

Almus Baraj Gölü (Tokat)'nde Kafeslerde Gökkuşluğu Alabalığı Yetiştiriciliğinin Sedimentten Fosfor Salınımına Etkisi

Akasya TOPÇU¹, Serap PULATSÜ¹, Doğukan KAYA¹

ÖZET: Bu araştırma iç sularda, kafeslerde gökkuşluğu alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerimizden biri olan Almus Baraj Gölü'nde; kafes işletmelerinin yoğun dağılım gösterdiği alanı temsilen seçilen iki kafes istasyonu (I-II) ile hakim akıntı yönü dışında sırasıyla 250 m ve 500 m uzakta belirlenen iki kontrol istasyonunda (III-IV) 2015 yılının Nisan ve Ekim aylarında yürütülmüştür. Araştırma kapsamında baraj gölünde sedimentten suya olan fosfor salınım düzeyi tahmin edilmiş ve salınımında etkili faktörler tartışılmıştır.

Almus Baraj Gölü'nde fosfor salınım düzeyleri oldukça düşük tahmin edilmiş; en düşük fosfor salınım değeri kafes istasyonlarına 500 m uzakta seçilen kontrol istasyonunda ($14.58 \mu\text{gP m}^{-2} \text{gün}^{-1}$) nisan ayında, en yüksek değer ise aynı ayda I No.lu kafes istasyonunda ($31.73 \mu\text{gP m}^{-2} \text{gün}^{-1}$) belirlenmiştir. Sedimentten suya fosfor salınımının engellenmesinde etkili fosfor fraksiyonları sırasıyla organik bağlı fosfor (Org≈P; %24) > kalsiyuma bağlı fosfor (Ca≈P; %22) > demir+alüminyuma bağlı fosfor (Fe+Al≈P; %18) > karbonata bağlı fosfor ($\text{CO}_3 \approx \text{P}$; %13) olarak belirlenmiştir. Ayrıca sediment gözenek suyu TFe/TFO oranına ilişkin değerlerin yüksek saptanması ve sedimentin killi-siltli tanecik yapısı salınımında etkili unsurlar olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Baraj gölü, fosfor salınımı, gökkuşluğu alabalığı, kafeslerde yetiştiricilik, sediment

Effect of Rainbow Trout Cage Culture on Sediment Phosphorus Release in Almus Dam Lake (Tokat)

ABSTRACT: This research was conducted one of the rainbow trout cage cultural area in Almus Dam Lake (Tokat), in April 2015 and October 2015; two stations represent the cultural area (I-II) and two control stations (III-IV) outside of the main current, located at 250 m and 500 m respectively from the cage stations. In this study sediment phosphorus release was estimated and the effective factors in release mechanism were discussed.

Research data presents low diffusive phosphorus flux; the lowest value ($14.58 \mu\text{gP m}^{-2} \text{d}^{-1}$) was estimated in the IV control station in april whereas the highest value ($31.73 \mu\text{gP m}^{-2} \text{d}^{-1}$) was evaluated in the Ist station located in the cage culture area in the same month. The effective phosphorus fractions in the diffusive phosphorus flux from sediment to water column were evaluated as organically bound P (Org≈P; 24%) > calcium bound P (Ca≈P; 22%) > Iron+aluminium bound P (Fe+Al≈P; 18%) > carbonate bound P ($\text{CO}_3 \approx \text{P}$; 13%), respectively. Furthermore the other effective properties in enhancing phosphorus flux were determined as the high ratio TFe/TFO of the sediment porewater and the high clay-silt proportion of the sediment texture.

Keywords: Cage culture, dam lake, phosphorus release, rainbow trout, sediment

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği, Ankara, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Akasya TOPÇU, atopcu@ankara.edu.tr

GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı alıcı ortamlara, kafes işletmelerinden çözünabilir-çözünemez formdaki besin elementleri (organik karbon, azot, fosfor), tüketilmeyen yem, dışkı ve boşaltım ürünleri yolu ile girmektedir. Yoğun yetiştiricilikte işletme tabanında biriken besin elementleri, sediment kimyasında olumsuz değişimlere yol açmakta, bazı fiziksel ve kimyasal unsurlar da sedimentteki besin elementlerinin tutulumunu/salınımını tetiklemektedir. Sediment kaynaklı besin elementi salınımı ise alıcı ortamın besin düzeyini etkilemesi açısından önem taşımaktadır.

Sucul ortamlarda sediment fosfor fraksiyonları, sedimentin fosforu alıkoyma kapasitesinde veya sedimentten fosfor salınımının sürekliliğinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, sedimentten göl suyuna olan fosfor salınımından söz edebilmek için, sediment gözenek suyu fosfor değerlerinin sediment üstü su değerlerinden yaklaşık 15-20 kat fazla olması gerektiği bildirilmiştir (Enell and Löfgren, 1988).

Sen et al. (2007) oligotrofik Beaver Rezervuarı'nda oksijenli koşullarda fosfor salınım değerini $0.09 \text{ mg m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak tahmin etmiştir. Haggard et al. (2012) ise Oklahama Rezervuarı'na su sağlayan Wister Gölü'nde sedimentten fosfor salınım düzeyini $1.52\text{-}3.30 \text{ mg m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir.

Atlantik salmon (*Salmo salar*) smoltlarının yetiştirildiği ve ortalama derinliği 12 m olan bir gölde, kafes tabanındaki sedimentten suya olan fosfor salınım düzeyi ($2.8\pm 0.5 \text{ mgP m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$), kafeslerden 250 m uzaktaki kontrol istasyonuna göre ($0.3\pm 0.2 \text{ mgP m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) daha yüksek bulunmuştur (Kelly, 1992). Atlantik salmonlarının kafeslerde yetiştiriciliğinin yapıldığı üç farklı gölden alınan sediment örneklerinin kullanıldığı ön microcosm denemelerinde de kafes yetiştiricilik atıklarından etkilenen bölgeye ilişkin fosfor salınım değerleri ($1.5\text{-}57.6 \text{ mgTP m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$), göllerin yetiştiricilikten etkilenmemiş bölgelerine göre daha yüksek ($0.2\text{-}1.3 \text{ mgTP m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) tahmin edilmiştir (Kelly, 1993).

Arjantin'de bulunan ve yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinden etkilenen iki gölde; sedimentten fosfor salınımının anaerobik koşullarda aerobik göl ortamına göre daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Araştırmacılar, demirden çok sedimentin kalsiyum ve organik madde içeriğinin fosforun bulunabilirliğini kontrol ettiğini belirtmişlerdir (Temporetti and Pedrozo, 2000). Temporetti et al. (2001) ise, yoğun su ürünleri yetiştiriciliği yapılan Alicura Rezervuarı (Arjantin)'nda yetiştiricilik faaliyetinden etkilenen alana ait sediment gözenek sularındaki çözülmüş ortofosfat konsantrasyonunun ($675 \mu\text{g L}^{-1}$) yetiştiricilikten etkilenmeyen alana ($45 \mu\text{g L}^{-1}$) göre oldukça yüksek olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Kafeslerde tilapya (*Oreochromis niloticus*) yetiştiriciliğinin yapıldığı sıg subtropikal ve hiperötrotfik Donghu Gölü (Çin)'nde, sedimentte en yüksek düzeyde demire bağlı fosfor fraksiyonu saptanmış (kafes tabanı: $1938.7 \mu\text{g g}^{-1}$; kontrol istasyonu: $1480.6 \mu\text{g g}^{-1}$) ve bu fraksiyonun sedimentteki fosfor tutulumunda anahtar bileşen olarak rol oynadığı bildirilmiştir. Ayrıca kafeslerin hemen altındaki yüzey sedimentin fosfor tutma kapasitesi de kontrol istasyonuna göre önemli seviyede yüksek bulunmuş, bu durumun ise sedimentin kil miktarındaki artışla ilintili olabileceği belirtilmiştir (Zhang et al., 2004).

Karakoca (2013) tarafından Sakarya Nehri üzerinde kurulu Gökçekaya Baraj Gölü (Nallıhan/Ankara)'nda, gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı bir kafes işletmesinde (950 ton yıl^{-1}), üretim periyodu öncesi ve sonrasına ilişkin sedimentten fosfor salınım değerleri sırasıyla, $3.35 \mu\text{g m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (Eylül 2011) ve $11.04 \mu\text{g m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (Nisan 2012) olarak tahmin edilmiştir.

Yeşilirmak üzerine kurulmuş Almus Barajı'nın nehir ekosistemine olası etkilerinin belirlendiği araştırmada, barajın giriş ve çıkış alanlarında yer alan nehirlerin akıntı rejimini, sıcaklığını, askıda sediment miktarını (bulanıklık), substrat yapısını ve habitat çeşitliliğini olumsuz yönde etkilediği özellikle fosfor kirlenmesinin çok yüksek seviyede seyrettiği ve bu durumun akarsu havzasında bulunan yoğun tarımsal, hayvansal ve evsel atıklardan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Anonim 2013).

İç sularda gittikçe yaygınlaşan kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerimizden bir tanesi de Tokat il sınırları içinde bulunan Almus Baraj Gölü'dür.

Gölün alabalık kültürü için fosfora dayalı taşıma kapasitesi Buhan et al. (2010) tarafından $5536 \text{ ton yıl}^{-1}$

olarak tahmin edilmiştir. Polat ve Özmen (2011) tarafından gölde yürütülen bir başka çalışmada ise taşıma kapasitesi $2275.21 \text{ mg m}^{-2}\text{yıl}^{-1}$ olarak tahmin edilmiş ve gölde $6981.76 - 4023.33 \text{ ton yıl}^{-1}$ değerleri arasında balık yetiştiriciliği yapıldığında gölün ötrofikasyona uğramaksızın kendi kendini yenileyebileceği sonucuna varılmıştır.

Araştırma kapsamında, Almus Baraj Gölü (Tokat)'nün kuzey bölümünde yoğun bir dağılım gösteren ve kapasiteleri yılda 100 tondan 975 tona kadar değişen 25 adet gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kafes işletmesini temsil edecek şekilde seçilen iki kafes istasyonu ile iki kontrol istasyonunda;

a) Sediment üstü su ve sediment gözenek suyundaki fosfor düzeylerinin baz alınarak sedimentten fosfor salınım ve/veya tutulum mekanizmasının ortaya konması

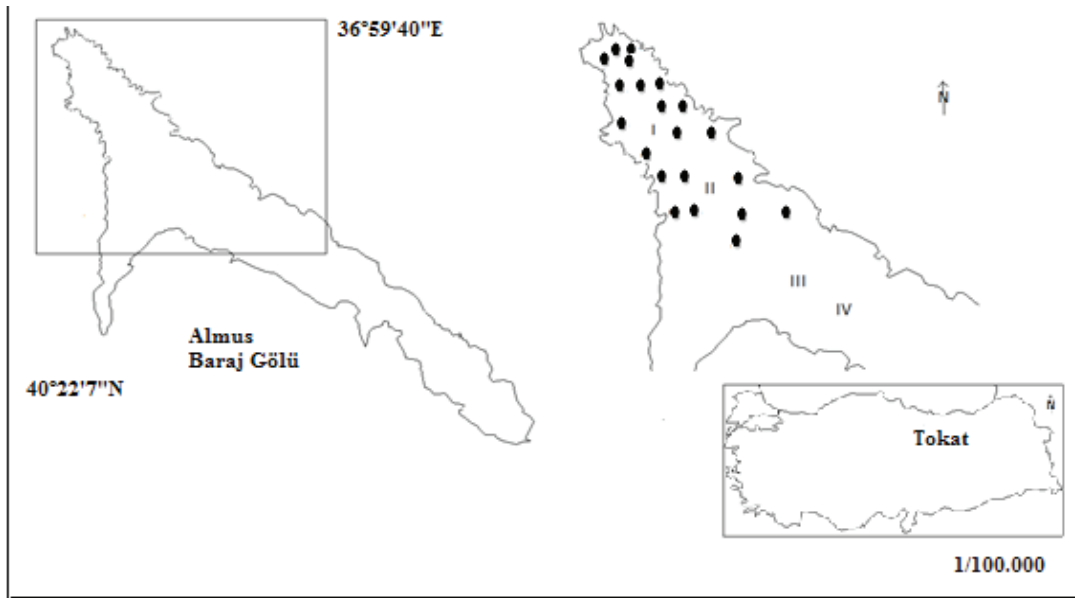
b) Sediment örneklerinde fosfor fraksiyonlarının tespit edilerek, sedimentteki fosfor salınım ve/veya tutulum mekanizmasındaki rollerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Yeri

Almus Baraj Gölü Tokat'ta, Yeşilirmak üzerinde, sulama, taşkın kontrolü ve enerji üretimi amaçlı olarak 1964 - 1966 yılları arasında inşa edilmiştir. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın normal su kotunda göl hacmi $950,00 \text{ hm}^3$, göl alanı ise $31,30 \text{ km}^2$ 'dir (Anonim 2015). Araştırma kapsamında, Almus Baraj Gölü'nde, çok sayıdaki ve üretim kapasiteleri farklı olan gökkuşığı alabalığı kafes işletmelerinin bulunduğu alanı temsilen seçilen iki kafes istasyonu ile hakim akıntı yönü dışında sırasıyla 250 m ve 500 m uzakta seçilen iki kontrol istasyonu olmak üzere toplam dört araştırma istasyonu seçilmiştir (Şekil 1).

Sediment ve sediment üstü su örnekleri, araştırma istasyonlarından 2015 yılının Nisan ve Ekim aylarında olmak üzere iki kez alınmıştır. Söz konusu ayların seçiminde, içsularda faaliyet gösteren balık işletmelerinin su kalite parametrelerinin izlenmesi için Nisan ve Ekim aylarında örnek alınımını öngören tebliğ (Anonim, 2009) esas alınmıştır.



Şekil 1. Almus Baraj Gölü'nde dağılım gösteren kafes işletmeleri ile belirlenen araştırma istasyonları (I, II: Kafes istasyonları, III, IV: Kontrol istasyonları) (Kaya, 2016)

Saha Çalışması

Yüzeysel sediment örnekleri, sediment alma kepçesi ile sediment üstü su örnekleri ise sedimentin hemen

üstündeki su sifonlanarak alınmıştır. Sediment ve sediment üstü su örnekleri analizler için soğuk ortamda laboratuvara ulaştırılmıştır.

Laboratuvar Çalışması

Sediment gözenek suyu, sediment partiküllerinden 5000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilerek ayrılmış, tüplerin üst kısmında biriken berrak kısım bir pipet yardımıyla alınarak 0,45 µm membran filtreden vakumlu süzme cihazı kullanılarak süzülmüştür.

Elde edilen sediment gözenek suyu örneklerinde; toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) analizi Askorbik Asit Metodu ile demir analizi Fenantrolin Metodu ile Anonymous (1995)'e göre tayin edilmiştir.

Sediment gözenek sularının pH değerleri, ölçüm aralığı 0-14, hassasiyeti ise 0.01 olan laboratuvar tipi dijital pH metre ile ölçülmüştür.

Sediment üstü suda toplam filtre edilebilir ortofosfat analizi, Askorbik Asit Metodu ile Anonymous (1995)'e göre yapılmıştır.

Sedimentten göl suyuna moleküler diffüzyonla olan fosfor salınımının hesaplanmasında Shaw ve Prepas (1990)'ın belirttiği formül kullanılmıştır:

$$\text{Salınım} = \phi.D. Q^{-2}. dc dx^{-1}.86400$$

$$\text{Salınım} = \text{TFO (mg m}^{-2} \text{gün}^{-1})$$

Burada:

$$\phi = \text{Sedimentin (\%)} \text{ su içeriği}$$

D= Moleküler difüzyon katsayısı (Sıcaklığa bağlı olarak değişim gösteren)

$$Q^2 = \text{Tortusite}$$

$dc dx^{-1}$ = TFO gradyanı (sediment üstü göl suyunda belirlenen TFO değerleri ile yüzey sedimentten elde edilecek gözenek suyundaki TFO değerleri arasındaki farktır).

86400 = Saniyeyi güne çevirmek için kullanılan katsayıdır.

Sediment örneklerinde, toplam fosfor tayini için vanadamolibdat kompleksinin oluşumuna dayanan kolorimetrik metot uygulanmıştır (Kacar, 1995).

Fosfor fraksiyonları ise Hieltjest and Lijklema (1980)'e göre belirlenmiştir. Su içeriğinin tayini

sediment örneğinin 110 °C'de 16 saat kurutulmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları arasındaki farktan Shrestha and Lin (1996)'e göre saptanmıştır. Demir tayini Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile Kacar (1995)'e göre tespit edilmiştir.

İstatistik Analizler

Araştırma verilerinin istatistiksel değerlendirilmesi, Windows/Minitab and MStat veri tabanı kullanılarak Kesici ve Kocabaş (2007)'in belirttiği esaslara göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Almus Baraj Gölü'nde sediment gözenek suyu ile sediment üstü suya ilişkin bazı parametrelerin aylara ve istasyonlara bağlı değişimi Çizelge 1'de sunulmuştur. Gölde sediment gözenek suyuna ait fosfat değerleri (13.97-23.41 mg m⁻³), genel olarak kontrol

istasyonlarında kafes istasyonlarına göre daha düşük bulunmuştur. Baraj gölü sediment gözenek suyu ortofosfat konsantrasyonuna ilişkin bulgularımız, Temporetti et al. (2001)'in yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı göller için belirttikleri değerlerden oldukça düşük, Karakoca (2013)'ün Gökçekaya Baraj Gölü'nde kurulu gökkuşağı alabalığı kafes işletmelerine (950 ton yıl⁻¹) ilişkin bulgularından ise daha yüksektir.

Araştırma kapsamında Çizelge 1'de sunulan sediment gözenek suyu ve sediment üstü su ortofosfat konsantrasyonları dikkate alınarak hesaplanan oransal değer (3.1-5.5), Enell and Löfgren (1988)'in bildirdiği değere göre oldukça düşük olup, sedimentten fosfor salınımını teşvik edecek ölçüde yüksek gözükmemektedir.

Ayrıca araştırma süresince sediment gözenek suyu TFe/TFO oranına ilişkin en yüksek değer de 21 olarak hesaplanmıştır; bu değer demir : fosfor oranı 1.8'den büyük olduğunda fosfor salınımının engellenebileceğine ilişkin Shaw and Prepas (1990)'ın bildirişini desteklemektedir.

Çizelge 1. Almus Baraj Gölü'nde sediment gözenek suyu (SGS) pH, toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve toplam demir (TFe) ile sediment üstü suda (SÜS) toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) değerlerinin aylar ve istasyonlara bağlı değişimi (N=4)

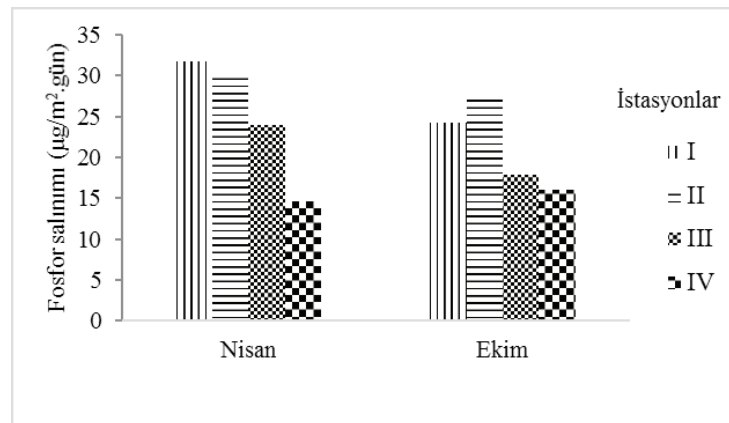
Parametreler	İstasyonlar	Aylar	
		Nisan	Ekim
pH (SGS)	I	7.76±0.02 ^{A*b**}	7.76±0.02 ^{Ad}
	II	7.69±0.01 ^{Abc}	7.86±0.04 ^{Bc}
	III	7.81±0.03 ^{Ab}	8.19±0.03 ^{Bb}
	IV	8.09±0.03 ^{Aa}	8.46±0.02 ^{Ba}
TFO (mg m ⁻³)	I	22.62±0.15 ^{Ab}	20.48±0.59 ^{Bb}
	II	23.41±0.08 ^{Aa}	21.67±0.42 ^{Ba}
	III	13.97±0.13 ^{Ad}	19.37±0.22 ^{Bb}
	IV	14.84±0.08 ^{Ac}	19.92±0.08 ^{Bb}
(mg m ⁻³) (SGS)	I	293.25±1.11 ^{Aa}	72.50±2.50 ^{Ba}
	II	224.50±1.66 ^{Ab}	51.75±1.11 ^{Bb}
	III	145.00±1.47 ^{Ac}	24.00±0.41 ^{Bc}
	IV	148.25±1.11 ^{Ac}	11.00±0.41 ^{Bd}
TFO (mg m ⁻³) (SÜS)	I	3.97±0.09 ^{Aa}	7.54±0.08 ^{Ba}
	II	2.54±0.00 ^{Ac}	4.37±0.08 ^{Bb}
	III	2.78±0.06 ^{Ab}	3.73±0.06 ^{Bc}
	IV	2.62±0.08 ^{Abc}	3.73±0.07 ^{Bc}

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)

**Aynı sütunda farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)

Araştırma alanında seçilen istasyonlar için tahmin edilen sedimentten göl suyuna olan fosfor salınım değerleri 14.58-31.73 µg m⁻² gün⁻¹ arasında değişerek en düşük değerini nisan ayında IV. istasyonda (kontrol) alırken en yüksek değerini ise aynı ayda I. istasyonda (kafes) almıştır (Şekil 2). Almus Baraj Gölü'nde

belirlenen oldukça düşük fosfor salınım düzeyleri (14.58- 31.73 µgP m⁻² gün⁻¹), Nürnberg et al. (1986), Shaw and Prepas (1990), Sen et al. (2007) ve Haggard et al. (2012)'nin belirttikleri fosfor salınım değerleri esas alındığında gölün oligotrofik besin düzeyine işaret etmektedir.



Şekil 2. Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentten fosfor salınımı

Araştırmada her iki ayda da I No.lu kafes istasyonuna ilişkin tahmini fosfor salınım değerleri

(24.18-31.73 µgP m⁻² gün⁻¹), yetiştiriciliğin yapılmadığı kontrol istasyonlarından (III-IV) yüksek bulunmuş

olup, bu sonuç kafeslerde Atlantik salmon (*Salmo salar*) smoltlarının yetiştirildiği göllerde, kafes tabanındaki sedimentten kaynaklanan fosforun salınım düzeyi değişimlerine (Kelly, 1992; 1993) ilişkin bulgularla örtüşmektedir. Araştırmamızda gökkuşağı alabalığı kafes işletmelerini temsilen seçilen istasyonların fosfor salınım değerleri, Karakoca (2013)'ün Gökçekaya Baraj Gölü'nde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı kafes alanı için tahmin ettiği salınım değerlerinden ise daha yüksek bulunmuştur.

Almus Baraj Gölü'nde istasyonlarda sedimentteki fosforun fraksiyonel kompozisyonuna ilişkin ortalama değerler sırasıyla; organik bağlı fosfor (Org≈P: % 24), kalsiyuma bağlı fosfor (Ca≈P: % 22), demir+alüminyuma bağlı fosfor (Fe+Al≈P: % 18) ve karbonata bağlı fosfor (CO₃≈P: % 13) olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu araştırmada, sedimentteki organik bağlı fosfor fraksiyonu (%24) ve kalsiyuma bağlı fosfor fraksiyonu (%22) genellikle tüm istasyonlarda en yüksek fosfor formunu oluşturmaktadır. Bu bağlamda sedimentten göl suyuna

olan düşük düzeydeki fosfor salınımında, sözü edilen fraksiyonların rol oynadığı düşünülmektedir. Almus Baraj Gölü'nde seçilen istasyonlarda, sedimentteki demirin fosfora oranı (TFe/ TP) yaklaşık olarak 15.69 saptanmıştır. Araştırmamızda sedimentten salınan fosfor düzeyinin düşük kalmasında, demir derişiminin de kısmen etkili bir faktör olduğu Sondergaard et al. (2003) ile Kisand (2005)'in bildirişleri ile uyum göstermektedir. Boyd et al. (1994) koloidal formdaki organik maddenin, sedimentteki besin elementlerinin su kolonuna geçişinde rol oynadığını, Istvanovics et al. (1989), 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. Almus Baraj Gölü sedimenti organik madde miktarı, nisan ve ekim ayları için araştırma istasyonlarında % 5.58-7.77 arasında değişmiştir (Kaya, 2016). Bu bağlamda sedimentin düşük organik madde düzeyi de Boyd et al. (1994) ve Istvanovics et al. (1989)'ün bildirişleri doğrultusunda sedimentte fosfor tutulumunun olduğuna işaret etmektedir.

Çizelge 2. Sedimentte toplam fosfor ve fosfor fraksiyonları ile toplam demir düzeyinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimi (N=4)

Parametreler	İstasyonlar	Aylar	
		Nisan	Ekim
CO ₃ ≈F (µg g ⁻¹ KA)	I	15.00±2.31 ^{Aa}	19.00±4.04 ^{Ba}
	II	8.50±0.29 ^{Ad}	14.50±3.75 ^{Ab}
	III	11.00±1.15 ^{Aab}	7.00±0.00 ^{Bc}
	IV	9.00±0.58 ^{Ac}	13.00±1.15 ^{Ab}
Fe+Al≈F (µg g ⁻¹ KA)	I	22.50±0.29 ^{Aa}	27.50±2.60 ^{Aa}
	II	19.00±0.00 ^{Ab}	12.00±0.58 ^{Bb}
	III	18.50±0.87 ^{Ab}	12.50±2.02 ^{Bb}
	IV	16.00±0.58 ^{Ac}	10.50±0.29 ^{Bb}
Ca≈F (µg g ⁻¹ KA)	I	24,09±0.65 ^{Ab}	22.43±0.56 ^{Ba}
	II	30.05±1.65 ^{Aa}	19.49±0.61 ^{Bb}
	III	21.84±1.06 ^{Ab}	18.48±0.78 ^{Bb}
	IV	23.57±0.04 ^{Ab}	17.58±0.86 ^{Bb}
Org≈F (µg g ⁻¹ KA)	I	19.41±2.69 ^{Ab}	17.07±4.31 ^{Ac}
	II	46.93±0.29 ^{Aa}	45.51±4.65 ^{Aa}
	III	15.66±2.31 ^{Ab}	32.02±1.24 ^{Bb}
	IV	11.95±0.65 ^{Ac}	11.42±4.93 ^{Ac}
TFe (µg g ⁻¹ KA)	I	1.22±0.00 ^{Ab}	1.36±0.00 ^{Ba}
	II	1.26±0.00 ^{Aa}	1.32±0.00 ^{Bb}
	III	1.22±0.00 ^{Ab}	1.25±0.00 ^{Bc}
	IV	1.18±0.00 ^{Ac}	1.15±0.00 ^{Bd}

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)

**Aynı sütunda farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)

Almus Baraj Gölü'nde seçilen araştırma istasyonlarına ait sediment örneklerinde ortalama kum, silt ve kil yüzde değerlerinin aylara göre değişimi Çizelge 3'de sunulmuştur. Araştırma kapsamında her iki istasyonda saptanmış

olan killi-siltli sediment yapısı, Mathews and Chandramohanakumar (2003)'ün ve Mallikarjun and Shashikant (2013)'ün sedimentteki kil oranının, fosfor salınımını engellediğine ilişkin bildirişlerini desteklemektedir.

Çizelge 3. Sedimentte ortalama kum, silt ve kil yüzde değerlerinin istasyonlara ve aylara göre değişimi

İstasyonlar	Aylar	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Sınıf
I	Nisan	0.07	24.95	74.96	Kil+Tın (CL)
	Ekim	0.075	26.06	73.84	Kil+Tın (CL)
II	Nisan	0.66	39.82	59.50	Kil+Tın (CL)
	Ekim	0.55	31.37	68.02	Kil+Tın (CL)
III	Nisan	0.165	29.50	70.31	Kil+Tın (CL)
	Ekim	0.32	22.76	76.89	Kil+Tın (CL)
IV	Nisan	0.03	44.30	55.65	Kil+Tın (CL)
	Ekim	0.11	46.62	53.24	Kil+Tın (CL)

Almus Baraj Gölü'nde eş zamanlı yapılan farklı bir çalışma kapsamında, tüm istasyonlarda anoksik koşullar saptanmamış ve bentik makroomurgasızlara rastlanılmamıştır (Kaya, 2016). Araştırmamızda sedimentten göl suyuna fosfor salınımının düşük kalmasında söz konusu iki unsurun da etkili olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak Almus Baraj Gölü'nde gerek kafes gerekse kontrol istasyonlarında sediment kaynaklı fosfor salınımı oldukça düşük düzeyde tahmin edildiğinden, sediment kaynaklı fosfor yükünün, baraj gölünün mevcut besin düzeyi üzerine olumsuz bir etkisi olmadığı ortaya konmuştur. Ancak düşük

düzeyde de olsa tahmin edilen salınım değerleri her iki ayda da kafes istasyonlarında kontrol istasyonlarına göre daha yüksektir. Bu bağlamda, gölde yetiştiriciliğin sürdürülebilirliği açısından, yem yönetimi ile işletme sayı ve üretim kapasitelerinin artırılmaması önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu projenin (115Y115) gerçekleştirilmesi için gerekli mali desteği sağlayan TÜBİTAK Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri (ÇAYDAG) Yürütme Komitesi Sekreterliği'ne şükranlarımızı sunarız.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2009. "Denizlerde Kurulan Balık Yetiştiriciliği Tesislerinin İzlenmesine İlişkin Tebliğ", 13 Haziran 2009 Tarih ve 27257 Sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2013. Yukarı Yeşilirmak Nehir Havzası'nın besin ağ yapısı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu. Sonuç Raporu. 2010/38, 110 s. Tokat.
- Anonim, 2015. https://tr.wikipedia.org/wiki/Almus_Barajve_Hidroelektrik_Santrali. Erişim tarihi: 15. Aralık.2015.
- Anonymous, 1995. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition, John D., Ducas Co., USA. Pp.1193.

- Boyd CE, Taner ME, Madkour M, Masuda K, 1994. Chemical characteristics of bottom soils from freshwater and brackishwater aquaculture ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 25 (4): 517-534.
- Buhan E, Koçer MA, Polat F, Doğan HM, Dirim S, Neary E, 2010. AlmusBaraj Gölü su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi ve taşıma kapasitesinin tahmini. GÖÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (1): 57-65.
- Enell M, Löfgren S, 1988. Phosphorus in interstitial water: methods and Dynamics. Hydrobiologia, 170: 103-132.
- Haggard BE, Scott JT, Patterson S, 2012. Sediment phosphorus flux in an Oklahoma reservoir suggests reconsideration of watershed management planning. Lake Reserv Manage., 28: 59-69.

- Hieltjes AHM, Lijklema L, 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments. *J. Environ. Qual.*, 9 (3): 405-407.
- Istvanovics V, Herodek S, Szilagyı F, 1989. Phosphate adsorption by different sediment fractions in Lake Balaton and its protecting reservoirs. *Wat.Res.*, 23 (11): 1357-1366.
- Kacar B, 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 3: Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.
- Karakoca S, 2013. Gökçekaya Baraj Gölü'nde Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Yetiştiriciliğinin Yapıldığı Ağ Kafeslerde Sediment-Sediment Gözenek Suyuna İlişkin Bazı Parametrelerin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kaya D, 2016. Almus Baraj Gölü (Tokat) Gökkuşuğu Alabalığı Kafes İşletmelerinin Sediment Kalitesine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s.
- Kelly LA, 1992. Dissolved reactive phosphorus release from sediments beneath a freshwater cage aquaculture development in West Scotland. *Hydrobiologia*, 235/236, 569-572.
- Kelly LA, 1993. Release rates and biological availability of phosphorus released from sediments receiving aquaculture wastes. *Hydrobiologia*, 253: 367-372.
- Kesici T, Kocabaş Z, 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Yayın No: 94, Ankara.
- Kisand A, 2005. Distribution of sediment phosphorus fractions in hypertrophic strongly stratified Lake Verevi. *Hydrobiologia*, 547: 33-39.
- Mallikarjun SD, Shashikant RM, 2013. A Batch Study of Phosphate Adsorption Characteristics on Clay Soil. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, eISSN:2319-1163, pISSN:2321-7308, 338-342.
- Mathews L, Chandramohanakumar N, 2003. The ratios of carbon, nitrogen and phosphorus in a wetland coastal ecosystem of Southern India. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 88(2): 179-186.
- Nürnberg G K, Shaw M, Dillon PJ, Mc Queen DJ, 1986. Internal phosphorus load on an oligotrophic Precambrian Shield Lake with an anoxic hypolimnion. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 574-580.
- Polat F, Özmen H, 2011. Almus Baraj Gölü'nde trofik seviyenin belirlenmesi ve gölün fosfor taşıma kapasitesinin araştırılması. *Ekoloji*, 20(78): 53-59.
- Sen S, Haggard BE, Chaubey I, Brye KR, Costello TA, Matlock MD, 2007. Sediment phosphorus release at Beaver Reservoir, northwest Arkansas, USA, 2002-2003: a preliminary investigation. *Water, Air, and Soil Pollution*, 179:67-77.
- Shaw JFH, Prepas EE, 1990. Relationships between phosphorus in shallow sediments and in the trophogenic zone of seven Alberta Lakes. *Wat. Res.*, 24 (5): 551-556.
- Shrestha MK, Lin CK, 1996. Determination of phosphorus saturation level in relation to clay content in formulated pond muds. *Aquacultural Engineering*, 15 (6): 441-459.
- Sondergaard M, Jensen JP, Jeppesen E, 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia*, 506-509, 135-145.
- Temporetti PF, Pedrozo FL, 2000. Phosphorus release rates from freshwater sediments affected by fish farming. *Aquaculture*, 31: 447-455.
- Temporetti FP, Alanso FM, Baffico G, Diaz MM, Lopez W, Pedrozo LF, Vigliano HP 2001. Trophic state, fish community and intensive production of salmonids in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). *Lakes&Reservoirs: Research and Management*, 6: 259-267.
- Zhang M, Zhou Y, Xie P, Xu J, Li J, Zhu D, Xia T. 2004. Impacts of cage-culture of *Oreochromis niloticus* on organic matter content, fractionation and sorption of phosphorus, and alkaline phosphates activity in a hypereutrophic lake, people's republic of China. *Environmental Contamination and Toxicology*, 73: 927-932.