

Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinde yemlerin çevreye etkisinin azaltılması

Reducing the impact of feeds on the environment in sustainable aquaculture

İsmail Berat Çantaş¹ • Önder Yıldırım^{2*}

¹ Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Fisheries, Department of Aquaculture, Muğla/Turkey  <https://orcid.org/0000-0002-2074-4985>

² Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Fisheries, Department of Aquaculture, Muğla/Turkey  <https://orcid.org/0000-0003-2591-0310>

*Corresponding author: onderyildirim@mu.edu.tr

Received date: 10.07.2018 Accepted date: 11.01.2018

How to cite this paper:

Çantaş, İ. B. & Yıldırım, Ö. (2019). Reducing the impact of feeds on the environment in sustainable aquaculture. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 87-97. DOI: 10.12714/egejfas.2019.36.1.12

Öz: Sürdürülebilir yetiştiricilik çevresel, sosyal, ekonomik ve estetik faktörlerin bütünleşmesi ile meydana gelmektedir. Yetiştiriciliğin çevreye olan etkisinde beslemenin etkileri yadsınmaz. Çevresel etkilerin başında sisteme verilen yem ve yemin oluşturduğu besin maddelerinin yükü gelmektedir. Bu besinlerin yükünü yem içeriğinde bulunan azot ve fosfor oluşturmaktadır. Azot ve fosforun yetiştiricilik yapılan ortamda normal değerlerin üzerinde birikmesi ötrofikasyon ve algal patlamalar gibi olaylara neden olabilmekte ve bu durum yetiştiricilik ortamındaki yaşamı olumsuz etkileyebilmektedir. Balık yemlerinden kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması sürdürülebilir yetiştiriciliğe önemli katkı sağlamaktadır. Yemden en verimli şekilde yararlanıp çevre dostu yem formülasyonlarının geliştirilmesi çevreye salınan azot ve fosfor miktarını azalarak yetiştiriciliğin yem kaynaklı çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olabilir. Yemin daha verimli kullanılarak sindirilebilirliğinin artırılması ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu amaca hizmet etmek üzere son yıllarda yemlere enzim eklenmesinin başarılı olduğu birçok çalışmada görülmüştür. Özellikle fitaz enzimi ilavesi ile fosfor sindirilebilirliği artmakta suya salınan fosfor miktarları da düşmektedir. Bu konuda entegre multi trofik akuakültür sistemler, akuaponik sistemler gibi alternatif üretim formülleri ve izleme sistemlerinin geliştirilmesi ile bu yükün faydalı bir şekilde kullanılması ve izlenmesi sağlanabilir. Bu derlemede sürdürülebilir yetiştiricilikte yemlerin çevresel etkileri ve bu çevresel etkilerin azaltılması için neler yapılabileceği konusu ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir yetiştiricilik, çevresel etkiler, ötrofikasyon, nütrient birikimi

Abstract: Sustainable aquaculture consists of environmental, social, economic and aesthetic factors. The most important environmental impacts are the feed given to the system, and the nutrient load arising from the feed and undeniable impact of aquaculture. This nutrient load consists of nitrogen and phosphorus, which are basically found in feeds. Nitrogen and phosphorus accumulation in the system can cause events such as eutrophication and algal blooms in the environment and this may be negatively affecting the life in the environment. Sustainable aquaculture can be achieved by reducing the environmental impacts arising from the feeding. The environmental impacts of the aquaculture arising from the feeding can be reduced by using the feed in the most efficient way and by reducing the amount of nitrogen and phosphorus release to the environment together with the development of environmentally friendly feed formulations. Many studies have shown that the addition of enzymes to feeds has been successful for more efficient use of the feeds and increasing digestibility. Especially thanks to the addition of phytase enzyme, the phosphorus digestibility increases and the amount of phosphorus released into the water decreases. In addition, this load arising from the feed can be advantageously used and monitored with alternative production formulas for example, with integrated multi-trophic aquaculture systems and aquaponic systems. In this compilation, environmental effects of the feeds in sustainable aquaculture and what can be done to reduce these environmental effects are discussed.

Keywords: Sustainable aquaculture, environmental effects, eutrophication, nutrient accumulation

GİRİŞ

Besinsel içeriği, kolay bulunabilmesi ve ekonomik olması su ürünlerini diğer gıdalara göre daha avantajlı bir konumda tutmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütüne göre, su ürünleri yetiştiriciliği sektörü gıda üretim sektörleri arasında en hızlı büyüyen sektör olarak değerlendirilmektedir.

FAO verilerine göre 2016 yılında tüm dünyada yetiştiricilik yoluyla 80 milyon ton üretim gerçekleştirilmiştir. Yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretim miktarının 51.3 milyon tonu iç sularda, 28.7 milyon tonu ise denizlerde yapılan yetiştiricilikten elde edilmiştir. Dünya çapında kişi başına yıllık su ürünleri tüketim miktarı ortalama 20 kg'dır (FAO, 2018).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2018) verilerine göre ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği giderek artış göstermektedir. 2000 yılında 79.031 ton, 2005 yılında 118.277 ton, 2010 yılında 167.141 ton ve 2016 yılında 253.395 ton su ürünleri yetiştiriciliğinden üretim gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında en fazla yetiştirilen türler ise 107.013 ton ile Gökkuşuğu alabalığı, 80.847 ton levrek ile ve 58.254 ton ile çipura olmuştur.

Dünya karma yem üretimi 1 milyar tona ulaşmış olup, bunun içinde 40-45 milyon tonluk su ürünleri yemi bulunmaktadır. Ülkemizde balık yetiştiriciliğinin sağlanması için 350.000-400.000 ton balık yemi üretimi gerçekleştirilmektedir (Yıldırım, 2016).

Sürdürülebilir yetiştiricilik; ekosistemi koruyarak, dengeli bir şekilde kullanmak ve çevrenin kalitesini bozmadan değerlendirmektir. Su ürünleri yetiştiricilik sektörünün, global gıda güvenliğine, beslenme problemlerinin iyileşmesine, çevreye en az katkıya maksimum fayda ile ekonomik gelişime katkı sağlaması beklenmektedir (Yavuzcan vd. 2010). Su ürünleri yetiştiriciliği, diğer tarımsal faaliyetlerde olduğu gibi, yer aldığı ekosistem üzerinde bir etkiye sahiptir.

Yetiştiriciliğin çevreye olan etkisi

Akuakültürdeki ürün atıkları çevreyi olumsuz yönde etkileyebilir. Entansif yetiştiricilikte yem verildiği zaman partikül halindeki organik atıklar (yenilmeyen yemler ve dışkılar) ve çözünebilir (dışkılar) ortamda birikmeye başlar ve akabinde biyokimyasal oksijen ihtiyacını artırır ve yetiştiricilik ortamındaki çözünmüş nitrat ve fosfatı yükseltir. Toplam nitrojen ve karbon solungaçlarda süzülür %50 oranında suya geri verilir. Benzer biçimde %50 oranında fosfor da denize geri salınır (White, 2013). Yetiştiriciliğin çevreye etkileri Şekil 1'de özetlenmeye çalışılmıştır.

Düşük yem kalitesi ve kötü besleme stratejileri ağ kafes sistemlerinde en büyük kirlenici etmenler

olarak gözükmektedir. Ortamda balıklar tarafından yenmeyen besin maddeleri birikim gösterirler ya da değişime uğrarlar. Ortamdaki besin maddelerinin kirlenici sayılması için ekosistemin taşıma kapasitesine ve maddelerin konsantrasyon limitlerine bağlıdır. Tatlı sularda fosfor algal üretimi etkileyen besin maddelerinin başında gelmektedir. Denizel sistemlerde ise azot aynı durumu göstermektedir. Bu besin maddeleri ortama partikül ve çözünmüş halde salınmaktadır (White, 2013).

Kafeslerde sediment oluşumu balık ve kültürü yapılan diğer organizmaların yem ve dışkılarından gelen yüksek organik yüklerin birikimi ile oluşmaktadır. Fakat sedimentasyon oranı türe, yem tipine, yem yönetimine, akıntı ve derinliğe bağlı olarak değişmektedir. (Porchas ve Cordova, 2012).

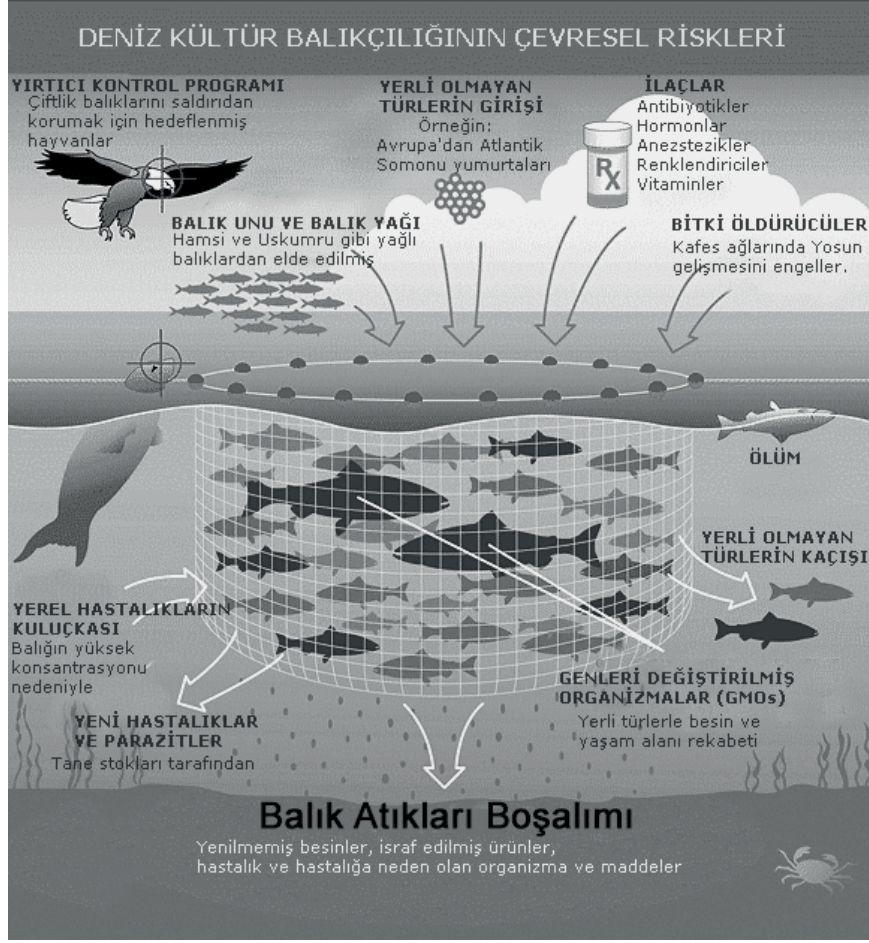
Balık çiftlikleri yakınlarındaki sucul ortamlarda sediment oluşumu ve besin maddesi zenginleşmesinin sedimente olan etkileri üstüne birçok bilimsel çalışma mevcuttur (Islam, 2005; Cao vd. 2007; Diana 2009; Hixson, 2013; White, 2013; Topçu ve Pulatsu, 2017; Pulatsu vd. 2017) Aşırı miktarda yem ve balık dışkısının çiftliklerden deşarjı ve birikimleri sonucu, besin maddeleri tekrar çözünme ve değişime uğrama gibi kimyasal süreçlere maruz kalırlar. Nitrojen, fosfor ve organik maddenin yükselmesi suyu ve sedimenti zenginleştirir. Balık çiftliğinin ürettiği atık miktarı; stoklama yoğunluğu, yemleme rejimi ve yemleme oranına göre değişir, bu üç faktör ne kadar yem kullanıldığını tayin etmemize yaramaktadır.

Balık çiftliklerinden çıkan yemler ve dışkılar en baskın besin yüklerinden biridir (Beveridge 2004, Belle ve Nash 2008, Holmer vd. 2008). Çiftliklerden meydana gelen besin yükleri balığın boyutuna, kafes miktarına, stok yoğunluğuna, kullanılan yem tipine ve çiftlik yönetimine bağlı olarak değişmektedir (Holmer vd. 2010). Balığın hasat boyuna gelmesi için fazla yem gerekmektedir. Büyük çiftlikler fazla kafes sayılarıyla daha fazla nütrient üretmektedirler (Price vd. 2013).

Yemlerin çevreye olumsuz etkileri

Katı atıklar, çözünmeyen katı parçacıklar genellikle dışkılar ve yenilmeyen yemlerdir. Sistemde çözündükleri zaman oksijen yetersizliğine ve amonyak toksisitesine sebep olurlar. (Price vd. 2013).

Kıyasal sulardaki ötrofikasyon su kolonundaki nütrient zenginleşmesi ve nütrientlerin sedimentten tekrar sucul ortama karışması sonucu meydana gelmektedir. Çeşitli çalışmalarda balık çiftliklerinden sedimente salınan nitrojen ve fosfor miktarının her ton balık üretimi için 20-463 kg azot ve 5-80 kg fosfor arasında olduğu görülmektedir (Wu 1995, Islam 2005). Bu geniş farkın yetiştiriciliği yapılan türe, yem



Şekil 1. Kültür balıkçılığının çevresel riskleri (Bahtiyar, 2018)
Figure 1. Environmental risks of aquaculture (Bahtiyar, 2018)

kaynağına ve uygulamalara göre değiştiği tahmin edilmektedir (Price ve Morris 2013). Farklı akuakültür tipleri ve türlerinde azot ve fosfor yükleri Tablo 1'de verilmiştir.

Azotun her ne kadar başlı başına nütrient miktarını arttırdığı düşünülse de fosfor da birincil üretimde nütrient birikimine katkısı olduğu bilinmektedir (Cloern 2001, Nordvang ve Hakanson 2002). Fosforun artması da algal patlamalara ve ötrofikasyona neden olmaktadır. Denizel kafes kültürlerinde yenmeyen yemler, balık dışkıları ve fosfattan gelen metabolik atıkların fosfor kaynağı olduğu tanımlanmaktadır. (Cole, 2002; Nash vd. 2005; Huntington vd. 2006; IUCN, 2007; Holmer vd. 2008; Tett, 2008).

Ağ kafeslerin etkileri

Ağ kafes kültürü birçok ülkede türe, çiftliğin boyutuna, yere, kullanılan teknolojiye göre değişken olmakla beraber, iyi bir yönetim uygulamasına ihtiyaç

duyar. Bu durum karlılığı artırırken üretimin daha yararlı olmasını ve çevreye etkinin düşmesine neden olacaktır. İlk olarak kurulacak yerin en uygun alanda seçilmesidir. İkinci adım ise kullanılacak teknolojinin uygun derinlik, hava koşulları, akıntı, altyapı ve diğer faktörlere uyumlu olmasıdır. Ağ kafes yetiştiriciliği yönetimi üretimin kontrolü, optimal büyüme ve iyi çevresel şartları hedeflemektedir (Breaten, 2007). Tüm yetiştiricilik uygulamalarında çevreye olan etki hesaplanmalı bu etkiler minimuma indirilmesi amaçlanarak sürdürülebilir bir yetiştiricilik amaçlanmaktadır.

Kafeslerdeki oksijen seviyesi balıkların yaşama ve büyümesi için hayati bir önem arz etmektedir. Kafesin kurulduğu yerdeki akıntı ve su hareketleri problemleri çözmenin en iyi yollarındandır. Tatlı sularda akıntı hızının düşük olması, su derinliği ve hareketin az olmasından dolayı daha fazla problem olmaktadır. Ağ kafesler günümüzde açık denizlere kurulduğundan rüzgar, akıntı ve su değişimi ile ilgili herhangi bir sorun

yaşanmamakta, düşük oksijen ve sedimentasyona bağlı olumsuzluklara rastlanmamaktadır (Breaten, 2007).

Ağ kafes kültüründe yemlerden gelen partiküller ve tozlar bulanıklıktaki iki temel kaynağı oluşturmaktadır (Hargrave, 2003; IUCN, 2007). Oluşan biyofouling durumu da geçici de olsa bir bulanıklık oluşturarak su berraklığını etkileyebilir. (Hargrave 2003, Alston vd. 2005). Genel olarak yüksek akıntı miktarı balık çiftliklerindeki bulanıklığı minimize edecektir. Akıntı oranları suda meydana gelen gelgit ve mevsimsel değişikliklerle beraber farklılık gösterebilir (Tanaka ve Kodama 2007). Sudaki akıntı miktarının düşmesi yemlerin ve atıkların bulanıklığı arttırmasına neden olabilir. Yükselen turbidite düşük ışık alımı nedeniyle

fitoplankton üretimini etkileyebilir (Harrison vd. 2005) ve bu durum da bentik akuatik canlıların fotosentez yapmasını engelleyebilir (Cole 2002). Işığın kısıtlı olması mercanlar ve deniz yosunu yatakları gibi kritik habitatlar için önemlidir (Price ve Morris, 2013).

Machias vd. 2004 ve Machias vd. 2005'e göre nispeten nütrient oranı düşük sularda ve buralarda çiftliklerin bulunması suyun taşıma kapasitesini düşüreceğinden endişe etmektedir. Kafeslerin yoğun olduğu ve kafeslerdeki balık sayısının fazla olduğu yerlerde akuakültür taleplerine göre suyun taşıma kapasitesi aşılmaktadır (Beveridge vd. 2004). Farklı türlere ait azot ve fosfor boşaltımları tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı akuakültür sistem ve türlerinde azot ve fosfor yükleri (De silva et al. 2010)
Table 1. Nitrogen and phosphorus loadings in different aquaculture species and types (De silva et al. 2010)

Tür	Kültür Sistemi	Yem Tipi	Boşaltım kg/t		Çalışma
			N	P	
Çipura	Kafes	Ticari	102,9	17,8	Lupatsch ve Kissil 1998
Gökkuşluğu Alabalığı	Kafes,beton havuz	Ticari	47,3-71,1	6,5-24,2	Ingram, 1999, Bureau vd. 2003
Orfoz (<i>Epinephelus areoltus</i>)	Kafes	Iskarta Balık	321		Leung vd. 1999
Aynalı Sazan	Havuz	Çeşitli	30,9-86,0	8,5-26,4	Watanabe vd. 1999,
Silver perch (<i>Bidyanus bidyanus</i>)	Havuz,kafes	Ticari	130	14,4-28,8	Gooley vd. 2000,2001
Kanal Kedi Balığı (<i>Ictalurus punctatus</i>)	Havuz,kafes		120-160	25-35	Guo ve Li 2003, Guo vd. 2009
Orkinos (<i>Thunnus maccoyii</i>)	Kafes	Balık	260-502		Fernondesada vd. 2007
Çizgili kedi balığı (<i>Pangasiano-don hypophthalmus</i>)	Havuz	Ticari	46,0	14,4	De silva vd. 2010
Çizgili kedi balığı (<i>Pangasiano-don hypophthalmus</i>)	Havuz	Çiftlik yapımı	46,8	26,6	De silva vd. 2010

Tablo 2. Ağ kafeslerde Çipura-Levrek azot ve fosfor yükleri (Piedecausa et al, 2010)
Table 2. Nitrogen and phosphorus loadings in seabass and seabream cage culture (Piedecausa et al, 2010)

Değerler (%)	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)
Ortalama Ağırlık (Birey)(g)	12	12
FCR	1,5	1,5
Protein	46,0	53,7
Yağ	11,5	21,3
Azot	7,36	8,59
Fosfor	1,41	1,50
Azot Sindirilebilirliği	82,8	96,7
Fosfor Sindirilebilirliği	47,8	55,5

Toprak havuz sistemlerinin etkisi

Toprak havuz sistemlerinde bitkiler büyüdüğünde ve yüksek yem girişi olduğundan da su kalitesi düşmektedir (Islam, 2005). Birçok çalışma nitrojen, fosfor ve organik yükü dolu suyun iyileştirilmesi yollarını ararken bazı gelişmiş ülkelerde bile bu su direkt boşaltılmaktadır. (Boyd, 2003). İyileştirme seçeneklerinden biri ıstridyelerin çıkış sularını temizlemesi, yosunlar ve diğer bitkilerin nütrientler için biyofiltre olarak kullanılmasıdır. Entansif sistemlerdeki ötrofikasyonun ekstansif ya da yarı-entansif sistemlere göre daha fazla olduğu görülmüştür. (Beveridge vd. 2004). Birçok durumda çıkış suyunun kalitesinin alınandan daha kötü durumda olduğu görülürken, bazı durumlarda iyileştirilen suyun kalitesinin alınandan daha iyi olduğu gözlemlenmiştir (Diana, 2009).

Yemlerin çevreye etkilerini nasıl azaltabiliriz ?

Bu etkiler çiftliklerin derinlikleri fazla, akıntıları yüksek dip zeminin değişken olduğu yerlerin üstüne kurulmasıyla önlenemez. Bunun sonucunda organik maddenin çiftlikten uzakta yer alması sağlanacak, nütrientlerin çözünme ve değişime uğraması için yayılması sağlanacaktır. Bunlar yapılırken çiftliklerdeki kafeslerden aşağıya doğru inen yenmeyen yemler ve balık dışkıları dikkate alınarak kurulduğu yerdeki nütrient zenginleşmesine ve sedimentasyona hassas habitatların olmadığı alanlara seçilmelidir. Bazı organik materyallerin özellikle büyüme periyodunun sonlarına doğru birikim miktarının pik yapacağı beklenmektedir. Derin yerlere kurulan çiftliklerdeki sürekli ve kesintili organik artıkların bentik yapıda daha az sediment oluşturduğu görülmektedir. Bazı alanlarda da çiftliklerden boşalan artıkların yerel deniz organizmaları için besin maddesi olarak kullanıldığı bilinmektedir (Price vd. 2013).

Besleme stratejisi

Doğru yem miktarı, uygun yemleme süresi ve sıklığı ile yüksek olan yem dönüşüm oranları düşürülebilir ve geliştirebilir. Düşük yem kalitesi ve besleme stratejisi çevreye etki eden faktörlerin başında gelmektedir. Tüketilen yemler bir dizi metabolik reaksiyonlar verir bunların sonucundan amonyum, fosfor ve karbondioksit oluşumu ötrofikasyonu tetikler (Cao, 2007). Yemin fazla olması fekal artıklara göre enerji içeriği ve bozulma oranına çevreye daha fazla zarar vermektedir (White, 2013). Partikül organik maddeler dağılır ve batarlar bu durum da toksisite ve oksijen yetmezliğine sebebiyet verir (Hixson, 2014). Yetiştiricilikte aşırı besleme yüzünden yüklü miktarda nütrient kültür ortamına ve doğaya girerek birikim yapmaktadır.

Yem kalitesi ve yemden yararlanma

Yem maliyeti yetiştiricilikte toplam maliyetinin

%60'ına kadar önemli bir yer kaplamaktadır. Balık besleme planlaması ile üreticiler balıklarının nasıl besleyecekleri ve bunun kayda değer bir etkisinin firmalarında çevresel ve ekonomik bir sürdürülebilirlik oluşturmasını amaçlamaktadır. Yemleme yönetimi rasyon, yemin boyutu ve dağılımı, yemin alınma zamanı ve yemleme sıklığı ve yemleme süresi ile ilgilidir. En önemli indikatörlerden biri büyüme oranı ve yem dönüşüm oranı (FCR)'dir ve faktörlerin her biri yemin çevresel etkisini göz önüne sermektedir (White, 2013).

Akuakültürün ilgilendiği konuların başında yemin rasyonunun ihtiyaçları karşılama optimum büyüme oranı ve FCR'ı yakalamasıdır. Ayrıca türe ve mevsime bağlı olarak gerekli olan enerjiyi sağlamasıdır. Yetiştiricilik yapanlar bu faktörlerin tamamını göz önüne alarak ekonomik ve çevresel beslenme stratejisi geliştirmelidir (White, 2013).

Sindirilebilirliği, yemden yararlanmayı ve yemleme uygulamalarını iyileştirmedeki amaç atıkların oranını azaltmaktır (Hixson, 2014). Türe ve mevsime bağlı gerekli olan enerjiyi sağlamalıdır. Bugün halen nütrient birikimi gerçekleşmekteyken bunun sebebi kötü yem uygulamaları yerine yoğun yetiştiricilikten olduğu bilinmektedir. (Islam, 2005). Yetersiz beslenme ve besinsel dengesizlikler balıktaki büyüme performansını düşürür. Yem katkı maddeleri kullanarak fosforun biyolojik olarak kullanılması sağlanabilir, sindirilebilirliği artırılabilir ve diğer besin maddelerin kullanımı sağlanabilir (Hixson, 2014).

Yem formülasyonu ve balık performansı

Düşük maliyetli, canlılığın refahı için gerekli olan ihtiyaçlarını sağladığı, çevreye etkisi düşük, türe ve besleme protokollerine göre yem formülasyonları hazırlanmalıdır (Diana, 2009). Kafeste yetiştirilen balıklarla toprak havuzlarda yetiştirilen balıkların türü aynı olsa da besinsel ihtiyaçları değişmektedir (Cao vd. 2007). Etkif yem formülasyonunda optimum protein/enerji seviyesinin belirlenmesi en hayati noktadır. Optimal yem formülasyon seviyelerinin tespit edilmesi maksimum büyüme için önemlidir (White, 2013).

Yem kompozisyonu ve FCR üretilen atık miktarını etkilemektedir (White, 2013). Yüksek yağ içerikli, düşük karbonhidrat ve protein içerikli yemlerin geliştirilmesi ve sindirilebilirliğin artırılması atık üretimini azaltacaktır (Price vd. 2013). Yemler yüksek sindirilebilirlik oranlı, düşük azot içerikli ve besinsel protein oranı daha az nütrient salımını çevreye minimize edecek ve akuakültürün sürdürülebilirliğini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır (White, 2013).

Yemleme yönetimi

Akuakültürel yem yönetimi yetiştiricinin balıklarının doğru şekilde nasıl besleyeceğini ve bunun sonucunda

çevresel ve ekonomik bir sürdürülebilirlik oluşturmayı amaçlamaktadır. Yemleme yönetimi; Rasyon, Yemin boyutu ve dağılımı, Yemin alınma zamanı, Yemleme sıklığı, Yemleme süresi ile ilgilidir (White, 2013).

Birçok uzman günlük yemleme tablolarına, deneyimlere ve balığa verilen günlük yem miktarına göre hareket etmektedir. Rasyonlar deneme ortamında balığın yemi sürekli kabul edeceği baz alınarak yapılmaktadır (Koca vd., 2011). Üreticiler balığın gün be gün takip etmeli ve buna göre bir yemleme stratejisi geliştirmelidir (White, 2013).

Yetersiz besleme; yem verimini, büyümeyi düşürürken rekabeti artırır ve balıkların birbirine zarar vermesine yol açabilir. Aşırı besleme ise yem verimini düşürür ve ortamda yem kirlenmesine neden olur (White, 2013).

Çevreye etkinin azaltılmasında alternatif yöntemler

Yemlerin çevreye etkisinin azaltılmasında yaşam alanı değerlendirilmesi metodu ile etkilerin tespiti yapılabilir, çevreye dost yem formülasyonları hazırlanarak yemlerin çevreye olan etkisi azaltılabilir, akuaponik ve entegre multi tropik sistemler kullanılarak sistemlerdeki fazla nütrientin başka türler tarafından kullanılması sağlanarak böylece yetiştiriciliğin çevreye olan etkisi düşürülebilir.

Yaşam alanı değerlendirilmesi (Life cycle assessment)

Besin üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğin tespiti için yaygın olarak yaşam döngüsü değerlendirilmesi kullanılmaktadır. İçerisinde birden fazla indikatör barındırır. Enerji kullanımı (üretilen kilogram başına et için ölçülen kilojoule), sera gazı emisyonu (kilogram başına karşılık karbondioksit), ötrofikasyon potansiyeli (her kilograma karşılık gram fosfat miktarı), su kullanımı (her kilograma karşılık litre) ve yer kullanımı (kilogram başına karşılık m²) (Abdou vd., 2007).

Tüm bu parametrelerin toplamında bir üretim sisteminin belirli periyotlardaki çevreye olan etkisi ve enerji gereksinimi hesaplanabilmektedir. Bu da kontrol açısından oldukça uygun bir sistem olmakla beraber sürdürülebilir yetiştiricilik açısından oldukça uygun bir model oluşturmaktadır.

Entegre Multi-Tropik Akuakültür Sistemler (IMTA)

Entegre multi tropik akuakültür sistemleri (IMTA, Integrated Multi-Trophic Aquaculture System) balıkla beraber omurgasız ya da bitki yetiştiriciliği çevreye olan

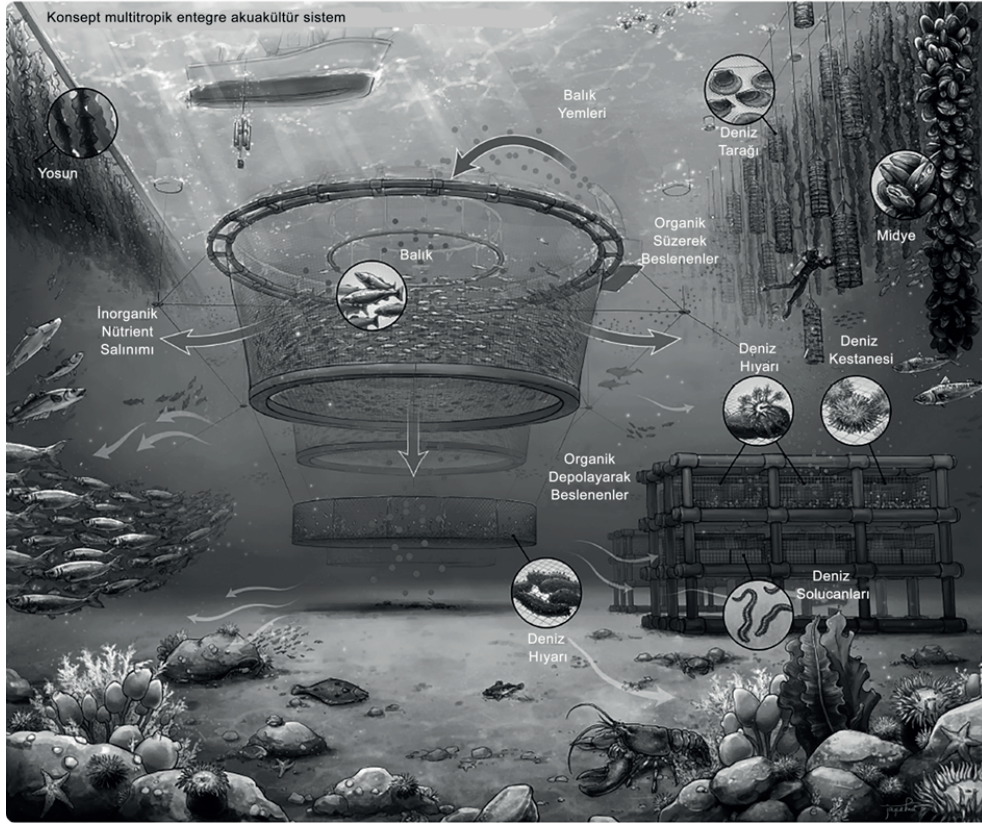
etkiyi azaltırken yemin maksimum olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Hixson, 2014). IMTA en umut vaat eden ve yenilikçi bir atık yönetim modeli ve üretim verimini arttırıcı olarak kullanılmaktadır (Hixson, 2014). IMTA sistemi doğadaki modeli taklit ederek, organik atıkları düşürmekte, birinin atığı diğerine besin kaynağı olarak kullanılmaktadır, bunun sonucunda organik parçacık miktarı azalmakta, ve diğer üretim tesisleri de yararlanmaktadır. (Cranford vd. 2013). Yapılan bir çalışmaya göre salmonun yemi ve fekesi mavi midye (*mytilus edulis*) ve deniz hıyarı için gerekli olan besinsel ihtiyacı karşılamaktadır (Wang et al 2013). Ayrıca fekesin içerdiği EPA ve DHA bazı fitoplanktonlardaki değerlerle karşılanabilir düzeyde olduğu görülmüştür (George,E ve Parish, C. 2013). Konsept bir entegre multi tropik akuakültür sistemi şekilde verilmiştir. Örnek bir sistem Şekil 2'de verilmiştir. Çoklu türlerin üretim sistemi gelecekte verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından daha iyi geliştirilmeli ve optimize edilmelidir.

Çevreye dost yem formülasyonları

Besinsel stratejiler ile balığın büyümesini ve üretimi etkilemeden yem katkı maddeleri kullanılarak fosforun biyolojik olarak kullanılması sağlanabilir, sindirilebilirliği arttırılabilir ve diğer besin maddelerin kullanımı sağlanabilir. (White, 2013). Yemler yüksek sindirilebilirlik oranlı, düşük azot içerikli ve besinsel protein oranı daha az nütrient salınımı çevreye minimize edecek ve akuakültürün sürdürülebilirliğini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır (Hixson, 2014). Geçtiğimiz yıllarda yem kalitesi yem katkı maddelerinden mikrobiyal fitaz yardımıyla fosfordan biyolojik olarak yararlanılmış ve nitrojen düşük konsantrasyonlarda tutulmuştur. (Cripps ve Bergheim 2000, Cao vd. 2007).

Bu durum balık tarafından üretilen dışkının azalmasına ve akuakültür ortamına daha az fosfor salınımına yardımcı olmuştur. Birçok çalışmada balık unu kullanımının düşmesi büyüme oranlarını ve et kalitesini etkilemediği görülmüştür. (Mente vd. 2006, Cao vd. 2007). Pelet bütünlüğünün iyileştirilmesi ve yavaşça düşmesinin sağlanması yem kayıplarını azaltacaktır. Yemlerin sindirilebilirliğin arttırılması atık üretimini azaltacaktır. Yem kalitesi ve yem kaynaklı kirlilik ilişkisi birçok raporda sunulmuştur. (Cripps ve Bergheim 2000). Çevreye dost yem formülasyonları ile hazırlanmış çalışmalarda protein sindirilebilirlik oranları Tablo 3'te, fosfor sindirilebilirlik oranları ise Tablo 4'te görülmektedir.

Yapılan bazı çalışmalardaki çevreye dost yem formülasyonları kullanılarak elde edilen yemde ve dışkıda toplam fosfor miktarı Tablo 5'te verilmiştir.



Şekil 2. Konsept bir entegre multi tropik akuakültür sistemi (Fisheries ve Oceans Canada, 2018)
Figure 2. A concept of integrated multi-trophic aquaculture system (Fisheries and Oceans Canada, 2018)

Tablo 3. Çevreye dost yem formülasyonlarında protein sindirilebilirlik oranı
Table 3. Protein digestibility rates in environmental friendly feed ratios

Çalışma	Tür	Yeme Eklenen Hammadde ve Yem Katkıları	Protein Sindirilebilirlik Oranı(%)
Cao vd. (2007)	Nil Tilapyası (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Yemlere Mikrobiyal Fitaz Enzim İlavesi	83.10 ± 0.91-85.27 ± 0.65
Wang vd. (2009)	Gökkuşığı Alabalığı	Sprey ve ön muamele ile fitaz ilavesi	%93.3±0.3-%95.7±0.4(Sprey) %95.1±0.2-%96.7±0.1
Barnes vd. (2012)	Gökkuşığı Alabalığı	Protein kaynağı olarak DDGS kullanımı	%90.8±0.1-%94.0±0.1
N Hlophe-Ginindza vd. (2015)	Mozambik Tilapya(<i>Oreochromis mossambicus</i>)	Kikuyu içerikli yemlere ticari enzim ilavesi	%82.50-%92.50
Ustaoglu Tiril ve Kerim (2015)	Gökkuşığı Alabalığı	Balık unu yerine aspir küşpesi	%83.54±0.77-%85.44±0.28
Çantaş ve Yıldırım (2015)	Gökkuşığı Alabalığı	Soya küşpesi yerine aspir küşpesi + fitaz enzimi	%93,75±0,16-%94,67±0,13

Tablo 4. Çevreye dost yem formülasyonlarında fosfor sindirilebilirlik oranı
Table 4. Phosphorus digestibility rates in environmental friendly feed ratios

Çalışma	Tür	Yeme Eklenen Hammadde ve Yem Katkıları	Fosfor Sindirilebilirlik Oranı(%)
Biswas vd. (2007)	Mercan (Pagrus major)	Soya unu içerikli yemlere fitaz enzimi ilavesi	%54,3±1,6-%86,9±0,8,
Diler vd. (2012)	Gökkuşacağı Alabalığı	Soya unu içerikli yemlere enzim ilavesi	%74,99-%86,58
Wang vd. (2009)	Gökkuşacağı Alabalığı	Sprey ve ön muamele ile fitaz ilavesi	%49-%77
Liu vd. (2013)	Ot Sazanı	Farklı oranlarda ve farklı yöntemlerle fitaz enzimi ilavesi	%31,99-%93,54
Çantaş ve Yıldırım (2015)	Gökkuşacağı Alabalığı	Soya küspesi yerine aspir küspesi + fitaz enzimi	%77,10±0,32-%84,09±0,33

Tablo 5. Çevreye dost yem formülasyonlarında yemde ve dışkıda toplam fosfor miktarı
Table 5. Total nitrogen and phosphorus in feed and feces in environmental friendly feed ratios

Çalışma	Tür	Yeme Eklenen Hammadde ve Yem Katkıları	Yemde Toplam Fosfor	Dışkıda Toplam Fosfor
Ayhan vd. (2008)	Çipura	Soya unu içerikli yemlere enzim ilavesi	%1,44±0,02-1,53±0,02	%0,60±0,02-0,85±0,02
Diler vd. (2012)	Gökkuşacağı Alabalığı	Soya unu içerikli yemlere enzim ilavesi	%1,49±0,08-2,05±0,02	%0,64±0,04-0,88±0,05
Çantaş ve Yıldırım (2015)	Gökkuşacağı Alabalığı	Soya küspesi yerine aspir küspesi + fitaz enzimi	%1,01±0,04-1,22±0,06	%0,70±0,08-0,97±0,02

SONUÇ

Sürdürülebilirlik yetiştiricilikte yemin çevreye olan etkisini azaltmak, su kaynaklarını korumak ve üretimin verimli olarak devam edilebilmesi için izlenmesi gerekli yollar vardır. Bunlardan en önemlisi yem kaynaklı kirlilikten dolayı yetiştirilen türe ve yetiştiricilik sistemine özel yem kullanmak ve sindirilebilirlik oranını yükseltmektir. Çevreye duyarlı yem formülasyonları geliştirilerek sindirilebilirlik oranı yüksek, protein oranı düşük, bitkisel hammadde içerikli yem formülasyonlarının geliştirilip uygulanması gerekmektedir.

Varolan sistemlere göre alternatif sistemler kullanılarak yetiştiricilik sistemin ürettiği nütrientlerin başka bir sistemde kullanılması sağlanarak hem çevresel etkinin azaltılması hem de ekonomik olarak üreticiye ve tüketiciye alternatif sunulması mümkündür. Bu sistemlerden biri bitki ve balığın beraber üretimine olanak sağlayan akuaponik üretim sistemleridir. Diğer bir alternatif yöntem ise entegre multi tropik

akuakültür sistemlerdir. Bu sistemde kafeslerden çevreye salınan yem artıkları ve dışkıların başka sucul canlıların üretiminde besin kaynağı olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Bu sistem üretimde çeşitliliği sağlarken çevreye olan etkinin minimize edilmesine olanak sağlamaktadır.

Yetiştiricilik sistemlerin yaşam döngüsü belirleme sistemi kullanılarak üretimden dolayı çevreye oluşan etkilerin periyodik olarak takibi mümkün olmakla beraber çevresel etkinin azaltılmasında oldukça etkili bir yöntemdir.

Sonuç olarak sürdürülebilirlik yetiştiricilikte yemin çevreye olan etkinin azaltılması için üreticinin uygun türe göre yem seçimi yapması, doğru yemleme protokolleri ve formülasyonları kullanması, çiftliğin uygun yere kurulması ayrıca taşıma kapasitesine uygunluğu ve çevreye verdiği etkiyi takip ederek önlemler alması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdou, K., Aubin, J., Romdhane, M.S., Loch, F. & Lasram, F.B.R. (2017). Environmental assessment of seabass (*Dicentrarchus labrax*) and seabream (*Sparus aurata*) farming from a life cycle perspective: A case study of a Tunisian aquaculture farm. *Aquaculture*, 471, 204-212. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2017.01.019](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.019)
- Alston, D.E., Cabarcas, A., Capella, J., Benetti, D.D., Keene- Meltzoff, S., Bonilla, J. & Cortes, R. (2005) Environmental and social impacts of sustainable offshore cage culture production in Puerto Rican waters. Final report to the National Oceanic and Atmospheric Administration, Contract NA16RG1611.
- Ayhan, V. & Diler, İ. (2008). Enzyme supplementation to soybean based Diet in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*): Effects on Growth Parameters and Nitrogen and Phosphorus, Excretion. *The Journal of The Faculty of Veterinary Medicine University of Kafkas*. 14(2), 161-168.
- Bahtiyar, S. (2018). <https://salibahtiyar.tr.gg/K.ue.It.ue.r-Bal%26%23305%3Bk%E7%26%23305%3Bl%26%23305%3B%26%23287%3B%26%23305%3Bn%26%23305%3Bn-%C7evresel-Riskleri.htm>
- Barnes, M.E, Brown, M.L. & Rosentrater, K.A. (2012). Juvenile rainbow trout responses to diets containing distillers dried grain withsolubles, phytase, and amino acid supplements. *Open Journal of Animal Sciences*, 2(2), 69-77. DOI: [10.4236/ojas.2012.22011](https://doi.org/10.4236/ojas.2012.22011)
- Belle, S.M. & Nash, C.E. (2008). Better management practices for net-pen aquaculture. In: Tucker CS, Hargreaves JA (eds) Environmental best management practices for aquaculture. Blackwell Publishing, Ames, IA, 261–330.
- Beveridge, M. (2004). Cage aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford
- Biswas, A.K., Kaku, H., Ji, S.C., Seoka, M. & Takii, K. (2007). Use of Soybean Meal and Phytase for Partial Replacement of Fish Meal in the Diet of Red Sea Bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*. 267, 284-291. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2007.01.014](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.014)
- Bouwman, L., Beusen, A., Glibert, P.M. & Overbeek, C. (2013). Mariculture: significant and expanding cause of coastal nutrient enrichment. *Environ Res Lett*. 8: 044026
- Boyd, C.E. (2003). Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture*. 226, 101–112. DOI: [10.1016/S0044-8486\(03\)00471-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00471-X)
- Breiten, B.R. (2007). Cage aquaculture and environmental impacts. *Aquacultural engineering and environment*, 49-91
- Bureau, D.P., Gunther, S.J., & Cho, C.Y. (2003). Chemical composition and preliminary theoretical estimates of waste outputs of rainbow trout reared in commercial cage culture operations in Ontario. *North American Journal of Aquaculture*. 65, 33–38. DOI: [10.1577/1548-8454\(2003\)065<0033:CCAPTE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8454(2003)065<0033:CCAPTE>2.0.CO;2)
- Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, C., Xiong, Z. & Diana, J. (2007). Environmental Impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Env Sci Pollut, Res*. 14(7), 452-462. DOI: [10.1065/espr2007.05.426](https://doi.org/10.1065/espr2007.05.426)
- Cole, R. (2002). Impacts of marine farming on wild fish populations. Final Research Report for Ministry of Fisheries Research Project ENV2000/08, Objective One. National Institute of Water and Atmospheric Research. Auckland.
- Cloern, J.E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar Ecol Prog Ser*. 210, 223–253
- Cranford, P., Reid, G. & Robinson, S. (2013). Open water integrated multi-trophic aquaculture: constraints on the effectiveness of mussels as an organic extractive component. *Aquacult Env Interac*. 4, 163-173. DOI: [10.3354/aei00081](https://doi.org/10.3354/aei00081)
- Cripps, S.J., Bergheim, A. (2000). Solids management and removal for intensive land- based aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering*, 22 (2000), pp. 33-56 Çantaş, İ.B. & Yıldırım, Ö. (2015). Farklı Oranlarda Aspir Küşpesi ve Mikrobiyal Fitaz Eklenen Yemlerin Gökkuşluğu Alabalığı Balıklarının Büyüme Performansı Üzerine Etkileri. 18. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu
- De Silva, S.S., Ingram, B.A., Nguyen, P.T., Bui, M.T., Gooley, G.J. & Turchini, G.M. (2010). Estimation of nitrogen and phosphorus in effluent from the striped catfish farming sector in the Mekong Delta, Vietnam. *AMBIO*, 39, 504-514
- Diana, J.S. (2009). Aquaculture production and biodiversity conservation. *Bioscience*, 59(1), 27-3. DOI: [10.1525/bio.2009.59.1.7](https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.1.7)
- Diler, İ., Sevgili, H., Arabacı, M. & Emre, Y. (2012) Soya İçerikli Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yemlerine İlave Edilen Enzimlerin Büyüme Performansı, Sindirilebilirlik ve Azot-Fosfora İlişkin Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 85, 89-97.
- FAO, 2015. Fishery and Aquaculture Statistics. Food and Agriculture Organization, Roma.
- FAO, 2016. Agriculture Statistics. Food and Agriculture Organization, Roma.
- Fernandesa, M., Lauera, P., Cheshirea, A., Angovec, M. (2007). Preliminary model of nitrogen loads from southern bluefin tuna aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*. 54, 1321–1332. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2007.06.005](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.06.005)
- Fisheries and Oceans Canada. (2018). <http://www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/sci-res/imta-amti/index-eng.htm>
- George, E.M. and Parrish, C.C. (2013). Output of organic material from land-based juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) tanks. *Aquaculture International*. 21, 157– 176.
- Gooley, G.J., De Silva, S.S., Ingram, B.A., McKinnon, L.J., Gavine, F.M. & Dalton, W. (2001). Cage culture of finfish in Australian lakes and reservoirs—A pilot scale case study of biological, environmental and economic viability. In Reservoir and culture-based fisheries; biology and management. Proceedings of the international workshop held in Bangkok, Thailand from 15–18 February 2000.
- Guo, L. & Li, Z. (2003). Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture*. 226, 201–212. DOI: [10.1016/S0044-8486\(03\)00478-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00478-2)
- Guo, L., Li, Z., Xie, P. & Ni, L. (2009). Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to following in a shallow lake in China. *Aquaculture International*. 17, 229–241. DOI: [10.1007/s10499-008-9195-5](https://doi.org/10.1007/s10499-008-9195-5)
- Hargrave, B.T. (2003). Far-field environmental effects of marine finfish aquaculture. *Can Tech Rep Fish Aquat Sci*. 2450, Vol 1. DFO, Ottawa.
- Harrison, W.G., Perry, T., Li, W.K.W. (2005). Ecosystem indicators of water quality, Part I. Plankton biomass, primary production and nutrient demand. In: Hargrave BT (ed) Environmental effects of marine finfish aquaculture. Handbook of environmental chemistry. Vol 5M. Springer-Verlag, Berlin, p 59–82

- Hixson, S.M. (2014). Fish nutrition and current issues in aquaculture: the balance in providing safe and nutritious seafood, in an environmentally sustainable manner. *J Aquaculture Research and development*, 5(3). DOI: [10.4172/2155-9546.1000234](https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000234)
- Holmer, M., Hansen, P.K., Karakassis, I., Borg, J.A. & Schembri, P. (2008). Monitoring of environmental impacts of marine aquaculture. *Aquaculture in the ecosystem*. 47–85.
- Holmer, M. (2010). Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns, and research needs. *Aquacult Environ Interact*. 1, 57–70. DOI: [10.3354/aei00007](https://doi.org/10.3354/aei00007)
- Huntington, T.C., Roberts, H., Cousins, N., Pitta, V. (2006) Some aspects of the environmental impact of aquaculture in sensitive areas. Final report to the Directorate-General Fish and Maritime Affairs of the European Commission. Poseidon Aquatic Resource Management Ltd., Lymington. Available at ec.europa.eu/fisheries/documentation/studies/aquaculture_environment_2006_en.pdf.
- Husa, V., Kutti, T., Ervik, A., Sjøtun, K., Hansen, P.K. & Aure, J. (2014). Regional impact from fin-fish farming in an intensive production area (Hardangerfjord, Norway). *Mar Biol Res*. 10, 241–252. DOI: [10.1080/17451000.2013.810754](https://doi.org/10.1080/17451000.2013.810754)
- Ingram, B.A. (1999). A phosphorus model for trout farming in the Goulburn-Broken catchment. In *Towards best practice in landbased salmonid farming: Options for treatment, re-use and disposal of effluent*. Alexandra, VIC, Australia: Marine and Freshwater Resources Institute. 26–41.
- Islam, M.S. (2005). Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. *Marine Pollution Bulletin*. 50, 48–61. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2004.08.008](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.08.008)
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). (2007). *Guide for the sustainable development of Mediterranean aquaculture. Interaction between aquaculture and the environment*. IUCN, Gland.
- Koca, S.B., Terzioğlu, S., Didinen, B.I. & Yiğit, N.Ö. (2011). Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Çevre Dostu Üretimi. *Ankara Üniversitesi Çevre bilimleri Dergisi*. 3(1), 107-113
- Leung, K.M.Y., Chu, J.C.W. and Wu, R.S.S. (1999). Nitrogen budget for the areolated grouper *Epinephelus areolatus* cultured under laboratory conditions and in open-sea cages. *Marine Ecology Progress Series*. 186, 271–281.
- Liu, L., Luo, Y., Liang, X.F., Wang, W., & Wu J. (2013). Effects of Neutral Phytase Supplementation on Biochemical Parameters in Grass Carp, *Ctenopharyngodon idellus*, and Gibel Carp, *Carassius auratus gibelio*, Fed Different Levels of Monocalcium Phosphate. *Journal Of The World Aquaculture Society*, 44 (1). DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12002>
- Lupatsch, I., & G.W. Kissil. (1998). Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquatic Living Resources*. 11, 265–268. DOI: [10.1016/S0990-7440\(98\)80010-7](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(98)80010-7)
- Machias, A., Karakassis, I., Labropoulou, M., Somarakis, S., Papadopoulou, K.N. & Papaconstantinou, C. (2004). Changes in wild fish assemblages after the establishment of a fish farming zone in an oligotrophic marine eco system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60, 771–779. DOI: [10.1016/j.ecss.2004.03.014](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.03.014)
- Machias, A., Karakassis, I., Giannoulaki, M., Papadopoulou, K.N., Smith, C.J. & Somarakis, S. (2005). Response of demersal fish communities to the presence of fish farms. *Marine Ecology Progress Series*. 288, 241–250.
- Marine Harvest. (2015). *Salmon Farming Industry Handbook 2015*. June 29, 2015. <http://hugin.info/209/R/1934071/696335.pdf>
- Mente, E., Graham, J.P., Maria, B.S. & Christos, N. (2006). Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: A synthesis for European aquaculture. *Aquacult Int*. 14, 499–522.
- Nash, C.E., Burbridge, P.R. & Volkman, J.K. (2005). Guidelines for ecological risk assessment of marine fish aquaculture. NOAA Tech Memo NMFS-NWFSC-71. US Dept of Commerce, NOAA, Seattle, WA.
- Nordvang, L., Håkanson, L. (2002). Predicting the environmental response of fish farming in coastal areas of the Åland Archipelago (Baltic Sea) using management models for coastal water planning. *Aquaculture*. 206, 217–243
- N Hlophe-Ginindza, S., Moyo, N.A.G., W Ngambi, J. & Ncube, I. (2015). The effect of exogenous enzyme supplementation on growth performance and digestive enzyme activities in *Oreochromis mossambicus* fed kikuyu-based diets. *Aquaculture Research* (2015). 1–11. DOI: [10.1111/are.12828](https://doi.org/10.1111/are.12828)
- Piedecausa, M.A., Aguado-Giménez, F., Garcia Garcia, B. & Trevor, T. (2010) Total ammonia nitrogen leaching from feed pellets used in salmon aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*. 26(1), 16–29. DOI: [10.1111/j.1439-0426.2009.01352](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01352)
- Porchas, M.M. & Martinez-Cordova, L.R. (2012). World aquaculture: environmental impacts and troubleshooting alternatives. *The Scientific World Journal*. Article ID: 389623 DOI: [10.1100/2012/389623](https://doi.org/10.1100/2012/389623)
- Price, C., Black, K.D., Hargrave, B.T. & Morris, J.R. J.A. (2015). Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. *Aquaculture environment interactions*, 6, 151–174. DOI: [10.3354/aei00122](https://doi.org/10.3354/aei00122)
- Pulatsü, S., Doğukan, K. & Topçu, A. (2017). Effect of Rainbow Trout Cage Culture on Sediment Phosphorus Release in Almus Dam Lake (Tokat). DOI: [10.21597/jist.2017.141](https://doi.org/10.21597/jist.2017.141)
- Rice, M.A. (2013). *Environmental Effects of Shellfish Aquaculture in the Northeast*. NRAC Publication No. 105-2008
- Rust, M.B., Amos, K.H., Bagwill, A.L., Dickhoff, W.W., Juarez, L.M., Price, C.S., Morris Jr, J.A. & Rubino, M.C. (2014). Environmental Performance of marine net-pen aquaculture in the United States. *American Fisheries Society*. 39 (11), 508-524. DOI: [10.1080/03632415.2014.966818](https://doi.org/10.1080/03632415.2014.966818)
- Soto, D. & Norambuena, F. (2004). Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: A large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology*. 20, 493–501. DOI: [10.1111/j.1439-0426.2004.00602.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2004.00602.x)
- Tanaka, K. & Kodama, M. (2007). Effects of resuspended sediments on the environmental changes in the inner part of Ariake Bay, Japan. *Bull Fish Res Agency*. 19, 9–15.
- Taylor, J. F., Preston, A. C., Gut, D. & Migaud, H. (2011). Ploidy effects on hatchery survival deformities and performance in Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 315, 61–68. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2010.11.029](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.029)

- Tett, P. (2008). Fish farm waste in the ecosystem. In: Holmer M, Black K, Duarte CM, Marba N, Karakassis I (eds) *Aquaculture in the ecosystem*. Springer, Dordrecht, p 1–46
- Topçu, A. & Pulatsü, S. (2017). Evaluation Of Some Management Strategies In Eutrophic Mogan Lake, Turkey: Phosphorus Mobility In The Sediment-Water Interface. *Applied Ecology And Environmental Research*, 15(4), 705-717. DOI: [10.15666/Aeer/1504_705717](https://doi.org/10.15666/Aeer/1504_705717)
- Thresher, R., Grewe, P., Patil, J. G., Whyard, S., Templeton, C. M., Chaimongol, A., Hardy, C. M., Hinds, L. A. & Dunham, R. (2009). Development of repressible sterility to prevent the establishment of feral populations of exotic and genetically modified animals. *Aquaculture*, 290, 104–109. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2009.02.025](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.02.025)
- Tsagaraki, T.M., Petihakis, G., Tsiaras, K. & Triantafyllou, G. (2011) Beyond the cage: ecosystem modelling for impact evaluation in aquaculture. *Ecol Modell.* 222, 2512–2523. DOI: [10.1016/j.ecolmodel.2010.11.027](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.11.027)
- TÜİK, (2018). *Türkiye Su Ürünleri İstatistikleri*, 2018.
- Ustaoglu Tiril, S. & Kerim, M. (2015). Evaluation of safflower meal as a protein source in diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). *Journal of Applied Ichthyology*. 31, 895-899. DOI: [10.1111/jai.12807](https://doi.org/10.1111/jai.12807)
- Wang, F., Yang, Y., Han, Z., Dong, H., Yang, C. & Zou, Z. (2009). Effects of Phytase Pretreatment of Soybean Meal and Phytase-Sprayed in Diets on Growth, Apparent Digestibility Coefficient and Nutrient Excretion of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture International*, 17, 143-157.
- Watanabe, T., Jahan, P., Satoh, S. & Kiron, V. (1999). Total phosphorus loading onto the water environment from common carp fed commercial diets. *Fisheries Science*, 65, 712–716. DOI: [10.2331/fishsci.65.712](https://doi.org/10.2331/fishsci.65.712)
- White, P. (2013). Environmental consequences of poor feed quality and feed management. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO pp. 553-564
- Wu R.S.S. (1995). The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. *Mar Pollut Bull.* 31, 159–166
- Yavuzcan, H., Pulatsü, S., Demir, N., Kırkağaç, M., Bekcan, S., Topçu, A., Doğankaya, L. & Başçınar, N. (2010). Türkiye’de Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliği. TMMOB Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı-2, 767-789.
- Yıldırım, Ö. (2016). Dünya ve Türkiye’de Balık Unu ve Yağı Endüstrisi ve Geleceği. IV. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Çalıştayı, 01-02 Eylül 2016, Adana.