

Kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinde (Karaova Baraj Gölü, Türkiye) lokal çevresel durumun ve taşıma yoğunluğunun tahmini

Estimation of local environmental condition and holding density in rainbow trout cage culture (Karaova Dam Lake, Turkey)

Serap Pulatsü* • Doğukan Kaya

Ankara University, Faculty of Agriculture, Dept. of Fisheries and Aquaculture Engineering, Ankara

*Corresponding author: spulatsu@agri.ankara.edu.tr

Received date: 27.04.2016

Accepted date: 10.08.2016

How to cite this paper:

Pulatsü, S. & Doğukan, K. (2016). Estimation of local environmental condition and holding density in rainbow trout cage culture (Karaova Dam Lake, Turkey) (in Turkish with English abstract). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(4): 313-320. doi: 10.12714/egejfas.2016.33.4.02

Öz: Bu çalışmada, Karaova Baraj Gölü'nde (Kırşehir) faaliyet gösteren 274 ton kapasiteli gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kafes işletmesinin lokal çevresel durumunu (etkisini) değerlendirmek için MOM (Modelling-Ongrowing fish farms- Monitoring) B-araştırma tipi kullanılmıştır. Bu amaçla, işletme tabanından Ekim (2015) ve Nisan (2016) aylarında alınan sediment örnekleri; - biyolojik (makrofauna varlığı: Grup 1), kimyasal (pH ve redoks potansiyeli: Grup 2) ve duyuşsal (gaz çıkışı, renk, koku, kıvam, depozit kalınlığı: Grup 3) - olmak üzere üç grup parametreye göre değerlendirilmiştir. Ayrıca kafeslerde taşıma yoğunluğu, oksijeni baz alan farklı iki modelle tahmin edilmiştir. Kafes işletmesine ait sediment örneklerinde makrofaunaya rastlanılmamış ve sedimentin durumu biyolojik parametre açısından "kabul edilemez" şeklinde değerlendirilmiştir. Kafes işletmesinin lokal çevresel durumu kimyasal parametrelere göre "geçiş bölgesi" olarak saptanmış, duyuşsal parametreler açısından ise "kısmen kabul edilebilir" olarak belirlenmiştir. Sedimente ilişkin bulgular, işletmenin uzun dönemde bentik çevre üzerindeki olası negatif etkilerinin artacağına işaret etmektedir. Kafeslerde Ekim (2015) ve Nisan (2016) aylarına ilişkin taşıma yoğunluğu değerleri sırasıyla; Beveridge (1984) Model'ine göre 0,64 kg/m³ ve 3,71 kg/m³, Tookwinas vd. (2004) Model'ine göre ise 10,91 kg/m³ ve 72,47 kg/m³ olarak tahmin edilmiştir. Bulgular doğrultusunda, oksijeni baz alan modelleri dikkate alarak yetiştiricilik faaliyetini yönlendirmek olası gözükmemektedir. Ancak sedimente ilişkin uygulanması hızlı ve kolay çevresel kalite parametrelerinin, içsulara kurulu farklı kapasiteli kafes işletmelerinin yönetiminde ve lokal çevresel etkilerinin izlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Sediment, kafeslerde balık yetiştiriciliği, gökkuşağı alabalığı, taşıma yoğunluğu

Abstract: In this study, local environmental condition (impact) of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage farm with nearly 274 tons of total production capacity using the B-investigation of the MOM (Modelling-Ongrowing fish farms- Monitoring) system in Karaova Dam Lake (Kırşehir) was determined. For this purpose, sediment samples, which were taken from cage bottom in October (2015) and April (2016), were evaluated based on three groups of parameters -biological (macrofauna presence: Group 1), chemical (pH and redox potential: Group 2) and sensory (outgassing, colour, odour, consistency, thickness of deposits : Group 3). Moreover holding capacity of the cages was estimated using two different oxygen-based models. Benthic macrofauna were not found in all sediment samples for cage farm. The result suggested that benthic environment of the cage farm is an "unacceptable" condition. The sediment conditions according to the chemical parameters were determined as "transition area". According to sensory parameters, the local environmental condition of cage farm was evaluated as "partially acceptable". Therefore, it is concluded that the possible negative effects of the cage culture activities on the benthic environment will increase over the long-term because of the results of environmental quality parameters of sediment. Holding capacity in the cage farm was assessed as 0.64 kg m⁻³ in October (2015) and 3.71 kg m⁻³ in April (2016) according to Beveridge (1984) Model. In addition, using Tookwinas et al. Model (2004), holding capacity was found as 10.91 kg m⁻³ and 72.47 kg m⁻³ in October (2015) and April (2016), respectively. As a result, oxygen-based models did not indicate appropriate results for the orientation of cage culture activities. However, the fast and easily applicable parameters, proposed in the scope of present research, are thought to be used effectively in management of cage farms with different capacities and monitoring of the environmental impacts of fish farming in inland waters.

Keywords: Sediment, cage culture, rainbow trout, holding density

GİRİŞ

İçsu alanlarında ağ kafeslerde yetiştiricilikten kaynaklanan atıkların etkisi, denizlerdeki yetiştiriciliğin çevresel etkilerinden çok daha fazla olabilmekte, kültür balıkçılığının yapıldığı baraj gölleri ve rezervuarlarda entansif yetiştiricilik nedeni ile besin düzeyinde birtakım değişiklikler meydana gelebilmektedir.

Balık kafeslerinden alıcı ortama giren ve esas olarak karbon ve azot içeren katı organik materyalin bir kısmı (yaklaşık % 15'i) askıda katı madde olarak su kolonunda kalmakta, bir kısmı ise kafes dışındaki balıklar tarafından tüketilmektedir. Önemli bir kısmı ise sedimentte birikerek bentik sistemin organik

zenginleşmesine, bentik makrofauna ve sediment kimyasında önemli değişimlere yol açmaktadır (Ackefors ve Enell, 1990). Bu duruma paralel olarak yetiştiriciliğin çevresel etkilerine ilişkin izleme programları geliştirilmektedir.

Alıcı ortamların aşırı kullanımını önlemek ve kıyusal kaynakların da kullanımını optimize etmek için modelleme ve izleme programları ile çevresel kalite standartlarının bir arada bulunduğu sistemlere ihtiyaç bulunmaktadır. MOM sistemi (Modelling-Ongrowing fish farms-Monitoring) bunlardan bir tanesidir (Ervik vd. 1997; Halide vd. 2009). Norveç'te salmon yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği amacıyla oluşturulan yasal düzenlemelerin de en önemli parçası MOM sistemidir. MOM sistemi, bir model ile çevresel kalite standartları içeren bir izleme programından, izleme programı ise üç araştırma tipinden (A, B ve C) oluşmaktadır. Bunlardan A-araştırma tipi kafes işletmeleri tabanındaki organik materyalin sedimentasyon oranının basit ölçümüne dayanmakta; B-araştırma tipi üç grup parametreyi kapsayan lokal etki zonunda gerçekleştirilmekte; C-araştırma tipinde ise orta ve bölgesel etki zonlarında bentik toplulukların yapısına odaklanılmaktadır (Hansen vd. 2001).

Kafes işletmelerinin lokal etki alanın tespitinde kullanılan ve üç grup parametreyi birleştiren B- araştırma tipi; uygulamasının kolaylığı, sık kullanıma elverişli olması ve çevresel etkisinin yoğun olduğu bölgelerde de kullanılabilmesi açısından tercih edilmektedir. Kullanılan üç grup parametre; biyolojik (makrofauna varlığı), kimyasal (pH, redoks potansiyeli) ve duysal parametreler (gaz çıkışı, renk, koku, kıvam, depozit kalınlığı) şeklindedir. Bu parametrelerden biri yerine birçoğunun beraber kullanımı, değerlendirmeleri daha güvenilir hale getirmekte ve değişimlerden kaynaklanan hataları minimuma indirmektedir (Stigebrandt vd. 2004).

Ağ kafeslerde sürdürülebilir yetiştiriciliğin izlenmesi bağlamında, su sütunu parametreleri önemli bir unsurdur. Ağ kafeslerdeki özellikle çözünmüş oksijen miktarının ise gelişmekte olan balıklar için en önemli kriterlerden biri olduğu kaçınılmaz olup, diğer kriterlerden ayrı izlenmesi önerilmektedir. Oksijen bütçesini oluşturan su sütunundaki ve sedimentte oksijen tüketim değerleri, ağ kafeslere stoklanacak balık yoğunluğunu veya ağ kafeste izin verilebilir maksimum balık biyokütlesini (taşıma yoğunluğunu) sınırlandıracaktır. İçsulara ve denizlerde oksijeni baz alarak geliştirilen bazı modeller (Beveridge, 1984; Tookwinas vd. 2004) ile taşıma yoğunluğu tahmin edilebilmektedir. Yukarıda bahsedilen izleme programının temel unsurları ve uygulama araçları olan çevresel

kalite standartlarının tespiti, faal olan bir işletmenin taşıma yoğunluğunu aşmayacağına da garantisidir.

Türkiye'de içsulara ağırlıklı olarak gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği yapılmakta ve baraj gölleri de içsu ürünleri açısından önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Türkiye'de 2014 yılı içsulara yapılan su ürünleri yetiştiriciliği üretim miktarı olan 108239 tonun 107533 tonunu gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği oluşturmaktadır (Anonim, 2016a). Türkiye'de de çevre ile dost yetiştiricilik yapabilmek için kısa zamanda güvenilir sonuç verebilecek izleme programları ile kafeslerde taşıma yoğunluğunun tahminine yönelik uygulamalara gereksinim duyulmaktadır.

Kafeslerde gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerinden biri de Karaova Baraj Gölü (Kırşehir)'dür. Bu çalışmada; a) 274 ton/yıl kapasiteli gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kafes işletmesinin lokal çevresel durumunun belirlenebilmesi için sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin ölçüm ve değerlendirilmesi, b) Kafes işletmesinde taşıma yoğunluğunun Beveridge (1984) ve Tookwinas vd. (2004) modeli ile tahmini amaçlanmıştır.

Çalışma bulgularının, içsulara kafeslerde balık yetiştiriciliğinin çevresel etkilerine ilişkin yasal düzenlemelerde sedimentin de izlenmesi konusunda olumlu yansımaları olacağı düşünülmektedir.

MATERYAL VE METOT

Karaova Barajı, Kızılırmak Havzası'nda yer alan ve Delice Irmağı'nın kollarından biri olan Kılıçözü Çayı'na bağlı Manahözü Deresi (Kırşehir) üzerinde, sulama amacıyla 1991-1998 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Karaova Barajı Kırşehir İli işletmede yer alan beş baraj ve hidroelektrik santralden (Bozkır Barajı, Çoğun Barajı, Kültepe Barajı, Sıdıklı Barajı) biridir (Anonim, 2015). Karaova Baraj Gölü'nün morfometrik, hidrolojik, fosfor bütçe parametreleri ve taşıma kapasitesi tahmin değerleri Tablo 1'de sunulmuştur.

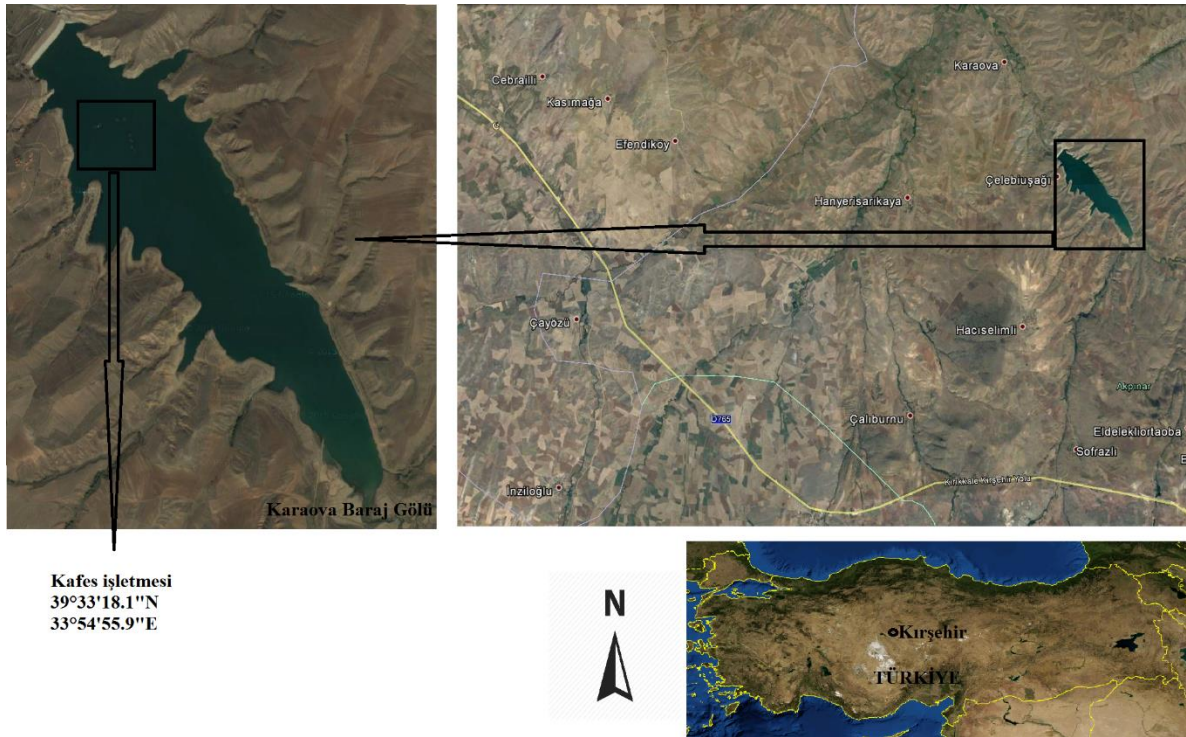
Araştırma 2015 yılının Ekim ve 2016 yılının Nisan ayında Karaova Baraj Gölü'nün kuzey bölümünde yer alan ve porsiyonluk gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) üretimi yapmakta olan 274 ton kapasiteli bir kafes işletmesinde yürütülmüştür (Şekil 1). Söz konusu ayların seçiminde, iç sulara faaliyet gösteren balık işletmelerinin su kalite parametrelerinin izlenmesi için nisan ve ekim aylarında örnek alınımı öngören tebliğ (Anonim 2014) esas alınmıştır.

Tablo 1. Karaova Baraj Gölü'nün morfometrik, hidrolojik, fosfor bütçe parametreleri ve taşıma kapasitesi tahmin değerleri
Table 1. Morphometric, hydrologic, phosphorus budget parameters and estimated values of carrying capacity of Karaova Dam Lake

Özellikler	Sembol	Değerler
Yetiştiricilik öncesi ortalama toplam fosfor konsantrasyonu (mg/m ³)*	(P) _i	24,0
Kabul edilebilir maksimum toplam fosfor konsantrasyonu (mg/m ³)*	(P) _f	60,0
Baraj gölünün yetiştiricilik için kapasitesi*	Δ(P)	36,0
Fosforun sedimentte tutulma oranı*	x	0,5

Yüzey alanı (km ²)**	A ₀	3,465
Göl hacmi (10 ⁶ m ³)**	V	64,997
Ortalama derinlik (m)**	z	18,75
Çıkış suyu hacmi (10 ⁶ m ³)**	Q	6,07
Seyrelme hızı (yıl ⁻¹)*	p=Q/V	0,09
Suyun yenilenme süresi (yıl)*	t _w =1/p	11,11
Fosfor tutulma katsayısı*	R _{balık}	0,81
Yetiştiricilikten kaynaklanan toplam fosfor yüklemesi (g/m ² .yıl)*	L _{balık}	0,61
Gölün taşıma kapasitesi (ton/yıl)*	TK	191,18

* (Anonim 2016b) , ** (Anonim 2015)



Şekil 1. Karaova Baraj Gölü ve seçilen kafes işletmesi konumu
Figure 1. Karaova Dam Lake and location of the selected cage station

Lokal çevresel durumun tahmini

Ağ kafes işletmesinin lokal çevresel durumunun tahminine yönelik olarak, sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin ölçüm yöntemleri ve puanlamaları Şekil 2'de sunulmuştur.

Beveridge (1984) modeli'ne göre taşıma yoğunluğu tahmini

Taşıma yoğunluğunun tahmininde Beveridge (1984) Modeli için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır:

$$O_{giriş} \text{ (mg } O_2/\text{saat)} = V \times A \times 1000 \times \text{ÇO}_{giriş} \quad (1)$$

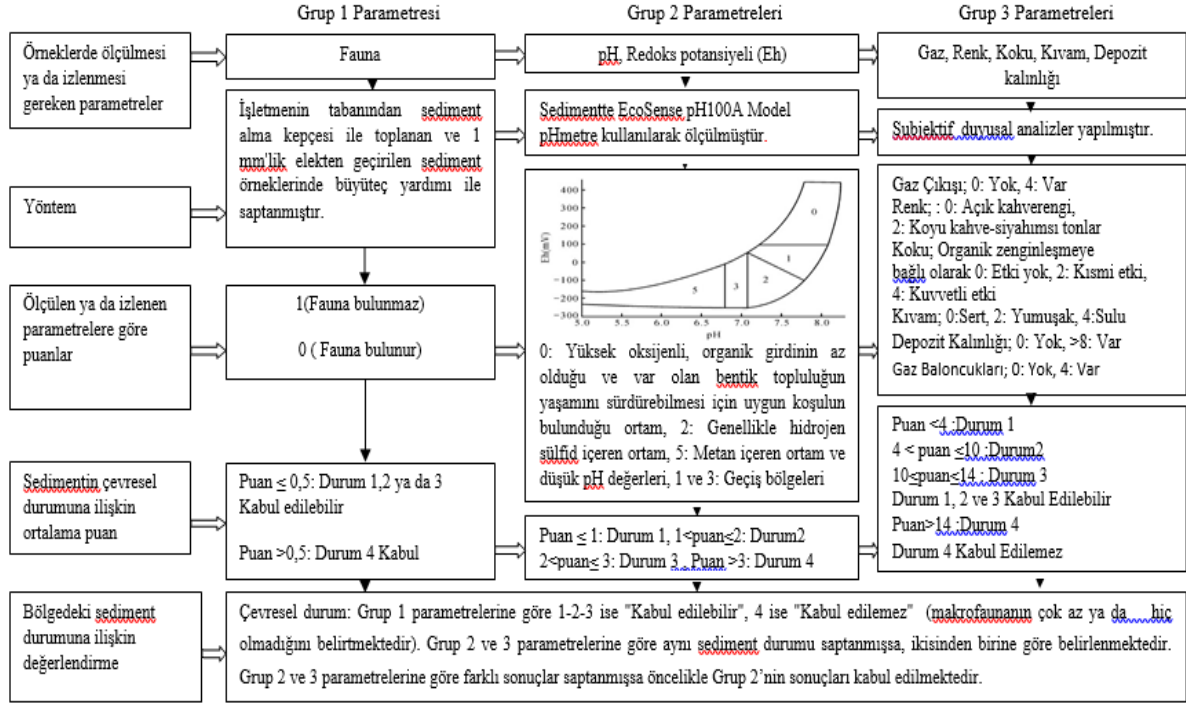
$$O_{çıkış} \text{ (mg } O_2/\text{saat)} = V \times A \times 1000 \times \text{ÇO}_{çıkış} \quad (2)$$

V: Akıntı hızı-m/sn (Manuel olarak yüzdürme metodu ile tespit edilmiştir)

A: Kafes alanı-m²

ÇO: %100 doymuşlukta ve deniz seviyesindeki su sıcaklığına bağlı çözülmüş oksijen değeri-mg/L (Sahada YSI Pro20 Model oksijenmetre ile ölçülmüştür)

$$\text{Balık için uygun oksijen} = O_{giriş} - O_{çıkış} \quad (3)$$



Şekil 2. Sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin belirlenmesi ve bölgenin çevresel durumunun değerlendirilmesi (Hansen vd. (2001) ve Stigebrandt vd. (2004)'den uyarlanmıştır)

Figure 2. Determination of the sediment environmental quality parameters and environmental condition of the sediment on the site (Adapted from Hansen et al. (2001) and Stigebrandt et al. (2004))

Tookwinas vd. (2004) modeli'ne göre taşıma yoğunluğu tahmini

Tookwinas vd. (2004) Modeli ile taşıma yoğunluğunun tahmininde (5) no'lu eşitlik kullanılmıştır:

$$BS_{mak.} = O_{giriş} + OT_{su} + OT_{sediment} + O_{çıkış} \quad (4)$$

$BS_{mak.}$ = Maksimum balık sayısı

OT_{su} = Su sütunda oksijen tüketimi (mg O_2 /sa)

$OT_{sediment}$ = Sedimentte oksijen tüketimi (mg O_2 /sa.kafes)

$O_{çıkış}$ = 3 mg/L (Çıkış suyu için öngörülen minimum değer)

$$TY_{mak.} = BS_{Mak} / OTH_{Balık} \quad (5)$$

$TY_{mak.}$ = Maksimum taşıma yoğunluğu (kg/m³)

$OTH_{balık}$ = Balıkların oksijen tüketim hızı (mg/kg.sa)

Model için gereken kafes işletmesi giriş ve çıkış çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerlerinin belirlenmesinde 1, 2 ve 3 no'lu eşitlikler kullanılmıştır.

Su sütununda oksijen tüketiminin (mg/m²saat) belirlenmesi içinse, kafesin iç ve dış bölümünde 4 saat süreyle ve 30 cm derinlikte ışık geçiren ve geçirmeyen Biyolojik Oksijen ihtiyacı (BOİ) şişelerinin bekletilmesiyle elde edilen çözünmüş oksijen değerleri arasındaki fark esas alınmıştır. Sedimentte tüketilen

oksijen miktarı, (6) no'lu eşitlik yardımıyla bulunmuştur (Pace ve Prairie 2005).

$$\log_{10}STO_{std10^{\circ}C} = 0.17 + 0.58 \log_{10}TF \quad (6)$$

STO= Sedimentte tüketilen oksijen miktarı (mmol O_2 /m²gün)

TF: Sudaki toplam fosfor konsantrasyonu (mg/m³)

$T_{std10^{\circ}C}$ = STO/(T/10)^{0.65}

T= Sıcaklık (°C)

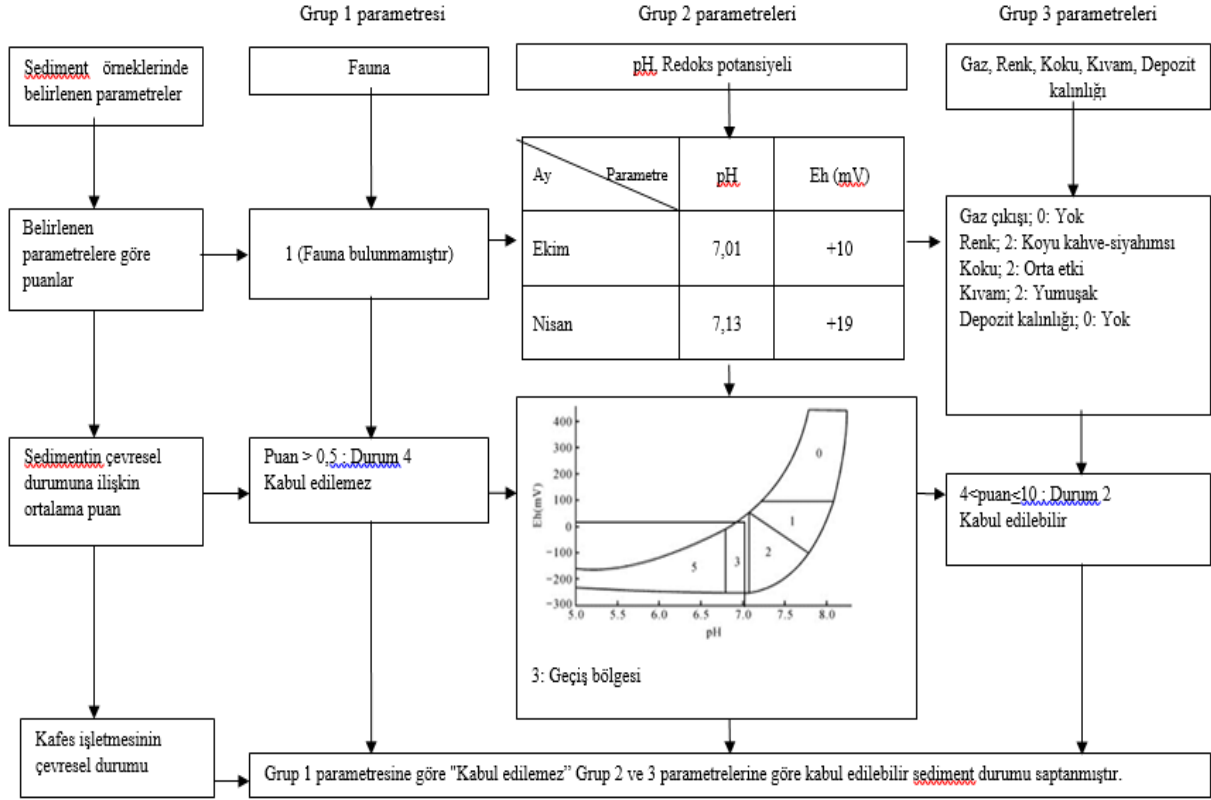
Toplam fosfor, ilk kademede (sindirme işlemi) persülfatla parçalama tekniği kullanılarak parçalamayı takiben serbest hale geçen ortofosfat, askorbik asit metodu ile APHA (1995)'e göre tayin edilmiştir.

Balıkların oksijen tüketim hızı için 400-600 mg/kg balık.sa değeri (Pulatsü ve Topçu 2012) baz alınmıştır.

BULGULAR

İşletmenin çevresel durumuna ilişkin bulgular

Karaova Baraj Gölü'nde seçilen kafes işletmesinden Ekim-2015 ve Nisan-2016'da alınan sediment örneklerine ilişkin kalite parametrelerine göre, işletmenin çevresel durumu Şekil 3'de sunulmuştur.



Şekil 3. Kafes işletmesinin Ekim ve Nisan ayında şediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu

Figure 3. The environmental condition of cage farm according to sediment quality parameters in October and April

Kafeslerde taşıma yoğunluğuna ilişkin bulgular

Beveridge (1984) modeli'ne göre taşıma yoğunluğu bulguları

Taşıma yoğunluğunun tahmininde kullanılan Beveridge (1984) Modeli'ne göre belirlenen değerler Tablo 2'de sunulmuştur.

Tookwinas vd. (2004) modeli'ne göre taşıma yoğunluğu bulguları

Taşıma yoğunluğunun tahmininde kullanılan Tookwinas (2004) Modeli'ne göre tahmin edilen taşıma yoğunluğu değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Beveridge (1984) Modeli'ne göre taşıma yoğunluğuna ilişkin bulgular

Table 2. Results for the holding density according to Beveridge (1984) Model

Kriterler	Ekim-2015	Nisan-2016
Akıntı hızı (v, m/sn)	0,01	0,02
Kafes alanı (A, m ²) (R= 20 m, Ağ derinliği= 17 m)	314	
Giriş - ÇO (mg/L)	5,96	9,80
O _{giriş} (mg O ₂ /sa)	673,71x10 ⁵	2215,58x10 ⁵
Çıkış - ÇO (mg/L)	5,78	9,45
O _{çıkış} (mg O ₂ /sa)	653,37x10 ⁵	2136,45x10 ⁵
Balık için uygun oksijen (mg O ₂ /sa)	20,34 x10 ⁵	79,13x10 ⁵
Gökkuşaağı alabalığı için oksijen tüketim hızı (mg/kg. sa)	600	400
Taşıma yoğunluğu (kg/m ³)	0,64	3,71

Tablo 3. *Tookwinas vd. (2004)* Modeli'ne göre taşıma yoğunluğuna ilişkin bulgular
Table 3. Results for the holding density according to *Tookwinas vd. (2004)* Model

Kriterler	Ekim-2015	Nisan-2016
O _{giriş} (mg O ₂ /sa)	673,71x10 ⁵	2215,58 x10 ⁵
Çıkış - ÇO (mg/L)	3,0	
O _{çıkış} (mg O ₂ /sa)	339,12 x10 ⁵	678,24 x10 ⁵
Balık için uygun oksijen (mg O ₂ /sa)	334,59 x10 ⁵	1537,34 x10 ⁵
BOİ (mg/L.sa)	0,28	0,19
Su sütunda oksijen tüketimi (mg O ₂ /sa)	1494640	1014220
Su sıcaklığı (°C)	12,8	8,8
TF (mg/m ³)	40	30
Sedimentte oksijen tüketimi (mg O ₂ /sa. kafes)	137,4	148,89
Taşıma yoğunluğu (kg/m ³)	10,91	72,47

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma kapsamında; Türkiye baraj gölleri dahil alıcı ortamlarda sürdürülebilir yetiştiricilik bağlamında kullanılmamış olan ve esaslı MOM (Modelling-Ongrowing Fish Farms-Monitoring) sistemine dayanan sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin Karaova Baraj Gölü örneğinde kullanım olanağı araştırılmıştır. Kafeslerde balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği açısından önem taşıyan izleme programlarında su veya sedimente ilişkin çevresel kalite standartları kullanılmaktadır. İzleme programları, MOM sisteminde olduğu gibi denizlerde kurulu kafes işletmelerinin lokal çevresel etkilerini belirlemek amacıyla kullanılmakta (Ervik vd. 1997; Hansen vd. 2001) ve içsularda da benzer prensiplerin uygulanabileceği bildirilmektedir (Anonymous, 2000). İçsularda yetiştiricilik faaliyetlerinin izlenmesinde ve kafes alanının çevresel durumunun ortaya konmasında sedimente ilişkin çevresel kalite parametreleri ön plana çıkmakta ve bu kapsamda sedimentte makroomurgasız varlığı, sedimentin bazı kimyasal analizleri (pH, redoks potansiyeli) ile gaz çıkışı, renk, koku gibi duyuşal parametreler dikkate alınmaktadır.

Karaova Baraj Gölü'nde faaliyette bulunan kafes işletmesinin bulunduğu alanın çevresel durumunu belirlemek amacıyla, Nisan ve Ekim olmak üzere farklı iki ayda alınan sediment örneklerinde, MOM yönteminde belirtilen kalite parametreleri üç kategoride tespit edilmiştir. İlk kategoride yer alan kriter biyolojik olup makrofauna varlığı ile ilintilidir. Seçilen kafes işletmesine ait sediment örneklerinin hiçbirinde makrofaunaya rastlanmamış ve bu parametreye göre çevresel durum "Kabul edilemez" şeklinde belirlenmiştir.

Sedimentte makrofaunanın yokluğu sedimentin zarar gördüğü anlamına gelmemelidir. Ancak Karaova Baraj Gölü'nü temsil edecek sayıda örnekleme ile detaylı incelemeler, sedimentteki makrofauna varlığı konusuna açıklık getirebilecektir. Zira morfometrik ve hidrolojik özelliklerin göllere göre farklılık gösterdiği rezervuarlarda, bentik makrofauna özellikle sedimenti etkileyen su seviyesindeki değişikliklere,

sıcaklık rejimine, rüzgar kaynaklı sediment dağılımına karşı da hassastırlar (Trichkova vd. 2013).

MOM yönteminde belirtilen ve ikinci kategoride yer alan çevresel kalite parametreleri, sedimentten alınan örneklerde elektrodlarla yapılan pH ve redoks potansiyelidir. Solunum, sülfat indirgenmesi ve metan üretimi olmak üzere üç büyük ayrışım prosesi tarafından kontrol edilen redoks potansiyeli, organik maddelerce zenginleşmiş sedimentte oksijen yetersizliğini ifade etmektedir (Stigebrandt vd. 2004). Alpaslan ve Pulatsü (2008) tarafından Kesikköprü Baraj Gölü'nde (Ankara) yürütülen çalışmada, sedimentin ortalama redoks potansiyeli değeri en düşük -10,50±0,29 mV ile kafes istasyonunda mayıs ayında ölçülmüştür. Özdal ve Pulatsü (2012), Gökçekaya Baraj Gölü'nde farklı kapasiteli (29 ve 950 ton/yıl) iki ağ kafes işletmesinde, alan sınıflandırması modülünde yer alan sedimenti tekstür açısından 'iyi' (kum), redoks potansiyeli açısından 'kötü' (<-200 mV) olarak sınıflandırıldığını belirtmişlerdir. Aynı baraj gölünde Karakoca (2013) tarafından yaklaşık 950 ton/yıl üretim kapasitesindeki gökkuşacağı alabalığı kafes işletmesine ait sediment örneklerinde, en yüksek değer üretim periyodu sonunda (Nisan) -170,00±4,08 mV, en düşük değer üretime başlamadan önce (Eylül) -327,00±0,08 mV olarak saptanmıştır. Bu çalışmada ise negatif redoks potansiyeli değerleri ölçülmemiş ve Hansen vd. (2001)'nin bildirdiği grafik esas alındığında sediment; nispeten düşük oksijenli, organik girdinin fazla olduğu ve var olan bentik topluluğun yaşamını sürdürebilmesi açısından daha az uygun koşulun bulunduğu "geçiş bölgesini" ifade eder durumda tespit edilmiştir.

MOM yönteminde belirtilen ve üçüncü kategoride yer alan sedimente ilişkin duyuşal parametreler ise organik madde miktarı arttıkça değişiklik göstermektedir; sedimentin rengi, kokusu, gaz kabarcıkları, sedimentin üst katmanındaki depozit kalınlığı gibi. Bu gruptaki puanlama subjektif olduğundan parametreler, teker teker değil grup olarak dikkate alınmaktadır. Araştırmamızda, duyuşal parametrelere göre sedimentin çevresel durumuna ilişkin ortalama değer (6 puan) minimum on

örnekten elde edilmiştir. Bu grup parametrelerine ait bulgumuz; $4 < 6 \text{ puan} \leq 10$ (Durum 2) olduğu için, kafes işletmesi alanının çevresel durumu "Kısmen kabul edilebilir" şeklinde değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak sedimente ilişkin ikinci grup kalite parametreleri baz alındığında; Karaova Baraj Gölü'nde seçilen kafes istasyonunun çevresel durumu "geçiş bölgesi" olarak belirlendiğinden kafeslerde balık yetiştiriciliği açısından gölün alarm veriyor olduğu, üçüncü grup parametreleri baz alındığında ise faal olan işletmenin taşıma yoğunluğunu kısmen aştığı ortaya konmuştur.

Karaova Baraj Gölü'nde faaliyet gösteren işletmenin taşıma yoğunluğu, oksijen bazlı farklı iki modelle (Beveridge, 1984; Tookwinas vd. 2004) tahmin edilmiştir. Örnekleme yapılan her iki ayda da gölde anoksik koşullar söz konusu olmamıştır. Balıkların kafeslerdeki ortalama ağırlıkları dikkate alınarak oksijen tüketimi değeri, Nisan ayı için 400 mg/kg.sa., Ekim ayı içinse 600 mg/kg.sa olarak kabul edilmiştir. Ancak örnekleme yapılan aylara ilişkin tahmini değerler, her iki modelin de taşıma yoğunluğunun tahminine uygun olmadığı yönündedir. Özellikle baraj göllerinde, derinlik başta olmak üzere morfometrik ve akıntı hızı gibi hidrolojik parametreler alıcı ortamın oksijen düzeyine etki eden ana değişkenlerdir. Mevsimsel su sıcaklık değişimleri dışında, kafeslerdeki balık yoğunluğu, balık büyüklüğü ve besleme rejimi de taşıma yoğunluğu tahminini güçleştiren diğer unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Halide vd. (2009) tarafından, denizel ortamlarda yapılan farklı çalışmalarda alan sınıflandırması kapsamında; bentik çeşitlilik, bentik habitat kalitesi ve bolluğu, sediment kalitesi, suyun alıkonma süresi, su kalitesi, ortamın biyofiziksel özellikleri ve besin elementi sınır değerleri gibi birçok farklı kriterin dikkate alındığı bildirilmiştir. Ancak özellikle baraj göllerinde suyun akış hızı; yetiştiriciliği yapılan balık türü,

askıda katı madde ve bölgenin bentik topluluğu için kritik bir değerdir. En düşük su kalitesi koşullarının; akış hızının düşük olduğu ortamlarda (seyrelme süresi uzun) gerçekleştiği ve akış hızının askıda katı maddenin yayılımını ve bentik canlılara oksijen iletimini etkilediği unutulmamalıdır. Bu çalışmada da Karaova Baraj Gölü'nde seyrelme hızının düşük dolayısı ile suyun alıkonma süresinin uzun olması (Tablo 1: 11,11 yıl), gölün taşıma kapasitesinin düşük bulunmasında etken olmuştur. Bu durum, işletmenin lokal çevresel durumuna ilişkin sonucumuzu da desteklemektedir.

Türkiye'de su kalitesi izleme konusunda birçok kurum ve kuruluş tarafından çalışmalar yürütülmekte ise de araştırma amaçlı çalışmalar dışında sediment izlemesi yapılmamaktadır. "Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ" (Anonim, 2014) ise, içsulara faaliyet gösteren balık işletmelerinde su sütununda toplam fosfor, toplam azot, klorofil-a gibi parametrelerin (Nisan ve Ekim aylarında) izlenmesini öngörürken, sediment odaklı izlenmesine ilişkin bir parametreyi kapsamamaktadır. Ancak görüldüğü gibi, sediment kalite parametrelerini baz alan izleme programları, kafes işletmelerinin çevresel durumu başka bir deyişle lokal etki alanı konusunda etkin bir değerlendirme aracıdır. Bu çalışmada özellikle sedimente yönelik önerilen yöntemlerin güvenilir ve basit olmasının yanı sıra hızlı ve kolay uygulanabilir olması gibi avantajlarının, karar verici mekanizmalara - özellikle baraj göllerinde yoğun bir dağılım gösteren kafes işletmelerinin yönetimi ve lokal etkilerini izleme konusunda - katkı sağlayacağı ve yol göstereceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı 15H0759001 No'lu proje kapsamında destekleyen Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne şükranlarımızı sunarız.

KAYNAKÇA

- Ackefors, H. & Enell, M. (1990). Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *A Journal of the Human Environment*, 19: 29-35.
- Alpaslan, A. & Pulatsü, S. (2008). The effect of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage culture on sediment quality in Kesikköprü Reservoir, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8(1): 65-70.
- Anonim. (2014). Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ. 26 Şubat 2014 Tarih ve 28925 Sayılı Resmî Gazete.
- Anonim. (2015). Karaova Barajı. <http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi12/kirsehir> (30.12.2015).
- Anonim. (2016a). Su ürünleri istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr> (15.01.2016).
- Anonim. (2016b). Karaova Baraj Gölü'nde (Kırşehir) taşıma kapasitesi ve bir kafes işletmesinde sedimente ilişkin çevresel kalite parametreleri. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu. Ankara. 46 s.
- Anonymous. (2000). Cage culture of salmonids in lakes: best practice and risk management for Tasmania. <http://www.eprints.utas.edu.au/456> (19.11.2015).
- APHA. (1995). Standart methods for the examination of water and wastewater. Amer Public Health Assn: USA.
- Beveridge, M.C.M. (1984). Cage and pen fish farming, carrying capacity models and environmental impacts. FAO Fisheries Technical Paper No. 255, Rome.
- Ervik, A., Hansen, P.K., Aure, J., Stigebrandt, A., Johannessen, P. & Jahnsen, T. (1997). Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming I. The concept of the MOM system (Modelling-Ongrowing Fish Farms Monitoring). *Aquaculture*, 158: 85-94. doi:10.1016/S0044-8486(97)00186-5
- Halide, H., Stigebrandt, A., Rehbein, M. & McKinnon, A. D. (2009). Developing a decision support system for sustainable cage aquaculture. *Environmental Modelling & Software*, 24: 694-702. doi:10.1016/j.envsoft.2008.10.013
- Hansen, P.K., Ervik, A., Schaanning, M., Johannessen, P., Aure, J., Jahnsen, T. & Stigebrandt, A. (2001). Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming II. The Monitoring Programme of The MOM System (Modelling-Ongrowing Fish Farms- Monitoring). *Aquaculture*, 194: 75-92. doi:10.1016/S0044-8486(00)00520-2
- Karakoca, S. (2013). Gökçekaya Baraj Gölü'nde gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) yetiştiriciliğinin yapıldığı ağ kafeslerde sediment-sediment gözenek suyuna ilişkin bazı parametrelerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 41 s.

- Özdal, B. & Pulatsü, S. (2012). Using of the computer software for the sustainable rainbow trout cage culture: A case study in Gökçekaya Dam Lake (Ankara, Turkey). *Ege Journal of Fisheries an Aquatic Sciences*, 29(1): 49-54. doi: [10.12714/egejfas.2012.29.1.08](https://doi.org/10.12714/egejfas.2012.29.1.08)
- Pace, M.L. & Prairie, Y. (2005). Respiration in aquatic systems. P.A. Del Giorgio, P.J. Le B. Williams (Ed.), *Respiration in lakes* (pp 103-121). New York: Oxford University Press.
- Pulatsü, S. & Topçu, A. (2012). Balık üretiminde su kalitesi. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi. 90 s.
- Stigebrandt, A., Aure, J., Ervik, A. & Hansen, P.K. (2004). Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming III. A model for estimation of the holding capacity in the Modelling-Ongrowing Fish Farms-Monitoring System. *Aquaculture*, 234: 239-261. doi:[10.1016/j.aquaculture.2003.11.029](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.029)
- Tookwinas, M., Songsangjinda, P., Kajonwattanakul, S. & Singharachai, C. (2004). Carrying Capacity Estimation of Marine Finfish Cage Culture in Pathew Bay, Chumphon Province, Southern Thailand. Southeast Asian Fisheries Development Center. TD/RES/91, LBCFM-PD No:34.
- Trichkova, T., Tyufekchieva, V., Kenderov, L., Vidinova, Y., Botev, I., Kozuharov, Z., Uzunov, Y., Stoichev, S. & Cheshmedjiev, S. (2013). Benthic macroinvertebrate diversity in relation to environmental parameters, and ecological potential of reservoirs, Danube River Basin, North-West Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 65(3): 337-348.