

AB Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Biyolojik Kalite Unsurları İle Su Kalitesinin İzlenmesi

Sinan UYANIK¹, Ayşe CEBE¹

Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa
e-posta:suyanik@harran.edu.tr, aysecebe@harran.edu.tr

Geliş Tarihi: 06.04.2017

Kabul Tarihi: 30.11.2017

Özet

Su kaynaklarının dengeli kullanılması ve korunmasını amaçlayan AB Su Çerçeve Direktifi (ABSÇD)'nde, üye ülkelerdeki su kütlelerinin kalite sınıflandırılması amacıyla uygulanan metotlardan biri biyolojik izlemedir. Biyolojik izlemede çeşitli sucul canlıların varlığı, yokluğu, çeşitliliği, bolluğu gibi kriterlere göre su kalitesi belirlenmektedir. ABSÇD kapsamında ekolojik durum tespitinde makroomurgasız, balık, fitoplankton, makrofit ve diatomların incelenmesi gerekir. Akarsuların izlenmesi ve doğal yapılarının korunması önem arz eden bir konudur. Bu çalışmada ABSÇD ile ekolojik durumun belirlenmesinde kullanılan canlılar detaylı olarak verilecek ve kirliliğin belirlenmesinde kullanılan biyotik indekslerden bahsedilecektir.

Anahtar kelimeler: Avrupa Birliği; Su Çerçeve Direktifi; Biyolojik izleme; Su kalitesi

Water Quality Observation By Biological Quality Parameters In The Light Of EU Water Framework Directive

Abstract

One of the methods used for quality classification of water bodies in the European Union and member states with Water Framework Directive, aiming at balanced use and protection of water resources, is biological monitoring. Water quality is determined by biological monitoring according to criteria such as; existence, absence, diversity, abundance of various aquatic creatures. Within the scope of the European Union Water Framework Directive, it is necessary to examine macroinvertebrates, fish, phytoplankton, macrophytes and diatoms in ecological conditions. The monitoring of rivers and the protection of natural structures is a matter of importance. In this study, living beings used in determining the ecological condition with the European Union Water Framework Directive will be given in detail and the biotic indices used in determining the pollution will be mentioned.

Keywords: European Union; Water Framework Directive; Biological monitoring; Water quality

1. Giriş

Bütün canlıların yapısının sıvı bileşeni olan su; canlı varlıklarının metabolik olaylarını gerçekleştirmeleri için ihtiyaç duydukları bileşendir. Yaşamın devam etmesi açısından dünyada bulunan bileşiklerden hiç birisi su kadar önemli değildir [1]. Suyu olan ihtiyaç, nüfus artışıyla birlikte artmaktadır ancak bilinmelidir ki; su kaynaklarının miktar ve kalitesi sınırlıdır. Kirleticiler ile birlikte su kalitesi ve sucul hayat ciddi anlamda bozulabilmektedir. Akarsu ortamlarında yaşayan flora ve fauna, akarsuların doğal yapısının bozulmasından olumsuz etkilenmektedir. Flora ve fauna türlerinin sayısı azalabilmekte ve türler yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalabilmektedir [2].

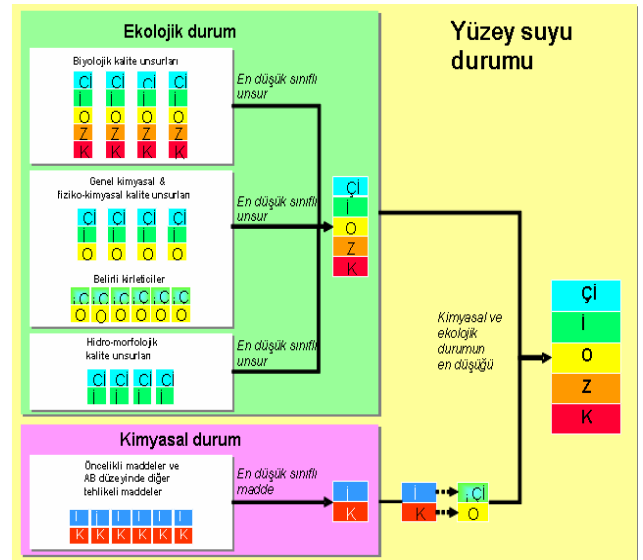
Akarsu kirliliğini, pH ve çözülmüş oksijen gibi yalnızca yapıldığı zamana ait bilgiler veren su analiz parametreleriyle tanımlamak zor olabilmektedir. Benzer şekilde, sadece balıkların varlığı kirlilik hakkında doğru bilgi vermeyebilir. Çünkü, balıklar kirli suların uzaklaşmakta ve koşullar iyileştiğinde ise geri dönmektedirler [3].

Bu çalışma kapsamında AB Su Çerçeve Direktifi (ABSÇD) ve ABSÇD ile ekolojik durumun belirlenmesinde kullanılan makroomurgasız, balık, fitoplankton, makrofit ve diatom hakkında bilgiler detaylı olarak verilecektir. Bunun yanı sıra Türkiye'de yapılan bazı biyolojik izleme çalışmalarından bahsedilecektir.

2. Su Çerçeve Direktifi ve Biyolojik İzleme

ABSÇD (2000/60/EC), 23 Ekim 2000'de Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin mutabık kaldıkları kararlar sonucunda kabul edilmiş ve 22 Aralık 2000 tarihinde de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir [4]. ABSÇD, iç sular, kıyı suları, geçiş suları ve yeraltı sularının korunmasıyla ilgili bir çerçeve oluşturmakla birlikte; tüm suların 2015 yılı itibariyle iyi su durumuna ulaşmasını hedeflemektedir [5]. ABSÇD, entegre su yönetimine Avrupa genelinde bir çerçeve oluşturulması amacıyla yürürlüğe girmiştir. ABSÇD, suyun korunması ve savunulması gereken bir kamu kaynağı olduğu düşüncesini esas alır. ABSÇD'nin hedefleri; sucul ekosistemler ve sucul ekosistemlere bağlı ekosistemlerin kötüye gidişinin önlenmesi, sucul çevrenin iyileştirilmesi, mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanması ve yeraltı su kirliliğinin azaltılması olarak sıralanabilir [6]. ABSÇD; Banyo Suları Direktifi, Tehlikeli Maddeler Direktifi, Tatlısu Balıkları Direktifi, Yüzeysel Suyu Çekimi Hakkındaki Direktif ve Yeraltı Suyu Direktifleri'nin yerini almıştır. Böylelikle su mevzuatı tek bir çatı altında birleştirilmiştir. Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi, Entegre Kirlilik Koruma ve Kontrol Direktifi, Nitrat Direktifi ise yürürlükte kalmaya devam etmiştir [5]. ABSÇD; nehir, göl, kıyı suları ve yeraltı sularının korunması; tüm kirlilik kaynaklarının azaltılması ve kontrolü; kamuoyu ve sivil toplum örgütlerinin de su yönetimi faaliyetlerine katılması; su sistemlerinin politik anlamda sınırlanmadığı nehir havzaları konseptinde yönetim gerektirmesi gibi özellikleri ile yeni bir yaklaşım getirmektedir [7].

ABSÇD'ye göre yüzeysel bir su kütlesinin kalitesinin belirlenmesinde aşağıdaki yüzeysel su kütlelerinin sınıflandırma şeması kullanılmaktadır (Şekil 1). Yüzeysel sularda suların kalitesini belirlemede ana unsur biyolojik kalite unsurlarıdır. Yüzeysel suyunun kötü olarak sınıflandırılabilmesi biyolojik kalite unsurlarına bağlıdır.



Şekil 1. Yüzeysel su kütlelerinin sınıflandırma şeması [8]

Su durum sınıflandırmasında, en düşük kalite sınıfı suyun kalite sınıfını göstermektedir. Kalite sınıfları beş adet olup; 1- Çok iyi, 2- İyi, 3-Orta, 4-Zayıf, 5- Kötü şeklinde ifade edilmektedir [9].

Su kirliliğinin belirlendiği çalışmalarda fiziksel ve kimyasal verilerin toplanması yeterli görülmektedir. Ancak fiziksel ve kimyasal verilerle su kütlesinin o anki durumu hakkında bilgi edinilmektedir. Biyolojik su kalitesi tayin yöntemleri ise su kütlesi hakkında daha uzun vadede bilgiler sağlamaktadır [10]. Su kütlesinin durumu hakkında detayların elde edilmesi anlamında da biyolojik unsurların değerlendirilmesi son derece önemlidir [9]. Direktifle, su kütlesinin kalitesinin belirlenmesinde sadece kimyasal ve fizikokimyasal analizlerin yeterli olmayacağı, asıl belirleyici etmenin sucul fauna ve floranın izlenmesi ile gerçekleştirilen biyolojik izleme olduğu belirtilmektedir [11]. Biyolojik değerlendirmeler aslında, su kütlesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik anlamda kümülatif etkilerinin göstergesidir [3].

Biyolojik izleme; biyolojik tepkiler yardımıyla insan faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel değişimlerin değerlendirilmesidir. Biyolojik izlemede su kalitesi; sucul canlıların varlığı, yokluğu, çeşitliliği, bolluğu gibi etmenlere bağlı olarak izlenebilmektedir. ABSÇD ile ekolojik durum; makroomurgasız, balık, fitoplankton, makrofit ve diatom kullanılarak belirlenmelidir. Biyolojik kalite elementlerini destekleyen unsurlar anlamında su kütlelerinin fiziksel, kimyasal ve hidromorfolojik özelliklerine de

ihtiyaç duyulmaktadır [12]. Biyolojik izlemede, ekosistem şartları belirlenirken çeşitli türler biyolojik veriler olarak kullanılmaktadır. Biyolojik izlemede çalışılan bölgede fauna ve biyoindikatör amacıyla kullanılacak taksonların belirlenmesi gereklidir. Biyoindikatörler çevresel modifikasyonlara, yaşam fonksiyonlarını değiştirmek ya da toksinleri vücutlarında biriktirmek suretiyle cevap verir. Habitatın kalitesi, biyoindikatör canlıların varlıkları ve komünite yapılarıyla anlaşılabilir [13].

Ekolojik Kalite Oranı (EKO) ise; su kütlesinin durumunun iyileştirilmesi çalışmalarında biyoindikatörlere göre belirlenen bir kavram olup, ilk kez ABSÇD ile adı duyulmuştur. EKO, ekolojik sınıflandırma için ABSÇD'de belirtilen; çalışılan sucul ekosistemin tipolojisi, referans durumu ve sınıf sınırları gereksinimlerini bir araya getirmektedir. Su kütlesinin biyolojik izlemeleri sonucunda çalışılan istasyonların ekolojik durumlarını belirlemek adına sayısal bir değer kullanılması gerekir ki; bu değer gözlenen değer beklenen değere bölünmesiyle elde edilmektedir. EKO'nun bulunmasında ihtiyaç duyulan beklenen değer, referans istasyon değeridir. Birden fazla referansın bulunması durumunda ortalama referans değerlerin hesaplanması gerekmektedir. Belirlenen sayısal değer, su kütlesinin yüksek kaliteye getirilebilmesi adına gerekli önlemlerin alınması konusunda ilk adımı oluşturmaktadır. EKO değeri, 0 ile 1 arasında değişmekle birlikte; 1 değeri toplamanın yapıldığı istasyonun referans koşullarda olduğunu, 0'a yaklaşan değer ise istasyonun kötü bir ekolojik duruma sahip olduğunu ifade eder. EKO değeri aşağıdaki şekilde formüle edilebilmektedir [13].

$$\text{Ekolojik Kalite Oranı (EKO)} = \frac{\text{Gözlenen Değer}}{\text{Beklenen (Referans) Değer}}$$

EKO değerinin belirlenmesi noktasında çok yüksek kaliteden çok düşük kaliteye sırasıyla; yüksek, iyi, orta, zayıf, kötü olmak üzere beş sınıf kullanılmaktadır [13].

ABSÇD kapsamında izlenmesi gereken biyolojik kalite unsurları ve izlenmesi gereken özellikleri Tablo 1'de verilmektedir [14].

Tablo 1. ABSÇD kapsamında izlenmesi gereken biyolojik kalite unsurları ve izlenmesi gereken özellikleri

Akarsular	Göller	Geçiş suları	Kıyı suları
Biyolojik unsurlar			
-Sucul floranın kompozisyonu ve bolluğu	-Fitoplankton kompozisyonu, bolluğu ve biyokütlesi	-Fitoplankton kompozisyonu, bolluğu ve biyokütlesi	-Fitoplankton kompozisyonu, bolluğu ve biyokütlesi
-Bentik omurgasız faunanın kompozisyonu ve bolluğu	-Diğer sucul floranın kompozisyonu ve bolluğu	-Diğer sucul floranın kompozisyonu ve bolluğu	-Diğer sucul floranın kompozisyonu ve bolluğu
-Balık faunasının kompozisyonu, bolluğu ve yaş strüktürü	-Bentik omurgasız faunanın kompozisyonu ve bolluğu -Balık faunasının kompozisyonu, bolluğu ve yaş strüktürü	-Bentik omurgasız faunanın kompozisyonu ve bolluğu -Balık faunasının kompozisyonu ve bolluğu	-Bentik omurgasız faunanın kompozisyonu ve bolluğu

Tablo 2'de ABSÇD'de tanımlanan biyolojik kalite elementlerinin değişik baskılara karşı gösterdikleri tepkiler verilmektedir [15].

Tablo 2. ABSÇD'de tanımlanan biyolojik kalite elementlerinin değişik baskılara karşı gösterdikleri tepkiler

Biyolojik Kalite Unsurları	Hidromorfolojik Baskılar	Nutrientler	Organik Kirlilik	Asidifikasyon
Makroomurgasızlar	++	++	+++	++
Bentik algler Makrofitler	+	+++	++	++
Balık	+++	+	+	+

Avrupa için geliştirilen pek çok biyotik indeks ve skor bulunmaktadır [10]. Amerika Birleşik Devletleri'nde biyotik indeksler Temiz Su Yasası (Clean Water Act) zemininde uygulanmaktadır. Ülkemizde su kalitesinin değerlendirilmesinde biyotik yaklaşımın esas alındığı çalışmalar üniversitelerdeki akademik çalışmalarla başlamıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, değişik ülke ve bölgeler için geliştirilmiş indekslerin ülkemizde uygulandığı çalışmalar şeklinde olup esas anlamda planktonik organizmalar

ve makro bentik omurgasızlara dayalı olarak gerçekleştirilmektedir [16]. Kirliliğin belirlenmesinde kullanılan biyotik indekslerden en önemlileri; Trent Biyotik İndeks ve Genişletilmiş Biyotik İndeks (TBI ve EBI), Chandler Skor Sistemi, Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi (Biological Monitoring Working Party Score System- BMWP), Biyotik İndeks (BI), Genel Kalite İçin Biyolojik İndeks ve Global Biyolojik İndeks (IBG) ve Belçika Biyotik İndeks Yöntemi (BBI)'dir [17].

3. Biyolojik Değerlendirmede Kullanılan Canlılar

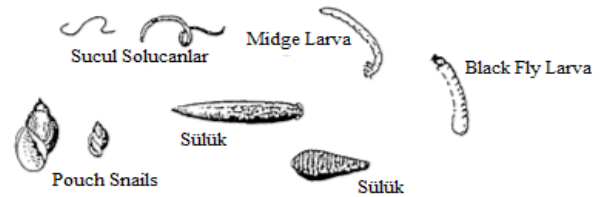
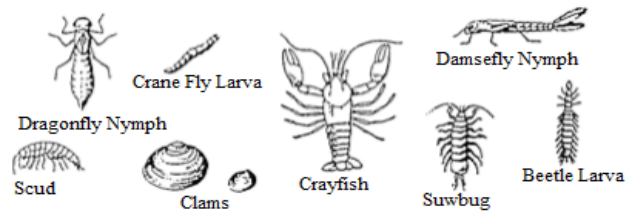
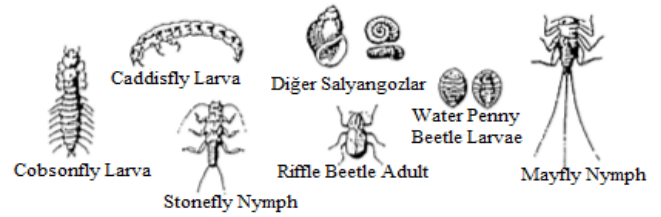
3.1. Makroomurgasızlar

Makroomurgasızlar içerisinde; torba vücutlu hayvanlar (mercan, süngerler ve deniz anası vb.), derisi dikenli hayvanlar (nematodlar, at solucanları, halkalılar, yuvarlak kurtlar, deniz kestanesi, yumuşakçalar, deniz yıldızı vb.), makro crustacealar, böcekler ve diğer omurgasızlar yer almaktadır. Makroomurgasızlar, çeşitli kümülatif kaynaklardan gelen kirlilik etkilerini gösterebilmektedir. Akuatik makroomurgasızların kolay örneklenme avantajı bulunmaktadır. Akuatik makroomurgasızlar akarsuyun kalitesi konusunda uzun periyot döneminde bilgi sağlamaktadır. Akuatik makroomurgasızlar su kirliliği konusunda farklı duyarlılığa sahip olup, bazı akuatik makroomurgasızların kirliliğe duyarlı sulara yaşamadığı bilinmektedir. Bazıları ise kirliliğe duyarlı sulara yaşayıp büyüebilmektedir. Sağlıklı olarak nitelendirilebilen bir akarsu kirliliğe duyarlı makroomurgasızlardan oluşmaktayken; sağlıksız olarak nitelendirilebilen bir akarsu yalnızca birkaç türde kirliliğe toleransı bulunan makroomurgasızlardan oluşmaktadır. Organik yüklenme, alt taban değişikliği ve toksik kimyasal kirlenme makroomurgasız komünitesinin örneklerinin yapısını değiştiren üç kriter olarak literatürde yerini almıştır [18].

Bentik makroomurgasızlar gözle görülebilecek kadar büyük canlılar olup, yavaş hareket etmektedir. Örnekleme işlemi kompleks aletlere ihtiyaç duyulmaksızın yapılabilir ve bentik makroomurgasız komünitesi su kalitesindeki değişimlerden etkilenir. Ayrıca, yıl boyunca akarsularda yaşayabilmektedirler. Bu avantajları ile bentik

makroomurgasızlar su kalitesinin belirlenmesi çalışmalarında indikatör olarak tercih sebebidir [19].

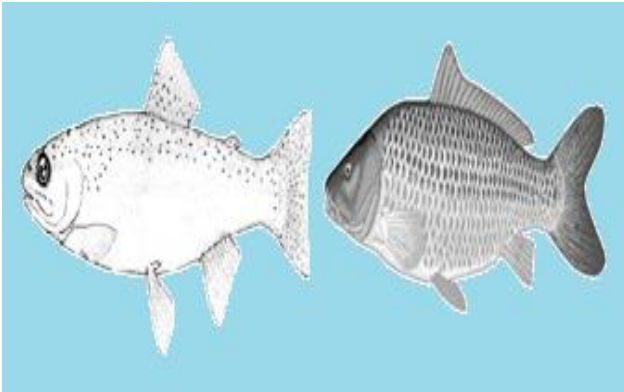
ABSÇD'de belirtilen biyolojik izlemede kullanılması gereken canlılardan olan taban büyük omurgasızlardan yüksek kalitedeki suların indikatör canlılarına; ephemeroptera, plecoptera, odonata, trichoptera, coleoptera, diptera örnek verilebilmektedir. İyi kalitedeki suların indikatör canlılarına; ephemeroptera, odonata, trichoptera, diptera, coleoptera, bivalvia, orta kalitedeki suların indikatör canlılarına; ephemeroptera, decapoda, diptera, amphipoda, odonata, gastropoda, isopoda, coleoptera, trichoptera ve hemiptera, zayıf ve kötü kalitedeki suların indikatör canlılarına ise; diptera, odonata, coleoptera, gastropoda, amphipoda, hemiptera, oligochaeta, hirudinea ve turbellaria örnek olarak verilebilmektedir [13]. Kirliliğe karşı toleransına göre bazı makroomurgasızlar Şekil 2'de verilmiştir [20].



Şekil 2. Makroomurgasız grupları (Yukarıdan aşağıya sırasıyla Grup 1: Kirliliğe toleransı olmayan organizmalar; Grup 2: Çok çeşitli su kalitesine sahip sulara var olabilen organizmalar; Grup 3: Kirliliğe toleranslı organizmalar)

3.2. Balıklar

Balık toplulukları; fiziksel ve kimyasal habitatların bozulması, çevresel kirlilik ve genel ekosistem üretkenliğine karşı hassasiyet göstermektedir. Sudaki sıcaklık, çözülmüş oksijen, pH ve gerek fiziksel gerekse kimyasal bileşenlerin değişimleri balık topluluklarını etkilemektedir. Su izleme ve su kalitesi yönetim programlarında balık topluluklarının değerlendirilmesi uzun yıllardır kullanılmaktadır. Balıkların su topluluklarında oynadığı roller ve koşulların değişimine bağlı olarak farklı çevrelere geçme yetenekleri bulunmaktadır. Bu sayede belirli bir bölgede bulunan balık türlerinin çeşitliliği, biyolojik bütünlüğün ve su kalitesinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır [21]. Biyolojik izleme çalışmalarında kullanılan bazı balık türleri Şekil 3'te verilmiştir.



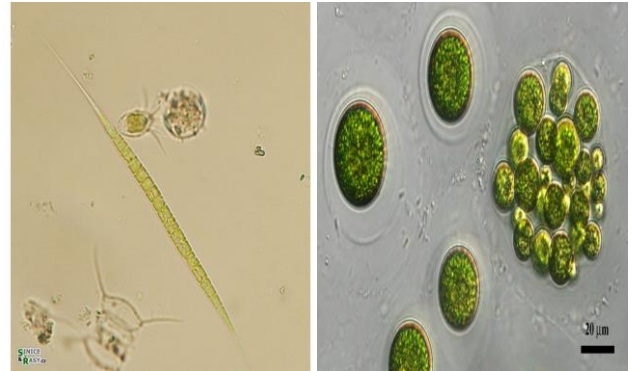
Şekil 3. Balıklar (Soldan sağa sırasıyla; temiz suları karakterize eden *alabalık* (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) [22] ve kirli suları karakterize eden *sazan* (*Cyprinus carpio* Linnaeus) [23])

3.3. Fitoplanktonlar

Fitoplankton, bitkisel canlıların oluşturduğu topluluk olup, fitoplanktonik canlılarda ağırlığı ve özgül ağırlığı azaltmaya yardımcı yağ damlaları, gaz kabarcıkları, jelatini zarflar, su kesecikleri, vakuoller bulunmaktadır [1].

Fitoplankton varlığını belirten en önemli değişken klorofil a'dır. Bu yüzden, göl sularında toplam fosfor ile klorofil a'nın birlikte izlenmesi su kütlesinin durumu hakkında bilgi verir. Fitoplanktonun, Nisan ve Eylül aylarında olmak üzere yılda iki defa izlenmesi önerilmektedir. Klorofil a'nın mevsimsel olarak izlenmesi ve mevsimsel izlemelere fizikokimyasal değişkenlerin izlenmesinin de

eklenmesinin olumlu etkilerde bulunacağı düşünülmektedir. Türkiye için göllerde biyokütle indeks türünde klorofil a ve toplam biyohacim; bolluk indeks türünde ise siyanobakteri bolluğunun denemesi önerilmektedir [24]. Fitoplanktonlar, içerisinde buldukları belirli derinliklere, habitatlara, besin maddelerine ve kimyasal koşullara mükemmel şekilde adaptasyon sağlamaktadır. Fitoplankton topluluğunun göreceli çeşitliliği ve taksonomik zenginlikleri hakkında bilgi, su kütlesinin biyolojik durumunun bir göstergesi olarak kullanılabilir [25]. Biyolojik izleme çalışmalarında kaydedilen bazı fitoplankton türleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Fitoplanktonlar (Soldan sağa sırasıyla *Schroederia setigera* (Schröder) Lemmermann [26] ve *Sphaerocystis schroeteri* Chodat [27])

3.4. Makrofitler

Makrofit komüniteleri buldukları ortama göre; su altı makrofitleri, su üstü makrofitleri, bağımsız yüzen makrofitler ve bağımlı yüzen makrofitler olarak dört grupta sınıflandırılır. Göl ekosistemlerinin göstergesi olan makrofitler; besin, ışık, toksik kirleticiler, metal ve su seviyesindeki değişikliklerden etkilenmektedir. Su ekosistemlerinde makrofitlerin yokluğu su kalitesinde değişmeye sebep olmaktadır. Besinler, ışık, toksik kirleticiler, metaller, su seviyesi değişimleri ve tuzluluk gibi etkilere tepki gösteren makrofitler su kütlesinin durumunu bildiren iyi indikatör konumundadır [15].

Makrofitler sabit olup, çıplak gözle rahat şekilde görülerek teşhis edilebilmektedir. İklim, jeoloji ve toprak tipinden etkilenen makrofit topluluklarının pek çok su kütlesinde çok az bulunduğu ya da hiç bulunmadığı bilinmektedir. Bu nedenle biyolojik

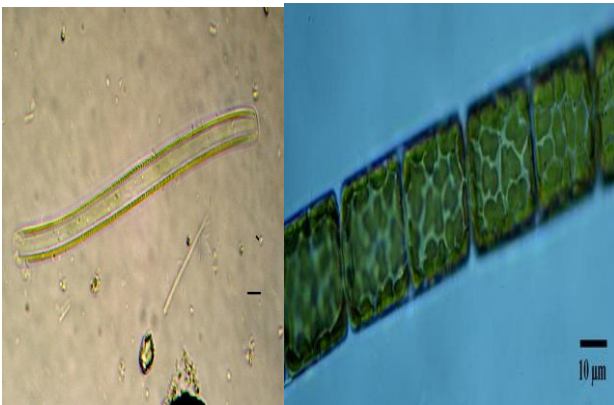
izlemede makrofit kullanımı kısıtlıdır [10]. Biyolojik izleme çalışmalarında kaydedilen bazı makrofit türleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Makrofitler (Soldan sağa sırasıyla *Helleborus orientalis* [28] ve *Ranunculus repens* [29])

3.5. Diatomlar

Diatomlar, populasyonlarının çeşitliliği, indikatör türler ihtiva etmesi ve örneklenmelerinin kolay olması sayesinde su kalitesinin biyolojik olarak izlenmesinde avantajlar sağlamaktadır. Çok çeşitli habitat ve substratumlarda çok sayıda farklı türlerinin bulunması da diğer avantajları arasında sayılabilir. Suyun ekolojik yapısı ile diatom topluluğunun yapısı direkt ilişkili olduğundan farklı özelliklere sahip akarsularda su kalitesinin belirlenmesi çalışmalarında diatom kullanılabilir [30]. Biyolojik izleme çalışmalarında kaydedilen bazı diatom türleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Diatomlar (Soldan sağa sırasıyla *Nitzschia sigmaidea* (Nitzsch) W. Smith [31] ve *Melosira varians* C. Agardh [32])

4. Türkiye'de Biyolojik İzleme Çalışmaları

[3] Uyanık ve ark., Eğri Deresi üzerinde bentik makroomurgasızları kullanarak su kalitesini izlemişlerdir. 5 örnekleme noktasının seçildiği dere, organik maddenin kısıtlı oluşundan ötürü en düşük tür sayısının 1. örnekleme noktasında olduğunu ve bu örnekleme noktasının yüksek kalite özelliğindeki su kütlesi olduğunu bildirmişlerdir. Makroomurgasızların da en çok 3. örnekleme noktasında bulunduğunu belirtmişlerdir. Çalışmanın sonuçları su kütlelerinin değerlendirilmesinde makroomurgasızların indikatör olarak kullanılmasının ideal bir metot olduğu yönündedir.

[33] Onaran ve ark., Eşen Çayı'nın balık faunasını araştırdıkları çalışmada 6 familyaya ait 10 tür ve 3 alt tür tespit etmişlerdir.

[34] Dedeoğlu, yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında biyolojik izleme konusunu ABSÇD çerçevesinde detaylıca ele almış ve su kalite unsurlarını açıklamıştır. Su ekosistemlerinde izlenmesi gereken kalite parametrelerini açıklayarak, direktif kapsamında Türkiye'de yapılan çalışmalardan bahsetmiştir.

[35] Kazancı ve ark., Yeşilirmak Nehri'nde 42 istasyonda gerçekleştirdikleri çalışmada taban büyük omurgasız topluluklarının örneklemelerini yapmışlar ve 72 familyaya ait toplam 45850 taban büyük omurgasız teşhis etmişlerdir. Fizikokimyasal değişkenleri de saptamak suretiyle istasyonların su kalite sınıflarını belirlemişlerdir. Verilere istatistiksel yöntem uygulayarak ve fizikokimyasal şartları da değerlendirerek Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi (Biological Monitoring Working Party Score System- BMWP) indeksini Türkiye'ye adapte etmek suretiyle Yeşilirmak Nehri'ne özgü bir biyotik indeks Yeşilirmak-BMWP'yi oluşturmuşlardır. Y-BMWP indeksinin aynı bölgede ileriki dönemlerde yapılacak çalışmalara da uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir.

[36] Narin ve Tanatmış, Gönen ve Biga Çayları'nın Ephemeroptera Limnofaunasını belirlemek amacıyla çalışmalar yapmışlar ve bu çaylar için yeni kayıt teşkil edecek 9 familyadan 16 cinse bağlı 22 tür saptamışlardır. Bu türleri Sabrobi İndeksi'ne göre

değerlendirmek suretiyle Biga Çayı'nın su kalite sınıflarını tespit etmişlerdir.

5. Sonuç

ABSÇD kapsamında yapılması gereken izlemelerin doğru şekilde gerçekleştirilmesi anlamında; ekiplerin yetersizliği, ülkemizin yüzölçümünün diğer Avrupa Birliği üye ülkelerinden büyük olması, ekonomik nedenler ve arazi şartları gibi nedenlerden ötürü zorluklar yaşanmaktadır [24].

Akarsularda, akış oranı, besleyici tuzlar ve sıcaklık gibi faktörlerin ölçümlerindeki değişiklikler sebebiyle akarsular diğer habitatlara göre daha az çalışılmaktadır. Üstelik faktörler arasındaki karmaşık etkileşim ile akarsuyun flora ve faunası da hızlı bir değişikliğe uğramaktadır. Akarsular evsel, endüstriyel kaynaklı kirleticilerin deşarjı ile zarar gören bir ekosistem konumundadır. Akarsuların izleme yöntemleriyle izlenmesi ve doğal yapılarının bozulmaması adına çalışmaların yapılması hem ülkemiz hem de dünya için önem arz etmektedir [37].

Ülkemizde su kaynaklarının korunması adına çalışmaların hızlandırılması gerekmektedir. Biyolojik izleme ile canlıların izlenmesi su kirliliğinin boyutlarını anlama konusunda önemlidir. Su kalitesi izleme yöntemlerinin Avrupa Birliği ile uyumlu şekilde gerçekleştirilmesi gerekir.

Ülkemizdeki 25 havza için, biyotik indeks geliştirilmeli ve bu indekslerden faydalanarak belirlenmiş her bir su kütlesi için biyolojik kalite unsurları belirlenmelidir.

Kaynaklar

- [1] J. Tanyolaç, "Limnoloji Tatlı Su Bilimi," (6. bs.), ISBN: 975-7527-46-7. Hatipoğlu Yayınları, Ankara, 2011, 294s.
- [2] S. Dirican ve M. Barlas, "Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın fiziko-kimyasal özellikleri ve balıkları," Ekoloji, 14, 54, ss. 25-30, 2005.
- [3] S. Uyanık, G. Yılmaz, M. I. Yesilnacar, M. Aslan, ve O. Demir, "Rapid assessment of river water quality in Turkey using benthic macroinvertebrates," Fresenius Environmental Bulletin, 14(4), ss. 268-272, 2005.

- [4] T. E. Maden, "Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Meriç Nehri örneği," Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [5] K. Dişbudak, "Avrupa Birliği'nde tarım-çevre ilişkisi ve Türkiye'nin uyumu," AB Uzmanlık Tezi, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2008.
- [6] F. J. Van Wijk, M.A.A. De La Haye, M. J. Hehenkamp, ve I. A. v. d. Velde, E. F. L. M. de Bruin, ve F. J. M. Schelleman, "Uygulama el kitabı Su Çerçeve Direktifinin Türkiye'de uygulanması- Final," Principal Senter International Reference: MAT01/TR/9/3, Grontmij Advies&Techniek bv Vestiging Utrecht Houten, 2003.
- [7] C. Akkaya, A. Efeoğlu, ve N. Yeşil, "Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye'de uygulanabilirliği," TMMOB Su Politikaları Kongresi, ss. 195-204.
- [8] H. Bahçeci, "Biyolojik izleme," T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Antalya, 2014, http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/Biyolojik_%C4%B0zleme_1_sflb.sflb.ashx adresinden 05.04.2017 tarihinde erişildi.
- [9] Ö. H. Sahtiyancı, "Su Çerçeve Direktifi kapsamında çevresel hedefler ve önlemler programı: Büyük Menderes Havzası örneği," Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 2014.
- [10] N. Kazancı, S. Girgin, M. Dügel, ve D. Oğuzkurt, "Akarsuların çevre kalitesi yönünden değerlendirilmesinde ve izlenmesinde biyotik indeks yöntemi," Türkiye İç Suları Araştırma Dizisi II Form Ofset, Ankara, 100s, 1997.
- [11] A. Bayrak Aslan, "Su Çerçeve Direktifine göre biyolojik kalite unsuru: bentik makroomurgasız," Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 2015.
- [12] H. Bahçeci, "Su Çerçeve Direktifi kapsamında biyolojik izleme," Su Yönetimi Genel Müdürlüğü İzleme Dairesi Başkanlığı, Isparta, 2012, http://www.suyonetimi.gov.tr/Libraries/su/Biyolojik_%C4%B0zleme.sflb.ashx adresinden 05.04.2017 tarihinde erişildi.
- [13] N. Kazancı, "Yüzeysel sularda biyolojik indeksler ve ekolojik kalite oranlarının belirlenmesi adımları ve yöntemleri," Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, Ankara,

- http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/Y_UZEYSEL_SULARDA_BIYOLOJIK_ENDEKSLER_VE_EKOLOJIK_KALITE_ORANLARININ_BELIRLENMESI_ADIMLARI_VE_YONTEMLERI-_Nilgün_Kazancı.sflb.ashx adresinden 05.04.2017 tarihinde erişildi.
- [14] M. Erkan, "Su Çerçeve Direktifi kapsamında interkalibrasyon: Avrupa Birliği'nde yapılan çalışmalar ve Türkiye'ye yönelik öneriler," Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 2014.
- [15] N. Bakır, "Su Çerçeve Direktifine göre biyolojik kalite unsuru: makrofit," Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 2015.
- [16] E. Çiçek, ve S. Birecikligil, "Yüzeysel sularda su kalitesinin değerlendirmesi ve izlenmesi için biyolojik bütünlük indeksi: balık indekslerinin kullanılması," Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi 4-1, ss. 45-56, 2015.
- [17] N. Kazancı ve S. Girgin, "Sucul ekosistemlerin çevre kalitesi yönünden değerlendirilmesi ve izlenmesinde üç temel biyolojik yaklaşım," Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum, ss. 51-63, 1998.
- [18] Ö. Demir, "Sedimentteki makro-omurgasızlarla su kalitesinin değerlendirilmesi," Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [19] A. Sukatar, B. Yorulmaz, D. Ayaz, ve M. Barlas, "Emiralem Deresi'nin (İzmir- Menemen) bazı fiziko-kimyasal ve biyolojik (bentik makroomurgasızlar) özelliklerinin incelenmesi," Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10-3, ss. 328-333, 2006.
- [20] Benthic Macro-invertebrate Creek Study <https://www.spsd.sk.ca/Schools/brightwater/teacher/secondaryteachers/Documents/Lab%20acroinvertebrate%20Collection%20and%20Interpretation.pdf> adresinden 05.04.2017 tarihinde erişildi.
- [21] U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) 2017a. Indicators: Fish Assemblage. <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-fish-assemblage> adresinden 04.02.2017 tarihinde erişildi.
- [22] *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/en adresinden 15.11.2017 tarihinde erişildi.
- [23] *Cyprinus carpio* Linnaeus, <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyp> adresinden 15.11.2017 tarihinde erişildi.
- [24] T. Çetin, "Su Çerçeve Direktifine göre biyolojik kalite elementleri: fitoplankton ve fitobentoz," Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 2014.
- [25] U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2017b. Indicators: Phytoplankton, <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-phytoplankton> adresinden 04.02.2017 tarihinde erişildi.
- [26] *Schroederia setigera* (Schröder) Lemmermann, http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/chlorophyta/chlorophyceae/kokalni-cocoids/schroederia?image_id=14199 adresinden 15.11.2017 tarihinde erişildi.
- [27] *Sphaerocystis schroeteri* Chodat, <http://ccala.butbn.cas.cz/en/sphaerocystis-schroeteri-chodat> adresinden 15.11.2017 tarihinde erişildi.
- [28] *Helleborus orientalis*, <http://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=d100> adresinden 15.11.2017 tarihinde erişildi.
- [29] *Ranunculus repens*, <http://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=d307> adresinden 15.11.2017 tarihinde erişildi.
- [30] B. Taş, Ö. Yılmaz, ve I. Kurt, "Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye'de)'nda su kalitesinin göstergesi olan epipelik diatomeler," Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(7): ss. 610-616, 2015.
- [31] *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W. Smith, <http://caticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/taxon13541210.html> adresinden 15.11.2017 tarihinde erişildi.
- [32] *Melosira varians* C. Agardh, http://nordicmicroalgae.org/taxon/Melosira%20variens?media_id=Melosira%20variens_1.JPG adresinden 15.11.2017 tarihinde erişildi.
- [33] M.A. Onaran, N. Ozdemir, ve F. YILMAZ, "The fish fauna of Eşen Stream (Fethiye-Muğla)," International Journal of Science and Technology 1-1, ss. 35-41, 2006.
- [34] Z. Dedeoğlu, "Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi kapsamında biyolojik izlemenin araştırılması," Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2012.
- [35] N. Kazancı, G. Türkmen, P. Ekingen ve Ö. Başören, "Praperation of a biotic index (Yeşilirmak-BMWP) for water quality monitoring

of Yeşilirmak River (Turkey) by using benthic macroinvertebrates,” *Review of Hydrobiology* 6-1, ss. 1-29, 2013.

[36] N. Ö. Narin ve M. Tanatmış, “Gönen (Balıkesir) ve Biga (Çanakkale) Çayları’nın Ephemeroptera (Insecta) limnofaunası,” *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 6-1, ss. 16-25, 2004.

[37] H. Kalyoncu, “Aksu Çayı’nın fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak incelenmesi,” *Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2002.*