

Sakaryabaşı Batı Göleti'nin Besin Düzeyine Sedimentin Etkisi*

Serap PULATSÜ¹Akasya AKÇORA¹Fatma TOKSOY KÖKSAL²

Geliş Tarihi: 24.09.2001

Özet : Bu araştırma Sakaryabaşı-Çifteler Balık Üretim ve Araştırma İstasyonu'nun su ihtiyacını karşılayan Batı Göleti'nde yürütülmüştür. Gölette belirlenen bir istasyondan 2000 yılının temmuz ve ekim aylarında, 2001 yılının ocak ve nisan aylarında su ve sediment örnekleri alınmıştır. Gölet suyunda, sedimentin hemen üst bölümündeki suda ve sediment örneklerinden elde edilen sediment gözenek suyunda toplam filtre edilebilir fosfor (TFF), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO), demir konsantrasyonları ve pH değerleri belirlenmiştir. Ayrıca gölet sedimentinin su içeriği(%), organik madde düzeyi(%), toplam fosfor ve toplam demir miktarları ile pH değerleri saptanmıştır. Araştırma süresince sedimentin hemen üst bölümündeki suda (TFF:38,12-107,21µg/L; TFO:31,45-62,81µg/L) ve sediment gözenek suyunda (TFF: 65,09-157,66µg/L;TFO:41,87-123,95µg/L) fosfor fraksiyonlarının gölet suyu fosfor fraksiyonlarından (TFF:13,92-41,76µg/L;TFO:15,24-27,15µg/L) yüksek bulunması, sedimentin göletin besin seviyesini etkilediğini ortaya koymuştur. Sediment gözenek suyunda demirin fosfora oranının (molar olarak) 1.8'den düşük bulunması, demirin sedimentten fosforun salınımını engelleyemediğini, pH'ya ilişkin bulgular ise, pH'nın sedimentten fosforun salınımında bir rol oynamadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sakaryabaşı Batı Göleti, sediment gözenek suyu, fosfor fraksiyonları, pH

The Effect of Sediment on Trophic Level of Sakaryabaşı West Pond

Abstract: This investigation was carried out in West Pond from which water was supplied to the Sakaryabaşı Fish Culture and Research Station. Water and sediment samples were taken from the station determined in the West Pond in 2000 (july, october), 2001 (january, april). Total filtrable phosphorus (TFP), total filtrable orthophosphate (TFO), iron concentrations and pH values were measured in pond water, overlying water which was sampled from just over sediment and porewater obtained from sediment samples. Also, water content (%), organic content (%), total phosphorus and total iron concentrations and pH values were determined in sediment. During the period of this study, it was found that overlying water (TFP:38,12-107,21µg/L; TFO:31,45-62,81µg/L) and porewater (TFP: 65,09-157,66µg/L;TFO:41,87-123,95µg/L) phosphorus fractions were higher than those pond water phosphorus fractions (TFP:13,92-41,76µg/L;TFO:15,24-27,15µg/L), this indicates the influence of sediment on pond's trophic level. In porewater when the ratio of iron to phosphorus (in molar) is found to be lower than 1,8 this indicates that iron never effects the release of phosphorus from sediment. Also considering observed pH values, pH does not have a role on the release of phosphorus from sediment.

Key Words: Sakaryabaşı West Pond, porewater, phosphorus fractions, pH

Giriş

Göl ve göletlerin ötrofikasyonunda, sedimentlerin fosfor rezervi niteliği önemli bir unsurdur. Sedimentteki fosforun büyük bir bölümü, partikül maddeye bağlıdır ve bu partiküller fosfor genellikle hareketli değildir, sediment gözenek suyu içerisinde çözülebilir (Shaw ve Prepas 1989). Tatlı su ekosistemlerinde yüzey sedimentleri %95-99 oranında su içermektedir. Bu suyun yalnızca ufak bir bölümü katı kimyasal maddelere bağlıdır. Bu su içeriğinin büyük bir kısmı sediment partiküllerini çevrelemektedir ve bu hareketli su fraksiyonu sediment gözenek suyu olarak isimlendirilmektedir (Enell ve Löfgren 1988).

Sediment gözenek suyundaki fosfor, göl suyu ile direkt ilişkili olduğu için sedimentteki fosfor fonksiyonlarının en önemli kısmını oluşturmaktadır (Boström ve ark.1988, Enell ve Löfgren 1988). Ayrıca sediment gözenek suyundaki toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) değeri göllerin besin durumlarını belirlemede iyi bir indikatör olarak dikkate alınmaktadır (Istvanovics ve ark. 1989).Enell ve Löfgren (1988), sediment gözenek su-yu fosfor konsantrasyonunun ötrofik sistemlere (0,1-10mg/L) oranla oligotrofik ortamlarda (0.01-0.5mg/L) önemli ölçüde düşük bulunduğunu ve

* Ankara Üniv. Araştırma Fonu Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Su Ürünleri Bölümü-Ankara

² Orta Doğu Teknik Üniv. Jeoloji Mühendisliği Bölümü-Ankara

ötrofik sistemlerde minimum-maksimum fosfor konsantrasyonu aralığının ise oldukça geniş olduğunu belirtmişlerdir.

Bir gölün besin seviyesini belirlemede, sedimentin 0-20 cm'lik katmanından elde edilen sediment gözenek suyunun göl suyu hacmine oranı ve sediment gözenek suyu kompozisyonu kullanılabilir. Sediment gözenek suyunun kompozisyonu; mineral maddelerin çözünürlüğü ve yağışlar ile biyolojik aktivite ve sediment-göl suyu arasındaki fiziksel interaksiyonlardan etkilenmektedir (Enell ve Löfgren 1988).

Sediment gözenek suyu fosfor konsantrasyonlarının mevsimsel değişimini içeren çalışmalar incelendiğinde; Carignan (1984) bu değerin özellikle ilkbahar ve yaz aylarında arttığını, Enell ve Löfgren (1988) yaz ve sonbahar aylarında, Shaw ve Prepas (1989) yalnızca yaz mevsiminde, Istvanovics (1988) ise yaz ve sonbahar başlarında artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Sediment gözenek suyu ve göl suyu fosfor fraksiyonlarının karşılaştırıldığı birçok çalışmada, sediment gözenek suyu toplam filtre edilebilir ortofosfat değerlerinin göl suyu değerlerinden daha fazla olduğu bildirilmiştir (Bottomley ve Bayly 1984, Enell ve Löfgren 1988, Istvanovics 1988).

Riley ve Prepas (1984), sediment gözenek suyundaki fosfor konsantrasyonunun pH değerlerinden etkilendiğini belirtmişlerdir. Besleyici elementlerin sedimentten salınımının da pH tarafından önemli ölçüde etkilendiği, özellikle pH değerinin 8.5-10'dan yüksek olması halinde sedimentten salınan fosfor miktarının önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (Moss 1988, McDougall ve Ho 1991). Bu nedenle sediment gözenek suyundaki pH değerlerinin belirlenmesi de önem taşımaktadır (Drake ve Heaney 1987).

Sedimentteki fosfor hareketliliğini saptamada sıkça kullanılan en önemli faktör, demir bileşikleridir. Sedimentten fosfor salınımının öncesinde ve sonrasında, demir tarafından tutulan fosforun miktarında bir azalma olduğunun kanıtlanması ile demirin önemli ortaya konmuştur (Boström ve ark. 1988, Marsden 1989). Sedimentlerde biriken fosfor miktarı, drenaj alanından sağlanan fosfordan çok demir elementinin çevrimine bağlıdır (Uslu ve Türkman 1987). Montigny ve Prairie (1993), göl sedimentlerinde fosfatın Fe (III) hidroksitleri üzerine tutunmasının pH'dan etkilendiğini belirtmişlerdir. Yüksek pH değerleri Fe (III) hidroksitlerden fosfatın serbest bırakılmasına neden olur, bu olay sedimentten fosforun salınımı anlamına gelir.

Sediment gözenek suyundaki demirin fosfora oranı (molar olarak), oksijenli sulara potansiyel demir-fosfor tutunmasının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Fe (III) komplekslerine fosforun tutunması, demirin oransal olarak az bulunması durumunda sedimentten göl suyuna fosfor salınımını önlemede etkili olmayabilir. Başka bir deyişle, demir fosfor oranı 1,8'den küçükse sediment gözenek suyundan göl suyuna fosforun salınımı önlenemezken; bu oranın 1,8'den büyük olması durumunda fosfor salınımı engellenebilir (Shaw ve Prepas 1990). Söz konusu bu mekanizma ABD'de bulunan farklı iki gölde tespit edilmiştir: Fe/P oranı=0.14-1.4 olan gölde aerobik yüzey katmanından fosfor salınımı rahatlıkla belirlenirken, Fe/P oranı=46-198 olan bir diğer gölde

aerobik koşullarda fosfor salınımı oldukça düşük bulunmuştur (Wetzel 1975).

Sediment ve sedimentin hemen üst bölümündeki su (sediment-su ara yüzeyindeki su) arasındaki fosfor değişimi de doğal sulara fosfor döngüsünün en önemli bileşenidir (Wetzel 1975). Sediment-su ara yüzeyindeki suda toplam filtre edilebilir ortofosfatın pH, Eh ve mikrobiyel aktiviteler gibi çeşitli faktörlerden etkilendiği ve mevsimsel değişiklikler gösterdiği bildirilmiştir (Eckert ve ark. 1997).

Göller TFO değeri baz alınarak besin düzeylerine göre sınıflandırılabilir. Auer ve ark. (1986) TFO değeri 1,2-8,0 mg/m³ olan göllerin mezotrofik, 8,0 mg/m³'ten büyük olan göllerin ise ötrofik olduğunu bildirmişlerdir.

Riley ve Prepas (1984), Ali ve ark. (1988), Outridge ve ark. (1989) ve Sondergaard (1989), toplam filtre edilebilir fosfor konsantrasyon değerlerinin mevsimsel değişimine yönelik bildirişlerinde yaz mevsimindeki toplam filtre edilebilir fosfor değerlerinin kış mevsimine göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Birçok araştırma, sedimentin göllerdeki köklü sucül makrofitler için azot ve fosforun temel kaynağı olduğunu (Carignan 1985, Chambers ve ark. 1989) ve sedimentten salınan (serbest bırakılan) fosfor yüzünden göllerin yoğun bir şekilde makrofitle kaplandığını (Nürnberg 1984, Boers ve ark. 1991) ortaya koymuştur. Benzer bir sorun Çifteler-Sakaryabaşı Balık Üretim ve Araştırma İstasyonu'nun ilhiyacı olan suyun tamamını sağlayan Batı Göleti'nde de yaşanmaktadır. Gölet suyuna ilişkin toplam filtre edilebilir fosfor konsantrasyonu esas alındığında, besin düzeyi açısından ötrofik olduğu kantitatif olarak ortaya konmuştur (Aydın ve Pulatsü 1999). Bu çalışmada ise gölette daha önce dikkate alınmayan sedimentin, su ile etkileşiminin belirlenmesi ve sedimentin göletin ötrofikasyonuna olan katkısının bilimsel bir çerçeveye oturtulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda sedimentin bazı kimyasal özellikleri ile, sediment gözenek suyu ve sedimentin hemen üst bölümündeki suda fosfor konsantrasyonlarının yanı sıra, sedimentten göl suyuna olan fosfor salınımını önemli ölçüde etkilediği bilinen demir derişimi ile pH değerleri de belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma yeri: Araştırma bölgesi olarak seçilen Sakaryabaşı 39° 21' 15"-39° 21' 37" kuzey enlemleri ile 31° 02' 22"-31° 02' 53" doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Güler 1988). Sakaryabaşı havzasının kaynağını oluşturan Doğu (Gökğöz) ve Batı (Kırkgöz) kaynakları değişik amaçlarla kullanılmak üzere önlere net çekilerek birer gölete dönüştürülmüştür (Erençin ve Erençin 1978). Batı kaynağının gölete dönüştürülmesindeki amaç, yıllık üretim kapasitesi yaklaşık 30 ton olan Ankara Üniversitesi Ziraat

Fakültesi Sakaryabaşı-Çifteler Balık Üretim ve Araştırma İstasyonu'nun su ihtiyacını karşılamaya yöneliktir. Çalışma bölgesinin kendine özgü kaya türleri içeren bir konumda olduğu ve bölgenin üst kısmında karbonatlı kayaların karakteristik olduğu tespit edilmiştir (Güven 1996).

Saha çalışması: Batı Göleti'nde yürütülen bu araştırmada göletin litoral bölgesinde bir istasyon belirlenmiştir. Ortalama derinliği 80 ± 5 cm olan istasyonda dipten alınan su örnekleri 3 L hacme sahip plastik bidonlarda herhangi bir kimyasal koruyucu madde ilave edilmeksizin laboratuvara ulaştırılmıştır. Sahada su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve pH ölçümleri yapılmıştır. Sediment örnekleri ise 60cm uzunlukta ve 72mm çapında tüp şeklindeki sediment örneği alma cihazı ile alınmıştır.

Laboratuvar çalışması: Sedimentin hemen üst bölümündeki su ve sediment gözenek suyunun elde edilmesinde Enell ve Löfgren (1988)'in belirttiği prensipler esas alınmıştır. Laboratuvara getirilen sedimentin hemen üstündeki su sifonlanarak alınmıştır. Laboratuvara ulaştırılan yaş sediment örnekleri, gözenek suyunun sediment partiküllerinden ayrılması için santrifüj edilmiştir. Sediment gözenek suyunun eldesinde ise santrifüj tüplerine yerleştirilen toplam sediment miktarı 1.600 g olarak belirlenmiş ve santrifüj işlemi 15 dakika süreyle 3.000 rpm'de gerçekleştirilmiştir. Santrifüj tüplerinin üst kısmında biriken berrak kısım bir pipet yardımıyla alınarak, 0,45 µm membran filtreden süzümüştür.

Su analizleri: Filtre edilen sediment gözenek suyu örneklerinde TFF ve TFO konsantrasyonları belirlenmiştir. Toplam filtre edilebilir fosfor tayininde, ilk kademede (sindirme işlemi) persülfatla parçalama tekniği kullanılarak parçalamayı takiben serbest hale geçen ortofosfat, askorbik asit metodu ile tayin edilmiştir. Toplam filtre edilebilir ortofosfat tayini ise direkt askorbik asit metodu ile spektrofotometrik olarak yapılmıştır (Anonymous 1975).

Sedimentin hemen üst bölümündeki su ve gölet suyundaki toplam fosfor (TF) ve toplam ortofosfat (TO) değerleri de yine Anonymous(1975)'e göre yapılmıştır.

Sediment gözenek suyunun pH değeri İstvanovics ve ark. (1989)'ın önerdiği şekilde santrifüj işleminin hemen ardından, filtrasyon işleminden önce ölçümüştür.

Demir tayini sedimentin hemen üzerindeki suda, sediment gözenek sularında ve filtre edilen su örneklerinde fenantrolin metodu kullanılarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Anonymous 1975).

Sediment örneği analizleri:

Su içeriğinin tayini: Sediment örneğinin 110°C 'de 16 saat kurutulmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları arasındaki farktan hesaplanmıştır (Shrestha ve Lin 1996).

Organik madde içeriğinin tayini: Sediment örneğinin 550°C 'de 2 saat yakılmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları arasındaki farktan hesaplanmıştır (Shrestha ve Lin 1996).

Demir tayini: Kaçar (1995)'e göre alevli atomlaştırmalı atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir.

Toplam fosfor tayini: 105°C 'de 24 saat kurutulmuş sediment örneklerinde Wetzel ve Likens (1991)'in belirttiği prensiplere göre yapılmıştır.

İstatistik analizler: Sakaryabaşı Balık Üretim ve Araştırma İstasyonu Batı Göleti'ne ait verilerin değerlendirilmesi için varyans analizi (ANOVA) ve Duncan çoklu karşılaştırma testi, istatistiki paket program olarak Minitab kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan tüm istatistik hesaplamalar ve kontroller Düzgüneş ve ark. (1983)'ün belirttiği esaslara göre yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu araştırmada Sakaryabaşı havzasının kaynaklarından biri olan Batı Göleti'nde gölet suyu ve daha önce dikkate alınmayan sedimentin hemen üst bölümündeki su ile sediment gözenek suyuındaki toplam filtre edilebilir fosfor, toplam filtre edilebilir ortofosfat, demir ve pH gibi kimyasal parametrelerin aylara ve bölgelere bağlı değişimi incelenmiştir (Çizelge 1). Çizelge 1'de belirtilen büyük harfler bir bölge için parametrelerin aylara bağlı değişimini, küçük harfler ise bölgeler arası ve ayların tek tek ele alındığı durumdaki değişimi göstermektedir.

Gölet suyunda da fosfor fraksiyonlarının yanı sıra, su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve klorofil-a değerlerinin aylara bağlı değişimi saptanmıştır (Çizelge 2). Ayrıca sedimentin su ve organik madde içeriği, toplam fosfor ve toplam demir düzeyi ile pH değerleri de aylara bağlı olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Sakaryabaşı Batı Göleti'nde en yüksek sediment gözenek suyu toplam filtre edilebilir fosfor değeri yaklaşık $0,1 \text{ mg/L}$ ($157,66 \pm 1,61 \mu\text{g/L}$) olarak bulunmuştur. Bu değer Enell ve Löfgren (1988)'in ötrofik göller için belirttiği $0,1\text{-}10 \text{ mg/L}$ değerine benzerlik gösterirken (min. $0,02 \text{ mg/L}$, mak. $4,24 \text{ mg/L}$), Marsden (1989)'un yine ötrofik göller için belirttiği $12,7 \text{ g/m}^3$ toplam filtre edilebilir ortofosfat değerinden oldukça düşük bulunmuştur.

Göllerin besin seviyesini tespit etmede fosfor fraksiyonlarından TFO değerleri kullanılmaktadır. Bu araştırmada gölet suyunun ortalama TFO değerleri; minimum $6,17 \pm 0,8 \mu\text{g/L}$ ve maksimum $27,15 \pm 0,53 \mu\text{g/L}$ olarak bulunmuştur.

Araştırma periyodunca ele alınan bölgelerin üçünde de ocak ayındaki TFF ve TFO'ya ait veriler diğer aylara göre düşük bulunmuştur.

Çizelge 1. Sakaryabaşı Batı Göleti'nde üç bölgeye ait kimyasal parametrelere ilişkin ortalama değerler

Parametreler bölgeler		pH	TFF (µg/L)	TFO (µg/L)	Tfe (µg/L)
Gölet suyu	Temmuz	7,04±0,01Cc	35,08±0,39Ac	23,02±0,72ABc	10,05±0,11Cb
	Ekim	7,23±0,02Bd	41,76±0,72Ac	27,15±0,53Ac	82,22±8,24Aa
	Ocak	7,27±0,01ABd	13,92±0,89Ab	6,17±0,80Cc	10,05±0,11Cb
	Nisan	7,31±0,01Ac	21,44±0,37Ac	15,24±0,56Bc	20,03±0,17Bc
Sedimentin hemen üst bölümündeki su	Temmuz	7,21±0,01Cb	60,95±2,14Ac	40,76±2,89Bb	10,14±0,15Bb
	Ekim	7,92±0,01Bb	78,64±2,36Abc	59,48±2,34Ab	9,97±0,16Bb
	Ocak	8,00±0,01ABb	38,12±1,69Ab	31,45±0,90Cb	9,98±0,17Bb
	Nisan	8,03±0,02Ab	107,21±1,12Ab	62,81±3,20Ab	40,43±0,31Ab
Sediment gözenek suyu	Temmuz	7,44±0,07Ca	126,38±2,66ABb	60,51±0,66Ca	10,02±0,14Ab
	Ekim	8,07±0,01Ba	132,88±7,38ABb	123,95±4,37Aa	39,97±0,35Bd
	Ocak	8,13±0,01ABa	65,09±2,60Bb	41,87±1,81Da	9,91±0,14Cb
	Nisan	8,15±0,03Aa	157,66±1,61Ab	89,01±2,88Ba	20,01±0,33Dc

Aynı sütunda farklı büyük harfli olan ortalamalar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,01$).

Her bölgeye ait aynı ayda farklı küçük harfli olan ortalamalar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,01$).

Çizelge 2. Sakaryabaşı Batı Göleti'nde bazı fizikokimyasal özellikler

Parametreler aylar		Su sıcaklığı (°C)	Ç.O2 (mg/L)	TF (µg/L)	TO (µg/L)	kl-a (mg/m ³)
Temmuz	ORT	21,3±0,19A	5,72±0,04C	196,06±7,75A	58,35±1,29B	7,09±0,01B
	EKD	20,00	5,60	165,35	52,58	7,05
	EBD	22,00	5,90	231,49	63,92	7,12
Ekim	ORT	17,55±0,14C	7,24±0,03B	202,04±4,23A	130,82±4,43A	4,51±0,01C
	EKD	17,00	7,10	179,53	112,37	4,42
	EBD	18,00	7,40	220,47	151,55	4,54
Ocak	ORT	16,40±0,14D	8,25±0,06A	82,05±4,41B	59,16±2,00B	0,52±0,01D
	EKD	16,00	8,00	60,39	50,71	0,49
	EBD	17,00	8,50	97,64	67,01	0,54
Nisan	ORT	18,45±0,14B	7,13±0,03B	87,24±3,84B	40,51±2,07C	8,12±0,01A
	EKD	18,00	7,00	66,14	27,83	8,09
	EBD	19,00	7,30	97,64	49,48	8,14

Aynı sütunda farklı büyük harfli olan ortalamalar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,01$).

Çizelge 3. Sakaryabaşı Batı Göleti'nin sedimentine ilişkin özellikler

Parametreler aylar		Su içeriği (%)	Org. madde (%)	pH	Tfe (µg/gKA)	TF (µg/gKA)
Temmuz	ORT	97,63±0,01B	14,37±0,01C	7,43±0,00A	224,72±0,30A	636,00±34,42C
	EKD	97,58	14,31	7,24	223,00	535,00
	EBD	97,70	14,40	7,44	226,00	896,00
Ekim	ORT	98,49±0,01A	13,42±0,01D	7,45±0,05A	215,26±0,43B	1314,70±18,93B
	EKD	98,47	13,40	7,39	213,00	1213,00
	EBD	98,52	13,45	7,93	217,00	1386,00
Ocak	ORT	97,63±0,01B	18,13±0,01A	7,39±0,00A	194,54±0,42C	1228,30±2726B
	EKD	97,59	18,11	7,38	192,00	1102,00
	EBD	97,70	18,16	7,40	196,00	1346,00
Nisan	ORT	97,36±0,15B	15,70±0,01B	7,15±0,00B	163,25±0,31D	1701,30±51,41A
	EKD	97,16	15,68	7,14	162,00	1496,00
	EBD	98,71	15,72	7,16	165,00	1900,00

Aynı sütunda farklı büyük harfli olan ortalamalar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,01$).

Araştırma bulgularına göre; toplam filtre edilebilir ortofosfat konsantrasyonlarına ilişkin en yüksek ortalama değer ekim ayında sediment gözenek suyunda ($123,95 \pm 4,37 \mu\text{g/L}$) belirlenmiştir. Aynı ayda gölet suyundaki TFO değeri ise $27,15 \pm 0,53 \mu\text{g/L}$ olarak saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, sediment gözenek suyu toplam filtre edilebilir ortofosfat değerleri göl suyu değerlerinden 4-5 kat daha fazladır.

Bu çalışmada, gölet suyu ve sediment gözenek suyundaki demir konsantrasyonu ekim ayında sırasıyla; $82,22 \pm 8,24 \mu\text{g/L}$ ve $39,97 \pm 0,35 \mu\text{g/L}$ olup diğer aylara göre daha yüksek bulunmuştur.

Sedimente ilişkin organik madde miktarları incelendiğinde ise, ocak ayında %18,13 olan miktarın temmuzda %14,37'ye düştüğü tespit edilmiştir. Sedimentin toplam fosfor miktarı, organik maddeye benzer şekilde temmuzda minimum iken ($636,0 \pm 34,4 \mu\text{g/g KA}$), bu değer nisanda ($1701,30 \pm 51,41 \mu\text{g/g KA}$) maksimumdur. Sedimentin demir miktarı temmuz ayında toplam fosforun aksine artış göstermiş ($224,72 \pm 0,30 \mu\text{g/g KA}$), nisan ayında ise düşmüştür ($163,25 \pm 0,31 \mu\text{g/g KA}$). Sediment pH'sına ilişkin bulgular nisan ayı dışında birbirine benzer bulunmuştur.

TFF'nin gölet suyu, sedimentin hemen üst bölümündeki su ve sediment gözenek suyundaki değişimi dikkate alındığında, ocak ayında bölgeler arası farklılığın istatistik açıdan önemli olmadığı, temmuz ayında sediment gözenek suyunun, nisan ayında ise gölet suyunun TFF değerinin diğer iki bölgeye göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 1). TFO değerlerinin ise, dört ayda da bölgelere göre değişimi istatistik açıdan önemli bulunmuştur

($p>0,01$) (Çizelge 1). Bu sonuç tabandan olan doğal su girdisi ve biyotürbülans ile ilişkili gözükmemektedir.

Çalışma süresince pH değerlerinin bölgeler arası farklılıkları istatistik açıdan önemli bulunmuştur. Aylara ait ortalama demir değerleri ekim ve nisan aylarında diğer bölgelere göre istatistik açıdan önemli farklılık göstermiştir ($p>0,01$).

Bu araştırma kapsamında, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sakaryabaşı-Çifteler Balık Üretim ve Araştırma İstasyonu'nun su kaynağı olan Batı Göleti'nde, gölet suyu, sedimentin hemen üst bölümündeki su ve sediment gözenek suyu ile sedimentteki fosfor, demir miktarına ve pH değerlerine ilişkin aylara bağlı veriler elde edilmiştir. Sedimentin hemen üst bölümündeki su ile sediment gözenek suyundaki fosfor fraksiyonları esas alındığında, göletin besin düzeyinin ötrofik olduğu tespit edilmiştir.

Sedimentin hemen üst bölümündeki su ile sediment gözenek suyundaki fosfor fraksiyonlarının aylara bağlı değişiminin incelenmesi sonucu, bu değerlerin özellikle nisan ve ekim aylarında yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gölet suyundaki ve sediment gözenek suyundaki fosforun aylara bağlı değişimi konuya ilişkin araştırma sonuçlarıyla (Riley ve Prepas 1984, Ali ve ark. 1988, Outridge ve ark. 1989, Sondergaard 1989) uyumludur. Ancak bütün aylarda, sedimentin hemen üst bölümündeki suda ve sediment gözenek suyunda fosfor konsantrasyonlarının göl suyu değerlerinden yüksek olması, sedimentin göletin besin seviyesi üzerine etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç ise Bottomley ve Bayly (1984), Enell ve Löfgren (1988), Istvanovics (1988) adlı araştırmacıların bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Sedimentin hemen üst bölümündeki su ile sediment gözenek suyundaki toplam filtre edilebilir fosfor (TFO) ve demir konsantrasyon değerlerinin gölet suyundan daha yüksek bulunması, gözenek suyundan toplam filtre edilebilir fosfor ve demirin göl suyuna difüzyonunun olası olduğunu göstermektedir. Anaerobik gözenek suyundan aerobik göl suyuna fosforun difüzyonu, aerobik koşullarda demir iyon kompleksleri üzerine fosforun tutunması ile engellenebilir. Bununla birlikte, sözü edilen bu işlem, Shaw ve Prepas'ın (1989) belirttiği gibi, demirin oransal olarak az olduğu durumlarda, sedimentten göl suyuna fosforun salınımını önlemede etkili değildir. Fe:P oranı (molar olarak) 1.8'den küçük olduğunda, sedimentten göl suyuna fosforun salınımı engellenmemektedir. Çalışmamızda da bu değerin 1.8'den çok daha düşük saptanması, yukarıda bahsedilen difüzyon işlemini desteklemektedir.

Batı Göleti sedimentinin demirce fakir olduğu da bu çalışma ile belirlenmiştir (163.25-224.72 µg/g kuru ağırlık). Sedimente ilişkin bu bulgumuz, sedimentte tutulan fosforun büyük bir bölümünün salınımına ve tekrar döngüye girmesine karşı dayanıksız olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda gölet suyu pH (7.31±0.01) ve sediment gözenek suyundaki pH (8.15±0.03) değerlerinin nisan ayında diğer aylara göre yüksek olması fitoplankton biyomasının maksimuma ulaştığı (8.15±0.01 mg/m³) nisan ayına rastlamaktadır. Gölet suyunun pH değerinin yükselmesine neden olan bu durum, Montigny ve Prairie (1993)'nin belirttiği gibi sediment gözenek suyundan TFO'nun salınımını arttırmış olabilir.

Kışın sediment gözenek suyu ve sedimentin hemen üst bölümündeki suda fosfat derişiminin düşük olması fosfat konsantrasyonunun su sıcaklığından etkilendiğini ortaya koymaktadır. Cerco (1989), demirce zengin sedimentlerdeki fosfat derişiminin redoks koşullarından, kireçli sedimentlerde ise sıcaklıktan etkilendiğini belirtmiştir. Kışın sediment gözenek suyunda minimum olarak saptanan TFF ve TFO değerleri, düşük sıcaklıklarda azalan minerillizasyon hızından da kaynaklanabilir.

Ekim ayında sediment gözenek suyundaki TFF (132.88±7.38 µg/L) ve TFO'daki (123.95±4.37 µg/L) artışlar, yüzen su bitkilerinin ölümünden sonra besin elementlerinin sedimente doğru hareketinden kaynaklanabilir. Bir diğer olasılık ise, makrofit köklerinin ölümü sonucu besin elementlerinin dekompozisyonla sediment gözenek suyuna salınmasıdır. Bu sonuç, Carignan (1985)'in, makrofitlerin sığ göllerin primer prodüksiyonuna önemli ölçüde katkıda bulunduğunu ve besin elementleri ile organik bileşiklerin önemli miktarlarının, özellikle bu bitkiler öldükten sonra salındığını bildirdiği araştırma sonuçlarıyla da uyum göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile Sakaryabaşı Batı Göleti'nde sedimentin göletin besin düzeyini etkilediği kantitatif olarak belirlenmesine karşın, gölette bundan sonra yürütülecek sedimentolojik çalışmalarla sediment ve gölet suyu arasındaki etkileşimin daha açık anlaşılacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Ali, A., K. R., Reddy and W. F. DeBusk, 1988. Seasonal changes in sediment and water chemistry of a subtropical shallow eutrophic lake. *Hydrobiologia*, 159, 159-167.
- Anonymous, 1975. Standart methods for the examination of water and wastewater. John D., Ducas Co., p.1-1193, USA.
- Auer, M. T., M. S. Kreser, and R. P. Canale, 1986. Identification of critical nutrient levels through field verification of models for phosphorus and phytoplankton growth. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 379-388.
- Aydın, F. ve S. Pulatsü, 1999. Sakaryabaşı Batı Göleti'nin ötrofikasyon derecesinin araştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1) 51-58.
- Boers, P., L. V. Ballegooijen and J. Uunk, 1991. Changes in phosphorus cycling in a shallow lake due to food web manipulations. *Freshwater Biology*, 25, 9-20.
- Boström, B., J. M. Andersen, S. Fleischer and M. Jansson, 1988. Exchange of phosphorus across the sediment-water interface. *Hydrobiologia*, 170, 229-244.
- Bottomley, E. Z. and I. L. Bayly, 1984. A sediment porewater sampler used in root zone studies of the submerged macrophyte, *Myriophyllum spicatum*. *Limnol. Oceanogr.*, 29, 3, 671-673.
- Carignan, R. 1984. Sediment geochemistry in a eutrophic lake colonized by the submersed macrophyte. *Myriophyllum spicatum*. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 22, 355-370.
- Carignan, R. 1985. Nutrient dynamics in a littoral sediment colonized by the submersed macrophyte *Myriophyllum spicatum*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol 42.
- Cerco, C. F. 1989. Measured and modelled effects of temperature, dissolved oxygen and nutrient concentration on sediment-water nutrient exchange. *Hydrobiologia*, 174, 185-194.
- Chambers, P. A., E. E. Prepas, M. L. Bothwell, and H. R. Hamilton, 1989. Roots versus shoots in nutrient uptake by aquatic macrophytes in flowing waters. *Can. J. Aquat. Sci.*, 46, 435-439.
- Drake, J. C. and S. I. Heaney, 1987. Occurrence of phosphorus and its potential remobilization in the littoral sediments of a productive English lake. *Freshwater Biology*, 17, 513-523.
- Düzgüneş, O., T. Kesici ve F. Gürbüz, 1983. İstatistik Metotları 1. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları:861, Ders Kitabı, s. 1-229, Ankara.
- Eckert, W., A. Nishri, and R. Parparova, 1997. Factors regulating the flux of phosphate at the sediment-water interface of a subtropical calcareous lake: A simulation study with intact sediment cores. *Water, Air and Soil Pollution*, 99, 401-409.
- Enell, M. and S. Löfgren, 1988. Phosphorus in interstitial water: methods and dynamics. *Hydrobiologia*, 170, 103-132.

- Erençin, C. ve Z. Erençin, 1978. Aynalı sazanın (*C. carpio*) kültür balığı olarak Türkiye'de ilk defa yetiştirilmesi ile ilgili araştırmalar. Ankara Üniv. Veteriner Fak. Derg., XXV, No1.
- Güler, A. S. 1988. Çifteler Sakaryabaşı Balık Üretim İstasyonu'ndaki Doğu ve Batı Kaynak Göllerinin Planktonlarının İncelenmesi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Güven, F. 1996. Sakaryabaşı Kaynaklarının Çevresel İzotop Hidrolojisi İncelemesi. Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Istvanovics, V. 1988. Seasonal variation of phosphorus release from the sediments of shallow lake Balaton (Hungary). Wat. Res. Vol. 22. No. 12, pp. 1473-1481.
- Istvanovics, V., S. Herodek and F. Szilagyi, 1989. Phosphate adsorption by different sediment fractions in Lake Balaton and its protecting reservoirs. Wat. Res. Vol. 23, No : 11, pp. 1357-1366.
- Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 3 : Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3.
- Marsden, M. W. 1989. Lake restoration by reducing external phosphorus loading: The influence of sediment phosphorus release. Freshwater Biology, 21, 139-162.
- McDougall, B. K. and G. E. Ho, 1991. A study of the eutrophication of the North Lake, Western Australia, Wat. Sci. Tech., 23, 163-173.
- Montigny, C. D. and Y. T. Prairie, 1993. The relative importance of biological and chemical processes in the release of phosphorus from a highly organic sediment. Hydrobiologia, 253, 141-150.
- Moss, B. 1988. Ecology of Fresh Waters. Man and Medium 2nd Edition, Oxford Blackwell Scientific Publications, p. 1-417, London.
- Nürnberg, G. K. 1984. The prediction of internal phosphorus load in lakes with anoxic hypolimnia. Limnol. Oceanogr., 29, 1, 111-124.
- Outridge, P. M., G. J. Mitler and A. H. Arttington, 1989. Limnology of naturally acidic, oligotrophic dune lakes in subtropical Australia, including chlorophyll phosphorus relationships. Hydrobiologia, 179, 39-51.
- Riley, E. T. and E. E. Prepas, 1984. Role of internal phosphorus loading into shallow, productive lakes in Alberto, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41, 845-855.
- Shaw, J. F. H. and E. E. Prepas, 1989. Temporal and spatial patterns of porewater phosphorus in shallow sediments, and its potential transport into narrow lake, Alberta. Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 46.
- Shaw, J. F. H. and E. E. Prepas, 1990. Relationships between phosphorus in shallow sediments and in the trophogenic zone of seven Alberta Lakes. Wat. Res., Vol. 24 No.5, pp. 551-556.
- Shrestha, M. K. and C. K. Lin, 1996. Determination of phosphorus saturation level in relation to clay content in formulated pond muds. Aquacultural Engineering, Vol. 15, No. 6, pp. 441-459.
- Sondergaard, M. 1989. Phosphorus release from a hypertrophic lake sediment: Experiments with intact sediment cores in a continuous flow system. Arch. Hydrobiol., 116, 1, 45-59.
- Uslu, O. ve A. Türkman, 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. TC. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, s 1-364, İzmir.
- Wetzel, R. G. 1975. Limnology. W.b. Saunders Co., p. 1-743, Philadelphia.
- Wetzel, R. H. and G. E. Likens, 1991. Limnological Analysis, 2nd Edition, 391p, Springer Verlag Newyork.