



**T. C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**DURGUN SULARDA BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN BESİN
ELEMENTLERİ AÇISINDAN ETKİLERİNİN AZALTILMASI**

- UZMANLIK TEZİ -

HAZIRLAYAN:

DUYGU TOKGÖZ YAYAN

ANKARA-2015

**T. C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**DURGUN SULARDA BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN BESİN
ELEMENTLERİ AÇISINDAN ETKİLERİNİN AZALTILMASI**

- UZMANLIK TEZİ -

HAZIRLAYAN:

DUYGU TOKGÖZ YAYAN

TEZ DANIŐMANI:

PROF. DR. A. NİLSUN DEMİR

ANKARA–2015

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu belge ile bu uzmanlık tezinde bütün bilgileri akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak hazırlayıp sunduğumu beyan ederim.

Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim.

Tezi Hazırlayan Uzman Yardımcısı

Duygu TÖKGÖZ YAYAN

TEŐEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sürecinde yaptığı katkılardan dolayı tez danıőmanım ve değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Nilsun DEMİR'e ve Sayın Prof. Dr. Serap PULATSÜ'ya,

Çalıőmalarımızda bizlere her zaman destek olan ve bizi teşvik eden Genel Müdürümüz Sayın Prof. Dr. Cumali KINACI'ya,

Değerli görüş ve önerileriyle çalıőmalarımıza yön veren Sayın Dr. Yakup KARAASLAN'a,

Bu tezin hazırlanması sürecinde gösterdiği anlayıőtan ötürü Daire Başkanım Sayın Mertkan ERDEMLİ ve Şube Müdürüm Sayın Zakir TURAN'a

Değerli görüş ve önerileri ile tezime katkıda bulunan Havza Yönetimi Daire Başkanı Sayın Taner KİMENÇE'ye,

Birlikte çalıőtıđım için kendimi Őanslı saydığım tüm Şube ve mesai arkadaşlarıma,

Manevi katkıları ile her zaman yanımda olan sevgili arkadaşlarım Tuba ÖZDEMİR ve Simge TEKİÇ RAHMANLAR'a,

Canım aileme ve kıymetli eőim Cahit YAYAN'a,

Sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNE GENEL BAKIŞ	4
2.1. Dünyada Su Ürünleri Yetiştiriciliği	4
2.2. Türkiye’de Balık Yetiştiriciliği	7
2.3. İç Sularda Balık Yetiştiriciliği Üretim Sistemleri	9
2.4. Durgun İç Sularda Ağ Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği	9
2.5. Türkiye’de Ağ Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği	11
2.5.1. Türkiye’de Durgun Sularda Balık Yetiştiriciliğinin İzinlendirilmesi	12
2.5.2. Türkiye’de Balık Yetiştiriciliği Yapılan Baraj Gölleri ve Göletler.....	15
3. BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ	20
3.1. Sınırlayıcı Besin Elementleri	20
3.1.1. Fosfor	22
3.1.2. Azot	24
3.1.3. N/P Oranı.....	24
3.1.4. Besin Elementi Kaynakları.....	26
3.1.5. Durgun Suların Trofik Seviyenin Belirlenmesi	27
3.1.5.1. Trofik Seviyenin Değerlendirilmesinde Kullanılan Diğer Parametreler.....	32
3.2. Balık Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Organik Atıklar.....	33
3.2.1. Katı Atıklar.....	34
3.2.1.1. Metabolik Atıklar	34
3.2.1.2. Yem Kayıpları	36
3.2.1.3. Ölü Balık Atıkları.....	36
3.2.2. Çözünmüş Atıklar	37
3.3. Balık Yetiştiriciliğinin Durgun Sularda Etkileri	38
3.3.1. Su Kalite Parametrelerine Etkisi	39
3.3.1.1. Çözünmüş Oksijen Yoğunluğuna Etkisi	40
3.3.1.2. Mikrobiyolojik Etkisi	41
3.3.2. Bentik Etkiler	42
3.3.2.1. Sediment Kalitesine Etkisi	42
3.3.2.2. Bentik Faunaya Etkisi	43
3.3.3. Ötrofikasyonda Rolü	45
3.3.3.1. Doğal Göl ve Baraj Göllerinde Ötrofikasyonun Etkileri	47

4. BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN ÇEVRESEL YÖNETİMİ.....	50
4.1. Çevresel Yönetim Gereklilikleri	51
4.1.1 Çevresel Etki Değerlendirmesi.....	51
4.1.2. Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi	52
4.1.2.1 Ekosistem Bazlı Taşıma Kapasitesi	55
4.1.2.2. Özümlenme Kapasitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Modeller.....	57
4.1.3. Alan Seçimi	60
4.1.4. Yem Yönetimi	62
4.1.4.1 Yetiştiriciliği Yapılan Balıkların Besin Gereksinimleri.....	62
4.1.4.2. Balık Yemlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	64
4.1.4.3. Yem Üretim Teknolojileri ve Yem Çeşitleri.....	66
4.1.4.3.1. Pres Pelet	67
4.1.4.3.2. Ekstruder Yem.....	67
4.1.4.4. Yem Kalitesi ve Sindirilebilirliğinin Artırılması	68
4.1.4.4.1. Katı Atıkların Azaltılması	69
4.1.4.4.2. Katı Atıkların Fiziko-Kimyasal Karakteristiklerinin Manipülasyonu.....	71
4.1.4.4.3 Fosfor Atıklarının Azaltılması	72
4.1.4.4.4. Sindirilebilir Fosfor Formülasyonu	72
4.1.4.4.5 Yem İlaveleri ile Fosforun Azaltılması.....	74
4.1.4.4.6 Azot Atıklarının Azaltılması	76
4.1.4.5. Balık Beslenmesinde Gelişim Performansının İzlenmesi	76
4.1.4.5.1. Yem Dönüşüm Oranının Belirlenmesi	76
4.1.4.6. Yemleme Metotları	78
4.1.4.7. Yem Tüketiminin İzlenmesi.....	79
4.1.4.8. Stres Yönetim Programı Uygulanması.....	80
4.1.4.9 Yemleme ve Balık Biyokütle Envanter Kayıtları Tutulması	80
4.1.4.10 Yem Muhafazası	81
4.1.4.11. Çalışanlara Eğitim Verilmesi	81
4.1.4.12. Balık Yemlerine İlişkin Düzenlemeler; Danimarka Örneği.....	81
4.1.5. Balık Yetiştiricilik Tesislerinin İzlenmesi.....	82
4.1.5.1 Su Kalite Parametrelerinin İzlenmesi.....	83
4.1.5.2 Bentik İzleme	86
4.1.5.3 Periyodik İzleme	86

4.1.6 Koruma Seviyelerinin Belirlenmesi	87
4.1.7. Entegre Üretim Sistemlerinin Kullanılması	89
4.1.8 İyi Yönetim Uygulamaları	91
4.1.9. Ekolojik Etiketleme	96
4.1.9.1. Eko-Etiket Örneği Olarak ASC Sertifikasyonu	96
4.1.10. Yeni Teknolojiler	100
4.1.10.1. Yüzen Kapalı Balık Yetiştiricilik Sistemi Örneği	101
5. AB SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ POLİTİKASI	102
5.1. Balık Yetiştiriciliği Stratejik Planlarının Hazırlanması	104
5.1.1 Kanada Stratejik Plan Örneği	104
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	107

ÇİZELGE LİSTESİ

Tablo 2.1. Dünya İç sularda ve Denizlerde Yetiştiricilik Miktarı	6
Tablo 2.2. İç Sularda En Çok Üreticilik Yapan 10 Ülke	6
Tablo 2.3. Türkiye Su Potansiyeli	7
Tablo 2.4. Türkiye’de İç Sularda ve Denizlerde Su Ürünleri Üretim Miktarı	8
Tablo 2.5. Türkiye’de Yetiştiriciliği Yapılan Balık Türlerinin Dağılımı	8
Tablo 2.6. Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri	13
Tablo 2.7. Baraj Göllerinde Balık Yetiştiriciliğine Ait 2014 Yılı Verileri.....	15
Tablo 2.8. Göletlerde Balık Yetiştiriciliğine Ait 2014 Yılı Verileri	18
Tablo 3.1. Carlson Trofik Durum İndeksi	29
Tablo 3.2. Sindirilen Azot ve Fosforun, Feçes Oluşumunun ve Dokular Tarafından Emiliminin Ağırlıkça Oranları	34
Tablo 3.3. Ontario Gökkuşaağı Alabalığı Çiftliklerinden Kaynaklanan Feçes Kompozisyonun Karşılaştırılması	35
Tablo 3.4. Sindirilen Azot ve Fosforun Salınımının Ağırlıkça Yüzdesi	37
Tablo 3.5. Taal Gölü’nde Çeşitli Kaynaklardan Gelen Tahmini Fosfor Yükleri	41
Tablo 3.6. 200 Balık Yetiştiriciliği Tesisinde Yapılan Bir Araştırmada Tesis Atıklarının Gözlenen Etkileri	46
Tablo 3.7. İngiltere’de 141 Adet Balık Yetiştiricilik Tesisinde Yapılan Bir Araştırmada Tesis Atıklarının Gözlenen Etkileri	47
Tablo 4.1. Ülkemizde Yetiştiriciliği Yapılan Bazı Balık Türlerinin Fosfor İhtiyaçları	63
Tablo 4.2. Yem Kategorileri	64
Tablo 4.3. Bazı Ham Maddelerin Fosfor İçerikleri	65
Tablo 4.4. Türkiye’de 2006 Yılında Alabalık İçin Üretilen Yem Miktarı, Yemlerde Kullanılan Balık Unu ve Yağı Oranlar İle Yem Dönüşüm Oranları	66
Tablo 4.5. Ekstruder Balık Yemi Özelliği	67
Tablo 4.6. Salmon Diyetlerinde Yaygın Olarak Kullanılan Yem İçeriklerinde Bulunan Fosforun Sindirilebilirlik Oranları	73
Tablo 4.7. GAP İzleme Parametreleri ve Sıklıkları	84
Tablo 4.8. Kanada Göl ve Nehirler İçin Fosfor Tetikleyici Değerleri	88
Tablo 4.9. ASC Standartları	97
Tablo 5.1.1. Kanada Ağ Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği Çevresel Yönetim Eylemleri.....	105
Tablo 6.1. Balık Yetiştiriciliğinin Çevresel Etkilerinin Azaltılmasına Yönelik Eylem Planı.110	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dünya Su Ürünleri Üretim Miktarı	4
Şekil 2.2. Gökkuşuğu Alabalığı	11
Şekil 2.3. Baraj Göl ve Göletlerinde Üretim İzin Şeması	12
Şekil 3.1. Fosfor Döngüsü	22
Şekil 3.2. Besin Elementi Kaynakları	26
Şekil 3.3. Trofik Seviye Değişimi	28
Şekil 3.4. Balık Yetiştiriciliği Yapılan Baraj Göllerinin Trofik Seviyelerinin Dağılımı	30
Şekil 4.1. Ekosistem Bazlı Yaklaşım Bileşenleri	56
Şekil 4.2. Balık Yem Etiketi	656
Şekil 4.3. Otomatik Yemleme	79
Şekil 4.4. Entegre Çoklu-Trofik Yetiştiricilik Döngüsü	90
Şekil 4.5. İyi Yönetim Uygulamalarının Ekonomik ve Çevresel Performans ile İlişkisi	92
Şekil 4.6. İYU Akış Şeması	95
Şekil 4.7. Yüzen Tank Sistemi	101

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Çelik Kafes Ünitesi.....	10
Resim 3.1. Seki Diski	32
Resim 4.1. El ile Yemleme	78
Resim 4.2. Wollundry Lagünü ve Taihu Gölü'nde Yüzen Adalar.....	94

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKM	: Askıda Katı Madde
ASC	: Aquaculture Stewardship Council (Su Ürünleri Yönetim Konseyi)
BOD (BOİ)	: Biochemical Oxygen Demand (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı)
BSGM	: Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EAA	: Ecosystem Approach Aquaculture (Ekosistem Yaklaşımlı Su ürünleri Yetiştiriciliği)
Eİ	: Environmental Index (Çevresel İndeks)
FAO	: Food and Agriculture Organization of The United Nations (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
FCR	: Feed Conversion Ratio (Yem Dönüşüm Oranı)
FTAD	: Freshwater Trout Aquaculture Dialogue
GAP	: The Global Aquaculture Alliance–GAP (Global Su Ürünleri Yetiştiriciliği Birliği)
GTHB	: Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
HKEP	: Havza Koruma Eylem Planı
İYU (BMP)	: İyi Yönetim Uygulamaları (Best Management Practices)
M.Ö.	: Milattan Önce
NSP	: Non-Starch Polysaccharides (Nişastasız Polisakkaritler)
OBP	: Ortak Balıkçılık Politikası
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and (Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
OSİB	: Orman ve Su İşleri Bakanlığı
RTD	: Referans Trofik Değer
SD	: Seki Diski
SEPA	: Scotland Environmental Protection Agency (İskoçya Çevre Koruma Ajansı)
TDİ	: Trofik Durum İndeksi

- USEPA** : United States Environmental Protection Agency (Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı)
- YSKY** : Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği

ÖZET

Bu çalışma ile doğal göl, gölet ve baraj göllerinde kurulan ağ kafeslerde yapılan balık yetiştiriciliği faaliyetlerinden kaynaklanan azot ve fosforun sucul ekosistem üzerindeki çevresel etkilerini ve azaltma yöntemlerinin araştırılarak ülkemiz için öneriler geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu amaç doğrultusunda dünyada ve ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişimi, mevcut durumu ve üretim yöntemleri araştırılmıştır. Ağ kafeslerde yapılan balık yetiştiriciliğinin sucul ekosistem üzerindeki çevresel etkilerine ilişkin olarak yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Yetiştirilen balıklardan kaynaklanan azot ve fosfor miktarını etkileyen faktörlere ilişkin çalışmalar ile balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan azot ve fosforun suya verilmesini azaltmak için dünyada uygulanan yöntemler incelenmiştir.

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de avcılık yolu ile yapılan balıkçılığın toplam üretim içindeki payı azalırken, yetiştiricilik yoluyla yapılan su ürünleri üretim miktarı hızla artmaktadır. Ülkemizde durgun iç sularda ağ kafeslerde yapılan alabalık yetiştiriciliği toplam üretimin %70'i ile en büyük paya sahiptir. Kafeslerden azot ve fosfor, balıklar tarafından yenemediği su ortamına karışan yemlerden, yem içeriğindeki N ve P'un balık tarafından sindirilemeyen bölümünün dışkı olarak atılması veya sindirilebilir N ve P miktarının balığın ihtiyacından daha fazla miktarda olması nedeni ile atık olarak suya verilmesi gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. N ve P'un su ortamında artışı alg popülasyonlarının artışına ve buna bağlı olarak ötrofikasyon gibi çeşitli su kalitesi problemlerinin oluşmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında ağ kafeslerde yapılan balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan N ve P'un azaltılabilmesi için; yetiştiricilik yapılacak su kütesinin taşıma kapasitesi, tesis için yer seçimi, yem yönetimi, çevresel etki değerlendirmesi, iyi yönetim uygulamaları, eko-etiketleme ve stratejik planlama gibi konular değerlendirilerek ülkemiz için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği, Alabalık, Azot, Fosfor, Ötrofikasyon, Balık Yetiştiriciliğinde İyi Yönetim Uygulamaları, Taşıma Kapasitesi.

ABSTRACT

Aim of this study is to investigate environmental impacts of Nutrients originating from finfish aquaculture processes in stagnant inland waters such as lakes and dam reservoirs on aquatic ecosystems and relevant methods to reduce this impacts and to develop suggestions for Turkey.

For this purpose; production methods, the current situation, and the development of aquaculture in the world and in Turkey has been investigated. Scientific studies related to environmental impacts of aquaculture on aquatic ecosystems were investigated. And also the factors affecting the amount of nitrogen and phosphorus released from finfish cages and the methods used around the world to reduce nitrogen and phosphorus in the water caused by aquaculture has examined.

As share of fishing in the total production decreases, the amount of aquaculture is increasing rapidly in Turkey as well as all over the world. In Turkey, trout has the largest share of 70% in total production by finfish farming in stagnant inland waters. Some of the main sources of are release of uneaten fish feeds to water column, excretion of undigestible portion of N and P in fish feeds and excretion of surplus digestible N and P to aquatic environment. Increase of N and P in water body increases the growth of algae populations and leads to the various water quality problems such as eutrophication.

In this study the methods which are being used to reduce nitrogen and phosphorus originating from finfish cages such as the carrying capacity of water bodies where finfish cages are located, site selection for the farms, fish feed management, environmental impact assessment, best management practices, eco- labeling, strategic planning etc. are evaluated and some suggestions are developed for Turkey.

Key Words: Aquaculture, Cage Aquaculture, Trout, Nitrogen, Phosphorus, Eutrophication, Aquaculture Best Management Practices, Carrying Capacity.

1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliği 29.06.2004 tarih ve 25507 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği ”ne göre “*Yetiştiricilik tesislerinde, entansif, yarı entansif veya ekstansif şartlarda yapılan, su ürünlerini üretme ve/veya büyüme (besicilik) faaliyeti*” olarak tanımlanmaktadır [1]. Yetiştiriciliği yapılan organizma bir hayvan veya sucul bir bitki olabilir. Örneğin; sazan, istiridye ya da kırmızı algin yetiştiriciliği yapılabilmektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliği köklü bir tarihe sahiptir. Eski Mısır’da milattan önce 2500 yıllarında mezar resimlerinde, insanların tilapya (*Tilapia sp.*) balıklarını havuzdan çıkarırken gösteren figürlere; milattan sonra 1127’de derlenen bazı tarihi kaynaklarda ise Hindistan’da uygulanan balık besicilik metotlarına ilişkin bilgilere rastlanılmıştır. Çinliler tarafından M.Ö. 2000 yıllarından beri geleneksel metotlarla yapılan sazan yetiştiriciliği; Malezya, Filipinler, Kamboçya, Tayland, Vietnam gibi ülkelere yayılmıştır. Ayrıca Filipinler’de acı su göletlerinde balık yetiştiriciliği ve Japonya’da yılan balığı yetiştiriciliği oldukça eskilere dayanmaktadır [2].

Batı ve Orta Avrupa’da sazan yetiştiriciliği orta çağ boyunca manastırlar tarafından yapılmıştır. Afrika ülkelerinde balık yetiştiriciliği ise daha yenidir. Su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişimi ve yayılması yakın geçmişte, 2. Dünya savaşından sonra ivme kazanmaya başlamıştır [2].

Su ürünleri yetiştiriciliğinde gelişen üretim ve yem teknolojileri ile birlikte başta yetiştiriciliğe uygun balık türleri olmak üzere; kabuklular gibi diğer sucul organizmaların deniz ve iç sularda yetiştiriciliğinin yapılması dünyanın birçok bölgesine yayılmıştır.

Yetiştiriciliğin yaygınlaşmadığı, dünya nüfusunun daha az ve buna paralel olarak gıda ihtiyacının da daha az olduğu dönemlerde ise; ihtiyaç duyulan su ürünleri daha çok avcılık yolu ile elde edilmekteydi. Artan nüfusla birlikte gıda ihtiyacının artması, teknolojik gelişmeler, ekonomik büyüme ve sağlıklı beslenmeye verilen önem gibi etkiler, ucuz ve kaliteli bir protein kaynağı olan sucul organizmaların yetiştiricilik yöntemiyle üretim miktarını arttırmıştır. Üretim miktarı giderek artan su ürünlerinin, insanlar için önemli bir gıda kaynağı olmasının yansısı sosyo-ekonomik ve çevresel açıdan da önemli faydaları vardır. Başlıca faydaları;

- Ülkelere yabancı döviz girişi,
- İş imkânı,
- Büyük şehirlere göçün azalması,
- Balık stoklarının muhafazası,
- Sucul bitkiler ve yumuşakçalar (midye vb.) vasıtasıyla atıksuların belirli tiplerinde arıtma,
- Tarımsal üretim (örneğin; pirinç üretimi) ile entegre edilmesi sonucunda pestisitlerin ya da gübre kullanımının azaltılması,
- Entegre ve polikültür yetiştiricilik ile ötrofikasyonun azaltılmasıdır [3].

Avrupa Birliği (AB) üye ülkeleri arasında balıkçılık faaliyetlerinin işbirliği içerisinde yürütülmesi amacıyla oluşturulan Ortak Balıkçılık Politikasının (OBP) temel amaçları genişletilerek “ *Gıda güvenliği ve istihdama katkıda bulunmak amacıyla kıyı ve kırsal alanlarda su ürünleri yetiştiriciliğinin geliştirilmesini sağlamak*” hususu eklenmiştir [4]. Su ürünleri yetiştiriciliğine verilen önem artarken; büyümenin sağladığı önemli sosyo-ekonomik ve çevresel faydaların yanında yetiştiricilik sucul ortamda su kalitesinde ve ekolojik yapıda önemli değişikliklere sebep olmaktadır. Ekolojik ve çevresel değişimin türü su ürünleri üretim metoduna, üretimin miktarına, su ortamının fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakterine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yapılan çalışmalarda su ürünleri yetiştiriciliğinin su kalitesine ve sucul ekosisteme çok az olumsuz etki yaptığı kabul edilmekle birlikte, bazı araştırmacıların yaptıkları çalışmalar neticesinde ise Avrupa’da yoğun olarak balık yetiştiriciliği yapılan alanlarda çevresel bozulmalar rapor edilmiştir [5].

Su ürünleri yetiştiriciliğinin ve yetiştiricilik işletmelerinin kurulduğu su kaynaklarının, sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için çevresel bozulmalara yol açan yetiştiricilikten kaynaklanan etkilerinde diğer olumsuz çevresel baskı unsurları ile birlikte minimize edilmesi gerekmektedir. Hem su kaynaklarının hem de su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanması maksadıyla doğru işletme yönetiminin sağlanması, çevre dostu tekniklerin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir.

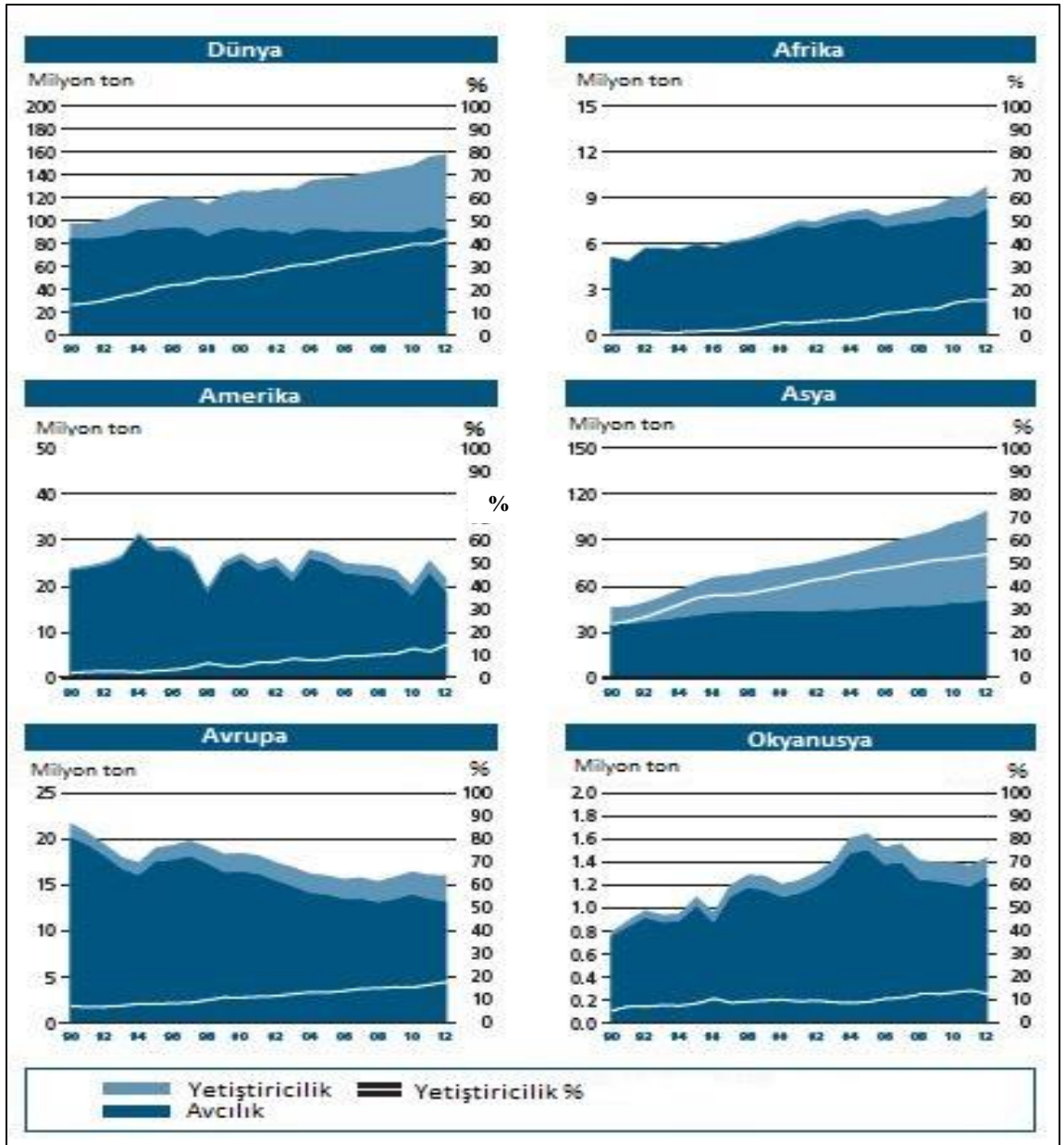
Bu çalışmada; doğal göller, baraj gölleri ve göletlerde yapılan balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan besin elementlerinin su kalitesine olumsuz etkileri ve bu etkilerin azaltılması için kirleticilerin kaynaklarına yönelik olarak farklı ülkelerde yapılan çalışmalar incelenerek; bu konularda Türkiye için öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan “durgun su” ifadesi ile doğal göller, baraj gölleri ve göletler kastedilmektedir. Metnin akışına göre “durgun su” veya doğal göl, baraj gölü ve gölet ifadeleri kullanılmıştır.

2. SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNE GENEL BAKIŞ

2.1. Dünyada Su Ürünleri Yetiştiriciliği

Su ürünleri üretimi, denizlerde ve iç sularda avcılık; iç sularda, denizlerde ve kara sularında yetiştiricilik olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Son yıllarda avcılık yolu ile yapılan balıkçılığın toplam üretim içindeki payı azalırken, yetiştiricilik yoluyla yapılan üretim miktarı hızla artmaktadır. Bunun en önemli nedeni denizlerden avcılık yolu ile elde edilebilecek ürün miktarının daha fazla arttırılamamasıdır. Sürdürülebilir bir balıkçılık için avlanabilecek balık miktarında en üst seviyeye ulaşılmıştır [6].



Şekil 2.1. Dünya Su Ürünleri Üretim Miktarı (FAO 2014)

Şekil 2.1’de yer alan Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) 2014 yılı verilerine göre avcılık ve yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretim miktarları karşılaştırıldığında; Asya kıtasının hem yetiştiricilik hem de avcılık yolu ile elde edilen su ürünleri üretiminde önde geldiği görülmektedir [7].

Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin bulunduğu coğrafyalarda (Özellikle Afrika kıtasında yer alan ülkeler) önemli bir besin ve geçim kaynağı olarak görülen su ürünleri avcılığının baskın olmasına rağmen su ürünleri yetiştiriciliğinin de giderek önem kazandığı dikkat çekmektedir.

Son yıllarda bazı büyük üreticilerin (ABD, İspanya, Fransa, Japonya vb.) hem balık hem de kabuklu yetiştiricilik üretimi azalma göstermiştir. Bunun en büyük nedeni olarak, üretim maliyeti daha düşük olan diğer üretici ülkelere yapılan su ürünleri ithalatı görülmektedir. Bu durum üretici ülkelere ihracatı gerçekleştirilen türlere daha fazla yönelmeye dolayısıyla da üretimin artmasında teşvik edici rol oynamıştır [7].

1980 ve 2012 yılları arasında, dünyada yetiştiricilik hacmi yılda ortalama % 8,6 oranında artmıştır. 2000 yılında 32,4 milyon ton olan yetiştiricilik üretim miktarı 2012 yılında 66,6 milyon tona ulaşarak ikiye katlanmıştır. Bu durumun en önemli nedeni artan gıda talebidir. Gıda ihtiyacı yılda ortalama % 3.2 oranında artarak % 1.6 olan dünya nüfusunun artış oranını ikiye katlamıştır. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliğindeki istikrarlı büyüme şaşırtıcı görünmemektedir. Bu büyümede etkili olan diğer faktörler; şehirleşme ve artan gelir düzeyi olarak değerlendirilmektedir [7].

Su ürünleri üretimi iç su ve deniz ürünleri yetiştiriciliği olarak sınıflandırılmaktadır.1980 yılında içsularda ve denizlerde yapılan üretim (2.35 milyon ton) aynı seviyede iken iç sularda yıllar itibari ile üretim giderek artmış ve denizlerde yapılan yetiştiriciliği geride bırakmıştır. Dünya iç su ve deniz yetiştiricilik üretimi arasındaki fark 2007 yılında 9.9 milyon ton iken 2012 yılında 17.2 milyon ton olmuştur [7]. Tablo 2.1’de FAO verilerine göre dünyadaki iç sulardaki yetiştiricilik ve denizlerdeki yetiştiricilik miktarları gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Dünya İç Sularda ve Denizlerde Yetiştiricilik Miktarı (milyon ton)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
İç sular	29.9	32.4	34.3	36.8	38.7	41.9
Deniz	20.0	20.5	21.4	22.3	23.3	24.7
Toplam	49.9	52.9	55.7	59.0	62.0	66.6

2012 yılı üretim verileri incelendiğinde iç sularda yapılan balık yetiştiriciliği miktarı, tüm dünyadaki su ürünleri yetiştiriciliğinin önemli bir bölümünü oluşturacak konuma gelmiştir. 2012 yılı FAO verilerine göre ise dünyadaki su ürünleri yetiştiriciliğinin türlere göre dağılımı incelendiğinde yetiştiriciliğin önemli bir kısmını tatlısu balıkları oluşturmaktadır [7]. Ekonomik gelir ve refah düzeyinin artması ile birlikte üretimi yapılan türlerinin çeşitliliği artarken, toplam üretim miktarında balık yetiştiriciliği önde gelmektedir.

Tablo 2.2. İç Sularda En Çok Üreticilik Yapan 10 Ülke

ÜLKE ADI	ÜRETİM MİKTARI(ton/yıl)	ÜRETİM YÜZDESİ
Çin	24 817 311	% 60,1
Hindistan	4 148 407	% 10
Endonezya	2 459 418	% 6
Vietnam	2 369 903	% 5,7
Bangladeş	1 647 827	% 4
Mısır	1 091 688	% 2,6
Myanmar	869 384	% 2,1
Tayland	467 249	% 1,1
Brezilya	388 700	% 0,9
Filipinler	318 798	% 0,8
Diğer	2 713 481	% 6,6
TOPLAM	41 292 167	% 100

Tablo 2.2.'de yer alan üretim verilerine göre iç sularda üretim, ülkeler bazında değerlendirildiğinde, Çin lider konumda bulunmaktadır [8]. Türkiye'de iç sularda yaygın olarak alabalık yetiştiriciliği yapılmasına rağmen üretimde Türkiye ilk 10 ülke arasına girmemiştir.

2.2. Türkiye’de Balık Yetiştiriciliği

Üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olması nedeni ile Türkiye su ürünleri üretim potansiyeli bakımından elverişli sayılmaktadır. Türkiye yaklaşık 26 milyon hektarlık su alanına sahiptir. Tablo 2.3.’te de görüldüğü üzere toplam su alanın 24,69 milyon hektarını denizler, 1,39 milyon hektarı doğal göller, baraj gölleri ve oluşturmaktadır.

Tablo 2.3. Türkiye Su Potansiyeli [9]

	Sayı (adet)	Yüzey Alanı (ha)
Denizler	4	24.697.200
Doğal Göl	200	906.118
Baraj Gölü	293	460.441
Gölet (yaklaşık)	1000	28.000
Toplam su alanı	26.001.759 ha	
Akarsu	33	177.714 km

Türkiye’de balık yetiştiriciliğinin gelişmesi ile birlikte baraj gölleri ve göletlerden; taşkınlardan korunma, içme suyu ve sulama suyu temini ve enerji üretimi maksatlarıyla faydalanmanın yanı sıra doksanlı yıllardan itibaren balık yetiştiriciliği içinde yararlanılmaya başlanmıştır. Ülkemiz baraj gölleri ve göletlerinde yaygın olarak ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği yapılmakla birlikte iç sularımızda uygulanan diğer balık yetiştiriciliği sistemleri aşağıda sıralanmaktadır;

- Denizlerde, baraj göllerinde ve göletlerde ağ kafeslerde entansif yetiştiricilik,
- Beton havuz ve fiberglas havuzlarda entansif yetiştiricilik,
- Toprak havuz ve göllerde yarı – entansif yetiştiricilik,
- Kapalı devre sistemlerde yetiştiricilik faaliyetleri yapılmaktadır [10].

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de su ürünleri yetiştiriciliğinde iç sularda yapılan yetiştiricilikten sağlanan üretim miktarının toplam üretimde önemli bir paya sahip olduğu Tablo 2.4.’te görülmektedir.

Tablo 2.4.Türkiye’de İç Sularda ve Denizlerde Su Ürünleri Üretim Miktarı

YILLAR	DENİZ (Ton)	İÇSU (Ton)	TOPLAM (Ton)
2007	80.840	59.033	139.873
2008	85.629	66.557	152.186
2009	82.481	76.248	158.729
2010	88.573	78.568	167.141
2011	88.344	100.446	188.790
2012	100.853	111.557	212.410
2013	110.375	123.018	233.393
2014	126.894	108.239	235.133

Kaynak: TÜİK

Türkiye’de 2014 yılında iç sularda yapılan su ürünleri yetiştiriciliği toplam üretim miktarı 108.239 ton olup bu miktarın 70.000 tonluk¹ bölümü baraj gölleri ve göletlerde yapılan balık yetiştiriciliğinden elde edilmektedir.

Dünya’daki yetiştiriciliğin aksine Türkiye’de tatlı sularda; sazan yerine alabalık üretiminin öne çıktığı Tablo 2.5.’da yer alan verilerden görülmektedir. Bununla birlikte iç sularımızda yetiştiriciliği yapılan tür sayısı çok az olup 2014 yılı itibari ile baraj gölleri ve göletlerde ağ kafeslerde mersin balığı ve yayın balığı yetiştiriciliği de yapılması yönünde adımlar atılmıştır.

Tablo 2.5. Türkiye’de Yetiştiriciliği Yapılan Balık Türlerinin Dağılımı

Balık Türü	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOPLAM
Gökkuşluğu Alabalığı	65 928	75 657	78 165	100 239	111 335	122 873	107 533	661 730
Alabalık (Salmo sp.)	-	-	-	-	-	-	450	450
Aynalı Sazan	629	591	403	207	222	145	157	2 354
Mersin Balığı	-	-	-	-	-	-	17	17
Tilapya	-	-	-	-	-	-	32	32

Kaynak: TÜİK

¹05.11.2015 tarihinde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (GTHB) Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü (BSGM) Ö.MALTAŞ ile sözlü görüşme

2.3. İç Sularda Balık Yetiştiriciliği Üretim Sistemleri

Kafeslerde balık yetiştiriciliği balıkların beslenme durumuna göre ekstantif, yarı entansif ve entansif olmak üzere üç şekilde sınıflandırılmaktadır.

Ekstantif Yetiştiricilik: Bu tip yetiştiricilik sisteminde balıklar ortamda bulunan fitoplankton, zooplankton, bentik canlılar, kabuklular veya yumuşakçalar ile beslenmektedir. Balıkların beslenmede kullanabileceği planktonların artışı sağlamak için atıksular veya hayvan gübresi ile besin ilavesi yapılabilmektedir. Ekstansif yetiştiricilikte üretimi sınırlayan temel faktör besindir. Bu nedenle birincil üretimin yüksek olduğu, besince zengin sular ekstantif yetiştiricilik için daha uygundur. Ekstantif balık yetiştiriciliğine uygun balık türleri sazan ve yayın balığıdır. Ancak bu sistemde, besin kaynağı olarak atıksuların kullanıldığı balık yetiştiriciliğinin sosyal açıdan kabulüne ilişkin sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

Yarı Entansif Yetiştiricilik: Düşük proteinli yemler veya zirai yan ürünlerden oluşan yem maddeleri ilave edilerek; daha çok ılıman tatlısu türlerinin yetiştiriciliğinin yapıldığı yetiştiricilik metodudur.

Entansif Yetiştiricilik: Bu yetiştiricilik sisteminde balıklar yalnızca dışarıdan verilen yüksek proteinli yemler ile beslenmektedirler. Entansif yetiştiricilik yüksek ticari değere sahip karnivor (alabalık vb.) türlerin yetiştiriciliği ile sınırlıdır. İç sularda alabalık ve sazan türü balıklar sıklıkla entansif üretim için tercih edilmektedir [11].

2.4. Durgun İç Sularda Ağ Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği

Kafeslerde modern balık yetiştiriciliğinin gelişiminden çok önce Güneydoğu Asya ülkelerinde saz vb. bitkilerden üretilen kafesler balık stoklamak amacıyla kullanılmıştır. Yetiştiriciliğin gelişimi ile birlikte; ahşaptan, (Asya Ülkelerinde daha çok kullanılmaktadır) metalden, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) malzemeden veya PVC borulardan üretilen çerçevelere takılan ağ torbalardan oluşan kafes sistemi; yetiştiricilik amacı ile kullanılmaya başlanmıştır. Neredeyse 3000 yıllık bir geçmişe sahip olan su ürünleri yetiştiriciliğinde yaklaşık 60 yıllık bir geçmişi olan ağ kafeslerin kullanılmaya başlanması ile kısa sürede büyük ilerlemeler kaydedilmiştir [11], [13].



Resim 2.1. Çelik Kafes Ünitesi²

Bugün ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği; Asya ülkelerinin yanı sıra Norveç'ten Güney Amerika'ya kadar hem tuzlu hem tatlı sularda yaygın olarak kullanılan bir yetiştiricilik sistemidir [11].

Bu sistem; denizlerde, baraj gölleri başta olmak üzere göletler, göller ve büyük sulama kanalları gibi iç sularda çoğunlukla balık yetiştiriciliği amacıyla kullanılmaktadır. Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği aşağıda sıralanan avantajlardan dolayı yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu avantajlar:

- Üretim sisteminin istenildiği zaman farklı su kaynaklarına götürülebilmesi, dolayısıyla sabit yatırım gerektirmemesi,
- Karasal alana gereksinim duyulmaması,
- İşletmenin kapasitesinin genişletilmesinin daha kolay olması,
- Mevsimsel olarak farklı türlerin yetiştirilmesine olanak tanınması (yazın sıcak iklim balıkları, kışın soğuk iklim balıkları vb.),
- Balıkların stoklanması, beslenmesi ve bakımının daha kolay olması,
- Tesis ve havuz inşaat masraflarını en aza indirmesi,
- Yüksek verim elde edilmesi olarak sayılabilir.

Ağ kafeslerde yetiştiricilik sisteminin yukarıda sayılan avantajlarının yansırı dezavantajlarında bulunmaktadır. Bunlar;

- Kafeslerin kurulduğu alanlarda görsel kirlilik,
- Muhtemel balık göçlerine engel olması,

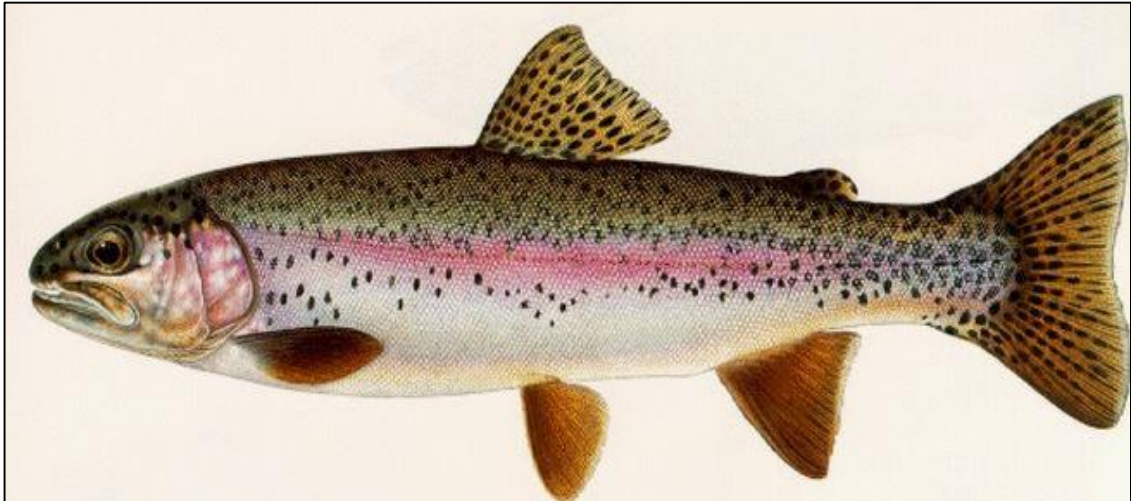
² Resim www.akvagroup.com adresinden alınmıştır.

- Akıntı yönünü ve hızını etkilemesi,
- Sedimentasyon oranını arttırması ,
- Sucul flora ve faunada değişikliğe neden olması olarak sayılabilir [11], [12].

2.5. Türkiye’de Ağ Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği

Türkiye’de; iç sulardaki su ürünleri üretiminde önemli bir yere sahip olan alabalık yetiştiriciliğine 1970 yılında başlanmıştır. Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) Salmonidae familyası üyesi olup ülkemizde entansif yetiştiriciliği yapılan ilk balık türü ve Tablo 2.5.’de görüldüğü üzere yetiştiriciliği en çok yapılan türdür. 1984 yılında levrek, çipura gibi önemli denizel balık türlerinin yetiştirilmesi ile başlayan ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği, 1995 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (GTHB) tarafından baraj göllerinde kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinin başlatılmasıyla birlikte karadaki işletmelerle birlikte baraj göllerinde de önem kazanmıştır. İlk kafes uygulamaları Konuklar Devlet Üretme Çiftliğindeki Beşgöz Gölü’nde yapılmıştır [12], [13].

Kafeslerde balık yetiştiriciliği, kara bazlı balık yetiştiriciliği yapan işletmelere kıyasla yatırım maliyetinin kısmen daha az olması ve mevcut su kütlelerinin kullanımı sayesinde günümüzde yaygın bir yetiştiricilik metodu haline gelmiştir.



Şekil 2.2. Gökkuşluğu Alabalığı ³

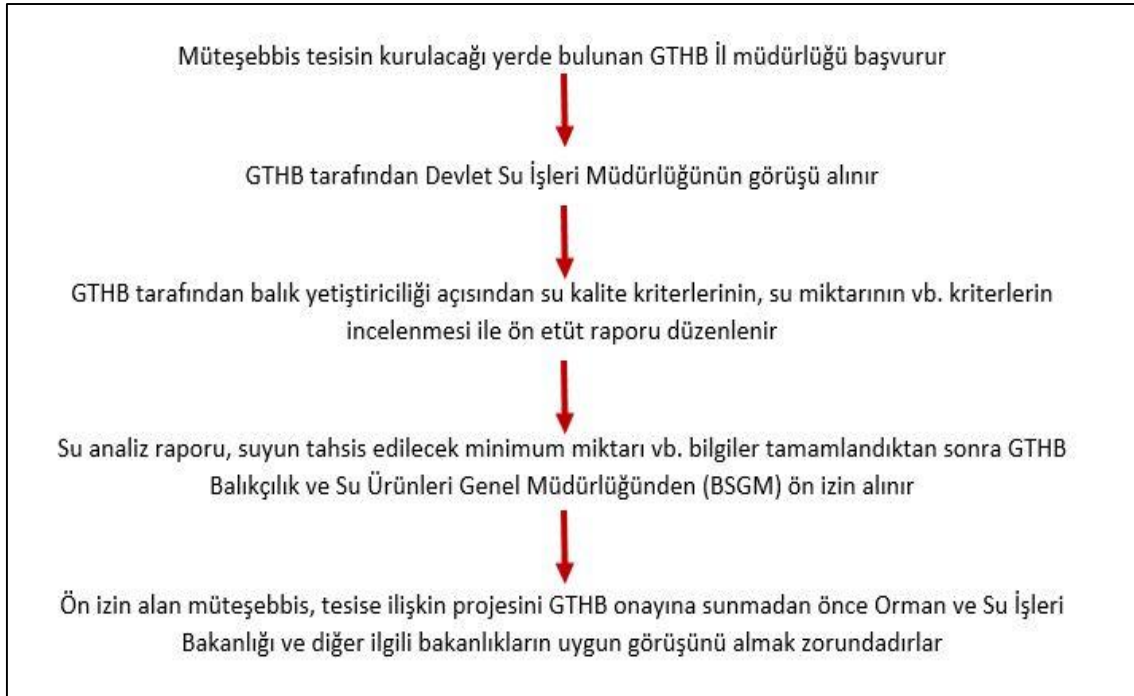
³ <http://ag.arizona.edu/azaqua/aquasites.html> Erişim Tarihi :09.10.2015

Karada kurulu kuluçkahanelerde belirli bir büyüklüğe ulaşan Gökkuşuğu Alabalığı yavruları kafeslere taşınmaktadır. Kış mevsimini baraj göllerinde geçiren balıklar, haziran ayında yaklaşık 250-300 gr olduklarında pazara sunulmaktadır [12]. Bu üretim şekli, alabalık yetiştiriciliğinde üretimi arttıran bir sistem olarak tanımlanabilmektedir.

2.5.1. Türkiye’de Durgun Sularda Balık Yetiştiriciliğinin İzinlendirilmesi

Ülkemizde Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB) tarafından 26.02.2014 tarih ve 28925 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ”in Madde 4’ün 1. Fıkrası (e) bendinde “Doğal göllerde, gölün ekolojik yapısının bozulmasının engellenmesi maksadıyla, Bakanlık ve Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından izin verilmediği sürece göldeki doğal balık türleri ile ekstansif balık yetiştiriciliği dışında yetiştiricilik yapılmaması” esası yer almaktadır [14].

Bu nedenle sadece baraj gölleri ve göletlerde entansif balık yetiştiriciliğinin yapılmasına belirli prosedürler çerçevesinde izin verilmektedir. Balık yetiştiriciliği yapmak isteyen faaliyet sahiplerinin (müteşebbis) izleyeceği yol şekil 2,3’de sunulmaktadır.



Şekil 2.3. Baraj Göl ve Göletlerinde Üretim İzin Şeması⁴

⁴ <http://www.sumae.gov.tr/ss.aspx> Erişim Tarihi:09.10.2015

Orman ve Su İşleri Bakanlığında (OSİB) balık yetiştiriciliği yapılan ve yapılması planlanan durgun su kütlelerinin uygunluğunun değerlendirilmesi maksadıyla müteşebbisler veya ilgili kurumlar tarafından yapılan müracaatlar, Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğin 9.'uncu maddesi kapsamında değerlendirilmektedir.

Söz konusu Tebliğde yer alan aynı maddenin 6.'ncı fıkrasında, faaliyet gösteren mevcut tesisler için; *“Yetiştiricilik yapılan tesisin çevresinde, 20-40 metrelik alanın 4 bir kenar noktalarından, dip ve yüzey olmak üzere iki derinlikten örnekleme yapılır. Alınan örnekler ayrı ayrı karıştırılarak her iki derinlik için birer kompozit numune oluşturulur ve iki farklı derinlikten elde edilen numuneler analiz edilir”* hükmü yer almakta olup balık yetiştiriciliği tesisinin etkilerinin ortaya konulması için, su numunesi örnekleme alanının bu sınırlara riayet edilerek alınması büyük önem taşımaktadır.

Balık yetiştiriciliği yapılması planlanan tesislerin üretime başlaması ve faal olarak üretim yapan tesislerin kurulduğu su alanlarının faaliyetlerinin devam ettirme açısından uygunluğu ise müteşebbisin talebi ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş laboratuvarlar ve üniversite laboratuvarları tarafından alınan su numunelerinin analiz sonuçları 30.11.2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) Ek-6 Tablo-9’a göre değerlendirilmektedir [15].

Tablo 2.6. Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri

Trofik Seviye	Toplam P (µg/L)	Toplam N (µg/L)	Klorofil a (µg/L)	Seki Diski Derinliği (m)
Oligotrofik	< 10	< 350	< 3.5	> 4
Mezotrofik	10-30	350-650	3.5-9.0	4-2
Ötrofik	31-100	651-1200	9.1-25.0	1.9-1
Hipertrofik	> 100	> 1200	> 25.0	< 1

(a) Notlar:

1. Trofik seviye, oligotrofik seviyeden hipertrofik seviyeye doğru yükselir.
2. Seki diski tek başına belirleyici değildir.
3. Parametrelerin her birinin farklı trofik seviyede çıkması durumunda klorofil-a belirleyicidir.
4. Trofik seviyelerden en az iki parametrenin trofik seviyesinin aynı çıkması durumunda, bu trofik seviye geçerlidir. Ancak; klorofil-a parametresinin seviyesinin, neticesi aynı olan parametrelerden daha yüksek çıkması durumunda, klorofil-a belirleyicidir.
5. Dört parametrenin dikkate alınması ve iki trofik seviyenin farklı çıkması durumunda (ikişer parametre için aynı trofik seviye) en yüksek trofik seviye geçerlidir.

Ayrıca, aynı yönetmeliğin Madde 14'ün (3). Fıkrasında “içme ve kullanma suyu temin edilen rezervuarlarda balık yetiştiriciliği tesisleri kurulamaz. Ancak Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüince ekonomik bölge oluşturulan rezervuarlarda, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ile müştereken belirlenen uygulama esasları çerçevesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Bakanlıktan olumlu görüş almak kaydıyla su ürünleri avcılığına ve maksimum su seviyesindeki göl alanı 75.000 ha'dan büyük baraj göllerinde minimum su kotundaki rezervuar alanının %0,1'ine kadar alanda su ürünleri yetiştiriciliğine izin verilebilir. İçme suyu alma yapısına en az 1000 metreden daha yakın olan alanlarda ve bu yapıların bulunduğu koylarda su ürünleri yetiştiriciliği yapılamaz” hükmü bulunmaktadır [15].

Diğer taraftan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından yayımlanan 25.11.2014 tarih ve 29186 sayılı Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğine (ÇED) göre kapasitesi 30-1000 ton/yıl arasında değişen yetiştiricilik projelerinde ise ÇED uygulamasının gerekli olup olmadığına valilikler tarafından kurulan komisyonlar karar vermektedir. ÇED uygulamasının gerekli olup olmadığının incelendiği bu süreçte gerekli görülmesi halinde proje sahibinden projesi ile ilgili geniş kapsamlı bilgi vermesini, araç gereç sağlmasını, yeterliliği kabul edilebilir kuruluşlarca analiz, deney ve ölçümler yapmasını veya yaptırmasını isteyebilmektedir. Buna göre söz konusu projeler için “ÇED Olumlu” kararı veya “ÇED Gerekli Değildir” kararı alınmadıkça bu projelere hiç bir teşvik, onay, izin, yapı ve kullanım ruhsatı verilemez, proje için yatırıma başlanamaz [16], [17]. Dünyada ise balık yetiştiriciliğinin izinlendirilmesinde kullanılan genel koşullar;

- Su kullanımı,
- Üretim kapasitesi,
- Genel su kalitesi kirlilik parametreleri,
- Kullanılacak yem kompozisyonu ve miktarı,
- Besin elementi karakteristiği ve miktarı,
- Balık türü,
- Yetiştiricilik metotudur.

Yetiştiricilik iznini tek bir faktör bile etkileyebilmektedir. Almanya ve Letonya'da izinler süresiz olup çoğu ülkede 5-10 yıl arasında tesislere faaliyet izni verilmektedir.

Bununla birlikte ülkemizde olduğu gibi düzenli denetim neticesinde geçerli nedenlerle izinler iptal edilebilmektedir [18].

2.5.2. Türkiye’de Balık Yetiştiriciliği Yapılan Baraj Gölleri ve Göletler

2014 yılı verilerine göre sadece baraj göllerinde ve göletlerde balık yetiştiriciliği yapan tesislerin onaylanan toplam üretim kapasitesi 193.395 ton/yıl’dır. 2014 yılında GTHB tarafından baraj göllerinde ve göletlerde proje kapasitesi onaylanan balık çiftliklerine ilişkin bilgiler Tablo 2.7. ve Tablo 2.8.’ da verilmektedir.

Tablo 2.7. Baraj Göllerinde Balık Yetiştiriciliğine Ait 2014 Yılı Verileri⁵

HAVZA ADI	İLİ	BARAJ ADI	ALAN (ha)	KULLANIM AMACI	BALIK TÜRÜ	TESİS SAYISI (adet)	PROJE KAPASİTESİ (ton/yıl)
Akarçay	Afyonkarahisar	Selevir	798	S	Alabalık	4	1650
Antalya	Antalya	Çayboğazı	1359	S	Alabalık	2	120
Antalya	Burdur Isparta	Karacaören 1	3072	İSET	Alabalık	26	6512
Antalya	Burdur	Karacaören 2	194	İSE	Alabalık	16	1625
Antalya	Antalya	Korkuteli	102	ST	Alabalık	3	57
Antalya	Isparta	Sorgun	240	S	Alabalık	1	125
Antalya	Isparta	Sücüllü	124	S	Alabalık	1	300
Antalya	Isparta	Uluborlu	179	ST	Alabalık	1	150
Aras	Erzurum	Demirdöven	199	S	Alabalık	1	250
Batı Akdeniz	Antalya	Alakır	299	ST	Alabalık	1	950
Batı Akdeniz	Muğla	Bereket			Alabalık	5	1890
Batı Akdeniz	Burdur	Çavdır	251	S	Alabalık	3	620
Batı Akdeniz	Burdur	Yapraklı	1056	S	Alabalık	1	900
Burdur	Burdur	Karamanlı	330	S	Alabalık	1	500
Burdur	Burdur	Bademli	178	S	Alabalık	1	200
Büyük Menderes	Aydın	Kemer	1749	SET	Alabalık Sazan	7	4575

⁵ Tablo 2.7. ve Tablo 2.8.’da yer alan kapasite miktarları balık çiftliklerinin fiili üretim kapasitelerini yansıtmamaktadır.

Büyük Menderes	Aydın	Topçam	264	ST	Alabalık	4	750
Büyük Menderes	Aydın	Yaylakavak	367	S	Alabalık	2	300
Ceyhan	Kahramanmaraş	Aslantaş	5242	İSET	Alabalık	1	150
Ceyhan	Adana	Fek2	1142	E	Alabalık	2	1650
Ceyhan	Osmaniye	Kalecik	408	S	Alabalık	1	175
Ceyhan	Adana	Kozan	661	S	Alabalık	1	600
Ceyhan	Kahramanmaraş	Menzelet	4005	SET	Alabalık	5	1654
Ceyhan	Adana	Nergizlik	1000	ST	Alabalık	1	275
Ceyhan	Kahramanmaraş	Sır	3873	E	Alabalık	8	4180
Ceyhan	Kahramanmaraş	Suçatı			Alabalık	2	150
Çoruh	Artvin	Borçka	1057	E	Alabalık	4	1625
Doğu Akdeniz	Mersin	Berdan	1145	İ	Alabalık	1	15
Doğu Akdeniz	Karaman	Gezende	1546	E	Alabalık	5	1930
Doğu Karadeniz	Gümüşhane	Kürtün	303	E	Alabalık	11	2658
Doğu Karadeniz	Gümüşhane	Torul	390	E	Alabalık	11	1869
Fırat Dicle	Muş	Alparslan 1	13762	E	Alabalık	8	4090
Fırat Dicle	Edirne	Altinyazı	470	ST	Alabalık	2	600
Fırat Dicle	Şanlıurfa, Adıyaman Diyarbakır	Atatürk	92710	İSE	Alabalık	15	1105
Fırat Dicle	Diyarbakır Batman	Batman	6695	SE	Alabalık	12	5455
Fırat Dicle	Adıyaman	Çat	1297	S	Alabalık	14	4804
Fırat Dicle	Erzincan	Göyne			Alabalık	1	100
Fırat Dicle	Elazığ	Karakaya	30369	E	Alabalık	99	21409
Fırat Dicle	Gaziantep Şanlıurfa	Karkamış	3781	ET	Alabalık	28	15983
Fırat Dicle	Elazığ, Erzincan, Tunceli	Keban	58532	E	Alabalık	115	30698
Fırat Dicle	Diyarbakır	Kralkızı	10603	İE	Alabalık	2	980
Fırat Dicle	Erzurum	Kuzgun	1201	SE	Alabalık	4	1905
Fırat Dicle	Malatya	Sultansuyu	321	S	Alabalık	2	50
Fırat Dicle	Erzincan	Tercan	799	SE	Alabalık	6	2993
Fırat Dicle	Tunceli	Uzunçayır	13430	E	Alabalık	2	54
Gediz	Manisa	Demirköprü	4877	SET	Alabalık Sazan	7	1152
Gediz	Manisa	Sevişler	461	S	Alabalık	3	1350

Kızılırmak	Kayseri	Bahçelik	1551	İSE	Alabalık	8	6300
Kızılırmak	Sivas	Çamlıgöze	318	ET	Alabalık	5	4250
Kızılırmak	Kırşehir	Çoğun	315	S	Alabalık	3	850
Kızılırmak	Samsun	Derbent	2046	SET	Alabalık	11	4661
Kızılırmak	Yozgat	Gelingüllü	2307	S	Alabalık	2	475
Kızılırmak	Kastamonu	Germeçtepe	405	S	Alabalık	2	104
Kızılırmak	Sivas	Gölova	508	S	Alabalık	1	50
Kızılırmak	Sivas	İmranlı	583	S	Alabalık	1	475
Kızılırmak	Kırşehir	Karova	312	S	Alabalık	2	274
Kızılırmak	Sivas	Kemeriz	73	S	Alabalık	1	45
Kızılırmak	Kırşehir	Sıddıklı	243	S	Alabalık	1	25
Kızılırmak	Yozgat	Uzunlu	488	ST	Alabalık	1	950
Kızılırmak	Kayseri	Yamula	7996	SE	Alabalık	28	22700
Konya Kapalı	Karaman	Gödet	762	S	Alabalık	3	600
Konya Kapalı	Konya	İvriz	466	ST	Alabalık	1	75
Küçük Menderes	İzmir	Kavakdere	338	S	Alabalık	1	150
Küçük Menderes	İzmir	Kestel	62	S	Alabalık	1	300
Küçük Menderes	İzmir	Seferihisar	103	S	Alabalık	1	200
Marmara	Çanakkale	Bakacak	1116	ST	Alabalık	1	900
Marmara	Çanakkale	Umurbey	266	S	Alabalık	1	300
Sakarya	Ankara Eskişehir	Gökçekaya	2369	E	Alabalık	3	2650
Sakarya	Ankara	Yenice	709	E	Alabalık	2	1650
Seyhan	Adana	Seyhan	8524	SET	Alabalık	4	183
Susurluk	Kütahya	Çavdarhisar	438	İS	Alabalık	1	125
Susurluk	Balıkesir	Çaygören	739	ST	Alabalık	1	29
Susurluk	Balıkesir	Manyas	4626	SET	Alabalık	5	3400
Van Gölü	Van	Sarımehmet	1967	S	Alabalık	4	1185
Van Gölü	Van	Zernek	521	SE	Alabalık	5	1423
Yeşilirmak	Tokat	Almus	3248	SET	Alabalık	24	4888
TOPLAM						577	190.350

E: Enerji amaçlı, İ: İçme suyu amaçlı, S: Sulama amaçlı, T: Taşkın amaçlı

Tablo 2.8. Göletlerde Balık Yetiştiriciliğine Ait 2014 Yılı Verileri

HAVZA ADI	İLİ	GÖLET ADI	BALIK TÜRÜ	PROJE KAPASİTESİ (ton/yıl)
Antalya	Isparta	Atabey Göleti	Alabalık	25
Antalya	Isparta	Bağarası Göleti	Alabalık	60
Burdur	Burdur	Belenli Göleti	Alabalık	200
Meriç-Ergene	Tekirdağ	Bıyıklı Göleti	Sazan	10
Meriç-Ergene	Edirne	Çavuşköy Göleti	Sazan-Yayın	10
Sakarya	Eskişehir	Çukurhisar Göleti	Sazan	5
Meriç-Ergene	Edirne	Değirmenci Göleti	Sazan	20
Asi	Hatay	Demrek Göleti	Sazan	29
Kızılırmak	Yozgat	Derbent Göleti	Alabalık	25
Yeşilirmak	Samsun	Dereköy Göleti	Alabalık	25
Yeşilirmak	Samsun	Divanbaşı Göleti	Sazan	10
Meriç Ergene	Edirne	Dokuzdere Göleti	Sazan-Yayın	12
Antalya	Antalya	Ekşili Göleti	Sazan	10
Burdur	Burdur	Gölyeri Göleti	Alabalık	25
Antalya	Antalya	Hacıbekar Göleti	Alabalık	100
Antalya	Antalya	Hatıpler Göleti	Alabalık-Sazan	29
Antalya	Isparta	Hisarardı Göleti	Alabalık	29
Büyük Menderes	Aydın	Kahveresi Göleti	Sazan	29
Asi	Hatay	Karamanlı Göleti	Alabalık-Sazan	44
Susurluk	Bursa	Kayapa Göleti	Alabalık	70
Meriç Ergene	Edirne	Keramettin Göleti	Sazan	10
Sakarya	Eskişehir	Keskin Göleti	Sazan	10
Akarçay	Afyonkarahisar	Kırka Göleti DSİ	Alabalık	300
Marmara	Kocaeli	Kızderbent Göleti	Alabalık-Sazan	95
Marmara	Çanakkale	Kozçeşme Göleti	Alabalık-Sazan-Kerevit	29
Gediz	Uşak	Kozviran Göleti	Alabalık-Sazan	29
Antalya	Antalya	Osmankalfalar Göleti	Alabalık	150
Antalya	Isparta	Örenköy Göleti	Alabalık	60
Sakarya	Eskişehir	Sekiören Göleti	Sazan	5
Akarçay	Afyonkarahisar	Serban Göleti DSİ	Alabalık	500
Antakya	Isparta	Sipahiler Göleti	Alabalık	25
Burdur	Burdur	Söğüt Göleti	Alabalık	300
Antalya	Isparta	Şehitler Göleti	Alabalık	249
Kızılırmak	Nevşehir	Taşlıhöyük Göleti	Sazan	28
Marmara	Çanakkale	Uluköy Göleti	Sazan	15
Meriç Ergene	Edirne	Uzgaç Göleti	Sazan-Yayın	9
Sakarya	Eskişehir	Yapıldak Göleti	Sazan	5
Antalya	Antalya	Yelten Göleti	Alabalık	50
Kızılırmak	Kırşehir	Yeniköy Göleti	Sazan	10

Antalya	Antalya	Yeşilyayla Göleti	Alabalık	100
Sakarya	Eskişehir	Yukarı Kartal Göleti	Sazan	5
Antalya	Isparta	Barla Göleti	Alabalık	29
Akarçay	Afyonkarahisar	Nuh-Taşoluk Göleti	Alabalık-Sazan	265
TOPLAM		43 Gölet		3045 ton/yıl

3. BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

3.1. Sınırlayıcı Besin Elementleri

Göller, nehirler, kıyı suları gibi yerüstü sularının zaman içerisinde besin elementleri bakımından aşırı zenginleşmesi ötrofikasyon ya da hipernutrikasyon olarak tanımlanmaktadır. Besin elementlerince aşırı derece zenginleşen ötrofik baraj gölü, gölet ve göl örneklerine hem Türkiye’de hem de dünyanın birçok ülkesinde sıklıkla rastlanabilmektedir.

Ötrofikasyona neden olan koşulların anlaşılması ve sularda ötrofikasyon sürecinin önlenmesi için öncelikle;

- Hangi besin elementleri sıklıkla ötrofikasyona neden olmaktadır?
- Kabul edilebilir besin elementi konsantrasyon miktarı ne olmalıdır?
- Sınırlayıcı besin elementinin kontrolü ile ötrofikasyon kontrol edilebilir mi? [19]

Sorularının yanıtı aranmalıdır. Yanıtlar su ekosistemlerine göre farklılık gösterecektir. Örneğin ötrofikasyon açısından sınırlayıcı besin elementi tatlı su ve deniz ekosistemleri için farklı olacaktır. Burada üzerinde durulması gereken esas nokta sınırlayıcı besin elementidir [19].

Ekoloji biliminde sınırlayıcı kavramı, ortamda yeterli miktarda bulunmadığında biyolojik gelişmeyi sınırlayan maddeler veya sınırlayıcı elementler şeklinde tanımlanmaktadır. Alman tarım bilimci Justus von Liebig çalışmalarının sonucunda; bitkilerin gelişimi için gerekli olan ve ortamda en az miktarda bulunan besin elementinin bitki gelişimini sınırladığını tespit etmiştir. Bu teori ya da bu kavram Liebig’in Minimum Yasası olarak da bilinmektedir [20].

Aslında bitkisel büyüme için çok sayıda mineral kaynağına ihtiyaç vardır. Bunlardan biri olan karbon fitoplanktonlar için hem kolay elde edilebilir, hem de bol miktarda bulunması sebebiyle sınırlayıcı besin elementi olarak görülmemektedir. Diğer bir muhtemel sınırlayıcı besin elementi olan silisyum elementi, fitoplankton oluşumunda

gerekli bir element olmakla birlikte daha çok diatomların büyümesinde sınırlayıcı bir faktördür [21], [22].

Sınırlayıcılık kavramını tek bir besin elementine ya da faktöre dayandırmak karmaşık bir sistemi anlamak için basitleştirilmiş bir yoldur. Ekosistemde birçok faktörün birbiri ile etkileşimi göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer faktörler veya maddelerin varlığı ya da konsantrasyonları sınırlayıcı olan faktörün büyüme nasıl sınırlayacağını etkilemektedir. Örneğin; bitkilerin çinko (Zn) ihtiyacı gölgede azalırken gün ışığında artmaktadır. Bu durumda Zn konsantrasyonu gün ışığında bitkiler için sınırlayıcı olabilmektedir [23].

Büyüme sınırlandıran iki temel besin elementi inorganik azot (N) ve fosfor (P) dur. Organizmaların gelişmesinde rol oynayan bu temel elementler aynı zamanda “makronutrientler” olarak da adlandırılmaktadır. Bu elementler sucul ekosistemde tükendiklerinde algal büyüme durmaktadır. Sisteme dahil olduklarında ise farklı bir çevresel faktör ya da tekrar besin elementlerince sınırlanmaya kadar alg popülasyonları (ya da birincil üretim) artacaktır [21], [22].

Durgun su kütlelerinde sınırlayıcı olan besin elementi genellikle fosfor iken deniz ekosistemlerinde azot sınırlayıcıdır.

Schindler tarafından yapılan bir çalışma fosforun durgun su kütlelerinde sınırlayıcı element olduğunu ortaya koymuştur. Schindler⁶ (1973) tarafından Ontario Gölü'nde (Kanada) yapılan çalışmalar göstermiştir ki; fosfor istenmeyen alglerin büyümesini sınırlandırmakta ve tek başına sistemden kaldırılması halinde ötrofikasyon nedeni ile ortaya çıkan problemler çözülebilmektedir. Araştırma yapılan bir gölde fosfor ve nitrat ilavesi yapıldığında ani alg çoğalması meydana gelmiştir. Fosfat, amonyak ve sükröz ilaveleri de gölde yine aynı etkiyi yaratmıştır. Buna karşın, ortamdaki fosfor kaldırılırsa alg artışının azalması neredeyse hemen başlamıştır. Schindler ikiye böldüğü bir göle eşit miktarda nitrat ve sükröz ekledikten sonra gölün yalnızca bir tarafına fosfor ilavesi yaptığında hızlı alg çoğalmasının belirtileri yalnızca fosforca zenginleştirilmiş kısımda görülmüştür. Benzer bir sonucu, Wahnbach Baraj Gölü'nde (Almanya) de elde

⁶ Schindler uzun yıllar boyunca göller üzerinde yaptığı büyük ölçekli deneylerde göl ortamına veya gölü besleyen su kaynaklarına azot ve fosfor ilavesinin etkilerini ortaya koyan çalışmalar gerçekleştirmiştir.

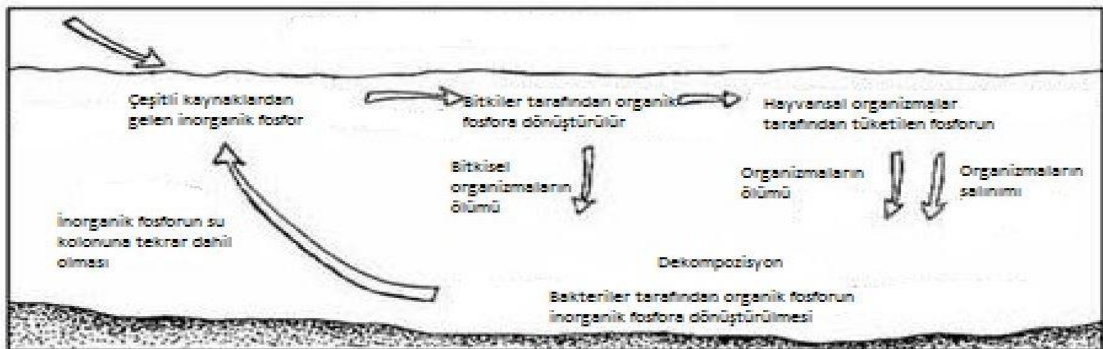
etmiştir. Baraj gölünde azot miktarı değiştirilmeksizin (nehir kollarında ortalama azot konsantrasyonu 5 mg/L) sadece fosfor miktarı azaltıldığında gölün trofik seviyesinin üç yılda ötrofik seviyeden mezotrofik seviyeye, mezotrofik seviyeden de oligotrofik seviyeye doğru iyileşmiştir. Baskın mavi-yeşil algler azalmış, diatomlar çoğalmış ve seki diski derinliği yılda ortalama 6 metre artmıştır [23].

3.1.1. Fosfor

Fosfor, nükleik asitlerin ve tüm canlıların metabolizmasının ayrılmaz bir parçası olan şeker fosfatlar ve adenozin fosfatlar gibi birçok ara metabolitin temel bileşenidir. Fosfor diğer makro besin elementlerine kıyasla sucul ortamda daha az bulunmaktadır. Özellikle kirlenmemiş su alanlarında fosfor konsantrasyonu daha düşüktür. Sucul ortamda fosfor üç formda bulunmaktadır [25] ;

- İnorganik fosfor,
- Partiküler organik fosfor,
- Çözünmüş organik fosfor [25].

Fosfor, çeşitli toprak partiküllerine tutunarak sucul sistemlere çözünmüş (çözünebilir organik ve reaktif fosfor) ve partiküler maddelerin bir karışımı olarak dahil olmaktadır. Partiküler maddelerden salınan fosforlu bileşikler alıcı su ortamında çözünerek bakteri, alg ve bitkiler tarafından absorblanabilir fosfor formu olan ortofosfata hızlı bir süreç sonunda dönüştürülerek ekosistem döngüsüne katılır [19]. Şekil 3.1.'de sularda fosfor döngüsü özetlenmektedir.



Şekil 3.1. Fosfor Döngüsü ⁷

⁷ <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring> Erişim Tarihi: 13.11.2015

Bentik fosfor döngüsünde, sediment ile su arasındaki fosfor alışverişi sürekli bir denge halindedir. Bu döngü (fosforun sedimentten suya geçişi ile yeniden sedimente dönmesi) fiziko-kimyasal ve metabolik etkiler altında gerçekleşir. Sediment, göl suyuna kıyasla daha fazla fosfor taşıyabilir. Bu dolaşımında; sedimentin fosforu belirli bir süre tutabilmesinde, göl suyunun durumu ve sediment içinde yaşayan canlılar önemli etkenlerdir. Fosforun sediment içinde dağılışında bakterilerin, mantarların, planktonların ve çeşitli omurgasızların yanı sıra tabanda yaşayan balıkların da etkileri vardır [26].

Fosfor döngüsünü etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Algler ve bitkiler yalnızca fosforun belirli bir formunu kullandıkları için bu faktörler algal hücrelerin fosforu kullanabilme durumlarını etkileyecektir. Bu faktörler pH, su sertliği, çözülmüş oksijen ve termal tabakalaşmadır. Ayrıca; fosfat dönüşümü çok hızlı gerçekleştiği için algler tarafından kullanım hızı da önemlidir [16], [22]. Bu süreçte çözülmüş ya da partüküler fosforu belirli bir periyotta ölçmek oldukça zordur. Bu nedenle yapılan çalışmalarda toplam fosfor konsantrasyonları ölçülerek sistemde bulunan fosfor miktarı tahmin edilmektedir. Birçok çalışmada toplam fosfor parametresi durgun sularda su kalitesi yönetiminde ve biyolojik verimliliğin değerlendirilmesinde dolaylı olarak tek başına kullanılabilir. Fosfor durgun sularda alg popülasyonları için sınırlayıcı bir faktör olmasına rağmen; sadece toplam fosfor parametresine göre yapılan su kalitesi değerlendirmeleri biyolojik açıdan her zaman doğru sonuçlar vermemektedir [21].

Tatlı sularda; çok verimsiz göllerde 0,005 mg/L'nin altında, çok verimli göllerde 0,1 mg/L'nin üzerinde olmak üzere toplam fosfor değerleri, geniş bir aralıkta dağılım göstermektedir. Kirlenmemiş göllerin yüzey suları 0,01 – 0,05 mg/L arasında toplam fosfor ihtiva etmekte olup fosfor konsantrasyonunun yüksekliği kirlenmenin varlığını göstermektedir. Biyosferde fosfor, azota oranla daha az bulunduğu için değişikliğe uğramamış doğal göllerde daha az miktarda bulunmaktadır [25], [27]. Sınırlayıcılık faktörü;

- Fosfor içeren minerallerin, MÜLÜZ nadir olması nedeniyle kayaların parçalanmasıyla sulara karışan besin elementlerinin fosforca fakir olmasından,
- Fosfor döngüsünde gaz fazı olmamasından (yalnız kara-su ortamı arasında), kaynaklanmaktadır [22].

3.1.2 Azot

Tüm canlıların temel yapılarında bulunan azot, proteinlerin % 15-18'ini oluşturmaktadır ve aynı zamanda yağların yapısında bulunmaktadır. Sucul ekosistemde azot; nitrat, nitrit, amonyum ve moleküler azota kadar indirgenebilmektedir. Yükseltgen ortamda ise amonyum azotu nitrit ve nitrata yükseltgenebilir. Azotun sucul ekosistemdeki çevrimi aşağıda özetlenmektedir;

- İnorganik azot türlerinin (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından organik azota çevrilerek ortamdaki uzaklaştırılması,
- Azot gazının mikroorganizmalar tarafından amonyum azotu ve organik azota indirgenmesi,
- Bir organizmadan diğerine kompleks heterotrofik çevrim,
- Amonyum azotunun nitrit ve nitrata çevrimi (nitrifikasyon),
- Organik maddelerin bozunarak amonyum azotuna dönüştürülmesi,
- Nitratın NO_2^- ve N_2 'ye bakteriler aracılığı ile indirgenmesi (denitrifikasyon) [28].

Azot besin elementi balık yetiştiriciliği kafeslerinden; amonyak, çözünmüş ve partiküler organik bileşikler halinde salınmaktadır. Kafeslerin olduğu alan ve civarında, nitrat ve nitrit seviyeleri yoğun bakteriyel nitrifikasyon olmadığı sürece, suda genellikle düşük konsantrasyon seviyelerinde bulunmaktadır [27], [29].

3.1.3. N/P Oranı

Azot ve fosforun sularda birbirine olan oranı da aynı zamanda tatlı su ve deniz ekosistemlerinde algal büyümeyi etkileyen bir diğer faktördür. Redfield Oranı olarak da bilinen bu oran bir organizmanın kuru maddesi içindeki azot ve fosfor atomlarının oranı olan 16:1'dir.⁸ Başka bir deyişle bir organizmanın kuru maddesi 16 azot atomuna karşılık 1 fosfat atomu içerir. Diğer elementlerin atom numaralarının fosfor atom numarasına oranı Redfield Oranından daha büyük olan doğal sistemlerde, algal büyüme ya da biyokütlenin fosfor tarafından sınırlandırıldığı kabul edilir veya en azından alg büyüme hızı böyle sistemlerde önemli ölçüde azalacaktır.

⁸ Bir alg molekülü 106 atom karbon, 16 atom azot ve 1 atom fosfor içermektedir ($\text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}$). (Karpuz, M. 2007. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü , İstanbul)

Redfield Oranı kompleks kabullerin kullanıldığı yaklaşımlar olduğundan her koşulda uygulanabilir değildir. Büyümekte olan saf alg kültürüne sabit ve doygun besin elementi verildiğinde yalnızca alg hücre bölünme döngüsü meydana geldiğinde, fosfor içeriğinin biyokütleyle oranı dört kat değişmektedir. Aynı zamanda, yalnızca ışık yoğunluğu ve kalitesine bağlı olarak alg yapısındaki azotun fosfora yaklaşık oranı değişebilmektedir.

Optimal koşullarda N:P oranı ekolojik koşullara bağlı olarak 8.2 ile 45.0 arasında değişmektedir. Bu iki besin elementinden hangisinin sınırlayıcı faktör olduğu ile ilgili karar aşamasında ise bilinmesi gereken temel faktör ötrofikasyona neden olan fitoplankton türünün N:P stokiyometrisidir. Örneğin; azot fikse eden türlerin (mavi yeşil algler) azot fikse etmeyen türlere göre N:P stokiyometrisi daha yüksektir. Azot sabitleyen *Trichodesmium* patlamaları N:P 42 ile 125 arasındadır. N:P oranı arasındaki farklılıklar aynı filum (şube) arasında dahi belirgin olmaktadır. Yeşil algler için N:P oranı 30 iken, diatomlar ve kırmızı alg N:P oranı 10'dur. Bununla birlikte, laboratuarlarda hazırlanan alg kültürlerinde, büyüme için ışığın sınırlayıcı olduğu durumlarda azot fosfor oranının yaklaşık olarak Redfield Oranı kadar olduğu kanıtlanmıştır.

Birincil üretimin yoğun olduğu Chesapeake Koyu (ABD) gibi haliçlerde çoğunlukla fitoplanktonlar için ışık sınırlayıcıdır. Benzer şekilde, sadece sıcaklık veya ışık değişimine bağlı olarak azot fosfor oranının dört kata kadar değiştiği ve diğer bütün koşullar sabit kaldığında alg türleri arasında azot fosfor oranının üç kata kadar değiştiği tespit edilmiştir. Alg kültürleri fosfor yetersizliğinde; azot fosfor oranı 15 ile 100'e kadar, alg kültürlerine fosfat verildiğinde ise oran 10'un altına düşmektedir.

Burada önemli bir nokta su kütlesine aşırı fosfor girişi gerçekleştiğinde alg popülasyonu katlanarak büyürken, hücre başına düşen fosfor miktarının daha normal seviyeye gerilemesidir.

Söz konusu kabule göre; Klorofil-a'nın mikrogram başına 1 mikrogram fosfor (1 μg P/ μg klorofil-a) ve 10 mikrogram azot (10 μg N/ μg klorofil-a) oranları kabul edildiğinde;

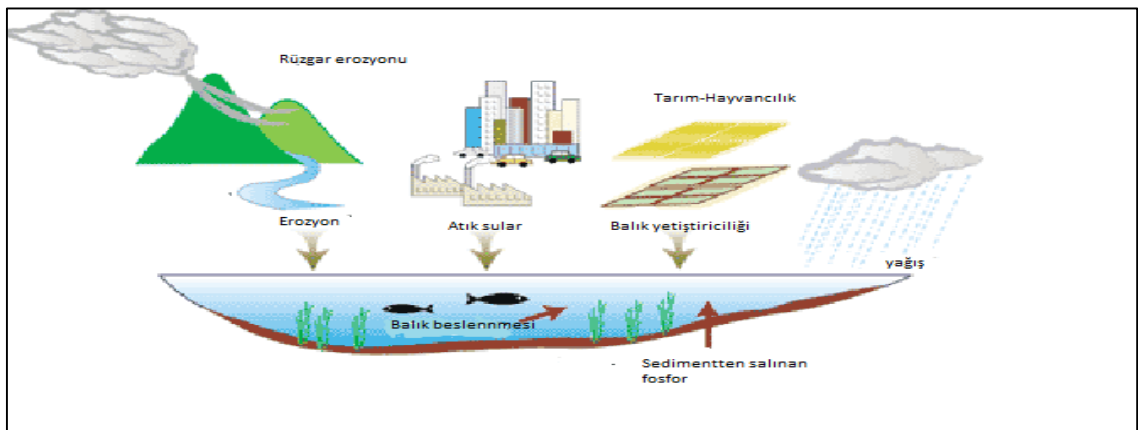
- N/P <10 için sistem azot tarafından ,
- N/P>10 için sistem fosfor tarafından kontrol edilir.
- N/P=10 ise sistem her iki besin elementi tarafından da kontrol edilmez.

Bu nedenle bazı araştırmacılar N/P > 20 olması halinde fosforun kontrol altında, N/P < 5 olması durumunda azot kontrollü sistemleri yansıttığı kabulünün, su kalitesi bakımından daha emniyetli olacağını belirtmişlerdir.

N/P oranı denizel ortamda daha düşüktür. Bu sebeple bu sularda birincil üretim azot tarafından kontrol edilmektedir. Yukarıda bahsedildiği üzere durgun sularda ise sınırlayıcı element yani birincil üretimi kontrol eden genel olarak fosfordur. N/P oranının tespiti ile birincil üretimi kontrol eden besin elementinin tespit edilerek o elementin su kütlesine giriş kaynaklarına ilişkin tedbirler alınarak su kütlesinin iyileştirilmesi ve korunması amaçlanmaktadır [19], [22], [30], [31].

3.1.4. Besin Elementi Kaynakları

Besin elementlerinin su kaynaklarına girişi noktasal ve yayılı kaynaklardan olmaktadır. Belirli bölgelerde ötrofikasyonu noktasal kaynaklar kontrol etmesine rağmen genel olarak yayılı kaynaklar daha etkilidir. Besin elementleri tarım ve hayvancılık faaliyetleri, erozyon, yağışlarla toprağın yıkanması vb. kaynaklarla göl ve baraj göllerine ulaşmaktadır. Şekil 3.2.'de besin elementlerinin kaynakları gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Besin Elementi Kaynakları ⁹

⁹ USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2010), Chapter 5: Trophic State of Lakes

Doğal göllerde ötrofikasyon olayı çok yavaş gerçekleştiği için bazı göller yaklaşık 100 yılda ancak ötrofik seviyeye ulaşabilmektedir. Fakat Şekil 3.2.'de görüldüğü üzere erozyon, tarımsal kaynaklı kirleticiler, evsel atıklar ve kafes balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan azot ve fosforun göllerde artması ile ötrofikasyon hızlanmaktadır.

3.1.5. Durgun Suların Trofik Seviyenin Belirlenmesi

Göller, trofik durumlarına ya da organik madde ve besin elementlerince zenginleşme derecelerine göre de sınıflandırılabilir. Trofik durum göllerde biyolojik verimliliği (birincil üretim) göstermektedir. Göllerin ekolojik durumunu değerlendirmek için birincil üretim miktarının tespiti önem arz etmektedir [32].

Bir gölün trofik durumunun saptanması gölde bilimsel bir değerlendirme yapılabilmesi için önemli bir adımdır. Trofik durumun belirlenmesi;

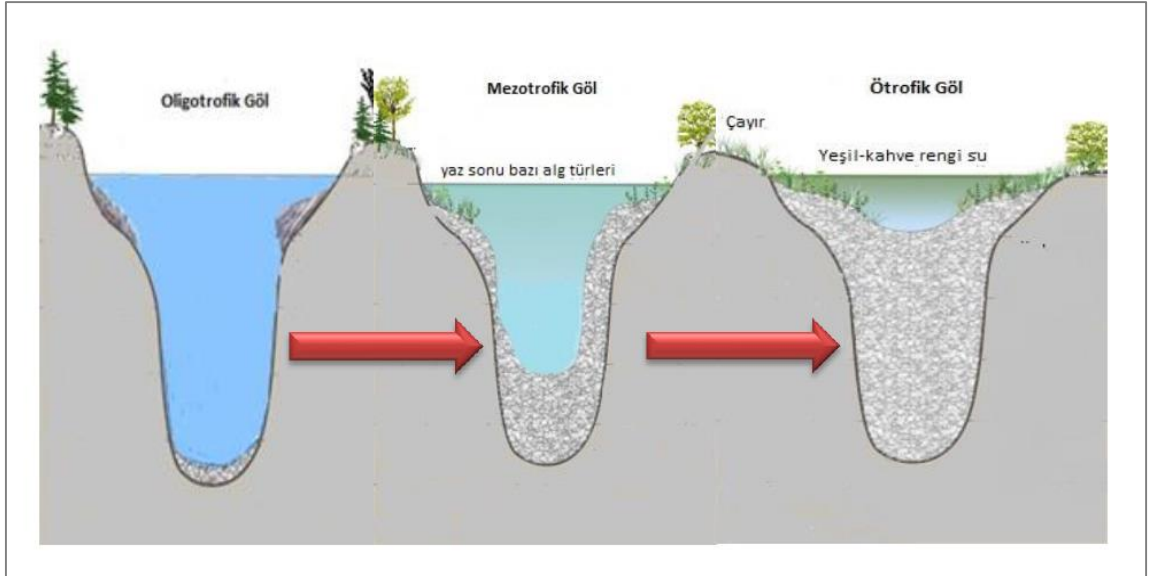
- Su kütlesinin biyotik ve abiyotik özelliklerini,
- Kimyasal ve biyolojik parametreler arasındaki ilişkiyi,

ortaya koymaktadır.

Trofik durum oligotrofik, mezotrofik, ötrofik ve hipertrofik durum olmak üzere dört kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar;

- **Oligotrofik Durum:** Besin elementleri konsantrasyonu ve biyolojik verimlilik düşüktür. Su berrak ve gölün dip tabakasının yıl boyunca oksijen seviyesi yüksektir. Düşük alg konsantrasyonları ışığın derinlere nüfuz etmesini sağlar. Alg ve diğer organizmaların daha az olmasına bağlı olarak dekompozisyon (ayrışma) daha azdır.
- **Mezotrofik Durum:** Mezotrofik göllerde oligotrofik göllere kıyasla tabakalaşma daha farklıdır. Mezotrofik bir gölün en üst tabakası alg içermektedir. Yüzey tabakasının alg içermesi ve alg fotosentezinin yan ürünü olan oksijen olması nedeniyle en üst tabaka oksijen içermektedir. Dip tabaka ise yaz ortalarında anoksik olabilmektedir. Bu değişiklik, alg ve diğer ayrıştırıcı organizmaların durgun suların alt tabakalarında oksijeni tüketmesine neden olmaktadır. Sularda karışımın olmadığı yaz aylarında tüketilen oksijen yenilenememektedir.

- **Ötrofik Durum:** Ötrofik göller alıcı su ortamında azot ve fosforun artışına paralel olarak yoğun alg populasyonlarının olduğu göllerdir. Ötrofik göllerin dip tabakasında dekompozisyon fazladır. Yaz aylarında gölün dip tabakası anoksikdir. Sığ göllerde tüm balık populasyonunun ölümüne neden olacak kadar sucul ortamda oksijen tükenebilmektedir.
- **Hipertrofik Durum:** Yüksek seviyede kirli ve olması istenen türlerin bulunmadığı hatta toksik maddelerin var olduğu göllerdir. Ötrofikasyon göl yaşlanmasının doğal bir parçası olmakla birlikte günümüzde insan etkileri ile bu su kütlelerine giriş yapan besin elementlerinin miktarlarının artması nedeniyle bu süreç hızlanmaktadır. Şekil 3.3.'te göllerin trofik seviyesine bağlı olarak renk değişimi ve dip yapısında sediment birikimi gösterilmektedir [33], [34].



Şekil 3.3. Trofik Seviye Değişimi [33]

Trofik durumun belirlenmesinde kullanılabilecek parametreler;

- Besin elementlerinin konsantrasyonu,
- Birincil üretim,
- Fauna ve florada yer alan türler ve bolluğu,
- Oksijen miktarı,
- Göl morfolojisidir [35], [77]

Ancak çoklu parametrelerle değerlendirme yapılmasının zor olması nedeni ile 1977 yılında Robert Carlson tarafından göl ötrofikasyon seviyesini sayısal olarak ortaya

koyan trofik seviye indisi formülize edilmiştir. Başlangıçta indisler üç parametreye göre hesaplanmıştır.

- Seki diski derinliği
- Klorofil-a konsantrasyonu
- Toplam fosfor konsantrasyonu

Kratzer ve Brezonik tarafından 1981 yılında toplam azot parametresi Carlson Trofik Durum İndeksine eklenmiştir. Genel olarak göllerin trofik durumunun değerlendirilmesinde Carlson Trofik Durum İndeksi kullanılmaktadır [36].

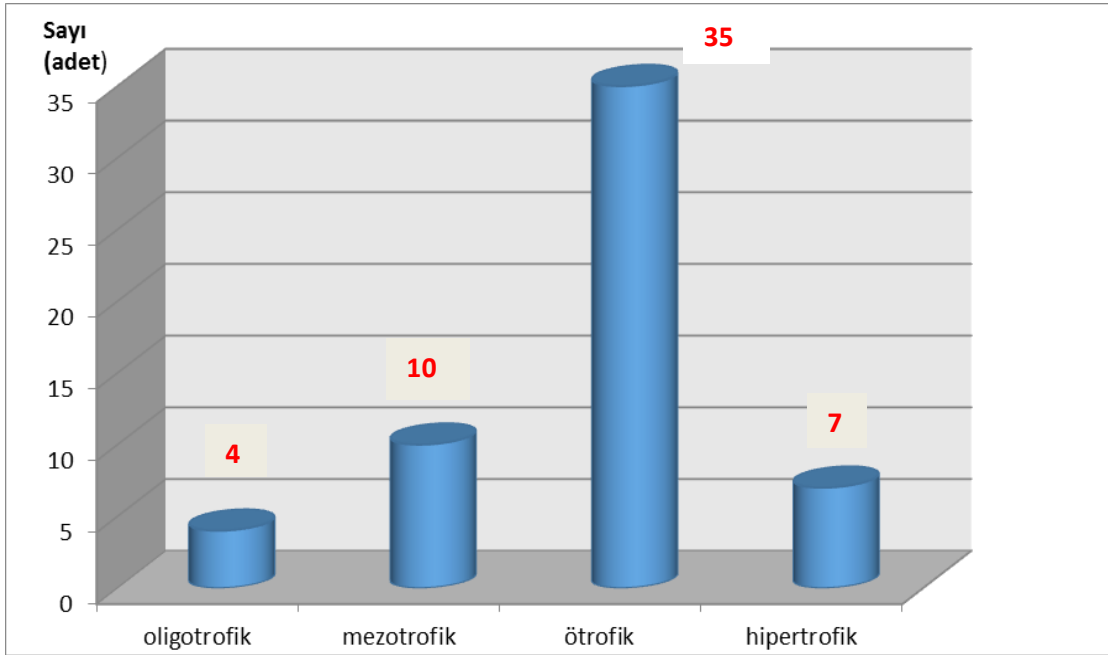
Trofik durum ve trofik duruma bağlı sucul ortamdaki muhtemel değişikliklerin yer aldığı Carlson Trofik Durum indeksi Tablo 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3,1. Carlson Trofik Durum İndeksi [37]

TDI	Klorofil-a (µg)	SD (m)	Toplam Fosfor (µg)	
<30	<0,95	>8	<8	Oligotrofik Durum: Berrak su, hipolimniyon tabakası bol oksijenlidir.
30-40	0,95-2,6	4-8	6-12	Sığ göllerde hipolimniyon tabakası bazen anoksik olabilir.
40-50	2,6-7,3	2-4	12-24	Mezotrofik Durum: Su orta berraklıkta, yazın hipolimniyon tabakasının anoksik olma olasılığı yükselir.
50-60	7,3-20	1-2	24-48	Ötrofik Durum: Anoksik hipolimniyon beklenir, makrofitler sorun olabilir.
60-70	20-56	0,5-1	48-96	Siyanobakteriler baskın, alg kökenli köpürme ve makrofit sorunları görülür.
70-80	56-155	0,25-0,5	96-192	Hipertrofik Durum: Işık sınırlayıcı birincil üretim
>80	>155	<0,25	192-384	Alg köpükleri fazla, çok az makrofit bulunur.

Türkiye’de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi kapsamında göl su kütlelerinde baskı-etki analizi yapılırken, SWAT Modeli kullanılmış ve ötrofikasyon değerlendirilmesi göl su kütlelerine ulaşan toplam kirlilik yükleri, toplam azot ve toplam fosfor besin elementlerine göre yapılmıştır. Modelde kullanılan veriler noktasal kirlilik yükü verileri 2010 ve 2013 havza koruma eylem planlarından (HKEP) alınmış, yayılı kirlilik yükü verileri ise söz konusu proje kapsamında hesaplanmıştır. Düzenli depolama alanlarından gelen noktasal yüklerin kentsel atıksu arıtma tesislerine aktarıldığı kabulü ile bu yükler kentsel kirlilik yükleri içinde, düzensiz depolama alanlarından gelen yükler yayılı yükler içinde değerlendirilmiştir. Model sonuçları kullanılarak Carlson İndeks değerleri elde edilmiştir [37].

Bu çalışmada, bahsekonu proje kapsamında elde edilen indeks değerlerine göre balık yetiştiriciliğine açılmış ve proje kapsamında da değerlendirmeye alınmış 56 baraj gölünün trofik durumu Carlson Trofik Durum İndeksine göre değerlendirilmiştir.



Şekil 3.4. Balık Yetiştiriciliği Yapılan Baraj Göllerinin Trofik Seviyelerinin Dağılımı

Şekil 3,4.'e göre Türkiye’de balık yetiştiriciliğine açılmış ve üretim yapılan baraj göllerinin 35 tanesinin ötrofik ve yedi tanesinin hipertrofik olduğu görülmektedir. Bununla birlikte örneğin proje kapsamında kullanılan verilere göre Fırat-Dicle

Havzasında bulunan Kuzgun Baraj Gölü'nün¹⁰ Carlson Trofik Durum İndeksi ve dört mevsim yapılan izleme sonuçları YSKY Ek-6 Tablo-9 göre değerlendirildiğinde trofik seviyesi mezotrofik olarak tespit edilmiştir. Ancak, söz konusu projede yapılan biyolojik izleme sonuçları incelendiğinde baraj gölünde Sondergaard vd. (2005)'e göre fitoplankton biyokütlesi açısından, baraj gölünde örnekleme yapılan her iki istasyon da kötü ekolojik kalite değerini gösterdiği tespit edilmiştir. Siyanobakteri biyokütlesi açısından ise örnekleme istasyonları Sondergaard tarafından belirtilen kötü ekolojik kalite değerini göstermektedir. Baraj gölünde siyanobakteri biyokütlesi yüzde bazında Poikane (2009) tarafından orta/iyi sınırı olarak belirtilen %28,5'ten düşüktür. Sonuç olarak proje kapsamında Kuzgun Baraj Gölü, Eylül ayında yapılan fitoplankton ve siyanobakteri biyokütlesine göre kötü ekolojik kaliteye sahip olarak değerlendirilmiştir.

Bu bakımdan balık yetiştiriciliği için uygun olarak değerlendirilen oligotrofik ve mezotrofik seviyedeki baraj gölleri ve göletlerinde fitoplankton yoğunluğu başta olmak üzere biyolojik kalite unsurlarının değerlendirilmesi önemlidir. Ancak çoklu parametrelerin değerlendirilmesinin komplike olması nedeni ile bu noktada trofik seviye parametreleri değerlendirilirken balık yetiştiriciliği yapılan ve yapılması öngörülen göl su kütlelerinin kullanım amacına göre de bir değerlendirme yapılması faydalı olacaktır.

ABD Çevre Koruma Ajansına göre (USEPA) göller için ideal bir trofik durum yoktur. Doğal olarak durgun su kütleleri tüm trofik kategorilerde bulunmaktadır. İdeal trofik durumun tespiti durgun su kütlelerinin nasıl kullanıldığı ve yönetildiğine bağlıdır. Örneğin; oligotrofik bir göl su kütlesi içme suyu kaynağı olarak uygundur. Çünkü iyileştirilmesi veya arıtılması daha kolay ve ucuzdur. Ötrofik göller ise balık, bitki ve yaban yaşamı açısından biyolojik çeşitlilik gösterebilmektedirler. Bu trofik duruma sahip göller ise amatör ve sportif balıkçılar için daha uygundur. Çünkü ötrofik göllerde yüksek besin elementleri konsantrasyonları, alg ve makrofitlerin varlığı daha yüksek balık üremesi (sazangiller vb.) ile sonuçlanmaktadır [32].

Bu bakımdan içme suyu barajları dışında kalan enerji, taşkın amaçlı kurulan baraj göllerinin balık yetiştiriciliği faaliyetlerine açılmasında su kütlelerinin trofik seviyesi değerlendirilirken trofik seviye parametre aralıkları su kütlesi kullanım amacına göre de değerlendirilebilir.

¹⁰ Kuzgun Baraj Gölü Erzurum ilinde bulunmaktadır. Sulama ve enerji amaçlı olarak kullanılmaktadır.

3.1.5.1. Trofik Seviyenin Değerlendirilmesinde Kullanılan Diğer Parametreler

Klorofil-a: Bitkilerde bulunan ve güneş ışığını absorbe eden yeşil bir pigmenttir. Fotosentez sırasında güneş ışığından elde ettiği enerji ile karbondioksit ve suyu kullanarak şeker (glukoz) oluştururlar. Su Çerçeve Direktifi altında ötrofikasyon indikatörü olarak da izlenen klorofil-a konsantrasyonları göl, kıyı ve haliç sularında fitoplankton bolluğu ve biyokütlesinin göstergesidir. Klorofil- a konsantrasyonunun düşük seviyelerde olması iyi su durumu, yüksek seviyelerde bulunması ise kötü su durumunun bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte klorofil-a her zaman doğru bir ölçüt olmayabilir. Herhangi bir gölün fosfor ve/veya azot parametresi ölçümleri yüksek seviyede iken klorofil-a parametresi analiz sonucu düşük olabilmektedir. Örneğin; alg ve sucul bitkiler tarafından önce fosfor tüketiliyorsa biyokütle fosfor tarafından kontrol edilmektedir. Fosfor tükendiği zaman bitkisel organizmaların biyokütlesi maksimum seviyeye ulaştığı için klorofil-a azalmaya başlayacaktır [34], [38], [102].

Seki Diski Derinliği: Göllerde ve denizlerde suyun berraklığını ölçmek için kullanılan yuvarlak metal bir levhadır. Diskin üzerinde yer alan siyah-beyaz desen kayboluncaya dek Seki diski yavaş yavaş suya sarkıtılır. Seki diskinin suda görünürlüğünü kaybettiği nokta seki diski derinliği olarak adlandırılmaktadır [34].



Resim3.1. Seki Diski ¹¹

¹¹ Resim 3.1. www.akuamaks.com dan alınmıştır.

3.2. Balık Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Organik Atıklar

Alg patlamaları, su ve sediment ortamında anoksik ortamın oluşması; ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atık sebep olduğu öncelikli çevresel sorunlardır. Söz konusu atık kaynakları organik katı ve çözülmüş atıklar ile inorganik besin elementlerinden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin alıcı ortama girişi sucul ekosistemin doğal özümleme kapasitesini aşması halinde; ötrofikasyon, oksijen tükenmesi, biyolojik çeşitlilikte değişimler gibi çevresel sorunlar hem su kolonunda hem de sedimentte meydana gelebilmektedir [39].

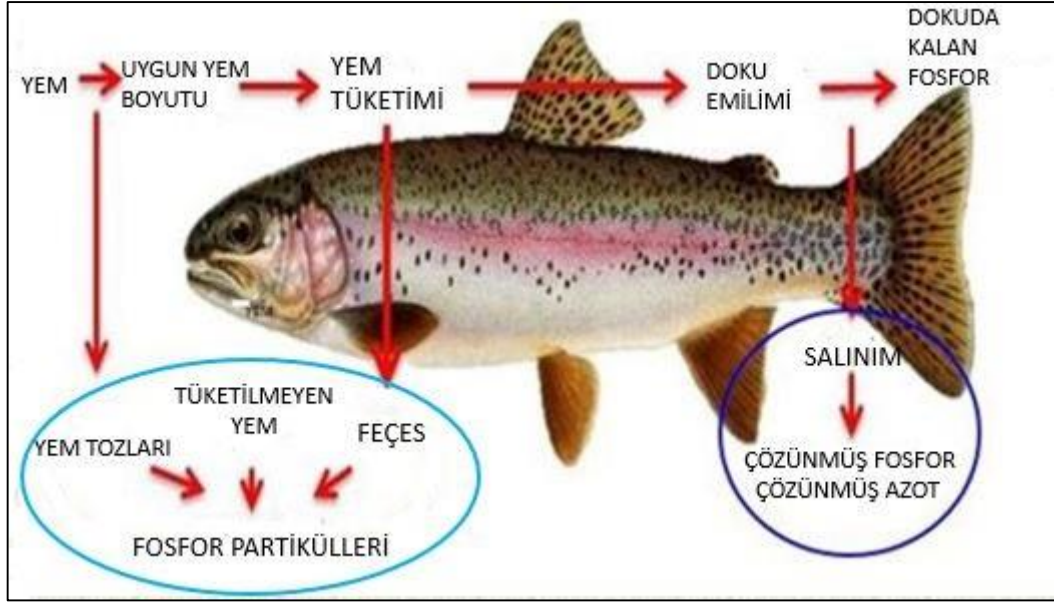
Balık yetiştiriciliğinin etkilerini anlayabilmek için çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatürde yer alan kabullere göre iç sularda yapılan balık yetiştiriciliği vasıtasıyla üretilen her bir ton balık başına 39 ila 55 kg arasında azot, 5-10 kg fosfor salınımı gerçekleşmektedir. Balıklarda atık üretimi ve atıkların çevresel etkileri;

- Balık boyu,
- Su sıcaklığı,
- Uygulanan yetiştiricilik yöntemi,
- Kullanılan yem içeriği ve miktarı,
- Yetiştiriciliği yapılan türler,
- Stok miktarı,
- Alıcı su ortamındaki besin elementlerinin arka plan konsantrasyonu,
- Su kütlesinin hidrolik bekleme süresi,
- Birim başına balık çiftliğinden salınan emisyon miktarına,

bağlıdır [29], [40], [41].

Tatlı su ya da deniz ekosistemlerinde faaliyet göstermekte olan balık yetiştiriciliği tesislerinden üretilen atık tipleri temel olarak aynıdır. Yalnızca üretimi yapılan türe ve üretim şekline göre atık miktarı ve içeriği değişmektedir.

Balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıkları; ana bileşenleri azot ve fosforun çeşitli formlarının oluşmasına neden olan, katı ve çözünebilir atık maddeler şeklinde iki ana başlık altında toplayabiliriz [42].



Şekil 3.5. Balık Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Fosfor Kaynakları [43]

3.2.1 Katı Atıklar

Balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan katı atıklarının büyük çoğunluğunu feçes (dışkı), atık yem, pul, mukus vb. maddelerden oluşan katı maddeler oluşturmaktadır. Philips ve arkadaşlarının çalışmalarına göre kafeslerde yetiştirilen bir ton Gökkuşluğu Alabalığından 150 ila 300 kg atık yem ve 250 ila 300 kg katı atık (kuru ağırlık) oluşmaktadır[47]. Benzer bir çalışmada 2003 yılında Kanada’da bulunan Ontario Gölü’ndeki iki işletmede Bureau ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiş ve üretilen her bir ton Gökkuşluğu Alabalığı için 240 ila 318 kg arasında katı atık olduğu ortaya konulmuştur [45].

3.2.1.1 Metabolik Atıklar

Yemleme etkinliğine bağlı olarak biriken atık miktarı; yem kompozisyonu, yetiştiricilik alanındaki su akıntısı ve ağ kafeslerin kurulumu, biçimi (kare veya yuvarlak kafes), konumundan etkilenmektedir. Sucul organizmalarda yem alımının kontrolü karasal hayvanlara nispeten daha zordur. Tüketilip sindirilen yem feçes (fekal atık, dışkı) olacaktır. Feçes oluşumu tüketilen yemin % 15’i ile % 30’undan oluştuğu tahmin edilmektedir. Fekal atığın kompozisyonunu yem içeriği belirlemektedir. Fekal atık miktarı ise sindirilemeyen yem bileşiği tarafından belirlenmektedir [44].

Tablo 3.2. Sindirilen Azot ve Fosforun, Feçes Oluşumunun ve Dokular Tarafından Emiliminin Ağırlıkça Oranları [46]

Besin Elementi -Fosfor	Sindirilen Fosfor Fraksiyonu	Referans
Özümlenme	0.40-0.50	Sugiura ve diğerleri (2006)
Feçes üretimi	0.38	Sugiura ve diğerleri (2006)
Besin Elementi -Azot	Sindirilen Azot Fraksiyonu	Referans
Özümlenme	0.80	Corner ve diğerleri. (2006)
Feçes üretimi	0.17-0.20	Butz ve Vens-Cappel (1982) Penczak vd. (1982) Anderson vd. (1995)

Ontario Gölü'nde yapılan bir çalışmada feçesde bulunan makrobesin elementi seviyesi (azot ve fosfor) diğer çiftlik hayvanlarının gübresine yakın seviyede bulunmuştur[64].Balıklardan kaynaklanan feçes kompozisyonu ile diğer besi hayvanlarının feçes kompozisyonu karşılaştırılmış olup Tablo 3.3.'te verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3.3. Ontario Gökkuşığı Alabalığı Çiftliklerinden Kaynaklanan Feçes Kompozisyonunun Karşılaştırılması (Veriler kuru ağırlık miktarına göre) [64]

Element %	Balık	Sığır	Süt İneği	Kümes Hayvanı
Azot	2.04-3.94	1.90-7.80	0.15-10.1	1.3-14.5
Fosfor	0.56-4.67	0.41-2.60	0.03-2.50	0.45-6.50

Tabloya göre balıkların feçes kompozisyonunda bulunan fosforun yüzdece aralığının üst limitinin diğer hayvanlardan yüksek olduğu görülmektedir. Azotun yüzdece oranlarında ise diğer besi hayvanlarının feçes azot yüzde aralığının daha geniş olduğu görülmektedir. Balık yemlerinde kullanılan ham maddelerin fosfor oranları sadece tüketilmeyen yemlerle değil aynı zamanda dibe çöken feçes nedeni ile de sucul ekosistemler için risk oluşturmaktadır.

3.2.1.2. Yem Kayıpları

Kafeslerde balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atık oluşumunda en büyük payın yem kayıpları olduğu belirtilmektedir. Özellikle düzenli bir yemleme stratejisinin uygulanmadığı işletmelerde, tüketilmeyen yemlerin bir kısmı suda çözünerek, bir kısmı da kafes altındaki sedimentte çökerek suyun organik yükünü artırmaktadır.

Beveridge, havuzlarda ve kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinde yem dönüşüm oranlarını karşılaştırdığı çalışmasında, kafeslerde üretim sırasında yaklaşık % 20 oranında yem kaybı olduğunu tespit etmiştir [65].

Penczak ve diğerleri (1982), Gowen & Bradbury (1987) tarafından tatlı sularda yapılan bir çalışmada ise kuru yemlerle yapılan yemlemede % 27, yaş yemlerle (ekonomik değeri olmayan balıklar vb.) yapılan yemleme de ise % 31 kayıp olduğunu belirtmişlerdir [48].

Danimarka'daki alabalık çiftliklerinde yapılan çalışmada ise havuz ve tanklardaki balıkların beslenmesinde ıskarta balık kullanıldığında % 10-30, yaş peletler kullanıldığında %5-10, kuru yemler kullanıldığında %1-5 kayıp meydana geldiği tespit edilmiştir [29].

Yem kayıpları;

- Balık stoğunun yem alma davranışı,
- Yemlerin su içindeki dengesi,
- Yemleme metodu ve zamanı,

gibi birçok faktöre bağlıdır.

Öte yandan tüketilmeyen yemlerin sedimentte birikimi yemlerin batma hızı da etkilemektedir. Yem kayıplarının diğer önemli bir nedeni de, doğal akıntılar ve yemleme süresince balıkların kafeste oluşturduğu türbülansla yemlerin kafes dışına çıkmasıdır [48].

3.2.1.3. Ölü Balık Atıkları

Balık yetiştiriciliği tesislerinde; hastalık, zehirlenme veya teknik sorunlardan ötürü beklenmeyen balık ölümleri her zaman meydana gelebilmektedir. Ölü balıkların kaldırılması sadece hastalık yayılmasını engellemek için bir önlem değil; aynı zamanda

azot ve fosfor yüklerinin azaltılmasında da önemli bir faktördür. Bu maksatla sadece su yüzeyinde ölen balıkların toplanması değil; ayrıca ağların sık sık kaldırılması ve kafes diplerinin de kontrol edilmesi gerekmektedir.

Balık ölümlerinin sayısal olarak kaydedilmesi ve takibi işletmelerin farklı balık stokları hakkında bilgi edinmesi ve tesis yönetim stratejilerinin belirlenmesi (stok yoğunluğu, yemleme oranları vb.) veya revizyonu açısından da oldukça önemlidir [49].

Diğer taraftan, 29.06.2004 tarih ve 25507 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliğinin 21. Maddesinin (b) bendinde bu hususa ilişkin olarak, işletmelerdeki ölü balıklar düzenli periyotlarla toplanarak yakılması veya kireçli çukurlara gömülerek imha edilmesi gerektiği hükmü yer almaktadır[1].Bu atıkların toplanması amacı ile tasarlanmış kollektörler kullanılabilmektedir [49].

3.2.2 Çözünmüş Atıklar

Sindirilen besin elementleri balıkların bağırsak duvarlarından emilmektedir. Metabolik faaliyetler için gerekenden fazlası ise yan ürün olarak su ortamına salınmaktadır. Özellikle azot, protein/enerji dengesi ideal olmayan yemlerle beslenen balıklarda önemli oranda su ortamına azot bileşikleri verilmektedir.

Tablo 3.4. Sindirilen Azot ve Fosforun Salınımının Ağırlıkça Yüzdesi [46]

Besin Elementi -Fosfor	Sindirilen Fosfor Fraksiyonu	Referans
Salınım	0.36	Butz ve Vens-Cappel (1982) Penczak ve diğerleri (1982)
Besin Elementi -Azot	Sindirilen Azot Fraksiyonu	Referans
Salınım	0.10-0.20	Sugiura ve diğerleri (2006) Roy and Lall (2004)

Sucul ortama balıklar tarafından verilen azot, protein metabolizmasının yan ürünüdür. Solungaçlardan iyonize amonyak (amonyum, NH_4^+) salınırken çok az bir miktarı idrarla üre olarak su ortamına verilmektedir.

Fosfor ise ortofosfat olarak (PO_4^{+}) suya verilmektedir. Fosfor, azot besin elementinde olduğu gibi metabolik faaliyetler için gerekenden fazlasını başka bir deyişle

dokular tarafından absorblanmayan fosfor miktarı suya verilecektir. Azot ve fosforun bu formları alg ve sucul bitkiler tarafından kullanılmaya hazır bileşiklerdir. Yağ metabolizmasının yan ürünü olan su ve karbondioksit ise besin elementlerinin su ortamına yük oluşturmada dikkate alınmamaktadır [50].

3.3. Balık Yetiştiriciliğinin Durgun Sularda Etkileri

Entansif kafes balık yetiştiriciliğinin, uygulandığı alanlarda su kalitesini, plankton, bentoz, nekton biyomas ve çeşitliliğini etkilemesi nedeni ile su kütlelerinin diğer kullanıcılarını kaygılandırarak veya etkileyecek çevresel etkileri görülmüştür. Çevresel etkiler; yetiştiricilik yöntemine ve uygulamalarına (üretim kapasitesi ve üretim şekli vb.), bölgenin hidrografisine, stok yoğunluğuna, çiftlik yönetimine, yem tipine, yetiştiricilik yapılan alanın biyolojik, kimyasal ve fiziksel karakterine bağlı olarak değişmektedir [29], [49], [51]. Su değişiminin sınırlı olduğu alanlarda besin elementi zenginleşmesi sorun oluşturabilmektedir.

Balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıkların çevresel etkilerini değerlendirmek için, alıcı su ortamının balık yetiştiriciliği tesisi kurulmadan önceki besin elementi konsantrasyonu, suyun hidrolik bekleme süresi, birim zaman başına çiftlikten çıkan besin elementi emisyonlarının bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca tabakalaşma ve dispersiyon (yayıma) da önemlidir.

Kafeslerde balık yetiştiriciliğinin durgun su kütlelerinde gözlenen etkileri, denizlerde yapılan balık yetiştiriciliğinde de gözlenmektedir. Ancak, her iki ortamda yapılan yetiştiricilik faaliyeti arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. İlk olarak, denizel ortama kıyasla göllerde akıntı hızı daha düşük ve organik madde birikimi (sedimentasyon) daha fazladır.

Durgun sularda yem ve metabolik atıklardan kaynaklanan atıkların çökme hızı ise denizlere göre daha düşüktür. Denizlerde kafes yetiştiriciliğinin çevresel etkilerini değerlendirilmesinde bentik sediment kompozisyonu ve fauna değişimlerinin değerlendirilmesi yapılan çalışmalarda vurgulanmaktadır. Durgun sularda, kafeslerde balık yetiştiriciliğinin etkilerinin değerlendirilmesinde ise denizlerde olduğu gibi sedimente olan etkisi ile su kütlelerinin besin elementleri bakımından durumu ve buna

bağlı olarak gerçekleşen ötrofikasyon olayının göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin etkileri;

- Alıcı su ortamının bazı fiziko-kimyasal su kalite parametrelerine olumsuz etkisi,
- Alıcı ortamın sediment kalitesine etkisi,
- Yabani balık stokları, hastalık; ekolojik, biyolojik ve besin ağı etkileşimleri,
- Sucul ekosistemin bozulması,
- Kontrolsüz kimyasal madde kullanımının oluşturacağı negatif etkiler [28].

şeklinde özetlenebilir. Bu bölümde ise sadece durgun sularda, kafeslerde balık yetiştiriciliği vasıtası ile su kütlesine giriş yapan besin elementlerinin etkileri değerlendirilecektir.

3.3.1. Su Kalite Parametrelerine Etkisi

Su kolonunda çözünebilir besin elementleri toksik alg patlama riskini arttırabilir ve fitoplankton yoğunluğu ile tür kompozisyonunu değiştirebilir[42].Balık yetiştiriciliğinin bu etkileri kısa veya uzun vadede ortaya çıkabilmektedir.

Entansif balık yetiştiriciliğinde yapılan yoğun yemleme su ortamına karışan çözünmüş besin elementleri (nitrat, nitrit, amonyum, fosfat) ve vitaminler, tüketilmeyen yem ve boşaltım ürünleri (katı ve çözünebilir atıklar) ile alıcı su ortamına girmektedir. Su kolonunda fazla besin elementleri;

- Aşırı besin elementi zenginleşmesine,
- Bentozun değişimine,
- Toplu balık ölümlerine,
- Alg patlamalarına yol açabilir.

Kafeslerde entansif balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıkların su kolonunda neden olduğu etkilere ilişkin yapılan çalışmalar, entansif yetiştiriciliğin sucul ortamda besin elementi ve askıda katı madde miktarını (AKM) arttırırken, ışık geçirgenliği, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve pH parametre değerlerini düşürdüğünü göstermektedir [28].

3.3.1.1. Çözünmüş Oksijen Yoğunluğuna Etkisi

Sucul ortamda oksijen içeriği fitoplankton ve bakterilerin aktiviteleri tarafından kontrol edilmektedir. Oksijenin önemli bölümü fotosentez sırasında fitoplanktonlar tarafından üretilmektedir. Oksijen ve fotosentez oranını kontrol eden faktörler; fitoplankton türü, bolluğu, sıcaklık, ışık ve besin elementleri konsantrasyonudur. Organik maddelerin çürümesi ise oksijenin en büyük tüketicisidir [52].

Dibe çöken feçesin yatay yöndeki hareketleri, partiküllerin çökme hızına bağlı olmakla birlikte, bu durum ortamın su derinliğine ve akıntı hızına göre değişmektedir. Yetiştiricilik çalışmaları, oksijen kullanımını sınırlamaktadır. Organik atıkların depolanması sediment tarafından kullanılan oksijenin artmasına ve sonuçta dip kısmındaki oksijenin tükenmesine sebep olmaktadır. Suyun içindeki organik maddelerin konsantrasyonunun artması sonucu, sudaki oksijen miktarı düşer ve bu oran 4 ppm'in altına düştüğünde ise canlı yaşamı tehlikeye girmektedir.

Su ortamında organik maddeler bakteri faaliyeti ile biyokimyasal ayrışma uğrarlar. Aerobik bakteriler, organik maddeleri ayrıştırarak CO₂, su ve kararlı bileşiklere dönüştürürler. Anaerobik ayrışma sonucunda NH₃ ve H₂S gibi yarı kararlı son ürünler açığa çıkmaktadır. Bu tip sularda, balık başta olmak üzere oksijene bağımlı canlılar yaşayamamaktadır. Ayrıca bu sular içme ve kullanma içinde uygun değildir. Rosenthal ve Hirata (1983)'e göre aktarılan bir çalışmada; Japonya'da su değişiminin kısıtlı olduğu kıyısız alanlarda yapılan kafes balık yetiştiriciliğinin özellikle yazın ve sonbaharda "kendi oluşturduğu kirlilik" sonucu ötrofikasyona ve alg patlamasına sebep olduğunu, oksijenin düşerek yetiştiricilik tesisinin kendi kendine zarar verir hale geldiği belirtilmektedir [48].

Benzer bir örnekte dünyanın önemli su ürünleri yetiştiricisi ülkelerinden biri olan Filipinler'de yaşanmıştır. Filipinler'de egzotik bir tür olan Tilapia yetiştiriciliği yaygın olarak gerçekleştirilmektedir. Batangas eyaletinde bulunan Taal Gölü'nde 1996 ile 2006 yılları arasında balık çiftliklerinde kitlesel balık ölümleri görülmüştür. Gölde balık yetiştiriciliği tesislerinden ve diğer noktasal-yayıllı kaynaklardan kaynaklanan aşırı besin elementi yüklemesi olduğu ve gölde birincil üretimi fosforun aksine azot sınırladığı Tablo 3.5'te görülmektedir [53].

Tablo 3.5. Taal Gölü’nde Çeşitli Kaynaklardan Gelen Tahmini Fosfor Yükleri [53]

Besin Elementi Kaynakları	Toplam Azot (TN)		Toplam Fosfor (TP)	
	(metrik ton ¹²)	%	(metrik ton)	%
Balık Kafesleri*	3,758	76	816	82
Evsel Atıklar (a)	969	20	146	15
Tarımsal Faaliyetler (b)	239	5	35	4
Toplam	4,966		997	

“*Göle ait çalışmaların sonuçlarından yararlanılmıştır. (a)Kişi başına yılda 1,96 kg azot, 0.29 kg fosfor geldiği, (c) Hektar başına yılda 6,48 kg azot, 0,96kg fosfor geldiği ve besin elementlerinin %10’unun havzadaki bitkisel ürünler tarafından filtrasyonun sağlandığı kabulü yapılmıştır”

Bununla birlikte baraj göllerinde kafeslerde yapılan balık yetiştiriciliğinde; genelde belirli bir oranda su değişimi olduğu için balık yetiştiriciliği tesisinin kendi atıklarının zararlı etkilerine maruz kalması nadir görülen bir etkidir [46].

3.3.1.2. Mikrobiyolojik Etkisi

Balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıklar (diğer kirletici kaynaklar ile birlikte) aynı zamanda yetiştiricilik tesislerinde balık hastalıklarının yayılması ve dolayısıyla balık ölümlerine neden olmaktadır. Besin elementlerince zengin su kütlelerinde hastalık etkenlerinin çoğalması temiz su kütlelerine göre daha sık görülmektedir. Örneğin; *Vibrio parahemolyticus* adı verilen ve balıklarda kızıl çıban hastalığına neden olan bir bakteri nedeni ile balık ölümleri görülebilmektedir. Korzoniewki vd. tarafından, Polonya’daki göllerde bulunan Gökkuşığı Alabalığı kafes yetiştiricilik tesislerinin etrafında bakteri çoğalmasının normalden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni yem ve feçesden salınan azot, fosfor ve organik karbonun pelajik bakteriyel popülasyonların çoğalmasını stimüle etmesidir [44]. Bu bakımdan besin elementlerinin bakteriyolojik komüniteler üzerinde de arttırıcı etkisi olduğu görülmektedir.

¹² Metrik ton 100 kg’a eşittir.

3.3.2. Bentik Etkiler

Balık yetiştiriciliği atıklarının yetiştiriciliğin yapıldığı su alanında (sadece faaliyet alanı) veya su kütlesinde sediment kimyası ve bentik ekosistemde değişikliklere neden olduğu yapılan pek çok araştırmada görülmüştür.

Yetiştiricilikten kaynaklanan atıkların bentik ekosistemde etkileri fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar arasında kompleks bir etkileşim barındırmaktadır. Bu etkiler temel olarak lokasyona ve üretim tekniğine bağlıdır. İlk olarak alanın doğal özümleme kapasitesi, fiziksel değişkenler, derinlik, topoğrafya, akıntı ve oksijen rejimine göre değerlendirilirken daha sonra bu faktörler balık yetiştiricilerinin kontrolü altında olan stok yoğunluğu, yem tipi, yemleme oranları ve alan yönetim stratejileriyle ilişkilendirilmiştir [54].

3.3.2.1. Sediment Kalitesine Etkisi

Yetiştiricilikten kaynaklanan katı atıklar sedimentte birikim yaparlar ve balık yetiştiriciliği yakınındaki alanda güçlü bir etkiye sahiptirler. Kafes altında bulunan sedimentte, genel olarak azot, fosfor ve karbon zenginleşmesi görülmektedir [94]. Kafeslerden sucul ekosisteme giren ve esas olarak karbon ve azot içeren katı materyalin bir kısmı askıda katı madde olarak su kolonunda kalarak su kalitesi değişimlerine neden olur ve az da olsa kafes dışındaki balıklar tarafından tüketilir. Önemli bir kısmı ise sedimentte birikerek bentik sistemin organik zenginleşmesine, bentik makrofauna ve sediment kimyasında önemli değişimlere yol açmaktadır [28], [54].

Kafes altında bulunan biriken feçes ve atık yemler sonucunda yüksek organik içeriğe sahip flokülen (topaklaşmış) bir tabaka oluşmaktadır. Bu tabakanın kalınlığı (genelde 5-40 cm arası değişmektedir) biyolojik ve hidrolojik proseslerle atıkların kaldırılmasına ve bentik komünitenin özümleme kapasitesine bağlıdır. Dibi kayalık olan ve/veya akıntısı az olan su alanlarında yüksek akıntı hızı ve/veya yumuşak zemin yapısına sahip su alanlarına göre daha fazla birikim olmaktadır. Bu durum yumuşak zemin yapısındaki toplulukların adaptasyonuna bağlı olduğu düşünülmektedir. Polonya'da bulunan Letowo Gölü'nde yapılan bir çalışmada alabalık kafeslerinin altında % 25 oranında sedimentte organik maddenin arttığı, karşılaştırma amacı ile test edilen kontrol alanlarında ise % 5 ila % 10 arasında bir artış olduğu görülmüştür. Kafes altındaki sedimentte, karşılaştırılan kontrol alanına göre toplam azotun yaklaşık olarak 2 kat arttığı,

fosforun ise çok az bir miktar arttığı tespit edilmiştir [44].

Diğer taraftan balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan partiküler atıkların sucul ekosisteme girmesiyle bir dizi kimyasal ve biyokimyasal olay meydana gelmektedir. Ölü bitkisel ve hayvansal organizmalarla doğal olarak sisteme giren karbon, mikroorganizmaların aerobik topluluklarını desteklemektedir. Zemin substratına çöken fazla karbon, mevcut oksijeni tüketerek sediment yavaş yavaş anoksik hale gelmektedir. Mikroflora anaerobik türlere doğru değişerek, metan ve sülfid üreten bakteriler ortaya çıkmaktadır. Genel olarak ağ kafeslerde yoğun balık yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlardaki şiddetli şekilde etkilenme, sedimentte mV olarak ölçülen redoks potansiyel değerlerinin düşmesi olarak bildirilmiştir [46]. Redoks potansiyelinin düşmesi ile birlikte belirli koşullar altında (sıcaklık, pH, vb.) balık yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda sedimentten fosforun suya salınımı daha fazla olacaktır.

Yapılan çalışmalarda, yetiştiricilik yapılan bir su kütleğinde balık kafesleri kaldırıldıktan sonra sedimentte organik madde birikiminin birkaç ay içerisinde durduğu, sediment ve sediment üstü suyun kimyasal yapısının balık yetiştiriciliği tesisi kurulmadan önceki durumuna yaklaştığı görülmüştür. Sedimentin kimyasal yapısında tam bir dönüşüm olmasına karşı, bentik faunada fırsatçı türlerin halen baskın durumda olduğu tespit edilmiştir. Tam bir dönüşümün gerçekleşmesi, makrofaunal topluluğun bolluğuna ve bölgesel faktörlere bağlı olarak zaman almaktadır [28], [38].

3.3.2.2. Bentik Faunaya Etkisi

Besin elementlerince zenginleşme aynı zamanda sedimentin fiziksel ve kimyasal yapısı ile bentik makrofaunanın topluluk yapısında da değişikliklere neden olabilmektedir. Yapılan çoğu çalışma, akıntı hızına bağlı olarak balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan bentik etkilerin 30 ila 40 metre alan içerisinde etkisini gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak bu durum daha çok denizlerde yapılan balık yetiştiriciliği için geçerlidir. Durgun sularda ise bentik etkiler kafeslerin 25 metre ilerisinde nadiren görülmektedir [51].

Yapılan bir çalışmada; Brown, Gowen ve McLusky tarafından İskoçya'da bulunan Spelve Gölü'nde faaliyet gösteren bir alabalık çiftliğinde yapılan çalışma sonuçlarına göre, alabalık işletmesinin bulunduğu su kütleğinin bentik faunasında biyomas, bolluk ve tür çeşitliliğinde değişimler olduğu bildirilmiştir. Söz konusu

araştırma, bentik ortamda organik kirlenme şeklinde meydana gelen değişimlerin; kafes ünitesinden 15 m uzaklığa kadar yayılım gösterdiği, kafeslerden 120 m kadar uzakta ise herhangi bir değişimin olmadığı ve balık yetiştiricilik tesislerinin etkisinin bentik faunaya etkisinin lokal seviyede olduğunu göstermektedir [56].

Şiddetli organik zenginleşme ile bağlantılı olarak sediment oksijen seviyeleri düşerken, sediment kimyasındaki bu değişimler, sırasıyla bentik ekosistemin ve etkilenen alanlardaki fauna ve floranın tür kompozisyonunun değiştirmesi ile sonuçlanmaktadır[42].Örneğin; Japonya’da yapılan bir araştırma neticesinde, sedimentin kimyasal yapısı ile balık ölümleri arasında bir ilişkinin olduğu ortaya koyulmuştur [28].

Bentik komüniteler sediment salınımları nedeni ile olumsuz etkilenebilmektedir. Organik zenginleşmeye ve sedimentten salınımlara bağlı olarak makrobentozun tepkisi, organik atıkların birikim yaptığı alanlarda kirliliğe toleranslı birkaç türden oluşan düşük tür çeşitliliği, bollukta azalma ve fırsatçı türlerin baskın hale gelmesi ile sonuçlanmaktadır.

İsveç’te bir göl ekosisteminde yapılan çalışmada atık yem ve feçes birikimi ile artan besin elementi salınımı sonucunda algal büyümede herhangi bir artış görülmezsizin mevcut balık popülasyonunda önce artış görülmüştür. Mevcut popülasyonun artması, predatör türler için besin kaynağını arttırmış ve bu nedenle birincil üretim etkilenmezsizin besin zincirinin değiştiği görülmüştür [54]. Bu değişim yukarıda bahsedildiği üzere fırsatçı türler ve kirliliğe toleranslı birkaç türle sınırlı bir balık popülasyon artışı olacaktır.

Besin zincirindeki bu değişim predatör balıkların besin kaynağı olarak omnivor ve herbivor canlıları tüketmesine, bir müddet sonra algal büyümeyi sınırlayabilen canlılarında sucül ekosistemde tükenmesine neden olacaktır. Dolayısıyla, besin elementlerinin artışı doğal besin zincirini bozarak alg büyümenin artmasına neden olacaktır.

Besin zincirinin değişmesi nedeni ile bentik fauna yenilenmesi ise belirli bir süre alacaktır. Baden ve diğerleri tarafından İsveç’te bentik komüniteler üzerinde ötrofikasyonun etkileri üzerine 1990 yılında yayınlanan bir çalışmaya göre; sedimentteki oksijen doygunluğu % 40’ın altına düştüğü zaman balıklara rastlanmadığı ıstakozların ise gömülü olarak bulunduğu zemin dışına çıktıkları, oksijen doygunluğu %10’a düştüğünde ise ıstakozların öldüğü tespit edilmiştir. Kış mevsiminde sediment oksijen doygunluğu

yükselmeye başladığında ise bentik faunanın yenilendiği ancak ıstakoz ve morina balık popülasyonlarının olmadığı tespit edilmiştir [54].

3.3.3. Ötrofikasyonda Rolü

Çözünebilir besin elementleri konsantrasyonlarında ölçülebilir artış ötrofikasyon (hipernutrifikasyon) olarak tanımlanmaktadır. Azot ve fosforun durgun su kütlelerinde aşırı artması oligotrofik seviyeden mezotrofik, ötrofik ve son olarak hipertrofik seviyeye dönüşmesine neden olmaktadır. Ötrofikasyon göl yaşlanmasının doğal bir parçası olmakla birlikte günümüzde insan etkileri ile bu su kütlelerine giriş yapan besin elementlerinin miktarlarının artması nedeni ile bu süreç hızlanmaktadır [31], [40], [53].

Besin elementlerince zengin ötrofik bir durgun su kütesinin genel karakteristiği;

- Su yüzeyi yoğun olarak mavi yeşil alglerle örtülü olabilir veya aşırı alg artışı görülmektedir.
- Su kütesinin rengi yeşil/kahverengidir.
- Su kütesinin dip noktalarında oksijen seviyesi çok düşük veya sıfırdır. (aşırı alg artışı güneş ışınlarının su yüzeyinden içeri nüfuz etmesine engel teşkil edeceğinden, fotosentez gerçekleştiremediği için ölen algler dibe çökerek bentik ortamda çözünmüş oksijenin azalmasına neden olmaktadır)
- Suyun rengini ve ekolojik dengesini bozacak yoğunluğa ulaşan alg kitleleri rüzgârlarla su kütlelerinin kıyı kesimine vurur ve zamanla çürüyen alg kitleleri kötü kokuya neden olmaktadır [22], [31], [57].

Besin elementlerinin fitoplanktonlar tarafından kullanımı ışık ve suyun berraklığına bağlıdır. Eğer su kütesinde fitoplanktonların çoğalmasını kısıtlayan türler baskınsa her zaman aşırı fitoplankton çoğalması gerçekleşmeyebilir. Fakat fitoplanktonlar sıklıkla onları tüketen su pirelerinden (su pireleri balık larvalarının temel besinidir) daha hızlı büyürler. Bunun sonucunda göl ekolojisinde dengesizlikler meydana gelebilmektedir [57]. Durgun sularda alg patlamalarına neden olan alg türleri genellikle siyanobakterilerdir. Siyanobakterilerin aşırı çoğalmaları (patlamaları), ılıman çevre koşullarında yeterli ışık ve besin elementi olması halinde yaz ortasından sonbahara dek ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan pek çok siyanobakteri türü loş ışık koşullarında da derin sularda fotosentez sonucu gaz vakuelleri oluşturarak su tabakasının yüzeyine yükselmektedir. Ilık hava şartlarında alglerin üreme davranışlarının aksine yetersiz

türbülans akımı oluşmasıyla alg patlamaları meydana gelmekte ve rüzgârlı hava koşullarında siyanobakterilerin oluşturduğu köpük tabakası tüm su yüzeyini kaplayabilmektedir. Aşırı alg gelişmesi, sucul ortamda birçok canlı için toksik etkilere (tüm alg patlamaları toksik madde üretmemektedir) neden olduğu için ölüm olayları görülebilmektedir. Örneğin; *Microcystis aeruginosa* gibi yüksek oranda suda çözünebilen toksin üreten türlerin aşırı çoğalmaları neticesinde, diğer sucul organizmaların sinir sistemleri etkilenmektedir [22]. Ayrıca, bu tür sulardan faydalanan kullanıcılarda olumsuz etkilenmektedirler. Bununla birlikte, balık yetiştiricilik tesislerinin kurulduğu alanda ya da dolaylarında (özellikle ötrofik su kütlelerinde sürdürülen balık yetiştiricilik tesisleri yakınlarında) aşırı besin elementi zenginleşmesi nedeni ile alg patlamaları görülebilmektedir. Bu etki su kütleindeki fitoplankton kompozisyonuna göre değişmektedir [40].

Tablo 3.6. 200 Balık Yetiştiriciliği Tesisinde Yapılan Bir Araştırmada Tesis Atıklarının Gözlenen Etkileri [40]

Etki	Vaka Sayısı
Ötrofikasyon	22
Fosfor miktarında artma	15
Sanitasyon indikatörü bakterilerde artış	11
Çözünmüş oksijen miktarında azalma	9
Alg patlamalarında artma	8
Filamentli bakteri kolonizasyonu ve çöken katı maddeler	5
Klorofil-a konsantrasyonunda artma	4
Makrofitlerde artma	3
Bulanıklık	2
Koku	2
Balıklarda kötü tat	2
İçilemez su	2
İçilebilir su kaynaklarının kısıtlanması	1
Balık ölümleri	1
Bentik faunada değişimler	1
Kirlenmiş balık tuzakları	1
Avcılığın bozulması	1

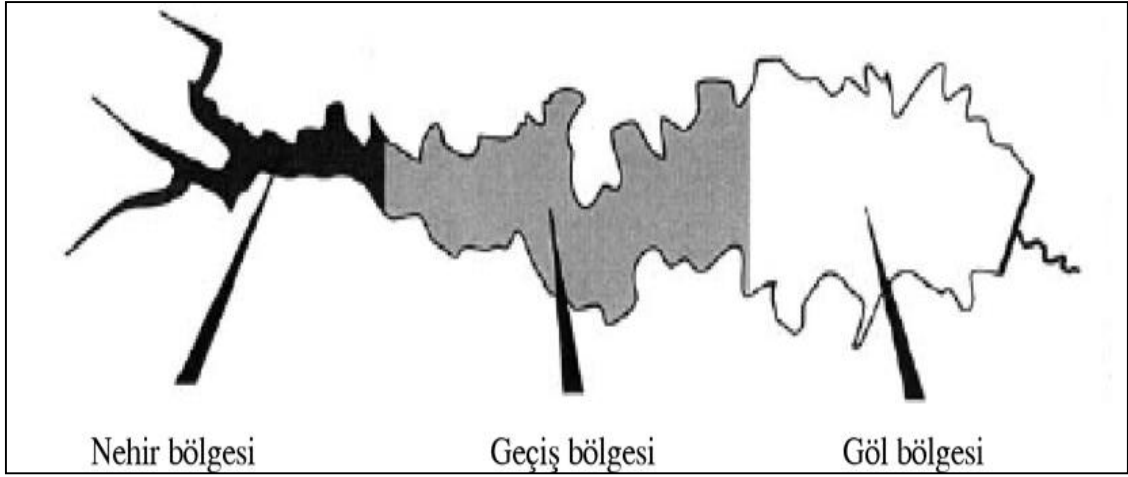
Tablo 3.7. İngiltere’de 141 Adet Balık Yetiştiricilik Tesisinde Yapılan Bir Araştırmada Tesis Atıklarının Gözlenen Etkileri [40]

Etki Tipi	Vaka Sayısı
Suyun rengini değiştirme ve AKM artışı	17
Alg patlamaları	3
Koku	1
Toplam	21

Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’de balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan besin elementlerine bağlı olarak görölen bu etkiler; yetiştiricilik üretim kapasitesi, kullanılan yem vb. tesisle ilgili faktörlerin dışında yetiştiricilik yapılan su kütesinin özelliklerine (derinlik, sıcaklık, hidrolik bekleme süresi vb.) bağlı olarak değişecektir [40].

3.3.3.1. Doğal Göl ve Baraj Göllerinde Ötrofikasyonun Etkileri

Ötrofikasyon olayı su ortamının yapısına bağlı olarak her su kütesinde farklı olarak gelişmektedir. Yapılan çalışmalarda, baraj göllerinin jeolojik zamanlarda içinde olmuş doğal göllerden belli ölçüde farklı olduğu belirtilmektedir. Hem doğal göllerde ve hem de baraj göllerinde su tabakalarının karışımı, besin elementi yüklemeleri, besin zinciri, birincil üretim gibi süreçler mevcuttur. Fakat su seviyesi değişiklikleri, değişim süresi, termal tabakalaşma, bulanıklık ve oksijen profilleri gibi diğer parametreleri de beraberinde etkileyebilecek diğer değişkenlerin etki derecesi ve ortaya çıkış zamanlaması farklılık göstermektedir. Baraj gölleri hem üzerine inşa edildikleri nehirlerin özelliklerini sürdürdükleri hem de durgun su yapıları oldukları için nehir göl hibriti olarak tanımlanmaktadırlar. İnşa edildikleri ilk birkaç yıl içerisinde hızlı bir trofik değişim geçirmeleri sebebi ile görölen bu duruma “rezervuar yaşlanması” adı verilmektedir. Doğal göllerde ise bu süreç oldukça yavaş ilerlemektedir. Doğal göller eski zamanlarda oluştukları için sediman kalınlığı baraj göllerine göre daha fazladır. Baraj göllerinin doğal göllere kıyasla geniş alanlı bir havzadan etkilendikleri için su tutma süreleri daha kısadır. Bu nedenle baraj göllerinde su seviye değişimleri doğal göllere göre daha sık olmaktadır [58].



Şekil 3.6. Baraj Göllerinin Su Kalitesi ve Diğer Değişkenlere Göre Boylamsal Bölgenmesi [58]

Baraj gölleri su giriş noktasından set ayağına kadar üç bölgeye ayrılmaktadır. Bu üç bölge bölge nehir, geçiş ve göl bölgesi adı verilmektedir. Nehir bölgesi girdiyi sağlayan yüksek besin elementi, alg biyokütlesi ve askıda katı madde ihtiva edebilmektedir. Geçiş bölgesinde belirgin sedimantasyon görülürken, göl bölgesi ışık geçirgenliği alglerin gelişimini destekleyecek düzeye yükselir, sete doğru ilerledikçe bulanıklık, AKM ve başta fosfor konsantrasyonları olmak üzere besin elementlerinde azalma gerçekleşmektedir. Bu durum baraj göllerinin doğal göllere göre fosfor tutma kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Azalan besin elementleri, ışık geçirgenliği ile zooplanton tüketim artışı baraj ayağında fitoplankton gelişiminin azalabileceğini göstermektedir. Fitoplankton gelişimi baraj göllerinde su değişim oranının yüksek olması nedeni ile daha değişken olabilmektedir. Bu nedenle baraj göllerinde fitoplankton gelişimini tahmin etmek doğal göllere göre daha zordur.

Baraj hidrolojisini belirleyen faktörlerden biri olan hidrolik bekleme süresi baraj gölünün birçok özelliğini belirlemektedir. Su bekleme süresi arttıkça;

- Baraja taşınan yük miktarı azalır.
- Tabakalaşmaya olanak sağlanır.
- Besin elementlerinin tutulma süresi artar.
- Düşük seviyedeki kirlilikte hipolimnyon tabakasında oksijensizlik artar.

Su bekleme süresi azaldıkça;

- Fitoplankton akışla barajdan uzaklaşır.
- Bentik fauna popülasyonu artar.

Aynı coğrafyada bulunan baraj göllerinin su bekleme sürelerindeki farklılıklar, baraj göllerinin limnolojik ve su kalitesi farklılıkları ile ilişkilendirilmektedir. Doğal göllerde ötrofikasyonu etkileyen temel faktörler ise benzer şekilde bekleme süresi ve termal tabakalaşmadır. Doğal ve baraj göllerinin ötrofikasyondan etkilenme süreçlerinde farklılıklar olsa da aynı sonuçlar gözlemlenmektedir [58].

Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıklar genellikle havuzlarda yapılan yetiştiriciliğe kıyasla daha büyük kirlilik oluşturmaktadır [36]. Türkiye’de alabalık üretiminin % 70’inin baraj gölleri ve göletlerde yapıldığı için baraj göllerinin su bekleme süresinin, tabakalaşma dönemlerinin iyi bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, balık yetiştiriciliğinin besin elementleri bakımından etkilerinin en aza indirilmesi için yetiştiricilik tesisleri faaliyete geçmeden baraj göllerinin su bekleme süresi ve diğer özelliklerinin belirlenmesinin izinlendirilecek üretim kapasitesinin belirlenmesinde ve uygun alan seçilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

4. BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN ÇEVRESEL YÖNETİMİ

Çevresel yönetimin hedefi dünya kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlamak, insan aktivitelerinin olumsuz çevresel etkilerini önlemek veya en aza indirmektir. Çevresel yönetimin etkinliği için muhtemel olumsuz faaliyetler tanımlanmalıdır. Kabul edilemez çevresel etkilere neden olmaksızın çevresel değişkenler üzerinde kabul edilebilir değişimin tanımlanması ve standartlarla formülize edilmesi gerekmektedir. Teknoloji bazlı yönetim uygulamaları, çevresel değişkenlerdeki aşırı değişimleri önleyecek nitelikte olmalıdır. Bununla birlikte ölçülebilir ve ulaşılabilir bir çevresel hedef seçilmelidir. Bunun için de hedefin kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını gösteren izleme çalışmaları yapılması gerekmektedir. İzleme çalışmaları çevresel değişkenlerin kabul edilebilir aralığın dışında kaldığını gösteriyor ise çevresel yönetim uygulamalarına başvurulması gerekmektedir.

Çevresel yönetim; etkilerin tanımlanması, standartların formülasyonu ve standartlarla uyumlu yönetim uygulamalarından oluşmaktadır. Örnek bir vakaya göre; kara bazlı bir balık yetiştiricilik tesisi çıkışındaki toplam askıda katı madde (bulanıklık) yüksektir. Yerel mevzuata göre doğal sulara 25 turbidite biriminden daha fazla deşarj edilmesine izin verilmemektedir. Sedimantasyonun atıklarda bulunan AKM'nin azaltılmasında etkili olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, sedimantasyon havuzları kurulduktan sonra bile izleme sonuçlarının havuz atıkları nedeni ile bazen 40 turbitedeyi aştığı görülmüştür. Bu nedenle, atık standarta uygun değildir ve turbitenin kontrolü için uygulamaların standarta uyumlu olarak yürütülebilmesi için tesisin uygulamalarının yeniden değerlendirilerek değiştirilmesi gerekmektedir.

Çevresel yönetim sisteminde; kaynakların sürdürülebilir kullanımına olanak verme ve çevreyi koruma fonksiyonu atfedilmesine rağmen bireylerin veya kurumsal yapıların algılama farklılıklarından ötürü sürdürülebilirlik kavramı için net ve tek bir tanımlama yapmak zordur. Herhangi bir projenin etkileri kamusal alan içinde ve dışında farklı bakış açılarıyla ele alınabilmektedir. Proje yöneticileri doğrudan faydalanmadıkları sürece olumsuz çevresel etkilerin önlenmesi ya da azaltılması konusunda isteksiz bir tutum sergileyebilmektedirler. Örneğin: yüksek su kalitesine sahip bir baraj gölünde faaliyet gösteren bir balık yetiştiricilik tesisi zamanla su kalitesinin bozulmasına neden

olabilmektedir. Balık yetiştiriciliği tesis sahibi veya yöneticisi atıkların olumsuz etkilerini azaltıcı faaliyetleri, ek masraflar getirebileceğinden istemeyebilecektir. Bu nedenle;

- Yetkili kurumlar çevre yönetimi için standartların oluşturulması ve standartların uygulanmasından sorumlu olmalıdır.
- Muhtemel ekolojik etkilerin tespiti için faaliyetlerin değerlendirmesine ilişkin maliyetler özel sektörün sorumluluğunda olmalıdır.
- Yetkililer tarafından değerlendirmenin nasıl yapılacağını belirten dökümanlar hazırlanmalıdır. Hazırlanan dokümanlar yetkili kurumların ilgili kurum, üretici birlikleri ve sivil toplum örgütlerinin görüşünü ve onayını almalıdır.
- Ayrıca özel sektör olumsuz çevresel etkileri önlemek veya azaltmak için gerekli olan ve yetkili kurumların onayladığı yönetim teknikleri ile izleme çalışmalarının maliyetlerini karşılamalıdır.

ABD, Kanada, Avustralya, Batı Avrupa ülkeleri, Yeni Zelanda ve diğer birkaç ülkede çevre yönetimi, çevre ve ulusal kaynakları korumak için idari düzenlemeler ve kanunlar ile geliştirilmiştir. Bu düzenlemeler finansman kaynağı, iş gücü gibi nedenlerden ötürü her zaman uygulanmayabilmektedir. Bu nedenle gelişmekte olan birçok ülkede kanunlar ve düzenlemeler çevrenin ve doğal kaynakların korunmasında yetersiz kalmaktadır [59]. Fakat balık yetiştiriciliğinin durgun sularda olumsuz etkilerinin en aza indirgenmesi için bu tür eksiklerin de maksimum seviyede giderilmesi sağlanarak çevresel yönetim sistemi oluşturulmalı ve gerekliliklerinin yerine getirilmesi için yetkili kurum ve özel sektörün işbirliği ile çaba gösterilmelidir.

Sonuç olarak, balık yetiştiriciliğinin ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğin sağlanması için çevresel düzenlemelerin ve uygulamaların benimsenmesi esastır.

4.1. Çevresel Yönetim Gereklilikleri

4.1.1 Çevresel Etki Değerlendirmesi

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği'nde (2013) geçen tanıma göre ÇED; gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar

vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmaları ifade etmektedir[60].

Boyd'a göre ÇED sürecinde ağ kafeslerde yetiştiricilik için faaliyet planlanan su kütlelerinin özellikleri kritik faktördür. Kafes yetiştiriciliğinin, kötü su kalitesi ve özellikle ani ısı destratifasyonu (tabakalarda kırılma) ile oluşabilecek risk ve su kütlelerinde daha ötrofik ve daha az biyolojik çeşitliliğe neden teşkil edebilecek risk durumları tespit edilmelidir. Diğer taraftan diğer kullanıcılarla olan muhtemel anlaşmazlıklar göz önünde bulundurulmalıdır. Olumsuz özelliklere sahip muhtemel yetiştiricilik alanlarının faaliyet haricinde tutulması veya potansiyel negatif çevresel etkilerin azaltılması için balık yetiştiricilik tesisinin konumu ve tasarımı çevresel etki değerlendirmesine göre değiştirilmelidir.

Böylece yetiştiricilik projelerinin içine; alan değerlendirmesi, çevresel etki değerlendirmesi, tesis konumu ve özellikleri entegre edilmiş olacaktır. Belirli bir alanda sürdürülebilir bir projenin teknik ve ekonomik olarak mümkün olup olmadığını proje geliştiricileri tarafından tespit edilebilecektir. Proje büyüklüğü arttıkça hassas sistemlerde daha detaylı bir değerlendirme ihtiyacı olacaktır. Bir kaç hektar boyutunda olan küçük projelerin ÇED raporlarının yürütülmesi için basit kontrol listeleri geliştirilmesi mümkün olmaktadır. Ancak, büyük projeler için uzmanlardan oluşan bir ekibin sunduğu ÇED raporları gerekebilmektedir [59].

4.1.2. Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi

Balık yetiştiriciliği üretiminde büyüme, yetiştiricilik sahalarının da genişlemesini kapsamaktadır. Yoğun yetiştiricilik tesisleri, artan girdilerin yanı sıra su ve toprak kullanımını da arttırmaktadır. Balık yetiştiriciliği sosyal, ekonomik, fiziksel ve ekolojik kaynaklar bakımından diğer endüstrilerle rekabet eden su bazlı bir aktivitedir. Yetiştiriciliğin gelişimi balıkçılık, tarım ve turizm gibi endüstri kolları üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilmektedir. Balık yetiştiriciliğinin diğer kullanıcılarla olan zıtlıklarının azaltılması, su kaynaklarının korunması, yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği açısından olumlu olacaktır. Sürdürülebilirlik için iki temel bileşen bulunmaktadır;

- Karar vermek için bilgi temelli yaklaşım,
- Entegre yönetim için ekosistem bazlı yaklaşımdır.

Entegre bir yönetim tüm su kullanıcıları için uzlaşılabilir ve çevresel odaklı bir yaklaşım olacaktır. Bu açıdan, ekosistem bazlı bir yaklaşım entegre bir yönetimin tamamlayıcısı olacaktır.

Ekosistem bazlı yaklaşımda; alan seçimi ile birlikte bütüncül olarak ele alınması gereken en önemli kavram taşıma kapasitesidir. Taşıma kapasitesi, yetiştiriciliğin sosyal kabul edilebilirliği ve yetiştiricilik için verilen çevrel limitlerin üst sınırlarını belirlemeye yardımcı bir araçtır. Genel bir ifade ile herhangi bir sektör için taşıma kapasitesi, çevrenin kendini yenileme gücü vasıtasıyla uzun dönemde canlılar tarafından kullanılabilir kaynak seviyesi olarak tanımlanabilmektedir. Sağlıklı bir çevre temin etmek ve atıkları olumsuz sonuçlara yol açmadan barındırabilme kabiliyeti olarak tanımlanan özümleme kapasitesi ise; çevrenin belirli bir aktiviteyi olumsuz sonuçlara yol açmaksızın, barındırabilme kabiliyeti olarak tanımlanan çevresel kapasiteye yardımcı bir unsurdur.

Taşıma kapasitesinin değerlendirilmesi sadece yetiştiriciliğin, üretim yapılan alan ya da üretim miktarı açısından çevresel sürdürülebilirliği için değil; aynı zamanda ekosistem açısından, havza ve küresel ölçekte uygulanabilen önemli araçlardan biridir [61].

Su ürünleri üretimi açısından taşıma kapasitesi kavramı daha çok kullanılmakla birlikte; bu kavram ekosistem bazlı su ürünleri üretimine katkı sağlamak için kategorilere ayrılmıştır. Bu yaklaşımın amacı sosyal ve ekolojik sistemlerin direncini ve sürdürülebilir gelişimini teşvik etmek için doğal ekosistem içerisinde bütünleşik su ürünleri üretimini sağlamaktır [62]. Bu yaklaşıma göre McKindsey ve diğerleri tarafından taşıma kapasitesi kategorileri ayrılmış olup aşağıda sunulmaktadır;

- **Fiziksel Taşıma Kapasitesi:** Yetiştiricilik sistemi ve yetiştiricilik yapılan çevrenin fiziksel koşullarını dikkate alarak faaliyetin sürdürülebilir gelişimine dayanmaktadır. Ekosistem içerisinde balık yetiştiriciliği için mevcut ve potansiyel alanların sayısını belirlemek için (özellikle karasal bazlı tesisler açısından su potansiyeli belirlenmesinde) kullanışlıdır. Fakat yetiştiriciliği yapılan ya da stoklanacak canlıların yoğunluğunu ifade etmemektedir. Durgun sularda entansif

kafes yetiştiriciliği için fiziksel taşıma kapasitesi belirlenirken rüzgâr, akıntı, derinlik, sıcaklık gibi veriler değerlendirilmelidir.

- **Üretim Taşıma Kapasitesi:** Balık yetiştiriciliği tesisi ölçeğinde dikkate alınarak maksimum potansiyel balık üretimini tahmin etmektedir. Üretim taşıma kapasitesi tahmini ile hesaplanmış üretim miktarı su havzalarında küçük alanlarla sınırlanabilmelidir. Böylece toplam üretim miktarının, özümleme kapasitesini (ekolojik taşıma kapasitesi) aşmasının önüne geçilebilecektir. Durgun sularda kafeslerde entansif balık yetiştiriciliği için üretim taşıma kapasitesi belirlenirken; sıcaklık, yatırım maliyetleri, pazarlama gibi veriler değerlendirilmektedir.
- **Özümleme Kapasitesi (Ekolojik Taşıma Kapasitesi):** Canlı organizmalarda ya da populasyonlarda ve ekolojik süreçlerde belirgin değişikliklere yol açmaksızın desteklenebilen balık yetiştiricilik üretiminin büyüklüğü olarak tanımlanmaktadır. Durgun sularda kafeslerde entansif balık yetiştiriciliği için özümleme kapasitesinin; hassas türlerin varlığı, biyolojik çeşitlilik, ötrofikasyon indikatör parametreleri, çevresel etki değerlendirmesi verileri ile birlikte değerlendirilmelidir.
- **Sosyal Taşıma Kapasitesi:** Sosyal açıdan olumsuz etkilere yol açmaksızın yapılabilecek balık üretim miktarı olarak tanımlanabilmektedir. Belirli bir su kütleğinde balık yetiştiriciliği için uygun limitlerin saptanmasında, bilimsel bir çalışma içerisinde paydaşların katılım değerini ölçer. Yetiştiricilikten kaynaklanabilecek ekolojik bozulmalar ya da olumsuz değişiklikler faaliyetin gerçekleştirildiği su kütleğinin sosyal kullanımını engelleyebilir. Yine tam tersi bir bakış açısıyla yetiştiriciliğın tepki gördüğü herhangi bir bölgede yetiştiriciliğın gelişimi sınırlı olacaktır. Durgun sularda kafeslerde entansif balık yetiştiriciliği için sosyal taşıma kapasitesi belirlenirken su ve su kıyısının kullanım hakkı, temel kullanıcıların erişimine ilişkin verilerle birlikte değerlendirilmelidir[61].

4.1.2.1 Ekosistem Bazlı Taşıma Kapasitesi

FAO, ekosistem yaklaşımı taşıma kapasitesini; su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanması bakımından birbirine bağlantılı sosyo-ekolojik sistemleri daha geniş ekosistemle entegre olmasını destekleyen bir strateji olarak tanımlamaktadır. Bir strateji olarak tanımlanan bu yaklaşım balık yetiştiriciliğinin ekosisteme entegrasyonu için (Ecosystem Approach Aquaculture-EAA) FAO tarafından önerilmektedir.

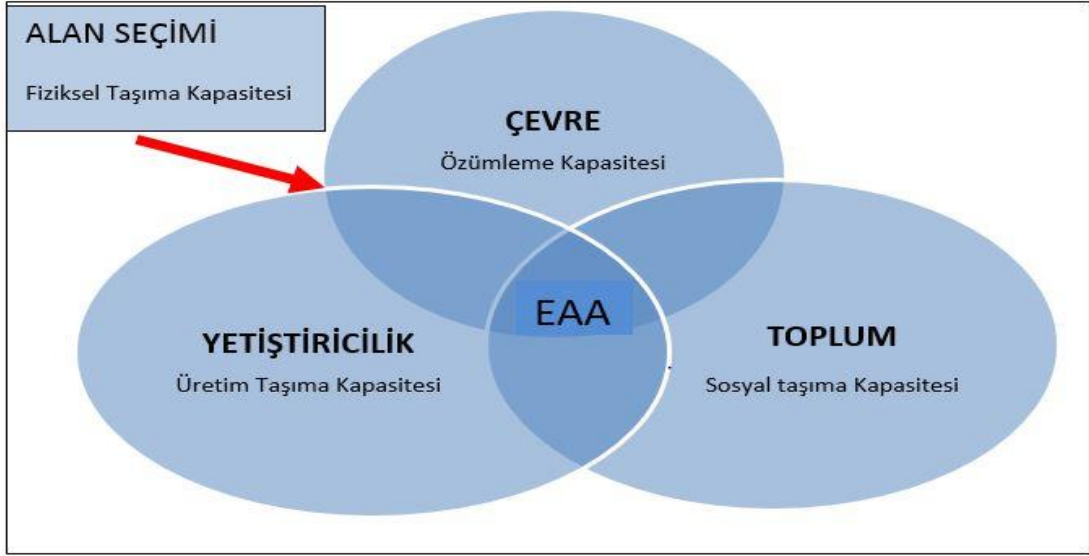
Ekosistem yaklaşımı balık yetiştiriciliği stratejisi; balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilir kalkınma, eşitlik, sosyal ve ekolojik sistemlerin birbiri ile uyumunu destekleyecek şekilde daha geniş bir ekosistem içine entegre edilmesi stratejisi olarak tanımlanmaktadır.

Bu stratejinin üç ana prensibi;

- Balık yetiştiriciliğinin gelişimi ve yönetiminde ekosistem fonksiyonlarının kapsamlı olarak dikkate alınması,
- Yetiştiriciliğin ilgili tüm paydaşlar için eşitlik ve refah sağlaması,
- Diğer sektörler, politikalar ve hedeflerle uyumlu olarak geliştirilmesidir.

Özümleme kapasitesinin belirlenmesi EAA'nın önemli bir bileşenidir. Özümleme kapasitesinin tahmini veya kabul edilebilir çevresel değişimlerin sınırlarını tanımlamak için mevcut yöntemlerin geliştirilmesi ve adapte edilmesi ekosistem yaklaşımı balık yetiştiriciliği ile yola devam etmenin temel gerekliliğidir.

Mevzuatta bu yönde yapılan değişiklikler; Kanada, ABD, Şili gibi birçok ülkede lisanslama (izin verme) prosedürlerinde daha kısıtlayıcı bir yaklaşıma yol açmıştır. Buna rağmen sadece birkaç ülkede sistem ölçeğinde özümleme kapasitesinin belirlenmesine öncelik verilmektedir. Örneğin; yerel ölçekli balık yetiştiriciliğinin lisanslandırılması öncesinde ilk aşama olarak potansiyel yetiştiricilik alanların belirlenmesi ve değerlendirilmesi gibi çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.1'de taşıma kapasitesi kategorileri ile ekosistem yaklaşımı balık yetiştiriciliğinin üç ana hedefi arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 4.1. Ekosistem Bazlı Yaklaşım Bileşenleri

Farklı coğrafi bölgelerde EEA uygulanması için EEA ile uyumlu üç hedefin öncelikle uyumlaştırılması gerekmektedir. Bu hedefler;

- Çevresel,
- Sosyo-ekonomik,
- Çoklu sektörel planlamayı içeren yönetim hedefleridir.

Bu hedefler ve göreceli ağırlıkları, ülkeler ve bölgeler arasında farklılık gösterebilmektedir. Bu konuda tek bir standart belirlemek oldukça zordur. McKindsey ve diğerleri tarafından belirlenen dört kategori, balık yetiştiriciliğinin yapıldığı bölge ile üretim şekline göre sınıflandırılabilir. Bu sayede, EAA hedefleri ile taşıma kapasitelerinin kategorileri eşleştirilmiş olacaktır. McKindsey ve diğerleri çalışmalarında belli bir bölgenin taşıma kapasitesini belirlemek için hiyerarşik bir sıralama önermişlerdir. Bu sıralama; öncelikle fiziksel taşıma kapasitesi ve potansiyel balık yetiştiriciliği alanının yetiştiricilik için uygunluğunun belirlenmesi, ardından su kütlesinde üretim kapasitesinin tahmin modelleri ile hesaplanması ve bir sonraki adımda ise su kütlesinin özümleme kapasitesinin modellerle tahmin edilmesi ve tespit edilen üretim kapasitesinin maksimum seviyesi ile hiç üretim yapılmamış hali için potansiyel sonuçların değerlendirilmesidir. Son aşamada bu iki senaryonun sonuçları, üretim ve özümleme kapasitelerine göre değerlendirilerek kabul edilebilir üretim seviyesine karar verilmektedir [61].

Türkiye’de balık yetiştiriciliğinin lisanslandırılmasında ilk müracaatta GTHB’ye alanın balık yetiştiriciliği için uygunluğuna dair analizler (balık yetiştiricilik su kriterleri) sunulmaktadır. EAA içinde bu, fiziksel taşıma kapasitesi olarak adlandırılabilir. Üretim kapasitesi ise yine baraj göllerinde DSİ tarafından tahsis edilen su alanında GTHB tarafından onaylanmaktadır. 2012 yılında OSİB tarafından yayımlanan YSKY’nin Madde 14’ünde balık yetiştiriciliği tesislerin faaliyet gösterdiği su kütlelerinin uygunluğunun OSİB tarafından belirlenecek özümleme kapasitelerine göre yapılacağı belirtilmektedir. Bu koşul, EAA içinde ekolojik taşıma kapasitesi olarak değerlendirilebilir. Türkiye’de uygulanan prosedürlerin bu bakımdan EAA’ya uygun olduğu ve fiziksel, üretim ve özümleme kapasitelerinin daha önemli olduğu ancak bahsekonu yaklaşımın sosyal yönünün ise daha zayıf olduğu yönünde değerlendirme yapılabilir.

Çin Halk Cumhuriyeti ve Kuzey Asya ülkelerinde ise fiziksel ve üretim kapasitesi daha önemli iken ABD ve Avrupa Birliği mevzuatı negatif çevresel etkileri vurgulayarak daha garantici bir tutum izlemektedir [59].

4.1.2.2. Özümleme Kapasitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Modeller

Durgun sularda ilk fosfor yük modeli Vollenweider (1968) tarafından sunulmuştur. Diğer fosfor yük modelleri; Dillon ve Riegler (1974, 1975) Jones ve Bachmann (1976) Nicholls ve Dillon (1978) Chapra ve Reckhow (1979, 1983), Ahlgren vd., (1988) tarafından sunulmuştur. Günümüzde yaygın olarak kullanılan tahmin modeli ise temel olarak Vollenweider modelinin modifiye edildiği ampirik bir model (deneye dayalı) olan OECD modelidir [63].

Ötrofikasyonda rolü olan ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin taşıma kapasitesini ölçmek için üretim ve ekolojik taşıma kapasiteleri ile ilgili çalışmalarda bilgi sağlamak için çoğu bilimsel çalışmada araçlar geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerde su kaynaklarının sürdürülebilirliğinden ödün vermeksizin ekosistemin korunması için senaryoların yönetiminin sağlanması hedeflenmektedir.

Bu amaçla, kafeslerde balık yetiştiriciliği yapılan veya araştırma maksadıyla seçilen uygun su alanlarında daha ileri düzeyde araştırmaların yapılabilmesi için balık üretim kapasitelerini değerlendirmeye uygun modellerin kullanılması gerekmektedir. Yapılan bir çalışmada Beveridge (1984) ve Kelly (1995) tarafından uygulanan besin elementi-algal modellerden türetilmiş basit kütle denge modeli bu konuda iyi bir yaklaşım

olarak değerlendirilmektedir. Beveridge ve İskoçya yetkili kurumlarının (SEPA gibi) kullandığı bu model Vollenweider (1969), Dillon ve Rigler (1974) ve OECD (1982) tarafından geliştirilen besin elementi-algal modellerinin bazı değişkenler bakımından değiştirilmiş halidir.

Lars HAKANSON'a göre Vollenweider tipi modellerin özümleme kapasitesinin tahmin edilmesinde göz önüne almadığı eksik noktalar bulunmaktadır. Bunlar;

- Vollenweider tipi modeller ilkbahar aylarındaki maksimum toplam fosfor yüküne göre özümleme kapasitesini tahmin etmekte iken özellikle yaz veya sonbahar aylarında hasat yapan balık çiftliklerinin emisyonlarını tahmin etmekte kullanılması uygun olmayacaktır.
- İç fosfor yüklemesini hesaba katmamaktadır [63].

Bu nedenle yukarıda bahsedildiği üzere bu tip modellerin yeniden düzenlenmiş değişkenlere göre kullanılması daha uygun olacaktır. Örneğin; Riley ve Prepas (1985) göllerin karışım karakteristik özelliklerini de dikkate alarak yeniden modelde düzenlemeler yapmışlardır.

Kelly'e göre (1995) model tahminlerinin tutarlılığı açısından izleme çalışmaları gerçekleştirilmeli ve izleme verileri besin elementi yükü, klorofil durumu, balık yemleme oranları, balık stok miktarı, üretim yöntemleri, iç ve dış kaynaklı besin elementi konsantrasyonları, gölün fiziksel koşullarına (yıllık yağış miktarı, batimetri, akıntı) ilişkin verileri içermelidir. Üretim lisansı verilirken rutin olarak bu verilerin toplanması gerekliliğinin yasalştırılması önerilmektedir. Üretim ve özümleme kapasitesinin modellenmesinde;

- Besin elementi ve klorofil-a seviyelerine ilişkin verisi olan göller içerisinde trofik durumun izlenebilir olduğu göller,
- Yukarıda bahsedilen göllerin haricinde kalan göller için besin elementi klorofil-a ilişkisinin kurulması ve kütle denge modelinin geliştirilmiş olması,
- Göl hacmi ve göl su girişine ilişkin mevcut veriler, araştırma verileri ya da denizlerde kurulu çiftlik verilerinden elde edilen atık yüklemeleri,

kullanılarak değerlendirme yapılabilmektedir [51].

Kafeslerde balık yetiştiriciliği tesislerinden kaynaklanan fosfor yükünün tahmin edilebilmesinde;

- Yem değerlendirme oranı (FCR)
- Yem sindirilebilirliği,
- Yemde bulunan azot ve fosfor içeriği,

bilgileri kullanılmaktadır [54]. Özümleme kapasitelerinin belirlenmesinden sonra bu bilgiler ışığında balık yetiştiriciliği tesisinden kaynaklanması muhtemel atık yükü hesaplanarak özümleme kapasitesine göre üretim kısıtlanabilir veya arttırılabilir.

Özümleme kapasitesi belirlenirken güvenilir bir değerlendirmenin yapılması için asgari düzeyde dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Tüm su kütlelerinin üretim kapasite tahsisinin değerlendirilmesi,
- Arazi kullanımı, eğim, kanalizasyon, diğer deşarjlar ve akarsu girdileri gibi faktörlerin değerlendirilmesi,
- Durgun su kütlelerinin karışma dönemlerinin ve hidrolik bekleme süresinin göz önüne alınması,
- Durgun su kütlelerinin toplam fosfor konsantrasyonunun tahmin edilmesi,
- Trofik durum sınıflandırmasının yapılması,
- Balık yetiştiriciliği için çevresel etki değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir.

Balık yetiştiriciliği tesisinin kurulacağı su kütlelerinin karakteristik özellikleri ile morfolojisine dikkat edilmesi yararlı olacaktır. Asgari düzeyde dikkat edilmesi gerekli diğer hususlar;

- Yüzey ve dip sularının karışması,
- Dip sularını izole edecek şekilde tabakalaşma olup olmadığı,
- Yüzey ve dip sularının oksijen seviyeleridir [66].

Özümleme kapasitesinin belirlenmesinde bu özelliklere ve parametrelere dikkat edilmesi sonuçların doğruluğunu arttıracak ve ekosistem bazlı bir yaklaşım çerçevesinde balık yetiştiriciliğinin gelişmesine imkân tanıyacaktır.

4.1.3. Alan Seçimi

Alan seçimi, ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin muhtemel çevresel etkileri ve çevresel sürdürülebilirliği açısından kritik bir konudur. Bu nedenle balık yetiştiricilik tesislerinin yönetimi açısından en güçlü araç alan seçimidir. Wu ve arkadaşları (1994) tarafından denizlerde balık yetiştiriciliğinin faaliyet alanının hidrografik koşullara ilişkin etkisi araştırılmış ve esas etkinin çiftliğin kurulu olduğu alanın yakınlarında anoksik koşulların ve hidrojen sülfür oluşması ile geliştiği ve bentik yaşamı olumsuz etkilediği ortaya koyulmuştur.

Balık yetiştiriciliğinin su kalitesine olan etkileri alan koşulları ile yakından ilişkilidir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunda azalma balık yetiştiricilik tesisinin kurulduğu su alanının herhangi bir noktasında gözlenirken, amonyak, fosfor ve nitrit konsantrasyonlarında artış zayıf su sirkülasyonu ve yoğun balık yetiştiriciliği yapılan su alanlarında gözlenmiştir [54].

Yoğun yetiştiricilik su kütesinin biyotik ve abiyotik karakterini değiştirebilmektedir. Bu değişiklikler yetiştiricilik faaliyetleri dahil olmak üzere su kütesinden yararlanan tüm kullanıcılar için o su kütesinin değerini değiştirebilir. Alan seçiminde maksimum üretim kapasitesine göre alanın özümleme kapasitesinin bilinmesi bu bakımdan önemlidir [40].

Örneğin; bir su alanının düşük akıntı hızı nedeni ile düşük özümleme kapasitesine sahip olması beklenirken, olumlu ekosistem özelliklerine rastlanması mümkündür. Eğer su alanında düzenli olarak seyreden güçlü rüzgârlar varsa yüksek oranda su değişimi olabilmektedir. Bu bakımdan ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin çevresel etkilerini tespit etmek için alan seçimi önem arz etmektedir. Doğru yer seçimi kafeslerde yetiştiriciliğin lokal ve kümülatif etkilerini azaltabilmektedir.

Diğer taraftan, kafeslerde balık yetiştiriciliği alanlarının çevresel uygunlukları bakımından göller için basit bir sınıflandırma geliştirilmelidir. Avustralya'da yapılan bir çalışmaya göre çevresel bakımdan kafeslerde balık yetiştiriciliğine uygun olmayan durgun suların özellikleri aşağıda sunulmaktadır;

- **Derinlik:** Sığ göller ya da öfotik derinliğe yaklaşan göllerde (sucul bitki ve alglerin gelişimini sürdürebildiği ışığın ulaşabildiği derinlik) besin elementlerince zenginleşmeye yanıt olarak önemli bir algal risk oluşturacaktır.
- **Su Değişim Oranı:** Su değişim oranı (su yenilenme hızı) düşük durgun sularda göl içi besin elementleri yüklerinin birikimi ve sediment zenginleşmesi büyük risk teşkil etmektedir. Ayrıca, hakim rüzgâr yönü ve şiddeti su değişimini etkileyen faktörlerdir.
- **Termal Tabakalaşma:** Termal tabakalaşmanın olduğu göllerde besin elementlerinin zenginleşmesine bağlı olarak dip sularda (hipolimnetik) kısmen oksijensizleşme, termal tabakanın kırılması ile sular karıştığı zaman su kolonuna sedimentten besin elementlerin salınımı açısından risklidir.
- **Renk:** Besin elementlerinin artmasına bağlı olarak suyun renginde koyulaşma planktonik algler üzerinde sınırlayıcıdır. Çünkü ışık, karışan göllerde algal büyümeyi sınırlayıcıdır. Çözünmüş organik karbonun düşük olduğu dolayısıyla mavi-yeşil su rengine sahip göllerde kafes yetiştiriciliği yapılmaması önerilmektedir.
- **Akıntı:** Yetersiz akıntı hızı bentik sedimentte zenginleşmeye neden olabilmektedir. Akıntı hızı durgun sularda rüzgâra bağlı olmakla birlikte deniz ekosistemine göre göz ardı edilebilmektedir.

Avustralya'nın Tazmanya Eyaletinde kafeslerde sınırlı balık yetiştiriciliği için alan seçiminde derin, soğuk, koyu renge sahip akarsu tipi hidroelektrik santraller, tabakalaşmanın olmadığı ya da sınırlı olduğu, yüksek su değişim oranı ve yeterli akıntı hızını içeren sular durgun sular yetiştiricilik için uygun kabul edilmektedir [51].

Sözü edilen bu değişkenler durgun suların özümleme kapasitesini etkilediği için su kütlesinin bu değerler açısından en uygun değerlere sahip olması oldukça önemlidir. Bu bakımdan balık yetiştiriciliği yapılması planlanan veya yapılan baraj göllerinde ve göletlerde özümleme kapasitesinin belirlenmesi aşamasında alan özelliklerinin ve baraj gölünün karakteristiğinin de değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Uygun alan seçiminin tamamlayıcısı olarak alınabilecek en iyi önlemlerden biriside, her büyüme sezonunda (hasat zamanı) yani yılda 2 kez kafes rotasyonun sağlanmasıdır [67].

4.1.4. Yem Yönetimi

Balık yetiştiriciliğinde atık yönetim stratejisinin temeli yem atıklarının azaltılmasına dayanmaktadır. Kirlilik problemleri ötrofikasyonu stimüle eden sindirilmemiş azot ve fosfor seviyeleri ile yakından ilgilidir. Bununla birlikte yem kaynaklı atıkların azaltılmasında, yemleme teknikleri ve yemin izlenmesi gibi faktörlere ilişkin olarak düzenlemelerinde balık yetiştiricilik tesislerinde yem yönetimi kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir.

4.1.4.1 Yetiştiriciliği Yapılan Balıkların Besin Gereksinimleri

Tüm canlı organizmaların beslenebilmesi için; proteinler, enerji (lipitler, karbonhidratlar), vitaminler ve mineraller açısından kendilerine has gereksinimleri vardır. Balıkların ihtiyaç duyduğu besin gereksiniminin tür ve miktarı sadece türler arasında değil, balığın yaşına, üreme fonksiyonuna ve çevresel şartlara göre de değişiklik göstermektedir. Bugüne dek yürütülen çalışmaların büyük çoğunluğu, balıkların besin ihtiyaçlarının tüm türler için oldukça benzerlik gösterdiğini ancak tek tek ele alındığında türler (özellikle tatlı su ve tuzlu su türlerinde) arasında önemli farklılıklar bulunduğunu göstermiştir [68]. Balık beslenmesinde önemli bileşenler aşağıda sunulmaktadır;

- **Fosfor:** Balıklar ihtiyaç duydukları fosforun çok az bir miktarını sudan karşılayabilir. Sağlıklı bir kemik gelişimi ve metabolizma için yeterli olmayan bu miktarın geri kalan kısmı yemlerle birlikte verilmelidir. Yem ham maddelerinden gelen fosfor balıklar tarafından tam olarak sindirilemediği için yemlere ek olarak inorganik fosfat ilave edilmektedir. Sodyum fosfat, kalsiyum fosfat, potasyum fosfat yemlerde fosfor kaynağı olarak kullanılan başlıca fosfatlardır [29], [48]. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan balıkların fosfor ihtiyaçları Tablo 4.1.'de verilmektedir.

Tablo 4.1. Ülkemizde Yetiştiriciliği Yapılan Bazı Balık Türlerinin Fosfor İhtiyaçları [29]

Tür	Gereksinim %
Gökkuşığı Alabalığı	0.7
Sazan	0.7
Yayın Balığı	0.4-0.8

- **Protein:** Organik yapıların kuru bileşeninin yaklaşık % 70'ini oluşturan protein, balığın büyümesi için oldukça önemlidir. Balığın büyüklüğü, fizyolojik fonksiyonları, stok yoğunluğu, yem türü gibi faktörler ile yem kalitesi, yemin sindirilebilirliği, beslenmedeki enerji seviyesi ve verilen yem miktarı gibi beslenme faktörleri üzerinde etkilidir. Yemlerde bulunan protein oksidasyonu sonucu oluşan azotlu atıklar çözünmüş atıkların önemli bir bileşenidir.
- **Lipitler:** Balıklarda et oluşumu için (ağırlık artışı) enerjiye ihtiyaç bulunmaktadır. Bu enerji aminoasitlerle birlikte en kolay elde edilen enerji kaynağı olan lipitlerden elde edilmektedir. Lipitler balık yemlerinin lezzetliliklerini, kıvamlarını ve dayanıklılıklarını artırmaktadır. Aynı zamanda, balıkların hayati fonksiyonları ve normal gelişimi için gerekli olan yağ asitlerini sağlamaları açısından da oldukça önem arz etmektedirler. Lipitler, genel olarak katı atığın sindirilmiş küçük bir bileşenidir.
- **Enerji:** Balık yeminin oluşumu, her türün enerji ihtiyacına, özellikle de enerji/protein oranına dayanarak belirlenmektedir. Her tür gibi balıklar da büyümek, gelişmek ve çoğalmak için enerjiye gereksinim duymaktadırlar. Genel olarak 9 kcal/gr protein oranı, yaşamsal fonksiyonların ve optimum büyümenin sağlanması için yeterlidir. Enerjinin kullanıldığı hız; ısı, türler, yaş, boyut, aktivite, vücut fonksiyonları ve sudaki oksijen, pH, ısı ve tuzluluk gibi kimyasal değişiklikler gibi faktörlerden etkilenmektedir.
- **Karbonhidratlar:** Karbonhidratlar balıkların beslenme düzenine dahil edilmediğinde balıklar yetmezlik semptomu göstermedikleri için balık beslenmesindeki en tartışmalı besin grubu olarak değerlendirilmektedir.

- **Vitaminler ve Mineraller:** Üretilen balık türleri arasındaki vitamin ihtiyacı aralıkları, önemleri dolayısıyla üzerlerinde daha fazla çalışma yürütülen C ve E vitaminleri dışında, birçoğu hakkındaki bilgi eksikliği bulunması dolayısıyla, oldukça değişkendir [68], [69].

4.1.4.2. Balık Yemlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yetiştiriciliğin ilk dönemlerinde doğal yem kaynakları balık beslenmesinde kullanılırken, sonraki dönemlerde doğal yemlerin yerine suni olarak üretilen yemler kullanılmaya başlanmıştır. Suni yem; hayvanların canlılığını muhafaza etmesi için gereken besin ve enerji ihtiyacını veren bir veya birden fazla organik ve inorganik maddelerin karışımı olarak tanımlanmaktadır [70].

Tablo 4.2. Yem Kategorileri [62]

Yem Kategorisi	Tanım
Doğal Yem	Bitkisel yemler
Atık Yem (yaş yem)	Ekonomik değeri olmayan küçük balıklar
Karışım Yem	Yetiştiricilik tesisinde özel olarak hazırlanan, yarı entansif tesislerde daha çok tercih edilen yem tipi
Pelet Yem	Endüstriyel yemler

Balık beslenmesinde kullanılan yemler kuru, yağ ve nemli formlarda hazırlanmaktadır. Yemlerin ana bileşenleri; protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve minerallerdir. Söz konusu bu bileşenlerin miktarları, beslenecek türün ihtiyaçlarına ve sindirim özelliğine göre yemlerin muhteviyatında farklı miktarlarda bulunmaktadır. Yemlerin yapım şekilleri ve yapımında kullanılan maddeler farklı olmasına rağmen hepsi aynı besin maddelerinden oluşmaktadır [29].

Türkiye’de karma yem sanayinde kullanılan başlıca ham madde girdileri ise: nişasta sanayi yan ürünleri (mısır kütümesi, mısır glütenu), değirmencilik yan ürünleri (kepek, razmol, buğday elek altı), şeker sanayi yan ürünleri (melas, pancar posası), yağ sanayi yan ürünleri (yağ, kütüpe), alkol sanayi yan ürünleri (malt çili) ve hayvansal ürünlerdir (et-kemik unu, balık unu, balık yağı) [70].

Tablo 4.3. Bazı Ham Maddelerin Fosfor İçerikleri [26]

Ham Madde	Fosfor İçerikleri (%)
Balık unu	2.82
Buğday unu	1.43
Et-kemik unu	5.08-6.38
Kan unu ¹³	0.16
Kazein	0.82-0.90
Mısır gluteni unu	0.80
Soya unu	0.80

Gökkuşığı Alabalığının yetiştiriciliği için larva yeminde % 40, yavru yeminde % 30 ve sofralık balıkların yeminde ise % 30 protein bulunması genel kullanım oranlarıdır. Bu oranlar larva yeminde % 50'ye, sofralık balık beslenmesinde % 46'ya kadar yükselebilmektedir. Alabalık pelet yemlerinde % 8-12 oranında yağ ve % 42-50 oranında protein üst sınır olarak kabul edilmektedir [71].

Diğer taraftan, karbonhidratlar balık beslenmesi için kayda değer bir öneme sahip olarak değerlendirilmemesine rağmen lipitler (yağlar) ile birlikte protein tutma verimliliğini artırmak, azot ve fosforlu atık üretimini azaltmak için yemlere dahil edilmesi önerilmektedir. Bu bakımdan karbonhidratlar yeme ilave edilmez ise enerji kaynağı olarak protein ve lipitler kullanılacak, bu durumda yemin protein enerji dengesini etkileyecektir [76].

Minimum Analiz Değeri	
Ham Protein %	45
Ham Yağ %	20
Ham Selüloz %	2
Nem %	10
Kül %	11
Vitamin (kg/yem) Alabalık 4,5,6,9,12 mm	
Vitamin A (IU)	12000
Vitamin D3 (IU)	2500
Vitamin E (mg)	200
Vitamin C (mg)	200
Enerji(kcal) Alabalık 4,5,6,9,12 mm	
Brüt E. (kcal/kg)	5000
Sindirilebilir Enerji	4250
DP/DE (mg/kj)	21,5

Şekil 4.2. Balık Yem Etiketi¹⁴

¹³ Mezbahalarda ve et kombinalarında akan kan toplanır, pıhtılaşana kadar ısıtılır, süzülür ve kurutulup öğütülerek kan unu elde edilir. uygulanan yüksek sıcaklık kanununun sindirim düzeyini düşürebilir. (Link:<http://www.zootekni.org.tr/upload/File/YEM%20KAYNAI%20OLARAK%20RENDERNG%20RNLERNN%20HAYVAN%20BESLEMEDE%20KULLANIMI.pdf>, Erişim Tarihi:10.10.2015)

¹⁴Resim <http://www.camli.com.tr/> adresinden alınmıştır.

Balık yemlerinin fiziksel ve kimyasal kalitesini belirleyen parametreler; kullanılan ham madde, balık türüne göre hazırlanan yem formülasyonu, yem üretim teknolojisi ve üretim sırasında uygulanan kalite kontrol stratejisidir [72].

Tablo 4.4. Türkiye’de 2006 Yılında Alabalık İçin Üretilen Yem Miktarı, Yemlerde Kullanılan Balık Unu ve Yağı Oranlar İle Yem Dönüşüm Oranları [73]

Üretilen yem miktarı (ton)	Yem dönüşüm oranı	Yemde balık unu kullanım oranı %	Yemde balık yağı kullanım oranı %
40-500	0.7-1.2	30-35	8-15

Balık unu, balık yemlerinin protein kaynağıdır. Balık unu genel olarak % 2.82 oranında fosfor içermektedir ve diğer bitkisel kaynaklı yem ham maddelerine kıyasla daha fazla fosfor ihtiva etmektedir. Ayrıca, üreticiler için balık unu maliyetli bir ham madde ürünüdür. Diğer yem ham maddelerinden et-kemik unu gibi hammaddeler de yine balık unu gibi yüksek oranlarda fosfor içermektedir [26].

4.1.4.3. Yem Üretim Teknolojileri ve Yem Çeşitleri

Yem üretim metotları sıkıştırılmış peletleme, ısı ile ekstrüzyon, soğuk ekstrüzyon ve ekspansiyondur. Bu üretim metotları arasındaki farklar hem yem fiyatları hem de yemlerin performansı üzerinde etkili olmaktadır.

Peletlenmiş yemler üretim sırasında belli sıcaklık, nem ve basınç etkisi altında tutulmaktadır. Böylece kendine özgü tat ve koku beslenmeyi olumlu yönde etkilemektedir. Diğer taraftan sıcaklık ve basınç ile yem içeriğinde bulunan nişastanın kolay sindirilebilmesi sağlanmaktadır. Peletleme sonucunda homojen bir besin içeriğine sahip olan yemlerle beslenen canlıların yeterli düzeyde beslenmeleri sağlanmaktadır.

Peletleme işlemi, yemlerin toz yemlere göre dış etkilerden daha az etkilenmesine ve yemlerde meydana gelen oksidasyonun geciktirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, pelet yemlerin transferi ve depolanması toz yemlere kıyasla daha kolay sağlanmaktadır. Pelet yemlerin besin madde içerikleri (protein, vitamin) uygulanan sıcaklığın etkisiyle azalabilmektedir. Bu durum son yıllarda vitamin gibi katkı maddelerinin sıcağa karşı dayanıklı formlarının kullanılmaya başlamasıyla asgari düzeye indirgenmiştir [74].

4.1.4.3.1. Pres Pelet

Peletleme önceden öğütülmüş ve karıştırılmış en az iki yem ham maddesinden oluşan yem karışımının sıcaklık, nem ve basınç etkisiyle yemin verileceği türün özelliklerine uygun olarak silindirik bir şekle getirilmesi işlemidir [74].

4.1.4.3.2. Ekstruder Yem

Yem üretiminde ülkemizde de yaygın olarak ekstrüzyon teknolojisi kullanılmaktadır. Ekstrüzyon teknolojisi, yemin belirli bir oranda buhar ve suyla pişirilerek bazı ham maddelerden gelen ve hastalığa neden olan zararlı maddelerin yok edilerek besinlerden maksimum yararın sağlanması için geliştirilmiş bir üretim sistemidir. Bu yöntem yüksek sıcaklıkta yem karışımların sıkıştırılması olarak da tanımlanmaktadır.

Genleşme etkisini azaltmak için ekstruder balık yemleri ekstruder makinesinden geçirildikten sonra genleşme dengeleme cihazı kullanılmaktadır. Kalıp dışındaki basınç bu cihaz sayesinde kontrol altına alınmaktadır. Ürün yoğunluğunun kontrolü, % 100 batan yem üretimi bu metotla sağlanabilmektedir. Batma hızı, yem formülasyonu ve ham madde kalitesi dengeleme cihazı tarafından kontrol altında tutulmaktadır. Ekstruder yem üretim sistemi, balıkların beslenme özelliklerine göre yüzen ya da batan yem yapımını kolaylaştıran kontrol edilebilir bir üretim teknolojisi olarak kabul edilmektedir [74].

Tablo 4.5. Ekstruder Balık Yemi Özelliği [75]

Özellikleri	Düşük	Orta	Yüksek
Aminoasit Adaptasyonu		X	
Protein Sindirimi			x
Balık Unu İçeriği			x
Omega Yağ İçeriği			x
Vitamin ve Mineral İçeriği			x

Ekstruder balık yemlerinde en çok % 1.6 oranında fosfor bulunmaktadır. Ekstrüzyon teknolojisinin avantajları;

- Yeme daha fazla yağ girişini sağlayarak yeme ait fiziksel özelliklerin (suya dayanıklılık, toz oluşumunun engellenmesi) ve sindirilebilirliğin artırılması,
- Yemlerin su içerisinde, pelet yemlere oranla, daha uzun süre çözünmeden kalması sağlanarak, balıklar tarafından bu tür yemlerin alımını/tüketimini kolaylaştırması ve yem israfının önüne geçilmesidir [75].

Ülkemizde % 95¹⁵ oranında ekstruder yem kullanılması, diğer çevresel odaklı balık yetiştiriciliği uygulamaları ile desteklendiği takdirde yetiştiricilik kaynaklı besin elementlerinin azaltılmasında önemli bir avantajdır.

4.1.4.4. Yem Kalitesi ve Sindirilebilirliğinin Arttırılması

Yem formulasyonları, sindirilebilirlik ve akabinde atık üretiminde belirgin farklılıklara neden olabilmektedir. Yemlerin besin değeri sadece yemin içeriğine (kimyasal bileşimine) bağlı değildir, aynı zamanda balığın söz konusu yemi sindirmesine ve yem içeriğinin dokulardan emilimine bağlıdır. Sindirilebilirlik ham maddelerin kalitesiyle yakından ilişkili olup benzer ya da aynı kimyasal ve besinsel özelliklere sahip, enerji seviyeleri aynı olan yem içerik ürünlerinin sindirilebilirlikleri farklı olabilmektedir.

Balık yemlerindeki sindirilebilir protein (DP) ve sindirilebilir enerji (DE) dengesi (DP/DE oranı) yemdeki bir birim enerji başına düşen protein miktarının dengesidir. Balıklar diyet proteinlerinin bir bölümünü enerji kaynağı olarak kullanmaktadırlar, kalan bölümünü ise amonyak olarak solungaçları vasıtasıyla su ortamına salgırlar. Yüksek yağlı yemler balık beslenmesinde kullanıldığında enerjinin büyük bir bölümü yağlardan karşılanmakta ve proteinler büyüme için kullanılırken azalan amonyak salgılaması ile maksimum seviyede büyüme ve yemden yararlanma oranı sağlanmaktadır [76].

Tersi durumda, yani DP/DE oranı yükseldikçe bir birim enerji başına düşen protein miktarı artacak, dolayısıyla protein enerji kaynağı yerine kullanılacak ve büyüme için gerekli besin değerleri enerji için harcanacaktır. Dolayısıyla yem değerlendirme oranı (yemin ete dönüşme oranı-FCR) yükselecektir. Artan FCR ise yem kullanımının artmasına ve dolayısıyla yetiştiricilik yapılan su kütlelerine daha fazla besin elementi girişine neden olacaktır.

¹⁵ GTHB BSGM'den 05.11.2015 tarihinde Ö.MALTAŞ ile yapılan görüşme

Örneğin; FCR'nin kısıtlanmadığı bir balık yetiştiriciliği tesisi ile FCR'nin kısıtlandığı balık yetiştiriciliği tesisinde üretilen balıkların büyüme oranları karşılaştırılırsa balıkların büyüme oranlarında farklılık görülmeyebilir. Bu tür bir durumda farklı FCR seviyelerine rağmen aynı oranda büyümenin gerçekleşmesi balıklarda yetersiz sindirim veya sindirilemeyen yemi işaret etmektedir. Bu durum, FCR'si yüksek olan işletmede gereksiz yem maliyeti ve su kütlesine aşırı besin elementi yüklemesi anlamına gelmektedir.

Yemde bulunan fosforun sindirilemeyen bölümü dışkı ile atılmaktadır. Sindirilebilir durumda olan ancak balığın ihtiyacından fazla olan bölümü ise ortofosfat şeklinde üre ile atılmaktadır. Deneysel bulgular balık türlerinin çoğu için fosfor ihtiyacını sindirilebilir fosforun % 4 ila % 6'sı (0,2-0,3 gr Mj DE⁻¹) civarında olduğunu göstermektedir. Balıkların yalnızca büyüme ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olan sindirilebilir fosfor miktarını almaktadırlar ve yalnızca metabolik fosforun çok az bir miktarını dışarı atması; balıkların aldıkları sindirilebilir fosforun neredeyse tamamını biriktirdiklerini göstermektedir. Plazma fosfat konsantrasyonunun sahip olduğu bir eşik değeri bulunmaktadır. Bu eşik değeri altında minimum seviyede böbrekten fosfor atımı gerçekleşmektedir. Bu nedenle balık yemlerinde kullanılan fosforun sindirilebilirliğinin iyileştirilmesi ve yemlerde sindirilebilir fosfor seviyesinin aşılmaması önem taşımaktadır [78].

Bu bakımdan beslenme programları oluşturulurken, besinlerin sindirilebilirliğinin bilinmesi büyük önem arz etmekte olup yemlerin sindirilebilirliği ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

4.1.4.4.1. Katı Atıkların Azaltılması

Balıkların fosfordan faydalanması çok sayıda araştırma projesinin konusu olmuştur. Yapılan araştırmalar bu konuyu daha anlaşılır hale getirmiştir. Balık tarafından dışarı atılan fosforun formu da potansiyel çevresel etkiler üzerinde önemli bir faktör olabilmektedir. Salınan fosforun bütün formları birincil üretimin başlamasında aynı etkiye sahip değildir. Algler ve diğer bitkiler tarafından kullanılabilmesi için fosforun çözünmesi gereklidir. Bu nedenle balığın idrarından kaynaklanan fosfor bitkiler için çok uygundur.

Yem içeriğinin ve üretim tekniklerinin iyileştirilmesi ile balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan katı atık miktarı önemli ölçüde azaltılmaktadır. Yem içeriğinde daha yüksek oranda sindirilebilen yem bileşenlerinin artırılması, az oranda sindirilebilen içeriklerin azaltılması; katı atık miktarının azaltılmasında ihmal edilemeyecek seviyede etkili olmaktadır. Yem içeriğinin kalite kontrolü katı atıkların kontrol edilmesinde etkili bir yaklaşımdır. Bununla birlikte, sindirilemeyen yem içeriğinin % 10'un altına düşürülmesi ekonomik açıdan zararlı olabilmektedir. Sonuç olarak, yem veriminin iyileştirilmesi, (1 birim biyokütle için ihtiyaç duyulan yem miktarının azaltılması) balık yetiştiriciliğinde yüksek kaliteli yemler kullanılarak katı atık miktarında azaltılmasında önemli bir yere sahiptir.

Yem veriminin iyileştirilmesi sindirilebilir yem içeriğinin ve besin dengesinin mevcut durumda daha fazla artırılması ile sağlanabilmektedir. Yem içeriğindeki besin elementlerinin kompozisyonu ve biyolojik kullanılabilirliği, balığın ihtiyacı ile bu elementlerden elde ettiği faydalanmanın daha iyi anlaşılması gerekmektedir.

Balık yemlerinin önemli bir ham maddesi olan balık unu ve balık yağının yüksek fiyatları yem üreticilerini yem formülasyonlarını düzenlemeye zorlamaktadır. Daha ekonomik olan yüksek lifli (NSP)¹⁶ hayvansal ve bitkisel kaynaklı veya daha düşük kuru madde/organik madde sindirilebilirliğine sahip yem içeriklerine bağımlılığın artması, balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan katı madde miktarının da artmasına neden olabilmektedir.

Yem içeriğinin balık, et, kemik unu, kanatlı hayvan eti yan ürünleri veya bitki ürünleri (bezelye, soya fasulyesi, ayçiçeği unu) ısı ile sınıflandırma veya yıkayarak ayıklama gibi basit işlemlere tabii tutularak; kül, nişasta ve NSP içeriğinin azaltılmasının daha düşük miktarda atıkların oluşmasını sağlayacak yemlerin üretiminde etkili ve ekonomik bir yaklaşım olarak gösterilmektedir. Bitki proteinlerinin daha ileri işlemlere tabi tutularak yüksek seviyede sindirilebilen düşük fiyat fosforu, bitki protein konsantrasyonlarının üretimi de balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan azot, fosfor ve diğer katı atıkların daha ileri düzeyde azaltılması için kullanılacak çok etkili bir metottur.

¹⁶ NSP'ler fiziksel ve kimyasal yapı bakımından oldukça kompleks bileşiklerdir. NSP'ler arasında selüloz, hemiselüloz, pektinler ve oligosakkaritler yer almaktadır. Kırkpınar, F., Açıköz, Z., (2003). Kanatlı Hayvanlarda Nişasta Tabiyatında Olmayan Polisakkaritlerin Sindirim Sistemi Mikroflorası Üzerine Etkileri, Hayvansal Üretim 44(2): 20-28

Farklı teknolojik yaklaşımlar kullanılarak üretilen bezelye ürünlerinin kuru madde sindirilebilirliğinin önemli seviyede iyileştirilmesi yem içeriklerin işlenmesi ile katı atık azaltılmasında çok güzel bir örnektir. Bezelye kuru veya sulu işleme teknikleriyle bileşenlerine (protein, lif vb.) ayrıştırılabilir. Kabukları çıkarılan bezelyelerin kuru olarak öğütülmesi ile farklı partikül boyutlarında ve yoğunlukta protein üretmek için hava yardımı ile sınıflandırma işlemi ile düşük yoğunluktaki proteinler daha yoğun olan nişastadan ayrıştırılmaktadır.

Islak öğütme işlemi; bezelyelerin öğütüldükten sonrasında asit solventlerde çözünmesini içermektedir. Bu yöntemle daha yüksek saflıkta ve yüksek seviyede sindirilebilir protein konsantrelerinin üretilmesi sağlanmaktadır. İleri derecede işlenmiş yem içerikleri genellikle daha fazla sindirilebilir ve daha az katı atık oluşumu sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu içeriklerin yem formülasyonlarında kullanılması pahalıdır. Bu nedenle, maliyet etkin işleme metotlarının geliştirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır [78].

4.1.4.4.2. Katı Atıkların Fiziko-Kimyasal Karakteristiklerinin Manipülasyonu

Balık dışkılarının fiziko-kimyasal karakteristikleri geçmişte çok az dikkat çekmiş bir konudur. Bununla beraber, fekal atıkların özelliklerinin iri partikül boyutu, çökme hızı ve stabilitesine ilişkin özelliklerinin, katı atıkların sucul ortamda toplanması ve yayılması üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Bu konu son zamanlarda Red ve diğerleri tarafından ele alınmıştır.

Günümüzde balık dışkılarının özelliklerini etkileyen faktörlere ilişkin bilgiler hala sınırlı olup daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Yem içeriği, beslenme şekli veya spesifik kimyasal bileşenler dışkının özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Balık beslenmesinde düşük seviyelerde siyam baklası (guargun)¹⁷ ilavesi, (yemde 1-3 kg/ton civarında) Gökkuşığı Alabalığı tarafından salınan dışkıların stabilite ve çökme karakteristiklerini önemli ölçüde arttırmaktadır. Dolayısıyla katı atıkların ortamdan

¹⁷Guar gam, veya guaran, siyam baklasının (*Cyamopsis tetragonolobus*, *Cyamopsis psoralides*) besidokusundan elde edilen bir kıvam arttırıcıdır. İnsan ve hayvanlar için bir besin kaynağı olarak kullanımı da bulunmaktadır (Link:<http://www.hammaddeler.com> Erişim Tarihi:08.12.2015)

uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Stabilitenin artmasıyla atıkların çözünmesi önemli seviyede azalmaktadır. Fekal atıkların stabilitesinde siyam baklası zampı faydası doza göre değişmektedir. Ayrıca yüksek vizkoziteli zamp, orta vizkoziteye göre daha etkili olmaktadır. Ogunkaya, Page, Adewole ve Bureau (2006) soya fasulyesi unu ve bir enzim karışımı kombinasyonunun, Gökkuşığı Alabalığı fekal atıklarının stabilitesini büyük ölçüde azalttığını gözlemlemişlerdir. Daha kolay bozunabilir ve dağılabilir fekal atıklar ise bazı kafes tesislerinden kaynaklanan katı atıkların lokal etkilerini potansiyel olarak azaltabilmektedir [78].

4.1.4.4.3 Fosfor Atıklarının Azaltılması

Kafes yetiştiriciliğinden kaynaklanan fosfor atıklarına ilişkin kabuller yapılırken sadece toplam fosfor değil, balıktan atılan fosforun diğer formları da dikkate alınmalıdır. Hua de Lange Niimi, Cole, Moccia, Fon ve Bureu (2008) mevcut bilgileri kullanarak Salmonid balık türlerinin atıkları, bekleme süresi ve fosfor sindirilebilirliğini tahmin eden bir model oluşturmuşlardır. FISH-PRFEQ biyo-enerji modeli çerçevesinde çalışan bu modelin balık yetiştiriciliği tesislerinden kaynaklanan atıkların, yüksek bir doğrulukta tahminini vererek fosfor atıklarının farklı formlarına ilişkin tahminlerde bulunmaya yardımcı olduğu belirtilmektedir (katı, çözünmüş; inorganik organik katı fosfor atıkları). Bu model çerçevesinde beş adımda yem gereksinimi hesaplanarak atıkların azaltılması hedeflenmektedir. Bu adımlar,

- Yem seçimi,
- Büyüme oranının tahmini,
- Atık tahmini,
- Balığın büyümesi için gereken minimum yem miktarı,
- Yemleme stratejileridir [78].

4.1.4.4.4. Sindirilebilir Fosfor Formülasyonu

Yemlerin sindirilebilir fosfor içeriğini belirli bir seviyede tutabilecek formülasyonların oluşturulması zor olabilmektedir. Çünkü genel yem içeriklerinin hem sindirilebilir fosfor, hem de toplam fosfor miktarına ilişkin kabuller literatürde geniş bir aralıkta değişkenlik gösterebilmektedir.

Tablo 4.6. Salmon Diyetlerinde Yaygın Olarak Kullanılan Yem İçeriklerinde Bulunan Fosforun Sindirilebilirlik Oranları [78]

Yem Ham Maddesi	Fosfor Sindirilebilirlik Katsayı %
Balık Unu	17-81
Et ve Kemik Unu	22-67
Kan Unu	70-104
Soya Unu	27-46
Mısır Glüten Yemi	<10

Fosfor farklı yem içeriklerinde farklı formlarda bulunabilmektedir. Bu formlar dört grupta toplanabilmektedir; organik fosfor, fitat fosforu, mineral fosforu ve kemik fosforudur. Balık için bu formların sindirilebilirliği çok geniş bir aralıkta bulunabilmektedir. Keratin, fosfolipitler ve nükleik asitler gibi organik fosfor bileşikleri yüksek oranda sindirilebilirliğe sahiptir (>% 90 sindirilebilir). Başka bir organik fosfat formu olan fitat fosforu balık tarafından sindirilememektedir (fitaz enzimi olmadan). Dikalsiyum fosfat ve kaya fosfatı gibi mineral fosfatların sindirilebilirliği çözünürlüklerine bağlı olmakla birlikte genellikle yüksektir (% 60-90 sindirilebilirlik).

Kemik fosforunun sindirilebilirliği ise çoğunlukla mide asidi salgısına bağlı olarak balık türlerine göre değişmektedir. Gökkuşuğu Alabalığı için (gerçek mide asidi salgısına sahiptir) kemik fosforunun sindirilebilirliği % 40 ila % 60 arasındadır. Hua ve Burea (2006) yayımlanmış verilerin detaylı bir meta analizini yaparak Salmonid balıkların yemlerinde sindirilebilir fosfor içeriğini tahmin eden bir model geliştirmişlerdir. Hua ve Bureau (2006) modelinin, Gökkuşuğu Alabalığının farklı içeriklerde formüle edilmiş yem içeriklerini sindirilebilirliğine yönelik pratik ve güvenilir sonuçlar verdiği yapılan çalışmada belirtilmiştir.

Bu bakımdan düşük azot- fosfor içeriğine ve yüksek sindirilebilir sahip yemlerin kullanılması önem arz etmektedir [78].

4.1.4.4.5 Yem İlaveleri ile Fosforun Azaltılması

Yemlerde fosfor beslenmesini arttırmak ve hayvansal atıkların oluşturduğu fosfor kirliliğini azaltmak için hayvanların beslenmesinde yaygın olarak fitat ve fitaz enzimi kullanılmaktadır. Tahıl ve baklagil tohumlarının olgunlaşması sırasında tohumların bir çoğunda ve yan ürünlerinde % 1-2 fitik asit oluşmaktadır. Tahıl, baklagil ve yağlı tohumlarda bulunan fitik asit, fosforun depo formudur. Fitat, fitik asitin tuzları olarak tanımlanmaktadır. Fitik asitin, potasyum-magnezyum ve kalsiyum tuzlarının karışımı ile fitat meydana gelmektedir.

Fitatı parçalayan enzimler ise bitkisel kaynağın besleyici değerini ve bitkisel içerikli yemlerin sindirilebilirliğini arttırmak için yemlere (mikrobiyal ya da mantar kaynaklı-eksojen fitaz) ilave edilmektedir. Bitkisel içerikli yemlerde bulunan fitatın bağırsaklardan absorpsiyonu için uygun hale getirilebilmesi maksadı ile öncelikle fitaz tarafından defosforilasyona uğratılması gerekir. Fitaz, fitatın ester bağlarındaki defosforilasyonundaki (fosfat molekülünün ayrılması) ilk konumlarına bağlı olarak 3-fitaz ve 6-fitazla ayrışmaktadır. Genel olarak mikrobiyal kaynaklı fitaz, fitaz-3 iken bitkisel ve mantar kökenli fitaz 6-fitazdır. Arpa, buğday, çavdar gibi belirli bitkisel yem içerikleri yüksek seviyede endojen fitaz aktivitelerine sahiptir. Ayrıca, fitaz ısıya dayanıklıdır ve 70-80 °C sıcaklık endojen fitazın kısmen veya tamamen inaktif olmasına neden olmaktadır. Balık yemleri için temel işleme metotlarından olan ekstrüzyon işlemi endojen fitaz aktivitelerine zarar verebilmektedir. Bu nedenle, fitazın balık yemi üzerindeki etkisine yönelik araştırmalar eksojen fitaza odaklanmıştır. Diğer taraftan, yapılan araştırmalarda balık yemlerindeki fitat miktarının 5 gr / kg'ın altında tutularak veya karma yeme Zn gibi minerallerin ilave edilmesi ile fitatın muhtemel olumsuz etkisini azaltma önerisi yapılmaktadır [79].

Yem içeriğinde eksojen fitaz ilavesinin Salmonidlerin fosforu sindirilebilirliğini arttırdığı belirlenmiştir. Ilık su türleri üzerinde mikrobiyal kaynaklı fitazın daha etkili olduğuna yönelik göstergeler vardır. Fitazın kullanımı yalnızca balığın ihtiyacından daha az sindirilebilir fosfor olduğunda ve yemin bitkisel içeriğindeki sindirilebilir fosforun çoğunlukla fitat olduğu yüksek olduğu durumlarda anlam kazanmaktadır.

Yem içeriklerinin fitaz ile ön işlemlere tabi tutulması gelecek vadede alternatif bir yöntem olarak görülmektedir. Yemin bitkisel içeriğinin ön işlemlere tutulmasının

fosforun sindirilebilirliğini ve faydalanabilirliğini arttırabileceği gözlenmiştir. Yemin bitkisel içeriğinin defititnazyonu Atlantik Salmonu (*Salmo salar*) ve Gökkuşığı Alabalığının fosfordan yararlanabilirliğini arttırmıştır. Fitat fosforunun sindirilebilirliğini arttırmak amacıyla fitik asit birikimi engellenerek basit gen mutasyonları kültür tahılları geliştirilmiştir.

Diğer taraftan, organik asitlerin fosforun balık tarafından kullanılabilirliğini arttırmakta etkili olduğu ortaya koyulmuştur. Balık ununa katılan sitrik asit, sodyum sitratın Gökkuşığı Alabalığı tarafından fosforun sindirilmesini arttırmıştır. 1 kg yeme 4-10 ml formik asit ilavesi Gökkuşığı Alabalığının fosforu sindirmesini ve fosforun vücutta kalma süresini arttırmıştır. Balık unu ve balık kemik unu içeren yemler için 1 kg yeme 4-30 gr sitrik asit ilavesi Gökkuşığı Alabalığı tarafından fosforun sindirilmesini arttırmıştır. Pondet ve Satah (2008) düşük balık unu içerikli Gökkuşığı Alabalığı yemlerine % 1 sitrik asit ilavesinin fosforun balıkta kalma süresini arttırdığını gözlemiştir. Organik asit ilavesi agastrik (midesiz) balıkların (Sazan vb.) yemlerinin sindirilebilirliğini arttırmıştır.

Organik asitin bu olumlu etkisi muhtemelen balık ununda bulundan kemik minerallerini çözünebilirliğini arttırmanın yanı sıra kalsiyum ve fosforun bağırsak üzerinde çökmesine sebep olabilecek kalsiyum ve fosforun antagonist etkileşimini azaltmasından kaynaklanmaktadır. Pal, Sahu, Join Makherjee ve Debrath (2005) sitrik asit ilavesinin soya fasulyesi unu içerikli yemlerle beslenen Hint Sazanında kemik fosfor içeriğini önemli seviyede arttırdığını gözlemlemişlerdir. Bu araştırmacılar, ayrıca sitrik asit ve fitaz enzimi etkileşiminin kemik fosforu içeriğini arttıran sinerjik bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Bununla birlikte, yemlerde serbest formdaki organik asit seviyesinin yüksek olması yem alımını azaltan, mide ve bağırsak mukozasına zarar verme, kemik demineralizasyonu ve metabolik asidoza sebep olarak hayvanın büyümesini olumsuz etkileyebilmektedir. Sugiura ve diğerlerinin (1998) yaptıkları bir araştırmada % 5'e kadar ilave sitrik asit seviyesi (50 gr/kg yem) Gökkuşığı Alabalığının yem alımını etkilemiştir. Organik asitler, asit-baz dengesini ve mineral homeostaziyi etkileyebilmektedir. Konunun bu boyutu ile ilgili olarak daha fazla araştırma yapılması faydalı olacaktır [78].

4.1.4.4.6 Azot Atıklarının Azaltılması

Azot metabolik atıklarını etkileyen temel faktörler, amino asitlerin balık tarafından katabolizmasını ve depolanmasını düzenleyen faktörlerdir. Yemin aminoasit kompozisyonu, balık tarafından üretilen NH_3 salınımı ve enerji kaybını etkileyecektir. Bununla birlikte, zayıf amino asit profiline sahip proteinlerle formülize edilmiş yemler daha düşük azot sindirilebilirliğine ve azotun vücutta tutulma veriminin azalmasına dolayısıyla daha fazla NH_3 salınımına neden olacaktır. Aminoasit ihtiyacının yeterliliğine ilişkin kabuller çok büyük değişiklikler göstermekte ve balık ihtiyacının belirlenmesinde kullanılan yöntemler üzerindeki farklı yaklaşımlar, yemlerin amino asit kompozisyonunun önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmasına neden olmaktadır.

Yemin DP'si ve DE'si oranındaki denge (DP/DE) diğer önemli bir faktördür. Protein dışı kaynakların (lipitler gibi) enerji kaynağı olarak kullanılması, amino asitlerin enerji kaynağı olarak tüketimini azaltacaktır. Dolayısı ile hem Gökkuşluğu Alabalığı hem de Atlantik Salonu proteinlerden faydalanma verimi artacaktır. Yem içeriğindeki DP/DE oranı yükseldikçe balık o derece proteinlerden metabolik faaliyetler için yararlanabilecek ve azotlu atık miktarı azalacaktır [78].

4.1.4.5. Balık Beslenmesinde Gelişim Performansının İzlenmesi

Balıklar besinlerini dışardan alan heterotrof canlılardır. Bu bakımdan yetiştiriciliği yapılan balıkların beslenmesi oldukça önemlidir. Kullanılan balık yemleri enerji ihtiyacını sağlarken gerekli besin maddelerini de karşılamalıdır. Bu nedenle balıkların bu besinlerden ne derece yararlandığının ve büyüme performanslarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla büyüme ve beslenme arasındaki ilişkinin belirlenmesinde bir takım modeller kullanılmaktadır. Bu modellerden en sık kullanılan yem dönüşüm oranlarının belirlenmesidir [69].

4.1.4.5.1. Yem Dönüşüm Oranının Belirlenmesi

Balıklarda gelişim performansını belirlemede sıklıkla kullanılan metotlardan biriside yem dönüşüm oranı (FCR) dır. FCR 1 kg canlı balık artışı için tüketilen yem miktarının sayısal ifadesi olarak tanımlanmaktadır. FCR ağırlık artışının bir ölçüsünün olması dışında sağlıklı, kaliteli ve kısa sürede pazara ulaşabilen balıkların da üretilmesini sağlamaktadır.

FCR (kuru yem bazında) aşağıda sunulan formül ile hesaplanmaktadır [69].

$$\text{FCR} = \frac{\text{Tüketilen Yem (ton/yıl)}}{\text{Üretim miktarı (ton/yıl)}}$$

FCR balık yetiştiriciliğinde yem miktarını doğrudan etkileyen ana parametrelerden biri olup yem kalitesini ve sindirilebilirliğini yansıtmaktadır. Ülkemizde genel olarak yem değerlendirme oranı 0,7 ile 1.2 arasında değişmektedir. Bu oran su sıcaklığı ve büyümeye (balık boyları) bağlı değişmektedir.

Balıklara günlük olarak verilecek yem miktarı tespit edilirken bu iki nokta göz önünde bulundurulmalıdır. Yemleme oranının tespit edilmesinde etkili olan diğer faktörler ise yem içeriği, stok miktarı, su kalitesi ve yetiştirme ortamında su değişimidir [11]. Diğer taraftan FCR hesaplamalarında yetiştiricilik tesislerinde oluşan balık ölümlerinde göz önüne alınmalıdır. Çünkü ölen balıklar farklı yemleme zamanlarında öldüklerinden; bu balıkların ne zaman, ne kadar yem tükettikleri bilinmemektedir. Bu nedenle yanlış FCR hesaplamaları yapılabilmektedir. Bu yemleme oranının belirlenmesinde dikkat edilmesi gerekli önemli bir husustur [69]. Diğer taraftan, yem dönüşüm oranı, yüksek kaliteli yem kullanılması ve balık beslenme (yem alma) davranışları gözlenerek azalması sağlanabilmektedir. Düşük yem dönüşüm oranı su ortamına giren besin elementlerinin miktarının da azalmasına neden olacaktır. Balık yetiştiriciliğine ilişkin katı yasal mevzuat ve düzenlemelere sahip ülkelerden biri olan Danimarka'da yem dönüşüm oranları 1989 yılında 1.2 iken 1992 yılında yasal mevzuatla 1.0'e düşürülmüştür [54]. FCR oranı, bahse konu faktörlere bağlı olarak ülkemizde Burdur İlinde 0.95¹⁸ iken Konya İlinde 1.1-1.5¹⁹ arasında değişmektedir. Ülkeler bazında örneğin Norveçte 1.1 iken Şili'de 1,3'dür. Yem değerlendirme oranı farklı ülkeler arasında değiştiği gibi aynı ülkenin farklı coğrafi bölgelerinde de değişebilmektedir. Diğer taraftan, FCR hesaplanmasının yanısıra balıklarda gonad gelişimi takip edilerek de beslenmeleri azaltılabilir [69]. FCR'ye ilave olarak bu ve benzeri metotlardan da yararlanarak yetiştiricilik kaynaklı besin elementlerinin su kütlesine girişi azaltılabilecektir.

¹⁸ Burdur GTHB İl Müdürlüğü sözlü görüşme Kasım 2015

¹⁹ Konya GTHB İl Müdürlüğü sözlü görüşme Kasım 2015

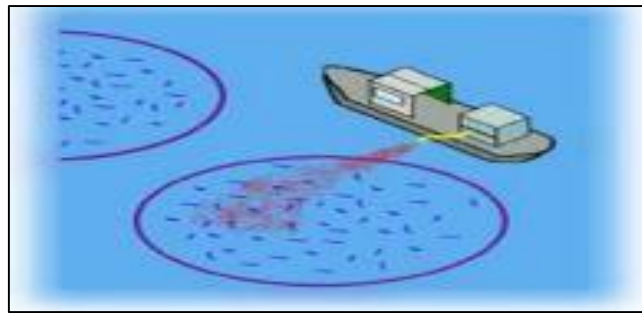
4.1.4.6. Yemleme Metotları

Yemleme metotları elle yemleme ve otomatik yemliklerle yemleme olarak ikiye ayrılmaktadır. Elle yemleme eski bir yöntem olmasına rağmen günümüzde halen kullanılmaktadır. Serbest yem verme, el veya kürek gibi basit aletlerle yapılan yem verme işlemidir. Personelin fiziksel becerisinin ve yorgunluk gibi faktörlerin yem verme üzerinde tamamen etkili olduğu, günümüzde üretim hacmi düşük balık yetiştiriciliği tesislerinde kullanılan, genellikle küçük çaplı (5-15 m) kafeslerde etkili olan bir yemleme yöntemidir. Bu yöntemin avantajı; balıkların birbirleriyle olan etkileşimlerini inceleme ve balık davranışlarını gözlemleme fırsatı sunmasıdır.



Resim 4.1. El ile Yemleme²⁰

Büyük kapasiteli balık yetiştiriciliği tesislerinde ve işçilik ücretinin yüksek olduğu ülkelerde yaygın olarak otomatik yemlikler kullanılmaktadır. Yem otomatları içerisinde en çok kullanılanlar, sarkaçlı yemlikler, yürüyen bant sistemi ile çalışan yemlikler ve hava basınçlı yem otomatlarıdır.



Şekil 4.3. Otomatik Yemleme²¹

²⁰ “Hargreaves J., Best Management Practice for Cage Culture: Advantages and Limitations” dan alıntıdır.

²¹ Kuzey Su Ürünleri Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti ÇED Raporu (2013) Erişim Tarihi:12.11.2015 Link: <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Alabalik%20Yetistirme%20Kapasite%20artisi%20NCD.pdf>

Yem otomatları ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği tesislerine hava kompresörlü (el ile) ve hava üflemleri bir sistemle yem vermektedir. Hava bazlı yem dağıtım sistemleri yüksek basınç, düşük hacim veya yüksek hacimde, düşük hava basıncı kullanmaktadır. Hava dağıtım tasarımları yemin istenilen noktaya atımı ile sınırlıdır. Su bazlı dağıtım sistemleri hava bazlı dağıtım sistemlerine göre yemleri daha uzağa ulaştırabilir, ancak bu sistemde suyu pompalamak için enerji gerekmektedir.

Platform sistemleri 50 ila 150 kilogram olarak depolanabilen yemin kafeslere ulaştırılmasını sağlar. Bu sistemlerde elle beslemeye göre daha dar bir alana; ancak daha uzak mesafelere yemi ulaştırmak mümkündür. Kompresör gücünü ayarlamak suretiyle göre tüm kafesin çapına yetebilecek uzaklıkta yem atımı yapılabilmektedir. Sistemlere eklenen sayaçlar vasıtasıyla atılan yem miktarı görülebilmektedir. Ancak bu yöntemde fazla veya eksik yem verme, yemin doğru yere atılmaması gibi sorunlarda meydana gelebilmektedir.

Balık yetiştiriciliğinde uygulanan diğer bir yemleme yöntemi de (özellikle karides üretimi) yem tepsisi kullanılmasıdır. Yem ilavesi yapılan yem tepsileri kafeslerin altında yerleştirilmektedir. Günlük olarak yapılan kontrollerle tüketilen yem miktarı takip edilmekte ve o doğrultuda yemlemeye devam edilmektedir. Yem tüketiminin bu vasıta ile izlenerek yem dönüşüm oranlarının kontrolü sağlanmaktadır. Ancak tepsilerin düzenli periyotlarla kontrolü iş yükü gerektirdiğinden bu yöntemi uygulandığı ülkelerde dahi yöntem süreklilik arz etmemektedir.

Diğer taraftan yemleme sıklığı, balığın büyüklüğü ve su sıcaklığı dikkate alınarak belirlenmektedir. Çünkü bu iki parametre, sindirim sistemi geçiş süresini doğrudan etkilemektedir. Genellikle yavru aşamasında çok sık uygulanan yemleme, balıklar büyüdükçe günde 2 defaya kadar azaltılmaktadır.

Yemleme zamanı olarak günün ilk saatleri ve gün batımı öncesinin yem değerlendirme bakımından avantajlı zaman dilimi olarak değerlendirilmektedir [12], [72], [80].

4.1.4.7. Yem Tüketiminin İzlenmesi

Balık yetiştiriciliğinin olumsuz çevresel etkilerinin minimize edilmesi için balıkların beslenme etkinliklerinin doğrudan gözlenmesi gereklidir. Eğer doğrudan gözlem mümkün değilse video kameralar, sonar sensörleri, doppler sistemleri

kullanılarak balıkların yem alma davranışları ve yem tüketimi su altında gözlenebilmektedir.

Dolaylı izleme yöntemleri, modern sensör ve veri iletim teknolojileri gelişmesi ile birlikte hızla gelişmiştir. İlk sistemler amatör video sistemlerinden oluşurken zamanla dolaylı izleme sistemleri gelişerek, video doppler sistemli kamera ve sensörler her kafesin altında standart haline gelmiştir. Bu alandaki gelişmeler izleme sistemlerinde kablo kullanımını ortadan kaldırmıştır.

Yemleme ve yem tüketimi izlemesinin en etkili metodu doğrudan ve dolaylı izlemenin kombinasyonudur. Doğrudan gözlem yerinde balık davranışlarını bütünsel olarak değerlendirilmesine olanak vermektedir. Dolaylı gözlem ise su altı gözleminin yapılmasına olanak vermektedir. Otomatik yemleme sistemleri kullanılması halinde atık yem azaltılmasında geri bildirim sağlamak için dolaylı izleme sistemleri ile yem kontrol sistemleri ile bağlantılı olmalıdır. Dolaylı sistemler düzgün çalışıyor olsa bile doğrudan izleme sistemi ile dolaylı izleme sisteminin çalışma durumu ve balıkların yem alma davranışları kontrol edilmelidir [81].

4.1.4.8. Stres Yönetim Programı Uygulanması

Bu programın amacı, yem dönüşüm oranının yükselmesine ve dolayısı ile sucul ekosisteme gereğinden fazla yem girişine neden olması muhtemel balıklar üzerindeki stres faktörlerini azaltmaktır. Kafes yetiştiriciliğinde çevresel koşulların kontrolü sınırlıdır ve bu koşullar yetiştiriciliğin yapıldığı alanlarda belirgin şekilde balıkların stres seviyesini etkileyebilmektedir. Örneğin; su değişimi, ağ kafeslerin göz açıklığı tıkanığında azalacaktır. Gözeneklerin tıkanarak su akışını azaltması, çözünmüş oksijen seviyesini sınırlandırarak kafeslerdeki balık popülasyonlarının stres altına girmesine neden olacaktır. Ağların değiştirilmesi ve temizlenmesi işlemi tıkanıkları azaltır, su değişim oranını artırır. Bu nedenle ağ kafesler yeterli sıklıkta değiştirilmeli veya temizlenmelidir [81].

4.1.4.9 Yemleme ve Balık Biyokütle Envanter Kayıtları Tutulması

Yem dönüşüm oranlarının kısa dönemli ve uzun dönemde izlemeleri tekil ya da tüm kafes sistemlerinde atıkların azaltılmasında en güçlü yönetim araçlarından biridir. Her kafes için yem oranlarının izleme kayıtları tutulmalıdır. Kafes içindeki balıkların

ortalama ağırlığı ve boyunu bilmek için düzenli balık örnekleri ile balık büyümesini doğrulanması ve izlenmesi gereklidir. Aylık olarak FCR'nin belirlenmesi yemleme kayıtlarına ve balık örneklemelerine dayanmalıdır [81].

4.1.4.10 Yem Muhafazası

Yem üretimi, depolanması ve dağıtımı balık yetiştiriciliğinde atık yönetiminin en önemli konusudur. Yemlerin uzun dönem depolanmaları yemin verimliliğinde olumsuz etki yaratacaktır. Uygun olmayan koşullar altında (nemli depolama gibi) sonucu yemlerde fiziksel bozulmalar meydana gelecektir. Bu bozulmalar sonucu yemden dökülen tozlar veya kırıntılar alıcı su ortamında biyolojik oksijen ihtiyacının (BOD) artmasına neden olacaktır. Bu nedenle;

- Yemler verilirken eski tarihli yemlerden başlanılmalıdır.
- Yemler tavsiye edilen süre içinde ve uygun koşullarda depo edilmelidir [81].

4.1.4.11. Çalışanlara Eğitim Verilmesi

Balık davranışlarını, balık büyüme biyolojisini, beslenmesi, stres fizyolojisi, su kalitesi izlemesi, farklı yemleme stratejileri, üretim performansının izlenmesi konularını içeren anlaşılır bir eğitim sunumu tesis sorumlusu tarafından ilgili personele yapılmalıdır [81].

4.1.4.12. Balık Yemlerine İlişkin Düzenlemeler; Danimarka Örneği

Danimarka'da su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerine ilişkin olarak Su Çerçeve Direktifinde yer alan çevresel hedef kriterleri uygulanmakta ve su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetleri ulusal mevzuatlar ve Su Çerçeve Direktifine göre düzenlenmektedir.

Balık yetiştiriciliği tesislerinden kaynaklanan besin elementleri konsantrasyonlarının yanı sıra izlenmesi gerekli görülen diğer parametreler;

- Maksimum izin verilebilir yem tüketimi,
- Maksimum organik ve AKM konsantrasyonudur [82].

Danimarka'da 08.02.2012 tarihinde yayımlanan "Tatlı Su Balık Yetiştiriciliğine İlişkin Olarak Eş Zamanlı Vaka Yönetimi ve Çevresel İzinlendirme Düzenlemeleri" ile tatlı su balıkları yetiştiricilik sektörü için en uygun yetiştiricilik tekniklerinin uygulanarak

sucul ekosistemde kirliliği arttırmaksızın üretim seviyesinin artırılması hedeflenmektedir.

Bahsekonu mevzuatın 12. Bölümünde yer alan çevre izni kapsamında balık yetiştiriciliğinde yem tüketimi bazında sınırlamalar getirilmiştir. Söz konusu düzenlemeye göre balık yeminde bulunması gereklilikler;

- Net enerji içeriği: yemlerde sindirilebilir enerji içeriği (DE) en az 18.2 MJoule / kg (4.35 Mcal / kg) olacaktır.
- Pelet yemlerin 0,25 katı kadar bir ağ gözü açıklığında kalburla elenebilen yem fraksiyonu olarak tanımlanan toz içeriği % 1'i geçmeyecektir.
- Azot miktarı, yem kuru ağırlığının % 9'unu aşmamalıdır.
- Fosfor miktarı, yem kuru ağırlığının % 9'unu aşmamalıdır (Azot ve fosfor içeriğine ilişkin olarak drenaj ya da yeraltı suyunu kullanan işletmeler hariç tutulmuştur).

Tüm yetiştirilen balık boyları için 1 ton başına üretim deşarj standartı;

- Amonyum azotu için 30 ton,
- Toplam azot için 56 ton,
- Toplam fosfor için 4.9 tondur [83].

Türkiye'de yem sektörü ile ilgili önemli birçok mevzuat bulunmakla birlikte balık yemlerinin içeriğinde bulunan besin elementlerinin miktarını düzenleyen ya da kısıtlayan herhangi bir mevzuat bulunmamaktadır.

4.1.5. Balık Yetiştiricilik Tesislerinin İzlenmesi

Çevresel izleme, balık yetiştiriciliğinin kısa ve uzun dönemli çevresel etkilerini değerlendirmek için fiziko-kimyasal ve biyolojik parametrelere göre yetiştiriciliği çevresel bakımdan düzenleyen standart bir metottur [84].

İzleme ve atık deşarjı düzenlenmesi karasal bazlı ve kafes yetiştiricilik işlemleri için farklı olacaktır. Havuzlarda balık yetiştiriciliği için atık kaynağının doğrudan izlenmesi gerekli iken kafes yetiştiriciliğinin izlenmesi için bentik fauna ve /veya substrat üzerinde deşarj etkileri doğrudan gözlenmesi gerekmektedir.

Durgun sularda besin elementleri açısından balık yetiştiriciliği tesislerinin etkilerinin izlenmesi için öncelikli olarak su kalite parametrelerinin izlenmesi üzerinde durulmaktadır. Diğer taraftan, AB ülkelerinde balık yetiştiriciliğine ilişkin yapılan çalışmalarda izleme sonuçlarının, çevresel kalite standartlarından üretilmiş değerlerle karşılaştırılarak değerlendirme yapılabileceği önerisi getirilmiştir [88].

Türkiye’de durgun sularda balık yetiştiriciliğinin izlenmesinde YSKY Ek-6 Tablo 9’da yer alan parametreler kullanılmakta olup sediment izlemesi yapılmamaktadır. Bununla birlikte, durgun sularda balık yetiştiriciliğinin değerlendirmesinde sediment izlemesinin de yapılmasının gerekliliğini vurgulayan bazı çalışmalar bulunmaktadır.

4.1.5.1 Su Kalite Parametrelerinin İzlenmesi

Avustralya’da bulunan Tazmania eyaletinde göllerde kafes yetiştiriciliğinin etkilerinin azaltılması için izleme çalışmalarının gerekliliği vurgulanarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Bu kapsamda, su kalitesindeki bozulma riskine karşı besin elementi durumu, çözülmüş oksijen ve algal bolluk izlenmelidir. Kafeslerde balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan etkilerin anlaşılabilmesi amacıyla balık yetiştiriciliği faaliyeti öncesinde gelecekte karşılaştırmalı değerlendirmenin sağlanabilmesi için alan ön izlemesi yapılmalıdır. Alan ön izlemesi en az 12 ay mümkünse 24 ay balık yetiştiriciliğine aday durgun sularda yapılarak potansiyel yetiştiricilik alanlarına ilişkin su kalite verisi olmalıdır.

Su kütlesinin morfometrisine bağlı olarak en az üç mümkünse 4 ila 8 nokta arasında su sütunundan örnek numune alınmış olmalıdır. Örnekleme için gölün su kalite durumunu ortaya koyacak şekilde örnekleme noktaları seçilmelidir. En az bir örnekleme noktası yetiştiricilik yapılmak istenen nokta veya dolaylarında olmalıdır. Örnekleme sıklığı, su kolonunun tüm koşulları hakkında (örneğin termoklin tabakasının olduğu dönemler) bilgi sahibi olacak şekilde yeterli aralıklarla gerçekleştirilmelidir. Ayrıca örnekleme besin elementlerinin giriş ve çıkış yüklerini değerlendirmek için durgun suların önemli giriş ve çıkışlarında yapılmalıdır. Akıntı hızı su kütlesinin önemli giriş ve çıkışlarında ve içinde devamlı şekilde kayıt edilmelidir. Göl su kütlesinin batimetrisinin seviye ve hacmi arasındaki ilişkiye tahmin etmek için bilinmesi gerekmektedir. Tüm su örnekleme 2 ay aralıkla yapılmalıdır. Her örnekleme lokasyonunda suda toplam azot, toplam fosfor, nitrat, amonyak, çözülmüş reaktif fosfor içeren azot ve fosfor besin

elementlerinin formları analiz edilmelidir. Bulanıklık, renk, AKM, iletkenlik, çözünmüş oksijen ve sıcaklık da ölçülmelidir.

Ek olarak, potansiyel balık yetiştiricilik alanlarında akıntı şiddeti, çözünmüş oksijen ve sıcaklık profili iki aylık örneklemeler neticesinde değerlendirilmelidir. İzleme sonuçlarına ve veri analizlerine göre;

- Geleceğe yönelik değerlendirmeler için referans veri seti,
- Revize besin elementi-klorofil modelleri balık yetiştiriciliğine açılacak göllerde karşılaştırılmalı ve uygun model içerisine verilerin entegrasyonu,
- Yetiştiricilik alanı için tekil değerlendirmeler,
- Yem kompozisyonu ve yem değerlendirme oranı senaryolarına için hedef göl ve baraj göllerinde üretim kapasitesi ve yemleme oranları için sınırlar üretilmesine

ilişkin analiz yapılmalıdır [51].

2014 yılında Global Su Ürünleri Yetiştiriciliği Birliği (The Global Aquaculture Alliance–GAP) tarafından hazırlanan BMP sertifikasyon standartları rehberinde durgun sularda izleme çalışmalarında izlenmesi gereken parametreler ve örnekleme sıklıkları Tablo 4.7’de sunulmaktadır.

Tablo 4.7. GAP İzleme Parametreleri ve Sıklıkları [86]

Parametre	Örnekleme Derinliği	Örnekleme Sıklığı
Sıcaklık	Vertikal profil, 2 m aralıkla	Aylık
Çözünmüş oksijen	Vertikal profil, 2 m aralıkla	Aylık
pH	Orta derinlikten	Üç ayda bir
Klorofil-a	Orta derinlikten	Üç ayda bir
BOD	Orta derinlikten	Üç ayda bir
Seki diski derinliği	-	Haftalık
Toplam amonyak azotu	Orta derinlikten	Üç ayda bir
Fitoplankton tür ve bolluğu	Orta derinlikten	Üç ayda bir

Söz konusu standartlara göre bahsekonu parametrelerin en az 3 noktada örnekleme yapılması ve en az bir noktanın yaklaşık olarak kafesin ya da kafes sisteminin merkezinde olması gerekmektedir.

GAP standartlarına göre izleme çalışmalarının sonucuna göre su kalitesinin iyileştirilmesi için balık yetiştiricilik tesislerinde yem girdisinin azaltılması gerekebilir. Kullanılan yem miktarının azaltılması;

- Sabah saatlerinde herhangi bir örnekleme noktasından alınan su numunesi çözünmüş oksijen parametresi ölçüm sonucu 5 mg /L altında ise,
- Yıllık seki diski derinliği % 25 azalmış ise
- Fitoplankton biyomasının % 60'ından fazlasını mavi-yeşil algler veya diğer zararlı algler oluşturuyorsa vb.

durumlarda geçerlidir.

Sertifikasyon programlarının durgun sularda balık yetiştiriciliğine ilişkin standartları bu çalışmada tamamen ele alınmamakla birlikte (gıda güvenliği, hastalık vb. konular değerlendirilmemiştir) hem GAP hem de ASC bakımından verilen standartlar sınırlayıcı olarak değerlendirilebilir.

Balık yetiştiriciliği ile ilgili kısıtlayıcı kurallar getiren bir ülke olan Danimarka'da da izleme çalışmalarında yetiştiricilik tesislerinin çıkışlarında (kara bazlı) besin elementleri konsantrasyonlarının yanı sıra, üreticiler tarafından izlenmesi gereken diğer parametreler; maksimum izin verilebilir yem tüketimi, maksimum organik madde konsantrasyonu ve AKM'dir. AKM parametresi durgun sularda, balık yetiştiriciliğinin dışında farklı kirletici kaynaklardan etkilendiği ve nehir sistemleri gibi akış hızı yüksek olmadığı için izlenmesi zorunlu bir parametre olmayabilir. Ancak, balık yetiştiriciliği hangi ekosistemde yapılırsa yapılsın etki kaynakları ve etkileri neredeyse aynıdır. Bu nedenle maksimum izin verilebilir yem kullanımı uygun bir parametre olarak değerlendirilebilir.

GAP'a göre maksimum izin verilebilir yem tüketiminde durgun suların hidrolik bekleme süresi (HRT) dikkate alınmaktadır. Hidrolik bekleme süresi;

- 1 yıldan az olanlar-kısa,
- 1-3 yıl arasında olanlar-orta,
- 3 yıl ve daha fazla olanlar-uzun olarak değerlendirilmektedir.

Söz konusu bu sınıflandırmaya göre maksimum izin verilebilir yem kullanımı;

- **Uzun HRT:** 2.5 kg/ha/gün x göl yüzey alanı (ha)
- **Orta HRT:** 5.0 kg/ha/gün x göl yüzey alanı (ha)
- **Kısa HRT:** 7.5 kg/ha/gün x göl yüzey alanı (ha) şeklinde kullanılmaktadır [86].

4.1.5.2 Bentik İzleme

Durgun sular da bentik izleme deniz ekosisteminin aksine genel olarak göz ardı edilmektedir. Ancak durgun sularda da denizlerde kurulan balık çiftliklerinin kurulduğu alanların sedimentinin izlenmesinde kullanılan protokollere benzer kaynaklar uygulanması önerilmektedir. Bentik izlemelerde;

- Redoks potansiyeli,
- Besin elementi yükü
- Organik atık yükü,
- Partikül boyutu ve yayılımı,
- Bentik fauna,

izlenmelidir.

Bentik sediment numunesi muhtemel balık yetiştiriciliği alanı dahil olmak üzere yaz mevsiminde yılda bir kez su kalitesi için örnekleme yapılan noktalardan toplanmalıdır. Sediment örnekleme yapılan noktalarda değişimlerin değerlendirilmesi için referans olarak kamera kaydı yapılmalıdır. Sediment ince bir tabaka olması halinde redoks, tanecik boyutu, organik içerik ve makroomurgasızlar değerlendirilmelidir [51].

4.1.5.3 Periyodik İzleme

Balık yetiştiricilik tesisleri kurulduktan sonra en az iki yıl süreyle, alan ön izlemesinde olduğu gibi aynı sıklıkta rutin izleme yapılmalıdır. İzleme sonucu veriler gözden geçirilmeli ve devam eden lisans koşulları kapsamında izleme sonuçlarına göre gerekli hallerde revize bir program oluşturularak yetiştiriciliğe devam edilmelidir.

Üretim kapasitesi ve yem sınırlamaları her iki yılda bir gözden geçirilmeli, belirtilen kriterler doğrultusunda izleme sonuçları istenenin altında ise üretim kapasitesi sınırlandırılabilir ya da su alanı üretime kapatılabilir.

Sediment değerlendirmesi deniz ekosisteminde kullanılan örnekleme planına benzer olarak yapılmalı, örnekleme ve analizler iki yıl tekrar edilmeli ve altı aylık görüntü kaydı olmalıdır [51].

Organik zenginleşmeye maruz kalan bölge örneğın çiftliğın 25 m ilerisinde ise lisans koşulları yetiştiricilik yapılan alandan gelen besin elementi emisyonlarının azaltılmasında diğer metotlarının kullanımı ya da üretim veya yem azaltımı/sınırlandırılması şeklinde değiştirilmelidir. Örneğın; Çin'de göl ve rezervuarlarda üretim yapılmasına izin verildikten sonra tüm yıl boyunca izleme yapılmaktadır. Üretim yapılan sularda minimum standartlar saptanmazsa, üretim sonlandırılabilir ya da azaltılabilir denilmektedir. Bu kapsamda Çin'de Tianjin Eyaletinde bulunan Yuqiao Rezervuarında kafeslerde üretim tamamen men edilmiştir. Yine 2004 yılında Chonging'de bulunan Changshou Gölü'nde tüm ağ kafesler kaldırılmıştır. Jiangsu'da bulunan Taihu Gölü'nde ise üretim yapılan göl yüzey alanı gölün vejetasyon olan doğu bölümünde sınırlandırılmıştır [51],[55].

4.1.6 Koruma Seviyelerinin Belirlenmesi

Sucul ekosistem için fosfor artışından kaynaklanabilecek olumsuz etkilerin önlenmesi amacıyla su kütlesi için referans trofik durumun belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Referans Trofik Değer (RTD); su kütlesi üzerinde insan etkilerinin minimum seviyede olduğu, su kütlesinin doğala en yakın olduğu koşullar altında gözlenen trofik durum olarak tanımlanmaktadır. Referans trofik durumun belirlenmesi;

- Yetiştiricilik faaliyetleri ve diğer insan faaliyetlerinin su kütlesinin trofik durumuna etkisinin belirlenmesini sağlar.
- Uygun bir izleme programının planlanması için yardımcı olacak verinin üretilmesini sağlar.
- İzleme sonucu üretilen verilerle karşılaştırma yapılmasını sağlar [85].

RTD belirlenebilmesi için geçmişe yönelik yeterli izleme verilerinin bulunması durumunda bu veriler kullanılarak referans koşullar belirlenebilir. Yeterli veri yoksa modelleme gibi yöntemlerle referans koşullara yönelik kabuller yapılabilir. Gelişime açılmamış veya çok az gelişmiş alanlarda referans koşulların belirlenmesi nispeten daha kolaydır.

Su kütlelerinin yaygın olarak bulunduğu alanlarda bir su kütlesi için belirlenecek referans koşullar o alandaki bütün su kütleleri için kullanılabilir. Su kütesinin korunması, geliştirilmesi veya restorasyonu amacıyla kullanılacak kalite hedeflerinin belirlenebilmesi için referans koşulların belirlenmesi önemlidir. Su kütlesi için RTD belirlendikten sonra, fosfor artışının sucul ekosistem üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkileri kontrol edebilmek için üst sınırı aşıldığında olumsuz etkilerin ortaya çıkacağı bir “Tetikleyici Limit Değer Aralığı” belirlenmelidir. Bu aralığın üst limiti o su kütlesi için kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyonunu verir. Olumsuz çevresel etkilerin ortaya çıkmasını önleyebilmek için su kütlesi için fosfor konsantrasyonunda izin verilebilecek artış miktarı RTD ile tetikleyici limit değer aralığı (istenen fosfor konsantrasyon değeri) arasında kalmalıdır. Dolayısıyla balık yetiştiriciliği için izin verilebilecek maksimum üretim miktarına eşdeğer fosfor yükü ve diğer kaynaklardan gelecek yükler neticesinde oluşacak fosfor konsantrasyonu artışı da bu aralıkta kalmalıdır [25].

Tablo 4.8. Kanada Göl ve Nehirler İçin Fosfor Tetikleyici Değerleri [25]

Trofik Durum	Toplam Fosfor Değeri
Ultra-oligotrofik	< 4
Oligotrofik	4-10
Mezotrofik	10-20
Mezo-ötrofik	20-35
Ötrofik	35-100
Hiperötrofik	>100

Kanada’da durgun sularda tetikleyici aralık olarak mezo-ötrofik değer kabul edilmektedir. Örneğin; hedeflediğimiz tetikleyici aralık 20-35 mikrogram/L, belirlenen referans değer 12 mikrogram/L ise su kütlesi için maksimum fosfor konsantrasyon artış miktarı 6 mikrogram/L başka bir deyişle referans değerinin %50’si kadar artış kabul edilebilir. En fazla 41 mikrogram/L o su kütlesi için kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu değeri olacaktır [25].

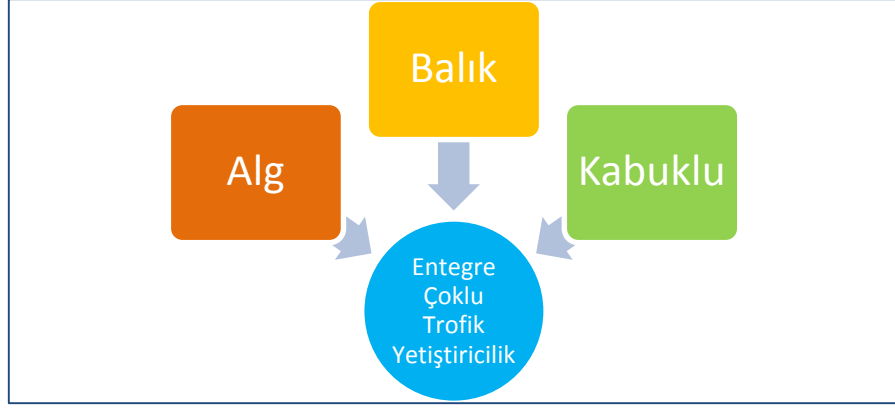
Balık yetiştiriciliği izinlendirilmesinde içme suyu gibi su kütleleri haricinde diğer çevresel etki değerlendirmeleri de göz önünde bulundurularak uygulanabilecek alternatif bir yöntemdir.

4.1.7. Entegre Üretim Sistemlerinin Kullanılması

Entansif balık yetiştiriciliği biyolojik, fiziksel ve kimyasal aktiviteler (solunum, azot-fosfor metabolizması, atık oluşumu) vasıtasıyla su kalitesini etkileyebilmektedir. Alıcı su ortamının özelliklerine bağlı olarak toplam besin elementi yükü çevresel bozunmaya neden olabilmektedir. Bu nedenle üretimin farklı aşamalarında yeni teknolojilerinde değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Örneğin; deniz ekosistemlerinde entegre çoklu-trofik yetiştiricilik sistemi (Integrated Multi-Trophic Aquaculture-IMTA) yetiştiriciliği yapılan türler ve sistemin planlanması bakımından yapılan çalışmalar son on yılda yoğun olarak incelenmiştir.

Entegre çoklu-trofik yetiştiricilik sistemi, farklı trofik seviyelerden organizmaları biraraya getiren ve bir türün yan ürünlerini (atıkları) bir başka bir türün beslenmesinde kullanarak verim (girdi) elde etmeye dayanan bir yetiştiricilik yöntemidir. Sürdürülebilir balık yetiştiriciliği çevreye zararsız, topluma yararlı, ekonomik açıdan karlı ve ekolojik açıdan verimli olmalıdır. Bu hedeflere ulaşmak için entegre multi-trofik kültür sistemi önemli bir potansiyele sahiptir. Entegre çoklu-trofik yetiştiricilik sisteminin ilkeleri;

- Besin elementlerinin artışının çözümünde, tek bir türün yetiştiriciliğinin yapılması (monokültür) yerine üretim çeşitliliğinin sağlanması ile besin maddelerinin dönüştürülmesi ve ortamdan uzaklaştırılması hedeflenmektedir.
- Çeşitli varyasyonların geliştirilebileceği merkezi bir gövde özelliğine sahiptir ve esneklik.
- Durgun sularda, karadaki sistemlerde (akuaponik sistem), denizlerde, tuzlu veya tatlı sularda uygulanabilmektedir.
- Besin zincirinin farklı seviyelerinde bulunan ve ekonomik değere sahip olan uygun organizmalarda bu tip yetiştiricilik için seçilebilmektedir.
- Entegrasyon, türlerin birbirlerine belirli bir mesafede tutulması gibi algılanmamalı, türlerin ekosistem işlevleri açısından birbiri ile ilişki içerisinde olması şeklinde anlaşılmalıdır.



Şekil 4.4. Entegre Çoklu-Trofik Yetiştiricilik Döngüsü

IMTA prensipleri ötrofikasyon tehditi altında bulunan iç sularda hem kara bazlı yetiştiricilik tesislerinde hem de durgun sularda kafeslerde yetiştiricilik tesislerinde ve tatlı sularda entegre çoklu-trofik yetiştiricilik sistemlerinde (freshwater IMTA-FIMTA) uygulanabilmektedir. FIMTA, su ürünleri yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıkların fitoremedasyonu ile yetiştiriciliğin bir kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır.

Entegre çoklu-trofik yetiştiriciliğin avantajları;

- Çevreyle uyumlu sürdürülebilir bir yetiştiricilik sistemi,
- Suda aşırı fitoplankton patlamasının, filtre eden organizmalar tarafından engellenmesi,
- Ötrofikasyonun kontrol altına alınması,
- Sudaki çözülmüş besin elementlerinin indirgenmesi,
- Sedimentte aşırı organik madde birikiminin engellenmesi,
- Ürün çeşitliliğinin sağlanması,
- Bir ürün için yapılan yemleme sonucunda birçok ürün hasat edilebilmesidir.

Bu konuda dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Yetiştirme alanın su özellikleri iyi bilinmeli.
- Hangi türlerin birlikte kültüre alınabileceği iyi planlanmalı.
- Entegrasyonda kullanılacak türlerin alan özellikleri dikkate alınarak stoklama planı iyi yapılmalı.

Ilık-soğuksu bölgelerinde (5-20°C) FIMTA sistemleri için uygun balık ve makroomurgasız türleri; alabalık, mersin balığı, sazan, balığı, kerevit, tatlı su midyeleri (Örneğin Unionidae Familyası²²)²³olarak sıralanabilir. Folke ve Kautsky (1989) tarafından kafeslerde balık yetiştiriciliği sonucunda oluşabilecek ötrofikasyon ve sonuçlarının besin elementlerinin tükenmesine sağlayan midye yetiştiriciliği ile entegre ederek önlenabilir olduğunu ileri sürmüşlerdir [87], [88]

Entegre çoklu-trofik yetiştiriciliğe benzer bir uygulamada yüzen akuaponik adalarla Çin’de gerçekleştirilmiştir. Çin’de su ürünleri yetiştiricilik alanlarından biri olan Taihu Gölü’nde (4 ha’dan fazla) balık atıklarından kaynaklanan amonyak, atıkların çapraz kontaminasyonu, şiddetli yağmur nedeni ile artan aşırı alg çoğalmasını iyileştirmek ve önlemek için yüzen adalar kurulmuştur. Gölde yüzen adalarda kökleri hayvanlar tarafından yenebilen Kana çiçeği (*Canna lily*) kullanılmıştır. Başka bir çalışmada Wollundry Lagünüde yine besin elementlerini ve alg artışlarını azaltmak amacı ile 6X20 m yüzen sazlık alan pilot projesi gerçekleştirilmiştir. Projede, 9 ay sonra su berraklığı, AKM’de ve besin elementlerinde azalma görülmüştür [89], [90].



Resim 4.2. Wollundry Lagünü ve Taihu Gölü’nde Yüzen Adalar

4.1.8 İyi Yönetim Uygulamaları

Kaynak yönetimi hedefleri ile uyumlu çevresel etki düzeylerini azaltmada en etkili pratik yöntemlere İyi Yönetim Uygulamaları (Best Management Practices-BMP) adı verilmektedir. İyi yönetim uygulamaları (İYU) sosyal ve çevresel sorumluluk

²² Bu familya Hatay İlinin Gölbaşı Gölü’nde bulunmaktadır (Şereflişan H., Yunus Araştırma Bülteni 2014 (3): 43-49)

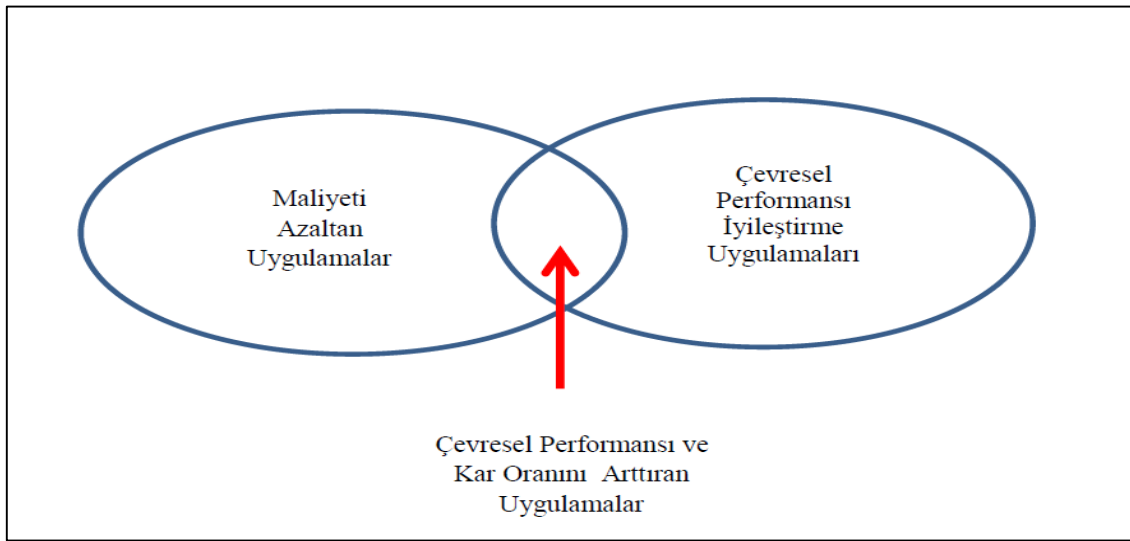
²³ Midye, alg gibi türler canlı filtrelerdir. Bu türlerin balık yetiştiriciliği yapılan alanlarda besin elementlerin dönüştürülmesinde çevresel etkilerin azaltılması ve iyileştirilmesi için maksadı ile kullanılmaktadır.

çerçevesinde belirli faaliyetleri yönetmek için spesifik protokol, uygulamalar ya da prosedürlerden oluşmaktadır. İYU, risk analizleri ve mevcut bilimsel bilgilere dayandırılmaktadır. Uygulama terimi, kaynak yönetimi sorununu çözmek için yapısal ve yönetsel ihtiyaçları tanımlamaktadır. Bazı durumlarda söz konusu problem tek bir uygulama ile çözülmektedir. Fakat uygulamaların tümünün ya da iyi yönetim uygulamaları (İYU) sisteminin etkinliği için çevresel yönetim gereklidir. Bu nedenle İYU'ların su kaynaklarının verimli kullanılması maksadı ile balık yetiştiriciliğinde yapılan uygulamaların her aşamasına çevresel yönetimin gerekliliklerinin entegre edilmesi gerekmektedir.

İYU'nun yaygınlaşmasında rol oynayan faktörler aşağıda sıralanmaktadır;

- Çevresel ve sosyal açıdan sorumlu yetiştiricilikle üretilen gıda ürünlerine talep,
- Çevresel grupların baskısı,
- İthalat yapılan ülkelerde iyi yönetim uygulamalarının uygulanması,
- Su ürünleri sektörünün piyasaya güven vermek istemesi,
- Yetkililerin çevreyi koruma ve ülke ekonomisi açısından sektörün ithalat payının artırılması isteğidir.

BMP'nin balık yetiştiriciliğinde hedefi; olumsuz çevresel etkileri azaltmak, balık yetiştiriciliği tesis girdilerin verimliliğinin arttırmak (yem kalitesinin artırılması vb.) ve atıkları azaltmaktır.



Şekil 4.5. İyi Yönetim Uygulamalarının Ekonomik ve Çevresel Performans İle İlişkisi
[91]

Kafeslerde balık yetiştiriciliğinde besin elementlerinin etkilerinin azaltılmasına ilişkin iyi yönetim uygulamaları;

- Alan seçimi,
- Yemden kaynaklanan atıkların azaltımını konularını içermektedir.

İYU'da kafeslerde yetiştiriciliğe ilişkin yer alan diğer uygulama konuları hastalık riskinin azaltılması, balık kaçışlarının azaltılması, predatör sucul canlıların kontrolüdür. İYU'ya göre çevresel etki bakımından alan seçiminde ve yem yönetiminde dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Kafesin en az iki katı su derinliğine sahip olması,
- Su değişiminin güçlü olması,
- Referans çevresel alan araştırmasının yapılması,
- Yüksek kalitede yem kullanılması,

olarak özetlenebilmektedir.

Söz konusu uygulamaların balık yetiştiriciliği tesisleri tarafından uygulanmasının avantajları;

- İyi yönetim uygulamaları “sorumlu balık yetiştiriciliği”nin, başka bir deyişle balık yetiştiriciliğin çevreyle uyumlu olarak büyümesinin en uygun yoludur.
- Balık yetiştiriciliği tesislerinde kullanılan girdilerin verimliliği kullanılmasına yardımcı olmaktadır.
- Sertifikasyon programları iyi yönetim uygulamalarını gerektirmektedir. Yetiştiriciliği yapılan ürünlerin pazarlanmasında olumlu etkilere sahip sertifikasyon programlarından üreticilerin yararlanmasına katkı sağlamaktadır.

İyi yönetim uygulamalarının uygulanmasını sınırlandıran faktörler;

- Uygulamalar baraj gölleri seviyesinde çok sayıda balık yetiştiriciliği tesisinin kümülatif çevresel etkilerini dikkate almamaktadır. Bir balık yetiştiricilik tesisi İYU'nun tüm gerekliliklerini yerine getirirken diğer balık yetiştiricilik tesisleri bu uygulamaları yerine getirmezse çevresel iyileştirme olmayacaktır.
- İYU genel olarak çevresel konularla sınırlıdır. Sosyal ve politik yaklaşımlar için yol göstermeyebilir.
- Uygulamaların sadece yetiştiricilik yapılan alana ve türe özgü olmasıdır.

Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği için çoğu İYU kodları çeşitli ülkelerde ulusal somon üretici birlikleri tarafından yayınlanmış ve çoğu uygulama Avustralya, Şili, İrlanda, Norveç, İskoçya, Kanada ve ABD gibi ülkelerde geliştirilmiştir. Norveç ve İskoçya’da ise yaklaşık 30 yıldır ağ kafeslerde Salmonidae familyasından balıkların yetiştiriciliği yapılmakta olup bu ülkeler İYU’yu en etkin uygulayan ülkeler arasındadır. Bu ülkelerde İYU’ları, balık yetiştiricileri ile işbirliği ile geliştirilmiş ve uyum sağlanması için yasal düzenlemelerin içine aktarılmıştır. Örneğin; her iki ülkede, denizlerde ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği için izleme ve yönetim ile ilgili yıllık öneri bazlı dokümanlar hazırlanarak yayımlanmıştır. Avrupa Birliğine (AB) üye ülkelerde denizlerde kafes yetiştiriciliği yaygın olup Yunanistan, İrlanda ve İspanya gibi ülkeler kendi ülkelerinde balık yetiştiriciliği için İYU’larının adaptasyonunu sağlamışlardır.

İYU’ların odak noktası ülkelerarası farklılık gösterebilmektedir. Örneğin; İskandinav ülkelerinde odak noktası yetiştiricilikte kullanılan ekipmanlar iken Kuzey Amerika ülkelerinde odak noktası balık yetiştiricilik tesislerinin operasyonel faaliyetleridir. Diğer bir fark ise Kuzey Amerika’da İYU’larının ilgili mevzuata uyumu, izin koşullarının mevzuat ile bağlantısı ve üçüncü taraflarca doğrulanması metotları kullanılarak uygunluğunun sağlanmasıdır. Bu yaklaşım sonuç odaklı metrikleri ve yoğun izleme programlarını içeren sıkı çevre düzenlemelerinin bir dizi ilavesi olarak görülmektedir.

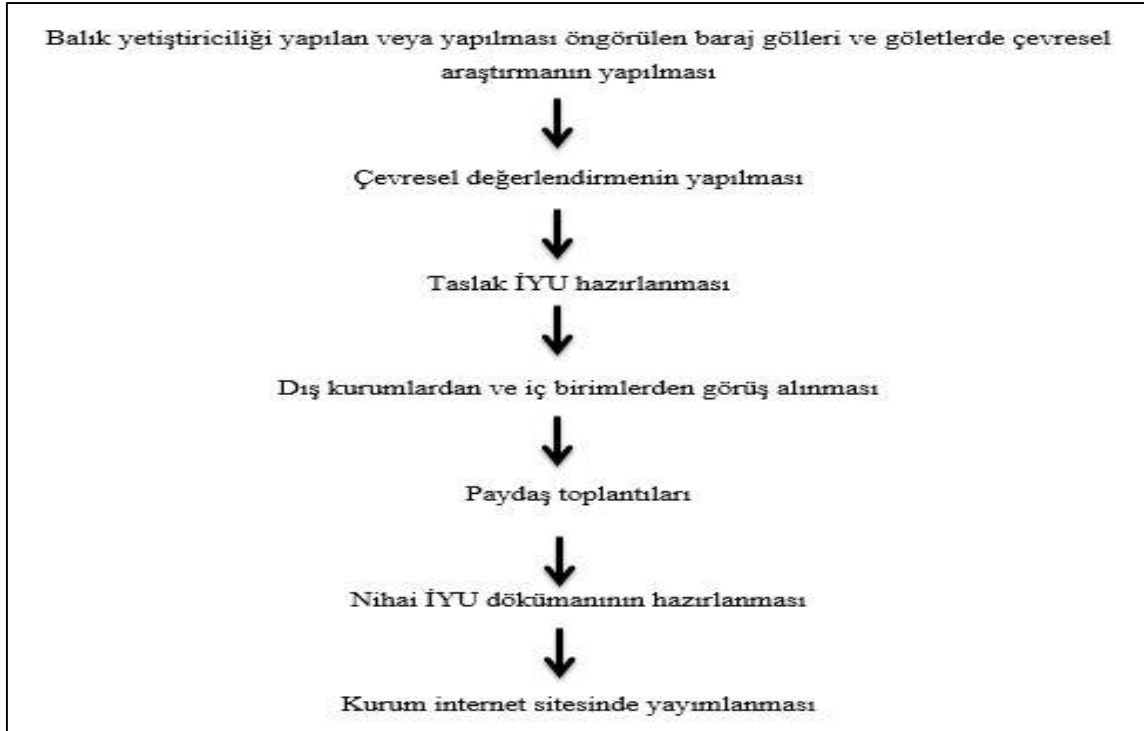
Diğer taraftan, balık yetiştiriciliğinde çevresel etkilerin iyileştirilmesinde üreticiler arasında bir anlaşma sağlanması İYU’larına bir alternatiftir. Bu sayede balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan etkiler kümülatif olarak değerlendirilebilmektedir (Örneğin; bir baraj gölünde alabalık yetiştiriciliği yapan tüm tesislerin maksimum 100 ton/yıl üretim yapması) [81], [91].

Türkiye’de GTHB Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından 07.10.2010 tarih ve 27778 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan İyi Tarım Uygulamaları Hakkında Yönetmelik hükümleri doğrultusunda 01.07.2011 tarihinde “*Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İyi Uygulamalar Kriterleri Genelgesi*” yayımlanmıştır. Söz konusu genelge kapsamında “İyi Tarım Uygulamaları Sertifikası” almak su ürünleri yetiştiricilerinin GTHB tarafından yayımlanan bahsekonu kriterleri uygulaması ve yetkilendirilmiş bir kuruluşla sözleşme yaparak gerekli kontrol ve sertifikasyon

süreçlerini başlatması gerekmektedir. Söz konusu kriterler arasında tesis yönetimi, yem yönetimi ve biyoçeşitlilik gibi konular yer almaktadır

2013 yılında GTHB tarafından düzenlenen I.Balıkçılık Çalıştayının sonuç raporunda Türkiye’de su ürünleri sektöründe *“iyi tarım uygulamaları yapılmamakta ve organik balık üretmek için potansiyel kullanılmamakta”* olduğu ifade edilmektedir [73].

Bu bakımdan Türkiye’de balık yetiştiriciliği sektöründe İYU’ları ihtiyacının giderilmesi (balık yetiştiriciliği ile ilgili tüm konular dahil olmak üzere) ve özellikle durgun su kütlelerinde balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan besin elementlerinin minimize edilmesi maksadıyla bu alandaki mevcut mevzuat ve düzenlemelerin gözden geçirilerek, tüm paydaş kurum ve kuruluşlarla ile balık yetiştiriciliği yapan üreticilerin katılımı ile iyi yönetim uygulamaları rehberi hazırlanarak yayımlanması gerekmektedir. Belirlenen yönetim uygulamalarının mevcut mevzuat ve düzenlemeler ile uyumu ve uygulanabilirliğin sağlanması maksadıyla mevzuat olarak yayımlanması faydalı olacaktır. Örneğin; İYU’ları çerçevesinde yetkililer tarafından balık yem bileşenleri düzenlenerek gereğinden fazla azot, fosfor ve diğer besinlerin yüksek konsantrasyonlarının balık yetiştiriciliği vasıtasıyla su kütlesine girişini engellenebilir. İYU’larının hazırlanması için örnek akış şeması şekil 4.6’da sunulmaktadır.



Şekil 4.6. İYU Akış Şeması [59]

Ülkemizde İYU'larının hazırlanmasında GTHB, OSİB ve ÇŞB ile üretici birlikleri, üniversitelerin su ürünleri başta olmak üzere ilgili diğer fakültelerin katılımı ile paydaş toplantıları düzenlenerek balık yetiştiriciliğinin çevresel etkilerinin azaltılmasına ilişkin düzenlemelerin hazırlanması ve uygulanması hem balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği hem de su kaynaklarının korunması bakımından büyük önem arz etmektedir [59].

4.1.9. Ekolojik Etiketleme

Ekolojik etiketleme (Eko-etiket) gıda ürünleri başta olmak üzere diğer ürünlerin üretim, tüketim ve pazarlanmasında giderek büyüyen bir güç kaynağıdır. Üretimi yapılan ürünler ve üretim sistemleri oldukça geniş bir aralıktadır. Geniş ürün yelpazesinin üretiminden kaynaklanan olumsuz etkilerin azaltılması ve önlenmesi amacıyla çevre dostu üretimin teşvik edilmesi için ilk kez 1970'li yıllarda ekolojik etiketli ürünler Almanya'da satışa sunulmuştur. 1990'lı yıllardan itibaren ise geniş aralıkta ürün çeşiti ve çeşitli sektörler için endüstrileşmiş ülkelerde çevreyle ilgili etiketleme yaygınlaşmıştır. Eko-etiket AB katılım müzakereleri ilerleme fasıllarından biri olan Çevre Mevzuatı içerisinde yer almaktadır [92].

Eko-etiket kullanmanın avantajları;

- Eko-etiketi kullanmaya hak kazanan üretici veya hizmet sağlayıcı firmalar, rakiplerine göre avantaj elde etmektedirler. AB'de yapılan bir araştırmaya göre yaklaşık her iki AB vatandaşından birisi alışverişte ekolojik etikete önem vermektedir. Örneğin; aynı zamanda bir sertifikasyon kurumu olan Deniz Yönetim Konseyi (Marine Stewardship Council-MSC) logolu ürünlerin satışı 2005-2006 yılları arasında %75 artmıştır [93].

Sertifikasyon kuruluşlarının balık yetiştiriciliği tesislerinin eko-etiket kullanmaya hak kazanması için üreticilerden yerine getirmesi istenen belirli kriterler bulunmaktadır [92].

4.1.9.1. Eko-Etiket Örneği Olarak ASC Sertifikasyonu

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetim Konseyi (Aquaculture Stewardship Council-ASC) 2010 yılında Doğa Koruma Vakfı (The World Wide Fund for Nature-WWF)ve

Hollanda Sürdürülebilir Ticaret Girişimi (Dutch Sustainable Trade Initiative–IDH) tarafından kurulmuş kar amacı olmayan²⁴ su ürünleri yetiştiriciliğinin sosyal ve çevresel etkilerini azaltmak, global standartları oluşturmak maksadı ile sertifikalandırma ve etiketleme yapan bir kuruluştur.

ASC tarafından Şubat 2013’de “*Tatlısu Alabalık Yetiştiriciliği Standartları*” yayımlanmıştır. Standartlar altı temel prensipten oluşmakta olup aşağıda sunulmaktadır;

- Ulusal mevzuata ve düzenlemelere uyum sağlanması,
- Biyoçeşitlilik ve habitatların korunması,
- Su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirgenmesi,
- Kültür balıklarının sağlığını korumak ve hastalık bulaşma riskinin en aza indirgenmesi,
- Su kaynaklarının kullanımında çevresel duyarlılığın sağlanması,
- Sosyal sorumluluktur.

“*Su Kaynakları Üzerindeki Olumsuz Etkilerin En Aza İndirgenmesi*” ilkesi altında yer alan kriterlerden biriside, tatlı sularda ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin su kaynakları ve bentik komünite üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılmasıdır. Söz konusu ilke doğrultusunda ağ kafes işletmelerinde sağlanması gereken koşullar Tablo 4.9’da sunulmaktadır.

Tablo 4.9. ASC Standartları [66]

Gösterge	Gereklilik
Yüzey alanı 1000 km ² ‘den küçük olan su kütlelerinde yer alan kafesler için, çiftliğin üretim seviyesi özümleme kapasitesi çalışmasının sonuçlarını yansıtmaktadır.	Bu alanlarda faaliyet gösteren tüm kafes işletmelerinin, sisteme dahil olması öngörülen besin elementi yükleme seviyesine izin vermek için su kalitesi açısından yeterli kapasitesinin olup olmadığının tespiti için özümleme kapasitesi değerlendirmesi yapılmalıdır. Aynı zamanda, bu su kütlelerinde % ya da daha fazla üretim artışı öngören işletmelerinde söz konusu değerlendirmeyi yapması gerekmektedir.

²⁴ ASC, bağış ve logo kullanımından elde ettiği gelir ile finansman sağlamaktadır.ASC hakkında detaylı bilgi <http://www.asc-aqua.org/index> web adresinde yer almaktadır.

Yüzey alanı 1000 km ² ve daha büyük olan su kütleleri için kafeslerin konumlandığı alan büyük önem arz etmektedir.	Balık çiftliklerinin kurulacağı su alanlarında hipolimnyon tabakasının tamamen karışması gerekmektedir.
Su kalitesi izleme matrisi tamamlanmalıdır.	Su numunesi örnekleme istasyonları, kafeslerin kenarından kabaca 50' şer metre uzağında, referans numune alma istasyonları ise aşağı ve yukarı akıntı bölümlerinde yaklaşık 1-2 km mesafede olmalıdır. Tüm örnekleme istasyonlarının GPS koordinatları, işletmelerin alan haritaları ve mevcut uydu görüntülerine işlenmelidir. Toplam fosfor parametresi için tüm su numunelerinin analiz edilmesinde, kafeslerin en derin yerinden su sütunu boyunca alınan temsil edici kompozit numune kullanılmalıdır. Su numuneleri, toplam fosfor parametresi için dedüksiyon limiti <0,002 mg /L olan akredite laboratuvarlar tarafından analiz edilmelidir. Çözünmüş oksijen ölçümü ise dip sedimentin 50 cm üzerinden yapılmalıdır.
Su kütlesinin maksimum toplam fosfor derişimi referans değeri aşmamalıdır.	≤ 20µg/l olmalıdır.
Dip sedimanının 50 cm üzerindeki suyun minimum oksijen doygunluk yüzdesi gerekliliği sağlanmalıdır.	≥ 50 % olmalıdır.
Su kütlesinin trofik durum sınıfı referans değer trofik seviyesine göre değışmemeli.	Evet
Gölün toplam fosfor derişiminde referans değere göre maksimum artış izin verilmelidir.	Yüzey alanı 1000 km ² 'den küçük olan su kütleleri için 25% Yüzey alanı 1000 km ² ve daha büyük olan su kütleleri için 15%
1 ton balık üretilen alanda 12 ay boyunca salınan maksimum toplam fosfor miktarı göz önüne alınmalıdır.	ASC'nin tatlı su alabalığı standardının yayınlanmasından sonraki ilk 3 yıl için 5 kg/ton olarak belirlenen fosfor miktarı daha sonra 4kg/ton'a düşürülmüştür.

(a) Referans Değer: Su kalitesinde bozulma olmadan önceki TP değeridir (Kaynak: USEPA Nutrient Criteria) Balık çiftliğinin faaliyet gösterdiği su kütlesinin toplam fosfor (TP) konsantrasyonu için bir referans değer belirlenmiş olmalıdır. TP konsantrasyonun sınır değerinin belirlenmesinde birinci yol; yetkililer tarafından belirlenmesidir. İkinci yol ise bir yıllık izleme sonuçlarına göre bu değerin belirlenmesidir.

Balık atıklarının (katı ve çözünmüş) ve yenmemiş yemlerin toplanması veya artırılması gibi işlemlerin uygulanmadığı kafes bazlı üretim sistemlerinden besin elementleri doğrudan çevredeki suya salınmaktadır. Besin elementi salınımına bağlı olarak oluşan su kalitesi etkileri birincil üretimde artış, organik materyallerin parçalanması ve fitoplankton solunumu sonucunda çözünmüş oksijen seviyesinde düşüş, fotosentezi ve oksijen üretimini sınırlayan toplam askıda katı madde miktarındaki artış olarak sayılabilir. Sedimente olan etkileri; gölün dibindeki tortulaşma ile sedimentin

oksijen ihtiyacının artması, habitatın bozulması ve bentik makroomurgasız topluluklarının değişimini kapsamaktadır.

Kafes bazlı işlemlerin su kalitesine etkilerinin büyüklüğü; balık yetiştiriciliği tesis uygulamaları (yem kullanımı, yetiştirilen türler ve stok yoğunluğu vb.), havzanın morfolojisi, hidrolik bekleme süresi, kafese alınan suyun ortamdaki su kalitesi şartları, havzadaki diğer kaynaklardan gelen yükler gibi üretim alanının karakteristikleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Tabakalaşmanın olduğu göllerde ve baraj göllerinde meydana gelen doğal süreçler nedeniyle; kafes bazlı yetiştiricilikte yalnızca yüzey ve dip suyunun iyi bir şekilde karışabildiği ve su kütlesi içerisinde hipolimniyonun sınırlarının oluşmadığı alanlarda kurulmalıdır. Kapalı havzalar veya göller özümlene kapasitesi çalışması ile belirlenmiş sınırlı bir üretim seviyesi için uygun olmaktadır.

Bu gerekliliklerin karşılanabilmesi için su kütlesinin kapsamlı bir özümlene kapasitesi analizinin yapılması gerekir. Çalışmalar su kütlesinin kafes balık yetiştiriciliği için uygun olup olmadığını ve su kütlesinin özümlene kapasitesine bağlı olarak üretim seviyesi veya besin elementi değarjı için sınırların belirlenmesi sağlar. Kuzey Amerika'nın büyük gölleri gibi büyük göller için özümlene kapasitesi uygun veya pratik olmayabilir. Böyle durumlarda yetiştiricilik tesisleri besin elementi değarjına en az hassas olan alanlarda kurulmalıdır. Çünkü böyle göllerde daha enerjik koşullara maruz kalınmakta, kıyıdan uzak derin sularla bağlantı durumu söz konusudur ve hidrodinamik olarak izole körfez, koy gibi yapılar bulunmamaktadır.

Göl dibinde oksijen seviyesindeki azalma, bozunmanın (degradasyonun) göstergesidir. Bu durum kafeslerden organik atık salınımından kaynaklanabilmektedir. Dip sedimentinin 50 cm üzerindeki suda ölçülen çözünmüş oksijen seviyesi organik madde birikimi ve sedimentteki oksijen yetersizliği riskinin sinyallerini elde etmeyi sağlar.

Gölün su kalitesi birçok yöntem ile değerlendirilebilir. Bu yöntemler su kalitesi için fosfora referans olarak odaklanmaktadır. ASC azot ve biyolojik indikatörler gibi diğer gösterge parametrelerinin de önemini vurgulamaktadır. Ölçüm sonuçlarında yıl boyunca meydana gelebilecek muhtemel dalgalanmalara rağmen fosfor gösterge parametreler için küresel ölçekte kullanılan en pratik temsilci olarak kabul edilmektedir.

Gereksinimler balık yetiştiricilik tesislerinin zamanla su kalitesinde olabilecek potansiyel değişimleri ölçmek için toplam fosfor konsantrasyonunu izlemesini gerektirir. Fosfor konsantrasyonundaki potansiyel artışlar yetiştiricilik tesislerinden veya diğer faktörlerden kaynaklanabilir. Nedeni ne olursa olsun toplam fosfor konsantrasyonu gölün trofik seviyesini değiştirecek kadar veya belirli bir referans noktasına göre % 25 artarsa gölde alabalık üretimi onaylanmaz.

FTAD'ın (Freshwater Trout Aquaculture Dialogue (FTAD) teknik danışmanlarına göre konsantrasyondaki artışın % 25'den yüksek olması ekosistem yapısında ve fonksiyonlarında değişimlerle sonuçlanabilecek baskılara neden olmaktadır.

Kuzey Amerika'nın büyük gölleri gibi büyük su kütleleri için özümleme kapasitesi çalışması gerekmediğinden % 20 gibi daha ihtiyatlı bir eşik değer belirlenmiştir. ASC bu gereksinimlerin sonraki revizyonlarda ilave veri ve deneyimlere dayalı olarak daha rafine olmasını planlamaktadır.

Diğer taraftan, kafes üreticileri de karadaki balık yetiştiriciliği tesisleri ile aynı fosfor deşarj gerekliliklerini sağlamalıdır (üretilen 1 ton balık başına ölçülen toplam fosfor miktarı).

Gereksinimler bentik omurgasızların analiz edilmesini gerektirmemektedir. Çünkü bilimsel literatür bu parametrelerin balık yetiştiricilik tesislerinin göle etkisi için güvenilir gösterge parametreler olmadığını öne sürmektedir. Balık yetiştiriciliği askıda katı madde ve besin elementi çıkışları belirli seviyelerde absorbe çevre kapasitesine dayalı olarak özümleme kapasitesi dahilinde yapılmalıdır [66].

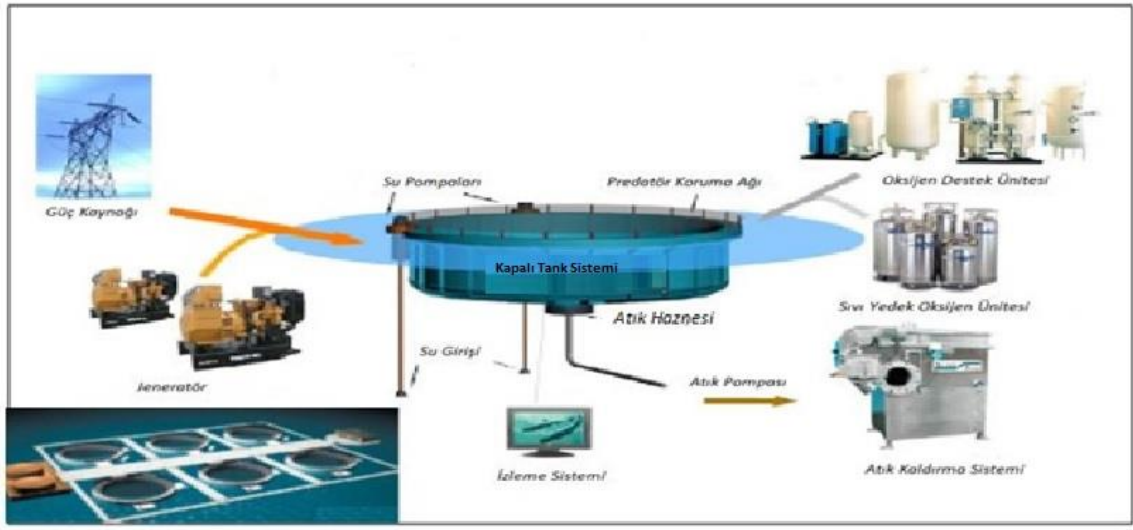
4.1.10. Yeni Teknolojiler

Balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıkların su kalitesine ve sucul ekosisteme olumsuz etkisi tüm dünyada görülmektedir. Söz konusu olumsuz etkileri azaltmak ve su ürünleri sektörünün sürdürülebilirliğin sağlanması için bilimsel araştırmalar yapılmakta ve yeni teknolojiler denenmektedir.

4.1.10.1. Yüzen Kapalı Balık Yetiştiricilik Sistemi Örneği

Kanada menşeli bir firma olan Agrimarine tarafından kara bazlı işletmelerde balık yetiştiriciliğinde kullanılan tankların özelliklerinin geliştirilmesi ile açık sularda kullanılmak üzere yüzen tank sistemleri tasarlanmıştır.

Sistemin çevresel hedefi deniz, kıyı suları ve durgun sularda kafeslerde balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıkları (atık haznesi vb. ünitelerle) azalmaktır. Aşağıda sistem ünitelerini gösteren şema ve şemanın sol alt köşesinde atık toplama üniteleri ile birlikte sistemin denizde kurulmuş hali gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Yüzen Tank Sistemi

Sistemin ilk uygulamalarında, tankların dış bölümünde meydana gelen kırılma nedeni ile söz konusu yetiştiricilik sistemi birkaç yıl önce başarısızlığa uğramıştır. Ancak sistem ile ilgili iyileştirme çalışmaları sürdürülmüş olup Lois Gölünde bu sistemle balık yetiştiriciliği yapılmaya başlanmıştır [99]. Ayrıca, Çin'de söz konusu teknoloji denenerek başarılı bir şekilde hasat yapılmıştır.

AB'de bazı ülkelerde yeni teknolojilerin benimsenmesi ve geliştirilmesini teşvik etmek amacı ile devlet yardımları ve vergi indirimleri uygulanmaktadır. Balık yetiştiriciliği sektöründe, çevresel etkileri göz önünde bulunduran yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanabilirliğinin araştırılması hem sektörel hem de çevresel kaygıların giderilmesi için önemli bir yaklaşımdır [94].

5. AB SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ POLİTİKASI

AB su ürünleri piyasasının % 10'nun 2010 yılında yetiştiricilikten sağlanması ve yetiştiriciliğin AB Mavi Büyüme Stratejisinin en önemli konularından birisi olması nedeni ile su ürünleri yetiştiriciliğinin teşvik edilmesinin Avrupa 2020 hedeflerine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

AB tarafından yetiştiriciliğin ekonomik açıdan sürdürülebilirliğinin sağlanmasının yanısıra sektörün çevresel açıdan etkilerinin değerlendirilmesi ve söz konusu etkilerin azaltılması için çalışmalar yürütülmektedir. 2002 yılında AB Komisyonu tarafından Konseye ve Avrupa Parlamentosuna sunulan Avrupa Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Sürdürülebilir Gelişim Stratejisi Raporuna göre besin elementlerinin etkilerini azaltılması için üzerinde durulan hususlar;

- Nehir havza yönetim planlarının içerisine su ürünleri yetiştiriciliğinin de entegrasyonunun sağlanması,
- Yetiştiricilik tesislerinin su değişiminin yüksek olduğu su alanlarında faaliyet göstermesi,
- Yem ve yemleme metotlarının iyileştirilmesi,
- Dip tabakasının iyileşmesi için kafeslerde rotasyon yapılması (su alanının nadasa bırakılması),
- Kafes altı atık toplama ekipmanlarının geliştirilmesi,
- Rotasyon uygulaması için üreticilere yeterli sayıda alan verilmesi,
- Yetiştiriciliğe ilişkin olarak çalışmalara ulusal araştırma programlarında yer verilmesidir [96].

Su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel etkileri su kalitesi, biyoçeşitliliğin korunması, sürdürülebilir gelişim ve planlama konularını içeren bir dizi AB yasal gereklilikleri altında düzenlenmiştir. Bu etkiler ve ilgili düzenlemeler birbiri ile ilişkilendirilmiştir. Örneğin; balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan su kirliliği biyolojik çeşitliliği etkileyebilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin yayımlanmış bir direktif bulunmamakla birlikte durgun sularda su ürünleri yetiştiriciliğini etkileyen AB mevzuatları;

- **Su Çerçeve Direktifi (SÇD):** SÇD'ye göre üye devletlerin durgun sularda (SÇD'ye kıyı, geçiş ve tüm iç sular da dahildir) iyi ekolojik durum ve iyi kimyasal duruma ulaşmaları gerekmektedir.
- **Kuş ve Habitat Direktifi:** Balık yetiştiriciliği faaliyetlerinin bu direktif altında yer alan gereklilikleri, Natura 2000'de yer alan alanların korunma hedefleri ile uyumlu olarak sağlanmalıdır.
- **Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Stratejik Çevresel Değerlendirme Direktifleri:** Yeni su ürünleri yetiştiriciliği alanların planlanması ve geliştirilmesi bu direktifler altında yer almaktadır [97].

AB su-çevre politikalarına göre yasal mevzuata uyum ve çevresel gerekliliklerin yerine getirilmesinde;

- **Çevresel Yönetim ve Denetim Sistemi (EMAS) :** EMAS şirketler ve diğer kuruluşların çevresel performanslarını değerlendirme, raporlama ve geliştirmeleri amacını taşıyan bir yönetim aracıdır. EMAS, 2001 yılından beri kamu ve özel kesimdeki tüm ekonomik sektörler için açıktır. Balık yetiştiriciliğinde EMAS'ın uygulanması çevreye duyarlı kaynak yönetimine yardımcı bir unsur olarak değerlendirilmektedir.
- **Çevre Yönetim Sistemleri (EMS-ISO 14001):** Uluslararası bir standart olan EMS kuruluşların faaliyetlerinin, ürünlerinin ve hizmetlerinin çevreyle ilgili unsurlarının daha etkin şekilde nasıl yönetileceği konusunda rehberlik sağlamaktadır.

Söz konusu bu sistemlerin uygulanması gönüllülük esasına dayanmakta olup AB tarafından balık yetiştiriciliği uygulamalarında kullanılması önerilmektedir [98].

5.1. Balık Yetiştiriciliği Stratejik Planlarının Hazırlanması

AB'nin su ürünleri avcılığı ve yetiştiriciliğinin yönetim aracı olan, ortak kaynakların yönetilmesini amaçlayan ve birlik anlaşmalarındaki yükümlülüklerin karşılanması için ortaya konan Ortak Balıkçılık Politikası (OBP) yeni bir reform sürecinden geçmektedir. Bu süreç aynı zamanda sektörün biyolojik, ekonomik ve sosyal yönleriyle bilimsel olarak ele alınmasına, çevrenin korunmasına ve Avrupa'nın ekonomik ve sosyal gelişimine katkıda bulunmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliği için yapılacak düzenlemeler ile AB içindeki deniz ürünlerinin üretimini ve arzını artıracak önlemler alınmasını hedeflenmektedir. AB komisyonu bu sayede ithal balığa olan bağımlılığı azaltmak ve kıyı kesimlerindeki büyümeyi desteklemek istemektedir. Üye devletler su ürünleri endüstrisindeki idari engelleri kaldırmak ve çevresel, sosyal ve ekonomik standartları muhafaza etmek için ulusal stratejik planlar hazırlamayı hedeflemişlerdir. Bu kapsamda su ürünleri danışma konseyi kurma karar alınmış olup su ürünleri konusunda ülkelerin yapacağı stratejik seçimlerin komşu ülkeleri de olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

OBP için önerilen reformun amacı, su ürünleri yetiştiriciliğini; ortak hedefleri ve mümkün olan durumlarda bu hedeflere ulaşmada kaydedilen ilerlemeyi ölçmek için kullanılan göstergeleri tanımlayan çok yıllık ulusal strateji planları ve stratejik rehberler temelinde gönüllü bir işbirliği çerçevesinde teşvik etmektir [100].

Türkiye'de su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin çok yıllık ulusal strateji planları bulunmamakta olup hem deniz hem iç su balık yetiştiriciliğini kapsayan bu planların sektör paydaşları ile birlikte hazırlanması, hem balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği hem de stratejik planlar kapsamında yer alacak eylemlerin çevresel kriterlerle desteklenmesi çevre dostu balık yetiştiriciliğinde önemli katkılar sağlayacaktır.

5.1.1 Kanada Stratejik Plan Örneği

AB'de bulunan birçok ülke tarafından örnek gösterilen ve balık yetiştiriciliğine ilişkin olarak çok sayıda çalışma gerçekleştiren bir ülke olması nedeni ile AB dışında kalan Kanada Stratejik Plan Örneğine bu çalışmada yer verilmiştir.

Kanada’da 2011-2015 yıllarını kapsayan ulusal tatlısu balık yetiştiriciliği stratejik planı, kara bazlı ve su bazlı balık yetiştiriciliği için iki bölüme ayrılmış olup söz konusu planda çevresel yönetime ilişkin olarak eylemler belirtilmiştir.

Tablo 5.1.1. Kanada Ağ Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği Çevresel Yönetim Eylemleri [101]

Paydaşlar	Eylem	Eylem Süresi
Çevresel Yönetimi Geliştirmek		
Kanada Balıkçılık ve Okyanus Departmanı (DFO), Kanada Çevre Bakanlığı	Ekosistem kullanımı ve dinamikleri, kümülatif etkileri vb. hassas ekosistem bileşenlerini göz önüne alarak belirlemek	3 yıl
	Çevresel yönetim ve biyolojik performans için izleme programları ve bölgesel standartlar tanımlamak	3 yıl
	Bilimsel bazlı uygun yönetim araçlarının (tahmin modelleri, yem yönetimi vb.) kullanımına dayanan yönetim süreçlerinin gözden geçirilmesi	3 yıl
	Karar vermede uygulanabilir yönetim yaklaşımın ana hatlarının belirlenmesi, katılımcılığın iyileştirilmesi	3 yıl
	Çevresel gözden geçirme standartlarının birleştirilmesi	3 yıl
Yem Kalitesini İyileştirmek İçin Ar-Ge Çalışmalarını Desteklemek		
DFO, Üniversiteler, Araştırma Organizasyonları,Sektör Paydaşları	Balıkçılıktan ve balık yetiştiriciliğinden sağlanan alternatif yem ham maddelerini değerlendirmek	1 yıl
	Alternatif balık türlerinin beslenmeleri için araştırmalar yapmak	3 yıl
	Balık unu ve balık yağı yerine diğer bitkisel ürün kaynaklı yem ham maddelerinin kullanımını geliştirmek için araştırmalar yapmak	3 yıl
	Yem muhteviyatının sürdürülebilirliğini yeni teknoloji ve iyileştirilmiş yem	5 yıl

	formülasyonları vb. çalışmalarla iyileştirmek	
Yem Kullanımı ve Formülasyonuna Dayalı Çevresel Performans Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi		
DFO, Üniversiteler, Ulusal Araştırma Konseyi	Yemler için güvenilir çevresel performans hedefleri kurmak ve balık yetiştiriciliğini etkilerine ilişkin yapılan çalışmaları doğrulamak için Ar-Ge çalışmalarını desteklemek	3 yıl
Yem Mevzuatının Geliştirilmesi		
Yem üreticileri	Yem sektörü ile hükümet arasında mevzuat konularının yıllık olarak görüşülmesi (Örneğin; Yemlerde fosfor kısıtlanması vb.)	1 yıl

Kanada örneğinde görüldüğü üzere stratejik planlar çevreye duyarlı balık yetiştiriciliğinin geliştirilmesi için önemli bir adımdır. Türkiye’de balık yetiştiriciliği için denizler ve iç sular için üretim şekillerine ve üretilen türlere göre stratejik planlar hazırlanmalı ve söz konusu planlarda ulaşılabilir hedeflerin tespit edilmesi, hedeflere ulaşmak için uygun araç ve yöntemlerin seçilmesi ve tüm bu plan hazırlık çalışmalarında ilgili tüm paydaşların katılımının sağlanması gerekmektedir. Örneğin; baraj gölleri ve göletlerde ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin çevresel standartlarla uyumlu bir şekilde geliştirilmesi hedefinin belirlenerek, bu hedefe ulaşılması için gerekli eylemlerin GTHB, OSİB, üretici birlikleri ve ilgili diğer paydaşların katılımı ile tespit edilmesi ve belirlenen eylemlerin belirli bir takvim içerisinde gerçekleştirilmesi faydalı olacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusu giderek artarken gıda ve hayvansal besin açığı da büyümektedir. Gıda ihtiyacı yılda ortalama 3.2 oranında artarak % 1.6 oranında artan dünya nüfusunu geride bırakmıştır. Gıda açığının kapatılmasında balık yetiştiriciliği bir alternatif olarak görülürken balık yetiştiriciliği sektörü de giderek büyümüşür. Balık yetiştiriciliğinin büyümesine paralel olarak yem üretim ve tüketim miktarı artmıştır.

Balık yetiştiriciliği sektörünün büyümesi beraberinde çevresel sorunları da getirmiştir. Balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan yem kaynaklı atıklar (metabolik atıklar, tüketilmeyen yem vb.) alg patlamalarını ve ötrofikasyonu tetikleyici azot ve fosfor gibi besin elementlerini muhteviyatlarında bulundurdukları için bu bakımdan çevresel etkileri yadsınmamaktadır.

Birçok ülkede balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan çevresel etkilerin minimize edilmesi ve yetiştiricilik sektörünün sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi maksadı ile çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, balık yetiştiriciliğinden de kaynaklanan azot ve fosforun suya girişi azaltılabilirse yetiştiriciliğin alıcı su ortamına olan etkileri azaltılabilecektir.

Bu tez çalışması sonucunda Türkiye’de balık yetiştiriciliğinin su kalitesine ve sucul ekosisteme olan etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmaların yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür. Bu çerçevede, durgun su kütlelerinde balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan ve ötrofikasyona neden olan besin elementlerinin çevresel etkileri ile bu etkilerin azaltılması maksadıyla yapılan çalışmalar incelenerek yetiştiricilik kaynaklı besin elementlerinin ve etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak Türkiye için öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır.

Türkiye’de durgun sularda yapılan balık yetiştiriciliğinin, su kalitesine olumsuz etkilerinin azaltılması maksadı ile oluşturulan eylem planı Tablo 6.1’de yer almaktadır.

**Tablo 6.1. BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN
AZALTILMASINA YÖNELİK EYLEM PLANI**

Çevresel Yönetimin Sisteminin Geliştirilmesi			
Eylemler	Mesul Kurum	İlgili Kurum	Açıklama
Ekosistem yaklaşımı balık yetiştiriciliği prensibi geliştirilmesi çerçevesinde, çevresel yönetim gerekliliklerin tespit edilmesi ve uygulanması	GTHB OSİB ÇŞB	Üretici Birlikleri Üniversiteler	Balık yetiştiriciliğın çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları ile birlikte değerlendirilmesi, su kalitesine ve sucul ekosisteme olan olumsuz etkilerinin azaltılması/önlenmesi amacıyla ilgili kurumlar arasında işbirliğı sağlanarak ilgili mevzuatta ve uygulamada bulunan eksikliklerin giderilmesi sağlanmalıdır.
Çevresel yönetim uygulamalarının etkinliğinin belirli periyodlarla gözden geçirilmesi ve güncellenmesi	OSİB ÇŞB GTHB	Üretici Birlikleri Üniversiteler	
Balık Yetiştiricilik Tesislerinin Kurulduğu/ Kurulacağı Su Alanlarında Su Kalitesi İzleme Programlarının Oluşturulması			
Eylemler	Mesul Kurum	İlgili Kurum	Açıklama
Balık yetiştiriciliğine açılması planlanan su alanlarında alan ön izleme kriterlerinin belirlenmesi	OSİB SYGM	GTHB	Balık yetiştiriciliğı yapılmayan ancak balık yetiştiriciliğine açılması muhtemel su alanlarının alan ön izlemesinde izlenecek parametreler ve sıklıkları belirlenmelidir.
Balık yetiştiriciliğine açılması planlanan su alanlarında alan ön izlemesi yapılması	GTHB	OSİB SYGM	Balık yetiştiriciliğı yapılmayan ancak balık yetiştiriciliğine açılması muhtemel su alanlarına ilişkin güncel izleme verisi bulunmamakta ise yetiştiriciliğe açılmadan en az 1 yıl süre ile izleme yapılmalı ve bunun sonucunda su alanının yetiştiriciliğe açılıp açılmayacağına karar verilmelidir.
Balık yetiştiriciliğinin su kalitesine ve sucul ekosisteme olan olumsuz etkilerini tespit etmek için gerekli örnekleme sıklığının tespiti ve izleme programının oluşturulması için pilot bölgelerde çalışma yapılması	GTHB	OSİB SYGM Üniversiteler	
Tesislerin faaliyet gösterdiği alanlarda su kalitesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi	OSİB SYGM	GTHB Üreticiler	Toplam fosfor konsantrasyonu gölün trofik seviyesini değiştirecek kadar artarsa faaliyet alanında üretim onaylanmamalı veya sınırlandırılmalı, söz konusu alanın su kalitesinde iyileşme görülmesi ve tesis üretim koşullarının iyileştirilmesi halinde üretime devam etmelidir. Bu konuda belirli bir coğrafi bölgede, aynı su kütlesi tip özelliklerine sahip referans su kütlesi özelliğı taşıyan su kütlesinin TP konsantrasyonu baz alınarak yetiştiricilik yapılan alanda bu referans değere göre kabul edilebilir TP konsantrasyon artışı belirlenmesi ile üretim artışına izine verilebilir.

Özümleme kapasitelerinin belirlenmesi	OSİB SYGM	GTHB	Balık yetiştiriciliği tesisleri faaliyete başlamadan önce ve başladıktan sonra belirli periyotlarla su alanlarının özümleme kapasiteleri belirlenmelidir.
Yem Mevzuatının Geliştirilmesi			
Eylemler	Mesul Kurum	İlgili Kurum	Açıklama
Balık yemlerinde bulunan fosfor içeriğinin kısıtlanması	GTHB	Yem üreticileri, Yem ithalatçıları Üretici birlikleri	Yem kompozisyonunda bulunması gereken bileşenlerin yaklaşık oranları tespit edilerek, hazırlanacak veya mevcut yasal mevzuat ile balık yemlerinde olması gereken fosfor içeriği kısıtlanmalıdır.
Üretim dönemi boyunca, her tesis için maksimum kullanılabilir yem miktarının hesaplanarak göre sınırlandırılması	GTHB	OSİB Üretici Birlikleri	Maksimum kullanılabilir yem miktarı su alanının özümleme kapasitesine veya GAP standartlarında olduğu üzere su alanının hidrolik bekleme süresine göre sınırlandırılması su kütlesinin özümleyebileceğinden daha fazla yetiştiricilik kaynaklı fosfor girişini önleyebilecektir.
Üretim kapasitelerinin ve yem sınırlandırmalarının belirli yılda iki yılda bir gözden geçirilmesi	GTHB	OSİB SYGM	Su kalitesi izleme sonuçları, özümleme kapasitesinin değerlendirilmesi neticesinde üretim ve yem sınırlandırmaları revize edilmelidir.
Balık Yetiştiriciliği Tesisleri İçin İyi Yönetim Uygulamalarının Geliştirilmesi ve Uygulanması			
Eylemler	Mesul Kurum	İlgili Kurum	Açıklama
Yetiştiricilik yapılan ve potansiyel yetiştiricilik alanlarında su kalitesinin ve sucul ekosisteme ilişkin değerlendirmenin yapılması	GTHB	OSİB ÇŞB	İyi yönetim uygulamalarının hazırlanması aşamasında yetiştiricilik yapılan ve potansiyel yetiştiricilik alanlarının su kalitesi, flora ve fauna yapısına ilişkin mevcut durumun ortaya konması ve bu doğrultuda ilgili diğer göstergelerin (üretim tesisleri kapasitesi vb.) durumuna binaen uygulanabilir yönetim uygulamaları geliştirilmelidir.
Yetiştiricilik tesislerinin mevcut durumunun değerlendirilmesi		Üretici Birlikleri	Faal olan tesislerde kullanılan yemlerin kalitesi, yemlerde bulunan fosfor içeriğinin yaklaşık olarak tahmin edilmeli ve kullanılan yemleme metotları tespit edilmelidir.
Taslak iyi yönetim uygulama planının hazırlanması		OSİB, ÇŞB Üretici Birlikleri Üniversiteler	GTHB tarafından daha önce hazırlanan uygulama planının yapılan değerlendirmeler çerçevesinde gözden geçirilmesi ve eksikliklerin giderilmesi gerekmektedir.
Paydaş toplantılarının düzenlenmesi		OSİB, ÇŞB Üretici Birlikleri Üniversiteler	
Nihai iyi yönetim uygulama planının duyurulması			GTHB resmi web sitesinden uygulama esaslarını ilan etmelidir.
İyi yönetim uygulama planının yasal mevzuata aktarılması			Geliştirilen uygulamaların yasal mevzuata aktarılması uygulanabilirliği sağlayacaktır.

Balık Yetiştiriciliği AR-GE Çalışmalarının Desteklenmesi ve Önceliklendirilmesi			
Eylemler	Mesul Kurum	İlgili Kurum	Açıklama
Yem kalitesinin iyileştirilmesi çalışmaları	GTHB-TAGEM Su Ürünleri Araştırma Enstitüleri	Üniversiteler	Yapılan çalışmalarda, düşük kaliteli yemlerin su ortamında besin elementlerinin konsantrasyonunu arttırdığına ilişkin sonuçlar elde edilmiş olup üreticilerin DP/DE oranı yüksek kaliteli yemlerin kullanılmalıdır.
Düşük fosfor içeriğine sahip ve balık gelişimini destekleyen bitkisel kaynaklı yem ham maddelerinin kullanımının araştırılması			Sık kullanılan yem ham maddeleri olan balık unu ve balık yağı yüksek fosfor muhteviyatına sahiptir. Ancak pek çok çalışma bu maddelerin yemlerde kullanımının zaruriyet olmadığını göstermiştir. Türkiye’de de bu tür çalışmaların yapılması ve elde edilen çıktılardan yararlanılması gereklidir
Düşük FCR oranına sahip Yayın Balığı gibi balık türlerinin yetiştiriciliğinin yapılmasına yönelik deneme kafeslerinde araştırma çalışmaları yapılması ve uygun türlerin üretiminin teşvik edilmesi			Türkiye’de yoğun olarak alabalık yetiştiriciliği yapılmakta olup alabalık türlerine kıyasla düşük FCR oranına sahip ve dolayısı ile su kalitesine muhtemel etkisi daha az olan türlerin yetiştiriciliği desteklenmelidir.
Yemlerin sindirilebilirlik oranlarının artırılmasına ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması			
Entegre çoklu trofik yetiştiriciliğin uygulanmasına ilişkin araştırma çalışmalarının yapılması ve desteklenmesi			Türkiye’de entegre üretim konusunda yapılan çalışmalar oldukça kısıtlı olup dünyada yaygınlaşan bu sisteme dair ülkemizde AR-GE çalışmaları yürütülmelidir.
Yetiştiricilik yapılan alanlarda pilot su kütleleri üzerinde azot ve fosforun azaltılmasına yönelik sazluk alan çalışması yapılması	GTHB	OSİB	
Yetiştiriciliğin su kalitesi ve sucul ortama etkilerinin azaltılmasına ilişkin çalışmalara ulusal araştırma programlarında yer verilmesi	GTHB		
Yetiştiricilikte çevre dostu teknolojilerini kullanımının araştırılması ve uygun sistemlerin kullanımının desteklenmesi	GTHB		Yüzen kapalı tank sistemi ve benzer çevre dostu teknolojilerin Türkiye’de uygulanabilirliği araştırılmalı ve uygun teknolojilerin kullanımı ilgili kurumlar tarafından yaygınlaştırılmalıdır.
Kafeslerde Rotasyonun Sağlanması			
Eylemler	Mesul Kurum	İlgili Kurum	Açıklama
Her üretim sezonu sonunda kafeslerin yerinin değiştirilmesi, uygulamanın denetlenmesi	GTHB		Üreticilere su alanı tahsis edilirken rotasyon sağlanacak kadar su alanı, kiralanacak alan içerisine dahil edilmelidir.

Balık Yetiştiriciliği İçin Çevresel Odaklı Stratejik Planların Hazırlanması			
Eylemler	Mesul Kurum	İlgili Kurum	Açıklama
Balık yetiştiriciliğinin su kalitesine ve sucul ekosisteme olumsuz etkilerinin azaltılması ve önlenmesine yönelik prensiplerin benimsendiği ulusal su ürünleri stratejik planlarının hazırlanması	GTHB	OSİB ÇŞB	OBP çerçevesinde çok yıllık stratejik planların hazırlanması önerilmektedir. Söz konusu stratejik planlarla yetiştiricilik üretiminin artırılması hedeflenmekte olup bu planın çevresel odaklı olarak hazırlanması su kaynaklarının ve sektörün sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1].Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği (2004). T.C Resmi Gazete, 25507, 29 Haziran 2004.
- [2].FAO (1987). African Regional Aquaculture Centre, Port Harcourt, NigeriaCentre Regional Africain D'aquaculture, Port Harcourt, Nigeria, Arac/Rep/87/Wp/11
- [3].Bert, T., (2007).Environmentally Responsible Aquaculture-A Work In Progress Chapter 1
- [4].Avrupa Birliği Bakanlığı, 2013 Sonrası Avrupa Birliği Ortak Balıkçılık Politikası, Ankara
- [5].Yiğit N., Koca S., Terzioğlu S., Didinen I., (2011). Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Çevre Dostu Üretim. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi* Cilt: 3, Sayı: 1, 107-113
- [6].Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, (2012). Su Ürünleri Sektör Raporu
- [7].FAO (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture, Rome
- [8].FAO (2013). Global Aquaculture Production Statics Database Updated to 2013 Summary Information
- [9].Kalkınma Bakanlığı (2014). Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 Su Ürünleri İhtisas Komisyonu Heyeti Raporu, Ankara
- [10].http://www.isub.org.tr/assets/rapor_suurunlerivekulturbalikciligiileilgilirevize3eylul2014.pdf Erişim Tarihi 10.10.2015
- [11].Dikel, S. (2005). Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Adana
- [12].Çelikkale, S. (1987). İç Sularda Balık Yetiştiriciliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları
- [13].Emre, Y. , Sayın C., Kiştin, F., Emre N., (2008). Türkiye’de Ağ Kafeste Alabalık Yetiştiriciliği, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* Cilt 4 Sayı:1-2
- [14].Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ (2014). T.C Resmi Gazete, 28925, 26 Şubat 2014
- [15].Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012). T.C Resmi Gazete, 28483, 30 Kasım 2012

- [16]. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (2014). T.C Resmi Gazete, 29186, 25 Kasım 2014
- [17]. Okumuş İ., Atasaral Ş.,Kocabaş M., Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Çevresel Etki Değerlendirme ve İzleme, Erişim Tarihi: 01.11.2015 <http://docplayer.biz.tr/6044119-Su-urunleri-yetistiriciliginde-cevresel-etki-degerlendirme.html>
- [18].Finnish Game and Fisheries Research Institute, (2012). Environmental Regulation of Aquaculture in the Baltic Sea Region A Broad Overview of the Legal Framework Inga-Liisa Paavola, Ari Ekroos, Hannes Veinla and Kaarel Relve. Helsinki
- [19].Correll D. L., (1999). Phosphorus: A Rate Limiting Nutrient in Surface Waters. *Poultry Science* 78:674–682
- [20].Vlasov, L.,Trifonov, D., (2005) 107 Kimya Öyküsü. Çeviri Nihal Saner. TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları.
- [21].<http://lakewatch.ifas.ufl.edu/circpdfolder/> Erişim Tarihi: 01.11.2015
- [22].Erişim Tarihi:10.11.2015, <http://uguner.trakya.edu.tr/files/limnoloji>
- [23].<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-01102003> Erişim Tarihi: 11.11.2015
- [24].<http://toxics.usgs.gov/definitions/nutrients.html> Erişim Tarihi: 11.11.2015
- [25].CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) (2004). Phosphorus: Canadian Guidance Framework For The Management Of Freshwater Systems. No:1299
- [26].<http://cevre.erciyes.edu.tr> Erişim Tarihi:10.11.2015
- [27].DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) (2013). *Ermenek Baraj Limnolojisi, Ankara*
- [28].Pülatsü, S.,Topçu, A., Atay, D., (2014).Su Kirlenmesi ve Kontrolü Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Yayın No:1617
- [29].Yıldırım, Ö. , Korkut, Y., (2004). Su Ürünleri Yemlerinin Çevreye Etkisi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, Cilt:21 Sayı:1-2,167-172.
- [30].Phoslock Water Solutions Ltd. (2008). Blue-Green Algae Management in Aquaculture
- [31].Muslu. Y., (2001). Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi ve Alg Kontrolü, İstanbul

- [32].USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2010). Chapter 5: Trophic State of Lakes
- [33]. <http://rmbel.info/lake-trophic-states-2/> Erişim Tarihi:10.11.2015
- [34].Cirik. S., Cirik ř., (2005). *Limnoloji*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:21
- [35].Carlson R., A Trophic State Index for Lakes. Limnological Research Center, University of Minnesota
- [36].<http://www.secchidipin.org/index.php/monitoring-methods/trophic-state-equations/> Erişim Tarihi:01.10.2015
- [37]. T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı (2015) Türkiye’de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi, V.İlerleme Raporu
- [38].Sondergaard M.,Jeppesen E., Lauridesen T., (2015). Lake Restoration in Denmark. *Lakes & Reservoirs Research & Management*
- [39].IUCN (The World Conservation Union) (2007). Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture No:1
- [40].Pillay T., (2004). *Aquaculture and Environment*, Blackwell Publishing
- [41].Fisheries and Oceans Canada (2006). Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2450
- [42]. Yeo, S., Binkowski P., Morris J., (2004). Aquaculture Effluents and Waste By-Products Characteristics, Potential Recovery, and Beneficial Reuse
- [43]. Novia UAS Sustainable Coastal Management (2015). Phosphorus Project: Sea Breeze IV Case Denmark
- [44]. Podemski C., Blanchfield P., (2006). A Scientific Review of the Potential Environmental Effects of Aquaculture in Aquatic Ecosystems, Canada.
- [45]. Bureau, D., Gunther, S., Cho , C., (2003). Chemical Composition and Preliminary Theoretical Estimates of Waste Outputs of Rainbow Trout Reared in Commercial Cage Culture Operations, Canada

- [46]. Olsen L., Holmer M., Olsen Y., (2008). Perspectives of Nutrient Emission from Fish Aquaculture in Coastal Waters Literature Review With Evaluated State Of Knowledge FHF Project No. 542014
- [47]. Phillips M. J., Beveridge M. Ross L. G., (1985). The Environmental Impact of Salmonid Cage Culture On Inland Fisheries: Present Status and Future Trends, *J.Fish Biol.* 27 (Supplement A), 123-137
- [48]. Ayekin, B., Link:193.140.180.119/tez Erişim Tarihi:13.11.2015
- [49].Beveridge, M., (2004). *Cage Aquaculture*, Blackwell Publishing Sayfa 230
- [50]. Reid, G., (2007). Chapter One: Nutrient Releases from Salmon Aquaculture In: Nutrient Impacts Of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) On Pelagic Ecosystems And Implications For Carrying Capacity Report Of The Technical Working Group (WWF) On Nutrients And Carrying Capacity Of The Salmon Aquaculture Dialogue, Canada University of New Brunswick
- [51].Davies P., (2000). Cage Culture of Salmonids in Lakes: Best Practice and Risk Management for Tasmania
- [52].Allison, A., (2012). Organic Accumulation under Salmon Aquaculture Cages in Fossfjörður, Iceland
- [53].Vista, A., Norris, P.,Lupi, F.,Bernsten R., (2006). Nutrient Loading and Efficiency of Tilapia Cage Culture in Taal Lake, Philippines
- [54].Alvarado, J., (1997). Aquafeeds and the Environment CIHEAM. Sayfa 275-289
- [55].Chen, J. ve diğerleri (2007).A Review of Cage and Pen Aquaculture:China, FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. Sayfa:241, Rome
- [56].Gökkaya, Z.,(2000). İç Sularda Kafeslerde Balık Yetiştiriciliğinin Etkileri Seminer Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü
- [57].<http://www.unep.or.jp> Erişim Tarihi:12.11.2015
- [58].Tüzün İ.,İnce Ö., Başaran G., (2006).Doğal Göl ve Rezervuar Limnolojisindeki Farklılıkların Birleşik Yönetim Planlaması Açısından Değerlendirilmesi:Genel Yaklaşım
- [59].Boyd C, Lim C., Queiroz, J., Salie K., McNevin A., Wet L., Best Management Practices for Responsible Aquaculture

- [60].Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (2014) T.C Resmi Gazete, 29186, 25 Kasım 2014
- [61].FAO (Food and Agricultural Organizations), (2013). Site Selection and Carrying Capacities for Inland and Coastal Aquaculture, Rome
- [62].Beveridge, M. Philips M., ve diğerleri, Blue Frontiers Managing the Environmental Costs of Aquaculture
- [63].Hakanson L., (1999) On The Principles And Factors Determining The Predictive Success Of Ecosystem Models, With A Focus On Lake Eutrophication Models, *Ecological Modelling*. Sayfa 139–160
- [64].Organic Waste and Feed Depsits on Bottom Sediments from Aquaculture Operations; Scientific Assessment and Guidance Environment Canada Report 1-14 (2009) Canada
- [65].Bradbury B., Gowen R. J., (1987). *Oceanography and Marine Biology*, Aberdeen University Press, Scotland
- [66].ASC (Aquaculture Stewardship Council). (2013). ASC Freshwater Trout Standard
- [67].Auburn University, Alabama Aquaculture Best Management Practice (BMP). BMP No:19
- [68].<http://www.adameurope.eu/prj/8647/N10a> Erişim Tarihi: 13.11.2015
- [69].Korkut, A., Kop, A., Demirtaş , N., Cihaner, A., (2007). *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* Sayı:1-2; 201-205.
- [70].Erteken, A., Hasimoglu A., (2005). *Sumae Yunus Araştırma Bülteni*, Ülkemizde Balık Yemi Teknolojisinin Gelişimi
- [71].Aydın, F.,Alabalık Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri, A.Ü. Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, Ankara
- [72].Tekinay A.,Güroy D.,Çevik N., (2006). Balık Üretiminden Kaynaklanan Kirlilik ve Çözüm Yolları . *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 23 - Ek (1/1): 295-298
- [73]. GTHB (2013). 1.Balıkçılık Çalıştay Sonuç Raporu, Antalya
- [74].Alkan, M. (2012). Su Ürünleri Yemlerinde Teknolojik Gelişmeler Ege Üniversitesi Su Ürünleri Lisans Tezi

- [75].Kılıç Deniz Ürünleri Üretimi İhracat İthalat ve Tic. A.Ş. (2014). Ağ Kafeslerde Su Ürünleri Yetiştirme Tesisi-I Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu
- [76].Şener E.,Yıldız M.,Fenerci S., (2000). Ağ Kafeslerde Kullanılan Yemlerin Çevreye Etkisinin Saptanmasında Uygulanan Bir Araştırma Yöntemi, IV. Su Ürünleri Sempozyumu
- [77]. Smith, V., Tilman, G., Nekola, J.C., (1999). Eutrophication: Impacts of Excess Nutrient Inputs on Freshwater, Marine, and Terrestrial Ecosystems *Environmental Pollution* 100 (179-196)
- [78].Bureau, D., Hua K., (1997). Reduction of Waste Output from Salmonid Aquaculture through Feeds and Feeding
- [79].Aşan, M. (2006). Mikrobiyal Fitazlar, Uygulama Alanları ve Biyoteknoloji, *Tarım Bilimleri Dergisi* , 13 (2) 147-155 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
- [80].Pervin O., Aydın M., Karamanoğlu A., Göktepe Ç., Soğancı C., Korkut A., Kop A. Balık Beslemede Otomasyon Kullanımı (2014). *SUMAE Yunus Araştırma Bülteni* 65-69
- [81].Hargreaves j., Tucker C., (2008). Environmental Best Management Practices for Aquaculture. Blackwell Publishing
- [82].Novia UAS Sustainable Coastal Management (2015). Phosphorus Project: Sea Breeze IV Case Denmark
- [83].<http://eng.mst.dk/media/mst/9149723/danishorderonenvironmentalpermittingandconcurrentcasemanagementwithregardtofreshwaterfi.pdf> Erişim Tarihi: 14.11.2015
- [84].A Multi-Stakeholder Workshop (2005). Defining Indicators for Sustainable Aquaculture Development in Europe, Belgium
- [85].www.waikatoregion.govt.nz/Council/Policy-and-plans/Rules-and-regulation/Regional-Coastal-Plan/Regional-Coastal-Plan/Appendix-IA/1-Fundamental-Aspects-of-baseline-surveys-and-monitoring-programmes/1632-Taking-and-Use-of-Coastal-Water-Permitted-Activity-11/ Erişim Tarihi: 14.11.2015
- [86].BAP Finish/Crustacean/Mollusk Hatcheries/Nurseries Standards–Version 1 – September 2014
- [87].Lok A., Kirtik A., (2001). Su Ürünlerinde Entegre Kültür Olanakları, Ege Üniversitesi

- [88]. Kautsky N., Folke C., (1989). The Role of Ecosystems for a Sustainable Development of Aquaculture. *Ambio* vol. 18, pp. 234-243
- [89]. <http://www.aquabiofilter.com/> Erişim Tarihi: 20.11.2015
- [90]. http://wagga.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/29670/04_06-reed-beds-final.pdf
Erişim Tarihi: 18.11.2015
- [91]. Hargreaves J., Best Management Practice for Cage Culture: Advantages and Limitations
Erişim Tarihi:25.11.2015
- [92]. Anonim . Eko-Etiket Sunum
- [93]. Potts T., Eco-Labels and Aquaculture
- [94].http://www.farmedanddangerous.org/wpcontent/uploads/2011/01/08_05_Closed_System_Aquaculture_summary.pdf Erişim Tarihi:14.11.2015
- [95].<http://tidescanada.org/wp-content/uploads/files/salmon/11.15-Wilton-AgriMarine.pdf>
Erişim Tarihi:24.11.2015
- [96].EC 19.9.2002 COM(2002) 511 Final, Brussels.
- [97].http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/sustainable_aquaculture_FB11_en.pdf Erişim Tarihi : 23.11.2015
- [98].Duru, B.,Avrupa Birliği Çevre Politikası
- [99]. www.agrimarine.com Erişim Tarihi: 16.11.2015
- [100].EC COM (2013) 229 Final. Brussels.
- [101].CCFAM (Canadian Council of Fisheries & Aquaculture Ministers) (2010) Freshwater Sector Strategic Plan
- [102].Environmental Management Program for Land Based Finfish Aquaculture in New Brunswick (2013). Canada

