklanan kirlilik.....	106
3.10.3.1. Çiftlik gübreleri.....	106
3.10.3.2. Ticari gübreler.....	108
3.11. Atmosferik Kirlenme.....	110
3.12. Radyoaktif Kirlenme.....	111
3.13. Katı Maddelerle Kirlenme.....	113
3.14. Yetiştiricilikten Kaynaklanan Kirlenme.....	116
3.14.1. Alıcı sedimentlerin organik zenginleşmesi.....	117
3.14.2. Su kalitesi üzerine besin elementi zenginleşmesinin etkileri... ..	122
3.14.3. Yabani balık stokları, yabani hayat.....	126
3.14.4. Kimyasal maddelerin kontrolsüz kullanımı.....	126
3.15. Turizmden Kaynaklanan Kirlenme.....	128
3.16. Asit Yağmurları.....	129
3.16.1. Asidifikasyon nedir?.....	130
3.16.2. Asidifikasyon yüzey suları üzerindeki etkileri.....	136
3.16.3. Asidifikasyonun su ortamında yaşayan canlılar üzerindeki etkileri.....	136
3.16.4. Asidifikasyonu kontrol yöntemleri.....	149
3.17. Mikroorganizmalar.....	153
<b>4. DENİZ KİRLENMESİ.....</b>	<b>158</b>
4.1. Karadeniz.....	158
4.2. Marmara Denizi.....	173
4.3. Ege Denizi.....	178
4.4. Akdeniz.....	193
<b>5. GÖL KİRLENMESİ.....</b>	<b>197</b>
5.1. Ötrofikasyon.....	197
5.2. Göllerin Korunumuna Yönelik Önlemler.....	199
5.3. Bazı Göllerimizin Kirlilik Durumları.....	200
5.3.1. Marmara Bölgesi'ndeki göller.....	200
5.3.2. Göller Bölgesi.....	204
5.3.3. Batı Anadolu Gölleri.....	236
5.3.4. Tuz Gölü.....	237
5.3.5. Van Gölü.....	238
5.3.6. Keban Barajı Gölü.....	240
<b>6. AKARSU KİRLENMESİ.....</b>	<b>243</b>
6.1. Türkiye'nin Akarsuları ve Akarsulara Özgü Kirlenme Sorunları... ..	246
6.1.1. Meriç Havzası.....	247
6.1.2. Marmara Havzası.....	248

6.1.3. Susurluk Havzası.....	249
6.1.4. Kuzay Ege Havzası.....	251
6.1.5. Gediz Havzası.....	252
6.1.6. Küçük Menderes ve Büyük Menderes Havzaları.....	252
6.1.7. Batı Akdeniz ve Antalya Havzaları.....	254
6.1.8. Sakarya Havzası.....	254
6.1.9. Yeşilirmak Havzası.....	258
6.1.10. Kızılırmak Havzası.....	259
6.1.11. Konya Kapalı Havzası.....	259
6.1.12. Seyhan ve Ceyhan Havzaları.....	259
6.1.13. Doğu Karadeniz Havzası.....	259
6.1.14. Fırat ve Dicle Havzaları.....	260
<b>7. YERALTI SUYU KİRLENMESİ.....</b>	<b>262</b>
<b>8. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRME (ÇED) RAPORU.....</b>	<b>267</b>
8.1. ÇED Raporunun Kapsamı.....	267
8.2. ÇED Raporu İçin Temel Veriler Konusu.....	267
8.3. ÇED Raporunda Yöntem Meselesi.....	269
8.4. Deniz Deşarjları ile İlgili Çevresel Etki Değerlendirmesi.....	271
8.4.1. Kontrol listesi.....	272
8.4.2. Çevresel etki değerlendirme matrisi.....	279
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>281</b>
<b>İNDEKS.....</b>	<b>289</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Havuzlarda ısı tabakalaşması.....	5
Şekil 2.2. Tilapia yetiştiriciliğinde besin zinciri.....	10
Şekil 2.3. Fitoplanktonların levrek balığının besin zincirindeki yeri.....	10
Şekil 2.4. Balık havuzlarında plankton zenginliği ile Secchi diskü değeri arasındaki ilişki.....	11
Şekil 2.5. Plankton yoğunlukları farklı olan havuzların farklı derinliklerinde öğleden sonraları çözünmüş oksijen derişimi..	14
Şekil 2.6. Plankton yoğunlukları farklı havuzların su yüzeyinde çözünmüş oksijen derişimindeki günlük dalgalanmalar.....	14
Şekil 2.7. Çözünmüş oksijen derişiminin havuz balıkları üzerine etkisi..	15
Şekil 2.8. Bir durgun su balık havuzunda pH'daki günlük dalgalanmalar.....	16
Şekil 2.9. pH'ın balıklara etkisi.....	17
Şekil 2.10. Bir balık havuzunda fitoplankton ölçümü öncesi ve sonrası çözünmüş oksijen derişimleri.....	18
Şekil 3.1. Kafeslerin altında organik girdinin etkilenmiş olduğu zonlar...	119
Şekil 3.2. Kafesten gelen atığın su içindeki yollarının gösterilmesi.....	121
Şekil 3.3. Entansif kafes yetiştiriciliğinden çevreye verilen azot ve fosfor yükü (kg/ton balık (yıl).....	124
Şekil 3.4. pH skalasında asit yağmuru sınırları.....	131
Şekil 3.5. Kükürt ve azot oksitlerin taşınımı, kimyasal dönüşümleri ve çevresel etkileri.....	132
Şekil 3.6. Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> ) ve azotoksit (NO <sub>x</sub> ) emisyonlarının doğrudan ve dolaylı etkileri.....	133
Şekil 3.7. SO <sub>2</sub> ve NO <sub>x</sub> kirlenmelerinin en önemli kaynakları.....	134
Şekil 3.8. Yağış alanındaki iyon hareketleri.....	135

Şekil 3.9.	Bazı İsveç göllerinde pH ve $Ca^{+2}$ konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	137
Şekil 3.10.	pH ve Secchi diski derinliği arasında ilişki.....	138
Şekil 3.11.	Norveç göllerinde pH ve su sümüklüleri (Gastropoda) sayısı arasındaki ilişki .....	143
Şekil 3.12.	Düşük alüminyum (35 $\mu$ g Al/l) ve yüksek alüminyum (200-300 $\mu$ g Al/l ) düzeyine sahip sulardan temin edilen dere afabalıklarının solungaç lamellerinden bir görüntü.....	147
Şekil 3.13.	Kireçlemenin göllerin alüminyum konsantrasyonu üzerindeki etkileri.....	150
Şekil 3.14.	Kireçlemenin göllerin fitoplankton yoğunlukları üzerine etkisi	150
Şekil 3.15.	Kireçlemeden sonra planktonik krusiyeaların varlığı ile pH arasındaki ilişki.....	151
Şekil 3.16.	Kireçlemeden sonra istakoz stoklarında gözlenen gelişim durumu.....	151
Şekil 3.17.	Kireçlemenin tuzlu balıkların etinde tespit edilen civa düzeyi üzerindeki etkisi.....	152
Şekil 4.1.	Akdeniz çukuruğunun alt bölümleri ve Ege Denizinin konumu...	180
Şekil 4.2.	Ege Denizi'nin hidrografik alt bölgeleri.....	182
Şekil 4.3.	Ege Denizi'nde yüzey suları sıcaklığının ortalama aylık dağılışı.....	183
Şekil 4.4.	Ege Denizi'nde yüzey suları tuzluluğunun ortalama mevsimsel dağılışı.....	184
Şekil 4.5.	Akdeniz'de çeşitli kaynaklardan gelen azot ve fosfor miktarları.....	185
Şekil 4.6.	Ege Denizi yüzey suyu aylık ortalama tuzluluk - çözünmüş oksijen diagramı.....	186
Şekil 4.7.	Akdeniz'in kirlilik çalışmaları için ayrılmış alt bölgeleri.....	189
Şekil 5.1.	Aşırı besin yükünün göl ortamına etkisi.....	198
Şekil 5.2.	Sapanca Gölü'nde su kalite parametrelerinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri.....	201



Şekil 5.3.	Manyas Gölü'nde su kalite parametrelerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri.....	202
Şekil 5.4.	İznik Gölü'nde su kalite parametrelerinin minimum ortalama ve maksimum değerleri.....	203
Şekil 5.5.	Apolyont Gölü'nde su kalite parametrelerinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri.....	204
Şekil 5.6.	Akşehir Gölü'nde su kalite parametrelerinin tipik değerleri (bulanıklık [JTU], renk, elektriksel iletkenlik [ $\mu\text{mho/cm}$ ], sertlik [°FS] ve pH dışındaki tüm parametreler mg/l cinsindedir).....	205
Şekil 5.7.	Eber Gölü'nde su kalite parametrelerinin tipik değerleri (sıcaklık [°C], elektriksel iletkenlik [ $\mu\text{mho/cm}$ ], bulanıklık [JTU], sertlik [°FS], renk ve pH dışındaki parametreler, mg/l cinsindedir).....	206
Şekil 5.8.	Karamık Gölü'nde su kalitesi parametrelerinin tipik değerleri (sıcaklık [°C], elektriksel iletkenlik [ $\mu\text{mho/cm}$ ], bulanıklık [JTU], Secchi diski derinliği (m), sertlik [°FS], renk ve pH dışındaki tüm parametreler mg/l cinsinden verilmiştir).....	208
Şekil 5.9.	Beyşehir Gölü'ne su sağlayan kaynaklar.....	209
Şekil 5.10.	Beyşehir Gölü'nde yıllık yağış ve buharlaşma.....	210
Şekil 5.11.	Beyşehir Gölü su seviyesindeki değişimler.....	211
Şekil 5.12.	Beyşehir Gölü'nde 1981-1992 arasındaki balık üretimi.....	216
Şekil 5.13.	Yükseklik / hacim ve yükseklik / yüzey alanı eğrileri.....	217
Şekil 5.14.	Burdur Gölü'nde su kalitesi parametrelerinin tipik değerleri (sıcaklık [°C], elektriksel iletkenliği [ $\mu\text{mho/cm}$ ], bulanıklık [JTU], secchi diski derinliği (m), sertlik [°FS], tuzluluk [ppt], renk ve pH dışındaki tüm parametreler mg/l cinsinden verilmiştir).....	220
Şekil 5.15.	1970-1974 yılları arasında Eğirdir Gölü'nün su seviyesinde meydana gelen değişimler.....	223
Şekil 5.16.	1985-88 ile 1995-96 yılları arasında Eğirdir Gölü suyuna ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerinin karşılaştırılması.....	224

Şekil 5.17.	Kabaca (1.ist.) İstasyonunda 1985-86 ve 1995-96 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri.....	225
Şekil 5.18.	Gazirî (2.ist.) İstasyonunda 1985-86 ve 1995-96 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri.....	228
Şekil 5.19.	Köprü (3.ist.) İstasyonunda 1985-86 ve 1995-96 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri.....	228
Şekil 5.20.	Sağıla (4.ist.) İstasyonunda 1985-86 ve 1995-96 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri.....	227
Şekil 5.21.	Sarıkamış (5.ist.) İstasyonunda 1985-86 ve 1995-96 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri.....	227
Şekil 5.22.	Eğirdir Gölü entegre su yönetimi şeması.....	235
Şekil 6.1.	Noktasal bir organik kirlilik yükünün akarsuya etkisi. A ve B'de fiziksel ve kimyasal, C'de mikroorganizma tür ve sayılarındaki, D'de ise hayvan türlerindeki değişimler izlenmektedir.....	245
Şekil 6.2.	Toksik maddeler içeren bir noktasal atık su deşarjının akarsudaki yaşam türleri üzerine etkisi.....	246
Şekil 6.3.	Meriç ve Marmara havzalarında seçilmiş bazı akarsularda ölçülmüş minimum çözünmüş oksijen ve maksimum $BO_5$ konsantrasyonları.....	249
Şekil 6.4.	Susurluk havzasında seçilmiş bazı istasyonlarda minimum çözünmüş oksijen ve maksimum $BO_5$ konsantrasyonları.....	251
Şekil 6.5.	İzmir Körfezine dökülen derelerdeki bazı kirlenmelerin maksimum konsantrasyonları.....	254
Şekil 6.6.	Sakarya Nehrinin kirlilik profili.....	256
Şekil 6.7.	Sakarya havzasında ölçülmüş maksimum $BO_5$ ve minimum çözünmüş oksijen konsantrasyonları.....	258
Şekil 7.1.	Aşırı çekim nedeniyle yeraltı suyu kirlenmesi.....	265
Şekil 8.1.	Çevresel etki değerlendirme raporunun hazırlanması için genel yaklaşım.....	272
Şekil 8.2.	Deniz deşarjı projelerinin çevresel etki değerlendirme matrisi.....	280

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Tarımsal üretim yapısındaki gelişme (%).....	1
Çizelge 1.2. Su ürünleri üretim alanlarının büyüklüğü.....	1
Çizelge 2.1. Yetiştiriciliği yapılan bazı balıkların tuzluluğa azami toleransları.....	7
Çizelge 2.2. Çözünbilir oksijen ile yükseklik arasındaki ilişki.....	12
Çizelge 2.3. Bir atmosferik basınçta, saf sudaki oksijenin sıcaklığa bağlı çözünürlüğü.....	12
Çizelge 2.4. Çeşitli klorür derişimleri ve sıcaklık derecelerinde suyun oksijen doygunluk dereceleri ( $\text{gO}_2/\text{m}^3$ ).....	13
Çizelge 2.5. Balık havuzlarında beklenen oksijen artışı ve azalışları.....	13
Çizelge 2.6. Bazı balık türleri için öldürücü oksijen düzeyleri.....	15
Çizelge 2.7. Sazangil yetiştiriciliğinde su kalite kriterleri.....	21
Çizelge 2.8. Azebalık yetiştiriciliğinde su kalite kriterleri.....	26
Çizelge 2.9. Kabuklu su ürünleri yetiştiriciliğinde su kalite kriterleri.....	31
Çizelge 2.10. Yüzme amacıyla kullanılan suların genel kalite özellikleri	33
Çizelge 2.11. İçme ve kullanma suyu hazırlanmasında kullanılan yüzey sularının özellikleri.....	36
Çizelge 2.12. İçsuların organoleptik özellikleri.....	38
Çizelge 2.13. İçsuların fizikokimyasal özellikleri.....	39
Çizelge 2.14. İçsuların organik özellikleri.....	39
Çizelge 2.15. İçsuların inorganik kirlenme özellikleri.....	40
Çizelge 2.16. İçsuların radyoaktif özellikleri.....	40
Çizelge 2.17. İçsuların bakteriyolojik özellikleri.....	40
Çizelge 3.1. Çeşitli alkali kurşun bileşiklerinin zehirliliği, mg/l.....	41

Çizelge 3.2.	Balık ve kabuklu su ürünlerinde petrol ürünleri ile bulaşmaya ilişkin örnekler.....	54
Çizelge 3.3.	Demirleme ve katalitik reforming birimlerinin atıksu sınır değerleri.....	57
Çizelge 3.4.	Parçalama birimlerinin atıksu sınır değerleri.....	57
Çizelge 3.5.	Petrokimyasal işlem birimlerinin atıksu sınır değerleri.....	57
Çizelge 3.6.	Zeytinyağı üretimi atıksu karakteristikleri.....	58
Çizelge 3.7.	Pamuk temizleme işlemlerinden kaynaklanan atıksu sınır değerleri.....	60
Çizelge 3.8.	Yünlü ve keten tekstil ürünleri imalatından kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri.....	61
Çizelge 3.9.	Ağartılmamış kraft yöntemi ile kağıt hamuru ve kağıt üreten tesislerden kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri.....	62
Çizelge 3.10.	Yarı kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru ve kağıt üreten tesislerden kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri (amonyum kullanan tesisler).....	62
Çizelge 3.11.	Yarı kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru ve kağıt üreten tesislerden kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri (sodyum kullanan tesisler).....	62
Çizelge 3.12.	Bir deri fabrikasının değişik yerlerinden alınan örneklerin özellikleri.....	63
Çizelge 3.13.	Bazı pestisitlerin gökkuşağı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) üzerine akut etkileri.....	70
Çizelge 3.14.	1 ppm organik klorlu pestisitlerin fitoplankton verimi üzerine etkisi.....	70
Çizelge 3.15.	Organik klorlu pestisitlerin bazı zooplankton yumurtaları ve larvaları üzerine etkileri.....	71
Çizelge 3.16.	Lindan, metil parathion, 2,4-D ve CuSO <sub>4</sub> 'ün aynalı sazan, tilapia ve yılan balıkları için saptanan 24 saat LD-50 değerleri.....	73
Çizelge 3.17.	Maneb, zineb, quintozen, trifluralin ve DDT'nin aynalı sazan yavruları için tespit edilen 96 saatlik LD değerleri....	74

Çizelge 3.18.	Çeşitli insektisitlerin su ürünlerine olan etkileri.....	75
Çizelge 3.19.	Insektisidlerin balıklara olan toksisitesi (96 saatlik periyotta %50 ölüm meydana getiren doz, ppb.).....	76
Çizelge 3.20.	Deterjan bileşikleri.....	79
Çizelge 3.21.	Deterjanların içerdiği maddeler ve işlevleri.....	80
Çizelge 3.22.	Su ortamındaki sıcaklık artışının çeşitli canlılar üzerine etkileri.....	85
Çizelge 3.23.	Su ortamındaki sıcaklık artışlarının mekanik ve termal etkileri.....	85
Çizelge 3.24.	Alıcı su ortamı için çok tehlikeli ve zararlı olan maddeler (STS 4).....	94
Çizelge 3.25.	Alıcı su ortamı için çok tehlikeli ve zararlı olan maddeler (STS 3).....	95
Çizelge 3.26.	Alıcı su ortamı için az tehlikeli ve zararlı olan maddeler (STS 2).....	97
Çizelge 3.27.	Alıcı su ortamı için tehlikesiz ve zararsız maddeler (STS 1).....	99
Çizelge 3.28.	Balık ve bakteriler için akut zehirlilik sayıları.....	100
Çizelge 3.29.	Zehirlilik sayıları ve ortalamalarına göre sularda tehlike sayıları ve sınıfları.....	100
Çizelge 3.30.	Göller için tolere edilebilecek azot yükleri.....	102
Çizelge 3.31.	Nitrit zehirlilik deneyleri.....	104
Çizelge 3.32.	Kirlilik durumuna göre sularda fosfor miktarları.....	105
Çizelge 3.33.	Göller için tolere edilebilir fosfor yükleri.....	106
Çizelge 3.34.	Sucul organizmalarda radyonüklidler için derişim faktörleri.....	112
Çizelge 3.35.	Bir salmon kafes çiftliğinde bentik faunaya ilişkin veriler	120
Çizelge 3.36.	Kuzey Avrupa ülkelerini çevreleyen deniz ortamına, farklı aktivitelere gelen yıllık azot ve fosfor yüklemesi.....	122
Çizelge 3.37.	İşlenmiş evsel atıkları ile balık çiftliği atık değerleri.....	126

Çizelge 3.38.	Su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan kimyasallar .....	127
Çizelge 3.39.	A.B.D. ve Kanada' da 1980 yılında açığa çıkan SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> miktarları .....	136
Çizelge 3.40.	Çeşitli balık türlerinin (doğal ortamlardan uzaklaşmalarına ve üreme oranlarının düşmesine yol açan pH değerleri).....	145
Çizelge 3.41.	pH'nın, farklı yaşam dönemlerindeki balık türleri üzerine etkisi.....	146
Çizelge 3.42.	Yüzeysel sularda ölçülmüş en büyük koliform konsantrasyonları (Koliform / 100 ml).....	154
Çizelge 3.43.	İnsan kaynaklı kirlenmenin indikatörleri olarak kullanılması önerilen özel mikroorganizmalar.....	155
Çizelge 3.44.	Antikamış evsel atıksuda tipik olarak bulunabilen mikroorganizma tipleri ve sayıları .....	155
Çizelge 4.1.	Karadeniz'in su bütçesi.....	160
Çizelge 4.2.	Karadeniz'de O <sub>2</sub> 'nin düşey dağılımı.....	162
Çizelge 4.3.	İnsan eliyle oluşmuş değişimler jeomorfolojik değişimler .....	171
Çizelge 4.4.	Karadeniz'de çözülmüş ve disperse olmuş petrol hidrokarbonlarının ortalama konsantrasyon değerleri ve konsantrasyon aralıkları.....	172
Çizelge 4.5.	İstanbul halıcı ve İznik Körfezine verilen ağır metal yükleri (ton/yıl).....	176
Çizelge 4.6.	Marmara Denizi'ndeki koy ve körfezlerde kirlilik parametrelerinin bölgelere göre ortalama değerleri.....	176
Çizelge 4.7.	Marmara Denizi'nde 1983 Mayıs'ında saptanan "Noctiluca miliaris" ve diğer plankton oranları.....	177
Çizelge 4.8.	Ege Denizi'ni etkileyen Türkiye havzalarının drenaj alanı ve gelen su miktarları.....	179
Çizelge 4.9.	Ege Denizi'ne (8.bölge) gelen yıllık atık madde miktar .....	190
Çizelge 4.10.	Ege Denizi'nde su ürünlerinde pestisit konsantrasyonları .....	192

Çizelge 4.11.	İzmir Körfezine dökülen derelerde ölçülmüş en büyük ağır metal konsantrasyonları.....	192
Çizelge 4.12.	Kuzeydoğu Akdeniz'e karasal kaynaklardan giren kirletici yükleri.....	195
Çizelge 5.1.	Gölde üretim değerleri.....	197
Çizelge 5.2.	Beyşehir Gölü'ne ait bazı su kalite parametrelerinin ortalama derişimleri.....	212
Çizelge 5.3.	Beyşehir Gölü suyunun kalitesi .....	213
Çizelge 5.4.	Gölde verimlilik parametreleri.....	215
Çizelge 5.5.	Sulamada kullanılan ve regülatörlerden çıkan göl suyu miktarları.....	222
Çizelge 5.6.	Eğirdir Gölü su kalite parametrelerinin ortalama miktarları.....	228
Çizelge 5.7.	Eğirdir Gölü'nden 1958-1982 yılları arasında elde edilen su ürünleri üretimi.....	231
Çizelge 5.8.	Eğirdir Gölü'nde yıllar itibarıyla avlanan kerevit miktarları	232
Çizelge 5.9.	Köyceğiz Gölü toplam fosfor yükleri projeksiyonu.....	236
Çizelge 5.10.	Keban Baraj Gölü'nde ölçülen parametrelerin değer aralıkları.....	241

## 1. GİRİŞ

Tarımsal faaliyetler içerisinde değerlendirilen su ürünleri ve özellikle balık yetiştiriciliği, son yıllara kadar diğer tarımsal faaliyetlerde görülen ilgi ve gelişmeyi gösterememiştir. Bu sebeple, brüt tarımsal üretim değeri içerisinde su ürünleri üretiminin payı diğer tarımsal üretim kollarna göre düşük kalmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Tarımsal üretim yapısındaki gelişme (%) (Işıklı ve Abay 1993).

Yıllar	1962	1972	1983	1991
Bitkisel üretim	59.4	61.9	61.0	65.0
Hayvansal üretim	37.7	33.3	29.8	36.3
Orman ürünleri	2.3	2.8	8.6	6.0
Su ürünleri	0.6	0.8	0.6	2.7

Oysa su ürünleri üretim alanlarımız, ormanlık alanlarımızdan fazla, tarıma elverişli alanlarımıza ise hemen hemen eşittir.

Çizelge 1. 2: Su ürünleri üretim alanlarının büyüklüğü ( Anonim 1995a ).

Üretim alanı	Büyüklüğü	Verimlilik
Marmara Denizi ve Boğazları (Kıyı uzunluğu 1188 km)	1.132.200 Hektar	25-30 kg/ha
Ege, Akdeniz ve Karadeniz (Kıyı uzunluğu 7.144 km)	23.475.000 Hektar	10-80 kg/ha
Tabii göllerimiz (200 adet)	906.110 Hektar	
Baraj göllerimiz (100 adet)	178.000 Hektar	15-56 kg/ha
Göletler (678 adet)	15.000 Hektar	
Akarsular (33 adet)	175.000 Km	0.5 kg/km

Tarım yapılan arazilerin büyük bir kısmını, nadasa bırakmak suretiyle iki yılda bir ürün aldığımızı da düşünürsek tarım alanlarından daha geniş bir su ürünleri üretim alanı olduğu anlaşılır. Tarımsal üretimde toprağın 40-50 cm derinliğinden ürün almak mümkün olup, maksimum verim 100 ton/ha olabilmektedir. Buna karşın denizlerde üretim alanının 200 m derinliğe kadar olan geniş bir saha olduğunu düşünürsek yetiştiricilikle elde edilecek verimin 350 ton /ha olduğu hesap edilebilir (Anonim 1995a).

Ancak günümüzde, gerek üretim gerekse tüketim bazında karşılaştığımız düşük rakamlar, yetiştiricilik yöntemlerinin planlı bir şekilde geliştirilememiş olması, gelişme yolunu tıkayıcı faktörler olarak sayılabilir. Dünya nüfusu hızla artmakta, ancak gıda maddesi artış oranı, nüfus artış oranının gerisinde kalmaktadır. Dünya nüfusunun 21.yüzyılda 7 milyarı üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir.

Hayvansal protein kaynağı olarak, hem kolay hem de en ucuz sağlanabilen besinlerin başında su ürünleri gelmektedir. Gelişmiş ülkeler, mavi ülke denilen denizlere ve içsulara gözlerini çevirmişler ve bu alanlarda yoğun çalışmalar yapmaktadırlar.



Su ürünleri, özellikle balık eti, insanlar için besleme değeri ve protein kalitesi bakımından mükemmel bir gıdadır.

Ayrıca su ürünlerinin diğer et ürünlerine göre enerji değerinin düşük oluşu, ona diyetetik bir özellik kazandırmaktadır. Balık etlerinde vitaminler, mineral maddeler ve diğer gıda faktörleri bol miktarda bulunmaktadır. Yapılan bazı araştırmalar balıkyağı tüketiminin kan kolesterol düzeyini azaltıcı rolüne dikkat çekmektedirler. Beslemede yağların önemi, onun içerdiği yağ asitlerinin çeşidi ile ilgilidir. Zamanımızda doymuş yağ asitlerince zengin olan yağların, doymamış yağ asitlerince zengin yağlara nazaran sağlık üzerinde olumsuz etkileri olduğuna inanılmakta ve özellikle kalp damar hastalıklarında yüksek derecede doymamış yağ asitlerince zengin yağ çeşitleri önerilmektedir. Bu bakımdan balık yağları diğer hayvansal kökenli yağlara kıyasla doymamış yağ asitlerince daha zengindir (Göğüş ve Kolsancı 1992).

İnsanların deniz ve tatlısu ürünlerine ve dolayısıyla kirlenmemiş yiyeceklere ihtiyacının giderek artması, su ürünlerinde ölüme yol açmayacak şekilde birikime sebep olan, büyümeye ve üremeye olumsuz etkiler yapan kirlenmeyi incelemeyi zorunlu kılmaktadır.

Ülkemizde, su ürünlerinin yetiştirme ve yetiştirilmesine uygun pek çok kaynak bulunmaktadır. Ancak çevre kirlenmesi ile birlikte düzensiz yapılaşma, arazi kullanımındaki yanlışlıklar doğayı hızla tahrip etmektedir. Bu nedenle biyolojik zenginliklerimiz tehlike altına girmekte, bazı türlerin de nesli tükenme aşamasına gelmektedir. Çevre kirliliğinin bir bölümünü de su kirliliği oluşturmaktadır.

Kentsel ve endüstriyel yerleşim bölgelerinden, hiçbir arıtmadan geçirilmeksizin, doğrudan deşarj edilen katı ve sıvı atık miktar, alıcı ortam olarak kullanılan göl, körfez ve koylarımızın doğal özümleme kapasitelerinin çok üzerinde olduğundan, bu bölgelerimizde ekolojik dengeler hızla bozularak kirlenme problemlerini yaratmıştır. Kirliliğin boyutları denizlerimizdeki canlı yaşamı etkilediği gibi, insan sağlığını da tehdit eder durumdadır. Bazı körfez ve koylarımız ise tamamen kirlenmiş olup, canlılar için yaşanamayacak bir ortama dönüşmüştür. Bu duruma gelen bölgelerimizin yeniden eski hallerine kavuşturulması için yapılacak yatırımlar ve ekonomik kayıplar, önlemler için harcanacak paralardan çok daha fazladır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, çok yakın bir zamanda gerek rekreasyon gerekse deniz ürünleri üretim ve avlanma alanı olarak kullanılmayacak duruma gelebilecek körfezlerimiz arasında Gemlik, Bandırma, İskenderun ve Mersin körfezleri sayılabilir (Anonim 1989).

Kıyılarımız hem endüstriyel hem de evsel atıklarla sürekli kirlenmektedir. Karadeniz kıyıları boyunca endüstriyel kuruluşların diğer bölgelerimize oranla nice olarak azlığı, bu kıyılarımızda evsel atıklarla kirlenmeyi ön plana çıkarmaktadır. Yalnız Doğu Karadeniz kıyıları boyunca kurulu bulunan balık yağı ve unu fabrikalarının atıkları da ihmal edilemeyecek boyutlardadır. Bu kuruluşların etkileri son yıllarda kendini Karadeniz kıyılarımız boyunca hissettirmektedir. Karadeniz'in bir diğer özelliği de bu denizin Rusya, Romanya ve Bulgaristan tarafından da kullanılması, ayrıca Orta Avrupa ülkelerinin atıklarını Karadeniz'e taşıyan Tuna nehrinin varlığı, bu denizin kirliliğinin uluslararası bir duruma gelmesine de neden olmaktadır. Dolayısıyla Karadeniz'le ilgili kirlilik önlemleri alınırken adı geçen ülkelerin de benzer

önlemleri almasına dikkat edilmelidir. Bu konuda, Karadeniz'in kirlenmeye karşı korunması sözleşmesi üzerindeki çalışmalar olumlu bir yaklaşımdır.

Marmara Denizi, farklı yoğunlukta iki su kütesinin, yaklaşık %018-20 tuzlulukta Karadeniz menşeli yüzey suları ile, %038-38.5 tuzluluğundaki Akdeniz menşeli suların oluşturduğu bir denizdir ve en yoğun endüstriyel kirlenmeye karşı karşıyadır. Diğer denizlerimize oranla kıyılarında çok çeşitli endüstri yerleşmiş bulunmaktadır. Metal, petrokimya, deri, toprak, tekstil, yağ ve deterjan endüstrilerinden kaynaklanan kirlenmeler bazı sanayi kuruluşları tarafından arıtılmaksızın doğrudan veya dolaylı olarak Marmara Denizi'ne boşaltılmaktadır. Bazı sanayi kuruluşları ise kirliliği su arıtma tesislerini kurmuşlardır. Türkiye'nin en büyük ithalat ve ihracat limanı olan İstanbul'un Marmara Denizi kıyısında olması, kirlenmeye yeni bir boyut kazandırmaktadır. Kuzey ve Kuzeydoğu Marmara bölgesine gelip giden, ayrıca Karadeniz ile Akdeniz arasında gemi trafiğini de kapsayan bu denizde, her türlü yük gemisinin ve petrol tankerlerinin bıraktıkları balast, sirtine ve yıkama sularından oluşan atıklar, hiç şüphesiz kirlenmeyi çabuklaştırmaktadır.

Akdeniz bölgesi, hem kıyısız hem de açık deniz trafiğinden kaynaklanan kirlenmelerle kirlenmektedir. Bu denizin kıyıları boyunca kirlenmeye en çok maruz kalan bölgeler Iskenderun ve Mersin körfezleridir. Bu körfezler evsel atıkların yanı sıra, petrol dolum tesisleri, tankerler, petrokimya ve kimya, tekstil, gübre ve demir çelik endüstrilerinden kaynaklanan atıklarla kirlenmektedir. Karadeniz'de olduğu gibi körfezlerimiz, bilhassa Iskenderun körfezi, bir ölçüde de kirlilik ihlal etmektedir. Doğu Akdeniz'in genel akıntı sistemine bağımlı olarak Orta Doğu ülkelerinin bazılarından kaynaklanan kirlenmeler kıyılarımızı da etkilemektedir. Bunun en tipik örneği, doğal olarak parçalanması imkansız olan arapça yazılı naylon ve plastik torbaların Iskenderun Körfezi'nde sıkça görülmüş olmasıdır.

Ege kıyılarımız boyunca, İzmir Körfezi dışındaki tüm kıyılarımız, alt yapıları bulunmayan hızlı yapılaşma sonucu evsel atıklarla kirlenmektedir. İzmir Körfezi ise, su dolaşımının sınırlı olması ve büyük miktarlarda evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenerek bugünkü duruma gelmiştir (Anonim 1989).

Göllerimiz de sanayi kuruluşları yoğun baskısı altındadır. Örneğin Avrupa Konseyi A sınıfı diploma, kuş cenneti milli parkımız olan Manyas Gölü'nün çevresinde, 1988 yılında 43 sanayi kuruluşu olduğunu ve atıksularını bu göle verdikleri belirtilmiştir. Doğal göllerimiz bir yana, içmesuyu kaynağı olarak kullanılmak için oluşturulan baraj göllerimiz de kirlenmektedir. Örneğin, Keban Baraj Gölü havzasında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre kurulması yasak olan sanayi kuruluşları vardır. Bu kuruluşların atıklarıyla birlikte, kanalizasyon atıksuları, kuru derelerdeki kentsel çöp yerlerinden sellerde gelen ve tarımsal faaliyetlerinden kaynaklı atıklarla göl kirlenmektedir. İstanbul'a içmesuyu sağlayan Ömerli Baraj Gölü Havzasındaki Sultanbeyli'de konut inşaatı bile yasak olduğu halde, 1991 yılında bir ilaç fabrikası kurulmuştur. (Anonim 1997a).

Akdeniz sulak alanlarında balıkçılığın azalmasının başlıca etkenleri arasında da balıkların yaşam alanlarının tahribi, kirlilik ve ötrofikasyon, aşırı avlanma rol oynamaktadır. Nesli tehlike altında olan kuş türlerinin yaşama, üreme, beslenme ve konaklamalarına imkan sağlayan ayrıca deniz kaplumbağalarının (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*) Doğu Akdeniz'de yer alan birinci derece yumurtlama alanlarından birisi olan Göksu Deltası'nın, biyolojik

varlığını tehdit eden unsurlar arasında da aşırı ve düzensiz yapılaşma, altyapıdaki eksiklikler ve bundan doğan kirlilik, aşırı ve bilinçsiz olarak gübre ziraat ilaç kullanımından kaynaklanan kirlenme sayılabilir.

Ülkemizin yine en önemli sulak ekosistemlerinden biri olan Kızılırmak deltası da tarım alanlarından ve Bafra kanalizasyonundan gelen atıklarla kirlenmekte ve doğal yaşam olumsuz yönde etkilenmektedir (Anonim 1994).

Sanayileşmenin yoğun baskısı altındaki Marmara Bölgesinde sanayi kuruluşlarından kaynaklanan atık suların, su ortamına verilmesi nedeniyle, Ergene, Meriç vb. nehirlerin su kalitesi, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre IV. (çok kirlili) sınıfa girmektedir (Anonim 1997a).

Kirlenmeyi ve etkilerini belirleme çabalarında su kalitesinin biyolojik açıdan değerlendirilmesinin önemli bir yeri vardır. Biyolojik sistemler genellikle kirlenmeye büyük duyarlılık gösterirler. Bu nedenle kimyasal örnekleme çalışmaları sırasında gözden kaçabilecek bazı kirlenme durumlarını, biyolojik sistemdeki değişimleri özellikle tür kompozisyonundaki değişimleri izleyerek belirlemek mümkün olabilmektedir. Kimyasal ölçümler rutin olarak ancak 30 ayrı parametre için yapılabilirken 1500'den fazla kirlenme maddesi, etkisini biyolojik sistemler üzerinde derhal göstermektedir. Yeni ortaya çıkan birçok kirlenme maddesi ilk defa canlılar üzerindeki etkileri fark edilerek belirlenmiştir. Diğer taraftan göllerde ve akarsularda fauna ve flora ile ilgili olarak bugün yapılacak belirlemeler uzun dönemde oluşabilecek değişimlerin izlenebilmesi açısından da yararlı olacaktır. Fauna ve flora ile ilgili belirlemeler aynı zamanda göllerin üretim potansiyellerinin belirlenebilmesi açısından da önemlidir.

Araştırma ve eğitim çalışmaları, kirlenmenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik boyutlarını ve bunlar arasındaki etkileşimleri de içeren modellerin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu modeller sayesinde kirlenmenin göl ve akarsu sistemleri üzerindeki etkileri hakkında tahminlerde bulunmak ve ülke çapında önlemler almak mümkün olacaktır. Göllerde ve akarsularda yapılacak fauna ve flora çalışmaları kirlenme için bazı biyolojik indikatörlerin geliştirilmesine de yardımcı olacaktır. Rutin ölçümlerde gözden kaçabilen yeni bazı kirlenme maddelerinin varlığını biyolojik kirlenme indikatörleri ile belirlemek mümkündür.

## 2. SU KALİTE KRİTERLERİ

Su kalitesi, suyun en iyi bir şekilde kullanılmasını etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörleri içine alan bir ifadedir. Su ürünleri bakımından suyun kalitesini değiştiren çeşitli faktörlerin belirlenmesi çok önemlidir.

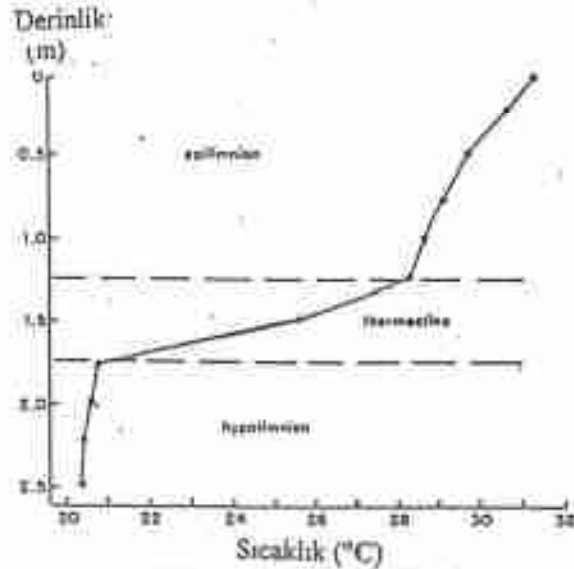
### 2.1. Sıcaklık

Balıklar, ihtiyaç duydukları optimum su sıcaklığına göre 15°C ve altında su sıcaklığına ihtiyaç duyanlar; soğuk su balıkları, 24°C ve altında yaşayanlar; ılık su balıkları ve 25°C'nin üzerinde yaşayanlar; sıcak su balıkları olarak adlandırılırlar.

Sıcaklığın kimyasal ve biyolojik olaylar üzerinde etkisi çok büyüktür. Su sıcaklığında 10°C'lik bir artış kimyasal ve biyolojik reaksiyonlarda iki misli artışa sebep olur. Diğer taraftan 30°C su sıcaklığında bulunan su ürünlerinin oksijen ihtiyaçları 20°C'de yaşayanlardan iki kat daha fazladır.

Sıcak su balıklarının oksijen ihtiyaçları, soğuk su balıklarının oksijen ihtiyacından daha fazladır. Sıcak sulara karışan kirlenici maddelerin parçalanması, soğuk sulara göre daha hızlı olacağından oksijenin daha fazla tüketimine sebep olurlar.

Havuzlarda su yüzeyden ısınacağından, yüzey suları derin sulardan daha çabuk ısınır. Isınan suyun yoğunluğu azalacağından ve hafif sular daha ağır sularla karışmayacağından havuzlarda sıcak su, soğuk su tabakaları oluşur; en üstte bulunan tabaka "epilimnion", alttaki soğuk tabaka "hipolimnion" ve sıcak ve soğuk tabaka arasında bulunan tabaka "termokin" tabakası olarak isimlendirilir.



Şekil 2.1. Havuzlarda ısı tabakalaşması ( Boyd ve Lichtkopler 1980; Akyurt 1993).

ılıman bölgelerdeki göl ve göletlerde tabakalaşma ilkbaharda meydana gelir ve sonbahara kadar devam eder.

Balıklar, ani ısı değişimlerine karşı pek fazla tolerans gösteremezler. Su sıcaklığındaki 5°C'lik ani değişimler balıkları öldürebilir. Soğuk sudan alınıp daha sıcak suya atılan balıklar, sıcak sudan alınıp soğuk suya bırakılan balıklardan daha fazla etkilenirler. Balıklar tedricen su sıcaklığına kolayca adapte olabilirler. Balıklar 25°C'lik sudan çıkarılıp 32°C'lik suya bırakıldığında ölmelerine rağmen, 25°C'lik suyun tedricen 32°C sıcaklığa çıkarılmasında ölüm görülmez.

Doğal şartlarda sularda sıcaklık değişimleri ani olmaz. Bu farklılık balıkların naklinde ve stoklanmasında görülebilir. Nakil ve stoldama sularında sıcaklık farkı 2°C'den fazla olmayacak şekilde düzenlenmeli, 5°C'den fazla ani değişimlere kesinlikle müsaade edilmemelidir. Aynı durum atık sular için de geçerli olup atıklar atıcı ortam sıcaklığını yönetmeliklerde belirtilen toleransların dışında değiştirmemelidir.

Balıklardan soğuk su balıktan 4-15°C, ılık su balıktan 4-25°C ve sıcak su balıktan 20-35°C arasındaki sulara tolerans gösterirler. Bu üç gruptan ılık su balıklarının tolerans sınırları daha geniş olmasına rağmen ani sıcaklık değişimlerine karşı daha hassastır.

Balıkların yaşayabilmesi için gereken eşik sıcaklıklar, balıkların doğada adapte olduğu sıcaklıklara bağlıdır. Örneğin termofilik (sıcak sevenler) türler (sazan, çapak, kızılıgöz ve sudak), 27°C'den 38°C'ye kadar dayanabilirler. Halbuki termofobik (soğuk sevenler) türler (Salmon) yalnızca 27°C'ye kadar tolerans gösterebilirler. Eşik sıcaklıklarının aynı veya farklı türlerin sıcaklık dereceleri saptanmalıdır. Sıcaklığa adaptasyon; balığın yaşına, mevsime ve fizyolojik şartlara bağlıdır.

Tropik ve subtropik bölgelerde 3-5°C'lik sıcaklık artışı bentik organizmalarda ve balıklarda çeşitli değişimlere sebep olmuştur. Ayrıca türlerin çeşitliliği de azalmıştır. Deşarj alanlarında öytermal veya termofilik türler (mavi-yeşil algler bazı yumuşakçalar, balıklar ve yengeçler) artarken, stenotermal türler (kahverengi ve kırmızı algler, sölcenatoralar ve ekinodermatolar) ölürler veya ortamdaki uzaklaşırlar. Sıcaklık artışlarının 5°C'yi aştığı yerlerde makrobentik organizmalar tamamen kaybolur, balık yoğunluğu yan yana düşer.

Toksik maddenin derişimini ve balık direncini karakterize eden ölüm zamanı, su sıcaklığıyla yakından ilgilidir. Fizyologlar tarafından yapılan çok yönlü çalışmalar balıkta metabolizma seviyesinin su sıcaklığına bağlı olduğunu ortaya çıkarmıştır.

DDT'nin subletal dozu düşük sıcaklıklarda baskıya karşı artan bir reaksiyona sebep olduğundan DDT düşük sıcaklıkta daha toksiktir.

Isıtılmış atık suların ve termal elektrik istasyonlarından çıkan suların boşaltılmasıyla doğal su kütlelerinde meydana gelen şiddetli sıcaklık değişimleri, alabalık, salmon, mezzit, ringa, morina gibi balıkların sık sık kitle halinde ölmelerine ve nehirlerin ısı rejimlerinde şiddetli değişimlere sebep olurlar.

Balık yetişen rezervuarlara ısıtılmış atık suların verilmesi, yazın yaz sıcaklıklarına adapte olmuş balıklar için tehlikeli olduğu gibi kışın da tehlikelidir.

Isıtılmış suların boşaltılmasının balıklar üzerinde olan olumsuz etkileri kış mevsimi süresince daha da artmaktadır.

Alabalıklar 15°C'lik sularda bir yılda pazar ağırlığına ulaşırken 7°C'lik sularda 2-3 yılda aynı ağırlığa ulaşabilirler. Sazanlar Orta ve Kuzey Avrupa'da 1 kg ağırlığa 3 ve daha fazla yılda gelirken Akdeniz Bölgesinde 1.5 yılda erişebilirler. Bu iki örnek su sıcaklığının balıkların gelişmesi üzerine etkisini gösterir (Atay ve Çelikkale 1983).

Ilık su balıklarında 15°C'nin altında yem alımı azalır ve 10°C'nin altında hemen hemen durur. Kanal yayını 28°C'de canlı ağırlığın %3'ü kadar yem alırken 15°C'de ancak canlı ağırlığın %1'i kadar yem alabilir.

Sıcak su balıklarından tilapyalarda 22°C'nin altında 32°C'nin üstünde yem alımları son derece azalır, 10°C ve altında ölürler. Sıcak ve ılık su balıklarının optimum sıcaklığının altında gelişmelerinin yavaşlaması ve yem alımlarının azalması veya düşmesi suyun sıcaklığının balıkların aktivitelerine olan doğrudan etkisidir.

## 2.2. Tuzluluk

Tuzluluk bir litre suda çözülmüş iyonların toplam derişiminin bir ifadesidir. Tuzluluk arttıkça suyun osmotik basıncı da artar. Balık türlerinin osmotik basınç ihtiyaçları farklı olduğundan optimum tuzluluk derecesi balık türlerine göre farklılık gösterir.

Tuzluluk derecesi % 034 'den aşağı olan sular acısu veya miksohalin su olarak tanımlanmaktadır. Bu tip sulara lagünlerde nehir ağızlarında ve Baltık Denizi ile, Karadenizde rastlanabilir. Acısular, tuzluluklarına göre, %00.5 - %05 arasında değişen acısulara miksooligohalin; tuzluluğu %05 - %018 arasında değişen acısulara miksoesohalin; tuzluluğu %018 - %034 arasında değişen acısulara de polihalin denir (Kocataş 1996).

Balıklar tuzluluktaki ani değişimlere karşı oldukça hassas olduklarından belli oranda tuz ihtiva eden ortamdan alınıp daha fazla veya daha az tuz içeren sulara ani olarak bırakılmamalıdır.

Balık larvaları ve yavruları, tuzluluk değişimine erginlerine göre daha hassastır. Yetiştiriciliği yapılan balıklardan bazılarının tuzluluğa azami toleransları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yetiştiriciliği yapılan bazı balıkların tuzluluğa azami toleransları (Boyd ve Lichtkopper 1980; Akyurt 1993).

Türler	Tuzluluk (mg/l)
Çayır sazeni	12000
Sazan	9000
Gümüş sazeni	8000
Kanal yayını	11000
Tilapia aeneo	18900
Tilapia nilotica	24000
Tilapia mosambica	30000
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	14500

İstiridyeler, %030 ile %035 arasındaki tuzluluk değişmelerine tolerans gösterirler. Yassı balıklar ve kefaler genelde denizde yaşamalarına rağmen tatlısulara uyum gösterebilirler.

Pratikte suda bütün iyonların derişimi nadiren tayin edilir. Suyun tuzluluğu arttıkça elektrik akımını iletme kapasitesi artar. Bu elektriki kondüktivite olarak da isimlendirilir. Elektriki iletkenlik değeri tuzluluk derecesinin de bir göstergesidir.

### 2.3. Bulanıklık

Sularda bulanıklığa suda çözünmemiş halde bulunan askıda katı maddeler sebep olur. Askıda katı maddeler, çözünmemiş halde bulunan 0.45 mikrondan büyük katı maddelerdir. Bunların derişimi bulanıklık durumunu tayin eder.

Balık havuzlarında planktonik organizmalardan ileri gelen bulanıklık balıkçılıkta istenen, toprak partiküllerinden gelen bulanıklık ise istenmeyen bir durumdur.

#### a) Toprak partiküllerinden ileri gelen bulanıklık

Bu tür bulanıklık, filamentli algler ve su bitkilerinin gelişmesini önlemesi bakımından faydalı, fitoplanktonların gelişmesini önlemesi ve balık yumurtalarının ve balık besinlerinin üzerini örtmesi bakımından zararlıdır. Toprak partiküllerinden ileri gelen bulanıklık suyun 30 cm'den aşşısının görölmesini engelliyorsa plankton gelişimi yavaşlar (Boyd ve Lichtkoppler 1980; Akyurt 1993).

İstiridyelerin bulanık sularda su pompalama işlemleri ve dolayısıyla yemlenme oranları düşer. Sazan ve kanal yayını 20.000 mg/l bulanıklıkta rahatsız olmazlar. Balıkların çoğunluğu, alabalık hariç 100.000 mg/l bulanıklığa bir hafta dayanabilir.

Humusca atık sularla beslenen hayvanların rengi sarı veya açık kahverengini alır. Sularda renk değişimi balıkları doğrudan etkilemezse de besinlerinin gelişmesine engel olur.

Sudaki organik ve inorganik maddeler, kısaca askıda katı maddeler ve bulanıklık, önemli parametrelerdir. Askıda katı maddeler doğal kaynaklı (erozyon, rüzgar v.b.) olduğu gibi, maden ocaklarından gelen sular, tarımsal sulamadan dönen sular ve endüstriyel kökenli atık sularla da karışabilir.

Askıda katı maddeler balığın yüzme hareketlerini kısıtlar, hastalıklara karşı direncini azaltır, balık yumurta ve larvalarının gaz alışverişine etki ederek normal gelişmelerini önler. Balığın besin bulma yeteneğini de olumsuz yönde etkiler. Ayrıca balıkların doğal göç hareketlerini de engelleyebilir. Yumurta bırakma yerlerinin çökelen katılarda dolmasıyla balıklar bu alanları yumurta bırakma alanı olarak tercih etmemektedirler. İnorganik askıda katı maddeler, suyun ışık geçişini azaltır. Işık azlığı primer üretkenliği de azaltır, dolayısıyla balıkların beslenmesinde de eksiklikler olabilir.

Askıda katı maddeler balıkların solungaç filamentlerinde tıkanmalara neden olabilir. Solunum yapmalarında olumsuz etkiler yapabilir. Askıda katı maddelerin 50 ppm'inin büyüme oranının azalmasına, 100-400 ppm'in ölüm oranı artışına ve plankton kayıplarına neden olduğu bilinmektedir.

### **b) Organik kaynaklı bulanıklık**

Sularda yüzen katı maddeler, genellikle organik kökenli olup su bitkileri, ölmüş hayvanlar, arıtılmamış atık suların gelen fekal maddeler ile biyoendüstri atıklarından oluşur. Bunların tamamı doğal kökenli olduklarından fiziksel parçalanma ve biyokimyasal degradasyon sonunda çözünmüş bileşikler veya onların son ürünleri haline dönüşürler. Bu olayların meydana gelme sırasında atmosferden oksijen difüzyonu yeterli olmazsa sularda aneorobik ortam oluşur.

Balık havuzlarında yüksek yapılı su bitkilerinin gelişmesi, yetiştirme faaliyetini engellediğinden, yırtıcı balık ve hayvanlara bannak oluşturduğundan ve sivrisinek üremesine imkan sağladığından dolayı arzu edilmez.

Sularda yüzen sıvılar genellikle mineral yağlar ile et sanayi atıklarından oluşur. Mineral yağlar, genellikle tanker kazaları, sızıntılar, garajlarda toplanan yağların kanalizasyona karışması, sirtine sularının liman ve denizlere boşaltılması ile sulara karışır.

Bir litre ham petrolün tamamının oksidasyonu için 15°C sıcaklıkta 400 m<sup>3</sup> oksijen ihtiyaç duyulduğundan sularda oksijen dengesi bozulmakta balıkların ilk yemi olan fitoplankton ve zooplankton stokları hızla azalmaktadır.

Nehre atılan ticari atıkların rengi genellikle organik boyalardan ileri gelir ve içme sularında bulunması estetik açıdan da arzu edilmez. Bir su kaynağında iki farklı atığın arasında meydana gelen reaksiyon neticesinde bazen oldukça şiddetli renk oluşabilir. Örneğin; maden suları ile tabii bikarbonatlı suların arasındaki reaksiyon sonucu kırmızı kahverenkli maddeler meydana gelir.

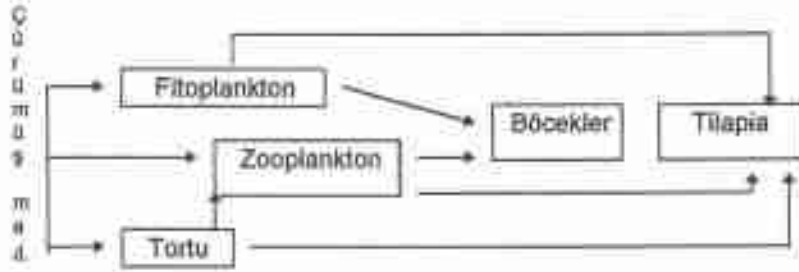
Endüstri ve lağım sularının en önemli fiziksel özelliği, koloidal maddelerin veya çok ince askıda katı maddelerin varlığından ileri gelen bulanıklılıklardır. Lağım ve ticari atığın kuvveti, kural olarak bulanıklıkla ifade edilirse de bulanık olmayan bir su kaynağı da kirlenmemiş demek değildir (Şentürk ve ark.1975). Yine birçok endüstri atıklarında ve lağımında bulunan ve giderilmesi zorunlu olan askıda katı halindeki çözünmeyen maddeler, genel bir kirlenici çeşittir. Askıda katı maddeler, anorganik veya organik karakterde olabilir. Bazı ülkeler için askıda katı madde limiti 300 ppm'dir. Alabaik ve diğer balıklar için nehir yatağındaki birikintiler zararlıdır. Suda yüzer halde bulunan katı maddelerin varlığı, ışığın yayılmasını ve deniz dibine sızmasını önlemekte deniz bitkilerinin büyümesini engellemekte deniz hayvanlarının beslenebilme olanaklarını daraltmaktadır.

### **c) Planktonik bulanıklık**

Sularda yeterli plankton derişimi olduğunda suyun rengi koyulaşarak bulanık bir görünüm arzeder. Planktonik bulanıklık sularda plankton gelişiminin işaretidir.

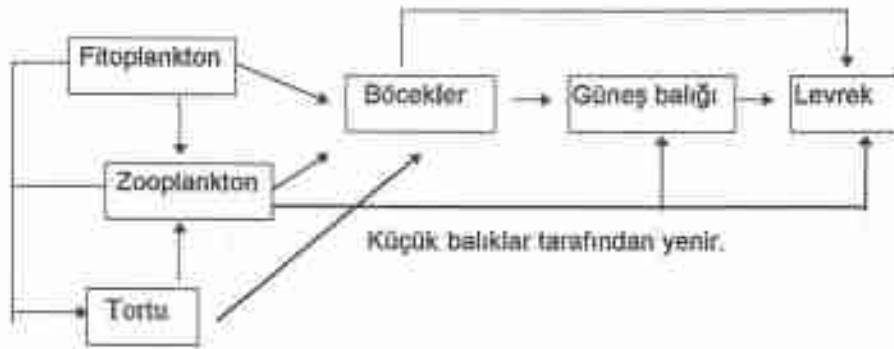
Fitoplanktonlar kendi besinlerini üretmek için inorganik tuzlar, karbondioksidi suyu ve güneş ışığını kullanırlar. Fitoplanktonlar zooplanktonlara veya doğrudan planktonla beslenen balıklara yem olurlar (Şekil 2.2).





Şekil 2.2. Tilapia yetiştiriciliğinde besin zinciri (Boyd ve Lichtkoppler 1980 ; Akyurt 1993).

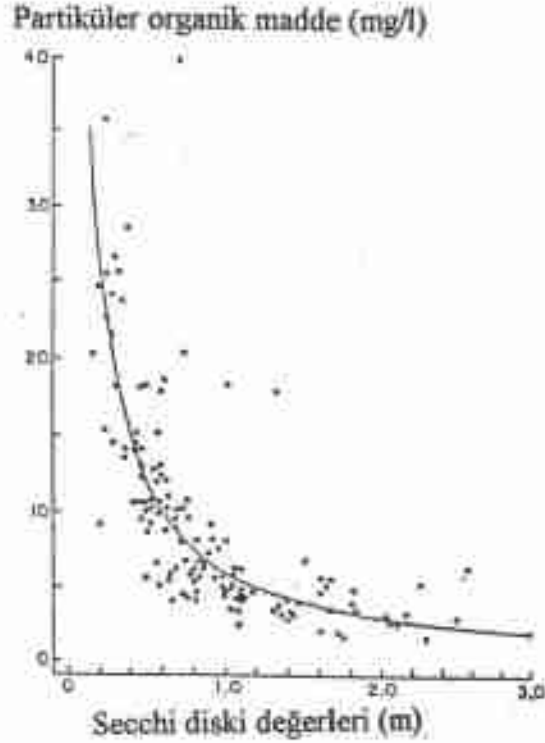
Fitoplanktonlar, karnivor balıklara, böceklerle beslenen omnivor balıklar ve zooplanktonlarla beslenen balıklar aracılığıyla yem olurlar (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Fitoplanktonların levrek balığının besin zincirindeki yeri (Boyd ve Lichtkoppler 1980 ; Akyurt 1993).

Havuzlarda planktonik bulanıklık ile doğal balık üretimi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Planktonik bulanıklık balıkların gelişmesini sağlarken arzu edilemeyen su bitkilerinin gelişmesini önler. Planktonik bulanıklık balıkların tüketemeyeceğinden fazla olduğunda, geceleri suyun oksijeninin büyük kısmını tüketeceklerinden oksijen yetmezliğine ve balık etinde yosun kokusunun oluşmasına sebep olurlar (Lowell ve Sackey 1973 ; Akyurt 1993).

Sularda planktonik bulanıklığı ölçmek için en pratik metod Secchi diskli metodudur. Secchi diskli değerleri ile plankton gelişimi arasında yüksek bir korelasyon bulunur.



**Şekil 2.4.** Balık havuzlarında plankton zenginliği ile Secchi disk değeri arasındaki ilişki (Almazan ve Boyd 1978 ; Akyurt 1993).

Secchi diskü ile görünebilirlik 30-60 cm arasında ise, plankton gelişiminin yeterli olduğu, görünebilirlik 30 cm'den az ise oksijen yetersizliğinin olduğu söylenebilir. Işık geçirgenliği 80 cm'den fazla ise ışık derinlere nüfuz edeceğinden su altı bitkilerinin gelişimi hızlanır ve balıklar için besin azalır.

Fosfor havuzlarda fitoplankton gelişimini düzenleyen elementlerden biridir ve suya verilmesi plankton üretimini ve buna bağlı olarak da balık üretimi artırır.

#### **2.4. Çözünmüş Oksijen**

Su ürünleri üretiminde su kalitesini en çok etkileyen faktörlerden biri sulardaki çözünmüş oksijen miktarıdır. Sular için en büyük oksijen kaynağı atmosferdir. Atmosferik oksijenin suda çözünürlüğü, suyun sıcaklığına, tuzluluğuna ve atmosfer basıncına bağlı olarak değişir (Çizelge 2.2).

**Çizelge 2.2.** Çözünbilir oksijen ile yükseklik arasındaki ilişki (Boyd ve Lichtkoppler 1980 ; Akyurt 1993).

Yükseklik, m	Oksijen, mg/l
0	8.4
500	7.9
1000	7.4
1500	7.0
2000	6.6
2500	6.2
3000	5.8

Çizelge 2.2.'nin incelenmesinden görüleceği üzere atmosferik oksijenin suda çözünürlüğü atmosfer basıncı ile doğru, yükseklikle ters ilişki halindedir. Aynı atmosfer basıncı altındaki sularda oksijenin çözünürlüğü suyun sıcaklığı arttıkça azalır (Çizelge 2.3).

Çözünmüş oksijen derişimleri, dengeli bir sucul faunayı geliştirebilmek için önemli bir ölçüdür. Doğal girişimlerin yanısıra atıksulara karşan organik maddeler çözünmüş oksijen miktarının düşmesine neden olurlar. Çözünmüş oksijen sucul yaşam için, son derece gerekli bir bileşen olduğu kadar biyokimyasal oksidasyonlar için de gereklidir. Amonyumun nitrate indirgenmesi için çözünmüş oksijen gereksinimi balığın türüne, aktivitesine, su sıcaklığına ve beslenme durumuna göre değişir. Tatlı sularda sucul yaşam için en az 5 mg/l çözünmüş oksijen olmalıdır. Tanklarda yapılan çalışmalarda balıklarda beslenmenin 3 mg/l çözünmüş oksijen ile durduğu, büyümenin yavaşladığı bulunmuştur. Omurgasız canlılar düşük çözünmüş oksijen değerlerine daha az hassastır.

**Çizelge 2.3.** Bir atmosferik basınçta, saf sudaki oksijenin sıcaklığa bağlı çözünürlüğü (Benson ve Krause 1980 ; Cole 1983).

°C	mg/l	°C	mg/l	°C	mg/l
0	14.62	12	10.78	24	8.42
1	14.22	13	10.54	25	8.26
2	13.83	14	10.31	26	8.11
3	13.46	15	10.08	27	7.97
4	13.11	16	9.87	28	7.83
5	12.77	17	9.66	29	7.69
6	12.45	18	9.47	30	7.56
7	12.14	19	9.28	31	7.43
8	11.84	20	9.09	32	7.30
9	11.56	21	8.91	33	7.18
10	11.29	22	8.74	34	7.05
11	11.03	23	8.58	35	6.95

Oksijenin çözünürlüğü suyun tuz derişimi ile ters bir ilişki içinde olup tuzluluk arttıkça çözünmüş oksijen miktarı azalır.

Suda oksijenin çözünürlüğünü etkileyen diğer bir faktör de çözünmüş haldeki tuzlardır. Farklı klorür yoğunluklarına bağlı olarak sudaki oksijen doymuşluk derecesinin sıcaklığa bağlı değişimi Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Oksijenin çözünebilirliği gayet yavaş olduğundan sudaki çözünmüş oksijenin başlıca kaynaklarından biri de fitoplanktonların fotosentezle ürettikleri oksijendir.

Suda bulunan çözünmüş oksijen, fitoplanktonlar dahil sudaki organizmaların solunumları ve atmosfere dağılımı ile tüketilir (Çizelge 2.5).

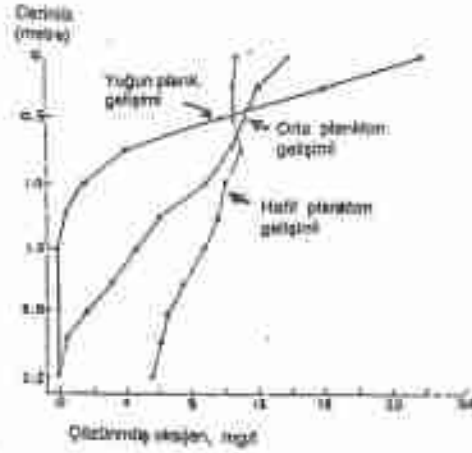
Çizelge 2.4. Çeşitli klorür derişimleri ve sıcaklık derecelerinde suyun oksijen doygunluk dereceleri (g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) (Collt 1954, Lawson 1955).

Sıcaklık (°C)	Klorür derişimleri mg/l				
	0	5000	10000	15000	20000
0	14.82	13.79	12.97	12.14	11.32
1	14.23	13.41	12.61	11.82	11.03
2	13.84	13.05	12.28	11.52	10.78
3	13.48	12.72	11.98	11.24	10.50
4	13.13	12.41	11.69	10.97	10.25
5	12.80	12.09	11.39	10.70	10.01
6	12.48	11.79	11.12	10.45	9.78
7	12.17	11.51	10.85	10.21	9.57
8	11.87	11.24	10.61	9.98	9.38
9	11.59	10.97	10.38	9.76	9.17
10	11.33	10.73	10.13	9.55	8.99
11	11.08	10.49	9.92	9.35	8.80
12	10.83	10.26	9.72	9.17	8.62
13	10.60	10.05	9.52	8.98	8.46
14	10.37	9.85	9.32	8.80	8.30
15	10.15	9.65	9.14	8.63	8.14
16	9.95	9.46	8.96	8.47	7.99
17	9.77	9.28	8.78	8.30	7.84
18	9.54	9.07	8.62	8.15	7.70
19	9.35	8.89	8.46	8.00	7.56
20	9.17	8.73	8.30	7.86	7.42
21	8.99	8.57	8.14	7.71	7.28
22	8.83	8.42	7.99	7.57	7.14
23	8.68	8.27	7.85	7.43	7.00
24	8.53	8.12	7.71	7.30	6.87
25	8.39	7.98	7.58	7.15	6.74
26	8.22	7.81	7.42	7.02	6.61
27	8.07	7.67	7.28	6.88	6.49
28	7.92	7.53	7.14	6.75	6.37
29	7.77	7.39	7.00	6.62	6.25
30	7.63	7.25	6.86	6.49	6.13

Çizelge 2.5. Balık havuzlarında beklenen oksijen artışı ve azalışları (ort. derinlik 1-1,5 m) (Boyd ve Lichtkoppler 1980 ; Akyurt 1983).

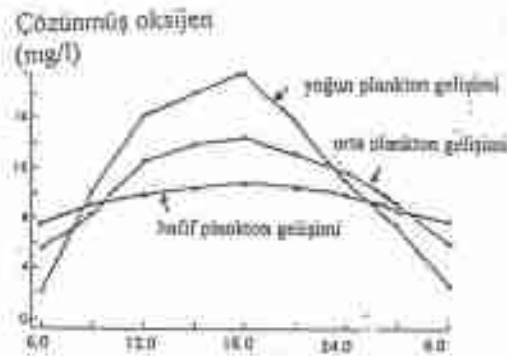
Oluyolar	Oksijen, mg/l
Oksijen artışı :	
Fitoplanktonlarla	5-20
Diffüzyonla	1-5
Oksijen azalışı :	
Plankton solunumu	5-15
Balık solunumu	2-8
Benlik organizmaların	1-3
solunumu	1-5
Diffüzyonla	

Havuzlara organizmalar tarafından tüketilen oksijenden fazla oksijen gelmez veya fitoplanktonlar tarafından üretilmez ise oksijen yetersizliği ortaya çıkar. Fotosentez olayı ile havuz derinliği arasında ters bir ilişki bulunur. Derinlik arttıkça fotosentez olayı yavaşlar ve oksijen üretimi azalır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Plankton yoğunlukları farklı olan havuzların farklı derinliklerinde öğleden sonraları çözülmüş oksijen derişimi (Boyd ve Lichtkoppler 1980 ; Akyurt 1993).

Havuzlarda çözülmüş oksijen miktarı günün 24 saatlik döneminde değişme gösterir. Sabah güneş doğuşunda en az olan oksijen miktarı, öğleden sonra en fazla olup tedricen sabaha kadar azalır. Oksijen miktarındaki dalgalanmalar plankton gelişimi yoğun olan havuzlarda daha belirgindir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Plankton yoğunlukları farklı havuzların su yüzeyinde çözülmüş oksijen derişimindeki günlük dalgalanmalar (Boyd ve Lichtkoppler 1980 ; Akyurt 1993).

Balıkların yaşaması için gerekli olan en az çözülmüş oksijen miktarı zamana bağlı olarak değişim gösterir (Şekil 2.7). Bir balık düşük düzeydeki oksijene bir kaç saat tolerans gösterebilir. Fakat aynı düşük derijimde bir kaç gün tutulursa ölür.



Şekil 2.7. Çözölmüş oksijen derijiminin havuz balıkları üzerine etkisi (Boyd ve Lichtkoppler 1980 ; Akyurt 1993).

Balıkların çözölmüş oksijene toleransları türlerine göre de değişim gösterir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Bazı balık türleri için öldürücü oksijen düzeyleri ( Boyd ve Lichtkoppler 1980; Akyurt 1993).

Türler	Öldürücü oksijen düzeyi mg/l
<i>Carassius auratus</i> (Altın balık)	0.1-2
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Çayır sazanı)	0.2 - 0.6
<i>Cyprinus carpio</i> (Sazan)	0.2 - 0.8
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Görmüş sazanı)	0.3 - 1.1
<i>Kribia punctatus</i> (Kanal yayını)	0.8 - 2

Çözünmüş oksijen miktarının düşük olması, balıktan öldürme bile onları parazitlere ve hastalıklara dayanma gücünü azaltır. Düşük oksijen, yaklaşık 2 mg/l'de, bütün balıklarda yem alımı durur, aktivite azalır ve alınan oksijen yaşama payı ihtiyaçlarına kullanılır.

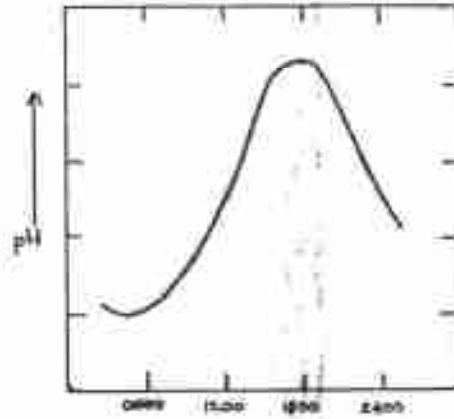
Kanal yayınlarında yapılan denemelerde 3 mg/l düzeyindeki oksijen derişiminde yemeleme aktivitesinin azaldığı, 2 mg/l'de tamamen durduğu tespit edilmiştir.

Bütün balıklar 5 mg/l ve üzerinde çözünmüş oksijen derişimlerinde rahatsız olmadan aktivitelerini sürdürürler.

Sudaki oksijen yetersizliğinin metabolizma şiddetini etkilediği ve organik veya inorganik yapıdaki zehirlere karşı balık direncini azalttığı tespit edilmiştir. Örneğin; balıkların oksijenle %30 doymuş suda, toksik maddelere karşı direnci, %100 doymuş suya göre 7 kez azdır. Organik ya da inorganik orjinli zehirli maddelerle yapılan deneyler, balık direncindeki azalmanın, zehirin yapısından çok türlerin özelliklerine, oksijen seviyesine bağlı olduğunu göstermiştir. Bu olay fizyolojik olarak, oksijen yetersizliğinde, balık kanındaki hemoglobün seviyesinin artması ve solungaçlar tarafından kan dolaşımı oranının artırılması şeklinde açıklanır.

#### 2.5. pH (Hidrojen iyonları derişimi)

Sularda hidrojen iyonu derişiminin ölçüsü olan pH, suyun asidik veya bazik olup olmadığını gösterir. Sularda pH 0-14 arasında değişir. Sulanın pH'sı karbondioksit ve asidik maddelerden büyük ölçüde etkilenir. Fitoplankton ile sudaki diğer bitkilerin fotosentez sırasında sudaki karbondioksidi kullandıktan sonra suların pH değerleri gündüzleri yükselir geceleri ise düşer (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Bir durgun su batık havuzunda pH'daki günlük dalgalanmalar ( Atay 1987).

Düşük alkali sularda pH değeri şafakta 6-7.5 iken, plankton gelişmesi fazla olan havuzlarda öğleden sonraları 10 ve daha fazla olabilir. Sulardaki pH

dalgalanmaların toplam alkalinitesi yüksek olan sularda daha düşük olup, şafak vakti pH 7.5-8 iken öğleden sonraları 9-10 civarındadır. Balık üretiminde şafak vakti değeri 6.5-9 arasında olan sular uygun olarak kabul edilir.

Asidik topraklardan geçen veya bataklıklardan gelen sularda asitlik çok yüksektir. Sularda pH değerinin 4 ve daha düşük ve 11 ve daha yüksek olması öldürücü etki meydana getirir. Sabahtan pH değerinin 4-6 veya 9-10 arasında olduğu sularda balıklar yaşayabilir fakat gelişme çok azdır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. pH'nın balıklara etkisi ( Swingle 1969 ; Lawson 1995).

Balık havuzlarında öğleden sonraları pH değerinin kısa süreli olarak 9-10'a kadar yükselmesi gelişmeyi etkilemez.

Kirlenmiş tatlı suların pH'ı geniş ölçüde değişiklik gösterir. Bir suyun pH'sı suda erimiş olarak bulunan karbonat, bikarbonat ve serbest CO<sub>2</sub> derişimine bağlıdır. Bu maddeler doğal suların başlıca tampon maddeleridir. pH doğal sularda kimyasal ve biyolojik sistemler için en önemli faktördür. pH değişiklikleri ile zayıf asit ve bazlar ayrışabilir. Bu ayrışma etkisi birçok bileşiğin zehirliliğini etkiler. Hidrojen siyanür örneğinde olduğu gibi pH düşüldü zaman siyanit'in bafığa zehirliliği artar, hidrojen sülfürde de benzer etki gösterir. pH'daki hızlı artışlar NH<sub>3</sub> zehirlilik etkisini artırabilir. Amonyak, pH= 8.0'de 10 kat daha zehirlidir.

Akışuların doğal sulara katılımı ile pH en düşük veya en yüksek değerlere doğru dalgalanma gösterebilir. Asitli sular balık beslenmesine, gelişmesine olumsuz etkiler yapabilir. Asidik sularda balıklar zayıf kalmaları nedeniyle daha kolay hastalanırlar. Asidik sularda balıklarda sık soluma, üstte yüzme ve sazaniarda solungaç kenarlarında karamalar görülür.

Amonyak, amonyum tuzları ve siyanürler ile krom, demir (klorid, sülfat) mangan, bakır, kurşun ve sülfürün belli bileşiklerinin zehirliliği pH seviyesine bağlı bulunmaktadır. Fenole karşı balık direnci ile pH seviyesi arasında çok az bir ilişki vardır.



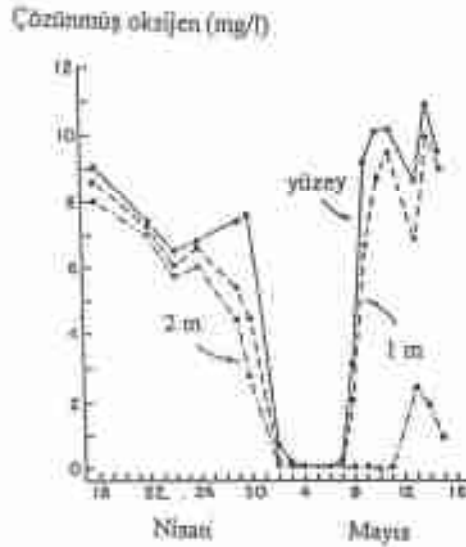
Suyun pH'sındaki bir düşüş metabolizmanın azalmasına ve pH'daki artış, metabolizmanın artmasına yol açar.

Su kütleğinde pH seviyesi, yalnızca mevsimlere göre değil, aynı zamanda günün ve gecenin değişik zamanları süresince de değişir. Çoğu balıklar 5.0 ile 9.0 arasında pH derecelerine tolerans gösterebilir. pH daki 5.0'ın altına düşüş sazantlar için kritiktir ve "asit hastalığı" meydana gelir.

## 2.6. Karbondioksit

Balıklar, genellikle yüksek düzeylerdeki karbondioksite tolerans gösterebilirlerse de balık yetiştiriciliğinde, sularda karbondioksitin 5 mg/l'den fazla olması arzu edilmez. Balıkların pekçoğu çözülmüş oksijence zengin sularda, 60 mg/l karbondioksit derişiminde yaşayabilir ( Boyd ve Lichtkopler 1980 ;Akyurt 1993).

Çözülmüş oksijen düzeyi düşük olan sularda karbondioksit derişiminin yüksek olması da oksijenin kullanımını sınırlandırır. Havuzlarda karbondioksit miktar sudaki solunum ve fotosentez olaylarıyla yakından ilgilidir. Genellikle, karbondioksit derişimi geceleri artar ve gündüzleri azalır. Havuzlardaki fitoplanktonların ani ölmeleri ve ısı tabakalarının bozulması ve bulutlu havalarda uzun sürmesi halinde sularda karbondioksit miktarı ani olarak artar ve oksijen düşer (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Bir balık havuzunda fitoplankton ölümü öncesi ve sonrası çözülmüş oksijen derişimleri (Boyd ve Lichtkopler 1980 ; Akyurt 1993).

Bol oksijenli sularda yaşayan duyarlı tatlı su balıkları için 100-200 ppm derişimindeki karbondioksit öldürücü etki yapar ve 50-100 ppm arasındaki karbondioksitte balıklar rahatsızlanır, normal gelişmeleri durur, balığın oksijen alma ve yaşama aktivitesi azalır. Genellikle, 20 ppm ve üzerindeki karbondioksit miktarı genellikle kirletmiş sularda görülür. Karbondioksitin öldürücü etkisi doğal sulara karbonik asitlerden daha kuvvetli asitlerin katılmasıyla ortaya çıkar.

Su kütesinde yüksek derişimindeki karbondioksit, suyun tampon özelliğini ve toksik maddelerle olan kimyasal ilişkileri değiştirir. Aynı zamanda, CO<sub>2</sub> organizmanın fizyolojik işlemlerini ve en başta gaz değişimini etkiler. Su akış hızı, zehirli maddelerin seyreltilmesini ve su canlılarıyla zehirin temas süresini etkiler. Işık da belli olaylarda, ferro ve ferriyanürlerin zehirliliğini artırarak atık suyun zehirliliğini etkilemektedir. Bunlar nispeten zehirli olmayan kompleks bileşikler, yüksek toksitede serbest sianürlerin formasyonu ile ışık etkisi altında parçalanırlar.

### 2.7. Toplam Alkalilik ve Toplam Sertlik

Sulardaki bazların toplam derişimi, kalsiyum karbonat değeri olarak (mg/l) toplam alkaliliği ifade eder. Doğal sulardaki başlıca bazlar, karbonat ve bikarbonatlardır. Toplam alkalilik suların asit nötralizasyon gücü olarak da ifade edilir.

Yüksek ya da orta düzeyde alkali sularda sabahın erken saatlerindeki pH değerleri genellikle toplam alkalinite düşük olan sulardan daha yüksek olmaktadır. Fitoplanktonun gelişmesinde etkili olan karbondioksitin alkalinite ile yakın ilişkisi vardır. Toplam alkalinite 15-20 mg/l'den daha düşük olan sulardan genellikle daha az yararlanabilir. Toplam alkalinite 20-150 mg/l arasındaki sular fitoplankton gelişmesine yeterli yararlanabilir karbondioksit ihtiva ederler. Alkalinite düşük suların pH değişimlerine karşı aktiviteleri zayıftır ve karbondioksitin sudan uzaklaşması hızla pH'nı yükselmesine sebep olur.

Sularda bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonları sertlik kaynağıdır. Sertlik suyun bir litresinde bulunan iyonların miligram cinsinden kalsiyum karbonat şeklinde ifadesidir. Genellikle toplam alkalilik ve toplam sertlik değerleri normal olarak aynı değerlerde olur ve bazen ikisi arasında farklılık görülebilir. Eğer toplam alkalinite toplam sertlikten yüksek ve fotosentez olayı hızı ise pH değeri son derecede yükselir.

Balık yetiştiriciliğinde toplam alkalilik ve toplam sertlik değerlerinin 20-300 mg/l arasında olması ve her iki değer in birbirine eşit veya yakın olması arzu edilir. Örneğin; toplam alkalinite 150 mg/l ve toplam sertliği 135 mg/l olan sular balık yetiştiriciliği için uygun iken toplam alkalinite 150 mg/l ve toplam sertliği 25 mg/l olan sular elverişli değildir ( Boyd ve Lichtkopler 1980 : Akyurt 1993).

Amonyanın, alkali tuzların, toprak alkali metallerin ve ağır metallerin toksik etkilerinin sert suda ve deniz suyunda azaldığı bildirilmektedir. Ağır metal tuzlarının toksik etkilerine karşı balık direnci ile su sertliğinin derecesi arasında yakın bir ilişki bulunmakta ve iyonların sinerjizm ve antagoizm olayı ile bir veya daha fazla elementin toksitesinde değişme olmaktadır. Su sertliği çoğu organik

bileşiklerin toksitesini önemsiz olarak etkiler veya hiç etkilemez. Aktif ve aktif olmayan deterjanların toksitesi tamamen su sertliğinden bağımsızdır.

## **2.8. Ilık Su Balıkların Yetiştiriciliğinde Su Kalite Kriterleri**

### **a) Su sıcaklığı**

Sazan için optimum sıcaklık 23°C, minimum 5°C, maksimum ise 28°C'dir. Buna bağlı olarak doğal sularda sazanlar en fazla yaz aylarında yem almakta ve en fazla büyümeyi bu aylarda göstermektedir.

### **b) Çözünmüş oksijen miktarı**

Alabalıklar kadar olmamakla beraber, sazanlar içinde sudaki çözünmüş oksijen düzeyinin belirli noktaların üzerinde olması gerekmektedir. Şüphesiz oksijenin bolluğu her zaman için büyümeye olumlu etki yapmaktadır.

Sazanlarda oksijenin,  
6-7 mg/l yaşama rahatlığı  
3,0-3,5 mg/l rahatsızlık başlangıcı  
0,5 mg/l öldürücü etki yapar.

Görüldüğü gibi sazanlar, 0,5 mg/l gibi çok düşük oksijen düzeyine dayanabilmektedir.

### **c) Suda bulunan yabancı maddeler**

Balık yetiştiriciliğinde yabancı maddelerle kirlenmemiş, temiz suların kullanılmasını her zaman için tavsiye edilmektedir. Ancak, her zaman her yerde temiz su bulunmayacağından belirli ölçülere kadar kirlenmiş suların değerlendirilmeleri yönüne de gidilebilmektedir.

Sazanlar, yetiştirilen balıklar içerisinde kirliliğe karşı en dayanıklı olan türlerdendir. Bununla beraber, bazı yabancı maddelerin belirli bir düzeyin üzerine çıkmaları, bunları da ölüme kadar götürebilmektedir.

### **d) Suyun pH durumu**

Sulardaki pH; sertlik, SBV, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> gibi ana elementler hakkında bilgi verdiğinden balık yetiştiriciliğinde, büyük önem taşımaktadır. Sazanlar da nötr suyu, yani pH'sı 7,0 civarında olanları tercih etmektedirler. Bununla beraber sazanlar 5,5 - 9,0 pH dereceli sularda rahatça yaşayabilmektedirler (Araş ve ark., 1995).

Çizelge 2.7. Sazangöl yedürlürlüğünde su kalite kriterleri (Anonymus 1992).

Parametre	Arzu edilen	Zararlı	Analiz metodu	En az numune alma ve ölçüm sıklığı	Ölçüm
1. Sıcaklık (°C)	1. Termal değerin alt akıntısının dipden sıcaklığı (harayına bölgele arınında) ebuil dımeşen sıcaklığı apağı dımeşelerden fazla wıllırmamalıdır. 2. Termal değaylar; karayına bölgeleinde apağıdada değayların tızarındaiki sıcaklıkları sebep olınamalıdır. 3°C 10°C sıcaklık emmı, yamız bu tızarları barındıran sulara ve öreme kün 10/yaç duydun soğuk su tızarların koldıce yelılme önlemlerıne uydular. % 50-8 % 100-5		Termometre	Termal değay noktasının alt ve üst noktaslarında haftada bir kez	Sıcaklıkları aru değaylarınların kayımlama bılır
2. Çözünmüş oksijen (mg/l O <sub>2</sub> )	% 50-8 % 100-5		Winkler metodu veya oksidolur (elektrokimyasal metot)	Aylık, numune alma gırlendın dıyük oksijen yarımları en az bir örnekle tamaml. Ancak, gırlendın önemlı gımlık değayların okudu yelılde, bir gırlde en az üç örneğın alınması gereklı.	
3. pH	6-9		pH değay bılmeı de pızelıyle elektrometrek kalıbrıssıon	Aylık	
4. Asitlik kati maddeleler (mg/l)	≤25		0,45µm'lık süzgeçten süzme veya santrıfıjleme, 100°C 'da kurılma ve tartıma		
5. BOD <sub>5</sub> (mg / l O <sub>2</sub> )	≤8		20±1°C'da tamamen kararımla 5 gınl bekleme dönemi önemlı ve sonrasđ Winkler metodu ile O <sub>2</sub> tartıml		

Çizelge 2.7. (Devam) Sarangil yerleşimliğinde su kalite kriterleri (Anonymous : 1992).

Parametre	Arzu edilen	Zonajı	Analiz yöntemi	En az sıklıkla alınması gereken sıklığı	Gözlemler
6. Toplam fosfor (mg / l F)			Moleküler absorpsiyon spektrometrisi		Ortalama derinliği 10-300 m aralığında ölen göllerde eşdeğeri tabii olarak bulunur. L=10 Z/Tw (1+ √Tw) Birimler: L = Fosfor yüklemesi (mg F/m <sup>2</sup> /yıl) Z = Ortalama derinlik (m) Tw = Suyun yarılanma süresi
7. Nitrit (mg / l NO <sub>2</sub> )	≤0,03		Moleküler absorpsiyon spektrometrisi		
8. Fenolik bileşikler (mg/ l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)		2	Lezzet testi		
9. Petrol hidro karbonden		3	Görnekleme Lezzet testi	Aylık	Görnekleme ayda bir kez
10. İyonize amonyak NH <sub>4</sub> (mg(NH <sub>4</sub> ))	≤0,005	≤0,025	Hesaplar metodu veya indirgenilme kullanılarak moleküler absorpsiyon spektrometrisi	Aylık	
11. Toplam amonyum (mg/l NH <sub>4</sub> )	≤0,2	≤1			
12. Toplam katı madde (mg/l HOC)		≤0,005	DFD-metodu	Aylık	
13. Toplam çirkinlik (mg/l ZD)		≤1	Atomik absorpsiyon spektrometrisi	Aylık	
14. Çözünmüş bakır (mg/l Cu)	≤0,04		Atomik absorpsiyon spektrometrisi		

## 2.9. Soğuk Su Balıkları Yetiştiriciliğinde Su Kalite Kriterleri

### a) Su sıcaklığı

Balık yaşamında su sıcaklığı önemli bir özelliktir. Alabalıklar için optimum sıcaklık, büyüklüklerine göre değişmekle beraber genellikle 12-16° C'ler arasındadır.

Alabalıklar 20-21°C'nin üzerinde ve 2.0-2.5°C'nin altında yem alamamaktadırlar. Genellikle alabalıkların yavrulan, gelişmişlere nazaran soğuk, kuluçkalıktaki yumurtalar ise daha soğuk suları tercih etmektedirler.

Yapılan araştırmalara göre,  
yumurtalar için 8-10°C,  
yavrulan için 10-13°C,  
gelişmiş balıklar içinse 13-18°C  
uygun olmaktadır.

### b) Sertlik

Su sertliği tüm balıklar özellikle alabalık türleri için de önemli bir unsurdur. Alabalıklar, belirli sertlik derecesinin üzerinde yaşamakta, altında ise gelişmemektedirler. Dolayısıyla, bu özellik yönünden de suyun, optimum veya optimuma yakın bir değere sahip olması gerekmektedir.

Alabalıklar için su sertliği 14,5-21,5 olan sular idealdir. Daha sert sular balıkları rahatsız etmekte, 14,5' un altındaki sularda ise balıkların gelişmeleri normal olmamaktadır.

### c) Suyun asit bağlama (SBV) gücü

Asit bağlama gücü, suyun genel kapasitesi, özellikle kalsiyuma bağlı olan sertliği ve diğer elementler bakımından da güvenilir bir kriterdir. Dolayısıyla incelenen bir suda, SBV varlığına bakılmaksızın karar vermek pek doğru olmamaktadır. SBV'si 3.5 özellikle 4.0'un üzerinde olan sular çok kireçli kabul edilmektedir. Alabalıklar için uygun SBV değerleri 1,5-3,5 arasında olmaktadır.

### d) Suyun kalsiyum miktar

Sulardaki kalsiyum varlığı, hem balıkların özellikle yavru devrelerinde iskelet bağlanmalarında büyük rol oynamakta, hem de suda bulunan balıklar için toksik etkili maddelerin zararlarının giderilmesinde faydalı olmaktadır. Alabalıklar için ideal kalsiyum miktar 80-160 mg/l arasındadır.

### e) pH

Alabalıklar için optimum pH derecesi 7.0-7.5 arasında olduğundan 6.5 ve aşağısı ile 8.5'dan yukarısı arzu edilmez.

### 7) Çözünmüş oksijen miktarı

Balıklar, solungaçları vasıtasıyla suda çözünmüş olan oksijeni alarak solunum yapmaktadırlar.

Çözünmüş oksijen miktarı, suyun sıcaklığına, rakıma, suyun hareketliliğine göre değişmekte ve genellikle düşük rakımlarda, soğuk ve hareketli sularda daha fazla olmaktadır.

Alabalıklar, balıklar içerisinde en fazla oksijene ihtiyaç duyan türlerdendir. Alabalıklar, 5 mg/l'lik O<sub>2</sub> miktarını yaşama payları için kullandıklarından litresinde 5 mg O<sub>2</sub> taşıyan sularda alabalıklar ölmemele beraber büyümeleri, durmakta ve yumurta vermeleri mümkün olmamaktadır. Alabalıklar için optimum oksijen içeriği 9 mg/l'den daha yukarıdır (Atay 1980; Aras ve ark., 1995).

**Karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>)** :Sudaki organik maddelerin bozulmaları nedeniyle CO<sub>2</sub> miktarı artmaktadır. 6 - 12 ppm'lik düzeyi balıklar için zararlı olmaktadır.

Alabalıkların CO<sub>2</sub>'e karşı oldukça dayanıklı olduğu ve genellikle yavru alabalıkların 45 ppm'e, alabalık yumurtalarının 60 ppm'e kadar, Salmon yumurtalarının ise 125 ppm'e kadar dayanabileceği belirtilmektedir.

**Klor (Cl)** :Klor balıklar ve diğer canlılar için de öldürücü etki yapmaktadır. Klor, kalsiyum, magnezyum ve sodyum ile bileşikler halinde bulunduğu gibi serbest halde de bulunabilir. Serbest haldeki klorun 0,3 ppm'lik miktar, yavru alabalıklar 47 dakıkada, büyükleri ise 2 saat içerisinde öldürülebilmektedir.

**Azot (N)** :Azot sulara, gübre artıkları ile ulaşmakta ve sularda NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> hallerinde bulunmaktadır. Bunlardan NH<sub>3</sub>'nin bariz etkileri, en fazla solungaç ve barsaklarda daha ziyade iç ve dış kanamalar halinde görülmektedir. NH<sub>3</sub>'ün, 0,2 ppm'lik dozu yavruları, 1 ppm'lik düzeyleri ise büyük balıkları öldürebilmektedir. Azotun diğer bileşiklerinden NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>'den daha tehlikeli olmaktadır. Örneğin, nitritin, 0,01 g/l'lik düzeyi, balıkları öldürebilmesine rağmen, balıklar nitratın 0,3 gr/l miktarına dayanabilmektedir.

**Kurşun (Pb)** :Kurşun daha çok bileşikler halinde bulunmakta ve Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>'nin 10 ppm'lik, PbCl<sub>2</sub>'nin ise 0,33 ppm'lik düzeyleri balıkları öldürebilmektedir.

**Sodyum (Na)** :Sodyum sularda en çok NaCl halinde bulunmakta ve deniz balıkları için gerekli olmaktadır. Gökkuşaklı alabalıklarıysa alıştırmak suretiyle, 30.000 ppm'lik dozuna 60 dakika kadar dayanabilmektedirler. Sodyumun NaCN bileşiğinin 1 ppm'lik düzeyi ise, alabalıkları 1 saatte öldürebilmektedir.

**Bakır (Cu)** :Bakır, özellikle CuSO<sub>4</sub> bileşiği, yabancı ot mücadelesinde ve bazı hastalıklara karşı dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Bakırın etkisi, suyun miktarına, bulanıklık durumuna ve diğer maddelerin bulunmasına göre değişmektedir. Örneğin, bakır bileşiklerinin tek başlarına sadece 1 ppm'lik miktar balıkları öldürmesine rağmen, 5000 ppm'lik NaNO<sub>2</sub>'nin bulunması

halinde 10 ppm'lik  $\text{CuSO}_4$  veya diğerk bakır bileşikleri düzeylerine dayanabilmektedirler.

Bir dere suyunun belirli bir devredeki tüm özellikleri alabalıklar için uygun olabilir. Ancak eğer erozyon dolayısıyla bulanıyorsa, sıcak mevsimlerde fazla ısınıyorsa, ( $20^\circ\text{C}$ 'nin üzeri) veya kış aylarında fazla soğuyorsa ( $5^\circ\text{C}$ 'nin altı) daha önce uygun olan özellikleri bozulmuş olur. Dolayısıyla alabalık kültüründe mevsimlere göre sıcaklığı fazla değişmeyen, bulanık olmayan, sel gibi problemleri olmayan kaynak suları genellikle uygun olmaktadır. Ancak, kaynak sularından yeterli debili sular her zaman bulunmayabilir. Bu halterde kuluçkahaneler için kaynak, büyütme işletmeleri içinse dere suları veya bunların karmaları kullanılabilir (Atay 1980, Aras ve ark., 1995).

Organik azot, fosfor, silikat gibi besin tuzlarını kapsayan kirleticiler geneelde kentsel yerleşim alanlarında ve besin endüstrisi atıklarından kaynaklanmaktadır. Bu grup kirleticilerin etkileri dolaylı etkiler sınıfına girer ve canlı yaşamının sürdüğü ortamın kalitesini (oksijen, ışık, besin tuzları) değiştirerek etkilerler.



Çizelge 2.A. Alabalık yetiştiriciliğinde su kalite kriterleri (Anonymovs 1962).

Parametre	Azda edilen	Zararlı	Analiz metodu	En az nufuze alınıs ve ölçüm sıklığı	Özellik
1. Sıcaklık (°C)	Termal değerin üst sınırının ölçülen sıcaklığı (kararma bölgesi sınırında) eşit olması öncelikle aşığı derecelerden kaçınılmalıdır. 15°C	2. Termal değeri, kararma bölgesinde aşığı değerin üzerindeki sıcaklığa sebep olmaktadır. 21.5°C 10°C	Termometre	Termal değer noktasının üst ve alt noktasında haftada bir kez	Sıcaklığı eni değeriyle raporlanabilir
2. Çözünmüş oksijen (mg/l O <sub>2</sub> )	% 50-5 % 100:7	%50:9	Winkler metodu veya özel elektrotlar (elektrokimyasal metod)	Ayık, numune alınış gününün düşük oksijen miktarını en az bir örnekle temsil. Ancak, gününkeni örnekler girilmez değişikliklerin olduğu yerlerde, bir günde en az iki örneğin alınması gerekir.	
3. pH		6-9	pH değeri bilinen ki çözeltiye elektrometrik kullanılarak		
4. Amonyak katiyonu (mg/l)	≤2.5		0.45µm'lik süzgeçten sonra veya santrifüjleme, 100°C'da kurulumu ve ölçümü		
5. BOD <sub>5</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	43		20±1°C'da tamamlan kararıklı 5 gün süreyle ölçülen örnekler ve sonraki Winkler metodu ile O <sub>2</sub> tayini		

Çizelge 2.8. (Devamı)Atılabik yetiştiriciliğinde su kalite kriterleri (Anonymous 1992)

Parametre	Azda edilen	Zararlı	Analiz yöntemi	En az sınırlama sınıfı ve ölçüm sıklığı	Göçüm
6. Toplam fosfor (mg / l P)			Moleküler absorbtasyon spektrometre		Ortalama derinliği 15-300 m arasında olan göllerde uygulanabilir
7. Nitrit (mg/l NO <sub>2</sub> )	<0.01		Moleküler absorbtasyon spektrometre		$L < 10 Z / Tw (1 - \sqrt{Tw})$ Burada: L = Fosfor yalıtım hızı (mg P/m <sup>2</sup> /Ayl) Z = Ortalama derinlik (m) Tw = Suyun yalıtım hızı
8. Ferrik bileşimler (mg/L Ca <sub>2</sub> ,OH)		2	Lezzet testi		
9. Petrol hidrokarbonları		3	Görsel inceleme Lezzet testi	Aylık	Ayda belirsiz görsel inceleme
10. İyotize sınırlı NH <sub>4</sub> (mg/l NH <sub>4</sub> )	<0.005 <0.005		Nessler metodu veya indofenol buya kullanarak moleküler absorbtasyon spektrometre	Aylık	
11. Toplam amonyum (mg/l NH <sub>4</sub> )	<0.04	51			
12. Toplam katı madde (mg/l HCO <sub>3</sub> )	<0.005		DPD-metodu	Aylık	
13. Toplam çinko (mg/l Zn)	<0.3		Atomik absorbtasyon spektrometre	Aylık	
14. Çözülmüş bakır (mg/l Cu)	<0.04				

## 2.10. Bazı Deniz Balıklarının Yetiştiriciliğinde Su Kalite Kriterleri

Aşağıda yetiştiriciliği yapılan bazı deniz balıklarının yetiştiriciliğine ilişkin sıcaklık ve tuzluluk değerleri sunulmuştur (Anonim 1990).

### Lavrek balığı

	Su sıcaklığının etkisi:
Üst öldürücü limit	: 34°C
Alt öldürücü limit	: 1°C
Optimum büyüme sıcaklığı	: 22-24°C
Büyümenin durduğu sıcaklık	: 7-10°C
Yumurta döllenme sıcaklığı	: 15°C

	Tuzluluğun etkisi:
Üst limit	: ‰050
Alt limit	: ‰05

### Çipura balığı

	Su sıcaklığının etkisi
Üst öldürücü limit	: 34°C
Alt öldürücü limit	: 3°C
Optimum büyüme sıcaklığı	: 25°C
Büyümenin durduğu sıcaklık	: 7-10°C

	Tuzluluğun etkisi:
Üst limit	: ‰050
Alt limit	: ‰05

### Yassı balıklar

Kemikli balıkların yumurta ve larvaları üzerinde tuzluluğun etkisi çok büyüktür. Balık yumurta ve larvalarına tuzluluğun etkisini kesin olarak belirtmek ancak deneylerde mümkün olmaktadır. Çünkü genellikle tuzluluk, sıcaklıkla birlikte etkili olmaktadır. Yumurta çapları üzerinde yapılan çalışmalarda da en azından bazı türlerde tuzluluk azaldıkça yumurta çaplarında bir büyüme, tuzluluk arttıkça ise bir küçülme görüldüğü belirlenmiştir.

Geniş bir tuzluluk değişiminde yaşayan dil balıklarında üst tuzluluk limiti ‰070, alt tuzluluk limiti ise ‰040 olarak bilinmektedir.

	Su sıcaklığının etkisi:
Üst öldürücü limit	: 32°C
Alt öldürücü limit	: 3°C
İdeal büyüme sıcaklığı	: 20-25°C
Büyümenin durduğu sıcaklık	: 5-7°C

### **Kalkan balığı**

	Su sıcaklığı etkisi:
Üst öldürücü limit	:28°C
Alt öldürücü limit	:3°C
Optimum büyüme sıcaklığı	:18-22°C
Büyümenin durduğu sıcaklık	:5-8°C
Kuluçkalama sıcaklığı	:9-14°C
Larval gelişme sıcaklığı	:13-18°C

Kalkan balıklarının iyi geliştiği tuzluluk değerleri, ‰029-‰030 arasındadır.

### **Kefal balığı**

Kefal balıktan, sıcaklık ve tuzluluk değişimlerine çok toleranslı balıklardır.

	Su sıcaklığının etkisi:
Minimum yaşam sıcaklığı	: 3.5°C
Maksimum yaşam sıcaklığı	:35°C
İdeal yumurtlama sıcaklığı	:22°C

	Tuzluluğun etkisi:
Minimum su tuzluluğu	: ‰0.6,
Maksimum su tuzluluğu	: ‰0.60
İdeal yumurtlama tuzluluğu	: ‰032'dir.

## **2.11. Bazı Kabuklu Su Ürünlerinin Yetiştiriciliğinde Su Kalite Kriterleri**

### **a) Su sıcaklığının etkisi**

Ülkemizde, Karadeniz, İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nin bütün sahillerinde kümeler halinde Avrupa'da *M. galloprovincialis*'e rastlanır. Bunlardan başka Çanakkale Boğazı ve Ege Denizi sahillerinde yer yer görülmektedir. Bu türün Ege Denizi'ndeki dağılışında, İzmir Körfezi güney sınırını oluşturur. Geniş bir yayılım alanına sahip olan bu türün büyüme ve çoğalmasında en etkili faktörler suyun sıcaklığı, tuzluluğu ve akıntılardır (Anonim 1990).

Genel karides yetiştiriciliğinde en önemli çevresel faktör sıcaklıktır. Karidesler su sıcaklığının 23-28°C olduğu Temmuz-Eylül ayları arasında en hızlı gelişmeyi gösterir. Büyüme için ortalama sıcaklık 25°C'dir. Karides 10°C'nin altında besin almaz ve büyüme durur. Bu nedenle de yetiştirme havuzlarında sıcaklık kontrol altına alınır. Suyun ısıtılması gerektirdiğinde enerji kaynağı olarak doğal sıcak su kaynakları ve güneş enerjisi uygulanabilecek en ekonomik yoldur. Küçük hacimli işletmelerde sera sistemi de başarıyla uygulanmaktadır. Ayrıca ani sıcaklık değişimlerinden kaçınmak için havuzların toprak seviyesinden aşağıda inşa edilmesi olumlu sonuçlar vermektedir.

#### **b) Su tuzluluğunun etkisi**

Midyeler, %05 ile %040 tuzluluk oranları arasında hayatlarını sürdürebilmektedirler. *M. galloprovincialis*'in optimum su tuzluluğu %018 ile %20 olarak gösterilmektedir.

#### **c) Su akıntılarının etkisi**

Su akıntısının bulunduğu bölgelerde gerekli oksijen zenginleşmesi ve besin olarak yararlanılan planktonun bolca taşınması midyelerin gelişme ve çoğalmalarını sağlar. Akıntının kuvvetli olması halinde ise, midyelerin tutunabilecekleri materyalin de taşınmasına neden olurlar.

Sudaki çözülmüş oksijen miktarında karidesler için önemli faktördür. Özellikle koyulmuş ve öğütülmüş besinler kullanıldığında su önemli ölçüde kirlenir ve oksijen miktarında büyük düşmeler görülür. Bunu önlemek ve oksijeni yükseltmek için mekanik havalandırıcılar kullanılır.

Bunların dışında suyun diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri de kontrol altında bulundurulmalıdır. Tuzluluk, pH, amonyak, nitrit, nitrat toksik seviyelere ulaştığında gereken önlem alınmalıdır.

Çizelge 2.8. Kabuklu su ürünleri yetiştiriciliğinde su kalite kriterleri (Anonim 1992a).

Parametre	Acu sınırlar	Zararlı	Acu sınırlar	En az minimum alınması gereken süre
pH		7-9		Ortalama günde bir
Sıcaklık °C	Kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği yapılan sularda sıcaklık su sıcaklığı 2°C'den fazla değişmemelidir.		- pH metre (perde ölçümü) - termometre (yüzme ölçümü)	
Renk (Hazepondan sonra) mg Pt/l		Kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği yapılan sularda renk, bulanıklık, bulanıklık, bulanıklık ve bulanıklık miktarları 10 mg Pt/l'den fazla değişmemelidir.	- 0-40 jeni ile renksizden sonra	
Azotlu katılar (mg/l)		Bulanıklık miktarı, bulanıklık miktarı ve bulanıklık miktarı 100 mg/l'den fazla değişmemelidir.	- 0-40 jeni ile renksizden sonra, 100°C'de kurutma ve bulanıklık miktarı.	
Tuzluluk ‰ 0	‰ 0,12-38	‰ 0-40	- Sıcaklık: 100°C'de kurutma ve bulanıklık miktarı.	Aylık
Çözünmüş oksijen miktarı ‰	≥ ‰ 50	≥ 10'dan fazla bulunmaz.	Konditörlerle	Aylık
Netir nitrojen oranı		Netir nitrojen oranı, kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği yapılan sularda bulunmaz.	Netir nitrojen oranı, kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği yapılan sularda bulunmaz.	Ortalama günde bir
Organik maddeler		Kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği yapılan sularda organik maddeler bulunmaz.	Uygun ölçümlerle elebrasyon ve elektrotrode ile	6 ayda bir
Metal (Gümüş, Aşırı, Kromiyum, Krom, Bakır, Çinko, Hıncı, Kurşun, Çinko) mg/l		Kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği yapılan sularda metal maddeler bulunmaz.	Azotlu nitrojen oranı, kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği yapılan sularda bulunmaz.	6 ayda bir
Faial nüfuzlar/100 ml	≤ 300 kabuklu su ürünleri sınırları		Seyrelme metodu	15 günde bir

## 2.12. Yüzme Suyu Amaçlı Kullanılan Suların Genel Kalite Özellikleri

Yüzmeye uygun suların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri Çizelge 2.10'a uygun olmalıdır.

Ayrıca;

- Aynı numune alma noktasından belirli aralıklarla alınmış su numuneleri belirlenen su kalite parametrelerine uygunluk arz ediyorsa;
- Numunelerin % 95'i koliform toplam kriterlerine uygunsa,
- Numunelerin % 80'i toplam koliform değerlerine ve % 90'ı diğer parametreler uygunsa,

Örnekler % 5, veya % 20' si parametrelere uygunluk göstermediğinde :

- a) Mikrobiyolojik parametreler, pH, çözülmüş oksijen ve diğer parametreler % 50'den fazla sapmıyorsa,
- b) Uygun istatistiksel aralıklarda alınan ilgili parametrelerden sapma göstermiyorsa,  
su kaynağının ilgili parametrelere uygun olduğu varsayılır.

Çizelge 2.10. Yüzme amacıyla kullanılan suyun genel kalite özellikleri ( Anonymous 1992).

Parametreler	B	H	Örnek alma sıklığı	Metot
Microbiyolojik parametreler				
Tuption koliform 100 ml'de	500	10.000	iki haftada bir (1)	Çoklu tüp testi (MPN), Membran filtrin
Fecal koliform 100 ml'de	100	2.000	iki haftada bir (1)	Çoklu tüp testi (MPN), Membran filtre
Fecal streptokok 100 ml'de	100	-	(2)	Lily metodu, MPN
Salmonella, 1000 ml'de	-	Ölünmeli	(2)	Membran filtrasyon
Enterovirus PFV10.000ml'de	-	Ölünmeli	(2)	Filtrasyon, fakültasyon veya santrifüj ve doğrulama
Fizikokimyasal parametreler				
pH	-	6 - 9 (2)	(2)	TS 3293'e göre
Renk	-	Anormal bir değere olmamalı (2)	bir (1)	Çıplak gözle veya pt.Co metodu ile fotometrik TS 1803'e göre
Mineral yağlar, mg/l	-	Yüzeyde göbde görülebilir film ve kökür olmamalı	iki haftada bir (1) (2)	Göz ve burun ile algılanan yağın göbde göbde eleştiriltilmesi için elde edilen kalıntının tartılması ile TS 8312, TS 7887'e göre
Metilten mavi ile reaksiyona giren yüzey aktif maddeler	0,3 0,3	Kokulu köpük olmamalı	iki haftada bir (1) (2)	Metilten mavi ile spektrofotometrik metotta TS 5655'e göre
Isıyı ısıtılabilir mgP Fenol ve tuzlar	-	Spesifik bir suda olmamalı	iki haftada bir (1) (2)	Kokuyla ve termal kayraklı kökü bulunmadığını belirlemesi veya 4-aminantipirin ile spektrofotometrik metotta (4-AMP) TS 6227, TS 8754'a göre Secchi diski ile Winkler veya elektrometrik TS 4556 veya TS 5677'ye göre
Işık geçirgenliği (m) Okuljen doygunluğu, %	0,005 2 60-120	0,05 (1) (2)	(2) iki haftada bir (2)	Çıplak gözle
Plastik odun parçası, yün elçe v.b. yüzen maddeler ve katran miktarları	Ölünmeli	-	iki haftada bir (1)	Metotlar veya fotoferod metodu ile spektrofotometrik olarak
Amonyak (NH <sub>3</sub> ) mg/l	-	-	(2)	
	0,2			



Çizelge 2.10. (Devamı) Yazma amacıyla kullanılan suların genel kalite özellikleri (Anonimous 1992).

Parametreler	G.	H.	Örnek alma sıklığı	Metot
Kıllı, göbelleşmiş olan diğer maddeler	-		(2)	Uygun çözücü ile ekstraksiyon yöntemiyle ağırlıkça
Yesiller (Parafin, HCH derisi) mg/l	-		(2)	kromatografisi ile TS 2627'ye göre.
Ağır metaller (mg/l)	Çıkarılmamış		(2)	Elektrodepotansiyon sonra atomik absorpsiyon TS 4475
Arsenik (As)	20			TS 4629
Kadmium (Cd)	2			TS 4112
Krom VI (Cr)	Çıkarılmamış			TS 2537
Bakır (Pb)	10			TS 5874
Çinko (Zn)	0,1			TS 3338
Taşınan oksijen (TK) mg/l	10	-	(2)	TS 4662
Nitrat (NO <sub>3</sub> ) mg/l	5	-	(2)	
Fosfat (PO <sub>4</sub> ) mg/l	0,02			

**NOTLAR**

G: İstenen değer  
H: Doğas ortamında zorunlu halde miktarda edilebilecek maksimum değer  
D: Coğrafik ve meteorolojik şartları uygun olmadıkları durumlarda bu değerler esastır  
(1) Birinci yıl ortamda yapılan ölçümlerde bu kalitede Çizelge 2.10'da verilerden daha düşük değerler elde edilmişse, örnek alma sıklığı artırılabilir.  
(2) Yazma alanında su kalitesinde bulunmayan gösteren bulgular elde edilmiş durumlarda örnek alma sıklığı yeterli kurulum (örneğin) belirlenir.  
(3) Ortodoksya ve eğilim altında belirlenen parametrelerde ilgili örnek alma sıklığı yeterli kurulum ortamında belirlenir.

### 2.13. İçme ve Kullanma Amaçlı Yüzey Sularının Kalite Özellikleri

Yüzey suları, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine göre;

-Sınıf A1- İçme ve kullanma suyu olarak hazırlanması sırasında, sadece basit fiziksel işlemlere ve dezenfeksiyona ihtiyaç gösteren yüzey suları,

-Sınıf A2- İçme ve kullanma suyu olarak hazırlanması sırasında, normal fiziksel işlemlere, kimyasal işlemlere ve dezenfeksiyona, örneğin ön klorlama, koagülasyon, flokülasyon, dekantasyon, süzme, dezenfeksiyon (son klorlama) işlemlerine ihtiyaç gösteren yüzey suları,

-Sınıf A3- İçme ve kullanma suyu olarak hazırlanması sırasında, yoğun fiziksel ve kimyasal işlemlere, arıtma işlemlerine ve dezenfeksiyona, örneğin kırılma noktasına kadar klorlama, koagülasyon, flokülasyon, dekantasyon, süzme, adsorpsiyon (aktif karbon), dezenfeksiyon (ozon, son klorlama) işlemlerine ihtiyaç gösteren yüzey suları, olmak üzere üç sınıfa ayrılır;

Yüzey sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri Çizelge 2.11'e uygun olmalıdır.

Çizelge 2.11'de, değer sütununda bulunan (-) işareti, bu özelliğin aranmayacağı anlamındadır.

Çizelge 2.11. İçme ve kullanma suyu hazırlanmasında kullanılan yüzey suyunun özellikleri ( Anonymous 1992).

Özellikler	Değer					
	Sınıf A1		Sınıf A2		Sınıf A3	
	Tavaya edilen değer	Maksimum edilecek maks. değer	Tarıya edilen değer	Maksimum edilecek maks. değer	Tarıya edilen değer	Maksimum edilecek maks. değer
pH	6.5-8.5	-	6.5-8.0	-	6.5-8.0	-
Renk (tahta sızsıne işleminin sonra), mg/l	10	20 <sup>A</sup>	50	100 <sup>A</sup>	-	-
Pl şokası (P1-Co şokası)	-	-	-	-	-	-
Toplam asbda tuzl maddde, mg/l	25	-	22	25 <sup>B</sup>	22	25 <sup>B</sup>
Sıcaklık, °C	22	25 <sup>A</sup>	1000	-	1000	-
İletkenlik, µm/cm, 20°C'de	1000	-	1000	-	1000	-
Florürler <sup>A</sup> , mg/l	0.7-1	1.5	0.7-1.7	-	0.7-1.7	-
Çözünmüş demir <sup>B</sup> , mg/l	0.1	0.3	1	2	1	-
Manganez, mg/l	0.05	-	0.1	-	-	-
Bakır, mg/l	0.02	0.05 <sup>A</sup>	0.05	-	-	-
Çinko, mg/l	0.3	3	1	3	1	3
Bor, mg/l	1	-	1	-	-	-
Arsenik, mg/l	0.01	0.05	-	0.05	0.05	0.1
Kobalt, mg/l	0.001	0.005	0.001	0.005	0.001	0.005
Toplam krom, mg/l	-	0.05	-	0.05	-	0.05
Kurşun, mg/l	-	0.05	-	0.05	-	0.05
Selenyum, mg/l	-	0.01	-	0.01	-	0.01
Çiwa, mg/l	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001
Berylium, mg/l	-	0.1	-	1	-	1
Siyani, mg/l	-	0.05	-	0.05	-	0.05
Siyani, mg/l	150	250	150	250 <sup>A</sup>	150	250 <sup>A</sup>
Sulfür, mg/l	200	-	200	-	200	-
Klorürler, mg/l	0.2	-	0.2	-	0.5	-
Yüzye aktif maddeler (mantıl maddesi ile maksimum verim), mg/l	-	-	-	-	-	-
Fosforlar <sup>A</sup> , mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l	0.4	-	0.7	-	0.7	-
Fenoller (Benzil İndeksi), paramehanın 4 antitropinin, mg CaCl <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> l	-	0.001	0.001	0.005	0.01	0.1

Çizelge 2.11. (Devamı) İçme ve kullanma suyu hazırlanmasında kullanılan yüzey sularının özellikleri ( Anonymous 1992)

Özellikler	Değer					
	Sınıf A1		Sınıf A2		Sınıf A3	
	Tarıya edilen değer	Müsaade edilebilir mik. değer	Tarıya edilen değer	Müsaade edilebilir mik. değer	Tarıya edilen değer	Müsaade edilebilir mik. değer
-Çözünmüş veya emülsiyon halinde bulunan (pH'ol ekleri elektrikleşimden sonra), mg/l	-	0,05	-	0,2	0,5	-
-Toplam pozitifler (amonyum, BHC, demir), mg/l	-	0,001	-	0,0025	-	0,005
-Amonyak oksijen (CO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup> mg Oyl	-	-	-	-	30	-
-Çözünmüş oksijen (mg/l) oranı, % O <sub>2</sub>	>70	-	>50	-	>30	-
-Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD <sub>5</sub> ) <sup>1</sup> (20°C'de) (mg/l)	<3	-	<5	-	>7	-
-Azot, Kjeldahl metoduyla (NO <sub>3</sub> hariç), mg/l	1	-	2	-	3	-
-Amonyum, mg NH <sub>4</sub> -N	0,75	-	1	-	2	4 <sup>2</sup>
-Kloroformla elektroliz edilen maddeler, mg/l	0,1	-	0,2	-	0,5	-
-Toplam koförmler, 37°C'de, 100 ml numunede	50	-	5000	-	50000	-
-Fesat streptokok, 100 ml numunede	20	-	1000	-	10000	-
-Seleniyum	5000 ml numunede bulunmamalı	-	5000 ml numune de bulunmamalı	-	-	-

1) Verilen değerler, yıllık ortalama sıcaklıkla (yılbaas veya öğün) ilgili olarak belirlenen bir sınır değeriştir.

2) Bu değerler, çevrenin belirli etolojik özelliklerin korunması amacıyla derlet edilmiştir.

3) Bu değerler (öğünlerde) meteorolojik veya coğrafik şartlarda dikabate alınmayabilir.

4) Bu değerler, suğ göllerde yüzey suları veya tarımın durduğu yüzey sularında istisna alınmayabilir. Bu durum sadece, derinliği 20 m'yi geçmeyen, su dağılımı bir yıldan daha yavaş olan ve su kaynağına atık su boşaltımının gölde için geçerlidir.

## 2.14. Kıta İçi Su Kaynaklarının Kalite Özellikleri

Kıta içi su kaynakları;

-Yüzey suları,  
-Yeraltı suları,  
olmak üzere 2 gruba ayrılır.

### Yüzey suları;

Göl, gölet, baraj gölleri ve akarsular gibi yüzey suları Çizelge 2.12'de verilen su kalite özelliklerine göre;

1. Sınıf - Yüksek kaliteli sular,
  2. Sınıf - Az kirlenmiş sular,
  3. Sınıf - Kirlı sular,
  4. Sınıf - Çok kirlı sular,
- olmak üzere 4 sınıfa ayrılır.

### Yeraltı suları;

Yeraltı suları, Çizelge 2.12'de verilen su kalite özelliklerine göre

1. Sınıf - Yüksek kaliteli yeraltı suları,
  2. Sınıf - Orta kaliteli yeraltı suları,
  3. Sınıf - Düşük kaliteli yeraltı suları,
- olmak üzere 3 sınıfa ayrılır.

### Organoleptik özellikler

İçsularında, su kalite sınıfına göre yosun, küf, hidrojen sülfür, amonyak, batakılık, metan vb.kokular bulunabilir. Su kalite sınıflarına göre renk, bulanıklık, askıda katı madde ve Secchi derinliği sınırları Çizelge 2.12'de verilmiştir.

Çizelge 2.12. İçsuların organoleptik özellikleri (Anonim 1992a).

Özellik	Su kalite sınıfları			
	1	2	3	4
Renk, mg Pt/l	< 5	50	300	> 300
Bulanıklık, FTU	< 0,5	0,5-1,0	1,1-3,0	> 3,0
Askıda katı madde, mg/l	< 2	2-5	5,1-10	>10
Secchi derinliği	> 7	7-4,0	3,0-2	< 2

### Fizikokimyasal özellikler

İçsuların, su kalite sınıflarına göre fizikokimyasal özellikleri Çizelge 2.13'de verilmiştir.

Çizelge 2.13. İçsuların fizikokimyasal özellikleri (Anonim 1992a)

Özellik	Su kalite sınıfları			
	1.	2.	3.	4.
-Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
-pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,0 - 9,0	6,0- 9,0 dışında
- Çözünmüş oksijen <sup>1)</sup> mg O <sub>2</sub> /l	8	6	3	< 3
- Oksijen doyumu <sup>1)</sup> (%)	90	70	40	-Çözünmüş oksijen <sup>1)</sup> = 40
-Görünür, mg C/l	20	200	400	-Oksijen doyumu <sup>1)</sup> >400
-Sülfatlar, mg SO <sub>4</sub> /l	200	200	400	>400
-Amonyum azotu <sup>2)</sup> , mg/l	0,2	1	2	>2
-Nitritler, mg NO <sub>2</sub> -l	0,002	0,01	0,05	=0,05
-Nitratlar, mg NO <sub>3</sub> -l	5	10	20	>20
-Toplam fosfor, mg PO <sub>4</sub> -l	0,02	0,10	0,65	>0,65
-Toplam çözünmüş madde, mg/l	500	1500	5000	5000
-Sodyum, mg Na/l	125	125	250	>250

1)Çözünmüş oksijenin, doygunluk veya değişim sınırlarından sadece birinin dikkate alınması yeterlidir. Göz, berrak sular ve yeraltı sular için çözünmüş oksijen veya doygunluk değerleri sınıflandırmaya esas alınmaz.

2)pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu derişimi 0,02 mg/l'yi geçmemelidir.

### Organik özellikler

İçsuların, su kalite sınıflarına göre organik özellikleri Çizelge 2.14' de verilmiştir.

Çizelge 2.14. İçsuların organik özellikleri (Anonim 1992a).

Özellik	Su kalite sınıfları			
	1.	2.	3.	4.
-KCl, mg/l	25	50	70	>70
-BOD <sub>5</sub> , mg/l	4	8	20	>20
-Organik karbon, mg/l	5	8	12	>12
-Toplam iksidatıl azotu, mg/l	0,5	1,5	5	>5
-Emülsiyon yağ ve gres, mg/l	0,02	0,3	0,5	>0,5
-Yüzey aktif maddeler (reaktion muvazii ile reaksiyon versin) MBA5, mg/l	0,05	0,2	1	>1,5
-Fenoller, fenol indeksi olarak, mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/l	0,002	0,01	0,1	=0,1
-Mineral yağlar ve tıvazileri, mg/l	0,02	0,1	0,5	>0,5
-Toplam pestisit, mg/l	0,001	0,01	0,1	>0,1
-Klorofil-a <sup>1)</sup> , µg/l	<2	2-3,7	3,8-7,5	>7,5

1) Yeraltı sular için Klorofil-a değerleri sınıflandırmaya esas alınmaz.

### İnorganik özellikler

İçsuların, su kalite sınıflarına göre inorganik özellikleri Çizelge 2.15' de verilmiştir.

Çizelge 2.15. İçsuların inorganik kirlenme özellikleri (Anonim 1992a).

Özellik	Su kalite sınıfları			
	1.	2.	3.	4.
-Civa, µg Hg/l	0,1	0,5	2	>2
-Kadmiyum, µg Cd/l	3	5	10	>10
-Kurşun, µg Pb/l	10	20	50	>50
-Arsenik, µg As/l	20	50	100	>100
-Bakır, µg Cu/l	20	50	200	>200
-Krom, µg Cr/l	20	50	200	>200
-Krom, µg Cr <sup>6+</sup> /l	Ölçülemeyecek kadar az	20	50	>50
-Kobalt, µg Co/l	10	20	200	>200
-Nikel, µg Ni/l	20	50	200	>200
-Çinko, µg Zn/l	200	500	2000	>2000
-Toplam Siyandır, µg CN/l	10	50	100	>100
-Florür, µg F/l	1000	1500	2000	>2000
-Serbest Klor, µg Cl/l	10	10	50	>50
-Sulfür, µg S/l	2	2	10	>10
-Demir <sup>2+</sup> , µg Fe/l	300	1000	5000	>5000
-Mangan <sup>2+</sup> , µg Mn/l	100	500	3000	>3000
-Bor, µg B/l	1000	1000	1000	>1000
-Selenyum, µg Se/l	10	10	20	>20
-Baryum, µg Ba/l	1000	2000	2000	>2000
-Alüminyum, µg Al/l	0,3	0,3	1	>1

#### Radyoaktif özellikler

İçsuların su kalite sınıflarına göre radyoaktif özellikleri Çizelge 2.16' da verilmiştir.

Çizelge 2.16. İçsuların radyoaktif özellikleri (Anonim 1992a).

Özellik	Su kalite sınıfları			
	1.	2.	3.	4.
-Radyoaktivite (pCi/l) alfa-aktivitesi	1	10	10	>10
beta-aktivitesi	10	100	100	>100

#### Bakteriyolojik özellikler

İçsuların, su kalite sınıflarına göre bakteriyolojik özellikleri Çizelge 2.17'de verilmiştir.

Çizelge 2.17. İçsuların bakteriyolojik özellikleri (Anonim 1992a).

Özellik	Su kalite sınıfları			
	1.	2.	3.	4.
-Fekal koliformlar, 100 ml numunede	10	200	2000	>2000
-Toplam koliformlar, 100 ml numunede, 37°C'de	100	20000	100000	>100000

### 3. SU KİRLENMESİ TİPLERİ

#### 3.1. Ağır Metal ve İz Elementlerde Kirlenme

Metaller, balıklar tarafından çözünen iyon olarak solungaçlara sudan ve balık besininde birikmesi ile besinlerden alınabilmektedir. Deniz suyundaki metallerin derişimlerinin on kat artması, ekolojik dengede olumsuz etkiler oluşturabilmektedir.

Balıklarda, pek çok zehirli maddenin osmotik dengeye ve iyon düzenlemeye etki ettiği, birçok ağır metalin solungaçlarda, böbreklerde, karaciğerde histopatolojik değişmeye neden olduğu ortaya konmuştur. Metaller ile kirlenmiş sularda yaşayan balıkların bağışıklık sistemlerinde, iyon dengelerinde ve önemli fizyolojik fonksiyonlarında olumsuz etkiler görüldüğü bildirilmektedir. Bağışıklık sisteminde zayıflama sonucu, balıklar bulaşıcı hastalıklara daha kolay yakalanmaktadır.

**Kurşun**, sulara, maden sanayi atıklarından ve diğer organik maddelerden bulaşır. Açık denizlerde normal olarak 10 mikrogram/l derişimde bulunurken sahillerde ve dalyanlarda daha yüksek değerler tespit edilmektedir. Alkali kurşun bileşikleri deniz suyunda hemen parçalanabilir.

Çizelge 3-1. Çeşitli alkali kurşun bileşiklerinin zehirliliği, mg/l (Anonymous 1983).

Deneme süresi	Maddock ve Taylor (1980) 96 saat-LD <sub>50</sub>			6 saat EC <sub>50</sub>	Marbeti (1978) 48 saat LD <sub>50</sub>		48 saat EC 50
	Karides	Yumruak çatlar (midye)	Yassı B.		Akya	Menne İbrasa	
Organizma Kurşun bileşikleri							
Tetra- metil kurşun	0,11	0,27	0,05	1,3	0,25	0,10	1,65
Tetra- metil kurşun	0,02	0,10	0,25	0,1	0,65	0,060	0,15
Trimetil PbCl <sub>2</sub>	6,8	0,5	24,6	0,6			
Trimetil PbCl <sub>2</sub>	5,8	1,1	1,7	0,1			
Dimetil PbCl <sub>2</sub>			300				
Dimetil PbCl <sub>2</sub>			75				

**Krom**, normal olarak deniz suyunda 0,3 mikrogram/l ve su ürünlerinde yaş ağırlıkça, 0,5 mg/kg kadar bulunur. Kromun altı değerli formunun, istiridyelerde 5-10 mg/l düzeyinde öldürücü ve 1 mg/l düzeyinde fotosentezi %20-30 nisbetinde azaltıcı etkisi vardır (Anonymous 1976).

**Kalay**, sulara evsel ve endüstriyel atıklarla karışır. Organik kalay bileşikleri, gemilerin boyanmasında, yumaklaşmayı önleyici materyal olarak kullanıldığından gemilerin yoğun bulunduğu yerlerde kalay kirlenmesine sebep olur.

Kalay derişimi, açık denizlerde genelde 1-5 nanogram/l düzeyinde bulunur, kıyılarda 40 ng/l'ye ulaşabilir. Çözülebilir kalay derişiminin 35 mikrogram/l'lik derişiminin deniz organizmalarında akut zehirlik etkisi tespit edilmiştir.

Yumaklaşmayı önleyici boyalarda kullanılan organik kalaylar inorganiklerden daha zehirlidir ve 1 mikrogram/l derişimi çeşitli türlere zararlıdır (Anonymous 1976).



**Mangan**, deniz suyunda normal olarak 0,5 mikrogram/l düzeyinde bulunur. Balık türlerine göre zehirlilik düzeyi 1-1000 mikrogram/l arasında değişir. İstiridyelarvaları 14-19 mikrogram/l mangan derişiminde ölüür, algler 5 mikrogram/l düzeyinde tahrip olur (Anonymous 1976).

**Cıva**, yer kabuğunda yer alan elementlerden biridir. Çoğunlukla yüzey katmanlarında bulunur. Doğal dağılıma sonucu kolaylıkla ekosisteme yayılır. Karada ortaya çıkan cıva kalıntısı zamanla yağmur, dere ve sel sularıyla, erozyon ve diğer doğal olaylarla denizlere ulaşır. Suya kaçan serbest cıva çoğunlukla askıda katı halde katı partiküllere bağlanır veya diğer inorganik anyonlarla birleşir ve zamanla dibine çökerek sedimentte birikir.

Besin, su, hava yolu ile alınan cıva sağlıklı insanlarda da sakıncasız düzeyde birikebilir. (Sularda cıva kalıntısı, ortamda en fazla fitoplankton (diatom) ve zooplanktonlarda kendini gösterir).

Letal dozlarda cıva etkisinde kalan balıklarda adenozin trifosfat enziminin engellenmesi sonucu Na, K, Cu, Cl iyonlarının değişimi azalır ve durur. Bunun sonucunda kan plazması, Na ve Cl iyonlarının yoğunluğu artar, osmoregülasyon bozulur. Aynı koşulların devam etmesi halinde balık solungaçları iyon ve oksijen değişimini engelleyen mukoz tabaka ile kaplanarak solunum engellenir.

Araştırmalarda sularda bulunan 0.003 ppm'lik cıva derişiminin balıklarda ölçülebilir toksik etkiler yaptığı ve cıvanın arsenik, kurşun ve selenyumdan daha zehiri olduğu bulunmuştur.

Cıvayla kirlenmiş sularda 30 gün süreyle tutularak sürdürülen denemelerde inorganik cıva bileşiklerinin 5-10 ppm düzeyinde tuma ve yılan başında, 15 ppm'in ise bütün balıklar için öldürücü etki yaptığı bulunmuştur (Anonymous 1982).

Cıva normal olarak deniz suyunda 0,01-9,1 mikrogram/l düzeyinde bulunur. Cıva iyon halinde türlerine göre 0,005-10 mg/l arasında gereklidir. Balıklarda 15 mg/kg ve kandeslerde 30-100 mg/kg cıva birikimi ölüme sebep olur (Anonymous 1982). Maden ocakları, tarımsal ilaçlama ve bazı endüstri atık deşerhlarıyla cıva çevreye geniş şekilde dağılmıştır.

Cıvaya maruz kalan balıkların sinir sistemlerinde, karaciğer, damar ve kan sistemlerinde, böbrek sistemlerinde, histopatolojik bozukluklar görülmektedir. Cıva ile kirlenmiş ortamdaki su ürünlerinin tüketilmesi insan sağlığı için zararlıdır, ciddi sorunlar yaratır. Özellikle metil cıva kolayca insan vücudunda birikebilir. Kronik olarak zehirlenmiş insanlarda çeşitli derecelerde felçler, uyusukluk, saralar, görme, işitme bozukluklarına, delilik, beyin hasarlarına yol açabilir (Anonymous 1976).

**Nikel**, deniz suyunda normal olarak 2 mikrogram/l bulunur. Tatlısu balıklarına 0,5-10 mg/l, deniz balıklarına 125 mg/l, istirdiyelere 100-150 mg/l düzeylerinde zehirlidir (Anonymous 1976).

**Selenyum**, deniz suyunda normal olarak 0,5 mikrogram/l, su ürünlerinde 0,9 mg/kg, yavru balıklarda 0,3 mg/kg, istirdiyelerde 0,6 mg/kg midyelerde 0,5-1,4 mg/kg deniz balıklarında 0,6-1,9 mg/kg, kuru madde düzeyinde bulunur (Anonymous 1976).

**Bakır**, deniz sularında normal olarak 2 mikrogram/l, balıklarda 20 mg/kg kuru ağırlık, midyelerde 75 mg/kg, yengeçte 360 mg/kg bulunur. Deniz organizmalarına bakırın akut toksisitesi, genellikle çeşitli türlerin erginleri için birkaç ppm olarak bildirilmiştir. Bakır tuzlarının yüksek dozları, mide bağırsak kanalında ve karaciğerde hasarlara yol açar, bu durum ise bazen organizmanın ölümü ile sonuçlanabilir (Anonymous 1976).

Suda bulunan bakır ( $CuSO_4$ ), balıkların bünyesine geçerek çeşitli organlarda birikebilmektedir. Suda bulunan bakır miktarının 3,5 kat daha fazlasının sazanların (*Cyprinus carpio* L.) dokularında biriktiği bildirilmektedir (Canyurt 1982).

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü'nde yürütülen bir çalışmada, besinlerden alınan ve öldürücü etkisi olmayan bakırın, artan bakır değerlerine paralel bir artış göstererek, sazanlarda başta karaciğer olmak üzere, böbrek, gonad ve kaslarda biriktiği ancak kasta biriken bakır miktarının insan sağlığı için önerilen miktarın altında olduğu ve damızlık sazanlarda gonadlarda biriken bakır miktarının, larva elde edilmesine engel olduğu belirlenmiştir (Karahan 1991).

İzmir Körfezi'nde iki mollusk türünde (*Arca mygdalum*, *Corbulagibba*), 1979-1980 yıllarında metal birikimi incelenmiş, en fazla demir biriktiği, bunu sırasıyla çinko, mangan, bakır, kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve cıvanın izlediği bulunmuştur (Uysal ve Tuncer 1983).

Yine İzmir Körfezi'nde 1984 yılında yapılan bir çalışmada deniz suyunda 0.1 mg/l; deniz ürünlerinde ise 31.0 mg/kg'a ulaşan bakır bulunduğu, bu değerlerin gıda maddelerindeki tolerans değerlerin üzerinde olduğu ortaya konmuştur (Güneş 1984).

İzmir ve Çandarlı (Aliağa Liman) Körfezlerinde yapılan araştırmalarda su, sediment ve mollusklarda (*M. galloprovincialis*) metal değişimlerinin Fe, Zn, Pb, Cu, Cd ve Hg sırasını takip ettiğini belirtmiştir (Tuncer 1985). Anadolu Kavağı Yöresi midye türünde (*M. galloprovincialis*) 1991 yılında yürütülen bir çalışmada ise, ağır metal (Fe, Cu, Pb, Zn, Al) birikim düzeylerinin çeşitli ülkelerde belirlenmiş olan maksimum sınır değerlerini aştığı, bu midyelerin tüketimlerinde insan sağlığına zararlı olabilecekleri ortaya konmuştur (Atayeter 1991).

**Kobalt**, normal olarak deniz suyunda 0,03 mikrogram/l bulunur. Tatlısulara türüne göre zehirlilik düzeyi 18-5000 mg/l oranında değişir. 200 mg/l derişimi deniz balıklarına zehirli değildir (Anonymous 1976).

**Gümüş**, denizde 0,01-0,5 mikrogram/l düzeyinde bulunur, su ürünlerine 0,005 ppm'lik seviyesi zehirlidir (Anonymous 1976).

**Çinko**, deniz omurgasızlarına 1-10 mikrogram/l düzeyinde zehirlidir. Yassı balık larvalarına 0,1 mg/l, yassı balıklara ise 100 mg/l düzeyinde zehirlidir (Anonymous 1976).

**Antimon**, tatlı su balıklarına ve kabuklu su ürünlerine 10-20 mg/l düzeyinde zehirlidir. Deniz balıklarının vücudunda kuru ağırlıkta normal olarak 0,18-0,13 mg/kg ve kabuklu su ürünlerinde 0,05-0,8 mg/kg miktarda bulunur (Anonymous 1976).

**Bor**, doğada elemental halde bulunmaz. Genellikle sodyum ve kalsiyum borat tuzları halindedir. *Phoxinus* 'lar için minimum letal doz, borik asit halinde 20°C'de 18.000-19.000 mg/l (distile suda) dir. Bor bitkiler için başlıca gerekli element olmasına rağmen, hassas bitkiler 1.000 mg/l'de toksik etki gösterirler (Anonymous 1976).

**Berilyum**, sularda nadir bulunan bir elementtir. Deniz suyunda normal olarak 0,0006-0,005 mikrogram/l olarak bulunur. Suyun sertliğine bağlı olarak zehirlilik düzeyi 0,2-30 mg/l arasında değişir (Anonymous 1976).

**Kadmiyum**, sulara doğal (volkan, toz ve yağmur) ve antropojenik kaynaklardan gelir. Kadmiyum normal olarak açık denizlerde 0,01-0,1 mikrogram/l'lik derişimlerde bulunur. Denize deşarj eden organik kadmiyum bileşikleri abiyotik işlemlerle bilinen alkali bileşiklere dönüşür.

Deniz suyunda normal olarak 0,02 mikrogram/l, balıklarda 0,2-10 mg/kg, kabuklu su ürünlerinde 1-20 mg/kg düzeyinde bulunur. Su ürünlerindeki zehirlilik düzeyi organizmaların yaşam devirlerine göre 0,1-100 mikrogram/l arasında değişir. Deniz biyotasına 50 mikrogram/l, mollusklara 70 mikrogram/l ve yassı balıklara 50 mikrogram/l'lik kadmiyum derişimleri zehirli etki yapar (Anonymous 1983).

Pickering ve Gast, kadmiyumun kronik zehirliliğini *Pimephales promelas* üzerinde 202 mg/l sertlikte, 157 mg/l alkalinite ve 7.7 pH'da 2 test halinde çalışmışlardır. 4-350 mg/l arasında değişen 5 kadmiyum derişimi balıklara uygulanmıştır. 57 mg/l kadmiyum derişiminde embriyo gelişiminde bir azalmaya olduğu gözlenmiştir. 4,5-37 mg/l düzeyindeki kadmiyum derişimlerinde, yaşama oranı, büyüme ve üreme üzerine herhangi bir ters etki gözlenmemiştir (Başpınar 1995).

*Lepomis macrochirus* 'lar 31-2140 mg/l arasında değişen 5 kadmiyum derişimine 11 ay süreyle maruz bırakılmıştır. 80 mg/l'ye maruz kalan 18 ergin balığın 9'u deney sonunda ölmüş 31 mg/l'ye maruz kalan balıklar ve kontrol grubu yaşamaya devam etmişlerdir. Bu arada 80 mg/l kadmiyum derişiminde yaşayanların yumurta bırakma gücü etkilenmemiş fakat 60 gün sonunda larvalarda yaşayabilirlik ve gelişimde bir gerileme gözlemlenmiştir (Ecorlon 1994; Başpınar 1995).

Mollusklar, kadmiyum zehirliliğine karşı daha dayanıklıdır; ergin ve larva dönemlerinde, genellikle 70 µg/l'den yüksek derişimlerde toksisite görülmüştür (Anonymous 1976).

**Arsenik**, metalik ve metalik olmayan özellikleri olan bir elementtir. Suda çözünmez, genellikle arsenatlar yada arsenopiritler halindedir. Arsenik bileşikleri doğada yaygın olarak bulunur. Arsenik endüstride bakırın sertleştirilmesinde, kurşun alaşımlarında, boyalarda ve cern imalatında ortaya çıkarılabilir, ayrıca arsenikli bileşikler tarımda ve ormancılıkta kullanılmaktadır.

Arsenik deniz suyunda normal olarak 2 mikrogram/l olarak bulunur ve element halinde su ürünlerine zehiri değildir. Üç değerli arsenik en zehirli formudur (Anonymous 1976).

Demir, suya klorür, sülfat ve nitrat formlarında karıştığında, tuzlar eriyerek  $Fe^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  (ferus ve ferik) iyonları  $(OH^-)$  hidroksil iyonları ile birleşerek çöker. Su kuvvetli buffer değilse, eriyebilir. Fe tuzları suyun pH'sını toksik seviyeye kadar düşürebilir. Balıkların solungaçlarında biriken  $Fe(OH)_2$  (Demir hidroksit) depozitleri sinirsel depresyonlara sebep olabildiği gibi solunum zorluklarına da yol açabilir. Ayrıca demir hidroksitinin fazla çökeltisi balık yumurtalarının açılması üzerine olumsuz etki yapılabilir.

### Zayıf asitler ve anorganik sülfidler

Orta derecede zayıf bazı (fosforik, laktik, tartarik asit gibi) organik asitler ile kuvvetli mineral asitleri (pH'sı 5'in üzerindeki) doğrudan doğruya tatlı su balıklarına etki etmezler. Bununla birlikte laktik asit çözeltilerinin, kana karıştıktan sonra öldürücü etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Karbonik asit veya erimiş  $CO_2$  gibi zayıf asitlerin bir kısmı pH'yı (5)'e düşürmeksizin suya belirli bir zehir etkisi verebilirler. Bunun yanında diğer zayıf asitlerin ayrışmamış molekülleri anyonlara veya asitlerin tuzlarına bağlanarak zehirli olabilirler. Fakat genellikle zayıf asitlerin tuzları da, çözeltileri de zararsızdır.

pH yükselirken sodyum sülfid çözeltilerinin alabalıklar üzerine zehirlilik etkisinin önemli derecede azaldığı belirtilmiştir. Sodyum sülfürden üretilen  $H_2S$  (hidrojen sülfür) bu asidin anyonlarından daha zehirlidir. Bununla birlikte anorganik sülfidlerin 0,5-1 ppm'lik derişimleri sodyum nitrat veya alkali çözeltilerde olsa bile, sülfürlerin çoğu  $H_2S$  olarak ortaya çıkabilir.

**Siyanür**, hidrosiyonik asit fazla alkali olmayan sularda çok az iyonlaşır. Bu madde içten etki ederek solunum sistemini tahrip eder. pH 9'un altında olduğu zaman, alkali metal siyanürlerin, sulandırılmış çözeltileri hidroliz edildiklerinde moleküler hidrojen siyanür gazı halinde açığa çıkarlar.

Hidrojen siyanür moleküllerinin, balıklara etkisi siyanür iyonlarının etkisinden daha fazladır. Alabalıkların 0,005 ila 0,07 ppm siyanür (CN) derişimlerine 1-6 gün dayanabildikleri, 0,02 ppm'lik siyanürün (CN) dere alabalıklarının 27 günde öldürmediği, 17,5°C'ta pH 7,4-8'de bu derişimin çelikbaşı alabalıklar için öldürücü olmadığı belirtilmiştir.

Çinko siyanit ve kadmiyum siyanit kompleksleri, siyanitler çözeltilerde 0,5 ppm den daha az derişimlerde bulduktan zaman siyanür gazı (CN) olarak ayrışır. Serbest hale geçen siyanür iyonları moleküler hidrojen siyanürü (HCN) meydana getirmek için mevcut hidrojenle ( $H_2$ ) birleşir.

Siyanürlerin çinko ve kadmiyumla oluşturduğu bileşikler, balıklar üzerindeki zehirlilik etkisini önemli derecede artırır, ancak nikel, bakır ve demir gibi metallerle birleştikleri takdirde zehirlilik etkisinin önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir.

Metal siyanürlerinin balıklara öldürücü dozu 0,05 ile 0,23 mg/l arasında değişir.

### 3.2. Petrol Kirlenmesi

Dünyamızda petrol üretim alanlarının ve bu ürünleri tüketen ülkelerin farklı bölgelerde olması, üretim alanları ile tüketim bölgeleri arasındaki

mesafenin fazlalığı, petrol taşımacılığının deniz yoluyla yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Petrol taşımacılığının yoğun olduğu denizlerimiz Akdeniz, Karadeniz, Marmara denizleridir. Akdeniz Bölgesi Orta Doğu petrolünün ana taşıma yolu olup, aitan tanker trafiğine bağlı olarak bu deniz suları ve kıyıların zaman zaman petrol alışığı ve türevleriyle kirlendiği bilinmektedir. Ayrıca Yumurtalık-Botaş petrol dolun tesislerinin de bu kirlenmede payı olduğu ve denizlerimizde etkin bir depetleme ve kontrol sisteminin bulunmaması nedeniyle tankerlerin-balaat sularını karasularımız içinde boşaltmalarının petrol kirlenmesini artırdığı bulunmuştur. Artan petrol talebine paralel olarak, kırsal bölgelerdeki petrol dolun ve boşaltım tesisleri ve rafineri sayılarında artışlar olmuştur. Bu gün deniz kıyısına tesis edilmiş 1 adet petrol dolun tesisi (BOTAŞ) ile 3 adet (Mersin-Ataş, İzmir-Altındağ ve İzmir-Petkim) petrol ürünlerini işleyen rafineri ve petrokimya tesisi mevcuttur. Bu tesisler, gerek dolun boşaltım işlemleri sırasında, gerekse üretimleri sonucu, kıyı bölgelerinin petrol ve türevleriyle kirlenmesine neden olmaktadır. Bu faaliyetlerin yanısıra, karasularımız içinde gerek ulusal gerekse uluslararası deniz taşımacılığının ve liman faaliyetlerinin artması, bu gemilerin sirtine sularının karasularımız içinde boşaltılmasını gündeme getirmektedir.

Deniz ortamına atılan petrol ve ürünlerinin etkileri kısa ve uzun vadeli etkiler ile birlikte estetik açılarından bozulma, renk, koku, ve tat değişimleri sayılabilir.

Hidrofobik karakterleri dolayısıyla su yüzeyine yayılan petrol ürünleri ince bir film tabakası oluşturarak su kütlesi için hayati değerde olan atmosferde gaz alışverişini bilhassa oksijen açısından, ayrıca güneş ışığını yüzeyden geri yansıtarak fotosentez olayını etkilemektedir.

Kumsellerımızda sıkça rastlanan katran yumaklarının oluşması ile denizlerdeki besin zinciri içinde, çoğusunun kanserojen olduğu bilinen aromatik yapıdaki maddelerin birikime uğraması tüketici ve kullanıcı olan insanoğlunu etkilemektedir.

Ham petrol ile kirlenme; tanker kazalarından ve tankerlerin yıkanmasından doğabileceği gibi, doğal sızıntılardan da kaynaklanır. Birçok bilim adamı, çeşitli kaynaklardan, deniz ortamına yılda 2-20 milyon ton arasında değişen miktarda petrol veya hidrokarbonların katıldığını tahmin etmektedirler. Petrol deniz ortamında ;

- Büyük partiküller olarak (katran yumakları)
  - Mikropartiküller olarak (saf damlacıklar), zooplanktonlar - süzerek beslenenler
  - Silt, detritus ve fitoplankton gibi maddeler üzerinde adsorbe edilmiş olarak,
  - Su içerisinde emülsiyon olarak,
- değişik formda bulunabilir.

Büyük yüzen parçacıklar, birçok durumda sorun yaratmalarına rağmen, deniz organizmaları tarafından alınmadıklarından, petrolün deniz ekosistemi içerisine dahil olmasında rol almazlar. Bununla birlikte, yarı-katı yağ atıktan, uzun süreçte solüsyon içerisinde bileşiklerini serbest bırakırlar. Mikropartiküller ise, muhtemelen çok eriyen bileşiklerle tüketilir. Bu partiküllerin sırasıyla, zooplankton ve süzerek beslenenler tarafından tüketildiği bilinmektedir.

Petrol esasen biyolojik olarak verimli yüzey katmanında ve kıyıya yakın bölgelerde bulur. Burada, derişimi 10 g/l civarındadır. Yüzeyde ve kıyıya yakın

bölgede, tahmin edilen en yüksek doğal çözünmüş organik karbon derişimi yaklaşık 3mg/l'dir (Anonymous 1982).

### 3.2.1. Yağların döngüsünü etkileyen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik faktörler

Denizlere sızan ya da dökülen petrol, deniz ortamında ürünlerin dağılımına yol açan çeşitli ve bir seri işlemlere maruz kalır. İleriden değişime uğradığından, fiziksel ve kimyasal özellikleri de değişir.

#### Yayıma

Petrol denize döküldükten sonra, düşük moleküler ağırlıklı hidrokarbonlar hafinde yüzeyde yayılır. Esas petrol bileşenleri, su yüzeyinde kendiliğinden yayılmaz fakat düşük moleküler ağırlıklı hidrokarbonlar sıvı olarak kalmazlar ve hızla yayılırlar.

Sülfür ve oksijen içeren bileşikler, bir sıvının yüzey gerilimini azaltırlar. Molekülün hidrofilik polar kısmı, su yüzeyi ile ilişkidir, non-polar ya da hidrokarbon kısmı petrol yağına doğru yönelir. Yayıma genişliği, bir sıvının yüzey gerilimini azaltan petrol bileşiklerinin yapı ve niceliğinin bir fonksiyonudur.

Yayıma, emülsiyonlaşma ile rekabet halindedir. Su-yağ emülsiyonunun etkisi, zamanla artar, yayıma buharlaşmayı hızlandırır ve viskozitelerin artmasına yol açar (Anonymous 1982).

#### Buharlaşma

Buharlaşma, nispeten düşük kaynama noktalı, orta ağırlıktaki bileşiklerin, atmosfer içerisinde uçabilir hale gelmesidir. Buharlaşma oranı, petroledeki her bileşenin buhar basıncının, bu bileşenlerin derişiminin, yüzey alanının, dökülme kalınlığı, rüzgar ve sıcaklığın bir fonksiyonudur.

Buharlaşma ile atmosferde kaybolacak bileşiklerin yüzdesi, karbon sayısı ile ilişkilidir. Yaklaşık 13 karbon atomu veya daha az fraksiyon içeren tüm hidrokarbonlar, ilk birkaç gün sonra büyük ölçüde kaybolurlar, daha yoğun fraksiyonlar (20 karbon atomunun üzerinde) birkaç hafta sonra buharlaşır.

Buharlaşma deniz ekosistemi içerisinde zehirli bileşenlerin çoğalmasını önleyen en önemli yoldur (Anonymous 1982).

#### Erime

Erime düşük moleküler ağırlıklı hidrokarbonların suda kaybolduğu işlemdir. Bu işlemin oranı, rüzgar ve deniz durumu, petrol materyalinin özellikleri ile (kimyasal kompozisyon, spesifik ağırlık, viskozite, boşaltım noktası, yüzey gerilimi) ilişkilidir. Petrol bileşiklerinin erime kabiliyeti düşüktür. Bazı yağ türevlerinin deniz suyunda eriyebilir ekstratları deniz canlıları için önemli düzeyde zehirlidir.

Petrolde (yağdan) kaynaklanan akut zehirlenmeler kuvvetli bir ihtimalle petrolün di ve tri aromatik hidrokarbon içeriğinin bir fonksiyonudur. Pekçok petrol ürünlerinin eriyebilir fraksiyonları çoğu toksik olarak bilinen, orta ağırlıklı aromatiklerden oluşur (Anonymous 1982).

Buharlaştırma ve çözünmeye ilaveten, petrol hidrokarbonları, deniz yüzeyinde dalga serpintileri ve hava kabarcıkları ile uzaklaştırılır. Atmosfere transferleri ise, rüzgar hızına, denizin durumuna bağlıdır. Önemli vurgulanmalıdır ki, sahile doğru rüzgarları olan kıyısal alanlar dışında, okyanus yüzeyinden hidrokarbonların bu mekanizma ile uzaklaştırılması geçicidir. Çoğu zerrucikler, okyanuslarda bir metreden birkaç yüz km'ye kadar değişen uzaklıklarda tekrar birikebilir.

### **Emülsiyonlaşma**

Emülsiyon sonucunda suda 2 ayrı tabaka oluşur. Üstteki tabakada devamlı faz su, dağılmış faz yağ iken, altta büyük molekül ağırlıklı bileşikler devamlı fazı oluşturur. Böylece üstte suda-yag emülsiyonu altta yağda-su emülsiyonu oluşur.

Emülsiyonlaşma, petrol veya petrol ürünlerinde erime kabiliyetli bileşiklerin çözelti haline geçmesini artırır (Anonymous 1976).

### **Ayırıcıların etkisi**

Kimyasal ayırıcılar veya emülsiyon oluşturanlar, organik çözücüdürler ve yüzey-aktif ürünlerdir. Organik çözücüler, petrolün (yağın) viskozitesini azaltarak, yağ katmanında, sıvıların yüzey gerilmesini azaltan maddelerin daha uniform olarak dağılmasına yardım ederler (Anonymous 1976, 1982).

### **Çökeltme**

Dalgalı denizler, petrolün absorbe edilmesini ya da partiküler madde ile (kum, mil, kabuk parçaları vb.) karışmasını artırabilir ve sonuçta deniz daha durgun bir hale ulaştıkça dibe çökmesini sağlar.

Çöken yağın tekrar süspansiyon hâle geçmesi, deşarjdan sonra, geniş bölgelere dek yayılma mekanizmaları tam olarak anlaşılmamıştır (Anonymous 1976, 1982).

### **Oksidasyon**

Petrolün ortaya çıkmasındaki kimyasal reaksiyonlar, çoğunlukla oksidatif yapıdadır. Petrol materyallerinin çoğu yüzeyde bulunduğu için oksidasyonun en önemli kısmı burda oluşur. İndirgenme reaksiyonları, muhtemelen materyal taşınacağı yada dipten serbest bırakıldığında ve su gövdesi içerisinde oksijen içeriği önemli ölçüde düştüğünde meydana gelir.

Bir litre ham petrolün tamamının oksidasyonu için, 15°C'deki hava ile doygun 400.000 litre deniz suyundaki oksijenin tamamına ihtiyaç vardır (Anonymous 1976, 1982).

### **Kimyasal ayrışma**

Kimyasal ayrışma işleminin yapısı, tam olarak bilinmemekte fakat büyük ölçüde hidrokarbonların foto-oksidasyonlarının bir sonucu gibi

gözükmektedirler. Okside olmuş bileşikler, orjinal olanlara göre suda daha çok erime özelliğindedirler (Anonymous 1978, 1982).

### **Biyolojik döngü**

Petrolün biyolojik döngüsünün değerlendirilmesi, iki açıdan yapılmalıdır. İlk, su ortamından hidrokarbon ve hidrokarbon ürünlerini uzaklaştıran ve değişen faktörler, ikincisi ise, yağlı kaldırıcı (tutan) fiziksel rezervuar olarak biota ile ilgilidir.

Bazı petrol bileşikleri, hemen buharlaşır yada biyolojik ayrışmaya uğrar, bazı petrol bileşikleri ise, deniz ortamında kalır. Bu nedenle ilk olarak, petrol bileşiklerini biyolojik olarak ayrışabilenler ve ayrışmayanlar şeklinde sınıflandırmak gerekir (Anonymous 1978, 1982).

### **Mikrobiyal ayrışma**

Suda 90'ın üzerinde mikroorganizma türü (bakteri ve mantarlar), petrolede yaşamaya uygundur.

Gerçekte tüm yağlar, mikrobiyal ayrışmaya uygundur, fakat hidrokarbonların biyolojik ayrışmasını etkileyen en önemli faktör onların moleküler şeklidir. Alkanlar, pekçok mikrobiyal tür tarafından hücumu uğrar. Zincir uzunluğunun artması ile alkanların, mikrobiyal oksidasyona karşı dayanıklıktan suda daha düşük erime kabiliyetlerine atfedilebilir. Her yağın, mikrobiyal ayrışmadan etkilenen karakteristik bir kompozisyonu vardır. Petrol fraksiyonları diğerlerine göre, nispeten hızlı bir şekilde indirgenir.

Okyanuslardaki yağın, orada bulunan mikrobiyal popülasyonlar tarafından oldukça yavaş bir şekilde ayrıştırılabileceği ileri sürülmektedir. Belirli fiziko-kimyasal etkilerin, düşük sıcaklıklarda, uçuculuğun azalmasına ve uçucu petrol hidrokarbonlarının suda erime kabiliyetinin artmasına yol açacağı gözardı edilmemelidir.

Mikroorganizmalar tarafından petrolün tam bir biyolojik oksidasyonu sonucu; CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, sülfatlar ve nitratlar esas ürün olarak meydana gelir. Bununla birlikte, biyolojik reaksiyonların çoğu tamamlanmayabilir.

Mikroorganizmalar, su üzerindeki film yada ince yağ katmanlarına sağırarak, renk, emülsiyon oluşturma ve diğer görünebilir özelliklerin değişmesine yol açarlar. Yağın bir kısmı emülsiyon olayına katılır, mikrobiyal popülasyondaki artışla birlikte ortamı bulanıklaştırır. Mikrobiyal parçalama, yağ; CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya dönüştürebilir (Anonymous 1977).

### **Katran yumakları**

Katran yumakları ya da kümeleri, petrolün fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak farklı derecelerdeki ürünlerini temsil eder. Fiziksel görünüşleri de, birkaç mm'lik çaptan, birkaç cm'ye kadar değişir. Bazı örnekler yumuşak, bazıları çok sert, kolay kırılır ve kum, küçük parçacıklarla birleşmişlerdir.

Petrol hidrokarbonları, petajik organizmalarda çözünmüş yada dağılmış materyaller olarak, partiküler materyal üzerinde adsorbe edilmiş veya küçük katran yumakları şeklinde bulunur.



Lee ve Banson, hidrokarbonların;

- 1) Canlı ya da ölü partiküler üzerinde adsorpsiyonu ve bu partiküllerin tüketilmesi,
- 2) Çözünmüş ya da dağılmış petrolün aktif olarak alımı,
- 3) Suyun içilmesi ya da yutulması sonucu, balıkların sindirim sistemlerine ulaşılması ile, deniz canlılarının besin ağına girdiğini ileri sürmektedirler (Anonymous 1977).

Son yıllarda büyük yüzen kümelerin (katran yumakları gibi) deniz organizmaları tarafından alınmadığına inanılmakta ise de ticari balıkların midelerinde büyük katran yumaklarına rastlandığı bildirilmektedir.

Petrol hidrokarbonları, organizmalarca alınarak;

- 1) Değişmeden vücuttan atılabilir,
- 2) Metabolize edilebilir ya da
- 3) İleriki bir zamanda atılmak üzere depolanır.

Lee ve Banson tarafından yürütülen çalışmalarda, hidrokarbonların, deniz balıklarının karaciğerlerinde ve bazı omurgasızların hepatopankreaslarında depolandığı bulunmuştur. Çünkü karaciğer ve hepatopankreas genellikle yağca zengindir. Balıklardaki safra kesesi de, geçici depolama yeridir. Tüm dokuların organel membranları ve hücrenin kompleks lipoproteinleri de olası depolama yerleridir (Anonymous 1982).

### 3.2.2. Petrolün denizlerde yaşayan canlılar üzerindeki etkileri

**a) Lethal etkiler;** organizmanın hücrelerine zarar veren, hatta ileri safhalarda direkt olarak ölümüne yol açan bu olay boğulma şeklinde olabilir.

**b) Sublethal etkiler;** fizyolojik veya davranışsal aktivitelerde bozukluklarla kendini gösterirse de, hemen (anî) ölümlere neden olmaz, buna rağmen ölüm, besleme ve üreme aktivitelerindeki karışıklık, normal olmayan büyüme veya davranışlar, yırtıcılığa karşı hassasiyet, topluluk oluşturma kabiliyetinin azalması ya da diğer, dolaylı nedenlerle ortaya çıkabilir.

**Kuşlar,** deniz kuşları, belki de yağ kirlenmesinden şimdiye kadar lokal popülasyonları geniş çapta etkilenmiş tek deniz organizmaları grubudur. Kuzey Denizi ve Kuzey Atlantik'te kronik yağ kirlenmesinden, her yıl deniz kuşlarının toplam ölüm sayılarının 150.000-450.000 olduğu tahmin edilmektedir. Bu türler, yağ kirlenmesine karşı oldukça hassastır, çünkü yaşamlarının tümünü denizde geçirirler, gıdalarını suya dalarak toplarlar, yüzeyi yağ tabakası ile kaplanmış alanlarda bulunanlar çoğu zaman düşük üreme oranına sahiptirler. Kuşlar toplu halde (sürü halinde) yaşadıklarından özelliikle üreme ve kışlama alanlarında görülen ufak çaplı deşarjlar, çok büyük kayıplara yol açabilir. Örneğin; 1971'de Sheppard adalarındaki, üreyen toplulukların bulunduğu bölgeye ufak bir deşarj, 10.000 kuşun ölümü ile sonuçlanmıştır (Anonymous 1977).

**Memeliler,** kuşların tüyleri gibi, memelilerin de postları, yağla bulaşmaları sonucu su geçirmezlik ve izole edici özelliklerini hızla kaybederek, hareketleri kısıtlanır. Deniz memelilerinde yağ kirlenmesinin etkileri hakkında çok az bilgi vardır. Santa Barbara kazası esnasında, çok sayıda deniz-ay balığı yavrusu (*Zalophus californicus*) ölü olarak bulunmuştur. Balinaların

(*Eschrichtius glaucus*) mevsimsel göçüne rastlayan bu kazada beş balina ve birkaç yunus balığının öldüğü gözlemlenmiştir (Anonymous 1977).

Balıklar, yağların balıklar üzerinde lethal etkileri yüksek derişimlerde görülür ve solungaç faaliyetlerine zarar verir. Balıklarda lethal etkilere yol açan yüksek derişimlere yalnız önemli yağ deşarjlarının olduğu ortamlarda veya deşarjın çok sınırlı olduğu bölgelerde rastlanır. Sublethal etkiler ise, balıkların, beslenme, göç veya üremelerinde değişikliklere yol açabilir.

Balık türlerinin büyük bir bölümünün vücutları kaygan ve sümüksü bir madde ile örtülü olduğunda, petrol ürünlerinin balıkların yüzeylerine yapışması kısmen de olsa önlenmekte ve balık da bu süre içerisinde petrolle kirlenmiş bölgeyi terk edebilmektedir.

Balıklarda petrol kirliliğinin olduğu yerlerde ölüm, bulamaç sonucu solungaçların görev yapmaması nedeniyle görülür. Ham petrol ve türevleri organizmaya girerek onların hastalık ve parazitlere karşı dirençlerini de düşürür. Kirliliği bölgede bulunan dip balıklarının yeterli beslenememesi balıkların gelişmemesi dolayısıyla stokların ağırlıkça azalmasına neden olur.

Pelajik balık yumurta ve larvaları, denizin üst kısımlarında bulunduğu için yağ kirliliğinin etkilerine maruz kalırlar, çok sayıda ölümler görülür. Smith'ın bildirdiğine göre; Torrey Canyon deşarjında, yakınlarındaki sardalya (*Sardina pilchardus*) yumurtalarının %50-90'ını ölmüş, genç balıklar ise sayıca azalmıştır. Dökülen yağ; dağıtan emülsiyon oluşturuca maddelerin (emulsifiers) toksik etkileri, yağdan daha fazla olmuştur. Kazalar esnasında yoğun bir şekilde dispersantların kullanılması yağın etkileri hakkında geçerli veri elde edilmesini olanaksızlaştırmaktadır (Anonymous 1982).

Kühnhold, laboratuvar denemeleriyle, ham yağ kalıntılarının morina yumurtaları ve morina (*Gadus morhua*), ringa (*Clupea harengus*) ve pisibahçı (*Pleuronectes platessa*) larvaları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Morina yumurtaları, döllenmeden sonraki ilk birkaç saat içerisinde daha duyarlı olduklarından 10 saat zarfında önemli düzeyde ölümler meydana gelmiş, bazı durumlarda, yumurta açılımı gecikmiş ya da görülmemiştir. Yumurtadan çıkan larvalar da deforme vücut veya normal olmayan vücut hareketleri görülmüş ve ilk gün ölmüşlerdir. Yağa maruz kalan larvalar ise, başlangıçta artan bir aktivite göstermiş, bunu fakiben yüzme hareketleri azalarak sonuçta seyrek kıpırdamalar dışında hareketsiz kalmışlardır (Anonymous 1977).

Mironov, balık yumurtalarının yağ ve yağ ürünlerine karşı oldukça hassas olduğunu, genellikle  $10^{-4}$  -  $10^{-3}$  ml/l'lik derişimlere maruz kaldıklarında ikinci günde öldükleri tespit etmiştir (Anonymous 1982).

Rafine edilmiş yağlar, ergin balıklarda ham ve ağır fuel oil'lere nazaran daha toksik etkiye sahiptirler. Yağ kirlenmesinden oluşan hasarlar, deşarj bölgesinde hemen gözükmez fakat geniş alanların verimliliğinde uzun süreli tedicri bir azalmaya yol açabilir (Anonymous 1982).

Kaplumbağalar üzerindeki etkileri, kaplumbağalar dünyanın pek çok tropik ve subtropik bölgelerinde bulunmaktadır. Yumurtalarını kumsala bırakırlar ve yağ deşarjlarına karşı hassastırlar (Anonymous, 1982).

**Bentik ve interdial organizmalar,** bu canlılar, yağ kirlenmesine karşı oldukça hassastır, çünkü çoğunun yaşadığı interdial zonlar, yağ tabakası ile kaplanabilir.

Bentik ve interdial organizmaların büyük bir kısmı süzerek beslendiklerinden suda bulunan yağ damlacıklarını tüketirler ya da diğer partikül üzerindeki adsorbe ederler.

Alyakrinskaya, Karadeniz midyelerinde, yağın sudaki ekstratlarının etkisini incelemiş, midyeler derişim, 1-10 ml/l olduğunda bir zarar görmemişler fakat 20 ml/l'lik derişim etkili olmuştur. Midyeler 50-100 ml/l'lik yüksek derişimlerde, midyelerin kabukları 1-5 gün sonra açılmış ve bazı midyelerde bu kabuk açılımı 1-2 gün gecikmiştir. Aktif filtrasyon yoksa da kabuğun kendiliğinden açılımı, yaşamlarını sürdürdüklerine dair bir kanıt olarak kabul edilmiştir (Anonymous, 1977).

Ham yağlar, yağ türevleri ve yağ-dispersant emülsiyonlarının, çift kabuklu bazı molluks larvalarına zararlarını inceleyen Rerzoni; 1-1000 ppm düzeyinde olan hidrokarbonların, gelişen yumurta, embryo veya larvalara toksik etki göstermediğini, kirlenmiş sularda üremede belirgin bir azalış olduğunu ve larvaların yüzmeye hareketlerinin engellendiğini bildirmektedir (Anonymous 1977).

Hareketli krustasealar, istakozlar, yengeçler vb. genellikle sublitoral zonda yaşamlarını sürdürürler ve bu nedenle, interdial bölgeye mensup molluks ve krustasealar gibi, yağla direkt bulaşmaya maruz kalmazlar.

Deniz canlılarının genç formian, istakoz larvaları, istakoz larvaları, yağ kirlenmesine erginlere nazaran daha hassastır. Lethal derişim (96sa-LD<sub>50</sub>) sınırları 2-30 ppm arasındadır. İstakoz larvaları, özellikle kabuk değiştirdikten sonra daha duyarlıdır. Ham yağın sublethal miktarlarının (deniz suyunun 0,9 ml/l'si), ergin istakozların iştahını ve kimyasal uyarımını uzattığı (*Homarus americanus*), yemi farketme ve tüketme arasındaki periyodu geciktirdiği belirtilmiştir.

İstakozlarla karşılaşılınca, yengeçlerin (*Pachygrapsus marmoratus*) çok dayanıklı türler olduğu ve Karadeniz'in yoğun şekilde kirlenmiş bölgelerinde de gelişebildikleri saptanmıştır (Mironov 1972; Anonymous 1977).

Ekinodermiler, su kirliliğine karşı oldukça duyarlıdır. Örneğin, deniz kestaneleri (*Stroglyocentrotus franciscanus* ve *S.purpuratus*), Tempico Maru kazasının olduğu çevreden uzaklaşmışlar, 2 yıl süreyle gözükmemişler ve 4 yıllık bir zaman geçinceye kadar da istenilen verimli düzeye erişememişlerdir. Böyle hayvanların ortamdaki uzaklaşması, büyük deniz alglerinin, (*Macrocystis pyrifera*) çoğalmasına yol açmıştır.

Ham yağ ve fuel oil'lerin suda eriyebilir ekstratları, dizel ve jet yakıtı, deniz kestanesi yumurtalarının döllenmesini az etkilese de, çoğu gelişmekte olan yumurtalara zehirlidir (Anonymous 1977).

**Zooplankton,** holoplanktonlar üzerindeki verilerin çoğu, copepodlara ilgilidir. Genç *Acartia clausi* ve *Oithona nana*'ların 1µl yağ içeren deniz suyuna daldırıldıktan 3-4 gün sonra öldükleri bildirilmiştir (Anonymous 1977).

**Fitoplankton,** Fitoplanktonlar için öldürücü derişim aralığı 1.0'dan 10<sup>-4</sup> ml/L kadardır. Hücre bölünmesinin geciktirilmesi veya görülmemesi, türlere göre değişmek üzere 0,1'den 0,00001 ml/l arasındadır (Anonymous 1977).

Deniz yosunları, sıcak bölgelerdeki, kahverengi deniz yosunları, koruyucu yapışkan bir madde ile kaplanmış olduklarından yağ kolaylıkla nüfuz edemez. Santa Barbara sızıntısından sonra, kıyıda uzak *Macrocystis pyrifera* yatakları, daha aşağıdaki intertidal zon bitki ve hayvanlarının yağla temasını önlemiştir. *Macrocystis*'lerin Tampico Maru kazasından ciddi şekilde etkilendiklerini bildirmiştir dizel yağının %1'lik emülsiyonu, hemen hemen tümüyle yeni yaprakların fotosentetik aktivitesini önlerken, daha büyük zararlar 6-12 saat süreyle yağ katmanına maruz kalma sonucu ortaya çıkmıştır.

Santa Barbara'daki kahverengi alglerin çoğu, aşağı intertidal ve subtidal bölgelerde bulduklarından, yoğun başlangıç dozundan kurtulmuşlardır. Bazı formlar, özellikle mavi-yeşil algler, yağ kirlenmesine karşı dayanıklı gözükmektedirler ve hatta besinlerini bundan temin edebilirler. Mavi-yeşil algler rafineri çöktürmelerinin çevresinde bulunurlar. Tipik bir mavi-yeşil alg olan *Oscillatoria*, rafineri etkenlerinden yağı uzaklaştırmada kullanılan filtreler üzerinde yoğun bir şekilde büyür (Anonymous 1977).

Deniz çayırları, yağ sızıntısı, çayır vejetasyonuna uzun süreli bir hasar vermemesine karşı, kısa süreli etkilerin yağ ile kaplanmış sürgünlerin yok olmasına yol açtığı belirtilmiştir. Bu durumu muhtemelen bitkilerin yeniden üremesi takip eder ve o bölge yeniden eski halini alır. Bu yenilenme periyodu esnasında, üreme ve filiz verme azalabileceği gibi, yıllık popülasyon da azalır ve bazı türlerin büyümesini uyarır. Yenilenme süresi, kazanın şiddetine bağlı olarak iki, üç yıla kadar değişir (Anonymous 1977).

Deniz organizmalarında yağla ilgili biyotestlerin amacı, deniz suyunda organizmaların yaşama oranı, büyüme, üremelerini tehdit etmeyecek güvenilir yağ düzeylerini tespit etmektir.

Yağlar, polinükleer aromatik hidrokarbonlar (PNAH) gibi kanserojenleri ihtiva ederler. Söz konusu PNAH'ların yağ sızıntısına uğramış deniz biota dokularında bulunduğu ve gıda zincirinde birikebileceği, bir tüketici olarak insanlarda zararı derişimlere ulaşabileceği belirtilmiştir. Yağ sızıntılarının deniz ürünlerinde de kansere yol açacağı iddia edilmektedir (Anonymous 1976).

PNAH'ları kapsayan yağ-kökenli aromatik hidrokarbonlar, önemli düzeyde derişimlere erişinceye kadar, düşük seviyeli yağ bulunan ortamlarda dahi deniz ürünlerinin dokularında birikerek, besin zincirinin daha yüksek yapılı üyelerine transfer edilir. PNAH'lar, insanlarda belirli bir derişimin üzerinde kanserojen etki yaparlar.

Biyolojik olarak sentezlenmiş hidrokarbonların besin zincirindeki nispeten yüksek stabiliteyi nedeniyle deniz ortamında değişmeksizin yayıldığı, PNAH'ları da kapsayan yağ-kökenli aromatik hidrokarbonların, biyolojik hidrokarbonlar gibi hareket ettiği, doku lipitlerinden yapısal değişmeye uğramaksızın geçtiği ve besin zincirinde biriktiği tespit edilmiştir (Anonim 1976).

Yağ bileşiklerinin dokulara zehirli düzeyinin; midye dokularında 5 ppm'lik gaz yağının başlangıç düzeyi olduğu, aynı değer için ham yağ için 10-30 ppm, istakozlarda ise dizel yağı için 4-12 ppm olduğu saptanmıştır. Bazı araştırmacılar, doğal sularda 0,01 ppm düzeyindeki yağ endüstriyel atıklarının eter ekstraktlarının, belirli balıkların etinde zehirlenmeye yol açtığını bildirmişlerdir (Anonymous 1977).

**Çizelge 3.2.** Balık ve kabuklu su ürünlerinde petrol ürünleri ile bulaşmaya ilişkin örnekler (Anonymous 1976).

Etilenen türler	Maruz bırakılan yağ	Lezzet incelemeleri	Kimyasal sonuçlar
<i>Scomber scombrus</i>	Koyula ham yağ sızıntısı	Deterjanlarla bulaşma	Yok
<i>Salmo trutta</i> Deniz alası <i>Hippoglossus hippoglossus</i> Pilei balığı <i>Homarus vulgaris</i> İstakoz <i>Cancer pagurus</i> Yengeç	.	Deterjanlarla bulaşma Yağ tadı tek bir örnekte belirlendi Parafin tadı Bulaşmış	Yok . . .
<i>Aequipecton iradense</i>	Koyula 2 No'lu Fuel sızıntısı	İltis edilebilir yağlı tat	Tarak, midye ekstraktları ve fudü alin GLD pikleri arasındaki nitel benzerlik
<i>Homarus americanus</i> İstakoz	Koyula Bunker C sızıntısı (ARROW)	Kalıcı yağ tadı	Yok
<i>Squilla quinqueodonta</i>	Lab: ham yağ, 10-60 ppm, 5-13 gün	Yağ kokan balık eti	Balık etinin GLD pikleri ham yağa benzer
<i>Cyprinus carpio</i> Sazan	Lab: 4 yağ ayrıcını 5-300 ppm, 48 saat	Yağ kokusu	Balık eti GLD pikleri ve dispersantlar arasında yakın ilişki
<i>Mysis ophaleus</i> Kefal	Rafineriler, endüstriyel deşarjlar ve/veya gemi sızıntıları	Kerozen kokusu	
Altınbaş kefal	Petrol rafinerileri ve diğer endüstrilerden gelen yağ edentleri	Kötü yağ kokusu	Yok
<i>Mytilus edulis</i> Mavi midye	Halçilere benzin sızıntısı	Başlangıç: Taze ette hidrokarbon derişiminde yağ tadı 10 ppm	<i>Mytilus</i> eti ekstraktları ve gaz yağı GLD pikleri arasındaki nitel benzerlik
<i>Sebastes marinus</i>	Flyordlarda dizel yağ sızıntısı	Yağ ve kerozen tadı	
<i>Salmo trutta</i> <i>Clupea harengus</i> Ringe	.	.	.

### 3.2.3. Petrol ve petrol ürünlerinin arıtımı

Rafineri atık suları;

- 1.Yağlı sular: Tanklardan, destilasyon ve yıkama işlemlerinden gelen sular ve soğutma suları.
- 2.Kimyasal maddeleri içeren yağlı sular: Yağmur yanında alkali asit, merkaptan, sülfid, fenol ve diğer kimyasal maddeleri içeren sular, (parçalama, hidrojenleme ve gaz temizleme tesislerinden gelen sular)
- 3.İçinde sadece kimyasal maddeler olan sular: Kazan suları, kimyasal madde depolarının temizleme suları vb.
- 4.Normal kullanıma suyu: Tuvalet, mutfak vb. olarak gruplandırılır.

Rafinerideki atık suları türlerine ve kaynaklarına göre tanımlamak atık su temizleme tesislerinin tasarımı açısından çok önemlidir. Uygun nitelikteki atık suları sadece birbirleri ile karıştırarak seyreltme, emülsiyon kırma ve nötrleştirme gibi ön işlemleri kolay ve masrafsız yapmak mümkün olduğu gibi, kirlenici yapan iki tür atık suyu karıştırıp temizleme işini daha zorlaştırmak da olasıdır. Örneğin; nafta yıkama suyundaki naftenik asitler koritli sularda sabunlaşır köpük yaparlar. Bu sabunların parçalanmaları ise çok zordur (Kuleli 1976).

Petrol endüstrilerinde uzun yıllar yapılan deneysel çalışmalar sonucu atık su karakteristiğinin; asidite ve alkalinite, renk ve bulanıklık, pH, organik maddeler, toplam oksijen gereksinimi, katı maddeler, yüzey/inorganik/ aktif maddeler, tad ve koku, sıcaklık, zehirlilik, yağ, fenol iyonlar, ağır metaller şeklinde sıralanan kirlenici parametrelerce belirlenebileceği saptanmıştır. Bu parametrelerin özellikleri, kullanılan teknolojiye ve işlemlere göre çok değişmektedir. Bir rafineride en yüksek BOI atık su ayırma aşamasında fenol yükü ise katalitik kraking ünitesinde oluşmaktadır (Kuleli 1976).

### **Fiziksel yöntemler**

Bu yöntemlerin başlıcaları; ağırlıkla ayırma, hava ile yüzdürme, filtrasyon, santrifüj, vakum filtrasyonu ile buharlaştırma, karbon adsorpsiyonu şeklinde sıralanabilir. Bunlardan ağırlıkla ayırma ve hava ile yüzdürme yöntemleri serbest yağların ve çökeltilen katı maddelerin uzaklaştırılması amacıyla yöneliktir. Hava ile yüzdürmede, önce basınç altında atık su içine verilen havanın çözünmesi gerçekleştirilir. Daha sonra atık su yüzdürme havuzlarına alınarak, bu havanın atmosfer basıncında serbest hale geçmesi sağlanır. Bu sırada serbest kalan hava kabarcıkları askıda katı maddelerin de yüzeye doğru yükselmesine neden olur ve bunlar bir sıyrıncı yardımıyla yüzeyden alınır. Yüzeyden toplanan askıda katı maddeler organik maddeleri de içerdiğinden, bu yolla oksijen gereksinimi azaltılabilir. Ayrıca havanın çözünmesi sırasındaki oksidasyonla da organik maddeler giderilmektedir. Bu şekilde yağlar %95, askıda katı maddeler %75 ve KOI değeri %85 oranında azaltılabilir.

Filtrasyon ise, atık suların derin kuyulara boşaltılarak uzaklaştırılmasından önce kullanılan bir işlemdir. Karbon adsorpsiyonu ile de organik maddelerin ileri derecede arıtımı amaçlanır.

Buharlaştırma, arazi kullanımının ekonomik olduğu yerlerde uygulanan verimli bir yöntemdir. Santrifüj ve vakum filtrasyonu ise, arıtma sistemlerinden çıkan çamurun suyunu almak için kullanılır.

### **Kimyasal yöntemler**

Kimyasal yöntemlerden en çok kullanılanlar; koagülasyon-çökeltilme, kimyasal oksidasyon, iyon değişimi ve nötralizasyon yöntemleridir. Çoğu yağ emülsiyonundan yağların ve benzer katı maddelerin giderilmesi amacıyla yöneliktir. Kimyasal koagülasyonda; askıda katı maddeler, yağ atık suya eklenen alüminyum sülfat, sodyum silikat vb. koagülantlar yardımı ile önce çökeltilir. Yumaklar oluşturulduktan sonra bunların çökeltilmesi ve sistemden uzaklaştırılması işlemleri uygulanır.

Çökelen yumaklar organik maddeleri de içerdiklerinden, atık suyun oksijen gereksinimi de azalmaktadır. Bu yöntemle yağların %85 askıda katı maddelerin %70, KOİ'nin %75 ve BOİ'nin %80 oranında giderilmesi mümkündür.

Kimyasal oksidasyonla, sülfat ve merkaptanları içeren kostik çözeltilerin havalandırma yoluyla oksidasyonu sağlanır.

Ayrıca, klor veya ozon yardımıyla atık sulardaki fenol ve siyanidin oksidasyonu işlemi son zamanlarda çok yaygınlaşmıştır. İyon değişimi, belirli atık tipleri için kullanılmaktadır. Bunlar arasında fenolün giderilmesi için kullanılan amonyum anyon reçineleri ile salisilik asidin geri kazanılmasında kullanılan kostik soda reçineleri sayılabilir.

### **Biyolojik yöntemler**

Petrol endüstrilerinde aktif çamur, damlatmalı filtre, havalandırılmalı havuzlar, stabilizasyon havuzları gibi biyolojik arıtma düzenleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, %95 BOİ, %70 KOİ ve %99 oranında fenol giderimi sağlanabilir.

Damlatmalı filtreler, genellikle aktif çamur veya havalandırılmalı havuzların çıkış suyundaki BOİ yükünü azaltmak için kullanılmaktadır. Verimleri aktif çamur sistemine göre düşük olmasına karşılık toksik madde içeren atık sular için daha kullanışlıdır. Ayrıca havalandırma doğal olarak sağlandığından tasarım ve işletmesi kolaydır.

Havalandırılmalı havuzlarda karışım geniş ve derin havuzlarda gerçekleştirilir, ancak geri devir yapılamaz. Bekletme süreleri uzun olduğundan arazi gereksinimleri çoktur. Verimleri %90'a kadar çıkabilmektedir.

Oksidasyon havuzlarında ise karıştırılma yapılamaz, çok daha büyük alana ihtiyaç vardır. Ancak, oksidasyon işlemi doğal olarak gerçekleştiğinden işletme masrafları çok düşüktür.

Arıtma sistemlerinin yatırımını en çok etkileyen çamur uzaklaştırma düzenleridir. Genel olarak çamur arıtımı için havalı çürütme, yoğunlaştırma, vakum filtrasyonu ve santrifüj işlemleri uygulanmaktadır.

Kirilmeyi önlemekte başarılı sonuçların elde edilmesi, birbirine bağlı ve bir bütün oluşturan düzenlerin dikkatlice tasarımına bağlıdır.

Kıyıya yakın yerlerde büyük miktarlarda petrol ve petrol ürünlerinin denize dökülmesi halinde dökülen petrole tesir edecek yeterli zaman ve imkan olmadığından yukarıda belirtilen yöntemler uygulanamaz. Denizlerde petrol kirlenmesine sebep olabilecek tanker kazalarında deniz ve sahillere yayılan petrolün toplanıp çevreye en az zararla uzaklaştırılması gereklidir. Bu bakımdan deniz kirlenmesinin temizlenmesi için birçok yöntemler geliştirilmiştir.

Çizelge 3.3, 3.4 ve 3.5'de petrol arıtma endüstrisinin farklı birimlerine ait atık su sınırlar değeri verilmiştir.

### **a - Damıtma ve katalitik reforming birimleri**

Petrol ürünlerinin damıtma ve katalitik reforming birimlerinde üretilmesiyle ortaya çıkan atıksu sınırlar değeri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Damıtma ve katalitik reforming birimlerinin atıksu sınır değerleri (Anonim 1996a).

Kirletici	1 günlük maksimum değer	30 günlük ortalama değer*
BOI <sub>5</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	48	28
KOI (kg/m <sup>3</sup> )	360	180
Toplam asitdeki katı madde (kg/m <sup>3</sup> )	33	21
Yağ ve gres (kg/m <sup>3</sup> )	15	8
Fenolik bileşikler (kg/m <sup>3</sup> )	0,35	0,17
Toplam krom (kg/m <sup>3</sup> )	0,73	0,43
Krom (+6) (kg/m <sup>3</sup> )	0,062	0,028

\* Art arda gelen 30 günün ortalama değeri.

#### b - Parçalama birimleri

Petrol ürünlerinin dolgu tip reaktörlerde ısısal veya katalitik olarak parçalanmasıyla ortaya çıkan atıksu sınır değerleri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Parçalama birimlerinin atıksu sınır değerleri (Anonim 1996a).

Kirletici	1 günlük maksimum değer	30 günlük ortalama değer*
BOI <sub>5</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	48	28
KOI (kg/m <sup>3</sup> )	360	180
Toplam asitdeki katı madde (kg/m <sup>3</sup> )	33	21
Yağ ve gres (kg/m <sup>3</sup> )	15	8
Fenolik bileşikler (kg/m <sup>3</sup> )	0,35	0,17
Toplam krom (kg/m <sup>3</sup> )	0,73	0,43
Krom (+6) (kg/m <sup>3</sup> )	0,062	0,028

\* Art arda gelen 30 günün ortalama değeri olarak verilmiştir.

#### c - Petrokimyasal işlemler birimi

Petrol ürünlerinin petrokimyasal işlemlerle üretilmesinden (olefinler, südohekzan, alkolfer, ketonlar, kümen ve süren gibi) ortaya çıkan atıksu sınır değerleri Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Petrokimyasal işlem birimlerinin atıksu sınır değerleri (Anonim 1996a).

Kirletici	1 günlük maksimum değer	30 günlük ortalama değer*
BOI <sub>5</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	34,8	16,4
KOI (kg/m <sup>3</sup> )	210	108
Toplam asitdeki katı madde (kg/m <sup>3</sup> )	23,6	14,8
Yağ ve gres (kg/m <sup>3</sup> )	11,1	5,9
Fenolik bileşikler (kg/m <sup>3</sup> )	0,25	0,12
Toplam krom (kg/m <sup>3</sup> )	0,52	0,30
Krom (+6) (kg/m <sup>3</sup> )	0,046	0,020
Amonyak -N (kg/m <sup>3</sup> )	23,4	10,8
Sülfür (kg/m <sup>3</sup> )	0,22	0,099

\* Art arda gelen 30 günün ortalama değeri olarak verilmiştir.



### 3.3. Endüstriyel Kirlenme

#### 3.3.1. Yağ endüstrisi

Yağ endüstrisinde oluşan atık sular;

- 1)Soğutma suları,
- 2) Rafineri tesisi yer yıkama suları,
- 3)Nötralizasyon tesisleri yağ yıkama suları,
- 4)Üretim işlemleri sonucu oluşan yağlı atıklar.  
olmak üzere gruplandırılırlar.

Yağ tesislerinde yağ kaçağı ile kirlenmiş suların yanısıra, önemli miktarda soğutma suyu atılması da termal kirlenme problemi yaratır (Şengül 1982).

Yağ endüstrisi atık suları, genellikle emülsiyon halde yağ bulunduran, yüksek BOI ve KOI yükü bulaşık karakterdedir. Margarin üretiminde katalizör olarak kullanılan nikelin bir kısmı da atık sulara karışmaktadır. Hayvansal yağ üretiminde atık sulardaki organik maddelerin önemli bir kısmını proteinler oluşturmaktadır.Çizelge 3.6'da zeytinyağı üretimi atık su karakteristikleri verilmiştir.

Çizelge 3.6. Zeytinyağı üretimi atık su karakteristikleri (Şengül 1982).

Parametre	Değişim aralığı
pH	5.2-7
Bulanıklık	35.000-65.000 birim
İletkenlik	11.000-225.000 (mhol/cm)
Yağ	5-14.5 g/l
Azot (Toplam)	105-142 mg/l
Ortfoasetat	7.1-9.2 mg/l
BOI <sub>5</sub>	12.000-41.0000 mg/l
KOI	52.000-60.000 mg/l
Renk	52.000-60.000 birim
Organik madde	25-28 g/l
Aslında katı madde	0.4-0.5 g/l

Yağ endüstrisi atık sularında bulunan kirlenmelerden;

- Yağlar, su yüzeyinde toplanarak, suyun havalanması ve fotosentez olaylarını engeller, ayrıca estetik sorunlar yaratır.
- Çok yüksek değerdeki BOI/KOI, yükü hızlı bir oksijen sarfına neden olur,
- Aslında katı maddeler, özellikle deşarj civarında dıpsel birikimlere yol açar.
- Azot/Fosfor, ötrofikasyona yol açar.
- Bulanıklık/renek, estetik sorunlar yaratır.
- Ağır metaller, zehirli etki gösterir.

Yağ endüstrisinden gelen atık sular ; esas kirlenmeler olarak yağ ve gres içerirler. Polar gres ve yağlar normal olarak bitkisel ve hayvansal orijindirler ve genellikle biyolojik olarak ayrışabilirler. Bu nedenle biyolojik arıtma sistemlerinde arıtılabilirler mümkündür. Polar olmayan gresler ve yağlar çoğunlukla yüzemeyen ve emülsiyon halindedirler. Bunların herhangi bir yolla, endüstriyel atıklarla beraber kanalizasyona deşarjına izin verilmez. Bu nedenle

endüstriyel atığın kanalizasyon sistemine verilmesinden önce arıtmadan geçmesi sözkonusudur.

Polar olmayan gres ve yağın ilk çöktürme işleminde sıyırma ile ayrılması gerekmektedir. Geri kalan kısmı ise, biyolojik arıtma sistemlerine deşarj edilir. Burada biyolojik olarak ayrışabilen gres ve yağ, biyokimyasal oksijen ihtiyacı yükünün bir kısmı haline gelir. Mikroorganizmalar tarafından alınır ve diğer organik maddeler ile birlikte ayrıştırılır. Biyolojik arıtma işlemlerinden çıkışta, çıkış suyunda polar gres ve yağın derişimi 2-8 mg/l arasında kalmalıdır. Biyolojik arıtma işlemlerinden çıkış sularında kalan gres ve yağ, polar olmayan kısımdır (Şengül ve Samsunlu 1981).

### 3.3.2. Tekstil endüstrisi

#### 3.3.2.1. Pamuk endüstrisi

Pamuk endüstrisi atık suları çevre sularından daha sıcak oldukları için karışıkları suların, çözülmüş oksijen miktarını azaltırlar. Atmosferdeki oksijenin suda çözünmesini ve transferini güçleştirirler. Koyu renkli olduklarından, güneş ışığının suyun alt katlarına kadar geçmesini önlemek suretiyle fotosentezi ve dolayısıyla birincil üretimi düşürürler. Gıda zincirinin ilk halkasındaki bu olgu, tüm su ürünlerini olumsuz yönde etkiler. Çok miktarda eskıda katı maddesi içerdikleri için bunlar çökelerek, dip canlılarının beslenme ve yaşamalarını imkânsız hale getirir (Ergen 1980).

Pamuk endüstrisinde kullanılan birçok kimyasal madde tek başlarına veya birlikte su yaşamına zehirli etki yaparlar. Anilin boyalarının çok düşük derişimleri bile balıklarda birikir, vücutlarının renklenmesine neden olur. Çeşitli ağır metal iyonları içerdiklerinden, balıklarda birikim yaparak ölümle meydana getirir. Bu sulardan içen memeli hayvanlara ve balıklardan yiyen insanlara geçer.

Ağartma sularından gelen serbest klor, alıcı sularda bulunan mikroorganizmaları öldürerek, suların kendi kendini temizleme gücünü yok eder. Atıklar içerdikleri çok yüksek BOD değerleri nedeni ile, karışıklan sularda çözülmüş oksijeni hemen tüketerek, bozunmayı başlatırlar. Dibe çöken katı parçacıkların havasız ortamda çürümeleri sonucu çıkan H<sub>2</sub>S gazı oksijen tüketen bir diğer etkidir (Ergen 1980).

Pamuk endüstrisi atıkları, estetik yönden de özellikle karışıklan küçük akarsu ve göllerin renklerini ve görünümlemlerini bozarak çirkin bir duruma getirirler. Küçük akarsu ve göllerde, daha çabuk bu şartlar oluştuğundan, sularda hemen pis koku ve gaz kabarcıkları çıkmaya başlar. Bu durumun devamı, bu yerleri dinlenme ve spor ortamı olmaktan çıkarır. Pamuk endüstrisi atıkları, renkli oldukları için boşaltıldıkları alıcı suların, diğer endüstriler tarafından kullanılmalanını da önler.

Ham pamuğun genel temizleme işleminden kaynaklanan atıksu sınırlı değerleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

**Çizelge 3.7:** Pamuk temizleme işlemlerinden kaynaklanan atıksu sınır değerleri (Anonim 1996b).

Kirlilik parametresi	Maksimum en yüksek değer*	30 günlük ortalama değer**
BO <sub>5</sub> (kg/ton ürün)	10,6	5,3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (kg/ton pamuk)	136,2	68,0
Toplam askıda katı madde (kg/ton pamuk)	32,2	16,1
Yağ ve grasi (kg/ton pamuk)	7,2	3,6
Toplam sülfür (kg/ton pamuk)	0,20	0,10
Toplam tenezi (kg/ton pamuk)	0,10	0,05
Toplam krom (kg/ton pamuk)	0,10	0,05

\* Gün boyunca kaydedilen  
\*\* Art arda gelen 30 günün ortalama değer olarak verilmiştir.

### 3.3.2.2. Yün ve keten endüstrisi

Yün endüstrisi atıkları, alıcı suları olumsuz yönde etkiler. Yüksek miktarda askıda katı madde ve çözünmüş madde içermeleri ile aşırı alkali olmalarından dolayı BO<sub>5</sub> düzeylerinin çok yüksek olması nedeniyle kanştıkları alıcı sularda hiç çözünmüş oksijen bırakmazlar. Bu durum tüm canlıların yaşamasını engeller. Çöken askıda maddeler de havasız şartlarda bozularak fena kokular çıkmasına neden olur. Alıcı sudaki akıntılarının durumu, su sıcaklığı ve askıda katı madde derişimini, dipte biriken çamur tabakalarının kalınlığı ve yayılma alanını etkiler. Akıntılarının yavaş olduğu yerlerde kalın çamur katmanlarına rastlanır.

Boya atıkları, çok çeşitli olması nedeniyle su canlılarına toksik etki yaparlar. Çok koyu boyalar suyun rengini ciddi biçimde bozarlar, alıcı suların renklenmesine ve birinci üretiminin düşmesine sebep olur. Ortamın renklenmesinin önüne geçmek için atıkların koyuluğuna göre, 20 ile 400 kez berrak su ile seyreltilerek atılmalı gerekir (Ergen 1980).

Yün endüstrisi atıklarının en büyük tehlikelerinden birisi de içerisinde bir takım patojen mikroplar bulundurulmasıdır. Bu mikroplar, atıkların karışmış olduğu suları kullanan ya da içen insan ve hayvanlarda hastalıklar meydana getirirler.

Keten atıklarındaki kirlilik genellikle saptardan ayrılan kolloid organik maddelerden ileri gelir. Askıda katı madde miktarı ise düşüktür. Fermantasyon kazanına konan sap ve su miktarlarının sabit kalmasına karşın zamanla kazan atıklarının BO<sub>5</sub> düzeyi yükselmeye başlar. Bunun nedeni kazanlara konan ham maddenin gittikçe daha gelişmiş bakteri türleri ile karşılaşması sonucu, suya daha fazla organik madde geçmesi şeklinde açıklanabilir (Gönenç 1980).

Keten endüstrisi atıkları yüksek BO<sub>5</sub> düzeyleri nedeniyle alıcı sulara çok ani şiddetli etki yaparlar. Akarsularda bu durum daha kolay izlenir. Keten endüstrisi atıklarının karıştığı sularda, balık ölümleri çok geniş alanlara yayılarak devam eder. Keten kabuğundan gelen organik maddeler yüzünden, nehirlerin içinde kanalizasyon mantarları üremeye başlar. Bu mantarlar çöken çamurları ayırarak köpük oluştururlar. Bu köpükler zamanla suyun yüzeyinde kalın tabakalar oluşturularak, atmosfer ile olan oksijen alışverişini önler. Keten atıkları çok şiddetli kokuşma ve kötü görünüm yaratarak çevreyi çirkinleştirirler (Ergen 1980).

**Çizelge 3.8.** Yünlü ve keten tekstil ürünleri imalatından kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri (Anonim 1996b).

Kirlilik parametresi	1 günlük en yüksek değer*	30 günlük ortalama değer**
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (kg/ton ürün)	4,4	2,2
Kimyasal oksijen ihtiyacı (kg/ton ürün)	40,0	20,0
Toplam askıda katı madde (kg/ton ürün)	8,2	3,1
Toplam çözülmüş sülfid (kg/ton ürün)	0,040	0,023
Toplam fenol (kg/ton ürün)	0,023	0,011
Toplam krom (kg/ton ürün)	0,023	0,011

\* Anlık değer  
\*\* Art arda gelen 30 günün ortalama değeri

### 3.3.3. Kağıt sanayii

Kağıt hamurunun sıvısı, kağıt endüstrisinin belli başlı kirlenme kaynaklarından biridir. Bu atık su, genellikle lignin türevlerinden dolayı koyu renklidir ve yüksek derecede BOİ yükü içerir. Aynı zamanda kaynatmadan dolayı ortaya çıkan odunun ayrışma ürünlerini de bünyesinde bulundurur.

Atıklar bünyesinde ekseriya yüksek derişimde kimyasal maddeleri bulundururlar. Ağartma işlemlerinden atılan atıklarda da yüksek BOİ yükü ve erimiş maddeler vardır.

Atıktaki selüloz suyun dibine çökerek balıkların üremelerini ve beslenmelerini engelledikleri gibi, midye gibi kabuklu su ürünlerinin ölmelerine de neden olmaktadır.

Kağıt sanayii atıklarındaki süflitli alkolü maddelerin oksijensiz deniz ve tatlı su ortamlarında bakterilerle fermente olmaları sonucunda ortaya çıkan bütirik asidin balıklara tedirgin edici ve zehirli etkileri olduğu belirlenmiştir.

Kağıt endüstrisinde kağıt hamurunun her tonuna (kuru ağırlık üzerinden) 40 gram olarak ilave edilen fenil civanın, işlemler sonucunda en az %20 kadarı atık olarak dışarıya verilmektedir.

Kağıt ve selüloz endüstrilerinde işlenen odunun kuru madde ağırlığı üzerinden takriben yansı "Süflit Ablavgesi"si olarak atık olarak atılmaktadır. Süflit ablavgenin bileşiminde, içinde başlıca selülozun hidrolizi sırasında ortaya çıkan şekerler ile ligninin sülfonik asitle yaptığı tuzu bulunur. Bu maddeler bilindiği gibi kirlenme kaynaklarıdır. Süflit ablavgenin herhangi bir antım işlemine tabi tutulmadan bir akarsuya göle veya denize verildiğinde; 1 ton süflit ablavgenin 1500 insanın yapabileceği kirlenmeye eşit bir kirlenme yapacağı düşünülebilir ( Anonim 1976).

Selüloz fabrikası atıklarının doğrudan doğruya sulara verilmesi halinde, ortamdaki oksijenin tüketilmesi sulardaki erimiş oksijenin hızla sarfedilmesine ve dolayısı ile sulardaki canlıların yok olmasına yol açar. Ayrıca, oksijensizlik anaerob mikroorganizmaların faaliyetlerini kamçıladiğundan, süflit ablavgenin özellikle göl ve körfez gibi su sirkülasyonu kısıtlı olan sulara verildiği yerlerde etrafa fena kokular yayılır pis ve bataklık bir alanın oluşmasına neden olur.

Ağartılmamış kraft yöntemli ile kağıt hamuru ve kağıt üreten tesislerden kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri Çizelge 3.9'da verimiştir. Bu Çizelgede yer alan atık suların pH değerleri 6,0-9,0 aralığında olmalıdır.

**Çizelge 3.9.** Ağırlanmamış kraft yöntemi ile kağıt hamuru ve kağıt üreten tesislerden kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri (Anonim 1996c).

Kirlenici veya kirlenici özelliği	1 günlük en yüksek değer*	30 günlük ortalama değer**
BO <sub>5</sub> (kg/ton ürün)	5,6	2,8
Toplam askıda katı madde (kg/ton ürün)	12,0	8,0
Pentaklorofenol (kg/ton ürün)	0,00058	0,00029
Triklorofenol (kg/ton ürün)	0,00053	0,00026

\* Anlık numunedeki en yüksek değer

\*\*Art arda gelen 30 günün ortalama değeri

Yarı kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru ve kağıt üreten tesislerden kaynaklanan atıksu sınır değerleri Çizelge 3.10 ve 3.11'de verilmiştir. Bu Çizelgelerde yer alan atıksuların pH değerleri 6,0-9,0 aralığında olmalıdır.

**Çizelge 3.10.** Yarı kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru ve kağıt üreten tesislerden kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri (Amonyum kullanan tesisler) (Anonim 1996c).

Kirlenici veya kirlenici özelliği	1 günlük en yüksek değer*	30 günlük ortalama değer**
BO <sub>5</sub> (kg/ton ürün)	8,0	4,0
Toplam askıda katı (kg/ton ürün)	10,0	5,0
Pentaklorofenol (kg/ton ürün)	0,0012	0,0006
Triklorofenol (kg/ton ürün)	0,00043	0,00021

\* Anlık numunedeki en yüksek değer

\*\*Art arda gelen 30 günün ortalama değeri

**Çizelge 3.11.** Yarı kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru ve kağıt üreten tesislerden kaynaklanan atıksu kirlenici sınır değerleri (Sodyum kullanan tesisler) (Anonim 1996 c).

Kirlenici veya kirlenici özelliği	1 günlük en yüksek değer*	30 günlük ortalama değer**
BO <sub>5</sub> (kg/ton ürün)	6,7	4,35
Toplam askıda katı madde (kg/ton ürün)	11,0	5,5
Pentaklorofenol (kg/ton ürün)	0,0012	0,0006
Triklorofenol (kg/ton ürün)	0,00043	0,00021

\* Anlık numunedeki en yüksek değer

\*\*Art arda gelen 30 günün ortalama değeri

### 3.3.4. Deri sanayii

Ağırlanmamış deri atıklarının atıksu sulara boşaltılması çamurun dipte birikmesine sebep olur. Bu olay boşaltım noktasının hemen yakınında meydana gelir. Akarsuyun ikinci kirlenmesi çamur birikintilerinin ayrışması sonucu olur ve bu işlem sürecince kötü kokulu gazlar açığa çıkar. Bu kokular kirlenme kaynağından çok uzaklarda bile hissedilebilir. Organik maddeler ve sülfür bileşikleri, çözeltide ve çamurda kimyasal ve biyokimyasal oksidasyon

işlemleri sonucu büyük bir oksijen tüketimine neden olurlar ve alıcı suyun çözünmüş oksijen derişimini azaltırlar. Sudaki ve çamurdaki kirlenmelerin ayrışması sonucu kötü tad ve koku oluşur, su kalitesi kötüleşir. Atıklardaki toksik krom bileşikleri balıkların ve diğer su canlılarının yaşamında olumsuz etkiler yaparlar. Kromlu ( $Cr^{6+}$ ) bileşiklerinin yüksek derişimleri canlılarda toksik etki yaparak onları öldürebilir. Deri atık suları ile gelen anthrax bakterilerinin varlığı alıcı suda enfeksiyona, hayvanlarda ve insanlarda bulaşıcı hastalıkların oluşmasına neden olur. Patojenik bakteriler içeren yüksek  $BO_5$  ve aşırı askıda katı maddeli ve toksik madde içeren deri atık suları, alıcı sular için özellikle tehlikelidirler (Çiler 1980).

Deri endüstrisi atık suları; fazla miktarda katı maddeler, kireç, sodyum sülfat, sodyum hidroksit, krom bileşikleri ve nötral tuzlar, protein, azot bileşikleri, değişik gliseritler, fenollü maddeler, bütün bu maddelerin kimyasal ayrışma ürünleri, alifatik asitler, gliseritler boya maddeleri, yağlar içerir. Atıldığı ortamdaki su ürünlerini fiziksel, toksik ve sağlık bakımından olumsuz şekilde etkilerler. Deri sanayi atık suları sıvı atıklar, yetir kanal ağının bakımı ve işletmesi ile bu kanal şebekesinin bağlı bulunduğu taşıya tesisinin işletmesinde bazı güçlükler meydana getirir. Yeraltı sularının müsaade edilen sınırın üzerinde kirlenmesine neden olur (Çiler 1980) ve yüzeysel suları kullanılamaz hale getirir (Çizelge 3.12)

Çizelge 3.12. Bir deri fabrikasının değişik yerlerinden alınan örneklerin özellikleri (Çiler 1980).

Parametreler	Kromaj çıkışı	Havuz çıkışı	Genel çıkış
pH	3,75	7,04	8,50
İletkenlik ( $\mu Mho/cm$ )	176,25	7745	3800
Toplam katı (mg/l)	1071,40	131,30	2966
Askıda katı (mg/l)	106662	12805	2751
Uçucu katı (mg/l)	1580	1340	1360
Krom (mg/l)	3390	60	7
Kjeldahl azotu (mg/l)	527,60	337,94	57,36
Toplam Fosfor (mg/l)	5,07	0,91	0,91
$BO_5$ (mg/l)	850	430	290
XOI (mg/l)	9310	1111	765

### 3.4. Erozyondan Kaynaklanan Sediment Kirliliği

Erozyon toprağın, yağışlar, yüzey akış, akarsu yatağındaki suyun akışı, rüzgar ve jeolojik olaylar (heyelan vb.) yoluyla doğal ortamından koparılıp, başka yerlere taşınması, pratik anlamda artık toprak vasfını kaybetmesi olaydır. Belirtilen faktörlerden biri veya birkaçının etkileri sonucunda toprağın yerinden ayrılması açısından son derece önemli bir problem oluşturur (Çetinkaya 1995). Ancak problem toprağın kaybedilmesi ile sona ermez, yerinden ayrılarak en yakın su kaynağına ulaşan toprak, su kaynakları ve bu kaynaklarda yaşayan canlı popülasyonları için problem olmaya devam eder. Verimli arazilerden erozyonla koparılan toprak berajları doldurur, deniz körfez ve akarsuları, gölleri kaplar, su ekosistemlerini bozar. Kısacası binbir derdimizi çözen toprak bu defa kendisi binbir derdimize başlar (Çetinkaya 1995).

Erozyon toprağın üst tabakasının kaybıdır. Yanlış uygulamalar sonucu, insan faaliyetleri ile oluşan yapay erozyon ile su ve rüzgarla oluşan doğal

erozyon, toprağın verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır. Türkiye'nin çevre sorunları konusundaki en önemli problemlerden biri erozyondur.

Topraklarımızın 57.148.886 hektarında (%63,2) su erozyonu, 465.913 hektarında (%0,5) rüzgar erozyonu görülmektedir. 57.148.891 hektarlık su erozyonuna maruz alanın 15.592.475 hektarında (%27,4) orta erozyon, 26.334.933 hektarında (%49,6) şiddetli erozyon, 13.221.479 hektarında (%23,0) çok şiddetli erozyon görülmektedir (Doğan 1995).

Türkiye'de erozyonla mücadele, 1937 yılında kabul edilen 3116 sayılı Orman kanununun kapsamına alınmıştır. 1937 - 1950 yılları arasında bu konuda yapılan çalışmalar münferit karakterli olmuş, 1955 yılında havza bazında ilk çalışma başlamıştır. Daha sonra Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ile Tarım Bakanlığı bünyesinde teşkilatlar kurularak erozyon konusuna ağırlıklı olarak eğilinmiştir. Toprak-su ve bitki arasında hassas bir denge vardır. Bunun çeşitli nedenlerle bozulması erozyon olayının hazırlanmasına sebep olmaktadır. Büyük akarsu havzalarında yapılan akım rasatlarından, kilometrekareden yılda 900 ton sürüntü malzemesinin hareket ettiği belirlenmiştir. Otuz yıldır yapılan erozyon ve rüsubat kontrol etüdüleri bulgularından ülkemizde yılda 500.000.000 m<sup>3</sup> toprağın göl deniz ve ovalara taşındığı anlaşılmaktadır (Doğan 1995).

Köy hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün 3202 sayılı kuruluş kanununda erozyonla ilgili hususlar yer almaktadır. Bu çalışmalar özellikle tarımsal alanlar ve meralar ile ilgilidir. Ülkemizde önemli bir erozyon kaynağı da aşırı bilinçsiz ve plansız otlatma yapılan ve köy orta malı olması nedeniyle hiç bir muhafaza işlemi uygulanmayan meralardır.

Türkiye'nin erozyon merkezleri genellikle yağış miktar fazla olan Akdeniz ve Karadeniz sahil şeridinde yer almaktadır. Yağmur suları veya başka bir kaynaktan gelen sular, çıplak bir toprakta meyil yönünde akarlarsa, toprak tanelerini, organik materyali ve suda çözünen bitki besin maddelerini de birlikte götürürler. Bu olaya suların sebep olduğu toprak erozyonu denir. Böyle durumlarda bitki örtüsü ile, arazinin akan suya karşı korunması lazımdır.

Aşırı otlatma, orman ürünlerinin bilgisizce tüketimi ve orman yangınları da erozyon sebebidir. Sel oluşumuna mani olmak ve araziyi verimli tutabilmek için iyi bir bitki münavebesi ile başta toprak muhafaza işlemleri uygulamak gereklidir. Meyilli topraklarda üst topraklar erozyona hassastır. Alt topraklar dağılılabılır karakterde olan topraklar yüzey erozyonuna az maruz kalırlar. Yüzey akışı ile meydana gelen su erozyonu sonucunda, mikroorganizmalar değişebilir, katyonlarla absorbe edilmiş fosfor ve kimyasal maddeler sulara taşınır. Bunun sonucunda içsular ve denizlerdeki denge burada yaşayan canlıların aleyhine bozulur.

Genel olarak erozyonun su ürünlerine olan olumsuz etkileri;

- su kaynağını doldurarak zamanla kullanılamaz hale getirmesi,
- toprağın yapısında bulunan mineral maddelerin zararlı etkileri olması,
- balıkların solungaçlarında birikim yapması güneş ışığının alt tabakalara geçişini önleyerek ötrofikasyon olayını teşvik etmesi şeklinde özetlenebilir.

Tarımsal çalışmaların gereği olarak, bitki hastalıkları ile mücadele amacı ile kullanılan pestisidlerin (zirai mücadele ilaçlarının), verimin artırılması için toprağa verilen kimyasal gübrelerin, tarım alanları ve meralardan oluşan yüzey akışı, toprağın sürülmesi ile oluşan toz, toprak, hayvan gübreleri, hayvan ve bitki artıkları sarp saman vs gibi her türlü tarımsal faaliyetle ilgili ortaya çıkan

kati ve sıvı artıkların alıcı ortam su kaynaklarına ulaşmasıyla oluşan su kirlenmesi "tarımsal kirlilik" olarak tanımlanabilir. Sularda tarımsal kirliliğin oluşmasında en büyük faktör "erozyon" olayıdır (Çetinkaya 1995).

İçsu kaynaklarında erozyonun yol açtığı su kirlenmesi temel olarak inorganik azda olsa organik tabiatlı, su kaynaklarını ve kaynaklarda yaşayan her türden su canlısını olumsuz yönde etkileyen bir kirlenme şeklidir. Kirlenmenin etkileri ise fiziksel (bulanıklık ve sedimentasyon), kimyasal (bitki besin elementleri, pestisidler, diğer toksik maddelerin kaynağa artışı ve birikimi, çözülmüş oksijen azalması) ve biyolojik (bazı türlerin yok olması, tür kompozisyonunun bozulması, patojen mikroorganizmaların artışı) olarak ortaya çıkar (Çetinkaya 1995).

### 3.4.1. Erozyonun içsu kaynaklarına etkileri

Erozyonun su kaynaklarına olan etkileri başlıca; fiziksel ve fizyolojik, kimyasal, biyolojik, ekonomik, rekreasyonel sportif, turistik ve estetik etkileri gibi gruplar altında toplanarak incelenebilir. Fiziksel, kimyasal, biyolojik etkiler sonucu, ekolojik olarak su kaynakları yaşlanır, bozulur, sedimentlerle kaplanır ve jeomorfolojik anlamda ortadan kaybolurlar. Erozyonun su fak alanlar üzerine etkileri de oldukça önemli boyutlardadır (Çetinkaya 1995).

#### Fiziksel ve fizyolojik etkiler

Erozyonun su kaynaklarında oluşturduğu en önemli etki fiziksel karakterli sediment yüklenmesidir. Erozyonun sebep olduğu kirlenmeyi belirlemek için alıcı ortamın sel ve taşkın olayı esnasında veya taşkından hemen sonra incelenmesi gereklidir. Akarsu, göl, gölet ve diğer kaynaklardaki sediment jeolojik erozyonla, toprak, su ve rüzgar erozyonu ile gerek yüzey akışlar gerek kıyı aşınması şeklinde kaynağa taşınır. Belli süreçler dahilinde kaynağa askıda kalır, sedimentasyon sonucu tabana geçer.

Erozyonla su kaynağına ulaşan sediment, su kaynağının bulanmasına (türbidite), akarsuların aşındırma (erozif) güçlerinin artmasına, akarsu yatağının dolmasına, ışık geçirgenliğinin azalmasına ve akarsuyun çevreye yayılarak tahribata yol açmasına, göllerin ve baraj göllerinin dolmasına özellikle baraj göllerinin, sulama ve taşkın önleme göletlerinin faydalı depolama kapasitelerinin azalmasına yol açar. Eğer akarsu yatağına ulaşan kolların taşıdığı su berrak ancak akarsu bulanık ise bu durumda akarsu yatağında veya kıyılarında aşınma başka bir deyişle suyun yol açtığı kıyı erozyonu etkili demektir. Tabanı çamurlu nehirlerde su yükünün ve su akış hızının artması ile tabanda çökelmiş olan sediment kanşır ve tekrar bulanma meydana gelir.

Barajların kurulması ve işletilmesinde, dikkate alınan en önemli problem sedimentler sebebi ile depolama hacminin (faydalı hacim) zamanla azalmasıdır. Bu konuda ülkemizden verilebilecek en çarpıcı örnek Çubuk Barajıdır. 1934 yılında inşa edilmiş olan Çubuk Barajı (Ankara) kapasitesinin %66'sını 35-40 yıl gibi, bir baraj için nisbeten kısa bir sürede kaybetmiştir. Eğer II.Çubuk Barajı yapılmamış olsaydı I.Çubuk Barajı şu anda çoktan dolmuş ve işe yaramaz hale gelmiş olacaktır. II.Çubuk Barajı ile tutulan sedimentler I.Çubuk Barajının %30-35 kapasite ile de olsa kullanımına imkan vermektedir. Daha yakın zamanlarda inşa edilmiş olan Sarıyar ve Hirfanlı barajlarında yapılan ölçümlere göre hızla



sedimentle dolmakta ve faydalı kapasiteleri azalmaktadır. Aynı probleme A.B.D. ve diğer birçok ülkede karşılaşılmaktadır (Çetinkaya 1995).

Erozyonla taşınan sedimentlerin beraberindeki bitki besin elementlerinin su kaynağında su bitkilerinin çoğalmasını ve vejetasyon miktarının artmasını sağlamanın iki yönlü etkisi vardır. Bir kere aşırı bitki çoğalması kaynaktan su akışını engeller ve su kaybını artırır. Özellikle kanallarda ve sulama sistemlerinde siltasyon oranını yükseltir, silt ve diğer partiküllerin birikimini artırır. Öte yandan kaynaktan bitki çoğalması kıyı erozyonunu engeller ve su canlıları için iyi bir habitat, barınma yeri ve zengin bir besin temini sağlar.

Su kaynağı içme suyu olarak kullanılıyorsa, bulanıklık ve buna bağlı oluşan koku ve renk nedeni ile kullanılamaz hale gelebilir. En azından içme suyu kalitesi düşer. Şehir içme suyu şebekesi ve filtrasyon sistemleri tıkanır işlemez hale gelir. Kaynak endüstriyel amaçla kullanılıyorsa aynı şekilde sistemi bozar, kazanları borular kullanılamaz hale getirir, üretimi aksatır kaliteyi düşürür. Akarsudan kültür balıkçılığı alanında yararlanılıyorsa özellikle taşkın dönemleri çok önemli risk taşır ve bu suyu kullanan işletmelerde önemli balık ve yumurta kayıpları ile karşılaşılır.

Tabiiatta yağışlar ve yüzey akışların yol açtığı toprak erozyonu nehirlerdeki türbiditenin asıl kaynağı durumundadır ve bu mevsimsel bir değişim gösterir. Türbidite yağışlardan, nehir havzasının büyüklüğü ve toprak-arazi yapısından, tarımsal faaliyetlerden yapılaşma ve karayolu inşasından etkilenmektedir. Alıcı ortama ulaşan sedimentin miktarı, bir başka deyişle sediment şeklinde ortaya çıkan toprak kayıpları arazi kullanımı ile yakından ilgilidir. Birleşik Devletler Toprak Muhafaza Ajansının (U.S.S.C.A) çalışmalarına ve elde ettiği verilere göre arazi kullanım yoğunluğu arttıkça kayıplar da artmaktadır (Çetinkaya 1995).

#### **Kimyasal etkiler**

Erozyonla su kaynaklarına taşınan sediment, başta tarımsal gübreleme ile toprakta birikmiş bitki besin elementlerini, hayvansal gübreleri ve zirai mücadele çalışmalarında ortaya çıkan ilaç kalıntılarını da beraberinde taşımaktadır. Bu şekilde kaynağa intikal eden bitki besin elementleri ve zirai mücadele ilaçlarının kaynaktan birikim ve değişimi suyun kimyasal kalitesini bozar, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlılara toksik etki yapar.

Organik orijinli sedimentler suda oksijen açığına, anaerobik şartların doğmasına neden olur ve biyolojik oksijen ihtiyacını artırır (Çetinkaya 1995).

#### **Biyolojik etkiler**

Erozyonun su kaynakları üzerinde biyolojik etkileri, suda bulunan bitki ve hayvanların ölmesi, üreme ve büyüme yeteneklerini kaybetmeleri, tür kompozisyonunun bozulması, hassas türlerin yok olması rekabet güçlerinin ortadan kalkması, dayanıklı ve çok defa aşırı düzeydeki miktarlarının istenmediği türlerin baskın hale gelmesi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden patojen mikroorganizmaların çoğalması şeklinde özellenir. Erozyona maruz kalmış su kaynaklarında diğer şartlarda uygun olduğu (sıcaklık, ışık vd.) takdirde su bitkilerinde önce önemli bir artış, alg patlaması olarak tanımlanan aşırı alg üretimi ortamda bulanıklığa yol açar. Su ekosisteminin verimliliği açısından

önemli zararlara yol açabilen toksik maddeler üreten mavi-yeşil algler, dinoflagellatlar ve su hacmini işgal eden filamentli algler çoğalır .

Sediment yüklemesi su bitkileri üzerinde olumsuz etki oluşturur. Su altı bitkileri, taşlar, molozlar, dal ve kök parçaları üzerinde yaşayan ve "perifiton" olarak adlandırılan küçük bitkiler, makrofitlerin üzerini örterek onların fotosentezi işlemini azaltır. Sediment su bitkileri üzerinde birikerek onların üzerini örter, bitkiler solmaya başlar ve canlı parlak yeşil renklerini kaybederler. Sediment birikimi arttıkça bitkiler tam büyüklüklerine ulaşamaz ve üreyemezler. Daha ileri durumlarda kaynaktaki bitkiler tümüyle ölebilir.

Ölerek tabana çökelen algler ve tabanda biriken organik maddelerin parçalanma ve ayrışması için aşırı oksijen tüketilir. Eğer su kaynağında sıcaklık tabakalaşması varsa göllerin hipolimnion veya profundal tabakaları oksijensiz kalır ve kademe kademe oksijen yetersizliğine hassas canlılar (balıklar, yumuşakçalar, kabuklular, zooplanktonlar) yok olmaya başlar. Anaerobik sürecin başlaması ile organik maddenin parçalanması sonucu ortaya çıkan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HS, S, CH<sub>4</sub> ve NH<sub>3</sub> gibi toksik maddeler ortamda bulunan tüm canlıları öldürmek için yeterli olur .

#### **Ekonomik etkiler ve zarar**

Su kaynaklarında erozyon nedeniyle meydana gelen dolma barajların ekonomik ömrünü kısaltarak büyük zarara sebep olurlar. İçme ve kullanma suyu şebekelerinin erozyon nedeni ile tahribi de kayda değer bir kayıptır. Akarsu yataklarının ve rezervuarlarının sedimentlerle kirlenmesi bu kaynakların sulanının mahalli hizmetler ve sanayi ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde temizlenmesi için yapılacak masrafları artırmaktadır. İçme sularındaki sediment ve kirlenme diğer maddelerle birlikte temiz suyu tahrip eder ve tamamen temiz olmalıdır. Ayrıca besin gibi bazı sanayi sektörlerinde mutlaka temiz ve kaliteli suya ihtiyaç vardır.

Bünyesinde erozyon nedeniyle sediment yükü taşıyan sular hidroelektrik santrallerinde türbinlerden geçerken aşınma ve yıpranmalara yol açar. Bunların sık aralıklarla değiştirilmesi hem üretim maliyetini artırırken hemde üretimin düşmesine neden olur. Sediment yükü özellikle taşkın dönemlerinde sulama ve drenaj sistemlerini harap eder (Çetinkaya 1995).

#### **Estetik, sportif ve rekreasyonel etkiler**

Bulanıklık, koku, rengin bozulması, suyun içilemez ve yüzülemez hale gelmesi, su bitkilerinin aşırı ölçülerde kaynağa çoğalması, kaynağın estetik, sportif ve rekreasyonel değerini düşürür.

#### **Ötrofikasyon ve içsu kaynaklarının yaşlanması, yok olması**

Bitki besin elementlerinin bir su kaynağında gereğinden fazla birikmesi, diğer şartların da elverişli hale gelmesi "ötrofikasyon" denilen, kısa dönemde kaynağın biyolojik verimliliği için olumlu sürecin ilerlemesi ile olumsuz sonuçlar yaratan, uzun dönemde göllerin sığlaşmasına, yani bataklık hale gelmesine yaşlanmasına ve tamamen ortadan kalkmasına yol açar. Ötrofikasyon oranı havzanın besin elementleri zenginliği ile orantılıdır. Büyük ve derin göllerde, havza topraklarının besin elementleri (N, P, K vd.) bakımından fakir olduğu

durumlarda çok yavaş ilerlerken, küçük sığ göllerde, iklim elverişli, havza da besin elementleri bakımından zengin ise, ötrofikasyon çok hızlı ilerler göller bataklık alanlara döner sonra da kaybolur (Çetinkaya 1995).

#### **Sulak alanlar üzerine etkiler**

Bilindiği gibi "Sulak Alanlar" tür zenginliği yanında çok önemli fonksiyonları da yerine getiren doğal ortamlar, biyolojik gen kaynaklarıdır. Erozyon olayının sulak alanlar üzerine etkisi bazen bu alanları ortadan kaldıracak boyutlarda olabilir. Bu zenginlikler ve sucul ortam bir anda silt, kil kum hatta çakılla örtülüp yok olabilir. Yapılan araştırmalar ve gözlemlere göre sulak alanların kaybolmasında erozyon diğer faktörlerle birlikte etkili olmaktadır (Çetinkaya 1995).

#### **3.4.2. Su ürünlerine etkileri**

Su kaynağında bulunan ve temel olarak erozyonun yol açtığı, askıda katı madde (AKM) halindeki sedimentlerin (kil kum ve silt partikülleri) konsantrasyonlarının yüksek olması, bir nehir veya göldeki balıkçılık üzerinde en az aşağıdaki beş ayrı yoldan zarar oluşturur.

1. Bu maddeler, suda balığın yüzmesini etkiler. Yüksek derişimlerde balıkların ölümüne sebep olur. Balıkların büyüme hızını yavaşlatır ve hastalıklara karşı direncini azaltır.
2. Balık yumurtalarının ve larvalarının gelişimini engeller, geriletir veya ölmelerine sebep olur.
3. Balık popülasyonlarının tabii hareketlerini, davranışlarını ve göçlerini değiştirir, engeller.
4. Balıkların yemi olan organizmaların çeşit ve miktarlarını azaltır.
5. Av araçlarının ve avlama tekniklerinin etkinliklerini azaltır hatta bu araçların işe yaramaz hale gelmesine neden olur (Çetinkaya 1995).

#### **3.5. Tarımsal Mücadele İlaçlarının Yaratdığı Kirlilik**

Zirai mücadele ilaçlarının, diğer bir ifade ile pestisitlerin su organizmaları üzerine etkileri konusunda Dünya'da pek çok araştırma bulunmasına rağmen, ülkemizde bu konuya bilim adamları tarafından yeteri kadar eğilindiği söylenemez. Türkiye'de kullanılan zirai mücadele ilaçlarının sayısı 700, miktan ise 80.000 tonun üzerindedir. Bu ilaçların 175 çeşit etkili maddeden yapıldığını görmekteyiz. Türkiye'de üretimi yapılabilen ilaçlar DDT, BHC, TMTD, Göztaşı ve kükürttür. Bunların çoğu Marmara Denizi civarında, İstanbul ve İzmit körfezinde bulunan fabrikalar tarafından üretilmektedir. Diğerleri ise yurt dışından temin edilmektedir (Canyurt 1982).

Pestisitler ;

- a. Formülasyon yapılarına,
- b. İlacın etki şekillerine,
- c. Pestisidin fiziki haline,
- d. Zararı bitki veya hayvanın biyolojik dönemine,
- e. Kullanma tekniğine göre,

- f. Yapısındaki etkili madde grubuna ve  
g. Kullandıkları zararlı grubuna göre  
sınıflandırılabilir.

En çok kullanılan sınıflandırma şekilleri, yapısındaki etkili maddeye ve kullandıkları zararlı grubuna göre yapılan sınıflandırmalardır. Kullanıldıkları zararlı grubuna göre:

- |   |                  |
|---|------------------|
| a. Böcek öldürücüler                    | : İnsektisitler  |
| b. Fungus öldürücüler                   | : Fungusitler    |
| c. Fungusların faaliyetini durdurucular | : Fungostatikler |
| d. Bakteri öldürücüler                  | : Bakterisitler  |
| e. Yabancı otları öldürücüler           | : Herbisitler    |
| f. Örümcek öldürücüler                  | : Akarisitler    |
| g. Yaprak bitlerini öldürücüler         | : Afisitler      |
| h. Salıngozları öldürücüler             | : Molluskisitler |
| i. Algleri öldürücüler                  | : Algisitler     |
| j. Kuşları öldüren veya kaçırıcılar     | : Avenisitler    |
| k. Kemiricileri öldürücüler             | : Rodentisitler  |
- diye anılırlar.

Çevre sağlığı açısından en önemli konu ise bu pestisitlerin yapılarında bulunan etkili madde grubudur. Bu etkili maddelerine göre yapılacak olan sınıflandırma ise daha bilimsel olacaktır. Çünkü canlılar üzerine akut veya kronik bir şekilde etki eden, onların ölümüne neden olan pestisidin yapısındaki etkili maddedir. Yapısındaki etkili madde grubuna göre pestisitler,

- a. Yapısında inorganik madde bulunduran pestisitler (bakır, kükürt, arsenik, demir vs.)  
b. Yapısında organik madde bulunduran pestisitler;  
olarak sınıflandırılırlar.

Su organizmaları açısından en önemli pestisit grubu sentetik organik maddelerden yapılmış olan pestisitlerdir. Bunlar, klorlanmış hidrokarbonlar organik klorlular ve ikincisi organik fosforlu olmak üzere iki önemli grup altında toplanırlar.

Çizelge 3.13'de bazı pestisitlerin Gökkuşluğu alabalıkları üzerine etkileri verimmiştir.

**Çizelge 3.13.** Bazı pestisitlerin gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerine akut etkileri (Weber 1977; Canyurt 1982).

Pestisitlin adı	LD-50 (ppm)
Organik klorlu pestisitler:	
Aldrin	0.003
BHC	0.79
DDT	0.007
Endrin	0.0002
Lindan	0.018
Organik fosforlu pestisitler:	
Dichlorvon	0.7
Malathion	0.07
Parathion	0.047
Organik asitler:	
Dalapon	115
2,4-D	150
2,4,5-T	0.5

Bu çizelgeden de anlaşıldığı gibi organik klorlu pestisitler organik fosforulara ve organik asitlere göre daha toksikdirler. Bu pestisitlerin fito ve zooplanktonların üzerine de önemli etkileri vardır.

**Çizelge 3.14.** 1 ppm organik klorlu pestisitlin fitoplankton verimi üzerine etkisi (Lowe 1964; Canyurt 1982).

Pestisitlin adı	48 saatte görülen fitoplankton azalması
DDT	% 77
Chlordane	% 94
Heptachlore	% 85
Dieldrin	% 85
Lindan	% 29

Çizelge 3.14'ün incelenmesinden de anlaşılacağı gibi 1 ppm'lik bir derişimde tutulan fitoplanktonların veriminde çok önemli azalmalar söz konusudur. Bu pestisitlerin suda uzun süre parçalanmadan kaldığı dikkate alınırsa, suyun primer produktivitesinin hemen hemen yok olacağı anlaşılır ve bunlarla beslenen zooplanktonlar ve balıklar ise primer verimliliğin azalması sonucunda yok olmaya mahkum olacaklardır.

Pestisitlerin zooplankton yumurtaları, larvaları ve erginleri üzerine önemli etkileri vardır. Yapılan çalışmalarda suda bulunan pestisit miktarı arttıkça yumurta gelişmesini ve larvaların yaşama şansını azalttığı görülmektedir (Çizelge 3.15).

**Çizelge 3.15.** Organik klorlu pestisitlerin bazı zooplankton yumurtaları ve larvaları üzerine etkileri (Davis ve Hudu 1988; Camyurt 1982).

Pestisit adı	Sudaki pestisit miktarı	Zooplankton türü	Yumurta gelişmesi	Larvaların yaşama oranı
DDT	0.2	<i>M.marconaria</i>	91	94
DDT	2	*	60	88
Toxaphene	0.25	*	84	33
Toxaphene	1	*	51	0
Endrine	0.025	<i>Ceratohirax</i>	100	78
Endrine	0.25	*	52	67
Aldrin	0.25	<i>M.marconaria</i>	98	75
Aldrin	1	*	17	0
Dieldrin	0.025	<i>Ceratohirax</i>	95	69
Dieldrin	0.25	*	67	58

Ülkemizde kullanılmakta olan zirai mücadele ilaçlarının su organizmaları üzerine etkilerinin, ilacın ruhsatlandırılması sırasında Tarım-Orman ve Köyleri Bakanlığı ve Üniversitelerimizin ilgili birimlerince araştırılması, aşırı derecede toksik olanlar ile tabiatta kısa sürede parçalanamayan yani kalıcı olan ilaçlara ruhsat verilmemesi gerekmektedir.

Tarımsal ürünlerin uygun kalite ve yüksek verimde olmasını sağlamak için kültür bitkileri yetiştirilen arazilerde yabancı otla mücadele amacıyla kullanılan pestisidlerin yıkanarak su kaynaklarına karışması ile oluşan kirlilik çevre sorunlarında önemli bir etken olmaktadır.

Tarımsal ürünlerin hastalık ve zararlılardan korunması için kullanılan pestisidler, gerekli önlemler alınmadan ve usulüne uygun kullanılmadıklarında suya karışıklarında kitleler halinde su ürünlerinin ölümüne yol açarlar. Küçük dozlarda tesiri hemen görülmezse de, bazı pestisidler su ürünlerinin bünyelerinde birikerek gıda yoluyla insanlara kadar ulaşarak zararlı olurlar.

Pestisidler farklı kimyasal yapıda, bir dizi maddeyi içerir ve

- a- Organik klorlu bileşikler
- b- Organik fosforlu bileşikler
- c- Herbisitler
- d- Cıvalı bileşikler
- e- Değişik metal içeren bileşikler
- f- Karbonat bileşikler

olmak üzere 7 grup altında toplanır.

#### a. Organik klorlu bileşikler

Bu grup pestisidlerden 30 yıldan beri tarımda ve halk sağlığını korumak için en çok kullanılanları; DDT, BHC, Lindan, Dieldrin, Endrin, Aldrin ve Endosülfan'dır. Havadan püskürtülerek uygulandığında bir kısmı atmosferde dağılır, yağmurla taşınarak denizlere ulaşırlar fakat suda çözünmezler. Toprağın erozyonla nehirlere taşınması dışında başka bulaşma yolu yoktur. Yünlü maddeleri güveden koruyan Dieldrin doğrudan kanalizasyonla nehirlere buradan denizlere taşınır. Atık su ve lağımlarda son zamanlarda yapılan analizlerde denizlere pestisidlerin en çok bu yolla karıştığını göstermiştir (Anonymous 1976).

DDT ve DDT'nin metabolitleri (DDD ve DDE) çevresel koşullarda nispeten durağan, yüksek oranda lipofilik ve tamamen parçalanmaya karşı dayanıklıdır. Gelişmekte olan tropikal ülkelerde geniş çapta kullanılmaktadır, fakat Kuzey ülkelerinde ekolojik nedenlerle kullanım alanı sınırlıdır. Değişik yollarla su ortamına taşınan DDT ve metabolitleri besin zincirinde dolaşım durumundadır.

Canlı organizmalardaki DDT birikimi,

- 1) Sudarı absorbe etme,
- 2) Mikroorganizma yüzeyinden filtrasyon veya
- 3) Bileşimi içeren besin zinciri yoluyla gelen biyolojik derişimden kaynaklanabilir.

Türkiye'de Karadeniz Bölgesinde 1978 yılında yapılan bir araştırmada, DDT dahil beş çeşit tarım ilacının kalıntıları ikinci düzey olan yedi türde, hamsi, mezgil, kefal, tekir-barbunya, istavrit, kalkan ve midyede incelenmiş ve DDT'nin balık yağında en fazla bulunduğu tesbit edilmiştir. Bulunan değerler bölgede pestisit kirliliğinin insan sağlığı açısından henüz zararsız seviyede olduğu tesbit edilmiştir (Akman ve ark., 1978). Akdeniz sahillerinde avlanan bazı ekonomik balık türleri ve karideslerde organik klorlu insektisidler araştırılmış; Antalya Iskenderun Körfezleri arasında avlanan kefal, lagos, çipura, mercan, tekir, barbunya, karagöz, isparoz, sinagrit ve karidesde bulunan değerlerin Karadeniz'deki değerlere oldukça yakın olduğu dolayısıyla Akdeniz'de de pestisit kirliliğinin söz konusu olduğunu belirtilmiştir.

Biyolojik birikimi saptanan sentetik maddelerin besin zincirindeki konsantrasyonlarının, topraktaki ve sudaki değerlerinin yüzlerce binlerce ya da birkaç milyon katına çıktığı sık sık gözlenir. DDT'nin tatlı su besin zincirlerinde 75.000-150.000 kat arttığı, okyanuslarda ise bu artışın deniz suyundaki değerinin bir kaç milyon katı olduğu hesaplanmıştır. Genel olarak zincir ne kadar uzun ve, tüketici hayvan besin zincirinin ne kadar üst halkasında olursa, dokularda biriken madde konsantrasyonu o kadar fazla olur. Daha az halkalı besin zincirlerinde biyolojik birikim oranının az olduğu görülür.

Birikim ve zehirlilik oranları türler arasında geniş ölçüde değişiklikler gösterir. En yüksek derişim faktörleri istirdye ve tarak gibi molukslarda görülür. DDT'nin 0.007 ppm'lik derişimi istirdyelerin %50'sini 96 saat içinde, 0.001 ppm'lik derişim karideslerin %50'sini 48 saat içinde, 0.0006 ppm'lik derişimi kefal balıklarının %50'sini 48 saat içinde öldürdüğü belirtilmiştir (Canyurt 1982).

DDT ve metabolitlerin kalıntı düzeyleri, organizma cinslerine ve organizmanın bölgelerine bağlı olarak geniş çapta değişir. En yüksek derişimler Kuzey Amerika ve Avrupa'da balık yiyen kuşlarda tespit edilmiştir. Deniz ortamına ait bilgilerin çoğu, kırsal alanlardan elde edilmiştir. Açık denizlerden alınan türlerde de DDT ve metabolitlerinin varlığına dair az miktarda veri mevcuttur. Kırsal alanlardan alınan balıkların kaslarındaki kalıntıların en fazla 10 mg/kg (kuru ağırlık) düzeyinde olduğu ve açık denizlerden alınan benzer örneklerle göre daha yüksek değerde olduğu bildirilmektedir. Balık dokularındaki kalıntıların miktarı organdan organa büyük ölçüde farklıdır, DDT'nin yağda erime kabiliyeti balık yağı ve adipöz dokularda yüksek kalıntılarda gösterilmiştir.

Jarvinen ve ark., minnow (*Pimephales promelas*) balıklarını değişik derişimlerde DDT içeren suda tutmuşlar ve değişik miktarlarda DDT içeren yemlerle beslemişlerdir. Suda bulunan DDT'nin balığın dokularında daha çok biriktiğini, hem yemde hem de suda DDT bulunması durumunda ölüm yüzdesinin en yüksek olduğunu saptamışlardır. Minnow (*Pimephales promelas*) balıklarının tolere edebildikleri DDT miktarı, suda 0.9 mikrogram/litre, eğer hem suda hem de bu madde mevcut ise 0.4 mikrogram/litre olarak bulunmuştur. Anaçları DDT'li suda tutulan DDT'li bir yem ile beslenmiş larvalarda görülen ölüm yüzdesinin, sadece içinde yaşadığı suda DDT bulunan anaçlardan elde edilen larvaların iki katı olduğu saptanmış ve böylece DDT'nin ergin balıklar üzerinde öldürücü etkiye sahip olmasa bile, larvaların yaşama oranı üzerinde olumsuz etkileri görülebileceği anlaşılmıştır (Canyurt 1982).

Dethlefsen (1977) yaptığı çalışmada; dölenmiş morina balığı yumurtalarını öldüren en düşük DDT derişimi 0.025 ppm, yumurtadan çıkan larvaları öldüren en düşük derişimi ise 0.0095 ppm olarak tespit etmiştir (Canyurt 1982).

Sularda bulunan DDT miktarı, genellikle balık türlerini öldürücü dozlardan daha düşük olmasına rağmen, balığın, zoo ve fitoplanktonların bünyelerinde birikimi, kronik olarak uzun sürede canlı, organizmaların ölümüne sebep olmaktadır. DDT'nin parçalanma ürünlerinden olan DDD'nin suda 0.014 ppm bulunması halinde; aynı ortamdaki fitoplanktonlarda 5 ppm, bu fitoplanktonlarla beslenen balıklarda 7-9 ppm, etobur balık türlerinde ise 27-221 ppm'e kadar yükseldiği bildirilmiştir (Ramade 1976; Canyurt 1982).

Mavi solungaçlı güneş balığı (*Lepomis macrochirus* L.) ile yapılan bir çalışmada ise, DDT'nin 0.2-1 ppb arası derişimlerde 96 saat içinde balıkların %50'sini öldürdüğü saptanmış, 0.2 ppb'den daha düşük derişimlerde ise, balıkların sudaki DDT derişimi ile orantılı bir şekilde hareketlerinde artış görüldüğü ve bunun balığın sinir sisteminin bozulmasından ileri geldiği belirlenmiştir.

Canyurt (1982) tarafından sazan, tilapia ve yılan balığı ile yapılan deneme sonuçları, Çizelge 3.16'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.16. Lindan, metil parathion, 2,4-D ve  $\text{CuSO}_4$ 'ın aynalı sazan, tilapia ve yılan balıkları için-saptanan 24 saat LD-50 Değerleri (mg/l) (Canyurt 1982).

Peestisitler	Aynalı sazan ( <i>Cyprinus carpio</i> L.)	Tilapia ( <i>Tilapia gallaea</i> )	Yılanbalığı ( <i>Anguilla anguilla</i> L.)
Lindan	0.1080	0.4857	0.3401
Metil Parathion	7.84	5.55	5.38
2,4-D	637.24	588.84	405.14
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5.72	5.70	13.09

Maneb, zineb, trifluralin, quinterozen ve DDT ile aynalı sazanlarda yapılan zehirlilik deney sonuçları Çizelge 3.17 'de verilmiştir.



Çizelge 3.17. Maneb, zineb, quintozen, trifluralin ve DDT'nin aynalı sazın yavruları için tespit edilen 96 saatlik LD değerleri (mg/l) (Göksu 1986).

Zirai mücadele ilacı	1.Seri			2.Seri		
	LD <sub>50</sub>	LD <sub>50</sub>	LD <sub>50</sub>	LD <sub>50</sub>	LD <sub>50</sub>	LD <sub>50</sub>
Maneb	5.32	8.28	9.39	5.30	10.02	12.00
Zineb	55.06	113.08	138.00	52.25	104.70	127.51
Trifluralin	9.64	20.05	24.97	6.89	18.40	22.80
Quintozen	7.84	19.40	25.08	7.16	18.82	21.43
DDT	1.36	3.11	3.93	1.47	3.27	4.10

Deniz suyundaki DDT kalıntı düzeyleri genellikle 1 mg/l'den daha düşüktür fakat kıyusal bölgelerde daha yüksek değerler saptanmıştır. Kuşlarda DDT ve diğer organoklorin kalıntısı öncelikle besin alımıyla ilişkilidir. Türlerin kimyasal maddeleri absorbe etme, biriktirme ve metabolize etme yetenekleri farklıdır. Balık yiyen kuşlarda, tohum ve bitki yiyenlere göre daha yüksek oranda kalıntı bulunabilir.

Tatlısu ve acısu balıklarında yüksek oranda DDT saptanmış ve böyle balıkları tüketen kuşlarda da deniz balıklarıyla beslenenlerden daha yüksek düzeyde kalıntı tespit edilmiştir. Etikler değerlendirilirken kesin olarak zehirliliği ve bileşiğin zehirliliğini değiştirebilen, balık vücudundaki organoklorin ve insektisitlerin değişimleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Jarvinen ve Tyo yaptıkları çalışmada balıkların yemine ve içinde yaşadığı suya Endrin ilave etmişler ve suda bulunan Endrin'in balığın dokularında daha çok biriktiğini, 0,63 ppm düzeyinde Endrin yeme katıldığı zaman balıklarda ölümler görülmeye başladığını ve Endrinli yem ile beslenen balıkların yavrularında da yaşama yüzdesinin düşük olduğunu belirtmişlerdir (Göksu 1986).

*Poecilia latipinna* balıkları üzerinde Dieldrin'in akut ve kronik etkilerini inceleyen Lane ve Livingston, bu insektisit'in 0,012 ppm derişiminde bir haftada, tüm balıkları öldürdüğünü, 6.günün sonunda balıkların kanında 6 ppm'den fazla Dieldrin bulunduğunu, su sıcaklığı ve tuzluluğun öldürücü derişimi etkilemediğini yani ölümlerin sadece insektisit'in sudaki derişimine bağlı olduğunu belirtmişlerdir (Göksu 1986).

Fitoplanktonlar üzerinde heptaklor'un toksik etkilerini araştıran Lowe, bu insektisit'in 1 ppm'lik dozunun sudaki fitoplanktonların % 95'ini 4 saat içinde öldürdüğünü, bu nedenle suda fotosentez olayının engellendiğini saptamıştır (Canyurt 1982).

Tagatz ve ark. Mirex ile kirlenmiş bir ortamda karides, yengeç ve pek çok diğer kabuklu su ürününün öldüğünü ve bunların etinde, suda bulunan Mirex miktarından 50.000 defadan fazla Mirex bulunduğunu, bu nedenle söz konusu su ürünlerini yiyen insanların ne kadar büyük bir tehlike ile karşı karşıya kaldıklarını bildirmişlerdir (Canyurt 1982).

Lindan üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda bu insektisit'in çevrede olumsuz etkileri görülmektedir. Gerçek suda bulunan zooplanktonlar gerekse balık üzerinde yapılan çalışmalar, bu insektisit'in toksik etkilerinin bulunduğunu ve canlıların her döneminde büyümeyi yavaşlattığı veya durdurduğunu ortaya koymuştur (Canyurt 1982).

Bluzat ve Seuge, Lindanın 2 ppm derişimde *Lymnea stagnalis* adlı yumuşakça populasyonunun tümünün ölmesine neden olduğunu, fakat karbomatlı bir insektisit olan Carbaryl'in 2 ppm'lik bir derişiminde bu yumuşakçaların kabuk büyümesinin yavaşladığını bildirmişlerdir. Weber tarafından yapılan araştırmalarda ise Lindanın 0.018 mg/l'lik derişiminin 48 saat içinde Gökkuşadı alabalıklarının %50'sini öldürdüğü bildirilmiştir (Canyurt 1982).

Lindan'ın balıklar üzerindeki akut toksik etkisini araştıran Livingston tarafından minnow balıkları için 96 saatlik süredeki LD-50 değerinin 0.077 ppm olduğu saptanmıştır. Lindan ile yapılan sıvrisinek mücadelesinde 0.06 ppm'lik bir derişim önerilmektedir. Halbuki kefal balıkları (*Mugilidae* sp.) için; 48 saatlik sürede LD-50 0.03 ppm, karidesler için; LD-50 0.0004 ppm, istiridyeler için; (96 saatte) LD-50 0.45 ppm bulunmuştur. Bu nedenle DDT'den sonra en tehlikeli insektisit Lindan olduğu belirtilmektedir (Ramade 1978; Canyurt 1982).

Ölkemizde tarım ilaçlarının yoğun olarak kullanıldığı Çukurova bölgesinde yapılan bir araştırmada Temmuz ayında D.S.İ. sulama ve drenaj kanallarında 0.03-0.2 mikrogram/litre, ilaçlama mevsiminin sona erdiği ve yağışların başladığı Kasım ayından itibaren ise sulama ve drenaj kanallarındaki Lindan miktarının 0,05-0,3 mikrogram/litre düzeyine eriştiği tespit edilmiştir (Temizer 1980).

Hamelink ve Waybrant, yaptıkları çalışmada Lindan'ın su ortamında yayılmasını incelemişler ve bu insektisit DDT'den daha fazla suda eriyebilme özelliğinde olduğunu, ayrıca zooplanktonların bünyelerinde yüksek oranda biriktiğini belirtmişlerdir (Canyurt 1982).

Çizelge 3.18: Çeşitli insektisitlerin su ürünlerine olan etkileri (Canyurt 1982).

Pestisit adı	LD-50-96 saat (mg/l)	LD-48-40 saat (mg/l)	4 saat sürede 1 mg/l'de fitoplankton veriminde azalma
	İstiridye <i>Crasostrea</i> virginica	Karides <i>Penaeus</i> sp.	
DDT	0.007	0.001	% 77
Aldrin	0.005	-	-
Chlordan	0.007	0.0044	% 94
Heptachlor	0.0027	0.0025	% 95
Dieldrin	0.03	0.005	% 85
Lindan	0.45	0.0004	% 29

Çizelge 3.19'da ise değişik klorlanmış hidrokarbonlu ilaçların balıklar üzerindeki etkileri görülmektedir. Endrin ve Toxaphene'nin balıklara çok toksik olduğu görülmektedir. Örneğin, toxaphene'nin 8 ile 12 g/dekara dozları birçok balıkları öldürebilmektedir.

**Çizelge 3.19.** Insektisitlerin balıklara olan toksisitesi (96 saatlik periyotta % 50 ölüm meydana getiren doz (ppb)) (O'Brien 1967, Canyon 1962).

Pestisit adı	Güneş balığı <i>Lepomis microchitrus</i>	Küçük tatl su balığı sazanğilenden	Mercan balığı <i>Pagellus erythmus</i>	Lepistes <i>Lepistes reticulatus</i>	Chinook som balığı <i>O. tshawytscha</i>	Coho som balığı <i>O. kisutch</i>	Gökkuşuğu alabalığı <i>O. mykiss</i>
Endrin	0.6	10	1.9	1.5	1.2	0.5	0.6
Toxaphene	3.5	5.1	56	20	2.5	9.4	6.4
Dieldrin	7.9	16	37	23	6.1	10.8	10
Aldrin	13	29	28	33	7.5	45.8	17.7
DDD	16	30	27	43	11.5	44	42
Heptachlor	19	94	230	107	17	59	19
Chlordane	22	52	82	190	57	56	44
Methoxychlor	62	35	56	120	26	66	62
Lindane	77	56	152	138	40	90	36

Bu dozların balıklara toksik olmasına rağmen, memelilere ve böceklere çok fazla toksik olmadıkları görülmektedir. Endrin balıklara farelerden 13692 defa daha toksiktir. Methoxychlor ise 17142 defa daha zehirlidir. DDT ise balıklara böceklerden 800 defa daha, farelerde ise 3228 defa daha zehirlidir.

#### b. Organik fosforlu bileşikler

Organik fosforlu bileşiklerden Malathion, Parathion, Azinphosmetil, Guthion, Dipterec, Carol yer alır ve bitkilerin insekt preditörlerinin kontrolünde kullanılır. Tatlısu balıkları için çok toksiktir. Organik klorlu bileşiklere göre daha fazla çeşitleri vardır.

Suda nispeten daha fazla çözünebilir, püskürtme sırasındaki kayıplar, buharlaşma ve yağmur suları ile sulara bulaşır. Parathion, Malathion ve Chlorthion, testosteron metabolizmasını ve sinir sistemini olumsuz etkiler. Organik fosforlu bileşiklerin çoğu organik klorlu bileşiklere nazaran daha az karardır. Bu nedenle biyolojik birikimleri daha önemsizdir. Lipofilik olmadıklarından düz yüzeylerde birikmezler. Azinphos-metil'in 0,0003 ppm'lik derişiminin Crangon crangon'lar için lethaldir fakat Malathion'un aynı tür için 0.3 ppm'lik derişiminin etki etmediği bildirilmiştir (Livingston 1977, Canyon 1962).

#### c. Herbisitler

Genellikle herbisitler, bitki büyüme hormonu 3- indol asetikasite benzetilerek yapılmıştır. Sentetik ilaçlar da herbisit olarak aşırı miktarlarda kullanılmaktadır. DDT dışındaki herbisitlerin çoğu toprakta çok daha az karardır. Deniz ortamında ciddi tahribatlara sebep olan herbisit kayıtları mevcut değildir.

Herbisitlerin su ortamına taşınması DDT'de olduğu gibidir. Suda çözülmüş halde bulunan bileşikler sedimentte veya süspansiyon materyal ile oldukça fazla ilişkilidir, herbisitler süspansiyon maddesi tarafından absorbe edilir. Herbisitlerin çoğunun parçalanma süreleri kısadır. 2-4-5-T ve Picloran gibi bir kaçının yarılanma süresi 5 yılın üstündedir. 2-4-5-T ile kirlenme genetik bozukluklara neden olur. Genelde pestisitler fitoplanktonlara etki yapmalarına

yağmen, 2-4-D Dalapan ve 2 Tirlizine bileşiklerinin algleri öldürmekten ziyade gelişimlerini sötümüle ettiği iddia edilmiştir.Bu iki herbisitlin üzerinde yapılan çalışmalarda özellikle 2, 4, 5-T'nin çok yüksek bir toksik etkiye sahip olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır. Çünkü 2, 4, 5-T'nin ana maddesi triklorofenol'dur. Triklorofenolün sentezi sırasında dioxine adı verilen ve siyanürden 10.000 kat daha fazla toksik etkili bir madde oluşmaktadır. Dioxine zehirli oluşunun dışında, mutasyonlara neden olan kanser yapıcı ve embriyo üzerine etki yapan bir maddedir (Canyurt 1982).

Weber (1977) ise,gökkuşağı alabalıkları ile yapılan çalışmalarda 0,5 ppm 2- 4- 5-T'nin balık popülasyonunun yansını 24 saat içinde öldürdüğu halde, 250 ppm 2- 4-D ile de aynı sonucun alındığını bildirmiştir (Canyurt 1982).

#### **d. Civalı bileşikler**

Organik civalı bileşiklerin bir cinsi, tohumların ilaçlanmasında ve mantar hastalıklarının kontrolünde kullanılır. Celamol bazı alanlarda fungusit (mantar öldürücü) ve insektisit olarak kullanılmıştır. Civalı bileşiklerin çoğunun suda erime kabiliyeti çok düşüktür ve ayrıca toprak partiküllerince kuvvetle absorbe edilir. Bu nedenle yağmur sularıyla, sellerle su ortamına bulaşması olağandır.

Civalı bileşikler, balıkların böbreklerinde ve karaciğerinde 30 ppm'e kadar birikebilmekte ve yaşamını etkileyebilmektedir. (Canyurt 1982).

Anaerobik koşullarda civalı bileşikler, metil merkürüye döner.Bazı olaylarda di metil merkürü denizlerde bulunur. Civa doğal ortamda su ile denize taşınır ve derişimleri 0.3 ppm ile 0.3 ppb arasında değişmektedir. Metil merkürü seviyesi, civa miktarının yaklaşık 1/1000' dir.

İnorganik formlar tehlikeli birikimlere yol açmaz ancak metil merkürler, deniz canlılarınınca kolayca alınır ve besin zincirinde birikirler. Metil, sinir bozukluklarına neden olur ve yemle çok az alımında ölümlere yol açar. Yenen balıklar için, 1 ppm civa dozu, birçok ülkede yüksek kabul edilmiştir. Bahkılarda civanın normal düzeyi 0.01-0.2 ppm arasındadır.

Taylor (1978), civalı bileşiklerin çok küçük derişimlerde dahi zehirli olduğunu, İstiridyelerde 1-6 ppb derişimler arasında %50 ölüm görüldüğünü, midyelerin ise 10 ppb derişimde 10 hafta içinde öldüklerini ve gökkuşağı alabalıklardan için civanın 48 saatte LD-50 değerinin 15 ppb dolaylarında olduğunu belirtmişlerdir (Canyurt 1982).

Civanın suda kalıcı olması ve organizmalarda birikerek metabolizmayı (özellikle Na-K metabolizmasını) etkilemesi, araştırmalardan ortaya çıkan en önemli sonuçlardandır.

#### **e. Değişik metal içeren bileşikler**

Metal tuzları ve organo metal bileşiklerinin oluşturduğu Bordeaux karışımı (bakır tuzu) kurşun arsenat ve fertin asetat gibi bileşikler pestisit olarak kullanılırlar. Bu bileşikler önemli derecede suda çözülebilir ve karadan drenaj ve sızma ile denizlere taşınması muhtemeldir. Metal iyonları veya bileşiklerinin denizlere katılım miktarı otomobillerden gelen kurşun ve endüstriyel atıklardan gelen kurşun gibi diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında bunların katılımı önemsizdir. Bu nedenle karadaki kullanımlardan doğabilecek deniz kirliliğinin zararlı olmasının muhtemel olmadığı gibi gözükür. Metal içeren pestisitlerin

çoğunun balıklarda toksik etkisi vardır. Yanlış kullanımları balıklarda ölümlere neden olur. İnsanlar üzerindeki etkisi önemsizdir.

### f. Karbomat bileşikleri

Karbonik asitten köken alan bu bileşiklerin;

M-dimetil karbomatlar (Isolan, Dimetan gibi) ve M.metilkarbomatlar (Carbaryl, Zeetran gibi) 2 temel tipi vardır. Genellikle bunlar organik klorlu bileşiklerden daha fazla organik fosforlu bileşiklerden daha az çözünürler. Bu gruptan özellikle Carbaryl yaygın olarak kullanılır. Denize ulaşmaları klorlu ve organik fosforlu pestisitlerle aynı şekildedir (Anonim 1976;Canyurt 1982).

Karbomat bileşiklerinin hiçbirisi kararlı değildir. Denizde asit ve alkali etkisiyle çok yavaş hidrolize olurlar. Nispeten kolaylıkla metabolize olabilirler. Deniz hayvanlarından elde edilen verilere göre, örneğin çift kabuklularda bütünüyle metabolize olabilir veya 2-3 hafta sonra dışarı atılabilir.

Bu bileşikler kolinesteraz inhibitörleridir, bir kaç diğer bazı enzim sistemlerine karşı aktivite gösterir. Bu bileşiklerden bazıları herbisit olarak fitoplanktonların lokalize olduğu alanlarda kullanılır. Karbomat bileşiklerinin deniz hayvanlarına zehir etkisi bileşiklere ve türlere bağlı oldukça değişken bir döngü halindedir. Isolan hariç karbomat bileşiklerinin hepsi, insan sağlığını direkt veya indirekt olarak etkiler. Ancak memelilere organik fosforlu bileşiklere nazaran daha az toksiktir (Canyurt 1982).

Karbomatlı insektisitlerin balıklar üzerine toksik etkileri konusunda pek az bilgi mevcuttur. Livingston (1977), Carbaryl'in 0,21 - 0,68 mg/l arasında Kedi balığına (*Ictalurus punctatus*) zehirli etki yapmadığını ve balığın vücudunda birikmediğini, Weber ise, bu insektisit'in 2 ppm'lik derişiminin Gökkuşağı alabalıklarının %50'sini 98 saat içinde öldürdüğünü ve Carbaryl'in çeşitli balık türlerine göre lethal derişiminin 1,75 - 4,25 ppm (24 saatte) arasında değiştiğini saptamıştır (Canyurt 1982).

### 3.6. Deterjanla Kirlenme

Deterjanların kirlenici özellikleri, alıcı suların köpüklenmelerine neden olarak biyolojik etkilerle çözünememeleri, alıcı suların ötrofikasyonuna yol açan fosfat kapsamları ve daha az oranda da bileşimindeki maddelerin direkt zehirli etkileri ile ilgilidir.

Tatlı sularda anyonik, katyonik veya iyonik olmayan formlarda olabilen deterjanlar, su canlılarının yaşamı üzerinde kuvvetli engelleyici etkileri vardır. İnorganik iyonlar deniz suyunda yüksek derişimlerde bulunurlar. Sadece iyonik olmayan formlar olumsuz etki gösterirler. Ancak seyrelme nedeniyle, etkin derişim düzeyinin altına düşme ve biyolojik çözünme dolayısıyla deniz suyunda bu etkilerini gösteremezler.

Bugün dünya pazarlarındaki evsel deterjanların tamamı biyolojik olarak çözünebilir durumdadır. Üretici firmalar, deterjan üretiminde sert alkil benzen sülfattan yumuşak lineer alkil sülfonata geçmişlerdir. Ancak buna rağmen alkil benzen sülfonat endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çoğu deterjanların esas maddesi olan sodyum fosfatlar (%20-80), temizleme ile ilgili gerçek fonksiyonları yaparlar ve genellikle yerlerine ikame edilebilecek madde yoktur. Ayrıca imalatçı firmalar sodyum fosfat kullanmama

konusunda isteksizdirler. Hatta deterjanlardaki miktarını azaltmak istememektedirler.

Son zamanlarda deterjanlarda, fosfat yerine, NTA (Nitrilotriasetatin Na<sup>+</sup> tuzu) ikame etmekte ise de çevreye yapacağı etkiler bilinmemektedir. Yine son yıllarda deterjanların çoğuna optik parlaticılar ilave edilmektedir. Bunların da çevre üzerine etkilerinin incelenmesi gerekir.

Yüzey gerilimini azaltıcı etki yapan maddelerden olan deterjanlar, çok düşük derişimlerde dahi yüzey gerilimini azaltıcı etkilidirler. Deterjanlar pekçok maddenin kompleks karışımları olup, temizlemede her birinin ayrı görevi vardır.

Sentetik deterjanların kimyasal yapıları çok farklı olmasına rağmen, polar suda çözünen bir uç (genellikle sülfat, sülfonik asit veya polietiler grubu) ile uzun, polar olmayan ve yağda çözünen bir diğer uçtan oluşmaları hapsinin ortak özelliğidir (Uslu ve Türkman 1997).

R-O-SO <sub>3</sub> -Na	Sülfat
R-Ar-SO <sub>3</sub> -N	(Sülfonik asit)
R-(O-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -OH	(Polietiler)

Deterjanlar ve sabunlar temizlemede aynı görevi görürler. Molekülün hidrofobik (lipofilik) kısmı uzun hidrokarbon kısmı yağ ve kirleri yapıştırır. Hidrofilik uç kir moleküllerini dokudan uzaklaştırarak suya geçirir. Çizelge 3.20'de yaygın olarak kullanılan bazı deterjan bileşikleri görülmektedir.

Çizelge 3.20. Deterjan bileşikleri (Uslu ve Türkman 1987).

Tip	Bileşik
Anyonik	Lineer alkil sülfonat Alkol sülfat Alkol eter sülfat
İyonik olmayan	Alkol fenol etoksilat Alkol etoksilat
Katyonik	Kuaterner amonyum tuzları

Anyonik deterjanlar suda çözüldüklerinde molekülün büyük kısmı anyon, katyonik deterjanlarda ise katyon vermektedir. İyonik olmayanlar suda çözüldüklerinde iyonlaşmaktadırlar.

Ticari sentetik deterjanların temel yapısı yüzeysel aktif madde olmasına karşın diğer bileşenler de bulunmaktadır. Aktif kısım %20-40 oranında değişir. Aktif bileşene ilaveten ürünün %30-50 kadarı dehidrate fosfat olup kirin askıda kalması, dispersiyon ve emülsifikasyonunu kolaylaştırır. Sentetik deterjanlarda % 20 oranında kullanılan sodyum sülfat ilave bir elektrolit gibi davranarak ısıtma ile dispersiyona yardım eder. Sodyum silikat ise, metallerin özellikle alüminyum korozyonunu kontrol eder. Bileşimin kalan kısmı köpüğün stabilize edilmesi için yağ asitleri, beyazlatıcı (Na<sup>+</sup> - perborat), kirin kumaş üzerine yeniden çökmesini engelleyen sodyum karboksimetil selüloz gibi maddelerden oluşur. Çizelge 3.21'de deterjanların içerdikleri maddeler ve işlevleri görülmektedir (Uslu ve Türkman 1987).

Çizelge 3.21. Deterjanların içerdiği maddeler ve işlevleri (Uslu ve Türkman 1987).

Madde	İşlevi
Yüzey aktif maddeler Organik aldit madde	Yağlı kirin uzaklaştırılması, temizleme
Yapıcılar Sodyum tripofosfat ve/veya Tetra sodyum pirofosfat Sodyum sülfat Soda klorü	Anorganik kirin uzaklaştırılması, deterjan etkinliği Isılama, yumuşak suca deterjan etkinliği ve dolgu Deterjan etkinliği ya dolgu
Katkı maddeleri Sodyum silikat Karboksil metil selüloz Floranon boyası Parfüm ve bazı durumlarda boyası Su	Yapıcılığa kaveten korozyon önleyici İçiri yeniden çökmesinin önlenmesi Parlaklık sağlar Esetik ve iyi ürün özelliği sağlar Dolgu ve taşıyıcı

Çok dalı yan zincir kapsayan deterjanlar ayrışmaya uğramadıklarından arıtma tesislerinde giderilmemekte ve tüm su ortamlarında görülmektedir. Düz zincirli deterjanlar mikroorganizmalar tarafından metabolize olarak küçük parçalara ayrılabilirler. Parçalanabilen deterjanlar parçalanamayan deterjanlara göre daha pahalı olmalarına rağmen çevre kirliliği açısından bu tip deterjanların kullanılması gerekir.

Son yıllarda deterjan tüketimindeki artış bu maddelerin değişik su ortamlarında görülmelerine neden olmuştur. Özellikle akarsularda ve denizlerde derişimin önemli ölçüde artmasıyla flora ve faunayı olumsuz olarak etkilemişlerdir. Deterjanlar, atık su arıtma tesislerinde; ötrofikasyon üzerinde, içme sularında ve sudaki canlılar üzerinde olumsuz etki yaparlar.

Atık su arıtma tesislerinde hava ve su ara yüzeyinde köpük oluşturarak oksijenin suya girişini engeller. Havalandırma tankı çıkışında yapılan ölçümler, içinde alkil bulunmayan atık suların sürekli olarak daha fazla oksijen kapsadığını göstermiştir. Deterjanların biyolojik aktiviteyi engelleyici etkileri de vardır.

Biyolojik sistemlerde LAS'lar, ABS'lerden daha büyük oranlarda uzaklaştırılabilmektedirler. Fosfat içeren deterjanların kullanımındaki büyük artış, fosfat içermeyenlere göre temizleme etkilerinin daha iyi ve fiatlarının ucuz olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak fosfatlı deterjan kullanımı yüzey sularına fosfor girdisi artmış ve ötrofikasyon olaylarına sebep olmuştur. Ötrofikasyonun önlenmesi için bazı ülkeler fosfatlı deterjan kullanımına sınırlama getirmişlerdir.

Katyonik deterjanlar düşük derişimlerde dahi bakteri gelişimini engellemekte, 1-100 g/m<sup>3</sup> lük derişimde azot bakterileri ve alglerin gelişimini tamamen durmakta, 0.01 gr/m<sup>3</sup> derişimde ise büyümeleri yavaşlamaktadır (Uslu ve Türkman 1987).

Evsel atıkların yeraltı sularına bulaşması sonucu ayrışmayan deterjanlar bu suların içilmesi suretiyle olumsuz etkilere sebep olmaktadırlar. Ülkemizde yapılan çalışmalar içme sularındaki deterjan miktarının Dünya Sağlık Örgütü'nün saptadığı tehlikeli sınırnın 140 katına ulaştığını göstermiştir.

İçme ve kullanma sularında giderek artan derişimlerde deterjan bulunması ve zehirli olmaları çeşilli sorunları gündeme getirmiştir. Yüzey aktif maddelerin zehirlilikleri de birbirinden çok farklıdır. Katyonik yüzey aktif maddeler çok zehirli olmakta birlikte, katyonik yüzey aktif maddeleer anyonik yüzen aktif maddelerle birarada bulduklarında nötralizasyon nedeniyle, bu

etkilerini göstermemektedirler. Bu sebeple; anyonik yüzey aktif maddeler (su kirliliğini oluşturan esas grup) suda bulundukça katyonik yüzey aktif maddeler toksik etki yaratmazlar.

İçme sularına deterjan karışmasının önemli bir etkisi sentetik deterjanların 3, 4 benzopiren gibi kanserojen maddelerin çözünmesine sebep olmasıdır. Türkiye İçme suları standartlarında ABS için verilen 0.5 mg/l'lik derişim pekçok ülke tarafından standart kabul edilen değerdir. Bu derişimlerdeki ABS toksik olmamasına rağmen suyun çeşmeden alınması sırasında köpük oluşturabilir. Ayrıca bu değer, suyun en az %5'inin atık orijinli olduğunu gösteren bir indikatördür (Uslu ve Türkman 1987).

Sudaki deterjan miktarının 5 mg/l olduğu durumda 35 gün sonra balık yumurta hücresi membranlarının tamamen tahrip olması nedeniyle yumurtalar ölmektedir. Spermalar tahrip olmakta ve döllenme kabiliyeti durmaktadır. 10 mg/l deterjan muhtevasında spermaların %39'u zarara uğramaktadır. Döllenme kabiliyetlerinin gerilemesi ile %30'luk bir kayıp ortaya çıkmaktadır. Deterjanlar kan elementlerinin hareket kabiliyetlerine de tamamen etki etmektedir. Ayrıca sudaki deterjan miktar, balıkta metabolizmayı bozup kuluçka müddetinin gerilemesine de etki eder. Bunlara ilaveten sentetik deterjanların çoğunun 10 ppm'in altındaki derişimleri birçok tatlı su balık türleri üzerinde zehir etkisi yaptıkları gözlenmiştir.

Araştırmalar iyonik ve iyonik olmayan deterjanlara balıkların kademeli olarak alıştılabildiğini, örneğin 5 ppm'lik deterjan derişiminin başlangıçta hızlı ölümlere yol açabildiğini, fakat yavaş yavaş alıştırmadan sonra bazı türlerin 9 ile 36 ppm'lik derişimlerde bile yaşayabildiğini ortaya koymuştur.

### 3.7. Termal Kirlenme

Günümüzde sanayi ve ziraat endüstrisinin çeşitli atık maddeleri, özellikle endüstrileşmiş ülkelerde büyük bir sorun haline gelmiş bulunmaktadır. İnsan aktivitesinden kaynaklanan atık maddelerin önemli bir kısmını sıcak sular (15-50°C) oluşturmaktadır. Bu sıcak sular genellikle çeşitli endüstrilerden (demirçelik, kimya, kağıt, gıda, tekstil, vb. sanayileri) ve rafinerilerden kaynaklanmaktadır. Fakat, bilhassa elektrik santrallerinden ve özellikle 1000 MW kapasiteli bir nükleer santralden saniyede 50 m<sup>3</sup> 'lük bir soğutma suyunun çıkışı, ısınmış artık sular arasında büyük bir yer tutmaktadır. Açık devreli olarak çalışan bu tür soğutma sistemlerinde çeşitli kaynaklardan (kuyu, göl, nehir vb.) alınan soğuk sular yaklaşık 10-15°C'lik ilave bir ısınmadan sonra dışarıya atılmaktadır. Bu sıcak suların doğal ortamlara aktırılması sadece anormal bir enerji israfı olmayıp aynı zamanda bazı akarsuların önemli bir kısmını veya durgun suların littoral zonlarını devamlı şekilde etkileyen termik bir kirlenme kaynağı da olmaktadır.

Son 20 yıl içerisinde, gelişmiş ülkelerin bir çoğu ılık suların kullanılmasından dolayı ortaya çıkabilecek olasılıklarla ilgilenmeye başlamışlar, dolayısıyla sıcak suların taşıdıkları gerçek kalörinin değertendirilmesi yönünde insanoğlunun dikkatini çekmişlerdir. Bu suların yararlı şekilde kullanılması düşünölen çok değişik iş alanları mevcuttur. Örneğin, çeşitli balık, crustacea ve molluskların üretiminde ziraatta (bahçe ve bostan seralarının ısıtılmasında) ve



köy, kasaba gibi küçük yerleşim alanlarının merkezi kalorifer sistemiyle ısıtılmasında halen bu türü sıcak sulardan yararlanılmaktadır.

Ortamın kirlenme riskleri önlendiği takdirde, sıcak suların çeşitli amaçlarla kullanılması ve özellikle petrol ürünlerinin yerine geçebilecek böylesine ucuz bir enerjiden yararlanılması ülkemize ekonomik açıdan da büyük katkı sağlayacaktır. Şüphesiz ki, işletmelerde bu türü çalışmaların ilerlemesi nisbeten yavaş olmakta ve bu uğraşların ekonomik düzeye ulaştırılması uzun zamana gereksinim göstermektedir. Bu tip çalışmalar, özellikle Avrupa ülkelerinde nispeten eski bir tarihe dayanmaktadır. Günümüzde ise, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Japonya ve dünyanın birçok sanayileşmiş ülkesinde ısınmış atık suların çeşitli su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılması büyük bir hızla gelişmeye başlamıştır (Balık 1984).

#### **Su ürünleri yetiştiriciliğinde sıcak suların önemi**

Suların kendi doğal sıcaklıktan dışında 10°C kadar ısınmaları su ürünleri yetiştiriciliği için yeterli olmaktadır. Bu nedenledir ki açık sirkülasyon halinde bulunan termik veya nükleer santrallerin soğutma suları su ürünleri yetiştiriciliğinde doğrudan doğruya kullanılabilirler.

Balıklar, crustacea ve mollusk'larda olduğu gibi, soğuk kanlı organizmalardır. Bu nedenle, üreme, solunum, büyüme ve beslenme gibi canlılık fonksiyonları kesinlikle ortamın sıcaklığına bağımlılık gösterir. Bilindiği gibi, her bir balık türü belirli sıcaklık sınırları içinde büyüyebilir ve en iyi şekilde gelişme gösterdiği optimal bir sıcaklık derecesiyle karakterize edilir. Örneğin; üreme döneminde sazan (*Cyprinus carpio*) 23°C'de yayın balığı (*Lacturus punctatus*) 22°C'de; dere alası (*Salvelinus fontinalis*) 12,4-15, 4°C'de; japon yılan balığı (*Anguilla japonica*) 25°C'de Avrupa yılan balığı (*Anguilla anguilla*) 20-22°C'de 14 saatlik ışıklı bir fotoperiyoda gereksinim göstermektedir.

Hafifçe yeniden ısınmış sıcak sular kullanılarak (T+10°C), sıcaklığı büyüme optimumuna çok yakın termik sınırlarda bulunan bir ortamda tutulmak kaydıyla, bazı sucul organizmaların büyümelerini belirli oranda hızlandırmak mümkün olabilmektedir. Ayrıca kış ayları süresince fizyolojik bir dinlenme safhası geçiren subtropikal iklim bölgesindeki hayvanlar sıcak bir su içinde tutulmak suretiyle büyümelerini multitemelen bütün yıl boyunca uzatabilirler. Isınmış suların diğer enteresan bir özelliği de yumurtlama periyodunun uzatılması, dolayısıyla bazı balıklarda üreme olayının kontrol altına alınabilmesidir. Bunun için, ya yılın en elverişli zamanında (örneğin kışın) yumurtlama olayı stimüle edilerek yavruların büyümeeri erkene alınabilir, veya doğal şartlarda yılda bir kez yumurtlayan balıklarda birden fazla yumurtlama meydana getirilerek üreme kapasitesi artırılabilir. Bu son olasılık iklim adaptasyon olayı olup yüksek randımanlı ekzotik balıkların ılıman iklim bölgelerinde yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır (Balık 1984).

#### **Sıcak sularda yetiştirilen başlıca türler**

Sıcak sularda yetiştirilmesi düşünülen türler her şeyden önce suların nisbeten yüksek olan sıcaklığına (hiç olmazsa 30°C'ye) dayanmalıdırlar. Ayrıca, intensif üretime uyum sağlayabilecek özellikte olmalı, üretimleri yüzer

havuzlarda rahatlıkla yapılabilir, gerek yurt içinde gerekse uluslararası düzeyde besin kaynağı yönünden ekonomik bir önem ve ülke içinde veya yurt dışı pazarlarda rağbet gören ihraç edilebilir bir özellik taşımalarıdır.

Japonya'da endüstriyel atık sulardaki balık yetiştiriciliği son yıllarda çok geliştirilmiş, özellikle balıklar, crustasealar ve deniz molluskları üzerinde yoğunluk kazanmıştır. Tatlısu balıklarından bilhassa sazan, yılan balığı ve tilapia türleri üzerinde bu türü yetiştiricilik önem kazanmış bulunmaktadır.

Amerika'da su ürünleri yetiştiriciliği için termik sulardan kullanımını esas alan molluskların, crustaselerin, çeşitli deniz ve tatlısu balıklarının muhtelif türleri üzerinde yetiştirme denemeleri yapılmaktadır. Fakat, ticari amaçlı işletmeler çalışmalarını özellikle istiridye (*Ostrea sp.*), deniz alması (*Oncorhynchus sp.*) yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) ve tatlısu çipurası (*Tilapia sp.*) üzerine yöneltmişlerdir. Avrupa'da ise yirmiye yakın ülke sıcak sulardaki yetiştiricilik konusunda benzer gelişmeler kaydetmişlerdir (Balık 1984).

#### **Sıcak sularda uygulanan yetiştirme sistemleri**

Sıcak sularda gerçekleştirilen su ürünleri yetiştiriciliği sistemleri çeşitli şekillerde tasarlanabilir. En basit olarak, örneğin Polonya'da olduğu gibi, doğal göller veya termik akıntılarla elektrik santrallerinin soğutma sularını bünyesinde taşıyan büyük alanlı rezervuarlar bu iş için kullanılabilirler.

Diğer bir teknik, ya bizzat soğutma suyunun içine veya termik akıntılardan boşaldığı ortamlara yetiştirilmiş olan yüzer kafeslerde intensif şekilde yetiştiricilik yapmaktır. Bu teknikte yetiştirme objesi olan farklı türlerin nisbi sıcaklık optimumlarına göre, yüzer kafesler atık sulardan sıcaklığı ile etkilenen farklı seviyelerine yerleştirilebilirler. Böyle durumlarda çözünmüş oksijen miktarlarının ve su içindeki sıcaklık dağılımlarının en iyi şekilde bilinmesi gerekmektedir.

Üçüncü teknik ise, sıcak sularda beslenen küçük havuz veya göletlerde ultra-intensif şekilde bir yetiştiriciliğin yapılmasıdır. Bu türü tesisler genellikle hafif ısınmış atık sulardan önemli miktardaki debileri ile beslenirler. Suyun havuzlara alınması ve pompalarla veya santrallerin çıkışındaki basınçtan yararlanarak pompasız şekilde yapılabilir. Isınmış sular ya doğrudan doğruya santralden çıktığı gibi, ya da taze soğuk su ile belirli oranlarda karıştırıldıktan sonra kullanılabilirler. İkinci yol, havuzlardaki su sıcaklığının kontrol altında tutulması yönünden çok daha yararlıdır.

Sıcak sularda yapılan diğer bir yetiştirme tekniği, aralıklı eşanjörlerden geçirilen termik sulardan dolaylı yollardan su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılmasıdır. Bu eşanjörler, fiyatlarının yüksek olması nedeniyle, genellikle bol suya gereksinim gösteren yumurtaların açılma safhasında sınırlı şekilde kullanılmaktadır. Bu nedendir ki, az miktarda su debisine ihtiyaç gösteren yavru döneminde kullanılmayan daha çok tercih edilmektedir (Balık 1984).

#### **Sıcak sulardan su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılması başlıca güçlükleri**

Termik santrallerden çıkan sıcak sulardan su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılması birçok teknik güçlükleri de beraberinde getirmektedir. Birinci güçlük, ısınmış olan sıcak sulardan kimyasal kalitesinden kaynaklanmaktadır.

Suyun bu kimyasal özelliği doğadaki su ortamı ile karşılaştırıldığında canlıların büyüme durumları ve hayatta kalma oranları hakkında herhangi bir kirlilik riski taşımamalıdır. Termik santrallerden çıkan sıcak suların kimyasal kalitesinde genellikle önemli bir sorun mevcuttur. Örneğin, bazı zamanlarda, özellikle deniz kıyısında kurulmuş santraller için, satha yapışan hayvan ve algleri elimine etmek amacıyla soğutma borularının içinden geçirilen klor (Cl) miktarı önemli oranlara yükselebilir. Bu yüksek klor dozları ise kültürü yapılan sucul türlerin çoğunda hayatsal bir tehlike yaratmaktadır.

Elektrik üreten bir defa soğutmalı 1000 megawattlık bir istasyon, sucul ortama debisi 30-80 m<sup>3</sup>/s olan ve ortamda 10°C'lik sıcaklık artışına neden olan deşarj yapar (Anonymous 1984). Petrol üretiminde gaz dumanlarının temizlenmesinde asitli gazların atmosfere yayılmasını önlemek için deniz suyu kullanılır ve deşarj edilen suyun kalitesi önemli ölçüde değişir. Öncelikle çevreye sıcaklığı yükselmiş bir su deşarj edilir. Bu su akvatik ortamın sıcaklığının artmasına neden olur.

Suları temizleyici ajanlar olarak kullanılan klor hipoklorit, özellikle Cl<sub>2</sub> iç sularda biyolojik antma amacıyla en yaygın olarak kullanılan biyositir. Biyolojik temizleme amacıyla kullanılan klorun ortama deşarjı halinde, derişimi 0,2 mg/l'yi geçmemelidir. Zira klor gazı 25°C'de ortamdaki su molekülleri ile birleşerek klorite dönüşür. Deniz suyundaki klorun letal dozu genellikle laboratuvarlarda 0,5 mg/l olarak tespit edilmiştir. ( Anonymous 1984).

Soğutma suyu olarak kullanılmak amacıyla bir santrale alınan suyun biyolojik olarak temizlenmesi amacıyla klor kullanıldığında, kondansatör girişinde suyun sıcaklığı 10-12°C artar. Kondansatörden sonraki bölümlerde sıcaklık biraz düşer. Ancak, deşarj anında ortamın sıcaklığını 2-10°C'dan fazla arttırmalıdır (Anonymous 1984).

Deneylerde, santrale suyun girişi sırasında tüm canlılarda ortalama %30, balık larvalarında %100 ölüm olduğu görülmüştür. Kondansatör girişinde 2 mg/l dozdaki klor bulunduğunda, bakteri ve fitoplanktonlarda %90-99, zooplanktonlarda %15-100'e varan ölümler tespit edilmiştir (Anonim 1984).

Lagünde kurulu bir santralde, 0,25-0,75 mg/l atık klor zooplanktonlarda %50 ve 0,5-5 mg/l dozda ise, %85-100 oranında ölüme neden olmuştur. Benzer olarak bazı kıyı ve lagünlerde ise daha düşük klor derişimleri (2,5 µg/l) bile yüksek ölümlere neden olmuştur (Anonymous 1984).

Tropik ve subtropik bölgelerde 3-5°C'lik sıcaklık artışı bentik organizmalarda ve balıklarda çeşitli derişimlere sebep olmuştur. Ilıman kıyı sularında suyun sıcaklığının 10°C artmasıyla birlikte, 0,5-1 mg/l düzeyindeki klor, primer prodüksiyonu yan yana azaltmıştır. Ayrıca türlerin çeşitliliği de azalmıştır. Deşarj alanlarında eurytermal veya termofilik türler (mavi-yeşil algler bazı yumuşakçalar, balıklar ve yengeçler) artarken, stenotermal türler (kahverengi ve kırmızı algler, sölenteratlar ve ekinodermatolar) ölürler veya ortamdaki uzaklaşırlar. Sıcaklık artışlarının 5°C'yi aştığı yerlerde makrobentik organizmalar tamamen kaybolur, balık yoğunluğu yan yana düşer (Anonymous 1984).

Yumurtlama alanlarında ise sıcaklık artışının etkisi üzerinde araştırmalar azdır. Ancak, 4°C'ye kadar olan artışların larval gelişimi arttırması mümkündür (Anonymous 1984).

**Çizelge 3.22.** Su ortamındaki sıcaklık artışının çeşitli canlılar üzerine etkileri (Lab. deneyleri) (Anonymous 1984).

Canlı grubu	Sıcaklık artışı (°C)	Etki	Kritik sıcaklık (°C)	Klor(Cl)
Bakteriler	17-10	30° C Etkisiz. Heterotrof aktivitede değ yok.	-	Doza göre aktivite % 50-60 azalma
Yumuşakçalar Mytilus edulis	10-17	Ölüm oranı az, larval tutunma zayıf	-	0,5 mg/l 'de tutunma durur.
Kabuklular	10-15	Sıcaklık artışı ile ölüm oranı artar, 20-34 °C'de ölüm oranı % 50 'dir.	34-35	Sıcaklık artışıca toksite artar.
Lavrek	10	Yumurta ölümü %100, larvalar zaire görünmez.		0,5 mg/l'de larvalarda %100 ölüm
Hamsi	10-17	Yumurtalarda %100 ölüm	30	-
Sardalya	10-17	Larvalarda %100 ölüm	39	-
Dil balığı	10-17	Yumurtalarda %100 ölüm	38	0,1 mg/l'de larvalar vızır.
Tekir balığı	10-17	Yumurta ve larvalarda %100 ölüm	30	-
Kalkan balığı	10-17	Yumurtalarda %100 ölüm	30	-

**Çizelge 3.23.** Su ortamındaki sıcaklık artışlarının mekanik ve termal etkileri (Saha çalışmaları) (Anonymous 1984).

Fitoplanktonlar	Yer	Sıcaklık artışı (°C)	Mekanik etki	Termal etki	Klor etkisi
Fitoplanktonlar	Akdeniz	7	Sınırlı	Mekanik ve termal etki birlikte, hücre sayısını %10-60 azaltır.	Primer prodüksiyonda %40 azalma, cildi değişiklikler.
Zooplanktonlar	Akdeniz	7	%26 ölüm	%0-18 ölümle sınırlı	%63-73 den fazla ölüm.
	Kuzey d.	7	Etkisiz etkiler %30'dan fazla ölüm		-
Fitobentos	Akdeniz	7	Etkiler, değerj havuzunda gözlenmiş, yaz süresince birkilerde öneml değişiklikler gözlenmiştir.		
Zoobentos (Sert tabanda)	Akdeniz	7	Hidrodinamizm kesil organizmaların dağılımını sıcaklıktan daha fazla etkiler. Fucus, lıysaklı kuyulardan temizlenir. Dominant organizmalar yaz süresince yüksek ölüm oranına maruz kalmışlardır.		
Zoobentos (Dibi kum)	İskoçya	8.4	Bilvaie larvalar pek zaire görünmemiştir. Yazın klor (24.4°C) en yüksek (0,5 mg/l)		
		3-5	Değerj noktasında Gastropodların beslenmeleri artmış, fakat yetişkin popülasyon etkilenmemiştir.		

Santrallerin termik suları soğutma için alınan suyun başlangıçta kirlenmesinden ileri gelen bazı kirleticileri de içerebilirler. Bunlar da şüphesiz ki organizmalar için zaman zaman tehlikeli durumlar yaratabilirler.

Nükleer santrallara gelince, her zaman için radyoaktif bir bulaşma tehlikesi ile karşı karşıya gelinebilir. Bu tehlike ise, türlerin sudaki yaşamlarından ziyade bunları yiyen insanlar için büyük tehlike arz etmektedir. Şu halde bu güçlük, yeter derecede balıkçılığa elverişli sıcak su ürettiği halde, büyük santrallardan çıkan termik suların su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılmasını sınırlandırır. Bununla beraber, temiz bir nehirde veya iyi kaliteli bir kuyudan alınan suyu ısıtmak veyahut da kapalı bir sirkülasyon sistemi içinde uygun bir sıcaklık yaratmak için suyu ısı eşanjörleri içinden geçirmek suretiyle bu güçlüğü yenmek mümkün olabilmektedir. Eğer, çok büyük ticari önemi olan türler üzerine dayanan ve az bir sıcak suyun kullanılmasını gerektiren küçük bir işletme kurulacaksa, santrallardan çıkan kirlenmiş sıcak suların kullanılması yerine ısı eşanjörleri kullanılabilir. Fakat, böyle durumlarda öncelikle işletme masraflarının hesaplanması yerinde olur. Zira, eşanjör kullanılması çok büyük masrafları gerektirebilir.

İkinci önemli bir zorluk ise, yetiştirme süresince sıcaklığın sabit tutulmasından, dolayısıyla sıcak su miktarını düzenlenmesinden kaynaklanmaktadır. Santrallerin sıcak su atıkları, doğal ortamın sıcaklığına göre az çok sabit olan bir sıcaklıkta karakterize edilirler.

Bu ısınma miktarı klasik santraller için 7°C, açık dolaşimli nükleer santraller için de 12-14°C'dir. Onların sıcaklık değişimleri ortamın sıcaklık değişimlerinden daha azdır. Zira, bazı durumlarda özellikle yaz periyodunda, yetiştirme objesi olarak kullanılan balıkların yaşamları ile mukayese edilemeyecek kadar yüksek seviyelere ulaşabilirler. Bu durumda, bir soğuk su kaynağı ile santraldan alınan sıcak suların karıştırılması esasına dayanan termik bir düzenleme sisteminin yaratılması zorunlu olduğu vardır. Şüphesiz ki istenilen sıcaklığı sağlayabilmek için karışım oranlarını bütün yıl boyunca değiştirmek gerekir. Bu durumda ise en azından haftada bir defa düzenleme yapma gereği ortaya çıkacaktır. Bu tür sıcaklık kontrolü, gölet veya havuzlarda yapılan yetiştiricilik için mümkün olduğu halde yüzer kafeslerde yapılan yetiştiricilikte mümkün değildir.

Sıcak suyun ısıtılma düzeni her şeyden önce santralin fonksiyonuna bağlıdır. Programlı veya programsız kesintiler (teknik arızalar, yıllık izinler, grevler v.b.) sıcaklığın uzun bir zaman düşmesine veya ortam sıcaklığının birden bire değişmesine sebep olacağı için, bu değişimlere dayanamayan kültür formlarının söz konusu olduğu durumlarda, bir takım felaketlerin ortaya çıkması beklenebilir. Bu problemi ortadan kaldırmak için, çoğu kez aynı santralin değişik kesimlerinden münavebeli olarak çıkan sıcak su kaynakları arasında bir interkonneksiyon sisteminin kurulması gerekir.

Sıcak sularda su ürünleri yetiştiriciliği yapılmasının üçüncü güçlüğü santrallerin yakınındaki karaların genellikle kullanılabilir özellikte olmamasıdır. Bununla beraber bu güçlük, büyük oranda suya gereksinim gösterdiği halde dar alanlarda gerçekleştirilebilen intensif yetiştiriciliğin yapılması durumunda ortadan kalkmaktadır.

Santrallerden çıkan sıcak suların kullanılmasında görülen bütün bu güçlüklerin yanında diğer bazı problemler de ortaya çıkmaktadır. Bunların su ürünleri yetiştiriciliği için önemli olan başlıcaları şunlardır :

- Sıcaklığın yükselmesi mikroorganizmaların gelişmesinde elverişli bir ortam yarattığı için çeşitli hastalıkların ortaya çıkma riskleri vardır. Şu halde, ısınmış sularda yetiştirilen organizmaların patolojik durumlarının sık sık ve dikkatlice takip edilmesi gerekmektedir.

- Çözünmüş oksijene fazla gereksinim olduğu zamanlarda bu sular tehlikeli bir durum yaratabilirler. Zira, sular ısındığından erimiş oksijeni tutma kapasiteleri önemli oranda azalacaktır. Bu yüzden, santrallerden çıkan sıcak sular özellikle alabalıklar gibi yüksek oksijen gereksinimi olan canlılar için uygun olmayan ortamlar yaratır. Bu durumun önlenmesi için de kompresör veya aeratör gibi yapay havalandırma cihazları ile erimiş oksijen miktarının takviye edilmesi gerekir.

Elektrik santrallerinin termik sularında intensif balık yetiştiriciliği yapılırken karşılaşılan başlıca problemler ve onların mümkün olan çözüm yolları aşağıda özetlenmiştir.

#### **A. Yetiştiriciliğe bağlı olan problemler**

1. Yüksek oksijen gereksiniminin karşılanması ve metabolik artıkların uzaklaştırılması
2. Intensif yetiştiricilikte yüksek sıcaklık nedeniyle artan parazit infeksiyonları ve hastalık riskleri
3. Santralin sıcak sularıyla ısıtılan nehirlere yerli olmayan tropikal balıkların tesadüfen girmiş olması.
4. Balık yetiştirilen ortamlardan çıkan suların, boşaldığı nehir ve göllerde organik kirlenme yaratması

#### **B. Santral sularının kullanılmasına bağlı olan problemler :**

1. Çeşitli kaynaklardan alınan soğutma sularının kimyasal kalitesinin uygun olması

#### **A. Alınması gereken önlemler**

1. Yüzer kafeslerde ve akarsularda yapılan yetiştiricilikte debi uygun olmalı  
- Azalan oksijen miktarı kompresör, türbün, palet, sıvı oksijen ile takviye edilmeli,  
- O<sub>2</sub> azalmasına ve amonyak gibi gazlara dayanıklı türler seçilmesi,
2. Dayanıklı türler seçilmeli,  
- Patolojik takip yapılmalı,  
- Intensif yetiştirme şartları optimal seviyeye getirilmeli,
3. Filtre sistemi kullanılmalı ve yavru için özel tedbirler alınmalı,  
- Nehir ekolojisinin devamlı takibi yapılmalı,  
- Tropikal türlerin kullanılması yasaklanmalı,
4. Nehire boşalmadan önce temizleme yapılmalı,  
- Kapalı sirkülasyon sistemi uygulanmalı,

#### **B. Alınması gereken önlemler :**

1. Dayanıklı türler seçilmeli,  
- Özel ısıtma sistemleri kullanılmalı,

- |   |  |
|---|--|
| <p>2. Kondansörlerin çıkışında suyun çeşitli gazlar yönünden (O<sub>2</sub>, Azot) aşırı doygun hale gelmesi</p> <p>3. Dezenfekte için kullanılan klor oranının yüksek seviyeye çıkması,</p> <p>4. Özellikle nükleer santrallerde radyoaktif maddelerin bulaşma riskleri</p> <p>5. Santrallerin yük değişimlerine bağlı olarak ortaya çıkan yersiz veya aşırı yüksek sıcaklıklar ve termik şoklar</p> <p>6. Santrallerin fonksiyonuna ve yüküne bağlı olarak ortaya çıkan sıcak su miktarındaki düzensizlikler.</p> | <p>2. Otomatik olarak doygunluğu giderici sistem yerleştirilmeli,</p> <p>-Toleransı türler seçilmeli,</p> <p>3. Otomatik ayarlanabilir kontrol sistemi kullanılmalı,</p> <p>- Mekanik temizleme yöntemleri tercih edilmeli,</p> <p>- Özel ısıtma eşanjörleri kullanılmalı, dayanıklı türler seçilmeli,</p> <p>4. Radyoaktif artıklar bakım üretim tesislerinin çıkışına verilmeli,</p> <p>- Isıtma eşanjörleri kullanılmalı,</p> <p>- Akümülayon risklerini azaltmak için besleme şekilleri, yetiştirme sistemleri ve türler uygun olarak seçilmeli,</p> <p>5. Sıcaklığı düzenleyen sistemler (ısıtmış sularla soğuk suların belli oranda karıştırılması) geliştirilmeli,</p> <p>- Dayanıklı tropikal türler yetiştirilmeli,</p> <p>6. Aşırı ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı türler seçilmeli,</p> <p>- Aynı sitedeki birçok santralin sıcak suyu arasında birleştirici sistem kurulmalı.</p> |
|---|--|

#### **Ekonomik verimlilik ve dünyadaki durum**

Japonya'da, A.B.D.'de ve birçok Avrupa ülkesinde endüstriyel sıcak su atıklarını ve özellikle santrallerden çıkan sıcak suları kullanan özel balık yetiştirme çiftlikleri bu türü girişimlerin ekonomik yönden yararlı sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Halen deneysel safhada veya pilot tesis aşamasında bulunan Fransa'daki işletmeler için ise verimlilik konusunda açıklama yapılması için henüz çok erkendir.

Santrallerin sıcak sularından yararlanarak çeşitli hayvanların ticari boyu kadar yetiştirilmesi konusunda ümitler vadeden birçok denemeler yapılmaktadır. Henüz kesin kez iyi sonuçların alınmış olduğunu söylemek de pek doğru olamaz. Günümüzde, ılıman iklim kuşağında bulunan tüm gelişmiş ülkelerde bu konuda sayısız denemelere girişilmiştir. Bu denemeler, çeşitli ortamlarda ve değişik seviyelerde yaklaşık 20 tür üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bugün için ekonomik veya ticari saflığa ulaştırılmış oldukça verimli çalışan çok az kuruluş mevcuttur. Bunların da büyük çoğunluğunu kuluçka (Northport, Sendai, Fukushima v.b) veya yavru geliştirme (Szazhalombatta, Cottbus, Springfield, v.b.) olarak çalışan işletmeler oluşturmaktadır. Bu konuda faaliyet gösteren ve balıkların pazarlama boyuna kadar büyütmeyi amaçlayan bazı işletmeler de mevcuttur. Bunlar özellikle Aynalı sazan (*Cyprinus carpio*), Ot sazanı (*Ctenopharyngodon idella*), Kedi balığı (*Ictalurus punctatus*) ve Yılan balığı

(*Anguilla anguilla*) gibi türler üzerinde semirtme çalışmaları yapan büyük işletmelerdir. Bunlar genellikle suanın çıkışına yerleştirilmiş yüzer kafelerde veya kapalı devre sirkülasyonu olan havuz veya göletlerde pazartanacak balık üretmektedirler. Ayrıca, bu sıcak sular büyümeyi hızlandırarak cinsel olgunlaşmayı çabuklaştırmaları yönünden de yetiştiricilikte önemli bir yer tutmaktadır (Balık 1984).

### 3.8. Organik Kirlenme

Organik maddeler, karbon ile birinci derecede hidrojen ve oksijen; ikinci derecede azot, fosfor, kükürt ve benzeri elementlerden oluşan, hayvansal ve bitkisel orijinli bileşiklerdir. Sularda organik maddelerin, mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sırasında parçalanmalarıyla suda önemli değişimler meydana gelir ve oksijen derişimi değişir.

Organik maddelerle kirlenmemiş sularda üretilen organik madde ile havalı ortamda gelişen heterotrof organizmaların tüketimi arasında bulunan denge organik maddelerin veya azot ve fosfor bileşenlerin çeşitli atıklarla dışardan verilmesi halinde bozulur. Oksijen üretiminin tüketimden fazla olduğu durumlarda denge yeniden oluşabilir. Oksijen tüketiminin oksijen üretiminden fazla olduğu durumlarda biyolojik ortam tamamen nitelik değişir (Anonymous 1976).

Organik maddenin ayrışması suda yeterli oksijen olduğu sürece aerobik parçalanma reaksiyonları ile olur ve sonunda nitrat, sülfat ve fosfat iyonları ortaya çıkar. Suda yeterli oksijen bulunmadığı durumlarda anaerobik parçalanma (çürüme) olur ve sonunda daha az enerji ile birlikte metan ( $CH_4$ ), amonyak ( $NH_3$ ) ve kükürlü hidrojen ( $H_2S$ ) gibi kötü kokulu bileşikler oluşur (Anonymous 1976).

Organik maddelerin parçalanması sırasında oksijen tüketilmesi ve tüketilen oksijenin geri kazanılmasının oldukça yavaş olması su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli sorunlar meydana getirmektedir.

Sudaki organik maddenin oksitlenmesinde potasyum permanganat kullanıldığında organik maddenin sadece %40 ile %70 arasındaki kısmı karbondioksit ve su gibi son ürünlere kadar oksitlendiğinden bulunan organik maddeden 1,5 ile 2,5 kat daha fazla olmaktadır. Bir metro küp suda iyonize olmamış hidrojen sülfür düzeyi 1 mg/l'den daha az olduğunda balıklara zararlı olabilmektedir. Düşük pH değerinde iyonize olamamış hidrojen sülfür miktarı daha da artar. Böyle sular kireçlenerek balıkçılığa uygun hale getirilebilirse de balık havuzları kükürt yatakları ihtiva eden yerlerde yapılmamalıdır. Organik maddenin oksidasyonu için kullanılan potasyum permanganat ( $KMnO_4$ ) miktarına o suyun "Permanganat değeri" denir.

Sudaki organik maddenin asit ortamda oksitlenmesinde, potasyum dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) ile organik maddenin %0,5'e varan kısmının son ürünlere kadar oksitlenmesi mümkün olabildiğinden 1 m<sup>3</sup> sudaki organik maddenin  $K_2Cr_2O_7$  ile oksitlenmesi için kullanılan oksijen miktarına o suyun kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) denir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) tayini ile belirlenen oksijen ihtiyacı sularda mikroorganizmaların metabolizma aktiviteleri sırasında ihtiyaç duydukları miktardan daha fazla olduğundan doğal şartlarda oksijen ihtiyacını



belirlemede biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) parametresinden yararlanmak daha doğru olur.

Kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların hızları sıcaklığın değişimine bağlı olarak farklılık gösterir ve her 10C° sıcaklık artışında yaklaşık iki katına çıkar.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) çok kısa sürede (2 saat) basit bir metotla sudaki tüm maddelerin oksidasyonu için gerekli oksijen miktarını vermektedir. Diğer taraftan biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), sudaki organik maddelerin ilk 5 günde oksijen tüketimini ve suda toplam tüketimin %64,8'ini verir. Ayrıca, sudaki organik maddenin mikroorganizmalarca tüketilmesi sırasında, bir kısmı oksitlenmemekte ve hücre külesine dönüşmekte olduğundan BOİ ile bulunan oksijen tüketimi değeri organik maddenin %85'ini gösterir.

### 3.9. Zararlı ve Zehirli Maddelerle Kirlenme

İnsanlarca bilinen zararlı ve zehirli maddelerin sayısı günümüzde 1 milyon kadardır. Bu maddelerin geniş bir bölümü, doğal olarak bitkilerde, hayvanlarda ve petrol gibi doğal ürünlerde bulunur. Dünyadaki organik kimyasal maddelerin %70'i doğrudan veya dolaylı olarak petrolden üretilir ve bu oranın ileriki yıllarda %90'a ulaşabileceği tahmin edilmektedir.

#### Aseton, CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>, dimetil keton, 2-propan

Aseton, çok geniş çapta özellikle boya, cila ve ilaç endüstrisinde kullanılan bir çözücüdür. Bu bileşik, pekçok gelişen ülkede imal edilir, geniş kullanım alanı nedeni ile önemli düzeyde, denizlere, nehirlere boru hatlarıyla dökülür. Denizlere transferi büyük ölçüde kimyasal madde taşıyan tankerlerle olmaktadır (Anonim 1978).

Aseton, suyla hemen karışır, yüksek oranda buharlaşır (56°C) ve yanabilir (20°C); sularda, 1-100 ppm dozlarında akut zehirlenmelere (LD 50) yol açar. Kolaylıkla aynışabilir, deniz ortamında sürekliliği olanaksızdır; indirgenme ürünleri ana bileşiklerden daha zehirli değildir. Buharına maruz kalındığı takdirde göz, burun ve solunum yolu tahrişlerine yol açar; sıvısı ise geçici göz tahrişlerine neden olur (Anonymous 1978).

#### Akrolin, CH<sub>2</sub>=CH.CHO, propenal, acrylic, aldehit, aliyi, acraldehyde, acrylaldehyde

Bu madde, (aldehit ile doymamış) yanık yağ kokusuna benzer, hoş olmayan bir kokulu, açık renkli veya sarı renkli de olabilir. Plastik materyallerde kullanılır ve glycerol'un dehidrasyonu ile ve propilenin oksidasyonu ile üretilir. Normalde büyük ölçüde taşınmaz.

Akrolin sudan daha hafiftir (SG: 0,841) fakat tatlı suda %22 oranında çözünür.

Deniz yaşamında akut toksisite (LD 50) değeri 1 ppm'den azdır. Sublethal etkisinin ise (istirdiyelerin kabuk büyümesini azaltır) 0,1 ppm'de görüldüğü bildirilmiştir. Buharı, deri, göz ve akciğerlerde tahrişlere yol açar.

Kumsallara yada yakınlara deşarj edilmesi halinde kokusu ve yanma tehlikesi nedeniyle olumsuz bir durum meydana gelir (Anonymous 1976).

#### **Akriilonitril $CH_2=CHCN$ , propene nitril, vinyl cyanide**

Bu madde, sentetik kauçuk, plastik ve tekstil için sentetik lif imalatında kullanılır, hububatları buharla dezenfekte etmekte de kullanılır. Esas olarak gelişen ülkelerde büyük hacimlerde denize taşınır. Deniz suyundan daha hafif olup suda çözünür (31g/L, tatlısında); çözünürlüğü ve buharlaşabilmesi nedeniyle (77,3°C'de) deniz yüzeyinde kalmaz.

Deniz ortamına fazla miktarlarda (LD 50 = 1-10 ppm) bırakıldığında önemli zararlara yol açabilir. Canlının vücudunda biyolojik olarak birikmez. Parçalanma ürünleri, acrylonitrilden daha az toksiktir (Anonymous 1976).

#### **Allyl alkol, $CH_2=CH.CH_2OH$ , 2-propen-1-ol, propenol-3, vinyl-carbinol**

Bu madde, alkolle doymamış, keskin bir kokulu, renksiz bir sıvıdır. Reçine ve plastik maddelerin ve kısmen de bazı ilaçların hazırlanmasında kullanılır. Dehidrasyon ile gliserol'den üretilir. 1-10 mg/l derişimi deniz yaşamı için akut düzeyde zehifirdir. İki kabuklu ların yumurta gelişimi yaklaşık 1 mg/l'lik derişimlerden etkilenir.

Allyl alkolün sıvı ve gaz durumları, deri mukozası, membran, göz ve akciğerleri tahriş eder.

#### **Benzen $C_6H_6$ , benzol**

Benzen endüstriyel amaçla çözücülerde, "sert" (ABS) deterjanların üretiminde başlangıç materyali olarak, naylon yapımında, aseton ve fenol üretiminde geniş çapta kullanılır.

Benzen büyük miktarlarda denize taşınır, 10-100 ppm aralığında (LD<sub>50</sub>) deniz yaşamına akut toksiktir fakat canlı vücudunda birikmez. Parçalanma ürünleri, insanların karaciğer ve ilik kemiğine zarar verir ve benzenden daha az toksiktir. Bazı insanlar tarafından metabolize edilir ve dışkı ile atılır. Sık maruz kalma gözün kornea tabakasında beyaz leke görünmesine yol açabileceği gibi yüksek derişimli buharı da narkotiktir. Kumsala yakın sızıntılar ateş ile patlama tehlikesi doğurur (Anonymous 1976).

#### **Klorobenzen $C_6H_5Cl$ , monochlorobenzene, benzene chloride, phenyl (klorid)**

Klorobenzen, benzenden fenol üretiminde, boya (ilacı) imalinde, çözücü ve ısı transfer ortamı olarak da kullanılır. Çevreye buharlaşma ile yayılırsa da, bazı sıvı endüstriyel maddelerde çok düşük derişimlerde bulunabilir.

Deniz yaşamı üzerinde akut toksisitesi (LD 50-96 saatlik=2,5 ppm) oldukça yüksektir. Balıklarda önemli ölçüde özellikle karaciğerlerinde hızla birikir. Sedimentlerde de, organik içerik ve derişimine bağlı olarak birikebilir.

Sıvı halde iken tüketilmesi ve buharının yüksek derişimlerde teneffüs edilmesi, sinir sistemi ve karaciğerlere zarar verir (Anonymous 1976).

#### **Kloroform $\text{CHCl}_3$ , triklorometan**

Kloroform; diş macunu ve ilaç ürünlerinde, çözücü olarak, aerosol sevk edicilerinin ve soğutucu veya dondurucu kimyasal madde yapımında kullanılır. Deniz ortamına en çok atmosfer yolu ile ulaşabilir. Deniz yaşamı üzerindeki etkileri, karbon tetraklorüre benzer. Akut zehirliliği: 96 saat için  $\text{LD}_{50}$  değeri yaklaşık 30 ppm'dir. Kloroformun parçalanma ürünleri, ana bileşikten daha az toksiktir (Anonymous 1976).

#### **Krezol $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$ , Metilfenol, cresylic asit, trikrezol**

Krezollerin esas olarak dezenfektan ve sentetik reçine üretiminde de olmak üzere; tricresyl fosfat, herbisit vb. geniş bir kullanım alanı vardır. Yoğunluğu deniz suyundan daha fazla olup suda %2 oranında çözünür (Anonymous 1976).

Deniz yaşamı için akut zehirlilik ( $\text{LD 50}$ ) değeri, 1-10 ppm arasındadır. Bunlar, biyolojik olarak ayrıştırılır. Krezollerin, deri üzerinde yüksek düzeyde tahriş edici etkisi vardır (Anonymous 1976).

#### **O-diklorbenzen $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ , 1,2 diklorbenzen**

Bu madde, boya yapımında, pestisit olarak, metaller vb. için indirgenme aracı olarak kullanılır. Fazla miktarlarda olmasa da, tanker ve gemilerle taşınır. Yoğunluğu deniz suyundan fazla olduğundan, pratikte erimez. Diklor benzen balıklara önemli ölçüde toksiktir ( $\text{LD 50} = 1$  ppm) ve birikebilirse de, 1 hafta içerisinde kaybolur. Organik içeriği ve derişimine bağlı olarak sedimentlerde de birikebilir. Biyolojik olarak parçalanması veya denizdeki ayrışma ürünleri hakkında çok az bilgi vardır; memeliler tarafından metabolize edilir (Anonymous 1976).

Hem gaz hem de sıvı halinin yüksek derişimleri, insan sağlığına zarar vererek; sinir sistemi depresyonlarına, karaciğer ve böbrekte zararlara yol açabilir.

#### **Etilalkol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , ethanol, alkol**

Etilalkol pekçok ülkede üretilmekte ve çözücü olarak asitaldehit ve alkollü içeceklerin yapımında kullanılmaktadır. Deniz yaşamına akut toksisitesi ( $\text{LD 50}$ ) 10-100 ppm aralığındadır. Vücutta birikime uğramaz ve hızla zararlı olan maddelere biyolojik olarak ayrıştırılır. Önemli düzeydeki sızıntılar, belirli sularda oksijen eksikliği sorunuyla sonuçlanabilir (Anonymous 1976).

#### **Etilbenzen $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$ , phenylethane**

Bu madde de çözücü olarak kullanılır. Kimyasal madde taşıyan tankerlerle denizlere taşınır.  $\text{LD 50}$  aralığı (10-100 ppm) etilalkolle aynıdır. Yüksek derişimlerdeki sıvı ve gaz durumları deri ve gözlerde tahrişlere yol açar,

uzun süreli maruz kalmalar ise, sinir sistemindeki bozukluklarla sonuçlanır (Anonymous 1976).

#### **Fenol $C_6H_5OH$ , karbolik asit**

İzomeri olmayan tek bileşiktir. Genellikle reçine, dezenfektan, herbisit, boya ilacı üretiminde kimyasal araç olarak kullanılır. Endüstriyel ile evsel ürünleri de geniş çapta olduğundan pek çok endüstriyel ve evsel atıklarda çok düşük düzeylerde bulunabilir. Fenol, tanker ve gemilerle taşınır. Eriyebilir veya suda %60 oranında çözünür. Klorlamadan sonra en az 20 ppb'lik derişimlerde farkedilir. Fenol içeren atıkların kontrolü, genellikle gelişen ülkelerde dikkatli bir şekilde yapılmaktadır (Anonymous 1976).

Fenoller deniz suyundan daha ağırdır fakat kolay çözünür ve deniz yaşamını önemli ölçüde tehlikeye sokar ( $LD_{50}$  : 10-100 ppm), balıkta solungaç, bağırsak ve üzerindeki sümüksü zarda tahribat yapar. Fenol içeren sulardaki balıkları karaciğer ve solungaçlarında fenol tespit edilmiştir. Fenollerin yağlarda erimesi nedeniyle yağlı balıklarda fenol, yağsız olanlara nazaran daha fazladır.

Almanya'da kedi balığı ile yapılan fenol deneyinde, balık 4 gün müddetle 5 ppm fenol içeren akvaryumda tutulmuş, balığın kaslarında 6 mgr, dokularda 10 mg fenol/100 gr tespit edilmiştir.

Balıkların ve kabuklu su ürünlerinin fenollerle bulaşması, çok düşük derişimlerde gerçekleşir ve pazarlama sorunları ortaya çıkabilir. Yüksek derişimlerde yakıcıdır, orai olarak tüketildiğinde ya da deri ile temas edince insan sağlığına zarar verir. Sulandırıldığında tehlikesi önemli ölçüde azalır. Kıyılara yakın sızıntıları, kısa-süreli önemli çevresel görüntü bozukluklarına yol açar (Anonymous 1976).

#### **Toluen $C_6H_5CH_3$ , metilbenzen, phenymethane, toluol**

Endüstride geniş çapta kullanılır. Ksilenden daha uçucudur. Toluenin biyolojik özellikleri tam olarak bilinmemektedir. Toksikite aralığı ( $LD_{50}$ ) 10-100 ppm'dir (Anonymous 1976).

#### **Triklorbenzen $C_6H_3Cl_3$**

Yoğunluğu deniz suyundan daha fazladır. İzomeri, çok daha zararlı ve  $LD_{50}$  değeri 1 ppm civarındadır. Biyolojik birikimleri ve parçalanma ürünleri hakkında bilgi yoksa da, biokümülyasyon derecesinin diklorbenzene yakın olduğu bilinir (Anonymous 1976).

#### **Vinil asetat $CH_2=COOCH_3$**

Plastik, film, boya ve vemik imalinde kullanılır. Akut toksisite sınırları ( $LD_{50}$ ) 1-100 ppm arasındadır ve hızla biyolojik olarak ayrıştırılır. Monomer ve polimeri, insan sağlığına zararı değildir. Vinil asetat hava ve denizde polimerize olabilir. Bu tip polimerize olmuş materyal kolay çökelmez fakat PVC'den daha az kalıcıdır (Anonymous 1976).

### Ksilen $C_6H_4(CH_3)_2$ , dimetilbenzen, xylol

Ksilenin, orto-meta-ve para-ksilen olmak üzere 3 izomeri vardır. Boya imali ve organik kimyevi madde sentezinde kullanılır. Paraksilen "Terylen" sentetik lif yapımında kullanılır. Denizlere esas katılım şekli, tanker yıkamaları ve fabrika sızıntıları ile olmaktadır. Boyalarda kullanılan ksilen buharlaştığından, havadan denizlere transfer olabilir (Anonymous 1976).

Bu madde su yüzeyinde yüzer, pratikte suda erimez ve hızla buharlaşır. Önemli düzeydeki sızıntılar ateş ve patlama tehlikesi doğurur. Ksilenler, nispeten stabil maddelerdir. Kimyasal olarak parçalanmaları yavaştır ve son ürünleri daha az toksiktir. Biyolojik olarak birikimleri söz konusu değildir. İnsan vücudunda okside ve ekstrakte edilir. Tahriş edici etkisi vardır (Anonim 1976).

Sularda bulunabilen her türlü madde, belirli yoğunluk üzerinde balıklar için zararlıdır. Zehirli maddeler, suda düşük derişimlerde bulunmaları halinde bile balıkların hastalanmalarına ve ölümlerine sebep olabilirler.

Havada, suda ve toprakta kalıcı özellik gösteren ve ekolojik dengeyi bozan kimyasal maddeler tehlikeli ve zararlı maddeler olarak adlandırılır. Su ortamları için tehlikeli ve zararlı maddeler:

- 1- Çok tehlikeli ve zararlı maddeler (Çizelge 3.24)
- 2- Tehlikeli ve zararlı maddeler (Çizelge 3.25)
- 3- Az tehlikeli ve zararlı maddeler (Çizelge 3.26)
- 4- Tehlikesiz ve zararsız maddeler (Çizelge 3.27)

dört grupta toplanır.

Çizelge 3.24. Alıcı su ortamı için çok tehlikeli ve zararlı olan maddeler (STS 4) (Anonim 1992a)

Maddenin adı	Suda çözünürlüğü (mg/l)	Memeli hayvanlar için akut oral toksisite sayısı	Bakteriler için akut toksisite sayısı	Balıklar için akut toksisite sayısı	Su için tehlike seyri:	Açıklamalar
Akrilonitril	ç	5		4.6		A, C
Azotun Siyanhidrit	ç	7		5.8		C
Benzen	1 000	1	4.0	4.5	3.2	A
Çiv (2) klorür	ç	5	8	6.3	6.4	
p-p'-DDT	0,0012	5				C, D
Diaodyum hidrojen arsenat	ç	3	4.7	4.0	3.9	A
Epi klorhidrit	2 ç	5	4.3	4.6	4.6	A
Etil parafin	24	7		6.3		C, F
Etilen imin		7	5.3	5.7	6.0	A
Ozunü nitrat	2 100 000	5	6.2	6.4	6.5	
Hidrozin hidroksit		7	7.7	6.1	6.9	A
Kadmiyum nitrat	ç	3	7.1	4.2	4.8	
Kükürü tetra etil	300					
Lindan	10	5		6.6		C
Markaptan						F
Sodyum Siyanür	ç	7	9	7.2	7.7	

Çizelge 3.25. Alıcı su ortamı için tehlikeli ve zararlı olan maddeler (STS 3)  
(Anonim 1992a).

Maddenin adı	Suda çözünürlüğü (mg/l)	Memeli hayvanlar için akut oral toksisite sayısı	Bakteriler için akut toksisite sayısı	Balıklar için akut toksisite sayısı	Su için tehlike sayısı	Açıklamalar
Akrolein	265000	5	6,7	6,8	5,6	
Ajlifenin	-	5	3,2	4,2	4,1	
Anilin	34000	3	3,9	4,2	3,7	F
Anisol	z.c.	6		3,9		C
Asatidohil	-	3		3,9		C, F
Asetoasetik asit metil ester	350000					F
Asetonitril	-	1	3,2	2,2	2,1	
Atrazin	70	1		4,5		C
Bakır 2-Sülfat	ç	3	7,5	6,1	5,5	
Benzil klorür	z.c.	3	5,3	5,5	4,6	
Benzonitril	z.c.	5	5,0	4,0	4,7	
Berilyum nitrat	ç	1	7,7	4	4,2	A
1,2-diklor benzen	200	3		4,5		C
2,4-diklor benzen	150	3	4,8	4,5	4,1	
2,3-diklor fenol	4600	3	5,2	6,9	4,5	C
2,4-dimetil anilin	z.c.	3	5,1	3,7	3,9	E
Di-n-Bütil eter	ç			4,2		C
1,3-dinitro benzen	650	6	4,8	6	6	
Dinitro bütil fenol	50	5		6,7		C, F
Etilen diamin	=	3	6,1	3,4	4,2	
2-Etil hegzamin	ç	3	4,1	4,8	4,0	
Etilen klorür	8650	3	3,9	3,8	3,5	
Fenil asetat	1 000	3	3,9	4,9	3,9	E
Fenol	82 000	3	4,2	4,6	3,9	E
Falk asit diallerleri	z.c.	3	4	6,4	4,5	
Formaldehit % 35'lik çözelti	ç	3	4,9	4,0	4,0	
Fuel oil (163/345)	5	1				C
Furfural	83 000	5	4,8	4,5	4,6	
Gazyağı (172/323)	5	1				C
Glikolik bütil ester	46 000					F
Hegzoklor bütiladen	z.c.	3				E
Hidrokinon	72 000	3	4,2	6,8	4,7	
İzo oktanol	ç		4,2	4,5		C
Karbani	< 1 000	3		4,7		C, F
Karbon tetr klorür	770	1	4,5	4,0	3,2	
Kerosin (156/246)	10	1				C
Klorhidrat		3	5,8	2,6	3,9	E
Klorbenzen	490	1	4,8	7,7	4,2	
Klorofenil metoksi metilüre	560	1	6	4,1	3,4	
Koriform	6 200	1	3,9	3,8	2,9	B
2-Klor tolüen	z.c.	1	4,8	4,1	3,3	
m-kresol	31 000	3	4,3	4,7	4,0	
Katlen	200	3		4,1		C, F
Kimol hidroperoksid	z.c.	3		4,9		C
Kurşun 2-asetat	ç	1	6,7	3,2	3,3	D, F

**Çizelge 3.25. (Devamı) Alıcı su ortamı için tehlikeli ve zararlı olan maddeler (STS 3) (Anonim 1992a).**

Maddenin adı	Suda çözünürlüğü (mg/l)	Memeli hayvanlar için akut oral toksisite sayısı	Baldırcıklar için akut toksisite sayısı	Balıklar için akut toksisite sayısı	Su için tehlike sayısı	Açıklama
Kükürlü karbonlar (C-S2)	2 200	3		4.0		C
Mazot (181/534)	5	1				C
Metil akrilat	60 000	5	4.3	5.1	4.8	
Metil asetat	202 000					F
Metilen klorür	20 000	1	3.3	3.3	2.5	
Mineral tırtılın	20	1				C
Monoflor asetik asit		7	4.2	3.6	4.8	
Nikel klorür	550 000	5	6.5	3.2	5.6	B
Nitri izobütirat	a.ç.	5		3.6		C
4- Nitrofenil	600	3	5.4	4.5	4.9	
Nitrobenzen	1 800	3	5.2	4.2	4.1	
2- Nitrotoluen	Ca. 40	3	4.7	4.5	4.1	
Petrol eteri (40/71)	50	1				C
Petrol eteri (61/135)	40	1				C
Pikrik asit (% 50'lik çözelti)		5	3.0	3.5	3.8	E
Pridin		3	3.5	3.8	3.4	F
2- Propinol-1	1	5	3.8	5.7	4.8	
Sistein aldehit	1 700	3	5.0	5.4	4.5	
Sikloheksilamin	ç	5	3.4	3.7	4.0	
Sodyum dikromat	ç	3	6.1	3.7	4.3	A
Sodyum nitrit	ç	7	3.9	3.5	4.8	
Sodyum selenit	a.ç.	7	4.7	4.0	4.2	
Sodyum sülfür	160 000	7	5.8	4.6	5.8	
Solvent nafta (1862/10)	15	1				C
Stiren	320	1	4.1	4.8	3.3	F
Taliyum 1-nitrat	96 000	5		3.7		C
Toluen	470	1	4.5	4.2	3.2	F
O-Toluidin	15 000	3	4.6	3.9	3.9	B, E
1, 1, 1- Triklöretan	1 300	1	4.0	3.9	3.0	
Trieter etilen	1 000	1	4.2	3.6	3.0	B
Vinil asetat	20 000	1	5.2	4.6	3.8	F
VK normal	160	1		4.4		C
VK Süper	380	1		5.7		C

Çizelge 3.26. Aıcı su ortamı için az tehlikeli ve zararı olan maddeler (STS 2) (Anonim 1992a)

Maddenin adı	Suda çözünürlüğü (mg/l)	Memeli hayvanlar için akut oral toksisite sayısı	Baldırcıklar için akut toksisite sayısı	Balıklar için akut toksisite sayısı	Bu için tehlike sayısı	Açıklama
Akrilik asit		1	4,5	3,5	3,0	
Akrotik asit tütili ester	1400	1	4,1	4,6	3,2	
Akrilik asit 2-etil hegzil-ester	z.c.	1		4,6		C
Alil klorür	1000	3	3,9	4,2	3,7	B
n-Alil tyo üre	c		3,9	2,4		C
Amil alkol	27 000	3	3,7	3,3	3,3	
Amil asetat	z.c.	1	3,8	3,9	2,9	
Acetonun tyo sülfat						F
Asit amid	2 300	1	2,0	2,0	1,7	B
Asit anhidrit	136 000	3	2,9	3,6	3,2	
Asetik asit		1	2,8	3,4	2,5	
Asetik asit izobütil ester	53 000	1	3,7	3,9	2,9	
Asetik asit propil ester	18 900	1	3,8	3,7	2,8	
Baryum klorür	360 000	0		3,1		C
Benzonaldehit	3 000	1	3,3	3,3	3,2	
Benzo triklorür (triklorometil benzen)	z.c.	1		2,4	1,1	C
n-Bütanol	90 000	1	3,2	2,9	2,4	
n-Bütolik asit		1	3,1	3,3	2,5	
n-Bütil aldehit	37 000	1	4,0	3,9	3,0	
n-Bütülamın		3	3,1	3,6	3,2	
n-Bütilestat	10 000	1	3,9	3,9	2,9	
Bütik asit etil ester	6 200	1	3,8	4,1	3	
Bütil di glkol			3,6	2,7		C
Bütil glkol			3,2	2,8		C
Çinko klorür	370 000	3		4,7		C
n-Dekanol	z.c.	1		6,2		C
Di Asetonakül		1	3,1	2,1	2,1	
Dodezil benzen	2,0	1		3,1		C
Dodezil hidrojen sülfat						
Godyun luzu	c	3	3,5	4,7	3,7	
Di-etanolamin	c	3	2	2,7	2,6	
Di etilen glkol	c	1	2,1	2	1,5	
Di etil eter	76 000	1		2,8		C
Di etil oksalat	c		2	3,5		C
Difenil		1		5,5		C
Difenilmetan	z.c.	1		5,1		C
Dimetil formamid						F
Dioktan		1	2,8	2,1	1,9	B, E
Dipenzen	z.c.	1		4,5		C
Etanol amin		1	2,2	3,3	2,2	
Etanol amin (% 70 'lwg)		3	4,5	3,6	3,7	
Etilenoksolan	44 500	1	4,6	4,1	3,2	
Etil asetat	125 000	1	4,5	3,3	2,9	
Etil benzen	140	1	4,9	4,4	3,4	



Çizelge 3.26. (Devamı) Alıcı su ortamı için az tehlikeli ve zararlı olan maddeler (ST6 2) (Anonim 1992a).

Maddenin adı	Suda çözünürlüğü (mg/l)	Memele hayvanlar için akut oral toksisite sayısı	Bakteriler için akut toksisite sayısı	Böcekler için akut toksisite sayısı	Su için tehlike sayısı	Açıklamalar
Etil di glikol						
Etilen di amin tetra asetik						
Asit sodyum tuzu	200		4.0	2.7		C
Etilen glikol		1	2	2	1.7	F
Etilen glikol asetat		1	3.1	3.9	2.7	
Etilen glikol monometil ester		1	2	2	1.7	F
Fitalk asit dietil ester	400	3		4.3		C
Furfural alkol		3	3.7	2.9	3.2	
n-Hekzan	50	1				C
1-Heptanol	8 000	1	4.2	3.9	3.0	
2-Heptanol	15 000		4.2	3.9		C
3-Heptanol	17 000		4.2	3.5		C
n-Heptan	50	1				C
1-Heptanol	1 000	3	4.2	4.4	3.9	
1-Hepten	Ca 50	1				C
Hidrokinon monometil eter z.c		3		4.5		C
İzobütanol	1 000	3	3.6	2.8	3.1	
İzopropanol		1	3.0	2.1	2.0	
İzopropil asetat	16 900	1	3.7	3.4	2.7	
İzopropil aseton	1 900		3.6	3.1		C
Kozmik tuzlar (Sodyum ve potasyum hidroklorit, aşırtıcılar soda ve amonyak çözeltiler)						
Metanol		1	2.2	2	1.7	F
Metil etil keton	353 000	1	2.9	2.3	2.1	
2- Metil furan	ç	3	4.1	3.8	3.6	
Metil izo amil keton	4 500		3.9	3.0		C
Metametaakrilat	15 900	1	4	3.5	2.3	
2- Metil sikloheksanon	15 000	3	4.2	3.3	3.5	
Morfalin		3	3.5	3.8	3.4	
Nitri triasetik asit	z.c	3		3.3		C
n-oktanol	ç			4.7		C
Oksaliliasit	96 000	3	2.8	3.5	3.1	
2, 4- pentadion	125 000	3	4.2	3.9	3.7	
Potasyum antimonat	29 000	3	2.7	2.6	2.8	B
Potasyum klorat	73 000	3	2.7	2.5	2.7	
Potasyum perklorat	17 000		2.7	2.6		C
Propylenik asit etil ester	22 000		3.8	3.9		C
Propylenik asit metil ester	72 000		3.5	3.7		C
Propenol		3	2.6	2.3	2.8	
Sekonder bütanol	90 000	1	3.3	2.5	2.3	
Sikloheksan	50	1				C
Sikloheksanon	24 000	1	3.7	3.3	2.7	
Sikloheksen	Ca, 50	1	4.8	4.4	3.4	
Sikloheksil asetat	ç	1	4.1	4.1	3.1	
Siklo heptan	Ca, 50	1				C
Siklohepten	Ca, 50			4.3		C

**Çizelge 3.26.** (Devamı) Alıcı su ortamı için az tehlikeli ve zararlı olan maddeler (STS 2)  
(Anonim 1992a).

Maddenin adı	Suda çözünürlüğü (mg/l)	Memel hayvanlar için akut oral toksisite sayısı	Bakteriler için akut toksisite sayısı	Balıklar için akut toksisite sayısı	Su için tehlike sayısı	Açıklamalar
Siklopentanol	ç		3,6	2,6		C
Siklopentanon	ç	3	3,6	2,5	3,1	
Sitrik asit	700 000	3	2	3,1	2,7	
Sodyumborata	25 000	3	3,0	3,1	3	
Sodyumbromür	90 000	1	2,7	2	1,9	E
Sodyum florür	40 000	5	3,6	3,2	3,9	
Sodyum fosfat	14 000	3		2,6		D
Sodyum iyodür		3	3,2	2	2,7	
Sülfat, nitrat, fosfat asitler						F
Teraiyer amliakol	12 500	3	3,4	2,6	3	
Teraiyer bütilasetat	1 000		4,1	3,4		C
Teraiyer bütilbenzen		1		4,2		C
Tetrahidrofuran		1	3,2	2,6	2,3	
1, 2, 4, 5-Tetra metil benzen	z.ç.	1		4,5		C
Tri-nbütil fosfat	6 000	1	4	5,1	3,4	
Trietilen gliserol		1	3,5	2	2,2	
Triklor asetik asit		1	3	2	2	E
2,4, 5-Triklor fenolol asetikasit	276		3			C
Trimetil benzen (kilmol)	Ca. 200	1		4,3		C

**Çizelge 3.27.** Alıcı su ortamı için tehlikesiz ve zararsız maddeler (STS 1)  
(Anonim 1992a).

Maddenin adı	Suda çözünürlüğü (mg/l)	Memel hayvanlar için akut oral zehirlilik sayısı	Bakteriler için akut zehirlilik sayısı	Balıklar için akut zehirlilik sayısı	Su için tehlike sayısı	Açıklamalar
Aseton		1	2,6	2,0	1,9	
Etil alkol		1	2,2	1,8	1,7	
Gliserin		1	<2	<2	<1,7	
Trileanolemin	1 500	1	<2	<2	<1,7	
Üre	1 000 000	1	<2	<2	<1,7	

Tehlikeli ve zararlı maddelerin etkinlik dereceleri, tehlike sayısı adı verilen bir göstergesi yardımıyla sayısal olarak belirlenebilmektedir (Çizelge 3.28).

Çizelge 3.28. Balık ve bakteriler için akut zehirlilik sayıları (Anonim 1992a).

Zehirlilik üst sınır değeri, mg/l	Zehirlilik değerlendirme sayısı
0,05	7,3
1	6,0
15	4,8
250	2,9

Balık ve bakteriler için akut zehirlilik değerlendirme sayılarının aritmetik ortalamalarından hesaplanan tehlike sayılarına göre sular için öngörülen tehlike sınıfları Çizelge 3.29' da verilmiştir.

Çizelge 3.29. Zehirlilik sayıları ve ortalamasına göre sularda tehlike sayıları ve sınıfları (Anonim 1992a).

Tehlike sayısı	Tehlike sınıfları	Tehlike dereceleri
0-1,9	STS 0 (Beyaz liste)	Tehlikesiz
2-3,9	STS 1 (Gri liste)	Az tehlikeli
4-5,9	STS 2 (Kara liste)	Tehlikeli
6	STS 3 (Kara liste)	Çok tehlikeli

Balık ve bakteriler için akut zehirlilik sayıları ile bunlara göre sulardaki tehlike sayıları arasındaki ilişki,

$$Y = 6 - 11 \text{ g C}$$

formülü ile ifade edilebilmektedir.

Burada,

Y= Balık ve bakteriler için zehirlilik tehlike sayısı

C= Tehlikeli ve zararlı madde için zehirlilik üst sınırı, mg/l dir.

Bu formüle göre zehirlilik üst sınırı değeri 10.000 mg/l'den büyük olanlar beyaz listeye, 100-10.000 mg/l arasında olanlar gri listeye, 100 mg/l'den küçük olanlar kara listeye dahil edilmektedir.

### 3.10. İnorganik Besin Elementleriyle Kirlenme

#### 3.10.1. Azotlu maddeler

Azot, canlılarda esas elementlerden biridir ve vazgeçilmez bir bileşimini teşkil eder. Azot bakterileri moleküler azotu indirgeyerek protein sentezinde kullanılabılır. Azot çevrimi bakımından bu olayın önemi büyüktür.

Aminoasit ve protein sentezi için gerekli azotu, ototrof su bitkileri amonyum ve nitrat iyonlarından, diğer su canlıları ve balıklar organik azot bileşiklerinden karşılamak zorundadır. Amonyak tuzları ve nitratlar sürekli olarak canlıların metabolik artıkları ve ölümleriyle meydana gelen organik azot bileşiklerinin parçalanması ile yenilenir. Proteinin parçalanarak son ürünlerine ayrılması anaerobik ve aerobik şartlarda meydana gelir ve amonyaklaşma olarak bilinir.

Amonyaklaşma işlemi sırasında meydana gelen amonyum iyonlarının bir kısmı su bitkileri tarafından tüketilir, diğer kısmı belirli organizmalar tarafından "nitrifikasyon" işlemiyle nitrit ve nitrate yükseltilir. Nitrifikasyon nitrosomanas ve nitrobakter olarak bilinen iki ototrof bakteri tarafından gerçekleşir.

Nitrit bakterileri olarak bilinen, karbonsuz ortamda yaşayan, 8-9 pH ve 25-30°C'de üreyen nitrosomanas bakterileri, amonyumu aşağıda olduğu gibi nitrite dönüştürür.



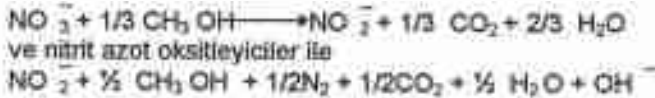
Nitrat bakterileri olarak bilinen, karbonun bulunmadığı nitritin olduğu ortamda 7,8-8,6 pH ve 25-28 °C'de yaşayan, nitrobakter grubu bakteriler ise nitriti aşağıda görüldüğü gibi nitrate dönüştürür.



Nitrifikasyon sadece çözünmüş oksijen varlığında gerçekleştiğinden 1 mol amonyum oksidasyonu için 2 mol oksijen tüketilir. Nitrifikasyonda kütle olarak oksijen tüketimi:

Nitrit oluşumu için 3,43 g O<sub>2</sub>/g NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N  
 Nitrat oluşumu için 1,14 g O<sub>2</sub>/g NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N  
 Toplam nitrifikasyon için 4,57 g O<sub>2</sub> / g NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N  
 dir.

Denitrifikasyon ise oksijensiz ortamda, pH nötre yakın şartlarda ve organik hidrojen vericilerinin (metanol) bulunduğu hallerde gerçekleşir. Denitrifikasyon sırasında nitrat, nitrit'e



moleküler azota indirgenir ve azot solunumu olarak isimlendirilir.

Sularda bulunan azot bileşikleri doğal ya da antropojen kökenli olarak iki grup içinde toplanır. Doğal azot yükleri suda bulunan mikroorganizmaların topraktan bağıladığı ve yağışların getirdiği azot bileşiklerinden ibarettir. Yağmur suyundan gelen azot yüklü endüstrileşmenin ve kentleşmenin yoğunlaştığı bölgelerde 1 g/m<sup>3</sup> toplam azot ve diğer bölgelerde 0,2 g/m<sup>3</sup> toplam azot civarında olduğu bildirilir.

Antropojen kökenli azot yüklerinin en önemlisi kentsel atık su arıtma sistemleri yaklaşık 80 g N/m<sup>3</sup> içerir. Kentsel atıklardan sonra gübre fabrikası atıkları, yoğun hayvancılık tesisleri, yün, gıda, deri, bira ve süt endüstrisi ile mezbahe atıkları önemli azot kaynaklarıdır. Ayrıca arazinin, havuz alanının

gübrelenmesinden ve balık yetiştiriciliğinden gelen azot yükü bu grup içinde mütala edilir.

Azot bileşiklerinin su kirliliği açısından etkileri ötrofikasyona ve oksijen bilançosuna etkileri olmak üzere iki grupta toplanır.

#### a) Azot yükünün oksijen bilançosuna etkisi

Sulara verilen organik azot, amonyak ve nitrit biyolojik olaylarda nitrate dönüşürken önemli ölçüde ( $4,57 \text{ g O}_2 / \text{NH}_4\text{-N}$ ) oksijen tüketimine sebep olduğundan oksijen yetersizliğini meydana getirebilir.

#### b) Azot yükünün ötrofikasyona etkisi

Sularda birincil üretimi sınırlayıcı faktörlerden ilk ikisi azot ve fosfordur. Bunların miktarları arttıkça birincil üretim artmakta ve aşırı bulunmaları ötrofikasyona sebep olmaktadır. Çizelge 3.30'da, göller için tolere edilebilen azot yükleri verilmiştir.

Çizelge 3.30. Göller için tolere edilebilecek azot yükleri (Wetzel 1975).

Gölün durumu	gN/m <sup>2</sup> /yıl
Sığ göller (5 m'e kadar)	
Rekreasyon	1,0
Rekreasyon-Balıkçılık	2,0
Yoğun Balıkçılık	4,5
Derin göller	
10 m'e kadar	1,5
50 m'e kadar	4,0
100 m'e kadar	6,0

#### Azot gazı

Sularda azot gazının doymuşluğu hidrostatik basıncı geçtiği zaman öldürücü olan gaz kabarcığı hastalığı meydana gelir. Azotun %110'dan fazla doymuşluğu bütün balıklarda zararlı etki, %104 düzeyinde doymuşluğu larvalarda öldürücü etki yapar.

Azot gazına aşırı doymuşluk havanın suya difüzyonu ile meydana gelir ve suyun havalandırılması ile düzeltilebilir. Balıklarda görülen gaz kabarcığı hastalığı azot gazının balık dokularına girmesi ve o kısımları tahrip etmesi ile tehlike yaratır.

#### Amonyak

Amonyak, sulara balıkların metabolizma ürünü olarak ve organik maddelerin parçalanması sonunda girer. Amonyak azotu sularda iyonize olmuş veya iyonize olmamış formlarında bulunur. Su ürünlerinin sağlıklı yetiştiriciliği açısından suda iyonize olmamış amonyak düzeyi 0,22 mg/l'den az olmalıdır. (Lawson 1995).

pH değerinin bir birim artması iyonize olmamış amonyak miktarını 10 kat artırır (Lawson 1995). Örneğin ; pH 7.0 ve 10°C'da, amonyağın yalnız %0.2'si iyonize olmamış "NH<sub>3</sub>" formda, geriye kalanı "NH<sub>4</sub><sup>+</sup>" iyonize formdadır. pH 8.0'de ise, NH<sub>3</sub> düzeyi, %1.8'dir (Laird ve Needman 1988).

Amonyak balıklara çok zehirleyici olmasına rağmen havuzlarda balıkların büyümesini etkileyecek düzeyde amonyak miktarı nadiren teşekkül eder.

### Nitrit

Nitritin zararlı olduğu uzun zamandan beri bilinmesine rağmen balıklar için zehirliliği yoğun balık yetiştiriciliğinden sonra önem kazanmıştır. Nitrit, nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonlarında ara ürün olduğundan sulara amonyak ve nitrate göre daha düşük oranlarda bulunur.

Nitrit, kirlenmemiş yüzey sularında 2-10 mikrogram/l kadar bulunur, yoğunluğu yaz ve kış aylarında değişim gösterir. İtalya'da yapılan bir araştırmada kirlenmemiş göllerin büyük çoğunluğunun 1-5 µg NO<sub>2</sub>-N/l'den fazla nitrit içerdiği bulunmuştur. Yüzey sularında 10 µg NO<sub>2</sub>-N/l'den fazla bulunması taşıdığı su ile bulaşmanın işareti olarak kabul edilmektedir. Nitrit kirletmesi kömür, gaz ve gübre sanayi atık sularıyla ve gübrelerde gelen amonyağın nitrifikasyonu sonucunda da meydana gelebilir. Tekstil sanayi atık suları ile kirlenen sularda nitrit miktarının 18.8 mg NO<sub>2</sub>/l olduğu tespit edilmiştir. Nitrit balıklarda hemoglobini kahverenkli methemoglobine dönüştürerek oksijen transferini engeller ve balıkların zehirlenmesine sebep olur. Nitrit zehirlenmesi ortamın klor, pH ve kalsiyum derişimlerine bağlı olarak değişir (Palachek ve Tomasso 1984).

Tatlı su balıkları üzerinde yapılan denemelerde *Gambusia affinis*'te nitrit zehirlenmesi 48 saatte LD<sub>50</sub> değeri 7.5 mg/l olarak bulunmuştur. *Percis carpio*'de nitrite çok hassas olduğu 5 mg/l NO<sub>2</sub>-N derişiminin 3 saatte ölüme sebep olduğu görülmüştür. Bununla beraber sezan ve bodur yayının 40 mg/l NO<sub>2</sub>-N'e, *Catostomus commersoni*'un 100 mg/l NO<sub>2</sub>-N'e en az 48 saat dayanabildiği tespit edilmiştir. Alabalıklarda yapılan çalışmalarda büyük balıkların tolere değerleri 0.96 mg/l NO<sub>2</sub>-N olarak saptanmıştır. Kanal yayınları ile yapılan denemelerde ise nitrit azotuna tolere değerlerinin 7.4 mg/l NO<sub>2</sub>-N ile 15 mg/l NO<sub>2</sub>-N arasında olduğu bildirilmiştir (Tomasso vd., 1979).

Çizelge 3.31. Nitrit zehirlilik deneyleri

Bağı Türleri	Ağırlık g	Sıcaklık °C	pH	Ca Sertliği mg CaCO <sub>3</sub> /l	Cl mg/l	LD <sub>50</sub> mg NO <sub>2</sub> -N/l	Deney gün	Kaynak		
Salmu garması	5	10	6.6	25	1	0.5	4	Wiedemeyer ve Yasutake, 1976		
	10		6.4	300	6.4	10.3				
			6.8	25	1	0.9				
			6.4	300	6.4	12.1				
Onchopomphus litatus	13	11	7.2	32.3	16.6	%100 ölüm 9.2+ %50 zulum 8.9+ %20 ölüm 8.9+	1	Perrone ve Messick, 1977		
	22				148.0		3			
	Yarım				32.2		3			
Salmu garması	29	10	7.5	174	10.9	3.74	4	Russell, vd. 1961		
	29				10.4				3.54	
	147				10.6				4.35	
	244				10.5				5.24	
	9-15				0-0.47				0.14	4
									7.0	0.21
	7.9	1.12								
	9.0									
Ichthyosus punctatus	7-13 cm	21-24	7.0	40 mg/l	4	4.96	1	Tommaso vd. 1979		
					63 (NaCl) 63 (CaCl <sub>2</sub> )		98		1	
						91				

Nitrit zehirlenmesi sudaki klor iyonlarına bağlı olarak artar. Bu sebeple nitrit ölçümlerinde klorür miktarı ve birbirlerine oranı bulunmalıdır. Maksimum koruyucu oran ( $\mu\text{gCl}^-/\text{NO}_2\text{-N mg/l}$ ) alabalıklar için 17 ve sazan gibi dipten beslenen kaba balıklar için 8 olmalıdır.

Çeşitli balıklarda, nitritin  $\text{LD}_{50}$  değeri normal şartlarda 0,1 ile 1 mg  $\text{NO}_2\text{-N/l}$  arasında değişmekte; bu değer su kalitesine bağlı olarak alabalıklar için 1-10 mg  $\text{NO}_2\text{-N/l}$  ve kanal yayınlarında 100 mg  $\text{NO}_2\text{-N/l}$  olabilmektedir.

İçerisinde 25 mg/l klor bulunan sularda alabalıklarda 50  $\mu\text{g/l}$   $\text{NO}_2\text{-N}$  ve kaba balıklarda 100  $\mu\text{g/l}$   $\text{NO}_2\text{-N}$  gibi düşük nitrit derişimlerinde ölümler meydana gelir. Buradan anlaşıldığı üzere nitrit düşük klorlu sularda çok zehirlidir. Bu sebeple klorür miktar 1 mg/l olan sularda nitrit miktar 0,01 mg/l'yi geçmemelidir.

### Nitrat

Azotlu bileşik ürünlerinden nitratın su ürünlerine etkisi diğer bileşiklere göre daha azdır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde, sudaki nitrat düzeyi 0-3 mg/l arasında olmalıdır (Lawson 1995).

Chinook salmonlarının nitrat için 96 saat  $\text{LD}_{50}$  değeri tatlı sularda 1310 mg/l iken %05 tuzlu sularda 990 mg/l'dir. Gökkuşuğu alabalığında nitrat için 96 saat  $\text{LD}_{50}$  tatlı sularda 1360 mg/l, %015 tuzlu sularda ise 1050 mg/l'dir.

### 3.10.2. Fosforlu maddeler

Fosfor, sularda çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur. Canlı protoplazmanın yaklaşık %2'ini teşkil ettiğinden yetersizliği özellikle fotosentezle üretim yapan ototrof canlıların büyümelerini sınırlayıcı, dolayısıyla hetetrof canlıların gelişmesini engelleyici bir etkiye sahiptir.

Yukardaki sebeplerden dolayı sularda yeterli fosfor bulunmaması suda bulunan canlıların büyümesini sınırlayıcı en önemli etken olmaktadır. Canlıların hücrelerinde reaksiyonlarla açığa çıkan enerji kullanıma kadar bileşiklerde (ATP) kimyasal enerji olarak depolanır. Sulardaki fosfor miktar sulanın kirlilik durumuna göre farklılık gösterir.

Çizelge 3.32. Kirlilik durumuna göre sularda fosfor miktarları (Uslu ve Türkman 1987).

Su ortamı	Toplam fosfor $\text{g/m}^3$	Çözünbilen ortofosfat, %
Evsel Atıklar	5-20	15-85
İkinci derecede arıtma yapan tesislerin çıkış suları	3-10	50-90
Tırmakal drenaj	0,05-10	15-50
Kirlenmemiş göller	0,01-0,04	10-30
Ototrofik göller	0,03-1,5	5-20
Azarsular	0,01-10	-
Okyanus,	0,07	-
Ortalama yağmur suyu	0,004-0,03	-

Geçici ve çevresel sapsmalar dikkate alınmadığında denizlerde organik madde üretiminin boyutunu azot ve fosfor belirler.



Çizelge 3.33: Göller için tolere edilebilir fosfor yükleri (Uslu ve Türkman, 1987).

Göllerin durumu	mg P/m <sup>2</sup> /yıl
3iç göller (5 m'ye kadar)	
Rekreasyon için	70
Rekreasyon+balıkçılık	130
Yoğun balıkçılık	300
Derin göller	
10 m'ye kadar	150
50 m'ye kadar	250
100 m'ye kadar	400

### 3.10.3. Gübrelerden kaynaklanan kirlilik

#### 3.10.3.1. Çiftlik gübreleri

Çiftlik gübreleri çok değerli bitki besin maddeleri olmalarına karşın bilinçsiz ve gereğinden fazla kullanma sonucu etkisi, uzun yıllar sonra ortaya çıkan çevre kirliliğine neden olabilmektedir.

Amerika Birleşik devletleri'nde yapılan bir araştırmada hayvan gübreleri nedeniyle oluşan taban suyu kirliliği toplam nüfusun oluşturduğundan 5 kez daha büyüktür.

Ülkemizde ticaret gübresi kullanımı ile çevre kirlenmesi arasında ilişki bulunup bulunmadığının saptanması amacıyla, Zabunoğlu ve Karaçal (1980) tarafından yürütülen bir çalışmada, araştırma bölgesi olarak ticaret gübresi kullanımının en yoğun olduğu Çukurova Bölgesi seçilmiştir. Araştırmanın konusu, ana tarımsal üretim alanı olan turfanda sera sebzeçiliğinde uygulanan gübrelemenin çevre kirlenmesine etkisidir. Özellikle aşırı azotlu gübre kullanımının sebzelerde insan sağlığı açısından sakıncalı nitrat ve nitrit birikimine etkisinin araştırılmasının yanı sıra, gübrelemenin su kirlenmesine etkisi de lizimetre denemeleri ile kontrol edilmiştir. Bu araştırmada deneme bitkisi olarak turfanda olarak yetiştirilen marul, ıspanak, domates ve kabağ kullanılmıştır. Bitkilere 0-13-26-39-52 kg/da şeklinde artan dozlarda azot verilmiş; azot kaynağı olarak ise, amonyum sülfat (%20.5 N) ve amonyum nitrat (%26 N) gübreleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, deneme bitkilerine uygulanan azot miktarı arttıkça nitrat kapsamının da yükseldiği; ancak bu yükselişin literatürde verilen kritik düzeylerin altında kaldığı; amonyum nitrat gübresinin amonyum sülfata göre tüm bitkilerde daha yüksek nitrat birikimine neden olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra hasat edilen bitkilerde insan sağlığı açısından daha tehlikeli olan nitrit belirlenmemiştir. Araştırmacılara göre, bu çalışma kapsamındaki yörede, o iklim ve toprak koşullarında gübreleme çevre kirlenmesine yol açmaktadır. Diğer bir deyişle, yüksek ürün sağlayacak dengeli bir gübreleme ile aşırı düzeyde nitrat ve dolaylı olarak nitrit birikiminin önüneceği belirtilmektedir (Zabunoğlu ve Öneroy 1991).

Tarımsal üretimde kullanılan kimyasal gübreler ile çiftlik gübrelerinin doğada büyük oranda toprak ve su kirlenmesine neden olduğu yapılan araştırmalarda kanıtlanmış bulunmaktadır. Çiftlik gübrelerinin uygun mekanizasyon zinciri içerisinde kimyasal veya termik yöntemlerle

temizlenmeden bitkisel üretimde kullanılması sonucu hastalık etmenleri doğaya bırakılmakta, bunun yanında biyokimyasal değişimler sonucu gübre içerisinde bulunan azotlu bileşikler zincirinin son halkası olan nitrata dönüşerek taban suyuna kadar ulaşmaktadır.

İçme sularıyla alınan nitratlar zehirli etki göstermemelerine rağmen nitrite dönüşümleri nedeniyle kontrolleri önem taşımaktadır. Çünkü nitrat ve nitritin indirgenmesiyle meydana gelen N-nitrosaminler ile nitrosamidlerin vücutta yüksek oranda birikmeleri sonucu kanser yapma özellikleri tespit edilmiştir. Ayrıca bunların vücutta biriktikleri ve zamanla etkilerini gösterdikleri illeri sürülmektedir.

İçme sularında nitrat miktarının 50 mg/l'i geçmesi durumunda yetişkinlerde sindirim, barsak ve idrar yollarında iltihaplanmalar görülebilmektedir. Bu oranın 5-10 mg/l düzeyinin üzerinde olması durumunda 6 aya kadar olan bebeklerde metahemoglobinemi görülmekte ve kanın oksijen taşıma yeteneği azalmaktadır. Oluşan metahemoglobin oranı toplam hemoglobin konsantrasyonunun %5'ini aşması durumunda hastalık ortaya çıkar ve %70'i geçmesi halinde ölüm olayları görülmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) çıkarmış olduğu uluslararası içme suları standardında, nitrat için en yüksek değeri 45 mg/l olarak belirtmiştir.

Su kirliliğine neden olan azotun yağışlı mevsimlerde 2/3'ü, kurak mevsimlerde ise 1/4'ü toprakta veya taban suyunda birikmektedir. Bu miktar toprak cinsine, geçirgenliğine, bileşimine göre değişmektedir. Örneğin azot ve humus miktarı fazla olan toprakların azotu tutma özellikleri daha yüksektir. Yine tarla veya bahçe tarımı yapılan toprakların mera ve yeşil alanlara göre azotu geçirme yetenekleri fazladır. Bu sonuç toprağın bitki ile kaplanan alanının azot yıkınmasına etkisini ortaya koymaktadır. Hasattan sonra toprağın boş bırakılması yine daha önce yapılan gübreleme sonucu topraktaki azotun yıkınmasına neden olmaktadır (Yıldız 1991).

Mera hayvancılığı taban ve yüzey sularının kirlenmesinde ağır hayvancılığın göre olumsuz etkiye sahiptir. Bu durumda direk toprağın üzerine bırakılan gübre yağmur suları ile tabana taşınmaktadır. Çiftlik gübreleri kullanımı ile toprağa geçen klorite taban suyunda raslanabilmektedir. Taban suyundaki kloritin ani yükselmesi gübre kullanımı ile açıklanabilmektedir. Sülfata daha çok kireçli topraklarda raslanmıştır ve sağlık açısından henüz tehlikeli konsantrasyonlara ulaşmamıştır. Magnezyum ve sodyum iyonları sağlık açısından olumsuz etkiler yapabilmektedirler.

Çiftlik gübrelerinin kullanımı ile taban suyunda fosfat içeriği artmaktadır. İçme suyunda fosfat içeriği için izin verilen maksimum değer 7 mg/l düzeyindedir. Kurşun 0.04 mg/l, arsenik 0.04 mg/l, krom 0.05 mg/l, siyanid 0.05 mg/l, çinko 2 mg/l, kadmiyum 0.006 mg/l üzerinde bulundukları zaman olumsuz etki yapmaktadır (Yıldız 1991).

Taban suyundaki nitrat kirlenmesinin üretim sistemiyle yakın ilgisi bulunmaktadır. Tarla bitkileri üretim sahalarında yapılan bir çalışmada 31 mg/l düzeyinde bulunan nitrat, üzerinde devamı yeşil bitki bulunan alanlarda 11 mg/l olarak ölçülmüştür. Gübreleme yapılmayan alanlardaki taban suyunda nitrat miktarı 1 mg/l düzeyindedir.

Ölke düzeyinde yerüstü ve yeraltı sularının içerdiği zararlı maddelerin tehlike sınırlarının aşıldığı bölgelerde hayvan gübrelerinin kullanımının

sınırlanması gerekmektedir. Ülkemizde bu konuda yapılmış bir çalışma olmadığı için zararlı kimyasalların miktarları hakkında rakam vermek henüz mümkün değildir. Gübre kullanımında sınırlama getirilirken bölgenin toprak özellikleri, üretim sistemi, verim ve iklim değerleri dikkate alınmalıdır.

Gübrenin tarlaya dağıtılması sırasında mümkün olduğu kadar eşit şekilde olmasına özen gösterilmelidir. Kış aylarında yapılacak gübrelemede yağışların fazla olması nedeniyle yıkanma da fazla olacağından kirlilik açısından olumsuz etkiye sahiptir.

Ülkemizde gübre kullanımının yasal bir düzenlemeye acilen ihtiyacı bulunmaktadır. Hayvan gübreleri kullanımı nedeniyle oluşan kirlilik sadece tarlaya atılmasından sonra değil, aynı zamanda depolama sırasında meydana gelen yıkanma sonucu da oluşmaktadır. Bu durumda bitki tarafından alınma da söz konusu olmadığı için kirlenme daha büyük boyutlardadır. Yapılacak yasal bir düzenlemeyle çiftlik gübrelerinin depolama esaslarının da belirlenmesi gerekmektedir. Bu düzenlemede işletme büyüklüğü dikkate alınmadan sızdırmaz depolarda saklama zorunluluğunun getirilmesi sorunun çözümünde yardımcı olacaktır (Yaldız 1991).

### 3.10.3.2. Ticari gübreler

Tarımsal üretimde temel hedef, birim alandan elde olunan ürünün miktar ve kalitesini artırmaktır. Bu nedenle, bitkiler için mutlak gerekli olan bitki besinlerini içeren ticaret gübrelerinin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Ne var ki; aşırı düzeyde ve bilinçsizce gübre kullanımı beraberinde çevre kirliliği sorununu gündeme getirmiştir.

Daha çok azot ve fosfor içeren ticaret gübrelerinin çevre kirliliğine yol açtığı düşünülmekte ve bu gübrelerin arzulanmayan etkileri;

- 1) Sızma ve yüzey akışlar ile yeraltı ve yüzey sularının nitrat kapsamının yükselmesi,
- 2) Fosforlu gübreleme ile; akarsu, göl ve denizlerin fosfor kapsamının yükselmesi nedeniyle ortaya çıkan ötrofikasyon,
- 3) Özellikle azotlu gübreleme ile bitki kalitesinin insan ve hayvan sağlığını tehdit edecek düzeyde değişmesi olarak belirtilmektedir.

#### a) Azotlu gübrelerin çevre kirliliğine etkisi

Azotlu gübrelerin çevre kirliliğine etkisini; üç büyük alıcı ortam olan hava, su ve toprak ile dolaylı olarak bitkide incelemek gerekir. Hava kirlenmesinde gübrelemenin etkisi yoktur. Benzer şekilde bu gübrelerin, zehirli etki yaratacak madde kapsamadıklarından toprak kirlenmesi üzerindeki etkileri de önemsiz sayılabilir. Geriye su ve bitki olmak üzere iki ortam kalmaktadır.

Yeşil gübreler ve ahır gübresi gibi işletme gübreleriyle bitkisel ve hayvansal artıklar, topraktaki organik azot kaynaklarıdır. Bitkilere fazlaca yararlı olmayan organik azot bileşikleri, çeşitli toprak mikroorganizmaları aracılığı ile aminizasyon ve amonifikasyona uğrayarak inorganik bir azot formu olan amonyum ( $NH_4^+$ ) azotuna dönüştürülürler. Bunun yanı sıra  $NH_4^+$ ,

çeşitli ticaret gübreleriyle de toprağa dahil olmaktadır. Gerek ticaret gübreleriyle toprağa verilen, gerekse organik azot bileşiklerinin mineralizasyonu sonucu açığa çıkan  $\text{NH}_4^+$  azotunun önemli bir kısmı bitkiler tarafından alınmaktadır. Geri kalan kısmı mikroorganizmalar tarafından kendi vücut proteinlerini oluşturabilmek için tutulmakta (bağlanmakta), toprak kolloidierince adsorbe edilmekte ve nitrifikasyona uğrayarak  $\text{NO}_3^-$  (nitrat)'a dönüştürülmektedir. Bitkiler tarafından adsorbe edilecek karakterdeki  $\text{NO}_3^-$  azotu toprakta kararlı olmayıp, oldukça hareketli bir iyonudur. Bu özelliği nedeniyle bitkilerce alınmayan veya mikroorganizmalar tarafından bağlanamayan bir kısım  $\text{NO}_3^-$  azotu, ya denitrifikasyonla kayba uğratılmakta veya kolaylıkla yıkanarak daha alt katmanlardaki taban suyuna sızmakta veya yüzey akışlarla akarsu, göl ve denizlere taşınmaktadır. Azotlu gübrelere yeraltı ve yüzey sularında kirliliğe yol açan ve bitki bünyesinde birikici bir özelliğe sahip olan ana bileşeni nitrat'tır. İçme sularında yüksek derişimlerde bulunan nitrat, özellikle bebeklerde methemoglobinaemia hastalığına, besi hayvanlarında vitamin A noksanlığına, döl atımı ve üreme güçlüğüne ve döl veriminin azalmasına yol açmaktadır. Bunun yanısıra, balık yaşamı açısından akarsu, göl ve denizlerdeki nitrat konsantrasyonu önem taşımaktadır. Tuzlu sularda  $990 \text{ mg NO}_3^- / \text{l}$  düzeyinde, tatlı sulara ise  $1080-1300 \text{ mg NO}_3^- / \text{l}$  düzeyinde, balıkların %50'sinin öldüğü bildirilmektedir.

Azotlu gübreleme sonucunda topraktan yıkanarak taban suyuna veya içme suyu sağlayan aküferlere taşınan nitrat miktarı toprak, bitki ve iklim gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir.

Gübreleme sonucunda yıkanma yoluyla yeraltı ve düzey sularına kaçan azot miktarı tarım arazisine düşen yağış miktarı sulama ve tarım arazisinin bitki örtüsü ile kaplı olup olmamasına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, 1973-1978 yılları arasında Japonya'da yürütülen bir çalışmada, çeşitli tarım yapılan bir tarlaya uygulanan azotlu gübreleme nedeniyle bu tarlanın yakınındaki Kasamiguare Gölüne taşınan azotun daha çok sulama ve yağmur suları sonucunda oluşan sel şeklindeki yüzey sularından kaynaklandığı saptanmıştır. Benzer şekilde, 1965-1975 yılları arasında İsveç'te yapılan bir çalışmada, yüzey sularının etkisi altında uygulanan azotlu gübreleme ile önemli miktarda azotun Malaren Gölü'ne taşındığı bildirilmiştir (Jansson 1978; Zabunoglu ve Öner 1991).

#### **b) Fosforlu gübrelere çevre kirliliğine etkisi**

Yüksek düzeydeki fosforun akarsu, göl ve denizlerde ötrofikasyona yol açtığı bilinmektedir. Çeşitli kaynaklardan yüzey sularına ulaşan fosfatlar, suyun oksijen bakımından zengin üst kısımlarında bulunan alg ve fotosentez yapan diğer yeşil bitkilerin aşırı miktarda çoğalmasına yol açmakta ve dolayısıyla suyun anaerobik karakterli dip kısmına çökelen alg ve diğer yeşil bitki artıklarında da artış meydana gelmektedir. Bu bölgedeki anaerobik mikroorganizmalar tarafından besin kaynağı olarak kullanılan ölü algal materyalin parçalanması sonucunda açığa çıkan metan, etan, kükürlü hidrojen ve bütirik asit gibi toksik maddelerde de büyük bir artış meydana gelmektedir. Bu artış, aerobik su yüzeyi ile anaerobik karakterdeki dip kısımlar arasındaki bölgede yaşayan ve yukarıda anılan toksik maddeleri tutarak bir çeşit filtre

görevi yapan fotosentetik bakteriler tarafından tutulamayacak düzeye ulaşmaktadır. Sonuç olarak, suyun üst kısımlarına ulaşan bu toksik maddeler ile algal gelişmedeki artışa bağlı olarak oksijen konsantrasyonunun azalması balıkların da dahil olduğu tüm canlı yaşamını ciddi biçimde tehdit etmeye başlar ki; bu olay "ötrofikasyon" olarak tanımlanır.

Akarsu ve durgun sulardaki ötrofikasyonun yanı sıra, toprak erozyonu sonucunda baraj ve göletlere ulaşan aşırı düzeydeki fosfat, kompleksler halinde çökerek bu yapıların göl tabanının kullanma ömürlerinden daha önce dolmasına ve kullanılmaz hale gelmesine neden olmaktadır.

Fosfor, akarsu, göl ve denizlere, ticaret gübreleri ve diğer tarımsal güdüler, kanalizasyon suları, deterjanlar, tekstil ve besin sanayi ürünleri gibi çeşitli kaynaklardan ulaşmaktadır.

Ticaret gübreleri ile toprağa katılan fosfat iyonlarının önemli bir kısmı bitkiler tarafından alınmakta, alınmayan kısım ise toprak kolloidleri tarafından sıkı bir şekilde adsorbe edilmekte veya ortam pH'sına bağlı olarak Ca, Fe veya Al ve Mn ile güç çözünür bileşikler oluşturmaktadır. Bu özelliği nedeniyle nitrat iyonları gibi yıkanarak toprağın alt katmanlarına sızan fosfat miktarı önemsenmeyecek kadar azdır. Dolayısı ile yüzey sularının fosfor konsantrasyonundaki artışta başlıca rolü erozyon ve yüzey akışı oynamaktadır. Diğer kirlenme kaynakları dışında, fosfor içeren ticaret gübrelerinin yoğun olarak kullanıldığı yerlerde yıkanma sonucu sulara karışan fosfor miktarının ortalama 50 g/km<sup>2</sup> olduğu kabul edilmektedir. Bu yolla ortaya çıkan fosfor taşınımı toprağın tekstürüne bağlı olarak da değişmekte; kumlu topraklardan taşınan fosforun, killi topraklara göre 8 kat daha fazla olduğu bildirilmektedir (Zabunoglu ve Öneroy 1991).

Almanya'da yapılan bir çalışmada, topraklara gübre ile katılan 930.000 ton fosforun ancak %11'lik kısmının akarsulara ulaştığı ve bu miktar ile fosforlu gübrelerin diğer tüm kirlenme kaynakları arasında en son sırada olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, fosfor nedeniyle ortaya çıkan su kirlenmesinin ana kaynağının %83'lük bir payla, endüstri ve kanalizasyon atık suları olduğu bildirilmektedir. Kentsel kökenli kanalizasyon sularındaki fosfatların ise %32-70'i deterjanlardan kaynaklanmaktadır. Bu verilere göre, tarım alanlarındaki yoğun yağışlardan sonra oluşan yüzey akışlarında fosfor yıkanmasının, oransal olarak diğer kirlenme kaynaklarına göre daha az olduğu söylenebilir.

### 3.11. Atmosferik Kirlenme

Atmosferde taşınan kirlenme bileşikleri gözden geçirmeden önce bunların atmosferde nasıl taşındıklarını belirtmek gereklidir. Atmosferik kirlenme zaman ve uzaklık (=taşınma uzaklığı) birlikte rol oynar. Bu durum su ile taşınmadan tamamen farklıdır. Taşınma hızları ve dağılım dereceleri hava ile taşınmada çok daha büyüktür. Gaz halinde bulunan kirlenme bileşiklerinin dağılımı düşük hava kolunun durağanlığı, rüzgâr hızı, havadaki türbülans olayları (karışım) bitki örtüsü ve bunun gibi meteorolojik koşullar ile kaynaktan uzaklaşma hareketleri ile olmaktadır.

Denizler, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve HNO<sub>3</sub> gibi asidik kalıntıları nötralize edecek kapasitededir. Denizlerin üst katmanlarında ve havada CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> ve buharlaşan hidrokarbonlar dengededir. Havada gaz halindeki bileşenlere

ilaveten önemli miktarlarda Pb, Se, Sb, Cu, Zn, Fe ve birçok element bulunur. En fazla taşıyım Kuzey Afrika'dan çöli rüzgarları ile ekvatoryal Atlantik'in geniş bir bölümünün üstünde yılda 30-500 milyon tondur. Dünya üzerinde bütün içimi sonucu 1 milyon ton/yıl ve aerosol 1 milyon ton/yıl olarak havaya karışır.

Atmosferik kirlenmenin en fazla etkisi karasal yüzeylerde görülür. Kirlenmeler yağmurlarla yıkanarak damlalarla ve partikül olarak yere ulaşır, daha fazla lokal etki yapar bu etki denizlerdeki etkisinden daha fazladır, çünkü taşınan partiküller denizlerde büyük ölçüde seyrek olur vertikal olarak zamanla dağılır. Avrupa ve Amerika'nın kıyı sularında kolayca bulunan hava ile taşınan başlıca kirlenmeler Hg ve Pb'dur.

Denizlere karıştıklarında su ile taşınan metaller deniz bitkileri yaşamını önemli ölçüde etkilemektedir.

### 3.12. Radyoaktif Kirlenme

Radyasyon, yaşayan organizmalarda hücrelerin biyokimyasal mekanizmasını etkiler. Bunun sonucunda, hücrelerin ve dolayısıyla tüm organizmanın yaşamını kaybetmesi söz konusu olabilir. Özellikle genler radyasyona karşı çok hassastır. Bu sebeple, bir hücre radyasyona maruz kalma sonucunda ölmese bile üreme yeteneğini kaybedebilir. Ya da genlerin mutasyonu sonucu cilt kanseri, lösemi gibi hastalıklar ortaya çıkabilir. Radyasyonun üreme hücrelerinde mutasyona sebep olması halinde bu etkiler nesilden nesile geçebilir. Radyasyona maruz kalmış ana babada doğrudan ortaya çıkmayan etkiler, gelecek nesiller için ciddi sonuçlar yaratabilir. Bu yüzden radyoaktivite açısından güvenli bir alt sınırın saptanamayacağı, radyasyonun en küçük dozlarla bile büyük zararlara sebep olacağı iddia edilmektedir. Yüksek dozda radyasyona uğrayan insanlarda kusma, ishal, iç kanamalar, ağız içi ve boğaz ağrıları, aşırı zayıflama ve kandaki akyuvarların azalması gibi belirtiler görülür (Anonim 1998b).

Radyasyonun yaşayan organizmalar üzerine etkisi, radyasyonu oluşturan izotoplara bağlı olarak değişir. Bazı izotoplar insan bünyesinde (kemik ve dokularda) birikim yaparlar ve bu yüzden biyolojik açıdan olağanüstü tehlikeler yaratırlar. Bu yüzden yüzeysel suların kabul edilebilir radyoaktivite değerleri saptanırken, izotop içeriğinde dikkate alınarak, standartlara çok düşük sınır değerlerin konulmasına çalışılmalıdır. Radyoaktif maddelerin olumsuz etkileri büyük farklılık gösterdiği için, bazı radyoaktif maddelerin bulunmaması durumunda standartları gevşetmek mümkün olabilmektedir.

Sulama suyunda radyoaktivite bulunması durumunda, radyasyona karşı daha dayanıklı olduklarından bitkiler üzerinde zararlı bir etki görülmez. Ancak radyonüklidler bitki hücrelerinde birikerek, bu bitkileri yiyen hayvan ve insanlar için büyük tehlikeler oluşturur. Doğal sularda bulunan en önemli radyoaktif maddeler uranyum, toryum, radyum, radon, stronsiyum, potasyum, karbon ve hidrojen'dir (Anonim 1998b).

Deniz ortamındaki radyoaktivite, organizmaları etkiler, balıklardan memelilere doğru gidildikçe organizmalar daha da hassaslaşır. Balık yavrularının ışınlarla maruz kalmasıyla oluşan zarar, biyolojik rezervleri önemli ölçüde azaltır (Anonim 1997a).

Radyoaktif maddeler deniz ortamında; çözülmüş halde, sert kayaların üst yüzeylerinde ve sedimentte doğal olarak bulunur. Deniz ortamındaki yapay radyoaktivitenin iki ana kaynağı vardır. Bunlar, nükleer silah denemelerinden oluşan deşarjlar ve petrol proseslerini ihtiva eden nükleer güç üretiminden kaynaklanan atıklardır.

Organizmalar tarafından radyonüklidlerin alımı, su, yem ve sediment yüzeyinden adsorbsiyon ile olur. Çizelge 3.34'de sucul organizmalarda, radyonüklidlere ilişkin derişim faktörleri sunulmuştur.

Çizelge 3.34. Sucul organizmalarda radyonüklidler için derişim faktörleri (Filla 1975).

Radyonükleid	Balık atındaki derişim faktörleri	
	Tatlısu	Denizsuğu
Sr-90	100	10
Cs-137	3000	1000
Ru-106	100	-
Mn-54	3000	1000
Zn-65	1000	5000
P-32	10.000	40.000
I-131	20	100

Yapay radyoaktivitenin deniz ortamına kontrolsüz girişı, nükleer silahların denemesi neticesinde olmaktadır. Son yıllarda nükleer denemeler azalmış olmasına rağmen parçalanmış radyoaktif maddeler nedeniyle, bu maddelerin kaybolma oranı giren radyoaktif madde miktarına hemen hemen eşittir. Bu şartlar altında okyanuslarda denenen nükleer silahların global kapsamı yıllık ortalama olarak büyük ölçüde aynı kalmaktadır. Nükleer güç denemelerinden kaynaklanan girdilerden aşığı yukarı 10 kat kadar fazla bir girdi nükleer silahların denemesi yoluyla olmaktadır. Nükleer silah denemelerinden kaynaklanan atık radyoaktif madde girdisi sıkı bir kontrolü gerekmektedir. Bu amaçla hazırlanacak özel mevzuat, halk sağığı açısından zararları önleyici olmalı ve deniz kaynaklarına en az zarar verecek şekilde düzenlenmelidir. Nükleer silah denemeleri neticesi meydana gelen radyoaktivite bu girdilerin deniz ortamına yayılmasıyla ilgilidir. Denizdeki nükleer deneme alanları civarındaki bölgelerde, bulunması muhtemel radyoaktif maddeler hariç bu maddelerin deniz ortamına bulaşması daha düşük seviyelerde olur. Nükleer güç üretimiyle ilgili olarak oluşan atık radyoaktif maddeler farklı noktalardan deniz ortamına boşaltılırlar ve derişimleri de daha yüksektir. Nükleer silahların denemesi daha düşük derişimler oluşturmalarına rağmen dağılımların geniş olması sebebiyle, deniz ortamında popülasyona yüklenen doz, önemli bir düzeyde olur (Anonymous 1978).

Akarsulara ve diğer tüm su kaynaklarına radyoaktif atıkların deşarjı temel ilke olarak istenmez. Bu tür deşarjların kaçınılmaz olduğu durumlarda, akarsudaki mevcut radyoaktivitelerin artmamasına dikkat edilmeli, mümkünse başka uzaklaştırma yolları düşünölmelidir. Standartlar titizlikle saptanmalı, sürekli analiz ve ölçümlerle bunların aşılmaması kontrol edilmelidir. Radyoaktivite riskinin olduğu durumlarda, kaza olasılıklarının minimum düzeye indirilmesi için azami çaba gösterilmelidir (Uslu ve Türkmen 1987).

Gelecek 20 yıl içerisinde birkaç yüz nükleer güç ünitesinin faaliyete geçmesi beklendiğinden sıkı bir şekilde kontrol ve denetleme yapılmalıdır.

### 3.13. Katı Maddelerde Kirlenme

Bu gruba denizde yüzer veya süspansiyon halinde kalan kalıcı plastikler ve diğer sentetik materyaller vb. girer. Ulaşım ve balıkçılık faaliyetlerinde karışıklığa yol açarlar (Anonymous 1976).

Yüzeyin altında kalan objelerinde balıkçılık faaliyetlerinde karışıklığa yol açtığı ve bazı durumlarda dip organizmalarının da etkilendiği bildirilmektedir. Gemilerden dışarıya atılan atıkların kontrol altına alınmasına yönelik koşullar, "Gemilerde Kirlenmenin Önlenmesi" konulu Uluslararası Kongre'de (1973) belirlenmiştir. Muhafaza kapları içerisindeki atıklar, suları 2000 m'den derin ve en yakın karaya uzaklığı 150 deniz milinden (1852 metre) daha az olmayan derin sulara boşaltılabilir (Anonymous 1976).

Plastiğin yakılması sırasında zehirli gazlar oluşur ve bunlardan hidroklorür yağmuruna birleşince ise, "asit yağmuru" meydana gelir. Bundan dolayı plastik ambalaj malzemelerini ve bunlardan biri olan PET'yi yakarak yok etmek mümkün değildir.

Bir su kaynağında yaşayan balık türlerinin veya aynı tür içindeki farklı büyüklüklerdeki fertlerin hepsi askıda katılara karşı aynı hassasiyette değildir. Ayrıca askıda katı maddelerin çeşidi de bu hassasiyet üzerinde, balıklara zararlılık açısından eşdeğer değildir. Bu bakış açısından dolayı su kaynağındaki askıda katı maddelerin miktarı ile o kaynağındaki balıkçılığın etkilenebilirliği arasında askıda katı maddelerin inert (kimyasal olarak nötr) veya etkisiz diğer su kalitesi kriterleri de aynı olmak şartıyla 4 grup altında toplanabilir.

- a) Askıda katı madde konsantrasyonu 25 mg/l'nin altında ise, bunun balıkçılığa herhangi bir olumsuz etkisi yoktur.
- b) Askıda katı madde, 25-30 mg/l arasında ise genellikle bu sulara iyi veya orta derecede bir balıkçılık beklenir.  
Diğer faktörler eşit ise böyle sulara (a) kategorisinde daha az verim alınır.
- c) Normal olarak sürekli 80-400 mg/l arasında askıda katı madde ihtiva eden sular iyi bir tatlısu balıkçılığı imkânı vermezler. Bu aralıkta askıda katı madde ihtiva eden sulara düşük düzeyde balıkçılığa rastlanabilir.
- d) Askıda katı madde miktarının 400 mg/l'nin üzerinde olduğu sulara, en iyi şartlarda bile, sadece çok zayıf düzeyde bir balıkçılık olabilir.

Balıklarda akut ölüme yol açan askıda katı madde değerleri oldukça yüksektir. Daha düşük konsantrasyonlarda ölümün gerçekleşmesi ise birkaç gün ile bir kaç ay süre boyunca balıkların bu konsantrasyona maruz kalmaları gerekir. Erozyonun neden olduğu suda askıda katı madde balıkların yaşama oranlarını azaltması ve ölüm oranlarını yükseltmesi genel bir durum olmakla birlikte bu etkinin şiddeti, etkiyi oluşturan etkili konsantrasyon çok sayıda faktörün etkisi altında ortaya çıkar. Askıda katı maddenin balıkların ölüm oranlarını yükseltmesi, balığın faktörün etkisi altında ortaya çıkar. Askıda katı maddenin balıkların ölüm oranlarını yükseltmesi; balığın türü ve maruz kalan fertlerin büyüdüğüne, askıda katı maddeyi oluşturan kompleks yapısına ve



kaynağına bağımlıdır. Balıklarda belli bir sürede ölüm görülmesi de solungaç epitelinin kalınlaşması, şişmesi ve solunum görevini yerine getirememesi ile sık sık karşılaşılr. Genel bir değerlendirme ile 200 mg/l'den daha fazla askıda katı madde ihtiva eden sularda balıkların ölüm oranlarının berrak sulardan çok daha fazla olduğu görülmüştür (Çetinkaya 1995).

Aşırı olmayan askıda katı madde derişimleri, eğer ortamda yeterli besin varsa, büyüme üzerine önemli bir etki yapmaz. Askıda katı maddenin beslenme ve dolayısı ile büyüme üzerine etkileri balığın bulanıklık nedeni ile bir süre yem almaması ve yemlerini temel olarak gövrek alan balık türleri için bulanıklığın oluşturduğu görüş mesafesi azalmasına bağılı olarak yemlerini bulup alamamasından ileri gelmektedir. Beslenme ve büyüme üzerine etkiler daha çok kronik karakterlidir.

Diatom toprağı kaynaklı 270 mg/l konsantrasyonda askıda katı maddeye maruz bırakılan gökkuşağı alabalıkların temiz suda tutulan kontrol grubuna göre çok daha yüksek oranda yüzgeç çürümesi hastalığına yakalanmaktadır.

Aynı balık türü ile yapılan bir deneyde 200 mg/l konsantrasyonda ahşap selüloz kaynaklı askıda katı maddede yüzgeç çürümesi görüldürken; 100 mg/l düzeyinde 18 ay sonra bazı semptomlar görülmüş, 50 mg/l dozda ve temiz suda tutulan balıklar hiçbir hastalık semptomu göstermemişlerdir. Askıda katı maddeler hastalık etmenlerini kolayca taşıyıp buluşmaya ve özellikle solungaçlarda hasara yol açmakta balıkların hastalığa yakalanma risklerini arttırmaktadır. Askıda katıların suda fazla olması balıklarda mantar enfeksiyonlarının oluşumunu ve yayılmasını kolaylaştırmaktadır.

Herhangi bir gölde veya akarsuda bulunan askıda katı maddelerin en belirgin belkide en olumsuz etkisi balıkların üremeleri üzerinde gerçekleşmektedir. Bu etki üreme öncesinde, üreme sırasında, bırakılmış ve döllenmiş yumurtaların embriyolojik gelişimleri esnasında ve yumurtadan çıkan nazik larvalar üzerinde gerçekleşebilmektedir (Çetinkaya 1995).

Askıda katı madde çökerek balıkların yumurta bırakmak için hazırladıkları veya doğal özellikleri itibarıyla yumurta bırakma alanını doldurursa balıklar buraya yumurta bırakmaz ve daha uygun yerler ararlar. Yumurta bırakılan yuvalar içinde bulunan yumurtalar silt ve kille örtülürse yumurtalarda çok yüksek oranda ölüm meydana gelir. Aşırı silt varlığında su kütlesine bırakılmış olan "pelajik" yumurtalar, oksijen ve atık gaz değışimi yapamaz ve gelişimini tamamlayamadan ölür. Balık yumurtaları üzerine silt birikimi, özellikle rezervuarlar ve baraj göllerinde, yumurta ölümlerini artırır, üreme başarısını düşürür. Üzerine günde 1 mm'lik siltasyonun gerçekleştiğı turna (*Esox lucius*) yumurtalarında yaşama oranı yalnızca %3 olarak belirlenmiştir.

Bitkiler üzerinde müstakilen (sudak ve sazan da olduğu gibi) veya jelatinoz bir kılıf vasıtasıyla (tatlısu levreğinde olduğu gibi) yapışmış olan yumurtalar askıda katı madde etkisi ile, yerlerinden düşebilir, bozulur ve ölürler. Askıda katı maddenin yüksek olduğu sular özellikle kuluçkahanelerde kullanılıyorsa, yumurtalar üzerinde oldukça etkili olan fungal hastalıklar yüksek oranda ölüme neden olurlar. Askıda katı madde yumurtadan henüz çıkmış ve hareket kabiliyeti kazanmamış prelarvalar üzerinde ve dış beslenmeye henüz

yeni başlamış post larvalar üzerinde direkt ve dolaylı etkilere sahiptir (Çetinkaya 1995).

Salmonidler tatlısudan denize doğru olan göçlerinde suyun bulanık olup olmamasından etkilenmezler ve denize olan göçlerine devam ederler. Ancak denizden üremek için tatlısuyla giren salmonidler, girdikleri nehir sisteminde bulanık olan ana nehir yerine daha berrak kolları girme ve buralara yumurta bırakma eğilimi gösterirler. Avrupa yılan balığı (*Anguilla anguilla*) bulanık sularda daha yüksek yoğunlukta tatlı sulara girer ve su berraklaştıkça göç yoğunluğu da azalır. Tatlı su balıklarından Büyük balıkta (*Barbus barbus*) bunun tersi gözlenir. Askıda katı madde artınca göç ve hareket yavaşlar.

Askıda katı maddeler beraberinde taşıdıkları bitki besin elementleri ile bu bitkilerin büyümesine bir taraftan katkıda bulunurlarsa da bulanıklığın daha da artması ışık yetersizliğini doğurur ve bitki büyümesi durur. Bitkilerin yok olması veya azalması bu bitkiler üzerinde yaşayan (epifit) ve balıklar için önemli besinler olan hayvan gruplarının da (su sümüklüleri, hirudinae vd) azalması veya ortadan kalkmasına neden olur. Ortamda fitoplanktonların artması balık besini olan bazı zooplanktonların miktarını artırır.

Askıda katı maddenin bir kaynaktaki balıkçılık üzerine etkisi tür kompozisyonunu yanında değerli balık türlerinin artması ve sözkonusu kaynaktaki balıkçılığın ekonomik önemini yitirmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bulanıklığa dayanamayan hassas türler (özellikle salmonidler alabalık, salmón vd.) azalır ve yok olur, bunun yerine daha dayanıklı ancak ekonomik değeri düşük veya değersiz türler (sazanğiller familyası üyeleri) kaynaktaki baskun olmaya başlar. Bu süreç sonunda kaynağın ekolojik dengesi de bozulur.

Balık üretim tesisine gelen sudaki çok yüksek derişimdeki askıda katı madde post larva dönemindeki balık yavrularını öldürür. Letal olmayan derişimler de tesis için zararlıdır. Daha düşük derişimlerde askıda katı madde tesise girecek olsa birikir ve çeşitli problemlere yol açar. Bünyesinde askıda katı madde taşıyan su kuluçkahane de kullanılıyorsa, yumurtaların üzerini kaplar, dış ortamla gaz değişimi engeller, yumurta ölüm oranı yükselir. Yumurtadan larva çıkışı olsa bile nazik yapılı larvanın organları zarar görür, larva ölür. Öldürücü konsantrasyonda olmasa bile bulanıklığa yol açan askıda katı maddeler, yem alımını engeller, bulanıklık sürdüğü müddetçe balık yem almaz, kondüsyonları düşer, büyüme geriler.

Sudaki askıda katı madde; işletme havuzlarının giriş çıkışlarına zarar verir, filtre sistemlerini tıkar, çalışmaz hale getirir. Havuzlarda girişlerin tıkanması balık ölümlerine yol açarken siltasyon nedeniyle çıkışlar (savaklar) tıkanacak olursa havuzlar taşar, etrafa zarar verir, balıklar kitle halinde tahliye kanalına oradan da akarsuya kaçarlar, büyük ekonomik kayıp meydana gelir.

Su içindeki organik kaynaklı askıda katı madde ise, sadece fiziksel zararlara yol açmayıp, havuzlarda etkili oksijenin kaybına ve balık ölümlerine de yol açar. Alabalık ve Salmón balıklarının emniyetli olarak üretilip, büyütülebilmesi için işletmede kullanılacak suyun askıda katı madde derişimlerinin 25 ml/l'yi geçmemesi EIFAC (Avrupa İçsu Balıkçılığı Danışma Komitesi) tarafından kalite standardı olarak belirlenmiştir.

Askıda katı maddenin av araçları üzerine etkisi, bu araçların yıpranmalarını ve etkinliklerinin azalması, avlanma üzerine etkisi ise uygulanan metotla yeterli balığın avlanamaması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Su

bitkilerindeki aşın artış navigasyon ve avlanmayı olumsuz yönde etkiler. Bu etki fiziksel olarak araçların fonksiyonunu yerine getirememesi, bulanıklık nedeni ile ava çıkamama, balık davranışlarında değişme (sürünün dağılması, göçün durması, hiyerarşi bozulması, beslenmenin durması) gibi sebeplere bağlı olarak ortaya çıkabilir. Elektrikle avcılık metodları aslında katı maddenin yüksek olduğu sularda kullanılmaz, metod etkili ve sağlıklı çalışmaz (Çetinkaya 1995).

### 3.14. Yetiştiricilikten Kaynaklanan Kirlenme

Balıkların ve kabukluların yoğun yetiştiriciliği yetiştirdikleri alanların çevresel koşullarını da önemli derecede etkiler. Birçok yetiştirici uygun olmayan çevresel koşullar, teknolojik başarısızlıklar ya da deneyim eksikliği nedeniyle iç kirlenme sebebi olurlar. Kirlenmenin boyutları (önemi) yoğunluk, besleme tarzı sıcaklık, su kalitesi ve işletmecilik gibi faktörler, kültüre alınan türler ve uygulanan yetiştiricilik tekniğine göre değişecektir.

Türkiye'deki yetiştiriciliğin büyük bir kısmı düşük kapasiteli, geleneksel ve düşük yoğunluktadır. Bunlar kolaylıkla muhafaza edilebilir özellikte ve nadiren büyük etki sorunu yaratmaktadır. Kaynakların rekabete dayanan kullanımı ve pazar kuvvetinin zorlaması nedeniyle büyük alanlara ve yoğun üretime doğru kayma vardır. Yoğun yetiştiricilik birçok ülkede (Asya ve Kuzey Avrupa'da) çok büyük etkiler yaratmıştır.

Çoğunlukla yetiştiriciliğin zararlı etkileri olduğu varsayılır, fakat aslında bazı yararlı etkileri de vardır. Örneğin yetiştiricilik, besin, iyileştirilmiş gıda, gelir ve istihdam yaratılması, primer üretimin çeşitlendirilmesi ve döviz girdileri sağlar. Ayrıca stoklama ile ticari balıkçılığın düşük büyümesini telafi etme ve kuluçka kaynaklı yavrunun "doğaya (içsu ve kıyı sularına) bırakılmasıyla" bu tip balıkçılığın desteklenme potansiyeli vardır.

Yetiştiricilik iyi kalitede suyu gerektirdiğinden su kirliliğinin kontrol edilmesi ve önlenmesine katkısı vardır. Bazı durumlarda ötrofik sularda mollusk yetiştiriciliği besin elementi ve organik zenginleşmeye karşı koyabilir. Oligotrofik sularda verimlilik aksine artabilir ve bu balık türü için iyi olmaz. Kara orijinli yetiştiricilik projeleri diğer amaçlar için kullanılmayan yerlerin daha iyi değerlendirilmesini sağlar. Faaliyetin zararlı etkisi; planlama kontrollerinin eksikliği, kötü ve dağınık yönetim ve yerlerin çevre ile uyumluluğunun hesaba katılmaması nedeniyle ortaya çıkar.

Yetiştiriciliğin su ortamı üzerindeki etkileri ,

1. Alıcı sedimentlerin organik zenginleşmesi,
2. Su kalitesi, besin maddesi bakımından zenginleşme ve alg patlamaları,
3. Yabani balık stokları, yabani hayat, nadir türler, hastalık, transfer ile ekolojik / biyolojik etkileşimler ve besin ağı etkileşimleri,
4. Hidrolojik düzen, drenaj, fiziki yapıların rahatsız edilmesi ile habitatın bozulması, rahatsızlık ve artık boşalmaları,
5. Kimyasal maddelerin kontrolsüz kullanılması,

olmak üzere beş grupta toplanabilir.

### 3.14.1. Alıcı sedimentlerin organik zenginleşmesi

Yetiştiricilikten ileri gelen partikül atıklar organik ve inorganik tabiattadır. Organik atığın kaynağı artık yemler ve tank veya kafeslerde tutulan balıkların dışkısı, ip veya salda üretilen midyenin biyodepozisyonlarıdır. Kafesler, saialar ve ip (halat) yetiştiriciliği mevcut akıntının yönünü, dolayısıyla alanını sediment birikimi ve erozyon desenini değiştirebilir. Böyle birikimin alıcı ortamın biyokimyası ve tür çeşitliliğine derin etkisi olabilir.

Toplanan artık maddenin miktarı türe, yem tipine, kalitesine ve yemleme düzenine bağlıdır. Daha az fosfat içeren kuru yemler şimdiki su yüzeyinde kalacak şekilde imal edilmektedir. Artık balık ve nemli yemlerin kullanılması da fazla artışa neden olur. Çift kabuklu yetiştiriciliğinde 1500 m<sup>2</sup>'lik alanı kapsayan üretim çiftliğinde 10 ton kuru madde (10 ton / dönem) üretildiği hesap edilmiştir. Yerlerin biyodepoziteye maruz kalması nedeniyle Fransa'da midye ve istiridye çiftçilerinin %30'u işlerini terketmek zorunda kalmışlardır. Balık işleme fabrikalarından kaynaklanan atıklar da mevcut olabilir. Ünitelerin büyüklüğüne bağlı olarak üzere, kuluçkahaneler askıda organik katıların artmasına neden olurlar.

Organik atıklar, kumsal üzerinde yavru bakım ünitesinin dışarıya su atılmasında kullanılan boruların ucunda ve karadan uzaktaki kafeslerin altında birikirler. Avrupa'da yapılan çalışmalar, yetiştiriciliğin en büyük etkileri olarak organik atık yığılmasını konusuna ışık tutmuştur. Etkiler doğrudan deniz dibi sedimentlerinin havasız bırakılması ve dolaylı olarak sisteme geçen organik karbondan (% OC) ileri gelir.

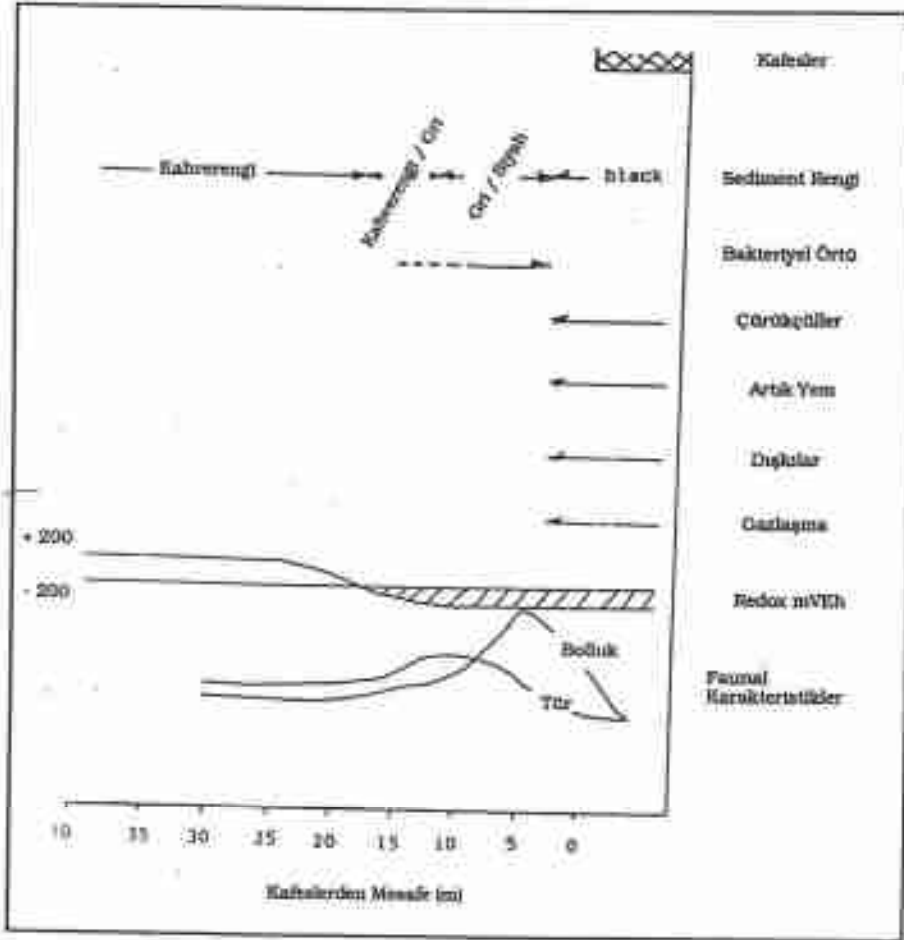
Organik atığın ekosisteme girmesiyle, bir seri kimyasal ve biyokimyasal olaylar olabilir. Ölü bitki ve hayvanlar doğal olarak sisteme giren karbon, mikroorganizmaların aerobik topluluklarını destekleyebilir. Bu, makro-omurgasız ve balıklara yönelik besin zincirinin temelini oluşturur. Zemine çöken herhangi fazla karbon mevcut oksijeni tüketir ve sedimentler yavaş yavaş anoksik (oksijensiz) hale gelir. Mikroflora, oksijensiz türlere değişir; metan ve hidrojen sülfid, bakteriler ortaya çıkar. Ağır bir şekilde etkilenmiş olan sedimentlerde, redüksiyon (indirgeme) ve oksidasyon potansiyeli (Eh) (milivolt olarak ölçülür) negatif değerlere düşer, %OC seviyeleri ve hidrojen-sülfid üretimi ortamın genel değeri üzerine çıkar. Üstteki suyun CO seviyesi düşer ve CH<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>S üretimi ile gazlaşma başlar. Deniz mantarı ve bakteri örtüsü, etkilenen alanı ve civarını örter ve sedimentler anoksik hale gelir.

Diğer organik girdilerin (evsel atıklar) etkisi de benzer sonuç verir. Yoğun toplanmanın olduğu kafes altında birkaç seri etkilenmiş zonlar ayrılabilir. Kafeslerin altında metan ve sülfid üretimi, %OC (organik karbon) artar, oksidasyon potansiyeli düşer ve makrobenthos ölür. Bu alanın dışında, diğer türlerle olan rekabet ortadan kalktığından, polichaetlerin hakim olduğu başka bir zon gözlenir. Bu alanda karbon üretimi ile alımı (tüketimi) atbaşı gider, bu nedenle anoksia ve sülfid üretimi o kadar belli değildir.

Bu alanın dışında ise biyositümülasyon zonu yer alır. Bu zondaki koşullar genel ortamından daha fazla çeşitlilikteki türleri destekleyebilir. Bu zonun dışında "normal" zon yer alır ve "normal" bentik koşullar görülür. Çiftlik büyüklüğü ve hidrografiye bağlı olarak ana etkinin görüldüğü alan 30 m sının

içinde kalır. Korunmuş, sığ ve su yenilenmesinin zayıf olduğu yerlerde tahribatin boyutu daha yüksek olabilir.

Kafes yetiştiriciliği ve kuluçka kaynaklı askıda partikül maddeleri deşerj prosesi ve yemleme sırasında görsel bulanıklığa sebep olabilir. Akdeniz'de, askıda katı seviyeleri son derece düşüktür ve bu şekilde muhafaza edilmelidir.



Şekil 3.1. Kafeslerin altında organik girdinin etkilenmiş olduğu zonlar (Anonim 1993a).

Kıralanmış alanın dışında görülebilir bulanıklığa ve genel ortamından %20 daha yüksek katı seviyesine izin verilmemelidir.

Tahribata uğrayan deniz zemininin eski normal haline gelebilmesi 2-10 yılda olur. Zarar geri dönüşüdür fakat tekrar kafeste yetiştiriciliğe başlanması halinde etki çok daha süratli olur.

Yetiştiricilikten kaynaklanan organik madde yükünün sediment ve orunla temas eden suda yarattığı değişimler ile makrofaunal topluluğun yapısındaki değişimler İskoçya'nın batı kıyılarındaki bir salmon kafes çiftliğinde incelenmiştir (Çizelge 3.35). Kafes çiftliğinin bulunduğu alanda altı istasyon belirlenmiş, bu istasyonlardan aylık ve üç aylık olmak üzere Şubat ayından Ağustos ayına kadar örnekler toplanıp analizler yapılmıştır. Yüzer kafesler altında belirlenen ilk istasyonda (B1 = 3 m) sedimentle temas eden sudaki çözülmüş oksijen içeriği %35 - 75 doygunlukta tespit edilmiştir. Kafesten 15 m'de sonra oksijen içeriği artmış, oksijen doymuşluğu %50 - 85'e yükselmiştir. Sediment redoks potansiyeli ve tabanda oksijen içeriği mevsimsel bir değişim göstermiştir. Balık çiftliğinin bulunduğu bölgedeki bentik fauna üzerindeki değişimler; türlerin sayısı, yoğunluğu faunal sıklık ve biyomas açısından incelenmiştir. Organik atığın yoğun bulunduğu bölge kafeslerden 8 m uzaklıkta tespit edilmiş ve burada *Capitella capitata* ve *Scolecoparis fuliginosa* türlerinin dominant olduğu belirlenmiştir. Hafif bir zenginleşme gösteren 25 m içindeki zon "Geçiş zonu" olarak tanımlanmıştır ve 25 m'den sonra "Açık / temiz zon" başlamıştır (Brown ve ark. 1987).

Çizelge 3.35. Bir salmon kafes çiftliğinde bentik faunaya ilişkin veriler (Brown ve ark. 1987).

Grup	İstasyonlar				
	B1	B2	B3	B4	B6
Biyomas (g/m <sup>2</sup> )					
Polychaeta	85,96	107,61	67,95	99,90	68,09
Mollusca	0,17	84,41	1,55	16,91	47,28
Echinodermata	0,14	10,48	3,93	8,24	2,63
Crustacea	0,00	0,07	2,23	1,11	0,02
Toplam biyomas	86,97	205,62	82,27	150,74	127,76
Bulunma sıklığı (birey sayıs/m <sup>2</sup> )					
Polychaeta	1358,9	2568,5	762,3	632,8	657,9
Mollusca	0,4	292,4	171,4	336,0	363,1
Echinodermata	0,0	18,7	11,4	26,7	2,4
Crustacea	1,4	9,0	26,7	36,4	4,7
Toplam bulunma sıklığı	1361,1	3167,3	1012,9	1107,5	177,2
Türlerin sayısı					
Polychaeta	8	36	33	34	27
Mollusca	1	9	8	7	13
Echinodermata	0	3	4	4	3
Crustacea	2	2	4	3	3
Türlerin toplam sayısı	12	60	58	58	54

Organik atıkların birikimi;

- Çözülmüş oksijence fakir, besleyici elementlerce zengin dip sularının yüzeye doğru çıkması (upwelling) ve balık sağlığını tehdit etmesi,

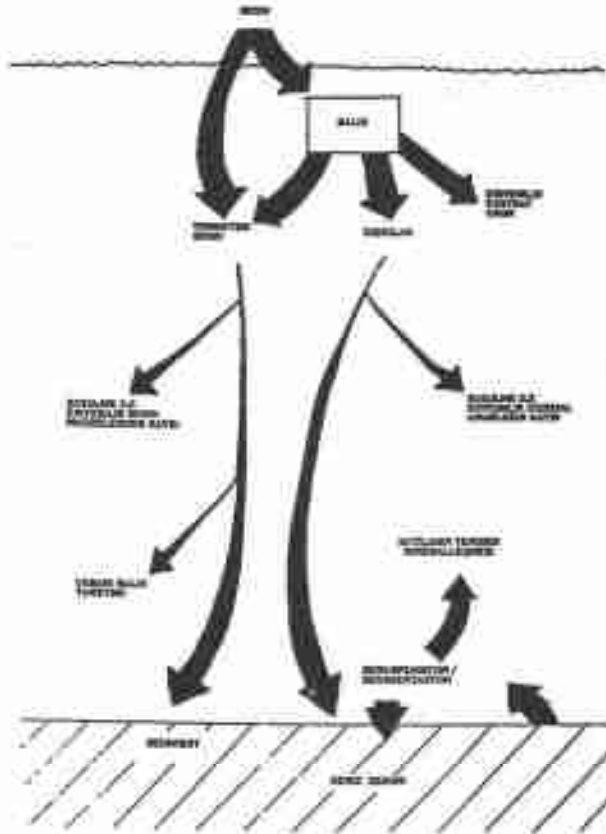
- Sedimentte hidrojen sülfür bileşiğinin yoğunlaşım, suya doğru gaz kabarcıkları şeklinde yükselmesi sonucu balıkların solungaçlarında şiddetli tahribatlar gibi balıklar üzerindeki zararlı etkileri sebep olur.

Japonya'da yapılan bir araştırmada, sedimentin kimyasal yapısı ile balık ölümleri arasında bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir. Bu ilişki aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir.

$$EI=(TS/DO)\times 100$$

Burada; Çevresel İndeksi, TS: Sedimentteki sülfid derişimini (mg/g), DO: Sedimentle temas halindeki suyun çözünmüş oksijen derişimini (mg/l) göstermektedir.

Arizona ve Suizu adlı araştırmacılar, stoğun %1'den fazlasının öldüğü san kuynuk kafes çiftliklerinde çevresel indeksten (EI) yararlanarak yaptıkları bir çalışmada sedimentin kimyasal yapısı ile hastalıkların çıkışı arasında bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir (Genç 1997) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kafesten gelen atığın su içindeki yollarının gösterilmesi (Anonim 1993a).



Yetiştiricilik yapılan bir bölgede balık kafesleri kaldırıldıktan sonra sedimentte organik madde birikiminin 4-6 ay içerisinde durduğu, sedimentin ve onunla temas halindeki suyun kimyasal yapısının çiftlik kurulmadan önceki durumuna yaklaştığı belirtilmiştir. Sedimentin kimyasal yapısında tam bir dönüşüm olmasına karşın, bentik faunada fırsatçı türlerin halen dominant durumda olduğu görülmüştür. Tam bir dönüşümün, makrofauna topluluğun tür sayısına ve bölgesel faktörlere bağlı olarak 2-10 yıl arasında sürdüğü belirtilmektedir ( Lumb 1989; Genç 1997).

Yoğun kafes yetiştiriciliğinde özellikle organik atıkların çevre üzerine yoğun etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Ancak bu etkinin diğer kirlenici kaynaklarla karşılaştırıldığında daha az öneme sahip olduğu ve geri dönüşümlü bir karaktere sahip olduğu da kaydedilmiştir. Kuzey Avrupa ülkeleri baz alınarak yapılan bir araştırmada farklı kirlenici kaynakların suya verdikleri azot ve fosfor yükü Çizelge 3.36'da gösterilmiştir ( Enell ve Ackefors 1991).

**Çizelge 3.36.** Kuzey Avrupa Ülkelerini çevreleyen deniz ortamına ( Bothnia Körfezi, Kattegatt ve Skagerrak Boğazı ) farklı aktivitelerden gelen yıllık azot ve fosfor yükü ( 1987-1989 yılları arasında ) ( Enell ve Ackefors 1991).

Kaynak / Aktivite	Azot		Fosfor	
	(Ton / Yıl )	(%)	(Ton / Yıl )	(%)
Tarımsal	607.800	38,0	12.800	16,7
Orman ve ormancılık	87.600	5,4	3.600	5,25
Evsel	214.600	13,3	33.700	49,1
Endüstriyel	32.800	2,03	6.600	9,6
Sucul ortamdaki farklı aktiviteler ( Yetiştiricilik dahil )	88.200	5,5	5.100	7,4
Atmosferik depozisyon	448.000	27,7	8.700	9,8
Azot fiksasyonu	134.000	8,3	-	-
<b>Genel Toplam</b>	<b>1.613.100</b>		<b>68.500</b>	

### 3.14.2. Su kalitesi üzerine besin elementi zenginleşmesinin etkileri

Yetiştiriciliğin devam ettirilmesi için iyi su kalitesi koşuldur. Çözünmüş oksijen (ÇO) miktarı optimal, dışkı bulaşması düşük, besin elementi ve askıda katı madde seviyeleri normal olmalıdır. Metal, pestisit ve petrol, sanayi ve tarım kaynaklı kirlilik kabul edilemez.

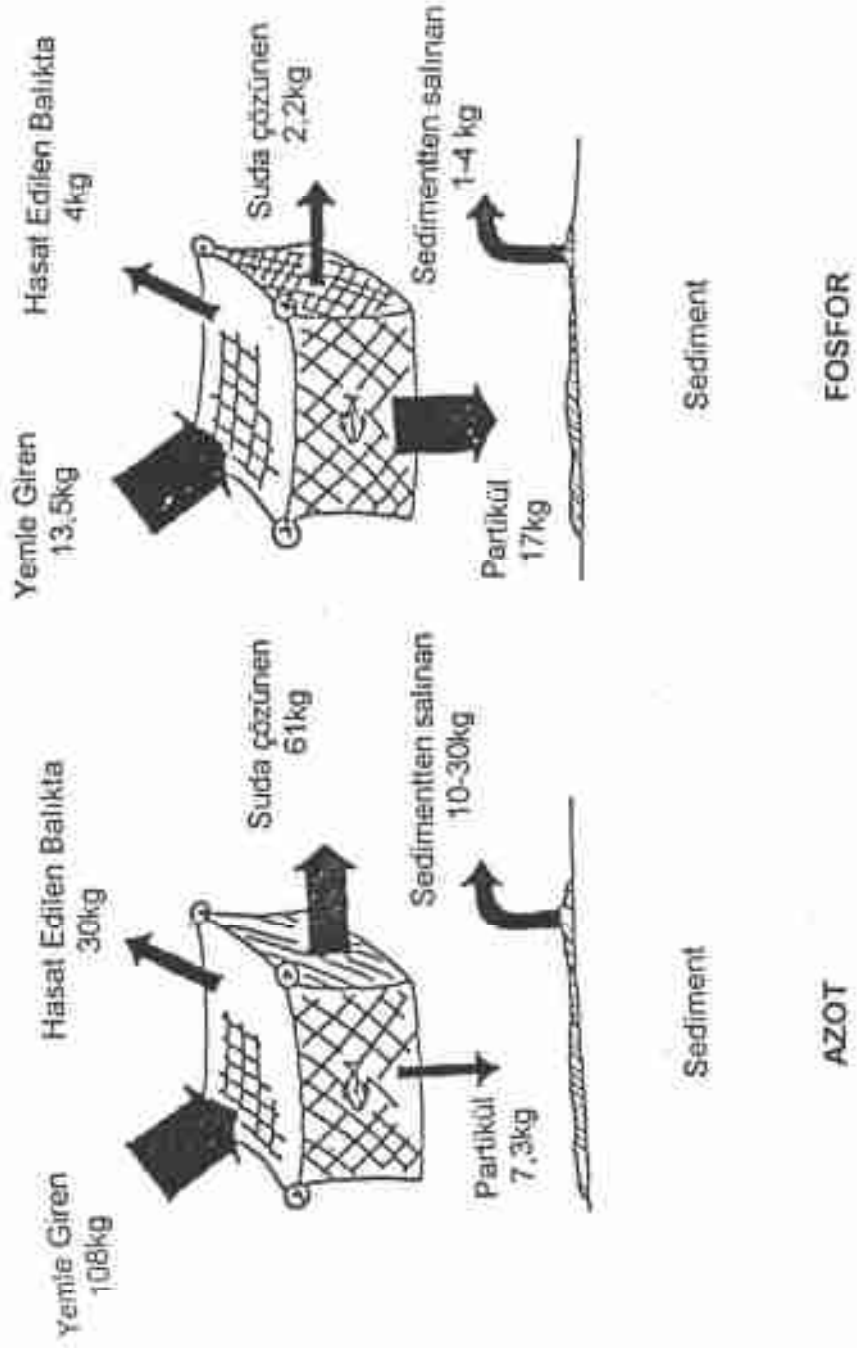
Çözünmüş besin elementlerine  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $SiO_2$ ,  $PO_4$  ve vitaminler dahildir. Bu maddeler; yenilmeyen yem, besin atığı ve boşaltım ürünleri; kuluçkahane, kafesler ve verimliliği artırmak için sanayi ve hayvan gübrelerinin kullanıldığı havuzlardan ortama girer. Kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği ortama besin elementi vermez. Süzerek beslendiklerinden aksine kabuklu su ürünleri tüketici olabilirler. Besin elementleri sedimentlerden tekrar çözünebilirler ve havuzların boşaltılması (hasat) ve temizlenmesi sırasında en fazladır.

Aşın beslemenin yabancı popülasyonlara etkisi bilinmemektedir. Genel olarak, besin elementi yükselmelerinin (upwelling) ve primer üretiminin arttığı bölgelerde, balık üretimi artış gösterir.

Ne kadar dikkatli olunursa olunsun yetiştiriciliği yapılan tür, kuluçkahane, havuz ve kafes sistemlerinden kaçır. Bu kaçan türlerin bazıları yabancı ortamda (doğada) tutunabilir. Yerli türlerle rekabet başlar ve bu beslenme alışkanlıkları ile işgal edilen ekolojik nişe bağlıdır. Kaçanların yabancı hayvanlara döli vererek daha kuvvetli olan yabancı gen havuzunu sulandırmasından korkulmaktadır. Ardaşık çiftlikte yetiştirilen jenerasyonlar, kültürü yapılan ve yabancı stoklar arasındaki farklar daha belirgin hale gelir. Kuluçka kaynaklı balığın doğada daha az yaşama şansı vardır. Bazı çiftçiler bu riski azaltmak için yetiştirilen balık ile yabancı balık arasında yapılan çaprazlamalardan yararlanırlar.

Kültürü yapılan balıklar için en önemli hastalık nedeni doğadaki yabancı balıklardır. Yoğun yetiştiriciliği yapılan türler hastalık yayarlar. Doğal büyümede inhibitörlere ve antibiyotiklere direnç kazanılması yaygındır ve bundan korkulmaktadır. Bu sahada çok daha fazla araştırmaya gereksinim vardır.

Su sütununda besin elementi seviyelerinde ölçülebilen artışlar aşın beslenme olarak ifade edilir. Bu primer (birincil) üretim artışına neden olursa ötrofikasyondan söz edilir. Kaydedilen çoğu ötrofikasyonlar başlıca deşarj ve sanayi kaynakları gibi sosyal kaynaklarla ilişkilidir. Bunlar sahil sahanlık suları ile sınırlanmıştır. Yetiştiriciliğin bundaki rolü az ve lokaldır, ama su yenilenmesi düşük olan kapalı koy ve lagünlere dağılımları dikkatle ele alınmalıdır.



Şekil 3.3. Entansif kafes yetiştiriciliğinden çevraye verilen azot ve fosfor yükü (kg/ton balık/yıl) (Enell ve Ackefors 1991).

Su kolonundaki fazla besin elementleri,

1. Primer üretimini (fitoplankton mevcut stokları) etkileyen besin dengesizliği, Ötrofikasyona yol açan hipemutrikasyon, benthosun potansiyel anoksiya ve modifikasyonuna.
2. Doğrudan zehirliliğe ve akut rahatsızlık kültürü yapılan balık, insan ve diğer canlıların ölümüne neden olabilen fitoplankton patlamalarına,
3. Balık rahatsızlığı ve boğulmasına neden olur.

Kuzey yarımküresinin ılıman kuşak sularında primer üretimi (fitoplankton büyümesi) sınırlayan fazlalık organik nitrojendir. Akdeniz ve Ege Denizi'nde diğerlerine kıyasla, çözünmüş besin elementi seviyeleri dolayısıyla verimlilik de düşüktür. Herhangi bir aşın besin derecesi girdi miktanna, alıcı su gövdesinin hacmine ve onun açık su ile su değişim oranına bağlıdır. Tabakalaşma ve dispersiyon ayrıca önemlidir. Aşın besin riskinin olduğu, örneğin, lagünler, koylar ve su değişiminin sınırlı olduğu yerlerdir.

Avrupa'da yapılan çalışmalar balık çiftliklerinin çevresini aşın besin yeri olarak saptamıştır. Fitoplanktonun besin elementlerini değerlendirilmesi (kullanılması) bulanıklık, akıntılar ve (su) yenilenme zamanı tarafından etkilenebilir. Fiyort ortamlarında bazen artan amonyum seviyelerine rastlanır. Ormancılık, çiftçilik, evsel ve sanayi artıkları girdileri nedeniyle Avrupa'da sahil sularının sıklıkla ötrofik olduğu rapor edilmektedir. Benzer sorunların Akdeniz'de Yunanistan, İspanya, Fransa, İtalya ve Afrika sahillerinde de başladığı saptanmıştır. Bu etkilerin açık sahil mesafesi ile hafifletildiği ve şimdilik lokal (yerel) sorun olarak kaldığı görülmektedir. Eğer kontrol edilmezse yetiştiricilik projelerine geri tepmeli olumsuz etkilerde olacaktır. Bu alg patlamaları ve red-tide frekansında artış şeklinde bir gelişmeye neden olabilir. Alg patlamaları gelişmesini harekete geçiren neden iyi anlaşılammıştır. Yetiştiriciliğin doğrudan alg patlamasına neden olduğuna dair bir işaret yoktur. Eğer durumlar uygunsa, alg patlamasının gelişmesine izin veren birçok faktör vardır. Yetiştiricilikten ileri gelenler de dahil, besin elementi girdilerindeki artışın uzun dönemde fitoplankton dengesinde değişikliğe neden olacağı varsayılmaktadır. (Anonim 1993a).

Alg patlaması gelişirse, yetiştiricilik için sorunlar ciddi olabilir. Embriyo veya yavru evreleri özellikle risk içindedir. Kafesteki balıkların ve askıdaki kabuklu solungaçlarının havasız kalması veya tıkanması hasara neden olabilir. Havuzdaki alglerin çürütmesi suda oksijen azalmasına ve çözünmüş oksijendeki günlük iniş çıkışlara neden olur. Belli bölgelerde büyüyen midyeleri yiyen insanlarda Paraleltik Kabukluluk Zehirlenmesi (PSP) ve Diarhetik Kabuklu Balık Zehirlenmesi (DSP) görülebilir. Su kalitesinin toksik alg patlaması ile olan ilişkisi ise çok az anlaşılmıştır.

Herhangi bir alg patlaması çözünmüş oksijen seviyelerini etkiler, stresi artırır ve hastalığı davet eder. Lokal olarak alg patlamasının etkisi, deniz zeminini boğması (havasız bırakması), balık ve omurgasız yumurtalarının toplu halde ölmesi şeklindedir. Algler tanklara ve kuluçkalık filtreleri içine de girebilir. Kafes içinde tutulan balığın rahatsız olması ve ağın tıkanması da bir sorun haline gelebilir.

Amonyanın iyonize olmamış ( $\text{NH}_3$ -gaz) formu balık ve kabuklu balıklar için zehirlidir. Bu tür yerler aşırı kontaminasyona uğramıştır ve yetiştiricilik projeleri için zaten uygun değildir. Ancak, kirlenen dalyanlar kanalı ile göç eden türler için riskli olabilir.

### 3.14.3. Yabani balık stokları, yabani hayat

Yetiştiricilik gelişmeleri ve gelişmelerinden etkiler habitat ve duyarlı türlerin rahatsız edilmeleri, kültürü yapılan türler üzerinde predasyon, tehdit edici türlerin işletmeciler tarafından yok edilmesi ve madde (substrat) değişimlerinden ileri gelir.

Sıklıkla yetiştiricilik faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlar yabani hayat bakımından zengindir. Sazlık yerler kuşlar, memeliler, amfibiyonlar ve ayrıca bitkiler için benzersiz ortam oluştururlar. Bu yerler ayrıca balık ve kabuklu balık kuzuluk yatakları, sahil üreme yatakları, kuşların çoğalma yatakları ve uçuş yolları olarak da önemlidir. Birçok sahil kaplumbağaları için üreme alanlarıdır.

Kuş, memeli veya bitki türleri olsun yabani hayat üzerine olan etki benzerdir. Sal, kafes veya açıkta tankları kullanan yetiştiricilik gelişmeleri, korunma yerleri, atık besin ve yabani balık toplanmaları nedenleriyle kuş gibi predatörleri, memelileri ve diğer balıkları cezbeder.

Kuşların yetiştiriciliğe etkisi önemli olabilir. Yılda bir pelikan 1-3 ton, 10 çift karabatak 4-5 ton balık yiyebilir, balıkçı havuzdaki yavru ve gençlerin %30'unu tüketebilir. ABD'de balıkçıların 100 kg/yılı tükettiği kaydedilmiştir. Keza bunlar havuzdaki karidesleri %75 azaltabilir.

Memelilerden ileri gelen kayıpları anlamak zordur, fakat bazı ülkelerde, su samuru ve fok predasyonu olduğu saptanmıştır. Yetiştiriciler kendileri için tehdit unsuru olan memelileri öldürerek veya tuzağa düşürerek ortadan kaldırmaktadırlar. Halbuki fok belki de kafeslerin açığında normal olarak yabani balıklara besleniyor olabilir. Kuzey Avrupa'da fok tahribata neden olmuştur, fakat yeterli araştırma olmadığından derecesi bilinmemektedir. Bunlar ağları parçalayabilir ve direkt kayıplara neden olabilir ve muhtemelen hastalık getirebilirler.

Çizelge 3.37. İşlenmiş evsel atıklar ile balık çiftliği atık değerleri (Anonim 1993a).

Parametreler	Balık çiftliği atığı	Evsel atık
BOD (mg/l)	1-2	300
N (mg/l)	0.8	75
P (mg/l)	0.05	20
SS (mg/l)	1-3	500

### 3.14.4. Kimyasal maddelerin kontrolsüz kullanımı

Balıkların; bakteriyel, viral hastalıkları ve parazitleri ile profilaktik amaçlı tedavide kullanılan ilaçlar ve kimyasallar, uygulama şekillerine bağlı olarak (yeme karıştırılarak, banyo, sprey, enjeksiyon v.b.) doğrudan tüketilmeyen yemle veya dışkı ile alıcı ortama geçerler. Bu maddelerin alıcı ortam ve üretimi yapılan balıklar üzerinde etkileri, kalıcılıkları ve biyolojik birikimleri tam olarak

bilinmemekle beraber, uygulanan maddenin konsantrasyonuna, uygulama süresine, su kalitesine ve balık türüne göre değişim gösterdiği bildirilmektedir (O'Sullivan 1992).

Antibiyotik kullanımına ilişkin yapılan çalışmalar uygulanan antibiyotiklerin aktif içeriklerinin sadece %20-30'unun balık tarafından alındığını kalan kısmının ise su içine bırakıldığı belirtmektedir (Anonim 1993a).

**Çizelge 3.38.** Su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan kimyasallar, (Anonim 1993a).

Madde	Ana kullanıcılar	Kullanış amaçları
Formalin	ABD ve İngiltere	(P, D)
Nuvan (Dichlorvos)	ABD ve İngiltere	(P)
Ivermectin	İngiltere	(P)
Tuz	Tüm dünyada	(P)
Malaht yeşili	İngiltere	(P, F)
OTC	ABD ve İngiltere	(AB)
Sülfonamidler (Fosmet 30, Orotomeprim, Sülfadimetoksin, Sülfamerazın)	ABD ve İngiltere	(AB)
Furazolidon	İngiltere	(AB)
Oxolinik asit	ABD ve İngiltere	(AB)
Benzocaine	İngiltere	(A)
MS 222	ABD ve İngiltere	(A)
Kalsiyum hipoklorit	ABD ve İngiltere	(WT, D)
Iyodoforlar	İngiltere	(WT, D)
Potasyum permanganat	ABD ve İngiltere	(WT, D)
Bakır sülfat	ABD ve İngiltere	(WT, D)
TBT	ABD ve İngiltere'de kullanımı yasak	Antifoulant
Bakır (Elementel)	ABD ve İngiltere	Antifoulant
Bitümen	İngiltere	Antifoulant
Metil testosteron	İngiltere	(H)

P : Parazitik , H: Hormon , AB : Antibiyotik , A : Anestezik ,  
WT : Su arıtımında , D : Dezenfektan , F : Anti fungal

Kupka adlı araştırmacı, Norveç' de oxytetracycline ve oxolinik asitle yaptıkları bir çalışmada bu antibiyotiklerin uygulamadan sonra 7 hafta kadar formlarını kaybetmeden kafeslerin altındaki sedimentte kalabildiklerini belirtmiştir. Dungan, Jacson ve Buncharan'a göre balık parazitleri ile mücadele amacı ile kullanılan Nuvan, Ivermectin v.b. gibi insektisitlerin (deniz bitine

karşı) balık ve kabuklular için toksik etki yarattığı ve balıkta strese neden olduğu bildirilmiştir. Bunların ekolojik etkileri, diğer deniz canlıları üzerine etkileri, parçalanma süreçleri ve yarılanma zamanları üzerine çalışmaların halen sürdürüldüğü de vurgulanmaktadır (Genç 1997).

#### a) Yem katkı maddelerinin etkileri

Vitaminler, mineraller, hormon ve pigmentler yetiştiriciliği yapılan canlıların gerek sağlık ve metabolizmalarının, gerekse verimlerinin düzenli bir gelişme takip edebilmesi için yemin içine ilave edilen katkı maddeleridir.

Vitaminler temel besleyici elementlerdendir. Vitaminlerden biotin bazı mikroalg türlerinin (*Prymnesium parvum*) büyümelerini uyarır, alg patlamalarına neden olur ve su kalitesini bozarak canlı organizmaların yaşamını olumsuz yönde etkiler (Gowen ve McLusky 1988).

Canthaxanthin ve Astaxanthin gibi karotenoid maddeler ise balık etine pembe renk vermek amacı ile özellikle salmone pelet yemlerine ilave edilmektedir. Ancak A.B.D 'de Canthaxanthin'in kanserojen etkisinin olduğu belirtilmiştir ve yeme katılmasına sınırlamalar getirilmiştir. Altı ayın üzerindeki salmone ve alabalıkların yemlerinde maksimum Canthaxanthin seviyesinin 80 mg/kg, Astaxanthin' in ise 100 mg/kg olarak belirlenmiştir (O'Sullivan 1992 ).

#### b) Alet ve ekipman üzerinde kullanılan kimyasal maddelerin etkileri

Ağ ve kafes ekipmanlarında biriken canlı organizma yükünden kurtulmak ve devamlı su akımını muhafaza etmek için kullanılan antifoulantlardan TBT ( Tribütillen ), bakır (elementel) ve Bitumen'in, yanıkpalı ve su değişiminin sınırlı olduğu koylarda deniz canlıları üzerine toksik etkileri olduğu bildirilmiştir. TBT 'in midye ve ıstıdyelerde kabuk deformasyonu, yavru verememe, vücut ağırlığında düşme gibi etkileri olduğu 1980'lerden beri bilinmektedir. A.B.D ve İngiltere' de balık etinde birikimi nedeni ile kullanımı sınırlandırılmıştır. 1987 'de ise kullanımı yasaklanmıştır. İngiltere 'nin sahil suları için hedef çevre limitleri ise 0,2 µg / l olarak saptanmıştır (bu miktar zararlı seviyeden 3 - 5 kat düşüktür). Türkiye 'nin Akdeniz sahillerinde yapılan çalışmalar (MEDPOL Sürveyi, 1988) TBT seviyesinin yukarıda belirtilen seviyeden 900 kat fazla olduğunu ortaya koymuştur (Elliot ve ark., 1993 ;Genç 1997).

Ağ yıkamada kullanılan deterjanların ve alet - ekipmanın dezenfeksiyonunda kullanılan dezenfektanların, kullanımından sonra alıcı ortama verilmesi su kalitesi ve canlı organizma için tehdit unsuru yarattığı belirtilmiştir.

### 3.15. Turizmden Kaynaklanan Kirlenme

Son yıllarda başsuz sanayi olarak nitelendirilen turizm etkinlikleri, birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de son derece önemli bir konum taşımaktadır. Ancak turizmle doğa iç içe olduğundan, bu sektörün gelişmesini sağlarken, ekosisteme verilecek zarar bir daha yerine konulması mümkün

olmayacak zenginlikleri yok edebileceğinden, bu konuda turizm-ekosistem ilişkisini son derece iyi kumak gereklidir.

Turizm yatırımlarının pek çoğu kıyılarda yer almaktadır. Bu tesisler, su ürünleri yetiştiriciliği yapmak üzere ayrılan yerler veya su ürünleri istihsal sahalarının yakınında kurulduğu takdirde su ürünleri yetiştiriciliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Ayrıca su altı sporları ve olta balıkçılığı gibi uğraşların turizm bölgelerinde yasalara uymayacak tarzda yapılması su ürünlerine zarar vermektedir.

En önemli hususlardan biri de turizm alanlarından gelen atık sularıdır. Bunlar büyük otel, motel tipi yapılar tatil köyleri kamping alanları ve tatil evlerinden gelmektedir. Yerleşim yerlerinin kanalizasyon suları artımsız olarak su kaynaklarına vermeleri, insan sağlığına zararı olduğu gibi azot ve fosforca zengin olan bu sular su kaynaklarında ötrofikasyon olayını da artırmaktadır. Ayrıca evsel atıklar organik madde ihtiva ettiklerinden sudaki oksijeni tüketerek su ürünlerinin ölümüne neden olmaktadır. Kanalizasyon atığında bulunan deterjanlar ise, su ürünleri açısından son derece zararlı maddeler olup balıklara zehir tesiri yaparlar. Balıkların kronik olarak az dozlara maruz kalmaları bile ölümlere neden olmaktadır.

Su sporlarından, gemiyle taşımacılıktan ve yat turizminden oluşan kirlenmede su ürünleri açısından son derece önemlidir. Ülkemizde son senelerde yat turizmi de giderek önem kazanmaya başlamıştır. Ancak ekoloji yönünden mutlaka korunması gereken bölgelerde yat turizmine izin verilmesi, özellikle kapalı koylarda su hareketini önleyerek kirliliğin daha etkin bir hal almasına neden olmaktadır. Ayrıca yatların hiçbir şekilde kirlenici atıklarını sulara vermemeleri gereklidir (Anonim 1989).

Yasalarda koruma altına alınmış su ürünlerinin bulunduğu yerlerde veya yakınlarında turizm yapılaşmasına izin verilmesi sakıncalı bulunmaktadır. Koruma altına alınan su ürünleri türleri, her yıl yayımlanan ve su ürünleri avcılığını düzenleyen sirkülerde belirtilmektedir.

### 3.16. Asit Yağmurları

Bugün dünyamızdaki en önemli sorunlardan biri kuşkusuz çevre kirlenmesi sonucunda doğal dengenin bozulmaya başlamasıdır. Doğal dengede görülen bu değişim hava, toprak ve su düzeninin bozulmasına yol açarken, aynı zamanda canlıların yaşam olanaklarını da sınırlandırabilmektedir. Yaşam koşullarını zorlaştıran faktörlerden, "asit yağışlar" veya "asit yağmurları", sanayileşme ve kentleşmeye bağlı olarak son yıllarda belirgin bir şekilde önem kazanmaya başlamıştır. Asit yağışlar, kirlenicilerden yayılan gaz ve sıvı atıkların atmosfer yağışıyla reaksiyona girmesi sonucu asit özellik kazanarak, yerkabuğuna düşmesi olayıdır.

Asit yağmurları, çevresel ve ekonomik yönden değerleri küçümsenmeyecek olan ormanlarda, sinsi ve yavaş yavaş yoğunlaşan tahrip edici etkiler yaratmakta, yapı malzemelerini de aşındırarak, taş, heykeller ve anıtlara dahi zarar verebilmektedir.

Havaya karışan kirlenici maddelerin akarsu ve göllerdeki etkisi, su yosunlarından, kabuklu hayvanlara ve balıklara kadar bütün canlılar üzerinde



görülmektedir. Sularda ve ormanlarda meydana gelen bu olumsuz etkiler, çeşitli yollardan insanlara ulaşmakta ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşabilmektedir.

Sözli edilen zararlar geniş uluslararası kaygılar yaratacak düzeylere ulaşmıştır. Zira geçen 10 yıl içinde bir ülkedeki kirlilik emisyonunun, rüzgarın etkisiyle başka bir ülkede ciddi çevresel sorunlar yarattığı çok açık bir şekilde görülmüştür. Örneğin; Kanada'ya düşen asit yağmurlarının %50'sinin Amerikan kaynaklarından geldiği, buna karşılık A.B.D.'nin Kuzey Batı bölgesine düşen asit yağmurlarının ancak %10'unun Kanada'dan geldiği belirlenmiştir.

Ormanların, akarsuların ve göllerin asit yağış etkisinden kurtarılması yolundaki çalışmalardan en önemlisi, asit yağışa neden olan gaz emisyonlarının azaltılmasıdır. Gerçekten, bugün çok miktarda gaz oluşturan sanayi kuruluşları desülfürizasyon üniteleri ile donatılmaktadır. Yakıtların kükürdünün azaltılması, taşıtların egzozlarına filtre takılması, otomobillere hız sınırlaması getirilmesi de gaz emisyonlarının azaltılması için başvuru olan önlemlerdir.

Asit yağış açısından Türkiye'nin durumu ilgi çekici bir tablo sergilemektedir. Ülkemizde asit yağışa neden olan gaz emisyonlar giderek artan miktarlarda atmosfere kaçmaktadır. Özellikle kaloriferik değeri düşük, buna karşılık kükürt oranı yüksek linyitlerin termik santrallerde, binalarda yakılması büyük miktarda SO<sub>2</sub> havaya kaçmaktadır. Her yıl giderek artan motorlu araç sayısına paralel olarak da NO<sub>x</sub> oluşumu büyümektedir (Gürpınar 1988).

Yurdumuzda asit yağışın ilk belirgin ve kötü etkisi Murgul'da görülmüştür. Bakır işletmelerinden çıkan SO<sub>2</sub> gazı, fabrika kurulmadan önce tamamen ormanlık Murgul vadisinde birkaç yıl içinde çöl görünümünü yaratmış, birki örtüsünün zarar görmesinden sonra da bölgede hızlı bir toprak erozyonu başlamıştır.

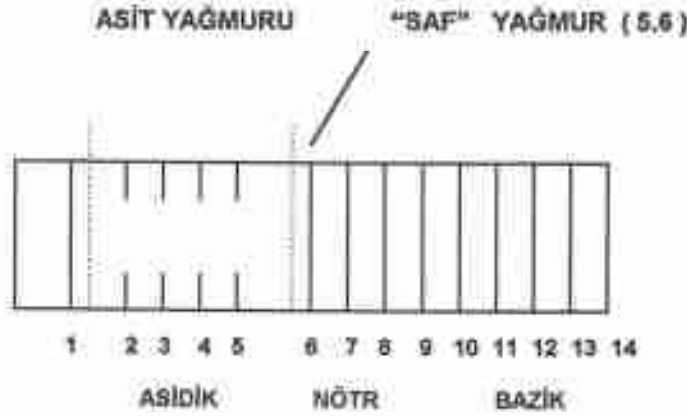
Çarşamba ovasında bulunan Karadeniz Bakır tesislerinden çıkan SO<sub>2</sub> gazının ovada yetişen tarım ürünlerine zarar verdiği görülünce olumsuz etkiye çare olarak komplekse sülfirik asit fabrikası eklenmiştir.

Birkaç yıl önce faaliyete geçmiş olan Yatağan termik santralinin baca gazları, hakim rüzgarın tam aksi yönüne düşen bölgedeki Kızılcım ormanlarını kurutmaya başlamıştır (Gürpınar 1988).

Yukarıda sıralanan asit yağmuru oluşturan örneklerin Türkiye'de yaygınlaşmaması yönünden, hızlı sanayileşmeye yönelen ülkemizde, yapılacak yatırımlardan önce, doğal ekolojik dengenin korunması ilkesi içinde hareket edilmediği takdirde, asit yağmurlarının bizde de sorunlar yaratabileceğinin uzak bir olasılık olmadığı bilinci içerisinde olmalıyız.

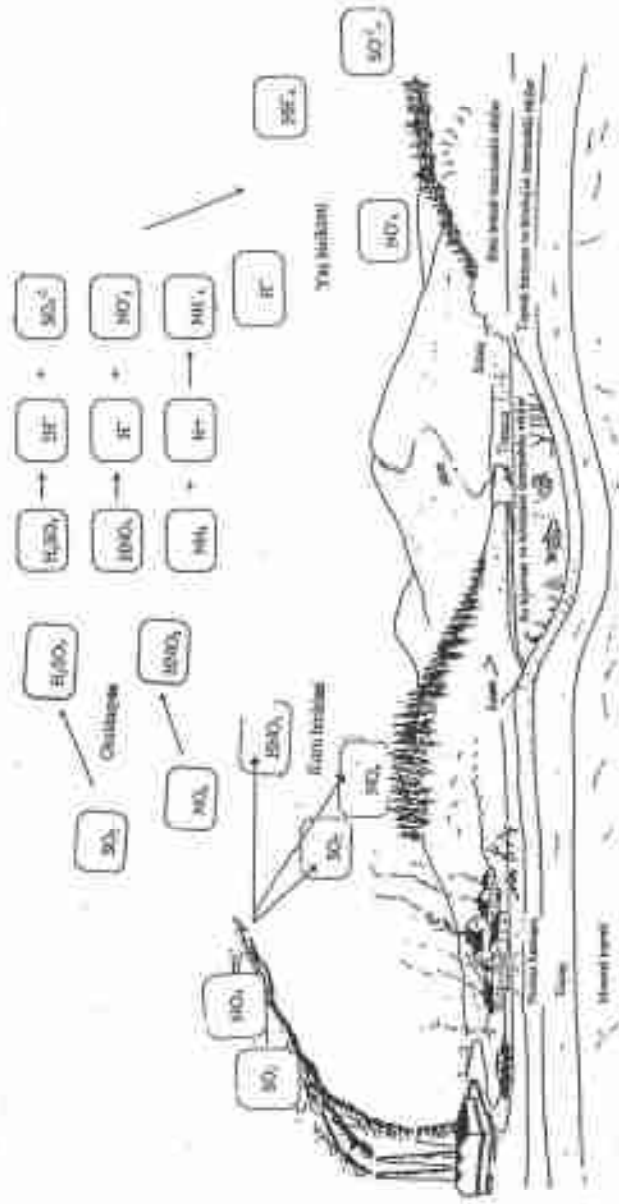
### 3.16.1. Asidifikasyon nedir?

pH cetveli bir solüsyon asidik ya da bazik olma derecesini belirler. O'dan 14'e kadar değişen, pH skalasında 7.0'nin altındaki değerler asidik, 7.0'nin üzerindeki değerler ise alkalidir. pH 7.0'nin altına düştükçe, asidite artmaktadır. Örneğin; pH değerinin 6.0'dan 5.0'e düşmesi, asiditedeki 10 katlık bir artışı, 6.0'dan, 4.0'e düşmesi ise, 100 katlık bir artışı ifade etmektedir. Tüm yağmurlar hafif asidiktir. Şekil 3.4'de görüleceği üzere, yalnız pH'sı 5.6'nın altındaki yağmur "asit yağmuru" olarak kabul edilir.



Şekil 3.4. pH skalasında asit yağmuru sınırları (Anonymous 1986).

Asit yağmuru, başlıca endüstriyel bölgelerde kükürt sülfür dioksit ( $SO_2$ ) ve azot oksitlerin ( $NO_x$ ) açığa çıkarak, ısıak veya kuru asit şeklinde depolanmaları sonucu görülür. Bu gaz oksitlerden bir kısmı düşer ve yerde kalır. Bunlara kuru birikintiler diyoruz. Bu durum, emisyon kaynağının yakınında ya da kaynaktan çok uzak, mesafelerde görülebilir. Havada birkaç güne kadar kalabilen  $SO_2$  ve  $NO_x$  lerin muhtemelen büyük bir kısmı oksidasyona uğrayarak, sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) ve nitrik asite ( $HNO_3$ ) dönüşürler. Bu asitlerin büyük bir bölümü yağmur suyunda çözünürler ve yağış ile yeryüzüne ulaşırlar. Asitlerin bazıları amonyak gibi maddelerce nötralize edilir, bu şekilde amonyum iyonları ( $NH_4^+$ ) oluşur. Çözünen asitler, sülfat ( $SO_4^{2-}$ ), nitrat ( $NO_3^-$ ) ve hidrojen iyonlarını ( $H^+$ ) içerir. Bu gibi çeşitli iyonlar, yağmur olarak yere düştüklerinde, yağ birikintileri olarak adlandırılır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kükürt ve azot oksitlerin taşınımı, kimyasal dönüşümleri ve çevresel etkileri (Muniz 1983).

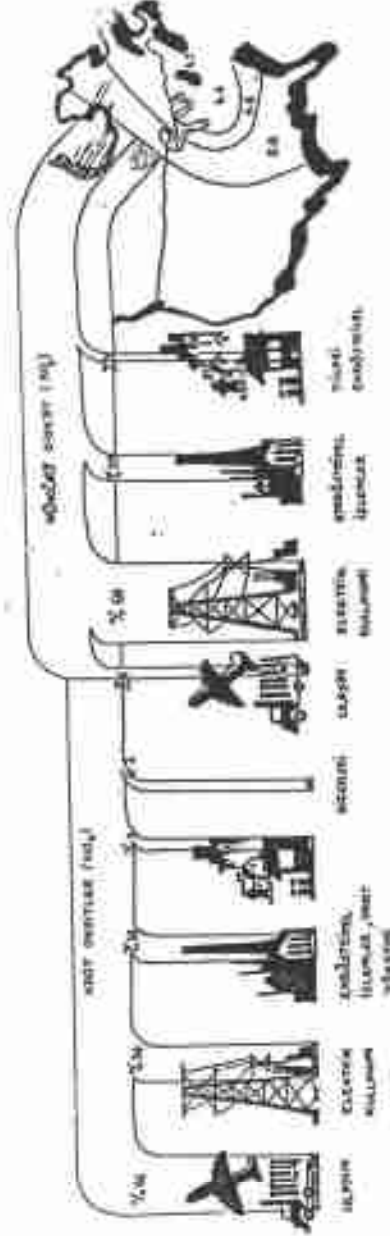
SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> lerin çevre üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri vardır. Doğrudan etkileri arasında; insan sağlığı, bitki ve omanlar, göl ve diğer su kaynaklarına verilen zararlar ile atmosferik korozyon yer almaktadır. Doğrudan etkiler, havadaki kütlecilerin konsantrasyonları ile belirlenir ve genelde emisyon kaynaklarından olan uzaklık arttıkça hızla düşer. Doğrudan ve dolaylı etkiler, Şekil 3.6'da görülmektedir (Seip 1980).

Şu anda gözle görülebilir en önemli yıkım, SO<sub>2</sub> emisyonları tarafından yapılmaktadır. Zarar görebilecek bölgeler, ıslak sülfat yağış oranı 20 kg/ha/yıl'dan az olduğunda korunabilmektedir (Hallberg 1982).



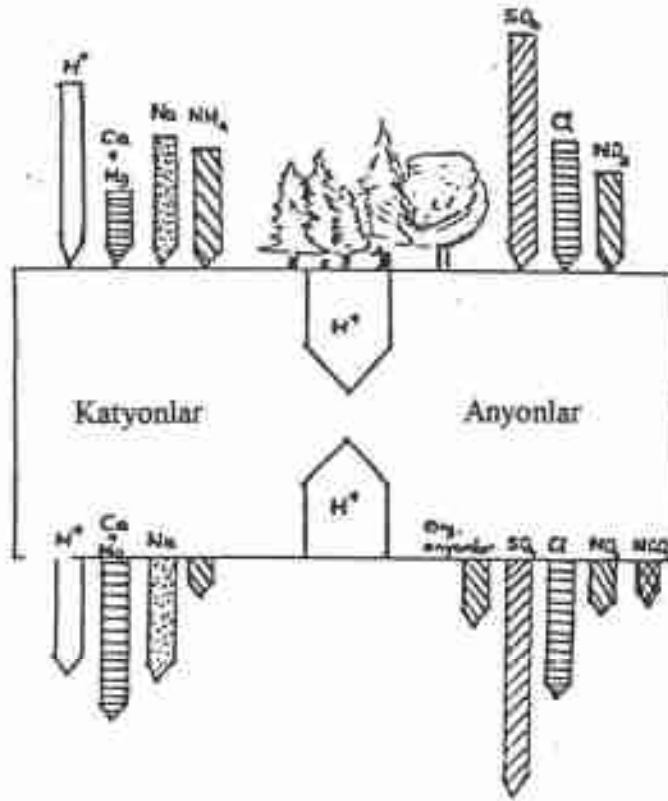
Şekil 3.6. Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve azot oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonlarının doğrudan ve dolaylı etkileri (Haines 1981).

Emisyonların başlıca kaynakları taşımacılık sektörü (arabalar, kamyonlar, uçaklar vs.) elektrik kullanımı ve kullanım dışı olan yakma üniteleridir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> kirleticilerinin en önemli kaynakları (Munz 1983).

Yağış sahasının içerisi ve dışındaki iyon akışları, şematik olarak Şekil 3.8'de (Seip 1980) gösterilmiştir. Klorid bağlı olmaksızın yerden kolayca geçebilmekte ve bu nedenle değişken (serbest hareket edebilen) anyon olarak sınıflandırılmaktadır. Sülfat yağış alanındaki olaylarda büyük bir kısmı işgal etmektedir. Yağış esnasında, nitrat iyonlarının büyük bir bölümü, bitki örtüsü tarafından absorbe edilmekte, dolayısı ile yalnız az bir kalıntı suya geçmektedir.



Şekil 3.8. Yağış alanındaki iyon hareketleri (Seip 1980).

Çizelge 3.39. A.B.D. ve Kanada'da 1980 yılında açığa çıkan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> miktarları (Haines 1981).

Emisyon kaynakları	1980 SO <sub>2</sub> Emisyonları (ton/yıl)	
	B.Amerika	Kanada
Elektrik kullanımı	15.800.000	745.000
Eritme ocakları	1.400.000	2.125.000
Endüstriyel/evsel ve ticari ısıtma	3.200.000	826.000
Endüstriyel prosesler	2.900.000	916.000
Taşımacılık	800.000	158.000
Toplam	24.100.000	4.770.000

Emisyon kaynakları	1980 NO <sub>x</sub> Emisyonları (ton/yıl)	
	B.Amerika	Kanada
Elektrik kullanımı	5.600.000	250.000
Endüstriyel kazanlar ve proses ısıtıcıları	3.500.000	300.000
Evsel/ticari	700.000	90.000
Diğer endüstriyel prosesler	700.000	80.000
Taşımacılık	8.500.000	1.100.000
Muhtelif	300.000	
Toplam	19.300.000	1.830.000

### 3.16.2. Asidifikasyonun yüzey suları üzerindeki etkileri

Asit yağmurları yüzey sularını,

- (i) Temel kation ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) derişimlerinde artış,
- (ii) Sülfat derişiminde artış,
- (iii) Ağır metal ( $Al^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Zn^{+2}$ ) derişiminde artış,
- (iv) pH değerlerinde düşme şeklinde etkiler.

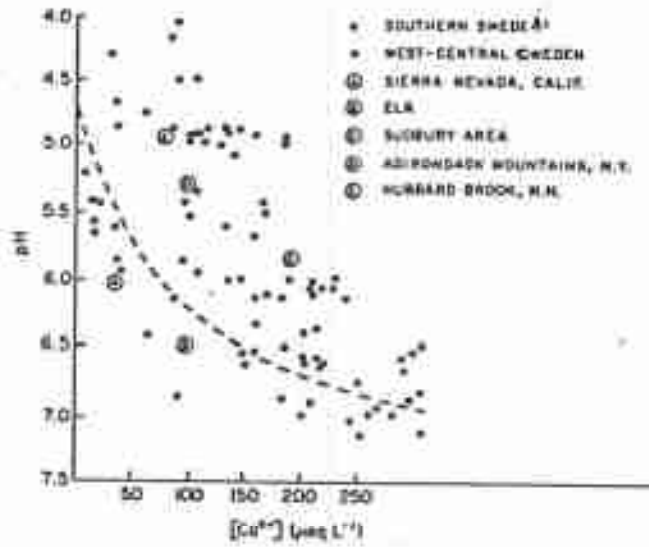
pH değerindeki bir değişim, su ortamındaki çoğu kimyasal reaksiyonu etkileyecektir. Denitrifikasyon gibi indirgenme işlemleri, pH'da artışla, oksidasyon işlemleri ise, pH değerinde düşme ile sonuçlanır. Fotosentez reaksiyonunda net olarak hidrojen iyonu tüketilir ve doğal suların alkalinitesi etkilenir.

Suların alkalinitesi esas olarak, kireçli minerallerin yağmur tarafından aşındırılmasıyla ortaya çıkmakta, asidifikasyondan etkilenmemiş göl ve nehirlerdeki  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  miktarının,  $HCO_3^-$  miktarı ile denge halinde olması gerekmektedir. Böyle bir ortama, kuvvetli asit girdisi söz konusu olduğundan, bikarbonat düzeyi azalacak,  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  düzeylerinde artış olacaktır (Almer, 1978; Anonymous, 1981).

Henriksen (1979), Norveç göllerinde ( $Ca^{+2}$ ) / ( $Mg^{+2}$ ) oranının nisbeten sabit olması nedeniyle, ( $Ca^{+2}$ )nin tek başına temel kationları temsil edebileceğini ileri sürmüştür. Şekil 3.9 asidifiye olmamış göllerde pH ile ( $Ca^{+2}$ ) arasındaki temel ilişkiyi göstermektedir (Anonymous 1981).

Alkalinitesi  $\text{CaCO}_3$  cinsinden 10 mg/l veya daha az olan yüzey suları, asidifikasyona karşı oldukça hassas, alkalinitesi 10-20 mg/l olanlar orta düzeyde hassas sular olarak sınıflandırılmaktadır (Haines 1981).

Asidifikasyonla harekete geçebilen metallerden alüminyum yüksek konsantrasyonlarda ve hızla, asidifiye olmuş göl ve nehirlere ulaşabilir, pH değeri, 6.0-7.0 olan sularda erimezken, çözünürlüğü, pH değeri 5.0'in altına düştüğünde hızla artar. Alüminyumun, su ortamındaki organizmalar üzerindeki etkileri kimyasal formuna, göl ve nehirlerdeki alüminyum türevlerinin özelliğine bağlıdır. Alüminyum toksisitesi, yalnız pH'nin değil, ortamdaki organik madde ve diğer anyonların miktar ve yapısının da bir fonksiyonudur (Almer ve ark. 1978; Anonymous 1981).



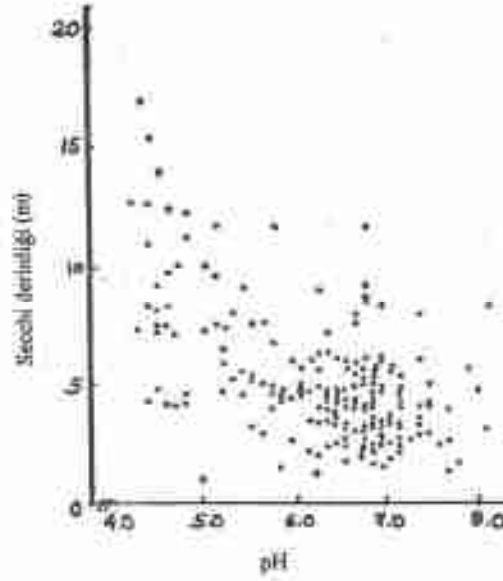
Şekil 3.8. Bazı İsveç göllerinde pH ve  $\text{Ca}^{2+}$  konsantrasyonu arasındaki ilişki (Anonymous 1981).

Kuvvetli asitler tarafından asidifiye olmuş göllerin (distrofik göller hariç), Secchi disk derinliği ile belirtildiğinden, daha büyük bir berraklık gösterdiği bildirilmektedir. Kanada'daki Stora Skarsjön Gölünde, 1943-1973 yılları arasında pH değeri 8.25'den 4.5'a kadar değişirken, Secchi disk ile ölçülen derinliğin de, 3.0'den 10.0 metreye kadar arttığı saptanmıştır. (Anonymous 1981).

Kirli yağışlarla su ortamına kirleticilerin girdisi, tekdüze olmayıp mevsimsel olarak değişir. Fırtına girdisi ile gelen yağışların pH'sı 2.4 gibi düşüktür (Likens ve ark. 1979).



İskandinavya'da yağışlarla taşınan asit genellikle sonbaharda yüksektir ve fırtınalardan sonra göl ve nehirlerde düşmektedir. Örneğin; Norveç'teki Longtjern Gölünde, Ağustos ayında 5.2 olan pH değeri Ekim'de 4.7'ye düşmüştür (Henriksen ve Wright 1977).



Şekil 3.10. pH ve Secchi diski derinliği arasındaki ilişki (Henriksen ve Wright 1977).

### 3.16.3. Asidifikasyonun su ortamında yaşayan canlılar üzerindeki etkileri

#### Bakteri ve mantarlar

Toprakların asidifikasyonunun, heterotrof bakteri miktarını ve toprak solunumunu azalttığını belirtmektedir. Araştırmalar, organik maddenin mikrobiyal ayrışmasının, asidik göllerde pH düzeylerini önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiştir. Asidifikasyondan etkilenen önemli 3 temel olay,

- Sülfür döngüsü,
- Azot döngüsü,
- Dekompozisyon (Ayrışma işlemi) dur.

### a) Sülfür döngüsü

Sülfür bakterileri üzerinde asidifikasyonun etkilerine dair çok az bilgi mevcuttur. Maden ocağı bulunan bölgelerdeki sular daha yüksek olduklarından sertlikleri yumuşak sulara göre asidifikasyondan daha çok etkilenir (Mendrey 1978 : Haines 1981). Asit içeren maden ocağı sularının ağır metal derişimi fazla ve oksijen konsantrasyonu düşüktür.

### b) Azot döngüsü

Azot oksidasyonu ve redüksiyonunu kapsayan azot döngüsü, temel mikrobiyal işlemleri içermektedir. Spesifik bakteri gruplarınınca yapılan bu işlemlerin her biri bitki ile hayvanlardaki besin siklusu ve üreme ile yakından ilgilidir. Araştırmacılar, asidifikasyonun yalnız toprak nitrifikasyonunu önlemeyip besin zinciri halkalarının kopmasına da yol açabileceğini belirtmektedirler.

### c) Dekompozisyon (Ayrışma işlemi)

Dekompozisyon işlemlerinde, bakterilerin rolüne ilişkin daha çok bilgi mevcuttur. Küçük oligotrofik göllerde dış kaynaktan (allochthonous) gelen materyal girdisi, bentik omurgasızlar için önemli bir enerji kaynağı olabilir.

Asidik karakterdeki İsveç Göllerinin dip yapısında fazla miktarda tespit edilen organik detritus birikiminin, asidik sularda ayrışma oranının azalmasından ileri geldiği bildirilmektedir (Brække 1978; Anonymous 1981). Böyle göllerin pH'sını yükseltmek amacıyla yapılan kireçle muamele ise, aerobik heterotrof bakteri popülasyonunu artırmakta ve organik materyalin ayrışım işlemini hızlandırmaktadır. pH'nun azalması ile toplam bakteri popülasyonunun ve nitrifikasyon oranlarının azaldığı da tespit edilmiştir. Amonyakın oksidasyonu genellikle *Nitrosomonas* spp. bakterilerince gerçekleştirilir. Bu olay 5'in altındaki pH değerlerinde durur ve oksijen tüketimi fazla düşer. pH düşmeye devam ettikçe, predominant olan bakteriler yerlerini mantarlara bırakırlar.

Mikrobiyal ayrışma faaliyetinin azalmasının, omurgasızlar üzerinde de önemli bir etkisi vardır. Zira belirli bentik omurgasızlarının allochthonous (dış kaynaklı) detritus materyalini tercih ettikleri bilinmiştir.

Norveç'te parçalayıcılar üzerinde asidifikasyonun etkilerine ilişkin çalışmalarda, suyun pH'sı 6'nın altına düştüğünde ayrışma (dekompozisyon) olayının azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşın, Schindler ve ark. (1980) özellikle asidifiye edilerek pH'sı 6.7-7.0'dan, 5.7-5.9'a düşürülen bir gölde, organik detritus ayrışımının, asidifikasyondan sonra azaldığına dair bir kanıt saptayamamışlardır. Sülfürik asit ilavesi, sülfür indirgeyen bakterilerde artışa neden olmuştur. Muller (1980) ise, asidifiye edilmiş benzer bir gölde, bakteri üzerinde asitin bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Traaen'e göre de, asidik ve asidik olmayan göllerdeki planktonik bakteriler arasında bir fark olmayıp, çözülmüş organik madde konsantrasyonu, planktonik bakteri biyomasını etkileyen en önemli faktördür (Haines 1981).

Mikrobiyal populasyonların yok edilmesi ve mikrobiyal ayrışma faaliyetinin azaltılması, göllerin hayvan toplulukları üzerinde doğrudan bir etkisi vardır.

### Fitoplanktonlar

Asidifikasyon, göl ve nehirlerdeki planktonik ve bentik alg topluluklarını etkiler. Asidik göllerde fitoplankton türlerinin miktarı, pH düşüğe azalır. Benzer etkiler, suni olarak asitlendirilmiş göllerdeki periphytonlar için de geçerlidir. İsveç'te asidifiye olmuş göllerin litoral zonlarında yoğun periphyton yataklarının bulunduğu bildirilmektedir. Türlerin miktarındaki azalmaya karşın, fitoplankton biyoması ve üretimi, benzer fosfor düzeyinde asidik ve asidik olmayan göllerde aynı olabilir. Fosfor düzeyleri, düşük pH'da düşme gösterir, fakat pH değeri 4.0 veya daha düşük olduğunda artabilir. Ontario'daki asidik göllere fosfor ilavesi, fitoplankton biyomasında artışa sonuçlanmıştır. Schindler (1980), pH'sı suni olarak 6.6-5.8'ya düşürülmüş göllerde fitoplankton biyoması ve üretiminin azalmadığını bulmuştur, (Haines 1981).

Fitoplankton türlerinin kompozisyonu da pH düşüğe değişir. pH düşüğünde, Chrysophyta (Altın rengi su yosunları), Cyanophyta (Mavi-yeşil su yosunları) ve Chlorophyta'lar (Yeşil su yosunları) azalır, pH yaklaşık 4.0 için Pynthophyta'lar (Ateş rengi su yosunları) dominant hale gelir. Aynı duruma, Ontario göllerinde de rastlanmıştır; hatta bazı benzer türler, hem İsveç hem de Ontario'daki asidik göllerde dominanttır. Kwiatkowski ve Roff ve ark. ise, pH değeri düşüğünde, Ontario'daki 8 gölde Cyanophytaların dominant hale geldiğini bildirmişlerdir, (Anonymous 1981). Periphytik alglerin de, mevcut türlerin miktarlarının azalmasına ve tür kompozisyonlarının değişmesine karşın, asidik karakterdeki göl ve nehirlerde artışı saptanmıştır. Conjugate'den Mougeotia cinsi alglere, asidik göl ve nehirlerde büyük miktarlarda rastlanmıştır. Bu denemelerde, toplam üretim, düşük pH ile değişmemiş veya azalmamıştır. Düşük pH'da alg miktarının artması, mikrobiyal topluluk ve omurgasızların-heterotrofik aktivitelerinin azalması ile açıklanabilir.

Kanada'nın doğu bölgesindeki asidik göllerde fitoplankton toplulukları, asidik olmayan göllere göre daha az zengindir.

Türlerin yoğunluğu, pH değeri 5.5 civarında olan Kanada ve İskandinav göllerinde hızlı bir düşüş göstermektedir. pH düşüğe tüm alg sınıflarına ait türler kaybolmakta ancak diatom ve desmid cinslerine ait kayıplar, oransal olarak daha az olmaktadır. Söz konusu her iki sınıfın üyelerinin çoğu aside karşı toleranslı türlerdir (Moss 1973). Diatomlar, suların pH'sındaki değişimleri gösteren iyi birer indikatördür (Muniz 1983).

Kanada'da bulunan oligotrofik karakterdeki Shield Göllerinde alg biyomasının büyük bir kısmının Chrysophyta veya diatomlardan oluştuğu, ancak asidik koşullarda bu sınıfların yerlerini dinoflagellatalara bıraktıkları tespit edilmiştir. İsveç'te de Pynthophyta'lar özellikle dinoflagellatalar, pH'sı 4.6-5.5 olan göllerde biyomasın %85'ini oluşturur. Dinoflagellatlar çok asidik ortamlarda daima dominant durumda değildir. pH değeri 5.0-5.5 olduğunda dominant flagellatlar; İsveç Göllerinde *Gymnodinium uberrimum*; Kanada Göllerinde ise *Peridinium limbatum* olarak tespit edilmiştir. Kanada ve

İskandinavya'da pH değeri 5'in altındaki göllerde, *Peridinium inconspicuum* dominant planktondur.

### Makrofitler

Sucul makrofitler, asidifikasyonla ilişkili olarak değişiklik gösterirler. İsveç Göllerinde sırasıyla dominant olan makrofitler, *Lobelia*, *Sphagnum* ve *Juncus bulbosus* türleridir. Hendrey ve Vertucci (1980), *Sphagnum* spp.lerin artışının, asidifikasyon işlemi hızlandırabileceğini zira *Sphagnum*'un hücre duvarlarının yüksek oranda iyon değiştirme kapasitesinde olduğunu ileri sürmektedirler (Anonymous 1981).

İsveç'te, pH değeri 4.4 ve 5.4 arasında olan toplam 5 adet yumuşak sulu gölde yapılan bir seri denemede, dominant olan *Lobelia* sp. ve *Isoetes* sp. topluluklarının azalırken, *Sphagnum* sp.'nin arttığı saptanmıştır. *Sphagnum* sp. Suyun pH'sı ile ters ilişkili olarak berrak göllerde artış göstermektedir. *Sphagnum* spp.'lerin iyon değiştirme kapasiteleri bilinmektedir,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Na^{+}$  ve  $K^{+}$  gibi kanyonlar ortamdaki  $H^{+}$  değişimi için uzaklaştırılmaktadırlar. Ayrıca, kanyonların indirgenmesi biyolojik üretim için temeldir, bu iyon değişim işlemi *Sphagnum* sp. yataklarınca çevrelenen mikroortamda asitleyi de artırabilir. *Fontinalis* sp., *Cladopiella* sp., *Drepanocladus* sp. ve *Sphagnum* sp. türlerini içeren Bryophytes'ler, asidik göllerde mevcut inorganik karbonun çoğunu oluşturan serbest karbondioksidi kullanabilme yeteneğindedirler. Bu karbon kaynağının etkin kullanımı, fitoplankton artışı sınırlar.

*Sphagnum* sp. yataklarının genişlemesi ve litoral zonda iplikli alglerin büyümesi, yumuşak sulu göllerde *Isoetes* sp. gibi makrofit cinslerinin kaybolmasına yol açmıştır. Wiern-Endersen ve Andersen, bu makrofit türlerinin sedimenden serbest  $CO_2$ 'i absorbe ettiklerini ve kökleri ile oksijeni serbest bırakarak, sedimenterin oksitlenmesine yardımcı olduklarını belirtmişlerdir. Makrofitlerin asidifikasyona olan direkt ve dolaylı etkilerinin önlenmesi, mevcut oksijenin sınırlandırılması yolu ile parçalayıcı organizmaları da etkiler (Anonymous 1981).

### Zooplanktonlar

Göllerin asidifikasyonu, zooplankton türlerinin mevcudiyeti, miktan ve mevsimsel durumları, farklı zooplanktonların topluluklarındaki değişiklikler ile ilişki içerisindedir. Bu değişikliklerin ana nedeni ise, zooplanktonların düşük pH'ya karşı toleranslarının farklı olmasıdır. Asidifikasyon, göllerin ışık rejimini ve potansiyel toksikantlarını içeren kimyevi maddelerin konsantrasyonunu da etkileyerek preditör zooplanktonlarda nitel ve nicel değişikliklere yol açar.

Asidik göllerin zooplankton biyomasının azaldığı, bunun da fitoplanktonların zooplanktonlarla olan ilişkisinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Fitoplankton biyoması asidifikasyonla azalmaz, dinoflagellatlar genellikle zooplanktonlarca tüketilirler ki, bunların toplam biyomaları, asidik göllerde asidik olmayan göllere göre daha fazladır.

Ayrıca asidik göllerde metal konsantrasyonları artabilir ve ulaşılabilir değerler zooplanktonlara zehirli olabilir. Örneğin; Kanada'daki Sudbury Göllerinde, zooplankton topluluklarının  $Cu^{+2}$  ve  $Ni^{+2}$  derişiminden olumsuz

yönde etkilendikleri saptanmıştır. Yağışlarla asidifiye olmuş göllerde  $Al^{3+}$  derişimi de artabilir.

İskandinavya ve Kanada'daki asidik göllerde, *Bosminid*ler, *Daphnia* ile rotiferlerin dominant olduğu bulunmuştur. Asidik göllerde genellikle *Diaptomus* veya *Bosmina* cinsleri dominanttır. Belirli rotifer türleri asite karşı toleranslıdır. Örneğin; *Keratella serrulata* türü hemen hemen her asidik gölde bulunmaktadır (Raddum 1980).

Düşük pH, bazı zooplankton türlerinin dağılımını, üremesini ve yaşama oranlarını etkiler. pH değeri 5.0 olan sulara maruz bırakılan *Daphnia pulex*'lerin yaşama oranları azalmakta ve pH değeri 4.3 veya daha düşük olduğunda ölüm görülmektedir. pH 7'nin altında olduğunda üreme görülmemiştir (Haines 1981).

Kanada'daki göllerde yapılan birtakım çalışmalarda *Branchinur uroceolaris* türünün, pH aralığı 2.5-5.0 olan göllerin dominant zooplanktonu olduğu tespit edilmiştir.

Asidik sulara bırakılan zooplanktonlarda görülen ölümün diğer su omurgasızlarında da olduğu üzere kalsiyum değişim mekanizmasındaki aksaklıktan kaynaklandığı belirtilmektedir. Asidik göllerde, zooplankton topluluklarındaki değişimler, yalnız düşük pH'ya tepki olarak değil, diğer akvatik topluluklardaki değişimlere de karşıt olarak gelişebilir; örneğin, asidik göllerde küçük yapılı zooplanktonların dominant olarak bulunması, *Chaoborus* sp. gibi omurgasız preditörlerin miktarı ile ilgilidir.

Zooplanktonları tüketen balıkların olması da, zooplanktonların çeşitliliğini etkileyerek farklı büyüklükteki zooplankton sınıflarının sayısını etkiler.

#### Bentik organizmalar

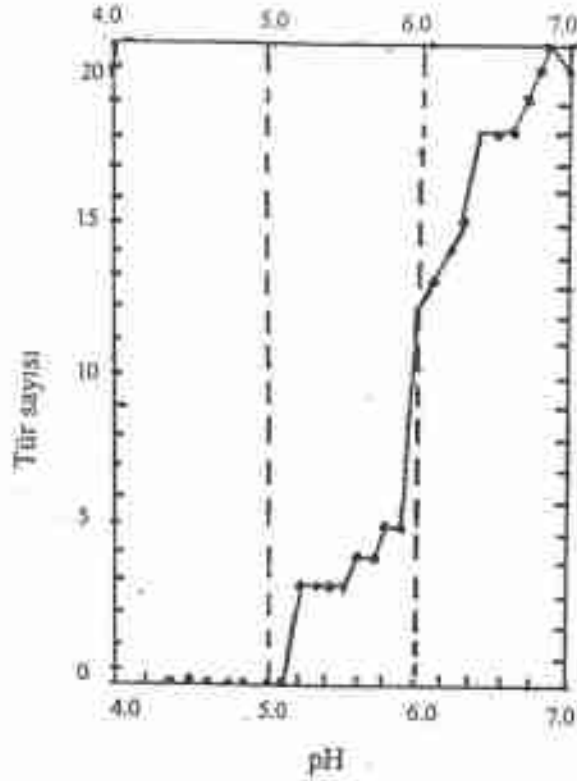
Crustaseaların dağılımının pH ile ilişkili olduğu çok uzun zamandan beri bilinmektedir. Crustasealardan *Gammarus lacustris* ve *Lepidurus arcticus* Norveç göllerinde oldukça yaygın olup, balıkların da yemini oluşturan önemli organizmalardır. Bu organizmaların pH değeri 6'dan düşük olan sulara bulunmadıkları, pH'sı 6.0-6.4 olan sulara yaygın olarak buldukları belirtilmiştir. 5.0 veya daha düşük pH değerlerine maruz bırakılan *Gammarus lacustris*'lerde %80-100 oranında ölüm, *Lepidurus arcticus*'ların kabuk değişmesine ise duraklama tespit edilmiştir. Costa adlı araştırmacı, *Gammarus pulex*'in pH değeri 6.2 ve daha düşük sulardan kaçındıklarını bildirmiştir (Anonymous 1981).

Bazı akvatik insekt grupları da, düşük pH'da diğerleri gelişirken azalır. Pek çok *Ephemeroptera* ve *Plecoptera* türü, pH düştükçe azalır. Belli laboratuvar çalışmaları sonucu, *Ephemeroptera*'ların düşük pH'ya karşı dayanıksız, *Plecoptera*'ların ise orta derecede toleranslı olduğunu saptamıştır. İngiltere'deki Duddon nehrinde, *Wormaldia* ve *Hydropsyche* cinsi *Trichoptera*lar, pH değeri 5.7'nin altında olduğunda bulunmamaktadırlar. Ontario'da *Chaoborus* türlerinin asidik göllerde yok olduğu belirlenmiştir (Haines, 1981). Buna karşın bazı akvatik insekt grupları, düşük pH'da yoğun hale gelebilmektedir. Raddum (1980), *Coleoptera*, *Hemiptera* ve *Megaloptera*'ların pH'sı 4.8'den düşük olan göllerde, nötr göllere göre daha yoğun olarak bulunduğunu bildirmektedir. Nilssen'e göre (1980), *Hemiptera* ve *Coleoptera*'lar, Norveç göllerinde pH

düştükçe daha yoğun olarak bulunur hale gelmektedir. Mossberg ve Nyberg (1979) ise, pH değeri 4.2-5.0 olan göllerde, *Odonata*, *Heteroptera* ve *Diptera*'lardan *Chaoborus* ve *Chironomus* cinslerinin oldukça yoğun olarak bulunduğunu ileri sürmektedirler.

Mollusklarda asidifikasyona karşı önemli ölçüde duyarlıdır, bu durum, kabuk gelişimleri için yüksek oranda ihtiyaç duydukları  $CaCO_3$  nedeniyle. Su sümüklüleri pH değeri 5.2'nin altında olan göllerde bulunmazlar, pH 5.2-6.0 aralığında ise nadir olarak bulunurlar (Şekil 11). İncelenen 20 türden yalnız altısına, pH'si 5.0'den küçük olan göllerde rastlanmıştır (Okland 1980; Muniz 1983).

Okland ve Okland (1980), bentik türlerin yarısının, pH'si 5.6'dan düşük göllerde bulunmadığını, böyle asidik göllerde sertliği az bitki örtüsünün seyrek olduğu ve bunların su sümüklüleri üzerinde doğrudan veya dolaylı etkisi bulunduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 3.11. Norveç göllerinde pH ve su sümüklüleri (Gastropoda) sayısı arasında ilişki (Anonymous 1981).

İsveç'te *Astacus astacus*'lar, pH değeri 6.4'den büyük olan göllerde yaygın olarak, pH'sı 6.0'dan az olan göllerde ise seyrek bulunurlar. Düşük pH'ya maruz bırakılan istakozlardan, kalsiyum alımı, pH değeri 5.75'in altına düştüğünde önlenmekte ve dış iskeletin kalsifikasyonu pH değeri 5.0 olduğunda azalmaktadır (Malley 1980).

Omurgasızlar ağır metal toksisitesine karşı hassastır ve bazı metal konsantrasyonları (Örneğin, kurşun, çinko) asidik göllerin yüzey sedimentlerinde artış gösterir.

### Amphibianlar

Amphibianlar da asidik yağmurlardan etkilenirler. Glass ve Loucks (1980), tüm balıkların ortadan kaybolduğu ve pH'nın 4.0-4.5 değerine düştüğü İsveç göllerinde kurbağa (*Rana temporaria*) ve kara kurbağalarının (*Bufo bufo*) azalma gösterdiğini belirtmişlerdir. İngiltere'de göllerde gözlenen kurbağa popülasyonlarındaki azalma, beslenme yerlerinin asidifikasyonu ile ilgilidir (Anonymous 1981). Semenderlerin de düşük pH'lı sulara karşı dayanıklı olmadıkları bildirilmiştir. Örneğin, *Ambystoma maculatum*, 6.0'dan düşük pH'ya sahip sulara tolere edememektedir. Asit stresinden amphibianların etkilenme mekanizması, balıklankine benzerdir. Aside maruz bırakma, kurbağa derisinden sodyum geçişini ve aktif sodyum taşınımını azaltmaktadır. Bununla birlikte, düşük pH'ya maruz bırakılan *Rana pipiens*'lerin osmotik geçirgenliğinde önemli bir değişiklik görülmemiştir.

Ayrıca amphibianlarda görülen üreme bozuklukları, artan asiditenin primer etkilerinden biri olabilir.

### Balıklar

Asidik karakterdeki yağmurların balıklar üzerindeki etkileri; ölüm, büyüme oranı ve üremede azalma, ağır metallerin artan oranda alımı gibi ana başlıklar halinde özellenbilir.

#### a) Büyüme oranı ve üreme

Balık popülasyonları üzerinde asidifikasyonun etkileri, Kuzey Amerika ve İskandinavya'nın çeşitli bölgelerinde tespit edilmiştir. Nova Scotia'da Salmon'ların bulunduğu yedi nehir, düşük pH nedeniyle, Atlantik Salmonlarının (*Salmo salar*) üremesi açısından uygunsuz bir ortam oluşturmaktadır (Anonymous 1981). Söz konusu yedi nehirdeki yıllık ürün kaybının 5000 ergin Salmon olduğu bildirilmektedir.

Kuzey Norveç'teki göllerin %20'sindeki balık popülasyonları da asidifikasyondan etkilenmiştir (Leivestad ve ark., 1976). İsveç'in batı bölgesindeki asidik göllerde ise, 1930'lu yıllarda bulunan kıızılgöz balıklarının (*Leuciscus rutilus*) pH değerinin 5.5'un altına düşmesiyle kaybolmaya başladığı gözlemlenmiştir. Bu bölgedeki göllerden %50'sinin pH'sı 6.0'ın, %33'ünün pH'sı ise 5.0'in altındadır. İsveç'te 15 adet nehirdeki asidifikasyon olayına bakarak, 50 içerisinde bu ülkedeki nehirlerden %50'sinin asidifiye olacağı bildirilmektedir (Anonymous 1981).

İskandinavya'da göllerin asidifikasyonunun en erken göstergelerinden biri, balıkların büyüme oranı ve büyüklüklerindeki değişimlerdir. pH'nin düşmesi ile tatlısu levrekleri (*Perca fluviatilis*) ve kıızılgöz (*Leuciscus rutilus*) balıklarının büyümesindeki değişiklikler, İsveç'teki pek çok gölde tespit edilmiştir.

Balıkların büyümesi, asidifikasyondan dolayı artabilir veya azalabilir. Bazı laboratuvar çalışmalarında, sublethal dozlarda pH'ya maruz bırakılan balıklarda büyümenin azaldığı saptanmıştır. Mudge vd. , düşük pH'ya maruz bırakmanın, dere alabalıklarında ribonükleik asit sentezini azalttığını, bunun da protein sentezini dolayısıyla büyümeyi geriletliğini belirtmiştir (Haines 1981). Büyüme bazen de yemin bulunabilirliğinin artmasına bağlı olarak, birbirine rekabet eden türlerin yok olması sonucu artabilir. Dere alabalıklarında, lethal düzeyde pH'ya maruz kalma, oksijen tüketimini azaltırken, sublethal düzeyde pH ve alüminyum, oksijen tüketimini ve metabolizmayı artırır, büyümeyi azaltır (Roseland 1980).

Asidifikasyondan etkilenen balıkların çoğunda üreme de başsırsızlıkla sonuçlanmaktadır. Çeşitli balık türleri, belirli pH değerlerinde doğal konumlarından uzaklaşmaktadır (Çizelge 3.40). Balıklar üzerinde pH'nın etkisine ilişkin, kısa süreli laboratuvar çalışmalarında, ergin balıkların düşük pH'ya karşı yaşamlarının diğer safhalarına göre daha dayanıklı oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 3.41).

Ergin dere alabalıkları pH 3.5-4.5'da yaşayabilirler fakat pH değeri 4.5-6.5 olduğunda embryo, 4.4-6.1 olduğunda ise yavru olma ölüm oranı artar (Mc Kim 1977).

Çizelge 3.40. Çeşitli balık türlerinin doğal ortamlardan uzaklaşmalarına ve üreme oranlarının düşmesine yol açan pH değerleri (Anonymous 1981).

Familya ve Türler	pH
<i>Salmonidae</i>	
Amerikan göl alması ( <i>Salvelinus namaycush</i> )	4.4-6.6
Kaynak alabalığı ( <i>Salvelinus fontinalis</i> )	4.5-5.0
Alp alması ( <i>Salvelinus alpinus</i> )	5.0
Gökkuşaklı alabalığı ( <i>Salmo gairdneri</i> )	5.5-6.0
Dere alabalığı ( <i>Salmo trutta</i> )	4.5-5.5
Atlantik salmuru ( <i>Salmo salar</i> )	5.0-5.5
<i>Esocidae</i>	
Tuna ( <i>Esox lucius</i> )	4.2-5.0
<i>Cyprinidae</i>	
Kızılgöz ( <i>Rutilus rutilus</i> )	5.3-5.7
<i>Ichthyidae</i>	
Boduryayın ( <i>Ichthyurus nebulosus</i> )	4.5-5.2
<i>Percidae</i>	
Tatlı su levreği ( <i>Perca fluviatilis</i> )	5.0-5.5



Çizelge 3.41. pH'nın, farklı yaşam dönemlerindeki balık türleri üzerine etkisi (Mc Kim 1977).

Familiya ve türleri	Embryo	Yavru balık	Gençler ve erginler	Büyüme oranının azalışı değeri	Diğer etkiler
<b>Selmonidae</b>					
Keynak alabalığı	6.5	4.4	4.5	6.5	Çocuklarda yitim
Gökkuşaklı alabalığı	6.5	4.3	3.6-4.1		
Dere alabalığı	4.0	5.0			
Abarlık salmonu	3.4-4.4	4.0			Çocuklarda yitim
<b>Esocidae</b>					
Tuna	5.0				
<b>Cyprinidae</b>					
Kuziğir	5.6	5.9	2.1	4.5	
<b>Percidae</b>					
Tatlısu levreği	5.5-5.6				

Lee ve Gerking , düşük pH değerlerinde, yumurta bırakımının azaldığını fakat bu azalmanın yumurta verimindeki azalmaya göre daha tedrici olarak meydana geldiğini belirtmektedirler (Anonymous 1981).

Düşük pH, Avrupa tatlısu levreği embryonlarındaki chorolytic enzimlerin normal faaliyetini bozmaktadır. Yine düşük pH, bazı türlerde yumurtlamayı önleyebilir.

Asidifiye olmuş göllerden alınan bazı tatlısu balığı örneklerinde ise, iskelete ait deformasyonlar tespit edilmiştir. Bu deformasyonlar, iskeletten kirecin ayrılmasının (dekalsifikasyon) bir sonucu olabilir.

#### b) Metal birikimi

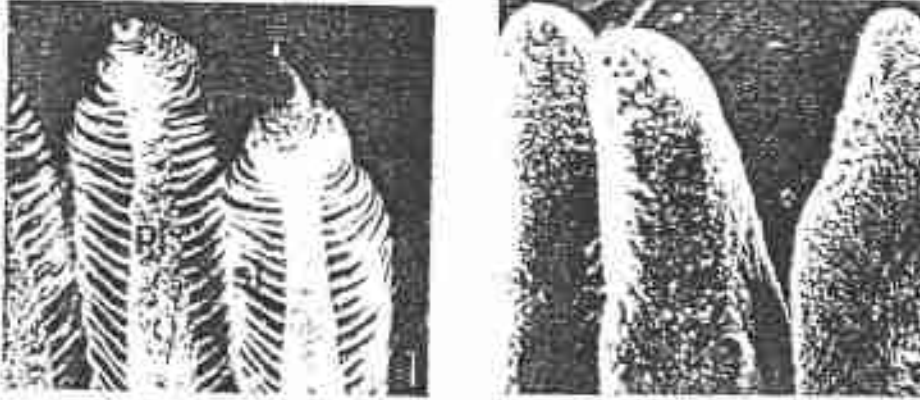
##### Aliminyum

Yüzey sularının asidifikasyonu, bazı metal derişimlerinin artışına yol açar. Aliminyum derişimi, balık üzerinde asidifikasyonunun etkisini belirlemede çok önemlidir. Zira, çeşitli araştırmacılarca, NewYork'ta dere alabalıklarında görülen ölümlere, pH ve aliminyum derişiminin birlikte neden olduğu gösterilmiştir.

Aliminyum güneybatı İsveç'teki Ransjön ve Asten Göllerindeki balıkların ölümüne yol açan faktör olduğu bildirilmektedir. Dere alabalıklarında, düşük pH'ya karşı hassasiğin artan yaşla azaldığı bulunmuştur.

Aliminyum zehirliliği, pH'ya ve ortamda bileşik oluşturduğu maddelere göre değişmektedir. Aliminyum hidroksit formda iken ve pH değeri 5.1-5.5 olduğunda zehirlilik maksimum düzeyde olup, daha düşük ve yüksek pH değerlerinde düşme gösterir. Organik madde ile bileşim oluşturan aliminyum, organizmalara zehirli değildir. pH değeri 5 olduğunda, aliminyum konsantrasyonu 0.2 mg/l veya daha yüksekse dere alabalıklarında solungaç hiperplazisi ve mukus salgılanması görülür. pH değeri 5.0 olduğunda 0.15

mg/l'lik aliminyum derişimine maruz bırakma yine dere alabalıklarında kan iyonları kaybına ve mukusla solungaçların tıkanmasına neden olmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Düşük aliminyum (35 µg Al/l) ve yüksek aliminyum (200-300 µg Al/l) düzeyine sahip sulardan temin edilen dere alabalıklarının solungaç lamellerinden bir görüntü (Jago ve ark. 1997).

#### Cıva

Asidifiye olmuş göllerden alınan balıkların yüksek düzeyde cıva ve diğer metal derişimleri içerdikleri saptanmıştır. Kanada'daki göllerden temin edilen balıklardaki yüksek cıva miktarının, azalan pH ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Cıvanın metanlarla yaptığı bileşikler, yüzey sulunun asidifikasyon işlemiyle ilişkilidir. Mikroorganizmalarca inorganik cıvanın metanla bileşik oluşturması (metilasyon), pH'ya bağlıdır; bu durum pH 8.0'da en fazladır. Metilasyon 5-7 pH aralığında, 7.0'den yüksek pH değerlerine göre daha fazladır. Aerobik koşullarda ve düşük pH değerlerinde cıva selenyum, çinko gibi metaller daha çok çözünürler.

pH düşüğe inorganik cıva, yüksek düzeyde balıklar tarafından biriktirmektedir. Düşük pH'nın balıklarda daha yüksek cıva içeriğine, 2 ana mekanizma ile yol açtığı belirtilmiştir. İki; yüksek asidite belirli su kütlesinde cıvanın fazla miktarda alıkonulmasını ve balıkların böylelikle daha yüksek konsantrasyonlarda çözülmüş cıvaya maruz kalarak solungaçları aracılığı ile doğrudan cıva almalarına neden olur. İkincisi ise; balık ve omurgasızların büyüme oranları ve biyomasları, asidik göllerde düşme gösterebilir. Büyüme oranı azalırsa, asidik göllerdeki balıklar, asidik olmayan göllerde bulunan eş büyüklükteki balıklardan daha uzun süre cıva biriktirmiş olacaktırlar (Haines 1981). Ayrıca 3 µg/l ve üzerindeki cıva derişimi, sazın yumurtalarının açılımını azaltmaktadır ve bu azalma selenyum varlığında daha çok hızlanmaktadır.

Walwood, gökkuşuğu alabalıklarını, pH; 8'ya ve 42-67 µg bakır/litre'ye maruz bıraktığında hematokrit değerlerinin artış gösterdiğini saptamıştır.

Laboratuvar koşullarında da, 9.5 µg/L. kadar düşük bakır derişimlerinin bile dere alabalığı embryo ve gençlerine zehirli etki yaptığı ortaya konmuştur. Çoğu metalin zehirliliği, pH ve kalsiyum miktarı azaldıkça artmaktadır. Örneğin; gökkuşağı alabalıklarında kandaki kurşun derişimi, pH değeri 10.0'dan 8.0'ya düşüğe artmaktadır (Haines 1981).

### Ölüm oranı

Asidiflye oImuş sulardaki balıklarda görülen ani ölümlere öncelikle akarsularda rastlanır. Bu duruma yoğun sonbahar yağışları veya karların erimesi sonucu suyun pH'sında ortaya çıkan ani değışiklikler neden olur. Karın erimesiyle birlikte kar kütlelerinin içinde biriken kirleticiler aniden salıverilirler. Ölçümlere göre, erimis kar suyu normal suya kıyasla 100 kat daha asidiktir. Bu olay da genelde balıklar için olabilecek en kötü zaman olan yumurtlama döneminde gerçekleşmektedir. Norveç'te Atlantik Salmonları ve dere alabalıklarında bu şekilde ölüm tespit edilmiştir. Ölümün görüldüğü dönemde pH değeri 3.9'dan 4.6'ya kadar değışim göstermektedir.

Düşük pH'da balık ölümü osmoregülasyondaki başarısızlık veya artış gösteren metal derişiminden kaynaklanmaktadır. Düşük pH'lı sulara maruz bırakma, solungaç lameii hücreleri arasında ödemlere, lamel aşınımına ve filamentlerin şişmesine yol açar. Yapılan araştırmalarla, asit zehirliliğinin balıklara verdiği ilk zararın solungaç hasarı olduğu böylelikle solunum, boşaltım ve karaciğer fonksiyonlarının bozulduğu belirlenmiştir. Karaciğerin zayıflaması ise, balıkların diğer toksikantlara karşı toleranslarının azalmasına neden olmaktadır. Daye, balık embriyonlarının ölümünün, solunum ve osmoregülasyona zarar verilmesine yol açan asitlerce epidermal aşınmasından kaynaklandığını savunmaktadır (Anonymous 1981).

pH'sı 5.2 olan sulara maruz bırakılan genç dere alabalıklarında, mukus salgısının arttığı, solungaçlar, kornea ve deri üzerinde nekrozların ortaya çıktığı gözlenmiştir.

Artan hidrojen iyonu konsantrasyonu, solungaçlardan yoğun bir mukus salgılanmasına yol açacağından, solungaç yüzeyinden geçen oksijen difüzyonu oranı azalır. Düşük pH, kanın pH'sını dolayısı ile hemoglobinin oksijen taşıma kapasitesini azaltır. Solunuma adapte etnasında karşılaşılan, fizyolojik değışiklikler (hematokrit indeksi, hemoglobin içeriği gibi), artış gösteren iç hidrojen iyonlarıyla ilgili olarak iyon düzenlemenin ayarlanmasından kaynaklanabilir.

Packer ve Dunson adlı araştırmacılar dere alabalıklarında, ölümden önce oksijen tüketiminin azalması olayının, pH değeri 3.5'dan az olduğunda görüldüğünü bildirmişlerdir. Yani düşük pH'da ( $\leq 5$ ) solunumda başarısızlık görülmektedir (Haines 1981).

Düşük pH'da boğulmadan dolayı görülen ölümler (*Lepomis macrochirus*) ve (*Carassius auratus*)larla yapılan denemelerle doğrulanmamışsa da, kanal yayınlarının (*Ictalurus punctatus*) muhtemelen boğulmadan öldükleri tespit edilmiştir. Gökkuşağı alabalıklarında oksijen tüketimi, 8.0 ve 9.0'da nötre yakın pH'dan daha fazladır ( Anonymous 1981).

Asitli ortamın balık ölümlerine yol açtığı dönemlerde, Norveçteki Tovdal nehrinden toplanan dere alabalıklarında, nehrin enfekte olmamış

bölümlerinden toplanan balıklara göre, daha düşük plazma sodyum ve klorid konsantrasyonu tespit edilmiştir. pH değerinin 7.0'den 4.0'e düşmesi dere alabalıklarında sodyum kaybını en az 3 kat artırmış, 24-48 saat içerisinde de ölümler görülmüştür. Mc Williams vd. (1980) göre, pH 6.0'a düştüğünde sodyum alımı azalmakta, sodyum kaybı ise artmaktadır (Anonymous 1981). Sudaki kalsiyum konsantrasyonu arttıkça, iyon kaybı azalır ve pH lethal etki yapacak düzeyde düşer. Balıklarda kalsiyum alımı, klorid hücrelerinde olmaktadır. Hidrojen alımına karşın, sudaki kalsiyum miktarı düşük olduğunda, balıklarda kan asidosisi görülmemektedir. İyon haldeki hidrojenin yalnız çok az bir kısmı böbrekler tarafından atılmakta, kalan kısmı ise biriktirilmekte ve hücreler içerisinde tampon vazifesi görmektedir (Anonymous 1981).

Düşük pH'ya (3.0-3.5) maruz bırakılan dere alabalıklarının kan pH'sında düşme ve vücuttaki sodyumun %50'sinin kaybolduğu saptanmıştır. Sodyum alımı, 3.0-4.9 pH aralığında sıfıra kadar düşmekte ve dışarıya atımı artmaktadır. Bununla birlikte, sodyum kaybının ölüm nedeni olabileceğine inanılmamaktadır. pH değeri 4.0 olan sularda tutulan kaynak alabalıklarının (*Salvelinus fontinalis*) böbrekler arası dokularında RNA sentezi önlenmektedir (Haines 1981).

Düşük pH'ya karşı dayanıklılık çeşitli balık türleri için araştırılmıştır. Örneğin; dere alabalıkları aside karşı nispeten daha toleranslıdır. Norveç göllerinde bulunan dere alabalıkları için en düşük pH tolerans limitleri 4.5-4.8'dir. Atlantik salmonlarının pH'ya olan dayanıklılıklarının gelişim dönemlerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Haines 1981).

#### 3.16.4. Asidifikasyonu kontrol yöntemleri

##### Nötrelleştirme - kireçleme

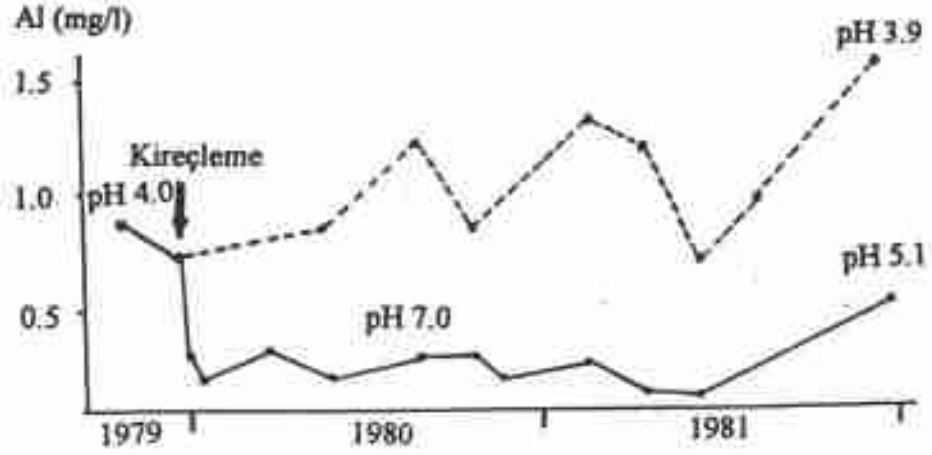
Kimyasal madde ilavesi, günümüzde asitleri nötralize etmede geniş çapta kullanılan pratik bir metoddür. Nötralize etmede en çok kullanılan madde kireçtaşı ( $\text{CaCO}_3$ ) veya  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  karışımıdır. İsveç'te 6.000  $\text{km}^2$ 'lik alandaki 900 göl kireçlenmiştir. Kirecin suya direkt ilavesi, en ucuz yoldan pH'nın yoldan pH'nın iyi bir şekilde kontrolüne izin verir. Şekil 3.10'da, Norveç-İsveç sınırındaki göllerde, kireçlemenin alüminyum konsantrasyonu üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

Kireçlemenin biyolojik etkileri olumludur. Organik maddenin ayrışma oranı artar ve *Sphagnum* yığınları azalır. Çeşitli fitoplankton türleri, 1-2 yıl içerisinde normale döner (Şekil 3.11). Zooplankton miktarı ise artar, fakat asite hassas türler 4 yıl veya daha uzun bir süre zarfında tekrar gözükür. Kireçlemeden sonra, planktonik crusteselerin varlığı ile pH ve istakoz stoklarındaki gelişim durumları Şekil (3.12) ve (3.13)'de gösterilmiştir.

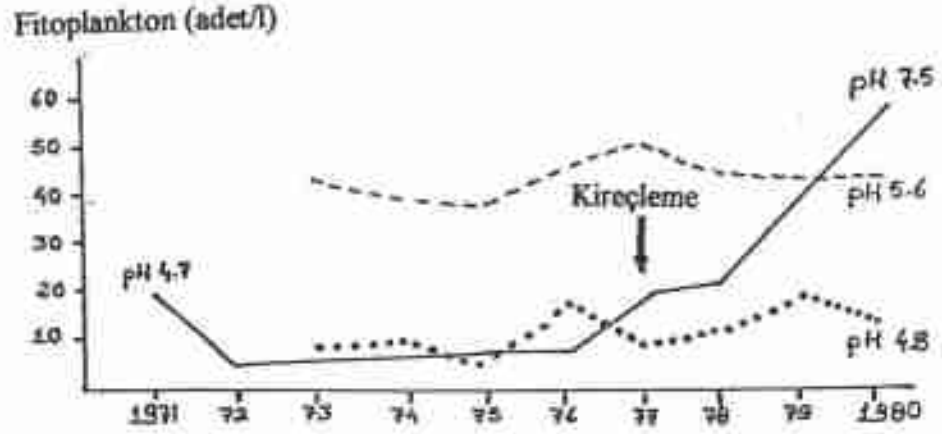
Nötralizasyonun gölün kimyası ve biyota üzerindeki etkilerine ilişkin yoğun çalışmalar Ontario'da tamamlanmıştır.  $\text{Ca(OH)}_2$  ve  $\text{CaCO}_3$  kombinasyonu, pH'yı hızla nötre döndürmede ve buffer sisteminin daha karardı kalmasını sağlamada gayet iyidir. Ontario'da nötralizasyonun uygulandığı göllerde, biyota bu muameleye farklı şekillerde tepki vermiştir. pH hızla değiştiğinde (5 hafta içerisinde 3 birim yükseldiğinde) fitoplankton, zooplankton ve bentik omurgasızlar başlangıçta azalmıştır. Nötralizasyondan sonraki yıl,

fitoplankton biyoması, işlemden önceki düzeyine geri dönmüş ve *Chrysophyta*'ların oranı artmıştır.

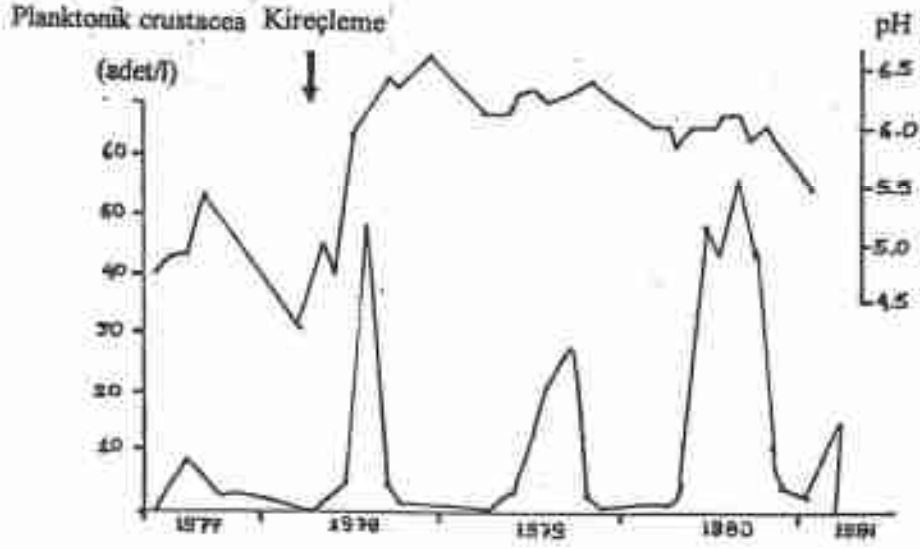
Kireçlenmiş asidik sulara, Avrupa tatlısu levreği, Kızılgöz ve Atlantik Salmonlarının üremesi gerçekleşmiştir.



Şekil 3.13. Kireçlemenin göllerin alüminyum konsantrasyonu üzerindeki etkileri (Haines 1981).

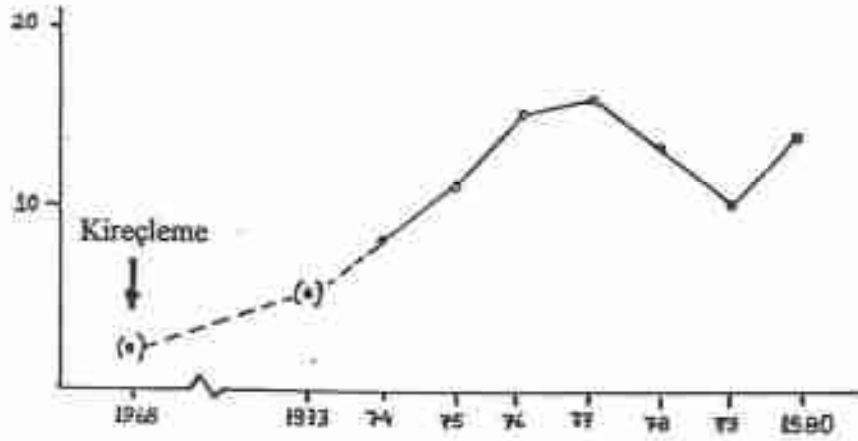


Şekil 3.14. Kireçlemenin göllerin fitoplankton yoğunlukları üzerine etkisi (Haines 1981).



Şekil 3.15. Kireçlemeden sonra planktonik krusteselerin varlığı ile pH arasındaki ilişki (Haines 1981).

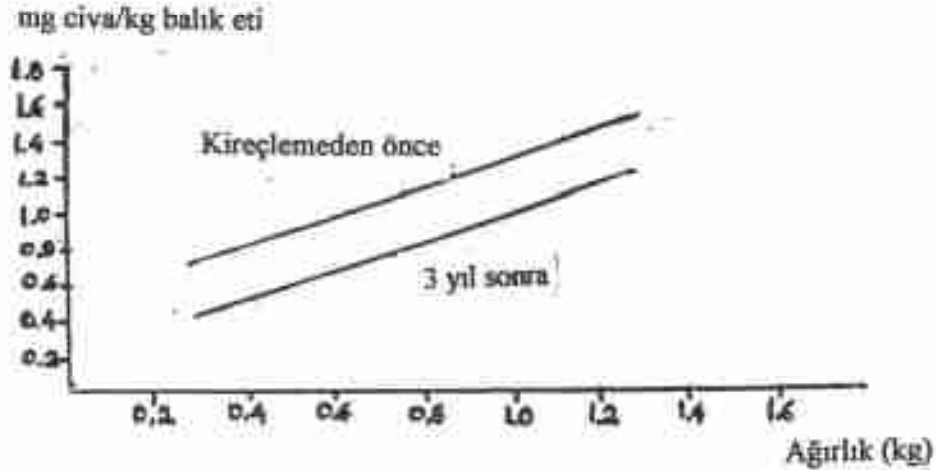
#### Av miktarı



Şekil 3.16. Kireçlemeden sonra istakoz stoklarında gözlenen gelişim durumu (Haines 1981).

Ontario'da bazı göllerde bulunan balıklar ise nötralizasyonu takiben yaşamınnı sürdürememişlerdir. Nötralizasyondan sonra ağır metallerdeki azalmaya karşın, çinko ve nikel konsantrasyonları, yeteri kadar balık ölümlerine neden olabilecek düzeylerde kalmışlardır. Kireç ilavesi, ağır metal konsantrasyonunu, mevcut metallere ve göle bağlı olarak %13-83 oranında düşürür fakat diğer temel iyonları etkilemez. Şekil 3.16'da, kireçlemenin, tuma (*Esox lucius*) balıklarının etinde civa içeriğine etkisi verilmiştir.

İsveç'te kireçle muamele edilen her hektar alan için yaklaşık 50-80 \$ gerekmektedir. NewYork'ta kireçleme için hesaplanan miktar, her hektar alan için 55 \$'dan 470 \$'a kadar değişmekte olup, NewYork'taki tüm asidik göllerin kireçlenmesi için, yıllık maliyetin 5 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir (Haines 1981). Eğer yüzey sularının asidifikasyonu asit yağmurlarından kaynaklanıyorsa, kimyasal nötralizasyon, asidifikasyonu önleyici en ekonomik çare ve tekniktir.



Şekil 3.17. Kireçlemenin tuma balıklarının etinde tespit edilen civa düzeyi üzerindeki etkisi (Haines 1981).

#### Seçici yetiştirme

Balıklar düşük pH'ya alıştırmaya girişimleri, genellikle başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Bununla birlikte, kültüre alınmamış (yabani) balıklar, asite karşı, kültüre alınmış balıklardan daha dayanıklıdır. Dere alabalıkları ile kaynak alabalıklarının farklı genetik soyları, aside karşı farklı düzeylerde dayanıklıdır ve bu durum kalıtsaldır. NewYork ve Norveç'te asidik karakterdeki göllere, asite karşı dayanıklı türlerin adaptasyonuna ilişkin çalışmalar yürütülmektedir. Kanada ve NewYork'ta kültüre alınmış alabalık nesillerinin çaprazlaması ile elde edilen hibrit kaynak alabalıklarının NewYork'taki asidik göllere

stoklandıklarında mükemmel bir gelişme ve yaşama oranı gösterdikleri belirtilmektedir.

Asit ve metal derişimine dayanıklı bir balık nesli üretilebilmekte birlikte, asidifiye olmuş göllerdeki değerli organizmaların yok olması nedeniyle balık üretiminde düşme gözlenmiştir. Genetik seleksiyon, göllerde asidifikasyonun ilk dönemlerinde, balık avcılığının ancak sportif amaçlı olmasına izin verebilmektedir. Bununla birlikte eğer atmosferik emisyonlar artmaya devam ediyorsa asidifikasyon işlemi, pH'yi daha fazla etkileyecek ve bu noktada genetik olarak seçilen balıkların stoklanması etkisini yitirecektir.

Asidik göllerde, balık popülasyonundaki kayıplar özellikle üremedeki başarısızlıktan kaynaklanıyorsa, suni olarak yetiştirilmiş balıkların bu tip göllere adaptasyonu arttır. Buna karşın, bazı durumlarda sert sulu yetiştiricilik sistemlerinden getirilen balıkların asidik sulara stoklandıktan hemen sonra öldükleri tespit edilmiştir (Haines 1981).

Kireçtaşı parçacıkları ile doldurulmuş yumurtlama kaplarından elde edilen gözlenmiş gökkuşuğu alabalığı yumurtalarının, doğal şartlarda inkübasyona bırakılmasında, göllerdeki balık popülasyonunu korumak için, ümit verici bir tekniktir (Haines 1981).

Gorham ise, sülfat ve nitrat indirgeyen bakterilerin asite toleranslı nesillerinin yetiştirilmesinin, göllerde asiditenin azaltılmasında pozitif bir etki yaratacağını ileri sürmektedir (Haines 1981).

### 3.17. Mikroorganizmalar

En basit yaklaşımla mikroorganizmalar, boyutları 1 ile 100 µm arasında değişen küçük canlı organizmalar olarak tanımlanabilir. Sulara özellikle insan ve hayvan dışkılarıyla karışan hastalık yapıcı (patojen) bakteriler ve virüsler önemli bir sağlık riski oluşturur. Patojenler, hastalar ve hastalık taşıyıcılardan (portör) idrar ve dışkı yoluyla su ortamlarına ulaşırlar. Mikrobiyal hastalıklar, özellikle tropikal bölgelerde, altyapı tesislerinin gelişmediği düşük kültür ve ekonomik seviyelerdeki toplumlarda, her yıl onbinlerce insanın ölümüne sebep olur.

Su kaynaklarının hijyenik açıdan emniyetli olabilmesi için, suyun fekal (dışkı veya idrarda) kirlenmeye maruz kalıp kalmadığının belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla geliştirilmiş olan yöntemlerin çoğu, indikatör olarak seçilen organizmaların varlığının belirlenmesine dayanır. Patojen mikroorganizmaların doğrudan tesbiti için kullanılacak ölçüm teknikleri bulunmakla beraber, bunlar zor, zaman alıcı ve pahalıdır. Su ortamlarında patojenlerin indikatör organizmalardan çok daha düşük sayılarda bulunduğu varsayıldığından, çoğu durumlarda indikatör organizmanın suda bulunmaması, patojenlerin yokluğu olasılığının yüksek olduğuna işaret eder. En çok kullanılan indikatör organizmalar, koliform türü bakterilerdir. Koliformlar, aerob ve fakültatif aerob, gram-negatif, spor yapmayan, 35°C'de 48 saatte laktozu gaz oluşumuyla fermente eden, çubuk şeklindeki bakterilerin tümünü içermektedir. Bu grupta *Escherichia coli* ( $10^5$ - $10^6$  hücre/g dışkı) ile normal olarak bağırsakta bulunmayan *Enterobakter aerogenes* sayılabilir.

Koliformlar su ortamlarında birinci dereceden bir yok olma kinetiği gösterirler (Chick Yasası).



$$n = n_0 e^{-kt}$$

Bu bağıntıda  $n_0$ ,  $t=0$  başlangıç anında,  $n$  ise  $t$  anında ortamda bulunan mikroorganizma konsantrasyonunu;  $t$  bağımsız zaman değişkenini;  $k$  yok olma hız katsayısını ifade etmektedir.

Burada özellikle bazı patojen virüs türlerine dikkat çekmek gereklidir. İndikatör türlerin ortamdaki yok olmasından sonra, özellikle düşük sıcaklıklarda bazı virüs türleri uzun zaman suda yaşayabilmektedir. Bu sebeple, koliformlar açısından emniyetli görülebilecek su ortamlarının, virüs kirlenmesi açısından tehlikeler taşıyabileceği bilinmelidir.

Türkiye'de de, dünyanın çoğu ülkelerinde olduğu gibi, içme suyu dağıtılmadan önce patojenlerin uzaklaştırılması için dezenfekte edilmektedir. Türkiye'de su ile geçen bulaşıcı hastalıkların sık olarak ortaya çıkması, içme suyu kaynaklarına atıksu karışımı olduğunu, dezenfeksiyonun ise bazı yörelerde yapılmadığını ya da yetersiz kaldığını göstermektedir. Yeraltı sularında yapılan çalışmalar, özellikle fosfatların uygulandığı yörelerde suların mikroorganizmalar açısından emniyetli olmadığını göstermiştir (Türkmen 1981; Anonim 1998b) Çizelge 3.42'de Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye'nin çeşitli akarsu havzalarında yapılmış koliform analizi sonuçları verilmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde, birinci sınıf bir su kütlesinde bulunabilecek maksimum toplam koliform konsantrasyonu 100 ml'de 100 koliform olduğundan, Çizelge 3.42'deki akarsuların hiçbirisi birinci sınıf kalite kriterini sağlayamamaktadır.

Çizelge 3.42. Yüzeysel sularda ölçülmüş en büyük koliform konsantrasyonları (Koliform/100 ml) (DSİ 1987; Anonim 1998b).

Akarsu havzası	Ölçülmüş en büyük derişim
Meriç	240
Marmara	24000
Gusurluk	15000
Sakarya	240
Kızılırmak	10000
Konya kapalı havzası	240
Seyhan	24000
Fırat	240
Doğu Karadeniz	240

**Çizelge 3.43.** İnsan kaynaklı kirlenmenin indikatörleri olarak kullanılması önerilen özel mikroorganizmalar ( Eitam 1994).

İndikatör Mikroorganizmalar	Karakteristikleri
Koliform Grup	Koliform grup içine aerobik ve fakültatif anaerobik, gram negatif, spor oluşturmayan ve 35 °C 'de 48 saatlik inkübasyon sonunda laktozdan gaz ve asit oluşturan tüm çubuk şekilli bakteriler girer. Bu analizleri için kullanılan membran filtrasyon tekniklerinde, koliform tanınma alternatif olarak Eosin Methylene Blue Agar (EMB Agar) besiyeri üzerinde 35-37 °C 'de 24 saat içinde metalik parlaklıkta altın yeşil koloni oluşturan tüm mikroorganizmalar dahil edilmiştir.
Fekal Koliform Bakteri	Fekal koliform bakteri grubu yükseltilmiş bir inkübasyon sıcaklığında ( 44,5 °C 'de 24 saat ) gaz üretme yeteneğine göre belirlenir.
Shigella	Toplam koliform popülasyonu Shigella cinsini içerir. Ayrıca termotolerant Shigella türleri koliform grup içine girer. Bu grup 35 °C 'de 24 saat kültür edilir.
Escherichia coli	Koliform grubun bir üyesidir. Diğer koliform cinslerine göre daha fazla fekal kaynakla belirlenir.
Fekal Streptokok ve Enterokok	Bu grup son yıllarda fekal kirlilik kaynaklarını tayin etmek için fekal koliformlara bağlantılı olarak kullanılmaktadır. Fekal streptokoklar sularda gelişmemekle beraber, ısıya, salkıya ve tuzlara karşı ortalamaların üzerinde dirençlidirler. Fekal koliform (FC) fekal streptokoklara (FS) oranı (FC/FS) insan gaitasında 0,8 iken hayvan dışkılarında 15'e kadar yükselebilir. Özellikle sikarsüldeneki FC / FS oranı 0,4 iken, lağım sulamında 21,5'e kadar çıkabilmektedir. Fekal streptokokların iki türü olan S. faecalis ve S. faecium adı mikroorganizmalar, bu grubun en karakteristik insan kaynaklı üyeleridir. İnsan gaitasının gramında 10 <sup>7</sup> 'den fazla sayıda S. faecalis ve diğer streptokok türleri mevcuttur. Analitik işlemler uygulanarak diğer türlerin eliminasyonu ile enterokok olarak bilinen bu iki tür izole edilebilir. Enterokoklar genellikle diğer indikatör organizmalardan daha düşük sayılarda ve en fazla deniz suyunda bulunurlar.
Clostridium perfringens	Bu spor oluşturan, anaerobik bir bakteridir ve özelliği nedeniyle dezenfeksiyon uygulanmayan ve geçmişte kirlenmeye maruz kalmış yerlerde kullanılan bir indikatördür.
Pseudomonas aeruginosa Aeromonas hydrophyla	Bu mikroorganizmalar lağım çamurunda bol miktarda bulunurlar. Her ikisi de sikatik mikroorganizmalar olarak düşünülebilir ve fekal kirlilik kaynaklarının olmadığının suardan elde edilebilir.

**Çizelge 3.44.** Arıtılmamış evsel atıksuda tipik olarak bulunabilen mikroorganizma türleri ve sayıları (Eitam 1994).

Organizma	Konsantrasyon (adet /ml )
Toplam Koliform	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>8</sup>
Fekal Koliform	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>7</sup>
Fekal Streptokok	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>6</sup>
Shigella	Var
Salmonella	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>7</sup>
Pseudomonas aeruginosa	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>8</sup>
Clostridium perfringens	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>8</sup>
Mycobacterium tuberculosis	Var
Protozoa Kistleri	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>5</sup>
Giardia Kistleri	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>5</sup>
Cryptosporidium Kistleri	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>7</sup>
Helminth Yumurta ve Larvaları	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>7</sup>
Enterik Virüsler	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>7</sup>

\* : Bu testlerin sonuçları miktardan çok pozitif veya negatif olarak değerlendirilir.

#### - Fekal kirlenmenin balıklara etkileri

Balığın hastalık yönünden en tipik özelliği suda yaşamasıdır. Kara canlılarını patojen bulunan ortamdaki uzaklaştırmak mümkündür, ancak balıklar suda ve patojenlerle iç içe yaşamak mecburiyetindedir. Sudaki kontrol ve karantina tedbirleri karaya göre oldukça azdır. Bu yüzden balığın yetiştiği havuzun tipi dahi önemlidir. Cueller ve ark., toprak havuzlarda organik madde birikiminden dolayı mikrobiyolojik üremenin fazla olduğunu, bu yüzden alabalıkların performansında düşme ve Aeromoniosis'in beton havuzlara göre toprak havuzlarda daha fazla görüldüğünü bildirmektedir. Her ne kadar bu araştırmacılar böyle bir sonuca vamuşarsa da toprak havuzların bakteriyel hastalıklar, özellikle de *Myxobacteriaceae* enfeksiyonları yönünden beton havuzlara göre çok daha güvenli olduğu görülmektedir (Aki 1989).

Kısa zaman öncesine kadar 15-20 tür civarında bakterinin balıklarda patojen olduğu bilinirken, bugün 70 kadar bakteri türünün balıklarda patojen olduğu tespit edilmiştir.

Balıklar, sıklıkla mikroorganizma konsantrasyonu yüksek olan sularda ürer ve gelişirler. Bu sırada patojenlerin deriye bulaşması söz konusudur. Safra kesesi, abdominal boşluk ve gözler de bu bulaşmaya maruz kalırlar. Mikroorganizmalar balığın dış yüzeylerine veya solungaç ve diğer epitel dokulara nüfuz edebilirler. Balıklar ayrıca bakteri içeren dışkı, kum ve benzeri maddeleri de yutarak vücutlarına alırlar (Fattal ve ark. 1992).

Balıkların çoğunda immün sistem iyi gelişmiştir. Balığın dış yüzeyi mikroorganizmaların bağlanması ve gelişmesini engelleyen bir mukoz tabaka ile kaplanmıştır. Deri, solungaçlar ve sindirim sistemi mikrobik istilacılara karşı savaşan lenfositleri, granülositleri ve makrofajları içerir.

İnsan fekal patojenlerinden olan virüsler, bakteriler ve protozoa ile yoğun biçimde kirlenen sularda yaşayan balıklar bu mikroorganizmalarda kontamine olabilirler. Bununla birlikte patojenlerin büyük bir kısmının balığı hastalandırmadığı ve balık bünyesinde canlılığını koruyabildiği kabul edilmektedir. Fekal bakteriler bakımından kirlenmiş sularda yaşayan balıklar sık sık insan tüketiminde yer alırlar. Bunların bazıları toplum sağlığı için risk oluşturan enterik insan patojenleri ile bulaşmış olabilirler.

İsrail'de yapılmış bir araştırmada tilapia (*Sarotherodon aureus* ve *S. nilotica*) balıkları, *E. coli* sayısı  $10^5$  cfu / ml (cfu = colony forming unit = koloni oluşturabilen hücre) olan çevre sularında tutulmuşlar, ek deneyler ise seyreltilmiş ve içinde *Aeromonas*, Enterokok, fekal koliform ve F (+) kolifajları bulunan sularda yapılmıştır. Sonuçta en yüksek bakteriyel konsantrasyon, sindirim sisteminde 5 ile 24 saat sonunda tespit edilmiştir. Sindirim sistemindeki bakteriyel dağılıma bakıldığında suyun bakteriyel dağılımı ile benzerlik saptanmıştır. *E. coli* deneylerinde deriden alınan *E. coli* geometrik ortalama düzeyi  $10^2$  cfu /  $cm^2$ , dalağın alınan düzey 26 cfu / gr ve karaciğerden alındığında ise  $10^2$  cfu / gr olarak belirlenmiştir. Birçok kas dokusunda bakteri geri alımı söz konusu olamıştır. Stres koşullarında (37°C sıcaklık, düşük  $O_2$  gibi) daha büyük kontaminasyonlara rastlanmıştır (Fattal ve ark. 1992).

Atık sularda gelişmiş balıklar üzerinde yapılmış başka bir araştırmada gösterildiğine göre insan enterik virüsleri ve bakterileri yüksek sayılarda birçok balık organında tespit edilmiştir. Çevre sularda, kesin eşik konsantrasyonu

altında, bu mikroorganizmalar balık kaslarında da bulunabilmiştir. Diğer araştırmacıların rapor ettikleri karşılaştırmalı sonuçlara göre ise çok yüksek konsantrasyonlarda bakteri içeren sulardan alınan balıkların kaslarında fekal bakteri tespit edilememiştir (Edward 1987; Aki 1998).

Araştırmalarda gösterildiğine göre; yarı optimal sıcaklık veya yüksek yoğunluk gibi elverişsiz koşullarda yetişen balıkların savunma mekanizmaları zarar görmekte ve böyle balıklar bakteriyel enfeksiyonlara yenik düşmektedirler (Fattal ve ark. 1992).

Sazan (*Cyprinus carpio*) havuzlarında yapılan bir çalışmada; suda *Aeromonas* (özellikle *A. hydrophyla*), *Bacillus*, *Clostridium*, *Coryneform* ve *Pseudomonas*, sedimentlerde ise *Pseudomonas*, *Coryneform*, *Bacillus* ve *Clostridium* bakterileri dominant olarak bulunmuştur (Sugita ve ark. 1994; Aki 1998).

*Enterobacteriaceae* familyasına dahil bakteriler, bakteriyel balık hastalıkları bakımından önem arz ederler. Mesele Doğu Almanya 'da beş büyük balık işletmesini içine alan bir araştırmada 1983 ve 1989 yılları arasında balıklardan izole edilen patojen bakterilerin yıllara göre %0,5 - 7,5 kadarının *Enterobacteriaceae* familyasından olduğu tespit edilmiştir. Adı geçen familyaya mensup bakterilerden balıklarda patojen olan genus ve türlerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Andres 1990; Aki 1998).

Bakteriler sularda yaşayan balıkların çeşitli organlarında hastalık oluşturmaksızın bulunabilirler. Keban Barajı Gölü 'nden yakalanan bazı balıkların çeşitli organlarından sırası ile %71,93 *Aeromonas*, %14,01 *Pseudomonas*, %14 kadar da *Enterobacteriaceae* familyasına mensup bakteriler (*Salmonella*, *Hafnia*, *Proteus*, *Serratia*) izole edilmiştir.

Sonuç olarak, özellikle sindirim sistemi olmak üzere balıkların organlarında sudan gelen mikroorganizmalar tespit edilmiştir. Tespit edilen bazı sayılar toplum sağlığı için potansiyel risk oluşturacak düzeydedir. Enfeksiyon sadece sudan olmamakta, aynı zamanda elle tutma, taşıma, balığın temizlenmesi ve iç organların çıkarılması esnasında olmaktadır (Fattal ve ark. 1992).

## 4. DENİZ KİRLENMESİ

### 4.1. Karadeniz

Karadeniz son yıllarda birçok olumsuz koşulun kısa sürede bir araya gelmesi sonucunda ekolojik değişim gösteren bir denizdir.

Karadeniz'in yüzey sulanında özellikle 1987 yılından itibaren artan oranda etkisini gösteren olumsuz faktörlerden en önemlisi Tuna nehir girdiğlerinden dolayı meydana gelen aşırı organik yük ve bu süreçte tankerlerin balast suları ile taşıdığı iddia edilen *Mnemiopsis leidyi* adlı ktenoforun Karadeniz'de aşırı çoğalmasındır.

Yabancı bir tür olarak Karadeniz ortamında aşırı çoğalan *Mnemiopsis leidyi*, hamsinin ana besini olan copepodlara ortak olduğu gibi, su yüzeyinde hamsi balığı yumurtalarını da tüketerek, hamsi üretimini olumsuz yönde etkilemiştir.

Diğer yandan Karadeniz'deki balıkçıların avlanma teknolojilerinin çok gelişmesi, balık unu fabrikalarının aşırı kapasitelerinden dolayı olağanüstü talepte bulunmaları ve politik nedenlerden dolayı hamsi avlanma boyutlarının bilimsel yöntemlerle tesbit edilmiş olan ekonomik avlanma boyutlarından çok daha aza indirilmesi ve herkesin etkilendiği üretim çökmesi sonucunu doğurmuştur.

Tuna Nehri'nin boşaldığı Kızeybatı kıyısında dip çamurunda meydana gelen anoksik ortam sudan ağır olan uskumru yumurtalarının ölmesine neden olmaktadır. Yine bu bölgede olumsuz şartlardan kaçabilme yeteneğine de sahip olmayan midyelerin ölmeleri sonucunda ise dip çamurundaki anoksik koşulların daha da çabuk yayıldığı gözlenmiştir. Midye tarlalarının Bulgaristan sahillerine kadar uzanan bölümünün yok olduğu bilinmektedir.

Ekolojik sistemde olan değişikliklerden dolayı besin zincirinin doğal döngüsü de bozulmuş ve birbiri üzerinden besleme (detrital) olarak adlandırığımız sistem, bakterilerin yoğun olduğu ve organik parçalanma sonucunda aşırı oksijen tüketen (detritus) bir sisteme doğru kaymıştır. Yapılan araştırmalar koşulların Karadeniz'in alt tabakalarında bulunan ve derinliği ölçüm yapılan yerdeki fiziksel coğrafik koşullara göre değişen sülfür tabakasının düzeyinde bir yükselmeye neden olmadığını net bir şekilde ortaya koymuştur. ODTÜ-DBE tarafından yapılan çalışmalarda, eski SSCB bilimadamlarının uzun senelerden beri varlığını iddia ettiği oksijen ve hidrojen sülfürün bir arada bulunduğu sınının da yanlış olduğu gösterilmekten öte bu iki tabaka arasında 30-40 metre kalınlığında oksijensiz olarak adlandırılacak bir ara tabakanın varlığı da ortaya konmuştur. Yine yapılan araştırmalar Karadeniz'in 1700-2000 metre arasındaki tabakasının Karadeniz'in genel dolaşım sisteminden en az etkilendiğini ve burada bulunan su küffesinin 500 seneden önce değişmeyeceğini göstermiştir (Anonim 1997a).

**Karadeniz'in coğrafyası** : Karadeniz 41°-48° 5' kuzey enlem ve 27° 5'-41° doğu boylam çizgileri arasında yer alan bu su kütlesi kendisine bağımlı olan diğer deniz bölümleri ile birlikte 461.587 km<sup>2</sup> 'lik bir alanı kaplamaktadır. Bu yüzölçümden Azak Denizi çıkarılacak olursa, Karadeniz'in yüzölçümü 411.540 km<sup>2</sup> 'dir.

Karadeniz'de Kırım Yarımadası dışında büyük yarımadalar, adalar ve geniş fiyordlar yoktur. Kırım adası Karadeniz'in güneyine doğru uzun mesafe ilerler ve bağlantısı Kerç Boğazı ile sağlanan Azak Denizi'ni Karadeniz'de ayırır. Karadeniz Türkiye'yi çevreleyen denizler içerisinde ortalama derinliği açısından en derin su havzasıdır.

Karadeniz, hidrografik açıdan, gerek akıntı rejimi ve akıntı sistemleri bakımından, gerekse derin deniz çukurlarının oluşumu açısından belirgin faydalanılan iki ayrı havzaya ayrılmaktadır.

Karadeniz'in Kafkasya kıyılarında bir kıt'a sahanlığı olmayışı ve dik bir eğimle deniz çukurluğuna ulaşması nedeni ile Kırım'ın güneydoğu kıt'a eğiminde sedimanlarada rastlanmamaktadır. Kırım adasının batı kesimi boyunca içerisinde yatılanmış büyük kaya ve taşların yer aldığı bir çamur kuşağı bulunmaktadır.

Karadeniz kuzey-batı kesiminde sıklıkla bölgede egemen sedimentler kum, kumlu ve çamurlu çakıllardır. Kuzey Karadeniz'in güney sınırında mekanik açıdan çok gevşek bir çamur tipi kıt'a sahanlığına egemendir. Güney kıyılarındaki kıt'a sahanlığı şeridi ise genellikle kayalıktır.

Boğaziçi yakınlarındaki 2000 m derinliğe varan derin deniz çukurundaki sedimentler ve kırım yarımadası ile Anadolu kıyıları arasındaki dar alan gri renkli killerden oluşmuştur.

**Karadeniz'in jeolojik gelişimi,** Caspers'e göre alt ve orta Missen dönemlerinde Karadeniz havzası, kaybolmaya yüz tutmuş bulunan Tethys Denizi'nin bir bölümünü oluşturmaktadır.

Bogachev'e göre Sarmatik havzanın kendisine özgü bir omurgalı faunası da gelişmiştir. Daha sonraki dönemde Sarmatik deniz tuzluluğunu geniş çapta kaybetmiş ve acı su kütləsi haline dönmüştür. Gicnoux tarafından Lac Mer "Göl-deniz" adı verilmiş olan bu havzanın göl ile deniz arası bir yapıya sahip olduğu belirtilmek istenmiştir. Göl-deniz'in yaşama süreci kısa olmuş Miosen sonlarından Pliosen başlanma kadar sürmüştür. Karadeniz'e giren tatlı suyun fazlalığı nedeniyle sular tuzluluğunu kaybetmiş, son 5 milyon yıllık sürede havza bir tatlı su gölüne dönüşmüştür.

Karadeniz'in bugünkü yapısını kazanışı ise ancak son dönemlerde olmuştur. Holosen döneminin başlarında, okyanuslar bugünkü seviyesine yükseldiğinden deniz suları yeniden boğazdan Karadeniz çanağına akmaya başlamış ve bugünkü ortam şartları oluşmuştur (Anonim 1991a).

**Karadeniz'de atmosferik etkenler :** Karadeniz'in kendine özgü hidrografik şartları, mevsimlere bağlı ısı değişikliklerinin 90 m kalınlığındaki yüzey su kütlésinin aşağısına ulaşmasını engeller. Karadeniz'de yağışların oluşturduğu seviye farkları ve rüzgar etkisi ile suyun  $\pm 1$  m'ye varan yükselişleri dışında, gel-git olaylarının etkisi görülmez.

Güney rüzgarlarının en önemli etkilerinden birisi de Karadeniz sularında yarattığı up-welling olayıdır. Şiddetli güney rüzgarları su kütlésinin kuzeyde birikmesine güneyde ise alçalmasına yol açar, bunun sonucu olarak derinlerdeki H<sub>2</sub>S' li tabakalardaki nisbeten soğuk su kütləsi dengelyi sağlamak üzere yüzeye yükselir. Bunun sonucunda kütle halinde balık ölümleri görülebilir.

### Karadeniz'in Su Bütçesi :

- 1- Sarmalılık deniz kökenli acı su kalıntısı
- 2- Boğazların açılması ile Boğaziçi'deki alt akıntı ile Akdeniz'den gelen tuzlu su kütlesi,
- 3- Karadenize dökülen akarsuların getirdiği mineraller, organik maddeler ve besleyici tuzlarca zengin su kütlelerinden oluşur.

Karadeniz'in su bütçesini bu değişik kökenli suların miktar ile, deniz yüzeyindeki buharlaşma miktar saptamaktadır. Özellikle akarsuların getirdiği su miktar buharlaşma ile olan yüzeysel su kaybından fazla olduğundan su bütçesindeki fazlalık, Karadeniz'den Marmara ve Akdeniz yönündeki yüzey akıntısı ile dengelenmektedir (Anonim 1991a).

Çizelge 4.1. Karadeniz'in su bütçesi (Anonim 1991a).

Kazanç bilançosu (aktif)	Km <sup>3</sup>	%
Q: Akarsular	336	53.16
P: Yağış	120	18.99
K: Kerç'ten gelen	53	8.39
B: Boğaz'dan giren	123	19.46
Toplam	632	100.00
Kayıp bilançosu (Pasif)		
E: Buharlaşma	340	53.80
K <sub>1</sub> : Kerç'ten giden	32	5.06
B <sub>1</sub> : Boğaz'dan çıkan	260	41.16
Toplam	632	100.00
Q + P + K + B = E + K <sub>1</sub> + B <sub>1</sub>		

### Karadenizin akıntı sistemleri

**Yüzey Akıntıları :** İnebolu civarında (Kerempe burnu) akıntı iki kola ayrılır. Bunlardan birisi, hızı bir hayli azalmış olarak kuzey ve kuzey-batıya doğru yönelir. Kerempe burnunu geçen ikinci kol ise, Sinop yakınlarına kadar kıyıya paralel durumunu sürdürür. Sonunda bu akıntı kuzey-batıdan gelen diğer bir akıntı ile de desteklenmiş olarak, güney-doğuya doğru olan yönünü alır.

Karadeniz'in güneydoğu bölümündeki akıntı düzeni çok karmaşıktır. Burada çok değişken boyutlarda dairesel akımlar oluşabildiği, 110 cm sn<sup>-1</sup> 'lik hızlara kadar ulaşan akıntılar gözlenmiştir.

Kerç Boğazı'nın güneyine doğru, akıntılar zayıflar ve düzenleri bozularak birçok yan kola ve dairesel sistemlere ayrılırlar. Kırim yarımadasının güneydoğu kıyıları açıklarında akıntı güneye yönelir ve 35° E yakınlarında da iki kola ayrılır.

Karadeniz'in kuzeybatısındaki kıt'a sahenliği üzerinde oluşan akıntılar baskın rüzgarlara ve Dinyeper ve Bug nehirlerinin getirdikleri su miktarının çok yakından bağlıdır.

Boğaz girişi ile Burgaz körfezi arasında kıyı şeridi boyunca ortalama hızı 20 cm sn<sup>-1</sup> 'i bulan, az çok sürekli ters akıntılar oluşmaktadır. Doğu ve

Batıdaki büyük dairesel akıntılann ortalarında kalan akıntılar çok az gelişmiş ve zayıf akıntılardır.

**Derinlik Akıntıları :** 70-100 m derinlikteki haloklin tabakası yüzey ve derin su kütleleri arasındaki sınıırı oluşturur.

Akıntı hızları yüzey değerlerini yaklaşık 20 m'ye kadar koruyabilirler bu derinliklerden sonra akıntı hızı derinlik artışı ile ters orantılı olarak 200 m'ye kadar gittikçe azalır.

Hareketsiz alan olarak da (stagnant) adlandırılan bölgenin Karadeniz'in ortalarındaki alt sınıırı 150 m yakınında, kıyıda ise 250-300 m civarındadır. Çok zayıf olan dip akıntılarının genellikle yüzey akıntılarının ters yönünde oluştuğu sanılmaktadır (Anonim 1991a).

### **Su sıcaklığı**

Karadeniz'in yüzey suyu sıcaklığı genellikle bu bölgenin kıyasal kesimlerinin hava sıcaklığından biraz daha yüksektir.

Azık denizi suları Karadenize oranla yazları daha sıcak, kışları ise soğuktur. 4-5°C'ye varabilen bu sıcaklık farkı Azık denizinin sığığından doğmaktadır. Karadeniz'in açık kesimlerinin yüzey suyu sıcaklıkları kışın kıyılardakinden biraz daha yüksektir. Buna karşılık yazın bu fark hemen hemen ortadan kalkmaktadır. Karadeniz'in kıyı bölgelerinde sıcaklıklar, 5-8°C arasında değişirse de, Güneydoğu daha yüksek derecelere rastlanmaktadır.

- Yaz aylarında yüzey suyu ortalama sıcaklığı 23°C'dir. Kırım yarımadasının güneyindeki su sıcaklıkları buna oranla, genel olarak daha düşüktür. Kerson bumu açıklarında yazın 11°C'lik sıcaklıklar ölçülebilmektedir. Bu düşük sıcaklık değerlerinin, baskın rüzgarların yarattığı su kütleleri yükselmesinden oluştuğu ve sıcaklığın 11 saatlik bir sürede 11,4°C'ye kadar düşebildiği görülmüştür (Anonim 1991a).

### **Tuzluluk**

Mevsimsel sıcaklık değişimleri yalnızca bu soğuk su tabakasının üzerinde yer alan su külesinde ortaya çıkmaktadır.

Akarsuların etkisi yalnızca Kuzeybatı ve Batı kesimlerinde değil aynı zaman da birkaç küçük nehrin büyük miktarlara varan su sağladığı Güneydoğu kesiminde de görülür.

Nehir haliçleri yakınında, yüzey suyu tuzluluğu, buraya kaçan tatlı su miktarına bağlı olarak belirgin mevsimsel farklar göstermektedir. Kış aylarında yüzey sularının tuzluluğu buz oluşumu sürecinde karalarda hapsedilen su miktarlarından etkilenmektedir.

Haloklin tabakası 100 m derinlikte yer almakta ve tuzluluk artışı 300 m'den dibe, yalnızca % 0,5-0,65 kadar bir artış göstermektedir (Anonim 1991a).

### **Oksijen ve hidrojen sülfür dağılımı**

Karadenizde sürekli bir haloklin dip ve yüzey su külesini birbirinden ayırmaktadır. Dairesel akıntı sistemi nedeni ile, gerek Batı gerekse Doğu



havzalarının orta kesimlerinde bu haloklin bir kubbeleşme gösterir. Bu ise, aerobik ve anaerobik arasındaki sınırın da aynı şekilde kubbeleşmesi sonucunu doğurur. Bu sınır, havzanın kenarında 250 m derinlikte buna karşılık orta bölgelerde 150 m derinlikte yer almaktadır.

Akdeniz kökenli olup boğaziçinden geçen ve litrede 8-10 mg. oksijen içeren suların, debilerinin oldukça düşük oluşu nedeni ile, Karadeniz'in derin sularına oksijen hızı, buradaki organik materyal tarafından oksijenin yitirilen hızını dengelemeye yetmemektedir.

Bu ise haloklin altında kalan su külesinin tümü ile sürekli olarak oksijensiz kalması sonucunu yaratmaktadır. Baltıktaki durumun aksine, Karadeniz'in haloklin altı su külesi, buraya girebilen az miktardaki sularla yenilenmesine olanak sağlamayacak kadar büyüktür. Bu nedenle de Karadeniz'in 200 m'den aşağıdaki suları binlerce yıl önce ilk sürekli haloklin tabakası olduğundan bu yana daima anoksik kalmıştır.

Uzun yıllardan beri, Karadeniz'in dip sularının yalnızca Akdeniz'den gelen sularla yenilenebileceği görüşüne inanılmışsa da, bu doğru olmaz. Boğaziçi'nden Karadeniz'e akan suların ortalama akış hızına göre dip sularının yenilenmesi için yaklaşık 2.500 yıllık bir süre gerekmektedir. Ancak dip sularında başka yöntemlerle gerçekleştirilen yaş saptanması sonuçlarına göre bu suların 800 yıllık olduktan ortaya konmuştur. Bu ise, Boğazdan geçen sulardan daha büyük bir hızla bu yenilenmeye katkıda bulunan diğer bazı düzey su hareketlerinin varlığını kanıtlamaktadır.

Karadeniz'in tuz dengesi gözönüne alındığında, yılda 500 km<sup>3</sup>'lük bir yüzey suyu miktarının haloklini geçerek dip sularına ulaştığı hesaplanmaktadır. Bu su miktarı ile, birlikte 5x10<sup>6</sup> ton oksijen anaerobik bölgeye taşıdığı gibi 700 km<sup>3</sup> 'lük hidrojen sülfürlü su da yüzey suyuna karışmaktadır.

Çizelge 4.2. Karadeniz'de O<sub>2</sub>'nin düzey dağılımı (mg/l) (Anonim 1991a).

Derinlik (m)	200 m'den sığ alanlarda O <sub>2</sub>	200 m'den derin alanlarda O <sub>2</sub>
0	3.83-7.95	4.57-7.62
10	4.01-7.92	4.28-7.40
25	4.13-7.88	2.51-8.64
50	4.30-7.88	1.05-7.76
75	1.41-7.43	0.22-7.28
100	0.25-0.67	0.12-7.16
125	0.25-1.31	0.00-3.16
150	0.22-0.82	0.00-2.71
175	0.16-0.21	0.00-2.65
200		0.00-1.88
250		0.00-1.84
300		0.00-1.92

Dikey madde alışverişinin Güney kıyıları kıt'a eğiminde ve Güneydoğu kıyılarında meydana geldiği varsayılmaktadır. Oksijenli yüzey suları ile anoksik dip suları arasında bir geçit tabakası bulunmaktadır. Bu tabakada oksijen bulunmadığı gibi hidrojen sülfür oluşumuna ilişkin bir kanıtta yoktur. Bu tabakada gerek oksijen gerekse hidrojen sülfürün hiç deşilse bir süre için birlikte bulundukları sanılmaktadır. Ancak doğal şartlarda (organik substrat ve

bakterilerin bulunması durumunda) oksijenin bulunduğu sularda hidrojen sülfürün yanlanma süresinde 30 dakika olduğu bilinmektedir.

Ayrıca çok kuvvetli düşey karışım görülen yörelerde dahi hidrojen sülfür, oksijenin analitik batasından (0.02 ml/l) daha yüksek miktarlarda saptanamamıştır. 10 cm amplitüdü ve 30 dakikadan daha az süreli çok kuvvetli dikey karışımların varlığı durumunda bu iki maddenin birlikte bulunması olasıdır. Karadeniz'in orta kesimlerinde 125-150 m derinliklerde oksijen yoğunluğu genellikle doymuşluk derecesinden ani olarak 1 ml l<sup>-1</sup> 'lik değere kadar düşer.

Bu düşüş, sürekli piknoklin tabakasında oluşmaktadır. Hemen piknoklinin altında ise, suda erimiş oksijen miktarı üstel olarak sıfıra kadar inmesi, Karadeniz'in büyük bir bölümündeki düşey girdap difüzyon hareketlerinin çok düşük çapta bir madde alış-veriş katsayısına sahip olduğunu kanıtlamaktadır.

Bazı yörelerde çok önemli hızlara varabilen doğu yönlü akıntılar, ters akıntılar ve yatay girdaplar düşey karışımı artırmaktadır. Bu kıyı bölgelerinde sürekli haloklin, Karadeniz'in orta kesimlerinden yaklaşık 100 m daha aşağıda bulunmakta ve tuzluluk ile özellikle oksijen gradientli Anadolu ve Kafkasya kıyıları boyunca çok daha az belirgin olmaktadır. Bu ise; Karadeniz dip suyunun yenilenme işleminde kıyı bölgelerinin ne kadar önemli bir rol oynadıklarını göstermektedir (Anonim 1991a).

#### Alkalinite ve pH

Karadeniz'de yüzey suyu pH değerleri açık okyanus sularındakiler gibi, 8.2-8.7 arasında değişir. Yüzeysel sularda oksijenin yitilmesi olayını Karbon oksitleri oluşumu izlediğinden, sonuç olarak sürekli haloklin tabakasında pH değerleri 8.0' a kadar düşer.

Haloklin altında pH hızla 7.8'lik değere kadar inmekte ve daha sonra bu azalış yavaşlayarak, yaklaşık 1000 m derinlikte 7.8'lik değere ulaşmaktadır. Bu sularda önemli miktarda hidrojen sülfür bulunmasına karşılık, pH değerleri 7.5'in altına pek düşmemektedir.

Karadeniz'de bu oldukça yüksek pH değerlerini yaratan üç faktör belirlemektedir:

1. Derin su kütlesine ulaşabilen okside olabilecek organik materyalin miktar Karadeniz'de oldukça düşüktür. Zira, Karadeniz'in yıllık ortalama primer produktivitesi 8,3 mol C m<sup>-2</sup> yıl<sup>-1</sup> kadardır. Ancak oluşan organik materyalin büyük bir bölümü ya haloklinin üzerinde yer alan yüzey sularında veya hemen altındaki tabakada yükseltgenmektedir. Bunun sonucu olarak da derin sularda CO<sub>2</sub> oluşma şansı çok kısıtlanmaktadır. Bunun dışında, oluşan CO<sub>2</sub>'nin bir bölümünde aşağıdaki formüle göre,



kemosentetik bakteriler tarafından yitilmektedirler. Bu olay ise, karbonhidratların oluşumuna ve CO<sub>2</sub> ve hidrojen iyonlarının yitirilmesine yol açar.

- Bu olay genellikle haloklinin hemen altındaki anoksik tabakada oluşmaktadır.
2. Oldukça yüksek konsantrasyondaki hidrojen sülfür ve sülfürler bu sularda bir tampon sistemi gibi görev yapar. Hemen hemen tüm hidrojen sülfür, sülfatların indirgenmesi yolu ile oluşmaktadır. Bu şekilde oluşan sülfürler derhal protonlarla birleşerek  $\text{HS}^-$  ve  $\text{H}_2\text{S}$  meydana getirir. Deniz suyunda görülebilen tüm pH değerlerinde sülfür sisteminin iyonik türü başlıca  $\text{HS}^-$  dir.
  3. Gerek yüzey sularının, gerekse dip sularının alkalinitesi olağan üstü yüksektir.

Karadeniz yüzeysularının alkalinite değerleri yaklaşık  $3,4 \text{ mekg l}^{-1}$  olup okyanus sularındaki değerlerden  $2,06 \text{ mekg l}^{-1}$  kadar yüksektir. Anoksik derin suların bazikliği söz konusu olduğundan bu sularda bulunan  $\text{HS}^-$  ve  $\text{S}^{2-}$  iyonlarının toplam alkaliniteye katkısını da göz önüne almak gerekir. Ancak bu durumda bile, basitçe

$\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  ve  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  iyonlarının eş değerlerinin toplamı olarak tanımlanan alkalinitenin  $4,0 \text{ mekg l}^{-1}$ 'den fazla olduğu bunun ise Okyanus sularının alkalinite değerlerinden  $2,9 \text{ mekg l}^{-1}$  kadar fazla olduğu ortaya çıkar.

Bu yüksek alkalinite değerlerinin oluşumunda kireççe zengin su toplama havzalarından gelerek Karadeniz'e dökülen akarsuların kimyasal birleşiminin rolü büyüktür (Anonim 1991a).

#### Besin maddeleri/Ötrofikasyon

Karadeniz'in oldukça dinamik olan suları yüksek verimliliğe neden olur. Nitrat düzeyleri ortalama  $1-2 \text{ } \mu\text{gat/l}$  civarındadır. Genelde fosfat  $1-1,3 \text{ } \mu\text{gat/l}$  seviyelerindedir, fakat bazı bölgelerde çok düşük ( $0,2 \text{ } \mu\text{gat/l}$ ) olabilir. Yukarı yükselme (upwelling) alanlarında kış ortası değeri  $1 \text{ } \mu\text{gat/l}$ 'ye kadar yükselebilir. İnsan kaynaklı girdiler nedeniyle çok yüksek olan ( $3-6 \text{ } \mu\text{gat/l}$  gibi) lokal değerler de kaydedilmiştir.

Karadeniz'de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  ve  $\text{PO}_4$  gibi besinlerin artması ve plankton patlamalarının ana kaynağı Marmara ve Boğaz'la Karadeniz'e verilen İstanbul kanalizasyonudur.

Klorofil seviyeleri sahil sularının verimliliğini yansıtır. Pelajik alanlarda,  $0,2-0,6 \text{ mg/m}^3$  arasında kaydedilmiştir. Karadeniz'in beti ucunda yoğun plankton patlamalarına ( $20-80 \text{ mg/m}^3$ ) rastlanır.

Bu değerler ışıklı bölgede, ilkbahar plankton çoğalma döneminden sonra normal olarak düşüktür, [ $0,5 \mu\text{g} - (\text{PO}_4^{3-} = -\text{P}) \text{ l}^{-1}$ ] ve bütün yaz mevsimi süresinde de böyle düşüktür.

Karadeniz'de birincil üretimi etkileyen en belirgin faktörün azot miktarı olduğu anlaşılmaktadır. İlkbahar plankton artış döneminde yüzey sularındaki azot değerleri mikrogram atom/litrenin ondadırından de daha aşağı düşmekte ve bu düşük değerler, yüzey sularında sonbahar karışımına oluşuna dek sürmektedir.

Yüzey sularının amonyak içeriği genellikle düşüktür ve nadiren  $1,0 \text{ } \mu\text{g} - (\text{NH}_4^+ - \text{N}) \text{ l}^{-1}$  lik değerlere rastlanmaktadır.

Nehirlerin pek çoğu kayalık bölgelerden geçmeseler bile, Karadeniz'e dökülen nehir suları nedeni ile yüzeysularında silikatların yüksek miktarlarda bulunması doğaldır.

Yüzey sularındaki silikat dağılımı, bu elementin Karadeniz'in birincil üretimi sınırlayıcı bir faktör olmadığını ortaya koymaktadır. Lagün sistemleri, sığ sahil girintileri, düşük sirkülasyon alanları, narin ekosistemler veya nadir türlere etkiler üzerinde çok az çalıştırılmıştır.

#### **Kirlilik**

Karadeniz'de miktar ve konsantrasyon olarak makro besinler (nütrientler) önemli ölçüde artmıştır. Otuz yedi yıl içinde (1950-1987) Tuna Nehrinin fosfor yükü 13 000'den 30 000 tona çıkmıştır. Aynı sürede azot yükü 143 000 tondan 740 000 tona yükselmiştir. Dinyester Nehri ağızında nitrat konsantrasyonu 3, fosfat konsantrasyonu 7 kat artmıştır. Organik maddeler için de aynı durum söz konusudur. Karadeniz açıklarında bile maksimum nitrat konsantrasyonu 1980'ten beri 2-6 kat artmıştır. Her ne kadar besin tuzları deniz canlıları için temel gıda olsalar da, aşırı artış organik kirlenmelere yol açmakta ve bir dizi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Örneğin, yüzey sularındaki aşırı yük canlı yaşam için vazgeçilmez olan güneş ışınlarının derinlere sızmasını engellemektedir. Karadeniz'de derinlere ışık sızması uzun süreli olarak azalmıştır. Karadeniz'in açık sularında Secchi disk derinliği 1960'larda 18-20 metre iken şimdilerde 6-10 metreye düşmüştür; hatta kıyı sularında bu değer nehirlerin getirdiği yükten ötürü 5 metreden daha azdır. Deniz suyunda ışık yayılımının azalması, ekonomik değeri bulunan sığ su yosunu *Phylophora* stoklarında %95 azalmaya neden olmuştur.

Karadeniz'in derin sularında çökmeye ve parçalanmaya başlayan organik materyaller denizin 150-200 metreden daha derin kısımlarında ve toplam su hacminin %90'ında sürekli bir oksijensizlik durumunu ortaya çıkarmıştır. Bu oksijensiz koşullar altında organik maddeler, nitratlardaki ve özellikle de sülfatlardaki oksijen bağlarını kullanarak daha ileri aşamalarda parçalanmakta ve bundan sonraki kimyasal indirgenme hidrojen sülfür oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Hidrojen sülfür Karadeniz'de binlerce yıldır üretilmekte ve denizin su kütlelerinin %90'ını kirlenmektedir. Bu gaz yüzünden Karadeniz'in dip kısımları yalnızca anaerobik bakteriler için yaşanabilir bir ortam olmuştur.

Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü'nün 1989, 1990, 1991, 1992, 1993 ve 1996 yıllarında yürütmüş olduğu "Karadeniz Bölgesinde Su Kirliliğine Sebep Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerine Etkilerinin Araştırılması" projesi sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde bazı parametrelerin su ürünleri açısından kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu, bazı parametrelerin ise tolere değeri aştığı gözle çarpmıştır.

**Bakır (Cu)** :1992 yılında, Batı Karadeniz'de Zarbana deresi deşarjı ile Sakarya nehri deşarjında Bakır Fabrikası atıkları bulunduğu için bu istasyonlarda kıydan alınan su örneklerinde yapılan analizlerde bakır miktarı 0.03 - 0.07 mg/l arasında bulunmuştur.

1993 yılında, Orta Karadeniz'de Samsun-Gelemez Karadeniz Bakır İşletmelerinin atıklarının denize deşarj edildiği bölgede kıydan 100 m açıktan alınan su örneklerinde bakır miktarı 0.02 - 0.06 mg/l arasında bulunmuştur. Yine aynı istasyonda kıydan 500 m açıktan alınan örneklerde ise 0.01 - 0.05 mg/l arasında bakır bulunmuştur.

1986 yılında Batı Karadeniz'de yine aynı Bakır Fabrikası atıklarının olduğu bölgede kıyıda 100 m açıktan alınan deniz suyu örneklerinde bakır miktarı n.d. - 0.32 mg/l arasında, 500 m açıktan alınan örneklerde ise n.d.(ölçülemeyecek kadar az) - 0.52 mg/l arasında bulunmuştur.

Bu sonuçlardan anlaşılıyor ki; bakır fabrikası atıklarının olduğu bölgelerde bulunan bakır miktarı diğer istasyonlara göre çok daha yüksektir. Su Ürünleri Kanunu ve Tüzüğüne göre bakırın tolere değeri 0.02 mg/l'dir. Buna göre yukarıda belirtilen bakır değerleri tolere değerin çok üzerinde bulunmuştur.

Karadeniz'e kıyısı olan diğer ülkelerin çalışmaları sonucunda elde etmiş oldukları değerler şöyledir; Örneğin, Romanya'nın 1982-1985 yıllarında kıyı yüzey sularında yapmış olduğu çalışmalarda bakır miktarı 0.0006 - 0.007 mg/l arasında bulunmuştur. FAO 1990 kayıtlarına göre 1983 ve 1984 yıllarında Sakarya Nehri'nden alınan su örneklerinde belirtilen bakır değerleri, her iki senede de aynı olmak üzere 0.005 - 0.05 mg/l arasında bulunmuştur. Yine aynı kayıtlara göre Tuna nehri sedimenti düşük konsantrasyonlarda ağır metal içerir. Örneğin; bakır miktarı 0.005 - 0.01 mg/l arasındadır (Anonim 1997b).

**Demir (Fe) :** 1989 yılında demir miktarı 0.04 - 1.40 mg/l arasında, 1990 yılında demir miktarı 0.01 - 3.4 mg/l arasında, 1991 yılında ise kıyıda 100 m açıktaki demir miktarı 0 - 0.51 mg/l arasında, 500 m açıktaki 0 - 0.36 mg/l arasında bulunmuştur.

1992 yılında Batı Karadeniz'de bulunan Karadeniz Ereğli Demir Çelik Fabrikası atıklarını taşıyan Soğanlı Çayının denize deşarj bölgesi ile 35 Sanayi kuruluşu Şeker Fabrikası atıklarını taşıyan Sakarya nehrinin denize deşarj bölgesinde kıyıda alınan deniz suyu örneklerinde yapılan analizlerde demir değerleri 0.02 - 1.34 mg/l arasında bulunmuştur.

1996 yılında Batı Karadeniz'de yine aynı istasyonlarda kıyıda 100 m açıktan alınan deniz suyu örneklerinde demir miktarı 0.03 - 1.40 mg/l arasında, 500 m açıktan alınan örneklerde ise 0.01 - 0.90 mg/l arasında bulunmuştur. Buna göre demir kıyıda örneklerde tolere değerin üzerinde bulunmuş, açığa gidildikçe de düşüş göstermiştir. Su Ürünleri Kanunu ve Tüzüğü'nde demirin tolere değeri 0.7 mg/l'dir (Anonim 1997b).

**Deterjan (LAS) :** Deterjan tolere değeri 0.02 mg/l'dir. Haibuki evsel atıkların bulunduğu bütün istasyonlarda deterjan tolere değerin çok üstünde bulunmuştur. Enstitünün 1989 yılında Doğu Karadeniz'in kıyı sularında yapmış olduğu çalışmalar neticesinde deterjan miktarı 0.02 - 1.8 mg/l arasında bulunmuştur. 1990 yılında Orta Karadeniz'in kıyı sularında yapılan ölçümlerde deterjan miktarı 0.004 - 0.18 mg/l arasında bulunmuştur.

1991 yılında yine Doğu Karadeniz'de fakat kıyıda 100 m açıktan alınan su örneklerinde yapılan deterjan analizlerinde 0.0011 - 0.250 mg/l arasında, 500 m açıktan alınan su örneklerinde ise 0.028 - 0.182 mg/l arasında deşer bulunmuştur.

1992 yılında Batı Karadeniz'de bulunan, Demir Çelik Fabrikası ve evsel atıkların alan Soğanlı Çayının deşarj edildiği bölgede kıyıda alınan deniz suyu örneklerinde deterjan değerleri 0.025 - 0.048 mg/l arasında bulunmuştur. 100 m ve 500 m açıktan alınan örneklerde bulunan deterjan miktarı tolere değerin altındadır.

1993 yılında Orta Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıyıda 100 m açıktan alınan su örneklerinde yapılan deterjan analizlerinde 0.01 - 0.098 mg/l arasında, 500 m açıktan alınan su örneklerinde ise 0.01 - 0.063 mg/l arasında değerler bulunmuştur.

1996 yılında yine Batı Karadeniz'de fakat kıyıda 100 m ve 500 m açıktan alınan deniz suyu örneklerinde yapılan analizlerde bulunan deterjan miktarı tolere değerin altındadır (Anonim 1997b).

**Nitrat azotu ( $\text{NO}_3 - \text{N}$ ) :** Nitrat azotunun tolere değeri 0.9 mg/l'dir. 1990 yılında Orta Karadeniz'in kıyı sularında yapılan çalışmalarda nitrat azotu 0.08 - 2.3 mg/l arasında bulunmuştur.

1991 yılında Doğu Karadeniz'de kıyıda 100 m açıktan alınan su örneklerinde yapılan analizlerde nitrat azotu 0 - 7.5 mg/l arasında bulunmuştur.

1992 yılında Batı Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıyıda deniz suyu örneklerinde nitrat azotu değerleri; evsel atıklar ve tarım arazisinin bulunduğu yerlerde n.d.-1.9 mg/l arasında bulunmuştur.

1993 yılında, Orta Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıyıda 100 m açıktan alınan su örneklerinde yapılan nitrat analizlerinde 0.1-2 mg/l arasında, 500 m açıktan alınan su örneklerinde ise 0-1.8 mg/l arasında değerler bulunmuştur.

1996 yılında Batı Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıyıda 100 ve 500 m açıktan alınan deniz suyu örneklerinde nitrat azotu değerleri; n.d.-2.2 mg/l arasında bulunmuştur.

Bulunan bu değerler tolere değerin üzerindedir. Nitrat azotunun yüksek oluşunun nedeni tarım arazisinin gübrelenmesi ve bu gübrelerin yağmur sularıyla derelere, oradan denize karışmasıdır (Anonim 1997b).

**Amonyak azotu ( $\text{NH}_3 - \text{N}$ ) :** Amonyak azotunun tolere değeri ise 0.0165 mg/l'dir. 1989 yılında Doğu Karadeniz 'de kıyıda alınan su örneklerinde yapılan analizlerde amonyak azotu 0.001 - 1.5mg/l arasında bulunmuştur.

1990 yılında Orta Karadeniz'de kıyıda alınan su örneklerinde yapılan analizlerde amonyak azotu miktarı 0.004 - 3.6mg/l arasında bulunmuştur.

1991 yılında yine Doğu Karadeniz'de kıyıda 100m açıktan alınan su örneklerinde yapılan analizlerde amonyak azotu 0 - 3.7mg/l, 500 m açıktan alınan su örneklerinde ise 0 - 3.7 mg/l arasında değerler bulunmuştur.

1992 yılında Batı Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıyıda alınan deniz suyu örneklerinde yapılan analizlerde amonyak azotu değerleri n.d.-1.2 mg/l arasında bulunmuştur.

1993 yılında Orta Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıyıda 100 m açıktan alınan su örneklerinde yapılan amonyak azotu analizlerinde 0 - 0.1 mg/l, 500 m açıktan alınan su örneklerinde ise 0 - 0.03 mg/l arasında değerler bulunmuştur. Bulunan bu değerler tolere değerin üzerindedir. Bunun nedeni de Karadeniz kıyısında bulunan yerleşim merkezlerinin atıklarını direkt denize vermesi ve evsel atıklardan oluşan kirlenmedir.

**Organik madde :** Organik maddenin tolere değeri 5 mg/l'dir. 1989 yılında Doğu Karadeniz'de kıyıda alınan su örneklerinde yapılan ölçümlerde organik madde miktarı 0.5 - 11.4 mg/l arasında bulunmuştur.

\* 1990 yılında Orta Karadeniz'de yine kıydan alınan su örneklerinde yapılan analizlerde organik madde miktarı 0.72-9.7 mg/l arasında bulunmuştur.

1991 yılında kıydan 100 m açıktan alınan su örneklerinde yapılan ölçümlerde organik madde miktarı 0.32 - 29.2 mg/l arasındadır. Kıydan 500 m açıktan alınan su örneklerinde ise 1.6 - 24 mg/l arasında bulunmuştur.

1992 yılında Batı Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıydan suyu örneklerinde yapılan analizlerde organik madde değerleri 3.8 - 16 mg/l arasında bulunmuştur.

1993 yılında, Orta Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıydan 100 m açıktan alınan su örneklerinde yapılan organik madde analizlerinde 0.72 -8.1 mg/l arasında, 500 m açıktan alınan su örneklerinde ise 0.36 - 8.0 mg/l arasında değerler bulunmuştur.

1996 yılında Batı Karadeniz'de seçilen istasyonlarda kıydan 100 m açıktan alınan deniz suyu örneklerinde yapılan analizlerde organik madde değerleri 3.4 - 16.8 mg/l arasında, 500 m açıktan alınan su örneklerinde ise 3.8 - 14.3 mg/l arasında bulunmuştur.

Bulunan bu değerler genelde tolerans değerinin üzerindedir. Bunun nedeni de evsel atıklardır (Anonim 1997b).

**Açık deniz sistemlerinde değişimler:** Hamsi, plankton yiyen bir balıktır. Hamsinin beslendiği organizmaları *Copepoda*, *Cinipedia* ve yumuşakça larvaları oluşturmaktadır. Hamsi aynı beslenme basamağında olan çapa, lirsi, serdalya, taraklılar ve medüzler gibi diğer organizma ve organizma grupları ile aynı besin maddesi için yarışmaktadır.

Karadeniz'de karasal girdilerin en etkin olduğu yer, çanağın kuzeybatı kısmıdır. Karadeniz'in ekosisteminde karasal girdilerden ötürü oluşan değişimler de en fazla burada görülür. Ayrıca buradaki oluşumlar Karadeniz ana akıntısı ile bizim kıyımıza taşınacağından, buradaki değişimleri anlamak bizim için erken uyarı olabilir. Bu nedenle özellikle Tuna Nehri'nin etkisi altında bulunan Romanya kıyılarında oluşan değişimlere bakmamız gerekir.

Karadeniz'in Romanya kıyılarında bitkisel plankton biyokütlesi 1960-1970 arası 5-10 kat artmıştır, özellikle *Chrysophyta* ve *Cryptophyta*'da artış belirgindir. 1992-1994 arası bazı *Cyanobacteria* türleri de kütle halinde artmıştır. Romanya açıklarında bitkisel planktonlar içinde diatomlar azalmış, dinoflagellatlar çoğalmıştır. 1970'lerde 1980'ler arası özellikle kıyı sulanında jelatinoz türler ve bu arada kamçılılardan *Noctiluca miliaris* artmıştır. Karadeniz'in kuzeybatı bölgesinde *Noctiluca* biyokütlesi 1950 ve 1960'lardan  $26.10^4$  ton iken 1980-85'te  $17.10^5$  tona yükselmiştir. Denizanası *Aurelia aurita*'nın turistik bölge plajlarında artması turizm üzerinde negatif etki yaratmıştır.

Karadeniz'de 1970'lerden beri fotosentetik kirpikli (ciliata) *Mesodinium rubrum* büyük artış göstermiştir; kızıl gelgit lekeleri (kırmızı sular) oluşturan bu hayvanın 1980'lerde Bulgaristan kıyılarındaki biyokütlesi  $280 \text{ gr/m}^3$  'den daha fazla bulunmuştur.

1960-1980 arası Karadeniz'de hayvansal plankton biyokütlesi 10-100 kat artmıştır. Romanya kıyılarında 1976-1977'de biyokütle  $155 \text{ mg/m}^3$  iken, 1980'de  $1920 \text{ mg/m}^3$  çıkmıştır. Ayrıca, büyük kabuklu türlerin yerini küçükleri almıştır. 1980 ortalarına kadar dip planktonik larvaların (*Mya arenaria* ve

*Mytilus galloprovincialis* gibi iki kabuklular (midye vb.) ve poliket (çok kılıflar) *Melitta palmata* biyokütlesi de artmıştır. 1967'den beri hayvansal planktonlar azalırken meroplanktonik (bölgeye özgü) larvalar ortaya çıkmıştır (Anonim 1998a).

**Dip bitkileri (Fitobentos) değişimleri :** Karadeniz'de makroalglerde de değişimler olmuştur. 1900 başlarında Karadeniz'in kuzeybatı köşesinde, 20-60 metre derinlikte kırmızı alg *Phyllophora nervosa* çok fazla artmıştır; fakat 1973'ten sonra bu bölgedeki hipoksi sonucu bu yosun çok azalmış; başlangıçta 8-10.10<sup>5</sup> ton olan stok geç 1970'lerde 1.5-2.5.10<sup>5</sup> tona düşmüştür. Bu azalış balık ve omurgasız faunasını ciddi olarak etkilemiştir. Ayrıca 1970'lerde zosteru otu (*Zostera nana* ve *Zostera marina*) ve bazı kırmızı ve kahverengi algler azalmıştır.

Karadeniz'de dip bitkilerinin azalışı, makroalgler üreme fazındayken zaman zaman süspansiyon halindeki maddelerin çok artışına (130-290 mg/l'ye kadar) ve bitkisel plankton biyokütlesinin (140-1140 mg/cm<sup>2</sup>) çoğalmasına bağlıdır. Bugün 1980 başlarına oranla dibe 10-20 kat daha fazla ölü bitkisel plankton çıkmaktadır. Böylece 7-8 m derinlikten aşağı kısımlar yosunlarla gölgelenmiştir (Anonim 1998a).

**Dip hayvanları (Zoobentos) değişimleri :** Karadeniz'de 1960-1970 arası kimi baskın organizmaların biyokütlesinde önemli artışlar olmuş, sonra bazı türler azalmıştır, 1980'lerde dip hayvanları genellikle azalmış ve bazı hayvanlar da tümüyle yok olmuştur. 1990-1991 arası Romanya'nın 20 metreden daha sığ kıyı sularının üçte birinde dip hayvanları yok denecek kadar azalmıştır. Dip hayvanlarının Kırım ve Kafkasya kıyılarında da azaldığı saptanmıştır.

Karadeniz'de biyokütle artışı en başta bivalve, midye vb.'nin ve poliketlerin artışına bağlıydı. Özellikle poliketler dipte beslenen balıklar için iyi ve önemli bir besin oldu; fakat geç 1980'lerde özellikle Romanya karasularında 20-40 m derinlerde artış gösteren *Melitta palmata* popülasyonunda azalmalar saptandı.

Karadeniz kıta sahanlığında hipoksi ilk kez Kuzeybatı Karadeniz'de, 1970'lerin başında görüldü ve o günden bu yana hipoksi alanı 2-3.10<sup>3</sup> km<sup>2</sup> 'den 15-40.10<sup>3</sup> km<sup>2</sup> ye yükseldi; hipoksi derinliği 7-8 metreden 35-40 metreye çıktı ve bunun sonucu dip faunası çok fakirleşti. Hipoksi 100-200 ton/km<sup>2</sup> omurgasız ve balık ölümlüne yol açtı; bunların %10'u yavru ve erişkin balıklardı. Daha da ilginç olanı, hipoksinin, ayrı ayrı etmenlerin etkisiyle meydana geldiği alanlarda bile 8-10 ay sürmesidir. Bu durum büyümekte olan yeni kuşak faunayı da yok etmektedir.

Şimdilerde özellikle Romanya karasularında derin deniz omurgasızları; kabuklular, midyeler ve poliketler kesinlikle yok olmuştur. Ayrıca, makroalgler ve zosteru otu azalmaları hayvanların da azalmasına yol açmıştır. Örneğin yıllar önce Karadeniz'de dipte 1 m<sup>2</sup> lik bir *Cystosera* alanı 530-1240.10<sup>3</sup> hayvan yaşamını sürdürürken ve burada toplam biyokütle 1200-2800 g/m<sup>2</sup> iken, zamanla bu *Cystosera* ve *Phyllophora* çayırlarının tükenmesi hayvanların yok olmasına neden olmuştur.



Midyelerin ölmesi sonucu su filtrasyonu ve organik madde çökmesi azalmış, buna karşın bakteri, bitkisel plankton ve suda asılı maddelerin (süspansiyon) miktarı artmıştır.

Karadeniz'deki yeni türler, Karadeniz'e değişik yollardan gelen bazı planktonik organizmalar besin zincirini önemli ölçüde etkilemiştir. Bunlardan en önemlisi hamsinin besinine ortak olan *Mnemiopsis leidyi*'dir. *Mnemiopsis*'in Amerika limanlarından Odessa'ya malzeme taşıyan gemilerin balast suyuyla Karadeniz'e geldiği sanılıyor. Bu tür ilk kez 1987'de Karadeniz'in kuzey kıyılarında gözlemlenmiştir. Bu hayvan yumuşak ve saydamsı vücudunda taşıdığı %95'lik su ile medüzlere benzliyordu. Mikrofaa olan medüzlerin aksine makrofaa olan *Mnemiopsis*, 1cm'den büyük bazı besin organizmalarını da tüketebiliyordu; göyle de denebilir. O etkin bir hayvansal plankton tüketicisiydi ve özel bir beslenme davranışı vardı. Öyle ki hamsi dahil balık yumurta ve larvaları onun severek tükettiği besinlerdi. Bu canlı 1988'de bütün Karadeniz'i sardı samaladı. Biyokütlesi açık denizde 1 kg/m<sup>2</sup> ve kıyı sulanında 5 kg/m<sup>2</sup> idi. 1991-1992'de ise biyokütlesi 10-12 kg/m<sup>2</sup>'ye erişti. Karadeniz'de *M.leidyi*'nin bu aşırı çoğalması birçok kopepod türünün 15-40 kat azalmasına yol açmış *Aurelia* biyokütlesi de erken 1980'lerde bulunana seviyenin %5'ine kadar inmiştir. Şimdilerde Karadeniz'de besin zincirinin sonu *Aurelia* ve *Mnemiopsis*'tir (Anonim 1998a).

Görüldüğü gibi Karadeniz'e yeni gelen türler eski rekabete girmiş ve bazen de onların yerini almıştır. Bu doğal bir ortama yeni türler sokmanın genelde ortaya çıkardığı sakıncaya örnektir.

**Karadeniz'de balık faunası ve balıkçılık** :Besin tuzlarının orta derecede artışı oligotrofik sistemlerde balık stokunu artırır, ancak aşırı besin tuzu bulunuşu zararı da olabilir. Karadeniz'de birçok balık türünün üreme ve beslenme alanlarını kaybetmelerinin nedeni, makrofik popülasyonlar veya onların besin zincirinin kopuşudur.

1970 başlarından beri kuzeybatı Karadeniz'de birçok, ekonomik olarak önemli balıklarda azalma gözlemlenmiştir. Örneğin torik, uskumru ve lüfer stokları çok azalmış, Karadeniz kalkanı, pisi balığı ve hortumlu dilbalığının yumurtlama alanları deniz kirliliği sonucunda tahrip olmuştur.

Hamsi ve çaça balığı sayısı bir ara artmış, ama 1987-1991 yılları arasında hamsinin besini azalınca, hamside de azalma görülmüştür. Bunun yanında planktonik kopepodlarla beslenen çaça balığı ön sıralara yükselmiştir.

Karadeniz'de 1960'lara kadar 25 balık türü yakalanırken bu sayı 1980'lerde 8'ye düşerek Karadeniz'de tutulan toplam balık son 50 yılda, balıkçılığın gelişmesi sayesinde geç 1930'larda 86 000 tondan 1980 ortalarında 800 000 tonu aşmıştır ve bunun %80'ini hamsi ve çaça balığı oluşturuyordu; fakat 1992'de bu rakam 100 000 tona düşmüştür. 1970'lerde geleneksel delta balıkçılığı ağır zarar görmüştür. Örneğin Tuna Nehri deltasında mersin balığı avı 1970 başlarında 150-200 ton iken bu 1983'te 50 tona ve 1990'da 4 tona düşmüştür. Yine Dinyester Nehri deltasında 1970'lerin sonlarında mersin balığı avı 1950'lere göre 5 kat azalmıştır (Anonim 1998a).

Çizelge 4.3. İnsan eliyle oluşmuş değişimler jeomorfolojik değişimler (Anonim 1998a).

Bedimentasyon artışı	+ (+)
Sahil erozyonu ve erozyondan korunma	++
Havzada hidroteknik inşaat	++ (+)
Kum çıkarma	+
Set ve yol yapımı	+
Liman büyütme, dip tarama	+
Kumlu kıyıların granülometri değişimi	+
<b>Fiziksel değişim</b>	
Akıntılar, kıyı mühendislik işleri	+
Limak dışı akış, yillik	++
Su saydamlığı	++
<b>Kimyasal değişim</b>	
Besin tuzları artışı	+++
Tehlikeli kimyasal maddelerin artışı	+
N/P oranı değişimi	++
<b>Anoksi, H<sub>2</sub>S ve abiyotik zon artışları</b>	
Derinlerde	0
Sığalarda	+++
<b>Biyotik değişim</b>	
Primer üretim artışı	+++
Kıyı	++
Açık deniz	+++
Yosun artışı	+++
Sekonder üretim artışı	+++
Dip hayvanlarında değişim	+++
Dip bitkilerinde değişim	+++
Balık faunası değişimi	+++
Deniz memellilerinin azalışı	++
Tür çeşitliliğinin azalışı	++
Kısa ömürlü türlerin artışı	++
Küçük biotanın artışı	++
Besin zincir uzunluğunun azalışı	++
Yeni türlerin artışı	++ (+)
<b>Kullanmanın bozulduğu</b>	
Balık tüketiminin sınırlandırılması	0
Dip tarımının sınırlandırılması	0
Zararlı yosunlar	++
Plaj kapatma	+
Estetik bozulma	+
Endüstri ve liman aktiviteleri maliyetlerinin artışı	0

Çizelgede(+) "bir ölçüde" ve (++) + "büyük ölçüde" anlamına gelmektedir.

Karadeniz'in gerek doğal sebeplerle, gerekse sanayi ülkelerinin atıksularını alan büyük akarsuların boşalttığı kirlilik başta olmak üzere, çeşitli etkiler altında oldukça yüksek olan kirlilik yükü, bu yüzden Marmara ve Ege'nin önemli bir bölümünü de etkilemektedir. Örnek olarak Romanya'nın güney sahillerinde yapılan bir ağır metal çalışması Karadeniz'de önemli

boyutlarda civa, kurşun ve bakır metallerin su ve dip çamurunda biriktiğini göstermiştir (Anonim 1998b).

Organik kirlenmeler bakımından da Karadeniz, evsel kanalizasyon sularında bulunan bakterilerin diğer denizlerimize göre daha uzun süre canlı kalabildiği bir ortamdır. Bunun temel sebepleri, güneş radyasyonu ve su sıcaklıklarının fazla olmayışı ile tuzluluğun düşük (%17-20 civarında) olmasıdır.

Karadeniz'in kirlenmeye karşı korunmasında, bu denizin çevresinde yer alan diğer ülkelerde bir konsensusa varılmamış olmasından kaynaklanan boşluklar ve Karadeniz'in 180-220 m derinlikten aşağıda bir ölü deniz varsayılması gibi düşünceler, Avrupanın gelişmiş ülkelerinin zehirli ve zararlı atıklarını gizlice bu denize taşımalarına yol açmaktadır. Bunun çarpıcı örneklerini, Sinop kıyılarında karaya vuran variller olayında 1987-88 döneminde yaşamış bulunmaktayız. 1988 yılında kamuoyunu sürekli meşgul eden zehirli varillerin içeriği konusunda, bunları incelemekle görevli kuruluşlarca yeterli bir açıklama yapılmamış oluşu, Karadeniz'in kirlenme derecesi konusunda ciddi kuşkular yaratmış bulunmaktadır. Başına eklenen ancak resmi olmayan bilgilere göre, varillerde çok çeşitli endüstri atığının yanısıra, su ürünlerinde birikim yapabilen bu sebeple de besin zinciri aracılığı ile insanda kanserojen etkiler yapabilen, DDT ve türevleri, PCB ve HCB bileşikleri gibi maddelerin bulunduğu basında yer almış, fakat resmi analiz sonuçları açıklanamamıştır (Anonim 1998b).

**Çizelge 4.4.** Karadeniz'de çözülmüş ve disperse olmuş petrol hidrokarbonlarının ortalama konsantrasyon değerleri ve konsantrasyon aralıkları (Anonim 1998b).

Örnekleme tarihi	Örnek sayısı	Ortalama ( $\mu\text{l/l}$ )	Konsantrasyon aralığı	Ortalama su sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
eylül 1985	20	0.33	nd-2.68 <sup>(a)</sup>	22.99
Ocak 1986	21	0.92	0.22-4.68	8.46
mayıs 1986	25	0.24	0.10-0.55	16.65
temmuz 1986	22	0.18	0.07-0.58	23.36
eylül 1986	20	0.25	0.04-0.72	-
nisan 1987	67	0.48 <sup>(a)</sup>	0.08-2.11	-
ağustos 1987	31	0.53 <sup>(a)</sup>	0.09-1.09	-

Notlar :

(a) nd = ölçülemeyecek kadar az

(b) Sadece n-hegzan ile ekstrakte edilmiş örnekler

Karadeniz'de lokal olarak bazı yoğun kirlenme odakları da bulunmaktadır. Örneğin Zonguldak'taki yoğun kömür çıkarma faaliyetleri, bu bölgede deniz suyunun siyaha yakın bir renk almasına yol açmış durumdadır. Trabzon limanı ve çevresinde toplanan bazı *soyphozoa* türlerinin ekolojileri üzerine yapılmış bir çalışmada deniz suyundaki kirliliğin türler üzerindeki etkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Deniz kirlenmesine karşı pek dayanıklı olmayan R.Pulmo'ya Trabzon'un temiz kalmış bazı plajlarında rastlanabilmektedir. A.Aurita ise kıyılarda daha yaygın olup, açıklardan sahili çizgisine kadar geniş bir alanda görülebilmektedir. Trabzon ve Karsusan limanlarındaki farklı dönemlerde

yapılan örnekleme sırasında hidrokarbon, organik madde ve balık yağı fabrikalarının atıklarından sürekli etkilenen bölgelerden toplanan bireylerin umbrella çapları 3-12 cm arasında ölçülmüştür.

Karadeniz'in en geniş sığlıkları, Türk karasuları dışında, Tuna Nehri'nin Avrupa Kıtası'nın verimli ovalarından taşıdığı sedimanların meydana gelen geniş alanlar yer alır. Tuna'nın getirdiği besleyici tuzlar, bu sığlık alanında alglerin gelişmesine de imkan sağlar. Bu alanda ticari amaçla toplanan hekim alg türü "*Phlochora*" dır. Bu sebeple bu alana Filofora Denizi de denilmektedir. Karadeniz, Türkiye'nin diğer denizlerine oranla biyolojik birincil üretim açısından en zengin olanıdır. Özellikle besin zincirinin ilk halkalarını meydana getiren plankton biyomasi ve bu biyomasa dayalı plankton yiyici balık türleri açısından son derece zengindir. Bu balık türleri arasında hamsi ve paplına (Çaça) önemli bir yer tutmaktadır.

#### 4.2. Marmara Denizi

Marmara, yüzey suları Karadeniz'den gelen (ilk 25 m'lik tabaka), en derin yerinde 1400 m'lik çukur olan, dip kısmı tuzlu Akdeniz suları ile beslenen ve bugünkü durumunu son 5000 yıldır devam ettiren bir iç denizimizdir. Yapılan araştırmalar Marmara'ya giren Karadeniz sularının debisinin, 25 m kalınlıktaki tabakayı üç ayda bir yenileneceğini göstermiştir. Bu suyun İstanbul Boğazı'nda kirlenmesi, Marmara'nın kendisini yenilemesini engellemektedir. İstanbul Boğazı'ndan arıtıma tabi olmadan yüzeye bırakılan atıkların toplanıp ön arıtmadan geçirilmesi ve daha ileri senelerde de öncelikli olarak biyolojik ve daha sonra da kimyasal arıtmaya tabi tutulduktan sonra Boğaz'ın alt sularına verilerek Karadeniz'in derin kesimlerine taşınması gereklidir.

İstanbul Boğazı'na atıkların rodamin adlı renkli izleyicinin atılması ve izlenmesi çalışmalarında, Boğaz'ın alt suyu dört kez boyanarak albayrak kırmızısı renginde akıtılmıştır. Bu deneyler, ağısuya verilen deşerjin Boğaz'daki her tür olası dağılımını tespit etmek için yapılmıştır. Bu durumlar şu şekilde sıralanabilir: Boğaz'ın alt tabakasının Karadeniz'e çıkmaması durumunda, Boğaz'da kanşımın en fazla olduğu ve Boğaz'ın üst sularının Karadeniz'e aktığı orkoz döneminde, Boğaz'daki suyun normal akışında ve alt tarafa bırakılan atık suyun önce Marmara Denizi'ne boşaltılması alt tabakanın temizlenmesi ve daha sonra boyalı atıkların bırakılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Denenen her koşulda Boğaz'ın bilinen akış dinamiği çerçevesinde davranış gösteren projenin bu bilimsel deneyler sonucunda planlandığı gibi devam etmesi gerektiği anlaşılmıştır. Projenin tamamının devreye girmesiyle Karadeniz'den Marmara'ya ulaşan yüzey sularının İstanbul metropolünden etkilenmesi en az düzeye indirilebilecek ve Marmara'ya giren suların daha temiz olması sağlanabilecektir. Kaldı ki, Karadeniz'den gelen bu sular, uydu resimlerinden görülebileceği gibi Tuna Nehri kaynaklı olup bu nehrin Karadeniz'e getirdiği organik yükü Marmara'ya taşımaktadır. Dolayısıyla Tuna'nın su kalitesi Marmara için çok önemlidir. Öte yandan oşinografik koşullar nedeni ile Marmara'nın 25 metre altındaki tabaka atmosfer girdisi ile oksijen alamamakta ve sadece Çanakkale Boğazı'ndan giren Ege Denizi'nin oksijence doygun suları ile beslenmektedir. Oksijen tüketiminin yine oşinografik koşullar nedeni ile çok olduğu İstanbul çıkışı ve yüzey sularındaki organik girdiler nedeni ile artan

Üretim ve bu organik yükün alt tabaka aşın oksijen tüketmesi, en son halini son 5000 seneden beri sürdüren bu denizimizde oksijenin alt tabakada İstanbul'a yakın olan bölgede azalmasına neden olmuştur. Bu doğal süreçte oluşan olumsuz koşullar Marmara'nın yapısını bilmeyen çevrelerce sadece ve sadece İstanbul şehri atıklarının yarattığı koşullar olarak sunulmuş ve olaya bilimsel olmayan bir şekilde yaklaşması sonucunu doğurmuştur. Bundan dolayıdır ki, Boğaz'ın bugünkü yapısını değiştirmek, örneğin İstanbul Boğazı'nın altında 10-15 metre çukurlu yapabilecek bir tüp geçit düşünmek dahi boğaziardaki mevcut su akışını değiştirebilecek ve Marmara Denizi'nde telafi edilemeyecek boyutlarda olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilecektir (Anonim 1997a).

### Hidrografi

Marmara Denizi, Karadeniz ile Ege Denizi arasında küçük kapalı bir denizdir. Estuarin tabiatında olup, tuzluluk %030'dan daha düşüktür. Bununla birlikte yazın; tam tuzlu Ege suyu Çanakkale'den Marmara'ya girerek batı ucunda tuzluluğu %038'e kadar yükseltebilir. Sıcaklıklar da benzer dağılım gösterir. İlkbaharda 14-16°C olan sıcaklık tuzlu sulanın girişi ile yazın 24°C'ye yükselir. Kışın oldukça soğuktur (6-7°C).

Kışın hakim akıntı yönü doğudan batıya'dır. Gemlik ve İzmit Körfezi'nde saat yönü tersinde dairesel hareketler saptanmıştır. Yaza ait bölge mevcut değildir.

Marmaraya dökülen başlıca tatlı sular; Kocabaşı, Gönen ve Koca nehirlendir. Marmara'nın içinden kaynaklanan küçük miktarda BOI girdisi ise Çanakkale ve diğer küçük yerleşim bölgelerinden kaynaklanmaktadır (Anonim 1993 a).

### Kirlilik

Marmara Denizi, bir yandan İstanbul Metropolü, İzmit Körfezi, Tekirdağ, Gemlik Körfezi etrafındaki yoğun yerleşim ve sanayileşmenin diğer yandan da bu denize akan akarsulardan kaynaklanan önemli çevresel baskılar altındadır. Tamamen Türkiye'nin bir iç denizi konumunda olan Marmara da görülen bu çevresel bozulma hızla artmakta ve karşılığında hızlı ve etkili tedbirler alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Marmara Denizi'nin yaşamakta olduğu bu ekolojik baskı, 1980'li yılların başından itibaren önlemler konusundaki tartışmaların şiddetlenmesine sebep olmuştur. Tartışmalar özellikle İstanbul kenti atıksu bertaraf sisteminin seçiminde yapılan tercihler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu tartışmalar izleyebilmek ve değerlendirebilmek için, seçilmiş olan sistemin kısaca tanıtılmasında yarar görülmektedir. İstanbul kanalizasyon projesi, hızla yapımı devam eden bir projedir. Bu çalışmanın başlaması ile birlikte kurulan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) ise, bu büyüklükte yatırımların nasıl uygulanması gerektiği hakkında bir örnek kuruluş olmuştur (Anonim 1998b).

İstanbul metropol bölgesinin atıksulan geçmişte kıyıda ve artılmaksızın Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'na verilmekte idi. Bu uygulama sonucunda gerek kentin Marmara kıyılarında ve gerekse de Haliç'te

ortaya çıkan yoğun kirlenmenin önlenmesi için, başlangıçta önerilen ve halen sadece Haliç güney kollektörü ve Ahırkapı derin deniz deşarjı gerçekleştirilmiş olan sistem, metropol merkezindeki atıksuların bir ızgara, kum tutucu ve dezenfeksiyon işleminden geçirildikten sonra, Boğaz'ın Marmara girişinde ve Boğaz'da inşa edilecek çok sayıda derin deniz deşarjı ile alt tabaka sulama verilmesi ve böylece atıksuların içerdiği kirlenici unsurların konsantrasyonlarının, çevresel açıdan zararlı sayılan düzeylerinin altına seyreltilmesinin sağlanması esasına dayanmakta idi. Bu şekilde denize deşarj edilecek atıksuların seyreltmenin yanı sıra, alt akıntı sistemleriyle Karadeniz'e taşınacağı düşünülmekte idi. Alıcı ortam seyreltme ve taşıma potansiyelinin yetersiz olduğu Marmara Denizi'ne ise doğrudan derin deniz deşarjı yapılması öngörülmemiş, kentin doğu kesimi atıksularının Tuzla, batı kesimi atıksularının ise Çekmece'de yapılacak biyolojik arıtma işlemlerinden sonra denize verilmesi uygun görülmüştür (Anonim 1998b).

Bu çalışmalar kapsamında, Haliç'in taşıdığı tarihi, kültürel ve kirlenme özellikleri gereği öncelikle temizlenmesi hedeflendiğinden, 1983-1989 döneminde alan dubalı köprü'nün kaldırılarak yerine ayaklı bir köprü inşası da, Haliç projesinin en önemli yatırım kalemlerinden sayılmalıdır. Böylece Boğaz'da görülen güçlü çift tabakalı su akımının Haliç'le üstten birleşmesini engelleyen dubaların ortadan kalkmasıyla, Haliç'te biriken kirliliğin boşalmasını sağlanması beklenmektedir. Diğer taraftan, planlanan Haliç'i çevreleyen kuşaklama kollektörü, bu çok duyarlı alıcı ortama artılmamış atıksu boşaltımını ortadan kaldıracaktır. Bu sistemin güney kollektörü tamamlanmış, kıyılara yerleşik teki kirlilik kaynakları olan tersane ve fabrikalar da büyük ölçüde uzaklaştırılmıştır. Yalnızca altyapısıyla değil, aynı zamanda çevredeki alan kullanımını kapsayan üstyapısıyla da Türkiye'nin en önemli çevre ıslahı projesi sayılması gereken "Haliç Projesi", bir prestij çalışması niteliğindedir.

Yukarıda kısaca tanıtılmaya çalışılan İstanbul Metropolü atıksu projesine özellikle 1990'lı yılların başından itibaren giderek yoğunlaşarak ve oldukça bilinçsiz bir biçimde getirilen eleştiriler, derin deniz deşarjları ile bertaraf edilen atıksuların, Marmara'daki suda çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını azaltacağı ve atıksuların içerdiği nütriyent maddelerin bu alıcı ortamda aşırı üremeye (ötrofikasyon) sebep olacağı noktaları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, halihazırda da İstanbul'dan kaynaklanan her türlü atıksuyun artırmaksızın Marmara Denizi'ne boşaltıldığı ve derin deniz deşarjlarının bu denize ek bir yük getirmek bir yana, bu sistemlerle alt akıntılara verilen atıksuların büyük bir kısmının Karadeniz'e ulaşmasının sağlandığıdır (Anonim 1998b).

Çizelge 4.5. İstanbul halıcı ve İzmit Körfezi'ne verilen ağır metal yükleri (ton/yıl)  
(Anonim 1988b).

Metal iyonu	Haliç	İzmit Körfezi	İstanbul Boğazı kanalıyla
Cıva	0.04	1.9	10.0
Kurşun	13.5	2.5	—
Krom	8.4	77.0	—
Çinko	7.0	16.0	19.000
Bakır	70.0	4.4	500-4200
Kadmiyum	5.0	0.7	3.000

Çizelge 4.6. Marmara Denizi'ndeki koy ve körfezlerde kirlilik parametrelerinin bölgelere göre ortalama değerleri (Baştürk v.d., 1989; Anonim 1988b).

Bölge	Ortalama değerler				
	Cıva (ng/l)	PAH (µg/l)	TAK (ng/l)	KOI (mg/l)	BOI (mg/l)
Gemlik Körfezi	19±12	0.93±0.70	2.17±1.26	0.53±0.06	1.62±1.32
Bandırma Körfezi	22±14	1.02±0.62	1.21±0.63	-	1.34±0.45
Erdek Körfezi	8	0.40±0.19	0.91±0.21	-	1.24
İzmit Körfezi	38	1.30±0.49	1.78±1.6	-	-
Marmara Adası	23	0.62±0.30	1.51±1.13	1.94	1.13±0.62
Büyük Çekmece	27±8	0.01±0.44	3.14±1.02	-	1.68

Marmara Denizi'nin değişik bölgelerinden toplanan midyelerde yapılan cıva analizleri sonuçları derlenmiştir. En yoğun cıva kirlenmesinin İzmit Körfezi (0.58 mg Hg/kg) ve Haliç'te (0.50-0.06 mg Hg/kg) bölgelerinin izlediği anlaşılmaktadır. Midyelerin içerdiği cıva miktarı açısından en az kirli kesimlerin, Erdek (0.06 mg Hg/kg) ve Bandırma (0.10 mg Hg/kg) körfezleridir (Anonim 1988b).

Marmara Denizi'nde 1986 döneminden beri ciddi boyutlara ulaşan bir ötrofikasyon olayı yaşanmıştır. Marmara sularına bırakılan organik kökenli atıklar, bazı balık türlerinin bu su kütlelerinden uzaklaşmasına veya kaybolmasına yol açmış, buna karşın organik atıklardan yararlanan ve kirliliğe dayanabilen, başta bazı algler olmak üzere, belirli türlerde kütleli çoğalmalar gözlenmeye başlamıştır. Özellikle İzmit Körfezi'nde kütleli üreme gösteren *Gracilaria* türü algler, ticari anlamda toplanarak dış ülkelere satılacak ve Tarım, Orman ve Köyleri Bakanlığı'nun bunların avlanması konusunda önlemler alınmasını gerektirecek boyutlara ulaşmıştır. Aynı boyutlarda olmamakla birlikte, Marmara'nın diğer bölgelerinde de yeşil algler (*Ulva lactuca*) ve kahverengi (*Phaeophyta*) alglerde de benzer kütleli üremeler, denizden dinlenme amacı ile yararlanılan rahatsız eden boyutlardadır (Anonim 1988b).

Marmara Denizi'nin 1960'lardan beri, gerek endüstriyel gerekse evsel atıklarla kirlenmesi sonucunda, balık türlerinde de sayısal bir gerileme gözlenmiştir. 1960'lı yıllarda Marmara genelinde 125 tür balık avlanırken, bu türlerden pek çoğu bozulan ortam şartlarının etkisi ile yıldan yıla kaybolmuştur. Buna karşılık ortamdaki bozuşmaya direnç gösterebilen bir kaç tür kütleli artış göstermiş, böylece toplam su ürünleri üretiminde belirgin bir azalma olmamıştır. Direnç gösterebilen türler; istavrit, lüfer, kalyoz ve kefal ile dip

balıklardan mezgit olmuştur. Hemen hemen tümü ile kaybolan türler ise, uskumru, kılıç, gümüş balığı, gelincik balığı, dülger balığı, isronglitoz balığı, akya, hani ve yazılı hani balığı ve benzerleridir (Anonim 1988b).

Marmara'ya ana BCl girdisi İstanbul, İzmit Körfezi'nden civa ve kadmiyum gibi ana endüstriyel kirleticiler İstanbul, İzmit Körfezi, Bandırma ve Tekirdağ'dan gelir.

Marmara çevresindeki gübre fabrikaları flor seviyesinin artmasına neden olurlar. Klor alkali, meyva fabrikaları, kağıt fabrikaları ve petrol rafineri atıklarının artışı, sedimentte; suda ve hayvan dokularında Hg ve Cd artışına sebep olur. Hızlı sanayileşmeye rağmen Marmara'da geleneksel balıkçılık devam etmektedir (Anonim 1993a).

Marmara Denizi'nin en önemli bölümünü oluşturan İzmit Körfezi'nde 1984 mayıs, haziran ve ağustos aylarında verimlilik araştırmaları yapılmıştır. Alg biyomasi tahminlerinde bir gösterge olduğu kadar kirlenme düzeyinin saptanmasına da olanak sağlayan klorofil-a tayinleri İzmit Körfezi'nin kirlil bir karakter taşıdığını ortaya koymaktadır. mayıs ayında  $0.19-12.72 \text{ mg/m}^3$ , haziran ayında  $0.05-7.61 \text{ mg/m}^3$  ve ağustos ayında  $0.19-24.21 \text{ mg/m}^3$  gibi yüksek değerler bulunmuştur.

Marmara Denizi'nde, kızıl renkte sulanı meydana gelmesi olayı Marmara Denizi sahillerinde bulunan, azot ve gübre sanayii gibi tesislerin atıklarının denize verilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu olay, Marmara Denizi sahillerinde, azot ve gübre sanayii gibi tesislerin atıklarının denize verilmesinden kaynaklanmaktadır. Denizin kızıla dönmesi bir dinoflagellat türü olan "*Noctiluca miliaris*"'in besleyici tuzların artması sonucunda aşırı çoğalmalarından kaynaklanmaktadır. Bu olay ilkbahar dönemlerinde vuku bulmaktadır. İlkbahar dönemi fitoplankton patlamalarının olduğu dönemdir. İlkbahar dönemi ayrıca balıkların büyük bölümünün üreme dönemidir. Yani, yumurta ve larvalarının planktonda en yoğun olarak buldukları dönemdir. Oysa, Marmara Denizi'nde ortamın en olumlu olması gereken dönemde bir "Red-tide" olayı vukubulmaktadır. Planktonda "*Noctiluca miliaris*" dominant tür durumuna geçmekte ve ortamın pH'sını değiştirmektedir. Asidik bir ortam oluşturması nedeniyle fitoplanktonun büyük bölümünü elimine etmektedir. Ayrıca zooplanktonların azlığının da nedenini oluşturmaktadır. Bu oluşum son dönemlerde sık sık gözlenmeye başlamıştır. Çizelge 4.7'de İstanbul Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi'nce 1983 mayıs döneminde "*Noctiluca miliaris*" in Marmara Denizi'nde bölgeler itibariyle diğer plankton organizmaları ile olan oranları gösterilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Marmara Denizi'nde 1983 Mayıs'ında saptanan "*Noctiluca miliaris*" ve diğer plankton oranları (Bilecik 1985).

Bölge	1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
<i>Noctiluca miliaris</i>	50.6	58.1	41.9	43.6	61.8	64.8	75.9	56.65
Diğer Planktonlar	49.4	47.9	58.1	56.4	38.2	35.2	24.1	43.35



*Noctiluca miliaris* in bu oranlara yükselmesi ve planktonda balık yumurta ve larvalarının azlığı oldukça dikkat çekicidir. Bu durum balık azlığının da bir nedenidir (Bilecik 1985).

#### 4.3. Ege Denizi

Doğu Akdeniz'in kuzey-doğusunu oluşturan ve güney-batıda İyon Denizi, güney-doğuda Levantin Denizi ile sınırlanmış olan Ege Denizi, kuzeyde Türk Boğazlar Sistemini oluşturan Çanakkale Boğazı, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı aracılığı ile Karadeniz'e bağlanmış durumdadır.

Coğrafik konumu nedeniyle Karadeniz ve Akdeniz sularının buluşma havzasını oluşturan Ege Denizi'nin kuzey bölümü Türk Boğazlar Sistemi aracılığıyla gelen soğuk ve az tuzlu Karadeniz sularının, güney bölümü ise sıcak ve tuzlu Akdeniz sularının etkisindedir.

Ege Denizinde ilk bilimsel araştırma Aristo tarafından gerçekleştirilmiş olup, bu araştırma M.Ö.300-321 yılları arasında Ege Denizi'nin Karadeniz'den daha derin olduğunu saptamış ve aynı zamanda başta balıklar olmak üzere diğer canlılar hakkında bazı bilgiler vermiştir. Aristo'dan sonra Orta çağda Ege Denizi üzerinde dikkate değer bir araştırma yoktur. Bu durgunluk 18.yüzyılın sonuna ve hatta 19.yüzyılın başına kadar sürmüştür.

On dokuzuncu yüzyılda Guerin-Merville, Forbes, Lucas ve Colombo Ege Denizi'nin bentik canlıları üzerinde çalışmışlar ve bunlardan Forbes 550 m derinlikten sonra yaşamın sona erdiğini bildirmiştir.

Yirminci yüzyılda denizlerdeki araştırmalarda bir ilerleme görülmüş olup, 1910 yılında Thor araştırma gemisiyle Ege Denizi'nde hidrografik ve biyolojik ağırlıklı araştırmalar yapılmış ve daha sonra bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar çeşitli araştırmacılar tarafından yayınlanmıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra A.B.D.'nin Woods Hole Oseanografi Enstitüsüne ait Atlantis araştırma gemisi ile 1984 yılında, aynı enstitüye ait Chain araştırma gemisi ile de 1956 ve 1961 yılları arasında tüm Akdeniz ve dolayısıyla Ege Denizi'nde oseanografik araştırmalar yapılmış ve bu araştırmalardan elde edilen veriler daha sonra aynı bölgede aynı yönde 1955, 1956, 1960 yıllarında araştırmalar yapan Fransız araştırma gemisi Calypso'nun verileriyle birleştirilerek "Mediterranean Sea Atlas" adı altında Miller ve ark. tarafından yayınlanmıştır (Anonim 1992b).

Ege Denizindeki bu oseanografik araştırmalara paralel olarak münferit veya gruplar halinde biyolojik araştırmalar da sürdürülmüş olup, bunlar daha ziyade Yunanistan karasularında gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'de uygulamalı balıkçılık araştırmalarına yönelik olarak kurulan ve 1955-1961 yılları arasında aktivite gösteren Et Balık Kurumu (E.B.K.) Balıkçılık Araştırma Merkezinde Ege Denizi ve içerdiği canlı kaynakları da ele alınmış özellikle ekonomik değeri olan balık türlerinin biyolojileri, göçleri ve bu davranışlarının hidrografik koşullarla ilişkileri ve trol sahalarının tespiti ön planda tutulmuştur (Anonim 1992b).

### Coğrafik konumu

Ege Denizi, 35°-14° kuzey enlemleri ve 23°-27° doğu boylamlarında Türkiye ile Yunanistan arasında yer alır ve Marmaris-Fethiye kıyıları ile Mora Yarımadası arasında uzanan Girit, Rodos, Karpalos adalarıyla Akdeniz'den ayrılır.

Bölgede Akdeniz iklimi hakim olduğundan yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçer. Özellikle yaz aylarında belirlenen yerel imbat-poyraz sistemleri Ege Denizi'nin tipik hava hareketleridir. Baikanlar üzerinden inen kuzeyli hava hareketlerinin hemen hemen ardından gelen, aynı doğrultuda ancak güneyden kuzeye esen güney rüzgarları, bölgenin ikinci derecede esen kuzeyli rüzgarlar, kuzey-güney doğrultusunda Levantin Denizi'ne doğru esdikleri zaman, yeterli derinlikteki kıyı bölgelerimizde "Upwelling"e yol açmaktadırlar. Bu olayın, sonucunda yükselen dip suları kırsal bölgelerde yüzey suyunun soğumasına yol açabilmektedir. Denizin upwelling nedeniyle soğuyan bu bölgelerinde havada yeniden alçak ve yüksek basınç merkezlerinin oluşması ikincil rüzgarların doğmasına sebep olabilmektedir. Upwelling olaylarının gerçekleştiği bölgelerin Orta ve Güney Ege'de kıyılarımızı izleyerek bir şerit şeklinde güneydoğuya yönelmesi, bu kuşak üzerinde deniz (yüzey) suyu sıcaklığının Ege Denizi'nin diğer kesimlerine oranla 2-3°C daha soğuk olmasına yol açmaktadır (Anonim 1992b).

Ege Denizi'nin doğu ve kuzeydoğu sahillerini Türkiye, batı ve kuzeybatı sahillerini Yunanistan toprakları oluşturur. Ege Denizi'ni etkileyen 12 havzadan 6'sı Yunanistan sınırları içinde, diğer 6'sı da Türkiye sınırları içindedir (Şekil 1).

Her iki bölgede bulunan havzaların toplam drenaj alanı 150.000 km<sup>2</sup>'den fazladır (Çizelge 4.8). Dolayısıyla Nil Nehri hariç tutulursa Doğu Akdeniz çukurunun en geniş drenaj alanını oluşturur.

Çizelge 4.8. Ege Denizi'ni etkileyen Türkiye havzalarının drenaj alanı ve gelen su miktarları (Anonim 1992b).

Havza	Drenaj alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık ortalama debisi (milyar m <sup>3</sup> )
Türkiye		
Meric-Ergani	14.500	1.463
Marmara	-	-
Kuzey Ege	10.003	2.248
Gediz	18.000	2.333
Küçük Menderes	6.907	0.908
Büyük Menderes	24.978	3.374

### Morfometrik özellikleri

Ege Denizi Doğu Akdeniz'in kuzey-doğusunda yarı kapalı iç denizdir. Ege Denizi kuzeyde Çanakkale Boğazı ile Marmara Denizi'ne, güneyde Girit Adası'nın doğu ve batısında yer alan geçitlerle Akdeniz'e açılır.



**Şekil 4.1.** Akdeniz çukurunun alt bölümleri ve Ege Denizi'nin konumu (Anonim 1992b).

Yüzölçümü 241.000 km<sup>2</sup>, hacmi 74.104 km<sup>3</sup>, kuzey, güney yöndeki uzunluğu 880 km, doğu-batı yöndeki genişliği kuzey bölümünde 270 km, orta bölümünde 150 km, güney bölümünde ise 400 km kadardır. Türkiye sınırları içinde kalan toprakların kıyı uzunluğu 2833 km'dir. Kıyılar genellikle açık tipten ve kumlarla kaplı olup; olarak sulak alanlara rastlanır.

#### Dip topoğrafyası

Ege Denizi'nin dip yapısının en önemli özelliği geniş ölçüde karasal topografyaya ait izleri taşımasıdır. Dördüncü zaman sonlarında bugünkü durumunu almış bulunan Ege Denizi altında Anadolu Yarımadası'nın su altındaki uzantısı; Anadolu kıyısına yakın adaların yerleştiği kıta sahanlıklar da tektonik hareketler sonucunda su altında kalmış eski karasal yüzeylerdir.

Ege Denizi'nin güneyinde 2.982 m ve 3.150 m derinliğinde çukurlar bulunmasına karşın, esas Ege Denizi havzasındaki en derin çukur 1.000 m'den daha az derindir. Saros Körfezi'nden başlayıp Girit Adası'nın kıyılarına kadar bir vadi şeklinde Halidikya Çukuru uzanır. Geneide bir "S" harfini andıran bu çukur Ege Denizi'ni doğu ve batı olarak iki platoya ayırır. Bu platolar üzerindeki adalar Batı Anadolu'nun denize dik olarak uzanan dağ zincirlerinin su yüzeyine çıkan uzantılarıdır. Bu çukur ve çöküntüler dışında kalan deniz dibi alanları 500 m'yi geçmeyen oldukça sığ alanlardan oluşmuştur. Diğer bir deyişle Ege Denizi dibinin önemli bir bölümünün derinliği 100-500 m arasında kalan dipler oluşturur. Ortalama derinlik ise oldukça düşük olup 350 m arasındadır. Kıta sahanlığı ve kıta yamacının sınırları yakın zamanda tektonik hareketlerin etkisi sonucu pek belli değildir. Bugünkü bilgilere göre 200 m derinliğe kadar olan

dipler Ege Denizi'nin %33.6'lık bölümünü kaplamaktadır. Sadece Kuzey Ege düşünüldüğünde bu oran %54'e yükselmektedir.

Türkiye'yi çevreleyen denizler içerisinde, sığ ve düz Deniz sahalarının yüzdesi açısından dip bakiçiliğine en uygunu olarak Ege denizi gösterilebilir. Zira tüm dip canlılarının (sünger, kabuklular, v.b.) gelişmesi için en uygun koşullar bu denizimizde bulunmaktadır.

Ege Denizi'nin dibini örten güncel sedimentler içinde kum, çamur ve bunların karışımları hakim durumdadır. Ancak sediment tipleri arasındaki geçişlere çok sık rastlanır. En derin diplerde killi çamurlar, adaların aralarındaki geçitlerde killi, sahillerde kumlar durumdadır (Anonim 1992b).

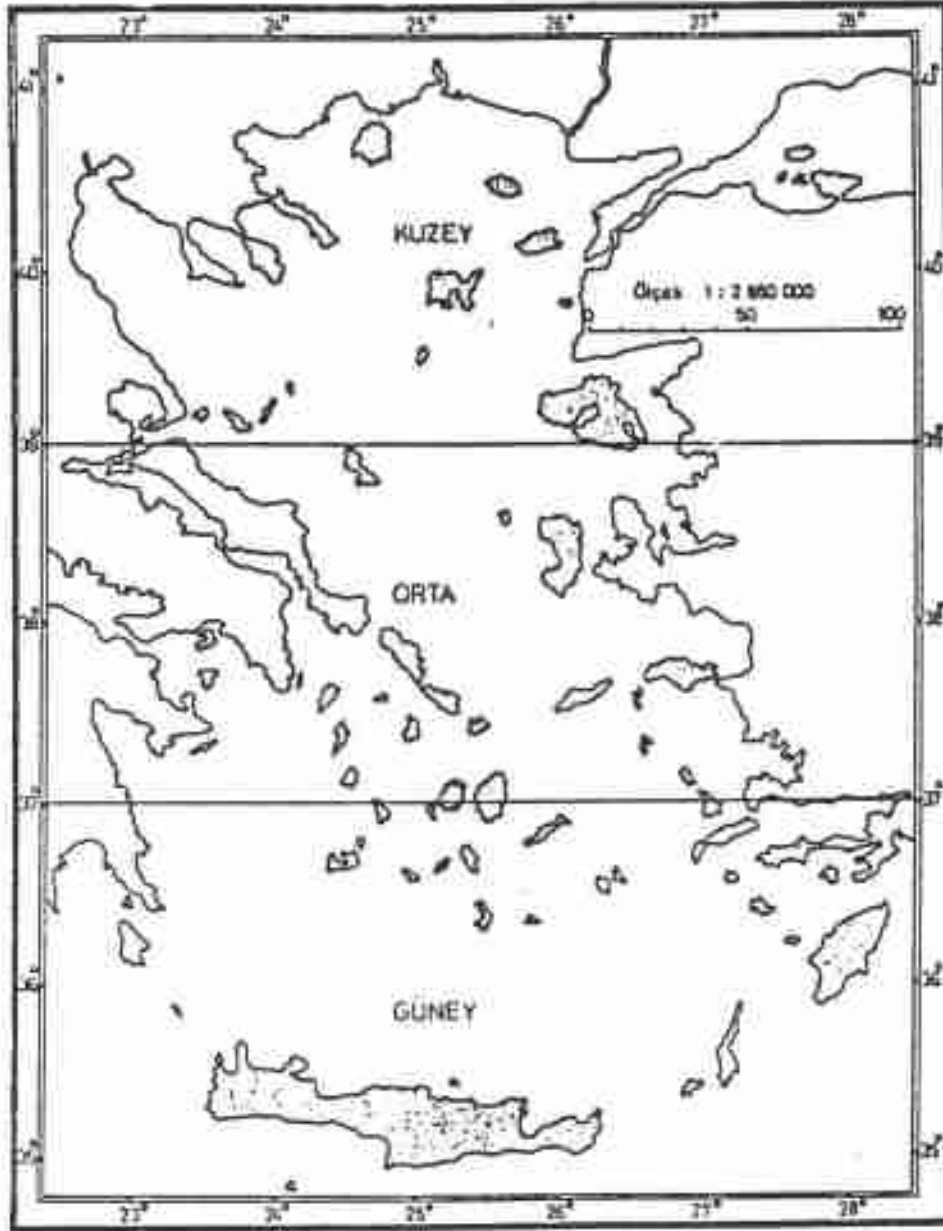
### **Hidrografi**

Ege Denizi hidrografik özellikleri yönünden Akdeniz'in özel bir bölümünü oluşturur. Zira Akdeniz ile Karadeniz arasında bir geçit bölgesi teşkil etmektedir. Bu nedenle sularında hidrografik yönden oldukça önemli bölgesel farklılıklar vardır. İşte bu farklılıklara dayanılarak Ege Denizi Kuzey Bölge, Orta Bölge ve Güney Bölge olmak üzere üç alt bölgede incelenebilir (Şekil 4.2). Bunlardan Kuzey Bölge Çanakkale yoluyla Marmara Denizi'nden gelen az tuzlu ve soğuk yüzey sularından etkilenirken Güney Bölge Akdeniz ve Orta Bölge sularından etkilenir. Dolayısıyla her bölge sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde önemli farklılıklar gözlenir.

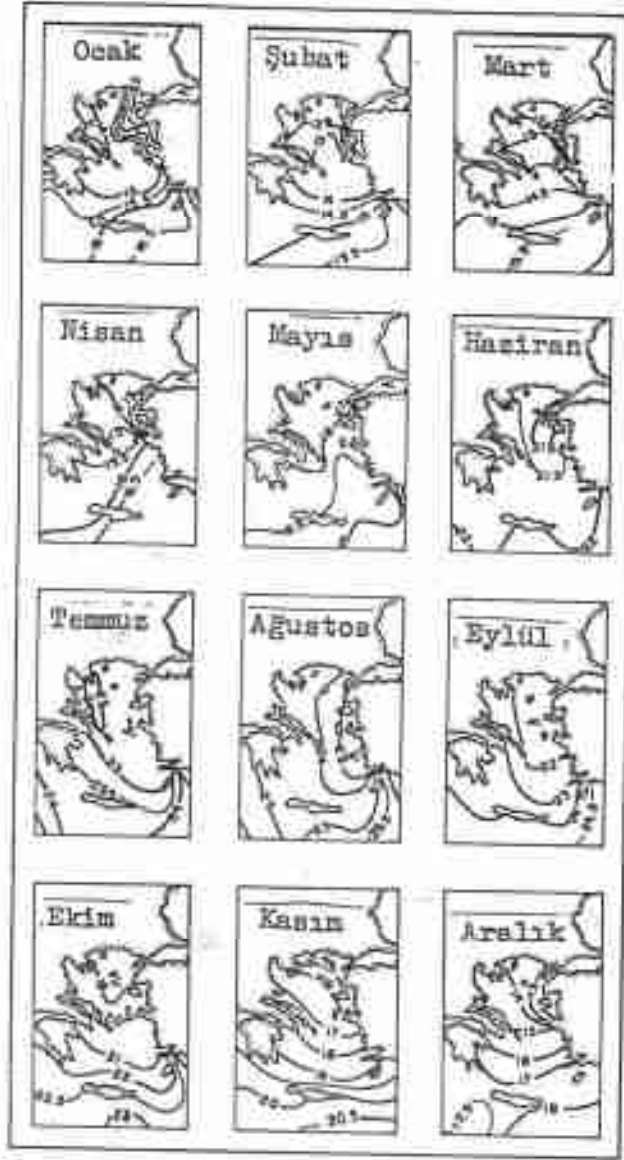
### **Sıcaklık**

Ege Denizi suları Kuzey Ege Denizi Çanakkale Boğazı ile Marmara Denizi'nden gelen Karadeniz kökenli soğuk yüzey sularından Güney Ege Denizi Akdeniz ve Orta Ege Denizi sularından etkilenir. Kuzeyden güneye doğru olan sıcaklık artışı özellikle kış mevsiminde daha belirgin olup, şubat ayında 5-7°C'lik bir fark oluşturmaktadır. Örneğin, Kuzey Ege'de şubat ayında yüzey suları sıcaklığı 10°C civarında iken Güney Ege'de 18°C'ye ulaşır. Yaz mevsiminde ise yüzey suları sıcaklık dağılımı tüm Ege Denizi'nde hemen hemen yeknesak olup kuzey ve güney bölge sularının sıcaklık farkı sadece 1-2°C kadardır. Sıcaklık yüzey sularında mevsimsel olarak değişmekle beraber, 200 m derinlikten sonra 14-15°C'de sabitleşmektedir.

Kuzeyde Gökçeada civarında ilkbahar sıcaklığı 20°C'den güneyde Patara açıklarında 15°C'ye kadar değişir. Bu K-G düşüşü diğer mevsimlerde tersine döner ve daha serin sulara kuzeyde rastlanır sıcaklıklar kuzeyde 24°C, güney Ege'de 27°C'ye kadar yükselir. Kışın güney ile kuzey sıcaklıkları (11-18°C) arasındaki fark 7°C civarında kalır.



Şekil 4.2. Ege Denizi'nin hidrografik alt bölgeleri (Anonim 1992b).



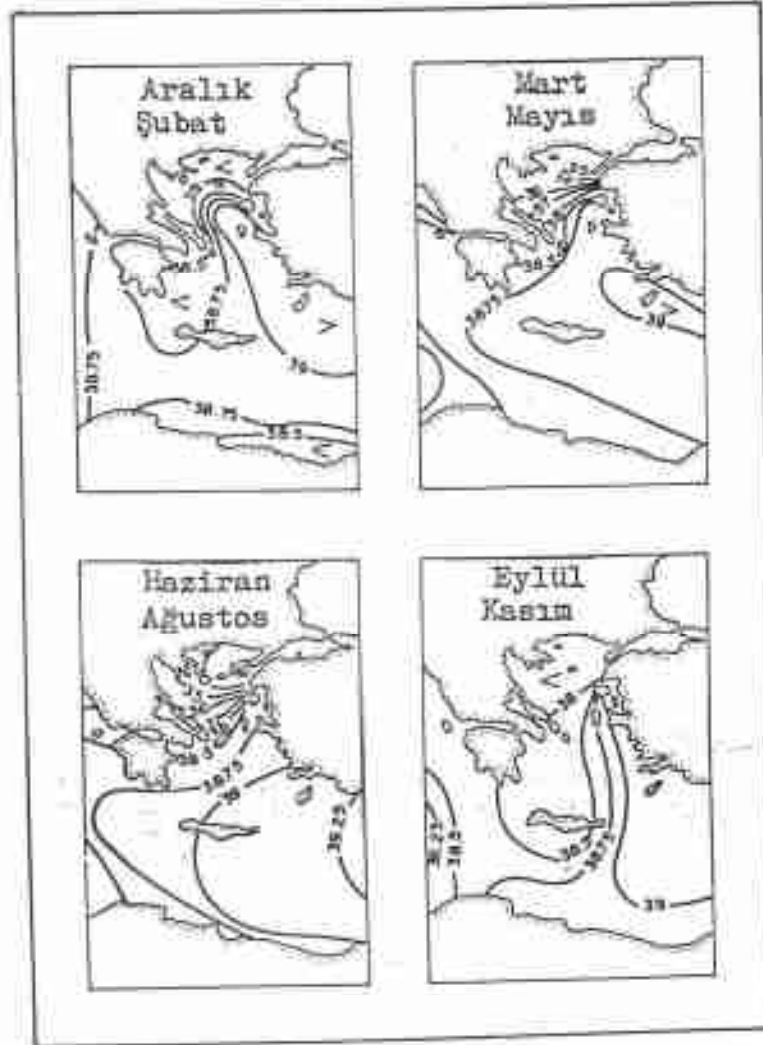
Şekil 4.3. Ege Denizi'nde yüzey sular sıcaklığının ortalama aylık dağılışı (Yöce-1991).

#### Tuzluluk

Ege Denizi'nin tuzluluğu, Kuzey Ege Denizi Çanakkale Boğazı ile Marmara Denizi'nden gelen az tuzlu Karadeniz kökenli yüzey sularından Güney Ege Denizi çok tuzlu Doğu Akdeniz sularından, Orta Ege Denizi ise az tuzlu Kuzey Ege yüzey sularında ve çok tuzlu Güney Ege dip sularından etkilenir. Bölge sularının tuzluluğu Çanakkale Boğazı'ndan gelen az tuzlu yüzey sularının girdi miktarının mevsimsel değişimlerine bağlı olarak kış mevsiminde yüzey sularının tuzluluğu artarken, yaz mevsiminde azalır. Dolayısıyla Karadeniz

kökenli yüzey sulannın Kuzey Denizi'ndeki etkileme alanı mevsimsel olarak değişiklik gösterir. Buna bağlı olarak da tuzluluk Güney Bölge'de %039 olan tuzluluk, Orta Bölgede %035, Kuzey Bölgede'ki Saroz Körfezinde %033'e kadar düşer. Tuzluluğun derinliğe bağlı değişimleri ise hemen hemen yok denilebilecek düzeydedir.

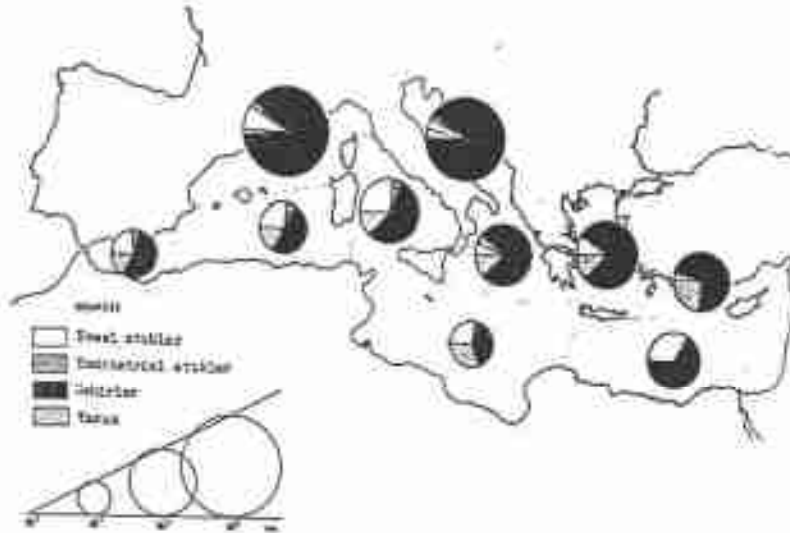
Ege sahili sulannında tuzluluk genellikle %039 civarındadır. Marmara Denizi sulannının etkisindeki Çanakkale Boğazı açıklarında düşük tuzluluk değerlerine (%032-36) rastlanır. Burada, daha düşük tuzlu suyu bir arada tutan karmaşık akıntı dönlüşleri vardır (Anonim 1992b).



Şekil 4.4. Ege Denizinde yüzey sulan tuzluluğunun ortalama mevsimsel dağılışı (Yüce 1991).

### Besleyici tuzlar

Akdeniz besleyici tuzlar fakir bir bölgeyi oluşturduğundan Ege denizi sularında da azot ve fosfor tuzlarının oranı oldukça düşük, ancak Akdeniz'in birçok bölgesinden yüksektir. Ege Denizi'nde besin tuzları ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Friligos tarafından yapılan bir çalışmaya göre, besin tuzlarının Ege Denizi'nde dağılımları, ölçüm aralıkları ve ortalama olarak sırasıyla amonyum ( $0.6-1.35$ ,  $0.33 \pm 0.20$ ); nitrit ( $0.05 - 1.59$ ,  $0.26 \pm 0.23$ ) nitrat ( $0.09-2.28$ ,  $0.57 \pm 0.44$ ); fosfat ( $0.07 - 0.11$ ,  $0.075 \pm 0.011$ ) ve silikat ( $0.75-3.27$ ,  $1.05 \pm 0.30$ )  $\mu$  mol/l olarak verilmiştir. Genelde Kuzey Ege Denizi'nde besin tuzu konsantrasyonları güney kısımlarda ölçülen değerlere oranla daha yüksek bulunmuştur. Kuzey Ege'de daha zengin besin tuzlarının varlığı Karadeniz'den ve Marmara Denizi'nden bu bölgeye besin tuzlarının zengin suların gelmesi sayesinde mümkün olmaktadır. Besin tuzlarının düşey dağılımı bakıldığında, 200 m'ye kadar konsantrasyonlarının düşük olduğu 200 m'de derinlere doğru ise nitrat, fosfat ve silikat değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

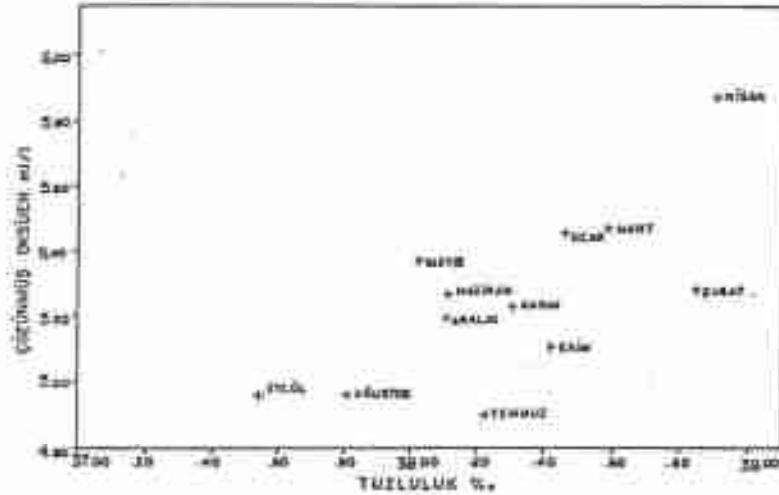


Şekil 4.5. Akdeniz'de çeşitli kaynaklardan gelen azot ve fosfor miktarları (UNEP 1984; Anonim 1992b).

**Çözülmüş oksijen :** Ege Denizi yüzey sularının oksijen içeriği genelde 5 mg/l civarındadır. Bu değerlerin mevsimsel olarak değiştiği gözlenmiştir. Örneğin Kuzey Ege Denizi'nde en yüksek mart ayında (5.79 mg/l), en düşük ağustos ayında (4.96 mg/l); Orta Ege'de en yüksek haziran ayında (5.48 mg/l), en düşük temmuz ayında (4.90 mg/l); Güney Ege'de ise en yüksek mart ayında (5.73 mg/l) ve en düşük eylül ayında (4.67 mg/l) rastlanmıştır.



Ege Denizi'nin bütününde yüzey suyu yüksek (5,47 mg/l) aylık ortalama çözünmüş oksijen derişimleri sırasıyla mart ve ağustos aylarına aittir (Yüce 1987).



Şekil 4.6. Ege Denizi yüzey suyu aylık ortalama tuzluluk - çözünmüş oksijen diagramı (Yüce 1987).

#### Su hareketleri

#### Su kütleleri

Ege Denizi'nde akıntı sistemini Karadeniz suyu, Atlantik suyu, Doğu Akdeniz orta derinlik suyu ve dip suyu belirler.

**Karadeniz suyu :** Karadeniz sularının, kış aylarında Çanakkale Boğazı çıkışında kuzeye, yaz aylarında ise yüksek buharlaşma ve kuzey rüzgarlarının etkisiyle güneye yönelerek Orta Ege'ye doğru yayıldığı belirlenmiştir. Bu nedenle Ege Denizi'nde minimum tuzlulukta bulunan suların derinliği ve yayılım bölgeleri mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Haloklin tabakasının derinliği Çanakkale Boğazından uzaklaştıkça azalmak üzere 15-50 m arasında değişmektedir.

Yapılan mevsimsel gözlemler sonucu bahar aylarında 11-13°C sıcaklığındaki Karadeniz suyu yaz aylarında 21-23°C'ye yükselmesine rağmen sıcaklık profilleri yüzeyden derine doğru güz ve yaz aylarında birbirlerine zıt bir değişim gösterir. Genel olarak Çanakkale Boğazı'ndan gelen 12.800 m<sup>3</sup>/sn debili düşük tuzlulukta bulunan Karadeniz sularının yılın tüm ayları boyunca etkili olduğu anlaşılmıştır. Ancak Ege Denizi'ndeki yayılımında mevsimlere göre değişken hakim rüzgarların etkisi de önemli rol oynamaktadır. Soğuk kış aylarında boğazdan gelen Karadeniz suyu bu mevsimde hakim Güney rüzgarlarının da etkisiyle kuzeye yönelerek, Yunanistan kıyılarını yalayıp Güney

Ege istikametine doğru akmaktadır. Yaz aylarının başlaması ile birlikte bu mevsime has sert kuzey rüzgarlarının etkisi altında Çanakkale boğazından gelen Karadeniz suyu yön değiştirip Anadolu kıyılarını yalayarak güney doğuya doğru akmaktadır.

**Atlantik suyu :** Ege Denizi'nde su sirkülasyonunu belirleyen ikinci su akıntısı Çeşnelik'ten girip Akdeniz'in güney kıyılarını boydan boya kat ederek güneydeki adaların oluşturduğu boğazlardan Ege'ye dolan Atlantik sulandır. Girişte Ege Denizi suyuna nazaran daha düşük tuzlulukta bu sular yaz döneminde Türkiye ve Rodos arasındaki boğazda daha yüksek tuzluluk (%038.3 - %039.3) değerlerine ulaşır. Güz ve kış aylarında ise suların karışmaları sonucu daha farklı değerlerde tuzluluk değişim profilleri oluşturur. Güney kıyılarımızın çok girintili çıkıntılı oluşu, yağış ve buharlaşmanın karşılıklı etkisi, zaman zaman kıyılarına yakın oluşan "Upwelling" şeridi Atlantik su akıntısının Ege'deki durumunun anlaşılmasını zorlaştırmakta ve değişik sıcaklıktaki kıyı sularının oluşmasına sebep olmaktadır.

Atlantik su akıntısının güneydeki yaygın değişik kesimlerinde farklı tuzluluk gradientleri oluşturmasının yanında düşük piknoklin eğilimleriyle su kütleleri homojen bir yoğunluk göstermektedir. Özellikle yaz dönemi sonlarında üst sulardaki buharlaşma kayıpları, Atlantik suyundan daha yoğun bir yüzey suyu oluşumuna yol açmaktadır.

**Doğu Akdeniz orta derinlik suyu :** Tüm Akdeniz oşinografisini etkiler. 50-200 m derinlikler arasında bulunur ve belirtisi yüzey altındaki maksimum tuzluluktur.

Bu su kütleleri, özellikle Türkiye'nin güney kıyıları boyunca kış aylarında soğuk ve ağır hava akımları etkisiyle oluşarak, Rodos'un batısına uzanır. Yüzey suyu sıcaklığı yılın minimum seviyelerine ulaştığı zaman, bu sıcaklık tipik olarak hava sıcaklığından daha büyük olmaktadır. Doğu Akdeniz orta derinlik suyunun Güney Ege'ye Rodos, Türkiye, Karpatos ve Kasos arasındaki boğazlarla girdiği belirtilmiştir. Bu su kütlelerinin sıcaklığı kış aylarında 200 m derinlikten itibaren başlarken, yaz aylarında 80-160 metrelerden, güz aylarında ise 120 m derinlikten itibaren dibe doğru (15-16°C) tüm mevsimler boyunca aynı seviyelerde bulunmuştur. Tuzluluk ise %038.8 - 38.9 civarındadır.

**Dip Suları :** Dip sularında saptanan su sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin çok önemli mevsimsel değişiklikler göstermediği örneğin Girit açıklarında 800 m'den derin sularda su sıcaklığı farklı mevsimlerde 14,4°C, tuzluluk %038.9 olduğu bulunmuştur (Anonim 1992b).

### **Akıntılar**

Ege Denizi'nin hidrografik ve hidrobiyolojik şartlarını etkileyen su hareketleri, akıntılar, gel-git ve dalga hareketleri olarak özetlenebilir.

Ege Denizi'ni etkileyen iki akıntı sistemi görülür. Bunlardan birincisi; Akdeniz'den gelen ve bölgeye güneydeki sıcak ve tuzca zengin su kütlelerini taşıyan; aynı zamanda, bölgenin saat göstergesinin hareket yönündeki dairesel akıntısını oluşturan esas su akıntısıdır. Bu akıntının başlangıcını oluşturan

Cebelitank Boğazı'ndan giren Atlantik Suları Afrika sahillerini yalayarak çeşitli kollara ayrılır. Bunlardan biri de Sicilya Boğazını geçerek Doğu Akdeniz'e girer. Daha sonra Doğu Akdeniz kıyılarını izleyerek Rodos Adası yakınından Ege Denizine ulaşır.

İkinci akıntı kaynağı ise; Karadeniz'den gelen  $12.600 \text{ m}^3/\text{sn}$  su kütlesi ve aksi istikamette Karadeniz'e akan  $6.100 \text{ m}^3/\text{sn}$  Akdeniz kökenli su kütlesinden ortaya gelen ve Marmara'da katettiği mesafe oranında tuzluluğu artan fakat yine de Akdeniz su kütlesine oranla çok düşük tuzluluk gösteren Karadeniz kökenli  $6.500 \text{ m}^3/\text{sn}$  hacmindeki (yağış ve nehirlerin getirdiği suya tekabül eden miktarda) suların oluşturduğu akıntı sistemidir. Genellikle %022-25 tuzluluk derecesindeki sular Çanakkale Boğazından geçerek kuzey Ege'nin tuzlu su kütlesi üzerinde yoğunluğu düşük bir tabaka oluştururlar. Marmara sularının 13-15.5 arasında olan yoğunluk ( $\sigma\text{-T}$ ) değerlerinin Kuzey Ege'deki karışım nedeni ile 22-23 ( $\sigma\text{-T}$ )'e kadar yükseldikleri durumlarda bile, esas Akdeniz'in 26-28.5 ( $\sigma\text{-T}$ ) yoğunluğundaki sularından kolaylıkla ayırt edilebilmektedirler.

Marmara'dan Kuzey Ege'ye akan sular Çanakkale Boğazı'ndan geçerek Anadolu kıyıları boyunca kuzeye akan çok tuzlu ve ağır su kütleleri üzerinde ince bir tabaka oluştururlar ve bu sularla karışırlar. Bu nedenle Kuzey Batı Ege suları Ege'nin diğer bölgelerine oranla daha az tuzludur.

Karadeniz kökenli su kütleleri Boğaz'dan gelen akıntının şiddetine göre, ağır su kütlesi üzerinde zaman zaman Edremit Körfezi'ne ve Midilli adası yakınına kadar yayılım gösterir. Ancak bu yayılışa da karışım nedeni ile tuzluluk Çanakkale Boğazı'ndan uzaklık oranında artış gösterir. Midilli civarında yüzey su kütlelerinin tuzluluğu %030-35'i bulur. Bu durumda dahi, bu karışım sularını Midilli'nin güneyindeki %038-39 tuzluluktaki Akdeniz sularından ayırt etme olanağı vardır.

#### **Besin maddeleri ve ötrofikasyon**

Ege Denizinde besin düzeyi düşüktür ve genel anlamda sular oligotrofik sayılır. Kuzey uç hariç, klorofil seviyeleri  $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ 'ten daha düşük; yazın ise  $0.1-0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$  arasında değişir. Gökçeada civarı ve İzmir Körfezi'nde daha yüksek değerlere ( $1-1.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) rastlanır.

Genel klorofil seviyeleri artışları sonucu oluşan fitoplankton patlamaları Ege Denizi'nin Yunanistan sahillerinde red-tide görülmesine neden olur.

#### **Kirlilik**

Akdeniz ekosistemi yoğun bir evsel ve endüstriyel kirlenmenin etkisi altında bulunmaktadır. Bu ekosistem, UNEP (1984) tarafından kirlilik araştırma ve düzeylerinin saptanması amacıyla oniki alt bölgeye ayrılmıştır.



Şekil 4.7. Akdeniz'in kirlilik çalışmaları için ayrılmış alt bölgeleri (Anonim 1992b).

Bu ekosistemin sekizinci alt bölgesini oluşturan Ege Denizi'nde çeşitli kirlenmelerin boşaltılması nedeniyle aynı ölçüde kirlenmekte, başka deyişle total kirlilik yükünün %11'lik bölümünü almaktadır. Bugün Türkiye sahillerinden 7'si akarsu ağızları 6'sı irili ufaklı evsel ve turistik yerleşim bölgesi, 1'i de endüstriyel yerleşim bölgesi olmak üzere toplam 15 noktadan Ege Denizi'ne atık su boşaltımı yapılmaktadır. Bunların eşdeğer kirlilik yükü 10 milyon eşdeğer nüfus mertebesindedir. Çanakkale Boğazı'nın etkisi buna dahil değildir. Çanakkale Boğazından 12.800 m<sup>3</sup>/sn debide Karadeniz kökenli su girdiği düşünülürse, Marmara Denizi'nde ortaya çıkan yaklaşık 10 milyon eşdeğer nüfusluk bir kirliliğin bir bölümünü yüzey sular aracılığıyla Ege Denizi'ni etkilemekte olduğu ortaya çıkmaktadır. Böylece Türkiye kıyılarından toplam 10 milyonu aşkın nüfusa eşdeğer bir kirliliğin Ege Denizi'ni etkilemekte olduğu kabul edilebilir. Yunanistan tarafından ise yaklaşık 3.6 milyon yerleşik nüfus ve geri kalanı da endüstriyel kullanımdan öngörülmek üzere toplam 7.5 milyon eşdeğer nüfusluk bir kirliliğin daha Ege Denizi'ne verildiği hesaplanmaktadır.

Ege Denizi'ne boşaltılan atıklar doğrudan veya nehirler vasıtasıyla denize bırakılmaktadır. Bu akıntılar sularda organik maddeler, besin tuzları, deterjanlar, ağır metaller, pestisidler ve asılı maddeler halinde bulunur .

Çizelge 4.9. Ege Denizi'ne (8 bölge) gelen yıllık atık madde miktarı (Anonim 1992b).

Kirlenme kaynakları kirleticiler	Sahilden gelen						Nehirlerle gelen		Total t/yıl
	Evsel		Endüstriyel		Tarımsal		t/yıl	%	
	t/yıl	%	t/yıl	%	t/yıl	%			
1.Hacim									
Total atık $10^6 m^3/yıl$	160	-0	400	1	-x		4600	99	4600
							0		0
2.Organik madde:									
BODx $10^6$	30	9	100	31	17	5	180	55	327
CODx $10^6$	66	7	290	28	270	30	320	35	916
3.Besleyici tuzlar									
Fosforx $10^6$	1.5	5	0.8	2	5.1	16	25	77	32.4
Acıtx $10^6$	7.9	9	1.6	2	11	12	69	77	90
4.Özel organikler									
Deterjan	1.4	0.023	-	-	-	-	4.6	77	6.0
Fenol	-	-	0.78	0.086	-	-	0.13	14	0.91
Yağ	(-)		4.1	0.1	-	-	(-)		4.1
5.Metal									
Cıva	0.054	0	0.22	2	-	-	14	96	14.3
Kurşun	14	3	110	25	-	-	320	72	444
Krom	18	6	25	6	-	-	250	85	293
Çinko	140	6	250	10	-	-	2100	84	2490
6.Aslı madde									
TSS	47		210		8.5		(-)		(-)
7.Pestisitler									
Organoklorinler	-	-	-	-	-	-	7.4	100	7.4
8.Radyoaktivite									
Tritium Cı/a	-	-	-	-	-	-	(-)		-
Diğer radyonüklidler Cı/a	-	-	-	-	(-)		(-)		-

Türkiye tarafındaki kirlenmenin en önemli kaynaklarını Kuzey ve Orta Ege'de Çanakkale Boğazı, İzmir kenti, Meriç, Gediz ve Büyük Menderes nehirleri oluşturur. Ayrıca petrol kirliliği açısından Alağa'daki limanlar ve sanayi kuruluşları da büyük birer kirlenme kaynağı oluştururlar. Güney Ege kıyılarında ise ne yoğun yerleşim merkezleri, ne de büyük akarsu boşaltımları vardır. Ancak, gerek bölge sahillerinin çok girintili-çukurlu yapıları nedeniyle akıntıların engellenmesi; gerekse son yıllarda ortaya çıkmaya başlayan büyük turistik kompleksler ve yat limanları gibi etkinlikler Güney Ege'de kirlenme sorunlarını gündeme getirebilecek bir potansiyel oluşturmaktadır.

En yüksek BOİ yüklenmesi Ege Denizi'ne İzmir'den girer. Az miktarda da olsa Dalaman civarı, Bodrum, Kuşadası, Kaş gibi yerleşim merkezlerinden lağım girişi ile BOİ girişi olur.

İzmir, Marmaris ve Dalaman'da ağır metal kaynakları vardır. Marmaris ve Fethiye kıyılarında yüksek Hg seviyelerine rastlanmıştır. Pilot olan bu çalışma, tekne ile sağlanan yerinde bir inceleme ile birleştirilerek, Marmaristeki TBT miktarını 11-353 npl<sup>1</sup> olarak tespit etmiştir. Ege bölgesinde oldukça yoğun olarak görülen yat faaliyetleri ile sanayi soğutma sulanının civarlarında da yüksek değerlerin olması beklenebilir.

İzmir Körfezi'nin kirliliği aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

- Körfez çevresinde yaşayan yaklaşık 3 milyon kişinin evsel atıksulardan,
- İzmir ve çevresinde yerleşik endüstri kuruluşlarının atıksulardan,
- Kentsele alana ve körfezin toplama havzasına düşen yağışların getirdiği kirlenmelerden,
- Körfezin su toplama havzasındaki tarımsal faaliyetler sonucunda oluşan yüzey ve drenaj sulanının getirdiği tarımsal mücadele ilaçları, yapay ve doğal gübrelerden,
- Liman faaliyetleri ve deniz trafiğinden,
- Körfeze ulaşan dereeler ve Gediz Nehri'nden,
- Atmosferik kirlenmelerden,

Bu kaynaklardan sadece ilk ikisi noktasal kaynak olma özelliğini taşımaktadır. Yapılan kirlilik yükü değerlendirmelerinde sadece bu kaynaklara ait projeksiyonlar ve Gediz Nehri'nin yükleri sağlıklı olarak verilebilmektedir. Her ne kadar Gediz Havzası, içerdiği tüm tarım ve yerleşim alanları ile yaygın bir kaynak ise de, nehrin getirdiği yükler tek bir noktadan körfeze girmekte ve bu özelliği ile Gediz, körfez açısından noktasal bir kaynak olarak yorumlanabilmektedir. Diğer kaynaklar ve özellikle körfeze gelen yükler konusunda halen çalışmalar sürmektedir. Ancak bunlardan elde edilen sonuçlar henüz tutarlı görünmemektedir.

İzmir Körfezi'ne çeşitli kaynaklardan gelen kirlenme yükleri sonucunda ortaya çıkan durum özellikle iç körfezde ve kıyı kesimlerinde oksijen eksikliği, yüksek organik madde, nütrient (azot ve fosfor), patojen mikroorganizma konsantrasyonları ve yüksek üretkenlik (ötrofikasyon) olarak belirginleşmektedir. Körfez sedimentlerinin üst tabakaları organik madde, nütrientler ve mikrokirlenmeler açısından zenginleşmiştir. Tüm bu kirlenme sonuçları zamana ve artan yüklerle bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kirlenmeyi önlemek için yapılacak her çalışmada, körfezdeki bu dinamik sınırların dikkatle incelenmesi gerekir.

Açık denizde Hg değişiminin okyanustakine eşdeğer olduğu çözünmüş civa seviyesine benzer, (5-10.5 ng/l) Merkezi Ege'deki Milos Adası civarında dört su ürününde yapılan ağır metal incelemelerinde Cu, Cr, Ni, Cd, Mn veya Zn seviyelerinde bir artışın olmadığını göstermiştir (Anonim 1992b).

Çizelge 4.10. Ege Denizi'nde su ürünlerinde pestisid konsantrasyonları (Balcı 1965; Anonim 1986b).

Ölçümün yapıldığı yer	Deniz ürünü	DDT (ng/g)	DOE (ng/g)	DDE (ng/g)	Toplam DDT (ng/g)
B.Menderes açıkları	Di balığı	0.22	2.11-6.09	-	12.31
Gediz Deltaı	Karides	7.55	2.61	-	10.36
	Di balığı	17.35	13.06	-	30.43
Çandarlı Körfezi	Di balığı	1.14-1.74	5.85-10.55	1.4	7.7-12.83
Güllük Körfezi	Babun	3.45	4.56	13.00	21.01
	Karagöz	-	1.17	-	-
Meriç Deltaı	Isparoz	11.22	8.48	2.80	22.48
	Bakalyara	16.06	13.55	1.80	31.23
Baroz Körfezi	Mercan	-	3.51	-	-
Edranit Körfezi	İzmirli	6.96	-	-	-
İzmir Körfezi	Di balığı	2.44	-	-	-

Çizelge 4.11. İzmir Körfezi'ne dökülen derelerde ölçülmüş en büyük ağır metal konsantrasyonları (Ural 1989; Anonim1986b).

Derenin adı	Cr (µg/l)	Cd (µg/l)	Hg (µg/l)
Melez çayı	148	0.14	0.78
Arap deresi	43	0.16	0.25
Bornova çayı	7.8	0.18	0.98
Gediz nehri	-	0.12	0.08
Manda çayı	70	0.10	1.09

İzmir'de yapılan bir araştırmada, içme sularındaki anyonik yüzey aktif maddeler ölçülmüştür. PHTT metodu ve metilen mavisi metodu ile mukayeseli olarak içme suyu örneklerinde anyonik yüzey aktif maddelerin konsantrasyonları belirlenmiştir. Çalışmada, İzmir kentinin çeşitli kaynaklardan temin edilen içme suyu numunelerinde 0.066-0.308 mg/l anyonik madde konsantrasyonları tespit edilmiştir. Türkiye'de anyonik yüzey aktif maddeler için içme sularında izin verilen maksimum değer 0.5 mg/l'dir. İzmir'deki içme sularında ölçülen değerler bu seviyenin altındadır (Anonim 1998b).

Şengül ve arkadaşları (1986) tarafından İzmir'de yapılan bir diğer çalışmada, İzmir yöresindeki yüzeysel sularda deterjan ve fosfor kirliliği incelenmiştir. Bazı endüstrilerin atıksularında ölçülen deterjan konsantrasyonlarının 1.8-9.7 mg/l; fosfor konsantrasyonlarının ise 0.35-10.0 mg/l aralığında değişim gösterdiği bulunmuştur. Aynı çalışmada, İzmir Körfezi'ne dökülen Melez Çayı, Arap Deresi ve İzmir iç körfezinde yapılan ölçümler, sırasıyla 5.0 mg/l, 4.8 mg/l ve 1.2-1.5 mg/l mertebelerinde deterjan değerleri vermiştir.

İzmir Körfezinde deterjan kirliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, Körfezin çeşitli noktalarından numunelerin analiz edilmesi sonucunda anyonik deterjan konsantrasyonunun 0.34-8.44 mg/l aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Yaramaz 1984; Anonim 1998b).

#### 4.4. Akdeniz

Yapılan araştırmalar Akdeniz'in halen en temiz sahil kuşağının olduğunu ortaya koymaktadır. Sahillerimizde İskenderun-Marmaris arasında etkili olan ve bilim dnyasında ufak Asya akıntısı olarak adlandırılan kuvvetli bir akıntı sisteminin mevcut olduğunu ve burayı açık denizlerden gelen temiz sularla besleyen girdilerin olduğunu gstermektedir. Bu akıntı maalesef Lbnan ve Suriye'den denize atılan atıkları sahillerimize taşımaktadır. Özellikle yaz mevsiminde İskenderun Krfzezi'nin yzeyini bazen tamamen kaplayan bu atıkların üzerindeki adres, telefon vb. bilgilerden torbaların orijini kesin olarak belli olmaktadır. Zaman zaman Mersin ve Gzme sahillerini de etkileyen bu atıkların bir dnerim Fethiye Krfzezi'ne kadar ulaştığı ve kamyonlarla ifade edilen boyutlarda toplandığı bir gerçektir. Akdeniz Krfzezi'nde de etkili olan bu akıntı, kayalaradaki çatlakların arasından denize ulaşan Antalya şehri atıklarının taşınmasına da neden olmaktadır. Antalya Krfzezi'ne gelen bu akıntı sistemi, Kıbrıs'ın batısından ve açık denizden gelen temiz Akdeniz suları sahillerimizin turizme ynelik yapısının daha çok uzun seneler boyunca bu seviyede kalmasını sağıyabilecek kapasitededir.

Akdeniz'in balıkçılık açısından bir çöl olduğu yani üretim potansiyeli yönünden çok fakir olduğu bir gerçektir. Bunun nedeni bu denizimizde birincil üretimin oluşmasını sağlayan besin tuzlarının eser seviyelerde bulunması ve mevcut olanların da Sahra çölünden gelen kil mineraller tarafından derinlere taşınması sonucudur. Balıkçılık açısından sadece, İskenderun ve Mersin Krfzezleri ile Gökusu'nun denize döküldüğü kısım verimli ve luta sahanlığının aiansal genişliği nedeni ile trol balıkçılığına uygundur. Ancak uzun senelerden beri buralarda yapılan eşin trol avcılığının sonuçları ortadadır. Trol avcılığı, tarımsal ilaçlamalar ve çeşitli organik atıklarla kirlenmeden korunabilmek için bu denizimizde balıklar doğal davranışını değiştirerek daha derine doğru kaçma eğilimine girmişlerdir.

Akdeniz'de, su ürünlerinin ekonomik değer, talebin çok arızın ise az olması nedeniyle yüksektir. Yapılan araştırmalar Akdeniz'de mevcut yegane açık deniz balıkçılık alanının dipten su çıkma olayının olduğu Rodos dngüsü civarında olduğunu ortaya koymaktadır. Zengin bir balık kaynağı olan Rodos Dngüsü civarında Türkiye hariç pek çok ülke balık avlamaktadır. Balık stoklarının yapısını ve ne zaman nerede olduğunu uydu verileri ile net bir şekilde bulma olasılığı olan bu bölge balıkçılarımız için yegane potansiyeldir ve en kısa zamanda bu bölgeden faydalanmamız gerekmektedir. Ülkemizin bu kaynaktan faydalanmamasının temel nedeni ise balıkçılarımızın bu bölgeyi ve bu bölgede uygulanacak olan avcılık tekniğini iyi bilmemesidir (Anonim 1997a).

#### Hidrografi

Yılın büyük bir kısmında doğudan batı Akdeniz'e doğru kalıcı bir ısı dūřuř deseni görüldü. İlbaharda İskenderun ve Mersin'in iç sahil sularında sıcaklık 27°C iken batıda 20-22°C'ye dūđer. Yaza kadar, bütün sahil sularının sıcaklıkları 28°C'ye ulaşır ve sonbaharda tekrar 23-24°C, kışın ise sıratla



19°C'nin altına düşer. Kış ve ilkbaharda Alanya açıklarında daha serin sulara rastlanır.

Yıl boyunca tuzlulukta pek fazla değişme olmaz ve %039 civarında kalır. Nehir deşarjlarının sahil şeridine etkisi mevsimseldir ve lokal özelliğindedir. Başlıca nehirler Ceyhan, Seyhan, Göksu, Anamur ve Manavgat nehirleridir. Hakim akıntı doğudan batıyadır. Antalya ve ayrıca Finike açıklarında saat yönünde dairesel su hareketleri görülür (Anonim 1993a).

#### **Besin maddeleri ve ötrofikasyon**

Jeofizik ve iklimsel faktörler nedeniyle doğu Akdeniz en yüksek seviyede oligotrofizm gösterir. Diğer oligotrofik alanlardaki gibi, yüzey klorofil seviyeleri ortalama 0.07 mg/m<sup>3</sup> civarındadır.

Fosfor miktarı 0.1-0.5 ng/l arasındadır ve besin maddeleri rezervlerinin seviyesi düşüktür. Hakim doğu yönlü akıntılar İsrail sahillerindeki kirlenmeleri Türkiye'ye taşır.

#### **Kirlilik**

İskenderun ve Mersin Körfezleri oldukça sanayileşmiş ve nüfusu yüksek olan bölgeler olması nedeniyle BOİ miktarı artmıştır.

Ana kirlenmeler, tekstil, kimyasal madde, gübreler, boyalar, çelik işleri, hamur ve kağıt üretimi yapan sanayi kuruluşlarıdır.

İskenderun ve Mersin'deki civa derişimleri, metal kirliliğine işaret etmektedir. Mersin limanındaki TBT'nin sınırta büyük miktarları ile Antalya yat limanındaki yüksek seviyeleri, buradaki yoğun olan yatçılık faaliyetleri ile ilişkilidir. Doğal yolla Akdeniz'e giriş yapan civa miktarının 30 ton / yıl olduğu hesaplanmıştır.

Akdeniz sahillerinde avlanan ve kıyılarımızda bulunan bazı ekonomik balık türleri ve karideslerde organik klorlu insektisidlerden ileri gelen kirlilik Akman ve ark. (1978) tarafından araştırılmıştır. Araştırmada Akdeniz'de, Antalya - İskenderun körfezleri arasındaki avlanma bölgelerinden alınan kefal, lagos, çipura, mercan, tekir, barbunya, karagöz, isparoz, sınırlı ve karidesden oluşan toplam 234 adet örnekte, organik klorlu insektisidlerin rezidüleri bulunmuştur. 1976 - 1977 dönemi içerisinde alınmış olan bu örneklerde DDT türleri %100, BHC izomerleri %99.1, aldrin %86.7, dieldrin %74.7 ve endrin %65.3 oranında bulunmuştur. Eteki konsantrasyonları ise DDT türevleri 0.100 - 0.147, BHC izomerleri 0.104 - 0.150, aldrin 0.022 - 0.039, endrin 0.015 - 0.024, dieldrin 0.013 - 0.048 ppm değerindedir. Karadeniz'deki balıklarda daha yüksek bulunmuştur. Avlanma kesimleri arasındaki genel kirlilik düzeylerinde önemli farklılık görülmemiştir. Rezidü miktarı bakımından en yüksek değer Alanya'da 0.379 ppm, en düşük değer ise Silifke'de 0.290 ppm olarak bulunmuştur. Eteki toplam organik klorlu insektisid rezidü ortalaması 0.339 mg/kg, Karadeniz'le ilgili çalışmada ise bulunan ortalama değer 0.409 mg/kg'dır (Anonim 1983).

Çizelge 4.12. Kuzeydoğu Akdeniz'e karasal kaynaklardan giren kirlenici yükleri (UNEP 1984; Anonim 1988b).

Kirlenici parametre	Kaynaklar								Toplam
	Evsel		Endüstriyel		Tarımsal		Akarsular		
	t/yıl	%	t/yıl	%	t/yıl	%	t/yıl	%	
Toplam değer (a)	19	0	25	0	(b)		36300	100	36300
BC <sub>10</sub>	6200	5	7800	6	10000	14	100000	75	133000
KOİ	13000	3	20000	4	300000	58	180000	35	513000
Fosfor	240	1	50	0	5600	29	13000	69	19000
Azot	1000	4	500	1	12200	24	36000	71	51000
Değerjenler	190	7	-	0	-	0	2500	63	2700
Fenoller	-	0	150	68	-	0	70	32	220
Mineral yağlar	(c)	0	27000	100	-	0	(c)	0	27000
Civa (Hg)	0.01	0	0.05	1	-	0	7	69	7.1
Kurşun (Pb)	2.20	1	8.00	4	-	0	170	65	180
Krom (Cr)	2.20	2	3.00	2	-	0	1.40	66	1.45
Çinko(Zn)	23	2	24	2	-	0	1100	66	1150
Toplam aslı yük	9300	0	2700	0	9400	0	(c)	-	(c)
Klorlu organikler	-	0	-	0	(b)	-	6.7	100	6.7

- (a) Değerjilerin birimi, milyon m<sup>3</sup>/yıl olarak verilmiştir.  
 (b) Akarsularla taşınanlara dahil edilmiştir.  
 (c) Tahmin yapabilmek için yeterli veri bulunmamaktadır.

Genelde kirlenicilerin en büyük kaynağını, tarımsal faaliyetler meydana getirmekte ve denize taşınmaları akarsularla olmaktadır. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan deniz kirliliği, örneğin erozyon ve doğal bitki örtüsünün değişmesi sonucu toprakta bulunan cıvanın buharlaşıp denize taşınması, tüm Akdeniz'de genel bir sorun olup, bilinen tarihi boyunca etkili olmuştur. Türkiye'de, tarıma ek olarak, son otuz yıldaki şehirleşme, endüstriyel, ticari ve turizm alanlarındaki gelişmeler kirlenici kaynak çeşit ve miktarlarında artışlara sebep olmaktadır. Kuzeydoğu Akdeniz'in kıyı kesimi, genelde tarım alanı olmasına karşın, endüstriyel kuruluşlar bazı bölgelerde yoğun olarak bulunmakta ve bölgesel deniz kirlenmesine sebep olmaktadır. Söz konusu bölgelerden en önemlisi, Taşucu-İskenderun arasında kalan kesim olup tekstil, gıda, boya, soda, kağıt (SEKA), ferrokrom, plastik madde üretimi, suni gübre endüstrileri ve madencilik faaliyetleri oldukça yoğundur. Mersin'deki petrol rafinerisi ve İskenderun Körfezi'nde iki adet petrol boru hattı terminali, dikkate değer diğer kuruluşlardır.

Endüstriyel ve tarımsal faaliyetler ile turizm faaliyetleri, Akdeniz kıyı kesiminde mevsimsel ve yıllık nüfus artışlarına, dolayısı ile evsel atık miktarlarında artışlara sebep olmaktadır. Bilindiği kadarı ile, BOTAŞ dışındaki endüstriyel ve evsel atıklar, hiçbir ön arıtım işemine tabi tutulmaksızın doğrudan veya dolaylı yollarla denize verilmektedir.

Karasal kaynakların yanısıra, denizyolu taşımacılığı ve tanker trafiği, petrol ve petrol türevleri gibi kirlenicilerin en önemli kaynağını meydana getirmekte, Antalya, Mersin ve İskenderun limanları, yoğun deniz trafiğini, dolayısı ile petrol artıkları girdisini arttırmaktadır. Ağır metaller, klorürü

pestisitler ve poliklorürü bifeniller (PCB) genelde toksik maddeler olup, deniz kiriliğinde önemli yere sahiptirler. Yapılan araştırmalar, sözkonusu maddelerin denize taşınmalarında atmosferik olayların katkısının çok fazla olduğunu ispatlamıştır . Klorür içeren hidrokarbonların, Kuzeydoğu Akdeniz'deki atmosfer yoluyla taşınımı hakkında literatür bilgisine rastlanmamıştır (Anonim 1998b).

## 5. GÖL KİRLENMESİ

Göl sularının kalitesi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik şartlara göre değişmekte ve göllerdeki kirlenmeyi;

- Bir nehir vasıtası ile göle taşınan kirlilik,
- Kullanılmış suların doğrudan doğruya göle boşaltılması,
- Yağmur sularının yüzeyde akışa geçen kısmının tarım arazilerinden ve çevreden sürükleyerek göle getirdikleri maddeler ile
- Gölün kendi içerisinde oluşan maddelerin biri veya birkaçı meydana getirebilmektedir.

Gölleri kirlenme durumuna göre oligotrofik, ötrofik ve mezotrofik olmak üzere üç grupta incelemek mümkündür.

Oligotrofik göller besin açısından fazla zengin değildir. Normal olarak derin, hipolimnyonu geniş ve üretim miktarı azdır. Oksijen tüm derinliklerde ve yıl boyunca vardır. Alg patlaması pek olmaz, buna karşın alglerin tür sayısı çok olabilir. Görünümü berrak ve mavidir.

Mezotrofik göller, oligotrofik ve ötrofik göller arasında geçişli oluşturunur.

Ötrofik göller ise, besin yönünden çok zengindir. Asku halinde ve dipte çok miktarda organik madde vardır. Hipolimnyonda çözülmüş oksijen bazı dönemlerde hiç yoktur. Göl çevresinde yosun ve bitki üretimi vardır. Alg patlaması olabilir. Jeolojik olarak genç göller oligotrofik göl iken zamanla ötrofik göl özelliğine doğru kayma gösterir. Bu doğal bir olgudur. Ancak doğal olarak çok yavaş ilerleyen bu olay insan etkisiyle hızlı gelişir. Sonuçta su kaynağı kullanılamaz hale gelebilmektedir. Çizelge 5.1'de göllerin üretim değerleri görülmektedir.

Çizelge 5.1. Gölde üretim değerleri (Uslu ve Türkman 1987).

Fitoplankton üretimi	Oligotrofik göller	Ötrofik göller	
		Doğal	Kirlenmiş
Yıllık oran g C/m <sup>2</sup> -yıl	7-25	7-250	350-700
Büyüme mevsiminde ortalama oran g C/m <sup>2</sup> -gün	0,03-0,1	0,3-1,0	1,5-3,0

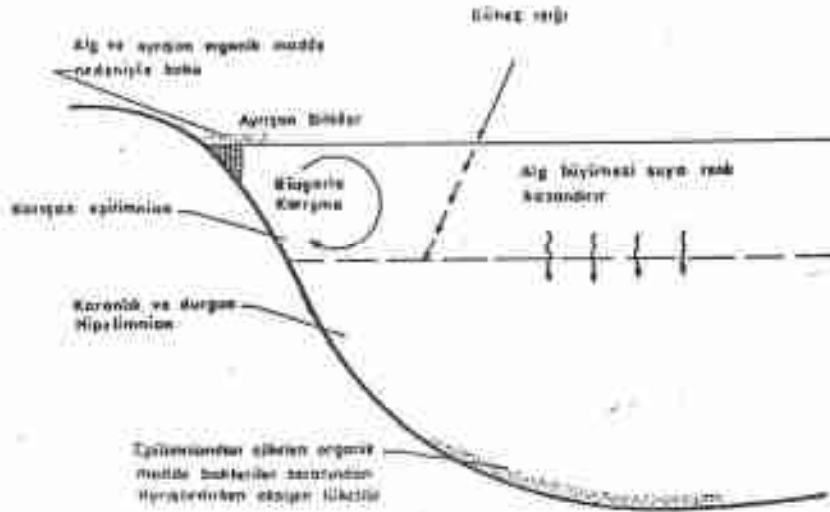
### 5.1. Ötrofikasyon

Ötrofikasyon, su ortamında (özellikle göllerde) besin zenginleşmesi ve sonuçta aşırı miktarda organik madde üretim süreci için kullanılan bir terimdir. Ötrofikasyon doğal olarak cereyan eden bir olay olmakla beraber, antropojen etkilerle hızı artar. Ötrofikasyon, yağmur suyu, kullanılmayan arazilerden gelen yüzeyel sular, kayaların aşınması ve bitki polenleri gibi nedenlerle oluşuyorsa "doğal ötrofikasyon" dan söz edilebilir. Ancak çoğunlukla, insan aktiviteleri sonucu, örneğin arazi kullanımı, kanalizasyon ve endüstriyel atık suların su ortamına ulaşması gibi nedenlerle yapay olarak meydana gelmektedir.

Bir su kütesinin ötrofikasyonu halk tarafından, aşırı alg büyümesi gözlenerek ve dolayısıyla kullanımının uygunsuz hale gelmesi sonucu belirlenebilir. Gerçekte olay çok daha karmaşıktır. Genellikle bir su kütesinin de ötrofikasyon durumu;

1. Su organizmaları ve bitki kütleindeki artış kadar yoğunlukta tür sayısında azalma,
2. Organizma (Örneğin, yeşil alge ilaveten mavi-yeşil alg üremesi ve salmon balığı yerine daha kaba balık türlerinin çoğalması gibi) tipinde değişim,
3. Suyun ışık geçirgenliğinin azalması ve renk artışı,
4. Göl derinliği boyunca oksijenin değişimi ve günlük oksijen derişimi ölçümlerinde maksimum ve minimum değerler gözlenmesi,
5. Tabakalaşmanın olduğu dönemlerde derin bölgelerde oksijen derişiminin azalması,
6. Çözünmüş azot ve fosfor derişiminde artış gibi olaylara karakterize edilir.

Besin girdisi devam ettikçe yukarıda sıralanan değişikliklerin yoğunluğu artar ve sonuçta alg patlaması ile birlikte su estetik ve kullanım açısından hiç de uygun olmayan bir durum kazanır. Kimyasal değişiklikler de gerçekleşir. Derinlerde çözünmüş oksijen yokluğu nedeniyle, demir ve mangan bileşikleri çözünmüş hale geçerek suya salıverilir. Dibe çöken organik madde (ölü alg vd.) orada ayrışarak  $H_2S$  gibi kötü kokulu gazların oluşmasına neden olur. Metan ve karbondioksit gibi gazlar da çıkarak su kalitesinin bozulmasıyla sonuçlanan olaylar gerçekleşir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Aşırı besin yükünün göl ortamına etkisi (Uslu ve Türkman 1987).

Gölün derin ve soğuk sularında yaşayan balıklar (alabalık ve beyaz balık gibi) yok olur. Sığ sularda tutunmuş bitkiler büyümeye başlar, yüzen bitkiler gelişebilir. Göl kıyısındaki bitkiler, silt ve bitki artıklarının çökmesine neden olur ve sineklerin beslenmesi ve yumurtalarının bırakılması için uygun ortamlar yaratır. Su birikintilerinin besin tutma özelliği tüm bu değişikliklerin gerçekleşmesinde önemli bir rol oynar.

Türkiye'de ötrofikasyonun en iyi örneklerinden biri Köyceğiz Dalyan Gölü'nde görülür. Tarım alanlarından örneğin; süperfosfat gübresinin kullandığı mandalina bahçelerinden, yörenin ve köylerinin evsel atıklarından göle eklenen besleyici tuzlar nedeniyle ciddi bir ötrofikasyon problemi ortaya çıkmıştır. Besleyici tuzların gölü zenginleştirmesiyle artan alg üretimi ve bu algilerin de dibine çöküp ayrışmasıyla dipteki oksijen tüketilmektedir. Dipte oluşan hidrojen sülfid gazı suyun karışmasıyla zaman zaman yüzeye çıkarak, hem kötü kokuların yayılmasına, hem de yılan balığı ve kefal gibi değerli türleri barındıran Köyceğiz Gölü'nde balık kırmına neden olmaktadır (Berkas ve Kıştaoğlu 1993).

Ankara'ya en yakın ve büyük rekreasyon alanı olan Mogan Gölü'nde (Göbbaşı), çevresindeki yerleşme birimlerinin, çeşitli tesislerin ve sanayi kuruluşlarının atık suları ile tarımsal alanlardan dönen drenaj suları ile kirlenmiştir. Ayrıca göl çevresindeki arazilerin çıplak olması sonucunda erozyon materyallerinin göle ulaşması, sığ ve sirkülasyonu yok denecek kadar az olan gölde, ötrofikasyon sürecini hızlandırmıştır (Anonim 1993 b).

## 5.2. Göllerin Korunumuna Yönelik Önlemler

### a) Fosfor giderimi

Göl korunumu ve restorasyonunda birinci ve genellikle en önemli etken, iç sulara giden besin elementi yüklerinin azaltılmasıdır. Bir noktasal atıksu boşaltısından gelen fosforun teknolojik önlemlerle giderilmesi, azot artımından daha geçerli ve daha pratiktir. Bir kanalizasyon suyundaki fosforun tüm giderimi (teknolojik açıdan %90 fosfor giderme verimi kabul edilebilir) tipik bir göldeki yüklenmeyi %40 ile %80 arasında azaltır. Bu mertebede düşük bir verim, atıklardan fosfor giderimiyle problemin çözümünün elde edilebileceğini tartışılır bir hale getirmektedir. Yüklemedeki düşük azalma, ötrofikasyonu ters yöne döndürmede çoğu kez etkisiz kalmakta, fakat ekolojik dengeye yararlı katkısı olmaktadır. Özel olarak yüklemdeki herhangi bir düşüş, bölgedeki toplam depolanmış fosforu azaltır ve böylece biyomas sentezinin nihai kapasitesi düşer. Bunun ötesinde potansiyel üretkenlik, algilere sağlanan çözünmüş ve asimile fosfora dayandığından, üst tabakalara gelen fosfor azaltılarak alg patlamalarının önüne geçilebilir. Sadece yaz aylarında uygulanan bir fosfor giderimi bile, toplam depolanmış fosforun çok az düşmesine rağmen alg patlamalarını azaltabilmektedir.

### b) Atıksu artımı dışında kalan önlemler

Su kirlenmesi kontrolü sadece atık artımıyla değil, su ortamının birçok fiziksel ve biyolojik karakteristiği ile de ilgilidir. Örneğin karışan bir su kütlesi,

yani tabakalaşma olmayan bir göl, her türlü etkiye açıktır ve dolayısıyla gölün ekolojik kararlılığı artabilir veya azalabilir. Kanşım ekolojik beşlan bozar, kimyasal aktivite derecelenmesini azaltır ve besin zincirini kusaltır; dolayısıyla göl birim biyomas için artan enerji akımı ile daha dinamik olur. Bu da daha yüksek üretkenlik ve solunuma neden olur. Öte yandan kanşım, fotosentez ve solunum aktivitelerini birbirlerine yakın hale getirerek daha iyi bir denge sağlar. Dolayısıyla net üretkenliğini azaltabilir. Bunun ötesinde, besin maddelerinin etkili bağı kalma süresi azalır ve böylece göldeki toplam depolanmış besin miktarı düşer. Besinlerin kalma süresini yarıyarıya azaltmak suretiyle, depolanmış fosfor yarıyarıya azalır ve bu durum, göle gelen besinin %50 azalmasına eşdeğendir (Uslu ve Türkman 1967).

### c) Algisit ve herbisitler

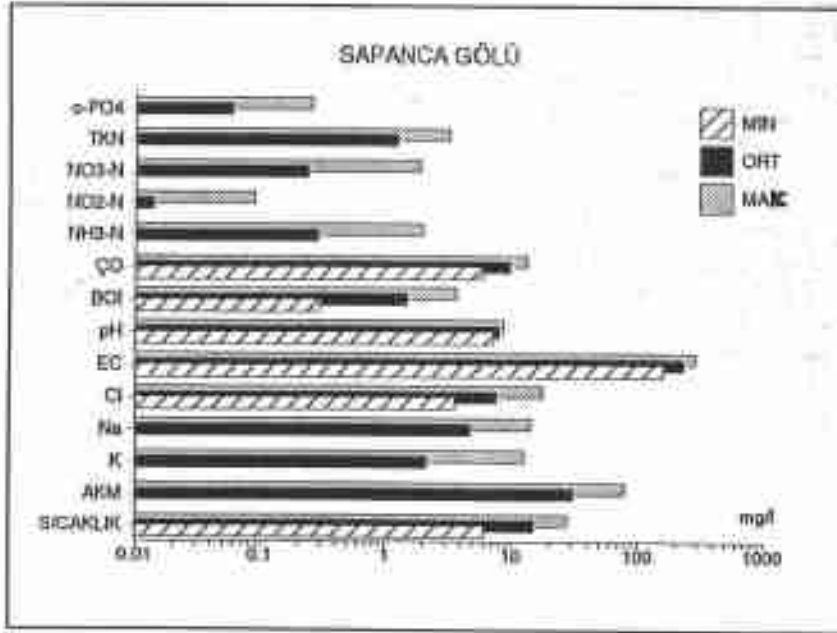
Algisit ve herbisitler, bazı durumlarda alg ve makrofitlerin geçici olarak aşırı büyümelerini engelleyebilirler. Bu tür kimyasal maddeler, kısa dönemlerde bazı olumsuz kirlenme durumlarını azaltmalarına rağmen, sucul ekosistemin çeşitlilik ve kararlılığını düşürdüklerinden, uzun vadede zararlı olurlar.

## 5.3. Bazı Göllerimizin Kirlilik Durumları

### 5.3.1. Marmara Bölgesi'ndeki Göller

#### Sapanca Gölü

Sapanca Gölü halen Adapazarı ve civar yerleşimlerinin içmesuyu kaynağıdır. Kaynak, aynı zamanda, İzmit'in bazı büyük endüstri kuruluşlarına (PETKİM-TÜPRAŞ, SEKA) su sağlamanın yanı sıra; sulama, su ürünleri üretimi, dinlenme ve su sporları amaçları için de kullanılmaktadır. Gelecekte İstanbul Metropolü içinde içmesuyu kaynağı olma potansiyeli vardır. Göl çevresindeki yerleşim birimlerinin göle dökülen derelere verilen evsel atıksular ile göl kıyısında bulunan otel, motel, gazino ve lokantalar, kamplar ve benzin istasyonları da gölü kirlenmektedir. Sapanca Gölü havzasında tarımsal faaliyetler önemli boyutlara ulaştığından, bunun sonucu meydana gelebilecek kirlenmeler de önem kazanmaktadır. Kullanılan pestisidler ve yapay gübrelerin bir kısmı yağmur ve sel suları ile göle ulaşabilmektedir (OSİ 1984; Anonim 1998b).



Şekil 5.2. Sapanca Gölü'nde su kalite parametrelerinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri (Anonim 1998b).

### Manyas Gölü

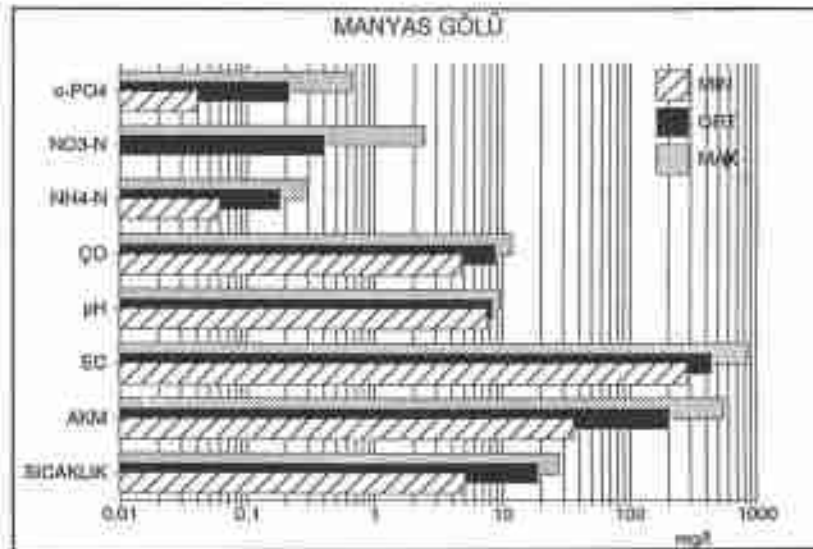
Manyas Gölü (Kuş Gölü), Marmara Denizi'nin güneyinde yer alan oldukça sığ bir tatlısu gölüdür. Yüzölçümü 162 km<sup>2</sup> 'dir. Göl, Avrupa Konseyi A sınıfı diplomasına sahip tek kuş cenneti milli parkımızdır. Burada 230 kadar kuş türü konaklamakta ve 44 kadarı kuluçkaya yatmaktadır. Doğal güzelliği ve bilimsel açıdan büyük öneme sahiptir. Gölde kerevit, sazın ve tuzla gibi su ürünleri bulunmaktadır. Gölü besleyen birkaç akarsudan en önemlisi Kocaçay'dır. Göl sularını boşaltan Karadere ise, Karacabey ovasını suladıktan sonra Simav Çayı'na ulaşarak Marmara Denizi'ne gider. Manyas Gölü ve çevresindeki sorunlar şöyle özetlenebilir :

- Doğrudan veya göle ulaşan derelere atılmadan deşarj edilen evsel ve endüstriyel atıksular gölde kirlenmeye sebep olmaktadır. Göl çevresinde 34 yerleşme alanı vardır. Göle atıksu deşarj eden çeşitli büyüklükteki sanayi kuruluşlarının sayısı 40'tır. Bunların başlıcaları Marmara Gıda Sanayii Un ve Yem Fabrikası, Yalçinkaya ve Yağ Sanayii, Altıncı Jet Üssü Bakım ve Tamir Atölyeleri, Sütluçe Çelik Fabrikası, Kaleflex PVC Fabrikası, Yermak Makine Sanayii'dir. Sanayi kuruluşlarından kaynaklanan atıksular çinko, kurşun, arsenik, antimon, bor gibi kirleniciler, boya atıkları ve peynir suyu içermektedir.
- Manyas Gölü çevresinde yoğun tarım faaliyetleri vardır. Tarım alanlarında bilinçsiz ve kontrolsüz bir biçimde kullanılan klorlu fosforlu ve karbonatlı pestisitlere gübrelerin yağışlar ve yüzeyel akışlar ve erozyonla taşınması sonucunda, gölde olumsuz değişimler görülmektedir. Tarım alanlarında



- kullanılan gübreler, ötrofik karakterde olan Manyas Gölü'nün azot-fosfor dengesini olumsuz yönde etkilemektedir.
- Göl 1972 yılında ortalama 8.0 m derinliğe sahip iken bugün en çok 2.0 m derinliğe ulaşabilmektedir. Göl havzasında erozyonun acilen önlenmesi gerekmektedir.
  - Kocadere üzerinde bir baraj ve gölün güneyindeki alanları su baskınından korumak amacıyla seddeler yapılması planlanmıştır. Bu yapıların tamamlanmasından sonra göl ekolojisinde geri dönüşmez değişimlerin ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır.
  - Göl çevresinde 1988 yılı sonundaki endüstri işletmesi sayısı 43 gibi ürkütücü bir değere ulaşmıştır. Ayrıca gölün güneyinde taşkınlarla korumak için yapılmakta olan seddenin bitmesiyle, gölün doğal çevresinin değişeceği ve belki de tümüyle elden çıkabileceği gözden uzak tutulmamalıdır (Anonim 1998b).

Kuş Gölü için en önemli sorunlardan biri deterjan kirliliğidir. Türkiye koşullarında fazla bir araştırma yapılmadan hızla yürürlüğe sokulan LAB uygulamasının, kolay parçalanmaya karşı, su carili alan üzerindeki etkileri incelenmelidir. Manyas Gölü'ndeki su ürünleri üretimi düşüşünde bu gelişmenin etkisinin araştırılmaya değer olduğuna kuşku yoktur.

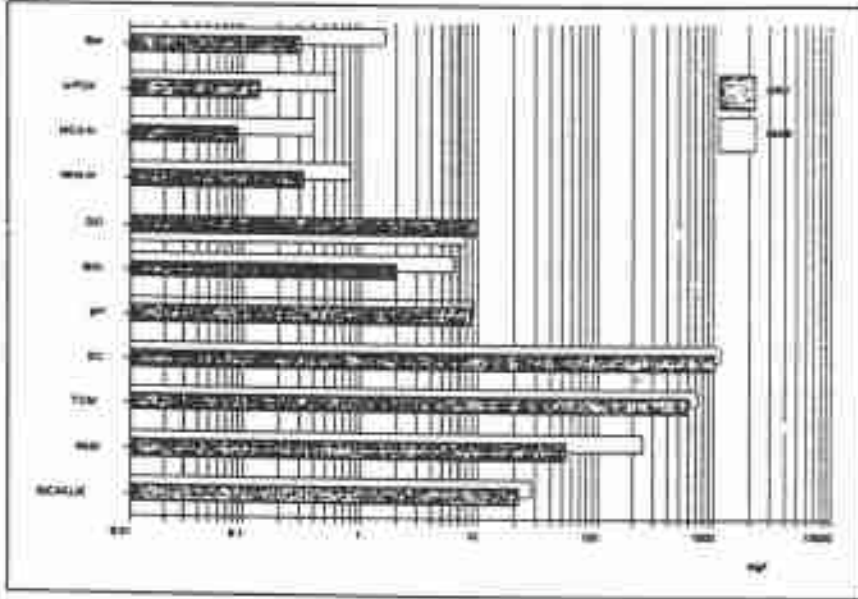


Şekil 5.3. Manyas Gölünde su kalite parametrelerinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri (Anonim 1998b).

#### - İznik Gölü

İznik Gölü 32 km eninde olup, 83 km'lik bir kıyı uzunluğuna ve 310 km<sup>2</sup>'lik bir yüzey alanına sahiptir. Doğusunda yoğun tarımsal yapılan İznik,

batısında yoğun sanayisi olan Orhangazi vardır. Göle atıksu boşaltılması yasak olmasına karşın, Orhangazi Sanayi Sitesi'ndeki 12 sanayi kuruluşu atıksu arıtım tesisleri olmadığından atıksularını bu kanal vasıtası ile İznik Gölü'ne deşarj etmektedir. İznik Gölü'ne karşan kirilik kaynaklarından bir diğeri de İznik İlçesi'nin mezbahe atıklarıdır (Torunoğlu 1986, Yenigün v.d. 1987; Anonim 1988).



Şekil 5.4. İznik Gölü'nde su kalite parametrelerinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri (Anonim 1988b).

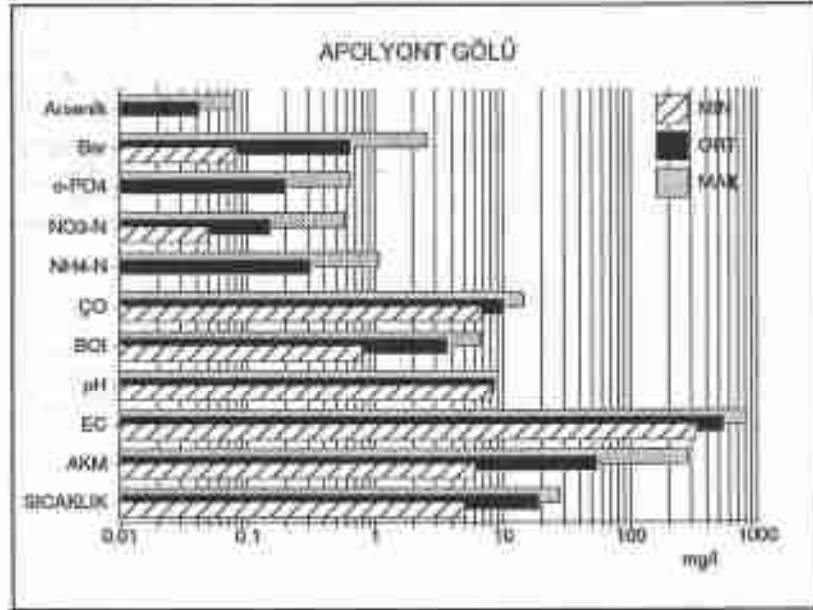
#### - (Ulubat ) Apolyont Gölü

Apolyont Gölü'nün yüzölçümü 160 km<sup>2</sup>, ortalama hacmi 300 milyon m<sup>3</sup>, ortalama derinliği 1.90 m, toplam drenaj alanı 10413 km<sup>2</sup>'dir. Apolyont Gölü M.Kemalpaşa Çayı ve kolları ile beslenmekte, gölden çıkan sular ise Karacabey'in kuzeyinde Simav ve Manyas Gölü çıkışı olan Karadere ile birleşerek Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Göl suları, M.Kemalpaşa Çayı'ndan temin edilen sularla birlikte yaklaşık 28800 ha alanın sulanmasında kullanılmaktadır. Gölün diğeri bir özelliği de kereviti ile meşhur olmasıdır. Türkiye'nin kerevit üretiminin yaklaşık %30'u Apolyont Gölü'nden sağlanmaktadır. Ayrıca Apolyont Gölü'nün gelecekte Bursa'nın içme ve kullanma suyu gereksinimini karşılaması planlanmıştır (DSİ 1984; Anonim 1988b).

- Göl ötrofik karakterdedir. Ötrofikasyonu hızlandıran parametrelerden fosforun göl için azottan daha fazla tehlike teşkil ettiği anlaşılmıştır. Fosfat kaynakları çevre tarım arazilerinde kullanılan ve yağmur suları ile göle karşan

gübreler, yine aynı yöle gelen hayvan atıkları mve evsel atıksularla gelen deterjanlardır. Göldeki fosfor dengesinin titizlikle izlenmesi gereklidir,

- M.Kemalpaşa Çayı sulamının getirdiği sedimenter gölde derinlik azalmasına sebep olmaktadır. Son yıllarda drenaj havzasının çeşitli noktalarındaki kömür ve maden işletmelerinin yaptırdığı göletler ve arıtma sistemleri sayesinde, göl derinliğinin azalma hızında düşme görülmesi beklenmektedir.
- Gölde üretilen kerevit önemli bir ekonomik kaynaktır. Göl suyunun özellikle toksik metallerle kirlenmesi, kerevitlerin yok olmasına sebep olacaktır.
- Göl doğrudan içme suyu kaynağı olarak kullanılmayacak durumda değildir.  $BO_5$ ,  $NH_4^+$ , askıda katı madde, ortofosfat, demir ve arsenik itibarı ile göl suyu kirlidir.
- Gölün bugünkü ve gelecekte durumu ile içme suyu kaynağı olarak kullanılabilirliğinin detaylı araştırılması gerekmektedir (Anonim 1998b).



Şekil 5.5. Apolyont Gölünde su kalite parametrelerinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri (Anonim 1998b).

### 5.3.2. Göller Bölgesi

#### Akşehir Gölü

Konya ili sınırları içinde, Akşehir ve Sultandağı ilçeleri ile sınırlanmış, orta neojende meydana gelmiş tektonik karakterli bir göldür. Eber Gölü gibi büyük bir çöküntü havzasının bir bölümünde meydana gelmiştir. Dışa akıntısı

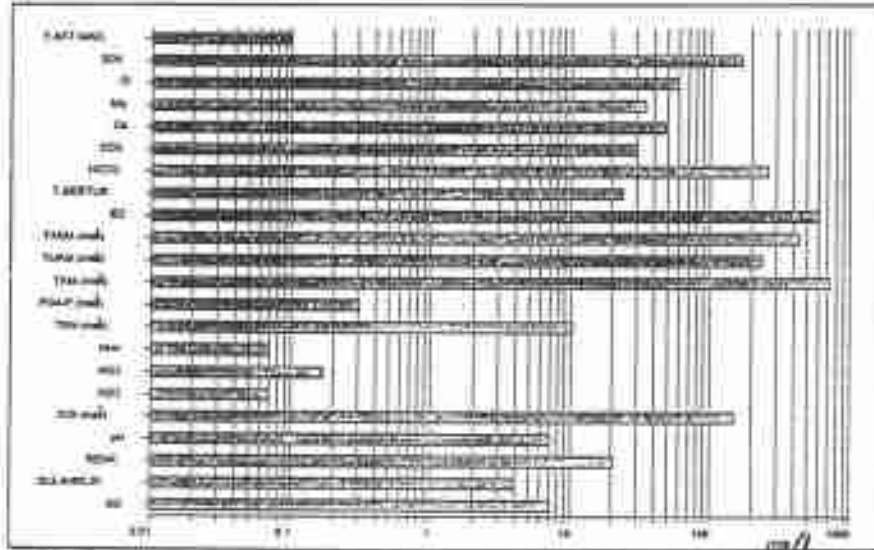


### Eber Gölü

Eber Gölü, Afyon-Akşehir arasında ve Sultan dağlarının önünde uzanan çok geniş döküntü alanının bir bölümünde yayvan bir çanak içinde meydana gelmiş tektonik menşeli bir göldür. Drenaj alanı 5000 km<sup>2</sup>'dir. Su yüzeyinin denizden ortalama yüksekliği 967 m'dir. Derinliği 1-3 m arasında değişir. Gölün içi tamamen sazlık ve kamışlarla kaplıdır.

Eber Gölü'nü kirleten başlıca kaynaklar, Afyon Kanalizasyonu, Şeker Fabrikası, Alkoloid Fabrikası ve Afyon'da bulunan diğer endüstrilerdir. Belirtilen kaynakların atıktan, Akarçay vasıtasıyla Eber Gölü'ne taşınmaktadır. En önemli kaynaklardan biri olarak gözüken Afyon Kanalizasyonu'nun projeleri tamamlanarak 1984 yılında inşaatına başlanmıştır.

Eber Gölü'nün halihazırda su ürünleri açısından yeterli kaliteye sahip olduğu görülmektedir. Eber Gölü'ne atıksız deşarj eden şeker ve alkoloid fabrikaların atıksız çıkışları ile Akarçay ağzındaki kesimlerde su kalitesinin çok daha kötü olduğu sonucuna varılabilmektedir. Kirletici kaynakların bugünkü hızla atık vermeye devam etmeleri durumunda, balıkçılık açısından sınırdaki bulunan gölde ileride su kalitesi açısından problemlerin ortaya çıkması mümkündür (Anonim 1998b).



Şekil 5.7. Eber Gölü'nde kalite parametrelerinin tipik değerleri (sıcaldık [°C], elektriksel iletkenlik [µmho / cm], bulanıklık [JTU], sertlik [°FS], renk ve pH dışındaki parametreler, mg/l cinsindedir) (Anonim 1998b).

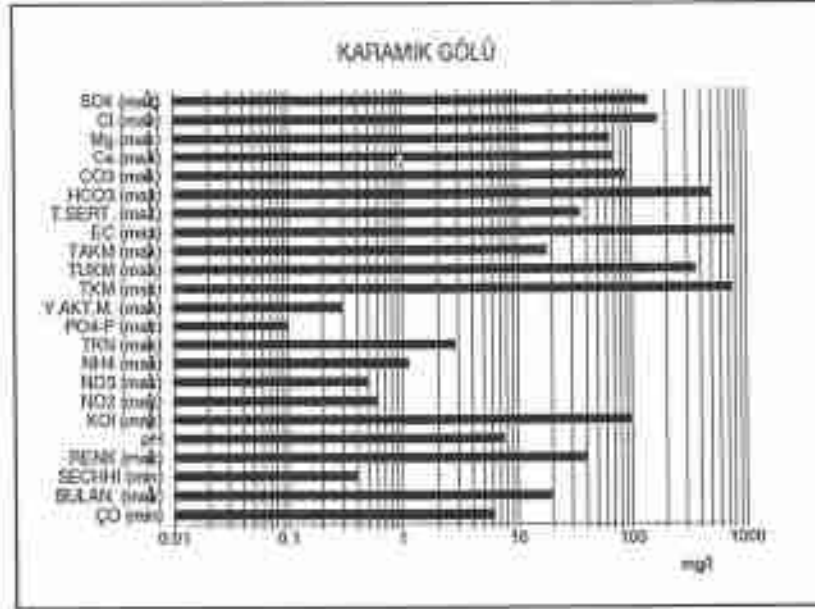
### Karamık Gölü

Afyon ili sınırları içinde, Çay ilçesi'nin 20 km güney batısında, kuzeybatı-güneybatı doğrultusunda uzanan ovada yer almıştır. Meydana gelmesi açısından Eber Gölü ile benzer özellikler gösterir. Bataklık karakterinde, sazlık, kamışlık, sığ bir göldür. Mevsimsel olarak değişken olan

yüzdölçümü ortalama 30 km<sup>2</sup> kadardır. Drenaj alanı 342 km<sup>2</sup> olan kapalı havza gölüdür. Karamık Gölü'nü besleyen belli başlı bir tatlı su kaynağı yoktur. Gölün girdileri, çevredeki kaynak suları ve yağmur sulandır. Çay SEKA Kağıt Fabrikasının atıksularının göle verilmesi sonucunda Karamık Gölü kirliliğinin bu düden vasıtasıyla Hoyran Gölü'ne intikal ettiği düşünülmektedir. Ancak Karamık Gölü'nden ve Hoyran irtibatı olduğu tahmin edilen noktalardan alınan örneklerde yapılan analiz sonuçları, bu iki gölün irtibatlı olduğunu doğrulamamıştır (Merter, 1988). Bu irtibatın olup olmadığının kesin olarak belirlenmesi için, geniş kapsamlı bir izleyici (radyoaktif veya boya) tecrübesi yapılması gerekir (Anonim 1998b).

- Karamık Gölü'nün ötrofik bir yapı göstermesine karşın, Merter (1988), tarafından yapılan analiz sonuçlarında gölün bu özelliğini belirtecek aşırı yüksek sonuçlara rastlanmamıştır. Ancak yaz aylarında gölde alg üremesi gözlenmiştir. Gölde renk ve koku bakımından kirlenme belirtileri izlenmektedir.

Gölün balıkçılık açısından ekonomik potansiyeli oldukça azdır. Yapılan kamış ve saz hasadı, SEKA kağıt fabrikasında ekonomik yönden değerlendirilmektedir. Gölün ötrofik yapıda olmasının, kamış ve saz üretimi açısından yarar vardır. SEKA Kağıt Fabrikası, 1.5 milyon m<sup>3</sup> atıksuyunu Karamık Gölü'ne boşaltılmaktadır. Atık suları göle deşarj edilmeden önce kısmi bir arıtmadan geçmektedir. Mevcut arıtma sisteminin bazı üniteleri (kimyasal arıtım ünitesi), işletme zorluğu ve masrafı sebebiyle devreden çıkarılmıştır. Atıksu ızgaralardan geçtikten sonra nötralize edilmekte ve lagünlerde bekletilerek göle deşarj edilmektedir. Gölde alınan örneklerde kirliliğin yüksek bulunmaması, arıtma sisteminin kısmen çalışmasına rağmen etkin olduğunu göstermektedir. Ayrıca gölün büyük bir bölümünün sazlıklarla kaplı olması, aşırı bitkilenmenin bulunması ve gölden saz hasadı yapılarak kirlilik girdilerinin meydana gelmiş bitki kütlelerine dönüşmüş şekliyle tekrar uzaklaştırılması, göldeki organik madde, azot, fosfor ve süspansen maddenin gideriminde oldukça etkin olmaktadır (Anonim 1998b).



**Şekil 5.8.** Karamik Gölü'nde su kalitesi parametrelerinin tipik değerleri (sıcaklık [°C], elektriksel iletkenlik [ $\mu$ mho / cm], bulanıklık [JTU], Secchi disk derinliği [m], sertlik [°FS], renk ve pH dışındaki tüm parametreler mg/l cinsinden verilmiştir) (Anonim 1995b).

### Beyşehir Gölü

#### Jeomorfolojik özellikleri

Beyşehir Gölü Türkiye'deki en büyük doğal tatlı su gölüdür. Orjin olarak tektoniktir ve Ankara'nın 400 km güneyinde Toros Dağlarının doğusunda yer almaktadır. Batı sınırında dağ küteleri bulunan doğuya doğru uzanan geniş bir vadiyi işgal etmektedir. Dağlar kalkerlidir ve en yüksek noktası 3000 metredir. Su toplama alanı gölün kendisine kıyasla küçüktür. Göl yüzeyi su toplama alanının sadece %18'ine tekabül etmektedir.

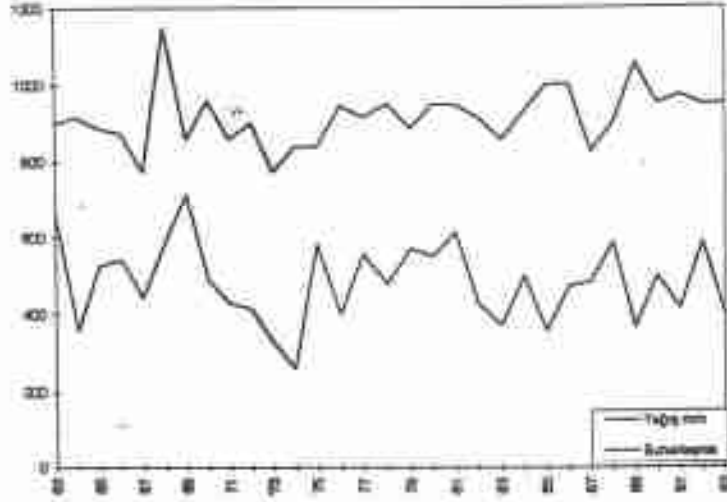
Gölün batı kıyısında manzara harikuladedir. Burada kayalar gölün üzerinde yükselmekte ve adalar iğne yapraklı ormanlarla kaplı bulunmaktadır. Bu doğal mirası korumak için gölün bütün batı kısmı milli park alanı olarak sınıflandırılmıştır.

Tektonik orijinli olduğundan, derinliği nadiren 9 metreyi geçebilmektedir. Bu yüzden göl suyunun hacmi, gölün su seviyesinde bir değişiklik olur olmaz büyük ölçüde değişebilmektedir. Doğu kıyısındaki hafif eğimden dolayı göl yüzeyinin yüksekliği 1120 m ve 1125 m arasında değişmektedir.



Şekil 5.9. Beyşehir gölüne su sağlayan kaynaklar (Anonim 1985b).





Şekil 5.10. Beyşehir Gölü'nde yıllık yağış ve buharlaşma (Anonim 1995 b).

Aylık rakamlar yüzey akışının bir sonucu olarak göl yüzeyine doğrudan düşen su ve buharlaşma ile kayıp miktarlarını tayin için kullanılmıştır.

#### Beyşehir Gölü'nün su bilançosu

##### Su kaynakları

Su toplama alanında Beyşehir Gölü'ne ulaşan düzenli akışlı sürekli akarsular bulunmamakta fakat,

- Sansu (su toplama alanı 1056,4 km<sup>2</sup>),
- Soğuksu (su toplama alanı 388 km<sup>2</sup>),
- Bademli,
- Büyük köprüçay,
- Şarkıkaraağaç,
- Kireli-Çavuşköy,
- Ozan,
- Eflatun pınarı,

gibi kaynaklar karlar eriyince mart'tan mayıs'a kadar ve yağmurlu aylarda aralık'tan şubat'a kadar büyük miktarlarda su üretmektedir .

### Su alımları

Beyşehir Gölü DSİ tarafından kontrol edilen ve alınan suyun kullanımına bağlı olan kendine özgü hidrolik şartların etkisi altındadır. Suyun çoğu sulama amaçlarıyla kullanılmaktadır.

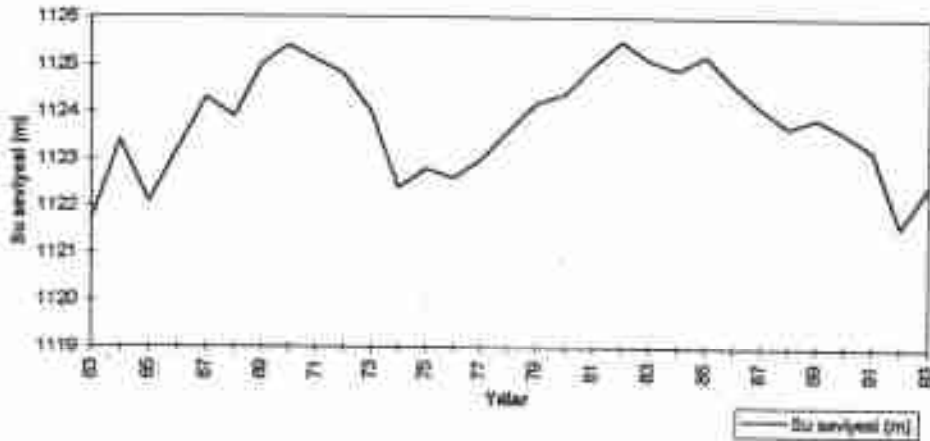
- Göl, ekim'den Mayıs'a kadar göl üzerindeki ve su toplama alanındaki yağışa göre giderek yükselmekte,
- Haziran'dan ekim'e kadar 120 gün kadar süren bir sulama mevsiminde göl su seviyesi tedricen alçakarak bir sonraki yılda bir öncekinin asla aynı olmayan bir asgari yükselişe inmektedir.

### Su seviyesindeki değişimler

Beyşehir Gölü su seviyesinde iklimsel şartlara ve su alımlarına bağlı olarak 0,80-1 m arasında değişen bir yıllık değişim görülmektedir (Şekil 5.11).

Son on yılda Göl seviyesi yıllık değişimlerin yanısıra hızla düşmüş 1981'de, 1125,80 metre olan göl su seviyesi 1994 yılında 1121 metreye inmiştir. Göl seviyesindeki düşüş su yüzeysel alanında %30'luk ve hacimde %56'lık bir azalmaya sebep olmuştur. Düşüş kısmen göl mansabındaki geniş tarım alanlarını sulamak için kullanılan büyük miktardaki su alımından kaynaklanmaktadır. Beyşehir'deki DSİ yetkililerine göre alınan toplam su hacminin yılda 400-500 milyon m<sup>3</sup> olduğunu, sulama gereksinimleri için yılda 200 milyon m<sup>3</sup> ve sulama şebekelerinde vaki olan büyük miktardaki kayıplar telafi etmek içinde 200-300 m<sup>3</sup> kullanılmaktadır.

Göl seviyesindeki yıllardır süren değişmez düşüş sonucu gölün güneyindeki alanlar tamamen kurduğundan artık tarımda kullanılmakta ve fitofli türler yunurtlama alanlarına ulaşmamaktadırlar.



Şekil 5.11. Beyşehir Gölü su seviyesindeki değişimler (Anonim 1995b).

### Beyşehir gölü su kalitesi

Beyşehir Gölü çevresinde herhangi bir endüstriyel kirlenici kaynak bulunmamaktadır. Ancak Azot Sanayii Genel Müdürlüğü tarafından kurulması düşünülen suni gübre fabrikası tasan halindedir. Ayrıca ilçenin güneyinde tesbit edilen kömür ocaklarının işletmeye açılması düşünülmektedir. Özellikle suni gübre fabrikasının kurulması halinde fabrika atık sularının göle intikali önlenmelidir (Merter ve ark. 1986; Anonim 1995).

Beyşehir kanalizasyonu hâlihazırda ilçenin bir bölümünde fosseptikler, bir bölümünde ise Belediye tarafından döşenmiş 100 mm'lik bir kanal vasıtasıyla toplanarak göl ayağındaki DSİ kanalına verilmekte sızma ve taşmalar hariç evsel atıklar göle ulaşmamaktadır. Beyşehir ilçesi kıyısından alınan örneklerde gölün diğer noktalarından alınan örneklere nazaran daha fazla kirlilik tesbit edilmemesi de bu durumu doğrulamaktadır. 1981 yılında İller Bankası tarafından yaptırılan kanalizasyon projesinde, ilçenin proje hedef yılı olan 2008 yılındaki nüfusu 42.000 kişi olarak tahmin edilmiş olup, toplanan evsel atık suların arıtılarak Apa sulama kanalına verilmesi öngörülmüştür. Bu durumda gölün evsel atıklarla kirlenmesi ihtimali mevcut değildir. Beyşehir Gölü sular herhangi bir arıtma işlemine uğramadan (sadece kirlenerek) ilçeye içme ve kullanma suyu olarak verilmektedir. Ayrıca göl sularının büyük bir kısmı civardaki tarım arazilerinin sulanmasında kullanılmaktadır. Göldeki kirlilik durumunun belirlenmesi sırasında gölün içme suyu kaynağı olarak kullanım amacı dikkate alınmıştır (Merter ve ark. 1986).

Çizelge 5.2. Beyşehir Gölü'ne ait bazı su kalite parametrelerinin ortalama değerleri (Merter ve ark. 1986).

Parametre	Birim	Ortalama değer
Bulanıklık	JTU	0,5
pH		7,8
Çöz. Oksijen	mg/l	8,5
EC	$\mu\text{mho/cm}$	253,9
Toplam Sertlik	$^{\circ}\text{FS}$	18
Kalsiyum	mg/l	33
Mağnezilyum	mg/l	22,1
SBV	ml/100 ml	3,4
OrgMadde	mg/l O <sub>2</sub>	3,3
Klorür	mg/l	11,3
Sülfat	mg/l	105,4
NO <sub>2</sub>	mg/l	Yok
NO <sub>3</sub>	mg/l	Yok
NH <sub>3</sub>	mg/l	Yok
HCO <sub>3</sub>	mg/l	130,6
CO <sub>2</sub>	mg/l	16
Florik	mg/l Pt	2,5

Yukarıdaki değerler incelendiğinde göl suyunun oldukça temiz, içilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Organik madde 3,3, gibi düşük bir değer arz etmektedir. Klorür ve sülfatlar 11 ve 30 mg/l seviyesindedir. SBV 3,4 ml/100 ml bulunmuştur. Gölde kirlenmeden söz edilemez ve su ürünleri açısından da oldukça uygun bir görünüm arz etmektedir. Göl suyunda Eber ve Akşehir'de

olduğu gibi tuzluluk oranı yüksek değildir. Özellikle magnezyum ve sülfat düşük konsantrasyondadır. Bu verilere göre göl oligotrofik yapıda, içme suyu ve su ürünleri amaçlı kullanıma uygun özelliktedir. Gölün bu durumunun korunması için ileride meydana gelebilecek kirlenme ihtimallerine karşı önlem alınmalıdır (Merter ve ark. 1986).

Beyşehir Gölü'ndeki suyun kalitesi ile ilgili olarak;

- Devlet Su İşleri, 1967 ve 1978.
- TÜBİTAK, 1984.
- Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü 1987.
- Göller Bölgesi Projesi, Çevre Bakanlığı, 1991.
- Beyşehir Gölü ve çevresinin gelişmesi hakkında Beyşehir kaymakamlığının raporu, 1991.
- KOP sulama projesi etki değerlendirmesi, 1992 çalışmalarından özetlenen göl suyunun kalitesini gösteren veriler Çizelge 5.3'de verilmektedir.

Çizelge 5.3. Beyşehir Gölü suyunun kalitesi (Anonim, 1995b).

Parametreler	Ortalama	Minimum	Maksimum
Sıcaklık (°C)	12.2	-0.8	24
pH	7.8	7.1	8.3
20 °C'de iktisatlık Sıcm	308	200	515
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	7.6	5.2	109
Secchi Derin (m)	1.85	0.50	2.50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	0.01	0.001	0.08
Kütleli azotu (mg/l)	0.8	0.001	1.5
Ca (mg/l)	38.4	28.0	66.3
Mg (mg/l)	23.8	12	44

Gölün su kalitesi Çizelge 5.3 ve 1993 ve 1994 yıllarındaki gözlemlere göre aşağıdaki şekilde değerlendirilmektedir (Anonim 1995b).

- Su kalitesi herşeyi ile iyidir. Fakat, akuatik çevrenin birinci üretkenliği trofik girdideki bir artıştan dolayı son on yılda ilerlemiştir.
- Beyşehir Gölü oligotroftiktir. Son on yılda (DCO bazı yerlerde 10 mg/l'nin üzerinde olduğundan) muhtemelen mezotrofik eğilimi hızlanmıştır.
- Suların mineral içeriği (250 mg/l) yüksektir, fakat su toplama alanının kireçli tabiatı dikkate alındığında normal sayılır.

Gölün tedricen mezotrofik hale gelmesi henüz bilinmeyen bir kaynaktan gelen trofik girdide önemli bir artış olduğunun işaretidir.

Trofik girdi muhtemelen,

- Havzadaki insan etkinliğinden kaynaklanan dış girdi (kentsel atıklar, tarım ve sanayi) ile
- Halihazırda göl sedimentlerinde bulunan fosfor ve azotlu maddenin yeniden serbest kalmasından dolayı gölün kendisinden kaynaklanan iç girdiden kaynaklanabilir.

Bu kaynakların her ikisinin üzerinde de durulabilirse;

- Su toplama alanında trofik girdi artışına sebep olarak herhangi bir büyük gelişmenin olmaması,
- Göl sedimentlerinin kalsiyum ve magnezyumca zengin olmasının, besin elementlerinin depolanmasını ve çevre özellikleri değiştiğinde yeniden serbest

- birakılmalarını kolaylaştırması,
- Sudaki düşük azot ve fosfor derişimlerinin sedimentlerde mevcut besin elementlerinin hızlı metabolizmasına sebep olan yoğun su bitkisi büyümesinden dolayı olabilmesi,
  - Göl seviyesinin alçalmasının bu sedimentlerde depolanmış besin elementlerinin yeniden serbest kalmasını sağlaması, dikkate alındığında trofik girdinin iç etkilere bağlı olduğu anlaşılr.

Hidrolik şartlardaki değişikliğin su kalitesi üzerinde de doğrudan etkileri vardır. Gerçekten, suyun rengi havaya bağlı olarak giderek mayiden griye değişebilmektedir. Gri renk gölün tabanındaki miltten gelen asılı parçacıkların su ile karışmasından ileri gelmektedir. Gölün 5 m olan derinliği karışmayı kolaylaştırmakta ve tabakalaşmayı sınırlandırmaktadır.

Son olarak, ekosistemin yakın gelişmesi Beyşehir Gölü'nün mezotrofik seviyesini teyit etmektedir. Aşağıda izah edildiği gibi, bu göl çok sayıda farklı su bitki türleri ile birlikte çok yüksek bir birincil üretkenlik seviyesindedir. Halbuki, oligotrofik göller genellikle doğal üretkenlikçe fakirdir ve büyük bir biyolojik tür aralığını ihtiva eder.

#### **Gölün verimlilik parametreleri**

##### **Su bitkileri**

Gölde su bitkileri giderek arttığından gölün 2 metreden daha az derinliği olan her yerinde bütün derinlik boyunca yoğun halde bulunmaktadır. Bu bitkiler eğimin düşük olduğu gölün kuzey ve güney kısımlarında kolaylıkla görülebilir.

Çizelge 5.4. Gölde verimlilik parametreleri (Marler ve ark. 1988).

SU BİTKİLERİ	ZOOPLANKTONLAR	FİTOPLANKTONLAR
<i>Nympha alba</i>	MONOCYONOTA	CYANOPHYCEAE
<i>Nuphar lutea</i>	1- <i>Polyarthra</i>	1- <i>Microcystis</i>
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	2- <i>Trichocera</i>	2- <i>Gamphospartia</i>
<i>Potamogeton crispus</i>	3- <i>Keratella</i>	3- <i>Metschnikowia</i>
<i>Potamogeton pectinatus</i>	4- <i>Brachionus</i>	4- <i>Anaëana</i>
<i>Potamogeton lucens</i>	5- <i>Asplanchna</i>	5- <i>Golothrix</i>
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	COPEPODA	XANTHOPHYCEAE
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1- <i>Diaptomus</i>	1- <i>Stephanodiscus</i>
<i>Alisma gramineum</i>	2- <i>Cyclops</i>	2- <i>Bostrychopsis</i>
<i>Sagittaria rugifolia</i>	3- <i>Metanauplius</i>	DIATOMAEAE
<i>Chara Sp.</i>	CLADOCERA	1- <i>Stephanodiscus</i>
	1- <i>Daphnia</i>	2- <i>Navicula</i>
	2- <i>Daphnoscopia</i>	3- <i>Synedra</i>
		4- <i>Asterionella</i>
		5- <i>Gyrosigma</i>
		6- <i>Campylodiscus</i>
		7- <i>Pinnularia</i>
		8- <i>Cyclotella</i>
		9- <i>Cymbella</i>
		10- <i>Nitzschia</i>
		11- <i>Tabellaria</i>
		12- <i>Fragilaria</i>
		13- <i>Cymatopleura</i>
		14- <i>Rhizosolenia</i>
		15- <i>Diatomae</i>
		CHLOROPHYCEAE
		1- <i>Spirogyra</i>
		2- <i>Cladocium</i>
		3- <i>Pediastrum</i>
		FLAGELLATA
		1- <i>Dinobryon</i>
		2- <i>Caradum</i>
		3- <i>Peridinium</i>

Gölün bütün doğu kısmında, çevrenin yüksek üretkenliğini kanıtlayan 3 metreden daha uzun kamışlıklar (*Phragmites communis*) bulunmaktadır. Su seviyesindeki oynamalara bağlı olarak son birkaç yılda kamışlıklara kaplı alanın yüzölçümü de azalmıştır.

Yukarıdaki bitki türlerine ilave olarak sadece son on yıldır görünmekte olan filamentli algler de bulunmaktadır.

Bulgulara göre, su bitkilerindeki artışın,

- Göl tabanındaki mül içinde depolanmış çok büyük miktarlardaki besin elementlerinin suya karışmış olmasından dolayı suya göl seviyesindeki düşüşten kaynaklandığı sanılmaktadır.

Bentik fauna Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü tarafından ayrıntılı olarak araştırılmış ve sonuçlar aşağıdaki şekilde özelenmiştir.

- Chironomidae genellikle metrekaareye 200 bireyden az olmak üzere kışın yazın doğru artar ve yazın azalır;
- Oligochete'ler de genellikle çok küçük miktarlarda metrekaareye birkaç yüz ile birkaç bin bireylik bir yoğunlukta yazın ve sonbaharda en fazla bulunur.

- Çift çenellilerden: *Dressenia polymorpha*, *Anadonta* sp., *Psidium* sp., *Unio* sp.; türleri bulunur.
- Gastropodlardan, *Limnea stagnalis*, *Planorbis* sp., *Theodaxus* sp., *Chilopyrgula* sp., gibi birçok türü bulunmaktadır.

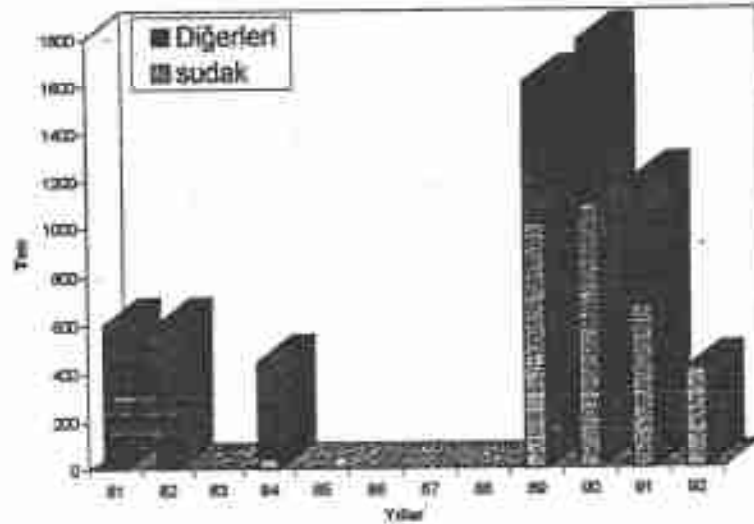
#### Balık popülasyonu

Beyşehir Gölü'nde *Stizostedion lucioperca*, *Cyprinus carpio*, *Condrostoma regium*, *Alburnus altilis*, *Leuciscus cephalus*, *Capoeta pestai* ve *Astacus leptodactylus*; balıklar avlanmaktadır.

Gölün ekolojik dengesine katkıda bulunan yerel ve endemik türler: *Acanthorutilus anatolicus*, *Abramis brama*, *Gobio gobio*, *Nemacheilus angorae*, *Sardinus regium*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Cobitis toenia* ve *Aphanius charitae* 'dir.

Sudak balığı 1978 yılında aşılmasından itibaren,

- Seksenlerin başlarında kerevit (*Astacus leptodactylus*) avı artarak 1983'te 107 tona ulaşmış fakat patojenik ajan *Aphanomyces astaci*'nin görünmesi ile şiddetli bir gerileme görülmüş,
- Sudak 1984'ten itibaren giderek artmış ve 1989'da hemen hemen 400 tona ulaşmış,
- Diğer türler giderek azalarak 1993'te toplam avın %20'sine (%19 sazan ve %1 diğer türler) kadar azalmış,
- Gölün 1993'te balık üretimi (çoğunluğu sudak) 500 tonun altına yani 10 kg/hektar'dan daha az verimlilikte düşmüştür.
- Özellikle Beyşehir Gölü'nde endemik bir tür olan *Alburnus altilis* giderek azalmıştır.



Şekil 5.12. Beyşehir Gölü'nde 1981-1992 arasındaki balık üretimi (Anonim 1995b).

### Göl su seviyesindeki düşmenin etkileri

DSİ tarafından yürütülen KOP sulama projeleri çerçevesinde, başlangıç noktası ekim 1994'den itibaren planlanmış su seviyesi düşmesi 4 metredir. Buna göre, göldeki minimum su seviyesi, 1117,5 metre olacaktır.

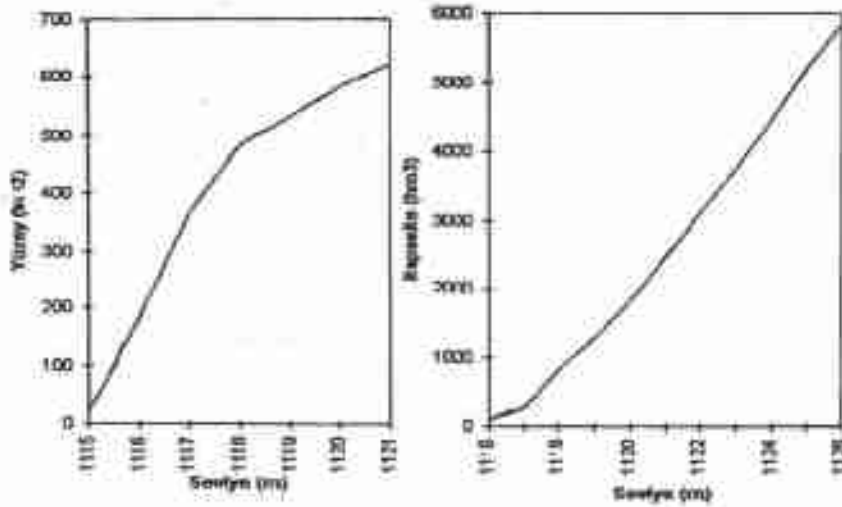
Eğer göl su seviyesi düşmeye devam ederse, gerek doğal çevre ve gerekse bölgenin ekonomik kalkınması üzerindeki etkiler çok ciddi olabilecektir.

### Su ortamı üzerindeki etkileri

Çoğu doğal göller için, su seviyesindeki farklılık ve daha özel olarak alçalmasının fiziksel çevre ve bütün besin zinciri üzerinde çok olumsuz etkileri olmuştur. Beyşehir Gölü'nde bu etkilerin çoğu şu anda gözlenebilmektedir.

### Fiziksel çevre

Göl su seviyesinin alçalması gölün yüzölçümü ve hacminde açıkça bir azalmaya yol açmaktadır. ekim 1994'teki durum aşağıdaki grafikte görülmektedir.



Şekil 5.13. Yükseklik/hacim ve yükseklik/yüzey alanı eğrileri (Anonim 1995b).

Gölün batimetrisi (çok hafif eğimli kıyıları ve düz tabanı) ile gölün yüzölçümü ve hacmi önemli ölçüde azalmış ve ekim 1994 de,

- Yüzey alanı maksimum yüzey alanının %86'sı,
- Hacim maksimum hacmin sadece %49'u kadar olmuştur.



Su kalitesi görüldüğü kadarıyla göl su seviyesindeki düşmeden etkilenmekte ve

- Dalgalar ve rüzgar etkisiyle tabandan kalkmış askıdaki miltiden dolayı su da bulanıklık,
- Suyun azot ve fosfor içeriklerinde artma eğilimi göstermektedir.

Suyun bulanıklığı özellikle kuvvetli rüzgar olduğunda belirgin olarak artmaktadır. Birkaç yıl önce berrak ve mavimsi Beyşehir Gölü bugün derinliğin azlığından rüzgarlar dalga yaptığı anda dipte biriken milti kolayca karıştırmasından su bulanmaktadır.

### **Fitoplankton**

Çıplak kalan kıyılardaki erozyon ve göl tabanından miltin süspansiyona taşınması dolayısıyla artan bulanıklığa bağlı olarak fotosentezde az çok bir azalma vardır. Bu bulanıklık iklim şartları ile ilgili olduğundan, ardarda gelen bulanık su ve berrak su periyotları ve fitoplankton patlamaları olabilir.

### **Zooplankton**

Etki pek belli değildir, fakat çok sayıda araştırmada su seviyesinin düştüğü, özellikle su seviyesindeki farklılık fazla ise, göllerde mevcut türlerin çeşitliliğinde bir azalma olduğunu göstermektedir.

### **Su bitkileri**

- Güneş ışınlarının göl dibine nüfuz etmesine imkan veren bir derinlik azalması,
- Akvatik makrofitlerin büyümesine yol açan göl suyunda mevcut besin elementlerindeki bir artış.

gölün içinde ve kıyılardaki su bitkileri iki zıt yönde gelişme göstermiştir.

Kıyılarda, bütün kuzey ve doğu kıyıları kaplayan kamışlıklar, suyun 1,50 metreden daha az olduğu göl yüzeyinden yüzlerce hektar kuruyup gittiğinden önemli ölçüde daralmıştır.

Tabanda çok miktarda miltin bulunduğu ve suyun daha bulanık olduğu gölün doğu kısmı birkaç akvatik vejetasyon kolonisi ihtiva ediyor gibi görünen tek kısmıdır. Eğer su seviyesi 1120'nin altında düşmesini sürdürürse, şimdiki gelişme şiddetlenecek ve su bitkileri gelişerek bütün gölü kaplayacaktır.

### **Bentik fauna**

Birçok balık türünün esas gıdası olan bentik fauna kalitatif ve kantitatif olarak su seviyesinin alçalmasına ve su seviyesindeki değişmelere bağlı olarak değişme gösterir.

Bentik fauna üzerindeki daha yeni gözlemler ve ayrıntılar gölde cereyan eden gelişmeyi ve onun içinde yaşayan türleri anlamaya yardımcı olacaktır.

### Balık popülasyonu

Balık popülasyonu besin zincirindeki en son halka olduğunda besin zincirini oluşturan grupları doğrudan ve dolaylı etkilerine maruzdur.

- Balıkçılık istatistiklerine göre, Beyşehir Gölü'nde balık popülasyonunun gelişimi aynı Eğirdir Gölü'ndeki gibidir. Sudak balığının çoğalması sazın gibi fitofil türlerin gelişimini (yok olma derecesinde) engellemektedir.
- Göl muhtevasının hacmindeki önemli azalma avlanmayı daha kolaylaştırmış ve göldeki stoğun aşırı kullanılmasına yol açmıştır.
- Akuatik ekosistem gelişiminde (su kalitesi, su bitkileri vs.) besin zincirini ve çeşitli balık türleri arasındaki dengeyi kesinlikle bozan ve bazıların bekası bakımından bir tehdit oluşturan bir hızlanma geçirmektedir.

Beyşehir Gölü'nde bu olaylar balık üretimini sınırlandırmaktadır.

Göl seviyesinin alçalması akuatik çevre üzerinde şimdiden büyük ölçüde önemli olumsuz etkilere sebep olmuştur. Eğer göl seviyesinde düşme devam ederse, bu etkiler daha kötü olacaktır.

Sudak balığının aşılması göldeki diğer balık tiplerinin ortadan kalkmasına sebep olmuştur. Bugüne kadar sudak, etçil beslenme alışkanlığından dolayı, diğer balık türlerinin gelişimini sınırlandırmaya devam etmektedir. Kendi sayısı kısmen kendisi tarafından kontrol edilmekte, küçük balıklar büyükleri tarafından yenmektedir.

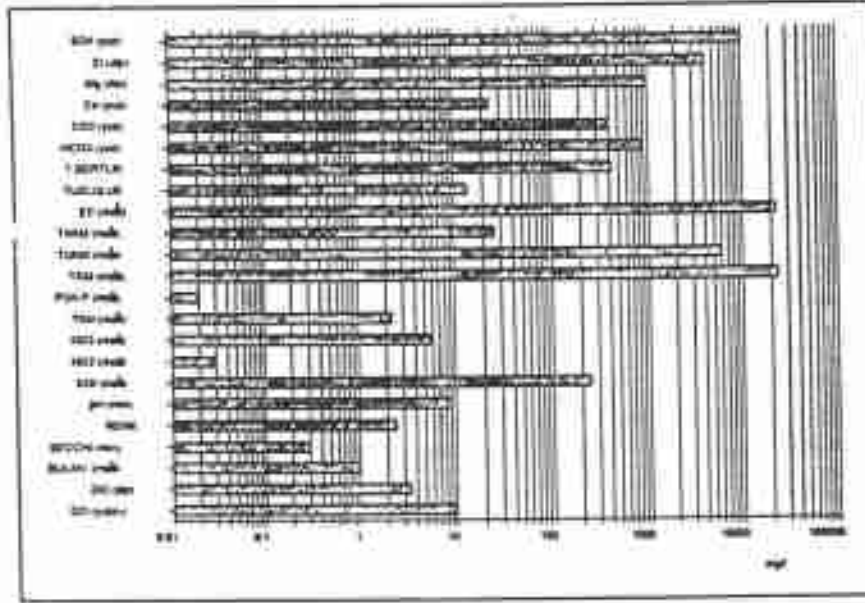
Bu durum sabit kalabilir veya hızlanabilir, ki bu durumda Beyşehir Gölü muazzam bir bataklık alana dönüşecektir. Göl suyu seviyesi akuatik ekosistemin gelişiminin arkasındaki esas faktördür. Eğer göl seviyesi düşmeye devam ederse, bütün akuatik ekosistemde sonuçlar fazlayısıyla ciddi olacaktır.

### Burdur Gölü

Burdur Gölü, Göller Bölgesi'nin büyük su kütlelerinden biridir. Batı Toroslara batı kanadı arasında yer alır. Batıdan Söğüt dağlarının dik yamaçları ile çevrilidir. Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusu üzerinde uzunluğu 30 km, buna dik doğrultuda en büyük genişliği 9 km'dir. Denizden yüksekliği 870 m'dir. 194 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplar. Gölün toplam drenaj alanı 3225 km<sup>2</sup>'dir. En derin yeri, Yazı köyünün kuzeyinde 74 m olup, ortalama derinliği 45 m'dir. Gölün dışarıya akıntısı yoktur; göle giren önemli bir akarsu da bulunmaz. Gölün su girişlerini Bozçay, Ulupınar, Bayındır, Büğdüz, Kama, Çerçin, Keçiborlu dereeleri ve göle su altından katılan birkaç kaynak teşkil eder. Suyunun tuzluluğu, çevredeki yerleşim ve tarım alanları için önemli çevre sorunları yaratmaktadır. Özellikle yörede tarım alanlarının azlığı ve yeraltı sularının yetersiz oluşu, buna karşılık gölden faydalanma imkanının olmayışı sıkıntı yaratmaktadır. Gölün tuzluluk problemlerinin yanısıra, su seviyesinin değişimler göstermesi de sorunlar doğurmaktadır (Merter 1986; Kazancı N.ve Kazancı M. 1988; Anonim 1988b).

Burdur Gölü'nü kirlüten en önemli kaynaklar Burdur kanalizasyonu, Keçiborlu Kükürt Fabrikası, Şeker Fabrikası, Süt Fabrikası ve Askeri Tuğay atıklarıdır. Burdur Belediyesi, düzenli bir kanalizasyon sistemine sahip değildir. Kanalizasyon suları arıtılmaksızın göle boşaltılmaktadır. Şehrin nüfusu, 1980 sayımına göre 44.630'dur. Burdur Gölü yakınındaki Şeker fabrikası, Süt

Fabrikası ve Tugay atıkları Cıvıoz Deresi vasıtasıyla göle boşaltılmaktadır. Kükürt Fabrikası'nın, atıklarını tutmak için bir kül barajı mevcut ise de, bu barajdan sızan ve taşan sular Keçiborlu Deresi vasıtasıyla Burdur Gölü'ne ulaşmaktadır.



Şekil 5.14. Burdur Gölü'nde su kalitesi parametrelerinin tipik değerleri (sıcaklık [°C], elektriksel iletkenlik [ $\mu\text{mho/cm}$ ], bulanıklık [JTU], Secchi disk derinliği [m], sertlik [°FS], tuzluluk [ppt] renk ve pH dışındaki tüm parametreler mg/l cinsinden verilmiştir) (Anonim 1998b).

### Eğirdir Gölü

Eğirdir Gölü, batı ve doğu Toroslar arasında yer alan tektonik menşeli bir çöküntü gölüdür. Keltepe-Akçeçili boğazı tarafından ikiye ayrılmış olan gölün deniz seviyesinden yüksekliği 917m'dir. Kuzey güney doğrultusunda uzanan gölün uzunluğu 48 km olup en geniş yeri 16 km en dar yeri 2.8 km'dir. Boğaz şeklindeki en dar yerin güneyindeki kısma Eğirdir, kuzeyindeki kısma ise Hoyran denilmektedir. Gölün maksimum derinliği hakkında 16 m ile 20 m arasında değişen değerler bildirilmektedir. Göl alanı göl kotundaki değişime bağlı olarak 442 km<sup>2</sup> ile 481 km<sup>2</sup> 'lik bir alan ve 3492.5 milyon m<sup>3</sup> 'lük rezervuar hacmine sahip olup, drenaj alanı ise 3321 km<sup>2</sup> 'dir (Anonim 1995).

Eğirdir, Gölü'nün sürdürülebilir geliştirilmesinin, bu yeni yaklaşımın tümünü bünyesinde toplayan ve birbirleriyle ilişkisini; teknolojik, ekonomik ve çevresel parametrelerin uygunluğu esnasından hareketle bir bütün olarak değerlendirilen "Entegre Su Yönetimi" ile mümkün olabileceği hususu

kamuoyunda giderek yaygınlaşmaktadır. Eğirdir gölünün entegre su yönetimi şeması Şekilde verilmiştir.

#### **Jeomorfolojik özellikleri**

Eğirdir Gölü kökeninde tektoniktir. Ankara'nın 400 km güney batısında, dorukları 2500 m'yi geçen dağlık kalkerli tipde bir bölge bulunmaktadır.

Rölyefin şekli ve yönelimi gölün Jeomorfolojik özelliklerini doğrudan etkilemiştir. Göl kuzey-güney doğrultusunda uzanmakta ve yer aldığı çöküntü nisbeten farklı iki basenden oluşmaktadır.

- Daha büyük, daha derin ve hemen hemen dik kayalık kıyılık güney parçası,
- Doğu ve batısında üzerinde tarım yapılan alüvyial düzlüklerle sınırlanmış kuzey parçası,

Tektonik kökenli olması dolayısıyla çöl çok derin olmayıp sadece birkaç yerde derinliği 10 m'yi geçmektedir. Bu yüzden gölün ihtiva ettiği suyun hacmi, su seviyesinde bir değişme olur olmaz büyük ölçüde değişebilmektedir.

Tersine olarak, göl tabanının hemen hemen tamamı 910 m'nin altında kaldığında su yüzeyi çok az değişmektedir. Gölün tabanı ve kıyıları karstiktir. Bu durum yeraltı suyunun gelmesine ve göl tabanından sızmaya elverişlidir. Doğal olarak, bu olaylar çok iyi bilinmemektedir, fakat göldeki hidrolik şartlar üzerinde bunların belirleyici bir etkisi vardır. Bu yüzden, eğer birçok yıllar kuraklık olur veya gölden pek çok miktarda su alınırsa, bu gölün hidrolik dengesini bazan çok büyük tehlikeye sokabilir.

Bu göl üç amaç için kullanılmaktadır: Sulama ve içme suyu temini için, küçük ölçekli balıkçılık ve turizm (Anonim 1995b).

#### **İklim ve hidrolojik veriler**

##### **Göldeki yağış ve buharlaşma**

Eğirdir Gölü bölgesinde yıllık ortalama yağış nisbeten düşüktür ve kuzeydeki 400 mm'den güneydeki 900 mm'ye kadar değişmektedir. Ölçüm istasyonları üç su toplama alanında bulunmaktadır.

- Eğirdir regülatörü ve meteoroloji istasyonu (916 m)
- Gelendost (1100 m)
- Gencali (950 m)

Eğirdir'de mevcut ölçüm istasyonlarının ikisi de regülatör yakınında yer almakta ve aralarında sadece birkaç yüz metre mesafe bulunmaktadır. Bunlardan biri DSİ'ye diğeri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne aittir. Her iki istasyon da yirmi yıldan beri (1973-1993) veri sağlamaktadır (Anonim 1994c).

##### **Alınan su miktarları (Çıkuşlar)**

Türkiye'de doğal göllerdeki bütün büyük ölçekli su işlerini yapmak, yaptırmak ve işletmek Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'nün görevi olduğundan, Eğirdir Gölü de DSİ tarafından kontrol edilen ve alınan su kullanımına bağlı özel hidrolik şartlara tabidir. Alınan suyun çoğu sulama

amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla doğal gölün hidrolik şartları aşağıda verilen mevsimlik değişikliklere manz kalmaktadır.

- Göl ekim'den mayısa kadar dolmakta ve doğal gelen akışa (göl üzerine ve su toplama alanına düşen yağış) bağlı olarak tedricen yükselmektedir.
- Göl'den su alımı sulama mevsimine bağlı olarak haziran'dan ekim'e kadar devam etmekte bir yılınki ile bir sonrakinin aynı olmayı asgari yüksekliğine düşmektedir.

Eğirdir Gölü'nden alınan suyun miktarı,

- Su toplama alanında tesis edilen ve pompajla veya göle akan akarsular seddelerle kesilerek temin edilen su ile
- Gölün mansabındaki su toplama alanını beslemek için çıkışta bırakılan telafi suya bağlıdır.

Eğirdir Gölü su toplama alanındaki arazileri sulamak için DSİ tarafından kullanılan yıllık su ve regülatörden çıkış miktarları aşağıdaki Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 5.5. Sulamada kullanılan ve regülatörlerden çıkan göl suyu miktarları ( Anonim 1995b).

Yıllar	Alınan hacimler (milyon m <sup>3</sup> )
1973	463.38
1974	457.28
1975	272.82
1976	152.11
1977	130.60
1978	201.79
1980	190.82
1981	279.45
1982	285.00
1983	420.00
1984	274.20
1985	378.24
1986	266.83
1987	298.37
1988	292.23
1989	275.83
1990	250.06
1991	117.01
1992	147.73
1993	153.76

#### Su seviyesindeki değişimler

Eğirdir Gölü su seviyesi şartlara bağlı olarak yılda 0,50-1,00 m arasında değişiklik göstermektedir. Yıllan yıla görülen değişiklik bazen 3 metreyi geçmektedir. İklimsel devreler ile su toplama alan ve göl tabanının jeolojik karakteristikleri ile ilişkili olarak göl kabaca yedi yıllık patem izleyen doğal su seviye değişiklikleri göstermektedir.

Yağışlı yıllarda göl yükselme eğilimi göstermektedir. (1984'te azami yükseklik: 918,84 m), fakat bu yükselme göl tabanında artan sızmadan dolayı sınırlı olmaktadır.

Tersine olarak, kurak periyotlarda göl seviyesi düşmektedir. (1975'te asgari yükseklik : 915,42 m), fakat alçalma yeraltı suyundaki yükselmeden dolayı yavaşlamaktadır.

Şekil 5.10'da,

- Yetmişli yılların ilk yarılarında su seviyesindeki düşüşler şüphesiz beş yıl (1970-1974) süren kuraklığa bağlı olarak
- Seksenli yılların başlarında göl seviyesindeki olağandışı yüksek yağış dolayısıyla bir yükselme
- 1984'den beri hala devam ettiği görülen diğer bir düşme görülmektedir.



Şekil 5.15. 1970-1994 yılları arasında Eğirdir Gölü'nün su seviyesinde meydana gelen değişimler (Anonim 1995b).

Doğal etkenlerden ayrı olarak

- Gölün doğal çıkışı yetmişlerin başında mansapta iki elektrik santralını çalıştırmak amacıyla  $93 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik bir akış sağlayan Kovada Kanalı'na su temin edecek şekilde donatılması (Bu santraller artık çalışmamaktadır).
- Gölün çevresinde 1972-1986 arasında 30.000 hektar tarım arazisini (Geleli, Gençali, Isparta, vs) sulamak için altı pompa istasyonu inşa edilmesi, gölde su seviyesindeki değişimleri etkilemektedir.

Yetmişlerin ilk yıllarına ait çıkıştaki akış kayıtları, kısmen ikinci elektrik santralının devreye girmesine bağlı olarak, gölden Kovada Kanalı için aşağıdaki miktarlarda su alındığını göstermektedir:

- 1970 :1100 milyon m<sup>3</sup> (ortalama akım 38,5 m<sup>3</sup>/sn),
- 1971 :507 milyon m<sup>3</sup> (ortalama akım 16,1 m<sup>3</sup>/sn),
- 1972 :457 milyon m<sup>3</sup> (ortalama akım 14,5 m<sup>3</sup>/sn),
- 1973 :450 milyon m<sup>3</sup> (ortalama akım 14,3 m<sup>3</sup>/sn),
- 1974 :441 milyon m<sup>3</sup> (ortalama akım 14,0 m<sup>3</sup>/sn).

Kovada Kanalındaki akım 1975'ten beri önemli ölçüde azaltılmaktadır, fakat buna karşılık birçok pompaj istasyonu kurulmuştur.

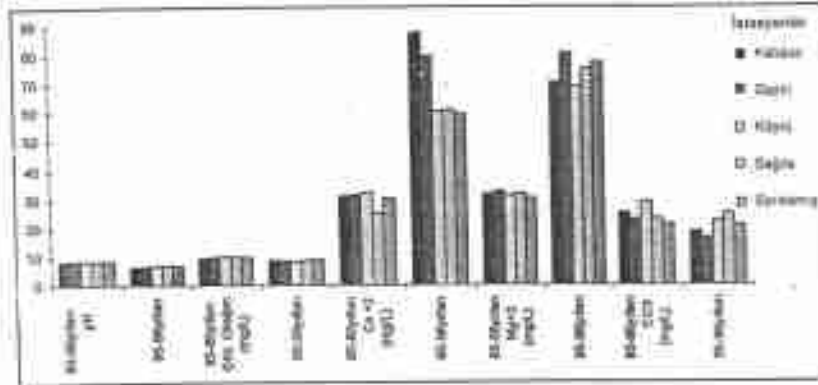
Mesela, 1989 yılında,

- Kovada Kanalında akış: 110 milyon m<sup>3</sup> (ortalama akış 4,3 m<sup>3</sup>/sn),
- Pompajla alım: 165 milyon m<sup>3</sup> (sulama mevsiminde, yani 120 gün, ortalama akış 22 m<sup>3</sup>/sn),

Böyle şartlarda göl seviyesi sabit kalamaz. Kullanılan su miktarları su seviyesinin alçalmasını arttırmakta ve yıllık ve yıllar arası değişimleri şiddetlendirmektedir.

#### Su kalitesi

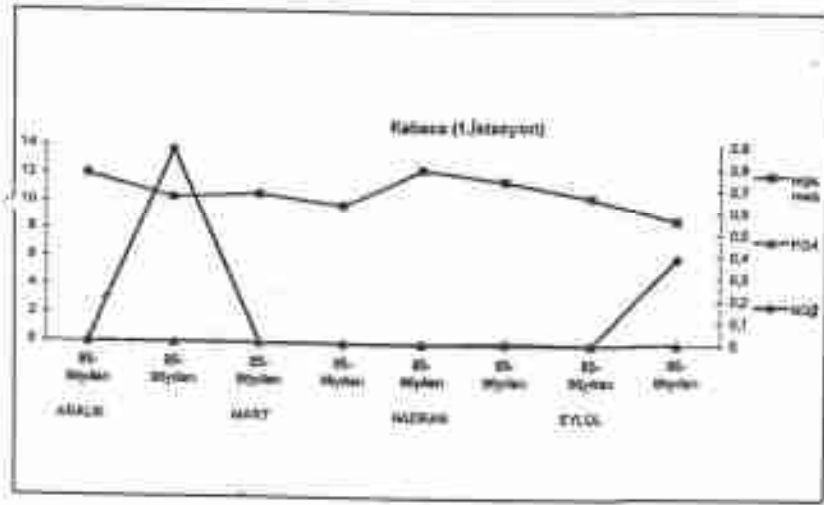
Eğirdir Gölü' ne ilişkin su kalitesi çalışmaları halen sürdürülmektedir. Göl suyunun 1988-1987 (Timur ve ark.1988) yılları ile 1995-1996 (Diler ve ark.1997) yılları arasında yapılan fiziksel ve kimyasal parametrelerine ilişkin analiz sonuçları karşılaştırıldığında birtakım parametrelerde değişim olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.16. 1985-86 ile 1995-96 yılları arasında Eğirdir Gölü suyuna ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin karşılaştırılması (Timur ve ark.1988; Diler ve ark.1997).

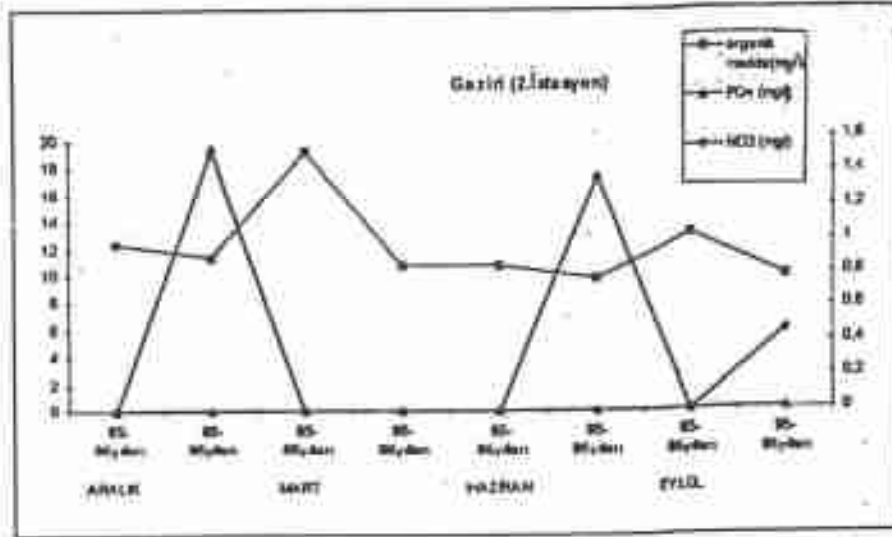
Yapılan araştırmaların sonucuna dayanarak 5 istasyonda da (Kabaca, Gazin, Köprü, Sağıla ve Sankamış)  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  'nin konsantrasyonlarında bir yükselme kaydedilmiştir. 1985-86 yıllarında yapılan çalışma sonucuna göre orta sertlikte kabul edilen gölde 1995-96 çalışmalarına göre sertliği artış göstermiştir.

Organik madde, fosfat ve nitrat konsantrasyonlarına ilişkin analizlerde 1985-86 yıllarında fosfat ve nitrat konsantrasyonları eser niktarlarda tayin edilirken gölün verimliliğine ilişkin bu adı geöen parametrelerin miktarlarında 1995-96 yıllarındaki çalışma sonuçlarından bir artış gösterdikleri belirtilebilmektedir.

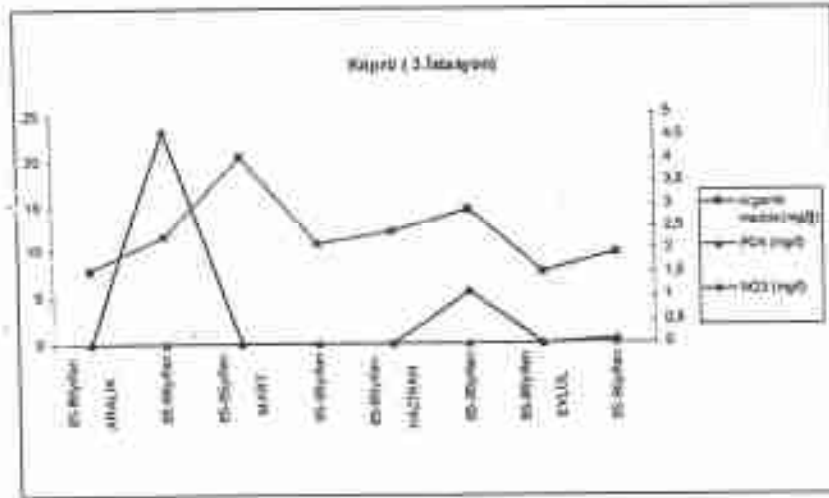


Şekil 5.17. Kabaca (1. İst.) İstasyonunda 1985-86 ve 1995-96 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri (Timur ve ark. 1988; Diler ve ark. 1997).

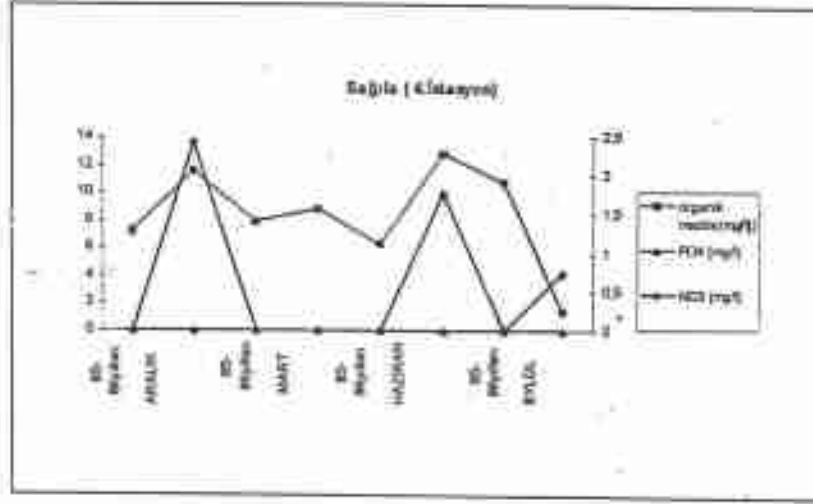




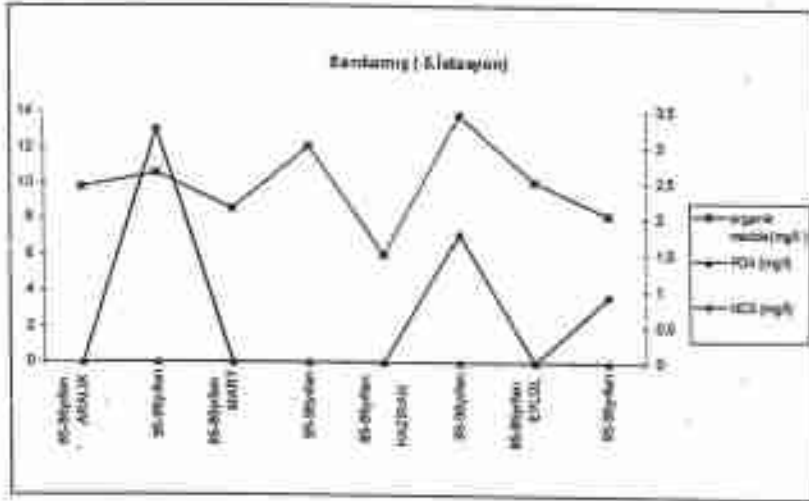
Şekil 5.18. Gaziri (2. İst.) İstasyonunda 1985-86 ve 1995-96 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri (Timur ve ark. 1988; Diler ve ark. 1997).



Şekil 5.19. Kopru (3. İst.) İstasyonunda 1985-86 ve 1995-96 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri (Timur ve ark. 1988; Diler ve ark. 1997).



Şekil 5.20. Sağila ( 4. İst.) İstasyonunda 1985-86 ve 1986-87 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri (Timur ve ark. 1988; Diler ve ark. 1997).



Şekil 5.21. Sarıcamış ( 5. İst.) İstasyonunda 1985-86 ve 1986-87 yılları organik madde, fosfat ve nitrat değerleri (Timur ve ark. 1988; Diler ve ark. 1997).

Son dört şekle göre, Kabaca ve Gazari bölgesinde 1985-86 yıllarından 1995-96 yıllarına göre organik madde miktarında düşme görülürken, Köprü, Sağıca ve Sankamış bölgelerinde suda organik madde miktarında artma tespit edilmiştir.

Göllerde çözünmüş ya da süspansiyon halinde bulunan fosfor miktarının az olması besin eksikliğine neden olduğu için sistemin produktivitesini düşürmektedir. Eğirdir Gölü ortalama 0.0424 mg/l'lik fosfat miktarı ile orta produktif su özelliği göstermektedir. Oligotrofik göllerde nitrat içeriğinin yaz aylarında çevresel şartların etkisi ile azalabileceği, yılın yağışlı dönemlerinde ise artabileceği bildirilmektedir. 1995-96 yılları arasında yürütülen çalışmada ortalama 1,498 nitrat değerinin önceki yıllarda yapılan çalışmalara göre daha yüksek miktarlarda olduğu tespit edilmiştir (Diler ve ark. 1997).

Yapılan çalışmaların sonucunda;

- Evsel atıkların doğrudan boşaltıldığı, Eğirdir İlçesi' ne yakın olan bölgeler hariç, su kalitesi genellikle iyidir.
- Nispeten düşük ortalama sıcaklığı (ort. 12.2°C , Min. 0.1°C, Mak. 25°C) ve su toplama alanından düşük trofik girdiden (azot ve fosfor) dolayı Eğirdir Gölü oligotroftir. (klorofil a < 2,4 mg /l ve çok berrak su)
- Su toplama alanının karakteristiklerine bağlı olarak su yüksek bir mineral içeriğine (ortalama yaklaşık 2000 mg/l) sahiptir. Kalsiyum karbonat ve magnezyum hakim minerallerdir (Anonim 1994 c).

Oligotrofik göller genellikle düşük doğal üretkenlik ve geniş bir biyolojik tür aralığı ile karakterize edilir. Ancak Eğirdir Gölü'nde doğal çevrenin dengesizliği bu yapıyı bozmuş ve çok sayıda türün kaybolmasına neden olmuştur.

**Çizelge 5.6.** Eğirdir Gölü su kalite parametrelerinin ortalama miktarları (Anonim 1995b).

Parametreler	Ortalama	Asgari	Azami
Sıcaklık °C	12.2	0.1	25
pH	8.5	7.05	9.7
20°C'de İletkenlik (µS/cm)	263	190	430
Çözünmüş O (mg/l)	8.6	7	12
Secchi diski (m)	1.85	0.50	4.50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	0.1	0.001	0.738
NH <sub>3</sub> (mg/l)	0.2	0.001	1.6
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0.4	0.001	3.079
Klorofil a (µg/l)	1	0.001	6.6
Ca (mg/l)	26	20	36
Mg (mg/l)	40	32	53

Bütün araştırma çalışmaları :

- Evsel atıkların doğrudan boşaltıldığı, Eğirdir'e yakın olan bölge hariç, su kalitesi genellikle iyi.
- Nispeten düşük ortalama sıcaklığı ve su toplama alanından gelen düşük trofik girdiden (azot ve fosfor) dolayı Eğirdir Gölü oligotrofik, (klorofil a < 2,4 mg/l ve çok şeffaf su)

- Su toplama alanının karakteristiklerine bağlı olarak su özellikle (ortalama yaklaşık olarak 200 mg/l) tir. Kalsiyum karbonat ve magnezyum minerallerince zengin olduğunda birleşmektedir.

Suda kalsiyum ve daha özel olarak magnezyumun bulunması ve fosforun göl suyunda ve gelen akışta sadece küçük miktarlarda bulunmuştur. Bitki yaşamının gelişiminde ve balık üretiminde sınırlayıcı bir etken olduğu sanılmaktadır. Oligotrofik göller genellikle düşük doğal üretkenlik ve geniş bir biyolojik tür aralığı ile karakterize edilir.

Kalsiyum ve magnezyuma dayalı mineral içeriği ve suyun şeffaf oluşu gün ışığının kırılması yardımıyla rengini de etkilemekte ve Eğirdir Gölü'nün koyu mavi renkil olmasını sağlanmaktadır.

### **Sucul vejetasyon**

Sucul çevre, hem fitoplankton ve hem de mikrofistik ve hidrofistik otlar bakımından çok düşük primer üretim kapasitesindedir. Dağlık arazilerdeki topraklar çoğunlukla vejetasyon az veya hiç olmadığından fakirdir ve dolayısıyla su toplama alanından hiçbir organik madde veya besin maddesi gelmemektedir.

Kıyıların tekrarlanan kuruma ve aşınmasına bağlı olarak hidrofistik ve helofistik bitki türlerinin çevrede koloni oluşturmaları önleendiğinden gölün kuzey kısmında daha önceleri bütün kıyıları kaplayan karışıklar bu yüzden önemli ölçüde gerilemiştir. Sadece algler batimetrik şartların bu otların gelişmesi için optimum olduğu birkaç metrelik bir şerit boyunca yazın gelişme gösterebilmektedir.

Bentik fauna, balık türlerinin büyük bir kısmının esas besin kaynaklarından biridir ve hem nitel hemde nicel olarak, su seviyesindeki düşme ve değişmelerin etkisi altındadır.

Balık popülasyonu, besin zincirinin son halkasıdır ve zincire ait diğer gruplar aracılığı ile hem doğrudan hemde dolaylı etkilere maruzdur. Eğirdir Gölü'nde su seviyesindeki düşüş,

- Üreme üzerindeki etkileri: suda yaşayan bitkilerin yok olması ve doğal yumurtlama yavru alanlarının bozulması fitofil türlerin gerilemesine ve sudak'ın çoğalmasına,
- Doğal besin mevcudiyeti üzerindeki etkiler : Fitoplankton, zooplankton ve daha özel olarak bentik faunanın nitel ve nicel olacak gerilemesi açıkca bu organizmalarla beslenen türlerden balıkların sayısında bir azalmaya sebep olmaktadır.

Gölün alçalması doğal akuatik çevre üzerinde şimdiden önemli ters etkilere sebep olmuştur ve işleminin sürmesi,

- Ekosistemde modifikasyonlar, biyolojik çeşitlilikte azalma ve besin zincirinin bütün seviyelerindeki türlerin yok olması şeklinde zarar şiddetlendirecektir.

### **Bentik fauna**

Bentik faunanın ayrıntılı etüdüleri de Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü tarafından yapılmıştır. Bu etüdülerden elde edilmiş bilgiler şöyledir:

- Chironomidae normal olarak metrekaeye 300 bireyin altındaki yoğunluklarda mevcuttur. En yüksek yoğunluk (azami yoğunluk metrekaeye 2000 birey civarındadır.) kasımda görülmektedir ki, bu da topluluğun yaz periyodunun sonunda dinamik olduğunu ve mevcut kaynaklardan mümkün olduğunca en iyi şekilde yararlandığını göstermektedir.
- Oligoşet'ler daha yüksek sayılarda mevcuttur ve bunların yoğunluğu metrekaeye birkaç yüzdenden birkaç yüzbin bireye kadar değişmektedir. Azami sayılar yaz ve sonbaharda görülmektedir.
- Çift çenetlilerin en az bir türü vardır : *Dressenia polymorpha*
- Gastropod yumuşakçaların iki türü mevcuttur. *Limnea* cinsleri ve *Planorbis* cinsi

Bunlar, su kalitesinin iyi ve gölün oligotrofik ve çevrenin elementlerince fakir olduğunu teyit etmektedir. Bentik faunanın yaz aylarında ve sonbaharda daha büyük gelişimi de gölde mevcut balıkların bu tip yiyeceği tüketmediğini göstermektedir.

#### Balık popülasyonu

Kerevit ve balık popülasyonu son yirmi yılda izahı hala güç, önemli, hatta fevkalade değişikliklere uğramıştır.

Göldeki fauna 1952 yılında Kossig ve Geldiay tarafından tarif edilmiştir. O zamanki türlerin listesi şöyledir: *Cyprinus carpio*, *Cobitis toenia*, *Schizothorax prophyllax*, *Varichorinus pestis*, *Vimba vimba*, *Acanthorutius handlirschi*, *Nemacheilus angorae*, *Tylognathus klattii*, *Aphanius chantrai* ve *Pararhodeus niger*.

1955 yılında, balık popülasyonunda daha iyi bir denge elde etmek ve değeri olmayan küçük türleri çok daha değerli sudak etine dönüştürmeye yönelik bir kararla göle sudak (*Stizostedion lucioperca*) eşilmiştir.

Yetmişli yılların ilk başlarında, sulamanın gelişmesi ve Kovada Kanalının açılmasına bağlı olarak göl seviyesi şiddetli bir düşmeye maruz kalmıştır. 1970 ve 1975 yılları arasında su seviyesinde hemen hemen 4 metrelik bir düşüş olmuştur.

Aynı zamanda gölde,

- Sudak popülasyonunun artması mevcut balık türlerinin sayısı farkedilir bir şekilde azalmış ve geriye *Cyprinus carpio*, *Varichorinus pestis*, *Vimba vimba* ve *Stizostedion lucioperca* olmak üzere, sadece dört tür kalmıştır.
- Bu dönemde (*Astacus leptodactylus*) popülasyonu patlama göstermiş (üretkenlik oranı 40 kg/hektar civarı) ve mahalli balıkçıların yıllık üretimi yaklaşık 2000 tona ulaşmıştır.

Kerevitin aslında muhtemelen gölde çok az miktarlarda bulunduğu ve düşmanları sudak tarafından yok edilinceye kadar tüketildiği ve popülasyonunu genişletemediği bildirilmektedir.

Kerevit popülasyonu 1985'ten bu yana bir patojen ajan *Aphanomyces astaci*, tarafından hemen hemen elimine edilmiş bulunmaktadır.

Bugün, sudak mahalli balıkçıların esas geçim kaynağıdır ve başlangıçta gölde mevcut türlerin çoğu kaybolup gitmiş ve sazın popülasyonu bile tehlike altına girmiştir.

Aşılmasını müteakip yıllara ve sonraki yıllara üretim rakamlarına bakıldığında gölden 1958-1969 yılları arasında %80 sazangil ve %20 sudak avlanırken 1976-1990 yılları arasında ise %74 sudak ve %26 sazın üretimi gerçekleştirilmiştir.

Etinin lezzetli oluşu ile büyük bir ekonomik önem taşıyan Avrupa ülkelerine ihraç edilebilen Sudak balığının en fazla avlandığı göl Eğirdir Gölü olmuştur. Ülkemizden ihraç edilen tatlısu balıkları arasında birinci sırada yer alan Sudak'ın 1980 yılında 450 ton avlandığı göz önüne alınırsa, Eğirdir Gölünün ülkemiz su ürünleri açısından öncelikli yıllarda önemi ortaya çıkar. Ancak 1990 yılında bu üretim 100 ton civarına düşmüştür.

Çizelge 5.7. Eğirdir Gölü'nden 1958-1992 yılları arasında elde edilen su ürünleri üretimi (Anonymous 1994)

Yıllar	Sazan	Sudak	Eğrez	Sıraz	Kerevit	TOPLAM
1958-61	500	0	25	150	0	675
1961-64	500	100	25	40	0	665
1964-67	550	220	8	3	0	779
1968-69	500	300	10	0	0	810
1976	100	315	12	0	1.712	2.139
1977	90	204	20	0	2.852	2.166
1980	120	450	15	0	2.174	2.759
1983	125	280	0	0	2.075	2.480
1988	20	278	0	0	12	310
1989	30	120	0	0	0	150
1992	9	24	0	0	0	33

Görüldüğü gibi Eğirdir Gölü 1977 yılında kerevit üretimindeki artıştan dolayı altın yılını yaşamış fakat 1977 yılından sonra üretim düşmeye başlamış ve 1985-1986 yılında kerevit popülasyonlarında görülen mantar hastalığı ve bunu takip eden ölümler sonucunda gölden elde edilen av miktarı 33 ton'a gerilemiştir.

Av miktarındaki düşüşleri sadece kerevitlerde görülen hastalığa bağlamak hatalı olur. Bilindiği gibi Eğirdir Gölü'nden sulama ve enerji üretimi amacıyla da yararlanılmaktadır. Başta Kovada regülatörü olmak üzere Bedre, Barta, Gençali, Taşevi, Gelendost ve Boğazova pompa istasyonlarından 1989 yılında 300 milyon m<sup>3</sup> su alınmıştır. Bu rakam gölün toplam su hacminin % 10'una eşittir (Anonim 1994b).

- Doğal üretkenliği, özellikle bentik fauna balık popülasyonu tarafından artık kullanılmadığından, göl ekosisteminde kritik bir dengesizlik olduğu,
- Önceleri 3.000 ton civarında olan balık üretiminin bugün 200 tonun altına düştüğü görülmektedir.

1980'li yılların başlarında 1450'si motorlu ve 150'si motorsuz olmak üzere 1600 tekne, 3700 balık ağı takımı, 480 paraketa takımı ve 80 adet işçile avcılık yapan toplam 1700 balıkçı bugün gölde balık üretiminin düşmesinden

dolayı toplam tekne sayısı 136'ya, balık ağı takımı 1300'e paraketa takımı 100'e ve işinp adeti de 10'a düşmüştür. Gölde 250 kişi geçimini balıkçılıktan sağlamaktadır (Anonymous 1994).

Gölden sulamaya ve enerjiye başta Kovada regülatörü olmak üzere, Bedre, Barfa, Gençali, taşevi, Gelendost ve Boğazova pompa istasyonlarından 1990 yılı DSİ rakamlarına göre 167 milyon metreküp su verilmiştir. Son yıllarda gölün su gelir ve gideri arasındaki denge bozulmuş ve göl seviyesi düşmüştür. Bunun neticesi gölün balıkçının besin olarak kullandıkları plankton verimliliğinde önceki yıllarda yapılan çalışmaların sonucuna göre yarı yarıya bir azalma meydana gelmiştir. Diğer taraftan göl seviyesindeki bu düşüş sonucu littoral bölge canlıları yok olmuş ve sazlan üreme sahaları daralmıştır.

Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsünün yaptığı çalışma sonucuna göre, 12 aylık avcılık sonucu elde edilen av miktarı, %61 sudak ve %39 sazan şeklinde tesbit edilmiştir. Bunun sonucu olarak da sudakların kondüsyonundaki önceki yıllara göre düşüş olduğu belirtilmiştir. Karnivor balıklarla omnivor balıkların birarada bulunduğu göllerde üretimde istikrar ve dengeyi sağlamak için et yiyen balık popülasyonunun diğerlerinden daha küçük olması gerekirken bu denge Eğirdir Gölünde bozulmuş ve giderek zayıflayan, fletto oranı düşük ihracat imkanı olmayan bir sudak popülasyonu ortaya çıkmıştır.

#### Kerevit popülasyonu

##### 1985 yılından (Hastalık çıkışı) önceki durum

Ülkemizde 1960'lı yıllardan sonra kerevit üretimi başlamış ve ihracat yolu ile ülkemize büyük ekonomik katkı sağlamıştır. İhracattan yılda 12.000.000 U.S Dolar döviz girdisi sağlanmıştır. Bütün su ürünleri ihracatı içerisindeki payı ise %35 civarında olmuştur.

Eğirdir gölünün ise 1980-1981 yıllarında, Türkiye'nin toplam kerevit ihracatı içerisindeki payı %40 civarında olmuştur (Atay 1992). Dünyanın en lezzetli ve aranılan kerevitlerinden *Astacus leptodactylus* türü gölümüzde bulunmaktadır. 1981 yılındaki kerevit üretimi 2600 tona ulaşmıştır, 1982-1984 yılları arasında Eğirdir Gölünde kullanılan kerevit sepeti sayısı 1.720.000 adettir. 1984 yılındaki üretim miktar 2010 ton, 1985 yılında ise 1145 tona düşmüştür.

Çizelge 5.8. Eğirdir Gölü'nde yıllar itibarıyla avlanan kerevit miktarları (Atay 1992).

Yıllar	Üretim miktarı (ton)
1976	1.712
1977	2.852
1978	2.116
1979	1.716
1980	2.174
1981	2.600
1982	1.400
1983	2.075
1984	2.010
1985	1.145
1986	12

### 1985 yılından sonraki durum

Ülkemizde ilk defa 1984 yılı sonlarında Çivril Gölü'ndeki Kerevitlerde hastalık görülmesinden sonra, 1985 yılında bu hastalık Eğirdir Gölü'nde yayılmış ve lekei kerevitlerin görüldüğü tesbit edilmiştir.

Bu hastalığın etkisiyle, yıllık üretim miktarlarında da çok ani düşüşler meydana gelmiştir.

1981 yılında 2600 ton olan üretim, 1985'de 1145 ton, 1986'da ise 12 tona kadar düşmüştür.

Kerevit avcılığı ve ihracatından çok büyük gelir sağlayan balıkçı ve kooperatifler, bu seneden sonra gelir kaybına uğramışlar ve dolayısıyla milli ekonomiye olan katkısı da yok denecek kadar azalmıştır. Eğirdir Gölü'nde üretim amacıyla yapılan avcılıklarda birim sepet başına düşen kerevit adedi yaklaşık 6-8 adet iken 1990 yılındaki araştırmalar 0,02 adet olarak tesbit edilmiştir.

Şu anda Eğirdir Gölü'ndeki kerevitlerde avcılık ve üretim yasaklanmış olup, çok nadir ve kaçak olarak avcılık yapıldığına dair haberler alınmaktadır.

### Göllerde bozulan stok yapısının düzenlenmesi

Son araştırmalara göre Eğirdir Gölü içinde avlanan balığın %61'ini sudak %39'unu sazanın teşkil ettiği bildirilmektedir.

Göldeki doğal üretimi artırmak ve sudak popülasyonunu %20'ye indirmek için;

- Sudak avcılığını serbest bırakmak
- Sazan avcılığında üreme periyodunda çok sıkı koruma tedbirleri almak,
- Şulama ile kaybolan sazın yumurtalama alanları yerine suni yumurtalama yuvaları yerleştirmek
- Göle her yıl sazın yavrusu takviyesi yapmak gereklidir.

### Göldeki su seviyesinin alçalmasına bağlı etkilerin değerlendirilmesi

Çoğu doğal göllerde, su seviyesindeki yükselip alçalmaların, özellikle seviye düştüğünde, bütün akuatik trofik zincir üzerinde çok olumsuz bir etkisi vardır. Eğirdir Gölü olayında, akuatik çevrenin sağlığından dolayı etki özellikle büyüktür. Besin zincirinin her seviyesinde biyosfer üzerinde çeşitli etkileri olabilir.

Gölün batimetrisi (dik kıyılar ve düz taban) şimdiye kadar suyun yüzey alanının oldukça az küçüldüğünü ifade etmektedir. Bununla birlikte, gölün muhtevasının hacmi önemli ölçüde azalmıştır, çünkü şimdiki hacim, azami hacmin ancak %66'sıdır.

Yükselik/yüzey alanı eğrisine göre, su seviyesi 913 metrenin altına düştüğünde yüzey alanındaki azalma gözle görülür olacaktır. Eğer son birkaç yılda olduğu gibi, su seviyesi yılda 1 m civarında düşmesini sürdürürse, bu durumun 1996 yılında vuku bulması muhtemeldir.



Kıyıların aşınması sonucu artan bulanıklığa bağlı olarak fotosentez faaliyetinde az çok bir azalma vardır.

Çok sayıdaki araştırma zooplankton seviyesinin düştüğü göllerde özellikle eğer bunun yanında su seviyesinde büyük bir farklılık da görülüyorsa, tür çeşitliliğinin azaldığını göstermektedir.

### **Gölün gelecekteki evrimi**

Gölün yakın tarihteki evrimine iki faktör hakim olmuştur. Bunlar:

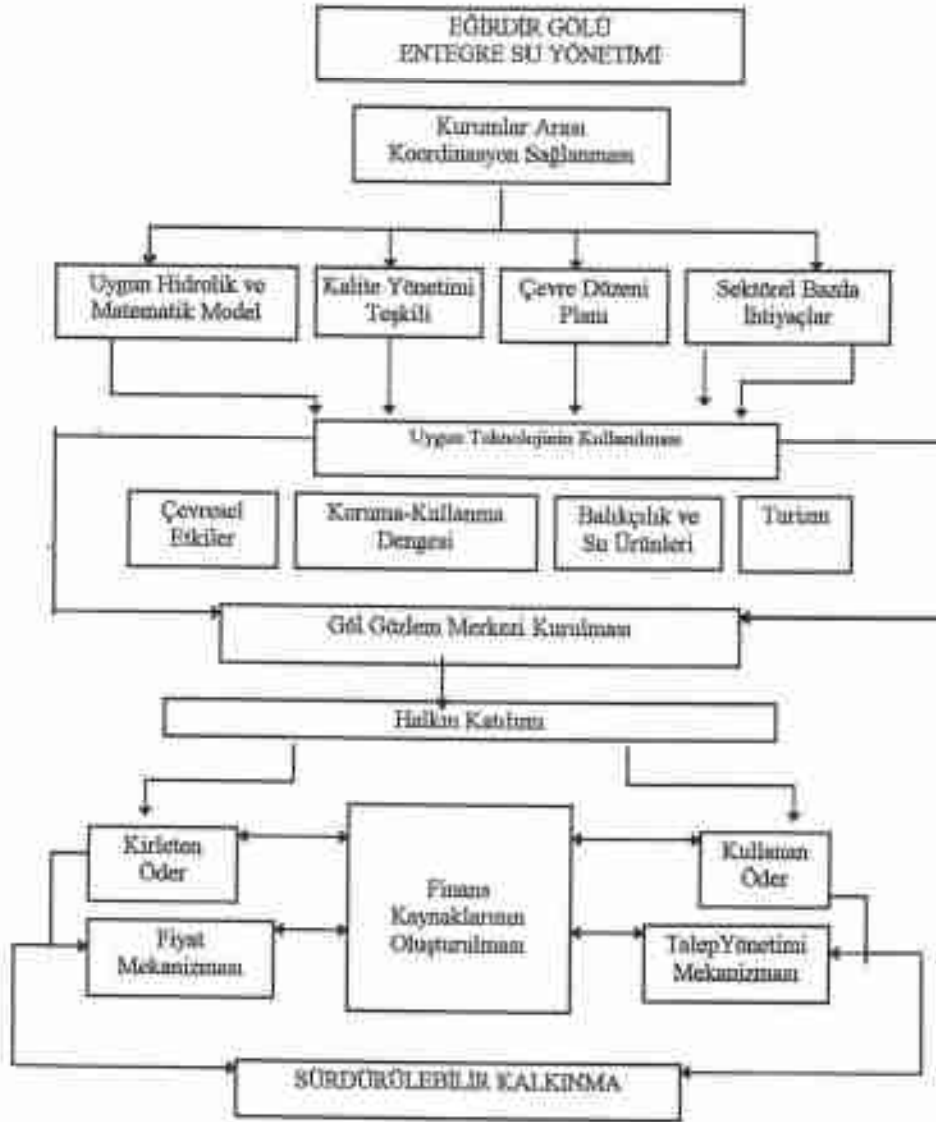
- Balık popülasyonları dengesini tamamıyla altüst eden Sudak'ın göle bırakılması
- Akvatik ekosistemi çok belirginlikte değiştiren (göl kenarındaki akvatik vejetasyonun azalması) su seviyesindeki azalmalar

Aşında bu iki faktör tüm otobur türlerin hemen hemen tamamen gözden kaybolması ile sonuçlanan benzer etkilere sahiptir. Önümüzdeki yıllarda gölün evrimini tahmin etmek çok zordur. Bu hidrolojik yapıya ve sudak'ın durumuna bağlıdır.

Bununla birlikte, bu doğal mirası korumak üzere en azından bir uygulama ele alınmalıdır. Hidrolojik kaynakların yönetimi, alınan su miktarını azaltacak ve su seviyesini artıracak bir yöntemin DSİ ile planlanması tamamıyla gereklidir. Buna Kovada hidroelektrik santrallerinin (bunlar yıllardır kapalıdır) kesinlikle kapatılması ile ulaşılabılır, fakat sulama şebekelerinden kayıpların azaltma ve daha iyi su tasarrufu yapacak yeni sulama sistemleri geliştirilmelidir.

Bu gibi bir uygulamanın son amacı, daima göl en yüksek su seviyesinde olduğu zaman sulamaya başlamaya gayret ederek su kaynağını yönetmek olabildi (Anonim 1994b).

Entegre göl su yönetiminin temel unsurlarından en önemlisi ilgili tüm kamu kurum ve kuruluşları arasında koordinasyon sağlanması ve bu kapsamda gölden doğrudan ve/veya dolaylı olarak faydalananlar ile sıkı bir diyalog ve işbirliği kurulmasıdır. Teknolojik anlamda modern çevresel anlamda koruma - kullanma prensiplerinin uygulanabildiği teknik bir altyapının oluşmasını sağlayacak olan bu koordinasyon entegre göl su yönetiminin birinci ve en önemli aşamasını teşkil etmektedir (Çakmak 1997).



Şekil 5.22. Egridir Gölü entegre su yönetimi şeması (Çakmak 1997).

### 5.3.3. Batı Anadolu Gölleri

#### Köyceğiz Gölü

Köyceğiz Beldesi'nin güneyden sınırlayan Köyceğiz Gölü'nün yüzeyi, yaklaşık 55 km<sup>2</sup>'dir. 1000 km<sup>2</sup> büyüklüğündeki Köyceğiz Gölü yağış alanının %33'ü tarımsal arazi ve %60'ı ise ormanlıktır.

İller Bankası yetkililerince yapılan araştırmalara ilişkin olarak hazırlanan bir kimyasal analiz raporunda, yüzeyden 7.5 m'den itibaren alınan örneklerde H<sub>2</sub>S bulunduğu ifade edilmektedir. Diğer taraftan belediye yetkilileri ve balıkçılar, gölde bir kaç yılda bir kükürt patlaması olarak isimlendirilen ve balıkların ölümüne yol açarı bir olayın meydana geldiğini ifade etmektedir. Bu olayın dipte meydana gelen CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S gibi gazların, ilkbahar ve sonbaharda gölün sularının dikey karışımı sebebiyle meydana geldiği sanılmaktadır. Ayrıca gölün doğu kıyılarının büyük bir bölümünün bataklık olduğu belirlenmiştir.

Köyceğiz Gölü'nde artımadan verilen veya topraktan sızarak giren atıkların getirdiği organik ve mikrobiyel kirlenmenin ötesinde havzadan gelen doğal fosfor girdisi, tarım arazilerinden gelen gübre kalıntıları ve atıksulardan kaynaklanan fosfor girdisi sebebiyle, ötrofikasyon olayı başlamıştır ve ilerlemektedir. Gölün deniz ile bağlantısı olması sebebiyle, bir miktar taşınım olmaksızın da fosforun önemli bölümü, gölde yaşayan tatlı su canlılarının veya taban çamurunun bünyesinde depolanmaktadır. Günümüzde yerleşik nüfus olarak 4500 kişi ve gelecekte 18500 kişinin kullandığı suların göle boşaltılacağı düşünülmektedir. Bugün göle gelen fosfor yükünün yaklaşık %23 kadan evsel atık sularından kaynaklanırken gelecekte bu oran %55'e kadar ulaşabilecektir. Yörenin turistik potansiyeli dikkate alınırca, evsel nitelikli atıksu girdisinin turizm sezonunda daha da yüksek olacağını söylemek mümkündür. Göle gelen fosfor yüklerinin projeksiyonu Çizelge 5.9'da özetlenmiştir. Köyceğiz Gölü'nün bu şekilde aşırı beslenmesi, göldeki ekolojik sistemi bozacağından, su ürünleri üretimi ve turizm açısından sakıncalar ortaya çıkabilecektir (Anonim 1998b).

Çizelge 5.9. Köyceğiz Gölü toplam fosfor yükü projeksiyonu (Anonim 1998b).

Yükün kaynağı	Günümüzde (kg/yıl)		Gelecekte (kg/yıl)	
	en az	en çok	en az	en çok
Kanalizasyon	8570	8570	27010	27010
Tarım arazisi	3300	16500	3300	16500
Ormanlık arazi	6000	6000	6000	6000
Toplam fosfor	15670	29070	36310	49510

Gölün Kültür ve Turizm Bakanlığı (1978) tarafından ortaya konan büyük turizm potansiyeli ve bunun yanısıra su ürünleri açısından ülke ekonomisine katkılan düşünülrse, uzun vade de doğal kaynakları bozucu etkileri giderecek önlemlerin uygulanmaya başlamasının gerekliliği ortaya çıkar. Bu sebeple, kontrol edilebilir nitelikteki önemli bir kirlenme kaynağı olan evsel atıksuların mutlaka arıtıldıktan sonra bu ortama verilmesi uygun olacaktır.

Köyceğiz Gölü, Köyceğiz Beldesi'nin kanalizasyon şebekesi ile toplanan atıksularının verilebileceği bir alıcı ortam gibi düşünülmektedir. İller

Bankası Genel Müdürlüğü için, Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından yapılan proje sonunda, kullanılmış sulanın beldenin doğusunda bulunan günlük ormanlarına komşu bir alanda inşa edilecek arıtma tesislerinden çıktıktan sonra göle boşaltılması öngörölmüştür. Söz konusu arıtma tesisinde evsel atıksular için klasik olarak öngörölen organik madde gideriminin ötesinde, fosfor arıtımı da önerilmiştir (Anonim 1998b).

### Gölcük

Gölcük, Ödemiş'te deniz seviyesinden 1049 m yükseklikte olup, yüzey alanı 810000 m<sup>2</sup>, yağış alanı ise 7 milyon m<sup>3</sup>'dir. Çevresini kaplayan 15000-20000 ha arazide başta patates olmak üzere kestane, ceviz ve elma yetiştirilmektedir. Kışın düşen yağışlarla ve gölün doğusunda bulunan 2159 m yüksekliğinde Bozdağ'dan karların erimesi ile meydana gelen yeraltı suları ile beslenmektedir. Bu açıdan kışın su seviyesi yükselmekte yazın ise çevredeki tarlaları sulama amacıyla büyük oranda su çekildiğinden su seviyesi 1.5-2.0 m civarında düşmektedir. Gölün derinliği 10 yıl önce 8 m iken, bugün 5 m'ye inmiş olup, ortalama derinliği 1 m'dir.

Gölün çözünmüş oksijen konsantrasyonu eylül ayında 5 mg/l olup, gölde sazan ve yayın balığı yetişmekte ve balıkçılık yapılmaktadır. Gölcük Gölü çevresindeki tarlalardan drenaj ile bol miktarda gübre taşınması sonucu göldeki azot ve fosfor gibi besin maddeleri aşırı miktarda artarak ötrofikasyona sebep olmaktadır. Meydana gelen biyokütlelerin parçalanması için sürekli olarak göl suyunun çözünmüş oksijeni kullanıldığından, oksijen miktarı azalmakta bir kısım biyokütlede sedimente çökerek dipte birikmektedir. Göldeki fosfor yükü çevredeki arazinin toprak yapısına, ekili alanlara, burada kullanılan gübre miktarına, yetişen bitki örtüsüne, mevsimsel yağışlara, yağış şiddeti ve sıklığına bağılı olmaktadır. Gölide çeşitli noktalarda ölçölen toplam fosfor konsantrasyonları 0.125-0.200 mg/l toplam azot konsantrasyonları ise 2.5-13.50 mg/l arasında bulunmuştur. Türkiye'de aşırı derecede beslenmiş (hiperötrofik) göllere bir örnek meydana getirmektedir (Yıllıkçı ve Sponza 1987; Anonim 1998b).

### 5.3.4. Tuz Gölü

Tuz Gölü Türkiye'nin Van Gölü'nden sonra gelen ikinci büyük gölüdür. Yüzey alanı 1620 km<sup>2</sup>, denizden yüksekliği 899 m, derinliği en fazla 5.0 metredir. Gölün başlıca özelliğı sularının çok tuzlu olmasıdır. Yazın suları buharlaştığından gölün derinliği 2 m'ye kadar iner ve kalınlığı 2.0 cm'den 2.0 m'ye kadar değışen sert tuz tabakaları meydana gelir. Göl suyunun tuz oranı binde 329'dur. Gölide balık yoktur.

Konya Ovası dışarıya akıntısı olmayan kapalı bir havzadır. DSİ teşkilatı tarafından Konya Ovası'nın yüzey sularını tahliye etmek amacıyla açılan Konya Ovası Ana Tahliye Kanalı'na evsel ve endüstriyel atıksular da verilmeye başlanmıştır. Atıksu boşaltımlarının Tuz Gölü'nün kalitesi açısından çok olumsuz sonuçlar doğurduğuna işaret etmek gerekir.

Kanalın açılmasından sonra, Türkiye'nin tuz üretiminin yaklaşık %30'unu karşılayan gölide tuz üretiminin düşüşü ve tuz kalitesinin bozulması

gibi bazı zararlı ve olumsuz etkilerin ortaya çıktığı Tekel Genel Müdürlüğü'nce açıklanmıştır. SSB'nin bazı tuz üreticilerinden aldığı tuz örneklerinde yapılan analizler sonucu tuzdaki NaCl miktarının %87,7-95,9 olduğu, gölden elde edilen tuzun Gıda Maddeleri Tüzüğü'ne ve TS 933'e uygun olmadığı görülmüştür. Tuzlarda şimdilik zararsız miktarlarda pestisit ve civa bulunmaktadır. Ancak tedbir alınmazsa birikim sonucu bu zehirli maddelerin insan sağlığı için zararlı düzeye ulaşacağı açıktır (Anonim 1998b).

### 5.3.5. Van Gölü

Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü'nün yüzey alanı 3574 km<sup>2</sup>, hacmi ise 607 km<sup>3</sup> tür. Dünyadaki sodalı göller arasında yüzey alanı itibarıyla birinci, hacim itibarıyla ise dördüncü sırada yer almaktadır. Ortalama yüzey seviyesi denizden 1656.5 m yüksektir. Göl Erçiş, Van ve Tatvan körfezleri ile Tatvan Baseni olarak adlandırılan dört kesime ayrılır. Tatvan Baseninde en derin noktası 457 m olan gölün ortalama derinliği 170 m'dir. Van Gölü, en ayrıntılı incelenmiş göllerimizden biridir. Van Gölü, drenaj alanı 12522 km<sup>2</sup> olan bir kapalı havzada yer alır. Göl yüzeyine düşen yıllık yağışlar (ort. 1.7 milyar m<sup>3</sup>/yıl), yüzeysel akıslarla göle giren sular (ort.2,5 milyar m<sup>3</sup>/yıl) ile göl yüzeyinden buharlaşma (ort. 4.2 milyar m<sup>3</sup>/yıl) dinamik bir denge meydana getirmektedir. Göl suyu seviyesi yıl içinde amplitüdü ortalama 0,50 m olan bir salınım gösterir. Bu hidrolojik girdi ve çıktılar sebebiyle bir yılda göl suyunun % 0,0691'i değişime uğrar. Göldeki suyun bekleme süresi 144 yıldır. Van Gölü'ne deşarj eden yüzeysel sular Murdasu, Morali Deresi, Karasu ve Dellçay'dır. Bu akarsuların toplam çözünmüş madde konsantrasyonları 100-800 mg/l arasında değişmektedir (Anonim 1998b).

Göl suyunun sıcaklığı, derinlik boyunca ve mevsimlere göre değişim gösterir. Şubat-mart aylarında karışma uğrayan gölde, yaz mevsiminde 20-30 m derinliklerde stabil bir termoklin meydana gelmesi ve tabakalaşma görülür. Sıcaklık, 30 m'nin altındaki derinliklerde 3,2-4,6°C arasında oldukça sabittir. Yaz mevsiminde yüzey sular 19-21°C mertebesine kadar yükselir.

haziran ve eylül 1983 ve haziran 1984 aylarında yapılan ölçümlerde çözünmüş oksijen değerleri yüzeyden 200 m derinliğe kadar 5 mg/l'nin üzerinde bulunmuştur. Yüzeydeki çözünmüş oksijen konsantrasyonları gölün çeşitli kesimlerinde 7,0-9,0 mg/l arasındadır. Fotosentez -solunum farkının gölün üst tabakalarında pozitif olması sebebiyle, yaz mevsiminde oksijen konsantrasyonları 10-30 m arasında artar ve 25-30 m'de maksimuma ulaşır. Bu derinliklerde çözünmüş oksijen konsantrasyonları 9,8-10,5 mg/l mertebesine ulaşır. Tatvan baseninde 225 m'den derin sulara çözünmüş oksijen 4,0 mg/l'nin altında düşmekte, 400 m derinlikte ise 1,0 mg/l'ye kadar inmektedir.

Yapılan bakteriyolojik ölçümlerde, toplam koliform değerlerinin 40-200 koliform/100 ml, aralığında değiştiği gözlenmiştir. Bugünkü durumu ile gölün rekreasyon amaçlı kullanıma uygun olduğu görülmektedir (Anonim 1998b).

Van Gölü'nde ışık geçirgenliği, yıl içinde değişim göstermektedir. Gölün kimyevi kompozisyonu sabit olduğuna göre, ışık geçirgenliğini kontrol eden etken fotosentetik birincil üretimdir. Kış mevsiminde düşey karışım sebebiyle yüzeye çıkan nütrientlerce zengin su kütlelerinde, bahar aylarından itibaren uygun çevre koşullarının meydana gelmesiyle, birincil üretim aniden artar. Suda

sayıları artan fitoplankton ve zooplankton türleri ışık geçirgenliğini azaltır. Ayrıca Van Gölü'nün özelliğinden dolayı, yüzey sularında meydana gelen anorganik bileşiklerde ışık geçirgenliğini azaltmaktadır. Üst sulardaki nütrientler, yaz mevsimi boyunca biyokütleye dönüşerek azalır ve yaz sonunda fakirleşen yüzeye yakın tabakalarda üretim düşer. Bunun sonucunda ışık geçirgenliği artar.

1983 eylül ve 1984 haziran aylarında yapılan ışık geçirgenliği ve klorofil-a ölçümleri bunu kanıtlamaktadır. Klorofil-a yalnız canlı bitkilerde var olduğundan, fotosentezin yoğun olduğu yer ve zamanlarda yüksek olur. Bu ölçümlere göre, Secchi-Diski derinlikleri eylül ayında 5.5-18.0 m arasında iken, haziran ayında 1.2-6.0 m mertebesine kadar düşmüştür. Öte yandan ortalama klorofil-a değerleri eylül ayında yüzeyde 0.11 µg/l, 10-50 m arasında 0.15 µg/l, arasında iken, haziran ayında yüzeyde 0.79 µg/l, 10-50 m arasında derinliklerde ise 1.14 µg/l arasında bulunmuştur (Anonim 1998b).

Klorofil-a ölçümleri mevsimsel olduğu kadar, bölgesel değişimler de göstermektedir. Kanşımı ve derinliği sınırlı, nütrient girişi yüksek olan Erçiş Koyu'nda klorofil-a konsantrasyonu 3.9 µg/l düzeyine ulaşmaktadır. Mevsimsel olarak klorofil-a değerleri en az Tatvan Körfezi'nde değişmektedir. Bunun sebebi, atıksu deşarjlarıyla bu kesime yapay olarak nütriyent maddelerin girmesi ve gölün diğer kesimlerinde görülen doğal ekolojik dengelerin, Tatvan Körfezi'nde birincil üretiminin anormal derecede yükselmesiyle bozulmaya yüz tutmuş olmasıdır. Körfez'de haziran ve eylül aylarında, 0.4 µg/l klorofil-a ölçülmüştür (Anonim 1998b).

Yüzey suyunda ortalama 0.2 mgp/l olan toplam fosfat, derinlere doğru gidildikçe artmaktadır. Bunu sebebi üst suların alta doğru devamlı inen ve fosfor içeren organik ve anorganik katılardır. Ortalama fosfat konsantrasyonu 0.3 mgP/l kabul edilirse, gölde mevcut toplam fosfat yaklaşık 2.0 milyon tondur. Fosforun Van Gölü'ndeki kalış süresi 100 yıldır. Ortofosfat derinliğe göre fazla değişmez. Gölün birincil üretiminden açığa çıkan fosfat, azota göre ortalama 6-7 kez düşüktür. Gölde toprak alkali metallerin (Ca ve Mg) az olması yıllık fosfat çöktürülmesinin toplam miktara göre çok düşük seviyede kalmasını sağlamaktadır. Göldeki fosfat konsantrasyonunun kararlı bir kimyasal denge durumuna gelmesine sebep olan bir diğer etken, gölden su kaybının sadece buharlaşma ile olmasıdır.

Yüzey sulunun genellikle yüksek azot içerdiği görülmektedir. Fakat değişik konumlardaki yüzey suyu değerleri arasında da önemli farklılıklar mevcuttur. Bazı bölgelerde 0.1 mg-N/l'ye kadar düşen azot konsantrasyonu aynı mevsimde başka bir bölgede 1.8 mg-N/l'ye kadar çıkmaktadır. Yüzey suyunda 0.58 mg-N/l olan azot konsantrasyonunun, orta derinliklerde 0.45 mg/l'ye, alt sulara da 0.37 mg/l'ye kadar düşüşü görülür. Elde edilen Kjeldahl azotu profili tabana doğru düzgün bir azalma göstermektedir. Göle giren yıllık toplam azot yükü, 8200 ton-N/yıldır. Derinlere inildikçe organik azot azalır, anorganik azot artar. Azotun göldeki kalış süresi 37 yıl olup, fosfordan çok daha kısadır (Anonim1998b).

Ortfofosfat fosforu konsantrasyonu, gölün her bölgesinde ve farklı derinliklerde gözlemlenebilir derecede yüksek olup, üst sulara 2.84-3.90 mg-P/l alt sulara da 3.55-4.97 mg/l arasındadır. Bu değerler fotosentez için gerekli olandan fazladır. Göl suyundaki toplam fosfatın genellikle %30-50'si ortofosfat

şeklinde dir. Fotosentez reaksiyonunda yüzey suyunda mevcut çözülmüş amonyak nitrit ve nitratın tamamına yakını kullanılmaktadır. Bu sebeple tüm ölçüm noktalarının yüzey sularında çok düşük nitrat ve nitrit bulunmuştur. Derin sularda ise sudaki nitrit ve nitrat konsantrasyonları artmaktadır. Nitrit ve nitrat azotu toplam konsantrasyonu Tatvan baseninin 150 m'sinde 1.52 mg/l'ye 250 m'sinde 2.27 mg/l'ye kadar yükselmektedir. Çözülmüş azot/fosfor oranı üst sularda çok düşük olup, derin sularda yükselmektedir. Van Gölü'nde fotosentezi sınırlayan parametrelerden birisi nitrat iyonudur (Anonim 1988b).

Birim metreküp suyu nda ölçülen toplam plankton hacmi oldukça yüksektir. Genel göl ortalaması 430 cc/m<sup>3</sup> olup, en yoğun plankton topluluğu Erciş koyunda, en düşük yoğunluklar da Tatvan Baseni ve Gevaş'ta bulunmuştur. Bu iki bölge bakteriyolojik açıdan da temiz durumdadır. Göl suyunda az masyıda plankton türü bulunmakta ve bunlardan *Chaetoceros* sp. Toplam plankton hacminin %96-97'sini meydana getirmektedir. Böyle özellikler gösteren ekolojik sistemlerde, özellikle su hareketlerinin sınırlı olduğu yan kapalı bölgelere yapılacak ani kirletici deşarjı ortamın biyolojik özelliklerini deşistirebilir. Erciş Koyu ve Tatvan Körfezi bu açıdan kritik bölgeler olarak gösterilebilir.

Sonuç olarak, trofik durumun genel değerlendirilmesi yapılırsa, Van Gölü'nün plankton tür dağılımı, klorofil-a ve secchi diski sonuçları, Gölün plankton tür sayısı az, ortofosfatı fazla ve sınırlayıcı besin tuzu azot olan oligotrofik karakterde bir su ortamı olduğunu göstermektedir. Bahar aylarında gölün birincil üretimi oldukça yükselmekte ve göl mezotrofik özellik kazanmaktadır (Anonim 1988b).

### 5.3.6. Keban Baraj Gölü

Keban Barajı, Fırat Havzası'nda, Fırat Nehri'nin geliştirilmesi için inşa edilmiş birinci büyük tesis olup, ülkemizin en büyük yapay göl alanı ve hacmine sahiptir. Denizden yüksekliği 845 m, yüzey alanı 695.5 km<sup>2</sup> ve en derin yeri 155 m'dir. Baraj gölünün kıyı şeridi uzunluğu yaklaşık 1000 km'dir. Göl Elazığ, Tunceli, Erzincan, Sivas ve Malatya il sınırları içine girmektedir.

Göle verilen kanalizasyon atıksuları, mezbaha vb. tesislerden gelen atıklar, kuru denelerdeki kentsel çöp yerlerinden sellerde gelen atıklar kirlenme yaratabilecek düzeydedir. Ayrıca havzadaki tarımsal amaçlı gübre ve pestisit kullanımı ile hayvansal atıklar kirlenme kaynağı olarak sayılabilirler. Havza içindeki endüstriyel tesislerin atık ve artıkları, üretim için hammadde temini ile ilgili faaliyetler gölün kirlenmesine sebep olabilecektir. Halen Keban Barajı Gölü kıyısında çeşitli endüstriyel okuruluşlar mevcuttur. Baraj havzasındaki yağışlar, ormanların yok edilmesi, yanlış tarımsal uygulamalar sebebiyle meydana gelecek erozyon gölü etkileyebilecektir. Havzadaki madensel yatakları erozyonu ve taşınması yoluyla da gölde kirlenme olabilir (Ekiz 1988; Anonim 1988b).

1983-85 yılları arasında yapılan yüzey suyu kalite ölçümü ile Keban Baraj Gölü suyunda ağır metal kirliliği olduğunu göstermiştir. Ayrıca 200 bine yakın insanın yaşadığı Elazığ kentinin kanalizasyon suları hiçbir önleme uygulanmaksızın göle boşalan Mürü Çayı'na verildiğinden, göl kalitesinde bozulma kaçınılmaz olmaktadır.

Şehir kanalizasyonunun boşaltıldığı Mürü çayında yapılan analizler, kanalizasyon suları karışmadan önce çözülmüş oksijen için 9.69 mg/l, pH için 8.98, CO<sub>2</sub> için 2.99 mg/l, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> için 0.25 mg/l, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> için 0.035 mg/l ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> için 2.64 mg/l değerlerini verdiği halde, kanalizasyon sularının boşaltıldığı noktanın mansap tarafından alınan numunelerde yapılan analizler, çözülmüş oksijen için 2.43 mg/l, pH için 5.47, CO<sub>2</sub> için 32.46 mg/l, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> için 21.76 mg/l, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> için 2.25 mg/l ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> için 5.15 mg/l değerlerini vermiştir. Mürü Çayı'nın baraja açıldığı bir noktada yapılan ölçümlere ise, Çayın kalite parametrelerinin çözülmüş oksijen için 4.06 mg/l, pH için 5.7 mg/l, CO<sub>2</sub> için 18.98 mg/l, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> için 15.68 mg/l, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> için 2 mg/l ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> için 4.18 mg/l değerlerini taşıdığı gözlemlenmiştir (Özdemir 1988; Anonim 1998b). Bu durum; Keban Barajı'nın evsel atıklarla kirlenme potansiyelini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 5.10.** Keban Baraj Gölü'nde ölçülen parametrelerin değer aralıkları (Anonim 1998b).

Parametre	Minimum	Ortalama	Maksimum
Sıcaklık (°C)	10.0		27.0
pH	7.45		8.83
Çözülmüş oksijen (mg/l)	6.2		8.8
Serilik (°FS)	10.0		20.4
Toplam alkalinite (mg/l)	80		200
Sulfat (mg/l)	0.0		12.0
Ortofosfat (mg/l)	0.02		2.0
Potasyum (mg/l)	1.40		5.89
Sodyum (mg/l)	4.0		75.0
Magnezyum (mg/l)	10.0		28.0
Kalsiyum (mg/l)	7.82		36.33
Çinko (mg/l)		0.024	
Demir (mg/l)		0.24	
Bakır (mg/l)		0.015	
Kurşun (mg/l)		0.1	
Krom (mg/l)		0.06	

Keban Baraj Gölü'nden alınan bir numunede toplam bakteri sayısı, 55300/mi olarak bulunmuş olup, koliform bakteri için en muhtemel sayı (MNP) değeri 2400'den fazladır. Deterjan aktif maddesinin su ortamındaki bakteri popülasyonunu ne şekilde etkilediğini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, gölden alınan su numunelerine deterjan ilave etmek suretiyle ayrışma deneyleri yapılmıştır. Sonuçta, ortamda aktif madde bulunup bulunmamasının veya aktif madde başlangıç konsantrasyonunun, bir hafta sonra bakteri popülasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olup olmadığı belirlenmiştir (Pehlivan 1988; Anonim 1998b).

Keban Barajı, Fırat Nehri üzerinde kurulmuş ilk baraj olmasının yanı sıra, nehrin aşağı kesimlerinde kurulmakta olan barajların da kirlilik tamponudur; çünkü kaynağa en yakın barajdır. Keban Barajı'nın, Karakaya ve Atatürk Barajlarının sediment yüklerinden etkilenmemelerinde oynayacağı rol açıktır. Keban Barajı'na 64,100 km<sup>3</sup>'lük dev yağış alanından her yıl 31.5 milyon ton sediment akarsularla taşınmaktadır.



Baraj Gölü'nü beş bölgeye ayırarak çeşitli parametreler açısından izleyen Ekiz ve arkadaşları, ortalama ve en yüksek değer bazında, baraj suyundaki o-fosfat, kurşun ve toplam krom değerlerinin yer yer içme ve kullanma suyu için "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde belirtilen sınırları aştığını belirlemişlerdir. Bu yüksek değerlere, şehirsel atıkların yanı sıra, Keban'daki kurşun ve gümüş işletmesi atıkları ile, Maden'deki bakır işletmeleri atıklarının yol açtığı düşünülmektedir (Anonim 1998b).

## 9. AKARSU KİRLENMESİ

Akarsular, kanalizasyon ve sanayi atık sularının akarsuya boşaltılması ve akarsu havzasına düşen yağmur suları ile sulama suyunun taşıdığı kirlenici maddelerle kirlenir. Kirlenici olarak, evsel atık taşıyan sularda bol miktarda patojen mikroorganizmalar, organik ve inorganik maddeler önem taşımaktadır. Endüstriden gelen atık sularda ise endüstrinin çeşidine bağlı olarak değişik özellikte kirlenici alıcı ortama boşaltılmaktadır. Tarımsal sahadan gelen kirleniciler ise gübre ve tarım koruma ilaçlarında bulunan organik ve toksik maddelerdir.

Organik kirliliğin akarsuya verildiği noktanın çeşitli kirlilik bölgeleri ve buna bağlı olarak tipik bakteri popülasyonu oluşur. Bu konuda Brinkey tarafından yapılan çalışmalarda alıcı ortam niteliğindeki akarsular 3 ayrı bölgeye ayrılmıştır:

### a) Aktif bakteri dekompozisyonu olan bölge

Bu bölge kirlenici kaynağın hemen mansabındaki bölgedir ve genellikle kritik düşük akım hallerinde düşük düzeyde çözünmüş oksijen derişimiyle (0-3 mg/l), yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacıyla, yüksek bakteri sayısı ile, bakteri yiyen *Paramecium*, *Colpidium*, *Vorticella*, *Carchesium* ve *Flagella* gibi protozoaların yer almasıyla karakterize edilir. Plankton türlerinin sayısı azdır. Dip kısımlarında *Tubifex limnodrilus* gibi kurtlar yer alır. Gaz çıkışı nedeniyle sık sık çamurun su yüzeyine çıktığı görülür. Bu bölgede evsel pis su mantarları (*Sphaerotilus natans*) mevcuttur. Ayrıca kanalizasyon ağızlarında yaşayan birkaç balık türü de bulunur (Uslu ve Türkman 1987).

### b) Orta derecede bakteri dekompozisyonu olan bölge

Bu bölgede biyokimyasal solunum hızı azalır ve bunun sonucu olarak çözünmüş oksijen değerleri 3-5 mg/l'ye yükselir. Plankton hacminde artış olur, fakat buradaki plankton, besin maddesi olarak zengin bakteri ve katı madde derişimi gerektiren ve bu bölgenin kirliliğini yansıtan tipik popülasyonlardan oluşur. Yeşil ve mavi-yeşil alglerde bir artış vardır. Ayrıca 1.bölgedeki türleri yanısıra başka türler de gözlenir.

### c) İyileşme bölgesi

Bu bölgedeki su tedrici olarak berraklaşır, yeşil bitkiler tekrar kendini göstermeye başlar, küçük hayvanlar balıklar için yem olurlar. Balık türleri ortaya çıkar ve oksijen çoğalır.

Bu tür sınırlandırmanın güç yönü, iki bölgenin oldukça keyfi ve subjektif olarak tanımlanabilmesidir. Gerçekte bu iki bölgeyi birbirinden kesin olarak ayırmak çok zordur. Buna rağmen, her ikisi de akarsuyun birbirine bağlı olarak bir biyolojik bölgenin uzunluğunu akarsuyun akım gradyanı gibi fiziksel karakteristiklerine de bağlı olarak değişir (Uslu ve Türkman 1987).

Sağlıklı bir akarsuda biyodinamik bir çevrim olduğu ve bunu sonucu bitki ve hayvan yaşamıyla ilgili olarak ekolojik bir denge bulunduğu herkes

tarafından bilinen bir gerçektir. Evsel ve endüstriyel kirlenme bu dengenin değişmesine neden olur.

Patrick, akarsuyun fiziksel, kimyasal ve çevre karakteristiklerinin çok değişken olmasından ötürü, bunları içeren testlerin akarsuya verilen bir kirliliğin etkilerinin tahmininde fazla duyarlı olmayacağını öne sürmüştür (Uslu ve Türkman 1987). Bu nedenle Patrick, akarsudaki organizmaları gözleyerek kirlenme derecesinin mevcut bağıl organizma sayıları ve gruplarıyla tanımlayabilmek için,

- 1-Mavi-yeşil algler, bazı rotiferler;
- 2-Oligochaeteler, sülükler, yılanlar;
- 3-Protozoalar;
- 4-Diatomlar, kırmızı algler, yeşil algler;
- 5-İstiridye içindikiler haricinde tüm rotiferler, solucanlar ve bazı yılanlar;
- 6-Tüm haşereler ve kabuklu hayvanlar;
- 7-Tüm balıklar.

gibi 7 taksonomik grup oluşturmuştur.

Daha sonra bu grupları inceleyerek bir akarsuda aşağıda verilen beş sınıfın ortaya koymuştur:

#### a) Sağlıklı akarsu (Organizmaların dengesi)

Alglerin çoğunluğunu diatomlar ve yeşil algler oluşturur. Madde 4, 6 ve 7'ci gruplar akarsuyun menbasındaki doğal şartlar da %50'nin üzerindedirler.

#### b) Yan sağlıklı akarsu

Bu tip bir akarsuda, yukarıdaki gruplardan 6 ve 7, %50'nin ve 1 ve 2 %100' ün altında veya 6 veya 7 %50' nin 1, 2, 4 %100 'ün altında veya 6 veya 7 %50'nin 1, 2, 4 %100 veya daha fazla olabilir veya 4 normale oranla daha fazla tür.

#### c) Kirlenmiş akarsu

Sağlıklı akarsu koşullarındaki denge tamamen bozulmuş durumdadır. Grup 1 ve 2'deki organizmaların bazılarını için ortam uygundur. 6 veya 7'deki organizmaların ya her ikisi ya da birinin türleri yoktur. Grup 1 %50 veya daha çoktur, 6 ve 7 her ikisi de mevcuttur fakat %50'nin altındadır. Grup 1 ve 2 %100 veya daha üzerindedir.

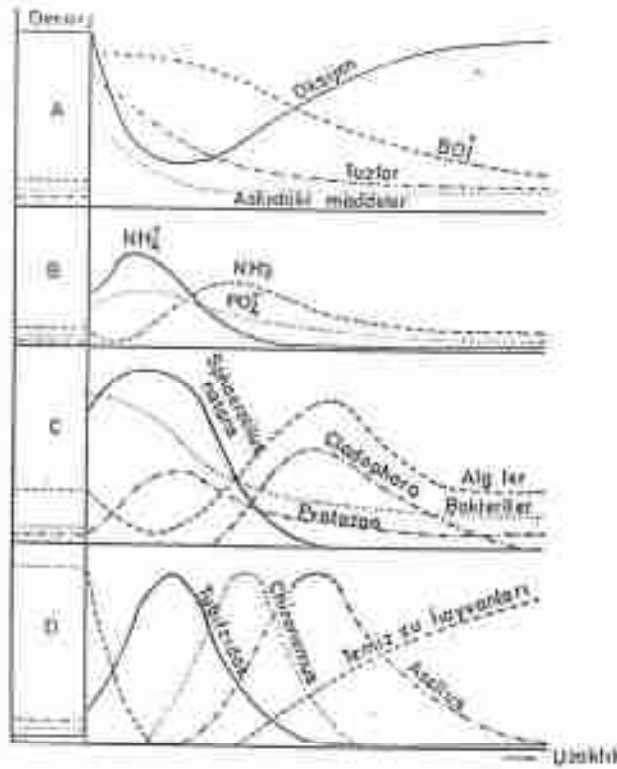
#### d) Çok kirlenmiş akarsu

Bitki ve hayvan yaşamına zehirli etki yapan koşullardaki akarsudur. Birçok grup mevcut değildir. Çok kirlenmiş akarsu 6 ve 7'nci grupların bulunmadığı, ve 4'ün % 50'nin altında olduğu veya 6 ve 7 olduğu fakat 1 veya 2 % 50'nin altında olduğu durumlarda oluşur.

e) Bu sınıf gerek genel ekolojik şartlara gerekse de örnek alma yöntemleriyle, baz olarak kabul edilecek sağlıklı akarsuyla kıyas edilmez. Bu

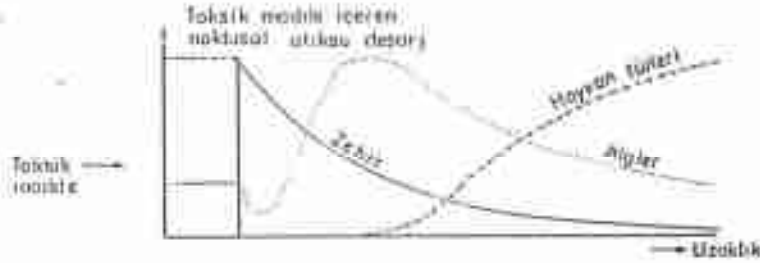
sınıfta mansapta kalan ve "sağlıklı istasyon" denilebilecek doğal koşulları içeren noktalarda ötrofik koşullar oluşmuş olabilir. Bunun gibi soğuk oligotrofik sular uygun bir kıyaslama bazı olamazlar veya derin ve erozyona uğramış koşullardaki bir akarsu kesimi, ısı kıyılarına sahip normal bir akarsu kesimiyle kıyaslanamaz. Ayrıca örnek alma programının kapsamı ve laboratuvar personelinin deneyimi, akarsu sınıflandırılmasında nihai kararlara şüphesiz etkili olacaktır (Uslu ve Türkman 1987).

Sonuç olarak, kirli suyun genel etkilerinin tür sayısındaki azalma ile ortaya konulabileceği belirtmekte ve 3 ve 5 nolu grupların sınıfı tanımlamada kullanılmadığına dikkat çekilmektedir. Akarsu durumunun ölçümüyle ilgili olarak, Patrick klasik fiziksel ve kimyasal ölçümler yerine, akarsuyun biyodinamik çevriminde önemli rol oynayan ana grupların varlığı veya yokluğunun belirlenmesinin daha etkin olacağını önemmiştir. Bu yöntemde, bakterilerin sadece toplam sayısı ve mantarların sadece indikatör türleri dikkate alınmaktadır. Akarsuya verilen noktasal bir organik kirlilik yükü sonucunda oluşacak fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlara ve çeşitli kirlilik parametreleriyle yaşam türlerinin değişimlerine toplu halde bir örnek, Şekil 6.1'de verilmektedir.



Şekil 6.1. Noktasal bir organik kirlilik yükünün akarsuya etkisi. A ve B'de fiziksel ve kimyasal, C'de mikroorganizma tür ve sayılarındaki, D'de ise hayvan türlerindeki değişimler izlenmektedir ( Uslu ve Türkman 1987).

Şekil 6.2'de bir akarsuya deşarj edilen ve zehirli maddeler içeren bir atıksuyun etkisi şematik olarak gösterilmektedir. Zehirli maddeler içeren bir atıksuyun deşarj noktasının hemen mansabında bu maddelere karşı duyarlı türler yokolmakta, sadece dayanıklı türler yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Benzer bir etki başlangıçta algler için söz konusudur. Zehirli etki altındaki bir akarsuda, deşarj noktasının mansabında alg sayısı ve türlerinde bir artış da izlenmektedir. Bunun nedeni, alglerle beslenen birçok türün (örneğin balıkların) ölmesi ve akarsuda azalan türler nedeniyle alglerin yararlanabileceği besin derişimindeki artıştır. Nihayet uzun bir akış süresi sonunda zehirli etkilerin azaldığı ve akarsuda yeni bir dengenin oluştuğu görülmektedir (Uslu ve Türkman 1987).



Şekil 6.2. Toksik maddeler içeren bir noktasal atıksu deşarjının akarsudaki yaşam türleri üzerine etkisi (Uslu ve Türkman 1987).

### 6.1. Türkiye'nin Akarsuları ve Akarsulara Özgü Kirlenme Sorunları

Bir akarsudaki su kalitesi ile hidromekanik ve hidrolojik süreçler arasında çok yakın bir ilişki vardır. Akarsulardaki debiler bu ortamlara verilen kirlenmelerin seyreltilmesi ve taşınmasını sağlayarak, ortamlarda meydana gelecek kirlenici konsantrasyonlarını birinci derecede etkiler. Bilindiği gibi debiler, hidrolojik çevrimden kaynaklanan rasgele (stokastik) özelliklere sahiptir. Bu tür rasgele olaylara pozitif bilimlerdeki yaklaşım yöntemi önce ölçüm, daha sonra da (yeterli sayıda ölçüm verisi toplandığında) istatistiksel analizdir. İstatistiksel analizler, bu tür verilerin rasgele yapısını oluşturan kuralların anlaşılmasını ve bunların ayıklanmasını mümkün kılar. Ayrıca su kalitesi açısından olumsuz durumların (örneğin seyreltme potansiyelinin azaldığı düşük akımların) hangi olasılıklarla ortaya çıkabileceklerinin hesaplanmasını sağlar.

4 Eylül 1988 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde kıta içi su kaynaklarını sınıflandırma esasları verilmiştir. Kıta içi tatlısu kaynaklarının toplam 45 parametreden (fiziksel, inorganik, organik, bakteriyolojik parametreler) hareketle sınıflandırıldığı bu yönetmeliğin ilgili maddesi, su ortamları için henüz yeterli veri bulunmadığı için tam olarak uygulanamamaktadır. Akarsulara ilişkin kalite ölçümleri, ülkemizin

nüfus ve sanayi üretiminin, dolayısıyla kirlenmenin, daha yoğun olduğu Batı bölgesindeki havzalarda yoğunlaşmıştır. Ancak bu havzalar için bile gerek ölçümlerin zamansal sıklığı, gerekse de ölçülen parametrelerin kapsamı açısından henüz az çok yeterli sayılabilecek bir düzeye ulaşamamıştır. Örneğin, akarsuların hiçbirinde bilimsel bir değerlendirme yapabilecek düzeyde, mikro-kirletici (ağır metaller, pestisidler v.b.) ölçümleri yapılmamaktadır. Organik kirleticilerin aksine bu tür toksik ve kalıcı unsurların, en uç mamba noktasından nehrin denize döküldüğü en alt mansap noktasına kadar akarsular boyunca bozunmadan ve giderek artan miktarlarda toplanarak taşındığı düşünülürse, ortaya çıkan problemin boyutları anlaşılır. Bu tür ölçümlerin mevcut olmaması, kirliliğin olmaması anlamına gelmemektedir. Nitekim akarsularımız üzerinde yapılan genellikle akademik nitelikli bazı tekil çalışmalar, pek çok alıcı ortamda mikro-kirleticiler açısından tehlike sınırlarının önemli ölçüde aşıldığını kanıtlamaktadır (Anonim 1998b).

Hızla artan nüfusun içme, kullanıma, sanayi ve sulama suyu ihtiyacının, çok kısıtlı olan kıta içi su kaynaklarıyla karşılanması, Türk insanını çok yakın bir gelecekte çözümü çok güç problemlerle karşı karşıya bırakacaktır. Bu problemlerin çözümünün, sadece "güç" düzeyde kalması ve "imkansız" kategorisine girmemesi için, ülke çapında su kalite boyutunu da dikkate alan geleceğe yönelik bir kullanım planlamasına gereksinim vardır. Böyle bir planlama, ancak sağlıklı bir veri bazından hareketle yapılabilir. Bu sebeplerle, akarsularda yapılmakta olan kalite ölçüm çalışmalarının yoğunluk, parametre sayısı ve zamansal sıklık öğelerini ön planda dikkate alan bir program çerçevesinde yeniden ele alınması, acil bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır (Anonim 1998b).

#### 5.1.1. Meriç Havzası

Drenaj alanı 14 560 km<sup>2</sup> olan Meriç-Ergene Havzasında hakim sanayi kolları gıda ve tekstildir. Bölgenin en önemli abı ortamı çeşitli kollarıyla birlikte Ergene Nehri'dir.

#### Ergene Nehri

Ergene Nehri, kendisine dökülen dere ve çayların yanısıra doğuda Çerkezköy, batıda Uzunköprü, kuzeyde Kırklareli, güneyde ise Kozyörük gibi yerleşim merkezlerinin evsel ve endüstriyel atıklarıyla kirlenmektedir. Kirlilik oluşturan sanayi dalları genelde gıda ve tekstildir. Sanayi tesislerinin hemen hemen hiçbirinin arıtma tesisi yoktur. Tekstil endüstrisi atıkları genelde BOI, askıda katı madde, alkali, renk ve ısı içerdiklerinden, Ergene Nehri'nde bu kirlilik parametreleri açısından problemlerin oluşmasına yol açmaktadırlar.

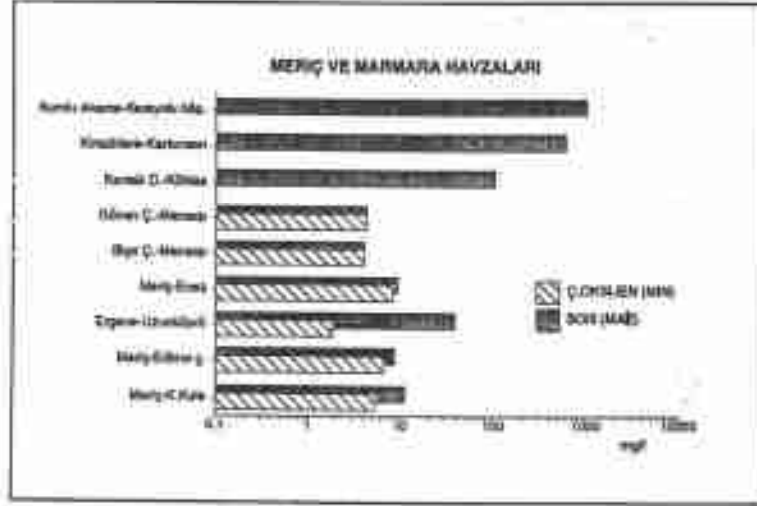
Edime çıkışında Meriç Nehri üzerinde yapılan ölçümler BOI'nin 8.5 mg/l, amonyak azotunun 1.88 mg/l, ortofosfatın 2.85 mg/l seviyelerine ulaşabildiğini, çözünmüş oksijenin ise 6.6 mg/l değerine kadar düşebildiğini göstermektedir. Bu sonuçlar Meriç Nehri'nin de bu kesimde, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği uyarınca, Sınıf IV (çok kirliliği akarsu) kategorisine girdiğine işaret etmektedir (Anonim 1998b).

### 6.1.2. Marmara Havzası

Drenaj alanı 24 100 km<sup>2</sup> olan Marmara Havzası, Türkiye yüzölçümünün %3.09'u büyüklüğündedir. Ortalama yağışı yılda 18.412 milyar m<sup>3</sup>, havzadaki akarsuların yıllık ortalama toplam debisi 8.619 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzada büyük akarsular yoktur. Ancak çok sayıda kısa dere havza sularını Marmara Denizi'ne drene etmektedir. Başlıca akarsular havzanın Güneybatı kesimindeki Kocabaş (Biga) ve Gönen çaylarıdır (Anonim 1998b).

Havza İstanbul, Tekirdağ, İzmit, Bursa ve Çanakkale illerinin sınırları içine giren yerleşim ve sanayi merkezlerini kapsamaktadır. Görüldüğü gibi bölge, Türkiye'nin nüfus ve sanayi açısından en yoğun kesimini içermektedir. Sadece İstanbul'un nüfusu 10 milyona ulaşmıştır. Türkiye nüfusunun yaklaşık 1/5'i bu havzada yaşamaktadır. Havzadaki akarsuların çok sayıda kısa derelerden oluşması sebebiyle, bu akarsular boyunca genellikle birden fazla istasyonda sistematik su kalitesi gözlemleri yapılmamakta, pek çok dere üzerinde mansap kesiminde sadece tek bir istasyon bulunmaktadır. Havzada kıtalçı yüzeysel sularda gerçekleştirilen kalite ölçümleri, genellikle İstanbul'a içme ve kullanma suyu temin eden barajlardaki su kalitesinin izlenmesine yöneliktir (Terkos Gölü, Alibeyköy, Elmalı ve Ömerli barajları). Esasen havzadaki kirliliğin büyük bir kısmı, doğrudan Marmara'ya yapılan deşarjlarla bertaraf edilmektedir. Bu bölgede oluşan kirlilik yüklerinin Marmara Denizi kirliliğine katkısı çok büyüktür. Nitekim Marmara Denizi'nin kıyılarındaki kesimleri diğer kısımlara kıyasla çok daha kirlidir.

Ülkenin en büyük bazı sanayi kuruluşları bu bölgededir. Yerleşim birimlerinin çoğunda atıksu arıtma tesisleri yoktur. Bazı sanayi kuruluşlarında atıksu arıtımı yapılsa bile, yine birçok sanayi kuruluşu yeterli düzeyde arıtım yapmadan atıklarını alıcı ortama atmaktadır. Bölgenin endüstrilerce yoğun kuzeydoğu kesiminin nihai atıksu alıcı ortamı İzmit Körfezi'dir. İzmit Körfezi ülkenin en kirliliği iki körfezinden biridir. Körfezin doğu kesiminde septik koşullar hüküm sürmektedir. İzmit halkı özellikle yaz aylarında körfezin doğusundan kaynaklanan kokudan şikayetçidir. Körfez çevresindeki tüm yerleşim merkezlerinde evsel atıklar kıyı deşarjları şeklinde körfeze boşaltılmaktadır (Anonim 1998b).



Şekil 6.3. Meriç ve Marmara havzalarında seçilmiş bazı akarsularda ölçülmüş minimum çözünmüş oksijen ve maksimum  $BO_5$  konsantrasyonları (Anonim 1998b).

### 6.1.3. Susurluk Havzası

Drenaj alanı 22,399  $km^2$  olan Susurluk Havzası, Türkiye yüzölçümünün %2,67'si büyüklüğündedir. Yağış potansiyeli yılda 16,351 milyar  $m^3$ , havzadaki yıllık ortalama debi 5,487 milyar  $m^3$  olarak hesaplanmıştır. Simav (Susurluk) Çayı ve bunun kolları olan Nilüfer, Mustafakemalpaşa, Kocaçay, Orhaneli (Adronas) ve Emet (Kirmasti) çayları havzanın önemli akarsulardır.

#### Bursa yöresi ve Nilüfer Çayı'nın kirliliği

Havzanın en yoğun kirlenme odağı Bursa ve çevresidir. Geçmişte verimliliği ve tarım ürünleriyle tanınan Bursa Ovası, son 20-25 yıl gibi süre içinde hızlı bir sanayileşmeye tanık olmuştur. Bunun sonucunda ise, yöredeki su kaynakları yoğun bir kirlenme baskısı altına girmiştir.

Bursa Ovası'nın drenajını Nilüfer Çayı gerçekleştirir. Bu akarsu, Uludağ'dan doğan küçük derelerin birleşmesiyle oluşur. Toplam drenaj alanı 1970  $km^2$  olan Nilüfer Çayı, yaklaşık 120 km uzunluğundadır. Mansap kesiminde inşa edilmiş olan Doğanlı Barajı, Bursa'nın içme suyu kaynağını oluşturur. Çayın yaz mevsiminde oldukça düşük olan debisi de bu baraj tarafından kontrol edilmektedir (Anonim 1989).

Nilüfer Çayı'ndaki kirlenmeye, bölgedeki irili ufaklı sanayi tesisleri ile Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nin atıksularıyla kentsel yerleşim bölgesinden kaynaklanan atıksular sebep olmaktadır. Bursa şehri kanalizasyonu, 7 noktadan açık kanallarla Nilüfer Çayı'na karışmaktadır. Bu kanallara, çeşitli sanayi



kuruluşları da atıksularını deşarj etmekte ve çöplerini boşaltmaktadır. Kanallar ve yan dereler organik kirlenmenin yanısıra sanayiden kaynaklanan ağır metaller de içerirler.

Nilüfer Çayı'na verilen atıklar, çayın sulama kalitesini bozmuştur. Çay suyu bitki ve hayvan sulamada kullanıldığı zaman tehlikeli sonuçlar doğurmaktadır. Köylülerin bu suyu kullanmaktan başka çareleri yoktur. Sulamada kullanılan bu suların özellikle ağır metaller açısından incelenmesi, acil bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Nilüfer Çayı, yalnızca kısmen arıtıldıktan sonra Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nde proses suyu olarak kullanılmaktadır.

Mansapta Simav Çayı'na birleşen Nilüfer Çayı'nın kalitesi, çözülmüş oksijen ve  $BO_2$  parametreleri itibarı ile bir miktar iyileşmektedir. Ancak bu noktada ölçülen yüksek  $KOI$  değeri (149 mg/l), suda organik madde konsantrasyonunun hala çok yüksek olduğu, ancak toksisite sebebiyle düşük  $BO_2$  değerleri elde edildiği şüphesini uyandırmaktadır (Anonim 1998b).

#### **Simav (Susurluk) Çayı**

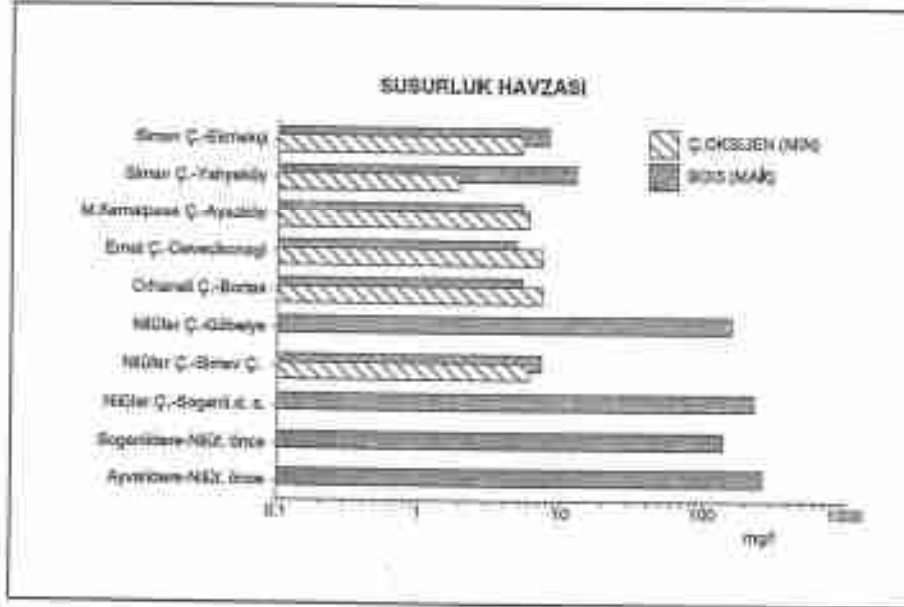
Sındırgı yakınlarında çevre dağlardan kaynaklanan Simav Çayında, DSİ tarafından sistematik bir biçimde yapılan ölçümler sonucunda, çay üzerindeki Bigadiç Köprüsü'nde ortalama ve maksimum bor konsantrasyonları 0.11 ve 0.78 mg/l, Susurluğun kuzeyindeki Yahyaköy kalite gözlem istasyonunda ise sırasıyla 1.48 ve 2.80 mg/l olarak bulunmuştur. Bu değerler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde bora karşı hassas bitkilerin sulanması için verilen 300  $\mu g/l$  (=0.3 mg/l) kriterinin çok üstündedir. Balıkesir ve Susurluk bölgesinde yapılan sulamalarda kullanılan suyun bir konsantrasyonunun çok yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Anonim 1998b).

#### **Mustafakemalpaşa, Orhaneli (Adronas) ve Emet Çayları**

M.Kemalpaşa Çayı, Orhaneli (Adronas) ve Emet Çaylarının Çamandıra Köyü yakınlarında birleşmesinden meydana gelir. Orhaneli ve Emet Çaylarının kirlilik yükünü alan M.Kemalpaşa Çayı Apolyont Gölü'ne dökülmektedir. Bu sular, bölgedeki sanayi faaliyetleri sebebiyle kirlenmekte; kirlenmiş sular ise Apolyont Gölü'ne taşınmaktadır (Anonim 1998b).

#### **Kocaçay**

Marmara Bölgesi'nin güney batı ucundaki Madra Dağı'ndan doğan Kocaçay Rafineri Sanayi Tesisleri'nin kurşun ve çinko içeren atıklarının yanısıra, çevredeki 20 kadar yerleşimin evsel ve bazı gıda sanayi kuruluşlarının atıksularını da alarak Manyas Gölü'ne dökülür (Anonim 1998b).



Şekil 6.4. Susurluk havzasında seçilmiş bazı istasyonlarda minimum çözünmüş oksijen ve maksimum BOD<sub>5</sub> konsantrasyonları (Anonim 1998b).

#### 6.1.4. Kuzey Ege Havzası

Havzada yoğun akarsu kirliliği yaratan büyük ölçekli endüstriyel faaliyetler, Soma'daki linyit işletmeleri ve T.E.K'e ait Soma Termik Santralidir. Ayrıca yörede yoğun zeytinlik ve zeytinyağı üretimi yapıldığından, sonbahar ve kış aylarında zeytin sıkma işlemlerinden kaynaklanan "karasu" önemli ve yaygın bir sorun yaratmaktadır. Birkaç büyük işletme dışında zeytinyağı üretimi çok sayıda ve küçük tesislerde yapılmakta, çıkan atıksular hiçbir arıtım yapılmadan derelere verilmektedir. Bu akarsular çok yüksek miktarlarda güç ayrışabilir organik kirlilik içerirler. KOİ değerleri 100,000 ile 130,000 mg/l seviyelerindedir. Yörede zeytinyağı üretiminin yanısıra yapılan yağ rafineasyonu ve sabunculuk da su kirliliğine katkıda bulunmaktadır. Havzadaki akarsuların kirlilik düzeyleri hakkında bilgi çok azdır (Anonim 1998b).

### 6.1.5. Gediz Havzası

Drenaj alanı 16 000 km<sup>2</sup> olan Gediz Havzası, Türkiye yüzölçümünün %2.311 büyüklüğündedir. İzmir, Manisa ve Uşak illeri sınırları içine giren havzadaki önemli yerleşim merkezleri Manisa il merkezleri ile Foça, Kemalpaşa, Turgutlu, Şalihli, Demirci, Alaşehir, Gediz ilçe merkezleridir.

#### Gediz Nehri

İç Ege Bölgesi'nde Gediz Kasabası'nı güneydoğusundan kaynaklanan Gediz Nehri, çok sayıda yan kollarla beslenerek İzmir Körfezi'ne dökülür.

Yukarı Gediz Havzası'nda Demirköprü Baraj ve Santrali bulunmaktadır. Orta Gediz Havzası'ndaki tesisleri özellikle büyük sulama sistemleri oluşturmaktadır. Aşağıda Gediz Havzası'nda mevcut tesislerin bir bölümü drenaj ve sulama amacına yöneliktir. Aşağıda Gediz Havzası'nda Emiralem Regülatörü, Menemen Sağ ve Sol Sahil Sulama şebekesi bulunmaktadır. Bu havzada ayrıca Alaşa Rafinerisi'ne içme ve kullanma suyu almak için yapılmış olan Buruncuk Regülatörü ve İzmir'e içme suyu almak için açılmış bulunan Menemen kuyuları bulunmaktadır (Anonim 1998b).

Endüstriyel gelişme, yoğun tarım ve havza nüfusunu hızla artması havzadaki yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarına yoğun kirlilik yükleri getirmekte bu kaynakların su kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Böylece gelişmenin en önemli temel girdilerinden biri olan içme, kullanma, endüstriyel su temini ve tarımsal üretim için yeterli kalitede suyun sağlanmasında kısa ve orta vadelere kirlenme sebebiyle darboğazlarla karşılaşılmasından ciddi bir biçimde endişe edilmektedir. 1989 yılı içinde Gediz Nehri'nde görülen ve kamuoyunun da dikkatini çeken kitle halindeki balık ölümleri, havzadaki kirlenmenin en belirgin göstergesidir (Anonim 1998b).

#### Nif Çayı

Nif Çayı Ulucak Köyü'nden çıkan ve Kemalpaşa Ovası'nı geçerek Gediz'e dökülen bir akarsudur. Yörede başta ağır makina sanayii, tekstil, kimya, boya, mermer, deri, meşrubat, kağıt, mukavva, emaye ve metal olmak üzere halen 112 adet kuruluş faaliyet halindedir. Bu endüstrilerin birçoğunda atma tesisi bulunmadığı veya çalışmadığı için, atıksular genellikle Nif Çayı'na deşarj edilmektedir. Yüzeysel sular yeraltı sularını beslediği için, Nif Çayı'ndaki kirlenme yeraltısularını da etkilemektedir (Anonim 1998b).

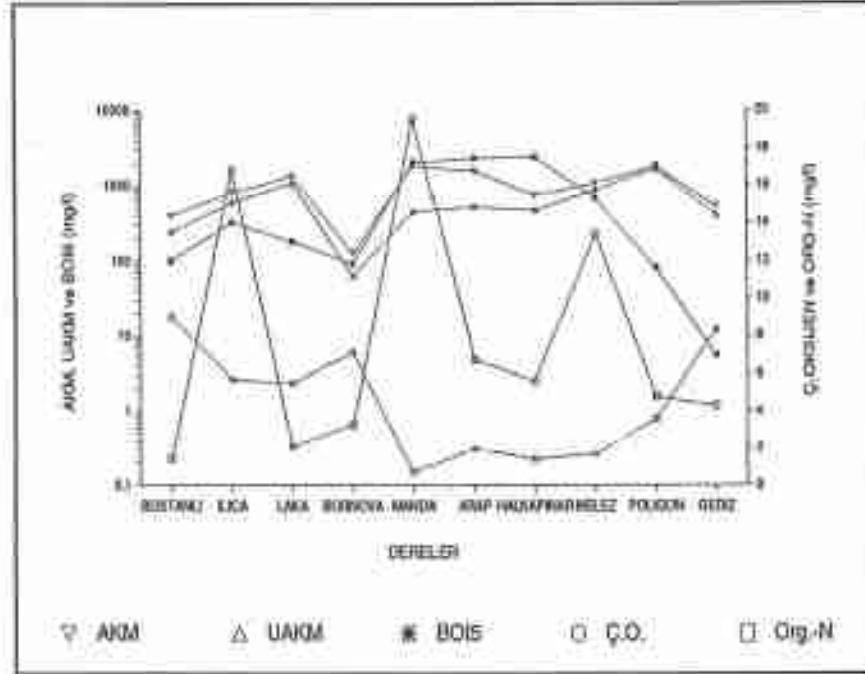
### 6.1.6. Küçük Menderes ve Büyük Menderes Havzaları

Drenaj alanı 6907 km<sup>2</sup> olan Küçük Menderes Havzası, Türkiye yüzölçümü'nün %0.88'i büyüklüğündedir. Yağış potansiyeli yılda 5.111 milyar m<sup>3</sup>, yıllık ortalama debisi 0.908 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzadaki önemli akarsular, Küçük Menderes Nehri ve Tahtalı deresidir. Küçük Menderes'in önemli yan kolları Uluçay, Kocahavran, Keleş, Aktaş ve Çamlı çaylarıdır. Havza sınırları içinde İzmir il merkezi ile Seferhisar, Çeşme, Urla, Torbalı, Selçuk, Tire ve Ödemiş gibi ilçe merkezleri bulunur. Bu yerleşimlerden

İzmir, Seferihisar, Urla en önemli kirlilik açısından Küçük Menderes'i etkilemez. Bölgedeki potansiyeli, önümüzdeki yıllarda önemli endüstriyel gelişmelere aday olan Torbalı yöresindedir. Ayrıca, İzmir'e içme suyu temin etmek amacıyla kurulmakta olan Tahtalı Barajı'nın menba kesimine yerleşmiş olan sanayi bölgesi de gelecekte bu içme suyu kaynağı açısından problemler yaratacaktır (Anonim 1998b).

Drenaj alanı 24978 km<sup>2</sup> olan Büyük Menderes Havzası, Türkiye yüzölçümünün %3.20'si büyüklüğündedir. Yağış potansiyeli yılda 16.384 milyar m<sup>3</sup> yıllık ortalama debisi 3.374 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzadaki önemli akarsular Büyük Menderes Nehri ve yan kollarıdır. Büyük Menderes'in önemli kolları Çine, Emir, Banaz, Küfi, Medran çayları ile Karacasu ve Akdere'dir.

Büyük Menderes havzası, Doğuda Nazilli-Feslek Ovası'ndan başlayıp, Batıda Söke Ovası ile Ege Denizi'ne kadar uzanan, tarımsal potansiyeli çok yüksek geniş alüviyal ovaları kapsamaktadır. İklim ve toprak koşullarının tarımsal üretime fevkalade uygun olduğu bu yörede devlet tarafından çok pahalı sulama ve drenaj sistemleri yapılmış ve halen yapılmasına devam edilmektedir. Diğer taraftan özellikle nehrin sağ sahilinde gelişmekte olan sanayi ve yerleşim merkezlerinin atıksuları, drenaj suları ile nehre geri dönen tarımsal mücadele ilaçları ve yapay gübre kalıntıları ile Sarayköy, Kızıdere ve Gemencik-Ömerbeyli'de açılan ve açılmakta olan jeotermal kuyuların atıkları Büyük Menderes'in kirlenmesine sebep olmaktadır. Bölgede tarımsal üretim, ciddi bir tehlike ile karşı karşıyadır. Bu boyutlarda yoğun bir kirlenme riski altında bulunan Büyük Menderes havzasında sistematik su kalite gözlemleri yapılmamaktadır (Anonim 1998b).



Şekil 6.5. İzmir Körfezi'ne dökülen derelerdeki bazı kirlenmelerin maksimum konsantrasyonları (Anonim 1998b).

#### 6.1.7. Batı Akdeniz ve Antalya Havzaları

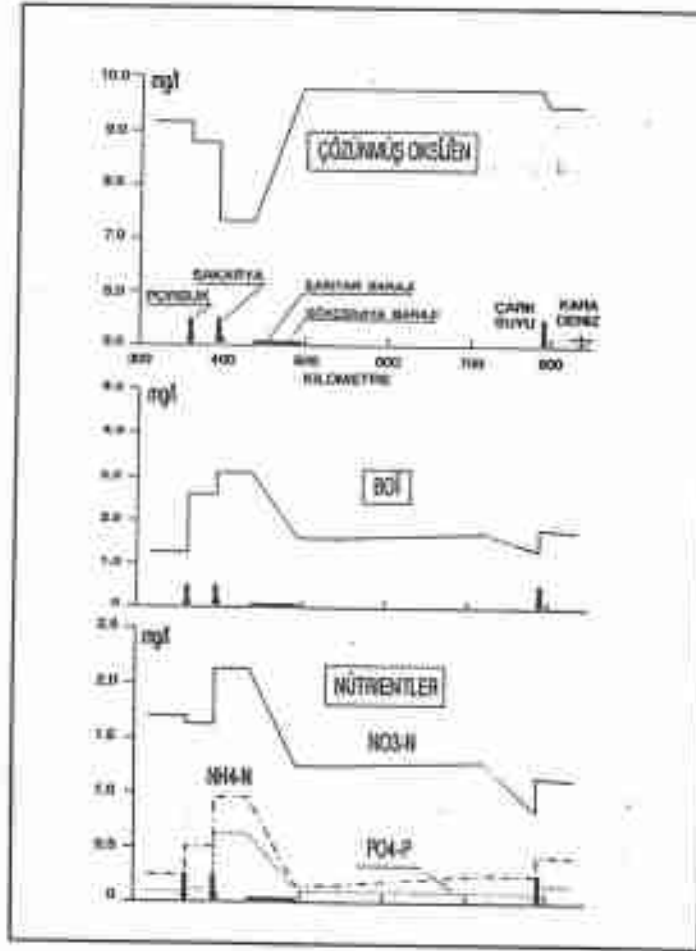
Drenaj alanı 20 953 km<sup>2</sup> olan Batı Akdeniz Havzası, Türkiye yüzölçümünün %2.67'si büyüklüğündedir. Ortalama yağış potansiyeli yılda 18.124 milyar m<sup>3</sup>, havzadaki akarsuların yıllık ortalama toplam debileri 7.388 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzadaki önemli akarsular Dalaman Çayı, Sarıçay, Eşençay ve Sarıçay'dır. Havzada Muğla il merkezi ile Bodrum, Acıpayam, Köyceğiz, Fethiye, Kaş, Finike gibi ilçe merkezleri bulunmaktadır.

Antalya Havzasındaki önemli akarsular Aksu, Köprü, Manavgat, Boğa ve Düden çaylarıdır. Her iki havzada da akarsuların genellikle çok sayıda birbirine paralel denize dik olarak inen kısa çaylardan oluştuğu görülmektedir (Anonim 1998b).

#### 6.1.8. Sakarya Havzası

Drenaj alanı 58 160 km<sup>2</sup> olan Sakarya Havzası, Türkiye yüzölçümünün %7.46'sı büyüklüğündedir. Yağış potansiyeli yılda 31.057 milyar m<sup>3</sup>. Yıllık ortalama debisi 5.462 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzanın temel

akarsuyu Sakarya Nehri'dir. Sakarya Nehri'nin önemli kolları, Bayat, Porsuk, Ankara, Kimir, Aladağ, Ova, Göyrün çayları ile Çark, Sarı, Çandırız ve Gök sularıdır. Havza alanı içinde Ankara, Eskişehir, Kütahya, Bilecik, Adapazarı il merkezleri bulunmaktadır. Uzunluğu 824 km olan Sakarya Nehri, Afyonkarahisar'ın kuzeyinde Bayat Yaylası'ndan doğar. Yassıhöyük yakınlarında Porsuk ve biraz daha kuzeyde Ankara Çay'ları ile birleştikten sonra sırasıyla Sarıyar ve Gökçekaya barajlarına girer. Sakarya Nehri'ni kirleten önemli kaynaklar arasında Seydi Suyu, Ankara Çayı, Porsuk Çayı, Sapanca Gölü'nün fazla sularını Sakarya Nehrine ulaştırılan ve Adapazarı'nın kullanılmış sularını alan Çark Suyu ile Adapazarı civarındaki sanayi kuruluşları sayılabilir (Anonim 1989).



Şekil 6.6. Sakarya Nehri'nin kirlilik profili (Anonim 1989b).

### **Seydi Suyu**

Seydi Suyu, Sakarya Nehri'ni oluşturan ilk kaynaklardandır. Zengin Bor tuzu yataklarının bulunduğu ve bor işletmeciliği yapılan Kırka Yöresinde bulunmaktadır. Sulama suyu temini amacıyla düşünülen Çatören ve Kunduzlar Barajları'nın fizibilite çalışmaları kapsamında bor kirliliği incelenmiş ve Çatören Barajı mansabında ortalama 3.40 mg/l, Kunduzlar Barajı mansabında ise ortalama 2.50 mg/l bor konsantrasyonları saptanmıştır.

Bu değerlerin sulama amaçlı kullanımlar için Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen 1.00 mg/l değerinin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Seydi Suyu, Sakarya Nehri'ni oluşturan ilk kaynaklardandır. Zengin bor tuzu yataklarının yer aldığı ve bor işletmeciliği yapılan Kırka yöresinde bulunmaktadır. Yörede iki baraj yapılmıştır. Bunlardan biri Çatören Barajı, diğeri ise Akin Deresi üzerindeki Kunduzlar Barajı'dır (Anonim 1998b).

### **Porsuk Çayı**

Sakarya Nehri'nin en önemli kolu olan Porsuk Çayı'nın başlıca kullanım amaçları: evsel ve endüstriyel su temini, tarımsal sulama, evsel ve endüstriyel atıksular için alıcı ortam ve balıkçılıktır. Kirleşmenin başlamasından sonra balıkçılık önemini yitmiştir.

Havzadaki en önemli kirlenme kaynakları, 1985 sayımına göre nüfusları sırasıyla 120 354 ve 367 328 Kütahya ve Eskişehir'in evsel atıksuları, Kütahya ve Eskişehir'deki mezbahaların atıksuları, Kütahya'daki azot, şeker, magnezit fabrikaları, Seyitömer Termik Santrali, Eskişehir'deki Sümerbank tekstil ve şeker fabrikaları, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi, Eskişehir Lokomotif Sanayi endüstriyel atıksuları ile tarımsal kökenli kirlenmelerdir. Kütahya'daki atıksularla yüklenen Porsuk Çayı üzerinde, 1974 yılında Eskişehir kent merkezini taşlından korumak amacıyla inşa edilmiş olan ve 1972 yılında 18 m daha yükseltilerek kapasitesi artırılan Porsuk Barajı bulunmaktadır. Barajın su toplama hacmi 312 milyon m<sup>3</sup>'tür. Barajdan Alpu ovasında 18000 ha tarımsal alanın sulanması için de yararlanılmaktadır. Gelecekte Eskişehir'in artan içme ve kullanma suyu ihtiyacının da bu barajdan sağlanması düşünülmektedir. Barajdan alınacak sulama artımları için bir içme suyu arıtma tesisi inşa halindedir (Anonim 1998b).

### **Ankara Çayı**

Ankara Çayı, Çubuk Çayı'ndan sonra, sırasıyla Hatip Çayı, İncesu Deresi, Dikmen Deresi ve Balgat Deresi'ni almakta ve Ankara Belediye sınırları dışına çıkmaktadır. Atatürk Orman Çiftliği yakınında bulunan Kemerköprü'de Ankara Çayı'nın debisi en az 1.70 m<sup>3</sup>/sn, en çok 3.44 m<sup>3</sup>/sn'dir. Çayın toplam havzası 3.153 km<sup>2</sup>'dir. Ankara nüfusunun ortalama %90'ının evsel atık suları Ankara Çayı'na verilmektedir. Ankara'dan kaynaklanan kirlilik yükü 180.000 kg/gün BOI<sub>5</sub>, 36.000 kg/gün toplam azot ve 17.500 kg/gün toplam fosfor olarak hesaplanmıştır. Kent çıkışında çay, tamamen açık bir kanalizasyon görünümündedir. Atatürk Orman Çiftliği yakınındaki Kemerköprü civarında yapılan ölçümlerde, BOI<sub>5</sub> değeri 40-200 mg/l bulunmuştur.

Ankara Çayı, yüksek kirliliğine karşın, nehrin güneyindeki bahçelerde meyve ve sebzelerin sulanmasında geniş oranda kullanılmaktadır. Oysa Bulur ve Munsuz (1986) tarafından yürütülen bir araştırma, çay sulanının sulamada kullanılmasının çok sakıncalı olduğunu ortaya koymaktadır. Çay ile sulanan topraklarda özellikle alt katmanlarda sodyum zararının artışı belirlenmiş olup, çok zorunlu durumlarda çay suyunun seyreltilerek çeşitli toprak düzenleyicilerle birlikte kullanılması önerilmektedir (Anonim 1998b).

#### **Çark Suyu**

Sapanca Gölü'nün fazla sularını boşalttığı Çark Suyu, 1967 yılına kadar Adapazarı'nın içme ve kullanma suyunu temin etmekte iken son yıllarda Adapazarı kenti evsel ve endüstriyel atıksularının deşarj edilmesi sonucunda yoğun bir kirlenmeye maruz kalarak son derece sağlıksız bir ortam haline gelmiştir. Toplam uzunluğu 38 km olan Çark Deresi, Sapanca Gölü'nün çıkışında oldukça temiz durumda olup, 8-9 km sonra kirlenmeye başlamaktadır.

Adapazarı'nda kanalizasyon şebekesi yoktur. Evlerin çoğu atıksularını septik çukurlara vermekte ve bunların önemli bir bölümü de taşmakta veya sızdırmaktadır. Belediyenin elindeki vidanjörler yetersiz sayıdadır. Çukurlardan taşan atıksular çevreye yayılmakta ve son derece sağlıksız bir ortam meydana getirmektedir (Anonim 1998b).





Şekil 6.7. Sakarya havzasında ölçülmüş maksimum BOD<sub>5</sub> ve minimum çözülmüş oksijen konsantrasyonları (Anonim 1998b).

### 6.1.9. Yeşilirmak Havzası

Drenaj alanı 38114 km<sup>2</sup> olan Yeşilirmak Havzası, Türkiye yüzölçümünün %4.63'ü büyüklüğündedir. Ortalama yağış potansiyeli yılda 20.079 milyar m<sup>3</sup>, havzadaki yıllık ortalama debi 5.781 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzadaki akarsu sistemi, Yeşilirmak ve yan kollarından meydana gelmektedir. Önemli yan kollar Kelkit Nehri, Alaca Suyu, Çekerek Irmağı, Mecitözü Deresi ve Tersakan Çayıdır.

Yeşilirmak, doğal sediment yükü ve kalite sınıfı açısından birtakım sorunları olan bir akarsuyumuzdur. En önemli kolu olarak Kelkit Çayı, birim km<sup>2</sup> alandan yılda 647 ton sediment taşıyarak, Dicle Nehri'nden sonra en fazla alüvyon yüküne sahip ikinci akarsuyumuz niteliğini kazanır. Yeşilirmak sediment yükünün bir bölümünü daha önce Almus Barajı'ndaki dinlenme sırasında buraya bıraktığı için, Kelkit Çayı kadar şanssız değildir (Anonim 1998b).

#### 6.1.10. Kızılırmak Havzası

Drenaj alanı 78 180 km<sup>2</sup> olan Kızılırmak Havzası, Fırat Havzasından sonra Türkiye'nin ikinci büyük alanına sahip olup, ülke yüzölçümünün %10,02'si büyüklüğündedir. Ortalama yağış potansiyeli yılda 35.685 milyar m<sup>3</sup>, havzadaki yıllık ortalama toplam debi 5.932 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzadaki akarsu sistemi, Kızılırmak ve yan kollarından meydana gelmektedir (Anonim 1998b).

#### 6.1.11. Konya Kapalı Havzası

Drenaj alanı 53 820 km<sup>2</sup> olan Konya Kapalı Havzası, Türkiye yüzölçümünün %6,90'ı büyüklüğündedir. Ortalama yağış potansiyeli yılda 23.519 milyar m<sup>3</sup>, havzadaki akarsulardaki yıllık ortalama debi 1.315 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzada önemli sayılabilecek akarsular Çarşamba Suyu, Divli Çayı ve Melendiz Suyu'dur.

Drenaj amacıyla yapılan bu kanala sonradan, yapılış amacının dışında, Konya kentinden kaynaklanan evsel ve endüstriyel kökenli atıksular antılmaksızın, deşarj edilmeye başlanmıştır (yılda ortalama 35 milyon m<sup>3</sup>). Bu uygulama, gerek kanaldaki su kalitesinin bozulmasına, gerekse de Türkiye'nin tuz ihtiyacının %30'unu karşılayan Tuz Gölü'nün kirlenmesine sebep olmuştur (Anonim 1998b).

#### 6.1.12. Seyhan ve Ceyhan Havzaları

Drenaj alanı 20 450 km<sup>2</sup> olan Seyhan Havzası, Türkiye yüzölçümünün %2,62'si büyüklüğündedir. Ortalama yağış potansiyeli yılda 12.663 milyar m<sup>3</sup>, havzadaki akarsuların yıllık ortalama debisi 6.727 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzadaki akarsu sistemi, Seyhan ve yan kollarından meydana gelmektedir (Anonim 1998b).

#### 6.1.13. Doğu Karadeniz Havzası

Drenaj alanı 24 077 km<sup>2</sup> olan Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye yüzölçümünün %3,09'u büyüklüğündedir. Ortalama yağış potansiyeli yılda 31.063 milyar m<sup>3</sup>, havzadaki akarsuların yıllık ortalama toplam debisi 16.764 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (Anonim 1998b).

Yağışların bol (1219mm/yıl) ve mevsimlere göre oldukça düzenli yayılmış olmaları, havzadaki akarsuların debilerinin de, diğer havuzlarımıza kıyasla, daha düzenli olmasını sağlar. Seyreltme potansiyelinin yıl boyunca üniform olması anlamına gelen bu özelliğin yanı sıra, havzadaki tüm önemli yerleşim birimlerinin kıyı boyunca sıralanması ve üst kesimlerin dağlık arazi yapısı sebebiyle tarımsal, faaliyete uygun olmaması akarsuların kaynak kesimlerinin temiz kalmasını sağlamaktadır (Anonim 1998b).

#### 6.1.14. Fırat ve Dicle Havzaları

Drenaj alanı 127 304 km<sup>2</sup> olan Fırat Havzası, Türkiye akarsu havzaları içinde en geniş olup, ülke yüzölçümünün %16.32'si büyüklüğündedir. Ortalama yağış potansiyeli yılda 74.08 milyar m<sup>3</sup>, havzanın yıllık ortalama toplam debisi 31.46 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Havzadaki temel akarsu Fırat Nehri'dir.

Türkiye'nin toplam su potansiyelinin yaklaşık üçte birine ve toplam alanının dörtte birine sahip olan bu iki havzada çok az sayıda noktada su kalitesi gözlemleri yapılmaktadır. Genellikle nüfus yoğunluğunun ülke ortalamasının altında olduğu, sanayileşmenin henüz yaygınlaşmadığı, sert iklim koşulları sebebiyle, birkaç verimli ova dışında yoğun tarım yapılmadığı ve akarsularının büyük debileri sebebiyle yüksek bir seyrelme potansiyeline sahip olduğu bölgede bugün için diğer havzalarımızla kıyaslanabilecek bir su kirlenmesinin olmayacağı açıktır.

Ancak Türkiye'nin tarihinde gerçekleştirmekte olduğu en büyük kapsamlı teknolojik uygulama olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP), bölgedeki üretimi önemli ölçüde arttıracığı için, projenin gerçekleşmesiyle birlikte çevresel bozulmaların da başlayacağına daha bugünden işaret etmek gereklidir. Bu sebeple ileride yapılacak çalışmalara su kalitesi açısından bir başlangıç koşulu (beseline) meydana getirecek olan gözlemlerin yoğunlaştırılmasında büyük bir zorunluluk vardır (Anonim 1998b).

#### Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)

Güneydoğu Anadolu Projesi, Fırat ve Dicle nehirlerinin aşağı kesimleri ile bunların arasında uzanan eski Mezopotamya Ovaları'nın yukarı kısımlarını kapsayan 70 000 km<sup>2</sup>'yi aşan bir alana yayılmaktadır. Proje alanı, bölgedeki Gaziantep, Adıyaman, Urfa, Diyarbakır, Mardin ve Siirt illerinin tamamını veya bir kısmını kapsamaktadır.

Güneydoğu Anadolu Projesi, bağımsız tek bir proje olmayıp, bölgede tasarlanan sulama ve enerji amaçlı 12 adet alt projeden meydana gelmektedir. Bu projelerden 6 tanesi Fırat, 6 tanesi ise Dicle Havzası'nda yer almaktadır. Önceki Aşağı Fırat projesinin etütleri ile başlayan çalışmalar, Fırat Havzası'nın diğer projeleri ve Dicle Havzası'nın da eklenmesi ile bölgesel bir niteliğe kavuşmuştur. Bölgedeki ekonomik ve sosyal yaşamı büyük ölçüde etkileyici nitelikte olmaları, sulama ve enerji gelişmesi ile birlikte birçok sektörü de sürüklenme potansiyelinden dolayı bu projeler demetine Güneydoğu Anadolu Projesi adı verilmiştir. Projenin uygulama programlarında belirtilen sürede, bugünden itibaren 30 yılda tamamlanması ile, yaklaşık olarak 1,8 milyon ha alan sulama açılacak ve 22 milyar kWh hidroelektrik enerji üretilecektir (Anonim 1998b).

#### GAP'ın olası çevresel etkileri

GAP Projesi temelinde sulama ve enerji üretimine yönelik olmasına karşılık, önemli çevresel bileşenleri de içermektedir. Bu bileşenleri iki grupta toplamak mümkündür :

- Projenin gerçekleştirilmesi ile ortaya çıkacak çevresel etkiler,

- Barajlarda su tutulması sonrasında su kalitesinde ortaya çıkabilecek değişimler ve kalite bozulması problemlerinin çözümlenmesi için projenin hazırlanması sırasında ve proje tamamlandıktan sonra alınması gerekli önlemler.

GAP'ın çevresel etkileri, "önemli boyutlarda olumlu, önemsiz boyutlarda olumsuz" olarak özetlenebilir. Olumlu çevresel etkiler; halen kurak durumda bulunan arazilerin sulanarak yeşillendirilmesi, enerji elde edilmesi, akarsuların düzene kavuşturularak taşkın kontrolü, baraj gölleri etrafının rekreatif amaçlarla kullanılması ile sosyo-ekonomik gelişmeye sebep olabilecek etkilerdir. Gereklİ önlemlerin önceden ve bilinçli bir biçimde alınması ile kontrol edilmesi mümkün olan olumsuz etkileri ise, yukarıda da belirtildiği gibi baraj göllerindeki su kalitesinin değişimi ve bunun kullanım potansiyeline etkisi, sulama imkanlarının ortaya çıkması sonucu tarımın gelişerek tarım ilaçları ile gübre kullanımının artması, barajlar ve sulama faaliyetleri sonucu su ile geçebilen hastalıkların artması, yeraltısu seviyesinin yükselmesi, tarihi değerlerin sular altında kalması ve yörede yaşayan kişilerin yaşam tarzlarında ve sosyal yapıda ortaya çıkabilecek değişiklikler olarak sayılabilir. GAP Projesi'nin tamamlanmasıyla birlikte yörede agro-endüstrilerin (tarıma dayalı endüstri) gelişeceği bilinmeli ve bu endüstrilerin getireceği çevre sorunlarının önlemlerine yönelik planlamalar bugünden yapılmalıdır.

## 7. YERALTI SUYU KİRLENMESİ

Yeryüzüne ulaşan suyun özellikleri, yağmur ve kar suyu analizleriyle belirlenebilmektedir. Genellikle yağmur suyunda pek fazla çözünmüş ya da koloidal madde bulunmaz. Yağmur suyunun pH değeri endüstrileşme ve şehirleşmenin yoğun olmadığı yörelerde genellikle 5-6 arasındadır. Yağmur suyu yeryüzüne indiği andan itibaren kirlilik yükünde ani bir artış olur. Organik ve anorganik partiküller, hayvansal ve bitkisel yaşam artıkları, doğal ve yapay gübreler, pestisidler ve mikroorganizmalar yeraltına doğru taşınır. Bu taşınma sırasında, üst kısımlardaki havali toprak katmanlarında, zemin cisminin özelliklerine de bağlı olarak, su özelliğinde önemli miktarda iyileşme sağlanır. Askıdaki maddelerin hemen tamamı süzülme ile uzaklaşırken, organik maddeler ayrışır, mineral bileşenler bitki kökleri tarafından alınır. Suyun oksijen içeriği azalırken CO<sub>2</sub> miktarı artar (Türkmen 1985; Anonim 1988b).

Suyun süzülmesi sırasında organik maddelerin kısıtlı oluşu sebebiyle, mikroorganizmalar büyük ölçüde azalmakta, bakteri ölümü sonucu ortaya çıkan maddeler daha alt kısımlardaki başka bakteriler tarafından kullanılmaktadır. Böylece suyun mikroorganizma içeriği hızla azalır. Yeraltına sızma sırasında suyun içerdiği oksijen, çeşitli organik ve anorganik unsurlarla reaksiyona girer. Organik madde biyooksidasyona uğrarken, demir ve manganda çökeltme ile uzaklaşır. Bu reaksiyonlarda oluşan hidrojen iyonu varsa bikarbonat ile birleşerek suyun CO<sub>2</sub> içeriğinin artmasına ve oksijen içeriğinin azalmasına sebep olur. Kalsiyum ve magnezyumun karbondioksit ile verdiği reaksiyon ise, suyun sertlik ve alkalinitesinin artmasına sebep olur. Yeraltında ayrışabilen organik maddelerin çok olması durumunda, suyun çözünmüş oksijeni büyük oranda kaybedilerek suda istenmeyen bazı maddeler oluşur. Suyun oksijen içeriği 0.5 mg/l'nin altına düştüğü andan itibaren, nitratlar oksijen temin edici olarak iş görmeye başlarlar. Nitratların önemli bir kısmı moleküler azota dönüşürken, küçük bir kısmında amonyum iyonuna indirgenir. Nitratın azot gazına dönüşerek sudan uzaklaşması su kalitesi için iyi olmasına karşılık, amonyak oluşumu zararlıdır. Ayrıca oksijen yokluğunda demir ve mangan iyonları çözeltide kalır ve yeraltısuyunun kullanılabilmesi için arıtılması gerekir. Demir ve mangan iyonlarının insan sağlığına zararlı olmamalarına karşın, suya acımsı bir tat ve çamaşırlara kahverengi renk verdikleri için, uzaklaştırılmaları gerekir. Oksijensiz koşullarda, sülfatlar da indirgenerek H<sub>2</sub>S'e dönüşür. Bu da suyun içilmesini imkansız kılan kokuların meydana gelmesine yol açar.

Yeraltısuları kirlenmeye karşı yüzeysel sulardan çok daha duyarlıdır. Özellikle toksik ve kalıcı bir kirlenmeye maruz kalmış bir yeraltı su kaynağı pek çok kullanım açısından değerini çok uzun bir zaman süresi için yitirmiş olur. Bunun sebebi, yeraltısularındaki değişim ve seyrelme kapasitesinin çok sınırlı oluşudur. Su kaynaklarının kullanımı ve korunmasına yönelik planlamalarda mevcut yeraltısuyu kalitesi, aktiflerin durumu ve özellikleri, yeraltısuyu akış yönleri, mevcut çekimler, emniyetli çekim miktarları, yeraltısuyu seviye ve kalitesinde geçmişte izlenen değişimler tesbit edilmesi ve planlanan faaliyetle ilişkilendirilmelidir.

Türkiye'de içme suyu kaynağı olarak önemli bir yeri olan ve hemen daima yüzeysel sulardan çok daha az bir arıtma ile kullanılma imkanı bulunan (çoğunlukla da hiç bir arıtma yapılmaksızın kullanılan) yeraltısularının, gözden

uzak oluşları sebebiyle, kirlenmeyeceği varsayılmıştır. Ancak, dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de yeraltısuyu kirlenme olaylarının ortaya çıkması, toprağın arıtma kapasitesinin sınırsız olmadığını ve bu kaynağın da kirlenebileceğini göstermiştir (Anonim 1998b).

Türkiye'deki yeraltısularının kirlenme sebeplerini aşağıdaki şekilde gruplandırmak mümkündür:

- Türkiye'de yeraltısuyu kirlenmesinin en önemli sebebi evsel atıkların yeraltısuyna taşınmasıdır. Büyük kentlerde bile yetersiz kalan altyapı tesisleri, küçük yerleşim yerlerinde hemen hiç bulunmamakta, foseptik çukurlardan sızan yeraltısularına ulaşabilmektedir. Bunun sonucu olarak su ile geçen bulaşıcı hastalıklara (sarılık, barsak parazitleri) Türkiye'de sık rastlanmaktadır. Bomova Ovası yeraltısuvarında yapılan deneysel çalışmalar, zaman zaman koliform bakteriye rastlandığını, dolayısıyla bazı kuyulara mevsel atıklardan sızıntı olduğunu ortaya koymuştur. Ancak sözkonusu kuyulardan alınan sular daha sonra dezenfekte edildiği için tehlike önenebilmektedir. Ayrıca yeraltısuvarında deterjan bulunması da evsel atıkların yeraltısuvarına ulaştığının bir göstergesidir. Evsel katı atıkların zeminde depolanması ya da arazi doldurmada kullanılması da diğer önemli kirlilik sebebidir. Çöplerin uygun bertaraf yöntemleriyle arıtılarak uzaklaştırılmaması halinde, sızıntı suları çok miktarda mikroorganizmanın yanısıra organik madde, toplam çözünmüş tuzlar, amonyum, nitrat ve ağır metaller gibi kirlenme ajanları içermekte, yeraltısuyu kalitesinde önemli bozulmalara yol açmaktadır.
- Yeraltısuyu kirlenmesine diğer önemli katkı, endüstrilerden gelmektedir. Endüstri kuruluşları, ulaşım imkanlarının iyi ve su kaynaklarının bol bulunduğu ovaları tercih etmekte, Kemalpaşa Ovası örneğinde olduğu gibi, bazı durumlarda su kaynağının üzerine yerleşmektedirler. Bu durum, endüstri kaynaklı kirliliğe yol açmaktadır. Nitekim Kemalpaşa Ovası yeraltısuvarında sızanür çıkması Bomova Ovası'nda yeraltısuyna tuz kaşması endüstriden kaynaklanan kirliliklere örnek olarak verilebilir. Bomova Ovası'ndaki endüstrilerden bir tanesi, zeminde tuz bıraktığı için, 116 m derinlikteki kuyu suyunda klorür, sodyum ve bikarbonat iyonu konsantrasyonları ile buharlaştırma kalıntısı değerlerinde ani bir artış görülmüştür. Suyun içilemez hale gelmesi üzerine endüstri kuruluşu uzun süre pompajla suyu atma yoluna gitmiş, suyun eski özelliklerine ulaşması yıllar almıştır. Bu tür örneklerin azlığı, yeraltısuyu kirliliği olaylarının azlığına değil, bu konuda yapılmış olan araştırmaların azlığına işaret etmektedir (Anonim 1998b).
- Türkiye, endüstrileşme yolunda büyük mesafeler katetmekteyse de, halen tarım ülkesi olma özelliğini de korumaya devam etmektedir. Özellikle son 20-25 yıldır ürün verimini artırma amacıyla tarım ilaçları (pestisit) ile doğal ve yapay gübre kullanımındaki artış, önemli bir kirlenme kaynağı oluşturmaktadır. Bomova Ovası'nda yeraltısuyu kirliliği konusunda yapılan bir çalışmada (Türkmen 1981) bazı kuyularda nitrat konsantrasyonunun zaman içinde büyük salınımlar gösterdiği ve bir yıllık bir süre dikkate

alındığında, nitrat konsantrasyonunun arttığı, bir başka sığ kuyuda ise nitrat konsantrasyonunun TSE'ce sınır değer olarak verilen 45 mg/l değerine ulaştığı belirlenmiştir. Bursa Ovası'nda açılmış olan sondaj kuyularından bir tanesinde yapılan periyodik kontrollarda, normal olarak kuyudaki nitrat konsantrasyonu 15-20 mg/l iken gübrelemenin yapıldığı mevsimlerde bu değerler 110-150 mg/l kadar çıktığı gözlenmiştir (Yahşi 1981; Anonim 1998b). Çukurova'da yapılmış bir çalışmada yeraltısuyunda pestisit kirlenmesi olduğu belirlenmiştir (Tamizer 1979; Anonim 1998b). Yeraltısularında pestisit kirlenmesi konusunda yapılacak araştırmalara büyük ihtiyaç vardır. Ancak ölçümlerinin pahalı aletler gerektirmesi ve güç olması sebepleriyle, pestisit kirliliği konusunda yapılmış araştırma sayısı çok kısıtlıdır.

- Deniz kıyısı bölgelerde bir problem olarak karşılaşılan deniz suyu girişimi, yeraltısuyunun aşırı çekimi sonucu meydana gelmektedir. Deniz kıyılarında, deniz suyu ile akarsu ve yeraltısular arasında bir tatlı su-tuzlu su karışma bölgesi bulunmaktadır. Denize yakın aküferlerden aşırı miktarlarda su çekildiğinde, tatlı su basıncı düşmekte ve deniz suyu kara içinde ilerlemektedir. 167 Sayılı Kanun ile, Devlet Su İşleri'nin izni olmadan yeraltısuyu çekiminin yasaklanmış olmasına karşılık, yapılan hesaplar Türkiye'de büyük miktarlarda kaçak çekim olduğunu ortaya koymakta, sonuçta da yeraltısuyu seviyesinin yıldan yıla düşmesi kaçınılmaz olmaktadır. Örneğin, Bornova Ovası'nda yapılan bir araştırmada, üzerinde çalışılan 7 kuyudan denize yakın 3 tanesinde deniz suyu girişimi bulunmuştur (Tuğlu 1985; Anonim 1998b).

Türkiye'de önemli oranlardaki yeraltısuyu tüketimi ve toplam yararlanılabilir, 8,4 milyar m<sup>3</sup>/yılılık yeraltısuyu potansiyeli gözönüne alındığında, yeraltısularının Türkiye açısından taşıdığı önem kolayca anlaşılmaktadır.

Yeraltısuyunun kirlenmesi ve derecesinin ülkeden ülkeye ve yerel olarak önemli değişiklikler gösterebilmesine karşılık, kirlenmenin temel nedenlerini büyük başlıklar altında toplamak mümkündür. Yeraltı suyunun kirlenmesinin en belirgin nedeni kentsel ve endüstriyel atıkların arıtma edilmeden çevre ortamına verilmesidir. Katı, sıvı yada gaz atıklar çevreye verildikten sonra, iklim durumuna, toprağın yapısına, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı suyuna taşınır (Uslu ve Türkman 1987).

Yeraltısuyu kirlenmesinin diğer önemli nedenlerinden biri de aşırı çekimdir. Tarım ilaçları da son yıllarda kirlenme etmeni olarak büyük önem kazanmıştır. Diğer yeraltısuyu kirlenme nedenleri arasında, trafik nedeniyle kirlenme egsoz gazlarındaki zararlı bileşenlerin yağmur sularıyla taşınımı, buzda kaymayı önlemek üzere tuz dökülmesi vd. kazalar sonucu kirlenme sayılabilir.





kirleticiler, önemli sorunlara yol açmaktadır. Gübre kullanımı ve atıkların doğrudan çevreye verilmesi sonucu  $NO_2^-$  derişiminde artış beklenmelidir. Herhangi bir anda yapılan ölçüm bu parametre açısından sınır değerin altında sonuç verse bile, sürekli artış olacağı açıktır. Gerçekten de dünyanın pek çok ülkesinde (İsrail, İngiltere, Almanya, Amerika gibi) yeraltısularında nitrat derişimleri içme suyu standartlarında belirlenen düzeyi aşmış durumdadır. Aküferlerden müsaade edilebilir en büyük çekimden fazla su alınması da kirlenmeye yol açmaktadır. Özellikle deniz kıyısı, bölgelerde aşırı çekim tatlı su basıncının düşmesine ve deniz suyunun kara içinde ilerlemesine neden olmaktadır (Uslu ve Türkman 1987).

Ülkemizde zaman zaman yeraltısularında koliform bakterilerine rastlanması yeraltısuyuna evsel atık su karışığının bir göstergesi olmaktadır. Özellikle yüzeye yakın kuyular, bu tür kirlenmeden çok etkilenmektedir. Bu da dezenfeksiyon işleminin önemini gündeme getirmekle beraber, asıl amaç önce kirlenip sonra sorunu çözmek değil, kirlenmeyi önlemektir. Konuya yeraltısuyu açısından bakıldığında, suyun bir kez kirlendikten sonra antimasının çok zor ve pahalı, hatta bazı durumlarda imkansız olduğu unutulmamalıdır. Genellikle yeraltısuyu kirlenmesi belirtildiği anda kirlilik hayli ilerlemiş olmaktadır (Türkman 1985).

Ülkemizde yeraltı suyunun diğer bir kirlenme nedeni de kıyılardan aşırı su çekimidir. Deniz kıyılarında akarsu ve yeraltısular için bir tatlı su-tuzlu su karışma bölgesi vardır. Denize yakın aküferlerden aşırı çekim, tatlı su seviyesinin düşmesine ve deniz suyunun tatlı su aküferinde ilerlemesine neden olmaktadır. Bomova ovası için yapılan bir çalışmada, denize yakın kuyularda aşırı su çekiminden dolayı deniz suyu girişimi ve bunun olduğu içme suyu kalitesinin düşmesine, suyun tuzlanmasına ve suyun içilebilirlik özelliğinin kaybolmasına neden olduğu bildirilmektedir (Türkman 1985).

Toprak yüzeyine bırakılan her türlü atıklar da yağmur sularıyla çözülerek yeraltısuyuna taşınabilmektedir. Bomova'da 116 m derinlikte su çekilen bir kuyudan alınan su örneklerinin analizinde klorür, sodyum bikarbonat iyonu derişimleri ile buharlaştırma kalıntısı değerlerinde ani bir artış gözlemlenmiştir. Zeminde daha sonra kullanılmak üzere depolanan tuzun zamanla yeraltı suyuna taşınarak su kalitesinin içilemeyecek kadar bozulmasına neden olmuştur (Türkman 1985).

## 8. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRME (ÇED) RAPORU

### 8.1. ÇED Raporunun Kapsamı

Ülkemizin kara ve su ekosistemleri üzerindeki bazı etkileri, bu etkilerin kaynaklarını ve sonuçlarını kısaca ve oldukça genel hatları ile gözden geçirdiğimizde, etki kaynaklarının çeşitliliği ve kontrol edebilme güçlüğü ile karşılaşmaktadırlar. Ülkemizin sosyo ekonomik durumu, kişi, kuruluş veya kurumdan , hangi faaliyetleri için ÇED Raporu isteneceğini karmaşık bir soru olarak önümüze koymaktadır. Bir fabrika kurmak isteyen firmadan veya kanalizasyon şebekesini düzenlemeye çalışan belediyeden ve benzeri olaylardan ÇED Raporu istemek kolaydır. Ancak ormanda tarta açarak veya ormanda hayvan otlatarak geçimini sağlamaya çalışan, fakat bu sırada toprak erozyonuna sebep olan köylüden ÇED raporu istenemez. Ormanı tahrip eden ve toprağın erozyonuna sebep olan köylünün yaptığı bir iş suçtur. Bu kişinin yakasına Anayasanın 189 ve 6831 sayılı Orman Kanunu'nun ilgili maddeleri gereğince Devletin Orman İşletmelerinin yetkilileri yapıştır ve onu mahkemeye vererek cezalandırılmasını sağlar. Ancak orman alanlarını deraltmaya kalkışan ve bu yönde kanun tasarıları hazırlayan hükümet adına Tarım-Orman ve Köy İşleri Bakanlığı bu tasarrın hangi felaketlere sebep olacağını bir ÇED Raporu ile incelemek zorundadır. Aynı şekilde kıyıları turizm şirketlerine açıp, sade vatandaşın yer bırakmayan Turizm Bakanlığı da bu fiilleri için ÇED Raporu hazırlamak zorundadır. Bu gibi tasarılar ve tasarrıflardan önce 2672 sayılı Çevre Kanunu'nun hükümlerinin gözönüne alınması gerekmektedir. Ancak bu yönde bir ÇED Raporununun bilimsel ve teknik bir tarafsızlıkta hazırlanamayacağı, siyasi otoritenin gücünü kendi eğilimi yönünde kullanacağı da bellidir. Doğal kara ve su ekosistemlerimizi tahribattan koruyacak, onları geliştirecek ve ülkenin faydalanmasına sunacak olan kararların verilmesi, ancak temelde yerel olarak yeterli teknik ve yasal alt yapı ile planların varlığına dayandırılabilir. Bu tür temel veriler varsa, bir firmadan da, siyasi iktidarın hazırlattığı bir kanun tasarıları veya karamameden de ÇED Raporu istemek mümkündür. Hiç değilse girişilen işlemin etkisi hakkında fikir leri sümek, yetkilileri uyarmak veya ikna etmeye çalışmak, nihayet adaletle başvurmaya mümkündür (Anonim 1991b).

Yukarıdaki açıklama ÇED Raporunu ülkede her kuruluşun ve kurumun hazırlamak zorunda olduğunu göstermektedir. Esasen bir durum muhakemesi olan ÇED Raporuna benzer incelemeler projelerde yapılmaktadır. Ancak bu incelemeler tipik birer ÇED Raporu olmadığı için 2672 sayılı Çevre Kanunu'nda böyle bir raporun hazırlanması öngörülmemiştir (Anonim 1991b).

### 8.2. ÇED Raporu İçin Temel Veriler Konusu

ÇED Raporlarının düzenlenmesi için incelemeye konu olan ekosistemin önceden bir envanterinin yapılmış, özelliklerinin belirlenmiş olması gerekir. Eğer böyle bir çalışma yoksa, bu ekosistemin özelliklerinin ÇED Raporunun hazırlanışı sırasında belirlenmesi gerekir. Ekosistemlerin yetişme ortamı özellikleri, yetişme ortamı birimleri ve sınırları, canlı toplumlarının bileşimi ve özellikleri vb. bilgiler elde olmadan ÇED Raporu yapılamaz (Anonim 1991b).

Örnek olarak, bir yere kurulacak bir fabrikanın ÇED Raporunun hazırlanışını ele alalım. Bir fabrikanın çevresine yapabileceği muhtemel olumsuz etkileri ve bu etkilerin sonuçlarını sıralayıp irdelemek, olumlu etkiler ve onların yaratacağı sonuçlar ile karşılaştırmak gerekecektir. Fabrikanın gaz, sıvı ve katı atıklarının çevredeki ekosistemler üzerindeki etkileri ne olabilir?

- 1) Gaz atıklar hava kirliliği ve asit yağışlara sebep olacaktır. Bu etki ile doğal ekosistemlerden ormanlar kuruyacak, otlakların otları kuruyacak, tarım alanları zarar görecektir. Muhtemelen arazi kullanımı değiştirilecektir.

Daha önemlisi toprağın erozyona kaybidır. Toprak kaybını ve selârin oluşumunu yamaç arazide teras yaparak önlemek mümkündür. Ancak bu arazi teraslamaya uygun mudur? Eğim durumunun, toprak özellikleri ile anakaya özelliklerinin incelenmesi ve haritalanması gerekir. Toprağın teraslanarak tutulması da sorunu çözmeye yetmez. Asit yağış etkileri ile toprak reaksiyonunun çok şiddetli asitliğe dönüşmesi, kil minerallerinin bozularak kanyonları ve suyu tutma özelliğini kaybetmesi, alüminyum ve manganezin serbest kalarak, bitkiler için zehir etkisi yapması sonucunda toprakta bitki yetiştirme olanaklarının ortadan kalkması sözkonusudur. Toprağın bitki yetiştirme gücünü yitirip yitirmeyeceği ve bu sürenin ne kadar olduğu ÇED Raporunda irdelenmelidir. Kurulan tesisin faaliyet süresi içinde veya sonunda etki altında kalan arazide bitki yetiştirilip yetiştirilemeyeceği sorusunun cevabı toprak özelliklerinin incelenmesi ve haritalanması ile verilebilir.

Özellikle gaz zararlarının nemli ve soğuk döneminde etkili olması, zarar gören arazide yazlık bitkilerin yetiştirilmesini mümkün kılabilir. Böyle bir değerlendirme yapabilmek için yeryüzü şekli özellikleri, iklim özellikleri, anakaya - toprak özellikleri ve yetiştirilebilecek bitki türlerini kapsayan bir envanter ve değerlendirme yapmak gerekir. Bu değerlendirme ilgililenilen ekosistemlerde yetiştirme ortamı etüdü ve haritalamasıdır.

- 2) Katı atıklar sadece bir çöp sorunu olmayıp kimyasal ve nükleer kirlenmelerine de sebep olmaktadır. Katı atıkların sebep olduğu kirlenme, toprak suyunun (sızıntı ve tabansuyu dahil) kirlenmesine ve bu topraklarda yetiştirilen bitkilerin de etkilenmesine sebep olabilir. Özellikle insan ve hayvan (dolayısı ile insan) için besin maddesi niteliğindeki tarım bitkilerinin yetiştirileceği topraklarda çöplerin özellikleri önemlidir. Öte yandan içme suyunun toplandığı havzalardaki çöplükler de önemli sorunlar yaratabilmektedir.

Çöplükler ve bunların yaratacağı sorunların da ÇED Raporu verilebilmesi, için yetiştirme ortamının iyice etüdü edilmesi ve haritalanması gerekmektedir.

- 3) Sıvı atıkların toprağın ve su ekosistemlerinin kirlenmesindeki etkilerinin değerlendirilebilmesi için toprağın özelliklerinin bilinmesi ve su ekosistemlerinin iyice incelenmesi gerekmektedir. Su ekosistemlerinde, bir yetiştirme-yaşama ortamı olarak suyun özellikleri, suyun değişim kapasitesi ve niteliklerinin bozulma süresinin incelenmesi yanında, bu yetiştirme ortamında yaşayan canlı toplumlarının tür bileşimleri ile etkiye direnibilme güçlerinin de incelenmesi gerekmektedir.

- 4) Tasarılan tesisin öncelikle tarıma uygun alanda kurulması gerekir. Çukurova'daki sanayi tesislerinin (ve yerleşmelerin) ve diğer yörelerdeki sanayi kuruluşlarının en değerli tarım alanlarını kaplaması olayı ülke tarımı için önemli bir sorundur.
- 5) Kurulması öngörülen böyle bir tesisin çevreye sağlayacağı iş gücü olanakları, işleyeceği hammadde ve üreteceği mallar tümü ile sosyo-ekonomik faydalar sağlayacaktır. Ancak, her iş merkezinin çevresinde yaratacağı yerleşme yerleri sorunu da ele alınmalıdır. Bu konunun da ÇED Raporunda yer alması gerekir.
- 6) ÇED Raporunda 2872 sayılı kanun yanında inceleme, konusu alanda geçerli ve etkili hükümleri içeren diğer kanunları da gözönüne almak gerekmektedir. Özellikle 6831 sayılı Orman Kanunu, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varıklarını Koruma Kanunu, 2873 sayılı Millî Parklar Kanunu, 3167 sayılı Kara Avcılığı Kanunu, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu, 1953 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, 1757 sayılı Toprak ve Tarım Reformu Kanunu, 6875 sayılı İmar Kanunu, 618 sayılı Limanlar Kanunu, 13.3.1984 tarihli İSKİ-Alık Sulama Kanalizasyon Şebekesine Değerli Yönetmeliği ve Belediye Kanunu bunlar arasındadır.

Yukarıda ana çizgileri ile verilen örnek, ÇED Raporunda çok değişik kaynaklardan sağlanacak temel verilerin kullanılmasının gerektiğini göstermektedir. Bu verileri sağlamak ve değerlendirmek farklı bilgi ve bilim disiplinlerinin birarada-ışbirliği içinde çalışmasını zorunlu kullmaktadır. ÇED Raporu ekolojik ve sosyo-ekonomik karakteristikleri içeren ve hukuki kapsamı olan bir rapor niteliğinde olmalıdır (Kantarıcı 1985 ; Anonim 1991b).

### 8.1. ÇED Raporunda Yöntem Meselesi

ÇED Raporu için yapılacak değerlendirmelerin yöntemi raporun düzenleneceği kuruluşun kapasitesi ile etkileme gücüne , etki alanının genişliğine ve etkilenecek ekosistemlerin çeşitliliğine bağlıdır. Bu nedenle çeşitli yöntemlerin kullanılması mümkündür. ÇED Raporu düzenlenmesinde kullanılacak yöntemler başlıklar ile aşağıda sıralanmıştır (Anonim 1991b).

#### a. Kontrol listesi yöntemleri

- (1) Basit kontrol listesi ile ÇED Raporu düzenlenmesi
- (2) Tarif edici kontrol listesi ile ÇED Raporu düzenlenmesi
- (3) Derecelendirme kontrol listesi ile ÇED Raporu düzenlenmesi
- (4) Ağırlıklı kontrol listesi ile ÇED Raporu düzenlenmesi
- (5) Sıraıamalı yöntem ile ÇED Raporu düzenlenmesi

## **b. Etki matrisleri yöntemleri**

- (1) Leopold matrisi
- (2) Environment Kanada matrisi

ÇED Raporunda temel verilerin sıratanışı ve karakteristiklerin saptanarak etkileme değerlendirmelerinin yapılması için çeşitli öneriler ileri sürülmüştür. Yöntem önerilerini yukarıdan beri ileri sürdüğümüz ekosistem görüşleri çerçevesinde incelediğimizde;

- 1) ÇED Raporunun düzenlenmesinde kombine yöntem kullanılması,
- 2) Bu yöntemin de aşağıdaki ana konuları içermesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.

ÇED Raporunda kombine yöntemin ana konuları:

### **(1) Temel ekolojik veriler**

- (1.1) Yeryüzü şekil haritası
- (1.2) Jeolojik yapı haritası
- (1.3) Anakaya haritası
- (1.4) Toprak haritaları (çeşitli toprak özelliklerini gösteren haritalar halinde)
- (1.5) Ekolojik toprak sınıfları haritası
- (1.6) İklim özellikleri haritaları (yağış, sıcaklık, iklim tipi, rüzgarlar vb. Haritalar)
- (1.7) Arazi yetenek sınıfları haritası
- (1.9) Bitki toplumları haritası
- (1.10) Yetiştirme ortamı birimleri haritası

Not : Su ekosistemleri için ortam özellikleri ve canlı toplumları etütleri ve haritaları.

### **(2) Temel sosyo-ekonomik, endüstriyel ve hukuki veriler**

- (2.1) Yerleşme yerleri ve nüfus yoğunluğu haritası
- (2.2) Sağlık ve rekreasyon alanları haritası
- (2.3) Yerleşme yerlerinin ve nüfus yoğunluğunun gelişimi (imar planları) ve bu gelişime göre rekreasyon alanları vb. ihtiyaçlarına ait veriler ve haritalar.
- (2.4) Çevredeki tarih, sanat ve diğer kültür değerlerinin gösterildiği harita.
- (2.5) Halkın işgücü, geçim durumu ve gelir kaynaklarına ait bilgiler ve harita.
- (2.6) Konu ile ilgili kanunlar ve bunların etkili olduğu alanların belirlenmesi.
- (2.7) Diğer sanayi kuruluşlarının dağılımı, yoğunluğu ve etkilerine ait verilerin belirlenmesi.

### **(3) Değerlendirme**

- (3.1) Birinci ve ikinci derecede zarar alanları ve zararların etkisi (şiddet ve süreç) (kısa ve uzun süreli zararların incelenmesi).
- (3.2) Ekosistemlerde (doğal ve antropojen) denge bozulmasına sebep olan etkilenmelerin yaratacağı sonuçlar (kısa ve uzun sürede).

- (3.3.) Zararların önlenmesi için öneriler.  
(3.4) Arazi kullanma politikası yönünden irdeleme.  
(3.5) Olumlu etkilerin değerlendirilmesi ( işgücü, sosyo-ekonomik etkiler, Kısaca kalkınma).

#### (4) Sonuç

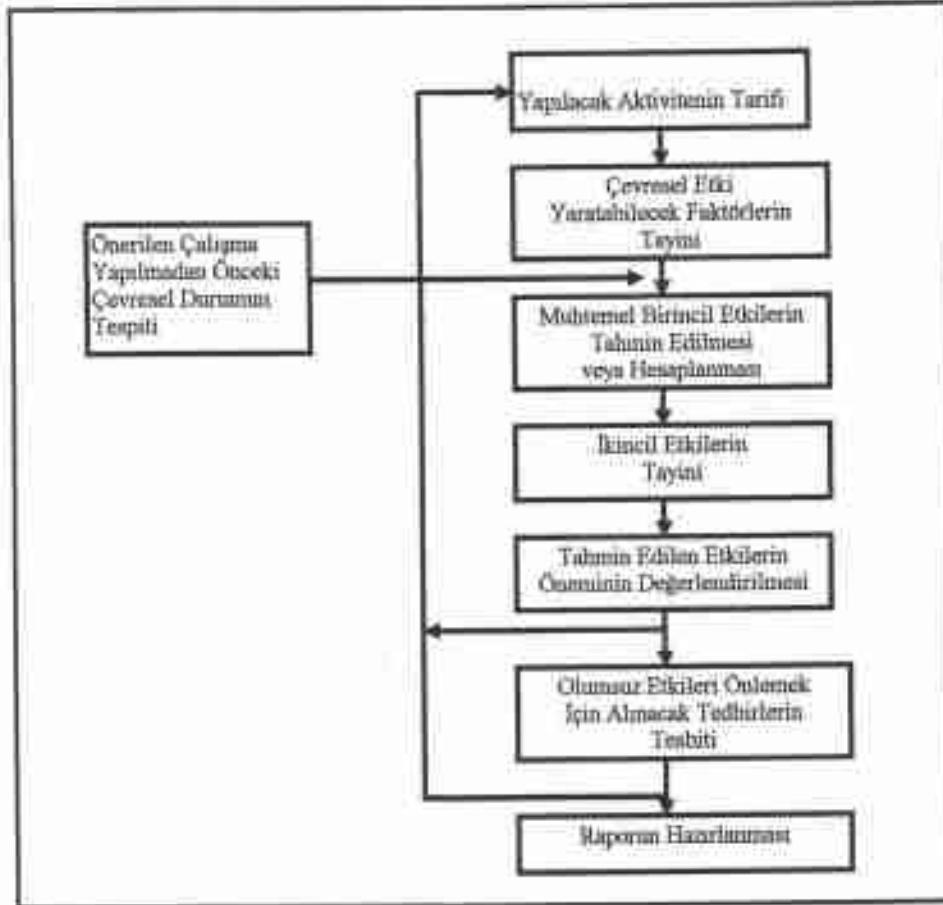
- (4.1) Olumlu ve olumsuz etkilerin karşılaştırılması.  
(4.2) Alternatif öneriler.  
(4.3) Kararlar.

Sonuç olarak, kalkınmakta olan ülkemizde, gerek devletin, gerekse özel kuruluşların, belediyeler, vakıflar vb. kurumların faaliyetlerini iyi kontrol etmeleri gerekmektedir. Bu faaliyetlerin işlemesi için çıkarılan kanunlar, karamameler ve yönetmelikler de dahil olmak üzere tüm çalışmalar yetişme-yaşama ortamlarını tahrip ederek ülkenin devamlılığını ve berraklığını tehlikeye sokmamalıdır. Bu nedenle tarafsız, bilimsel ve teknik nitelikli ÇED raporlarının hazırlanması gerekmektedir. ÇED raporları kombine yöntemlerle hazırlanmalıdır. ÇED Raporlarının hazırlanmasında ülkeyi ve ülkenin ekolojik özellikleri yanında sosyolojik yapısını, halkın gelenek ve göreneklerini de tanıyan ve değerlendirebilen uzmanların görev alınmasına özen gösterilmelidir. Bu tür çalışmalarda yabancı uzmanların yetkili kılınmasından kesinlikle kaçınılmalıdır. Yabancı uzmanlar ülkemiz koşullarını tanımadıkları için çalışmalarını kendi ülkelerindeki bilgi ve görgülerine göre yürütmektedirler. ÇED raporları ülkenin sanayileşmesinde engelleyici ve köstekleyici olarak görülmemeli ve kullanılmamalıdır. ÇED raporları bizden sonra gelen nesillere yaşanılabilir bir ülke bırakmanın sorumluluğunu üstlenmek durumundadır (Anonim 1991b).

#### 8.4. Deniz Deşarjları ile İlgili Çevresel Etki Değerlendirmesi

Deniz deşarjlarının projelendirilmesi ile ilgili olarak gereken verilerin toplanması veya projelendirme sırasında hata yapılması veya proje gerçekleştirildikten sonra anlaşılmaması neticesinde, yukarıda sıralanan tüm kirlenme çeşitlerinin gerçekleşmesi mümkündür. Bu nedenle herhangi bir deniz deşarjının yapımına karar vermeden önce, çevresel etki değerlendirme etüdü yapılması şarttır. Ayrıca, böyle bir etüd yapılmadan şimdiye kadar gerçekleştirilmiş olan deniz deşarjlarından kaynaklanabilecek olumsuz etkileri önceden bilmek ve gerekli önlemleri almak için bu deşarjlar için de ÇED'i gerçekleştirmekte fayda vardır. Böyle bir rapor hazırlamak için takip edilebilecek yöntemler bir sonraki bölümde verilmiştir, ancak genel olarak Şekil 10.1'de verilen yaklaşım takip edilebilir. Bu şekilde görüldüğü gibi, yaklaşımda yapılacak faaliyetler detaylı bir şekilde tanımlandıktan sonra, bu faaliyetten dolayı faaliyetin gerçekleşmesi sırasında ve daha sonra çevreye etki yaratabilecek faktörler sıralanır. Aynı sırada ilerdeki değişiklikleri tayin edebilmek için o ana kadar toplanmış bilgi yoksa ilgili ortamın faaliyetten önceki durumu tespit edilir. Bu bilgiler ışığında faaliyetin birincil ve ikincil dereceli etkileri tayin edilir. Etkilerin tayini, olarak varsa, hesaplama ile veya model kullanılarak yapılır. Etkiler tesbit edildikten sonra bunların çevresel açıdan

önlemleri belirlenmektedir. Olumsuz etkiler çok fazla olduğu takdirde söz konusu faaliyetten vazgeçilmekte veya olumsuz yönlerini azaltacak şekilde değiştirilmektedir.



Şekil 8.1. Çevresel etki değerlendirme raporunun hazırlanması için genel yaklaşım (Anonim 1991b).

#### 8.4.1. Kontrol listesi

Kontrol listesi yönteminden herhangi bir faaliyetten doğabilecek dolaysız ve dolaylı etkileri içeren listeler hazırlanmaktadır. Bu genel tariften esinlenerek deniz deşarjları için hazırlanan kontrol listesi aşağıda verilmiştir.

### Kontrol listesi

- A- Projenin tipi  
B- Projenin aşaması: (Plan aşaması/Tasarım aşaması)  
C- Projenin yapımına karar verme safhasında belirlenmesi gereken önemli etkiler:

#### 1. Mevcut durum

- a) Proje sahasında atıksular uzaklaştırmak için bir sistem mevcut mu?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Sistem mevcut ise önemli bir sorun yaratıyor mu?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Deşarjin gerçekleşmesi ile çevre mevcut durumdan daha iyi olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

#### Projenin gerçekleşmesinin mevcut duruma etkisi (Olumlu)\*

..1..2..3..4..5..6..7..8

\* Bu değerlendirmede:

- 1- Tayin edilemez, 2- Çok olumsuz, 3- Olumsuz,  
4- Az olumsuz, 5- Etkisiz, 6- Az olumlu,  
7- Olumlu, 8- Çok olumlu.

#### 2. İskan sahası

- a) Projenin yapılacağı sahada iskan için kullanılan veya iskan için tahsis edilen arazi var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin inşası sırasında iskan için daha çok araziye ihtiyaç olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Proje gerçekleşmesi sırasında iskan için kalacak arazi azalacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Proje gerçekleştikten sonra sahada iskan için daha çok arazi olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- e) Projenin uygulanması sonunda iskan için kalan arazi daha az mı olacak?  
Evet Hayır Bilinmiyor

#### İskan alanına tahmin edilen etki

1..2..3..4..5..6..7..8

#### 3. Ziraat arazisi

- a) Projenin yapılacağı sahada ziraat için kullanılan arazi var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin uygulanması ile ziraat için daha çok arazi olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor



- c) Projenin uygulanması sonunda ziraat için kalacak arazi azalacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

Ziraat alanına tahmin edilen etki  
1..2..3..4..5..6..7..8

#### 4. Ticaret ve rekreasyon arazisi

- a) Projenin yapılacağı sahada ticaret veya rekreasyon için kullanılan arazi var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin uygulanması ile ticaret ve/veya rekreasyon için daha çok arazi olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Projenin uygulanması sonunda ticaret ve/veya rekreasyon için kalacak arazi daha az mı olacak?  
Evet Hayır Bilinmiyor

Ticaret rekreasyon alanına tahmin edilen etki  
1..2..3..4..5..6..7..8

#### 5. Yüzeysel sular

- a) Proje sahasında yüzeysel su mevcut mu?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin uygulanması ile yüzeysel suların kalitesi aynen kalacak veya daha iyi olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Projenin uygulanması yüzeysel suların kalitesini olumsuz etkileyecek mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Projenin uygulanması yüzeysel su miktarını olumsuz etkileyecek mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- e) Bir hidroloğa danışmaya gerek var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

Yüzeysel sulara tahmin edilen tepki  
1..2..3..4..5..6..7..8

- a) Mevcut yeraltı su kalitesi hakkında yeterli bilgi var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin uygulanması ile mevcut yeraltı su kalitesi aynen kalacak veya daha iyi olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Projenin uygulanması yeraltı sularının kalitesini bozacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Bir yeraltı suları uzmanına danışmak gerekli mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor

**Yeraltı sulannın kalitesine tahmin edilen etki**

1..2..3..4..5..6..7..8

**7. Hava kalitesi-koku**

- a) Mevcut hava kalitesi hakkında yeterli bilgi var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin uygulanması doğrudan doğruya hava emisyonlarına (koku vs.) sebep olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Projenin uygulanması hava kirliliğinin - kokunun azalmasına sebep olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Projenin uygulanması endüstrileşme veya trafik gibi faaliyetlerin artmasına sebep olacak veya daha fazla hava kirliliğine sebep olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- e) Bir hava kalitesi uzmanına danışmak gerekir mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor

**Hava kalitesine tahmin edilen etki**

1..2..3..4..5..6..7..8

**8. Gürültü**

- a) Proje sahasında halihazırda gürültü bir problem mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin uygulanması gürültü problemini azaltacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Projenin uygulanması;  
I- İnşaat sırasında  
Evet Hayır Bilinmiyor  
II- İnşaat tamamlandıktan sonra  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Projenin uygulanması, gürültü nedeni ile halkın başka yerlere taşınmasına sebep olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- e) Bir gürültü uzmanına danışmaya gerek var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

**Gürültüye tahmin edilen etkisi**

1..2..3..4..5..6..7..8

**9. Alıcı ortamdaki ekosistem**

- a) Alıcı sistemdeki ekosistem önemli mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor

b) Proje doğrudan doğruya ekosistemi

i- olumlu	Evet	Hayır	Bilinmiyor
ii- olumsuz	Evet	Hayır	Bilinmiyor

etkileyecek mi?

c) Bir ekolojiste danışmaya gerek var mı?

Evet	Hayır	Bilinmiyor
------	-------	------------

**Alıcı sistemdeki ekosisteme tahmin edilen etki**

**1..2..3..4..5..6..7..8**

#### **10. Kara ekosistemi**

a) Aşağıda listesi verilen ekosistemler tip, büyüklük ve sıklık bakımından önemli mi?

Orman	Evet	Hayır	Bilinmiyor
Çayırlık	Evet	Hayır	Bilinmiyor
Otluk	Evet	Hayır	Bilinmiyor
Çöl	Evet	Hayır	Bilinmiyor

b) Projenin uygulanması kara ekosistemini olumsuz olarak etkileyecek mi?

Evet	Hayır	Bilinmiyor
------	-------	------------

c) Proje kara ekosistemini olumlu olarak etkileyecek mi?

Evet	Hayır	Bilinmiyor
------	-------	------------

**Kara ekosistemine etki**

**1..2..3..4..5..6..7..8**

#### **11. Tehlikeye düşürülen türler**

a) Proje sahasında tehlikeye düşürülen türlerin mevcudiyeti

i- Hiç yok	Evet	Hayır	Bilinmiyor
ii- Çok az	Evet	Hayır	Bilinmiyor
iii- Az	Evet	Hayır	Bilinmiyor
iv- Orta	Evet	Hayır	Bilinmiyor
v- Çok az	Evet	Hayır	Bilinmiyor

b) Bu türler sadece

i- İlimi bakımdan önemli

Evet	Hayır	Bilinmiyor
------	-------	------------

ii- İlimi bakımdan olduğu gibi halkın ihtiyacı yönünden de önemli

Evet	Hayır	Bilinmiyor
------	-------	------------

c) Projenin uygulanması bu türleri olumsuz etkileyecek mi?

Evet	Hayır	Bilinmiyor
------	-------	------------

d) Projenin uygulanması bu türleri olumlu olarak etkileyecek mi?

Evet	Hayır	Bilinmiyor
------	-------	------------

**Tehlikeye düşürülen türlere tahmin edilen etki**

**1..2..3..4..5..6..7..8**

## 12. Faydalı bitkiler

- a) Proje alanına faydalı bitkiler var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Bu bitkiler  
i- Fazla Evet Hayır Bilinmiyor  
ii- Normal Evet Hayır Bilinmiyor  
iii- Az Evet Hayır Bilinmiyor
- kullanılmakta mıdır?
- c) Projenin gerçekleştirilmesi bu bitkileri  
i- Olumlu olarak etkileyecek mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor  
ii- Olumsuz olarak etkileyecek mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Bir uzmana danışmaya gerek var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

### Faydalı bitkilere tahmin edilen etki

1..2..3..4..5..6..7..8

## 13. Balıklar

- a) Alıcı ortamda ticari değeri olan balıklar var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin gerçekleşmesinden balıklar olumlu etkilenecek mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Bir uzmana danışmaya gerek var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

### Balıklara tahmin edilen etki

1..2..3..4..5..6..7..8

## 14. Kabuklular

- a) Alıcı ortamda ticari değeri olan kabuklular var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin gerçekleşmesinden kabuklular olumlu etkilenecek mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Bir uzmana danışmaya gerek var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

### Kabuklulara tahmin edilen etki

1..2..3..4..5..6..7..8

### 15. Halk sağlığı

- a) Projenin gerçekleşmesi halk sağlığı açısından olumsuz etkiler yaratacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin gerçekleşmesi halk sağlığı açısından olumlu etkiler yaratacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Projenin uygulanması hastalıklı işçilerin ve/veya insanların gelmesine sebep olacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Projenin gerçekleşmesi yöredeki kaza oranını artıracak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

### Halk sağlığı üzerine tahmin edilen etki

1..2..3..4..5..6..7..8

### 16. İş gücü

- a) Yörede işsizlik var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Projenin uygulanması yeni iş sahası açacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Projenin uygulanması mevcut iş sahalarını azaltacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Bir sosyo-ekonomiste danışmaya gerek var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor

### İş gücü üzerinde tahmin edilen etki

1..2..3..4..5..6..7..8

### 17. Turizm

- a) Yörede önemli turizm hareketi var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- b) Bölgede henüz kullanılmayan turizm potansiyeli var mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- c) Projenin gerçekleşmesi turizm potansiyelinin daha iyi kullanılmasını sağlayacak mı?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- d) Projenin gerçekleşmesinden dolayı gelecek turistler yerli halkı olumsuz etkileyecek mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor
- e) Projenin gerçekleşmesi turizmi olumsuz etkileyecek mi?  
Evet Hayır Bilinmiyor

### Turizm üzerinde tahmin edilen etki

1..2..3..4..5..6..7..8

## 18. Arıza

a) Önerilen sistemin herhangi bir biriminin arzalanması mümkün mü?

b) Sistemin arzalanması halinde aşağıdaki parametreler olumsuz etkilenecek mi?

	Evet	Hayır	Bilinmiyor
i- Halk sağlığı	Evet	Hayır	Bilinmiyor
ii- Estetik	Evet	Hayır	Bilinmiyor
iii- Turizm	Evet	Hayır	Bilinmiyor
iv- İş sahası	Evet	Hayır	Bilinmiyor
v- Balıklar	Evet	Hayır	Bilinmiyor
vi- Kabuklular	Evet	Hayır	Bilinmiyor
vii- Su kullanımı	Evet	Hayır	Bilinmiyor

### Anzaların tahmin edilen etkisi

1..2..3..4..5..6..7..8

Yukarıda verilen kontrol listesinde Evet-Hayır şeklinde verilen cevaplar sorunun değerlendirilmesinde yardımcı olmakta ve böylece etkinin boyutunu da tayin etmektedir. Her bölümde verilen değerlerin ağırlıklı veya ağırlıksız ortalamalarını alarak projenin genel etkisini tahmin etmek mümkün olmaktadır.

### 8.4.2. Çevresel etki değerlendirme matrisi

Deniz deşarjı uygulamalarının çevreye etkilerini inceleyip daha kolay değerlendirilmeleri için Şekil 10.2'de verilen matris kullanılabilir. Bu matris her özel duruma göre genişletilebilir veya daraltılabilir.

Matriste yatay sıralara çevreyi etkileyebilecek faaliyetler ve değişik seçenekler sıralanmıştır. Bunlar üç ana grupta toplanmıştır:

- Projelendirme sırasında gözönüne alınacak seçenekler,
- İnşaat sırasındaki faaliyetler ve
- İşletme ve bakım faaliyetleri.

Dikey kolonlar ise etkilenebilecek çevresel parametreleri içermektedir. Hazırlanan matrislerde, bu parametreler mantıklı bir sayıda tutulmaya çalışılmıştır. Ancak her özel durum için bu sayı gerektiği şekilde artırılabılır. Örnek olarak, istendiği takdirde, "Balıklar" kısmında söz konusu denizde yaşayan balık türleri teker teker sıralanabilir.

Detaylı bir çalışma yapılmak istendiğinden, deniz deşarjının etkileri "yakın çevre", orta mesafedeki çevre" ve "uzak çevre" olarak üç veya daha fazla bölüm şeklinde incelenip her biri için ayrı bir matris doldurulabilir (Anonim 1991b).



## KAYNAKLAR

- Akı, K. 1998. Akarsularda Fekal Kirliliğin Tespiti ve Su Ürünlerine Yaptığı Olumsuz Etkiler. Ank. Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Semineri
- Akman, M.Ş., Ceylan, S., Şanlı, Görtunca, Ş., Akşiray, F.1978. Karadeniz'de avlanan balıklarda ve bu balıklardan elde edilen balıkyağı ve balık unlarında hidrokarbon insektisid ve rezidülerin araştırılması. Tübitak Veteriner ve Hayvancılık grubu, Tübitak Yay.No: 401
- Akyurt, İ. 1993. Balık Yetiştiriciliğinde Su Kalitesi Yönetimi. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, 67 s.
- Anonim, 1983. Türkiye'nin Çevre Sorunları Vakfı Yayını.
- Anonim, 1989. Su Ürünleri ve Su Ürünleri Sanayii. VI.Beş Yıllık Kalkınma Planı Ö.I.K. Raporu, Yayın No: DPT:2184-ÖİK: 344, 210 s.
- Anonim, 1990. Deniz Canlı Kaynakları Yetiştirme Teknikleri. T.C.Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bodrum, Yayın No.3, 105 s.
- Anonim, 1991a. Karadeniz Bölgesi'nde Su Kirliliğine Sebep Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerine Etkilerinin Araştırılması Projesi. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon.
- Anonim, 1991b. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Uygulamadan Örnekler. Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını.
- Anonim, 1992a. Türk Çevre Mevzuatı. Türkiye Çevre Vakfı Yayını. Cilt (II), Ankara, 667-1275.
- Anonim, 1992b. Ege Denizi ve Canlı Kaynakları. T.C.Tarım ve Köyişleri Bak.Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müd.Bodrum. Yayın No: 7
- Anonim, 1993a. Türkiye'de Yetiştiriciliğin Çevresel Etkisi ve Bunun Turizm, Rekreasyon ve Özel Korunma Alanları ile İlişkisi. Tarım ve Köyişleri Bak. Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müd., 185 s.
- Anonim, 1993b. Türkiye'nin Sulak Alanları, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, 398 s.Ankara
- Anonim, 1994a. 2000 Yılı ve Sonrası İçin Akdeniz Sulak Alanları ve Kuşlarının Yönetimi. DHKD, 40 s. İstanbul.



- Anonim, 1994b. Bazı Göllerde Ekolojik Etüd Çalışmaları. T.C. Tarım ve Köylüleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müd. Cilt: 4, 114 s.
- Anonim, 1994c. Bazı Göllerin Ekolojisi. T.C. Tarım ve Köylüleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1995a. Su Ürünleri ve Su Ürünleri Sanayii. VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Ö.İ.K. Raporu, Yayın No: DPT:2411-ÖİK:472,66s.
- Anonim, 1995b. Isparta Yöresindeki Göllerin Hidrolojik Denge Analizi. T.C. Tarım ve Köylüleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1996 a. Petrol Endüstrisi Atıksu Sınır Değerleri, TSE.
- Anonim, 1996b. Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksu Sınır Değerleri, TSE.
- Anonim, 1996c. Kağıt Hamuru ve Kağıt Endüstrisi Atıksu Sınır Değerleri, TSE.
- Anonim, 1997a. Türkiye İ. Su Ürünleri Şurası. Su Ürünleri ve Çevre Komitesi Ön Çalışma Raporu, 23s.
- Anonim, 1997b. Karadeniz Bölgesinde Su Kirliliğine Sebep Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerine Etkilerinin Araştırılması Projesi Sonuç Raporu Tarım ve Köylüleri Bak. Tarımsal Araştırmalar Genel Müd. Trabzon.
- Anonim, 1998a. Karadeniz. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi. Sayı: 384, 53-57.
- Anonim, 1998b. Türkiye'nin Çevre Sorunları'99. TÇV Yayın No:131, 464s.
- Anonymous, 1976. Review of Harmful Substances. FAO, Reports and Studies.No: 2, 80p.
- Anonymous, 1977. Impact of Oil on the Environment. Reports and Studies, No:6, 172 p.
- Anonymous, 1981. Acidification in the Canadian Aquatic Environment. Scientific Criteria for Assessing the Effects of Acidic Deposition on Aquatic Ecosystems. NRCC No.18475.
- Anonymous, 1982. The Review of the Health of the Oceans. FAO, Reports and Studies, No: 15, 108 p.
- Anonymous, 1983. Review of Potentially Harmful Substances-Cadmium, Lead and Tin. FAO, Reports and Studies, No:22, 114 p.

- Anonymous, 1984. Thermal Discharges in the Marine Environment. FAO, Reports and Studies, No: 24, 44 p.
- Anonymous, 1986. Acid Rain. An EPA Journal Special Supplement. June/July.18 s.
- Anonymous, 1992. European Community Environment Legislation, Volume 7 Water. 463p.
- Anonymous, 1994. Fisheries Statistics for Inland Waters in Turkey. T.C. Tarım ve Köyleri Bakanlığı , Ankara.
- Aras, S. Bircan, R. ve Aras, M. 1995. Genel Su Ürünleri ve Balık Üretimi Esasları. Atatürk Üniv.Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 173. 286 s. Erzurum.
- Atay, D. 1980. Alabalık Üretim Tekniği. Başbakanlık Basımevi, 171 s.Ankara.
- Atay, D. ve Çelikkale, S. 1983. Sazan Üretim Tekniği . Sarı Matbaası, 185 s. Ankara.
- Atay, D. 1987. İçsu Balıklar ve Üretim Tekniği. Ank Üniv.Ziraat Fak.Yayın No:1035, 467s.
- Atay, D. 1992. Isparta İli Su Ürünleri Potansiyelini Artırıcı Tedbirler. Isparta'nın Dünü, Bugünü ve Yarını Sempozyumu. Ankara, 303-311.
- Atay, D. 1997. Göllerimiz ve Çevre Sorunları. Standard, Ekonomik ve Teknik Derg 432: 93-105.
- Atayeter, S.1991. Anadolu Kavağı Yöresi Midye Türünde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) Bazı Ağır Metallerin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. A.Ü.Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi.
- Balık, S.1984. Termik ve Nükleer Santrallerde Çıkan Suların Akuakültürde Kullanımı. Ege Üniv. Su Ürünleri Dergisi. 1 (3): 15-26
- Başpınar, B. 1995. Kadmiumun Sucul Ekosistemlere Etkisi. Standard Çevre Özel Sayısı, 102-107.
- Berkes, F. ve Kışlalıoğlu, M.1993. Ekoloji ve Çevre Bilimleri. Remzi Kitabevi, 350 s., İstanbul.
- Bilecik, N. 1985. Marmara Denizi'ndeki Balık Av Miktarlarında Azalma Nedenleri. Tarım Orman ve Köyleri Bak. İl Müd. Proje ve İstatistik Şube MÜd. İstanbul.

- Brown, J.R, Gowen, R.J., McLusky, D.S. 1987. The Effect of Salmon Farming on the Benthos of a Scottish Sea Loch. *J.Exp. Mar.Biol.Ecol.*, Vol. 109, pp.39-51.
- Canyurt, M.A. 1982. Bazı Tarım İlaçlarının Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio L.*), Tilapia (*Tilapia galleo A.*) ve Yılan Balıkları (*Anguilla anguilla L.*) İçin Toksik Derişimleri Üzerine Araştırmalar. Doçentlik Tezi, Ege Üniv. Ziraat Fak., Bornova, İzmir.
- Cole, GA. 1983. *Textbook of Limnology*. The C.V. Mosby Company. St.Louis, Toronto, London. 401p.
- Çakmak, C.1997. Eğirdir Gölü Entegre Su Yönetimi. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Çetinkaya, O.1995. Erozyonun Su Ürünlerine Etkisi. Ders Notları (Yayınlanmamış).
- Çiler, M. 1980. I ve II. Atıksu Tanımlama ve Arıtım Semineri Notları. İ.T.Ü.B.Ü MAE.
- Diler, Ö., Altun, S., Atay, R. 1997. Eğirdir Gölü Su Kalitesi, Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Parametreleri.S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Sayı: 5.
- Doğan, O. 1995. Türkiye'de Toprak Kaynakları, Sorunlar ve Çözümler. Standard Çevre Özel Sayısı, 73-79.
- Eltem, R. 1994. Atıksular ve Arıtımı Ders Notları. Ege Üniv. Fen Fak.Biyoloji Bölümü, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Bornova.
- Enell, M., Ackefors, H. 1991. Nutrient Discharges From Aquaculture Operations in Nordic Countries into Adjacent Sea Areas ICES., C.M. 1991/F-58.
- Ergen, C. 1980. Türkiye'de Tekstil Endüstrisi, Atıklar, Su Ürünleri Olan Zararlı Etkileri, Arıtma Şekilleri. T.C.Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bak.Su Ürünleri Genel Müd., Ankara.
- Fattal, B., Dolan, A., Tchors, Y.1992. Rates of Experimental Microbiological Contamination of Fish Exposed to Polluted Water. *Water Research*. 26 (12): 1621 - 1627.
- Genç, E.1997. Yüzer Ağ Kafeslerde Deniz Balıkları Yetiştiriciliğinin Çevreye Etkisi. A.Ü.Fen Bil.Enst.Yüksek Lisans Semineri.
- Gowen, R.J., McLusky, D.S.1988. How Farms Affect Their Surroundings, *Fish Farmer*. September / October.

- Göğüş, A.K. ve Kolsancı, N.1992. Su Ürünleri Teknolojisi. Ank.Üniv. Ziraat Fak.Yayın No:1243, 358s.
- Göksu, L. 1986. Ülkemizde Kullanılan Bazı Zirai Mücadele İlaçlarının Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L.) Yavruların Üzerine Toksik Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi.
- Gönerç, E. 1980. Tekstil Endüstrisi, II. Atıksu Tanımlama ve Arıtma Kursu, İstanbul Teknik Üniv.Maçka İnş.Fak.İstanbul.
- Güneş, H.İ.1984. İzmir Körfezi Deniz Suyunda ve Su Ürünlerinde Ağır Metal Kontaminasyonunun (Hg, Pb, Cd, As, Fe, Zn, Cu, Ni, Cr) Araştırılması. T.C. Tar.ve Orm.Kor. ve Kont.Gen Müd. Gıda Kontrol ve Araş. Ens.Genel Yayın No.130.İzmir.
- Gürpınar, T. 1983. Ormanları Kim Öldürüyor? Başbakanlık Çevre Genel Müd. Çevre ve İnsan Dergisi, 1: 23-27.
- Haines, A.T. 1981. Acidic Precipitation and its Consequences for Aquatic Ecosystems: A Review. Transactions of the American Fisheries Society 110: 669-707.
- Halberg, H. 1982. Acidifying Air Pollutants: Emission, Transport, Deposition. 1: Proceedings Fran Konferansen Ecological impact of Acid Precipitation (Drablos och Tollan, eds), Oslo, 37.
- Henriksen, A., ve R.Wright. 1977. Effects of Acid Precipitation on a Small Acid Lake in Southern Norway, Nordic Hydrology 8: 1-10.
- Henriksen, A. 1979. A Simple Approach for Identifying and Measuring Acidification of Freshwater. Nature 278: 542-545.
- İşıkı E. Abay, C. 1993. Destekleme Uygulamalarının Tarımsal Yapıya Etkisi. Tarım Haftası, 93 Sempozyumu, Ankara.
- Jagoe, C.H., Haines, T.A, Buckler, D.R. 1987. Ecophysiology of Acid Stress in Aquatic Organisms Annls Soc.r.zool.BelgVol.117 (1): 375-386.
- Karahan, B. 1991. Rasyonla Alınan Bakım, Sazanların (*Cyprinus carpio* L.) Dokuların Birikimi, Büyüme ve Üreme Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Araştırma, A.Ü. Fen Bil.Enst. Doktora Tezi.
- Kocataş, A., 1996. Ekoloji, Çevre Biyolojisi, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yay. No: 51, Ders Kitabı Dizini No: 20, Ege Üniv. Basımevi, Bornova/İzmir,
- Kuleli, Ö. 1976. Rafineri Atık Sularının Temizlenmesi. Türkiye 3. Petrol Kongresi Kimya Mühendisleri Odası.

- Laird, L.M. and Needham, T. 1988. *Salmon and Trout Farming* Ellis Horwood Limited. 271p.
- Lawson, T.B. 1995. *Fundamentals of Aquacultural Engineering* Chapman-Hall, An International Thomson Publishing Company, 355 p., USA.
- Leivestad, H., Hendrey, G, Muniz, I.P. ve Snekvik, E. 1978. *Effects of Acid Precipitation on Freshwater Organisms*. In F.Braekke, *Impact of Acid Precipitation on Forest and Freshwater Ecosystems in Norway*, SNSF-Project, FR 6/78, 87-111.
- Likens, G, Wright, R., Galloway, J. ve Butler, T. 1979. *Acid Rain*. *Scientific American* 24 (4): 43-51.
- Malley, D. 1980. *Decreased Survival and Calcium Uptake by The Crayfish Orconectes Virilis in Low pH*. *Can.J.Fish.Aquat.* 5 ci. 37: 364-372.
- Mc Kim, J. 1977. *Evaluation of Tests With Early Life History Stages of Fish for Predicting Long-Term Toxicity*. *J.Fish.Res.Board Can.*34: 1148-1154.
- Merter, Ü. 1986. *Isparta ve Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi*. TÜBİTAK, Proje No: ÇAG-45/ G Ankara.
- Merter, Ü., S. Genç ve L.Göksu. 1986. *Isparta ve Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi, Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreler*. TÜBİTAK Proje No ÇAG 45/8.
- Moss, B. 1973. *The Influence of Environmental Factors on the Distribution of Freshwater Algae: an Experimental Study*. *J.Ecol.* 61: 157-177.
- Muller, P. 1980. *Effects of Artifical Acidifical Acidification on the Growth of Periphyton*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37: 355-383.
- Muniz, I.P. 1983. *The Effects of Acidification on Norwegian Freshwater Ecosystems in: Ecological Effects of Acid Deposition*. National Swedish Environment Protection Board - Report PM 1636., 299-322.
- Nilssen, J.P. 1980. *Acidification of a Small Watershed in Southern Norway and Some Characteristic of Acidic Environments*. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 65 (2) : 177-207.
- Okland, J., ve K.Okland. 1980. *pH Level and Food Organisms for Fish: Studies of 1000 Lakes in Norway*. 326-327.
- O'Sullivan, A.J. 1992. *Aquaculture and Environment*. The Economic and Social Research Institute, Dublin.

- Palachek, R.M. and Tomasso, J.R. 1984. Toxicity of Nitrite to Channel Fish (*Ictalurus punctatus*), Tilapia (*Tilapia aurea*) and Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*): Evidence for Nitrite Exclusion Mechanism. *Can.J.Fish. Aquat. Sci.* 41: 1739-1744.
- Perrone, S.J. and Meade, T.L. 1977. Protective Effect of Chloride on Nitrite Toxicity to Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *J.Fish.Res.Board Can.* 34:488-492.
- Pillai, K.C. 1975. Aquatic Pollution by Radioactive Substances. Bhabha Atomic Research Centre Bombay, 217-227p. India.
- Raddum, GG 1980. Comparison of Benthic Invertebrates in Lakes With Different Acidity. In: Drablos, D. and Tollan, A.(Eds.), *Ecol. impact of Acid Precip.*, 330-331.
- Rosseland, B. O. 1980. Effects of Acid Water on Metabolism and Gill Ventilation in Brown Trout, *Salmo trutta* L., and Brook Trout *Salvelinus fontinalis* Mitchell In D. Drablos and A. Tollan, *Proc. Int. Conf. Ecol. Impact Acid Precip. Norway 1980*, 348-349.
- Russo, R.J., Thurston, R.V. and Emerson, K. 1981. Acute Toxicity of Nitrite to Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*): Effects of pH, Nitrite Species *Can.J.Fish.Aquat. Sci.* 38: 387-393.
- Schindler, D., Wagemann, R., Cook, R., Ruzsyczynski, T. and Prokopowich, J. 1980. Experimental acidification of Lake 223, Experimental Lakes Area: Background Data and The First Three Years of Acidification. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 37: 342-354.
- Seip, H.M. 1980. Acidification of Freshwater-Sources and Mechanisms. 1: *Proceedings Fran Konferensen Ecological Impact of Acid Precipitation (Drablosoch Tollan, eds)*, Oslo, 30-35.
- Spry, D., Wood, C. and Hodson, P. 1981. The Effects of Environmental Acid on Freshwater Fish With Particular Reference to the Soft Water Lakes in Ontario and the Modifying Effects of Heavy Metals. A Literature Review. *Can.Tech.Report of Fish. and Aquat.Sci.* 999.
- Şengül, F. ve Samsunlu, A. 1981. Yağ Sanayii Atık Sulununun Arıtılma Yöntemleri, Çevre ve Sanayi Semineri, Yağ Sanayi Atıklarının Çevresel Sorunlar ve Çözümleri, E.Ü. İnşaat Fak., Çevre Mühendisliği Bölümü. İzmir.
- Şengül, F. (1982). Endüstri Atık Sulununun Arıtılması Ders Notları. E.Ü. İnşaat Fakültesi, Yay.No:40, İzmir.

- Şentürk, F., Sayman, Y., Yalçın, H. ve Dümlü, G 1975. Kirli Su El Kitabı. DSİ Araştırma Dairesi Başkanlığı. Yayın No: 582.584 s.
- Temizer, A. 1980. Çevre Kirliliği Yönünden Çukurova Bölgesi Sulama ve Drenaj Kanalları ile Bazı Kuyu Sularında Kirlenmiş Hidrokarbonu İnsektisit Kalıntıları Üzerinde Araştırmalar. I.Ulusal Ziraî Mücadele İlaçları Sempozyumu, D.İ.E. Yay.157-170, Ankara.
- Timur, M., Timur, G, Özkan, G 1988. Eğirdir Gölü'nün Verimliliğinde Biyolojik ve Kimyasal Faktörlerin Etkinlik Derecelerinin İncelenerek Gölün Doğal Verim Düzeyininin Artırılmasında Alınması Gereken Önlemlerin Araştırılması. Akdeniz Ünl., Su Ürün. Müh. Derg,1,17-39
- Tomasso, J.R., Simco, B.A., and Davis, K.B.1979. Chloride Inhibition of Nitrite-Induced Methemoglobinemia in Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). J.Fish Res.Board Can. 38:1141-1144.
- Tuncer, S. 1985. İzmir ve Çandarlı (Aliağa Limanı) Körfezlerinde Yaşayan Bazı Mollusk, Alg ve Ortamlarındaki Ağır Metal Kirlenmesi ile İlgili Araştırmalar. TÜBİTAK ÇAĞ-75. Doktora Tezi.
- Türkman, A. 1985. İçme ve Kullanma Su Kaynakları Arasında Yeraltı Sularının Önemi ve Kirlenme Sorunu. Türkiye'nin Su Potansiyeli, İçme ve Kullanma Sularının Kaynaklarının Korunması Semineri, 1-10 s.,
- Uslu, O. ve Türkman, A. 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C.Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi, 1, 364 s, İzmir.
- Uysal, H. ve Tuncer, S.1983. İzmir Körfezi Pollusyonlu Zeminde Yaşayan *Arca amygdalum* Philippi 1847 ve *Corbula gibba Oliv'*deki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Dağılımı. Fen Fak. Derg I.Ulusal Deniz ve Tatlısu Araştırma Kongreleri, 15-17 ekim, İzmir.
- Wedemeyer, G.A. and Yasutake, W.T.1978. Prevention and Treatment of Nitrite Toxicity in Juvenile Steelhead Trout (*Salmo gairdneri*). J.Fish.Res.Board Can.35:822-827.
- Wetzel, R.G1975. Limnology. W.B.Sounders Co., 743 p. Philadelphia.
- Yaldız, O.1991. Çiftlik Gübrelerinin Tarımda Kullanımı ve Çevre Sorunu. II Ulusal Gübre Kongresi, Ankara.
- Yüce, H.1987. Aegean Sea Surface Water Temperature Salinity, Dissolved Oxygen Variations (in Turkish), Bülten No:4 University of İstanbul Institute of Marine Science and Geography.

Yüce, H. 1991. Seasonal Distributional Patterns of the Northern Aegean Surface Waters. Doğa Tr.J.of Engineering and Environmental Sciences 15, 376-399.

Zabunoğlu S. ve Önerioy Ő.S. 1991. Ticari Gübrelerin Çevre Kirliliğine Etkisi. II.Ulusal Gübre Kongresi, 30 Eylül-4 ekim Ankara.



## İNDEKS

### A

Alüminyum, 39; 147; 150  
Akdeniz, 180; 185; 193  
Akşehir Gölü, 204  
Amonyak, 17; 19; 22; 27; 33; 57;  
101; 102  
Antimon, 43  
Apolyont Gölü, 203  
Arsenik, 44  
Asidifikasyon, 136; 138; 140  
Asit yağmuru, 129; 131; 136  
Askıda madde, 8; 26; 31; 38; 68;  
113; 115  
Azot, 24; 101; 132

### B

Bakır, 24; 31; 36; 40; 43  
Berilyum, 44  
Beyşehir Gölü, 208; 219  
BOI, 89  
BO<sub>5</sub>, 27; 57- 63  
Bor, 43  
Burdur Gölü, 219

### C

Civa, 39

### Ç

Çevresel etki değerlendirilmesi, 267-  
281  
Çinko, 43  
Çözünmüş oksijen, 11; 185

### D

DDT, 6; 70- 76  
Dekompozisyon, 139  
Demir, 44; 166  
Deri sanayii, 62

Deterjan, 76; 166

### E

Eber Gölü, 206  
Ege Denizi, 178; 192  
Eğirdir Gölü, 220 - 235  
Emisyon, 133  
Emülsiyonlaşma, 48  
Epilimnion, 5  
Erozyon, 63 - 68

### F

Fenol, 36; 61; 63  
Fitoplankton, 10; 52; 140; 218  
Fosfor, 105; 109; 236  
Fotosentez, 14; 18

### G

GAP, 260; 261  
Gemlik Körfezi, 176  
Gölcük, 237  
Gümüş, 43

### H

Herbisitler, 76

### I

İskenderun, 193  
İstanbul, 173; 174; 176  
İzmir Körfezi, 191; 192  
İzmit Körfezi, 176  
İznik Gölü, 202

### K

Kadmiyum, 44  
Kalsiyum, 23; 137  
Kağıt sanayii, 61

Kalay, 41  
Karadeniz, 158  
Karamik Gölü, 208  
Karbon dioksit, 18; 24  
Keban Baraj Gölü, 240; 241  
Keten endüstrisi, 80  
Kızılmak, 259  
Klor, 24  
Kobalt, 43  
KO<sub>2</sub>, 41; 56; 58; 89  
Köyceğiz Gölü, 238  
Krom, 41  
Ksilen, 94  
Kurşun, 24; 41  
Kükür dioksit, 132; 133

## L

LAS, 80; 186  
LD<sub>50</sub>, 41; 73  
Lindan, 73

## M

Makrofitler, 141  
Mangan, 42  
Manyas Gölü, 201; 202  
Marmara Denizi, 173 - 178  
Miksozilgohalin, 7  
Mikromesohalin, 7

## N

Nikel, 42  
Nitrat, 101; 105  
Nitrit, 101; 103  
Nitrifikasyon, 101  
NO<sub>x</sub>, 133; 134  
Nükleer santraller, 88

## O

Organik maddeler, 89  
Oksidasyon, 48

## Ö

Ölüm oranı, 149

Ötokasyon, 67; 105; 109; 119;  
184; 197

## P

Pamuk endüstrisi, 59  
PCB, 196  
Pestisitler, 68 - 78  
Petrol, 45 - 47  
pH, 16; 17; 20; 21; 23; 136; 137;  
143; 145; 146  
Polihalin, 7  
Pseudomonas, 155; 157

## R

Radyasyon, 111  
Radyoaktif, 40  
Radyonüklid, 112

## S

Sapanca Gölü, 200  
SBV, 23  
Secchi disk, 10; 11; 38; 138  
Selenyum, 42  
Siyanür, 45  
SO<sub>x</sub>, 133; 134  
Sodyum, 24  
Sulak alan, 4  
Streptokok, 155

## T

Termik santral, 83; 130  
Tuz Gölü, 237  
Tuzluluk, 28; 29; 161

## U

Ulubat Gölü, 203

## V

Van Gölü, 238

## Y

Yağ endüstrisi, 58

Yeşilirmak, 258  
Yüzey aktif madde, 39; 79

## Z

Zooplankton, 52; 141; 218



ISBN: 975-482-514-9