

## Abant Gölü'nde Biyolojik Kalite Elementlerinden Sucul Makrofitler

Tolga COŞKUN\*<sup>ORCID</sup>, Ayşe Nilsun DEMİR<sup>ORCID</sup>

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü Dışkapı, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu yazar: [tolga.coskun@yahoo.com.tr](mailto:tolga.coskun@yahoo.com.tr)

**Araştırma Makalesi**

Geliş 30 Nisan 2019; Kabul 11 Haziran 2019; Basım 15 Aralık 2019.

**Alıntılama:** Coşkun, T., & Demir, N. (2019). Abant Gölü'nde biyolojik kalite elementlerinden sucul makrofitler *Acta Aquatica Turcica*, 15(4), 499-506. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.559270>

### Özet

Bu çalışmada, Abant Gölü'nde biyolojik kalite unsurlarından sucul makrofitlere göre ekolojik kalitenin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Makrofitler, 6 istasyonda Nisan, Haziran, Eylül ve Aralık 2015 tarihlerinde incelenmiştir. Gölün litoral kısmen *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud, *Schoenoplectus lacustris* L. Palla türlerinin oluşturduğu bir kemer ile çevrilidir. Yüzen yapraklı makrofitlerden *Nuphar lutea* L. Sm. ve *Nymphaea alba* L. komüniteleri bulunmaktadır. Ayrıca gölde *Potamogeton natans* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Lemna minor* L., *Juncus articulatus* L. ve *M. verticillatum* L. türleri belirlenmiştir. Gölde *P. australis*, *S. lacustris*, *N. lutea* ve *N. alba* türlerinin dağılımı yaz ve sonbahar dönemlerinde artış göstermiştir. PCA analizine göre makrofit bolluğunun, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, iletkenlik, alkalinite, pH, askıda katı madde, ortofosfat ve toplam fosfor derişimi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Abant Gölü'nde makrofit indeksi 2,85 Referans İndekse göre hesaplanan Ekolojik Kalite Oranı ise 0,52 olarak belirlenmiştir. Buna göre Abant Gölü'nde ekolojik kalitenin iyi ve besin zenginleşmesinin orta düzeyde olduğu tahmin edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ekolojik kalite, Su Çerçeve Direktifi, Makrofit İndeksi

### Aquatic Macrophytes as a Biological Quality Element in Lake Abant

#### Abstract

In this study, it was aimed to estimate ecological status of the Lake Abant by using aquatic macrophytes which are one of the biological quality elements. Macrophytes were investigated in April, June, September and December 2015 at six stations. The littoral region of the lake was surrounded partially by the reed belt of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud and *Schoenoplectus lacustris* L. Palla. There were floating-leaved macrophyte communities such as *Nuphar lutea* L. Sm. and *Nymphaea alba* L. in the lake. *Potamogeton natans* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Lemna minor* L., *Juncus articulatus* L. and *M. verticillatum* L. were also identified. The abundance of *P. australis*, *S. lacustris*, *N. lutea* and *N. alba* increased during summer and autumn. The abundance of macrophytes were related with water temperature, dissolved oxygen, conductivity, alkalinity, pH, suspended solids, orthophosphate and total phosphorus concentration according to PCA. Macrophyte index and ecological quality ratio calculated from Reference Index were found as 2.85 and 0.52 respectively. The ecological quality was estimated as good while the degree of nutrient enrichment was moderate in Lake Abant.

**Keywords:** Ecological quality, Water Framework Directive, Macrophyte Index

## GİRİŞ

Makrofitler, sucul ekosistemde bir denge unsurudur. Sucul makrofitler, canlıların beslenmesi ve barınması sağlar, balıkların yumurtlama alanlarını oluştururlar. Sucul ortamın sürdürülebilir kullanımı, yönetimi ve restorasyonu açısından su bitkilerinin önemi büyüktür. Makrofitlerin tatlı su ve deniz ekosistemlerinde varlığı; su kalitesinin iyileştirilmesinde, bulanıklık ve sedimentin karışımının önlenmesinde temel göreve sahiptir (Madson vd., 2001). Ancak su bitkilerinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Aşırı çoğaldıklarında ölme ve çürüme sonucu su ünitelerinde organik madde artışına yol açarlar, parçalandıklarında veya gece solunumla oksijen tüketirler ve çözülmüş oksijenin azalmasına neden olurlar. Su yüzeyini kaplayarak ışığın geçişini azaltır, alg fotosentezini sınırlayabilirler. İç sularda aşırı çoğalan su bitkileri sulama kanalları, toprak balık havuzları, içme su kaynakları, göl, akarsu ve göletlerde sorunlar oluştururlar, balık yetiştiriciliği, avcılığı yansırı rekreasyonel açıdan da problem oluşturabilirler (Atay, 1984).

Bu bitkilerin aşırı gelişmeleri su kütlelerinin kullanımlarını sınırlandırabilir veya bozabilir (Cooke vd., 1993). Zayıf tamponlanmış sularda sucul bitkiler, gün içinde önemli bir pH değişimine neden olabilirler. Bu da ortamdaki organizmaları olumsuz yönde etkileyebilir (Cirik vd., 2007). Göllerin ekolojik durumunun izlenmesinde temel biyolojik elementlerden birisi sucul makrofitlerdir. Makrofitler nütrientler, tuzluluk, metaller, herbisitler, kirleticiler, ışık, bulanıklık ve su seviyesi değişimleri gibi etkenlere karşı, kompozisyonu ve yoğunluğu yönünden yanıt vermesinden dolayı su kütlelerinin genel ekolojik durumunun belirlenmesi ve/veya incelenmesinde kullanılan iyi indikatörlerdir (Directive, 2003; Hauray vd., 2006; Bakır, 2015). Ayrıca, su kalitesini ve canlı kompozisyonunu doğrudan etkiler (Birk vd., 2006). Göllerin kıyı bölgelerindeki sucul makrofitler değişen besin konsantrasyonlarına bakteri ve mikroalglerin aksine, yavaş yavaş ve/veya kademeli olarak birkaç yıl süreyle tepki göstermektedirler. Bu nedenle, uzun vadeli göstergeler olarak kullanılabilirler (Drake ve Heaney, 1987; Dave, 1992; Melzer, 1999).

Avrupa Birliği'nde, su kirliliğini azaltmak ve sürdürülebilir kullanımı sağlamak için 23 Ekim 2000 tarihli ve 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi (SÇD) yürürlüğe girmiştir. SÇD'ne göre, ekolojik kalite indikatörü olarak sucul organizmaların (fitoplankton, fitobentoz, makrofitler, makroomurgasızlar ve balık) kullanılması gerekmektedir (Directive, 2000). Türkiye'de yüzey sularının izlenmesine yönelik mevzuat direktife göre uyumlandırılmaktadır. Özellikle sığ göllerde ve/veya litoral geniş, bitkice zengin derin göllerde makrofitler önemli bir kalite elementi olarak izlenmelidir.

Akarsu ve göllerde sucul makrofitler, çevresel etkiler ve ötrofikasyonun izlenmesinde indikatör olarak kullanılmakta ve çeşitli ülkelerde makrofitlere yönelik izleme programları geliştirilmektedir (Birk vd., 2006). Bu kapsamında ekolojik kalitesinin belirlenmesinde uygulanan birçok makrofit indeksi bulunurken, indekslerin hesaplanmasında tür kompozisyonu ve bulunuş yoğunluklarına göre yapılmaktadır (Søndergaard vd., 2010; Portielje vd., 2014; Poikane vd., 2015). En yaygın olanları; Referans İndeks (RI), LEAFPACS ve Makrofit Ekolojik Durum İndeksidir (ESMI) (Willby vd., 2009; Portielje vd., 2014; Ciecierska ve Kolada, 2014).

Abant Gölü'nde Karakaya vd. (2015) tarafından göl metabolizması, Atıcı ve Tokatlı (2014) tarafından gölün su kalitesi ve Algal Species Pollution (ASPI) indeksine göre değerlendirilmesi, Doğan ve Kızılkaya (2010) ve Karakaya vd. (2011) tarafından su kirliliği göstergeleri, Obalı vd. (2002), Atıcı vd. (2005), Çelekli ve Külköyöğlu (2006), Çelekli vd. (2007) tarafından fitoplankton komünitesi, Duman (2005) tarafından sucul makrofitlerdeki ağır metal derişimleri, Külköylüoğlu vd. (2005) tarafından su kalitesi ve alg potansiyelinin karşılaştırılması, Külköylüoğlu vd. (2003) ve Dügel vd. (2008) tarafından ostracod çeşitliliği ve gölün trofik durumu, Atıcı ve Obalı (2002) tarafından fitoplanktonun mevsimsel değişimi ve klorofil *a* derişimi ve Altındağ (1999) tarafından rotifer faunasının araştırılması gibi su kalitesi, fitoplankton, makrofit, zooplankton ve limnolojik özellikleri üzerine çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Gölün sucul makrofitleri Seçmen ve Leblebici (1997) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, Türker ve Güner (2003), Abant Tabiat Parkının damarlı bitki florasını araştırmış, 84 familyaya ait 332 cins, 664 tür tespit etmişlerdir. Göl, ötrofikasyon açısından Hassas Alan ilan edilmiştir (Anonim, 2015).

Abant Gölü ve çevresi bir Tabiat parkıdır. Bu nedenle gölde ekolojik kalitenin izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmada, Abant Gölü'nde sucul makrofitler ile ekolojik durumun tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Batı Karadeniz bölgesinde Bolu İlinin 30 km Güneybatısında bulunan Abant Gölü oluşum bakımından bir heyelan set gölüdür. Göl, deniz seviyesinden 1345 m yükseklikte bulunmaktadır, maksimum derinliği 18 m ve yüzey alanı 125 ha'dır. Abant Gölü, 9 Ağustos 1983 tarih ve 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu'nun 23. maddesinin II. fıkrası ile 21 Ekim 1988'de koruma altına alınarak 'Tabiat Parkı' olarak ilan edilmiştir (Atıcı ve Obalı, 2002; Müderrisoğlu vd., 2005).

Bu araştırmada, makrofit türlerinin dağılımı Nisan, Haziran, Eylül ve Aralık 2015 tarihlerinde gölün litoral bölgesinde seçilen 6 istasyonda incelenmiştir (Şekil 1). Örnekleme noktalarında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik YSI-Proplus marka multiparametre cihazıyla belirlenirken, toplam fosfor, ortofosfat, alkalinite ve askıda katı maddenin hesaplanmasında APHA (1995) tarafından belirtilen yöntemler kullanılmıştır.



Şekil 1. Abant Gölü ve istasyonlar

İstasyonlardaki makrofit yoğunluğu üç transekt üzerinde kıydan derine doğru botun iki tarafından belirlenmiştir. Makrofit örnekleri sığ noktalarda tırmık, derin noktalarda Ekman grab ile alınmıştır (TS EN 15460; Westlake, 1986). Makrofitler; Casper ve Krausch (1980; 1981), Davis (1965-1985), Davis vd. (1988), Seçmen ve Leblebici (1997), Güner vd. (2012)'ye göre teşhis edilmiştir. Teşhiste bitkinin tam ve eksiksiz olmasına, kök-gövde-yaprak ve çiçek-tohum-meyve gibi karakteristik ve ayırt edici kısımlarına dikkat edilmiştir.

Seçilen transektler üzerinde türlerin bulunuşu 1-5 arasında değişen (1=çok nadir, 2=nadir, 3=yaygın, 4=sık, 5=baskın) Kohler (1978) skalasına göre değerlendirilmiştir. Değerler,  $(y=x^3)$  eşitliği kullanılarak niceliksel değerlere dönüştürülmüştür (Melzer, 1999). Abant Gölü'nde ekolojik kalitenin tahmininde Makrofit İndeksi (MI) ve Referans indeksi (RI) kullanılmıştır (Melzer, 1999; Stelzer, 2003). Referans indeks değerlerinden Stelzer (2003) ve Portielje vd. (2014)'ne göre Ekolojik Kalite Oranı (EKO) belirlenmiştir. Makrofitlere yönelik olarak EKO'da sınır değerleri 0 ile 1 arasında değişirken, 0 en kötü ve 1 en iyi durumu belirtmektedir. Gölde maksimum kolonizasyon derinliği Sondergaard vd. (2005)'ne göre değerlendirilmiştir.

Çevresel parametreler ile makrofit bolluğu arasındaki ilişkinin belirlenmesi için Temel Bileşen Analizi (PCA) kovaryans matrisine göre XLSTAT programında uygulanmıştır. Burada, çevresel parametreler ile makrofit türlerine ait bolluk değerleri arasındaki standardizasyonun sağlanması ve veri aralığının yakın tutulması için logaritmik (Log X+1) transformasyon modeli kullanılmıştır (Ter Braak, 1988).

## BULGULAR

Abant Gölü'nde sucul makrofitlerden; *Juncus articulatus* L. (Camişotu), *Lemna minor* L. (Su mercimeği), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud (Kamış), *Schoenoplectus lacustris* L. Palla (Semerotu), *Nuphar lutea* L. Sm. (Sarı Nilüfer), *Nymphaea alba* L. (Nilüfer), *Potamogeton natans* L. (Suotu), *Myriophyllum spicatum* L. (Sucivanperçemi) ve *M. verticillatum* L. (Halkalı sucivanperçemi) türleri teşhis edilmiştir. Göldeki makrofit türlerinin dağılımları örnekleme dönemlerine göre incelendiğinde; Haziran ve Eylül döneminde Kuzey, Batı ve Doğu kesiminde, *P. australis*, *S. lacustris*, *N. lutea* ve *N. alba* ve Güney kesiminde ise *P. australis*, *S. lacustris* ve *N. lutea* türlerinin yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir. *P. australis* ve *S. lacustris* türlerinin yer yer oluşturduğu kemerlerin gölü çevrelediği belirlenmiştir. Ayrıca, *M. verticillatum* ve *J. articulatus* türlerinin istasyonlarda bulunuş yoğunluklarının çok düşük olduğu saptanmıştır.

Araştırmada, ortalama su sıcaklığı  $11,49 \pm 6,47$  °C, çözülmüş oksijen  $8,84 \pm 1,96$  mg/L, pH  $7,99 \pm 0,19$ , iletkenlik  $269,60 \pm 9,20$   $\mu$ S/cm, toplam fosfor  $0,0266 \pm 0,0175$  mg/L, ortofosfat  $0,0029 \pm 0,0013$  mg/L, alkalinite  $158,04 \pm 18,36$  mg/L ve askıda katı madde  $1,73 \pm 0,88$  mg/L olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak, gölde sucul makrofitlerin maksimum kolonizasyon derinliğinin 5,1 m olduğu saptanmıştır.

Abant Gölü'ndeki türlerinin bolluk değerlerinden MI indeksi 2,85 olarak hesaplanmıştır. Bu da gölün besin tuzları bakımından **orta** düzeyde zenginleşmiş olduğunu göstermektedir (Tablo 1). MI, Nisan örneklemeğinde hava şartlarının uygun olmayışından dolayı hesaplanamamıştır. Haziran ve Eylül dönemlerinde özellikle *L. minor*, *N. lutea*, *N. alba*, *P. natans* ve *S. lacustris* türlerinin yoğunluğunun artış göstermesi indeks sonucunda etkili olmuştur. Ayrıca, bu türlerin artışının ötrofikasyon göstergesi olması nedeniyle gölün besin maddeleri artışından etkilendiği söylenebilir.

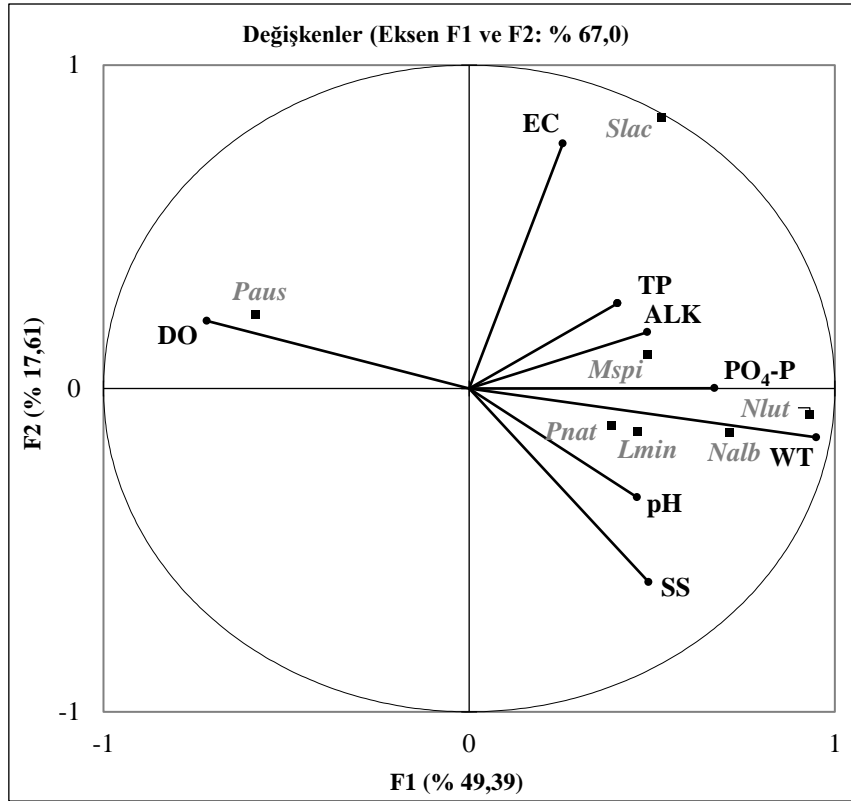
Abant Gölü'nün ekolojik durumunun belirlenmesinde Almanya'da uygulanan Referans indeksi (RI) kullanılmıştır. Gölün RI değerinin ortalama 4,49 olduğu belirlenirken, RI indeksinden elde edilen sonuçlara göre gölün EKO 0,52 olarak hesaplanmış ve ekolojik durumun **iyi** olduğu tahmin edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Abant Gölü'nde hesaplanan Makrofit İndeksi (MI) ve Referans İndeksine göre hesaplanan Ekolojik Kalite Oranı (EKO)

İndeksler	Skala	Nisan	Haziran	Eylül	Aralık	Ortalama
<b>MI</b> (Besin Düzeyi)	<b>1,00 (Düşük) – 5,00 (Yüksek)</b>	-	2,79 (Orta)	2,76 (Orta)	3,00 (Zengin)	<b>2,85</b> (Orta)
<b>EKO</b> (Ekolojik Durum)	<b>0 (Çok Kötü) – 1 (Çok İyi)</b>	-	0,53 (İyi)	0,52 (İyi)	0,50 (Orta)	<b>0,52</b> (İyi)

Abant Gölü'nde tespit edilen türlere ilişkin bolluk değerlerinin lineer modele uygun olduğu Eğimsiz Uyum Analizi (DCA)'nde tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuca göre göldeki makrofit türlerine ait bolluk değerleri ile çevresel parametreler arasındaki ilişkinin belirlenmesi için Temel Bileşen Analizi (PCA) uygulanmıştır. PCA analizi sonucunda, toplam varyasyon %67,0 olarak hesaplanırken, ilk eksenin toplam varyasyonun %49,39'unu açıkladığı ve ikinci ekseninde ise %17,61 olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

PCA analizine göre çözülmüş oksijen derişiminin sadece *P. australis* türü ile ilişkili olduğu görülürken, askıda katı madde, ortofosfat, pH ve su sıcaklığının *L. minor*, *N. lutea*, *N. alba* ve *P. natans* dağılımıyla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak, *M. spicatum* ve *S. lacustris* türlerinin dağılımı üzerinde elektriksel iletkenlik, alkalinite ve toplam fosforun etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca çevresel parametrelerden askıda katı madde, su sıcaklığı, pH ve ortofosfat derişiminin çözülmüş oksijen ile negatif yönde ilişkili olduğu saptanırken, türlerin büyük kısmının besin derişimiyle pozitif yönde ilişkili olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 2.** Abant Gölü'nde, çevresel parametreler ve makrofit bolluğuna ilişkin PCA grafiği  
**WT:** Su Sıcaklığı, **ALK:** Alkalinite, **EC:** Elektriksel İletkenlik, **TP:** Toplam Fosfor, **PO<sub>4</sub>-P:** Ortofosfat, **SS:** Askıda Katı Madde, **Lmin:** *Lemna minor*, **Mspi:** *Myriophyllum spicatum*, **Nlut:** *Nuphar lutea*, **Nalb:** *Nymphaea alba*, **Paus:** *Phragmites australis*, **Pnat:** *Potamogeton natans*, **Slac:** *Schoenoplectus lacustris*

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Abant Gölü'nde bulunan makrofitlerden *S. lacustris*, *P. australis*, *N. lutea*, *M. spicatum* ve *P. natans* türlerinin hassas veya toleranslı olarak sınıflandırılmayan (farksız) türler olduğu bildirilmiştir (Toivonen ve Huttunen, 1995; Portielje vd., 2014). Ayrıca *L. minor*, *S. lacustris*, *P. natans*, *N. alba*, *N. lutea*, *M. spicatum*, *M. verticillatum* ve *J. articulatus* türlerinin çoğunlukla mezo-ötrofik sularda bulunan türler olduğu ve nilüfer türlerinin yoğunluğundaki artışın ötrofikasyonun bir göstergesi olabileceği belirtilmektedir (Toivonen ve Huttunen, 1995; Seçmen ve Leblebici, 1997; Melzer 1999). Gölde uzun dönemde nilüferlerin artışları dikkat çekicidir ve gölde antropojenik ötrofikasyon göstergesi olduğu düşünülmektedir. Caffrey (1987), *L. minor*, *N. lutea*, *M. spicatum* ve *P. natans* türlerinin çevresel koşullara karşı dayanıklı (toleranslı) ve Penning vd. (2008), *M. verticillatum*, *L. minor* türlerinin toleranslı türler olduğunu bildirmiştir. Bolat vd. (2015), Eğridir Gölü'nde 4 – 4,5 m derinliğe kadar kıyısal bölgede daha yoğun olmak üzere *Chara* sp. türü bitkilerin zemini yer yer kapladığını ve derinlik arttıkça *Potamogeton*, *Myriophyllum* ve *Ceratophyllum* türü bitkilerin yoğunlaştığını saptamış, bunun göl üzerindeki antropojenik etkiden kaynaklandığını belirtmiştir.

Abant Gölü'nde uygulanan PCA analizine göre makrofit türlerine ait bolluk değerlerinin su sıcaklığı, pH, ortofosfat, çözülmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik ile ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çevresel parametrelerden çözülmüş oksijen ile su sıcaklığı, pH, ortofosfat, askıda katı madde arasında negatif yönlü bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Toivonen ve Huttunen (1995) iletkenlik ve pH'ın tür çeşitliği ve yoğunluğu üzerinde etkili parametreler olduğunu ve Grasmück vd. (1995) ise ortofosfat fosforu ile çözülmüş oksijen derişimi arasında ters ilişki olduğunu bildirmiştir. Gecheva vd. (2013) sucul biryofit ve vasküler bitki komüniteleriyle dört çevresel değişken arasında ilişki olduğunu saptamışlardır. Bolat vd. (2015) tarafından makrofit türlerinin biyomasındaki dönemsel değişimlerin incelendiği çalışmada; sıcaklık artışı ile su derinliğinin azaldığı Temmuz ayında bitki yoğunluğunun hızla arttığı belirlenmiştir. Bulgularımızın bu çalışmalarda verilen sonuçlar ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Abant Gölü, sığ bir göl değildir (en yüksek derinlik 16,6 m). Gölde bulunan yüzen yapraklı ve yarı batık su bitkilerinin litoral bölgede geniş bir alan kapladığı, özellikle yaz ve sonbahar dönemlerinde *P. australis*, *S. lacustris*, *N. lutea* ve *N. alba* türlerinin kapladığı alanın arttığı belirlenmiştir. Gölde sualtı makrofitlerin maksimum kolonizasyon derinliği 5,1 m olarak tespit edilmiştir. Maksimum kolonizasyon derinliği Sondergaard vd. (2005)'e göre değerlendirildiğinde Abant Gölü'nün iyi durumda olduğu görülmektedir.

MI indeksinin Melzer (1999)'de belirtildiği üzere 2,50 – 2,99 arasında olması Abant Gölü'nde besin zenginleşmesinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir. Sığ bir göl olan Mogan Gölü'nde Şanal vd. (2015) tarafından, 2003 ve 2015 yıllarında MI sırasıyla; 3,90 ile 4,50 olarak belirlenirken, besin maddesi artışının ağır olduğu ve gölün ekolojik durumunun mezotrofikten ötrofiğe doğru değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca, Lirika vd. (2013) tarafından maksimum derinliği 288 m (ortalama 155 m) olan Ohrid Gölü'nde Makrofit indeksinin 2,48 – 3,01 arasında değiştiği ve gölün besin düzeyinin orta – yüksek olduğu belirtilmiştir. Taş vd. (2018) Ulugöl'de Makrofit İndeks Sistemi (MIS)'ne göre indikatör makrofit türlerini ve duyarlılıklarını incelerken, gölün mezotrofikten ötrofik yapıya doğru ilerlediğini belirlemişlerdir. Ayrıca, gölün litoral bölgesinde dominant ve yaygın olarak *M. spicatum* ve *P. natans* türlerinin bulunduğunu ve su kalite sınıfının 3 – 4 yani orta-iyi düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Abant Gölü'nde hesaplanan RI (4,49) indeksinin Portielje vd. (2014)'de belirtildiği gibi <10 ve maksimum kolonizasyon derinliğinin 5 m < x < 8 m (5,1 m) olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak, gölün sucul makrofitlere göre EKO'ı 0,50 – 0,53 (ortalama 0,52) arasında değişirken, ekolojik durumun iyi olduğu belirlenmiştir. Gölün ekolojik durumuna yönelik yapılmış çalışmalar incelendiğinde; fitoplankton ve zooplankton açısından Altındağ (1999), Külköylüoğlu vd. (2003), Külköylüoğlu vd. (2005), Dügel vd. (2008), Karakaya vd. (2011) gölün oligotrofikten mezotrofiğe doğru geçiş eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Obalı vd. (2002) fitoplankton yönünden gölün mezotrofik karakterde olduğunu, Atıcı vd. (2005) göl çevresinde organik atıkların etkisinin olduğunu ve bunun *N. alba*, *N. lutea* gibi nilüfer türlerinin artışına neden olacağını bildirmişlerdir. Atıcı ve Obalı (2002), Atıcı ve Tokatlı (2014) ile Anonim (2015)'e göre ise eğer önlem alınmazsa ötrofikasyon gözleneceği ve gölün hassas alan özelliği taşıdığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, sucul makrofitler açısından sonuçların benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Abant Gölü hem tür çeşitliği hem de bulunan endemik türler açısından korunması gereken doğal bir hazine niteliği taşımaktadır. Gölün mevcut durumunun korunması ve/veya iyileştirilmesinde yapılacak olan izleme çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Gölde bulunan sucul makrofit komünitesi izleme çalışmalarında kullanılmalı ve çevresel değişkenler ile birlikte değerlendirilmelidir. Bu araştırmalar ışığında gölün korunması için gerekli önlemler hızla alınmalıdır.

**Teşekkür:** Bu araştırma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 16H0759001/2017 nolu proje ile desteklenmiştir. Araştırmanın özeti, 19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Özet Kitabı'nda (poster) yayınlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Altındağ, A. (1999). A taxonomical study on the rotifera fauna of Abant lake (Bolu). *Turkish Journal of Zoology*, 23(3), 211-214.
- APHA (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 21)*, American Public Health Association, Washington DC.
- Anonim, (2015). Nehir havzalarında göl sularında su kalitesi, fitoplankton ve makrofit izleme, buna bağlı hassas alan tayini çalışması Batı Karadeniz ve Yeşilirmak Havzaları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Atay, D. (1984). *Bitkisel Su Ürünleri ve Üretim Tekniği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 905, Ankara.
- Atıcı, T., & Obalı, O. (2002). Yedigöller ve Abant (Bolu) fitoplanktonunun mevsimsel değişimi ve klorofil *a* değerlerinin karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19 (3/4), 281-289.
- Atıcı, T., & Tokatlı, C. (2014). Algal diversity and water quality assessment with cluster analysis of four freshwater lakes (Mogan, Abant, Karagöl and Poyrazlar) of Turkey. *Wulfenia Journal*, 21(4), 155-169.
- Atıcı, T., Obalı, O., & Elmacı, A. (2005). Abant Gölü (Bolu) bentik algleri. *Ekoloji*, 14(56), 9-15.
- Bakır, N. (2015). Su Çerçeve Direktifine göre biyolojik kalite unsuru: makrofit. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.

- Birk, S., Willby, N., Kelly, M. G., Bonne, W., Borja, A., Poikane, S., & Bund, W. (2013). Intercalibrating classifications of ecological status: Europe's quest for common management. *Science of the Total Environment*, 454(455), 490-499.
- Bolat, Y., Koca, H. U., Yıldırım, G. U., Özvarol, Y., Turna, İ. İ., Şener, E., Yeğen, V., Bilgin, F., & Bostan, H. (2015). Eğirdir Gölü makrofitlerinin gelişme ve yayılma özelliklerinin sualtı gözlemleri ile izlenmesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(3), 103-111.
- Caffrey, J. M. (1987) Macrophytes as Biological Indicators of Organic Pollution in Irish Rivers. In: *Biological Indicators of Pollution*, Royal Irish Academy, Dublin, 77-87.
- Casper, S. J., & Krausch, H. D. (1980). *Pteridophyta und Anthophyta. 1. Teil. Lycopodiaceae bis Orchidaceae. Süßwasserflora Von Mitteleuropa*. Band 23, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- Casper, S. J., & Krausch, H. D. (1981). *Pteridophyta und Anthophyta. 2. Teil. Saururaceae bis Asteraceae. Süßwasserflora Von Mitteleuropa*. Band 24, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- Ciecierska, H., & Kolada, A. (2014). ESMI: a macrophyte index for assessing the ecological status of lakes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(9), 5501-5517.
- Cirik, S., Cirik, Ş., & Conk-Dalay, M. (2007). *Su Bitkileri 2 (İçsu Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi, Yetiştirme Teknikleri)*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No: 61, İzmir.
- Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S. A., & Newroth, P. R. (1993). *Restoration and Management of Lakes and Reservoirs. 2nd Edition*, Lewis Press, Florida.
- Çelekli, A., & Külköylüoğlu, O. (2006). Net planktonic diatom (Bacillariophyceae) composition of Lake Abant (Bolu). *Turkish Journal of Botany*, 30(5), 331-347.
- Çelekli, A., Obalı, O., & Külköylüoğlu, O. (2007). The phytoplankton community (except Bacillariophyceae) of lake Abant (Bolu, Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 31(2), 109-124.
- Dave, G. (1992). Sediment toxicity and heavy metals in eleven lime reference lakes of Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution*, 63(1-2), 187-200.
- Davis, P. H. (1965-1985). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands-Vol: 1-9*, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Davis, P. H., Mill, R. R., & Tan, K. (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands-Vol 10*, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Directive, W. F. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, 22(12),2000.
- Directive, W. F. (2003). Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC), Guidance document No. 7, Monitoring under the Water Framework Directive, WG 2.7.
- Doğan, M., & Kızılkaya, B. (2010). Some air and water pollution indicators in and around the lake Abant, Turkey. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 16(1), 53-74.
- Drake, J. C., & Heaney, S. I. (1987). Occurrence of phosphorus and its potential remobilization in the littoral sediments of a productive english lake. *Journal of Freshwater Biology*, 17, 513-523.
- Duman, F. (2005). Sapanca ve Abant gölü su, sediment ve sucul bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Dügel, M., Külköylüoğlu, O., & Kılıç, M. (2008). Species assemblages and habitat preferences of ostracoda (Crustacea) in Lake Abant (Bolu, Turkey). *Belgian Journal of Zoology*, 138, 50-59.
- Gecheva, G., Yurukova, L., & Cheshmedjiev, S. (2013). Patterns of aquatic macrophyte species composition and distribution in Bulgarian rivers. *Turkish Journal of Botany*, 37(1), 99-110.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M. T. (2012). *Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler) [A checklist of the flora of Turkey (vascular plants)]*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Grasmück, N., Haury, J., Léglize, L., & Muller, S. (1995). Assessment of the bio-indicator capacity of aquatic macrophytes using multivariate analysis. *Hydrobiologia*, 300(1), 115-122.
- Haury, J., Peltre, M. C., Trémolières, M., Barbe, J., Thiébaud, G., Bernez, I., Daniel, H., Chatenet, P., Haan-Archipof, G., Muller, S., Dutartre, A., Laplace-Treyture, C., Cazaubon, A., & Lambert-Servien E. (2006). A new method to assess water trophy and organic Pollution-the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of river and pollution. *Hydrobiologia*, 570, 153-158.
- Karakaya, N., Evrendilek, F., Aslan, G., Gungor, K., & Karakas, D. (2011). Monitoring of lake water quality along with trophic gradient using landsat data. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 8(4), 817-822.
- Karakaya, N., Evrendilek, F., Güngör, K., Önal, D., & Turan, G. S. (2015). Göl metabolizmasının diel oksijen tekniği ile belirlenmesi: Abant Gölü örneği. TÜBİTAK Proje No: 111Y059, 68 sayfa, Bolu.
- Kohler, A. (1978). Methoden der Kartierung Von Flora und Vegetation Von Süßwasserbiotopen. *Landschaft & Stadt*, 10, 73-85.



- Külköylüoğlu, O., Kılıç, M., Dügel, M., & Usta, E. (2003). Abant Gölü (Bolu) ve çevre sularında mevsime bağlı su kalitesi değişimi ve ostrakoda (Crustacea) dağılımı. TÜBİTAK- Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu, Proje No; YDABAG-101Y030. 50s, Ankara.
- Külköylüoğlu, O., Obalı, O., Dügel, M., Kılıç, M., & Çelekli, A. (2005). Abant Gölü ve Gököy Göleti arasında mevsime bağlı su kalitesi değişimi ve alg potansiyelinin karşılaştırmalı analizi. TÜBİTAK-Temel Bilimler Araştırma Grubu (TBAG), Proje No; TBAG-103T028. 67s, Ankara.
- Lirika, K., Alma, I., Magdalena, C., & Dashnor, K. (2013). Ohrid Gölündeki su kalitesinin değerlendirmesinde diatome ve makrofit endekslerinin kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(2), 393-400.
- Madson, J. D., Chambers, P. A., James, W. E., Koch, E. W., & Westlake, D. F. (2001). The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*, 444, 71-84.
- Melzer, A. (1999). Aquatic macrophytes as tools for lake management. *The Ecological Bases for Lake and Reservoir Management*, 395/396, 181-190.
- Müderrişoğlu, H., Yerli, Ö., Turan, A. A., & Duru, N. (2005). ROS (Rekreasyonel Fırsat Dağılımı) Yöntemi ile Abant Tabiat Parkı'nda kullanıcı memnuniyetinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(4), 397-405.
- Obalı, O., Atıcı, T., & Elmacı, A. (2002). Abant Gölü (Bolu) fitoplanktonu üzerine taksonomik bir çalışma. *OT Sistematik Botanik Dergisi*, 9, 143-151.
- Penning, W. E., Mjelde, M., Dudley, B., Hellsten, S., Hanganu, J., Kolada, A., Berg, M., Poikane, S., Phillips, G., Willby, N., & Ecke, F. (2008). Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes. *Aquatic Ecology*, 42(2), 237-251.
- Poikane, S., Birk, S., Böhmer, J., Carvalho, L., de Hoyos, C., Gassner, H., Hellsten, S., Kelly, M., Solheim, A. L., Olin, M., Pall, K., Phillips, G., Portielje, R., Ritterbusch, D., Sandin, L., Schartau, A. K., Solimini, A. G., van den Berg, M., Wolfram, G., & Bund, W. (2015). A hitchhiker's guide to European lake ecological assessment and intercalibration. *Ecological indicators*, 52, 533-544.
- Portielje, R., Bertrin, V., Denys, L., Grinberga, L., Karottki, I., Kolada, A., Krasovskiene, J., Leiputé, G., Maemets, H., Ott, I., Phillips, G., Pot, R., Schaumburg, J., Schranz, Ch., Soszka, H., Stelzer, D., Søndergaard, M., Willby, N., & Poikane, S. (Eds.), (2014). Central Baltic Lake Macrophyte ecological assessment methods. *Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Joint Research Centre Technical Reports*.
- Seçmen, Ö., & Leblebici, E. (1997). *Türkiye Sulak Alan Bitkileri ve Bitki Örtüsü*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları No:158, İzmir.
- Søndergaard, M., Jeppesen, E., Peder Jensen, J., & Lildal Amsinck, S. (2005). Water Framework Directive: ecological classification of Danish lakes. *Journal of Applied Ecology*, 42(4), 616-629.
- Stelzer, D. (2003). *Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seebewertung: ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland* (Doctoral dissertation, Verlag nicht ermittelbar).
- Şanal, M., Köse, B., Coşkun, T., & Demir, N. (2015). Mogan Gölü'nde sucul makrofitlere göre ekolojik kalitenin tahmini. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5, 51-55.
- Taş, B., Şahin, H., & Yarılgaç, T. (2018). Ulugöl'de (Ulugöl Tabiat Parkı, Ordu) hidrofitlerin artışı üzerine bir ön inceleme. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(1), 111-120.
- Ter Braak, C. J. (1988). Canoco-A Fortran Program for Canonical Community Ordination by [partial][etrended][canonical] Correspondence Analysis, Principal Components Analysis and Redundancy Analysis (version 2.1) Technical Report: LWA-88-02, *Agricultural Mathematics Group*, 95 pp. Wageningen,
- Toivonen, H., & Huttunen, P. (1995). Aquatic macrophytes and ecological gradients in 57 small lakes in southern Finland. *Aquatic botany*, 51(3-4), 197-221.
- TS EN 15460, (2008). *Su Kalitesi – Göllerdeki Makrofitlerin Araştırılması için Kılavuz Standard*. Ankara.
- Türker Uçar, A., & Güner A. (2003). Plant diversity in Abant Nature Park (Bolu), Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 27, 185-221.
- Westlake, D. F. (1986). *The Direct Determination of Biomass of Aquatic Macrophytes and Measurement of Underwater Light*. Department of the Environment, Her Majesty's Stationery Office (HMSO), London.
- Willby, N., Pitt, J. A., & Phillips, G. (2009). The Ecological Classification of UK Lakes Using Aquatic Macrophytes. *Environment Agency Report*, Project No: SC010080/R2.