



Yazışma yazarı:
Enis AKAY,
akay.enis@gmail.com

Enis Akay¹, Nurhayat Dalkıran², Şükran Dere²

¹Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nilüfer, Bursa, Türkiye.

²Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Nilüfer, Bursa, Türkiye.

Referans:

Akay, E., Dalkıran N., Dere Ş., (2008), Akarsuların Biyolojik Su Kalitesinin Belirlenmesinde Bentik Makroomurgasızların Kullanımı, İklim Değişikliği ve Çevre, 3, (1) 60–67,

Makale Gönderimi : 23 TEMMUZ 2018
Online Kabul : 8 AĞUSTOS 2018
Online Basım : 15 AĞUSTOS 2018

Özet Küresel iklim değişikliği sebebiyle iç sularda özellikle akarsularda ciddi boyutta sıkıntılar yaşanmaktadır. Akarsuların mevcut durumlarının belirlenmesi için ve gerekirse önlem alınabilmesi için su kütlelerinde ekolojik durumun hesaplanması gerekmektedir. Ekolojik durumun hesaplanmasında üç temel kalite unsuru (Hidromorfolojik, kimyasal ve biyolojik) kullanılmaktadır. Biyolojik kalite unsurları ise beş organizma grubu kullanılarak belirlenmektedir. Bu çalışmada, biyolojik izleme unsurlarından biri olan bentik makroomurgasızların su kalitesinin belirlenmesindeki rolünü ortaya koymak amaçlanmıştır.

Bentik makroomurgasızların sahadan örnekleme metodları ve bentik makroomurgasızların kullanıldığı biyolojik su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan metrik tipleri incelenmiştir. Örnek olarak da Yalova'da bulunan bir akarsu olan Yalakdere'nin bentik makroomurgasızları kullanılmıştır.

Bentik makroomurgasızlar; heterojen bir grup olmasıyla, çevresel kirliliğe değişik tepki vermesiyle, hayat döngülerinin diğer organizma gruplarına göre daha uzun olmasıyla, teşhisleri ve toplanmalarının kolaylığıyla, yılın her döneminde su kütlelerinde bulunması gibi sebeplerle biyolojik izleme çalışmalarında etkili olarak kullanılan bir organizma grubudur. Ülkemizde de son yıllarda biyolojik su kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan çeşitli izleme çalışmaları Orman ve Su İşleri Bakanlığı aracılığıyla bütün havzalarımızda sürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bentik Makroomurgasızlar, Su Çerçeve Direktifi, Biyolojik Su Kalitesi

The Use of Benthic Macro Invertebrates in Determining Biological Water Quality of Rivers

Abstract Due to the global climate change, there are serious problems in domestic waters, especially in the rivers. In order to determine the current state of the rivers and to take measures if necessary, The ecological condition of the water masses needs to be calculated. Three basic quality elements (Hydromorphological, chemical and biological) are used in the calculation of the ecological situation. Biological quality elements are determined by using five groups of organisms. In this study, one of the elements of biological monitoring benthic macroinvertebrates reveal the role in determining water quality.

The sampling methods of benthic macroinvertebrates from the field and the metric types used to determine the biological water quality used for benthic macroinvertebrates have been examined. As an example of a macro-benthic invertebrates are used from Yalakdere, Yalova.

Benthic macroinvertebrates; such as by a heterogeneous group of organisms, by reacting differently to environmental pollution, by having longer life cycles than other organism groups, by their identification and collection, and by their presence in water bodies at all times of the year that are used effectively in biological monitoring studies. In order to determine the quality of biological water studies have recently been carried out through the Ministry of Forestry and Water Affairs in all the basins.

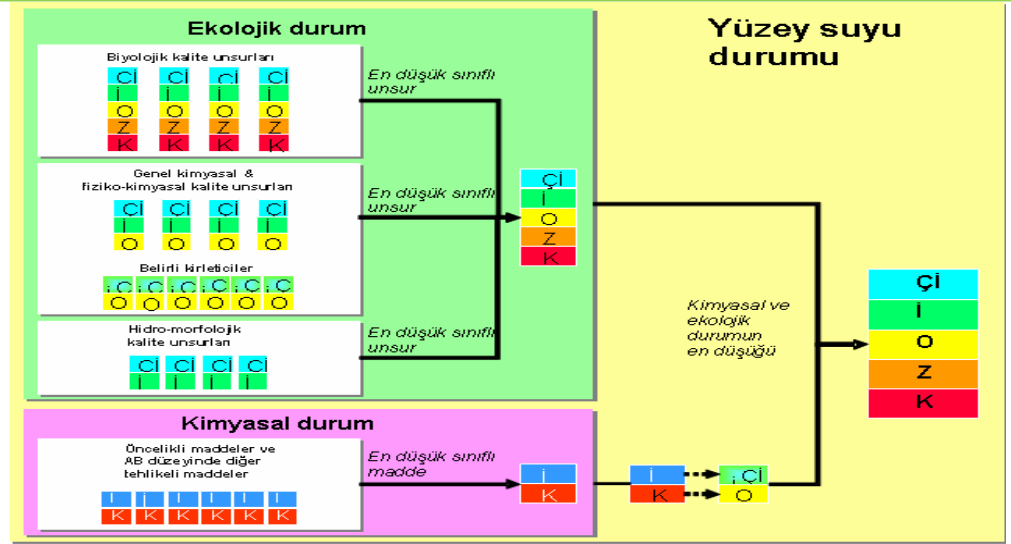
Keywords: Benthic Macroinvertebrates, Water Frame Directive, Biological Water Quality

1. Giriş

Dünya genelinde çevre kirliliği ciddi sorunlara sebep olmaktadır. Özellikle içme ve kullanma sularının kirlenmesi doğanın dengesini bozmaktadır. Bu dengesizlik insanında yaşamını doğrudan etkilemektedir. Hükümetler tarafından bu etkileri minimuma indirmek ve doğayı korumak için çeşitli önlemler alınmaya başlanmıştır. Özellikle ABD (Çevre Koruma Ajansı,1996) ve Avrupa'da (Avrupa Komisyonu, 2000) komisyonlar kurulmuş ve direktifler belirlenmiştir. Avrupa Birliği su kirliliğini azaltmak ve suyun sürdürülebilir kullanımını sağlamak için 23 Ekim 2000 tarihli ve 2000/60/EC sayılı "Su Çerçeve Direktifi" (Water Framework Directive) ni yürürlüğe koymuştur. Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Avrupa Birliği'nin çıkardığı en kapsamlı su mevzuatıdır. Bu direktif Avrupa Birliği üye ülkeleri ve aday ülkelerde suyun sürdürülebilir kullanımının sağlanması için belirli hedefler ortaya koymuştur. Temel hedef, tüm su kütlelerinin 2015 yılına kadar en azından "iyi kalite su" seviyesine getirilmesidir (Avrupa Komisyonu, 2000).

Türkiye Avrupa Birliği'ne aday bir ülke olarak SÇD için yönetmeliklerin uyumlaştırılması ve uygulanması gerekmektedir. Türkiye'nin Avrupa Birliği Müktesebatına Uyum Programı çerçevesinde (Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, 2005) yasal düzenlemelerin yapılması öngörülen öncelikli alanlardan biri de, "Çevre" alanıdır (Dalkılıç ve Harmancıoğlu 2008). Bu yasal düzenlemelerden de özellikle Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Dışişleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Devlet Su İşleri gibi kurumlar sorumludurlar (Dalkılıç ve Harmancıoğlu 2008). İlk olarak Havza İzleme ve Referans Noktalarının Belirlenmesi projesi kapsamında 2012-2013 yıllarında 5 havzada (Akarçay, Gediz, Susurluk, Ergene ve Sakarya Havzaları), 2013-2014 yılları arasında ikinci 5 havza (Kızılırmak, Antalya, Marmara, Küçük Menderes ve Konya Kapalı Havzaları) olmak üzere mevsimsel olarak bir yıllık süreyle fizikokimyasal, kimyasal, hidromorfolojik ve biyolojik kalite bileşenleri izlenmiş olup, veriler değerlendirilerek havzaların su kalitesi açısından mevcut durumu ortaya konulmuştur (Su Yönetimi Bülteni, 2017). AB projesi kapsamında su çerçeve direktifine göre Büyük Menderes havzası değerlendirilmiştir (Sahtiyancı, 2014). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğüne "Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi" ile seçilen havzalarda çalışmalar tamamlanmıştır (Su Yönetimi Bülteni, 2017). AB Su Çerçeve Direktifine uyum sağlamak adına bu gelişmelerin yanı sıra Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2016); Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023) (Ulusal Havza Yönetim Stratejisi, 2014) yönetmelikleri de düzenlenmiştir.

Su Çerçeve Direktifi'nin diğer direktiflerden (ör: nitrat direktifi, tehlikeli maddeler direktifi) farkı entegrasyon (bütünleşik) kavramıdır. Var olan diğer direktiflerin birleştirilmesinin yanında, SÇD yeni unsurlarda getirmiştir. En önemli yeni unsur nehir havzası yönetimidir. Her bir nehir havzası için bir Nehir Havzası Yönetim Planı (NHYP) oluşturulmasını gerektirmektedir. Su Çerçeve Direktifin 'de temel hedeflerden biri, başta mevcut durumdaki suların havza bazında su kalitesinin belirlenmesi ve belirli periyotlarda izlenmesi gelmektedir. Yerüstü suları için kalite sınıflandırması, ekolojik ve kimyasal durumun ortak değerlendirilmesiyle Ek-2'de verilen değerlendirme şemaları göz önüne alınarak yapılır. Kimyasal durum, öncelikli maddelerin izlenmesi neticesinde belirlenir. Ekolojik durum, su kütlesinin biyolojik, hidromorfolojik, genel kimyasal ve fiziko-kimyasal kalite unsurları ile birlikte belirli kirlenmelerin izlenmesi ve beraberce değerlendirilmesi ile belirlenir (Şekil 1) (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2016). Ekolojik Kalite oranının (EKO) belirlemek için, örnekleme noktalarının metrik değerleri 1-0 arasındaki bir değere dönüştürülür. Bunun için örnekleme noktalarının metrik değerleri referans alanlarla karşılaştırılır (Hering et al., 2006). Eğer referans istasyonlarında veri mevcut değilse, farklı stres derecelerini temsil eden istasyonlardaki veriler mevcutsa, referans değeri tahmin edilebilir veya geçmiş verilerden veya uzman değerlendirmesiyle belirlenebilir. (Avrupa Standardizasyon Komitesi, 2011). Metriklerin aritmetik ortalaması o alan için indeks değerini verir ve o alan için sınıf sınır değerlerine göre ekolojik kalite oranları ortaya çıkar (Şekil 1).



Şekil 1. Yerüstü Su Kütlelerinin Sınıflandırma Şeması, Ekolojik Durum Değerlendirmesi ve Su Kalite Sınıfı Renk Kodları (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2016 Ek 2).

Hidromorfolojik ve fiziko-kimyasal analizler akarsuyun o anlık durumu hakkında bilgi verirken biyolojik veriler ise su kalitesi çalışmalarında orta ve uzun vadede bilgi verirler (Sukatar et al., 2006). Su kalitesi çalışmalarında bu parametrelerin birlikte ele alınması, sonuçların güvenilirliğini arttırmaktadır (Sukatar et al., 2006). SÇD'ne ve yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair yönetmeliğe (Yüzeysel Sular Ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 2014) göre nehir su kütlelerinin biyolojik izleme parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. SÇD' ye göre Nehir Su kütlelerinin Biyolojik İzleme Parametreleri (Avrupa komisyonu, 2000). "Yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair yönetmelik'te (Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 2014) EK 1'de verilmiştir.

Biyolojik Kalite Unsurları

Omurgasız fauna (Bolluk, tür çeşitliliği, hassas tür varlığı, çeşitlilik)

Balık (Bolluk, tür çeşitliliği, yaşam döngüsü, hassas Tür varlığı)

Fitoplankton

Sucul floranın kompozisyonu ve bolluğu

*Fitobentoz (Bolluk, Tür çeşitliliği, Hassas Tür Varlığı)

*Makrofitler (Bolluk, Tür çeşitliliği, Hassas Tür Varlığı)

Biyolojik kalite elementleri farklı su kütlelerinde hidromorfolojik nutrient organik kirlilik ve asidifikasyona bağlı baskıların tespit edilmesinde kullanılmaktadırlar (Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 2014) (Tablo 2). Bu canlı grupları içerisinde ise en fazla ilgiyi bentik makroomurgasızlar çekmektedir. Bu canlılar, makrofit ve algelere göre daha uzun bir yaşam döngüsüne sahip olmaları, balıklarla karşılaştırıldığında çevresel değişikliklere daha kısa sürede tepki vermeleri, toplanmalarının kolay ve ucuz olması, özellikle cins ve familya düzeyinde teşhislerinin yeterli olması gibi nedenlerle su kalitesi çalışmalarında sıklıkla tercih edilir (Bonada et al., 2006). Bentik makroomurgasızların su kalitesinin belirlenmesinde kullanıldığı bir çok çalışma hem yurtdışında (Sandin ve Johnson, 2000; Mustow, 2002; Bonada et al., 2006; Langford et al., 2009; Clews et al., 2014; Lakew ve Moog, 2015; Sreeja, 2018) hem de ülkemizde (Kazancı et al., 1992; Kazancı ve Girgin, 1996; İmamoğlu, 2000; Dalkıran, 2006; Türkmen ve Kazancı, 2008; Girgin, 2010; Akay, 2015; Zeybek, 2017) mevcuttur.

Tablo 2. Baskı Türüne Göre İzlenmesi Gereken Biyolojik Kalite Elementleri (Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 2014 Ek 4 Tablo 1).

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

Bentik Makroomurgasızların Örnekleme Yöntemleri

Bentik makroomurgasız popülasyonunun bolluğu, çeşitliliği ve taksonomik yapısının belirlenmesi için uygun örnekleme metodları gerekmektedir (Hellowel, 1978). Örnekleme işleminin çalışma hedeflerine uygun olması ve sahanın fiziksel özelliklerinin dikkate alınması ve bu sebeple, uygun mesafe, alan ve zamana dayalı olması gerekmektedir (Furse et al., 1981). Bentik makroomurgasızların örneklenmesinde tekli habitat ve çoklu habitat yöntemi adı altında 2 yaklaşım vardır (Barbour et al., 1992). Tekli habitat örneklemesinde tek bir yaşama alanının, özellikle dalgalı hızlı akışların (riffle) veya düz akışların (run) örnekleme yöntemi vurgulanmıştır. Bu yaklaşım halen yaygın ve geçerlidir, çünkü makro-omurgasız canlıların çeşitlilik ve bollukları genellikle iri taş (cobble) habitatlarında en yüksek seviyededir (Barbour et al., 1992).

İri taş substratın baskın bir yaşam alanı olduğu yerlerde, bu örnekleme yaklaşımı temsili bir örnek sağlar. Bununla birlikte, bazı derelerde doğal olarak iri taş substratı yoktur. İri taş substratının örnekleme alanının % 30'undan daha azını temsil ettiği durumlarda, alternatif yaşam alanlarının örnekleme yapılması gereken durumlarda çoklu habitat yöntemi kullanılmaktadır. Her bir habitatın en az %5 mekânsal paya sahip olduğu bir araştırma sahasındaki tüm habitat türlerinden alınan 20 örnekleme birimi önerilmektedir. Habitat çeşitliliğinin düşük olduğu veya habitatlar içindeki taksa çeşitliliğinin düşük olduğu durumlarda 20'den az örnekleme birimi kullanımına izin verilmektedir (AQEM, 2002). Tablo 3'te ortamlara göre seçilen örnekleme yöntemi tipleri gösterilmiştir.

Tablo 3. Ortamlara yönelik cihaz seçimi (International Organization for Standardization, 2012).

Ekipman	su				numune türü		
	durgun	akan	derin	sığ	nitel	yarı-nicel	nicel
Kepçe Ağ	x	x	x ^a	x	x	x	-
Surber	-	x	-	x	x	x	x
Kutu	-	x	-	x	x	x	x
Silindir	-	x	-	x	x	x	x
Direç	x	x	x	-	x	x	-
Ekman-Birge Grab	x	x	x	x	x	x	x
Ponar Grab	x	x	x	-	x	x	x
Van Ven Grab	x	x	x	-	x	x	x
Polip Grab	x	x	x	-	x	x	x
Hava Kaldırmalı Numune Alıcı	x	x	x	-	x	x	x
Karot Ve Tüp Numune Alıcılar	x	x	x	-	x	x	x
Kolonizasyon Numune Alıcıları	x	x	x	x	x	x	-
x=uygun		- =uygun değil			^a =azami 4 m		

Bentik Makroomurgasızların Kullanıldığı Metrik Sistemler (Bentik Metrikler)

Biyolojik verilerin diğer verilerle karşılaştırılması için sayısal olarak belirlenmesi gerekmektedir. Biyolojik verilerin sayısal olarak ifade edildikleri verilere metrik denir. Bentik omurgasızların kullanıldığı metrik sistemler genel olarak bentik metrik olarak adlandırılır (Barbour et al., 1999). Metrik Sistemler, artan stres koşullarına bağlı olarak değişen biota'nın özelliklerini karakterize eden önemli sayısal verilerdir. Uygun metriklerin seçilmesi, çalışma bölgesinin biyolojik koşullarının tam olarak yansıtılmasını sağlar. Tablo 3'de bentik metrik çeşitleri ve bu metriklere örnekler verilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Bentik Makroomurgasız tabanlı metrik tipleri.

Metrik Çeşitleri	Metrikler
Tolerans metrikleri	Trent Biyotik İndeks
	Belçika Biyotik İndeks
	Genişletilmiş Biyotik İndeks
	Chandler Biyotik Skor Sistemi
	Biological Monitoring Working Party Skor Sistemi
	Average Score Per Takson
	BMWP İspanyol Modifikasyonu
	ASPT İspanyol Modifikasyonu
Takson Zenginliği Metrikleri	Toplam Takson Zenginliği
	Ephemeroptera takson sayısı
	EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) takson sayısı
	EPT/Diptera takson sayısı
Kompozisyon Metrikleri	% Ephemeroptera – Plecoptera - Trichoptera
	% Ephemeroptera
	% Diptera
	Portekiz Gold-İndeks
	%Caenidae/Ephemeroptera
	%Hydropschidae/Trichoptera
Çeşitlilik Metrikleri	Simpson-İndeks
	Shannon-Wiener-İndeks
Beslenme Tipi Metrikleri	[%] Grazers ve Scrapers (Otlayıcı ve Kazıcı)
	[%] Miners (Madenciler)
	[%] Shredders (Parçalayıcılar)
	[%] Gatherers/Collectors (Toplayıcı/Kollektörler)
Yaşam Şekli Ölçümleri	% Clingers (Yapışıcı)
	% Climber (Tırmanıcı)
Hayat Döngüsü Ölçümleri	% Multivoltine
	%Univoltine

Bu metriklerin bazılarını araştırmacılar kendi ülkelerine uyarlamış ve yeni versiyonlarını geliştirmişlerdir. İtalyan modifikasyonu EBI (Ghetti, 1997), İspanya modifikasyonu BMWP-Sp (Alba-Tercedor ve Sánchez-Ortega, 1988), Tayland modifikasyonu BMWPTHAI (Mustow, 2002) bunlara bazı örneklerdir.

ABD’li araştırmacılar balık, perifiton ve makroomurgasız topluluklarını kullanarak multimetrik indeks geliştirmişlerdir. Bu indeksin amacı metriklerin veri kalabalıklığını azaltmaktır. İndeks referans koşullarla bozulmuş alanların karşılaştırılması üzerine kuruludur (Baptista et al., 2007). Bentik Metriklerin hesaplanmasında çoğunlukla ASTERICS 4.04 (AQEM/STAR Ecological River Classification System) (AQEM, 2002) programı kullanılarak uygulanmaktadır. Bazı metriklerin hesaplanması ise standart tablolarından yararlanılarak gerçekleştirilmektedir (ör: Chandler ve TBI).

Yaladere (Yalova) Örneği

Çalışma alanı olan Yaladere eski yıllarda Hersek Lagünü’nü beslemektedirken günümüzde lagünün yaklaşık 3 km batısından Marmara Denizi’ne dökülmektedir. Lagünü besleyen bir tatlısu kaynağı olmadığı için lagündeki tuzluluk artmış ve alanın ekolojik yapısında bozulmalar tespit edilmiştir (Hersek Lagünü Sulakalan Biyolojik Çeşitlilik Araştırması, 2012). Bozulan ekolojik dengenin düzeltilebilmesi için alana tatlısu girişinin yapılması Hersek lagünü yönetim planı faaliyetlerinden biri olarak belirlenmiştir (Hersek Gölü Yönetim Planı, 2013). Önemli kuş alanı ve uluslararası öneme sahip sulak alan statüsünde olan Hersek lagününe Yaladere’den bir kanal vasıtasıyla su taşınması planlandığından Yaladere’nin su kalitesinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

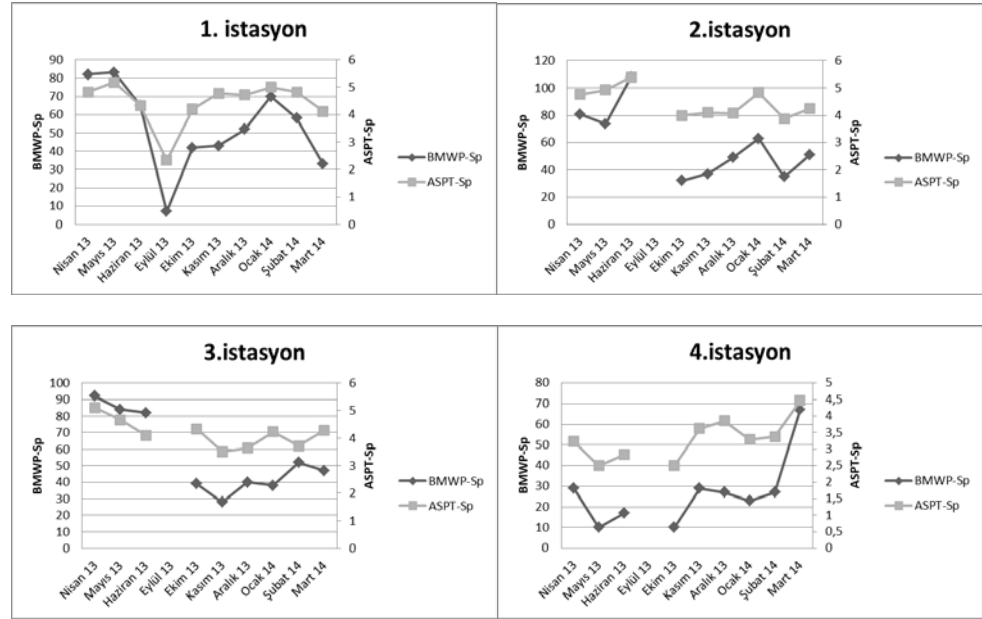
Bentik makroomurgasız örnekleri, Nisan 2013 - Mart 2014 tarihleri arasında aylık olarak dört istasyondan alınmıştır. Ayrıca on sekiz çevresel değişken ise akarsuyun fiziksel ve kimyasal yapısını tespit etmek için ölçülmüştür. Çalışmada aynı zamanda bentik makroomurgasızlara dayanarak hesaplanan tolerans metriklerinden BMWP-Sp ve ASPT-Sp değerlendirilmiştir. Yaladere Temmuz ayından itibaren kurumuş ve Ekim ayından itibaren yatakta tekrar su gözlenmiştir.

Ölçülen TN ve TP değerleri sonuçları Dodds et al., 1998’e göre ötrofik koşulların olduğunu işaret etmektedir (Dodds et al., 1998). TN ve TP değerlerinin istasyonlara göre ortalama değerleri ve yıllık ortalama değerleri Tablo 5’te verilmiştir. Bentik omurgasız tabanlı tolerans metrikleri kullanılarak biyolojik su kalitesi doğrudan belirlenebilmektedir. Yaladere’de

Tolerans metriklerinden BMWP-Sp ve ASPT-Sp uygulanmış, bu metriklerin biyolojik su kalitesi sınıfları Tablo 6'da verilmiştir. Bu metriklere göre kuraklık öncesi ilk üç örnekleme noktasında su kalitesi 1 ila 3. Sınıf arasında değişirken kuraklık sonrası su kalitesi 3. Sınıf kalitenin üzerine çıkmamıştır (Şekil 2). Kimyasal su kalitesi verileri ile karşılaştırıldığında bentik omurgasız tabanlı metriklerin su kalitesinin belirlenmesinde iyi bir indikatör olduğu görüşüne varılmıştır. Bentik makroorganizmalar kullanılarak, Yalakdere'de hidromorfolojik ve nutrientlerin oluşturduğu baskılar ve seviyesi belirgin bir şekilde tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 5. TN ve TP değerlerinin istasyonlara göre ortalama değerleri ve yıllık ortalama değerleri.

	1.ist. ort.	2. ist.ort.	3. ist.ort.	4. ist.ort.	Yıllık ort.	Standart Hata
TP (mg/l)	0,284	0,293	0,398	0,2	0,3	0,049
TN (mg/l)	5,571	6,451	6,313	5,739	6,003	0,357



Şekil 2. İstasyonların BMWP-Sp ve ASPT-Sp metriklerinin aylık değişimi.

Tablo 6. BMWP-Sp ve ASPT-Sp değerlerinin karşılığı olan su kalite sınıfları.

Su kalite sınıfı	BMWP-Sp Değeri	ASPT-Sp
	>150	-
I	101-150	>5.5
II	61-100	5.5-4.6
III	36-60	4.5-3.6
IV	16-35	<3.6
V	<15	-

2. Tartışma ve Sonuç

Bentik makroorganizmaların su kalitesinde belirlenmesinde kullanılan metrikler yurtdışında geliştirilmiş, özellikle kendi coğrafyaları için dizayn edilmiş metriklerdir (İtalyan modifikasyonu EBI (Ghetti, 1997), İspanya modifikasyonu BMWP-Sp (Alba-Tercedor ve Sánchez-Ortega, 1988), Tayland modifikasyonu BMWPTHAI (Mustow, 2002). Türkiye'ye ait sadece BMWP'nin Kazancı vd. (2013) tarafından geliştirilmiş Yeşilirmak-BMWP versiyonu vardır. Ancak farklı coğrafik bölgeler, farklı tipteki akarsuların çokluğu, yüksek endemizm gibi etkenlerden dolayı, tüm Türkiye'yi kapsayan tek bir indeks oluşturmak olanaksız görülmektedir (Kazancı et al., 2013). Bu nedenle ülkemize özgü indekslerin geliştirilmesi gerekmektedir.

AB uyum sürecinde olan ülkemiz "çevre" başlığında üye ülkelere göre iyi yol kat etmiştir. Birçok havzada mevcut durum ortaya konmuş, referans alanlar tanımlanmaktadır. Bundan sonra da düzenli

periyotlarda izleme çalışmaları yapılmalı ve tüm su kütlelerini ekolojik olarak "iyi durum" a getirmek hedeflenmelidir.

3. Kaynaklar

- Akay, E., (2015), Yalakdere (Yalova) Bentik Makroomurgasızlarının Biyolojik Su Kalitesinin Değerlendirilmesinde Kullanılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Bölümü. Bursa.
- Alba-Tercedor, J., Sánchez-Ortega, A. (1988), Un Método Rápido Y Simple Para Evaluar La Calidad Biológica De Las Aguas Corrientes Basado En El De Hellawell. *Limnética*, 4:51-56.
- AQEM Consortium. (2002), Manual For The Application Of The AQEM System. A Comprehensive Method To Assess European Streams Using Benthic Macroinvertebrates, Developed For The Purpose Of The Water Framework Directive. Version, 1. Aquatic Insects Of North America. 3rd Edition. Kendall/Hunt Publishing, Dubuque, Iowa.
- Avrupa Komisyonu, (2000), European Commission Directive 2000/60/EC Of The European Parliament And Of The Council Of 23 October 2000
- Avrupa Standardizasyon Komitesi, (2011), Water Quality - Guidance On The Design Of Multimetric Indices CEN/TR 16151
- Baptista, D. F., Buss, D. F., Egler, M., Giovanelli, A., Silveira, M. P., Nessimian, J. L. (2007), A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil. *Hydrobiologia*, 575(1), 83.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. (1999), Rapid Bioassessment Protocols For Use In Streams And Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates And Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office Of Water; Washington, D.C.
- Barbour, M.T., Plafkin, J.L., Bradley, B.P., Graves, C.G., Wisseman, R.W. (1992), Evaluation Of EPA's Rapid Bioassessment Benthic Metrics: Metric Redundancy And Variability Among Reference Stream Sites. *Environmental Toxicology And Chemistry*, 11(4):437-449.
- Bonada, N.; Rieradevall, M., Prat, N., Resh, V.H. (2006), Benthic Macroinvertebrate Assemblages And Macrohabitat Connectivity In Mediterranean-Climate Streams Of Northern California. *Journal Of The North American Benthological Society*, 25(1): 32-43.
- Clews, E., Low, E.W., Belle, C. C., Todd, P. A., Eikaas, H. S., Ng, P. K. (2014), A Pilot Macroinvertebrate Index Of The Water Quality Of Singapore's Reservoirs. *Ecological Indicators*, 38: 90-103.
- Çevre Koruma Ajansı, (1996), Environmental Protection Agency. National Summary Of Water Quality Conditions. National Water Quality Inventory: 1996 Report To Congress.
- Dalkılıç, Y., Harmancıoğlu, N. (2008), Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifinin Türkiye'de Uygulama Olanakları TMMOB, 2. *Su Politikaları Kongresi*, 415
- Dalkıran, N. (2006), Orhaneli Çayı'nın Epilitik Diyatomeleleri İle Bentik Omurgasızlarının İlişkilendirilmesi Yoluyla Kirlilik Düzeyinin Saptanması. *Doktora Tezi*, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Bursa.
- Dodds, W. K., Jones, J. R., Welch, E.B. (1998), Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. *Water Research*, 32(5): 1455-1462.
- Furse, M.T., Wright, J.F., Armitage, P.D., Moss, D., (1981) An Appraisal Of Pondnet Samples For Biological Monitoring Of Lotic Macro-Invertebrates. *Water Res.*, 15 679-689.
- Ghetti, PF. (1997), Manuale Di Applicazione Indice Biotico Estesio (I.B.E.), *Trento: Provincia Autonoma Di Trento*. 222 P.
- Girgin, S. (2010), Evaluation Of The Benthic Macroinvertebrate Distribution In A Stream Environment During Summer Using Biotic Index. *International Journal Of Environmental Science & Technology*, 7(1): 11-16.
- Hering, D., Feld, C. K., Moog, O., & Ofenböck, T. (2006), Cook Book For The Development Of A Multimetric Index For Biological Condition Of Aquatic Ecosystems: Experiences From The European AQEM And STAR Projects And Related Initiatives. In *The Ecological Status Of European Rivers: Evaluation And Intercalibration Of Assessment Methods* (Pp. 311-324), *Springer*, Dordrecht.
- Hersek Gölü Yönetim Planı, (2013), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, 2013.
- Hersek Lagünü Sulakalan Biyolojik Çeşitlilik Araştırması, (2012), Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Yalova.
- International Organization for Standardization, (2012), 10870: 2012. Water Quality—Guidance For The Selection Of Sampling Methods And Devices For Benthic Macroinvertebrates In Fresh Waters.

- Kazancı N., Girgin, S. (1996), Monitoring And Evaluation Of Ecological Situation Of Ankara Stream , *Internationale Fachtagung Fluss Und Landschaft, Ökologische Entwicklungskonzepte*, Abstract Book P:119, Würzburg , Germany.
- Kazancı, N., İzbirak, A., Çağlar, S., Gökçe, D. (1992), *Köyceğiz Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi Sucul Ekosisteminin Hidrobiyolojik Yönden İncelenmesi*. Özyurt Matbaası, Ankara.
- Kazancı, N., Türkmen, G., Ekingen, P., Başören, Ö. (2013), Preparation Of A Biotic Index (Yeşilirmak-BMWP) For Water Quality Monitoring Of Yeşilirmak River (Turkey) By Using Benthic Macroinvertebrates. *Review Of Hydrobiology*, 6: 1-29.
- Lakew, A., ve Moog, O. (2015), A Multimetric Index Based On Benthic Macroinvertebrates For Assessing The Ecological Status Of Streams And Rivers İn Central And Southeast Highlands Of Ethiopia. *Hydrobiologia*, 751(1), 229-242.
- Langford, T., Shaw, P., Ferguson, A., Howard, S. (2009), Long-Term Recovery Of Macroinvertebrate Biota İn Grossly Polluted Streams: Re-Colonisation As A Constraint To Ecological Quality. *Ecological Indicators*, 9(6), 1064-1077.
- Mustow, S.E. (2002), Biological monitoring of rivers in Thailand: use and adaptation of the BMWP score. *Hydrobiologia*. 479: 191 – 229.
- Sahtiyancı, Ö.H., (2014), Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Çevresel Hedefler ve Önlemler Programı: Büyük Menderes Havzası Örneği. *Uzmanlık Tezi*. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı. Ankara.
- Sandin, L., Johnson, R. (2000),The Statistical Power Of Selected İndicator Metrics Using Macroinvertebrates For Assessing Acidification And Eutrophication Of Running Waters. *Hydrobiologia*, 422-423(0): 233-243.
- Sreeja, J. (2018), Biomonitoring Of Paravur Lake İn Kerala Using Macro-Invertebrates. In *Environmental Pollution* (Pp. 477-485), *Springer*, Singapore.
- Su Yönetimi Bülteni, (2017), Söyleşi. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2017), 3 (12), 4-8.
- Sukatar, A., Yorulmaz, B., Ayaz, D., Barlas, M. (2006) Emiralem Deresi'nin (İzmir-Menemen) Bazı Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik (Bentik Makroomurgasızlar) Özelliklerinin İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 10-3:328-333
- Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, (2005) Çevre, [http://www.mfa.gov.tr/data/AB/AB Muktesebati/27Cevre.pdf](http://www.mfa.gov.tr/data/AB/AB_Muktesebati/27Cevre.pdf), 12.02.2018
- Türkmen, G., Kazancı, N. (2008), Bolu İlindeki Bazi Akarsuların Referans İstasyonlarının Saprobik İndeks Kullanılarak Su Kalitelerinin Değerlendirilmesi. *Rev. Hydrobio*, 1(2): 93-118.
- Ulusal Havza Yönetim Stratejisi, (2014), Orman Ve Su İşleri Bakanlığı. Ankara.
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, (2016) 10 Ağustos 2016 tarih ve 29797 Sayılı Resmi gazete
- Yüzeysel Sular Ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik (2014),11 Şubat 2014 tarih ve 28910 Sayılı Resmi gazete.
- Zeybek, M. (2017), Macroinvertebrate-Based Biotic Indices For Evaluating The Water Quality Of Kargı Stream (Antalya, Turkey). *Turkish Journal Of Zoology*, 41(3), 476-486.