

Cip Baraj Gölü (Elazığ)'nde Sediment Gözenek Suyunda Fosforun Mevsimsel Değişimleri

Gökhan KARAKAYA¹, Serap SALER^{2*}

¹Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Elazığ, Türkiye.

²Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Elazığ, Türkiye.

*Sorumlu Yazar Tel.:+90 538 466 65 85

E-posta:serapsaler@gmail.com

Geliş Tarihi: 09.03.2016

Kabul Tarihi: 14.10.2016

Öz

Bu araştırma, Cip Baraj Gölü litoral sedimentinde fosforun mevsimsel değişiminin araştırılması amacıyla 2011 yılı kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde alınan örneklerle yürütülmüştür. Gölde belirlenen istasyondan alınan sediment ve sediment üstü su örneklerinde toplam fosfor ve fraksiyonları başta olmak üzere bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Çalışmada sediment gözenek suyunda 32-82 µg L⁻¹ arasında değişen TFF konsantrasyonları ve 20,60-32,35 µg L⁻¹ arasında değişen TFO konsantrasyonları gölün ötrofik besin düzeyine yakın değerlerde seyrettiğini göstermiştir. Bu çalışmadaki TFO konsantrasyonunun sediment üstü sudaki fosfor derişimlerine oranı (yaklaşık 1,5-2 kat) sedimentten fosfor salınımını teşvik edecek ölçüde yüksek gözükmemektedir. Cip Baraj Gölü'nde sediment gözenek suyuna ait TFE/TFO değerleri 0,13-0,19 arasında değişmiş olup sedimentten fosfor salınımının engellenmediği ortaya konulmuştur. Cip Baraj Gölü sediment üstü su TFF değerleri, sediment gözenek suyu TFF değerleri ile paralel olarak mevsimsel farklılıklar göstermiş ve literatür değerlerden yaklaşık 1,5-2 kat fazla olduğu bulunmuştur. Bu durum ise sedimentten fosfor salınımının oldukça düşük kalmasında etkili gözükmemektedir. Cip Baraj Gölü suyunda 50,08-83,24 µg P L⁻¹ arasında tespit edilen toplam fosfor değerleri, literatürde yer alan indekslere göre gölün trofik durumunun mesoötrofik ve ötrofik sınıfına girdiğini göstermiştir. Gölün besin seviyesinin korunabilmesi için öncelikle dış kaynaklı fosfor yükünün kontrol altına alınarak azaltılması gerekliliği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cip Baraj Gölü, fosfor, gözenek suyu, sediment.

Abstract

The Seasonal Variations of Phosphorus in Sediment Pore Water of Cip Dam (Elazığ)

Samples were taken from Cip Dam in winter, spring, summer and autumn seasons of the year 2011 for determining the seasonal changes in littoral sediment's phosphorus level. Sediment and episediment water samples were taken from determined station, and then some physical and chemical analysis were performed firstly on the phosphorus and its fractions. In this study, TFF concentrations of sediment pore water varied between 32-82 µg L⁻¹ and TFO between 20,60-32,35 µg L⁻¹; these values showed that the lake has eutrophic characteristics. The ratio of TFO concentration to the episediment water (approximately 1.5-2 times) could not be seen in high enough to stimulate phosphorus oscillations. In Cip Dam TFE/TFO values of sediment pore water varied between 0.13-0.19, and these results were put in no inhibition of phosphorus oscillation has been occurred. TFF values of episediment of Cip Dam Lake were showed parallel seasonal differences with TFF values of sediment, and were found to be 1.5 - 2 times higher than the values in literature. This would seem that this status has got a low effect on sediment phosphorus oscillation. In Cip Dam phosphorus values of lake water were determined to be 50,08-83,24 µg P L⁻¹ and according to related literature (indices) the trophic status of the lake could be evaluated as mesotrophic and eutrophic. To protect the lake nutrient level first of all allocthonous phosphorus entrances had to be reduced and taken under control.

Keywords: Cip Dam, phosphorus, pore water, sediment.

© Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon

Giriş

Limnolojik çalışmaların ana unsurlarından biri olan sedimentler, göl tipi ve göl çevresi hakkında geniş bilgi vermekte ve göllerin besin düzeylerini iç kaynaklı fosfor yükü oluşturarak doğrudan etkileyebilmektedir (Topçu, 2006). Sucul sistemlerde özellikle köklü akvatik makrofitler azot ve fosforun temel kaynağıdır ve ölümleri sonucunda bünyelerindeki besin elementlerini sedimente bırakarak buradaki fosfor depolanmasını arttırabilmektedir (Carignan, 1985; James vd., 2004).

Birçok göl için iç kaynaklı fosfor yüklemesinin nispeten önemsiz olduğu varsayılmasına karşın, bazı durumlarda dış yüklemeyi dahi geçebilmektedir (Arthington vd., 1989). Göl ve göletlerin ötrofikasyonunda, sedimentlerin fosfor rezervi niteliği önemli bir unsurdur. Göl sedimentlerinin gözenek sularındaki fosfor düzeyine ilişkin bilgilerin, sedimentin toplam fosfor içeriğine yönelik bilgilerden daha önemli olduğu bildirilmiştir (Uslu ve Türkman, 1987). Sediment gözenek suyundaki fosfor düzeyi fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylardan etkilenmekte, mevsimlere, sedimentin derinliğine ve makrofit yoğunluğuna bağlı olarak konsantrasyonu değişebilmektedir (Carignan, 1984-1985). Ancak sedimentin fosfor alıkoyma kapasitesi veya sedimentten fosfor salınımının sürekliliği fosforun su kolonuna geçişinde etkili olan birtakım fiziksel ve kimyasal parametrelerin varlığına ihtiyaç duymaktadır.

Bu çalışma ile Cip Baraj Gölünde su, sediment ve sediment gözenek suyundaki fosfor miktarının mevsimsel değişimi inceleyerek, gölün trofik düzeyinin ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Materyal ve Metot

Çalışma Alanı: Cip Barajı, Elazığ ilinde, Cip Çayı üzerinde, 1965 yılında sulama amacı ile inşa edilmiş bir barajdır. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 446.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 23,00 metredir. Normal su kotunda göl hacmi 7,00 hm³, normal su kotunda göl alanı 1,10 km²dir. 1.100 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir (URL, 1). Cip Baraj Gölünün litoral bölge tabanının taşlarla kaplı olması nedeniyle, gölün batı kıyısında taban yapısı sediment örneklerinin alınmasına uygun ortalama derinliği 70 cm olan istasyon seçilmiştir. Sediment üstü su ile litoral sediment örneklerinin alındığı istasyonun konumu (38° 40'39.83"K, 39° 4'6.76"D) Şekil 1'de gösterilmiştir.

Su ve Sediment Örneklerinin Alınması: Gölde belirlenen istasyondan 2011 yılı Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında mevsimleri temsil edecek şekilde yüzeyden elle daldırma yöntemiyle su örneği alınmış, sediment üstü su örneği sedimentin yaklaşık 10 cm üzerinden Nansen şişesi ile alınmıştır. Yüzeyde ve sediment üstü suda sıcaklık, çözünmüş oksijen ve pH değerleri YSI Professional Plus arazi tipi taşınabilir cihaz ile yerinde ölçülmüştür. Alınan su örnekleri taşıma çantaları ile laboratuvara taşınmıştır. Gölde sediment örnekleri belirtilen noktadan sediment corer sediment örneği alma cihazı ile alınmış ve laboratuvar ortamına taşınmıştır.

Su Örneklerinin Analizleri; Laboratuvara getirilen yüzey ve sediment üstü su örnekleri 0.45µm Whatman GF/C membran filtreden süzülerek, sediment gözenek suyu ise sediment partiküllerinden vakumlu süzme ci-

hazından ayrılması, tüplerin üst kısmında biriken berrak kısmın bir pipet yardımıyla alınarak 0.45 µm membran filtreden süzülmesi ile aşağıda belirtilen analizlere hazır hale getirilmiştir.

Su örneklerinde; toplam fosfor (TF, µg L⁻¹) (İlk kademede (sindirme işlemi) persülfatla parçalama tekniği kullanılarak parçalamayı takiben serbest hale geçen ortofosfat, askorbik asit metodu ile Anonim (1995)'e göre, toplam ortofosfat (TO, µg L⁻¹), toplam filtre edilebilir fosfor (TFF, µg L⁻¹), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO, µg L⁻¹) (Askorbik asit metodu ile Anonim (1995)'e göre belirlenmiştir) ve demir (Fe (II), µg L⁻¹) (Fenantrolin metodu ile Anonim (1995)'e göre) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Sediment Örneklerinin Analizleri;

Alınan sediment örnekleri laboratuvara getirildikten sonra 20 gün süre ile havada kurutulduktan sonra dövülerek 0.5mm'lik elekten geçirilmiştir. Sediment örneklerinde

aşağıda belirtilen analizler gerçekleştirilmiştir.

Toplam Fosfor (TF, µg/gKA); havada kurutulan sediment örneklerinin ince öğütüldükten sonra 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş, 2 g tartılarak örnekler perklorik asit ve nitrik asit karışımı ile yakılmış, sediment örneğinde çözünemez halde bulunan fosfor çözünebilir hale dönüştürüldükten sonra çözünen ekstrakta, vanadamolibdat kompleksinin oluşumuna dayanan kolorimetrik metot ile belirlenmiştir (Kaçar, 1995).

Su içeriği (%); sediment örneğinin 110 °C'de 16 saat kurutulmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları arasındaki farktan Shrestha ve Lin (1996)'e göre saptanmıştır.

Organik Madde (%); havada kurutulan sediment örneklerinin ince öğütüldükten sonra 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş 550 °C' de 2 saat yakılmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları kaybını dikkate alarak Kaçar (1995)'e göre belirlenmiştir.



Şekil 1. Cip Baraj Gölü sediment üstü su ile litoral sediment örneklerinin alındığı istasyonun konumu.

Toplam Demir (TFe, $\mu\text{g/gKA}$); havada kurutulmuş sediment örneklerinin ince öğütülükten sonra 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş, 0.5 g ağırlığında tartılarak örnekler hidroklorik, perklorik ve sülfürik asit karışımı ile yakılarak çözeltiye geçen demir miktarı Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile Kaçar (1995)'e tespit edilmiştir.

Bulgular

Cip Baraj Gölü yüzey suyunda pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, toplam fosfor, toplam ortofosfat, toplam filtre edilebilir fosfor, toplam filtre edilebilir ortofosfat ve toplam demir miktarları tespit edilmiştir.

Baraj Gölü yüzey suyunda yıl boyunca pH değeri farklılık göstermemekle beraber 8,25-8,80 arasında değişiklik göstermiştir. Sıcaklık göl suyunda en düşük kış mevsiminde 6 °C en yüksek yaz mevsiminde 25,0 °C ölçülmüştür. Cip Baraj Gölü suyunda yıl boyunca çözülmüş oksijen değeri farklılık göstermemekle beraber en düşük yaz mevsiminde 8,8 mg/L en yüksek ilkbahar mevsiminde 9,7 mg/l ölçülmüştür (Tablo 1).

Baraj Gölü suyunda TF ($\mu\text{g/L}$) değeri yıl boyunca birbirine yakın değerler göstermiş,

yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. En yüksek TF ($\mu\text{g/L}$) değeri 83,24 ile temmuz mevsiminde en düşük TF ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 50,08 olarak kış mevsiminde belirlenmiştir. En yüksek TO ($\mu\text{g/L}$) değeri 35,46 ile yaz mevsiminde en düşük TO ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 18,25 olarak kış mevsiminde belirlenmiştir. En yüksek TFF ($\mu\text{g/L}$) değeri 21,52 ile yaz mevsiminde en düşük TFF ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 11,68 olarak kış mevsiminde belirlenmiştir. En yüksek TFO ($\mu\text{g/L}$) değeri 12,60 ile yaz mevsiminde en düşük TFO ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 8,46 olarak kış mevsiminde belirlenmiştir. En yüksek Tfe ($\mu\text{g/L}$) değeri 4,29 ile yaz mevsiminde en düşük Tfe ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 3,78 olarak sonbahar mevsiminde belirlenmiştir (Tablo 1).

Cip Baraj Gölü'nde Sediment Üstü Suya İlişkin Bulgular;

Cip Baraj Gölü sediment üstü suda pH, toplam fosfor, toplam ortofosfat, toplam filtre edilebilir fosfor, toplam filtre edilebilir ortofosfat ve toplam demir miktarları tespit edilmiştir.

Cip Baraj Gölü sediment üstü suda pH değeri yıl boyunca önemli değişiklikler göstermemiş, en yüksek pH değeri 8,84 ile ilkbahar mevsiminde en düşük pH değeri ise

Tablo 1. Cip Baraj Gölü'nde suyun pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, toplam fosfor, toplam ortofosfat, toplam filtre edilebilir fosfor, toplam filtre edilebilir ortofosfat ve toplam demir miktarlarının değişimleri

	pH	Sıcaklık °C	Çöz. Ok. mg L ⁻¹	TF μg L ⁻¹	TO μg L ⁻¹	TFF μg L ⁻¹	TFO μg L ⁻¹	Tfe μg L ⁻¹
Ocak	8,65	6	9,2	50,08	18,25	11,68	8,46	3,82
Nisan	8,80	12,5	9,7	64,32	23,91	13,39	9,57	4,16
Temmuz	8,75	25,0	8,8	83,24	35,46	21,52	12,60	4,29
Ekim	8,25	15,8	9,5	76,28	27,84	18,65	10,28	3,78

8,45 olarak sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. TFF ($\mu\text{g/L}$) değeri yıl boyunca kış ve ilkbahar mevsiminde birbirine yakın değerler göstermiş, yaz ve sonbahar mevsiminde diğer mevsimlerin yaklaşık iki katı olarak tespit edilmiştir. En yüksek TFF ($\mu\text{g/L}$) değeri 45,96 ile yaz mevsiminde en düşük TFF ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 39,86 olarak kış mevsiminde belirlenmiştir (Tablo 2).

Cip Baraj Gölü sediment üstü suda TFO ($\mu\text{g/L}$) değeri yıl boyunca birbirine yakın değerler göstermiş, yaz mevsiminde diğer aylara göre yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. En yüksek TFO ($\mu\text{g/L}$) değeri 23,46 ile yaz mevsiminde en düşük TFO ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 12,84 olarak ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir. Tfe ($\mu\text{g/L}$) değeri yıl boyunca birbirine yakın değerler göstermiş, en yüksek Tfe ($\mu\text{g/L}$) değeri 4,25 ile yaz mevsiminde en düşük Tfe ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 3,60 olarak kış mevsiminde belirlenmiştir. TF ($\mu\text{g/L}$) değeri yıl boyunca birbirine yakın değerler göstermiş, yaz mevsiminde diğer aylara göre yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. En yüksek TF ($\mu\text{g/L}$) değeri 196,78 ile yaz mevsiminde en düşük TF ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 85,46 olarak kış mevsiminde belirlenmiştir.

Sediment üstü suda TO ($\mu\text{g/L}$) değeri yaz

mevsiminde diğer aylara göre yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. En yüksek TO ($\mu\text{g/L}$) değeri 48,75 ile yaz mevsiminde en düşük TO ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 21,45 olarak ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir (Tablo 2).

Cip Baraj Gölü'nde Sediment Gözenek Suyuna İlişkin Bulgular;

Cip Baraj Gölü sediment gözenek suyunda pH, toplam fosfor, toplam demir, su içeriği ve organik madde miktarları tespit edilmiştir.

Cip Baraj Gölü sediment gözenek suyunda pH değeri yıl boyunca önemli değişiklikler göstermemiştir. En yüksek pH değeri 8,90 ile yaz mevsiminde en düşük pH değeri ise 8,71 olarak kış mevsiminde ölçülmüştür. Sediment gözenek suyunda TFF ($\mu\text{g/L}$) değeri yıl boyunca kış ve ilkbahar mevsiminde birbirine yakın değerler göstermiş, yaz ve sonbahar mevsiminde kış ve ilkbahar mevsimlerinin yaklaşık iki katı olarak tespit edilmiştir (Tablo 3).

En yüksek TFF ($\mu\text{g/L}$) değeri 82,15 ile yaz mevsiminde en düşük TFF ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 36,54 olarak kış mevsiminde belirlenmiştir. Sediment gözenek suyunda TFO ($\mu\text{g/L}$) değeri yıl boyunca birbirine yakın değerler göstermiş, yaz mevsiminde diğer aylara göre yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir.

Tablo 2. Cip Baraj Gölü'nde sediment üstü suyun pH, toplam fosfor, toplam ortofosfat, toplam filtre edilebilir fosfor, toplam filtre edilebilir ortofosfat ve toplam demir miktarlarının değişimleri

	pH	TF $\mu\text{g L}^{-1}$	TO $\mu\text{g L}^{-1}$	TFF $\mu\text{g L}^{-1}$	TFO $\mu\text{g L}^{-1}$	Tfe $\mu\text{g L}^{-1}$
Ocak	8,69	85,46	28,34	19,28	15,65	3,75
Nisan	8,84	112,32	21,45	22,65	12,84	3,98
Temmuz	8,82	196,78	48,75	45,96	23,46	4,3
Ekim	8,45	185,54	32,22	39,86	18,28	3,75

En yüksek TFO ($\mu\text{g/L}$) değeri 32,35 ile yaz mevsiminde en düşük TFO ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 20,60 olarak ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir. Sediment gözenek suyunda TFe ($\mu\text{g/L}$) değeri yıl boyunca birbirine yakın değerler göstermiş, en yüksek TFe ($\mu\text{g/L}$) değeri 4,25 ile yaz mevsiminde en düşük TFe ($\mu\text{g/L}$) değeri ise 3,68 olarak kış ve sonbahar mevsimlerinde belirlenmiştir (Tablo 3).

Cip Baraj Gölü'nde Sedimente İlişkin Bulgular;

Cip Baraj Gölü sedimentte Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim 2011 aylarında pH, su içeriği, organik madde, toplam fosfor, toplam demir miktarları tespit edilmiş ve (Tablo 4) de verilmiştir.

Cip Baraj Gölü'nde sedimentte pH değerinin yıl boyunca fazla değişmediği, sediment üstü ve göl suyu ile sediment gözenek suyu pH değerlerinden düşük ancak yakın olduğu

saptanmıştır. Cip Baraj Gölü'nde sedimentte su içeriği değerinin yıl boyunca fazla değişmediği belirlenmiş en yüksek değer sonbahar mevsiminde % 97,25 en düşük değer yaz mevsiminde % 95,84 olduğu belirlenmiştir. Cip Baraj Gölü'nde sedimentte organik madde değerinin yıl boyunca fazla değişmediği belirlenmiş en fazla değer sonbahar mevsiminde % 15,48 en düşük değer yaz mevsiminde % 14,65 olduğu belirlenmiştir.

Sedimentte TF ($\mu\text{g/g KA}$) miktarı yıl boyunca fazla değişmediği belirlenmiş en fazla değer yaz mevsiminde 385,74 $\mu\text{g/g KA}$ en düşük değer kış mevsiminde 198,64 $\mu\text{g/g KA}$ olduğu belirlenmiştir. Sedimentte TFe ($\mu\text{g/g KA}$) miktarı yıl boyunca fazla değişmediği belirlenmiş en fazla değer ilkbahar mevsiminde 82,79 $\mu\text{g/g KA}$ en düşük değer kış mevsiminde 65,45 $\mu\text{g/g KA}$ olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 3. Cip Baraj Gölü'nde sediment gözenek suyunun pH, toplam fosfor, toplam organik madde ve toplam demir değişimleri

	pH	TFF $\mu\text{g L}^{-1}$	TFO $\mu\text{g L}^{-1}$	Tfe $\mu\text{g L}^{-1}$
Ocak	8,71	36,54	22,52	3,68
Nisan	8,86	38,49	20,60	4,05
Temmuz	8,90	82,15	32,35	4,25
Ekim	8,82	70,20	27,56	3,68

Tablo 4. Cip Baraj Gölü sedimentinde pH, su içeriği, organik madde, toplam fosfor, toplam demir miktarlarının değişimleri

	pH	Su İçeriği %	Org. Madde %	TF $\mu\text{g L}^{-1}$	Tfe $\mu\text{g L}^{-1}$
Ocak	8,35	96,65	15,26	198,64	65,45
Nisan	8,55	96,68	14,87	302,56	82,79
Temmuz	8,72	95,84	14,65	385,74	78,68
Ekim	8,26	97,25	15,48	326,92	72,05

Tartışma

Cip Baraj Gölü'nde Sediment Gözenek Suyuna İlişkin Değerlendirmeler;

Sediment gözenek suyu toplam filtre edilebilir fosfor değerleri göllerin besin düzeyleri hakkında bilgi vermektedir. Enell ve Löfgren (1988), sediment gözenek suyu fosfor konsantrasyonunun ötrofik sistemlere (0.1-10 mg L⁻¹) oranla oligotrofik ortamlarda (0.01-0.5 mg L⁻¹) önemli ölçüde düşük bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada da sediment gözenek suyunda 0,082-0032 mg/m³ arasında değişen TFF konsantrasyonları gölün oligotrofik besin düzeyi ile paralellik göstermiştir.

Sediment gözenek suyu toplam fitre edilebilir ortofosfat değerlerinin de göllerin besin durumlarını belirlemede iyi bir indikatör olduğu bilinen bir olgudur. Quigley ve Robbins (1986), sediment gözenek suyu TFO değerlerinin ötrofik göller için 0.06-10.5 µg L⁻¹, mezotrofik göller için ise 0.2 µg L⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Marsden (1989), sediment gözenek suyu TFO değerini oligotrofik göllerde 0.02 g/m³, ötrofik göllerde ise 12.7 g/m³ olarak, Istvanovics vd. (1989), ise ötrofik karakterdeki Balaton Gölü'nde yürüttükleri bir çalışmada sediment gözenek suyu TFO konsantrasyonlarının 0.03-0.2 mg L⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Cip Baraj Gölü'nde araştırma periyodunca sediment gözenek suyu TFO konsantrasyonları 20,60-32,35 µg L⁻¹ arasında değişmiş olup, bulgularımız Quigley ve Robbins (1986) ile Istvanovics vd. (1989)'un bildirmiş oldukları ötrofik göllere ilişkin değerlerle uyumludur.

Sediment gözenek suyu TFO değerlerinin sediment üstü su değerlerinden yaklaşık 15- 20 kat fazla olduğu sucul ortamlarda, sedimentten göl suyuna olan fosfor salınımindan söz edilebilmektedir. (Enell ve Löfgren, 1988).

Bu çalışmadaki TFO konsantrasyonunun sediment üstü sudaki fosfor derişimlerine oranı (yaklaşık 1.5-2) sedimentten fosfor salınımlarını teşvik edecek ölçüde yüksek gözükmemektedir. Sucul sistemlerdeki makrofitlerin varlığı sedimente oksijen sağlamak ve sediment gözenek suyundaki TFO konsantrasyonunu düşürerek sedimentten göl suyuna olan fosfor salınımlarının da düşük kalmasında etkili olmaktadır (Schneider ve Melzer, 2004).

Enell ve Löfgren (1988), sığ ve ötrofik göllerde sediment gözenek suyu fosfor konsantrasyonunun özellikle yaz ve sonbahar aylarında, Carignan (1984), Ramm ve Scheps (1997) ise bahar ve yaz aylarında artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Shaw ve Prepas (1989) tarafından yürütülen bir başka çalışmada sediment gözenek suyu TFO değerlerinin yaz mevsimi boyunca artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Sediment gözenek suyundaki demirin fosfora oranı, oksijenli sularda demirin fosfora bağlanmasının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Shaw ve Prepas (1990), sediment gözenek suyundaki TFe/TFO oranının 1.8'den, Christensen vd. (2000), bu oranın 1'den büyük olması halinde sedimentten göle olan fosfor salınımlarının engellendiğini tespit etmişlerdir. Lehtoranta ve Heiskanen (2003), oksijenli sucul sistemlerde ancak TFe/TFO 3.6'dan büyük ise, sedimentten fosfor salınımlarının engellendiğini belirtmişlerdir. Wetzel (1983) tarafından bildirildiğine göre, TFe/TFO oranı = 0.14-1.4 olan gölde aerobik yüzey katmanından fosfor salınımları rahatlıkla belirlenirken, TFe/TFO oranı=46-198 olduğunda aerobik koşullarda fosfor salınımları oldukça düşük bulunmuştur. Cip Baraj Gölü'nde sediment gözenek suyuna ait TFe/TFO değerleri 0,13-0,19 arasında değişmiştir. Shaw ve Prepas (1990), Christensen vd. (2000), ile Lehtoranta

ve Heiskanen (2003)'ün sediment gözenek suyundaki demirin fosfora oranlarına ilişkin bildirişleri dikkate alındığında, araştırmamızda sedimentten fosfor salınımının engellenmediği ortaya konmuştur.

Sediment gözenek suyu pH değerleri sediment üstü su pH değerleri ile yakından ilişkili olduğundan, sediment gözenek suyundaki pH değerlerinin belirlenmesi de önem taşımaktadır (Drake ve Heaney 1987). Bu araştırmada sediment gözenek suyu pH değişim aralığı 8,71-8,90 arasında bulunmuştur. İstasyonlarda sediment gözenek suyu pH değerleri en yüksek yaz aylarında tespit edilmişse de, bu değerler sediment üstü su pH değerleri ile doğrudan ilişkili görülmüştür. Cip Baraj Gölü'nde sediment gözenek suyu pH değerlerinin yaz aylarında kış aylarına göre daha yüksek saptanması, Sondergaard (1989)'un Danimarka'daki Sobygaard Gölü'nde yaz ayları boyunca sediment gözenek suyuna ilişkin pH değerlerinde artış belirlediği çalışmasıyla benzerlik göstermektedir. Akvatik sistemlerde sediment gözenek suyunun pH'sı, sedimentteki demire bağlı fosfor salınımında önemli bir unsurdur (Sondergaard, 1989; Eckert vd., 1997; Nguyen vd., 1997; Mayer ve Jarrell, 2000; Kisand, 2005).

Cip Baraj Gölü'nde Sediment Üstü Suyu İlişkin Değerlendirmeler;

Sediment üstü su fosfor konsantrasyonu, göllerin besin düzeylerine göre sınıflandırılmasında esas oluşturmaktadır (Outridge vd., 1989; Fraser ve Trew, 1990; Shaw ve Prepas, 1990; Sondergaard vd., 1999).

Cip Baraj Gölü sediment üstü su TF değerleri (85,46-196,78 µg P/l), Wetzel (1983), Auer vd., (1986) ile Vollenweider (1989)'un hiperötrofik göller için 100 µg P/l'den büyük olarak bildirdikleri miktardadır.

Outridge vd., (1989), asidik ve oligotrofik karakterdeki Freshwater Gölü'nde yıllık ortalama fosfor konsantrasyonunun $12.1 \pm 3.3 \mu\text{g L}^{-1}$ olduğunu, bu değer ekim ayında maksimuma ulaştığını saptamışken, Sondergaard vd. (1999), sığ ve ötrofik göllerde toplam fosfor değerinin 0.1 mg L^{-1} 'nin üzerinde olduğunu ve yazın ölçülen göl suyu toplam fosfor değerlerinin, kışın ölçülen değerlerden 2-4 kat daha fazla bulunduğunu belirtmiştir. Cip Baraj Gölü'nde sediment üstü suya ilişkin toplam fosfor derişimleri en yüksek değerlerini yaz aylarında ve geç sonbahar aylarında almıştır. Bulgular Riley ve Prepas (1984), ile Ramm ve Scheps (1997), adlı araştırmacıların, sediment üstü sudaki TF derişimlerini yaz aylarında yüksek saptadıklarına ilişkin bildirişleriyle uyumludur.

Schelske (1989), oldukça sığ olan Okeechobee Gölü'nde yürüttüğü çalışmada, ortofosfat konsantrasyonunun yaz mevsiminin son aylarında minimum düzeyde olduğunu bildirmiştir. Cip Baraj Gölü'nde yürütülen araştırmada ise sediment üstü göl suyu toplam ortofosfat konsantrasyonları en yüksek değerine yaz aylarında ulaşmıştır. Sudaki TO konsantrasyonlarının genellikle bahar aylarında düşmesi sistemdeki inorganik fosforun algler tarafından kullanımı ile açıklanabilir.

Enell ve Löfgren (1988), sediment gözenek suyu toplam filtre edilebilir fosfor konsantrasyonunun sediment üstü su değerlerinden 5-20 kat daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Cip Baraj Gölü sediment üstü su TFF değerleri, sediment gözenek suyu TFF değerleri ile paralel mevsimsel farklılıklar göstermiş, sözü edilen değerlerden yaklaşık 1,5-2 kat olduğu bulunmuştur. Bu durum ise sedimentten fosfor salınımının oldukça düşük kalmasında etkili gözükmektedir.

Sucul ortamlarda sediment üstü su sıcaklığındaki yükselmeler, sedimentte mikrobiyal aktivitedeki artışla ve suda çözülmüş oksijen seviyesindeki azalmayla sonuçlanmaktadır. Su sıcaklığının artışı sedimentten göle fosfor salınımını da teşvik etmektedir (Boström vd., 1988, Lau ve Chu 1999). Cip Baraj Gölü'nde yürütülen bu çalışmada, yaz mevsiminde çözülmüş oksijen konsantrasyonu 8.80 mg L⁻¹ olup, sediment üstü suyun aerobik olması sedimentte biriken organik madde ayrışmasını arttırdığından, sedimentin organik madde düzeyi düşük tespit edilmiştir. Söz konusu faktörlerin etkisiyle sedimentten yaz aylarında sınırlı düzeyde fosfor salınımı gerçekleşmiştir.

Cip Baraj Gölü Suyuna İlişkin Değerlendirmeler;

Sediment üstü su fosfor konsantrasyonu gibi göllerin homojen olarak temsil edildiği göl sularındaki fosfor konsantrasyonu göllerin besin düzeylerine göre sınıflandırılmasında esas oluşturmaktadır.

Wetzel (1975), ultra-oligotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini <1-5 µg P L⁻¹, oligo-mesotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini 5-10 µg P L⁻¹ ve meso-ötrofik göllerin toplam fosfor içeriğini ise 10-30 µg P L⁻¹ olarak; Whittaker (1975), oligotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini <1-5 µg P L⁻¹, mesotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini 5-10 µg P L⁻¹ ve ötrofik göllerin toplam fosfor içeriğini ise 10-30 µg P L⁻¹ olarak; Taylor vd. (1980), oligotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini <10 µg P L⁻¹ ve mesotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini 10-30 µg P L⁻¹ olarak; Hakanson ve Jansson (1983), oligotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini <10 µg P L⁻¹ ve mesotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini ise 8-25 µg P L⁻¹ olarak; Nürnberg (1996) oligotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini <10 µg P L⁻¹ ve mesotrofik göllerin toplam fosfor içeriğini ise 10-30 µg P L⁻¹ olarak;

OECD (1982) ise oligotrofik göllerin toplam fosfor içeriğinin 3,0-17,7 µg P L⁻¹ (ortalama 8,0 µg P L⁻¹) ve mesotrofik göllerin toplam fosfor içeriğinin 10,9-95,6 µg P L⁻¹ (ortalama 26,7 µg P L⁻¹) arasında değiştiğini kaydetmiştir. Literatürde yer alan indekslere göre, 50,08-83,24 µg P L⁻¹ toplam fosfor içeriğine sahip Cip Baraj Gölü, trofik durumu bakımından mesoötrofik ve ötrofik sınıfına girmektedir.

Cip Baraj Gölü Sedimente İlişkin Değerlendirmeler;

Boyd vd. (1994) kolloidal formdaki organik maddenin sedimentteki besin elementlerin su kolonuna geçişinde rol oynadığını, Istvanovics (1994), sedimentin organik madde düzeyi % 20'den düşük olan sucul sistemlerde organik madde yapısındaki hümik asit miktarının oransal olarak fazla olmasının sedimentte fosfor tutulumunda etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Cip Baraj Gölü sedimentinde yüzde (%) organik madde miktarı araştırma periyodunca % 14,65-15,48 arasında değişmiş olup, sedimentin düşük organik madde düzeyine ilişkin bulgularımız Boyd vd. (1994) ve Istvanovics (1994)'ün bildirişleri doğrultusunda sedimentte azda olsa fosfor tutulumunun olduğunu desteklemektedir.

Limnolojik çalışmaların ana unsurlarından biri olan sedimentin fosfor düzeyi göllerin besin durumlarını belirlemede geniş çapta kullanılmaktadır (Marsden 1989). Cip Baraj Gölü sedimentindeki toplam fosfor konsantrasyonu araştırma periyodunca 198,64 - 385,74 µg/g KA arasında değişmiştir. Cip Baraj Gölü sedimentine ilişkin toplam fosfor konsantrasyon değerleri, Carignan (1985)'in 325-771 µg/g KA, Topçu (2006) 286,00- 1001,50 µg/g-KA Ruban ve Demars (1998)'in 1,86 mg/g KA olarak belirttikleri ötrofik göllerin sediment toplam fosfor değerleri ile uyumludur.

Sonuç olarak Cip Baraj Gölü'nün de sediment gözenek suyunda TFF-TFO konsantrasyonları gölün ötrofik besin düzeyine yakın değerlerde seyrettiğini göstermiştir. Çalışmada göl suyundaki TFO konsantrasyonunun sediment üstü sudaki fosfor derişimlerine oranının (yaklaşık 1,5-2 kat) sedimentten fosfor salınımını teşvik edecek ölçüde yüksek olmaması ve sediment gözenek suyuna ait TFE/TFO değerlerinin sedimentten fosfor salınımını engellenmediği ortaya konulmuştur. Cip Baraj Gölü sediment üstü su TFF değerleri, sediment gözenek suyu TFF değerleri ile paralel olarak mevsimsel farklılıklar göstermiş ve literatür değerlerden yaklaşık 1,5-2 kat fazla olduğu bulunmuştur. Bu durum ise sedimentten fosfor salınımının oldukça düşük kalmasında etkili gözükmektedir. Çalışma da incelenen parametrelerde (Göl suyu, sediment üstü su, sediment gözenek suyu ve sediment) incelenen toplam fosfor ve fraksiyonlarını açısından literatürde yer alan indekslerle karşılaştırıldığında gölün trofik durumunun mesoötrofik ve ötrofik sınıfına girdiğini göstermiştir. Bu nedenden dolayı Cip Baraj Gölü'nün bir üst trofik seviyeye geçişini engellemek ve gölün besin seviyesinin korunabilmesi için öncelikle dış kaynaklı fosfor yükünün kontrol altına alınarak azaltılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, 1995. Standart methods for the examination of water and wastewater. 19th edition. John D., Ducas Co., USA.
- Arthington, A. H., Miller, G. J. ve Outrige, P. M. 1989. Water quality, phosphorus budgets and management of Dune Lakes recreation in Queensland (Australia) Water Sci. Tech 21(2):111-118.
- Auer, M. T., Kresler, M. S. ve Canale, R. P. 1986. Identification of critical nutrient levels through field verification of models for phosphorus and phytoplankton growth. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43:379-388
- Boström, B., Andersen, J. M., Fleischer, S. ve Jansson, M. 1988. Exchange of phosphorus across the sediment-water interface. Hydrobiologia, 170: 229-244.
- Boyd, C. E., Taner, M. E., Madkour, M. ve Masuda, K. 1994. Chemical characteristics of bottom soils from freshwater and brackishwater aquaculture ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 25(4): 517-534.
- 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., 42: 1303-1311.
- Christensen T. H., Bjerg P. L., Banwart S., Jakobsen R., Heron G. ve Albrechtsen H. J. 2000. Characterization of Redox conditions in groundwater contaminant plumes. J. Contamin Hydrol. 45: 165-241.
- Drake, J. C. ve Heaney, S. I. 1987. Occurrence of phosphorus and its potential remobilization in the littoral sediments of a productive English lake. Freshwater Biology, 17: 513-523.
- Eckert, W., Nishri, A. ve Parparova, R. 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. ve Löfgren, S. 1988. Phosphorus in interstitial water: methods and dynamics. Hydrobiologia, 170: 103-132.
- Fraser, P. C. ve Trew, D. O. 1990. A compendium of limnological data for 23 lakes in the Beaver river watershed - environmental quality monitoring branch. Environmental Protection Services, Edmonton, Alberta.
- Hakanson, L. ve Jansson, M. 1983. Principles of Lake Sedimentology. Springer, Berlin, pp.316.
- Istvanovics, V., Herodek, S. ve Szilagy, F. 1989. Phosphate Adsorption by Different Sediment Fractions In Lake Balaton And Its Protecting Reservoirs. Wat. Res., 23 (11): 1357-1366.
- Istvanovics, V. 1994. Fractional composition, adsorption and release of sediment phosphorus in the Kiss-Balaton Reservoir. Wat. Res., Vol.28. No:3, pp 717-726.

- James, W. F., Best, E. P. ve Barko, J. W. 2004. Sediment resuspension and light attenuation in Peoria Lake: can macrophytes improve water quality in this shallow system? *Hydrobiologia*, 515: 193-201.
- Kaçar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 3: Toprak Analizleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3.
- Kisand, A. 2005. Distribution of sediment phosphorus fractions in hypertrophic strongly stratified Lake Verevi. *Hydrobiologia*. 547: 33-39.
- Lau, S. S. S. ve Chu, L. M. 1999. Contaminant release from sediments in a coastal wetland. *Wat. Res.*, 33(4): 909-918.
- Lehtoranta, J. ve Heiskanen, A. S. 2003. Dissolved iron-phosphate ratio as an indicator of phosphate release to oxic water of the inner and outer coastal Baltic Sea. *Hydrobiologia*, 492: 69-84.
- Marsden, Martin, W. 1989. Lake restoration by reducing external phosphorus loading: the influence of sediment phosphorus release. *Freshwater Biology*, 21:139-162.
- Mayer, T. D. ve Jarrell, W. M. 2000. Phosphorus sorption during iron (II) oxidation in the presence of dissolved silica. *Wat. Res.*, 34: 16, 3949-3956.
- Nguyen, L. M., Cooke, J. G. ve McBride, G. B. 1997. Phosphorus Retention and Characteristics of Sewage-Impacted Wetland Sediments. *Water, Air and Soil Pollution*, 100: 163-179.
- Nürnberg, G. K. 1996. Trophic state of clear and colored, soft and hardwater lakes with special consideration of nutrients, anoxia, phytoplankton and fish, *J. Lake and Reservoir Management* 12: 432-447.
- OECD, 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OECD Cooperative programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate, OECD, Paris.
- Outridge, P. M., Mitler, G. J. ve Arttington, A. H. 1989. Limnology of naturally acidic, oligotrophic dune lakes in subtropical Australia, including chlorophyll phosphorus relationships. *Hydrobiologia*, 179: 39-51.
- Quigley, M. A. ve Robbins, J. A. 1986. Phosphorus release processes in nearshore Southern Lake Michigan. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1201-1207.
- Ramm, K. ve Scheps, V. 1997. Phosphorus balance of a polytrophic shallow lake with the consideration of phosphorus release. *Hydrobiologia*, 342/343: 43-53.
- Riley, E. T. ve Prepas, E. E. 1984. Role of internal phosphorus loading into shallow, productive lakes in Alberta, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 845-855.
- Ruban, V. ve Demare, D. 1998. Sediment Phosphorus and Internal Phosphate Flux in the Hydroelectric Reservoir of Bort-Is-Orgues, France. *Hydrobiologia*, 373/3374: 349-359.
- Schelske, C. L. 1989. Assessment of nutrient effects and nutrient limitation in lake Okeechobee. *Water Research Bulletin*, Vol. 25(6): 1119-1130.
- Schneider, S. ve Melzer, A. 2004. Sediment and water nutrient characteristics in patches of submerged macrophytes in running waters. *Hydrobiologia*, 527: 195-207.
- Shaw, J. F. H. ve Prepas, E. E. 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. ve Prepas, E. E. 1990. Relationships between phosphorus in shallow sediments and in the trophogenic zone of seven Alberta Lakes. *Wat. Res.*, 24: 5, 551-556.
- Shrestha, M. K. ve Lin, C. K. 1996. Determination of Phosphorus Saturation Level in Relation to Clay Content in Formulated Pond Muds. *Aquacultural Engineering*, 15 (6):441-459.
- Sondergaard, M., Jensen, J. P. ve Jeppesen, E. 1999. Internal phosphorus loading in shallow Danish Lakes. *Hydrobiologia*, 408/409. 145-152.
- Sondergaard, M. 1989. Phosphorus release from a hypertrophic lake sediment: Experiments with intact sediment cores in a continuous flow system. *Arch. Hydrobiologia*, 116 (1): 45-59.
- Taylor W. D., Lambou V. W., Williams L. R. ve Hern, S. C. 1980. Trophic state of lakes and reservoirs. USEPA Technical Report E-80-3.
- Topçu, A. 2006. Mogan Gölü Litoral Sedimentte Fosforun Mevsimsel ve Yersel Değişimi ile Göl Salınım Potansiyelinin Araştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- URL, 1. 2016. <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/de-tay.cfm?BarajID=19> (erişim tarihi 01. 11. 2016)

- Uslu, O. ve Türkman, A. 1987. Su kirliliği ve kontrolü. TC. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, İzmir.
- Vollenweider, R. A. 1989. Global problems of eutrophication and its control, Symp. Biol. Hung., 38: 19-41.
- Wetzel, R. G. 1975. Limnology, W. B. Saunders Company, London.
- Wetzel, R. G. 1983. Limnology. W.B. Saunders Co., Philadelphia.
- Whittaker, R. H. 1975. Communities and Ecosystems, Second edition, MacMillan Pub. Co., New York.