

Sakaryabaşı Batı Göleti'nin Besin Düzeyine Sedimentin Üstündeki ve Sediment Gözenek Suyundaki Fosforun Etkisi

Akasya AKÇORA¹

Serap PULATSÜ¹

Geliş Tarihi : 07.09.2000

Özet : Bu çalışmada Sakaryabaşı Balık Üretim ve Araştırma İstasyonuna su sağlayan Batı Göleti'nin gölet suyunda, sedimentin hemen üst bölümündeki suda ve sediment gözenek suyunda fosfor fraksiyonları (toplam filtre edilebilir fosfor ve toplam filtre edilebilir ortofosfat) ve pH değerleri ölçülmüştür. Bu parametrelerin mevsimlere bağlı olarak değişimi ve göletin besin düzeyi üzerine etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Sakaryabaşı balık üretim ve araştırma istasyonu, Batı göleti, fosfor fraksiyonları, pH

The Effect of Overlying and Porewater Phosphorus on the Trophic Level of Sakaryabaşı West Pond

Abstract : In this study, phosphorus fractions (total filterable phosphorus, total filterable orthophosphate) and pH values were measured in pond water, overlying water and pore water in West Pond which supplies water to the Sakaryabaşı Fish Culture and Research Station. In this research, the changes of parameters depending on seasonal variations and trophic state of the pond were investigated.

Key Words : Sakaryabaşı fish culture and research station, West pond, phosphorus fractions, pH

Giriş

Göllerde bulunan fosfor sürekli dolaşım halindedir. Bu dolaşım, fosforun sedimentten suya geçmesi ve sudaki fosforun yeni baştan sedimente dönmesi şeklinde birtakım fiziksel, kimyasal ve metabolik etkenler altında oluşur (Wetzel 1983).

Chambers ve ark. (1989) göl sedimentindeki azot ve fosfor kaynağının temelini köklü su bitkilerinin oluşturduğunu bildirmişlerdir. Nürnberg (1984) ise sedimentten göl suyuna salınan fosfor yüzünden göllerin yoğun bir şekilde makrofit ile kaplandığını tespit etmiştir. Fosfor, sedimentle hızla reaksiyona girerek azota göre ekosistemde daha hızlı bir şekilde ortamdaki kaybolur. Fosfor, gölden hidrolik akış oranı ve fosfor yüklü sestonun çökmesiyle uzaklaştırılır (Levine ve Schindler 1989).

Derin göllerde yüzey sularına ait toplam fosfor düzeylerinin mayıstan ağustosa kadar giderek azaldığı, yaz boyunca zaman zaman karışan sığ göllerde ise yüzey suyu toplam fosfor düzeyinin artış gösterdiği bildirilmiştir (Prepas ve Trew 1983, Riley ve Prepas 1984). Ali ve ark. (1988) ise yaptıkları bir araştırma ile göl suyunda fosfor konsantrasyonunun sonbahar ve kış mevsimleri boyunca azaldığını tespit etmişlerdir.

Auer ve ark. (1986), toplam filtre edilebilir ortofosfat derişimi, 1,2-8,0 mg/m³ olan gölleri mezotrofik, 8,0 mg/m³ ten büyük olanları ise ötrofik olarak sınıflandırmışlardır.

Gölette 1997 yılında yürütölen bir çalışmada, göletin besin düzeyi, toplam filtre edilebilir fosfor derişimi açısından ötrofik bulunmuştur (Aydın ve Pulatsü 1999).

Sediment ve sedimentin hemen üst yüzeyindeki su arasındaki fosfor derişimi doğal sularda fosfor döngüsünün en önemli bileşenidir. Sedimentteki fosfor miktarı ile sedimentin hemen üst yüzeyindeki suyun verimliliği arasında bir ilişki vardır ve sedimentin fosfor içeriği suyun fosfor içeriğinden daha fazla olabilir (Wetzel 1983).

Tatlı su ekosistemlerindeki organik yüzey sedimentleri genellikle % 95-99 oranında su kapsarlar. Bu suyun yalnız ufak bir bölümü kimyasal bileşikler içerisindedir. Sediment partikülleri arasındaki boşluğu dolduran ve sediment partiküllerini çevreleyen büyük bir bölümü ise sediment gözenek suyu olarak isimlendirilir (Enell ve Löfgren 1988). Oşinografik ve limnolojik çalışmalarda sediment gözenek suyu profilleri genellikle biyojeokimyasal işlemleri tanımlamak ve salınım konsantrasyonlarını hesaplamak için kullanılır (Urban 1997).

Sediment gözenek suyunun elde edileceği sediment kesitinin yüksekliği, göl hacmine bağlı olarak derişebilmektedir.

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

Lindmark ve Bengtsson adlı araştırmacılar alanı 4,3 km² olan bir göl için gözenek suyunun, sediment yüzeyinden itibaren 0-20 cm'lik kesitinden elde edilmesinin uygun olduğunu bildirmişlerdir (Enell ve Löfgren 1988). Shaw ve Prepas (1990) ise Alberta Gölleri'nde yaptıkları buna benzer bir çalışmada sediment ve göl suyu arasındaki fosfor değişiminin sedimentin yüzeyinden itibaren ilk 10 cm'sinde meydana geldiğini ve bu kısımdan elde edilen sediment gözenek suyunu kullandıklarını bildirmişlerdir. Ancak farklı besin düzeylerine sahip sucul sistemler için sediment gözenek suyu eldesinde, sediment yüzeyinden itibaren yaklaşık 0-5 cm'lik bölümünün kullanıldığını belirtmişlerdir (Enell ve Löfgren 1988).

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 konsantrasyonu mevsimlere, sedimentin derinliğine ve makrofit yoğunluğuna bağlı olarak değişebilmektedir (Carignan 1984 ve 1985).

Sediment gözenek suyunun fosfor konsantrasyonu oligotrofik göllerde 0,02 g/m³ iken, ötrofik göllerde 12,7 g/m³ şeklinde tespit edilmiştir. Bazı araştırmacılar, Hollanda'daki göllerde sediment gözenek suyunun toplam çözünmüş fosfor konsantrasyonunu 0,26-42 g/m³ şeklinde bulmuşlardır (Marsden 1989). Enell ve Löfgren (1988) ise sediment gözenek suyunun fosfor konsantrasyonunu oligotrofik ortamlar için 0,01-0,5 mg/L, ötrofik sistemler için 0,1-10 mg/L olarak saptamışlardır.

Istvanovics (1994), Kis-Balaton rezervuarında filtre edilmiş su örneklerinde toplam filtre edilebilir ortofosfat ve toplam filtre edilebilir fosfor konsantrasyonlarını belirlemiş ve sediment gözenek suyunun toplam filtre edilebilir ortofosfat ve toplam filtre edilebilir fosfor değerlerinin rezervuar suyuna göre daha fazla olduğunu saptamıştır.

Bottomley ve Bayly (1984) yaptıkları bir çalışmada, sediment gözenek suyunun toplam çözünmüş ortofosfat konsantrasyonunun sedimentin hemen üzerindeki sudan daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Riley ve Prepas (1984), gözenek suyundaki fosfor konsantrasyonunun pH'dan etkilendiğini belirtmişlerdir. Besleyici elementlerin sedimentten salınımının göl suyunun pH'sı tarafından önemli ölçüde etkilendiği, özellikle pH değerinin 8,5-10'dan yüksek olması halinde salınım miktarının önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (Moss 1988, Mc Dougall ve Ho 1991). Bu yüzden sediment gözenek suyundaki pH'nın belirlenmesi de önem taşımaktadır (Drake ve Heaney 1987).

Bu araştırma ile Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sakaryabaşı-Çifteler Balık Üretim ve Araştırma İstasyonu'na ana su kaynağını oluşturan Batı Göleti'ne ait rehabilitasyon stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir basamak olan ve daha önce dikkate alınmayan, sediment gözenek suyu ve sedimentin hemen üst bölümündeki suya ilişkin veri açığının kapatılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, sediment gözenek suyu ve sedimentin hemen üst bölümündeki suda pH değerleri ile

fosfor fraksiyonları ölçümleri yapılmış ve mevsimlere bağlı olarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Sakaryabaşı havzasının kaynağını oluşturan Doğu (Gökgöz) ve Batı (Kırgöz) kaynakları değişik amaçlarla kullanılmak üzere önlerine set çekilerek birer gölete dönüştürülmüştür. Her iki göletin de su sıcaklığı yıl boyunca 17-21°C arasında değişmektedir (Baran 1977, Erençin ve Erençin 1978).

Bu çalışma, alanı yaklaşık 1 ha olan Batı Göleti'nde 1999 yılında her mevsimi temsil eden bir ay baz alınarak (ocak, nisan, temmuz, ekim) yürütülmüştür. Çalışmada gölette belirlenmiş bir istasyondan dip suyu, yüzey suyu ve sediment örnekleri alınmıştır.

Sediment örnekleri ortalama derinliği 1,5 m olan istasyondan 25 cm uzunlukta ve 47 mm çapındaki plastik tüplerin sediment içerisine batırılması ile alınmıştır (Lennox 1984, Twinch ve Peters 1984). Sediment örneği sarsılmadan yaklaşık üç saat içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır. Laboratuvara getirilen yaş sediment örnekleri belirli miktarlarda santrifüj tüplerine konularak devir sayısı 3000-20000 rpm olan santrifüjde gözenek suyunun sediment partiküllerinden ayrılması için işleme tabi tutulmuştur (Enell ve Löfgren 1988). Santrifüj tüplerinin üst kısmında biriken berrak sıvı alınarak 0,45 mikrometrelık membran filtreden geçirildikten sonra sediment gözenek suyu elde edilmiştir (Istvanovics 1994).

Sedimentin hemen üzerindeki su ise, plastik tüplere alınan sedimentin yüzeyinden itibaren 5 cm yükseklikteki suyun pipette uzaklaştırılması ile elde edilmiştir (Wetzel 1983).

İstasyondan alınan yüzey ve dip suyu örnekleri, plastik kaplarda herhangi bir kimyasal madde ilave edilmeksizin, üç saat içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır.

Sediment gözenek suyu, sedimentin hemen üzerindeki su ve gölet suyunda fosfor fraksiyonları tayin edilmiştir. Bu amaçla filtre edilebilen çözünmüş fosfor fraksiyonları su örneklerinin Whatman GF/C membran filtreden geçirilmesi ile sağlanmıştır. Filtre edilen su örneklerinde, toplam ortofosfat tayini, askorbik asit metodu ile spektrofotometrik olarak yapılmıştır. Toplam çözünmüş fosfor tayininde, ilk kademede (sindirme işlemi) persülfatla parçalama tekniği kullanılmış, parçalamayı takiben serbest hale geçen ortofosfat askorbik asit metodu ile tayin edilmiştir (Anonymous 1975).

Su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve pH değerleri belirlenen istasyonda saptanmıştır. pH ölçümü, ölçüm aralığı 0-14, hassasiyeti 0,01 olan dijital pH metre ile, sıcaklık ve çözünmüş oksijen değerleri ise, taşınabilir YSI 51B model oksijenmetre kullanılarak belirlenmiştir. Elektrik iletkenliği, k sabiti 1,03 olan otomatik sıcaklık düzeltmeli kondüktivitemetre probu kullanılarak ölçülmüştür.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan istatistiksel hesaplama ve kontroller Düzgüneş ve ark. (1983)'nin belirttiği esaslara göre yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu araştırmada, Sakaryabaşı (Çifteler) Batı Göleti'nde seçilen bir istasyonda, 1999 yılında ocak, nisan, temmuz ve ekim aylarında yüzey suyu, dip suyu, sedimentin hemen üst kısmındaki su ve sediment gözenek suyundan örnek alınmıştır. Araştırma periyodunca su sıcaklığı sırasıyla 17 °C, 20 °C, 21 °C ve 19 °C; çözülmüş oksijen değerleri ise 8.0 mg/L, 7.5 mg/L, 7.5 mg/L ve 7.0 mg/L şeklinde saptanmıştır. Mevsimlere bağlı olarak dört bölgenin de pH, toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO), toplam filtre edilebilir fosfor (TFF) parametrelerine ilişkin bulgular Çizelge 1, 2 ve 3'de sunulmuştur. Yapılan istatistik analizler sonucunda parametrelerin mevsimlere ve bölgelere göre gösterdiği farklılıklar istatistik açıdan önemli bulunmuştur.

Bu araştırmada yüzey ve dip sularının toplam filtre edilebilir ortofosfat değerleri baz alındığında, göletin besin düzeyinin mezotrofik olduğu söylenebilir. Bu sonuç ise, gölette Aydın ve Pulatsü (1999) tarafından yürütülen çalışmadan farklılık göstermektedir. Bu durumun 1997 yılından sonra göletin iyileştirilmesi amacıyla, gölet sedimentinin zaman zaman uzaklaştırılmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Yüzey ve dip sularında mevsimsel olarak toplam filtre edilebilir fosfor ve toplam filtre edilebilir ortofosfat değerleri arasındaki fark istatistik açıdan önemli bulunmamıştır (Çizelge 2,3). Sedimentin üst kısmındaki suda toplam filtre edilebilir fosfor dikkate alındığında tüm mevsimler açısından farklılık önemli bulunmazken, toplam filtre edilebilir ortofosfat dikkate alındığında ise yalnızca kış ve yaz mevsim değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemli düzeyde bulunmamıştır. Sediment gözenek suyu dikkate alındığında ise, toplam filtre edilebilir fosfor ve toplam filtre edilebilir ortofosfat bakımından ilkbahar ve yaz mevsimindeki değerler birbirine benzer bulunmuştur.

Yüzey ve dip sularında yaz mevsimindeki toplam filtre edilebilir fosfor değerleri kış mevsimine göre daha yüksek saptanmıştır. Bu bulgular Prepas ve Trew (1983), Riley ve Prepas (1984) ile Ali ve ark (1988) fosfor konsantrasyonlarının mevsimsel değişimine yönelik bildirişleri ile uyumludur.

Batı Göleti'nde sedimentin hemen üstündeki su ile sediment gözenek suyundaki toplam filtre edilebilir fosfor değerleri yalnız ilkbahar ve yaz mevsiminde farklılık göstermiştir (Çizelge 3). Toplam filtre edilebilir ortofosfat açısından ise, bu iki bölgeye ait değerler sonbaharda benzer bulunmuştur (Çizelge 2).

Sonbaharda toplam filtre edilebilir ortofosfat değeri, dip suyunda, sedimentin hemen üstündeki suda ve sediment gözenek suyunda diğer mevsimlere göre daha yüksek belirlenmiştir.

Bu araştırmada sediment gözenek suyunun toplam filtre edilebilir fosfor ve toplam filtre edilebilir ortofosfat değerleri gölet suyundan ve sedimentin hemen üst bölümündeki sudan daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, Bottomly ve Bayly (1984) ile Istvanovics'in (1984) araştırma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Ancak sediment gözenek suyundaki fosfor derişimleri, Enell ve Löfgren (1988) ile Marsden'in (1989) oligotrofik göller için belirledikleri değerlere yakındır.

Batı Göleti'nde yürütülen bu araştırmada yüzey suyu, dip suyu, sedimentin hemen üst kısmındaki su ve sediment gözenek suyunda yaz mevsiminde pH en yüksek değerini almıştır. Bu değerler sırasıyla $7,67 \pm 0,01$, $7,53 \pm 0,01$, $8,06 \pm 0,02$ ve $7,91 \pm 0,38$ olarak saptanmıştır. Ancak sediment gözenek suyunun pH değeri sedimentten fosfor salınımını etkileyecek düzeyde gözükmemektedir (Moss 1988, Mc Dougal ve Ho 1991).

Sonuç

Sediment gözenek suyundaki fosfor konsantrasyonu baz alınarak göllerin besin düzeyi belirlenebilmektedir. Ancak bu çalışmada gölet suyu fosfor değerleri ile sediment gözenek suyunun fosfor değerleri açısından göletin besin düzeyi farklı bulunmuştur. Sediment – su ara yüzeyindeki fosfor, sedimentte bulunan demir ve kalsiyum iyonlarına bağlanarak, oksijenli sularda bu iyonlarla birleşebilmektedir. Bu nedenle, göletin besin düzeyine sedimentin etkisini belirleyebilmek için, sedimentin kimyasal yapısına ilişkin çalışmalara gereksinim duyulduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 1. Batı Göleti'nde pH değerlerinin mevsimlere ve bölgelere göre değişimi (N=4)

Mevsimler		Kış (Ocak)	İlkbahar (Nisan)	Yaz (Temmuz)	Sonbahar (Ekim)
Bölgeler					
Yüzey suyu	ORT	7,25±0,01C*o#	7,43±0,01Cb	7,67±0,01Ca	7,44±0,02Cb
	EKD	7,24	7,42	7,65	7,40
	EBD	7,26	7,44	7,69	7,48
Dip suyu	ORT	7,32±0,01Cb	7,32±0,01Db	7,53±0,01Da	7,16±0,02Dc
	EKD	7,31	7,31	7,51	7,12
	EBD	7,33	7,33	7,54	7,20
Sedimentin üstündeki su	ORT	7,72±0,02Bb	7,58±0,02Bc	7,91±0,04Ba	7,65±0,04Bbc
	EKD	7,68	7,52	7,82	7,58
	EBD	7,77	7,63	8,00	7,74
Sediment gözenek suyu	ORT	7,94±0,001Ab	7,74±0,03Ac	8,06±0,02Aa	8,03±0,01Aa
	EKD	7,85	7,85	8,02	8,02
	EBD	8,01	7,8	8,10	8,05

* Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,01$)

Aynı satırda farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,01$).

Çizelge 2. Batı Göleti'nde toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) (mg/m^3) değerlerinin mevsimlere ve bölgelere göre değişimi (N=4)

Mevsimler		Kış (Ocak)	İlkbahar (Nisan)	Yaz (Temmuz)	Sonbahar (Ekim)
Bölgeler	Yüzey	1,8807±0,0096C*a#	2,3992±0,0208Ca	2,606±0,130Ca	2,4640±0,0075Ba
	ORT				
	EKD				
suyu	EBD	1,857	2,253	2,366	2,45
		1,904	2,352	2,845	2,478
Dip	ORT	1,8365±0,0263Cb	2,049±0,0177Cab	2,6475±0,0415Ca	2,7320±0,0660Ba
	EKD				
	EBD				
suyu		1,571	1,69	2,563	2,619
		1,69	2,366	2,732	2,873
Sedimentin üstündeki su	ORT	3,1395±0,0774Bc	4,816±0,488Bb	3,740±0,260Bc	6,7030±0,0517Aa
	EKD				
	EBD				
Sediment gözenek suyu		2,984	3,942	3,26	6,59
		3,322	5,69	4,22	6,816
	ORT	3,999±0,554Ac	5,7880±0,0478Ab	5,655±0,117Ab	7,154±0,0180Aa
	EKD				
	EBD				
		5,014	5,914	5,9	7,492

* Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,01$)

Aynı satırda farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,01$).

Çizelge 3. Batı Göleti'nde toplam filtre edilebilir fosfor (TFF) (mg/m^3) değerlerinin mevsimlere ve bölgelere göre değişimi (N=4)

Mevsimler		Kış (Ocak)	İlkbahar (Nisan)	Yaz (Temmuz)	Sonbahar (Ekim)
Bölgeler	Yüzey	2,4925±0,0655A*a#	2,7198±0,0876Ca	3,476±0,296Ba	2,907±0,150Ba
	ORT				
	EKD				
suyu	EBD	2,366	2,547	2,952	2,619
		2,619	2,904	4,000	3,19
Dip	ORT	2,2812±0,0257Aa	2,3388±0,0750Ca	3,3342±0,099Ba	2,38447±0,0654Ba
	EKD				
	EBD				
suyu		2,225	2,166	3,309	2,738
		2,338	2,476	3,357	2,952
Sedimentin üstündeki su	ORT	4,9545±0,0198Aa	9,428±0,0167Ba	6,680±0,249Ba	8,5355±0,0766Aa
	EKD				
	EBD				
Sediment Gözenek suyu		4,904	9,094	6,22	8,380
		5,000	9,76	7,14	8,668
	ORT	5,3445±0,0529Ab	13,93±2,69Aa	13,52±3,50Aa	8,558±0,0406Ab
	EKD				
	EBD				
		5,476	18,62	19,52	8,808

* Aynı sütunda farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,01$)

Aynı satırda farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,01$).

Kaynaklar

- All, A., K. R. Reddy and W. S. 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. Jonn 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.
- Baran, İ. 1977. Gökkuşuğu alası-Salmo gairdneri irideusun (Richardson 1836) Çifteler-Sakaryabaşı Balık Üretim ve Araştırma İstasyonunda adaptasyon olanakları. *Ank.Üniv. Vet. Fak. Derg.* XXIV, No.1.
- 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.*, 42: 1303-1311.
- 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. A.Ü. Zir.Fak. Yayınları:861, Ders Kitabı, s. 1-229, Ankara.
- Enell, M. and S. Löfgren, 1988. Phosphorus in interstitial water: methods and dynamics. *Hydrobiologia*, 170:103-132.

- Erençin, C. ve Z. Erençin, 1978. Aynalı sazın (C. carpio) kültür balığı olarak Türkiye'de ilk defa yetiştirilmesi ile ilgili araştırmalar. A.Ü. Vet. Fak. Derg. XXV, No1.
- 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.
- Lennox, L. J. 1984. Lough Enell: laboratory studies on sediment phosphorus release under varying mixing, aerobic and anaerobic conditions. Freshwater Biology, 14, 183-187.
- Levine, S. N. and D. W. Schindler, 1989. Phosphorus, nitrogen and carbon dynamics of Experimental Lake 303 during recovery from eutrophication Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46:2-10.
- Marsden, M. W. 1989. Lake restoration by reducing external phosphorus loading : the influence of sediment phosphorus release. Freshwater Biology, 21, p 139-162.
- Mc Dougall, B. K. and G. E. Ho, 1991. A study of the eutrophication of the North Lake, Western Australia. Wat. Sci. Tech., 23:163-173.
- Moss, B. 1988. Ecology of Freshwaters. 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):11-124.
- Prepas, E. E. and D. O. Trew, 1983. Evolution of phosphorus chlorophyll relationship for lakes off the precambrian shield in Western Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40:27-35.
- Riley, E. T. and E. E. Prepas, 1984. Role of internal phosphorus loading in two shallow, productive lakes in Alberta, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41:845-855.
- 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.
- Twinch, A. J. and R. H. Peters, 1984. Phosphate exchange between littoral sediments and overlying water in an Oligotrophic North-Temperate Lake. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41:1609-1617.
- Urban, N. R. 1997. Solute transfer across the sediment surface of a eutrophic lake: I. Porewater profiles from dialysis samplers. Aquat. Sci., 59:1-25.
- Uslu, O. ve A. Türkman, 1987. Su kirliliği ve kontrolü T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, S.1-364, İzmir.
- Wetzel, R. G. 1983. Limnology. W.B. Saunders Co., p. 1-767, Philadelphia.