

# AKSU ÇAYI'NIN SU KALİTESİNİN BİYOTİK İNDEKSLERE (DİYATOMLARA VE OMURGASIZLARA GÖRE) VE FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELERE GÖRE İNCELENMESİ, ORGANİZMALARIN SU KALİTESİ İLE İLİŞKİLERİ

Hasan KALYONCU<sup>1\*</sup>, Murat BARLAS<sup>2</sup>, Ömer Osman ERTAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü / ISPARTA

<sup>2</sup>Muğla Üniversitesi, Fen -Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü / MUĞLA

<sup>3</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Eğirdir / ISPARTA

## Özet

Türkiye'nin güneybatısında yer alan önemli akarsulardan olan ve Akdeniz'e dökülen Aksu Çayı'nda Şubat 2000-Temmuz 2001 tarihleri arasında yapılan çalışmalar sonunda Bacillariophyta 80, makrozoobentik omurgasız 105, balık 13, sucul makroskopik bitki 7 ve Charophyta 2 olmak üzere toplam 200 takson belirlenmiştir. İstasyonlardaki su kalite değişimleri incelenmiştir. Aksu Çayında seçilen 6 istasyonda bentik omurgasızlara göre 6 (MHBI, BMWP, SI, EBI, BSI ve IBPAMP), diyalomlara göre 7 (DI-CH, TI, TDI, TI<sub>(DIA)</sub>, SI, EPI-D ve IDP) indeks kullanılarak akarsuyun su kalitesi ortaya konmuştur. Ayrıca fizikokimyasal parametrelere göre de su kalite tayini yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda 1. istasyon çok az kirlenmiş, 2. ve 3. istasyonlar aşırı derecede kirlenmiş, 4. istasyon az kirlenmiş, 5. ve 6. istasyonlar ise orta derecede kirlenmiş olarak belirlenmiştir. İndekslerin tamamı su kalitesindeki değişimi yansıtsa da en fazla sapma TI<sub>(DIA)</sub> ve BSI'da gözlenmiştir. Diğer indeksler hemen hemen birbirine yakın değerlerde seyretse de kirlenmiş bölümler SI (Rott vd., 1997) ve SI (Sládeček, 1973) indeksleri tarafından daha iyi yansıtılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyolojik indeksler, Bentik makrozoobentikler, Diyalom, balık, sucul bitki örtüsü, akarsular

## THE STUDY OF THE WATER QUALITY OF THE AKSU STREAM ACCORDING TO THE BIOTIC INDEX (DIATOMS AND INVERTEBRATES) AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS, THE RELATIONS OF THE ORGANISMS WITH THE WATER QUALITY

### Abstract

As a result of the analysis performed, between February 2000 and July 2001 in the Aksu Stream, one of the important streams in the south-west of Turkey, flows into the Mediterranean Sea, 200 taxa were determined: 80 of *Bacillariophyta*, 105 of macrozoobenthic invertebrates, 13 of fishes, 7 of aquatic macroscopic plants and 2 of *Charophyta*. Dominant taxa by the stations were determined and their relations with the water quality changes were studied. At the six stations chosen in the Aksu Stream, the water quality was established using 6 indices (MHBI, BMWP, SI, EBI, BSI and IBPAMP) for benthic invertebrates and 7 indices (DI-CH, TI, TDI, TI<sub>(DIA)</sub>, SI, EPI-D and IDP) for diatoms. The water quality was also determined according to the physicochemical parameters. Based on the assessments, the 1<sup>st</sup> station was very little-polluted, the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> stations were excessively-polluted, the 4<sup>th</sup> station was little-polluted and the 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> stations were moderately polluted. All the indices reflect the change of the water quality. However, the biggest deviation was observed with TI<sub>(DIA)</sub> and BSI. Although the other indices had close values, the polluted parts were better reflected by SI (ROTT et al 1997) and SI (SLÁDEČEK 1973).

**Key Words:** Biotic indices, benthic invertebrates, diatom, fish, aquatic vegetation, running water

\* E-posta: kalyoncu@fef.sdu.edu.tr

## 1. Giriş

Akarsular üzerine kirleticilerin etkisi, flora ve faunada meydana gelen değişiklikler geçmişten günümüze kadar araştırılmış, değişimler açıklanmaya çalışılmıştır. Küresel ısınma nedeni ile su kaynaklarının önemi daha da artmış kirlilik düzeylerinin belirlenmesi ve kirletici kaynakların ortadan kaldırılması kaçınılmaz olmuştur. Su niteliğinin belirlenmesinde günümüzde sucul canlılar kullanılmaktadır. Su niteliğini belirlemeye yönelik sistemler geliştirilmiştir ve geliştirilmektedir. Su niteliğini biyolojik yönden belirlemeye yönelik çalışmaların Avrupa'da oldukça uzun bir geçmişe sahip olduğu (1900'lü yıllardan beri), konu ile ilgili çeşitli indekslerin geliştirildiği görülmektedir [1, 2, 3, 4]. Daha sonra Avrupa'da algleri (özellikle diyatomeleleri) makrozoobentik omurgasızları, balıkları ve sucul vejetasyonu kullanan indeksler geliştirilmiştir. Bu indeksler akarsularda ayrı ayrı uygulanarak alınan sonuçlar değerlendirilmiş ve ülkelere göre indeksler geliştirilmiştir. Geliştirilen indeksler ile organizmaların farklı taksonomik düzeyleri ele alınmıştır. Avrupa ülkelerinde akarsuların su kalitesini belirlemede hem diyatomlar hem de makroomurgasızlar üzerine uygulanan çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden makroomurgasızlar üzerine uygulanan saprobi ve biyotik indekslerinin uygulamaları oldukça başarılı bulunmuştur. Saprobi indeksleri türlerin organik kirliliğe tepkilerini temel alırken biyotik indeksler hem türlerin hem komünitenin tepkilerini ele almaktadır [5]. Diyatomlar çevresel etmenlerin değişimine hızlı yanıt verdikleri için, genel su kalitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır [6, 7, 8]. Son yıllarda diyatom, bentik omurgasızlar, makrofitler, balıklar ve fizyokimyasal parametrelerin bir arada değerlendirildiği çalışmalar da yapılmaya başlanmıştır [9, 10, 11, 12]. Bu çalışmalar akarsuların ekolojik yapısının ve indekslerin uyumunun ortaya konması açısından oldukça önemlidir. Avrupa Birliği içerisinde yer alan ülkelerin tümünde kullanılabilecek sistemler oluşturulmaya, indeksler arasında uyumu ve kalibrasyonu sağlamaya yönelik çalışmalar da yapılmaktadır.

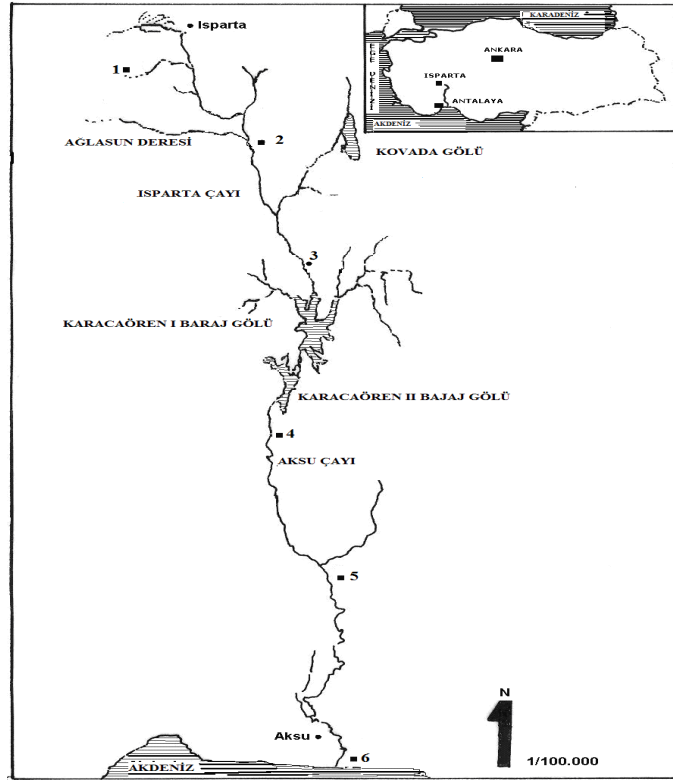
Fakat Türkiye'de akarsulardaki su kalitesinin belirlenmesinde biyotik ve saprobi indekslerin kullanımı 90'lı yıllarda başlayan ve üzerinde pek çalışılmayan bir konudur. Bu sebeple Türkiye'deki akarsulara göre geliştirilmiş bir tayin sistemi de oluşturulmamıştır. Türkiye'de genellikle Saprobi index [13, 14, 15, 16], BMWP, ASPT ve BBI kullanılmıştır [17, 18]. Ancak son yıllarda geliştirilen indeksler de Türkiye'deki akarsularda kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak Solak vd., [19] SLA, DESCY, CIDP, LMA, WAT, CEE ve IDAP indekslerini kullanmışlardır. Fakat Türkiye'de makrozoobentik omurgasızları ve diyatomları bir arada kullanarak ilişkilerini ortaya koyan çalışmalar yoktur. Biz bu çalışmada diyatomlara ve bentik omurgasızlara göre geliştirilen sistemleri Aksu Çayı'na uygulayarak Türkiye'de kullanılabilirliklerini ve birbirleri arasındaki ilişkileri ortaya koymaya çalıştık. Bunun yanında belirlenen istasyonlarda balık faunası ve sucul vejetasyon ile ilgili bilgiler de verilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar diğer ülkelerde uygulanan indekslerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

## 1. Materyal ve yöntemler

### a. Çalışma alanı ve örnekleme istasyonları

Türkiye'nin Güneybatısında bulunan Aksu Çayı, Isparta ilinde bulunan Akdağ'dan doğan, çeşitli kaynak sularının birleşmesiyle oluşan ve yaklaşık 145 km yol kat ettikten sonra Antalya Aksu ilçe sınırlarından Akdeniz'e dökülen bir akarsudur (Şekil 1). Aksu Çayı'nın kaynaklarından en büyüğü Isparta Deresi'dir. Bu çalışmada sistemi temsil eden altı örnekleme noktası seçilmiştir. Kaynak mevki olarak seçilen 1. örnekleme noktası Akdağ'ın kuzey yamaçlarında yer alan Yukarı Direkli Köyü yakınlarında bulunmaktadır.

2. örnekleme noktası Isparta-Antalya karayolu üzerinde yer alan Dereboğazı mevkiindedir. Bu örnekleme noktasına gelmeden, yaklaşık 20 km önce, Isparta ilinden gelen atık sular, deri sanayi atıkları ve çöplükten sızan sular akarsuya karışmaktadır. 3. örnekleme noktası Karacaören I Baraj gölünün üst kısmında Su Çatı mevkiinde yer almaktadır. 4. örnekleme noktası Karacaören II Baraj Gölünün aşağı kısmında yer alan su dağıtım regülatörünün alt kısmında, Aksu köprüsü civarındadır. 5. örnekleme noktası Güloluk regülatörünün hemen alt kısmında bulunmaktadır, akarsu yatağı genişlemiştir. 6. İstasyon akarsuyun Akdeniz'e döküldüğü Antalya'nın Aksu ilçesi sınırları içerisinde nehir ağız bölgesinde denize 300 m mesafede yer almaktadır (Şekil 1). 1. istasyonla 6. istasyon arasında 1000 m dolayında yükseklik farkı vardır.



Şekil 1. Çalışma alanı ve istasyonlar.

#### b. Fizyokimyasal parametrelerin analizi

Tüm örneklemeler Şubat 2000- Temmuz 2001 tarihleri arasında aylık olarak alınmıştır. Su örnekleri akarsuyun orta kısmından olmak üzere 1 litrelik polietilen kaplara alınarak, laboratuara getirilmiş ve analizleri yapılmıştır. Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $1^{\circ}\text{C}$  taksimatlı termometre ile; pH değerleri, Elektromag marka arazi tipi pH metre ile arazide; elektrik iletkenliği ( $\text{E.C. } \mu\text{mhoscm}^{-1}$ ), YSI Model 33 S-C-T metre ile; çözülmüş Oksijen ( $\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ ), YSI Model 51 B arazi tipi oksijen metre ile arazide ölçülmüştür. Hach Ratio turbidimetre ile laboratuarda; biyokimyasal oksijen ihtiyacı ( $\text{BOI}_5 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ ) oksijen metre ile 5 gün sonra ölçülmüştür (2. ve 3. örnekleme noktalarında 1:1 ve 1:4 seyreltme yapılmıştır). Bulanıklık (NTU), amonyum azotu ( $\text{NH}_4\text{-N mgL}^{-1}$ ), nitrat azotu ( $\text{NO}_3\text{-N mgL}^{-1}$ ), ortofosfat ( $\text{PO}_4\text{-P mgL}^{-1}$ ) ve klorür ( $\text{Cl mgL}^{-1}$ ) Anonim [20]'e göre ölçülmüştür. Fizyokimyasal verilere göre su kalitesi sınıflandırması Klee [21]'ye göre yapılmıştır.

#### c. Diyatomların toplanması ve teşhisi

Araştırma süresi boyunca (Şubat 2000-Temmuz 2001), genel olarak her ayın ortasında yağışsız günlerde numuneler alınmıştır. Örnek alımları her istasyonda akarsuyu karakterize edecek bölümlerden yapılmış ve her örnek alımında her istasyondan epilitik diyatomlar yaklaşık olarak  $25 \text{ cm}^2$ 'lik taşlar üzerinden kazınarak toplanmıştır [22]. Diyatomların teşhisi ve bolluklarının hesaplanması için sürekli preparatları yapılmıştır. Epilitik diyatomlar  $10\times 100$  büyütme Nikon mikroskopta her preparatta lamelin ortasından geçen düz çizgi üzerinde en az 500 organizma sayılmış ve iştirak eden türlerin baskınlıkları hesaplanmıştır. Alınan numuneler karanlık ortamda korunmuştur. Diyatomların teşhislerinde Hustedt [23] ve Krammer ve Lange-Bertalot [24,25,26,27]'tan faydalanılmıştır.

#### d. Makroorganizmaların toplanması ve teşhisi

Makrozoobentik örnekler Zeminde yer alan taş, çakıl ve suda var olan bitkiler arasından su içinde ve kıyıda olmak üzere  $50\times 30$  ebadında demirden yapılmış ve tül geçirilmiş saplı bentik kepçesi ile yaklaşık 20 dakika ve istasyon

çevresinde 100 m'lik bir bölümde yapılmıştır (Şubat 2000-Temmuz 2001). Toplama işlemi yapılırken kepçe akıntının ters yönünde dik olarak suda tutulmuş ve kepçenin yukarı kısımları ayakla karıştırılarak organizmaların akıntı ile beraber kepçede toplanması sağlanmıştır [28]. Toplanan örnekler % 70'lik alkolle tespit edilerek laboratuara getirilip, Olympus marka stero mikroskopta inceleme yapılmış, gruplar birbirinden ayrılmış, daha sonra örnekler Olympus marka fotoğraf ataçmanlı binoküler mikroskopta farklı büyütme oranlarında % 60'ı cins seviyesinde, % 40'ı da tür seviyesinde teşhis edilmiştir. Teşhisi yapılan örnekler % 70'lik etil alkolde standart müze materyali tipinde karanlık ortamda korunmaya alınmıştır.

#### e. Biyotik indeksler

Diyatomlara göre kullanılan su kalitesi tayin indekslerinden 'Swiss diyatom index' (DI-CH) BUVAL [29]'a göre, 'Troph Index' (TI) Schmedtje vd., [3]'e göre, 'Troph Index' (TDI) Coring vd., [30]'ne göre, 'Troph Index' (TI<sub>(DIA)</sub>) Rott vd., [4]'ne göre, 'Saprob Index' (SI) Rott vd., [31]'ne göre, 'Eutropication/Pollution Index' (EPI-D) Dell'uomo [2, 32]'ya göre ve 'The Pampean Diatom Index' (IDP) Gómez ve Licurci [33]'ye göre hesaplanmıştır. Bentik omurgasızlara göre 'Biological Monitoring Working Party' (BMWP) Armitage vd., [34]'ne göre, 'Saprob Index' (SI) Sládeček [1]'e göre, 'Extended Biotic Index' (EBI) Ghetti [35]'ne göre, 'Biotic Sediment Index' (BSI) De Pauw ve Vanhooren, [36]'e göre, 'Biotic Index Pampean' nehirleri ve dereleri için (IBPAMP) Capitulo vd., [37]'e göre, 'Modifiye Hilsenhoff Biotic Index' (MHBI) Hilsenhoff [38]'a göre hesaplanmıştır.

#### f. Vejetasyon ve balıkların toplanması ve teşhisi

Araştırma süresi boyunca (Şubat 2000-Temmuz 2001), akarsu kenarlarından ve içinden su bitkileri herbaryum tekniklerine uygun şekilde preslenerek kurutulmuş ve arazi defterine kaydedilmiş laboratuarda teşhisleri yapılmıştır. Balıklar şokerle yakalanarak sistematik tayinlerde Balık ve Ustaoğlu [39], Geldiay & Balık [40]'dan yararlanılmıştır. Balık örneklemeleri mevsimsel olarak yapılmıştır.

## 2. Bulgular

### a. Fauna ve flora

Aksu Çayı'nda Bacillariophyta'ya ait 80, Insecta'dan Plecoptera'ya ait 9, Trichoptera'ya ait 10, Odonata'ya ait 16, Ephemeroptera'ya ait 23, Diptera'ya ait 14, Hemiptera'ya ait 5, Coleoptera'ya ait 6, Crustacea'den Amphipoda'ya ait 1, Isopoda'ya ait 1, Decapoda'ya ait 1, Annelida'ya ait 5, Turbellaria'ya ait 1, Mollusca'dan Gastropoda'ya ait 6, Bivalvia'ya ait 3 ve Acarina'ya ait 4 takson olmak üzere toplam 105 takson balıklardan 13 takson Sucul makroskopik bitkilere ait 7 takson ve Charophyta'ya ait 2 takson olmak üzere 200 takson belirlenmiştir. 1. istasyonda Bacillariophyta içinde en baskın takson *Achnanthes lanceolata* de Breloisson, bentik omurgasızlar arasında *Baetis sp.* ve *Protonemoura sp.* olmuştur. Bu istasyonda balıklardan sadece *Salmo trutta macrostigma* Dumeril, 1858 ya rastlanmış sucul makroskopik bitkilere rastlanamamıştır.

2. istasyonda en baskın taksonlar *N. palea*, *Tubifex tubifex* Müll., *Chironomus thummi* K. olmuş bu istasyonda hiçbir balık türüne ve makroskopik bitkiye rastlanamamıştır. 3. istasyon ikinci istasyonla benzerlik göstermiş fakat kirlilik seviyesinde az da olsa azalma belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu istasyonda balıklardan en yoğun olarak rastlanan balık *Nemacheilus angorae* Steindachner, 1879 olmuş, ayrıca *Chara sp.*'nin bu istasyonda özellikle yaz aylarında yaygın olduğu gözlenmiştir. 4. istasyon da en baskın taksonlar *Cocconeis. pediculus* Ehr. ve *Ancylus fluviatilis* Müller olmuştur. Bu istasyonda yoğun olarak balıklardan *Anguilla anguilla* Linnaeus, 1766 ve sucul bitkilerden *Poligonum amphibium* L.'a rastlanmıştır. 5. istasyon da en baskın taksonlar *Melanopsis preamorsa* ve *Navicula tripunctata* (O.F. Müller) Bory olmuş *Myriophyllum spicatum* L. ve *Barbus capito pectoralis* Heckel, 1843'e yoğun olarak rastlanmıştır. Bu istasyonda makroskopik alglerden *Chara* ve *Nitella* cinslerine de yoğun olarak rastlanmıştır. 6. istasyonda *C. pediculus*, *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot, *Palaemon* ve *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 en baskın taksonlar olmuştur. Balıkların dağılımına bakıldığında barajların arada var olması akarsuda balık geçişini engellemekte ve ayrıca su kalitesindeki değişimler dağılımı etkilemektedir. Ayrıca 3. istasyon ve çevresinde yer yer balık ölümlerine rastlanmıştır. İstasyonlarda baskın organizmalar değişim göstermiş sadece 2. ve 3. istasyonlarda benzer taksonlar baskın olmuştur (Table 1).

Çizelge 1. Belirlenen istasyonlardaki sucul bitkiler, balıklar ve baskın organizmalar (diatom ve bentic omurgasızlar)

Istasyonlar	Istasyonlarda Belirlenen <i>caudatic-vegetation</i>	Istasyonlarda Belirlenen Balıklar	Istasyonlarda Baskın diatomlar
1	-	<i>Salmo trutta macrostigma</i> DUMERİL, 1858	<i>Achnanthes lanceolata</i> de Breloisson <i>Diatoma vulgare</i> Bory <i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory <i>Cymbella helvetica</i> Kütz <i>Diatoma hiemale</i> (Lyngbye) Heiberg
2	-	-	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith <i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing <i>Caraticula accomoda</i> (Hustedt) D.G. Mann
3	<i>Chara sp.</i>	<i>Nemacheilus angorae</i> STEINDACHNER, 1879 <i>Rutilus tricolor</i> LORSET, 1883 <i>Carassius carassius</i> LINNAEUS, 1758 <i>Barbus capito pectoralis</i> HECKEL, 1843	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith <i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing <i>Caraticula accomoda</i> (Hustedt) D.G. Mann <i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson
4	<i>Polygonum amphibium</i> L. <i>Potamogeton crispus</i> L. <i>Myriophyllum spicatum</i> L. <i>Polygonum amphibium</i> L. <i>P. hydropiper</i> L.	<i>Barbus capito pectoralis</i> HECKEL, 1843 <i>Anguilla anguilla</i> LINNAEUS, 1766 <i>Rutilus tricolor</i> LORSET, 1883 <i>Nemacheilus angorae</i> STEINDACHNER, 1879	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr. <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg <i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory <i>Diatoma vulgare</i> Bory <i>Cymbella helvetica</i> Kütz <i>Cymbella minuta f. latens</i> (Krasske) Reim
5	<i>Myriophyllum spicatum</i> L. <i>Potamogeton crispus</i> L. <i>P. natans</i> L. <i>P. pectinatus</i> L. <i>Polygonum persicaria</i> L. <i>Chara sp.</i> <i>Nitella sp.</i>	<i>Anguilla anguilla</i> LINNAEUS, 1766 <i>Barbus capito pectoralis</i> HECKEL, 1843 <i>Vimba vimba tenella</i> (TEMMINCK ve SCHLEGEL, 1842) <i>Rutilus tricolor</i> LORSET, 1883 <i>Blenius fluviatilis</i> ASSO, 1801 <i>Aphanius cypris</i> HECKEL, 1843	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory <i>Cocconeis pediculus</i> Ehr. <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, <i>Diatoma vulgare</i> Bory <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, <i>Cymbella helvetica</i> Kütz <i>Amphora ovalis</i> Kütz
6	<i>Potamogeton crispus</i> L. <i>P. natans</i> L. <i>P. pectinatus</i> L. <i>Myriophyllum spicatum</i> L. <i>Polygonum persicaria</i> L.	<i>Anguilla anguilla</i> LINNAEUS, 1766 <i>Mugil (Liza) auratus</i> RISSO, 1810 <i>Mugil cephalus</i> LINNAEUS, 1758 <i>Barbus capito pectoralis</i> HECKEL, 1843 <i>Vimba vimba tenella</i> (TEMMINCK ve SCHLEGEL, 1842) <i>Pseudorasbora parva</i> NORDMANN 1840 <i>Rutilus tricolor</i> LORSET, 1883	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr. <i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot <i>Amphora ovalis</i> Kütz <i>Nitzschia sigmaidea</i> (Nitzsch) W. Smith <i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory

Çizelge 2. Biyotik indeksler arasındaki Pearson korelasyonuna göre ilişki

Indices	DI-CH	TI	TDI	TI <sub>(DIA)</sub>	SI	IDP	EPI-D	BMW	SI	MHBI	EBI	BSI	IBPAMP
DI-CH	1												
TI	,759(**)	1											
TDI	,505(**)	,481(**)	1										
TI <sub>(DIA)</sub>	,496(**)	,429(**)	,237(*)	1									
SI	,647(*)	,730(*)	,321(*)	,277(*)	1								
(Diyatom)						,668(**)	,652(**)						
IDP							,766(**)	1					
EPI-D													
BMW													
SI													
(Omurgası z)													
MHBI													
EBI													
BSI													
IBPAMP													

\*\* 0.01 düzeyinde önemli korelasyon (2-tailed).

\* 0.05 düzeyinde önemli korelasyon (2-tailed)

## 3.2. Su Kalitesi ve Biyotik İndekslerin Karşılaştırılması

Çizelge 3. Fizikokimyasal parametreler ve biyotik indeksler arasındaki Pearson korelasyon

	Temp	pH	EC	DO	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	CL
<b>Epilitik Diyatom üzerine uygulanan indisler</b>									
DI-CH	-	,325(**)	,523(**)	-,718(**)	,712(**)	,637(**)	,563(**)	,499(**)	,530(**)
TI	-	,327(**)	,412(**)	-,578(**)	,687(**)	,578(**)	,476(**)	,356(**)	,427(**)
TDI	-	-	,379(**)	-,383(**)	,408(**)	,352(**)	,317(**)	,254(*)	,245(*)
TI (DIA)	-	-	-	-,263(*)	,325(**)	,273(*)	-	,245(*)	,235(*)
SI	-	,377(**)	,301(*)	-,567(**)	,655(**)	,655(**)	,589(**)	,440(**)	,408(**)
IDP	-	,249(*)	,557(**)	-,684(**)	,854(**)	,676(**)	,565(**)	,500(**)	,554(**)
EPI-D	-	,398(**)	,513(**)	-,719(**)	,767(**)	,736(**)	,700(**)	,531(**)	,526(**)
<b>Makrozoobentos üzerine uygulanan indisler</b>									
BMWP	-,350(**)	-,280(*)	-,661(**)	,711(**)	-,742(**)	-,621(**)	-,560(**)	-,439(**)	-,531(**)
SI	-	,246(*)	,358(**)	-,541(**)	,664(**)	,825(**)	,734(**)	,567(**)	,357(**)
MHBI	-	,311(**)	,473(**)	-,684(**)	,738(**)	,700(**)	,637(**)	,518(**)	,488(**)
EBI	-,258(*)	-,310(**)	-,593(**)	,644(**)	-,715(**)	-,590(**)	-,512(**)	-,409(**)	-,396(**)
BSI	-	-,344(**)	-,298(*)	,459(**)	-,615(**)	-,607(**)	-,583(**)	-,369(**)	-,366(**)
IBPAMP	-	-,328(**)	-	,419(**)	-,602(**)	-,741(**)	-,665(**)	-,694(**)	-

\*\* 0.01 düzeyinde önemli korelasyon (2-tailed).

\* 0.05 düzeyinde önemli korelasyon (2-tailed).

- Önemli seviyede korelasyon yok

İndeksler arasında en yüksek korelasyon değeri IDP ile DI-CH arasında pozitif yönde (0,837 p<0.01) belirlenmiş, bunu BMWP ile EBI (0,810 p<0.01) takip etmiştir. Diyatomlar ve bentik omurgasızlara uygulanan indeksler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek korelasyon BMWP ile IDP arasında negatif yönde (-0,762) belirlenmiştir. En düşük korelasyon ise diyatom indeksleri (TI<sub>(DIA)</sub> ve TDI), (0,237 p<0.05), bentic omurgasızlara uygulanan indeksler (EBI ve BSI), (0,511 p<0.01) arasında belirlenmiştir. Diyatomlara uygulanan indeksler içerisinde TI<sub>(DIA)</sub> ve TDI hariç makrozoobentoslara uygulanan indeksler arasında SI [30] dışında diğer indeksler arasında güçlü bir korelasyon olduğu (p<0.01) saptanmıştır (Çizelge 2).

İndislerle fizikokimyasal parametreler arasında genellikle güçlü bir bağlantı vardır. Sıcaklık değerleriyle BMWP (-0,350 p<0,01) arasında negatif bir ilişki belirlenirken diğer indekslerle önemli düzeyde ilişki belirlenmemiştir. pH ile en yüksek korelasyon EPI-D (0,398 p<0,01), en düşük SI (Omurgasız) ile (0,246 p<0,05) belirlenmiştir. Fakat pH ile TDI ve TI(DIA) arasında önemli düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir. E.C. ile en yüksek ilişki EPI-D ile belirlenmiş, TI<sub>(DIA)</sub> ve IBPAMP ile önemli bir ilişki belirlenmemiştir. PO<sub>4</sub>-P ve Cl ile TDI arasında p<0.05 düzeyinde diğer indekslerle önemli dercede p<0.01 düzeyinde ilişki belirlenmiştir. NO<sub>3</sub>-N ile TI<sub>(DIA)</sub> ve Cl ile IBPAMP arasında önemli ilişki görülmemektedir. NH<sub>4</sub>-N ve DO ile sadece TI(DIA) arasında p<0,05 düzeyinde bir korelasyon belirlenirken, diğer indekslerle p<0,01 düzeyinde güçlü bir korelasyon saptanmıştır. BOD<sub>5</sub> ile tüm indeksler arasında önemli (p<0,01) düzeyinde bir korelasyon vardır (Çizelge 3).

Klee [21]'ye göre (ortalama değer oligotroph) 1. istasyonda yapılan su kalitesi değerlendirmesi ile MHBI, BSI ve EBI uyum içerisinde olup I. kalite sınıfını göstermektedir. EPI-D, IDP, BMWP ve SI, II. Kalite sınıfını, SI [30] ve TI III. kalite sınıfını, DI-CH ve TDI IV. kalite sınıfını, TI<sub>(DIA)</sub> VI. Kalite sınıfını göstermiştir. 2. istasyonda KLEE'ye göre ortalama değer alfamesosaprob (III. kalite) iken, TI, EPI-D, BMWP ve BSI'ya göre aşırı derecede kirli (polisaprob) akarsu bölümünü, DI-CH, TDI, TI<sub>(DIA)</sub>, IDP, EBI, MHBI, BSI ve IBPAMP'ye göre yoğun kirli (polisaprob), SI [30] ve SI (omurgasızlara göre)'ya göre yapılan değerlendirme Klee ile benzerlik göstererek alfamesosaprob akarsu bölümünü temsil etmiştir. 3. istasyonda Klee, SI, TDI, IDP, BMWP, TI<sub>(DIA)</sub>, MHBI ve EBI ortalama indeks skor değerlerinde iyileşme olmakla birlikte su kalitesi sınıfı olarak 2. istasyonla aynı niteliği göstermiştir. TI, SI [30] ve IBPAMP indekslerine göre su niteliğinde bir basamak iyileşme belirlenmiştir. BSI'da ise büyük sapma kaydedilmiş ve kalite sınıfı I'ı işaret etmiştir. Bu durumun istasyonda *Hydrophyce* genusunun özellikle yaz aylarında iyi gelişiminden ve araştırma süresince çoğu aylarda gözlenmesinden kaynaklandığı

düşünülmektedir. 4. istasyon Klee'ye göre I-II (çok az kirli), diğer indekslere göre (IBPAMP, EBI, SI'ye [30] EPI-D, IDP, SI) II. kalite (vasat derecede kirlenmiş) sınıfında bulunmuştur. MHBI ve BSI I. kalite sınıfını, DI-CH, TI ve BMWP 3. kalite sınıfını, TDI IV. kalite sınıfını ve TI<sub>(DIA)</sub> sapma göstererek VI. kalite sınıfını göstermiştir. 5. istasyon KLEE, IBPAMP, EBI, MHBI, SI, IDP'ye göre II. Kalite sınıfı, EPI-D, TI, BMWP ve SI [30]'ya göre III. Kalite sınıfı, DI-CH ve TI'ya göre IV. kalite sınıfı, BSI'ya göre I. kalite sınıfı olarak belirlenmiştir. TI<sub>(DIA)</sub> ise yine büyük sapma göstermiş ve VI. Kalite sınıfını işaret etmiştir. TI<sub>(DIA)</sub> 6. istasyonda da yine aynı kalite sınıfına girmiştir. Bu istasyonda KLEE, EBI, MHBI, BMWP, SI [30], TI, SI ve IDP'ye göre II. Kalite sınıfı, TDI, DI-CH ve EPI-D'ya göre IV. Kalite sınıfı ve BSI, I. kalite sınıfı temsil etmektedir.

### 3. Tartışma ve Sonuç

Aksu Çayı'nda 1. istasyonda diyatomlar ve bentik omurgasızlara göre geliştirilen indeks sonuçları kirlilik etkeni olmadığını göstermiştir. Bu istasyonda belirlenen *S. trutta macrostigma* türünün bulunması sözü edilen saptamaları desteklemektedir. Çünkü bu tür soğuk ve temiz bölgelerde yaşamaktadır. Alabalık bireylerinin oranı üreme için akarsu habitatının uygunluğunun bir ölçüsüdür ve akarsu sedimentinin kimyasal kalitesi ve çevresel dağılımların etkisi ile değişmektedir [41]. Bu istasyonda yoğun olarak belirlenen Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera taksonları ve belirlenen baskın diyatom taksonları da (*A. lanceolata* gibi) bu istasyona kirleticilerin bulaşmadığına işaret etmekte ve biyotik indeksleri desteklemektedir.

2. istasyon fizikokimyasal verilerin ortalama değerlerine göre [21], SI [30] ve SI (omurgasızla göre) alfamosaprob bölge iken diğer bütün sistemler bu istasyonun aşırı derecede kirli (polisaprob) ya da aşırı derecede kirlenmeye yakın bir bölge olduğunu göstermiştir. Bu istasyonda hiçbir balık türüne rastlanmaması da bundan kaynaklanmaktadır. Balık tür ya da alttür sayısı akarsularda çevresel sınıflandırmada indikatör olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [42, 43]. Bu istasyonda baskın olarak belirlenen *C. thummi* ve *T. tubifex*, yapılan çalışmalara göre aşırı derecede kirlenmiş akarsu bölümlerinde gözlenmektedir [44, 45, 46], 2. istasyonda en baskın olan *N. palea*'yı yoğun toksik etkilere karşı toleranslı tür olarak ifade etmiş ve saprobi indekse göre II-III. ve III. su kalite sınıfına dahil olan akarsu bölümlerinde iyi gelişim gösterdiğini belirtmiştir. Cox [47]'a göre *N. palea* çok yaygın bir tür olup alfa mezosaprobik şartlardan polisaprobik şartlara kadar hoşgörü gösterebilmektedir. Sözü edilen türün besleyici içeriği düşük (oligosaprob) bölgelerde bulunabileceği fakat baskın durumda olmayacağı ileri sürülmektedir.

3. istasyonda ise balıkların gözlenmesi (*N. angorae*, *R. tricolor*, *C. carassius* ve *B. capito pectoralis*) aşırı derecede kirli olmadığını kirlilik düzeyinin biraz daha iyileştiğini ortaya koymakta ve bu durum ise en iyi SI [30] ve SI değerlerine yansımaktadır. Bu istasyonda zaman zaman balık ölümlerinin yaşanması bu dönemlerde ya toksik bir etkiden ya da kirlilik seviyesinin aşırı yükselmesinden kaynaklandığını düşündürmektedir. İstasyonun baskın organizmaları olan *C. thummi* ve *T. tubifex* bentik macroinvertebratlar kullanılarak yapılan indekslerin büyük çoğunluğunda aşırı derecede kirli suları temsil etmektedir [34]. 3. istasyonda da en baskın durumda olan *N. palea* kirliliğe karşı toleranslı taksondur [48].

4, 5 ve 6. istasyonlar genellikle az kirlenmiş veya orta derecede kirlenmiş akarsu bölümü olarak nitelendirilirken BSI bu istasyonları I. kalite sınıfı, TI<sub>(DIA)</sub> ise VI. kalite sınıfı olarak göstermiştir. MHBI ise 4. istasyonu I. kalite sınıfına sokmuştur. 4. istasyonda diyatomlardan en baskın takson *C. pediculus* olurken, en baskın bentik omurgasız olan *A. fluviatilis* genel olarak öyriyok olan birçok Pulmonata türünün aksine oksijence zengin ve temiz sularda yayılış göstermektedir [49]. Ayrıca balıklardan *Barbus capito pectoralis* ve makroskobik bitkilerden *P. amphibium* oldukça yoğun olan taksonlardır. Bu istasyonda Ç.O. değerlerinin yüksekliği, indeksler kullanılarak belirlenen sonuçlar ve canlı türlerinin ekolojik özellikleri birbirleri ile örtüşmektedir. 5. istasyon da en baskın taksonlardan olan *M. praemorsa* ülkemizde en fazla yayılış gösteren Prosobranchia türlerinden biridir [50]. Türün ayrıca; Orta Akdeniz ülkeleri, İtalya, Peloponnes, Girit, Ege adaları, Suriye, doğuda Mezopotamya'ya kadar geniş bir yayılışı vardır [51]. Diyatomlardan en baskın olan *N. tripunctata*, genellikle I-II. su kalite sınıfını temsil eden organizmalardandır [13, 52]. Bitkilerden *M. spicatum*, balıklardan *A. anguilla* bu istasyonda en yoğun gözlenen taksonlardır. 6. istasyonda *C. pediculus*, *Palaemon sp.*, *P. crispus* ve *M. cephalus* en baskın taksonlardır (Çizelge 1).

Son yıllarda makroomurgasız komuniteleri temel alan yöntemler gittikçe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [35, 53, 54]. Bentik makroomurgasızlar ve diyatomları beraber değerlendiren ve su kalitesi tayininde karşılaştırmalı olarak inceleyen çalışmalar çok fazla değildir [12]. Aksu çayında su kalitesini belirlemede diyatomlarla makrozoobentik organizmaları kullanılan indeksler uyum içerisindedir. Elde ettiğimiz sonuçlar daha önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir [12, 55]. Aksu Çayı'nda yapılan değerlendirme sonucunda indekslere göre en fazla sapma TI<sub>(DIA)</sub> ve BSI'da gözlenmiştir. TI<sub>(DIA)</sub> fizikokimyasal verilerle de en düşük korelasyonların belirlendiği indeks olmuştur (Çizelge 2). Benejam vd. [9], tarafından Catalan nehir sisteminde yapılan çalışmada 4 nehirde su kalitesi ve biyotik indekslerin çoğu arasında (özellikle makroomurgasızlar ve vejetasyon indeks) önemli düzeyde



korelasyon belirlenmiş, diyatom indekslerinin makroinvertebratlara göre uygunluğu daha düşük bulunmuştur. Aksu Çayı'nda bentik omurgasızlara göre kullanılan indekslerden SI ve IBPAMP ile en yüksek korelasyon  $\text{NH}_4\text{-N}$  arasında belirlenmiştir. BMWP, MHBI, EBI, BSI en yüksek korelasyonu  $\text{BOD}_5$  arasında olmuştur. En yüksek ilişki ise SI ile  $\text{NH}_4\text{-N}$  arasında (0,825  $p < 0.01$ ) belirlenmiştir (Çizelge 3). Diyatomlar için kullanılan indekslerden SI [30] en yüksek korelasyonu  $\text{BOD}_5$  ve  $\text{NH}_4\text{-N}$  ile gösterirken, diğer tüm indeksler en yüksek korelasyonu  $\text{BOD}_5$  ile göstermiştir. Tüm indeksler arasında en yüksek korelasyon değeri ise IDP ile  $\text{NH}_4\text{-N}$  arasında (0,854  $p < 0.01$ ) belirlenmiştir. Pyrigel ve Coste [56]'ye göre DESCY ve SI organik kirlilikle iyi bir korelasyon sergilerken SPI, GDI, CEE ve LMI daha zayıf korelasyon göstermiştir. Kwadrans vd. [57], SPI, GDI ve CEE indekslerinin Polanya nehirlerinde çok iyi sonuçlar verdiğini belirtmiş; Szabó vd. [58]'ye göre IPS, IBD, CEE ve EPI-D Macaristan nehirlerinde çok iyi sonuçlar vermiştir. Kupe vd. [59]'e göre DI-CH ve SI benzer sonuçlar vermektedir. Gómez ve Licursi [32]'e göre IDP ile SI ve IPS arasında iyi bir korelasyon belirlenirken SI ve IDP ile IBPAMP arasında daha zayıf bir ilişki bulunmuştur. Bizim çalışmamızda diyatomlara uygulanan sistemler arasında en fazla sapmayı gösteren indeks  $\text{TI}_{(\text{DIA})}$  olurken diğer indeksler akarsudaki su kalitesi değişimini iyi bir şekilde yansıtmıştır. Triest vd. [60]'ye göre BBI, SI ve makrofit indeksler yüksek derecede klorid düzeyi olduğu veya toksik etkiler ortaya çıktığı (amonyak gibi) aşırı kirlenme durumlarını çok iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Özellikle nehir parçalarında yalnızca tek bir indikatör sisteminin kullanılması o bölgenin biyolojik potansiyeli ve ekolojik durumunu açıklamaya yeterli değildir [61]. Yine Aksu Çayı'nda yapılan bir çalışmada çeşitlilik indeksleri ve fizikokimyasal veriler ile BBI arasında kuvvetli ilişki olduğu, BBI'ya göre yapılan değerlendirme kirlilik değişimini yansıtsa da 1 basamak kötü yönde sapma gösterdiği saptanmıştır [16]. Descy ve Ector [62]'a göre makroomurgasızlar su kalitesindeki değişimden ziyade habitat çeşitliliği ve kalitesine daha çok duyarlı olup, su kalitesindeki değişim diyatomlarla daha iyi yansıtılmaktadır. Bu yüzden sucül sistemlerde ekolojik yapının tanımlanması için her iki komünitenin kullanılması yararlı olacaktır.

Aksu Çayı'nda belirlenen istasyonlarda var olan vejetasyon ve balık faunası akarsu kalite seviyelerindeki değişimlerle uyum içinde olup kirlilik durumunu iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Diyatomlardan ve makroomurgasızlardan istasyonlarda baskın olarak belirlenen taksonlar da su kalite değişimlerini net olarak yansıtmaktadır. Bugüne kadar Türkiye'de yapılmış olan çalışmalarda bentik omurgasızlara uygulanan MHBI, EBI, BSI ve IBPAMP, diyatomlara uygulanan indekslerden SI [30], IDP, DI-CH, TDI ve  $\text{TI}_{(\text{DIA})}$  ilk olarak bu çalışmada kullanılmış ve indekslerin karşılaştırması ilk kez yapılmıştır. Makrozoobentik omurgasızlara göre yapılan su kalitesi değerlendirmeleri diyatomlara göre yapılan su kalite değerleri ile birbirlerini desteklemektedir. Yapılan değerlendirme sonucunda  $\text{TI}_{(\text{DIA})}$  ve BSI diğer indekslere göre oldukça büyük sapmalar göstermiştir. Özellikle 3. istasyonda diğer indekslerin tamamı aşırı derecede kirli akarsu bölümünü gösterirken BSI I. kalite sınıfını işaret etmiştir. Bu durumun yaz ve sonbahar aylarında atık su karışımının azalması sebebiyle bu istasyonda yoğun olarak görülen Trichoptera (*Hydrophsche sp.*) taksonunun varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca yine yaz aylarında bu istasyonda Ephemeroptera (*Caenis sp.* ve *Baetis rodani* Pictet) taksonlarına da rastlanmıştır. Fizikokimyasal verilerin değerlendirmelerinden elde edilen ortalama değerlerle en yakın uyum Saprobi indeks ile belirlenmiştir.  $\text{TI}_{(\text{DIA})}$  ise kirlenmiş istasyonlarda diğer indeksler ile uyum gösterirken kirlenmemiş veya orta düzeyde kirlenmiş istasyonlarda sapmalar göstermiştir. Özellikle 3. istasyonda balıkların var oluşu polisaprob veya politroph olmadığını göstermekte SI değerleri de (hem diyatomlara hemde makrozoobentik omurgasızlara göre) bunu desteklemektedir. Kalyoncu ve Barlas [13], Barlas vd. [14], Kalyoncu vd. [15] yaptıkları çalışmalarda SI'nın güvenilir sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir ve bu çalışmanın sonuçları da bu ifadeyi desteklemektedir. Fakat bu çalışmada kullanılan indekslerin Türkiye'deki kullanımları ile ilgili kesin yargılara varılabilmesi için daha fazla çalışma yapılması ve farklı akarsularda uygulamalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (SDÜAPYP 294 Nolu Proje) tarafından desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- [1] V. Sládeček, 1973. System of Water Quality from the Biological point of View.- *Archive Hydrobiologia. Beih. Ergebn. Limnol*, 7, 1-218.
- [2] A. Dell'Uomo, 1996 - Assessment of water quality of an Apennine river as a pilot study for Diatom-based monitoring of Italian watercourses. In: B.A. Whitton and E. Rott (eds), *Use of algae for monitoring rivers (II)*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck: 65-72.
- [3] U. Schmedtje, A. Gutowski, G. Hofmann, P. Leukart, A. Melzer, D. Mollenhauer, S. Schneider, H. Tremp,

1998. *Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten*, Fließgewässern.– Informationsberichte des Bayerischen LA für Wasserwirtschaft, 4/98, 1–501.
- [4] E. Rott, H. Van Dam, E. Pipp, K. Pall, P. Pfister, N. Binder, K. Ortler, 1999. *Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg. u. Verlag), Wasserwirtschaftskataster, Wien.
- [5] N.De Pauw, H.A. Hawkes, 1993. Biological monitoring of river water quality. In S. J. Walley, and S. Judd, (eds), *River Water Quality Monitoring and Control*. Aston University, Birmingham, UK, pp.87-110.
- [6] M. Coste, C. Bosca, A. Dauta, 1991. Use of algae for monitoring rivers in France. In: B. A. Whitton, E. Rott, & G. Friedrich, (Hrsg.), 1996. *Use of algae for monitoring rivers*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 75-88.
- [7] S. Dixit, J. Smol, J. Kingston, D. Charles, 1992. Diatoms: powerful indicators of environmental change. *Environmental Science Technology*, 26, 22-33.
- [8] M.G. Kelly, 1998. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers, *Water Research*, 32(1), 236-242.
- [9] L. Benejam, E. Aparicio, M.J. Vargas, A. Vila-Gispert, E. García- Berthou, 2008. Assessing fish metrics and biotic indices in a Mediterranean stream: effects of uncertain native status of fish. *Hydrobiologia*. DOI 10.1007/s10750-007-9272-1.
- [10] S.I. Passy, R.W. Bode, D.M. Carlson, M.A. Novak, 2004. Comparative environmental assessment in the studies of benthic diatom, macroinvertebrate, and fish communities. *International Reviews of Hydrobiology*, 89, 121-138.
- [11] P. Neval., N. Bate, L. Metzeling, 2006. A comparison of diatom and macroinvertebrate classification of sites in the Kiewa River system, Australia. *Hydrobiologia*, 572, 131-149.
- [12] S. Scuri, M. Torrisi, M. Cocchioni, A. Dell'uomo, 2006. The European Water Framework Directive 2000/60/EC in the evaluation of the ecological status of watercourses. Case study: the river Chienti (central Apennines, Italy). *Acta hydrochim. Hydrobiologia*, 34, 498-505.
- [13] H. Kalyoncu, M. Barlas, 1997. Isparta deresinde yoğun olarak belirlenen epilitik diatomların su kalitesine bağlı olarak mevsimsel değişimleri. *IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. 17-19 Eylül 1997. Eğirdir/Isparta*, 310-324s.
- [14] M. Barlas, Ö. İmamoğlu, B. Yorulmaz, E. Kiriş, 2001. Sarıçay (Muğla- Milas)'ın su kalitesinin ve macrozoobentik omurgasızlarının incelenmesi, *IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 5-8 Ekim, Bodrum-Türkiye*.
- [15] H. Kalyoncu, M.Barlas, Ö.O. Ertan, H. Gülboy, 2004. Ağlasun Deresi'nin Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Epilitik Algere Göre Belirlenmesi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Cilt II, Sayı XII, 7-14*.
- [16] H. Kalyoncu, B. Yorulmaz, M. Barlas, M.Z. Yıldırım, M. Zeybek, 2008. Aksu Çayı'nın su kalitesi ve fizikokimyasal parametrelerin makroomurgasız çeşitliliği üzerine etkisi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 20 (1), 23-33*.
- [17] S. Girgin, N. Kazancı, 1997. A research on the water quality of the Kimir stream. *Proc. of Symposium on Water and Environment, 2-5 June 1997, İstanbul/Turkey*.
- [18] N. Kazancı, M.Dügel, 2000. An evaluation of water quality of Yuvarlakçay stream in Köyceğiz- Dalyan Protected Area, South-Western Turkey. *Turk. J. Zool, 24, 69-80*.
- [19] C.N. Solak, G. Feher, M. Barlas, K. Pabuççu, 2007. Use of epilithic diatoms to evaluate water quality of Akçay Stream (Büyük Menderes River) in Muğla/Turkey. *Large Rivers Vol.17, No.3-4. Archive Hydrobiologia Supplly. 161/3-4, p.327-338*.
- [20] Anonim, 1965. *Türk Standartları Enstitüsü, İçme Suları, İkinci Baskı*.
- [21] O. Klee, 1990. *Wasser untersuchen. Biologische Arbeitsbücher*. Quelle & Meyer, Heidelberg.
- [22] S. Sabater, J. Armengol, E. Comas, F.Sabater, I. Urrizalqui, I. Urrutia, 2000. Algal Biomass in a disturbed Atlantic river: water quality relationships and environmental implications, *The Science of the Total Environment*, 263, 185-195.
- [23] F. Hustedt, 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). In: *Die Süßwasser Flora Mitteleuropas*. Hrsg. : A. Pascher. 2. Aufl., Heft 10. Fischer, Jena.
- [24] K. Krammer, H. Lange-Bertalot, 1986. Bacillariophyceae - 1. Teil: Naviculaceae. In: H. Ettl, J.Gerloff, H. Heyning, & D. Mollenhauer, (Hrsg.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/1. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- [25] K. Krammer, H. Lange-Bertalot, 1988. Bacillariophyceae - 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, Heyning, H. & Mollenhauer, D. (Hrsg.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/2. Gustav Fischer Verlag, Jena.

- [26] K.Krammer, H. Lange-Bertalot, 1991a. Bacillariophyceae - 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, & D. Mollenhauer, (Hrsg.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/3. Gustav Fischer Verlag, Jena
- [27] K.Krammer, H. Lange-Bertalot, 1991b. Bacillariophyceae - 4. Teil: Achnanthes, kritische Ergänzungen zu Navicula (Linneolatae) und Gomphonema. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, & D. Mollenhauer, (Hrsg.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/4, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- [28] J.L. Plafkin, M.T. Barbour, K.D. Porter, S.K. Gross, R.M. Hughes, 1989. *Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish*. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 440/4-89/001. 8 chapters, Appendices A-D.
- [29] BUWAL-Bundesamt Für Umwelt, Wald Und Landschaft, 2002. *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer*: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Entwurf Stand, Bern.
- [30] E. Coring, A. Hamm, S. Schneider, 1999. Durchgehendes Trophiesystem auf der Grundlage der Trophieindikation mit Kieselalgen. In: *Deutscher Verband Für Wasserwirtschaft Und Kulturbau E. V. Dvww (Hrsg): Mitteilungen 6/1999*, Bonn.
- [31] E. Rott, G. Hofmann, M.K. Pall, E. Pipp, 1997. *Indikationslisten für Aufwuchsalgen*. Teil 1: Saprobielle Indikation. – Bundesministerium Wasserwirtschaft, Wien, 1–73.
- [32] A. Dell'uomo, 2004. *L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti*. Linee Guida. APAT, ARPAT, CTN\_AIM, Firenze.
- [33] N. Gómez, M.Licursi, 2001. The Pampean Diatom Index (IDP) for assesment of rivers and streams in Argentina. *Aquatic Ecology*, 35, 173-181.
- [34] P.D. Armitage, D. Moss, J.F. Wright, M.T. Furse, 1983. The Performance of A New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates Over a Wide Range of Unpolluted Running Water Sites, *Water Research*, 17, 333-47.
- [35] P.F. Ghetti, 1997. *I Macroinvertebrati nel controllo della qualita di ambienti di acque correnti. Indekse Biotico Esteso (I.B.E)*. Manuale di applicazione. Provincia Autonoma di Trento, Trento, Italy, 222 pp.
- [36] N. De Pauw, G. Vanhooren, 1983. Method for monitoring of river water quality assesment for watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100, 153-168.
- [37] A.R. Capitulo, M. Tangorra, C.Ocón, 2001. Use of benthic macroinvertebrates to ases the biological status of pampean streams in Argentina. *Aquatic Ecology*, 35, 109-119.
- [38] W.L. Hilsenhoff, 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal North American Benthological Society*, 7(1), 65-68.
- [39] S. Balık, M.R.Ustaoglu, 1992. *Türkiye Tatlusu Balıklarını Tanımlama Esasları*, Ege Üniv. Fen Fak. Kitaplar serisi No: 97, İzmir.
- [40] R. Geldiay, S. Balık, 1996. *Türkiye Tatlusu Balıkları*. Ege Üniv. Basımevi. II. Bask. İzmir, 532s.
- [41] H.E. Berkman, C.F. Rabeni 1987. Effect of siltation on stream fish communities. *Experimental Biology of Fishes*, 18(4), 285-294.
- [42] R.M. Hughes, J.R. Gammon, 1987. Longitudinal changes in fish assemblages and water quality in the Willamette River, Oregon. *Transactions of the American Fisheries Society* 116(2), 196-209.
- [43] R.M. Hughes, Pr. Kaufmann, At Herlihy, Tm. Kincaid, L. Reynolds, D.P. Larsen, 1998. A process for developing and evaluating indices of fish assemblage integrity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, 1618-1631.
- [44] D. Meyer, 1987. *Makroskopisch- Biologische Feldmethoden zur Wassergütebeurteilung von Fließgewässern*, 3. Auflage, A.L.G., 6, 3000, 140 p. Hannover.
- [45] J.L. Metcalfe, 1989. Biological Water Quality Assessment of Running Waters Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe. *Environmental Pollution*, 60, 101–139.
- [46] H. Lange-Bertalot, 1978. Diatomeen-Differentialorten anstelle von Leitformen: ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. *Archive Hydrobiologia. Suppl. 51. Algological Studies, Suttutgard*, 21, 393-427.
- [47] E.J. Cox, 1996. *Identification of Freshwater Diatoms from Live Material*. Chapman & Hall. First edition. 158p.
- [48] C.R. Loéz, M.L. Topallian, 1999. Use of algae for monitoring rivers in Argentina with a special emphasis fort he Reconquista River (Region of Buenos Aires).- In Priygiel, Whitton, and Bukowski (eds): *Use of Algae for Monitoring Rivers III*: 72-83. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai (France).
- [49] M.Z. Yıldırım, 2000. Eğirdir (Isparta-Türkiye) Cıvarı Tatlı Sularında yayılış Gösteren Gastropodların Ekolojik Hoşgörürleri Üzerine Bir Çalışma. *SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 190-198.
- [50] M.Z. Yıldırım, 1999. Türkiye Prosobranchia (Gastropoda: Mollusca) Türleri ve Zoocografik Yayılışları, 1. Tatlı ve Acı Sular. *Turkish Journal of Zoology*, 23 : Ek sayı, 3, 877-900.
- [51] R. Fechter, and G. Falkner, (1990) Weichtiere. Europ.ische Meeres und Binnenmollusken. *Steinbachs Naturf.hrer*. 10: 112-280.

- [52] H. Lange-Bertalot, 1979. Pollution Tolerance of Diatoms as a Criterion Water Quality Estimation. *Nova Hedwigia. Beiheft*, 64, 285-303.
- [53] V.H. Resh, J.K. Jackson, 1993. Rapid assessment approaches in benthic macroinvertebrate biomonitoring studies. Pages 195-233 in: D. M. Rosenberg and V. H. Resh (eds.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York.
- [54] M.T. Barbour, J. Gerritsen, G.E. Griffith, R. Frydenborg, E. Mccarron, J.S. White, M.L. Bastian, 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates, *Journal of the North American Benthological Society* 15(2), 185-211.
- [55] M.L. Belore, J.G. Winter, H. C. Duthie 2002. Use of diatoms and macroinvertebrates as bioindicators of water quality in southern Ontario rivers. *Canadian Water Research J.* 27, 485-487.
- [56] J. Prygiel, M. Coste, 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. – *Hydrobiologia* 269/270, 343-349.
- [57] J. Kwadrans, P. Elorante, B. Kwecka, K. Wojtan, 1999. Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. *Journal of Applied Phycology*, 10, 193-201.
- [58] K. Szabó, K.T. Kiss, L. Ector, M. Kecskés, É. Ács, 2004. Benthic diatom flora in a small Hungarian tributary of River Danube (Rakos Stream). – *Archive Hydrobiologia. Suppl. 150 (Algol. Studies 111)*, 79-94.
- [59] L. Kupe, F. Schanz, R. Bachofen, 2008. Biodiversity in the benthic diatom community in the Upper River Töss reflected in water quality indices. *www. Clean-Journal.com*, 36(1), 84-91.
- [60] L. Triest, A. Kaur, S. Heylen, N. De Pauw, 2001. Comparative monitoring of diatoms, macroinvertebrates and macrophytes in the Woluwe River (Brussels, Belgium). *Aquatic Ecology*, 35, 183-194.
- [61] P. Blandin, 1986. Bioindicateurs et diagnostic des systémes é'cologiques. *Bulletin Ecology*, 17(4), 211–307.
- [62] J.P. Descy, L. Ector, 1999. Use of diatoms for monitoring rivers in Belgium and Luxemburg. In: J. Prygiel, B. A. Whitton, & J. Bukowska, (Hrsg.): *Use of algae for monitoring rivers III*. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, 128-137.