



HASANUĞURLU BARAJ GÖLÜNÜN ALABALIK

YETİŞTİRİCİLİĞİ AÇISINDAN TAŞIMA

KAPASİTESİNİN TAHMİNİ

İSMAİL TÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN

Ocak - 2020

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASANUĞURLU BARAJ GÖLÜNÜN ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ
AÇISINDAN TAŞIMA KAPASİTESİNİN TAHMİNİ

İSMAİL TÜRK

TOKAT
Ocak - 2020

Her hakkı saklıdır

İsmail TÜRK tarafından hazırlanan “Hasanuğurlu Baraj Gölünün Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Taşıma Kapasitesinin Tahmini” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19 KASIM 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN

Üye
Doç.Dr. Fatih POLAT
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Üye
Dr.Öğr. Üyesi Zafer KARSLI
Sinop Üniversitesi



ONAY


Prof. Dr. Çetin ÇEKİC
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BEYANI

“Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim”.



İsmail TÜRK

15 Ocak 2020

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASANUĞURLU BARAJ GÖLÜNÜN ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ AÇISINDAN TAŞIMA KAPASİTESİNİN TAHMİNİ

İSMAİL TÜRK

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ EKREM BUHAN)

Ağ kafeslerde balık yetiştiricilik sisteminde en önemli unsurlar; ortamın ekolojik şartlarını oluşturan su kalitesi parametreleri ve çevresel taşıma kapasitesidir. Bu çalışmada Hasanoğurlu baraj gölünün bazı su kalitesi parametreleri bir yıl boyunca izlenmiş ve elde edilen sonuçlar gözönüne alınarak gölde alabalık yetiştiriciliği ve kaldırma kapasitesi üzerinde bazı değerlendirmelerde bulunulmuştur. Araştırma alanı, Karadeniz Bölgesi Samsun İli sınırlarında yer alan Yeşilirmak üzerinde yer almaktadır. Bu tezin amacı, Hasanoğurlu baraj gölünün kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin fosfor yükleme modeli kullanılarak tahmin edilmesidir.

Ortalama derinliği yaklaşık 47 m ve yüzey alanı 22.70 km² olan Hasanoğurlu Baraj Gölü'nde, kabul edilebilir fosfor yükü 30 ile 60 mg/m³ ve yemden yararlanma oranı 1.0-2.0 arasında kullanılmıştır. Sonuç olarak, kafeslerde yetiştiriciliği yapılabilecek alabalık miktarı yaklaşık olarak 0 ile 34 000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Ancak, yaz mevsimi su sıcaklığı değerleri alabalık yetiştiriciliğini sınırlamaktadır.

2020, 73 SAY

ANAHTAR KELİMELEER: Hasanoğurlu Baraj Gölü, Alabalık, Fosfor, Fosfor yüklenme modeli, Taşıma kapasitesi, Su ürünleri yetiştiriciliği.

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE ESTIMATION OF THE CARRYING CAPACITY OF A HASANUĞURLU DAM LAKE FOR THE INTENSIVE RAINBOW TROUT CULTURE IN CAGE

İSMAİL TÜRK

TOKAT GAZİOSMANPAŞA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF WATER PRODUCTS

(SUPERVISOR:;) ASST. PROF. DR. EKREM BUHAN

The most important elements in fish net cage culture systems are the water quality parameters surrounding the cages and environmental carrying capacity. In this study, some water quality parameters of Hasanuğurlu dam lake were monitored for one year and considering the results obtained, some evaluations have been made on trout cage culture and carrying capacity. The research area is located on the Yeşilirmak river in the Samsun Province of the Central Blacksea Region. The aim of this thesis is to determine the carrying capacity of Hasanuğurlu dam lake for trout cage culture by using phosphorus loading model.

The acceptable phosphorus load was between 30 and 60 mg/m³ and the feed conversion rate was between 1.0-2.0 in Hasanuğurlu dam lake that had an average depth of 47 m and a surface area of 22.70 km². As a result, the amount of trout that can be cultivated in cages calculated as approximately 0 to 34 000 tons/year. However, summer water temperature values limited cage trout culture.

2020, 73 PAGE

KEYWORDS: Hasanuğurlu Dam Lake, Trout, Phosphorus, Phosphorus loading model, Carrying capacity, Aquaculture.

ÖNSÖZ

Bu çalışma; Hasanuğurlu Baraj Gölü'nün su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi gölün trofik durumunun saptanması ve sürdürülebilir kullanımı için fosfor modeli kullanılarak kaldırma kapasitesinin hesaplanması amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmam süresince arazi laboratuvar ve değerlendirme aşamalarında her daim yanımda olan değerli Hocam Dr. Öğr. Üyesi Ekrem Buhan' a, Doç. Dr. Nihat Yeşilayer' e, Dr. Öğr. Üyesi Zafer Karslı' ya, laboratuvar çalışmaları ve teknik destekleri ile bana yol gösteren tecrübelerinden faydalandığım Doç. Dr. Fatih Polat'a, çevresel modellerde desteklerini esirgemeyen Dr. Mehmet Ali Turan Koçer ve Dr.Saliha Dirim Buhan'a, manevi desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İSMAİL TÜRK

15 Ocak 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	11
2.1. Fosfor Nedir ve Niçin Önemlidir	11
2.2. Limnolojik Olarak Göllerin Sınıflandırılması	15
2.3. Su Kalitesi Sorunları	19
2.4. Ötrofikasyon Nedir	20
2.5. Su Ürünleri Yetiştiriciliği.....	34
3. MATERYAL ve YÖNTEM	38
3.1. Çalışma Alanı	38
3.2. Çalışmada Kullanılan Örnekleme ve Analiz Metotları.....	39
3.3. Fosfor Yüklenmesi Modeli	39
3.4. Hidrolik Bekleme Süresi ve Çevresel Hazmetme Kapasitesi.....	42
4. BULGULAR.....	43
4.1 Su kalitesi bulguları.....	43
4.2. Taşıma kapasitesi.....	44
4.3.Ortalama toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli	45
4.4. En yüksek toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli.....	47
4.5. En düşük toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli	49
4.6. Hasanuğurlu baraj gölünün hidrolik bekleme süresi.....	51
4.7. Hasanuğurlu baraj gölünün çevresel hazmetme kapasitesi.....	52
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	53
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	73

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Dünyadaki su kaynaklarının dağılımı.....	3
Şekil 2.1. Ağ kafes işletmelerinde suda çözünen ve organik atık tespiti için kütle dengesi modeli	15
Şekil 2.2. Doğal ve kültürel ötrofikasyon	21
Şekil 2.3. Antropojenik (Kültürel) Ötrofikasyon.....	21
Şekil 2.4. Ötrofikasyona uğramış göl görüntüleri.....	22
Şekil 2.5. Ötrofikasyon	24
Şekil 2.6. Balık ölümleri	26
Şekil 2.7. Ötrofikasyonun bazı olumsuz etkileri.....	31
Şekil 3.1. Hasanuğurlu barajı ve konumu	38
Şekil 4.1. Hasanuğurlu baraj gölünün ortalama fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı	47
Şekil 4.2. Hasanuğurlu baraj gölünün en yüksek fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı	49
Şekil 4.3. Hasanuğurlu baraj gölünün en düşük fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı	51
Şekil 5.1. Hasanuğurlu baraj gölü için farklı fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesi dağılımı 59	

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Bazı balık çeşitlerini fosfor ihtiyaçları	13
Çizelge 2.2. Bazı Avrupa ülkelerinde temel yem karakterleri.....	14
Çizelge 2.3. Trofik tipe göre göllerin genel karakteristikler.....	18
Çizelge 2.4. Su kalitesinde biyolojik ve kimyasal izlemenin avantaj ve dezavantajları	19
Çizelge 2.5. Göllerde izin verilen P ve N yükleri	25
Çizelge 2.6. Oligotrofik ve ötrofik suların özelliklerinin kıyaslanması	27
Çizelge 2.7. Su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerine ilişkin farklı taşıma kapasitesi	32
Çizelge 2.8. Su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde kullanılan matematiksel modeller.	33
Çizelge 2.9. Su ürünleri üretiminde önemli ülkeler.....	35
Çizelge 2.10. Dünya su ürünleri üretimi.....	35
Çizelge 2.11. Türkiye’de Deniz ve İçsu Yetiştiricilik Üretim Miktarı.....	36
Çizelge 2.12. Türkiye’de yetiştiriciliği en çok yapılan türlerin üretim miktarı	37
Çizelge 4.1. Hasanuğurlu baraj gölü mevsimsel sıcaklık değerleri.....	43
Çizelge 4.2. Hasanuğurlu baraj gölünde mevsimsel çözünmüş oksijen değerleri.....	43
Çizelge 4.3. Hasanuğurlu baraj gölünde mevsimsel ölçülen pH değerleri	43
Çizelge 4.4. Hasanuğurlu baraj gölünde mevsimsel ölçülen toplam fosfor değerleri	44
Çizelge 4.5. Hasanuğurlu baraj gölü ortalama fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli	46
Çizelge 4.6. Hasanuğurlu baraj gölü en yüksek fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli.....	48
Çizelge 4.7. Hasanuğurlu baraj gölü en düşük fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli	50
Çizelge 4.8. Hasanuğurlu baraj gölü yenilenme süresi ve parametreleri.....	52
Çizelge 4.9. Hasanuğurlu baraj gölünün çevresel hazmetme kapasitesi parametreleri ..	52
Çizelge 5.1. Kültür alabalıklarının iyi gelişimi ve hayatta kalması için gerekli su kalitesi sınırları	55
Çizelge 5.2. Göl, gölet ve baraj gölleri ötrofikasyon kriterleri.....	56
Çizelge 5.3. Hasanuğurlu baraj gölü ortalama fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesinin karşılaştırılması (ton)	58
Çizelge 5.4. Hasanuğurlu baraj gölü en düşük fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesinin karşılaştırılması (ton)	58

1.GİRİŞ

Akuakültür; sucul organizmaların biyolojik gelişim evrelerine göre en uygun çevresel şartların kontrollü ve düzenli bir biçimde sunulmasıyla, su kaynaklarının ekolojik yapılarını ve balanslarını bozmadan doğal stoklardaki av baskısını azaltarak stokları koruyan, yetiştiricilikte ekonomik prensipleri göz önünde bulunduran çok sayıda bilim dalları ve çeşitli sektörlerle ilişkisi olan önemli bir üretim ve bilim alanıdır". "Bu üretim alanında son elli sene içerisindeki bilimsel-teknolojik gelişmeler ve uygulamalardaki ilerlemeler su ürünleri üretiminin ilerleyişinde kayda değer oranda katkıda bulunmuştur (Bostock, 2011).

Göller ve rezervuarlar önemli su kaynakları olmasının yanında ve su ürünleri yetiştiriciliği içinde önemli kaynaklardır (Sun ve ark., 1999). Göllerde ve rezervuarlarda su ürünleri yetiştiriciliğinin hızla gelişmesiyle birlikte, su kalitesi ve su organizmalarına olumsuz etkileri açıkça ortaya çıkmış (Zhou ve ark.,2011), su ortamını giderek daha da kötüleştirmiştir (McDaniel ve ark. 2005). Su ürünleri yetiştiriciliği, göllerin ve rezervuarların kapsamlı kullanımının bir parçası olmasına rağmen, yüksek yoğunluklu ve önemli miktarda yem içeren yoğun su ürünleri, besin elementi seviyelerini etkiler, su kolonu ve sedimentteki kirlilik yükünü artırır ve sonuçta ötrofikasyona yol açabilir (Garner, 2008).

Su ürünleri ticareti; bilhassa bir ülkenin hem dış piyasasında, hem de iç piyasa da ciddi sirkülasyonların meydana geldiği bir alandır. Dünya'nın büyük bir kısmının sularla çevrili olduğunu hesaba katarsak, su ürünlerinin değeri ortadadır. Türkiye'de de, Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz'in olduğu dört denizin bulunması, gerekse önemli akarsu, göl ve baraj gibi kaynaklara sahip olunmasından ötürü su ürünleri bir sektör durumuna gelmiştir (Anonim, 2016).

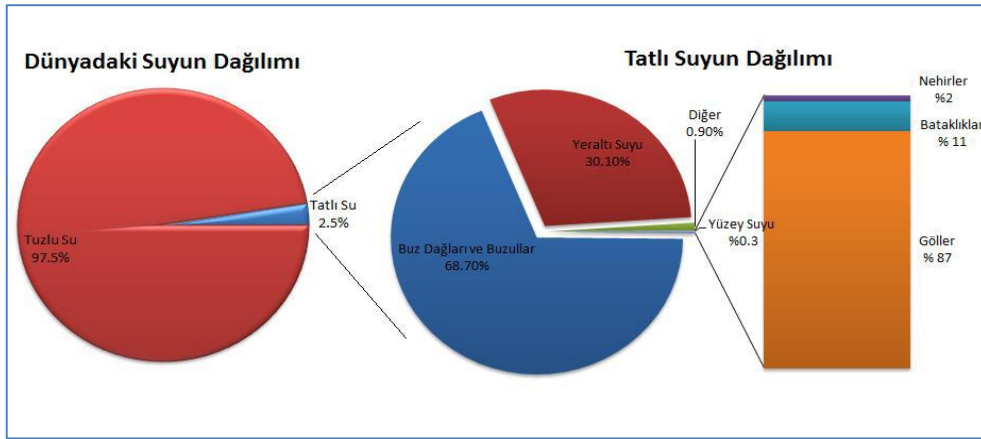
Dünya üzerinde ticari balıkçılık 15.asrın sonlarında görülmeye başlanmış ve peşinden gelen iki asır içerisinde de balıkçılık büyüyerek balıkçılık sanayi kurulmuştur. Balıkçılıkta balıkları avlamak ve avlanan balıkları işleyen, çeşitli donanımlarla donatılmış büyük balıkçı filoları oluşturulmuştur. Zaman içerisinde aşırı avlanma balıkçılığa risk teşkil etmeye başlamış ve günümüzde ekosistemlerin kirlenmesi ve yok olmasıyla beraber ciddi mesele haline gelmiştir (Yazıcıoğlu, 2015).

Balıkçılık ileride ve günümüzde tüm devletlerin ekonomilerine belli bir uğraş ve yatırım karşılığı devamlı katma değer yaratan hayati unsurlardandır. Balıkçılığın önemi, daha fazla insan beslenmesine olan yüksek seviyedeki hayvansal protein temin etmesinde ve sürekli ekonomik girdi oluşturulmasında aranmalıdır. Beslenmenin, bilhassa dengeli beslenmenin farkında bulunan toplumlar hayvansal protein kaynaklarını daha da zenginleştirmek ve geliştirmek amacıyla denizlerden maximum oranlarda yararlanmanın yolu sürekli şekilde aramakta özellikle ileriki zamanlara bugünden yatırımda bulunmaktadır. Dünya nüfusu devamlı çoğalırken hayvansal protein ihtiyacını gidermek, dünya üzerindeki besin üretimine katkı vermek amacıyla dahada çok çaba sarf edilmesi insani bir mesuliyet ve vazife olarak bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Devletlerin su ürünleri kaynaklarının devamlılık içinde kullanılması, stoklarından faydalanma ve yeni av alanlarının keşfedilmesi, modernleştirilmesi, devletin sosyal ve iktisadi amaçları istikametinde tüketilmesi, kaynakları ortaya çıkaran çeşitlerin popülasyonlarının, stoklarının ve stokların yıllık imalatlarının ve bunlara etki eden faktörlerin çok iyi planlanması icap etmektedir (Acara ve Coşkun, 1989).

Dünya üstünde bulunan toplam su miktarı 1.4 milyar km³'tür. Denizlerde ve okyanuslarda tuzlu su olarak % 97.5'i, göllerde ve nehirlerdeyse tatlı su olarak % 2.5'i yer almaktadır. % 2.5 gibi az bir orana sahip olan tatlı su kaynaklarının % 90'ının kutuplarda ve yeraltında olması sebebiyle insanoğlunun rahatlıkla yararlanabileceği uygun olan tatlı su bolluğunun ne denli az olduğu görülmektedir. Ülkemizde 826'dan çok yapay ve doğal göl vardır. Dağların zirvelerinde yer alan küçük boyutlu göller ile beraber 120'den fazla doğal göl bulunmaktadır. Ülkemizde doğal göller haricinde 706 tane baraj gölü vardır. Türkiye gölleri ile birlikte akarsular açısından zengin bir memleketir. Türkiye topraklarından kaynaklanan çok sayıda akarsu başka denizlere boşalır. Su zengini olan devletler içerisinde Türkiye'yi de saymak çokta doğru bir tespit olmamaktadır. Zira senelik fert başına düşen su miktarı incelendiğinde Türkiye su kıtlığı yaşamakta olan bir devlet konumundadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2030 yılında Türkiye'nin nüfusunun 100.000.000'na çıkacağını belirtmiştir (TÜİK, 2019). Su kaynakları üzerine olabilecek baskıları, su tüketim alışkanlıklarının farklılaşması ve mevcuttaki büyüme hızı, gibi öğelerin tesiriyle öngörülebilmektedir. Diğer taraftan yapılmış olan tüm bu öngörüler varolan kaynakların yirmi sene ilerisine hiç tahrip etmeden ve bozmadan ulaştırılabilmesi durumunda söz konusu olabilecektir.

Bundan ötürü Türkiye'nin sonraki kuşaklara sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için var olan kaynaklarını optimum düzeyde koruyup, akıllı ve doğru kullanılması icap etmektedir (Anonim, 2018).

Dünya üzerinde yer alan toplam su miktarının takribi 3/10.000'i varolan durumda ulaşılabilen ve değerlendirilebilen su formundadır.



Şekil 1.1. Dünyadaki su kaynaklarının dağılımı (Anonim 2017).

İnsan ve tabiat bağlantısı oturmuş bir biçimde ilerleyişini sürdürürken insanoğlunun kalkınma sorunları bu ilişkide dengenin tabiat aleyhine bozulmasına yol açar. İnsanoğlu, yaşadığımız bu günlerde hemen her temel akuatik ekosisteme baskın bir biçimde etki etmektedir ve aktivitesiyle yetişmeyi sınırlayıcı elementlerin topraktan alıcı akuatik ortamına akışlarını değiştirmektedir (Smith, 2003).

Doğal kaynaklarına yapılan baskının fazlaşmasıyla kaynakların tükenmeye başlamasının bedelinin çok fazla olması dünya gündeminde olan bir husustur. Bu çerçevede, sürdürülebilir metodların uygulanmasında ve doğal kaynakların ekonomik değerlerinin ortaya konulmasında çevresel değerlendirme yöntemlerinin kullanılması bir yol gösterici olarak nitelendirilmektedir (Anderson, 1985; Kula, 1994).

Türkiye'de geleneksel derin su yaklaşımı egemendir. Çok değişik tatlısu kütleleri içerisinde, belki de görkeminden ve berrak yapısından ötürü büyük ve derin su kütlelerine çok daha fazla önem verilip açık su kaynaklarını kapalı su kaynaklarına

nazaran daha fazla ideal görmekteyiz. Lakin sığ göllere de son günlerde ilgi duyulması ümit vericidir. Sığ göllerde; sığ ve su bitkilerinin hâkim olduğu kısım (litoral bölgeler) egemendir ve derin sulara nazaran, birim su yüzeyi başına biyolojik üretkenlik ve çeşitlilik daha fazladır. Göllerin ekolojik sistemlerini ve su kalite yapılarını öncelikle, kimyasal (fosfatlı ve azotlu bileşikler v.b. gibi) , fiziksel (ışık, ısı, v.b. gibi) ve biyolojik besin zinciri ilişkileri belirler. Bir göl ekolojik sisteminde gıda zincirinin ilk halkasını azot ve fosfat kullanarak fotosentez yapan tek hücreli bitkiler olan “fitoplanktonlar” oluşturur. İkinci halka ise “fitoplankton” yiyen “hayvansal planktonlardır”. Bir sonraki halkayı ise “hayvansal plankton” yiyen “otçul balıklar” oluşturur (kadife, sazan v.b. gibi). Küçük balıklar ile beslenmekte olan yırtıcı balıklar (tatlısu levreği, turna, v.b. gibi) ise gıda zincirinin en üst halkasını oluşturur. Göllerde sulak alan bitkileri büyük öneme sahiptir. Sulak alan bitkileri barınak sağlaması, suların berrak durumda kalması ve balıkların yumurtlama alanları olmaları gibi değişik organizmalar içinde uygun koşulların oluşturulmasına katkıda bulunurlar (Cevadzade, 2007).

Besin elementleri, yayılcı kirletici ve noktasal kaynaklardan su kaynaklarına erişmektedir. Evsel ve endüstriyel atıksular noktasal kaynaklardır. Katı atık depolama sahalarının sızıntı suları, tarım sahalarında gerçekleştirilen gübreleme, büyükbaş, kümes ve küçükbaş hayvan atıkları, yüzey akışı, atmosferik taşınım ve erozyon yayılcı kaynaklardır (Atmaca, 2012). Bilhassa tarım sahalarında gerçekleştirilen çalışmalarda hızlı artış gıda maddelerinin, bilhassa fosforun yüzey sularıda atmosferik depolanmasını fazlaştırmıştır. Bundan hariç insanlar akıcı yüzey sularından güvenilir atıksu bertaraf yöntemi olarak faydalanmaktadırlar. Yerküredeki yüzey sularına azot ve fosfor yüklemesi arazi kullanımı ve insan popülasyon yoğunluğu ile kuvvetli bir biçimde etkilenmektedir (Smith, 2003). Ötrofik ortamların esas tetikleyicisi fosfor ve azottur ve genellikle yayılcı kaynaklardan kaynaklanır (NSTC,2003).

Bir ekolojik sisteme organik madde giriş oranındaki artış ötrofikasyon olarak nitelendirilmektedir. Besin öğelerinin (çoğunlukla fosfor ve azot bileşikleri) yol açtığı, nehirler, göl ve rezervuarlarda biyolojik üretimin doğal sürecinin (prosesinin) zenginleşmesidir ve göllerin yaşlanması olarakta sayılmaktadır (Nixon,1995).

Ötrofikasyon, bentik macrofitlerin toplanmasıyla, yüzey birikintileri, yüzey bitki yığınları ve görülebilir mavi-yeşil alg (siyanobakteri) ya da algal patlamalarla

neticelenebilir. Bu durum ikincil sorunlara yol açabilen suda çözülmüş oksijenin azalmasını tetikleyen, toksik maddelerin serbest kalması, organik maddelerin bozulması ya da öncelikle okside olmuş fosfatların sedimanlara bağlanması ve oksijen yokluğundan balık ölümleri gibi nedenlere yol açar (Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018). Akuatik ekosistemlerde çevresel değerlendirme metodlarının ana elementi ötrofikasyondur (Nixon, 1995).

Doğada ötrofikasyon, tatlı su ekolojik modelleri için ortak bir olgu olup, çok sayıda göl veya gölette normal yaşlanma prosesinin bir parçasıdır. Gerçekleştirilen çalışmalar göllerin, “Avrupa’da % 53, Asya’da % 54, Güney Amerika’da % 41, Kuzey Amerika’da % 48 ve Afrika’da ise % 28’inin” ötrofik durumda olduğunu göstermiştir. Ötrofikasyon su kaynaklarında varolması arzu edilmeyen bir durumdur. Suyun azot ve fosfor çevirim kapasitesinin aşılması neticesi meydana gelen birikimin kendi kendini temizleme kapasitesini aştığı halde, bilhassa tarımsal çalışmaların, temizlik maddesi kullanımlarının tetiklediği su kirliliği ve ötrofikasyon, meydana gelmektedir. Bu nedenle noktasal ve yayılıcı olan yani noktasal olmayan kirletici kaynaklarından yüzey ve yeraltı sularına besin öğelerinin girişleri engellenmelidir.

- Azot ve fosfor ihtiva eden endüstriyel atıkların kontrol altında tutulması,
- Deterjanlar ve diğer temizlik maddelerine fosfor ilave edilmemesi,
- Fosfor ve azot giderimi sağlayabilen evsel ve sanayisel atıksu tasfiye yapılarının oluşturulması, var olan tasfiye yapılarının revize edilmesi, yoğun kontrol mekanizmalarının oluşturulması ve en uygun biçimde çalıştırılması,
- Gübrelemenin tarımsal alanlarda bilinçli yapılması ve tarımsal alanlarda gübreleme sonucu meydana gelen kirliliklerin denetlenmesiyle düşürülebilir (Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018).

İnsanlar tarafından su ve kaynaklarına yapılacak her çeşit müdahalenin sürdürülebilir olması ve koruma kullanma kuralı doğrultusunda yapılması icap etmektedir. Su ve kaynaklarının devamlılığının sağlanması insan yaşamı için hayati önemdedir. Zira su kaynaklarından çok çeşitli sahalarda yararlanılmaktadır ve suyun olmaması halinde yaşamdan da söz edilemez. Bundan dolayı su gibi bir kaynaktan faydalanma eskide ve günümüzde olduğu gibi ileride de problemsiz bir biçimde sürdürülebilir olmalıdır (Anonim, 2017).

Ülkemizdeki iç su potansiyeline bakıldığında içme suyunun ve su ürünlerinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından barajlardaki su kalitesinin izlenebilmesi ve uygun bir yol takip edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle veritabanı oluşturularak baraj göllerinin özellikleri tespit edilir. Bu durumda yapılması icap eden ilk adım göllerin trofik seviyesinin belirlenmesidir. Trofik seviyesinin belirlenmesi göllerin sınıflandırılması ve su ürünlerine dair sağlıklı ve geçerli planlama yapılabilmesi sağlanabilecektir (Ayvaz ve ark., 2011).

Evrensel iklim değişikliğindeki olumsuz etkiler su kaynaklarının muhafaza edilmesini millî ve uluslararası mevzuatla mecburi tutmuş ve su kaynaklarına gösterilen değeri fazlaştırmıştır. Su kaynaklarını muhafaza çalışmalarının ilk adımı izleme ve sorun belirleme oluşturmuştur. İzleme ve araştırma programları oluşturularak ötrofikasyonla mücadelede başarıyla sonuçlanma oranı yüksek yöntemlerden yararlanılmalıdır. Ilıman kuşakta yer alan rezervuarların ve göllerin en büyük sorunu ötrofikasyondur. Bu çalışmada “Samsun Tokat-Amasya-Ordu” illerinin sınırları dâhilinde bulunan “Hasanuğurlu Baraj Gölü’nün” balık yetiştiriciliği kökenli fosfora bağlı muhtemel ötrofikasyon durumuun ortaya konulması amaçlanmıştır

Ağ kafeslerde gerçekleştirilen balık üreticiliğinin devamının sağlanmasına dair riskleri en az seviyeye düşürebilmek amacıyla, ortamın kaldırma kapasitesinin bilinmesi icap eder. Bilhassa balık üreticiliğinde kafeslerde bulunan ortamın taşıma kapasitesinin üstüne çıkılmamalıdır. Su ürünleri üreticiliği için sistem oluşturulacak alanlarda atık maddelerin oluşturabileceği organik yükün negatif etkisini minimum seviyede tutabilmek adına “ortamın taşıma kapasitesi” göz önünde bulundurularak faaliyette bulunacak kuruluş adeti ve toplam kapasite belirlenmeli, taşıma kapasitesinin üzerindeki yatırımlar engellenmelidir (Şahin, 2003). Göllerde ağ kafeslerde gerçekleştirilen balık üretiminde gölün kaldırma kapasitesiyle alakalı yapılmış olan araştırmalar; “Uzungöl’de Verap ve ark. (2003), Almus Baraj Gölünde Buhan ve ark. (2010) ve Polat (2009), Kesikköprü Baraj Gölünde Pulatsü (2002), Menzelet Baraj Gölünde Büyükçapar ve Alp (2006), Kariba Gölünde Mhlanga ve ark. (2013)’de” ortamın taşıma kapasitesi hesaplamasını “fosfor yüküne dayalı kaldırma kapasitesini Dillon-Ringler fosfor bütçe modeli” kullanarak yapmışlardır.

Hasanuğurlu Baraj Gölü, Samsun Tokat-Amasya-Ordu illerinin Yeşilirmak üzerinde enerji ve taşkın koruma amacıyla “DSİ tarafından 1972 yılında inşasına başlanmış ve yedi yıl sonra 2 x 125 MW. lık ilk iki ünitesinin yapımı 2 ve 28 Aralık 1979 tarihlerinde tamamlanmış, aynı güçteki diğer iki ünitesi de sırasıyla 29.12.1982 ve 06.02.1983 tarihlerinde hizmete girmiştir” (<http://www.hasanugurluhes.gov.tr/Index.htm>,). Hasanuğurlu Baraj Gölü’nde ise daha önceden su ürünleri ile alakalı herhangi bir yetiştiricilik çalışması yoktur. Balıkçılığın özellikle de su ürünleri üreticiliğinin bilimsel temelli ve sürdürülebilir yapılması civarda bulunan halkının iktisadi durumlarının güçlenmesine büyük oranda katkıda bulunacaktır. Bu çalışmasıyla gölün trofik düzeyi tespit edilip; ötrofikasyon yönetim ve izleme uygulamaları meydana getirmek için önemli bilgilerin elde edilmesi sağlanmıştır.

İnsan ve öbürkü canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri amacıyla gereksinim duydukları en önemli unsurlardan biri tatlı su kaynaklarıdır. Göller tatlı su kaynaklarından biri olarak durgun sular olduklarından, insan çalışmaları, etkinlikleri sonucu ekolojik sistemleri süratli bir biçimde bozulmaya maruz kalmaktadır. Küresel ısınma ve tarım gibi unsurlarla doğal su rejiminin bozulması, asitleşme, ötrofikasyon, tuzlanma, ağır metal ve öbür zehirli madde kirlilikleriyle su kullanımı, göller adına en büyük riskleri meydana getirmektedirler (Anonim, 2003).

Hidrolojik döngü, turizm ve balıkçılıktaki rolü, biyolojik çeşitliliği ile doğal güzellikleri gibi çok sayıda özellikleriyle göller dünya üzerindeki önemli sahalardan biridir. Lakin nüfusun hızlı artışı; gelişen teknoloji, evsel ve endüstriyel atıklar, küresel ısınma ve tarımsal kirlilik kaynakları göller üstünde büyük bir baskıya sebebiyet vermektedir. Bahse konu nedenler içerisinde en tehlikeli ve yaygın çevresel problem insan kaynaklı ötrofikasyondur (Taş, 2011). Dünya çapında, biyoçeşitliliğin dikkat çekici düzeyde azalmasına ve su niteliğinin bozulmasına yol açan, azot ve fosforun olağanüstü artmasıyla ortaya çıkan göl ötrofikasyonudur (Beklioğlu, 2004).

Göllerde besin maddelerinin fazlalaşmasında su kalitesi açısından çok önemli bir problem oluşturmaktadır (Beklioğlu, 2004). Trofik seviyenin doğru saptanması; tatlısu göllerinin kullanımı ve arzu edilen nicelik ve nitelik açısından devamlılığının sağlanmasına imkân yaratır (Tuğrul ve ark., 2011). Su ürünleri yetitliliği yönünden muhtelif çalışma konularını ve önemli bir potansiyeli yapılarında bulunduran

rezervuarların karakterlerinin belirlenmesi Türkiye içsu zenginliğini var eden bu su kitlelerinin en üst seviyede faydalanılabilmesi yönünden büyük öneme sahiptir. Göllerimizle ilgili veri tabanlarının meydana getirilmesine bu tür çalışmalar ortam yaratmaktadır. Su kaynaklarımızla alakalı ulusal çapta bütünleşmiş bir veri sisteminin oluşturulması hakikaten olmazsa olmaz bir husustur. Bu tip verilerden yararlanarak göllerimizin taşıma kapasiteleri ve teorik potansiyelleri saptanabilecektir. Ancak bununla birlikte, uygulamalı çalışmalar yapan ya da mevzuat gereği görevlerinden biri olan kuruluş ve kurumlar, su kaynaklarının kullanılmasında ve ileriye dair planlamaların oluşturulmasında ellerinde gerçekçi bir vasıtaya ve esas alacakları sağlam bir yüzeye sahip olabileceklerdir (Ayvaz ve ark., 2011).

Gün be gün azalmaya devam eden doğal sermaye ve fazlaşan çevre kirliliği dünyanın akibeti için kaygı uyandırıcıdır. Suyun devamlılığı su ve akuatik ekolojik sistemleri düzenleyici bir yaklaşımdır. Bu terim hem su ürünleri üreticiliği yapmakta olan hem de ekosistem dostu şirketler açısından ekonomik olmayı destekler. Sürdürülebilirlik-Devamlılık doğal geri dönüşüme de katkıda bulunan bir yöntemdir. Bu yöntem çevresel ekonomik ve sosyal yaklaşımları içerir. Kaynak kullanımını dengelemek, yerel kaynaklardan yararlanmak, insan gereksinimlerini gideren ekosistemi muhafaza ederek kullanmak ve çevrenin kalitesine zarar vermeden değerlendirmek sürdürülebilir yetiştiricilikle sağlanacaktır (Xing ve ark., 2014).

Ülkemizin sahip olduğu iç su varlığına ve potansiyeline bakıldığında iç sularımızın yalnızca % 30'na denk gelen 677 tane baraj gölü vardır. Bu potansiyelin sağlıklı içme suyu elde edimi ya da su ürünleri açısından barajlarda su kalitesinin takip edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bunun içinde baraj göllerinin özelliklerinin olduğu veritabanları meydana getirilmeli ve baraj göllerinin trofik seviyeleri tespit edilmelidir. Trofik düzeyin tespit edilmesi, göllerin sınıflandırılmasına ve su ürünlerine dair geçerli ve sağlıklı planlamaların hazırlanmasına da olanak verecektir (Ayvaz ve ark. 2011).

Ötrofikasyon; ılıman kuşaktaki göl ve rezervuarların en büyük problemidir. Ötrofikasyon için önlem almanın yoluyla ilk olarak izleme ve araştırma programları oluşturmakla sağlanır. Yaşadığımız dönemde su kaynaklarına verilen değer global iklim değişiminin negatif etkilerinin hissedilmesi ile birlikte artış göstermiş; su kaynaklarının korunması uluslararası ve ulusal mevzuatlarla da zorunlu kılınmıştır. Bu kapsamda

çalışmada; alabalık üreticiliği açısından değerlendirilebilirliği, mevcut durumu araştırılacak ve çevresel kirlilik meydana getirmemesi için fosfora dayalı taşıma kapasitesi tahmini gerçekleştirilecektir.

Pulatsü (2002); Ankara Kesikköprü Baraj gölünde (yüzey alanı 6.5 km², hacmi 95.0 hm³, ortalama derinliği 14.6 m, ortalama fosfor konsantrasyonu 53.1 mg/m³) Beveridge (1984) tarafından geliştirilen fosfor bütçe modelini kullanarak; Dillon ve Rigler (1974) tarafından ılıman bölge gölleri için kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyonuna (60 mg/m³) dayanarak, çalışmada göle yüklenebilecek maksimum fosfor miktarını 6.9 mg/m³ ve kafes kültüründen kaynaklanan yüklenmenin 5.87 g/m²/yıl ve taşıma kapasitesinin 3335 ton/yıl tahmininde bulunmuşlardır. Kullanılan ticari pelet yemin fosfor içeriğinin % 1.1 ve yemden yararlanma oranının 1.24 olarak kullanmışlardır.

Verep ve ark. (2003); Trabzon Uzungöl'ün genel hidrografik özellikleri ve taşıma kapasitesi üzerine yaptıkları çalışmada; gölün toplam fosfor konsantrasyonunu üç istasyonda sırasıyla 34.80- 43.20-82.60 mg/m³ olarak tayin etmişlerdir. Dillon ve Rigler (1974)'in ılıman bölge gölleri için önerdiği fosfor konsantrasyonuna dayanarak, göle yüklenebilecek maksimum fosfor miktarının 16.80 mg/m³ olabileceğini, kafes kültüründen kaynaklanan yüklenmenin 47.43 g/ m³/yıl olarak olduğunu ve göle giriş suyuna göre Uzun Göl'ün taşıma kapasitesinin 1.5 ve 2.0 yem değerlendirme oranına göre 503 ton ile 930 ton/yıl arasında olacağını hesaplamışlardır.

Polat (2009) aynı yöntem bilimini kullanarak YYO 1.0 ve YYO 1.5 arasında hesaplama yaparak Almus Baraj gölü kaldırma kapasitesini 4023-6981 ton/yıl değerleri arasında bulunduğunu tahmin etmiştir. Ayrıca Buhan ve ark. (2010) tarafından Almus Baraj gölünün taşıma kapasitesini tahminde yapılan çalışmada Dillon ve Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli kullanılmıştır. 31.30 km² yüzey alanına, 33.4 m ortalama derinliğe ve 0.79 yıllık su yenilenmesi oranına sahip Almus baraj gölünün kaldırma kapasitesi 5536 ton/yıl alabalık olarak tahmin edilmiştir.

Ayekin ve ark. (2018); Malatya Karakaya Baraj gölünün Gökkuşuğu alabalığı yoğun kafes kültürü için taşıma kapasitesi, kabul edilebilir fosfor yüklenmesi 60 mg/m³ kabul edildiğinde 13.7 kg P/m²-yıl ve kabul edilebilir fosfor yüklenmesi 30 mg/m³ kabul edildiğinde 4.7 kg P/m²-yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre, ortalama derinliği

yaklaşık 32 m ve yüzey alanı 298 km² olan Karakaya baraj gölünde yetiştirilebilecek balık miktarı (Pfi 60 mg/m³), yemden yararlanma oranı 1.5 için 232x10³ ton/yıl ve yemden yararlanma oranı 2.0 için 163x10³ ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Kabul edilebilir fosfor yüklenmesi (Pfi) 30 mg/m³ kabul edildiğinde, Karakaya baraj gölünde yetiştirilebilecek balık miktarı, yemden yararlanma oranı 1.5 için 79.0x10³ ton/yıl ve yemden yararlanma oranı 2.0 için 55.5x10³ ton/yıl olarak hesaplanmıştır Ancak hem baraj gölü hemde alt havzanın ötrofik yapısı gibi çevresel hassasiyetler dikkate alındığında Karakaya Baraj gölü fosfor konsantrasyonunun en yüksek olduğu temmuz ayı için hesaplanan kaldırma kapasitesi 43.000 ton olarak hesaplandığından; bu değer üzerinde çıkılmaması gerektiğini önermişlerdir

Araştırma alanı, Karadeniz Bölgesi Samsun İli sınırlarında yer alan Yeşilirmak üzerine kurulu ortalama derinliği yaklaşık 47 m ve yüzey alanı 22.70 km² olan Hasanuçurlu baraj gölüdür. Ağ kafeslerde balık yetiştiricilik sisteminde en önemli unsurlar; ortamın ekolojik şartlarını oluşturan su kalitesi parametreleri ve çevresel taşıma kapasitesidir. Bu çalışmada; Hasanuçurlu baraj gölünün bazı su kalitesi parametrelerinin izlenmesi ve elde edilen sonuçlar gözönüne alınarak gölde alabalık yetiştiriciliği ve taşıma kapasitesinin fosfor yükleme modeli kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Fosfor nedir ve niçin önemlidir?

Fosfor 17. asırda Hennig Brand tarafından bulunmuştur. Fosforun doğadaki ana kaynağı yerkabuğunda bulunan fosfatlı kayalar ve diğer büyük rezervi sulardan meydana gelir (Bilgiç, 2019). Doğada fosfor döngüsünün temeli, aşınma yoluyla kayalardan aşınarak suya karışan fosforun akarsular yardımıyla karalardan denizlere, denizlerden de yeniden karalara taşınması oluşturur. Deniz dibinde biriken hayvan iskeletleri tektonik hareketlerle fosfat yataklarına dönüşür ve bu yataklarda yer alan fosfatlı kayalardaki fosforun bir bölümü erozyonla birlikte suda çözümlü duruma gelir. Bitkiler bunları gübre olarak ya da çoğunlukla suda çözümlü ortofosfat (H_2PO_4 şeklinde alır. Bu sayede bitkinin büyümesi, hayvanların bu bitkiyle beslenmesi yoluyla otçul ve etçil hayvanlara aktarılır. Hayvan salgı ve kavrularında bulunan organik fosfatlar ile bitki artıkları, ayrıştırıcı mikroorganizmalarca inorganik şekle çevrilir. Böylece, yeniden bitkiler tarafından alınacak hale gelir. (Kışlalıoğlu ve Berkes, 1994; Yıldız ve ark., 2000; Bayrakçı, 2005). Odum (1983)'e göre ise insan faaliyetlerinin fosfor döngüsüne etkisi karadan denize taşınan fosfor akışını erozyon sebebiyle daha da hızlandırmak olmuştur. İnsan eliyle gerçekleşen orman tahribi ve yol yapım İşlemleri de erozyonu hızlandırmaktadır (Kışlalıoğlu ve Berkes, 1994).

İnsan bedeninde kalsiyumun ardından en çok bulunan kimyasal element fosfordur. Fosfor'un simgesi *P* atom numarası 15'dir. Bütün organizmalar DNA yapıları için fosfor diester bağları fosfor birleşimleri büyük önem taşır. İnsan bedeninin bunların haricinde fosfora; böbreklerin fonksiyonları, sinir ve kas hareketleri, kalp kaslarının kontraksiyonu, diş ve kemik oluşumu-gelişimi ile birlikte hücre onarımı ve büyümesi yönünden gereksinim duymaktadır.

Fosfor elementi vitaminlerin kullanımıyla gıdaların enerjiye dönüştürülmesine destek vererek vücuda faydada bulunur. Fosfat hücre içi sıvıların başlıca anyonudur, fosforun % 85 kadarı kemikte fosfat halinde stoklanır. Fosfatlar dönüştürülebilir olmalarından ötürü, çok sayıda metabolizma işlevlerinin ve koenzim sisteminin işlemesi için gerekli bileşiklerle birleşme yeteneğine haizdir. Bilhassa ADP, ATP ve fosfokreatinin işlevleriyle fosfatların birçok önemli reaksiyonları bağlantılıdır (Flynn ve ark., 2015).

Fosfor akuatik sistemlerde, var olan karmaşık ve çok yönlü biyokimyasal dengelerin kilit konumdaki öğelerinden bir tanesidir. Akarsu ve göllerde “fosfor, çözülmüş organik fosfat, çözülmüş inorganik fosfat ve organik partiküler fosfat” şeklinde yer alır. “Çözülmüş inorganik fosfat fotoototrof üreticiler tarafından alınırken, organik fosfor canlı organizmalar ve onların partiküler artıklarından köken alır organik olarak bağlanır ve besin zincirine katılır” (Taş ve ark., 2010). Kuru ağırlık olarak canlı protoplazmanın yaklaşık % 2’sini fosfor meydana getirir. Bu nedenle, bilhassa fotosentezle üretim yapmakta olan ototrof canlılarla “hetotrof mikroorganizmaların” büyümesinde fosforun kısıtlayıcı bir etkisi bulunmaktadır.

Bitkisel, hayvansal ve mikroorganizma hücrelerinde “ekzotermik oksidasyon” reaksiyonlarıyla ortaya çıkan enerji, “endotermik sentez reaksiyonlarında” tüketilir. Canlı metabolizmasında bu formda meydana gelerek oluşan enerji, hücre maddelerinin biyolojik sentezi gibi enerji gerektiren başka reaksiyonların uygulamasında kullanılmak amacıyla, fosforlu bileşiklerde kimyasal biçimde depo edilir ve akabinde bu bileşiklerden alınmak suretiyle kullanılmaktadır. Canlı hücrelere enerji taşıyan bileşiklerin en önemlisi “Adenozin trifosfat (ATP)’dir”. Canlı hücrelerinde yer alan ADP’nin ATP’ye çevrilmesinde oksidasyonla ortaya çıkmış olan enerjiden faydalanılır. “ATP’nin yüksek enerjili fosfat anhidrit bağlarında depolanan enerji bağın hidrolizi ile serbest kalır ve endotermik sentez reaksiyonlarının gerçekleşmesi sağlanır”. Bu şekilde ATP tekrardan ADP’ye çevrilmiş olur (Şanal ve ark., 2015).

Fosfor, tatlı sularda ve deniz sularında serbest biçimde çok düşük kümeler halinde ya da hiç bulunmaz (Yenilmez ve Aksoy, 2007). Doğal sularda toplam fosfor konsantrasyonu; “bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, havzanın morfometresine, evsel atık” bilhassa deterjan bulunup bulunmadığına, suya karışmış olan organik madde ve sudaki organik metabolizmayla alakalıdır (Schwörbel, 1987). Su ortamında oluşan ötrofikasyonun başlıca elementi fosfordur (Harper, 1992). Toplam fosfor düzeyi gün içinde çözülmüş oksijen p^H ve başka su kalite özelliklerine göre farklılık arzetmez. Bununla birlikte gübrelemeyi takiben bir değişim mevzu bahis olabilir ve bu değişim birkaç gün içinde meydana gelebilen “askıda katı madde konsantrasyonundaki ya da fitoplankton yoğunluğundaki değişimlerle karakterize edilir” (Boyd, 2014).

Fosfor, balıklar içinde esansiyel bir besin maddesi olup, % 85-90 oranında kemik ve dişlerin yapısında yer almaktadır (Hoşsu ve diğ. 2001). Balıklar ihtiyaçları olan fosforun az bir kısmını sudan sağlayabilmektedirler. Sağlıklı bir kemik gelişimi ve metabolizma için yetersiz kalan fosforun yem ile beraber verilmesi gerekir. Yemi meydana getiren hammaddelerden kaynaklı yemler doğal olarak yüksek derecede fosfor içermektedir. Ancak hammaddelerden kaynaklı gelen bu fosforun sindirimi balıklarca tam anlamıyla yapılamamaktadır. Bundan dolayı da yemlere ek olarak mineral karması formunda fosfor eklenmesine gereksinim bulunmaktadır. Yemlere ek olarak ilave edilen fosforlar inorganik fosfat halindedir. Yemlerde fosfor kaynağı olarak faydalanılan temel fosfatlar, potasyum fosfat, sodyum fosfat ve kalsiyum fosfattır. Balık yemlerinde fazla miktarlarda kullanılmakta olunan hammaddeler balık unu, et-kemik unu gibi yüksek seviyede fosfor ihtiva etmektedir. Balık çeşitlerine göre hammaddelerden kaynaklanan fosforun sindirilme oranları farklılık göstermektedir. Bitkisel ürünlerde bilhassa fosforun balıkların sindiremeyeceği “fitin fosfat” şeklinde bulunması bu çeşit hammaddelerdeki fosforun sindirebilirliğini % 60- 70 oranında azaltmaktadır (Pillay, 2004). Balıkların fosfor gereksinimleri ve kullanım oranları dikkate alındığında fosforun yemlerdeki fazlalığı ortaya çıkmaktadır. Yüksek oranlarda alınmış olunan bu fosfor kullanılmadan suya atılmaktadır. Gerçekleştirilmiş olan bir araştırmada atılan dışkının % 2’lik bölümü fosfordan oluştuğu tespit edilmiştir (FAO, 1992).

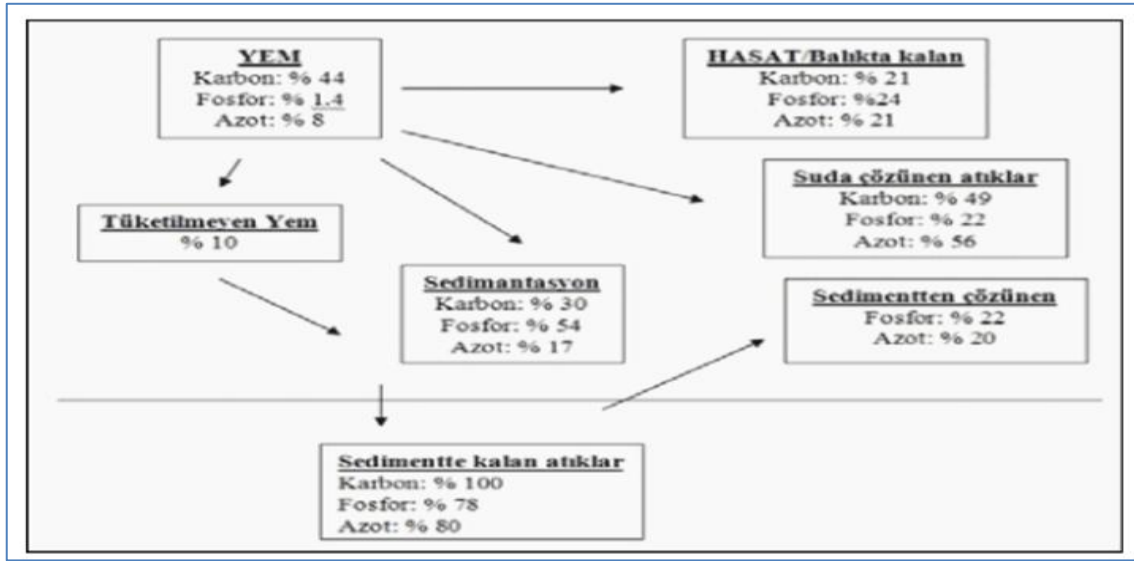
Çizelge 2.1. Bazı balık çeşitlerinin fosfor ihtiyaçları (Stickney, 1994).

Balık Türü	Yem gereksinimi (%)
Gökkuşuğu alabalığı	0.7
Salmon	0.6-0.7
Yayın	0.8
Tilapya	0.9
Sazan	0.7
Kırmızı drum	0.86
Mercan	0.6

Su ürünleri üreticiliğinde yenilmeyen yem israfı ve nütrientlerin kaybı engellemek amacıyla balık için en uygun enerji ve protein ihtiyaçları saptanarak bu gereksinimlerinin giderilmesi durumunda bu durumun önüne geçilebilir. Balıklarda temel enerji kaynağı proteindir. Karbonhidrat ve yağlardan protein haricinde enerji kaynağı elde etme yoluna başvurulabilir. Enerji düzeyi fazla olan yemlerden kullanmak şartıyla proteinden yararlanma düzeyi artarken nitrojen boşaltımı düzeyi azalır (Gelineau ve ark., 2001) Bilhassa alabalık, som vb. gibi balık türlerinin beslenmesinde yararlanılan bu tür yemlerde, metabolik faaliyetler için gereksinim duyulan enerji yemdeki yağ muhteviyatının artırılmasıyla sağlanabilmektedir. Johnsen ve diğ. (1991) tarafından salmon balıkları üstünde gerçekleştirilen bir araştırmada, % 22 ve % 30 yağ ihtiva eden iki farklı yemi, “Atlantik salmonu” üstünde deneme gerçekleştirmişler ve % 30 yağ ihtiva eden “yemin azotta-amonyak olarak % 35, fosforda % 22” daha az kirliliğe yol açtığını saptamışlardır. Norveç salmon endüstrisi tarafından yem kayıp durumları incelenmiş bu incelemenin sonucunda “pelet yemlerde % 9” dolaylarındayken, “ekstruder yemlerde bu oran % 2” olarak tespit edilmiştir (De Silva ve Anderson, 1995). Batı devletlerinde kademeli şekilde yüksek enerjili yemlere geçiş olmakla birlikte ve “pelet yemler” yerlerini “ekstruder yemlere” bırakmaktadır.

Çizelge 2.2. Bazı Avrupa ülkelerinde temel yem karakterleri (Alvarado, 1997).

Ülkeler	Norveç	Danimarka		Yunanistan	
Balık Türü	Salmon	Alabalık		Çipura-Levrek	
	4-5 kg	250-300 g		400-800 g	
Yem Tip	Ekstruder Yüksek Enerjili	Ekstruder Standart	Ekstruder Yüksek Enerjili	Pelet	Ekstruder
Protein (%)	38	40	45	44-48	45-50
Yağ (%)	33	30	30	11-17	12-20
Fosfor (%)	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2
FCR	1.2	1.3	0.9	2.5	1.8-2.0



Şekil 2.1. Ağ kafes işletmelerinde suda çözünen ve organik atık tespiti için kütle dengesi modeli (Gowen ve ark., 1997).

Bu dengede de görüleceği gibi, balık yetiştiriciliğinde çevre kirlenmesine yol açan ana faktörler; “tüketilmeyen yem, sindirim sonrası atıklar ve suda çözünen maddelerdir. Bu etkenler yemlerin fiziksel ve kimyasal kalitesinin geliştirilmesi ve dengeli yemleme stratejileri ile azaltılabilmektedir” (Cho ve ark., 1994).

Günümüzde su ürünleri üreticisi olan teşekküllerin yol açtığı fosfor kirliliğinin azaltılmasına yönelik çalışmalar istenilen seviyede değildir. Bilhassa yem imalat sektöründe faaliyette bulunan işletmelerin ve piyasada bulunan değişik yem çeşitlerinin azlığı yemlerde bulunan fosfor düzeyinin düşürülmesine dair uygulamalar için ekonomik açıdan uygun olmamaktadır. Bundan ötürü ülkemizde gerçekleştirilmesi planlanan faaliyetler, işletmelerin sıkı şekilde takip edilmesi, işletmelerin faaliyette bulunacağı alanların seçilmesinde hassas davranılması, çevresel kapasitelerinin hesap edilmesi ve en mühimi de besleme esnasında, yemleme teknikleri ve oranlarının geliştirilmesiyle sağlanabilecektir. Gerçekleştirilen bu çeşit çalışmalar çevrenin korunmasıyla beraber firmaların iktisadi açıdan ilerlemesine katkı sağlayarak yararlı olacaktır (Yıldırım ve Korkut, 2004).

2.2. Limnolojik olarak göllerin sınıflandırılması

Trofik durum, belli bir zaman zarfında ve yerde su kitlesi içinde bulunan canlı biyolojik materyalin toplam ağırlığı “biyomas” olarak belirtilmektedir. Oldukça geniş bir

yaklaşımına sahip olan trofik durum, su kitlelerinin fiziksel biyolojik ve kimyasal, karakteristik özellikleri kadar havzasıyla yakından ilgili olması nedeniyle, göllerin sınıflandırılmasında yararlanılan en eski metotlardan birisi olmuştur. Göller kavramsal olarak trofik duruma göre, birinden diğerine sürekli olarak ilerleyen bir trofik akış dizisi içerisinde yer almaktadır. Bu akış dizisi “oligotrofik”, “mezotrofik”, “ötrofik” ve “hipertrofik” şeklindedir. Gölleri sınıflandırmadaki maksat besin unsurlarının biyolojik yönden meydana getirdiği farklılık olarak sayılmaktadır (Anonim, 2017).

Bir gölün beslenme-trofik halinin belirleyicisi gölün üretkenliği yani produktivitesidir. Üretkenliğe produktivite ya da produktiviteye etki eden, düzenleyen öğeler belirlenerek göller bir trofik hal sınıfına dâhil edilebilirler. “Biyomans” ya da “Nutrient” durumuna göre göllerin sınıflandırılması maksadıyla “bitki nutrienti/biyoması”, “düşük-oligotrofik” ve “bitki nutrienti/biyoması” “yüksek-ötrofik” terimleri ilk kez “Thienemann ve Naumann” tarafından kullanılmıştır. “Oligotrofi” ve “ötrofi” arasındaki aşamayı tanımlamak adına daha sonraki yıllarda bu terimlere “mezotrofik” kavramı eklenirken, daha ileri ötrofi durumlarını izah edebilmek adına Wetzel, “hiperötrofik” ya da “hipertrofik” deyimini kullanmıştır. Günümüzde trofik durum sınıflandırılmasında kabul gören ve geniş olarak yararlanılan parametrelerin bazıları, ışık geçirgenliğini belirten “seki diski derinliği (fiziksel faktör)”, nutrient sınırlamasını ifade eden “fosfor (kimyasal faktör)” ve produktivite/produktiviteyi belirten “klorofil pigmentleri (biyolojik faktör) dir” (Anonim,2003).

Göller biyolojik üretkenlik boyutlarına göre “göl hidrolojisi” biliminde belirli sınıflara ayrılırlar.

Oligotrofik göller: Nutrient-besi maddeleri açısından yoksuldur, yani yetersiz seviyede beslenen su yataklarıdır. Bu göl türlerinde kıyı şeridi dar iken derinlikleri fazladır. Geniş termoklin tabakası, “epilimnion hipolimnion” oransal olarak küçüktür. Zemin organik madde açısından yoksuldur. Su içinde yüzmekte olan “plankton” ve “askıdaki maddelerin” azlığı nedeniyle elektrolitesi düşükmektedir. Suyun normal rengi berrak ve mavi yeşil’dir. Kalsiyum, fosfat ve azotyum epeyce az oranda, humik asit ise çok miktarda, az ya da hiç bulunmamaktadır. Oksijen miktarı yıl süresince fazladır. Kıyı taraflarında yüksek bitkiler yok denilecek kadar azdır. Her derinlik düzeyinde oksijenin fazla oranda olması soğuk su içinde yaşamayı seven balıklar (Alabalıklar) için uygun

bir ortamdır. Bu göllere özgün örnek verilebilecek göller, dağ gölleridir. Dağ gölleri berrak ve soğuk sulara sahip olup içerisinde çok az oranda balık ve bitki yetişmektedir. Pınarlarla beslenmekte olan kırsal zeminli göller de bu kategoriye girmektedir (Anonim,2018).

Mezotrofik göller: Oligotrofik göllere göre biraz daha orta derecede beslenebilen göllerdir. Bu tür göllerde su bitkileri görülmeye başlar. Suyun rengi, yeşilimsi bir renkte olup orta düzeyde balık üretimi yapılabilmektedir. Mezotrofik göller, ötrofik ve oligotrofik göllerin ekstrem özellikleri arasında, orta düzeyde fitoplankton verimliliği ve besin maddesine sahiptirler (Anonim, 2008).

Ötrofik göller: Bu göller yüksek oranda besin maddesi ihtiva eden, biyojenik madde ve yazın fazla miktarda gelişmiş fitoplanktonlarla karakteristik özellik gösteren göl türleridir. Ötrofik göllerin geneli fazla derinliğe sahip olmayan sığ göllerdir. Bu türden göllerde inorganik maddeler miktar bakımından yüksek bulunurken oksijen düzeyleride oldukça azdır. Genel bir durum olarak derinliği az, kıyıları geniş ve düz bir vejetasyon kemerine sahiptirler. “Epilimnion”, “hipolimniondan” oransal olarak büyüktür. Tabanda organik madde birikimi nedeniyle “metan” ve “hidrojen sülfür” gazları oluşur. Ötrofik göllerde bulunan sular koyu esmer ya da yeşil-sarı olabilir. Askıda madde ve plankton miktarı aşırı olduğundan suyun açıklığı düşüktür. Bu tip göllerde elektrolitler fosfor, kalsiyum ve azot fazla, humus oranı azdır. Su, nutrient maddesi ve kalker açısından zengin bir yapıda olmasından dolayı Plankton için uygun bir ortam sağlar. Oksijen gölün yüzey kısımlarında fazlaysa, daha derinlere gidildikçe azalmaktadır. Litoralde, zengin bir bitki topluluğu bulunur, dip faunası tür sayısı olarak az ancak miktar yönünden zengindir (Anonim, 2018).

Hiperötrofik göller: Ötrofik göller bir sonraki aşaması hiperötrofik göllerdir. Ötrofik aşamaya gelmiş bir gölde lazım olan önlemler alınmadığında hipertrofik duruma geçilir. Buna benzer göller mikroskobik bitkilerin ve alglerin olağan üstü oranda artması, göl kıyılarında ve zemininde toplanması sonucunda bataklaşmaya doğru giderek yok olmak üzeredir (İyigün ve Koçbug, 2003).

Distrofik göller: Akıntısı olmayan ve rüzgâr alamayan alanlarda genellikle distrof göller meydana gelir. Gölün yüzeyi, içe doğru uzanan geniş bir bitki örtüsüyle örtülüdür. Su

humuslu bir yapıda yun rengi siyahi bir renktedir. Humik asit yüksekliğinden ötürü p^H değeri düşüktür. Koloidal ve humuslu maddeler suyun sarıh örüntüsünü ve elektrolitesine negatif doğrultuda etki eder. Taban kısmında oksijen çok az seviyededir. Plankton ve bentos tür ve nicelik açısından yoksuldur (Anonim,2018).

“Troofik durum listesindeki karakteristiklerle uyuşmasına bağılı olarak, göller trofik bir sınıfa dâhil edilir”.

Çizelge 2.3. Trofik tipe göre göllerin genel karakteristikleri

Karakteristik	Oligotrofik	Ötrofik
Dağılımı	Yüksek bölge ve dağ göller	Ova göller
Morfometri	Derin, litoral bölge dar ve eğimi fazla, hipolimnion/epilimnion oranı yüksek	Sığ, litoral bölge geniş ve eğimi az hipolimnion/epilimnion oranı düşük
Su Kimyası	Elektrolit miktan az veya değışken, Ca, N ve P bakımından fakir, hümkik madde çok az veya yok	Elektrolit miktan genellikle fazla, Ca, N ve P bakımından zengin, hümkik madde az
Çözünmüş oksijen	Tüm yıl boyunca tüm derinliklerde Fazla, derinlik artıkça azalır	Hipolimnionda çok az veya yok, metalimnionda ani olarak azalır
Süspanse madde	Çok az	Fazla ve genellikle plankton kaynaklı
Renk	Mavi –yeşil	Kahverengi-yeşil, yeşil-sarı
Organik madde	Süspanse halde ve dipte organik madde az	Süspanse halde ve dipte organik madde fazla
Dip çamuru	Saprobik değıil	Saprobik
Fitoplankton	Tür sayısı fazla, biyomas oranı az Aşırı alg çoğalması nadir Chlorophyta ve Bacillariophyta karakteristi	Tür sayısı az, biyomas oranı fazla Aşırı alg çoğalması genellikle var Cyanophyta karakteristik
Zoobentoz	Profundal fauna tür sayısı bakımından zengin Tanytarsus var; Coretha genelde yok	Profundal fauna tür sayısı bakımından fakir Chironomus ve Coretha mevcut
Litoral Bölgede Köklü Bitkiler	Nadir	Bol
Karakteristik Balık	Alabalık, Salmon gibi soğuk su Balıklar	Sazan, Yayın, Turta, Levrek gibi sıcak su balıklar
Toplam Primer Üretim	Düşük	Yüksek
Evsel ve Endüstriyel Kullanım İçin Kalitesi	İyi	Çoğunlukla kötü
Süksesyonu	Ötrofivye doğru	Gölet ve çavıra doğru

Thienemann (1921), Welch (1952), Sawyer (1966), Rast ve Lee (1978), Vollenweider ve Kerekes (1980)’den düzenlenmiştir.

2.3. Su kalitesi sorunları

Çevresel döngü (hidrolojik döngü) esnasında insan kullanımını odaklı çok sayıda yabancı maddenin suya karışması ya da doğal şekilde bulunan muhtelif maddelerin su içerisindeki oranlarının artmasıyla beraber sularda kirlenme sorunları ortaya çıkmaktadır. Su kalitesinin muhafaza edilmesi ve sudaki mevcut kalitenin tespit edilmiş olması sulardaki bu kirlilik probleminin engellenmesinde hayati öneme sahiptir. Su kalitesi, en sade şekilde herhangi bir su kitlesinin belli bir zaman zarfında içerisinde bulundurduğu, fiziksel, biyolojik ve kimyasal, özelliklerinin tümü olarak tanımlanabilir. Su kalitesi ölçütleri, su içerisinde bulunabilecek çeşitli kirlenici özelliği bulunan maddelerin yeryüzünde bulunan insan ve canlı yaşamı üstündeki etkilerinin, hangi yoğunluklarda ve hangi koşullarda, ne türden zararlara yol açabileceğini saptayan verileri ihtiva eder. Suyu çeşitli unsurların katılmasıyla doğal olmayan bir şekilde fiziksel, biyolojik ve kimyasal, farklılaşmalar meydana gelebilir (Başbüyük, 1992).

Çizelge 2.4. Su kalitesinde biyolojik ve kimyasal izlemenin avantaj ve dezavantajları (Chapman, 1996).

Biyolojik izleme	Kimyasal izleme
Avantajlar	
“İyi bir mevsimsel ve yersel bütünleşme”	“Düşük düzeyde mevsimsel değişimler
“Kronik ve düşük düzeyde kirlenmeye iyi yanıt	“Belirgin kirlilik
“Biyokümülyasyon, biyomagnifikasyon	“Kirlenici salınımlarının tespiti
“Doğru-zamanlı çalışmalar (biyodeneylemler)	“Yeraltı suları dâhil tüm sucul sistemlerde geçerlidir”
“Sucul habitatın fiziksel bozunmasına ait ölçümler”	“Standardizasyon”
Dezavantajlar	
“Mevsimsel hassasiyette gerileme	“Birçok rutin analiz için yüksek tespit limitleri (mikrokirlenitçiler)”
“Yarı-niceleyici ya da niceleyici anlamda pek çok bulgu”	“Farklı derinlikten su örnek alımında zaman sorunu”
“Standardizasyon oldukça güçtür”	“Bazı mikrokirlenitçiler için olası örnek kontaminasyonu (örnek: metaller)”
“Kirlenici salınım çalışmaları için geçerliliği yoktur	“Araştırmalarda yüksek maliyet”
Yeraltı suları için henüz adapte edilmemiştir	Sürdürülebilir izleme için kullanım kısıtı

Yüzey suları içinde, göller kirlenme açısından en hassas ortama sahiptir. Gerek akarsular ve gerekse yüzey akışkanlığıyla gelmiş olan her çeşit çözünmüş ve askıda bulunan maddeler bilhassa dışa akışı olmayan göllerin havzasında derlenerek, göl

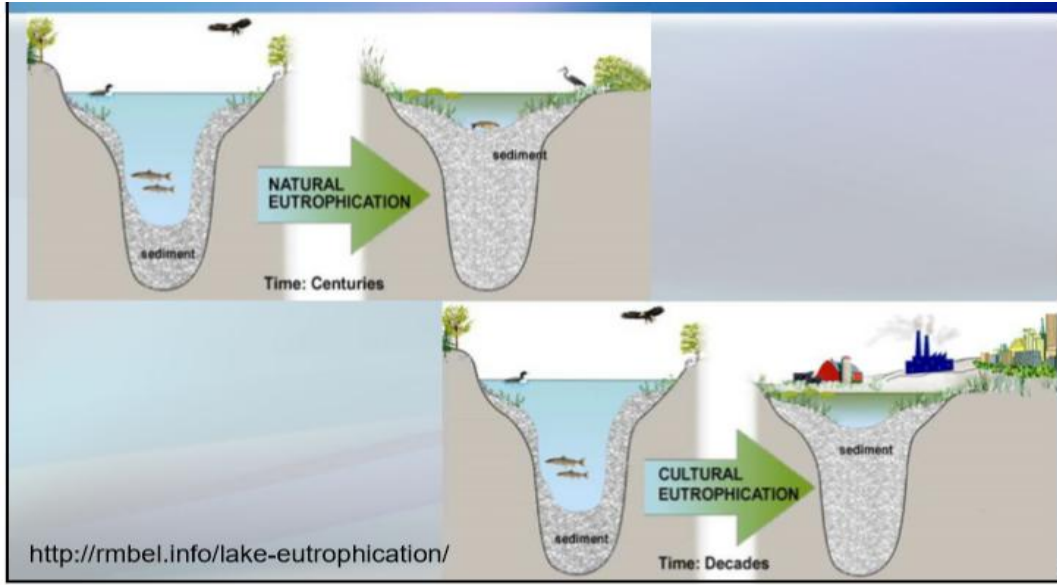
içinde toplanırlar. Göl içerisine giren suların insan kaynaklı (antropojen) atıklarla kirlenmiş olması, su kalitesinin daha fazla oranda bozulmasına yol açar. Göl suyuna katılan kirletici maddeler, ağır metaller, parçalanması oldukça güç olan pestisidler vb. gibi, bozunmayan türdeyse, bu kirleticiler gölde gittikçe artan yoğunlaşmalara neden olur. Askıda bulunan maddeler, göl tabanına çökerek birikinti oluşturup ve gölün dolmasına sebebiyet verirler. Parçalanması daha kolay olan organik maddelerse, gölün kendisini temizleme kapasitesiyle zararsız hale dönüşmektedirler. Özetle göller tabii koşullarda organik bir kirliliği zararsız hale getirerek ortadan kaldıracırlar. Lakin gölün tabii arıtma kapasitesinin üstündeki hallerde organik yükler, göldeki oksijenin azalmasına veya tümüyle bitmesine ve gölün, anaerobik duruma çevrilmesine yol açar (Anonim, 2015).

Sucul ortamlarda bilhassa kıyı alanlarda ekolojik sistem fonksiyonunun modellenerek su kalitesi sorunu çeken alanlarda özel tetikleyici değişkenlerin, varsayımların ortaya konulması ve bu varsayımlardan temel alan çözümlerin tatbik edilmesi ile birlikte bu sorunun üstesinden gelinabilir (Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018).

2.4. Ötrofikasyon nedir

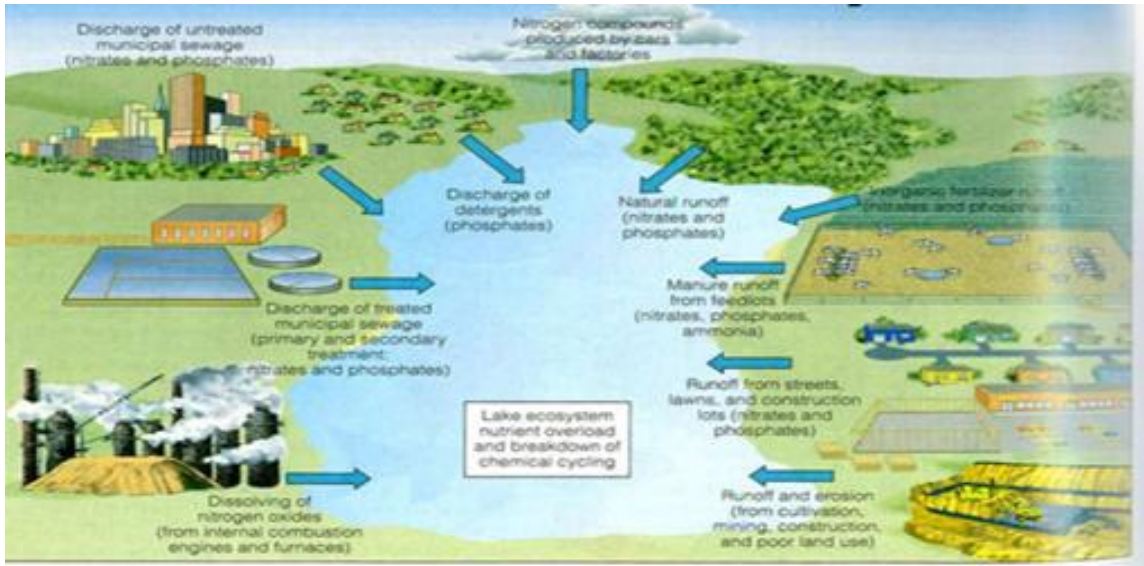
Kelime kökeni Eutrophication olan Bataklıklaşma eski Yunancadaki “eutrophos” sözcüğünden gelmektedir. Eutrophos, iyi beslenmiş, sucul ekosistemlerde besin maddelerinin ortamdaki yoğunluklarının fazlalaşmasıyla meydana gelen birincil üretimin olağan dışı artması, oksijen düzeyinin düşmesi ve bunlara bağlı olarak da ekosistemde yaşanan bozulmalar şeklinde ifade edilmektedir. Ötrofikasyon doğal ötrofikasyonve antropojenik (kültürel) ötrofikasyon olmak üzere iki türde ele alınabilir. Bunlar;

Doğal ötrofikasyon: Göller yıllar içerisinde kendilerini besleyen sular ile taşınan alüvyonlar ya da rüzgârlar ile taşınmış olan topraklarla dolarak zamanla bataklık ve sazlık haline gelebilir. Akabindeyse kuru toprak durumuna dönüşür. Doğal süreç binlerce yıl sürebilmektedir.



Şekil 2.2. Doğal ve Kültürel ötrofikasyon (Zeydan, 2013).

Antropojenik (Kültürel) Ötrofikasyon: Antropojenik ötrofikasyonda insan kaynaklı etkiler göllerde meydana gelen bataklıklaşmayı hızlandırmaktadır. Bunun haricinde sucul ortamlara atıksuların boşaltılması, tarım yapılabilen sahalardan göllere sızabilen sular, öteki besin kaynakları ile birlikte atmosferik emisyonlarda diğer nedenlerdir.



Şekil 2.3. Antropojenik (Kültürel) Ötrofikasyon (Zeydan, 2013).

Ötrofikasyon Aşamalarına bakıldığında genel hatları ile şu aşamalardan meydana gelmektedir;

- Besin maddelerindeki fazlalaşma,

- Alg ve bitkilerin olağanüstü büyümesi
- Fazla O_2 tüketimi
- Orta ve alt katmanların anaerobik olması
- Balıkların ve omurgasız canlıların yaşamını yitirmesi
- Yaşamsal aktivitenin yalnızca üst tabakaya sıkışması
- Daha çok O_2 tüketimi
- Alg patlaması (algal bloom)ve üst katmanın anaerobik olmasıdır.



Şekil 2.4. Örtufikasyona uğramış göl görüntüleri (Techworm, 2018).

Örtufikasyonun Etkileri

Örtufikasyonun genel hatları ile Ekolojik etkileri şu şekildedir;

- Göllerde meydana gelen bataklıklaşma durumu ve bu göllerde yer alan, biyoçeşitlilik yok olması
- Göllerde meydana gelen estetik problemler. Örneğin göllerde ortaya çıkan kötü koku sorunları gibi,
- Örtufikasyon oluşması durumunun insan sağlığı başta olmak üzere diğer canlılar açısından da ciddi sağlık sorunları oluşturması muhtemeldir. Mesela bu sulardan içilmesi halinde ölüme varabilen bir takım ciddi sağlık problemlerinin meydana gelmesi gibi.

- Örtifikasyonun bir diğer Etkisi ise, Rekreatyonel etkilerdir. Öyleki olta balıkçılığı, bot spoerları ve yüzme gibi etkinlikler gerçekleştirilemez.
- Örtifikasyon sonucu maddi kayıplar da meydana gelebilmektedir. Örneğin; örtifikasyon oluşmuş göllerde gerçekleştirilecek arıtma işlemlerine yönelik maddi giderler.

Örtifikasyonla Kontrolü - 1

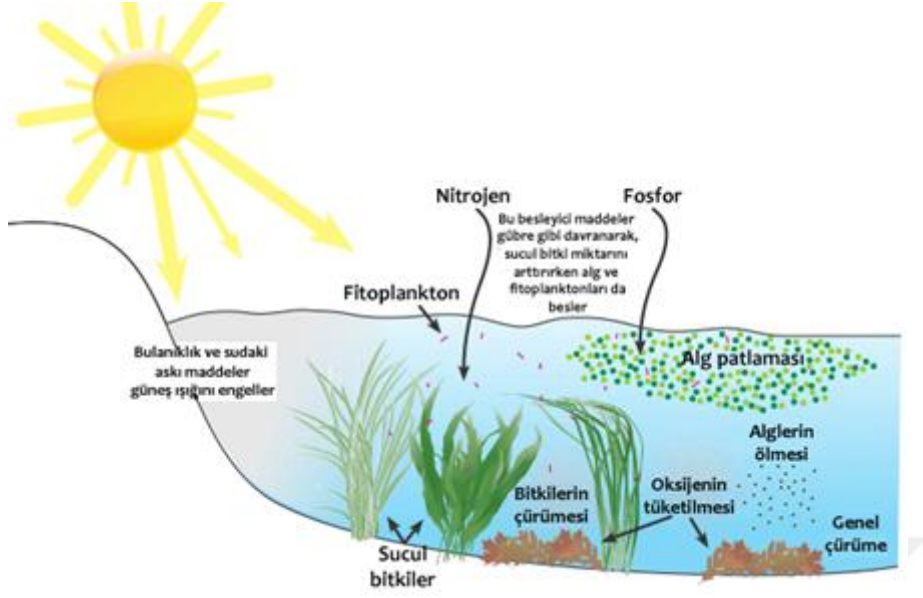
- “Sınırlayıcı element kontrolü “
- $\frac{Toplam-N}{Toplam-P} > 15 \rightarrow P$ sınırlayıcı
- $\frac{Toplam-N}{Toplam-P} < 7 \rightarrow N$ sınırlayıcı
- $7 < \frac{Toplam-N}{Toplam-P} < 15 \rightarrow P, N$ veya her ikisi de sınırlayıcı
- “Atıksu deşarjılarının kontrolü”
- “İleri biyolojik arıtma”

Örtifikasyonla Kontrolü - 2

- “Göllerde yapılan değişiklikler”:
- “Biyomanipülasyon”
- “Dip çamurunun kazınması”
- “Gölün havalandırılması”

Azot ve fosfor bileşikleri başta olmak üzere besin maddelerinin yol açtığı, göl, nehirler ve rezervuarda biyolojik üretimin tabi prosesinin zenginleşmesini ötrafikasyon olarak nitelendirilebilir. Biyokütle miktarındaki artma, etkide bulunan unsurların miktarıyla artış gösterir ve su kullanımında tamamı beraber toplu şekilde bozulmaya yol açar. Yüzey birikintileri ya da algal patlamalar görülebilir siyanobakterilerin (mavi-yeşil alg), “bentik macrofitlerin” toplanması ve yüzey bitki yığınlarıyla ötrofikasyon oluşabilir.

Bu vaziyet ilk olarak okside olmuş fosfatların sedimanlara bağlanması ya da toksik maddelerin serbest kalması, organik maddelerin bozunması ve oksijen yoksunluğunda balıkların yaşamlarını yitirmesi gibi ikincil problemlere meydan verebilen su içerisinde çözünmüş oksijenin miktarının azalmasını tetikleyebilir (Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018).



Şekil 2.5. Ötrofikasyon (Science Learning Hub, University of Waikato, 2013)

OECD; ötrofikasyon için şu tanımı yapmıştır. Ötrofikasyon suların besleyici öğelerce zenginleşmeleri sonucunda artış gösteren makrofit ve alg üremesi, balık avlama alanlarının, su kalitesi özelliklerinin nitelikçe bozulması şeklinde tanımlamaktadır. Ötrofikasyon meydana gelme nedenine göre tabii ve suni olarak iki bölümde sınıflandırılabilir. Tabii ötrofikasyon; gölün yapısında yer alan organizmaların yaşamını yitirmesi sonucunda parçalanan vücut artıklarının ve kabuklarının sedimentte birleşmesiyle oluşur. Tarımsal çalışmalar sonucunda, endüstriyel ve evsel atıklar sonucunda oluşan ötrofikasyon da yapay ötrofikasyondur (Anonim, 2010). “Temiz olan kirlenmemiş bir gölde N, P, C gibi besleyici maddeleri girdisi kısıtlı olduğundan alg gelişmesi de sınırlıdır. Besleyici madde girdisi artış gösteren göllerde ötrofikasyon problemi meydana gelir”. Bu sorun su kaynağının kullanımındaki potansiyelini azaltırız “ N ve bilhassa P besin maddeleri olarak Algler için sınırlayıcıdır. Alg için $C/N/P$ öğelerinden bir tanesinin az miktarda bulunması alg gelişimini engelleyici” etki eder. “Göl sularında tabii balansa bağlı olarak bulunan besin öğeleri göllerdeki suyun kalitesini” meydana getirmektedir. Ötrofikasyon olayının temel öğeleri fosfor ve azottur. Bu olayda başkaca oligo-elementler, (potasyum, demir, molibden, bakır ve bor vb. gibi) silis ve bazı vitaminler rol oynar. Şayet bir kirlenme halinde besin tuzlarının normal olmayan fazlalaşması mevcutsa, bu göldeki suyunun kimyasal kalitesine etki ederken, diğer tarafta fitoplankton büyümesini hızlandırmak şartıyla sudaki

biyolojik balansı bozar. Bu nedenle göl suyu içerisinde yoğun alg gelişmesi (“alg bloom=alg patlaması”) beslenme derecesinin bir ölçüsüdür. Suyun trofik düzeyinin saptanmasında bilhassa alg çeşitleri ve çeşitlerdeki birey sayıları suyun trofik seviyesinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak yararlanılmaktadır. Göl suyundaki gıda maddesi derişimi; göl suyuna giren besin maddesi miktarı ve göl içindeki besin öğeleri seviyesiyle ilgilidir. Göl sularındaki “P'un 0.02 mg/l ve N'un 0.3 mg/l” seviyesinin altında bulunması gölde negatif bir biyolojik büyümeyi önler. Diğer taraftan azot ve fosfor yükleri gölün derin olmasıyla doğrudan ilgilidir.

Çizelge 2. 5. Göllerde izin verilen P ve N yükleri

Ortalama Derinlik (M)	İzin Verilir Yük (G/M ²) Göl Yüzeyi/Yıl		Tehlike Oluşturan Yük (G/M ²) Göl Yüzeyi/Yıl	
	N	P	N	P
5	1.2	0.07	2.0	0.13
10	1.5	0.10	3.0	0.20
50	4.0	0.25	8.0	0.50
100	6.0	0.40	12.0	0.80
150	7.5	0.50	15.0	1.00
200	9.0	0.60	18.0	1.20

Nehir ve göllerdeki mikroorganizma, hayvan ve bitki gelişmesinin fazlalaşması ötrafikasyondur ve doğal bir olaydır. Ancak bu olayın müdahalede bulunmadan devamlılığına imkan tanınması halinde, su içinde oksijen noksanlığı ortaya çıkar. Bu şekilde ortamda aerobik mikroorganizmaların aleyhine olarak anaerobik koşullarda yaşayan mikroorganizmalar, gittikçe artarlar. Bu durumda altında organik maddelerin su (H_2O) ve karbondioksite (CO_2) 'e parçalanma işlemi eksik olur ve nihayete eremez, indirgenmiş biçimde göl suyunda birikinti oluşturmaya başlar. Bu organik bileşiklerin birikinti oluşturmasıyla birlikte, metabolizma ürünü olarak anaerobik mikroorganizmalar düşük molekül ağırlıklı bileşikler oluşturur. Oluşmuş olan bu bileşikler aerobik mikroorganizmalar için kuvvetli toksiktir. Su çevriminin sadece üst tabakalarda olduğu göllerde yaşamakta olan algler, anaerobik bakteriler ve fotosentetik bakteriler arasında etkileşim şu biçimdedir ve bir denge içindedir. Suyun üst katmanlarında algler ve fotosentez yapan diğer yeşil bitkiler yer almaktadır. Burası suyun aerobik kısmıdır ve havalanan bölümüdür. Tabanda, ölü bitkileden kalan artıkların biriktiği ve su çevrimi olmadığı için havasız, anaerobik alan yer almaktadır.

Bu iki alanın arasında üst bölümünde kâfi düzeyde ışık alabilen, ancak hava almayan bir alan bulunmaktadır ki burada anaerobik fotosentetik bakteriler vardır. Bu bakteriler gölün tabanında yer alan organik artıkları parçalayarak anaerobik bakterilerin metabolizma ürünlerini olan “bütrik asit”, “hidrojen sülfür (H_2S)” ve diğer yağ asitlerini fotosentezde elektron vericisi olarak kullanırlar ve Bu şekilde yeşil bitkiler için zehirli etkiye sahip olan bu bileşikler parçalanıp yok olurlar. Böylece göl zeminine meydana gelen organik artık maddeler parçalanmaya uğrarken ortaya çıkan toksik bileşikler yüzey kesimlerinde bitkilere ve diğer canlılara erişmeden arada bulunan “anaerobik fotosentez yapan bakteriler” tarafından tutularak etkisiz duruma getirilirler. Bu biyolojik balans yer yer yüzey sularda yaşamakta olan alg popülasyonunda aşırı artış sonucunda bozulur. Genel bir durum olarak su içindeki fosfor ölçüsünün azlığı alg popülasyonunu sınırlandıran en önemli etkidir. Suda herhangi bir nedenle fosfor miktarının fazlaşması, alglerde aşırı oranda üremeye yol açar. Bu durumda göl tabanında toplanmış olan çok miktarda alglerin yarattığı artıkların anaerobik parçalanmasıyla ortaya çıkan toksik bileşiklerin ölçüsü, ara tabakadaki fotosentetik anaerob bakterilerin artık tutamamaları etkisiz hale getiremeyeceği boyutlara varır. Yüzey tabakalara meydana gelen bu zehirli toksik bileşikler, burada yer alan balıkları da içine almak şartıyla canlı hayatı yok eder (Anonim, 2019). Genel bir durum olarak bir su kütlesi dâhilinde ötrofikasyon aşağıdaki olaylarla gözlemlenir:



Şekil 2.6. Balık Ölümleri (Sabah, 2017).

- Bitki kütleleri ve su organizmalarında artma,
- “Organizma çeşidinde değişme, mesela yeşil algelere ilaveten mavi-yeşil alg artması ve daha kaba balık çeşitlerinin salmon balığı yerine artması”,
- Günlük oksijen yoğunluğunun göl derinliği raddelerinde yapılmış olan denetimlerde en üst ve en alt değerlerinin izenmesi,
- Suyun rengindeki değişim ve geçirmiş olduğu ışık oranının azalması,
- “Gölde katmanlaşmanın olduğu periyotlarda dip tabakaların oksijen yoğunluğunun azalması”,
- Çözülmüş olan fosfor (*P*) azot (*N*) ve yoğunluğunda fazlalaşma oluşması.

Çizelge 2.6. Oligotrofik ve ötrofik suların özelliklerinin kıyaslanması (Anonim, 2019).

Özellik	Özellik	Özellik
Görünüş	Yeşil renk, düşük ışık girişimi, berrak değil,	Çok temiz su, yüksek ışık girişim
Sertlik	Çoğunluk sert	Genellikle yumuşak
Koku ve tat	Her zaman olmamakla birlikte çoğunluk çürük kokusu	Koku yok veya turbamsı
Balık	Yok, veya dayanıklı bazı türlerden az sayıda	Som ve alabalık
Oksijen kapsamı	Düşük, mevsim ve derinliğe bağlı olarak değişir	Doğunluk civarı
Su temini için arıtma	Zor ve yavaş filtrasyon	Kolay ve hızlı filtrasyon

Bir su sahasının ötrofikasyon açısından incelenmesinde en önemli aşamalardan bir tanesi trofik düzeyin dosdoğru bir şekilde belirlenmesidir. Göllerin trofik düzeyinin saptanmasında genellikle üç ana değişkenden faydalanılmaktadır.

Ötrofikasyonun nasıl kontrolü edilebilir sorusuna yanıt arandığında ise, Göllerin genel sorunu dünya çapında fazlalaşma gösteren besin tuzu miktarları nedeniyle kirlenmeleri, yani ötrofikasyondur. Çünkü bu durum, şehirleşme ve tarım nedeniyle havzada bulunan toprak düzenlerinin katı besin çevrimlerini kırarak göllerin ana unsurlarının çok farklı çeşitlerde değişmesine yol açmaktadır. Kentleşme ve sürekli artmakta olan nüfus, nehirlere boşaltım yapan kanalizasyon sistemlerinin yapılması, toprağın haddinden çok işlenmesi ve inorganik gübre nedeniyle fosfor konsantrasyonunun giderek artışına sebebiyet vermiştir. Ötrofikasyon yalnız başına meydana gelmez, yukarıda ifade edilen faktörlerin yanında neden olan öteki unsurlarında bu değişikliklerle beraber oluştuğunun farkında olmak önemlidir. Bütün bunlar, trofik düzeylere etki eden bir dizi biyolojik değişime yol açmakta ve su arıtma işleminde karşılaşılan toksik alg patlamaları sonucu,

balıkçılığın devamlılığı, üretimi, ticaret ve rekreasyon gibi artış yaşanan problemlere neden olmaktadır. Ötrofikasyonu denetlemenin rahatlıkla yapıldığı göller derinlik seviyesi çok olan göllerdir. Bu tür göllerde, sadece besin maddesi girdisinin denetlenmesi dahi, tabanda bulunan fazla fitoplankton artışının azalmasında etkili olabilir. Atık su dökülecek başka alanlar keşfedilmesi, “atıksuyun çökeltme işlemi”, “deterjan formülasyonunda” sağlanacak farklılıklar, bu planda yapılan sazlık bölgelerin veya tampon alanların kullanılmasıyla göl suyuna besin taşıyan dış kaynakların girişi kontrol edilebilir. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışmalar genel olarak fosfor kaynaklı kirliliği önlemeye dair çalışmalardır. Çünkü birçok halde miktar olarak fosfor, azot oranından daha az bulunmaktadır. Bundan ötürü de daha rahat kontrol altına alınmaktadır. Ancak azotun daha etkili denetim sağlayacağı ya da her iki besin tuzunun birlikte ele alınmasını icap ettiren durumlar da vardır. Azot ve Fosfattan, yağın yağmur suları, çayların ya da nehirlerin taşıyarak getirmiş olduğu tarıma dayalı ve kentleşmeden kaynaklanan atıklar ve mineral depozitlerden tekrar oluşarak sisteme katılırlar. Azot sisteme, “azot fiksasyonu” ile giriş yapıp, “denitrifikasyon” yoluyla da sistemden externe olurlar. Sisteme giriş yapmış olan fosfor ve azot bileşenlerinin tümü sistemden çıkmasına kadar geçmiş olan sürenin tamamı fosfor ve azot çevrimi olarak nitelendirilmektedir (Anonim,2010).

Göl suyunun trofik seviyesinin hiperotrofik ya da ötrofik düzeyde olması durumunda bu durumu düzeltmeye dair nirtakım çalışmaların yapılması icap etmektedir. Bunu, su ortamı içerisinde ve su ortamı dışarısında gerçekleştirilen faaliyetler şeklinde iki kısımda ele almak mümkündür (Taş, 2011).

Göl suyu içinde yaşanan değişiklikler için alınabilecek tedbirler gölün göstermiş olduğu karakteristik özelliklere ve yapısına aşağıdaki biçimde sıralanabilir.

İçerde alınabilecek önlemler:

- *Fosforun inaktive edilerek giderilmesi:* “Alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$)” kullanılarak fosfor sedimette tutulur. Lakin gölün asidik bir yapıda olması halinde bu metot sonucu alüminyum toksik tesir gösterebilir. Epeyce tesirli bir metod olmakla beraber tekrar edilmesi gereksinimi ve oldukça büyük göller için kârlı olmaması nedeniyle, bu metodun kazançlı bir yöntem olmadığı dikkat çekmektedir.

- *Sedimentin süzülmesi:* Besin maddesi açısından doygun alan taranarak sedimentin üstünde yer aldığı alan mekanik bir yöntemle gölden uzaklaştırılır. Nispeten yaygın kullanım sahası bulunmaktadır. Bu yöntem pahalı bir yöntem olmasının yanında gölün tabanında bulunan balıklarada zarar verme ihtimali yüksektir.
- *Hipolimniondaki besin maddesince zengin olan suların çıkarılması:* Termoklin katmanının altında yer alan su tabakasının uzaklaştırılması yöntemi uygulama sahası daha az bulunan bir metottur. Uzaklaştırılmış olan suların taşımış olduğu başka alıcı olan alanda su kalitesi problemi yaratabileceği hesaba katılmalıdır.
- *Hipolimnionun hava almasını sağlamak:* Alt katmanlarda yer alan suların havalanmasını sağlamak amacıyla yüzeye çıkarılmasıyla yapılan metottur. Bu metot organik maddelerin çözülerek parçalanmasına katkı sağlar ve alg miktarının azalmasına yarar.

Dışarıda alınabilecek tedbirler:

Ötrofik aşamada olduğu tespit edilen bir göl için su içerisindeki ortamın haricinde yapılabilecek birinci aşamadaki tedbir besin maddesinin sisteme girişinin önlenmesidir. Bu amaçla mevcut deşarjlara etkili arıtma metotlarının uygulanması ile birlikte,

1. Göl suyu içine katılan atıksu girişlerinin bir dağıtıcı kollektör sistemi vasıtasıyla toplanarak farklı bir alıcı ortama gönderilmesi,
2. Boşaltılan atıksuların göl suyuna katılmadan evvel çökertilme işlemi için bir biriktirme deposunda toplanması.

Yukarda belirtilen alternatifler ekonomik durumlar, gölün yapısal özellikleri ve trofik seviyesi hesaba katılarak tatbik edilebilecek yöntemlerdir (Anonim, 2010).

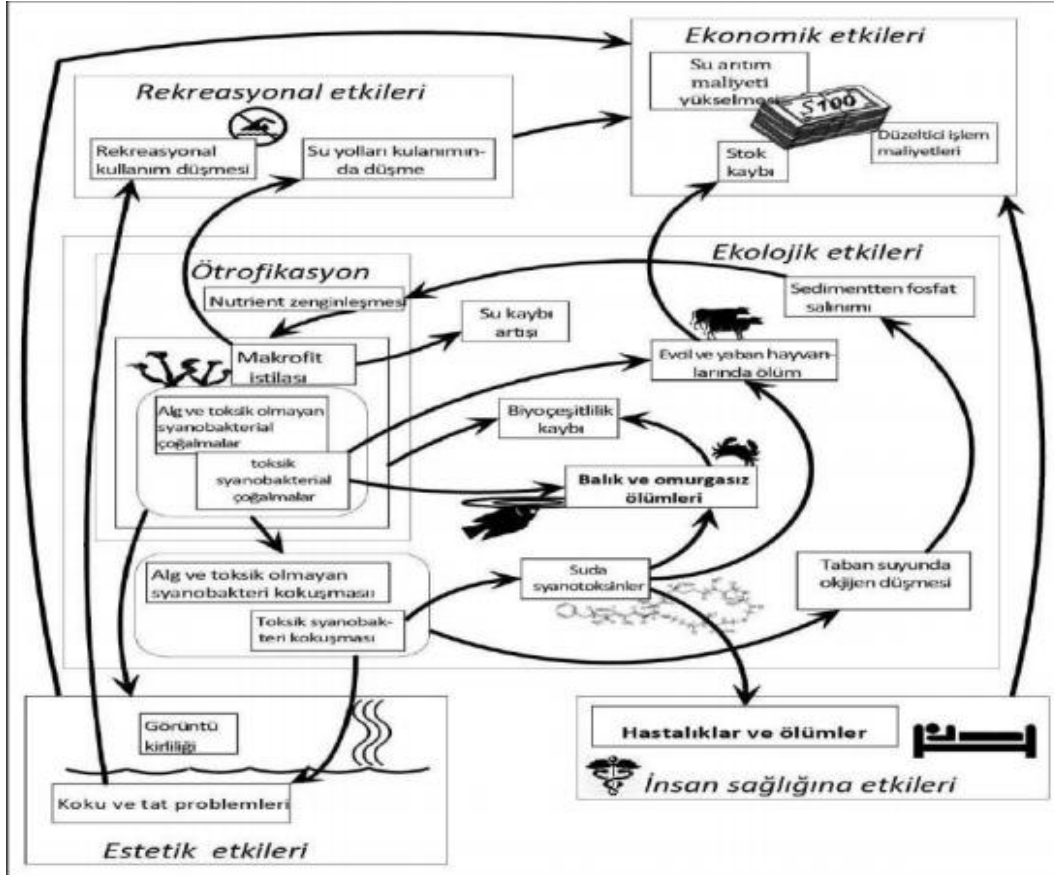
Ötrofikasyonun Nedenleri: Ötrofikasyona, besin zenginleştirilmesi olarak da isimlendirilen, suya aşırı miktarda besin verilmesi yol açar. “Doğal” ve “kültürel” ötrofikasyon arasında bir ayırım yapılır. Doğal ötrofikasyon, bir gölün ya da su kütlelerinin doğal yaşlanmasıyla alakalıdır ve su birikintisinin doğal özellikleri ve jeolojisine bağlıdır. “Kültürel ötrofikasyon”, ötrofikasyon sürecini süratlendiren insan yapımı faaliyetleri belirtir. Çoğu rezervuar ve gölde ötrofikasyonun sebepleri kültürel ötrofikasyona, yani besin zenginleştirmesine neden olan insan kaynaklı çalışmalardan

kaynaklanır. “Besin zenginleştirme, atık su arıtma tesislerinden deşarj gibi nokta kaynaklarından ve gübrenmiş tarım alanlarındaki besinlerin yıkanması gibi nokta olmayan kaynaklardan gelebilir”. Besinler, iç yükleme olarak isimlendirilen bir işlem olan göl içi kaynaklardan da salınabilir. Besin maddelerinin alt çökeltilerden salınması oranı, bir dizi fiziksel işleme (“yeniden süspansiyon, karıştırma, alt besleme balıkları, vb.”) ve kimyasal işlemlere (mesela, düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarına) bağlıdır.

Ötrofikasyonun Etkileri ve Sonuçları: Besinlerin zenginleştirilmesi Şekil’de gösterilmiş olan çok sayıda problemlere yol açar ve kısa ya da uzun müddetli olabilir. Bunlar;

- Eysel su kaynakları için suyun arıtılmasına etki eden ve sulama donanımını engelleyen sıkıntı algal konsantrasyonunun fazlalaşması,
- Göl/rezervuarın içinde kötü durumda olan ve çürümüş alg pisliklerine yol açan “siyanobakterilerin” fazlalaşan hâkimiyeti,
- Sulama ve evsel kullanım açısından sağlık sorunu yaratan “toksik alglerin” fazlalaşması,
- “Filamentli bentik alglerden” ötürü barajlar veya sulama kanalları gibi retikülasyon sistemlerinin tıkanması,
- “Kırmızı su eğreltiotu”, “su mercimeği”, “Su sümbülü”, vb. gibi köklü ve yüzen “su makrofitlerinin” fazlalaşması,
- Arıtma işlemi esnasında “geosmin” gibi bileşiklerin salınması sebebiyle içme sularında koku ve tat sorunlarının fazlalaşması,
- İlişkili kimyasal etkisi bulunan dip sularda “deoksijenasyon (oksijen tükenmesi) artışı” (alt sularda hidrojen sülfid oluşumu ve yüksek seviyelerde ağır metal oluşumu),
- Ekolojik topluluk yapısı ve biyolojik çeşitlilikteki farklılaşmalar.
- Su arıtma faaliyetlerinde filtre tıkanması ve kötü kokuları yok etmek amacıyla yeni yapılar inşa atme durumuna endeksli fazlalaşan su arıtma giderleri,
- Rekreasyon faaliyetlerine (bot, balık tutma, yüzme) daha çok müdahalede bulunma,
- Suyla temasa giren rekreasyon kullanıcıları için deri döküntüsü ishal gibi fazlalaşan insan sağlığı sorunları,

- Buraya kıyaslı olan yapıların ekonomik değerlerinde meydana gelen azalmalar,
- Balıkçılık, hayvancılık ve sulama tarımına müdahale
- Arzu edilmeyen kokular, bulanıklık seviyesinde artış ve yüzeyde meydana gelen zararlı köpükler gibi estetik sorunlar.



Şekil. 2.7. Ötrofikasyonun bazı olumsuz etkileri

Ötrofikasyonun tek sebebi besin zenginleşmesi değildir. Öyle ki, artan besin kullanılabilirliği, ötrofikasyon olarak nihayetinde bir şekilde ya da bi farklı biçimde ortaya çıkan karmaşık bir nedensel faktörler dizisindeki bileşenin öte bir şey değildir. Ötrofikasyonun sebebi olarak besin yüklemesine çoğunlukla tekil odaklanma, maliyetli ve başarısız yönetim kararlarının tatbik edilmesine çok sık neden olabilmektedir. Trofik durumdaki bir artış, sadece çok değişkenli bir biyofiziksel ("su kütlesi morfolojisi, jeoloji, alıkonma süresi, su sıcaklığı, ışık, karışım, bulanıklık") ve kimyasal ("mikro ve makro besin öğelerinin akıları") faktörlerinin bir ürünü değildir; gölün beslenme ağını destekleyen biyolojik seviyedeki kayıplar daha baskındır. Bunun temel anlamı, yüksek seviyede besin zenginleşmesine karşın, ekolojik olarak sağlam ortamların

bulunabileceğidir, lakin yapısal kararlılık bir defa yok olduktan sonra, su birikintisinin neredeyse yalnız “fitoplanktonların” hakim olduğu bir duruma dönmesi ihtimal dahilindedir.

Ötrofikasyonun yalnızca fosfor yüklerinin ve yoğunluklarının bir fonksiyonu olmadığı ve çok çeşitli kimyasal ve biyofiziksel unsurların belirli bir su kütleinde gözlenen ötrofikasyon seviyesini fazlalaştırabileceği ya da kısıtlayabileceğini algılamak oldukça önem arz etmektedir. Su kaynakları yöneticisinin, belli bir kaynağın ötrofik olup olmadığını tespit edebilmesi, bunun bu şekilde olma ihtimalini ya da engelli bir trofik duruma doğru bir eğilimde olduğunu belirleyebilmesi adına önem arz etmektedir. Ne üzücüdür ki, ötrofikasyonla mücadeleye yönelik uygun yönetim stratejileri, problemin net şekilde anlaşılmasında bilhassa karar verme aşamasında önemli kısıtlamalar doğurmaktadır.

Çizelge 2.7. Su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerine ilişkin farklı taşıma kapasitesi tipleri (McKindsey ve ark., 2006).

Modeller	Taşıma Kapasitesi tipi	İndikatörler
GIS	Fiziksel: Alıcı ortam için fiziksel olarak uygun maksimum kafes sayısı	Su kalitesi, hidrografi, hidrodinamikler
POND FARM FAO MODELİ	Üretime dayalı: Hasatın maksimum olduğu çift kabuklu stok yoğunluğu	Üretim yoğunluğu, pazar değeri, ekonomik göstergeler
DEPOMOD MOM CADS_TOOL AquaModel	Ekolojik: Ekosistem işlevlerinde (fonksiyonlarında) kabuledilemez çevreyle ilgili etkilere yol açmayacak stoklama veya işletme yoğunluğu	Atık yayılımı, habitat hasarı, biyoçeşitlilik ve gösterge türler, çözülmüş besin elementleri, ötrofikasyon, bentik hipoksia
Algılar (Kantitatif olmayan)	Sosyal: Alıcı ortamın sosyal açıdan kullanımlarını da etkilemeyecek düzeydeki maksimum üretim miktarı	Alan çakışması, istihdam ve hane halkı geliri, geçim durumu, rekreasyon, geleneksel balıkçılık

Çizelge 2.8.su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde kullanılan matematiksel modeller

$[P] = \frac{L}{q_s(1 + T_w^2)}$	“Sabit bir çökme hızı varsayarak, Vollenweider-1976 modeli,”	“68 Orta-Batı Baraj Gölü, ABD”	“Vollenweider, 1976- Mueller, 1982”
$[P] = \frac{0.84 L}{z(0.65 + p)}$	“Sabit sedimentasyon katsayısı varsayan Jones-Bachmann modeli”	“75 Kuzey Amerika Gölü 68Orta-Batı Baraj Gölü ABD”	Jones ve Bachmann, 1976 Mueller, 1982
$[P] = \frac{0.49 L}{z(0.0926 (\frac{L}{z})^{0.510} + p)}$	“Özümseme kapasitesi modeli”	“704 Doğal ve Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü”	“Canfield ve Bachmann,1983”
$[P] = \frac{0.8L}{z(0.94 (L/Z)^{0.422} + p)}$	“Özümseme kapasitesi modeli”	“271 Doğal Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü”	Canfield & Bachmann, 1983
$[P] = \frac{0.8L}{z(0.569 (L/Z)^{0.639} + p)}$	“Özümseme kapasitesi modeli”	“433 Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü”	Canfield ve Bachmann, 1983
$[P] = \frac{0.603}{z(0.257 + p)}$	“Özümseme kapasitesi modeli”	“704 Doğal ve Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü”	Canfield ve Bachmann, 1983
$[P] = \frac{L(1 - R)}{zp}$	“Çok farklı ve sayıdaki ülkede tatlı su ekosistemlerinde kafeslerde yetiştiriciliği yapılan tatlısu balıkları için fosforu esas alan modeldir.”	“18 Kanada Gölü 68 Orta-Batı Baraj Gölü, ABD”	Dillon ve Rigler, 1974 Mueller, 1982
$[P] = \frac{L}{\sqrt{T_w}}$	Beveridge'nin önerdiği fosfor yüklenmesi modeli	“87 Avrupa ve K.Amerika Gölü 14 Norveç Gölü 18 Dağ Gölü 31 Kuzey Amerika Gölü 24 Sığ Göl ve Baraj Avrupa”	OECD, 1982

Alg büyümesi ve fosfor artışı arasındaki doğrudan doğruya ilişkiye dayanmakta olan matematiksel modellerden fosfor bütçe modelinin, sığ ve derin “göllerde kullanılmasının uygun bulunduğu ve içsularda kafeslerde entansif yetiştiricilik yapılacak alıcı ortamların taşıma kapasitesinin” belirlenmesinde yararlanılabileceği ifade edilmiştir. Fosfor bütçe modelinde; gölün sistematığında kullanılan ve ölçüme dayanan morfometrik ve suların yerküre üzerindeki dağılımlarını, biyolojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerini inceleyen subilim ile yetiştiricilikte yararlanılan yemin fosfor içeriği ve sindirilebilirliği baz alınmaktadır. Bahse konu model, dünya genelinde olduğu gibi Türkiyede’de diğer eko lojik sistemlerde en çok faydalanılan çevresel model olarak kendini göstermektedir (Pulatsü, 2019).

Çizelge 12’de “Büyük çapta ugulanan ve değişik su ürünleri yetiştiricilik sistemleri için geliştirilmiş çevresel modelleri de içine alan matematiksel modeller imkân dâhilinde bir araya toplanarak kronolojik olarak sunulmuştur”.

2.5. Su ürünleri yetiştiriciliği

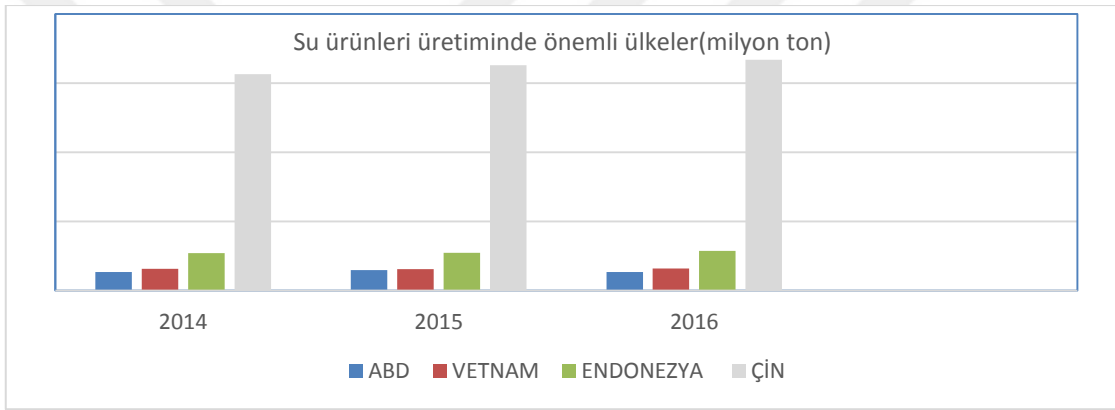
2019 yılı itibariyle dünya genelinde milyonlarca kişi uygun koşullarda çalışma imkanına sahip geçim kaynakları yaratma çabası içerisinde. İnsanların gıda temini temin ettikleri bu gıdalarlar beslenmeleri neticesinde çalışabilmeleri açısından su ürünleri üretimi ve balıkçılığın hayati değeri bulunmaktadır. 2016 yılından başlayarak, eskiye oranla daha dengeli bir biçimde yapılmakta olunan balık avcılığı, toplam üretimi gerçekleştirilen balık miktarı, azaltılan savurganlık ve artarak devamı sağlanan su ürünleri yetiştiriciliği nedeniyle, % 88’lik bölümü doğrudan insan tüketiminde yararlanılan, 171.000.000 ton ile tüm dönemlerin rekorunu kırmıştır. Bu üretim çalışmaları, 2016 yılı verilerine göre, kişi başına 20.3 kg’lık tüketimle dikkat çekici bir düzeye varmıştır. 1961 yılından günümüze balık tüketimindeki dünya genelindeki fazlalık, nüfus artması gibi iki kat fazlalaşan bir biçimde gerçekleşmektedir ki bu, balıkçılık sektörünün FAO’nun, açlık ve yetersiz beslenmenin konu olmadığı bir evren amacının sağlanabilmesi adına yaşamsal öneme sahip olduğunu göstermektedir (FAO, 2018).

Tarım ve gıda, tüm sürdürülebilir kalkınma amaçlarının (SKA) başarı ile sonuçlandırılabilmesi için kilit öneme sahiptir. Bilhassa, denizlerin ve kaynaklarının, okyanusların sürdürülebilir kalkınma amacı doğrultusunda muhafaza edilmesi ve sürdürülebilir bir formda kullanılması olmak üzere SKA’ların ekseriyeti, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğiyle direkt alakalıdır. (FAO, 2018). “Genel olarak tarımsal bir işgal alanı olarak nitelendirilmesine nazaran su ürünleri üretimi geleneksel tarım ve hayvansal üretiminde önemli farklılıkları” ihtiva etmektedir (Aksungur ve Kurtoğlu, 2004).

Geride kalan seneler içinde su ürünleri yetiştiriciliğinin yıllık büyümesi düşüş göstermesine karşın, bilhassa bir kısım devletlerde, Asya ve Afrika başta olmak üzere, dikkat çekici büyüme rakamları görülmektedir. Dünya su ürünleri üretimi incelendiğinde hem avcılık hem de yetiştiricilik dalında “Çin 66.8 milyon ton ile lider

pozisyonda olup Çin'i Endonezya, Hindistan, Vietnam ve ABD" izlemektedir. Su ürünleri üretiminde en büyük üretim kapasitesine sahip ülke olan Çin, ihracatta da birinci sırada bulunmaktadır. "Çin'i; Norveç, Vietnam, Amerika Birleşik Devletleri ve Tayland takip etmekte olup Türkiye 2016 yılında 145.469 ton ihracat yapmıştır". Kalkınmış devletler tarafından su ürünleri ithalatın % 75'i gerçekleştirilmektedir. Dünya devletleri içerisinde su ürünleri ithalatında ilk sırada % 15.2 ile Amerika Birleşik Devletleri yer almakta olup, % 10.3 ile Japonya ikinci sırada yer almaktadır. "Türkiye 2016 yılında 82.074 ton ithalat yapmıştır".

Çizelge 2.9. Su ürünleri üretiminde önemli ülkeler (milyon ton) (FAO,2018).



Toplam üretilen su ürünleri miktarı incelendiğinde avcılık yoluyla elde edilen su ürünleri miktarı artış göstermezken yetiştiricilik yoluyla üretilen miktar seneler içinde daha çok artış sergilemiştir (Çizelge 2.16).

Çizelge 2. 10. Dünya su ürünleri üretimi (ton) (FAO, 2018).

	AVCILIK (TON)			YETİŞTİRİCİLİK (TON)			TOPLAM
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2010	77.828.396	11.271.565	89.099.961	22.310.734	36.790.052	59.100.786	148.200.747
2011	82.623.550	11.124.401	93.747.951	23.366.371	38.698.805	62.065.176	155.813.127
2012	79.719.854	11.630.320	91.350.174	24.707.343	41.948.313	66.655.656	158.005.830
2013	80.899.153	11.687.507	92.586.660	25.536.710	44.686.846	70.223.556	162.810.216
2014	81.564.094	11.895.922	93.460.016	26.727.687	47.104.420	73.832.107	167.292.123
2015	81.179.323	12.525.293	93.704.616	27.879.872	48.761.154	76.641.025	170.345.641
2016	79.288.046	11.635.500	90.923.545	28.703.601	51.368.288	80.071.894	170.995.437

Dünya genelinde 2000 yılında su ürünleri yetiştiriciliği üretimi % 25.7 iken, 2016’da % 46.8 düzeylerine çıkmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin 1980-1990 arasında göstermiş olduğu yıllık azami büyüme oranlarını artık yakalayamamakla birlikte, 2001-2016 döneminde yıllık büyüme oranı % 5.8 ile öteki gıda imalatı yapmakta olan sektörlerden çok daha hızlı bir büyüme sağlamıştır. Yemlenerek üretimi gerçekleştirilen akuatik türlerinin üretimi, yemleme yapılmayan akuatik türleri dünya su ürünleri yetiştiriciliğinde, arkada bırakmıştır. “Toplam akuatik türlerin üretimi açısından, 2000-2016 yılları arasında yemleme yapılmayan türlerin oranı, aşamalı olarak yüzde 10’luk bir düşüş göstererek, yüzde 30.5 seviyelerine gerilemiştir” (FAO, 2018.).

“2016 yılında Türkiye su ürünleri üretimi bir evvelki yıla oranla % 12.4 oranında azalarak 588.715 ton olarak gerçekleşmiştir. Üretimi yapılan akuatik türlerin % 44.8’ini deniz balıkları, % 6.4’ünü diğer deniz mahsulleri, % 5.8’ini iç su mahsulleri ve % 43’ünü yetiştiricilik mahsulleri meydana getirmektedir. Yetiştiricilik üretiminin % 40.1’i iç sularda, % 59.9’u denizlerde gerçekleşmiştir. 2016 yılında su ürünleri avcılığı % 2.4 azalırken, yetiştiricilik % 5.4 artmıştır” (TÜİK, 2019).

Çizelge 2.11. Türkiyede Deniz ve İçsu Yetiştiricilik Üretim Miktarı (BSGM, 2019)

Yıllar	Yetiştiricilik Üretimi				TOPLAM (TON)
	Deniz (ton)	Toplamdaki Payı (%)	İç su (ton)	Toplamdaki Payı (%)	
2010	88.573	53,0	78.568	47,0	167.141
2011	88.344	46,8	100.446	53,2	188.790
2012	100.853	47,5	111.557	52,5	212.410
2013	110.375	47,3	123.018	52,7	233.393
2014	126.894	54,0	108.239	46,0	235.133
2015	138.879	57,8	101.455	42,2	240.334
2016	151.794	25,8	101.601	17,3	588.715
2017	172.492	27,3	104.010	16,5	630.820

Türkiye’de yetiştiriciliği en çok yapılmakta olan türler içerisinde 2017 yılı verilerine göre, levrek 99.971 ton, çipura 61.090 ton, ton ve alabalık 108.038 tondur (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.12. Türkiye’de yetiştiriciliği en çok yapılan türlerin üretim miktarı (ton) (BSGM, 2019).

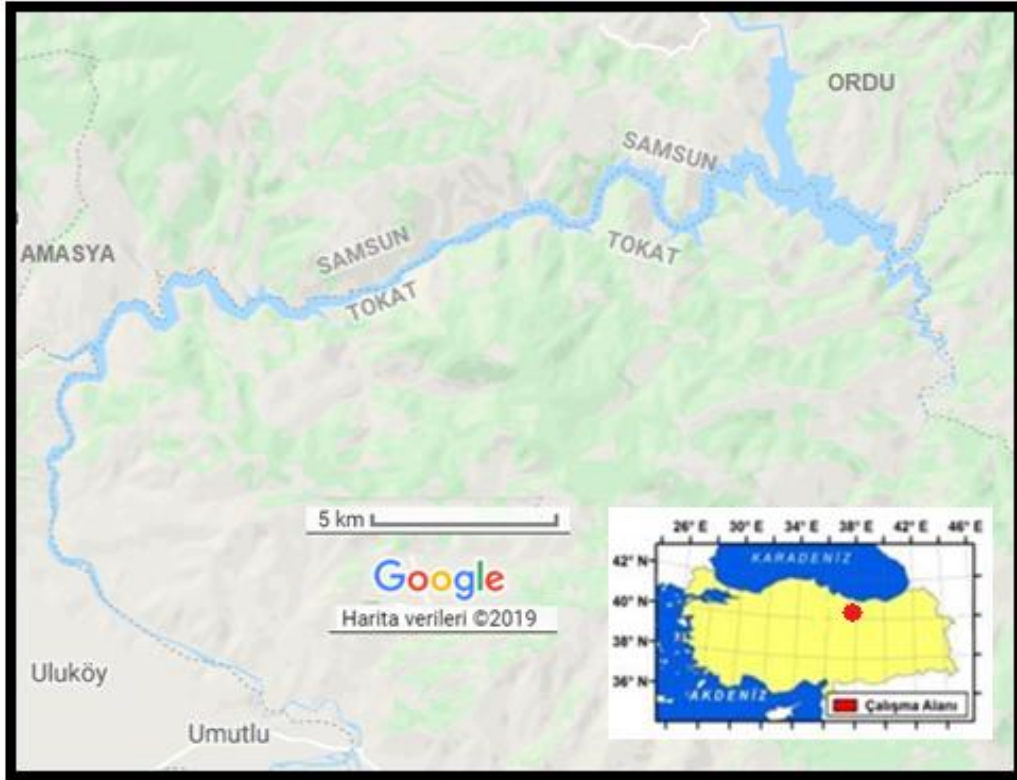
Yıllar	Alabalık			Çipura	Levrek
	İçsu	Deniz	Toplam		
2010	78.165	7.079	85.244	28.157	50.796
2011	100.239	7.697	107.936	32.187	47.013
2012	111.335	3.234	114.569	30.743	65.512
2013	122.873	5.186	128.059	35.701	67.913
2014	107.983	5.610	113.593	41.873	74.653
2015	101.166	6.872	108.038	51.844	75.164
2016	101.297	5.716	107.013	58.254	80.847
2017	103.705	5.952	109.657	61.090	99.971



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma alanı

Hasan Uğurlu Barajı, Samsun ili Ayvacık ilçesinde, Yeşilirmak üzerinde, elektrik enerjisi üretimi amacı ile 1971-1981 yılları arasında inşa edilmiş bir baraj ve hidroelektrik santralidir. Kil çekirdekli kaya dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 9 600 000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 175 metre, normal su kotunda göl hacmi 1.074 hm³, normal su kotunda göl alanı 22.66 km²'dir. 500 MW güç kapasitesine sahip hidroelektrik santrali yılda 1 217 GWh elektrik enerjisi üretir. Japonya hükümetinden sağlanan kredilerle inşa edilmiştir (Anonim,2018).



Şekil 3.1. Hasanuğurlu Barajı ve Konumu

3.2. Çalışmada kullanılan örnekleme ve analiz metotları

Baraj gölünde Gökkuşığı alabalığı yoğun kafes kültürü için taşıma kapasitesinin hesaplanmasında, dört mevsim baraj gölünün giriş, çıkış ve orta bölgeleri su yüzeyinin 30 cm altından alınmıştır. Sıcaklık, çözünmüş oksijen ve pH YSI 556 MPS model çoklu ölçüm cihazı ile yerinde gerçekleştirilmiştir. Toplam fosfor Hach DR/2800 modeline sahip spektrofotometre ile ve standart metotlar (EN ISO 6878) kapsamında Hach LCK kiti kullanılarak fosformolibden mavisi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Lange, 2006).

3.3. Fosfor yüklenmesi modeli

Vollenweider (1968)'tarafından önerilen ve Rigler ve Dillon (1974) tarafından geliştirilen fosfor yüklenmesi modeli; herhangi bir göldeki toplam fosfor konsantrasyonu, göl boyutları, fosforun sedimentte tutulan oranı, suyun yenilenme süresi ve göle giren fosfor miktarı ile bağlantılı olarak aşağıda sunulan formül temelli hesaplanmıştır:

$$[P] = \frac{L(1-R)}{z\rho} \quad (3.3.1)$$

Burada;

- [P] = Toplam fosfor (g/m^3)
- L = Toplam fosfor yüklenmesi ($\text{g/m}^2\text{-yıl}$)
- R = Sediment tarafından tutulan fosfor miktarı
- z = Ortalama derinlik (m)
- ρ = Göl suyu yenilenme süresi (yıl⁻¹)

Bu formüle dayanarak; kafes kültürünün çevresel etkisi dikkate alınarak baraj gölünde Gökkuşığı alabalığı yetiştirmek amacıyla yoğun üretim yapılacak balık miktarı ve üretimden kaynaklanan fosfor yüklenmesi ve çevresel taşıyabilme kapasitesi Rigler ve Dillon (1974) ve Beveridge (1984) tarafından geliştirilen model kullanılarak aşağıdaki basamaklar halinde hesaplanmıştır. Buna göre:

Basamak 1: Baraj gölünün yoğun kafes kültürü potansiyelini belirlemek için, su kütleindeki mevcut fosfor konsantrasyonu [P] belirlenmiştir. Ilıman bölgelerdeki çoğu göl ve baraj gölünde yıl içerisinde sıcaklık tabakalaşması oluşması, tayin edilen fosfor konsantrasyonunun tüm su kütleini temsil etmesini güçleştirmektedir. Tabakalaşma

süresince fosforun algler tarafından kullanıldığı epilimnion ve fosforun daha ziyade sediment-su kolonu arasındaki ilişkilerle yönetildiği hipolimnion arasında fosfor bakımından belirgin bir fark bulunabilir. Dillon ve Rigler (1974); Vollenweider (1976) ve OECD (1982) ilkbahar ve sonbahar karışımı süresince tayin edilen fosfor konsantrasyonunun ılıman sularda göldeki fosfor konsantrasyonunu temsil edeceğini göstermiştir. Toplam fosfor konsantrasyonunun aylık değişimini ortaya koyan veriler mevcut değil veya gerçekleştirilemiyorsa, ilkbahar ve sonbahar karışımı süresince yapılan tayinler kullanılabilir. Bu çalışmada dört mevsim toplam fosfor ölçümleri ile hesaplama gerçekleştirilmiştir. Modelde tüm dönemsel ortalama fosfor değerleri yanında her dönem için fosfor ortalamaları da ayrıca modelde kullanılmıştır. Ayrıca; çevresel hassasiyet çerçevesinde fosfor değerinin en yüksek olduğu dönem dikkate alınarak mevsimlik fosfor değerleri de modelde özellikle kullanılmıştır.

Basamak 2: Bir su kütleinde yoğun kafes kültüründen kaynaklanan fosfor girişi konsantrasyonu $\Delta[P]$, su kütlesi için maksimum kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu $[P_f]$ ve su kütleinin fosfor konsantrasyonu $[P_i]$ arasındaki farkla belirlenir. Dillon ve Rigler (1974), ılıman bölge gölleri için kabul edilebilir fosfor konsantrasyonunu $[P_f]$ 60 mg/m^3 olarak bildirmiştir;

$$\Delta[P] = [P_f] - [P_i] \quad (3.3.2)$$

Dillon ve Rigler (1974) tarafından geliştirilen fosfor yüklenmesi modeli balık kafeslerinden kaynaklanan yüklenmeye uygulanırsa, aşağıdaki model ortaya çıkar:

$$\Delta[P] = \frac{L_B - (1 - R_B)}{\bar{z} \cdot \rho} = L_B = \frac{\Delta[P] \cdot \bar{z} \cdot \rho}{1 - R_B} \quad (3.3.3)$$

Burada;	
L_B	= Entansif balık kültürü için göl veya baraj göllerinin taşıma kapasitesi ($\text{mg/m}^2 \text{yıl}$)
$\Delta[P]$	= Kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyon $[P_f]$ ile kafes kültüründen önceki fosfor konsantrasyon $[P_i]$ arasındaki fark (mg/m^3)
\bar{z}	= Ortalama derinlik (m)
ρ	= Göl suyu yenilenme süresi (1/yıl)
R_B	= Entansif balık kültüründen kaynaklanan fosforun sediment tarafından tutulan kısmı

Ortalama derinlik (\bar{z}), göl hacmi (V) ile yüzey alanının (A) oranına eşittir:

$$\bar{z} = V / A \quad (3.3.4)$$

Su yenilenme süresi (ρ) göle giren suyun gölde bekleme süresi veya giren suyun gölden çıkması için gereken süredir. Bir yılda gölden çıkan su miktarı ile (Q) göl hacminin (V) oranına eşittir:

$$\rho = Q / V \quad (3.3.5)$$

Göle giren fosforun sedimentte tutulan kısmı (tutulma katsayısı; R), giriş ve çıkış sularının ortalama fosfor miktarı, göldeki ve sedimentteki ortalama fosfor konsantrasyonu tayin edilerek belirlenir. Larsen ve Mercier (1976), Kuzey Amerika'daki 73 adet baraj gölünde yapmış olduğu çalışma sonucuna göre baraj gölleri için su yenilenme süresiyle fosfor tutulma katsayısı arasında önemli bir ilişki ($r=0.79$) belirlemiştir. Buna göre:

$$R = 1/(1+0,515 \rho^{0.551}) , R_B = x + [(1 - x) R] \quad (3.3.6)$$

X = Sedimente çökelen toplam fosfor oranı (0.45-0.55) sonuçları elde edilmiştir.

Basamak 3: Baraj gölünde yoğun kafes kültürü için taşıma kapasitesi hesaplanmasında YYO (yemden yararlanma oranı) değeri kullanılarak göl yüzey alanında yetiştiriciliği yapılacak balık miktarı hesaplanır. Bu hesaplama balık üretimi için (ton/yıl) YYO oranına bağlı olarak ticari yemlerin içeriğindeki fosforun ne kadarının çevreye gireceğine dayanılarak yapılır. Ticari pelet alabalık yemlerinin fosfor içeriği yaklaşık %1.5 (P_{yem}) ve alabalık dokularının fosfor içeriği (kuru ağırlığı için) % 0.48 ($P_{balık}$) kabul edilerek, 1 ton alabalık üretimiyle çevreye salınan fosfor miktarı ($P_{çevre}$);

$$P_{çevre} = P_{yem} - P_{balık}$$

(3.3.7)

$$\begin{aligned} P_{çevre} \text{ (YYO=1.0 için)} &= 15.00 - 4.80 = 10.20 \text{ kg P/ton alabalık} \\ P_{çevre} \text{ (YYO=1.5 için)} &= 22.50 - 4.80 = 17.70 \text{ kg P/ton alabalık} \\ P_{çevre} \text{ (YYO=2.0 için)} &= 30.00 - 4.80 = 25.20 \text{ kg P/ton alabalık} \end{aligned}$$

Bu durumda 1 ton alabalık üretimi için çevreye 10.20 - 25.20 kg arasında fosfor salınmaktadır.

3.4. Hidrolik bekleme süresi ve çevresel hazmetme kapasitesi

Göllerin fosfor ve azot hazmetme kapasitelerinde “hidrolik bekleme süresi-HBS” en önemli husustur. Su, akarsu ve/veya nehirlerden göllere ve rezervuarlara doğrudan yağış ve yüzey altı sızıntısı ile girer. Buharlaştırma yüzey altı sızıntısı ve akarsu akışı boşalması yoluyla sistemden çıkar. Bazen hidrolik tutma süresi olarak da adlandırılan hidrolik kalma süresi içeri akıştan dışarıya doğru su hareketinin hızını belirtir ve zaman birimleri (örneğin günler-yıllar) cinsinden ölçülür. HBS (genellikle t_w olarak kısaltılır) göl veya rezervuarın hacmini (m^3) yıllık toplam çıkışa ($m^3/yıl$) bölerek hesaplanır. Elde edilen teorik hidrolik kalma süresi suyun sistemde tanımlanmış bir su kütlesi olarak hareket etmesi durumunda gerçek su kalma süresine eşittir (Baker, 1996; Søballe ve ark., 1992).

Baraj gölünün toplam azot (TN) ve toplam fosfora (TP) dayalı çevresel hazmetme kapasitesi, Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından önerilen modelle hesaplanmıştır (Zhou ve ark.,2011) ve formüller aşağıdaki gibidir;

$$L = q_s C_s \left[1 + 2.27 \left(\frac{V}{Q_{out}} \right)^{0.586} \right] \quad (3.3.1)$$

$$q_s = \frac{Q_{in}}{A} \quad (3.3.2)$$

$$W = 0.001LA \quad (3.3.3)$$

Burada L rezervuarlarda (g / m^2) yılda metrekare başına azot veya fosfor miktarının izin verilen yükü,

Q_s rezervuarlarda yıllık metrekare başına deşarj (m),
 C_s yüzey suyu çevresel kalitesinin (mg / L) TN ve TP standardı,
 V rezervuarların hacmini (m^3),
 Q_{out} , rezervuarlardan (m^3) yıllık çıkan su miktarı,
 Q_{in} rezervuara yıllık giren su miktarı (m^3),
 A rezervuar alanı (m^2)
 W ise yıllık TN veya TP'nin suda çevresel hazmedebilme kapasitesidir.

4. BULGULAR

4.1. Su kalitesi bulguları

Hasanuğurlu baraj gölünde, üç istasyon ve dört mevsim elde edilen su sıcaklığı değerleri yüzeyde ortalama 18.51 ± 1.34 bulunmuştur. Sıcaklık değerleri kışın 7.20 °C ile yazın 28.90 °C'ler arasında değişmiştir. Hava sıcaklığına bağlı olarak su sıcaklığı değişim göstermektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4. 1. Hasanuğurlu Baraj gölü mevsimsel sıcaklık değerleri (° C)

Ortalama	18.51
En düşük	7.20 (Kış)
En yüksek	28.90 (Yaz)
S.Sapma	1.34

Hasanuğurlu baraj gölü yüzey suyunun çözülmüş oksijen değerleri ortalama 9.03 ± 0.92 bulunurken; kışın 11.80 mg/l ile yazın 6.40 mg/l arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4. 2. Hasanuğurlu baraj gölünde mevsimsel çözülmüş oksijen değerleri (mg/l)

Ortalama	9.03
En düşük	6.40 (yaz)
En yüksek	11.80 (Kış)
S.Sapma	0.92

Hasanuğurlu baraj gölü suyunun pH ölçüm sonuçları ortalama 8.21 ± 0.32 bulunurken en düşük kışın 6.83 , ile en yüksek ilkbaharda ile 8.76 değerleri arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4. 3).

Çizelge 4. 3. Hasanuğurlu baraj gölünde mevsimsel ölçülen pH değerleri

Ortalama	8.21
En düşük	6.83
En yüksek	8.76
S.Sapma	0.32

Hasanuğurlu baraj gölü suyunun toplam fosfor konsantrasyonu analiz sonuçlarına göre ortalama toplam fosfor 0.031 ± 0.028 , en yüksek 0.092 kış ile en düşük 0.008 sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4. 4. Hasanuğurlu baraj gölünde mevsimsel ölçülen toplam fosfor değerleri (mg/l)

Ortalama	0.28
En düşük	0.04
En yüksek	0.64
S.Sapma	0.14

4.2. Taşıma kapasitesi

Hasanuğurlu baraj gölü taşıma kapasitesi modeli hesaplanırken birkaç parametre göz önüne alınarak durum değerlendirilmesi yapılmıştır.

1. İlk olarak Rigler ve Dillon (1974)'nin, fosfor $[P_f]$ miktarı ile ilgili yaptığı araştırmalar kabul edilebilir. Ötrofik göller için $[P_f]$ miktarı 60 mg/m^3 olduğu belirtilmiş olmakla beraber, buna benzer çalışmalarda daha sonraki tarihlerde ötrofik durumdaki göller için fosfor toplam miktarı 30 mg/m^3 olarak tespit edilmiştir. Bu değer üzerine çıkan göller ötrofik olarak kabul edilir. Kılıçkaya Baraj gölünde taşıma kapasitesi hesaplanmasında 60 mg/m^3 (P_{f1}) miktarı ile birlikte, baraj gölünün ekosistemine zarar vermeden doğal yapısının bozulmaması gözönüne alınarak alt sınırın tespit edilmesi içinde 30 mg/m^3 (P_{f2}) ve Türk mevzuatına (Anonim,2016) göre 50 mg/m^3 (P_{f3}) hesaplamalarda kullanılmıştır.

2. Kafes kültüründe balık yeminde R_B bulunan fosfor % 45-50 oranında parçacık halinde sedimentte çökeldiği bildirilmiştir. R_B değeri hesaplanırken fosforun çökeltme miktarı (% 50) olduğu dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır.

3. Hesaplama yapılacak bir diğer önemli unsur da balık yemlerinde kullanılan fosfor miktarıdır. Balıklar ihtiyaç duydukları fosforun çok azını sudan karşılarlar. Kalan fosfor ihtiyacı ise yem ile giderilir ve ihtiyaçtan fazla olan fosfor suya bırakılır. İşletme için en önemli gider yem ücretidir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte yemlerdeki fosfor miktarı azaltılmış olmasına rağmen, yetiştiricilerin bilinçsizce yaptığı yemleme ile

çevreye verdiği zarar göz önüne alındığında, yemdeki fosfor miktarı genelde % 1.5 olarak kabul edilmiştir.

4. Yazın ve kışın su sıcaklığının alabalık yetiştirmeye uygun olmaması durumunda üretim sezona bağlı olarak değişmektedir. Bu durum yemden yararlanma oranının yükselmesine sebep olmaktadır. Yem kaybının fazla olduğu kafes alanları göz önüne alınarak özellikle göldeki akış rejimine bağlı olarak yemden yararlanma oranı (FCR) 1.0-1.5 ve 2 olarak kabul edilerek ve ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır.

4.3. Ortalama toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

Çevresel olan durumlar göz önüne alınarak fosfor yüklemelerine ilişkin kapasite hesapları ortaya konulmuştur. P_i ort. : Ölçümü yapılan genel toplamda ki fosfor: 0.28 mg/l= 280 mg/m³ ' dir. Model üç aşamalı olarak Çizelge 4.5'de ve Şekil 4.1'de sunulduğu üzere hesaplanmıştır.

Buna göre ; $L_B = \Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot P \cdot A / (1 - R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{\text{çevre}}$ formülü kullanılarak;

I. Ötrofik durum için araştırmacıların çoğunluğu için normal kabul gören fosfor oranı 30 mg/m³ değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -428 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -247 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -173 ton alabalık/yıl

II. Ötrofik durum için bazı araştırmacılarca normal kabul gören fosfor oranı 60 mg/m³ değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -377 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -217 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -152 ton alabalık/yıl

III. Ötrofik durum için Türk Mevzuatınca normal kabul gören fosfor oranı 50 mg/m³ değeri için taşıma kapasiteleri:

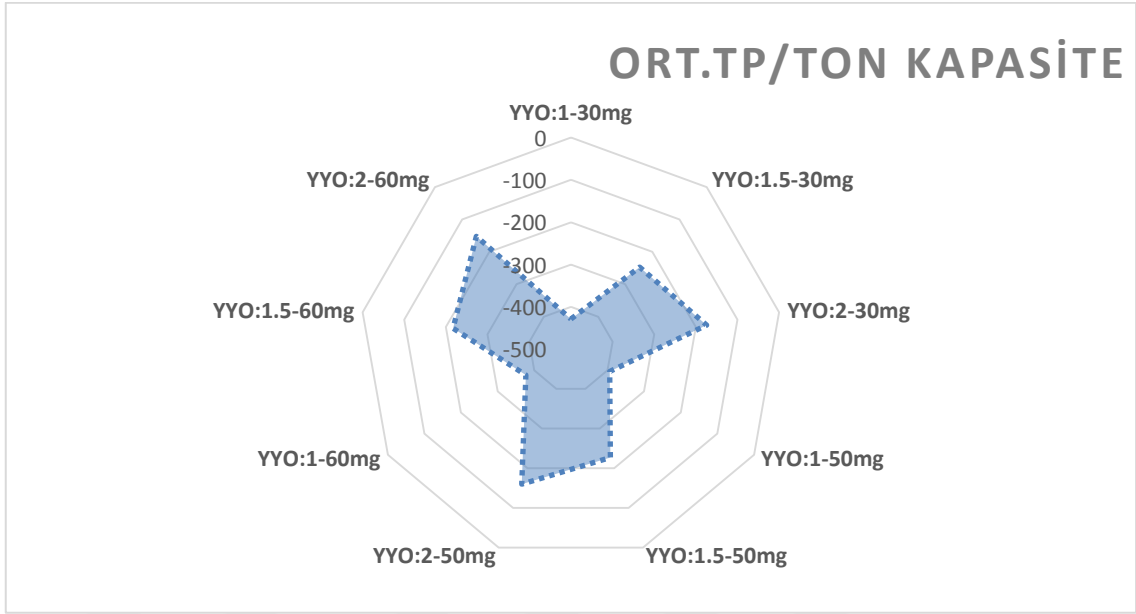
YYO 1. 0 için kapasite -394 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -227 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -160 ton alabalık/yıl

Çizelge 4.5. Hasanuğurlu baraj gölü ortalama fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

A: Göl alanı (m ²)		22 660 000	
V: Göl hacmi (m ³)		1 073 750 000	
Q: Gölde çıkan su hacmi (m ³)		4 730 400 000	
\bar{z} : Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	47.38	
ρ : Gölün suyunun yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	4.40	
P _i : Gölün ortalama fosfor değeri (mg/m ³)		280	
R: Fosforun tutulma katsayısı	$1/(1+0.515 \rho^{0.551})$	0.46	
R _B : Balıkçılık kaynaklı fosforun tutulma oranı	$R_B = x + [(1 - x) R]$	0.730	
X: Sedimente çöken fosfor oranı	(0.45-0.55)	0.50	
$\Delta[P]$: Fosfor yüklenmesi (mg/m ³)	$[P_f] - [P_i]$		
[P _f] ₁ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	60 mg/m ³	-220	
[P _f] ₂ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	30 mg/m ³	-250	
[P _f] ₃ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	50 mg/m ³	-230	
P _{yem} : Yem içeriğindeki fosfor kg P/ton (%1.50)	15kg/ton		
P _{balık} : Balıkta tutulan fosfor kg P/ton (%0.48)	4,8 kg/ton		
P _{çevre} : Çevreye salınan fosfor kgP/ton balık (YYO: Yemden Yararlanma Oranı)	P _{yem} - P _{balık}	YYO:1	15.00-4.80= 10.20 kg P/ton
		YYO:1.5	22.50-4.80= 17.70 kg P/ton
		YYO:2	30.0-4.8= 25.20 kg P/ton
Kaldırma Kapasitesi	[P _f] ₁ 60 mg/m ³ için	YYO:1	-377 369
		YYO:1.5	-217 467
		YYO:2	-152 745
	[P _f] ₂ 30 mg/m ³ için	YYO:1	-428 829
		YYO:1.5	-247 122
		YYO:2	-173 573
[P _f] ₃ 50 mg/m ³ için	YYO:1	-394 522	
	YYO:1.5	-227 352	
		YYO:2	-159 688



Şekil 4.1. Hasanuğurlu baraj gölünün ortalama fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı (*1000 ton).

4.4. En yüksek toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

Çevresel olan durumlar göz önüne alınarak fosfor yüklemelerine ilişkin kapasite hesapları ortaya konulmuştur. P_i maks. : Ölçümü yapılan genel toplamda ki fosfor: $0.64 \text{ mg/l} = 640 \text{ mg/m}^3$ ' dir. Model üç aşamalı olarak Çizelge 4.6'da ve Şekil 4.2'de sunulduğu üzere hesaplanmıştır.

Buna göre; $L_B = \Delta [P] \cdot \bar{t} \cdot P \cdot A / (1 - R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{\text{çevre}}$ formülü kullanılarak;

I. Ötrofik durum için araştırmacıların çoğunluğu için normal kabul gören fosfor oranı 30 mg/m^3 değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -1 046 342 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -602 977 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -423 519 ton alabalık/yıl

II. Ötrofik durum için bazı araştırmacılarca normal kabul gören fosfor oranı 60 mg/m^3 değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -994 882 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -573 322 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -402 690 ton alabalık/yıl

III. Ötrofik durum için Türk Mevzuatınca normal kabul gören fosfor oranı 50 mg/m³ değeri için taşıma kapasiteleri:

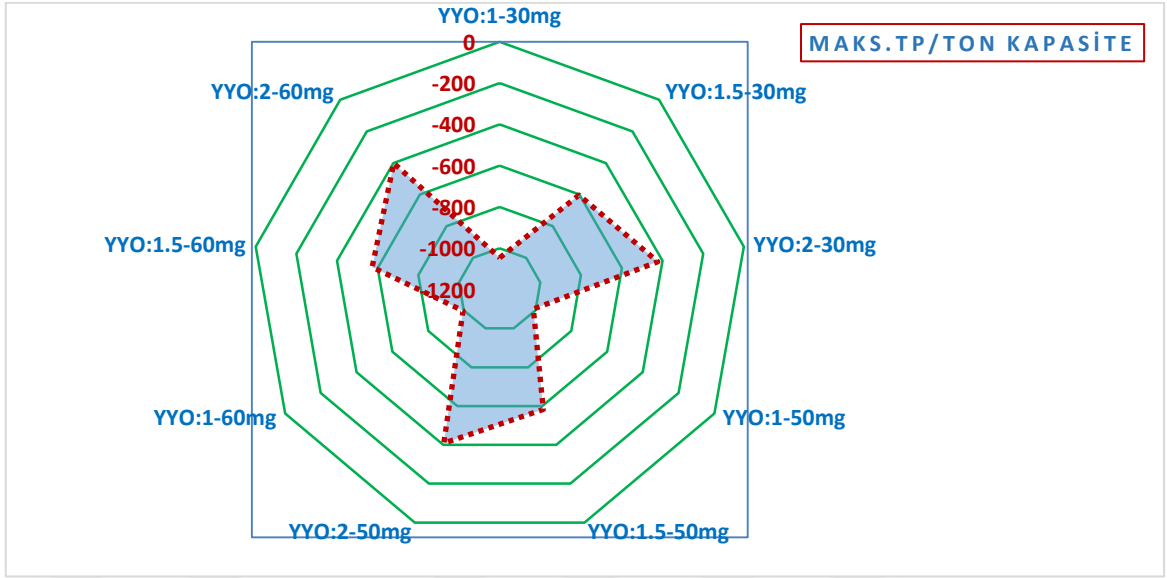
YYO 1. 0 için kapasite -1 012 035 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -583 207 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -409 633 ton alabalık/yıl

Çizelge 4.6. Hasanuğurlu baraj gölü en yüksek fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

A: Göl alanı (m ²)		22 660 000	
V: Göl hacmi (m ³)		1 073 750 000	
Q: Gölde çıkan su hacmi (m ³)		4 730 400 000	
\bar{z} : Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	47.38	
ρ : Gölün suyunun yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	4.40	
P _i : Gölün ortalama fosfor değeri (mg/m ³)		640	
R: Fosforun tutulma katsayısı	$1/(1+0.515 \rho^{0.551})$	0.46	
R _B : Balıkçılık kaynaklı fosforun tutulma oranı	$R_B = x + [(1 - x) R]$	0.730	
X: Sedimente çöken fosfor oranı	(0.45-0.55)	0.50	
$\Delta[P]$: Fosfor yüklenmesi (mg/m ³)	$[P_f] - [P_i]$		
[P _f] ₁ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	60 mg/m ³	-580	
[P _f] ₂ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	30 mg/m ³	-610	
[P _f] ₃ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	50 mg/m ³	-590	
P _{yem} : Yem içeriğindeki fosfor kg P/ton (%1.50)	15kg/ton		
P _{balık} : Balıkta tutulan fosfor kg P/ton (%0.48)	4,8 kg/ton		
P _{çevre} : Çevreye salınan fosfor kgP/ton balık (YYO: Yemden Yararlanma Oranı)	P _{yem} - P _{balık}	YYO:1	15.00-4.80= 10.20 kg P/ton
		YYO:1.5	22.50-4.80= 17.70 kg P/ton
		YYO:2	30.00-4.80= 25.20 kg P/ton
Kaldırma Kapasitesi	[P _f] ₁ 60 mg/m ³ için	YYO:1	-994 882
		YYO:1.5	-573 322
		YYO:2	-402 690
	[P _f] ₂ 30 mg/m ³ için	YYO:1	-1 046 342
		YYO:1.5	-602 977
		YYO:2	-423 519
[P _f] ₃ 50 mg/m ³ için	YYO:1	-1 012 035	
	YYO:1.5	-583 207	
	YYO:2	-409 633	



Şekil 4.2. Hasanuğurlu baraj gölünün en yüksek fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı (*1000 ton)

4.5. En düşük toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

Çevresel olan durumlar göz önüne alınarak fosfor yüklemelerine ilişkin kapasite hesapları ortaya konulmuştur. P_1 min. : Ölçümü yapılan genel toplamda ki fosfor: $0.04 \text{ mg/l} = 40 \text{ mg/m}^3$ ' dir. Model üç aşamalı olarak Çizelge 4.7'de ve Şekil 4.3'de sunulduğu üzere hesaplanmıştır.

Buna göre; $L_B = \Delta [P] \cdot \bar{t} \cdot P \cdot A / (1 - R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{\text{çevre}}$ formülü kullanılarak;

I. Ötrofik durum için araştırmacıların çoğunluğu için normal kabul gören fosfor oranı 30 mg/m^3 değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -17 153 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -9 885 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -6 943 ton alabalık/yıl

II. Ötrofik durum için bazı araştırmacılarca normal kabul gören fosfor oranı 60 mg/m^3 değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite 34 306 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite 19 770 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite 13 886 ton alabalık/yıl

III. Ötrofik durum için Türk Mevzuatınca normal kabul gören fosfor oranı 50 mg/m³ değeri için taşıma kapasiteleri:

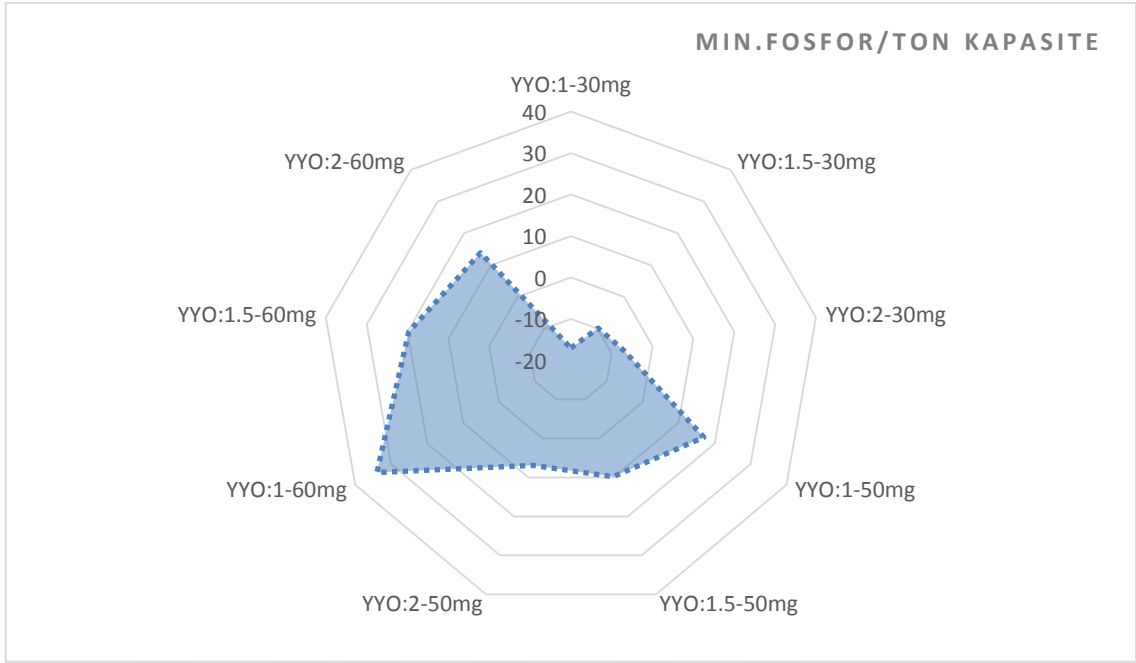
YYO 1. 0 için kapasite 17 153 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite 9 885 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite 6 943 ton alabalık/yıl

Çizelge 4.7. Hasanuşurlu baraj gölü en düşük fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

A: Göl alanı (m ²)		22 660 000	
V: Göl hacmi (m ³)		1 073 750 000	
Q: Gölde çıkan su hacmi (m ³)		4 730 400 000	
\bar{z} : Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	47.38	
ρ : Gölün suyunun yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	4.40	
P _i : Gölün ortalama fosfor değeri (mg/m ³)		40	
R: Fosforun tutulma katsayısı	$1/(1+0.515 \rho^{0.551})$	0.46	
R _B : Balıkçılık kaynaklı fosforun tutulma oranı	$R_B = x + [(1 - x) R]$	0.730	
X: Sedimente çöken fosfor oranı	(0.45-0.55)	0.50	
$\Delta[P]$: Fosfor yüklenmesi (mg/m ³)	$[P_f] - [P_i]$		
[P _f] ₁ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	60 mg/m ³	20	
[P _f] ₂ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	30 mg/m ³	-10	
[P _f] ₃ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	50 mg/m ³	10	
P _{yem} : Yem içeriğindeki fosfor kg P/ton (%1.50)	15kg/ton		
P _{balık} : Balıkta tutulan fosfor kg P/ton (%0.48)	4,8 kg/ton		
P _{çevre} : Çevreye salınan fosfor kgP/ton balık (YYO: Yemden Yararlanma Oranı)	P _{yem} - P _{balık}	YYO:1	15.00-4.80= 10.20 kg P/ton
		YYO:1.5	22.50-4.80= 17.70 kg P/ton
		YYO:2	30.0-4.80= 25.20 kg P/ton
Kaldırma Kapasitesi	[P _f] ₁ 60 mg/m ³ için	YYO:1	34 306
		YYO:1.5	19 770
		YYO:2	13 886
	[P _f] ₂ 30 mg/m ³ için	YYO:1	-17 153
		YYO:1.5	-9 885
		YYO:2	-6 942
	[P _f] ₃ 50 mg/m ³ için	YYO:1	17 153
		YYO:1.5	9 885
		YYO:2	6 943



Şekil 4.3. Hasanuğurlu baraj gölünün en düşük fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı (*1000 ton).

4.6. Hasanuğurlu baraj gölünün hidrolik bekleme süresi

Göllerin fosfor ve azot hazmetme kapasitelerinde “hidrolik bekleme süresi/HBS” en önemli husustur. Su, akarsu ve/veya nehirlerden göllere ve rezervuarlara doğrudan yağış ve yüzey altı sızıntısı ile girer. Buharlaşıma yüzey altı sızıntısı ve akarsu akışı boşalması yoluyla sistemden çıkar (Baker, 1996; Søballe ve ark., 1992). Hidrolik kalma süresi göllerin ve rezervuarların bazı önemli morfolojik özellikleriyle ilgilidir ve göller ve rezervuarlardaki hem fiziksel hem de biyolojik süreçleri etkiler (Søballe ve ark., 1992). Örneğin, hidrolik kalma süresi biyojeokimyasal çevrimin tipini ve hızını, partikül maddenin yerleşimini ve termal tabakalaşma oluşumunu etkileme potansiyeline sahiptir (Kalff, 2002; Morris ve Fan, 1998). Böylece hidrolik kalma süresi besin bulunabilirliğini, bulanıklığı ve tabakalaşma/karışımı etkiler (Adams ve Hackney, 1992). Bu nedenlerden dolayı hidrolik kalma süresi göller ve rezervuarlardaki su topluluklarının yapısı ve işlevi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Søballe ve Kimmel, 1987). Hidrolik kalma süresi ayrıca besinlerin, tortuların ve planktonların aşağı akan sulara taşınmasını da etkiler (Kalff, 2002; Morris ve Fan, 1998).

Ortalama derinliği 47 metre olan Hasanuğurlu baraj gölünde izelge 4.8’de gösterildiği üzere baraj suyunun tamamı yılda 4.40 yenilenmektedir. Hidrolik yük ise 209 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Hasanuğurlu baraj gölü yenilenme süresi ve parametreleri

A: Gölün yzlcm (m^2)		22 660 000
V: Gölün hacmi (m^3)		1 073 750 000
Q: Glden çıkan su miktarı (m^3)		4 730 400 000
\bar{z} : Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	47.38
ρ : Gölün yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	4.40
Hidrolik yük	Q/A	209

4.7. Hasanuğurlu baraj gölünün çevresel hazmetme kapasitesi

Azot ve fosfor yükünün ekosistem tarafından döngüye sokularak organik maddeye dönüştürülmesi ve ötrofikasyon oluşmaması baraj gölünün morfolojik karakteri ve su kalış süreleri ile ilişkilidir (Zhou ve ark.,2011). Uzun su kalış/yenilenme süresi ve nispeten kararlı durumu nedeniyle, baraj gölleri düzgün bir şekilde karıştırılmış bir su kütlesi olarak görülebilir. TN ve TP’nin su çevresel kapasitesi, Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma rgt (OECD) tarafından önerilen modelle hesaplanan değerleri aşağıda izelge 4.9.’de sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Hasanuğurlu baraj gölünün çevresel hazmetme kapasitesi parametreleri

Alan (m^2)	Hacim (m^3)	Q_{out} -(m^3 /yıl)	Q_{in} -(m^3 /yıl)
22 660 000	1 073 750 000	4 730 400 000	4 738 600 000
Fosfor L (0.03 mg/l için)	8.60 g/ m^2		
W	194 ton	Gölde mevcut P= 301 ton Gölde mevcut N= 11 800 ton	
Fosfor L (0.05 mg/l için)	14.34 g/ m^2		
W	324 ton		
Azot L (0.5 mg/l için)	143 g/ m^2		
W	3 249 ton		
Azot L (1.0 mg/l) için	287 g/ m^2		
W	6 499 ton		

Çizelge 4.9’da verildiği üzere Hasanuğurlu baraj gölü hem fosforu hem de azotu hazmedebilme kapasitesinde iken fosfor için sınır değerlerde bir çevresel hazmetme kapasitesi aşılmış olup, trofik seviyesi balık yetiştiriciliği için ilave yükü kaldıracabilecek durumda değildir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kafes kültüründe yetiştirilecek türün gelişimini sınırlayan ilk sorun coğrafik koşullardır. İlıman (23-67°N) ve tropikal (23°N-23°S) bölgeler arasında birincil üretim açısından önemli bir farkın olması, ılıman bölge sularında yoğun ve yarı yoğun kafes kültürünü güçleştirmektedir (Le Cren ve Lowe-Mc Connell, 1980). Nispeten düşük pazarlama fiyatı nedeniyle ekstansif ve yarı entansif kafes kültürüne uygun olan sazan ve tilapia türleri yerine, ılıman bölgeler için satış fiyatı yüksek alabalıkların kültürü önerilmektedir (Beveridge, 1984).

Alabalıkların doğal yaşam ve kültür şartları için geçmişe dönük geniş bir bilgi birikimi vardır. Alabalıklar hem doğal ortamda hem de kültür ortamında çeşitli çevresel etkenlerden (sıcaklık, tuzluluk, pH, ç.oksijen ve amonyak) başta büyüme ve üreme faaliyetleri olmak üzere etkilenmeleri söz konusudur ve bunların uç ve normal sınırları bulunmakta olup, bu çevresel etkenler tek başlarına etkili olabileceği gibi birlikte katlamalı etkide yapabilmektedir. Yetiştiricilik öncesi bu çevresel şartlar iyi bilinmesi gerekmektedir (Molony, 2001). Çevresel şartlardaki değişimler balıkta stres yaparak balığın direncini etkiler ve balığı enfeksiyonlara karşı hassaslaştırır. Bunlar genel stres yapıcı etmenler olup; kötü su kalitesi, yoğun stoklama, müdahale ve hastalık tedavisinde kullanılan ilaçlar en önemlileridir. Stres genelde ölümle sonlanır, ancak davranış değişikliği, kötü iştah, büyüme, direnç düşmesi, ilave streslere karşı koyamama gibi direnme seviyeleri yaşanır (Edmonson, 1991).

Beveridge (1987) balık yetiştiriciliğinde yer seçimi ve çevresel durumları önem sırasına üç kategoriye ayırmıştır. birincisi; sıcaklık, tuzluluk, oksijen, pH, bulanıklık, kirlenme, algal patlama, hastalık amilleri, su değişimi, fouling, ikincisi; hava şartları, akıntılar, derinlik, substrat ve üçüncüsü ise; resmi gereksinimler, servis ve kıyı araçları, güvenlik, pazara yakınlıktır. Bu durum özellikle su kalitesi parametrelerinin uygunluğunu çevresel yönetimde ön plana çıkarmaktadır (Dikel, 2005).

Alabalıklar, kuzey yarım kürenin soğuk ve ılıman bölgelerin yerli balıkları olmasına karşılık, birkaç türü sıcak ortamlara da yaygın olarak taşınmışlardır. Örneğin Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) birçok ülkeye giriş yapmıştır (Molony ve ark., 2004).

Bu durum Gökkuşığı alabalığının geniş ekolojik şartlara uyum gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Hasanuğurlu baraj gölünde, üç istasyon ve dört mevsim elde edilen su sıcaklığı değerleri yüzeyde ortalama 18.51 ± 1.34 bulunmuştur. Sıcaklık değerleri kışın 7.20 °C ile yazın 28.90 °C'ler arasında değişmiştir. Gölün ortalama sıcaklığı alabalık yetiştiriciliği için uygunluk arzemesine karşılık yaz ayları sıcaklık değerleri alabalık yetiştiriciliğine uygunluk arzetmemektedir. Çizelge 5.1'deki sıcaklık değerlerine bakıldığında; Molony (2001), FAO ($12-21$ °C) ve Robert ve Shepherd,1997 (ort. 16 °C)'un bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerler Hasanuğurlu baraj gölü için şartları zorlaştırmakta, sınır değerler aşılmaktadır. Gölde alabalık yetiştiriciliği yaz dönemi dışında planlanmalıdır.

Oldukça geniş su sıcaklığı değişimlerine Gökkuşığı alabalıkları toleranslıdır. Ancak suyun sıcaklık değerinin 12 °C'nin altına düşmesi ve 17 °C'nin üzerine çıkması gökkuşığı alabalıklarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Su sıcaklığındaki artış balığın metabolik etkinliğini artırarak su içerisindeki karbondioksit düzeyinin yükselmesine ve oksijen tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Gökkuşığı alabalığı yetiştirmek için en uygun su sıcaklığı $15-18$ °C, öldürücü sınır ise 5 °C'nin altında ve $24-27$ °C arasındadır. Gökkuşığı alabalıklarında 4 °C'de büyüme durmaktadır. 25 °C'nin üzerindeki su sıcaklıklarında ise balıkların kısa bir süre canlı kalabilmektedir (Dirican, 2008). Hasanuğurlu baraj gölünde elde edilen su sıcaklığı değerlerinin Gökkuşığı alabalığının gelişimi için kabul edilebilir sınırlar içinde olmasına karşılık; özellikle yaz aylarında su sıcaklığı artışı yaşam sınırlarının üzerine çıkmaktadır.

Hasanuğurlu baraj gölü yüzey suyunun çözünmüş oksijen değerleri ortalama 9.03 ± 0.92 bulunurken; kışın 11.80 mg/l ile yazın 6.40 mg/l arasında değişim gösterdiği saptanmıştır Gölün çözünmüş oksijen değerleri Molony (2001)'in Çizelge 5.1'de verilen ç.oksijen değerlerine (ort. 7 mg/l) ve Robert ve Shepherd,1997 (5 mg/l fazla)'un bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerlere büyük oranda uyum göstermektedir.

Hasanuğurlu baraj gölü suyunun pH ölçüm sonuçları ortalama 8.21 ± 0.32 bulunurken en düşük kışın 6.83 , ile en yüksek ilkbaharda ile 8.76 değerleri arasında değişim

göstermiştir Gölün pH değeri Çizelge 5.1’de verilen pH değerlerine (6.5-8.5) bakıldığında (Molony, 2001), FAO, Robert ve Shepherd (1997)’un bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerlere; büyük oranda uyum göstermektedir. Gölün pH değerleri alabalık kültürü için oldukça iyi düzeydedir.

Çizelge 5.1. Kültür alabalıkların iyi gelişimi ve hayatta kalması için gerekli su kalitesi sınırları (Molony, 2001’ den uyarlanmıştır).

Parametre	Sedgwick (1985)	Stevenson (1987)	Barton (1996)	Wedemeyer (1996)	Brannon (1991)	Hasanuğurlu baraj gölü
Sıcaklık(°C)	10-15 (G) en iyi 21 altı, >25-27 letal(S)	10-16 (G) en iyi 20 altı, >25 letal (S)	10-22 (G) >26,5 letal (S)		9-16 (G) <26 (S)	18.75 (4.20-29.21)
pH	7-7.5 (G) 6’dan az olamaz(S)	7-7.6 (G) 6’dan az olamaz (S)	6.5-8 (G) 6’dan az olamaz (S)	7-8 (G) 6-9 (S)	6.7-8.5 (G)	7.58 (6.88-8.48)
Ç.Oksijen (mg/l)				>7 (S)	7 (G)	8.93 (7.21-10.63)

G:gelişme sınırları, S:hayati sınırlar

Ülkemizde iç sular kafes kültürü için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Ancak, su kütlelerinin sürdürülebilir kullanımını garanti altına alınarak ve diğer kullanım alanlarını kısıtlamadan iç sularda yetiştiricilik sektörünün gelişmesi, bu alanda çalışan araştırmacıların, kamu kuruluşlarının, sivil toplum örgütlerinin ve yetiştiricilerin sorumluluğu altındadır. İç sularda kafes kültürünün çevresel etkisini tahmin etmek için model kullanımı veya bir diğer ifadeyle iç suların taşıma kapasitesinin belirlenmesi sorumlu sürdürülebilir balıkçılığın gelişiminde başlangıç aşaması olarak kabul edilmelidir (Ayekin ve ark.,2018).

Kafeslerde yoğun olarak alabalık yetiştiriciliğinin küresel, ülkesel ve yerel olarak birçok önemli çevresel etkilere neden olmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinde son yıllarda birçok ülkede, çevresel endişeler oluşturduğu için su ürünleri yetiştiriciliği ile ilgili ekonomik faaliyetler alanında oldukça sıkı ve düzenleyici kurallar uygulanmaya başlanmıştır. Bu şekilde bir yaklaşım çevresel dengenin korunması ve sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır (Şahin, 2003).

Sistemin özelliklerini analiz etmek için kullanılan sentez araçları olarak modeller, yalnızca problemi öngörmez aynı zamanda tüm sistemin reaksiyonlarını da açığa

çıkabilir. Modeller, “gerçeğin basitleştirilmiş bir resmi” olarak genellikle problemi çözmek için kullanılır. Su kalitesi modelleri çeşitli su kaynaklarının özelliklerini, noktasal veya dağınık kaynakların neden olduğu alıcı su kalitesini tahmin ederler (Şen ve Koçer, 2003a).

Dillon ve Rigler (1974) kabul edilebilir fosfor yükünü 60 mg/m³ olarak bildirmişse de, Carlson ve Simpson (1996), Brasil (2005) ve ANA (2009) ise toplam fosfor miktarı için ötrofikasyon sınırı 30 mg/m³ olarak bildirmiştir. Bu durum, göllerin taşıma kapasitesinin hesaplanmasında 30 mg/m³ olarak kabul edilmesi ekosistem bütünlüğünün korunmasında daha etkin olacaktır. Üstelik Vollenweider (1968), göllerin kabul edilebilir ve tehlikeli azot ve fosfor yüklenmesini çok daha düşük miktarlarda bildirmiştir. Ayrıca Çizelge 5.2.’de gösterilen Türk Mevzuatı “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde” baraj gölleri için mesotrof karakterin üst sınırı 0,05 mg/l kabul edilmiştir (Anonim,2016).

Çizelge 5.2. Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri

Su Kalitesi Sınıfı	TP (µg/L)	TN (µg/L)	Klorofil-a (µg/L)	Seki Disk Derinliği (m)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)
Oligotrofik	< 10	< 350	< 3,5	> 4	> 7
Mezotrofik	30	650	9	2	6
	50*	1000*	15*	1,5*	4*
Ötrofik	100	1500	25	1	3
Hipertrofik	> 100	> 1500	> 25	< 1	< 3

* Gölet veya baraj göllerinde geçerlidir.

İç sularda kafes kültürünün çevresel etkisini tahmin etmek için kullanılan modellerin durum değişkenleri kültür metoduna göre değişiklik göstermektedir. Yoğun kafes kültürü için özellikle sisteme giren fosfor yükü kullanılırken, yarı entansif ve ekstansif kafes kültür metotları için sistemin birincil üretiminden yararlanılması önerilmektedir. Böylece yoğun yetiştiricilikte çevreye yemle giren ne kadar fosforu sistemin taşıyabileceği ve ne kadar balık üretimi yapılabileceği tahmin edilebilir (Beveridge, 1984).

Penczak ve ark. (1982) tarafından yürütülen çalışmada, Gleboike Gölü’nde (Polonya) alabalık kafes kültüründen çevreye atık girişi, karbon, azot ve fosfor giriş ve çıkışları tayin edilerek belirlenmiştir. Çevreye toplam nutrient girişinin (Nut_{çevre}), yemle eklenen (Nut_{yem}) ve hasat edilen balıklar tarafından asimile edilen nutrientlerin (Nut_{balık})

miktarları arasındaki farka eşit olduğu hesaplanmıştır ($Nut_{\text{çevre}} = Nut_{\text{yem}} - Nut_{\text{balık}}$). Çalışmada pelet yem ve atık balıkların karışımından elde edilen bir yem kombinasyonu kullanılmıştır. Yemlerin ve hasat edilen balıkların karbon, azot ve fosfor içeriği tayin edilmiş ve göle giren nutrient yükleri hesaplanmıştır. Kullanılan yemin fosfor içeriği ve sindirilebilirliğine bağlı olarak çevreye giren toplam fosfor yükü değişebilir. Gökkuşluğu alabalığı kafes kültürü için yaygın yemden yararlanma oranı (YYO) değerleri 1,5-2,0:1 arasındadır ve bu nedenle üretilen her ton balık için çevreye giren toplam fosfor yükü 17-25 kg arasında değişir (Beveridge, 1984). Yapılan çalışmalara dayanarak entansif kafes yetiştiriciliği için toplam yem kaybının % 10-30 arasında olduğu tahmin edilmektedir (Collins, 1971; Penczak *et al.*, 1982). Penczak ve ark. (1982) sindirilen fosforun yalnızca % 32'sinin (verilen yemin % 23'ü) asimile edildiğini ve kullanıldığını, kalan kısmın dışkı ve ürün ile atıldığını göstermiştir.

Yoğun kafes kültürü Gökkuşluğu alabalığı yetiştiriciliği için çevresel taşıma kapasitesi; göl ortalama derinliği yaklaşık 47 m ve yüzey alanı 22.66 km² olan Hasan uğurlu baraj gölünde üretilebilecek alabalık miktarı kabul edilebilir fosfor yüklenmesi (P_{fi}) 60 mg/m³ olarak kabul edildiğinde, yemden yararlanma oranı 1. 0 için -377 000 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.5 için - 217 000 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 2.0 için -153 000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Kabul edilebilir fosfor yüklenmesi (P_{fi}) 30 mg/m³ kabul edildiğinde ise, yemden yararlanma oranı 1. 0 için -429 000 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.5 için -247 000 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 2.0 için -173 000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.2). Bu durumda gölün fosfor konsantrasyonu balık yetiştiriciliği için uygun olmayıp kaldırma kapasitesi aşılmış durumdadır. Gölde alabalık yetiştiriciliği yapmak mevcut ötrofik yapıyı daha da üst konumlara taşıyacaktır. Bu kapsamda Hasan uğurlu baraj gölünde fosfor yüklenmesi ötrofikasyona yol açacağından balık üretimi önerilmemektedir. Buna karşılık gölde tespit edilen en düşük fosfor derişimlerine yapılan hesaplamalara göre ise (P_{fi}) 50 mg/m³ kabul edildiğinde, Hasan uğurlu baraj gölünde yetiştirilebilecek balık miktarı, yemden yararlanma oranı 1. 0 için 32 000 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.50 için 19 000 ton/yıl ve yemden yararlanma oranı 2. 0 için 13 000 ton/yıl olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 5.3, Şekil 5.2).

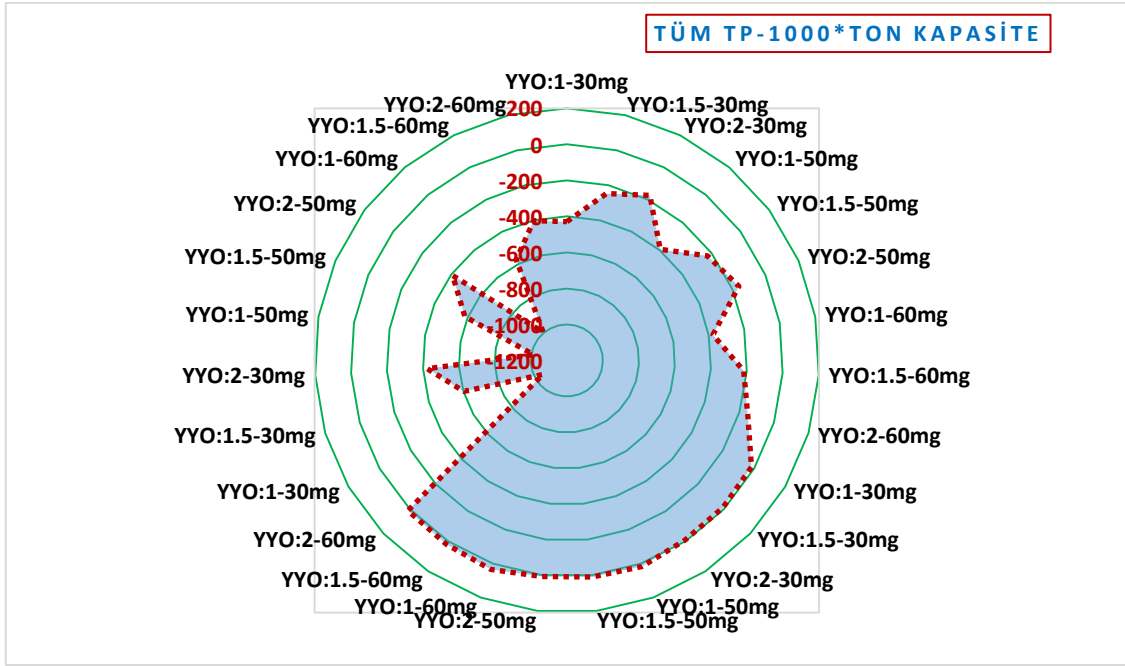
Çizelge 5.3. Hasanuğurlu baraj gölü ortalama fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesinin karşılaştırılması (ton)

Kabul edilebilir fosfor derişimi (60 mg/l)			Kabul edilebilir fosfor derişimi (30 mg/l)			Kabul edilebilir fosfor derişimi (50 mg/l)		
YYO 1.0	YYO 1.5	YYO 2.0	YYO 1.0	YYO 1.5	YYO 2.0	YYO 1.0	YYO 1.5	YYO 2.0
-377 369	-217 467	-152 745	-428 829	-247 122	-173 573	-394 522	-227 352	-159 688

Hasanuğurlu baraj gölünde en düşük fosfor derişimleri dikkate alındığında üretilebilecek balık miktarı kabul edilebilir fosfor yüklenmesi (P_f 60 mg/m³) olarak kabul edildiğinde, yemden yararlanma oranı 1. 0 için 34 000 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.5 için 20 00 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 2.0 için 14 00 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Kabul edilebilir fosfor yüklenmesi (P_f) 30 mg/m³ kabul edildiğinde, Hasanuğurlu baraj gölünde yetiştirilebilecek balık miktarı, yemden yararlanma oranı 1. 0 için -17 000 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.50 için -10 000 ton/yıl ve yemden yararlanma oranı 2. 0 için -7 000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu durumda gölün trofi seviyesi alabalık kültüründen gelebilecek fosfor yükünü kaldırabilecek durumda değildir. Ayrıca Türk mevzuatı uyarınca kabul edilebilir fosfor yüklenmesi (P_f) 50 mg/m³ kabul edildiğinde, Hasanuğurlu baraj gölünde yetiştirilebilecek balık miktarı, yemden yararlanma oranı 1. 0 için 17 000 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.50 için 10 000 ton/yıl ve yemden yararlanma oranı 2. 0 için 7 000 ton/yıl olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 5.3., Şekil 5.1).

Çizelge 5.4. Hasanuğurlu baraj gölü en düşük fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasiteleri karşılaştırılması (ton)

Kabul edilebilir fosfor derişimi (60 mg/l)			Kabul edilebilir fosfor derişimi (30 mg/l)			Kabul edilebilir fosfor derişimi (50 mg/l)		
YYO 1.0	YYO 1.5	YYO 2.0	YYO 1.0	YYO 1.5	YYO 2.0	YYO 1.0	YYO 1.5	YYO 2.0
34 306	19 770	13 886	-17 153	-9 885	-6 943	17 153	9 885	6 943



Şekil 5.1. Hasanoğurlu baraj gölü için farklı fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesi dağılımı (*1000 ton).

Pulatsü (2002); Kesikköprü Baraj gölü için Beveridge (1984) tarafında geliştirilen taşıma kapasitesinin tahmininde fosfor bütçe modelini uygulamıştır (Pulatsu, 2002). Yüzey alanı 6.5 km^2 , ortalama derinliği 14.6 m , hacmi 95.0 hm^3 Kesikköprü baraj gölünde 2000’de yapılan çalışmada fosfor miktarı ortalama olarak 53.1 mg/m^3 olarak tayin edilmiştir. Ilıman bölge gölleri için Dillon ve Rigler (1974) tarafından kabul edilebilir en yüksek fosfor derişimine (60 mg/m^3) dayanarak, göle yüklenebilecek en yüksek fosfor miktarını $6,9 \text{ mg/m}^3$ ve kafes kültürünün sebep olduğu yüklenmenin $5.87 \text{ g/m}^2/\text{yıl}$; taşıma kapasitesi ise 3335 ton/yıl olduğu hesaplamıştır.

Verep ve ark. (2003) yılında Uzungöl’ün oluşum şekli, göldeki seviye değişiklikleri, göl suyunun özelliklerini ve taşıma kapasitesi ile alakalı yaptıkları çalışmada; 3 istasyonda toplam fosfor yükünü $34.8- 43.2-82.6 \text{ mg/m}^3$ olarak tespit etmişlerdir. Ilıman bölge gölleri için Dillon ve Rigler (1974)’in tavsiye ettiği fosfor derişimi temel alınarak, göle yüklenebilecek en yüksek fosfor miktarının 16.8 mg/m^3 olabileceğini, kafes kültürünün sebep olduğu yüklenmenin $47.43 \text{ g/m}^2/\text{yıl}$ olduğunu ve Uzungöl’e giren su miktarına göre taşıma kapasitesinin YYO 1. 5 ve YYO 2.0 için 930 ton/yıl ile 503 ton arasında bulunduğunu hesaplamışlardır.

Büyükçapar ve Alp (2006), Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölünde Dillon ve Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli kullanarak; 4200 ha yüzey alanına, 33.7 m ortalama derinliğe ve 0.51 yıllık su yenilenmesi oranına sahip gölün kaldırma kapasitesini 6998 ton/yıl alabalık olarak tahmin etmişlerdir.

Polat (2009) aynı yöntem bilimini kullanarak YYO 1.0 ve YYO 1.5 arasında hesaplama yaparak Almus Baraj gölü kaldırma kapasitesini 4023-6981 ton/yıl değerleri arasında bulunduğunu tahmin etmiştir. Ayrıca Buhan ve ark. (2010) tarafından Almus Baraj gölünün taşıma kapasitesini tahminde yapılan çalışmada Dillon ve Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli kullanılmıştır. 3130 hektar yüzey alanına, 33.4 m ortalama derinliğe ve 0.79 yıllık su yenilenmesi oranına sahip Almus Baraj gölünün kaldırma kapasitesi 5 536 ton/yıl alabalık olarak tahmin edilmiştir.

Göllerin fosfor ve azot hazmetme kapasitelerinde “hidrolik bekleme süresi” en önemli husustur. Genel olarak geniş derin havzalara (büyük hacimlerde) sahip su kütleleri daha uzun hidrolik kalma sürelerine sahip olma eğilimindedir. Hidrolik kalma süresi besin moleküllerinin göl veya rezervuar içinde kaldığı süre miktarını ifade edebilir. Bu nedenle, besin tutma süresi, hidrolik tutma süresi ile aynı olabilir veya olmayabilir. Sedimentasyon ve besin geri dönüşümü sistemdeki besin hareketinin oranını etkiler. Kışın besin tutma süresinin hidrolik tutma süresine benzer olması daha muhtemeldir. Ancak ilkbaharda besinler sistemde daha yavaş hareket etme eğilimindedir. Çünkü bunlar yosunlar tarafından alınabilir ve daha sonra ayrışma sırasında serbest bırakılabilir (Horne ve Goldman, 1994). Hidrolik kalma süresi, göllerin ve rezervuarların bazı önemli morfolojik özellikleriyle ilgilidir ve göller ve rezervuarlardaki hem fiziksel hem de biyolojik süreçleri etkiler (Søballe ve ark., 1992). Örneğin, hidrolik kalma süresi, biyojeokimyasal çevrimin tipini ve hızını, partikül maddenin yerleşimini ve termal tabakalaşma oluşumunu etkileme potansiyeline sahiptir (Kalff, 2002). (Morris and Fan, 1998). Böylece hidrolik kalma süresi besin bulunabilirliğini, bulanıklığı ve tabakalaşma/karışımı etkiler (Adams ve Hackney, 1992). Bu nedenlerden dolayı hidrolik kalma süresi göller ve rezervuarlardaki su topluluklarının yapısı ve işlevi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Søballe ve Kimmel,1987). Hidrolik kalma süresi ayrıca besinlerin, tortuların ve planktonların aşağı akan sulara taşınmasını da etkiler (Kalff, 2002; Morris ve Fan, 1998).

Göller ve rezervuarlar arasında hidrolik kalma süreleri büyük ölçüde değişir. Genel olarak doğal göllerin rezervuarlardan daha uzun kalma süreleri olduğu görülmektedir. US. EPA'nın Ulusal Ötrofikasyon Anketi sırasında örneklenen göllerden elde edilen veriler (Walker, 1981) ortalama 270 günlük bir teorik hidrolik kalma süresini ortaya koymaktadır. Çok sayıda çalışma, hidrolik kalma süresi ve birincil üretim arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir (Dickman, 1969; Søballe ve Kimmel, 1987; Ryding ve Rast, 1989; Maceina ve ark., 1996). Alabama rezervuarlarının bir çalışmasında, Maceina ve ark. (1996) hidrolik kalma süresi, ortalama derinlik ve TP'yi klorofil-a konsantrasyonlarının önemli belirleyicileri olarak bulmuşlardır. Aynı şekilde, Søballe ve Kimmel (1987), hidrolik kalma süresi TP ve alg hücreleri sayıları arasında bir ilişki bulmuştur. Birim fosfor başına alg bolluğu nehirlerden su tutulması ile doğal göllere yükselmiştir, bu da hidrolik kalma süresindeki paralel bir artışı yansıtmaktadır. Ayrıca nehirler, barajlar ve doğal göller benzer hidrolik kalma sürelerine sahipken, birim fosfor başına alg bollukları önemli ölçüde farklılık göstermemiştir (Søballe ve Kimmel, 1987). Hidrolik kalma süresi birincil üreticilerin yoğunluğunu etkilediğinden göller ve rezervuarlar, besin değerlendirme kriterlerinin bir parçası olarak hidrolik kalma süreleri ile sınıflandırılabilir.

Ortalama derinliği 47 metre olan Hasanuşurlu baraj gölü suyunun tamamı yılda 4.40 kez yenilenmektedir. Hem derinlik hem de hidrolik yenilenme süresi oldukça yüksek tespit edilmiştir. Normal şartlarda trofik seviyenin düşmesi beklenirken, göl havzasının 37.823 km^2 (www.yesilirmak.org.tr) çok geniş olmasına bağlı besleyici element yükü ve su sıcaklığı yüksekliği trofi seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Büyükçapar ve Alp (2006), Kahramanmaraş Menzelet baraj gölünde 0.51 yıllık su yenilenmesi oranını ve Polat (2009) Almus baraj gölünde 0.79 yıllık su yenilenmesi oranına sahip tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarla karşılaştırıldığında hasanuşurlu baraj gölünün yenilenme hızı oldukça yüksek bulunmuştur.

Azot ve fosfor yükünün ekosistem tarafından döngüye sokularak organik maddeye dönüştürülmesi ve ötrofikasyon oluşmaması baraj gölünün morfolojik karakteri ve su kalış süreleri ile ilişkilidir. Uzun su kalış/yenilenme süresi ve nispeten kararlı durumu nedeniyle, baraj gölleri düzgün bir şekilde karıştırılmış bir su kütlesi olarak görülebilir. TN ve TP'nin su çevresel kapasitesi, Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma

Örgütü (OECD) tarafından önerilen modelle hesaplanması sonucunda her iki besleyici element derişimi içinde çevresel hazmetme kapasitesi aşılmıştır. Bu nedenle gölde balık yetiştiriciliği ilave bir besleyici element yükü getireceği ve ötrofikasyona neden olabileceği dikkate alınarak göl balık yetiştiriciliğine kapalı tutulmalıdır.

Yapılan tüm çalışmalarda takip edilen metotlar birbiri ile benzerlik gösterse de bölgesel farklılıklar, göl sahaları, göl suyundaki fosfor miktarları, su akımı ve kapasitedeki farklılıklar göz önüne alındığında kaldırma kapasite ile ilgili yapılan tahminler farklılıklar göstermiştir. Kullanılan modellerin tahmin hataları alanı geniştir. OECD (1982) verilerin $\pm\%20$ hatalı olabileceğini ileri sürerken, Rechow (1983) su kütlesinin üst havza karakteristikleri ve hidrolojik değişkenlerden fosfor konsantrasyonunun tahmininin çoğu zaman $\pm\%30$ hataya neden olabileceğini bildirmiştir.

Sonuç olarak; ortalama derinliği yaklaşık 47 m ve yüzey alanı 22.66 km² olan Hasanuşurlu baraj gölünde değişik kabul edilebilir fosfor yükü ve yemden yararlanma oranları dikkate alınarak ve başka kaynaklardan gelen fosfor katkıları göz önüne alınmadan, ötrofikasyona yol açmadan kafeslerde yetiştiricilik yapılabilecek alabalık miktarı gölün kaldırma kapasitesi en düşük 0 ton ile en yüksek 49 000 ton olarak bulunmuştur. Türk mevzuatına uygun olarak kabul edilebilir fosfor derişimi 50 mg/m³ ve YYO 1.5 kabul edildiğinde 19 000 ton alabalık çevreye zarar vermeden yetiştirilebilir. Ancak gölün yüksek yaz sıcaklığı bu üretimi sınırlar durum arz etmektedir. Keza küresel iklim değişimine bağlı yüzey suyu sıcaklıklarındaki artış, gölün ötrofiye kayan durumu, alt havzada ötrofik su sistemleri, su miktarlarındaki düşme ve modellerin $\%30$ 'lara varan hata payları düşünüldüğünde, birçok araştırmacının önerdiği kabul edilebilir fosfor değişimini 30 mg/m³ olması da dikkate alınarak; Hasanuşurlu baraj gölünde alabalık üretimi yapılmamalıdır. Ancak bölgenin alabalık ihtiyacı ve turizm potansiyeli de dikkate alınarak baraj gölünde fosfor izleme programı geliştirilmesi şartı ile 500 tona kadar alabalık üretimine izin verilebilir. Ayrıca gölde alabalık üretimi yaz dönemi dışında planlanmalı, alabalık kültürü yerine mersin ve yayın balığı gibi sıcak su balıklarının yetiştiriciliği tercih edilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Acara, A. ve Coşkun, F., 1989. Su Ürünleri ve Su Ürünleri Sanayi, Devlet Planlama Teşkilatı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Adams, S.M., Hackney, C.T., 1992. Ecological processes in Southeastern United States aquatic ecosystems, Biodiversity of the Southeastern United States, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- Aksu, M.,1998. Kıyusal Akuakültür Tesislerinin Çevresel Etkilerini Azaltma Yöntemleri Üzerine Araştırmalar. Yük.Lisans Tezi. E.Ü.Fen Bil.Enst. Bornova-İzmir.
- Aksungur, N. ve Kurtoğlu, Z.İ., 2004. Su Ürünlerinde Araştırma ve Geliştirme, Yunus Araştırma Bülteni, Sayı 2.
- Alvarado, J.L., 1997. Aquafeeds and the environment, In Tacon A.G.J. (ed.), Basurco B. (ed.). Feeding tomorrow's fish. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ,, p. 275-289: 2 ill. 7 graphs. 4 tables. 15 ref. (Cahiers Options Mediterraneennes; v. 22), Workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), 1996/06/24- 26, Mazarron (Spain).
- ANA, 2009. Agência Nacional de Águas . Nota Técnica.009/2009/GEOUT/SOF-ANA: atualização na metodologia de análise de pedidos de outorga para piscicultura em tanquesrede.
- Anderson, G.D., 1985. The Valuation Problem, Natural Resource Economic Policy Problems and Contemporary Analysis, Kluwer Nijhoff Publishers, Dordrecht, NL.
- Anonim, 1995. Lake Biology Environmental Fact Sheet. New Hampshire.
- Anonim, 2007a. Fosfor ve Azot Döngüsü, Ötrofikasyon. www.suurunleri.comu.edu.tr. (Erişim Tarihi: 12.12.2019)
- Anonim, 2007b. Environmental Chemistry. www.mp-docker.demon.co.uk, (Erişim Tarihi: 12.12.2019)
- Anonim, 2007c. Türkiyede Çevre Sorunlarına Yaklaşım. www.st.fatih.edu.tr.Anonim, 2008. Su Ürünleri Üretim, Fiyat ve Üretim Değeri İstatistikleri 2007. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, TÜGEM, Ankara.
- Anonim, 2010. <http://yunus.gov.tr/yunus/uploads/Makale> (Erişim Tarihi: 18.12.2019)
- Anonim, 2010. <https://wikivisually.com>. (Erişim Tarihi: 18.12.2019)
- Anonim, 2015. <http://cevreonline.com/gol-kirliligi/>. (Erişim Tarihi: 02.12.2019)
- Anonim, 2016. 10 Ağustos 2016 tarih ve 29797 sayılı Resmi Gazete, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm>.
- Anonim, 2016. 10 Ağustos 2016 tarih ve 29797 sayılı Resmi Gazete, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm>
- Anonim, 2016. Ordu Ticaret Borsası Balıkçılık Sektör Raporu (2016).
- Anonim, 2017.https://tr.wikipedia.org/wiki/Hasanuğurlu_Barajı_ve_Hidroelektrik_Santrali. (Erişim Tarihi: 12.12.2019)
- Anonim, 2017. https://tr.wikipedia.org/wiki/Süreyyabey_Barajı_ve-Hidroelektrik_Santrali. (Erişim Tarihi: 22.12.2019)
- Anonim, 2017. Su Bilimleri Fakültesi Açılış Dersi 22. 09. 2017.
- Anonim, 2017.Yunus Araştırma Bülteni 2017(1):83-9
- Anonim, 2018. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. (Erişim Tarihi: 01.12.2019)

- Anonim, 2018. https://tr.wikipedia.org/wiki/Hasan_Uğurlu_Barajı_ve_Hidroelektrik (Erişim Tarihi: 02.01.2020)
- Anonim, 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Ürünleri İstatistikleri, (<http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>)
- Anonim, 2019. https://acikders.ankara.edu.tr//CevreKirliligi_Bolum_5.pdf. (Erişim Tarihi: 12.12.2019)
- Anonim, 2008. http://cerit.cumhuriyet.edu.tr/ders/cmng/hafta_5/GolKirliligi.pdf. (Erişim Tarihi: 11.12.2019)
- Anonim, 2018. <https://www.biyolojigunlugu.com/forum/index.php?/topic/1097>. (Erişim Tarihi: 21.12.2019)
- Anonim, 2019. https://www.wikizero.com/tr/Uzun%C3%A7ay%C4%B1r_Baraj%C4%B1_ve_Hidroelektrik_Santrali. (Erişim Tarihi: 12.12.2019)
- Anonim. 2003. XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildirimler Kitabı. 09.2-5
- APHA, 1995. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition. American Public Health Association, Washington, DC. 1075 pp.
- Atmaca, D., 2012. Büyük menderes havzası'nda besin elementleri taşınım senaryoları. (Yüksek Lisans Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı, Aydın.
- Aydın, F., 2006. Alabalık Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri, www.tarim.gov.tr. (Erişim Tarihi: 28.12.2019)
- Ayekin, B., Yeşilayer, N. ve Buhan, E. 2018. Karakaya Baraj gölü (Malatya) Ağ Kafes Sistemlerinde Alabalık Yetiştiriciliği İçin Taşıma Kapasitesinin Tahmini, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi 7 (3), 101-110.
- Ayekin, B., Yeşilayer, N. ve Buhan, E. 2018. Karakaya Baraj gölü (Malatya) Ağ Kafes Sistemlerinde Alabalık Yetiştiriciliği İçin Taşıma Kapasitesinin Tahmini, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi 7 (3), 101-110.
- Ayvaz, M., Tenekecioğlu, E. ve Koru, E., 2011. Determination of trophic status of afsar (manisa-turkey) dam lake (in turkish with english abstract). ecology, 20 (81): 37-47. doi: 10.5053/ekoloji.2011.816
- Baker, L.A., 1996. Lakes and Reservoirs, Water Resources Handbook. McGraw-Hill, New York, NY.
- Barg, U.C., 1992. Guidelines for the promotion of environmental management of coastal Aquaculture development FAO Fish Tech. Pap ,328:122 p.
- Başbüyük, M., 1992. Göksu deltası su kirlilik düzeyi ve su kalitesinin belirlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana.
- Beklioğlu. M., (2004). Sığ göl sulak alanları: ekoloji, ötrofikasyon ve restorasyon. Uluslararası Çalıştay, 28-30 Kasım 2001, ODTÜ Ankara. www.dsi.gov.tr
- Beveridge, M. C. M., 1987. Cage aquaculture. Fishing News books Ltd. 352 p.
- Beveridge M.C.M., 1984. Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environmental impact. FAO Fish Tech. Pap. (255):131 pp.
- Beveridge, M.C.M., 1984. Cage and pen fish farming, carrying capacity models and environmental impact. FAO Fisheries Technical Paper 255, Rome, 131p.
- Bilgiç, Ş., 2019. Ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin madde döngüleri kavramına ilişkin algılarının metaforlar yoluyla belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İlköğretim (Fen Bilgisi Eğitimi) Anabilim Dalı, Aksaray.

- Blaxter, J.H.S., 1980. Vision and feeding of fishes. In: Fish behaviour and its use in the capture and culture of fishes (eds. J.H. Bardach et al.). ICLARM Conf.Proc.5:32-56p.
- Bostock, J., 2011. Foresight Project on Global food and Farming Futures. The Application Of Science e and Technology Development in Shapping Curent and Future Aquaculture Production Systems, Journal of Aqricultural Science, 149, 133-141.
- Boyd, C.E., and Tucker, C.S., 2014. Handbook for aquaculture water quality. Handbook for Aquaculture Water Quality, 439.
- Braaten, B., Poppe, T.P., Jacobsen, K. and Maroni, L., 1986. Risks from Self-Pollution in Aquaculture Evaluation and Consequences. Efficiency in Aquaculture Production: Disease Control, Proceedings of the 3rd. International Conference on Aquafarming "ACQUACOLTURA'86" p. 139-165. Verona-Italy.
- Braga M.I.J., 1999. Integrating Freshwater Ecosystem Function and Services with Water Development Projects. 40 p.Washington, D.C
- Brasil, 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63.
- Brasília, 2009. 3p. Anonim, 2016. (<http://www.denizhaber.com.tr/kisi-basina-balik-tuketimi-dunyada-15-turkiyede-5-kilo-haber68264.htm>.)
- BSGM, 2019. Su ürünleri istatistikleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- Buhan E., Koçer M.A., Polat F., Doğan H.M., Dirim S., ve Neary E.T. 2010. Almus Baraj gölü Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Tasıma Kapasitesinin Tahmini. Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (1): 57-65.
- Buyukcapar, H.M. and A.Alp. 2006. The Carrying Capacity and Suitability of the Menzelet Reservoir (Kahramanmaras-Turkey) for Trout Culture in Terms of Water Quality. Journal of Applied Sciences 6 (13): 2774-2778.
- Buyukcapar, H.M. ve Alp, A.2006. The carrying capacity and suitability of the Menzelet Reservior (Kahramanmaras-Turkey) for trout culture in terms of water quality, Journal of Applied Sciences, 6 (13), pp. 2774-2778.
- Canfield, D. E. and Bachmann, R.W., 1983. Prediction of Chlorophyll a Concentration in Florida Lakes: The importance of P and N. Water Resour. Bull. 19:255-262 p., ABD.
- Carlson, R.E. and J. Simpson. 1996. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. American Lake Management Society. 96 pp. North American Lake Management Society. 96 pp.
- Cevadzade, T., 2007. Sığ Göllerde Ötrofikasyon ve Biyomanipülasyonla Restorasyonu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümü., https://www.researchgate.net/publication/281369200_SIG_GOLLERDE_OTROFIKASYON_VE_BIYOMANIPULASYONLA_RESTORASYONU, Erişim Tarihi: 30.12.2019.
- Chapman, D.V., (ed. 1996). "Water Quality Assessments: A guide to use Biota, Sediments and Water" Environmental Monitoring. Second Edition
- Cho, C.Y., Hynes, J.D., Wood, K.R. and Yoshida, H.K., 1994. Development of high-nutrient-dense, low pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. Aquaculture, 124: 293-305.

- Clark, E.R., Harman, J.P. and Forster, J.R.M. 1985. Production of metabolic and waste products by intensively farmed rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 27:381-393.
- Coche, A.G., 1978. The cultivation of fish in cages. A Bibliography FAO Fish.Circ. 714, 43p.
- Collins, R., 1971. Cage culture of catfish in reservoir lakes. Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 24, p.489-496.
- Çavdar, Y., 2006 Doğu Karadeniz Bölgesinde Organik Balık Yetiştiriciliği İmkanlarının Araştırılması TAGEM / HAYSÜD / 2002 / 07 / 01/ 24 Proje Kesin Raporu, Ankara
- Çavdar, Y. 2004. Organik Tarıma Genel Bir Bakış ve Organik Su Ürünleri Yetiştiriciliği, *Türk Tarım Dergisi*, 156, 44-47, Ankara.
- Çeliker, S.A., 2003. Su Ürünleri, TEAE bakış dergisi Sayı;3, Nüsha:8 Ankara
- De Silva S. and Anderson T.A., 1995. Fish nutrition in aquaculture Chapman and Hall London, UK
- Demir, A.N., 2003. Sakaryabaşı Batı Göletinde Fito-Zooplankton Kompozisyonu. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Kesin Rapor, Ankara.
- DİE, 2002. Balıkçılık İstatistikleri, 45 s., Ankara.
- Dikel,S., 2005. Kafes Balıkçılığı. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fak., 212 s.
- Dillon, P.J. and Rigler, F.H. 1974. A test of simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentrations in lake water. *J.Fish.Res.Board.Can.* 31 (14): 1771-1778 pp.
- Doğan, İ. ve Dündar, Y., 2002. Sürdürülebilir Hayvan Yetiştiriciliği ve Yaşam Tablosu Analizi, Uludağ Üniv. J. Fac.Vet. Med. Sayı:21, 71-75, Bursa.
- DSİ, 2006. Toprak ve su kaynakları. <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm> Ocak, 2006
- Dündar, Y., 1995. Çevresel Enformasyon, *Yeni Türkiye Dergisi*, Sayı: 5, S:312-319.
- EC, 2000. Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on the Dioxin Contamination of Feeding stuffs and their Contribution to the Contamination of Food of Animal Origin. European Commission, Health & Consumer Protection Directorate-General, 105p.
- Edmonson, J. 1991. Environment And Fish Health Water Quality for Aquaculture. Training Course On Disease Diagnosis And Prevention, Bodrum, November 17-30 1991..FAO Corporate Document Repository, Fisheries Department, 32 p.
- Emre, Y. ve Kürüm, V., 1998. Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri, Minpa Matbaacılık Tic.Ltd.Şti. 421 s., Ulus-Ankara.
- EPA, 2007. Federal Register, Rules and Regulations, Vol.72, No:47. ESRI, 2004, ArcGIS 9, Geoprocessing in ArcGIS. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, U.S.A.
- Ergül, M., 1994. Compound Feeds and Technology of Compound (in Turkish), Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No:384, 284 s, İzmir.
- FAO, 1997. Technical Guidelines for Responsible Fisheries-5, Food and Agriculture Organization, Rome, 40pp.
- FAO, 1996. Monitoring the ecological effects of coastal aquaculture wastes. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAAEM/UN/UNEP. GESAMP. Reports and studies No.57.
- FAO, 1997. Technical Guidelines for Responsible Fisheries-5, Food and Agriculture Organization, Rome, 40 p.

- FAO, 2006. Global Fishery Statistics. www.fao.org/figis/ (Erişim Tarihi: 12.12.2019)
- FAO, 1992. Guidelines for the Promotion of Environmental Management of Coastal Aquaculture Development. Rome, (2004, June 24).
- Flynn, K.J., Darren, R.C., Aditee, M., Heiner, F., Hansen, P.J., Glibert, P.M, Wheeler, G.L., Stoecker, D.K., Blackford, J.C. ve Brownlee, C., 2015. "Ocean Acidification with De(eutrophication) will Alter Future Phytoplankton Growth and Succession", Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 282, 20142604, 1-6.
- Foy, R.H. and Rosell, R. 1991. Fractionation of phosphorus and nitrogen loadings from a Northern Ireland fish farm. *Aquaculture*, 96: 31-42.
- Frankic, A. and Hershner, C. 2003. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. *Aquaculture International*, 11: 517-530.
- Garner, A.B., 2008. High-Density Grass Carp Stocking Effects on a Reservoir Invasive Plant, Water Quality, and Native Fishes, M. S. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh.
- Garner, A.B., 2008. High-Density Grass Carp Stocking Effects on a Reservoir Invasive Plant, Water Quality, and Native Fishes, M. S. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh.
- Gowen R.J. and Bradbury N.B., 1987. The ecology impact of salmonid farming in coastal waters. A review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*25,563-575 pp.
- Gowen, R. J., Rosenthal, R., Makinen, T ve Ezzi, I. 1997. Environmental impact of aquaculture activities. *EAS (European Aquaculture Society) Özel Sayısı*, No:10, 300 s.
- Göksu, M.Z.L., 2003. Su Kirliliği, Nobel Kitabevi, 14-18 s, Balçalı-Adana
- Hakanson, L. and Jansson, M. 1983. Principles of lake Sedimentology, -Springer, 316 p., Berlin
- Harper, D., 1992. Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration. Chapman and Hall, London, UK
- Hoşsu, B., Korkut, A.Y. ve Fırat, A., 2001. Fish Feeding and Feed Technology 1, E.Ü. Su Ürünleri Fak. Yayınları. No:50, 295 s, İzmir.
- Hoşsu, B.A.Y., Korkut, A., Fırat, 2001. Fish Feeding and Feed Technology 1, E.Ü. Su Ürünleri Fak. Yayınları. No:50, İzmir, 295 s.
- İyigün, E. ve Koçbuğ, Z., 2003. Porsuk baraj gölü ve havzasının 2002 yılına kadar olan su kalitesi değerlendirmesi. Türkiye'nin Kıta İçi Su Kaynaklarında Kirlilik Etkileri ve Çözüm Önerileri Bildirileri, DSİ Genel Müdürlüğü İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Jones, J.R. and Bachmann, R.W., 1976. Predictions of phosphorus and chlorophyll levels in lakes. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 48, 2176-2182 pp.
- Jorgensen, S.E., 1980. Water development, supply and management. Vol. 14. Lake management. Pergamon Press, Oxford, 167 p.
- Kalff, J., 2002. Limnology: Inland Water Ecosystems, Upper Saddle River (NJ), Prentice Hall.
- Ketola, H.G., 1975. Requirements of Atlantic salmon for dietary phosphorus. *Trans. Ame. Fish. Soc.*, 104: 548-551 pp.
- Kirchner, W.B. and Dillon, P., 1975. An empirical method of estimating the retention of phosphorus in lakes. *Water Res.*, 11: 182-183 pp.

- Koçer, M., 1998. Sularda Azot ve Tayin Metotları, Yüksek Lisans Semineri, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kula, E. 1994. Economics of Natural Resources, the Environment and Policies, Chapman&Hall, London, UK.
- Lall, S.P., 1979. Minerals in finfish nutrition. In: Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Edited by J.E. Halver and K. Tiews., Schr. Bundesforschungsanst. Fich. Hamb., (14/15) Vol 1: 85-98 pp.
- Larsen, D.P. and Mercier, H.T., 1976. Phosphorus retention capacity of lakes. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 33: 1742-1750 pp, Canada
- Ling, S.W., 1977. Aquaculture in Southeast Asia. University of Washington Press, 108 p, ABD.
- MacAlister Elliott ve Ort. Ltd. 1993b. Türkiye'deki Kıyı Alanlarında Su Ürünleri Yetiştiriciliğine Uygun yerlerin Tesbiti. TKB, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, 2.Cilt, 226 s. Ankara.
- Mason, C.F., 1991. Biology of Freshwater Pollution. 2nd ed. Longman Great Britain, 351s.
- McDaniel, N.K., Sugiura, S.H., Kehler, T., Fletcher, J.W., Coloso, R.M., Weis, P., and Ferraris, R.P. 2005. Dissolved oxygen and dietary phosphorus modulate utilization and effluent partitioning of phosphorus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture, Environmental Pollution, 138 (2), pp. 350-357.
- McDaniel, N.K., Sugiura, S.H., Kehler, T., Fletcher, J.W., Coloso, R.M., Weis, P. and Ferraris, R.P. 2005. Dissolved oxygen and dietary phosphorus modulate utilization and effluent partitioning of phosphorus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture, Environmental Pollution, 138 (2), pp. 350-357.
- McKindsey, C. W.Thetmeyer, H. Landry, T. and Silvert, W. (2006). Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. Aquaculture, 261, 451-462, doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.06.044
- Molony, B.W., 2001. Environmental requirements and tolerances of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brown trout (*Salmo trutta*) with special reference to Western Australia: a review. Fish. Res. Rep. West. Aust. 130 (28 pp.).
- Molony, B.W., Church, A.R., and Maguire, G.B. 2004. A comparison of the heat tolerance and growth of a selected and non-selected line of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in Western Australia. Aquaculture 241 (2004) 655–665.
- Morris, G.I., Fan J., 1998. Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use , McGraw-Hill, New York, NY.
- Mueller, D.K., 1982. Mass balance model estimation of phosphorus concentrations in reservoirs. Water Res. Bull., 18: 377-382 pp.
- Mutluay, H. ve Demirak, A., 1996. Su Kimyası, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., 624: 57, 74-76 .
- Nixon, S.W. 1995. “Coastal Marine Eutrophication: A Definition, Social Causes, and Future Concerns”, Ophelia, 41, 199-219.

- NSTC, 2003. An Assessment of Coastal Hypoxia and Eutrophication in U.S. Waters, National Science and Technology Council, Committee on Environment and Natural Resources.
- 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 p.
- OECD, 1982. Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control, 154 p, Paris
- Okumuş, İ., 1997. Deniz kafeslerinde balık yetiştiriciliğinin ekolojik bazı etkileri ve balık midye polikültür yaklaşımı. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, S:323-329, İzmir.
- Okumuş, İ., Atasaral, Ş. ve Serezli, R., 2003. Yeni bir Üretim Sektörü ve Akuatik Kaynak Kullanıcı Olarak Akuakültür. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*. I:1, 217-224 s.
- Pantalu, V.R., 1979. Floating cage culture of fish in the lower Mekong river basin. In: *Advances in aquaculture* (eds. T.V.R. Pillay and W.A. Dill). Farnham, Fishing News Boks Ltd, 423-427 p.
- Penczak, T., Galicka, W. and Molinski, E., 1982. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Applied Ecology* 19: 371-393p.
- Pillay, T. V. M., 2004. *Aquaculture and the Environment*, Fishing News Boks, Blackwell, Oxford, Second Ed., UK, 196 p. Oxford.
- Pillay, T.V.M., 2004. *Aquaculture and the Environment*, Fishing News Boks, Blackwell Oxford, Second Ed. UK, 196 p
- Polat, F., 2005. İç Suların Kirlenmesi ve Göllerin Taşıma Kapasitesinin (Kirlilik Yükünün) Modellenmesi, Doktora Semineri, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Polat, F. 2009. Almus Baraj gölünde Bazı Fizikokimyasal Parametrelerin Coğrafik Bilgi Sistemleri ile Değerlendirilmesi ve Gölün Fosfor Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 139 s., Elazığ.
- Pulatsü, S., 2002. The Application of a Phosphorus Budget Model Estimating the Carrying Capacity of Kesikköprü Dam Lake. *Turkish Journal of Veterinerian and Animal Science*, 27: 1127-1130 pp.
- Rast, W. and Lee, G.F., 1978. Summary Analysis of the North American (US Portion) OECD Eutrophication Project: Nutrient Load ing-Lake Response Relationships and Trophic State Indices. EPA 600/3 78-008. 454.
- Rechow, K.H., 1983. A method for the reduction of lake model prediction error. *Water Res.*, 17: 911-916 pp.
- Roberts R.J. and Shepherd J.C., 1997. *Handbook of Trout & Salmon Diseases*. Fishing News Boks, ISBN: 0-85238-244-8.
- Rosenthal , H. and Hirata, K., 1983. Diurnal fluctation of water quality levels in relation to different pond conditions and significance in intensive fish culture . II Meeting of 'Haltung' Study group , Hamburg, 24. Jan. 1983, 46 p.
- Sabah Gazetesi, 2017. Binlerce ölü balık nehri kapladı. <https://www.sabah.com.tr/galeri/dunya/binlerce-olu-balik-nehri-kapladi/14>, Erişim Tarihi: 26.12.2019.

- Sağlamtimur, N. D. ve Sağlamtimur, B., 2018. Sucul ortamlarda ötrofikasyon durumu ve senaryoları. Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7, 1-75.
- Sawyer, C.N. 1966. Basic concepts of eutrophication. J.Water Pollut. Cont. Fed. 38.737-744
- Schwörbel, J. 1987. Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag, 269 p, Stuttgart
- Smith, V.H., 2003. "Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems A Global Problem", ESPREnvironmental Science and Pollution Research, 10, 126-139, 2003
- Soballe, D.M., Kimmel, B.L., 1987. A large-scale comparison of factors influencing phytoplankton abundance in rivers, lakes and impoundments. Ecology, 68, 1943-1954.
- Søballe, D.M., Kimmel, B.L., Kennedy, R.H., Gaugush, R.F., 1992, Biodiversity of the Southeastern United States: Aquatic Communities, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- Stickney, R. R. 1994. Principles of Aquaculture, Universtiy of Washington, School of Fisheries, John Wiley&Sons, Inc, New York.
- Stickney, R., 1994. Principles of Aquaculture, Universtiy of Washington,School of Fisheries, John Wiley&Sons, Inc, New York.
- Straskraba, M., 1982. The application of predictive mathematical models of reservoir ecology and water quality. Can. Water Res. J., 7: 283-318 pp.
- Sun, G., Sheng, L.X. Feng, J., Lang, Y. and Li, Z.X. .1999. Relationship between fishery and eutrophication in Chinese lakes. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 3 (1) pp. 74-78.
- Sun, G., Sheng, L.X. Feng, J., Lang, Y., and Li, Z.X. .1999. Relationship between fishery and eutrophication in Chinese lakes. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 3 (1) pp. 74-78.
- Şahin, T. 2003. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Çevreye Etkisi, Sümale Yunus Araştırma Bülteni, 3(2): 8–10.
- Şanal, M., Köse, B., Coşkun, T. ve Demir, N., 2015. "Mogan Gölü'nde Sucul Makrofitlere Göre Ekolojik Kalitenin Tahmini", Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5, 51-55.
- Şen, B. ve Koçer, M.A.T., 2003a. Ekolojik Modelleme ve Su Kalitesi Modelleri, XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 2-5 Eylül 2003, 573-581 s., Elazığ.
- Tacon A.G. and De Silva, S.S., 1983. Mineral composition of some commercial fish feeds available in Europe. Aquaculture, 31: 11-20 pp.
- Tanyolaç, J., 1993. Limnoloji, Hatiboğlu Yayınları , 272 s., Ankara.
- Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. ve Topkara, S., (2010). Ulugöl (ordu)'ün bazı fiziko-kimyasal özellikleri. Journal of FisheriesSciences. com, 4(3), 254-263.
- Taylor, W.D., Lambou, V.W., Williams, L.R., and Hern, S.C., 1980. Trophic state of lakes and reservoirs. USEPA Technical Report E-80-3, 26 p.
- Techworm, 2018. Ötrofikasyon Nedir? Ötrofikasyon Nasıl Oluşur? Zararları Nelerdir?. <https://www.tech-worm.com/otrofikasyon-nedir-otrofikasyon-nasil-olusur-zararlari-nelerdir/>, Erişim Tarihi: 26.12.2019.
- Tsutsumi, H., Kikuchi, T., Tanaka, M., Higashi, T, Imasaka, K. and Miyazaki, M., 1991. Benthic faunal succession in a cove organically polluted by fish farming. Marine Pollution Bulletin, Vol.23:233-238 pp.

- Tuğrul, S., Uysal, Z., Erdoğan, E. ve Yücel, N., 2011. “Kilikya Baseni (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Ötrofikasyon İndikatörü Parametrelerinin (TP, DIN, Chl-a ve TRIX) Değişimi”, *Ekoloji*, 20, 33-41.
- Tüfek, M.Ö. ve Yalçın, N. 2007. Rezervuarlarda Su Ürünleri Yetiştiriciliği, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, Yıl 3-5, Sayı 5-8 , Sayfa 704-716.
- TÜİK, 2006. Su Ürünleri İstatistikleri, Kültür Balıkları Üretimi. Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikCizelge.do?istab_id=147
- TÜİK, 2019. Su Ürünleri İstatistikleri, Kültür Balıkları Üretimi. Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005 (Erişim Tarihi: 11.01.2020).
- UNEP, 1997. Global Environment Outlook (GEO-1). United Nations Environment Programme, Global State of the Environment Report. <http://www.unep.org/geo/geo1/>
- Uslu, O. ve Türkmen, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi I, Ankara.
- Verep, B., Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ., 2003. Uzungöl’ün Genel Hidrografik Özellikleri ve Taşıma Kapasitesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*. TÜDAV, 148-157 s.,Ankara.
- Vollenweider, R.A., 1968. Scientific Fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular refer nitrogen and phosphorus as factors of eutrophication. OECD, Technical Report (DA5/SU/68.27), 250 p.
- Vollenweider, R.A., 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33:53-83p.
- Vollenweider, R.A. and Kerekes. J.J., 1980. Synthesis Report, Cooperative Programme on monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control). Reports prepared on behalf of Technical Bureau, Water Management Sector Group, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), Paris. 290
- Wankowski, J.W. and Thorpe, J.E., 1978. The role of food particle the growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Fish Biol.*, 14: 351-370 pp.
- Welch, P.S., 1952. *Limnology*. 2nd. McGraw -Hill, New York. 538p.
- Wetzel, R.G., 1975. *Limnology*, Saunders, 743 p., London.
- Whittaker, R.H., 1975. *Communities and Ecosystems*, Second edition, MacMillan Pub. Co, 387p., New York.
- Wu, J-T., 1999. A generic index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keelung River of Taiwan. *Hydrobiologia*, 397:79-87.
- Yıldırım, Ö ve Korkut, A.Y., 2004. Su Ürünleri Yemlerinin Çevreye Etkisi, *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi* Cilt 21, Sayı 1-2 167-172 s, İzmir.
- Xing, Z., Chua, L.H.C. ve Imberger, J., 2014.c“Evaluation of Management Scenarios for Controlling Eutrophication in a Shallow Tropical Urban Lake”, *International Journal of Environmental Pollution and Remediation (IJEPR)*, 2, 66-72.
- Yazıcıoğlu, N., 2015. Su ürünleri sektörüne genel bakış, tüketici davranışları ve su ürünlerinin Sağlık açısından faydaları. (Yüksek Lisans Tezi), Gediz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yenilmez, F. ve Aksoy, A., 2007. Uluabat Gölü Su Kalitesinin WASP7.2 Modeli Kullanılarak Değerlendirilmesi, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji, 56-62. İzmir, Türkiye.
- Yıldırım Ö. ve Korkut A.Y., 2004. Su ürünleri yemlerinin çevreye etkisi E. Ü. Su Ürünleri Dergisi 2004 Cilt 21, Sayı(1-2): 167 – 172.

- Zeydan, Ö., 2013. <http://cevre.beun.edu.tr/zeydan/>, Erişim Tarihi :20.12.2019
- Zhou, H.D.; Jiang, C.L.; Zhu, L.Q.; Wang, X.W.; Hu, X.Q.; Cheng, J.Y. and Xie, M.H.
Impact of pond and fence aquaculture on reservoir environment. Water Sci. Eng.
2011, 4, 92–100.
- Zhou, H.D.; Jiang, C.L.; Zhu, L.Q.; Wang, X.W.; Hu, X.Q.; Cheng, J.Y. and Xie, M.H.
Impact of pond and fence aquaculture on reservoir environment. Water Sci. Eng.
2011, 4, 92–100.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : İSMAİL TÜRK
Doğum Tarihi ve Yeri : 23.06.1983 Niksar
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0(554) 875 04 73

Eğitim Durumu

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	KTU Rize Su Ürünleri Fakültesi	2008
Ön Lisans	GOP Üniversitesi Almus M.Y.O. Su Ürünleri Su Ürünleri Bölümü	2004
Lise	Tokat İmam Hatip Lisesi	2001