

T.C.

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
KESİN RAPORU**

**KARADA KURULU FARKLI KAPASİTEDEKİ ALABALIK İŞLETMELERİ
(MUĞLA, FETHİYE) ÇIKIŞ SULARI ÖZELLİKLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Proje Yürütücüsü

Prof. Dr. Serap PULATSÜ

Yardımcı Araştırmacılar

Hatice BİLGİN YILDIRIM

Proje No: 09B4347009

Proje Başlama Tarihi: 04.11.2009

Proje Bitiş Tarihi: 04.05.2011

Rapor Tarihi: 03.02.2011

Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Ankara - 2011

İÇİNDEKİLER

1. PROJENİN TÜRKÇE ve İNGİLİZCE ADI ve ÖZETLERİ	1
2. AMAÇ ve KAPSAM.....	5
2.1 Gökkuşuğı Alabalığı İşletmeleri Çıkış Suları Özelliklerine İlişkin Bildirişler.....	7
2.2 Alabalık İşletmelerinden Kaynaklanan Besin Elementi Yükünün Tahminine İlişkin Bildirişler	15
2.3 Farklı Ülkelerde Uygulanan Gökkuşuğı Alabalığı İşletmeleri Çıkış Suları Yönetimine İlişkin Yasal Düzenlemeler.....	17
2.4 Türkiye’de Gökkuşuğı Alabalığı İşletmeleri Çıkış Suları Yönetimine İlişkin Yasal Düzenlemeler.....	26
2.5 Gökkuşuğı Alabalığı İşletmeleri Çıkış Suları Yönetimine İlişkin Bildirişler.....	31
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	49
3.1 Materyal.....	49
3.1.1 Gökkuşuğı alabalığı işletmeleri	49
3.1.2 Sahada ve laboratuvarda kullanılan araçlar.....	50
3.1.2.1 Sahada kullanılan araçlar.....	50
3.1.2.2 Laboratuvarda kullanılan araçlar.....	50
3.2 Yöntem.....	50
3.2.1 Saha çalışması.....	51
3.2.1.1 Gökkuşuğı alabalığı işletmeleri	51
3.2.1.2 Su örneklerinin alınması	52
3.2.2 Laboratuvar çalışması.....	53
3.2.2.1 İnorganik azot fraksiyonlarının tayini.....	53
3.2.2.2 Fosfor fraksiyonlarının tayini.....	54
3.2.2.3 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	55
3.2.2.4 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	55
3.2.2.5 Askıda katı madde (AKM).....	55
3.2.3 Gökkuşuğı alabalığı işletmeleri çıkış suyu toplam fosfor ve toplam inorganik azot yükünün (g/ay) hesaplanması.....	55
3.2.4 İşletmelerin kullandığı yemden alıcı ortama bırakılan azot ve fosfor yükünün tahmini.....	55
3.2.5 İstatistiki analizler	56
4. BULGULAR	57
4.1 Su sıcaklığı	57
4.2 Çözünmüş oksijen	58
4.3 pH	58
4.4 Elektrik iletkenliği	59
4.5 İnorganik azot fraksiyonları.....	68
4.6 Fosfor fraksiyonları.....	79
4.7 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	90
4.8 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	90
4.9 Askıda katı madde (AKM).....	91
4.10 İşletmelerin çıkış suyu toplam fosfor ve toplam inorganik azot yükü...	91
4.11 İşletmelerin kullandığı yemden alıcı ortama bırakılan tahmini azot ve fosfor yükü.....	96

5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	97
5.1 Su sıcaklığı	97
5.2 Çözülmüş oksijen	97
5.3 pH	99
5.4 Elektrik iletkenliği	100
5.5 İnorganik azot fraksiyonları.....	100
5.6 Fosfor fraksiyonları	103
5.7 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅).....	105
5.8 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	106
5.9 Askıda katı madde (AKM).....	106
5.10 İşletmelerin çıkış suyu toplam fosfor ve toplam inorganik azot yükü ...	108
5.11 İşletmelerin kullandığı yemden alıcı ortama bırakılan tahmini azot ve fosfor yükü.....	108
5.12 Öneriler	109
6. KAYNAKLAR.....	113
7. EKLER.....	119

1. PROJENİN TÜRKÇE ve İNGİLİZCE ADI ve ÖZETLERİ

KARADA KURULU FARKLI KAPASİTEDEKİ ALABALIK İŞLETMELERİ (MUĞLA, FETHİYE) ÇIKIŞ SULARI ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu araştırma su ürünleri yetiştiriciliği-çevre etkileşimi bağlamında, gökkuşağı alabalığı işletmeleri çıkış sularının kalite özelliklerine dikkat çekmek için Ekim 2009- Eylül 2010 tarihleri arasında yürütülmüştür. Bu amaçla Eşen Çayı (Muğla, Fethiye) üzerinde kurulu orta (200 ton/yıl) ve büyük ölçekli (2500 ton/yıl) çöktürme havuzu bulunan farklı iki kapasitedeki gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) işletmesi giriş ve çıkış sularında önemli bazı su kalite özellikleri ile çıkış suyuna ilişkin askıda katı madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam inorganik azot ve toplam fosfor yük değerleri bir yıl süreyle aylık olarak izlenmiştir. Ayrıca herbir işletme için bir ton balık üretimi ve bir ton yem başına düşen azot ve fosfor yükleri tahmin edilmiştir.

Araştırma süresince büyük ve orta ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında belirlenen su kalite özellikleri genellikle tüm aylarda istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir. İşletmelerin çıkış sularında ise su sıcaklığı, elektrik iletkenliği, nitrat-azotu, toplam fosfor ve askıda katı madde değerlerinin aylara bağlı değişimi istatistiki açıdan önemli seviyede farklı bulunmuştur ($p<0.05$). İşletmelerin çıkış suyu toplam fosfor konsantrasyonları (0.13-0.64 mg/L) farklı ülkelerdeki ilgili yasal düzenlemelerde yer alan zorunlu değerlerden ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan yüksek kaliteli suya ilişkin hedef değerlerden yüksek bulunmuştur. Çıkış suyu askıda katı madde konsantrasyonları (14.75-127.0 mg/L), uluslararası yasal düzenlemelerde belirtilen zorunlu değerlerden yüksek saptanmıştır. Çıkış suyu biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri (2.20-5.62 mg/L) ise, Avrupa ülkelerinde ilgili yasal düzenlemelerde belirtilen zorunlu değerlerden düşük tespit edilmiştir. Araştırma periyodunca işletmelerin çıkış suyu amonyum konsantrasyon değerleri (0.30-0.64 mg/L) Su Ürünleri Yönetmeliği'nde alıcı ortam için belirtilen 0.02 mg/L'den yüksek bulunmuştur. Tez kapsamında elde edilen kantitatif bulgular ışığında, çöktürme havuzları ile birlikte filtre

ve elek sistemlerinin de daimi ve etkin bir şekilde kullanım gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ayrıca işletme çıkış sularının yönetiminde, konsantrasyon bazlı maksimum artışa yönelik değerleri dikkate alan yasal düzenlemelere yönelmenin daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Tez kapsamında, büyük ölçekli işletmede (YDO: 0.80) azot yükü bir ton balık üretimi için 59.08 kg ve fosfor yükü 4.01 kg; orta ölçekli işletmede (YDO: 1.25) ise bir ton balık üretimi için azot ve fosfor yükleri sırasıyla 106.25 kg ve 10.75 kg olarak tahmin edilmiştir. Yetiştiricilikte büyüme performansının iyileştirilmesi ve ekstrude yem kullanımının teşviki, işletmelerin azot-fosfor yüklerinin indirgenmesinde önemli unsurlar olarak gözükmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği, karada kurulu alabalık işletmeleri, ıkış suyu, askıda katı madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam fosfor

EVALUATION of EFFLUENTS CHARACTERISTICS in LAND-BASED TROUT FARMS (MUĞLA, FETHİYE) with DIFFERENT CAPACITIES

This research has been carried out between October 2009-September 2010 to point to the quality of the effluents of trout farming within the context of aquaculture - environment interaction. For this purpose, some important water quality features in inlet and effluent and suspended solid, biochemical oxygen demand, chemical oxygen and the inorganic-nitrogen and total phosphorus loads in effluents of medium (200 tons year⁻¹) and big scaled (2500 tons year⁻¹) with sedimentation ponds rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) farms which are established on Esen Creek (Muğla, Fethiye) have been monitored monthly for one year. Additionally for each farm, the nitrogen and phosphorus load is estimated for per ton of fish produced and per ton of feed used.

During the research period, the determined water quality features in the inlet and effluent of medium and big scaled farms have generally shown significant statistical differences in all months. In the farm's effluent the water temperature, electric conductivity, nitrate-nitrogen, total phosphorus and suspended solid values ($p < 0.05$) have shown significant statistical differences depending on the months. The total phosphorus concentrations (0.13-0.64 mg L⁻¹) in farm's effluents have been higher than limit values mentioned in the international legal regulations and have been higher than the target values of the high water quality mentioned in the Water Pollution Control Regulation. The values of the suspended solid concentration (14.75-127.0 mg L⁻¹) of the effluents have been found higher than the limit values mentioned in the international legal regulation. The biochemical oxygen demand values (2.20-5.62 mg L⁻¹) of the effluents have been found lower than the limit values related with the different regulations of the European countries. Throughout the research period, the ammonium concentration values (0.30-0.64 mg L⁻¹) of the farm's effluents have been found higher than 0.02 mg L⁻¹ for receiving environment mentioned in the Fisheries Regulation. The quantitative results found within the consideration of the thesis, it is occurred that sedimentation ponds together with the filtering and sieving systems have to be used constantly and efficiently. Moreover, it is concluded that it will be much more effective

to tend the legal regulations which consider the concentration based maximum increasing values for the management of the farm's effluents.

Within the scope of thesis, it is estimated that in the big scaled farm (FCR: 0.80) the nitrogen load for one ton of fish produced is 59.08 kg and 4.01 kg phosphorus load; in the medium scaled farm (FCR: 1.25) the nitrogen load for one ton of fish produced is 106.25 kg and phosphorus load is 10.75 kg. To reduce the nitrogen and phosphorus load from the land-based trout farms, to improve the growing performance and to encourage using extruded feed is considered to be the most important factors.

Key Words: Trout farming, land-based trout farms, effluent, suspended solid, biochemical oxygen demand, total phosphorus

2. AMAÇ ve KAPSAM

Su ürünleri yetiştiriciliğinin, su kaynaklarının kirlenmesine yol açıp açmadığını cevaplayabilmek için öncelikle yetiştiricilik-çevre etkileşiminin boyutunun belirlenmesi ve diğer sektörler ile karşılaştırılması gerekmektedir. Balık yetiştiriciliği sistemleri çıkış sularının çevre üzerine en önemli etkisi, doğal su kaynaklarında besin elementleri yoğunluğunu artırmasıdır. Balık işletmeleri çıkış suyundaki başlıca potansiyel kirleticiler; azot, fosfor, organik madde ve askıda katı madde olup ulaştıkları alıcı ortamın (göl, nehir, dere, akarsu vb.) azot ve fosfor düzeyini etkilemektedir. Başka bir deyişle, ötrofikasyondaki rolü nedeniyle kültür balıkçılığı yapılan işletmelerden deşarj edilen azot ve fosforun çevresel etkisi söz konusudur.

Tarım, endüstri ve evsel gibi kullanımlardan etkilenen yeraltı suları, yüzey suları, kıyılar ve denizlerin korunması amacıyla Avrupa Birliği ülkeleri tarafından 2000 yılında Su Çerçeve Direktifi (SÇD) (2000/60/EC) kabul edilmiştir. Su Çerçeve Direktifi, kirlilik etmenlerinin kaynaklarında engellenerek tüm bu kirlilik kaynaklarının sürdürülebilir kontrolü için bir mekanizma oluşturulmasını gerektirmektedir (Akkaya vd. 2006). Dolayısıyla bu direktif, Avrupa Birliği'ne katılım yolunda ilerleyen ülkemize su kaynaklarının yönetiminde yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Bu kapsamda, ülkemizde su ürünleri işletmeleri çıkış sularının çevreye olan olumsuz etkilerinin belirlenmesi ve gerekiyorsa standart değerlere çekilmesi gerekmektedir. Karada kurulu su ürünleri yetiştiriciliğinin çıkış suları, ötrofikasyona yol açan özellikle fosfat ve nitrat gibi besin elementleri ile BOI_5 ve KOI gibi parametreleri kullanarak ölçülebilen oksijen dengesi üzerinde istenmeyen etkiye sahip maddeleri içermesi nedeniyle önem taşımaktadır. Bu bağlamda su ürünleri yetiştiriciliği-çevre etkileşiminde, balık işletmeleri çıkış sularının özelliklerinin belirlenmesi ve su ürünleri yetiştiriciliğinin çevre üzerindeki etkisinin nicel olarak tespiti kaçınılmazdır.

Boyd (2003) tarafından bildirildiğine göre, son yıllarda çevreci grupların da baskısıyla pek çok ülke, su ürünleri yetiştiriciliği çıkış sularına yönelik düzenlemeler yapmaya başlamışlardır. Bazı Avrupa ülkeleri kafeslerde balık yetiştiriciliği, Avustralya gibi bazı ülkelerde ise havuzlarda balık ve karides yetiştiriciliği çıkış suları için belirli

düzenlemeler getirmişlerdir. Su ürünleri yetiştiriciliği çıkış suları için Amerika Birleşik Devletleri'nde uzun yıllar "Ulusal Kirlilik Deşarjı Eliminasyon Sistemi" izinleri uygulanmış, 2004 yılından sonra ise 'Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu, ilgili düzenlemeler konusunda yaptırımında bulunmaya başlamıştır. Brezilya, Ekvator, Hindistan, Meksika, Tayland, Venezualla gibi pek çok tropik ülkede de su ürünleri yetiştiriciliği çıkış sularına yönelik düzenlemeler söz konusudur. Ayrıca balık işleme tesisleri çıkış suları için de bazı parametreleri kapsayan standart değerlerin önerildiği belirtilmiştir.

Çevre ve Orman Bakanlığı 2007 – 2008 yılı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Envanteri Değerlendirme Raporu'nda çevre sorunları dikkate alınarak yapılan değerlendirmede, su kirliliği önem sırasına göre dördüncü sırada yer alan Muğla İli'nde, Fethiye İlçesi'nde bulunan Eşen Çayı evsel ve zirai atıklar nedeniyle önemli ölçüde kirlenmiştir (Anonim 2010a). Ülkemizde karada kurulu gökkuşağı alabalığı işletmelerinin yoğun olarak bulunduğu yörelerden birisi de Muğla İli Fethiye İlçesidir. İlçe sınırları içerisinde kalan Eşen Çayı ve kollarında balık yetiştiriciliğine yönelik yeni tesislerin kurulumu veya var olan işletmelerin kapasitelerinin artırılmasına ilişkin faaliyetler konusunda Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü'ne yoğun bir müracaat olduğu da bildirilmiştir.

Bu araştırmanın amacı, Eşen Çayı suyunu kullanan karada kurulu ve çöktürme havuzu bulunan farklı iki kapasitedeki (orta ve büyük ölçekli) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) işletmesinin giriş ve çıkış suları kalite özelliklerinin düzeylerine ilişkin kantitatif veriler elde etmek, verileri ülkemizde konuyla dolaylı olarak ilgili yasal düzenlemeler kapsamında değerlendirmek ve işletmelerin çıkış suyu kalite düzeylerini farklı ülkelerde uygulanmakta olan çıkış suyu zorunlu değerleriyle karşılaştırmaktır. Ayrıca işletmelerin çıkış suyu yönetimine ilişkin uygulanabilir yönetim önerileri geliştirmek de hedeflenmiştir.

Araştırma ile elde edilecek bilimsel verilerin yalnız alabalık işletmeleri çıkış suları özelliklerine ilişkin düzeylerin belirlenmesine ve işletmelerin besin elementi yüklerinin

tahmin edilmesine katkıda bulunmayacağı, aynı zamanda sürdürülebilir yetiştiricilik açısından ülkemizde konu ile ilgili yasal boşluğu doldurmaya yönelik bilimsel bir zemin de hazırlayacağı düşünülmektedir.

2.1 Gökkuşığı Alabalığı İşletmeleri Çıkış Suları Özelliklerine İlişkin Bildiriler

Karada kurulu alabalık işletmelerinin akarsu ekosistemlerine ters etki edebilen çıkış sularının temel bileşenleri; besin elementleri (temel olarak azot ve fosfor), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅), askıda katı madde, patojenler ve kimyasal kalıntılardır (Tello 2010). Midlen ve Redding (1998) tarafından, balık yetiştiriciliği işletmeleri çıkış suları özelliklerinin büyük oranda organik madde içeren kanalizasyon atıklarından farklı olduğu, besin elementleri bakımından doğal su kaynaklarına benzediği bildirilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Nehir suyu, balık işletmesi çıkış suyu ve kentsel atık suların su kalite parametreleri (Midlen and Redding 1998)

Parametre (mg/L)	Nehir suyu	Balık işletmesi çıkış suyu	Kentsel atık
BOİ ₅	1.0-5.0	3.0-20.0	300.0
Toplam azot	1.0-2.0	0.5-4.0	75.0
Amonyak-azotu	Veri yok	0.2-0.5	60
Toplam fosfor	0.02-0.1	0.05-0.15	20
Askıda katı madde	Veri yok	5.0-50.0	500

Castello vd. (1995), İrlanda'da faaliyet gösteren alabalık ve salmon işletmeleri çıkış sularının çevreye olan etkilerini inceledikleri araştırmada; işletmelerin çıkış suyunda giriş suyuna göre başta fosfor, amonyak, BOİ₅, KOİ ve askıda katı madde olmak üzere

artışlar saptarken, çözünmüş oksijen miktarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir. pH, iletkenlik, nitrat ve toplam Kjeldahl azotu miktarındaki değişimlerin ise önemsiz düzeyde olduğu, atık yükünün yemleme miktarı ve balık stoğuna bağlı olarak mevsimsel değişimler gösterdiği ifade edilmiştir (Anonim 2003).

Boaventura vd. (1997) tarafından, gökkuşağı alabalıkları işletmelerinde yapılan çalışmada, çıkış suları fizikokimyasal (sıcaklık, askıda katı madde, bulanıklık, pH, toplam alkalinite, toplam sertlik, elektrik iletkenliği, çözünmüş oksijen, BOI_5 , KOI , amonyak, azot, fosfat) ve bakteriyolojik açıdan incelenmiştir. Çıkış sularında özellikle çözünmüş oksijen değerlerinde düşme, amonyak ve fosfat derişimlerinde ise artışlar saptanmıştır.

Virjinya eyaletindeki alabalık işletmelerinin çevre üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan çalışmada 5 alabalık işletmesinin çıkış suyunun kalitesi incelenmiş ve çıkış suyunda çökebilen katı madde miktarı 0.1 mg/L'nin altında bulunmuştur. İşletmelerin çıkış suları alıcı ortamın toplam amonyak-azotu, serbest amonyak ve nitrit-azotu içeriğinin artmasına yol açmıştır (Selong ve Helfrich 1998).

Pulatsü ve Çamdeviren (1999) tarafından, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çifteler-Sakaryabaşı Balık Üretim ve Araştırma İstasyonu'nun (30 ton/yıl) giriş suyunu oluşturan Batı Göleti'nin, alabalık üretimi için su kalite kriterleri açısından uygun olup olmadığını belirlemek ve alabalık yetiştiriciliği çıkış suyunun Sakarya Nehri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Toplam amonyak-azotu (0.487 ± 0.15 mg/L) ve toplam fosfor (461.10 ± 81.34 µg/L) değerleri dışında giriş suyunda ölçülen bazı fiziksel ve kimyasal özellikler (su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH, kondüktivite, organik madde, toplam sertlik, bikarbonat alkalinitesi) alabalık üretimi için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynaklarının sınıflandırılmasına ilişkin çerçevede kabul edilebilir standart değerler içerisinde bulunmuştur. Çıkış suyundaki toplam amonyak-azotu, nitrit-azotu, nitrat-azotu, çözünmüş ortofosfat değerleri de zorunlu değerler içerisinde tespit edilmiştir. Giriş suyunda da belirlenen yüksek toplam fosfor değeri, giriş suyu su kalitesinin kontrol ve yönetiminin üzerinde durulması gereken esas konu olduğunu ortaya koymuştur.

Tekinay vd. (2009), 700 ton/yıl kapasiteli bir işletmenin Yuvarlakçay (Muğla) üzerine çevresel etkiyi belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. İşletmeye giren, tambur filtreye tabi tutulmayan su ile tabi tutularak arıtılan suda iki ayda bir toplam azot, toplam fosfor, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI₅) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ölçümleri yapılmıştır. Filtreye tabi tutulan ve tutulmayan su örneklerinde sözü edilen parametreler açısından istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık tespit edilmemiştir. Atıksu arıtması olmadan tespit edilen TF yükü kimyasal yöntemle 7.66 kg F/ton üretilen balık, biyolojik yöntemle 10.46 kg F/ton üretilen balık olarak bulunmuştur. Atık su arıtması sonrası alabalık işletmesinin yıllık TF yükü 5.68 kg F/ton üretilen balık ve 5.30 kg F/ton kullanılan yem olduğu bulunmuştur. Tambur filtrenin su arıtma etkenliği ise sırasıyla TF için %7.77, TN için %8.67, BOI₅ için %16.58 ve KOİ için %13.16 olarak tespit edilmiştir.

1980'lerde yoğun yetiştiricilik yapan soğuk su balığı işletmelerinden çıkan suyun askıda katı madde miktarlarını Alabaster (1982) 9 mg/L, Muir (1982) 11.1 mg/L, Solbe (1982) ile Warrer-Hansen (1982) 5-50 mg/L olarak belirtmişlerdir. İşletme çıkış sularında katı atık madde konsantrasyonlarının arıtım öncesi büyük miktarlarda değişime sahip olmadığı, farklı kaynaklarda askıda katı madde konsantrasyonlarının geniş bir aralığa sahip oldukları bildirilmiştir. Bu değer aralığını Hennessy vd. 1.6–14.1 mg/L, Bergheim (1993) 0–20.1 mg/L olarak Cripps ise 6.9 mg/L olarak belirtmiştir. Ayrıca akar-su üzerinde kurulu işletmelerinden çıkan arıtılmamış suda bulunan katı madde konsantrasyonlarının yaklaşık 5-50 mg/L arasında değiştiği, bu katı maddenin çoğunlukla atık suda bulunan toplam azotun %7-32'sini ve toplam fosforun %30-84'ünü taşıdığı bildirilmiştir (Cripps ve Bergheim 2000).

Alabalık işletmelerinin çıkış sularındaki su kalite parametreleri için farklı araştırmacılar tarafından elde edilen konsantrasyon aralıkları Tablo 2.2'de verilmiştir (Stewart vd. 2006).

Tablo 2.2 Akar-su sistemli alabalık işletmelerinin çıkış sularındaki su kalite parametrelerinin konsantrasyon değişim aralıkları (Stewart et al. 2006)

KAYNAK	Konsantrasyon (mg/L)								
	pH	Çözünmüş oksijen	Askıda katı madde	Toplam organik karbon	Toplam amonyak azotu	Nitrat azotu	Nitrit azotu	Orto fosfat	Toplam fosfat
Axler et al.(1997)			1-8	0.1-4.0				0.01-0.04	0.05-0.06
Bergheim and Brinkler (2003)			2-10						0.005-0.3
Boardman et al. (1998)	7.3 - 7.8	5.7-9.6	1-62		0.02-0.6			0.05-0.32	
Boaventura et al. (1997)	5.9 - 6.6	7.9-11.4	1-23		0.32-1.52	0.7-2.5	<0.02		0.04-0.70
Dumas et al. (1998)	6.5 - 7.5				0.6-1.3	0.6-0.8		0.05-0.17	
Fries and Bowles (2002)	7.1 - 8.8	6.0-11.8	2-97		0.02-0.92				<0.01-0.12
Kendra (1991)	6.8 - 9.4	5.4-14.3	<1-9		0.02-0.89	0.1-2.4 c			0.02-0.36
Selong and Helfrich (1998)	7.7 - 8.2	>7.0				0.3-1.7			0.16-1.09
Schulz et al. (2003)	7.6 - 7.9	5.8-6.8	9-14			0.66-0.70			0.35-0.37
Viadero et al. (2005)		7.3-10.4	4-12		0.10-0.36				

Midlen ve Redding (1998), özellikle hasat ve temizleme amacıyla havuzların boşaltımı sırasında işletmelerin alıcı ortama bıraktıkları yükte önemli artışlar tespit edildiğini belirtmişlerdir. Normal yetiştirme işlemlerinin yürütülmesi sırasında alabalık işletmelerinin çıkış suları 1.5-11.4 mg/L düzeyinde askıda katı madde taşırken, havuzların temizlenmesi sırasında bu miktar 17-8010 mg/L'ye ulaşmıştır. Aynı süreçte

BOİ₅ değeri 1.9-4.4'ten 40-1150'ye çıkmış, toplam fosfor yükü ise 0.03-0.13'ten 0.14-3.1 mg/L'ye yükselmiştir. Araştırmacılar tarafından, çöktürme havuzlarının yardımıyla özellikle hasat ve havuzların temizlenmesi sırasında çıkış suları yükünün önemli oranda azaltılabileceği vurgulanmıştır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3 Alabalık işletmelerinde normal yetiştirme sürecinde ve havuzların temizlenmesi sırasında çıkış suyu kalitesinin karşılaştırılması (Midlen and Redding 1998)

Su kalite parametreleri (mg/L)	Normal dönem	Havuzların temizlenmesi
Askıda katı madde	1.5-11.4	17-8010
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	1.9-4.4	40-1150
Kimyasal oksijen ihtiyacı	8-24	50-2770
Toplam fosfor	0.03-0.13	0.14-3.1
Amonyum-azotu	0.09-0.52	-
Nitrit-azotu	<0.29	-
Nitrat-azotu	0.47-3.58	

Lucas ve Southgate (2003) tarafından bildirildiğine göre, Avrupa'da farklı ülkeler için su ürünleri yetiştiriciliği çıkış sularında bazı parametrelerden askıda katı madde 5-50 mg/L, toplam fosfor 0.05 – 0.26 mg/L, toplam azot 0.5–5.0 ve BOİ₅ değerleri 5 - 20 mg/L aralığında bulunmuştur (Tablo 2.4).

Tablo 2.4 Avrupa'da su ürünleri yetiştiriciliği çıkış sularında bazı parametrelerin konsantrasyonları (Lucas and Southgate 2003)

Ülke	AKM (mg/L)	TF (mg/L)	TN (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)
Norveç	3	0.100	0.5	-
Kuzey İsveç	6.9	0.11	0.70	-
Kuzey İrlanda	-	0.11	0.531	-
Finlandiya	-	0.055	-	-
31 Birleşik Krallık işletmesi	11.1	0.082	-	4.00
Danimarka	5 – 50	0.05 – 0.15	0.5 – 4.0	3 – 20

Bilecik İli Bozüyük İlçesi'ndeki Karasu Deresi üzerinde ardarda kurulu 5 alabalık işletmesinden doğrudan bırakılan balık dışkısı ve atık yemlerin neden olduğu kirlenme boyutunu araştırmak amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bir yıl boyunca aylık olarak alınan su örneklerinin incelenmesi sonucunda çıkış sularının kalitesinin işletmeden işletmeye ve mevsimden mevsime farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak işletmelerin çıkış suyundaki çözünmüş oksijen, pH, askıda katı madde, amonyak-azotu, nitrit-azotu ve nitrat-azotu düzeylerinin farklı ülkelerde alabalık işletmeleri için öngörülen standart ve zorunlu değerlerin içerisinde yer aldığı saptanmıştır. İşletmelerin çıkış suyu ile alıcı ortama bırakılan ve bir ton balık üretimi için kullanılan bir ton yem başına düşen fosfor yükü, literatürde belirtilen değerlerin üzerinde bulunmuştur. İşletmelerin Karasu Deresi üzerindeki ortalama fosfor yükü 9.38 kg F/ton balık ve 8.09 kg F/ton yem olarak saptanmıştır. Bu yüksek fosfor yükünün kullanılan yemlerin yüksek fosfor içeriğinden kaynaklanabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Pulatsü vd. 2004).

Güney Idaho'da (Amerika) alabalık işletmesi çıkış sularında partikül haldeki ortalama fosforun (0.04 mg/L), toplam fosfor deşarjının % 40'ını, ortalama çözünmüş fosforun (0.06 mg/L) ise toplam fosforun % 60'ını oluşturduğu tespit edilmiştir. Ortalama askıda katı madde konsantrasyonu 10 µm'lik boyut için 1.93 mg/L, 53 µm için 1.34 mg/L ve 105 µm için 1.01 mg/L olarak saptanmıştır. Deşarj edilen katı maddenin % 69'unun parçacık çapı 53 µm'den büyük, % 52'si de 105 µm'den büyük olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, büyüklüğü 100 µm'den büyük parçacıkların giderilmesi ile toplam fosfor deşarjının % 20 oranında düşürüldüğü ortaya konmuştur (True vd. 2004).

Maillard vd. (2005) tarafından, Virjinya'da özellikleri Tablo 2.5'de verilen kapasiteleri farklı üç alabalık işletmesinde yürütülen araştırmada, Eylül ve Nisan ayları arasında giriş suyu, kanal ve çıkış suyu kalitesini karşılaştırmak ve arıtım türünü belirlemek amacıyla su kalitesi (çözünmüş oksijen, sıcaklık, pH, askıda katı madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, çözünmüş organik karbon ve toplam amonyak-azotu) izlenmiştir. İşletmelerden deşarj edilen sularda dikkate alınan parametrelerin (çözünmüş oksijen, BOİ₅, askıda katı madde ve toplam amonyak azotu) ortalama konsantrasyonları standartların izin verdiği ortalama çıkış değerlerinin altında bulunmuştur. Giriş ve çıkış sularındaki değerler karşılaştırıldığında A işletmesinde çözünmüş oksijen, B

işletmesinde askıda katı madde ve C işletmesinde BOI_5 'in ortalama değerlerinde istatistiki açıdan önemsiz farklılıklar tespit edilmiştir (Tablo 2.6).

Tablo 2.5 Kanallarda yetiştiriciliğin yapıldığı işletmelerin özellikleri
(Maillard et al. 2005)

ÖZELLİK	İŞLETMELER		
	A	B	C
Ortalama üretim (kg/yıl)	27.200-36.300	27.200	79.400-113.000
Balık tipi	Gökkuşaağı alabalığı - Kaynak alabalığı	Gökkuşaağı alabalığı	Gökkuşaağı alabalığı - Kaynak alabalığı - Kahverengi alabalık - Çizgili levrek
Kullanılan kanal sayısı (toplam)	3 (7)	14 (14)	24 (31)
Yemleme yöntemi	Otomatik	Elle	Elle
Yem dönüşüm katsayısı	1.6	1.6-2	1.2-1.8
Beton/Toprak kanal	Beton	Beton ve toprak	Beton ve toprak
Su kaynağı	Dere	Dere	Dere
İnsan gücü (kişi)	1	1	4-6
Kirleticiler	Askıda katı madde, NH_3-N	Askıda katı madde, BOI_5	Askıda katı madde, BOI_5
Arıtma	Çöktürme havuzu	Yok	Çöktürme havuzu

Tablo 2.6 Alabalık işletmelerinin Eylül'den Mayıs'a kadar izlenen su kalite sonuçları
(Maillard et al. 2005)

İşletmeler	A			B			C		
	GS	KÇS	ÇS	GS	KÇS	ÇS	GS	KÇS	ÇS
Debi (m ³ /dak.)	2.70-4.05 (3.10)			11.2-24.8 (16.8)			25.6-28.9 (27.7)		
Çözünmüş oksijen (mg/L)	9.2-14.2 (10.6)	3.2-13.3 (7.0)	5.7-9.5 (8.5)	8.2-11.5 (10.5)	5.8-10.8 (8.6)	6.8-9.6 (7.9)	9.4-10.6 (10.5)	4.8-9.7 (7.6)	7.2-9.4 (8.1)
Sıcaklık (°C)	10.5-13 (12.2)	11.5-15 (13)	11-15.5 (12.9)	6-12.5 (9.7)	6-14 (9.1)	5-16.5 (11.4)	8.5-13.5 (10.5)	8-14 (11.0)	8.5-14 (10.4)
pH	7.1-7.4 (7.3)	7.0-7.4 (7.2)	7.3-7.8 (7.5)	7.3-7.6 (7.5)	7.2-7.6 (7.4)	6.9	7.3	7.1-7.6 (7.3)	7.8
Askıda katı madde (mg/L)	0		0-0.4 (.02)	0		0.01-.08 (0.04)	0		0.04-0.08 (0.07)
BOİ ₅ (mg/L)	0-1.25 (0.7)	0.5-3.9 (1.5)	0.96-1.9 (1.3)	0-1.4 (0.5)	0.3-7.2 (2.1)	0.6-2.4 (1.2)	0-2.0 (1.1)	0.4-7.5 (2.5)	0.5-1.8 (1.3)
Toplam amonyak-azotu (mg/L)	0.6	0.2-1.1 (0.5)	0.5-0.6 (0.6)	0.2	0.06-1.1 (0.5)	0.45	.03	.03-2.2 (0.4)	0.02-0.17 (0.1)

(GS; Giriş suyu, KÇS; Kanal çıkış suyu, ÇS; Çıkış suyu)

Bartoli vd. (2007) tarafından yapılan araştırmada alabalık işletmesinin giriş ve çıkış suyunda çözünmüş gazlar (O₂ ve CO₂), çözünmüş ve partikül haldeki inorganik besinler (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³, partikül azot ve partikül fosfor) incelenmiştir. Çıkış suyundaki çözünmüş madde konsantrasyonunun, balık metabolik aktiviteleri ve işletme yönetim uygulamaları nedeniyle gün boyunca önemli oranda dalgalandığı tespit edilmiştir. İşletmenin 500 metre aşağısındaki çıkış suyunda, giriş suyundakinden önemli derecede farklı NH₄⁺, NO₂⁻, partikül fosfor konsantrasyonları ölçülmüştür. İşletmeden alıcı ortama 2.20 kg/gün azot ve 0.76 kg/gün fosfor bırakıldığı, sözü edilen besin

elementlerinden azotun % 68'inin NH_4^+ , fosforun % 67'sinin partikül şeklinde olduğu belirtilmiştir.

2.2. Alabalık İşletmelerinden Kaynaklanan Besin Elementi Yükünün Tahminine İlişkin Bildiriler

Yemi oluşturan tüm bileşenler metabolizma ürünleri olarak atık haline gelmekte; bu ürünler organik karbon, organik azot (karbonhidrat, yağ, protein), amonyum, üre, bikarbonat, fosfat, vitaminler ve pigmentlerden oluşmaktadır. Sözü edilen dışkı ve metabolik atıkların miktarı stok yoğunluğuna ve kullanılan yemin kalitesine göre değişmektedir (Pillay 2004).

Foy ve Rosell (1991), İrlanda'da 12 aylık bir periyotta tanklarda yapılan karasal kökenli gökkuşağı alabalığı üretiminde (YDO: 1.83), bir ton balık üretimi için 25.6 kg toplam fosfor ve 124.2 kg toplam azot yükü tahmin etmişlerdir. Yemden gelen besin elementi ve balıklarda tutulan besin elementi yükü arasındaki farktan bulunan tahmini yükleme değerinin % 97.6'sı toplam fosfora ve % 112.6'sı toplam azota ait bulunmuştur. Nisan-temmuz aylarında ortalama ağırlığı 3 gram stoklanan gökkuşağı alabalıkları yıl sonunda 250-500 gram hasat edilmişler; üretilen balıkların etlerinde ağırlığın yüzdesi olarak 2.58 azot ve 0.40 fosfor düzeyi belirlenmiştir.

O'connor vd. (1992) tarafından bildirildiğine göre, araştırmacılar tarafından bir ton alabalık üretiminin alıcı ortama yüklediği katı maddenin kuru ağırlığı havuz ve tank yetiştiriciliğinde 100-150 kg, kafes yetiştiriciliğinde ise 289 kg olarak saptanmıştır. Araştırmacılara göre eğer yem kaybı % 5'e ve yem değerlendirme katsayısı 1.5' e düşürülürse atık madde yükü % 40 oranında azaltılabilir. Danimarka'da alabalık yetiştiriciliğinde kullanılan yemlerin sindirilebilirliğinin en az % 70, yem dönüşüm oranının en az 1.0:1.6 ve azotun kuru madde ağırlığının en fazla % 8.0, fosforun ise % 1.0 olması zorunlu kılınmıştır.

Enell (1995), kaliteli yemlerin kullanılması ile alabalık işletmelerinde yemin ete dönüşüm oranı arasında olumlu yönde etkileşmenin olduğunu, daha az yemle aynı üretim seviyesinin korunmakta ve alıcı ortama daha az oranda fosfor ve azot bırakıldığını bildirmiştir. Danimarka ve Norveç'teki alabalık işletmelerinde yemin ete dönüşüm oranı 1974 yılında 2.08 iken bu oran 1995 yılında 1.0-1.1'e düşmüştür. Bu gelişme işletmelerin çıkış suyu kalitesini de olumlu yönde etkilemiştir. 1974 yılında 1 ton balık üretimi alıcı ortama 132 kg azot ve 31 kg fosfor yükü bırakırken; bu değerler 1995 yılında sırasıyla 55 ve 4.8 kg'a inmiştir.

Midlen ve Redding (1998), yetiştiricilikte kullanılan yemlerin içeriğinin değiştirilmesi ile işletmelerin azot ve fosfor deşarj yükünün azaltılabileceğini ifade etmiştir. Aynı araştırmacılar tarafından İsveç' te kullanılan alabalık yemlerindeki fosfor içerikleri % 1.2-1.4 iken, 1 ton alabalık üretimi için alıcı ortama 29 kg fosfor yükünün bırakıldığı ifade edilmiştir. Ancak daha kaliteli yemlerin geliştirilerek fosfor oranının % 0.8' e düşürülmesiyle bu değerin 15 kg' a gerilediği vurgulanmıştır. Araştırmacılar yemleme sıklığının da yemden yararlanmayı ve atık miktarını doğrudan etkileyebileceğini belirterek; alabalıkların yemlemeden sonra ilk 2 saat iştahının azaldığını ve balığın yem almak istemediği tespit etmişlerdir. Verilecek yem, balık tarafından aktif olarak alınmayıp alıcı ortama karışacağından, su kalitesi de yemden yararlanmayı etkileyecektir. Bu nedenle su kalitesi işletme yönetiminde titizlikle izlenmelidir. Örneğin çözünmüş oksijen miktarı 6 mg/L' nin altına düştüğünde alabalıklarda yem tüketimi azalmaktadır. Maksimum yem tüketimi sırasında çözünmüş oksijen 5 mg/L'nin altına düştüğünde, büyüme oranı % 20 azalmaktadır.

Besin elementi -bütçe dengesi veya kütle denge modeli;

- Yemden gelen besin elementi miktarı (girdisi),
- Yetiştiriciliği yapılan balıkta besin elementinin tutulma oranı,
- Üretim düzeyine bağlı olarak ortama bırakılan besin elementi miktarı

arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılır. Başka bir deyişle, balık işletmelerinden kaynaklanan kirletici miktarı veya besin elementi yükü; yemleme oranları, yem

değerlendirme oranları, yemin azot ve fosfor içeriği veya yemin sindirilebilirliğine ilişkin veriler kullanılarak tahmin edilebilir (Alvarado 1997).

Miller ve Semmens (2002) tarafından işletmelerin besleyici element yükünün; üretim dönemi boyunca uygun yemlerin kullanılması, etkin yemleme programının uygulanması ve çıkış sularındaki katı maddelerin alıcı ortama verilmeden önce çöktürülmesi ile %50 oranında azaltılabileceği vurgulanmaktadır. Araştırmacılar, su ürünleri işletmelerinin uygulayacağı atık yönetimini; yem ve yemleme düzenlemeleri ve katı atık uzaklaştırması olmak üzere iki bölümde ele almışlardır. Yemleme yönetimi ile yüksek enerjili ekstrude yemlerin seçimi ve kullanılmasının işletmelerin atık yükünün azaltılmasında etkili olduğu ve bu yemlerin kullanılması ile hedeflenen büyüme oranına daha az yem tüketimi ile ulaşıldığı belirtilmiştir. Yüzer ekstrude yemlerin geliştirilmesi de işletmelerin atık kontrolüne olumlu katkıda bulunmuştur. Tüketilmeyen yemler su yüzeyinde kaldığından toplanması ve uzaklaştırılması daha kolay olmaktadır.

Bergheim ve Brinker (2003) tarafından bildirildiğine göre, Norveç ve Almanya'da yoğun akar-su sistemlerindeki tipik koşullar 100-300 dakika/ton balık akış hızı olup her ton balık üretimi için arıtım öncesi çıkış suyu yükü 150-200 kg askıda katı madde, 7 kg fosfor ve 40 kg azottur.

2.3 Farklı Ülkelerde Uygulanan Gökkuşuğu Alabalığı İşletmeleri Çıkış Suları Yönetimine İlişkin Yasal Düzenlemeler

Farklı ülkelerde su ürünleri yetiştiriciliği konusunda yapılan çeşitli düzenlemeler kapsamında yetiştiriciliğin potansiyel çevresel etkilerini en aza indirmek için bazı önlemler alınmaktadır. Tacon ve Foster (2003) su ürünleri – çevre etkileşiminin çoklu yönü bağlamında aşağıdaki önlemlere dikkati çekmişlerdir;

- Çöktürme havuzu, özel filtrasyon araçları, atık su arıtım sistemleri gibi sistemlerin kullanılmasına rağmen deşarj öncesi işletme çıkış sularının arıtım gerekliliği,
- İşletmelerden deşarj edilen çözünmüş/askıda- organik/inorganik materyallerin ve besin elementleri içeriklerinin sınırlandırılması,
- İşletmenin belirlenen bir zaman diliminin üzerinde deşarj edebileceği spesifik besin elementlerinin (toplam azot, fosfor gibi) maksimum kabul edilebilir miktarlarının belirlenmesi,
- Diğer işletmelere yakınlığa ve alıcı sucul ekosistemin çevresel taşıma kapasitesine bağlı olarak işletmelerin büyüklüğüne ve/veya belirlenen lisans sayılarına sınırlama,
- Belirlenmiş bir zaman diliminde işletmenin kullanabileceği yemin toplam miktarını belirleme veya sınırlama,
- Söz konusu olan türü yetiştirmek için kullanılacak yem bileşenleri içinde maksimum izin verilebilir (spesifik) besin elementleri düzeylerini belirleme,
- Taze/değersiz balık ve omurgasızlar gibi potansiyel olarak yüksek riskli yem maddelerinin kullanımının yasaklanması,
- Özel kimyasal terapötik ajanlar, ilaçlar ve kimyasalların (herbisitler ve pestisitler gibi) işletmelerde kullanımının yasaklanması,
- Yem etkinliği ve/veya besin elementi sindirilebilirliğine özen gösterilmesi,
- İyi yönetim uygulamalarının gerekliliği,
- Sedimentlerin uzaklaştırılması ve depolanması için sürdürülebilir işletme/havuz sediment yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekliliği,
- Çevresel izleme programını uygulama gerekliliği.
-

Tablo 2.7’de farklı ülkelerde karada-kurulu su ürünleri yetiştiriciliği işletmeleri tarafından uygulanmakta olan düzenlemeler özetlenmiştir (Stechey ve Linquist 2006).

Tablo 2.7 Farklı ülkelerde karada-kurulu su ürünleri yetiştiriciliği işletmelerine ait düzenlemeler (Stechey and Linquist 2006)

Ülke	ÇED gerekliliği	Üretim sınırlaması	Azot ve/ya Fosfor sınırlaması	Yem bileşenleri	Maksimum yem dönüşüm oranları	Su arıtımı
Belçika	H	H	H	H	H	H
Danimarka	H	E	E	E	E	E
Almanya	H	H	E	H	H	H
Yunanistan	E	H	H	H	H	H
İspanya	H	H	H	H	H	H
Fransa	E	E	H	H	H	H
İrlanda	E	E	E	H	H	E/H
İtalya	E/H	H	E	H	H	H
Hollanda	H	H	E	H	H	E/H
Portekiz	H	H	H	H	H	H
Birleşik Krallık-İngiltere ve Galler	H	H	E	H	H	E/H
Birleşik Krallık-İskoçya	H	E	E		H	E/H
Quebec	E	E	E	H	H	E
Ontario-Karada-Kurulu	H	H	E	H	H	E

E:Evet H:Hayır

Tablo 2.8’de British Columbia’da (Kanada) balık işletmelerinin çıkış sularına ilişkin yasal düzenleme çerçevesindeki standart değerler sunulmuştur.

Tablo 2.8 British Columbia’da (Kanada) karada-kurulu finfish işletmeleri çıkış suları standart değerleri (Stechey and Linquist 2006)

Parametre	Seyrelme oranı < 20:1	Seyrelme oranı > 20:1
AKM (mg/L)	10	20
TF (mg/L)	0.1	0.2
Klor (mg/L)	0	0

Stechey ve Linquist (2006) tarafından bildirildiğine göre, Ontario’da (Kanada), karada-kurulu balık işletmelerinde çıkış suyunun, kaynağın askıda katı madde düzeyini 10 mg/L’den, toplam fosfor düzeyini ise 0.1 mg/L’den fazla artırmaması gerekmektedir. Ayrıca arıtım tesisi çıkış suyunda askıda katı madde düzeyi 5 mg/L ve toplam fosfor 0.05 mg/L olacak şekilde dizayn edilmelidir. Aynı araştırmacılar, Quebec’de karada-kurulu balık yetiştiriciliği uygulamalarından deşarj edilen çıkış suyunun kalitesi için Tablo 2.9’daki değerleri önermişlerdir.

Tablo 2.9 Quebec’te su ürünleri yetiştiriciliği çıkış suyuna ilişkin kriterler (Kriterlere uyum deşarj noktasının 300 metre aşağısında değerlendirilmelidir) (Stechey and Linquist 2006)

Parametre	Su kalite kriteri (mg/L)
BOİ	3.0
AKM	5-25 (ortalama-maksimum)
TAN	pH ve sıcaklığa bağlı olarak değişken
TF	0.03

Kanada’nın Prens Edward Adası Bölgesi’nde ise su ürünleri için herhangi bir yönetmelik veya düzenleme bulunmamakta, çıkış suları Çevre Koruma Kanunu çerçevesinde düzenlenmektedir. Buna göre, balık işletmesi çıkış suyu değerleri AKM için 5 mg/L’den az ve BOİ için 10 mg/L’den düşük olarak belirtilmiştir. Nova Scotia (Kanada) içinse Tablo 2.10’daki düzenlemeler geçerlidir (Stechey ve Linquist 2004).

Tablo 2.10 Nova Scotia’da su ürünleri uygulamalarında izleme gereksinimleri
(Stechey and Linquist 2006)

İstasyon	Parametre	Zaman Peryodu	Sıklık
1,2,3	TF, sıcaklık/çözünmüş oksijen	1 Ocak – 31 Aralık	Haftalık
1,2,3	AKM	1 Ocak – 31 Aralık	Aylık
4,5	TF, AKM, sıcaklık/çözünmüş oksijen	1 Mayıs – 30 Kasım	Aylık
3,5	TF, AKM, pH, Sıcaklık, çözünmüş oksijen, TN, NH ₃ , NO ₃	Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim’in ilk haftası	3 ayda 1
4,5	Perifitin/makrofit	Ağustos’un ilk haftası, Eylül’ün 2. Haftası	Yılda 2 kez
1,3,5	Tüm genel analizler, AKM, TF, TN, sıcaklık, çözünmüş oksijen	Yavaş akış periyodu (sonbaharda) Yüksek akış periyodu (baharda)	Yılda 2 kez

İstasyonlar: 1. Kaynak suyu 2. Arıtım öncesi çıkış suyu 3. Arıtım sonrası çıkış suyu
4. Alıcı ortam (deşarj noktası) 5. Alıcı ortam (deşarj noktasına 100 m mesafede)

Tablo 2.11’de Kanada’da farklı yerleşim bölgelerindeki tatlı su balıkları yetiştiriciliğine ilişkin çevresel düzenlemeler özetlenmiştir.

Tablo 2.11 Kanada’da farklı yerleşim bölgelerindeki tatlı su balıkları yetiştiriciliğine ilişkin çevresel düzenlemeler
(Stechey and Linquist 2006)

Yerleşim bölgesi	British Columbia (BC)	Saskatchewan (SK)	Quebec (QC)	New Brunswick (NB)	Prens Edwart Adası (PEI)	Nova Scotia (NS)	Karada – kurulu
Su Ürünleri Yetiştiriciliğine ilişkin Yönetmelik/Düzenleme	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Yasal Otorite(ler)	BC Balıkçılık Kanunu- Su Ürünleri Yetiştiriciliğine İlişkin Düzenleme; BC Atık Yönetim Kanunu-Karada-kurulu İşletmeler için Balık Atık Kontrol Düzenlemesi	SK Havza Kanunu ve Düzenlemeleri; SK Çevre Yönetimi ve Koruma Kanunu	Yaban Hayatı Gelişimi ve Korunmasına ilişkin QC Kanunu - Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Balık Satışına İlişkin Düzenleme, Çevresel Kalite Kanunu	NB Temiz Çevre Kanunu-Su Kalite Düzenlemesi; NB Su Ürünleri Kanunu	PEI Çevresel Koruma Kanunu	Su Ürünleri Kanunu, Çevre Kanunu	Balık ve Yaban Hayatı Koruma Kanunu; Su Kaynakları Kanunu; Çevresel Koruma Kanunu
Zorunlu değerler (mg/L)							
AKM	10 – 20	10	Ortalama : 5 Maksimum: 25	-	5	Alana özel	10

Tablo 2.11 (Devam) Kanada’da farklı yerleşim bölgelerindeki tatlı su balıkları yetiştiriciliğine ilişkin çevresel düzenlemeler
(Stechey and Linquist 2006)

TF	0.1-0.2	Zararlı alg yok	0.02-0.03	0.03	-	0.03	0.1
BOİ	-	5	3	-	10	-	-
TAN	-	-	Değişken	-	<%10	Alana özel	-
Su Kalite İzlemesi							
Parametreler	Yok	TF, TKN, TAN, sedimentler	AKM, TF	TF	Yukarıdaki gibi	Yaygın	TF,AKM
Sıklık	Düzenlenmemiş	Yılda 2 kez	Yılda 1-2 kez	2 haftalık	Yılda 4 kez	Özel parametre	Aylık

Alberta’da beş balık işletmesinin bir araya gelerek oluşturdukları bir kooperatifin yaptığı çalışmalar kapsamında hazırlanan el kitapçığında yer alan çıkış sularına ilişkin zorunlu değerler Tablo 2.12’de sunulmuştur.

Tablo 2.12 Alberta’da uygulanan çıkış suyu zorunlu değerleri (Stechey and Linquist 2006)

Parametre	Kapalı dolaşımli sistemlerde maksimum değerler	Akar-sulu sistemlerde maksimum değerler
BOİ (mg/L)	25	25
AKM (mg/L)	25	25
TF (mg/L)	0.1	0.05
TAN (mg/L)	5	5
pH	6 – 9.5	6 – 9.5

Davis tarafından bildirildiğine göre, Amerika Birleşik Devletleri’nde Çevre Koruma Kurumu (Environmental Protection Agency, EPA), belirli ölçekteki su ürünleri işletmelerine su deşarjı izin belgesi alma zorunluluğu getirmiştir. Bu işletmeler soğuk su balıkları üreten ve yıllık kapasitesi 9.090 kg üstünde veya aylık yem tüketimi en yoğun dönemde 2.272 kg’ın üzerinde olan işletmelerdir. Araştırmacı, Kuzey Karolina’ da su ürünleri işletmelerinin çıkış suyundaki askıda katı madde miktarının aylık ortalamasının ve günlük maksimum askıda katı madde miktarının sırasıyla 5.0 mg/L ve 10 mg/L’ yi aşmaması gerektiğini, bu eyalette işletmelerin çıkış suyundaki çözünmüş oksijen miktarının ise 6.0 mg/L’ nin altına düşmemesi gerektiğini ifade etmiştir (Anonim 2003).

Kanada’da yılda 630 tonun üzerinde balık yemi kullanan işletmelerin deşarj suları için ruhsat almak zorunda olduğu, ayrıca aynı su kaynağı üzerinde kurulu işletmeler için 3 km mesafe zorunluluğu da getirildiği ve uygulanan izleme programı çerçevesinde işletmelerin çevreye olan etkilerinin izlendiği vurgulanmaktadır (Anonim 2003).

ABD’deki alabalık işletmelerinin atık sularındaki özel kirleticilerin azaltılması yasal düzenlemeler ve ortak düşünce ile desteklenmektedir. Buna göre 1990 yılında Idaho Valiliği

tarafından, Orta Snake Nehri’nde tatlı su yetiştiriciliği ve balıkların yumurtlaması için su kalitesine gerekli düzenlemeler getirilmiştir. Su kalitesi problemine neden olan faktörler düşük su debisi ve nehrin hidrolojik özelliklerindeki değişim, yükselen su sıcaklığı, tarım alanlarından gelen atıklar, çamurlar, su ürünleri yetiştiriciliği de dahil olmak üzere pek çok kaynaktan gelen besin maddeleridir. Potansiyel kirleticilerin deşarjının azaltılmasındaki başarı; tesis yapısına, çalışma şekline ve finansal taahhütlere bağlıdır. Su ürünleri yetiştiricileri Federal Temiz Su Yönetmeliği’ne tabidir. Toplam maksimum günlük kirlilik yükü, atık sudaki toplam fosfor ve askıda katı madde miktarını azaltmayı gerektirir. Toplam fosforun çıkış suyundaki toplam yükü, 1990 yılında belirlenen temel prensibe göre % 40 oranında azaltılmalıdır. Çıkış suyundaki askıda katı madde sınırı tam olarak belirlenmemekle birlikte 3-5 mg/L arasında olmalıdır. Kanal suyundaki toplam fosforun 1 mg/L’yi, askıda katı madde düzeyinin ise 5 mg/L’ yi geçmemesi gerektiği bildirilmiştir (Mac Millan 2003).

Deşarj edilen fosforun etkilerini azaltmak için pek çok bölgede çevresel yönetmelikler hazırlanmıştır. Örneğin ABD Idaho’ da, atık su deşarjında fosfor konsantrasyonu 0,1 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Fornshell’ e (2001) göre en son teklif edilen zorunlu değerler ile mevcut atık su deşarjındaki fosfor konsantrasyonu seviyesinin % 14 ile % 64 arasında olan 0.086-0.036 mg/L değerine düşürülmelidir (True vd. 2004).

Washington Eyaleti’nin Su Kirliliği Kontrolü Kanunu’na uyumlu olarak çıkardığı ve her dört yılda bir yenilediği “Ulusal Kirletici Deşarjı Eliminasyon Sistemi” ile alabalık yetiştiriciliği atık sularına ilişkin zorunlu değerleri Tablo 2.13’de sunulmuştur (http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/permits/permit_pdfs/trout_springs/permit.pdf, 26.03.2009).

Tablo 2.13 Washington Eyaleti’nde uygulanan alabalık işletmeleri çıkış suyuna ilişkin zorunlu değerler (Anonymous 2005)

Parametre	Ortalama aylık değer	Maksimum günlük değer
Askıda katı madde (mg/L)	5	15
pH	6 – 9 (tüm dönemlerde)	

Tablo 2.14’de ise, Danimarka’da su ürünleri yetiştiriciliği çıkış suları için önerilen standart değerler verilmiştir. Çıkış sularının ortam sıcaklığını en fazla 3 °C artırmaya izin verildiği belirtilmiştir (Bergheim ve Cripps 1998).

Tablo 2.14 Danimarka’da su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin çıkış suyu zorunlu değerleri (Bergheim and Cripps 1998)

Özellikler	Konsantrasyondaki maksimum artış (mg/L)
BOİ ₅	1.00
Askıda katı madde	3.00
Toplam fosfor	0.05
Amonyak-azotu	0.40
Toplam azot	0.60

2.4 Türkiye’de Gökkuşuğu Alabalığı İşletmeleri Çıkış Suları Yönetimine İlişkin Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği ve çevre etkileşimi ile ilgili iki kanun ve bu kanunlara dayalı beş adet yönetmelik bulunmaktadır. Bunlardan birinci kanun 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu, ikincisi 2872 sayılı Çevre Kanunu’dur. Sözü edilen kanunlar kapsamındaki yönetmelikler şöyledir:

- Su Ürünleri Yönetmeliği (10.03.1995 tarihli ve 22223 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren)
- Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği (29.06.2004 tarihli ve 25507 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren)
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren)
- Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (17.07.2008 tarihli ve 26939 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren)
- Çevre Denetimi Yönetmeliği (21.11.2008 tarihli ve 27061 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren)

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği'nin 22. maddesinin a) bendinde "Su ürünleri yetiştiricilik tesisleri projelerinde "Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği"nin ilgili hükümlerine uygunluk şartı aranır." denmektedir. ÇED Yönetmeliği'nin 6. maddesi ile Madde 7 ve Madde 15, bu konuya açıklık getirmektedir. Madde 6'da "Yönetmeliğe tabi projeler için "Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu" kararı veya "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir" kararı alınmadıkça bu projelere hiç bir teşvik, onay, izin, yapı ve kullanım ruhsatı verilemez, proje için yatırıma başlanamaz." denilmektedir. Madde 7 ve 15 ise söz konusu projeleri liste haline getirmektedir. 7. maddede kültür balıkçılığı projeleri (1000 ton/yıl ve üzeri) ile 15. Maddede yer alan Seçme, Eleme Kriterine tabi olan kültür balıkçılığı projelerine (30 – 1000 ton/yıl) "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gereklidir" kararı verilen projelerde ÇED Raporu hazırlanması zorunludur. Çevre Denetimi Yönetmeliği'nde ise balık ve/veya su ürünleri çiftlikleri çevreye kirletici etkisi olan faaliyetler veya tesisler kapsamında yer almaktadır (Anonim 2004a, Anonim 2008a, Anonim 2008b).

31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 7. maddesinde kıta içi yüzeysel sular, su kalitelerine göre 4 sınıfta değerlendirilmektedir. Buna göre Sınıf I: Yüksek Kaliteli su; içme suyu olma potansiyeli yüksek olan yüzeysel sular olup sadece bu sınıfta alabalık üretimi yapılabilir (Tablo 2.15).

Tablo 2.15 Kıta içi yüzey sularının su kalite sınıflarına göre yüksek kaliteli su kriterleri (Anonim 2004b)

Su kalite kriterleri	I. Sınıf
Sıcaklık (°C)	25
pH	6,5 – 8,5
ÇO ₂ (mg/L)	8
NO ₂ – N (mg/L)	0,002
NO ₃ -N (mg/L)	5
Toplam fosfor	0,02
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4
Toplam Kjeldahl azotu (mg/L)	0,5

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği'nin 22. maddesinin b, c, d, e ve f bentleri yetiştiricilik – çevre etkileşimi hakkında yetiştiricilerin sorumluluklarını şu şekilde açıklanmaktadır:

“b) Müteşebbisler, su ürünleri yetiştiricilik tesislerinin kuruluş ve işletme aşamasında çevreyi koruyacak tedbirleri almak zorundadır. Bu çerçevede, tesis atıkları bulundukları su ortamına verilmez; suyun kalitesini bozacak, çevreye, insan ve su ürünleri sağlığına zarar verecek her türlü materyal ile malzeme kullanılmaz.

c) Su ürünleri yetiştiricilik faaliyetleri sürdürülürken görsel kirliliğe yol açmayacak her türlü önlem alınır. Bu çerçevede, özellikle, yetiştiricilikte kullanılan yemlerin torbaları ve diğer atıklar düzenli bir şekilde tesislerden uzaklaştırılır.

d) Yetiştiricilik tesislerinde üretilen türün doğaya kaçmasını önlemek için gerekli tedbirler alınır.

e) Karadaki su ürünleri yetiştiricilik tesisleri ile kuluçkahanelerde alıcı ortama bırakılan sular, Su Ürünleri Yönetmeliği’nde bildirilen değerlere uygun olmak zorunda olup, tesislerde bu şartları sağlayacak nitelikte arıtma sistemleri kurulur.

f) Halihazırda arıtma sistemi bulunmayan işletmeler, yerleşim planlarında gerekli değişikliği yaparak, bu ünitelerin yer aldığı ve teknik özelliklerinin de belirtildiği yeni yerleşim planlarını onaylatmak üzere ilgili İl Tarım Müdürlüklerine teslim etmek zorundadırlar”, denmektedir (Anonim 2004a).

Su Ürünleri Yönetmeliği’nin 11. Maddesinde ise “Su ürünlerine veya bunları tüketenlerin veya kullananların sağlığına veya istihsal vasıtalarına zarar veren maddelerin içsulara ve denizlerdeki istihsal yerlerine veya civarlarına dökülmesi ve dökülecek şekilde tesisat yapılması yasaktır” denilerek, dökülmesi yasak olan zararlı maddeler ve alıcı ortama ait kabul edilebilir değerler Tablo 2.16’da gösterilmektedir. Buna göre atıklarda aranacak bazı fiziksel ve kimyasal özellikler aşağıda özetlenmiştir (Anonim 1995):

“A- Sıcaklık: Su ürünleri istihsal yerlerine deşarj edilen, sıcaklığı alıcı ortam sıcaklığını, akarsuda 3 °C’den fazla, deniz ve içsularda 2 °C’den fazla, bir (1) saatlik zaman aralığında yapılan ölçümlerde ise, 0.5 °C’den fazla değiştiren atık sular alıcı suya verilemez.

B- Koku: Kokusu su ürünlerine zarar verecek nitelikte olan atıklar alıcı suya verilemez.

C- Renk: Gün ışığının en az % 10’ unun 5 m. derinliğe geçmesine mani olan atıklar alıcı suya verilemez.

D- Bulanıklık: Karıştığı soğuk göllerin berraklığını 10 Jackson, sıcak göllerin 25 Jackson, soğuk akarsuların 10 Jackson, ve sıcak akarsuların ise 50 Jackson bulanıklık değerinden daha fazla değiştiren atıklar alıcı suya verilemez.

E- pH: Alıcı suyun pH değerini 6.5 – 8.5 değerleri dışına çıkaran atıklar alıcı suya verilemez.

F- Oksijen: Alıcı suyun çözünmüş oksijen miktarını 6.0 mg/L'den aşağı düşüren atıklar alıcı suya verilemez.

G- Askıda katı madde: Alıcı suyun askıda katı madde miktarını 30 mg/L'den daha yüksek değere çıkaran atıklar alıcı suya verilemez.

H- Çamur: İşletme faaliyeti sonucu ve arıtma işleminden sonra oluşan çamur alıcı suya verilemez.”

Tablo 2.16 Alıcı ortama ait kabul edilebilir değerler (Anonim 1995)

Kimyasal maddenin adı	Kabul edilebilir (Tolere) değer mg/L
2- Amonyum iyonu	0.02
49- Fosfat iyonları	15.0
55- Karbondioksit (Serbest)	5.0
56- Karbonmonoksit	0.01
80- Nitrat iyonları	4.2
81- Nitrik asit	0.01
82- Nitrit iyonları	10.0
108- Üre	17.1

2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayalı 31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 31. maddesi, su ürünleri yetiştiriciliği (tarla balıkçılığı) ile su ürünleri değerlendirme kuruluşlarını gıda sanayi sektörü kapsamında değerlendirmektedir. Gıda sanayi atık sularının (tarla balıkçılığı ve su ürünleri değerlendirme) alıcı ortama deşarj standartları Tablo 2.17 ve Tablo 2.18'de sunulmuştur.

Tablo 2.17 Gıda sanayi (Tarla Balıkçılığı) atık sularının alıcı ortam deşarjı
(Anonim 2004b)

Parametre	Birim	Kompozit numune 2 saatlik	Kompozit numune 24 saatlik
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	(mg/L)	50	30

Tablo 2.18 Gıda Sanayi (Su Ürünleri Değerlendirme) atık sularının alıcı ortam deşarjı
(Anonim 2004b)

Parametre	Birim	Kompozit numune 2 saatlik	Kompozit numune 24 saatlik
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	(mg/L)	300	250
Yağ ve gres	(mg/L)	30	20
pH	-	6-9	6-9

Su Çerçeve Direktifi (SÇD), balık sularını da içeren tüm suları kapsadığı için Avrupa Birliği Komisyonu su sınıflandırmasını içeren tüm ilgili bilgilerin önceden belirlenen şekilde SÇD altında raporlanmasını beklemektedir (<http://rod.eionet.europa.eu/obligations/582>, 27.08.2010).

Avrupa Paramentosu ve Konseyi'nin 6 Eylül 2006 yılında 2006/44/EC sayılı "Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik" henüz ülkemizce onaylanmamış olmakla beraber, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü'nce uyumlaştırma çalışmalarına devam edilmektedir. Bu yönetmelik evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlarla kirlenen suları atık su olarak değerlendirmekte ve tüm içsuları alabalıkgiller ve sazangillerin yaşayabileceği ortam olarak ikiye ayırmaktadır. Söz konusu taslak yönetmelik hükümleri, su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılan doğal veya suni balık havuzundaki suları kapsamamaktadır. Tablo 2.19'da alabalıkgiller sularına ilişkin bazı parametrelerin hedef ve zorunlu değerler gösterilmektedir (Anonim 2010b).

Tablo 2.19 Alabalıkgiller suları için bazı parametrelerin hedef ve zorunlu değerleri
(Anonim 2010b)

Parametre	Hedef değerler	Zorunlu değerler
Sıcaklık (°C)		1,5 °C Termal deşarjdan dolayı
		21,5 °C 10.0 °C (üreme mevsimi için maks.)
Çözünmüş oksijen (mg/L O ₂)	%50 ≥ 9 %100 ≥ 7	%50 ≥ 9 Oksijen düzeyi 6 mg/L'nin altına düştüğü zaman ilgili maddeye göre önlem alınmalı.
pH		6.0 – 9.0
Askıda katı madde (mg/L)	≤ 25	≤ 25
BOI ₅ (mg/L)	≤ 3	≤ 4
Toplam fosfor (mg/L P)		≤ 0.02
Nitrit (mg/L NO ₂)	≤ 0.01	
İyonize olmamış amonyak (mg/L NH ₃)	≤ 0.005	≤ 0.025
Toplam amonyum (mg/L NH ₄)	≤ 0.04	≤ 1

2.5 Gökkuşağı Alabalığı İşletmeleri Çıkış Suları Yönetimine İlişkin Bildiriler

- Çöktürme tank ve havuzları

Akar-su üzerinde kurulu işletmelerde kanallar, yetiştiricilik süresince durmaksızın suyu boşalttığı için balık üretiminden kaynaklanan katılar ve besin elementleri çıkış suları ile doğrudan dışarıya verilmektedir (Fornshell 2001). Yetiştiricilik kaynaklı atıklar; çözünebilir besin elementleri ve biyokatılardan oluşmaktadır. Biyokatılar yenilmemiş yem ve dışkılarından kaynaklanırken besin maddeleri; balık boşaltım ve biyokatılardaki besin elementlerinin erimesiyle meydana gelmektedir (Anonymous 2009).

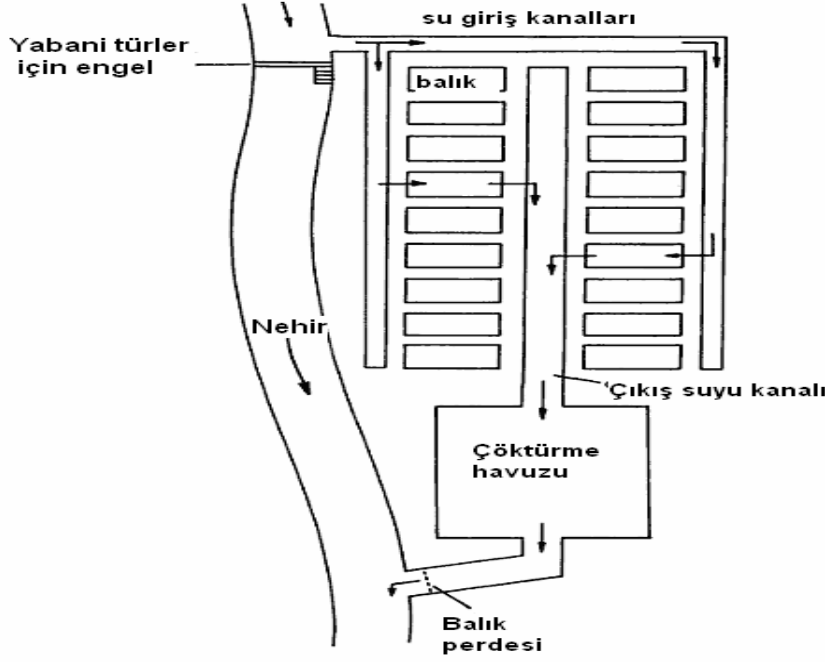
Balık dışkısı, mukusla beraber yemin sindirilmemiş kısmını, bağırsak hücreleri döküntülerini ve bakterileri içerdiğinden toksik düzeyde metabolik atıktır ve yüksek derecede oksijen-azaltıcıdır (Malison ve Hartleb 2005). Atık yem ise, akar-su sistemlerinde yetiştiricilik uygulamalarından kaynaklanan askıdaki katıların temel ögesidir (Anonymous 2006b).

Katıların fiziksel özellikleri onların parçalanmamasını sağlamakta, bu durum onların su ortamından uzaklaştırılmasına ihtiyaç göstermektedir. Etkili katı atık yönetiminin anahtarı, katıların tekrar dağılımlarına yol açmaksızın olabildiğince hızlı bir şekilde çöktürme alanlarından uzaklaştırılmasıdır. Katı partiküllerin çökmelerinin engellenmesi ve besin elementi sızmaları partiküllerin erimelerini hızlandırır (Anonymous 2009).

Yetiştiricilikten kaynaklanan mevcut katı atıklar, bir arıtım biriminin (durgun çöktürme havuzları, devamlı-akışlı çöktürme havuzları, uzun-sürekli çöktürme havuzları, yatık çöktürücüler (tüp veya dönen seperatörler), mikrofiltrer ve granüler medya filtreler (bilye veya toprak filtreler) kullanılmasıyla tank çıkış suyundan uzaklaştırılabilir. Geleneksel sedimentasyon işlemi 40-100 µm'den daha büyük katıların uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Tane boy dağılımı ve katıların konsantrasyonlarına bağlı olarak geleneksel sedimentasyon süreci, tipik olarak arıtılmış akışta katıların %30-80'inini uzaklaştırabilmektedir (Anonymous 2006b).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde atıksu arıtım metodlarından birisi, prosesin basitliği ve yapılabilirliği açısından çöktürmedir. Çöktürme, akar-sularda salmonid üretimi ile soğuk su ve ılıksu balıkları resirkülasyon sistemleri, kedi balığı ve karideslerin havuzlarda yetiştiriciliği gibi tüm su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinde kullanılmaktadır (Sindilariu 2007).

Naylor vd. (1999)'a göre su ürünleri işletmelerinin çıkış sularındaki fosforun, organik maddenin ve balık kaynaklı ortama bırakılan azotun, çökebilen katı fraksiyonda iken çökertilerek uzaklaştırılmaları mümkün olduğundan çöktürme, işletmelerin atık yükünü azaltmada etkin bir yöntemdir (Şekil 2.1) (Midlen and Redding 1998).



Şekil 2.1 Karada kurulu işletmeler için çöktürme havuzu (Middlen and Redding 1998)

Karada kurulu alabalık işletmeleri çıkış suyu arıtım metotlarında bir sıra söz konusudur. İlki çıkış suyundan çöktürülebilir taneciklerin uzaklaştırılması, ikincisi ise çöktürülemeyen ve çözünmüş besin maddeleri gibi diğer bileşenlerden uzaklaştırmadır. Yetiştiricilik kaynaklı katıların sedimentasyon dinamiklerinin anlaşılması, ilk arıtım stratejileri açısından yol göstericidir (Wong ve Piedrahita 2000).

Chesness vd. (1975) tarafından bildirildiğine göre, bir kanalda meydana gelen sedimentasyon şekli tanelerin konsantrasyonlarına ve birbirleriyle olan etkileşimlerine bağlıdır. Yetiştiricilik atıklarının düşük tane konsantrasyonları (ön arıtım yapılmamış) genellikle birbirleriyle etkileşim olmaksızın ayrı bir şekilde çöker. Bergheim vd.'un (1998) da belirttikleri gibi yalnızca yoğunlaştırma öncesinde yetiştiricilikte arta kalan su ve topaklaşmış çamur veya alıkoyma çökmesine benzer. Topaklaşma prosesleri (atık taneciklerin kombinasyonu) hem doğal çarpışma hem de çekme gücüyle artan tane boyu ve çökme hızıyla çökmeye yardımcı olabilir (Cripps and Bergheim 2000).

Hinshaw ve Fornshell'e göre, kanallarda yapılan yetiştiricilikte, katıların çökmesine yönelik üç (3) tip sedimentasyon bölgesi vardır:

- 1) Durgun bölge çöktürme havuzu
- 2) Devamlı-akışlı çöktürme havuzu
- 3) Uzun-süreli çöktürme havuzu (Stewart vd. 2006).

İşleyen tüm çöktürme havuzları; giriş bölümü, çöktürme bölümü, sulu çamur bölümü ve çıkış bölümüne sahiptir (Şekil 2.2). Her bölümün farklı bir özelliği bulunmaktadır. Giriş bölümü akışı havuzun alanına paylaştırır. Çöktürme bölgesinde sedimentasyon gerçekleşir ve katılar su sütunundan ayrıldığında sulu çamur bölümünde toplanırlar. Çıkış bölümü ise arıtılmış sıvıyı tahliye eder (Fornshell 2001).



Şekil 2.2 Çöktürme havuzunun fonksiyonel bölgeleri (Fornshell 2001).

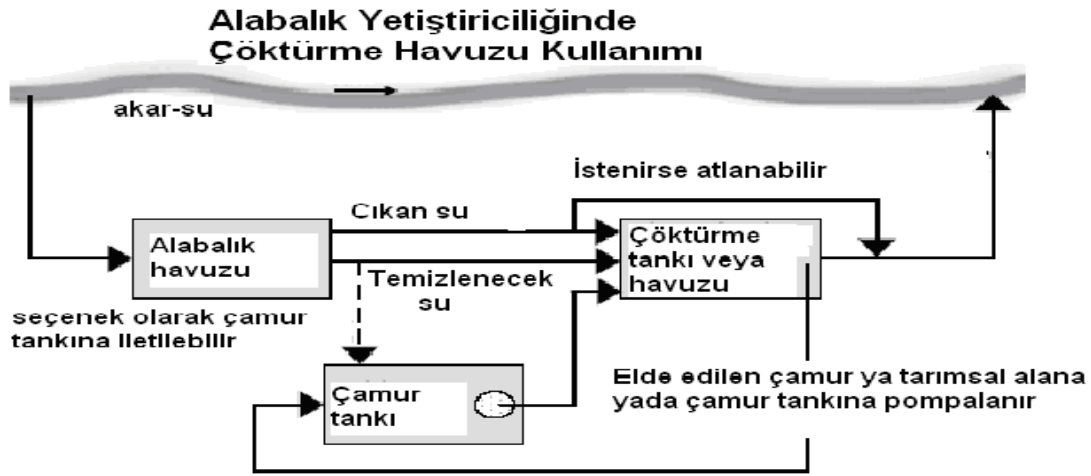
Güney Idaho'daki akar-su sistemli balık üretme işletmelerinin çıkış suyunun arıtılmasında çöktürme kullanılmaktadır. Katı atıklar öncelikle kanalın akış yönündeki balıksız durgun bölgelerde çöktürülürler. Bu katı maddeler araziye bırakılmadan önce yoğunlaştırılmaları için daha uzakta bulunan bir çöktürme havzasına aktarılır (Şekil 2.3). Bu atık arıtım sistemini kullanan tesislerde iki farklı deşarj kanalı vardır: ana deşarj kanalı ve uzun-süreli çöktürme havuzuna ait deşarj kanalı. Ana deşarj kanalı debisi işletmenin toplam debisinin % 85 - %99'udur ve 0,1 mg/L'den daha az toplam fosfor ve 5 mg/L'den daha az askıda katı madde konsantrasyonu ile karakterize edilir. Uzun süreli çöktürme havuzu deşarj kanalı ise, debisi durgun bölgelerdeki temizleme işleminden gelip uzun-süreli çöktürme havuzuna gelen taşkın sularından oluşur ve toplam debinin kalan % 1 ile % 15'ini oluşturur. İkinci çöktürme havuzu deşarj kanalında, askıda katı madde 100 mg/L'den az, toplam fosfor konsantrasyonu ise 1-30 mg/L arasındadır ve ana kanaldaki suyla birlikte deşarj edilmektedir. Ana deşarj kanalı

debisindeki düşük konsantrasyonlara karşın toplam deşarj edilen fosforun % 85'i bu akışla ilgilidir (True vd. 2004).



Şekil 2.3 Kanal/çöktürme havuzu kombinasyonu (Malison and Hartleb 2005).

Avusturya'da kullanılan çöktürme havuzlarının işleyiş şekli, Şekil 2.4'da gösterilmektedir (Schotzko 2009).



Şekil 2.4 Avusturya'da çöktürme havuzlarının işleyiş şekli (Schotzko 2009).

- Filtre sistemleri ve eleklerin kullanımı

Bergheim ve Cripps tarafından bildirildiğine göre, Norveç’ te 250-120 mikron’ luk filtreler kullanılarak işletmelerin çıkış sularında bulunan askıda katı madde % 16-94 oranında uzaklaştırılmıştır (Anonim 2003).

Almanya’daki bazı işletmelerde deşarj standartlarını sağlamak için mekanik arıtma sistemleri kullanılmaktadır. İşletmelerde atık su arıtımı için sadece çöktürme ya da filtre gibi mekanik araçlar kullanılmaktadır. Filtre edilen parçacıkları aralıklı olarak geri yıkayan disk ve döner fiçili filtreler çalıştırılmaktadır. Elek delik büyüklükleri 60-100 µm arasındadır. Eleklerin verimi oldukça değişkendir. Üretilen çamur inceltir ve tanklarda ya da havuzlarda depolanır ve tarımda gübre olarak kullanılır (Bergheim ve Brinker 2003).

Alabalık işletmelerinin çıkış suları hububat veya mera alanlarında kullanılabilir. Bazı araştırmacılara göre alabalık işletmelerindeki mikroeleklerin geri yıkanmasıyla ortaya çıkan kalınlaşmış çamur ve kalınlaşmış çökelti çamuru tarımsal gübre olarak kullanılabilir. Bu çamur patates ve meralara uygulandığında, gübre kullanılmayan uygulamalara göre daha yüksek verim elde edilirken, inorganik gübre kullanılan uygulamalarla benzer verimlilik göstermiştir. Ancak akar-su alabalık üretiminin birincil atık sularının araziye uygulanması uygun değildir. Kalınlaşmış alabalık çamurunun arazi üzerinde kullanılması orta Avrupa’da yaygındır (Sindilariu 2007). Farklı araştırmacıların Almanya’ daki alabalık işletmelerinin atık sularında yaptığı çalışmalar sonucunda elde edilen askıda katı madde, toplam fosfor, toplam azot ve biyokimyasal oksijen ihtiyacına ait elek ile azaltılma yüzdeleri görülmektedir (Tablo 2.20).

Tablo 2.20 Alabalık işletmelerinin atık sularındaki katı maddelerin, besinlerin ve sindirilebilir organik maddelerin elek ile azaltılma yüzdeleri (Bergheim and Brinker 2003)

Kaynak	Askıda katı madde	Toplam fosfor	Toplam azot	BOİ ₅
Wedekind (1996)	76-96	10-15	5-9	0-35
Eichholz (1997)	6-100	6-79	0-28	0-49
Rösch (2000)	50-95	30-60	Veri yok	0-20

Schulz vd.'a (2004) göre, mikroelekler atık suları temizlemek için katı maddelerin mekanik ayrıştırılmasına dayalı olarak besin yükünü azaltabilir. Mikroeleklerin işleme kapasitesi, atık su besinlerinin konsantrasyonlarına ve mikroeleklerin ağ gözünün büyüklüğüne bağlıdır.

Cripps (1995) ve Brinker vd.'e (2005) göre, mikroelekler taneciklerin mekanik olarak elenmesini gerçekleştirirler. Brinker ve Rösch (2005), arıtma verimliliğinin kullanılan eleğin gözenek büyüklüğüne, çıkış suyu özelliklerine, bilhassa tanecik boyu dağılımına, filtreye giren katı maddelerin konsantrasyonuna ve geri yıkama memesindeki akışın basıncına bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar askıda katı maddelerin uzaklaştırılma verimliliklerini % 99.5'a varan değerlerde tespit etmişlerdir (Sindilariu 2007).

Schulz vd. (2004) tarafından bildirildiğine göre, araştırmacılar mikroeleklerin ayırma verimliliğini katı maddeler için % 50-74, toplam azot için % 10-43 ve toplam fosfor için % 49-63 olarak tespit etmişlerdir.

- Kritik kontrol noktalarının belirlenmesi

Boyd (2003) tarafından bildirildiğine göre, son yıllarda uluslar arası gelişme organizasyonları, sanayi grupları, bir araştırma merkezi ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir devlet kurumunu da kapsayan birkaç organizasyon daha çevresel bazlı havuzlarda balık yetiştiriciliği yapmak için "En İyi Yönetim Çalışma Planı"nı önermektedirler.

MacMillan'a (2003) göre, akar-su sistemleri için bilinen atık yönetimi unsurlarının "En İyi Yönetim Çalışmasında ve Standart Operasyon Planında" ne şekilde yer alacağı önemlidir. "En İyi Yönetim Çalışma Planı" pratik olmalı, maddi kazanç sağlamalı, işletmeye uygulanabilir olmalı ve sonuçlara olumlu etki yapabilmelidir. En İyi Yönetim Çalışması Planı her işletme için özel hazırlanmış fakat hepsinde de aynı çözümsel işlemler kullanılmıştır. Bu unsurlar sadece atık kontrolü için değil aynı zamanda "Uluslararası Kirlilik Yok Etme Sistemi" izinlerine uyum için de önemlidir. Bu bağlamda, akar-su sistemleri için dokuz kritik kontrol noktası tanımlanmıştır. Bu noktalar; giriş suyu kalitesinin izleme, kanala giren suyun debi kontrolü, yem ve yemleme, balık sağlığı, ölü bölge tespiti, atık yönetimi, çıkış suyu kalitesi izleme, çöktürme havuzu ve bu konularda personelin eğitimidir.

- İşletmeler arası mesafe

Midlen ve Redding (1998) tarafından bildirildiğine göre, çevre açısından en büyük sorun balık işletmelerinin belirli bir bölgede yoğunlaşmasıdır. Tek bir işletmenin çıkış suyu ekosistem açısından olumsuz bir sonuca yol açmazken, aynı bölgede lokalize olmuş işletmelerin etkileri birbirine eklenerek ekosisteme zarar verebilmektedir.

Çelikkale vd. (1999), Türkiye’ de balık işletmeleri arasındaki mesafeye ilişkin bir standart olmadığını ve aynı akarsu üzerinde birkaç işletmenin faaliyet gösterebildiğini belirtmiştir. Araştırmacılar buna örnek olarak Trabzon ile Maçka-Meryemana Deresi üzerindeki faaliyet gösteren işletmeler arasında 50-200 m mesafe bulunduğunu bildirmektedirler. Bu uygulamanın sakıncaları; hastalıkların bulaşma riskinin artması, işletmelerin kapasite artırımı olanaklarının ortadan kalkması ve alıcı ortamın aşırı şekilde kirlenmesi olarak dile getirilmekte ve iki balık işletmesi arasındaki mesafenin 1.0-8.0 km olmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

29/06/2004 tarihli ve 25507 sayılı Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği’nin 5. maddesi Tesislerin Kurulma Yerleri ve Aranacak Şartlarla ilgilidir ve su ürünleri yetiştiriciliği amacıyla kurulacak tesis yerlerine ilişkin genel hususlar aşağıda belirtilmiştir:

a) Karada üzerinde bir veya daha fazla tesis bulunan ve bir tesisten çıkan suyun diğer tesisler tarafından kullandığı su kaynakları üzerinde yeni bir tesisin kurulabilmesi için, suyun miktar ve kalite açısından yeterliliğinin ve yeni tesisin diğer tesisleri olumsuz yönde etkilemeyeceğinin, su ürünleri konusunda eğitim veren fakülteler veya su ürünleri araştırma enstitüleri veya su ürünleri ile ilgili enstitüler tarafından düzenlenecek rapor ile tespit edilmesi gerekir. Düzenlenen raporun uygun bulunması halinde, talep il tarım müdürlüğünün uygun görüşü ile birlikte Tarım Bakanlığı Merkez Teşkilatına iletilir ve su kaynağı üzerinde yeni tesisin kurulup kurulmayacağına karar verilir. Ancak, gerekli görülmesi halinde Komisyon marifetiyle, konunun yeniden incelenmesi sağlanarak hazırlanacak rapora göre karar verilir (Değişik: 30.05.2009-27243 2. Madde)

b) Karada kurulacak yetiştiricilik tesislerinde, tesislerin hijyenik açıdan birbirini menfi yönde etkilemesinin söz konusu olmadığı durumlarda (kullanılacak suyun ayrı bir kaynaktan sağlanması veya aynı su kaynağından ayrı bir kanalla alınması), su debisinin tesisler için yeterli miktarda olması halinde tesisler arasında mesafe şartı aranmaz.

c) İç su kaynaklarının verimli kullanılması amacıyla, 100 L/sn ve daha az debiye sahip su kaynakları üzerinde kurulacak tesislerde, bu kaynağın tamamını üretimde kullanabilecek üretim kapasitesine sahip olması gerekir. 100 L/sn'den büyük debiye sahip su kaynakları üzerinde 25 ton/yıl'dan daha az kapasitede işletme kurulamaz. Ancak, kurulacak tesis için öngörülen yeterli alan bulmanın mümkün olmadığı bölgelerde, il tarım müdürlüğünün bu yönde görüş bildirmesi halinde bu şart aranmaz. (Değişik: 15/10/2005 -25967 1. Madde) denmektedir (Anonim 2004a).

- Yapay sulak alanlar

Comeau vd. (2001) tarafından bildirildiğine göre; ekolojik olarak cazip ve ekonomik bir metot olan yapay sulak alanlar, balık işletmelerinin çıkış sularındaki katıların ve fosforun azaltılmasında etkili bir yöntemdir.

Su ürünleri işletmelerinin atık yönetimi modellerinden biri olan yapay sulak alanlarda, işletmelerin çıkış suyundaki besin elementleri bitkiler tarafından kullanılır ve ek bir enerjiye gereksinim duymadıkları için diğer atık uzaklaştırma yöntemlerine göre eğer işletmeye yakın ve ucuz arazi var ise daha ekonomiktirler. Ancak işletme çıkış sularının bu sulak alanlara verilmeden önce birincil bir çöktürme sisteminden geçirilmeleri gerekmektedir. Yükleme oranı 30 kg/m²/yıl olduğunda yapay sulak alanların askıda katı maddenin % 95' ini, azotun % 80' ini ve fosforun ise % 90' ını uzaklaştırdığı saptanmıştır. Yapay sulak alan modelinin çöktürme havuzları ve filtre yöntemlerine göre en büyük dezavantajları geniş araziye gereksinim duymaları ve ikincil bir atık uzaklaştırma yöntemi olmalarıdır (Miller ve Semmens 2002).

Schulz vd. (2004) tarafından bildirildiğine göre akar-su sistemli alabalık işletmelerinin çıkış sularındaki besinlerin ayrıştırılması, her biri 350 m² lik, 3.5, 5.5 ve 11 saatlik hidrolik su tutma sürelerine sahip serbest su yüzey alanı olan üç tane yapay sulak alanda incelenmiştir.

Askıda katıların % 67-72' si, kimyasal oksijen ihtiyacının % 30-31' i, toplam fosforun % 41-53'ü, toplam amonyak azotunun % 41-60'ı ve toplam azotun % 19-30'u azaltılmıştır. Araştırma sonucunda sulak alanlar arasında atık sulardaki sadece azot parametrelerinde önemli derecede düşük denilebilecek besin konsantrasyonu bulunmuştur. Toplam azot ve amonyak konsantrasyonları, 5.5 ve 11 saatlik hidrolik su tutma süresi olan sulak alanlar ile 3.5 saat hidrolik su tutma süresi olan alanla karşılaştırıldığında daha düşüktür. Serbest su yüzey sistemlerinin performansı, akar-su sistemlerinin temizlenmesinde kullanılan mikroelek ve çöktürme havuzunun performansına benzer veya daha yüksektir.

Sindilariu (2007) tarafından bildirildiğine göre, yüzey akış yapısındaki yapay sulak alanlar ve su altı akışlı yapıdaki yapay sulak alanlarda çıkış suyu arıtımında makrofitler kullanılmıştır. Birçok araştırmacıya göre makrofitler besinleri uzaklaştırır, akımları azaltır, katı madde çökmesini artırır ve mikrobiyal biyofilmler için bir ek gelişim yüzeyidirler. Mayer (1995), sadece alabalık çıkış sularında yetişen ve insan tüketimi için hasat edilen su teresi (*Nasturium officinale*) akar-su sistemli tesislerde uygulamıştır. Araştırmacılara göre çok kirli ikincil atıkları arıtan sulak alanlar en yüksek verimliliğe ulaşarak, toplam amonyak azotu için % 75, Kjeldal azotu için % 89, ortofosfat için % 93, toplam fosfat için % 82-90, biyokimyasal oksijen ihtiyacı için % 81 ve askıda katı madde için % 91-97' lik arıtma verimliliği sağlamıştır. Birincil atıkları işleyen sulak alanlar ise daha düşük verimliliğe ulaşarak toplam amonyak azotu için % 50-87, toplam azot için % 4-26, ortofosfat için % 24-13, toplam fosfat için % 39-68, biyokimyasal oksijen ihtiyacı için % 37-49 ve toplam askıda katı madde için % 35-97' lik arıtma verimliliği sağlamıştır.

Schulz vd.'a (2004) göre sulak alanlarda arıtmaya yardımcı olmak üzere doğal olarak yetişen bitki toplulukları, çoğunlukla da kamışlar uygulanılmaktadır.

Tocchetto vd. (2005) tarafından Sile akarsuyu doğal parkı içinde iki farklı işletmeden akan çıkış suyunu arıtmak için yapay sulakların kurulu olduğu alanda farklı çözümleri değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada yüzer bitki sistemleri olarak su sümbülü (*Heichornia crassipes*) ve vetiver (*Vetiveria zizaniodes*) kullanılmıştır. Su örnekleri yüzücü yapılar kurulmadan önce ve sonra aylık olarak alınmıştır. Çalışmanın sonucunda her iki sistem de yüklerin azaltımında iyi performans göstermiştir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı,

kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam azot, nitrit azotu ve toplam fosfor için arıtma verimlilikleri % 22 ile % 77 arasında tespit edilmiştir ([http:// www.vetiver.org](http://www.vetiver.org), 2007).

- Mekanik sedimantasyon ve biyolojik arıtımın birlikte kullanıldığı havuzlar

Akar-su sistemli işletmelerde mekanik sedimantasyon ve biyolojik arıtımın birlikte kullanıldığı havuzlar, biyolojik arıtmalı mekanik çöktürmeyi kombine etmektedir. Biyolojik arıtmanın miktarı, devir oranına ve havuzdaki mikrobiyal aktif yüzey alanına bağlıdır. Brinker vd.'e (2007) göre, mikro-filtreden geçen alabalık işletmesi çıkış suyunu alan mekanik sedimantasyon ve biyolojik arıtımın birlikte kullanıldığı havuzlar için yetiştirme mevsimindeki arıtma verimlilikleri, askıda katı madde için % 54, toplam fosfor için % 35 olmuştur. Havuzda çözünebilir besin yıkanmasının hiç gözlenmeyişi, bitkilerin ve mikroorganizmaların bunları kullanmasından kaynaklanmaktadır. Bazı araştırmacılara göre alıcı ortama boşaltılmadan önce, zaten 80 µm' de mekanik olarak elenerek alabalık kanallarından çıkan suyun geçirildiği bu havuzlar, arıtma verimliliği üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Bu havuzların su tutma süresi 10-11 °C su sıcaklığında yaklaşık 3 saat olmuştur ve çöktürme sayesinde askıda katı maddeyi 3.2' den 1.5 mg/L' ye düşürmüştür (Sindilariu 2007).

- Yapay kanalların kullanımı

Su ürünleri işletmeleri çıkış suyunu arıtmak için akarsuların doğal temizleme özelliğinden yararlanacak biçimde yapay kanallar uygulanmıştır. Yapay kanallarda (1) fiziksel çöktürme ve tanecikli besinlerin elenmesi ve (2) askıdaki tanecikli ve çözünmüş besinlerin kimyasal ve biyolojik pıhtılaşma, topaklanma, soğurma, şekil değiştirme ve tüketim işlemleri gerçekleşmektedir. Araştırmacılar alabalık yetiştiriciliği çıkış suyu arıtmasında, morfolojik şartların ve mekan şartlarının mekanik sedimantasyon ve biyolojik arıtımın birlikte kullanıldığı havuzlar veya yüzey akış yapısındaki yapay sulak alanların inşaatına uygun olmadığı durumlarda, yapay kanalların uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Bu tür arıtmada akarsuların temizleme yeteneğinin abartılmaması önemlidir. Wolf vd.'e (1989) göre akarsuların denitrifikasyon performansı yaklaşık 0.2 g N/m²/gün' dür (Sindilariu 2007).

- Kaliteli yem ve ilaç kullanımı

Su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetleri sonucu ortaya çıkan metabolik atıklar, askıda ve çözünmüş halde bulunur. Yetiştiricilik sistemlerinin atık yükünü, kullanılan yem miktarı belirlemektedir. İyi yönetilen bir işletmede kullanılan yemin % 30' u katı atığa dönüşür. Su sıcaklığı artışına paralel olarak yemleme oranı artacağından, yaz aylarında işletmelerin alıcı ortama bıraktıkları katı atık yükünde artışlar meydana gelmektedir (Miller ve Semmens 2002).

Yüksek oranda yağ ve daha düşük oranda protein içeren yüksek enerjili ekstrude yemlerin geliştirilmesi ve kullanılması su ürünleri işletmelerinin çıkış sularının kalitesini olumlu yönde etkilemiştir. Bu yemler, protein katabolizmasını azaltması, nişasta sindirilebilirliği, anti besleyicilerin ve patojenlerin yok edilmesi, diyetin fiziksel özelliklerini artırması ve balıkların yüksek proteinden yararlanma etkinliğini mümkün kılmıştır (Midlen ve Redding 1998, Şener vd. 2000).

Eylül 1997- Nisan 1998 tarihleri arasında standart alabalık yetiştirme havuzları ile yüksek enerjili yemlerin kullanıldığı yetiştirme havuzlarının çıkış sularını karşılaştıran bir araştırma yapılmıştır. İki farklı çıkış suyunun askıda katı madde seviyeleri karşılaştırıldığında yüksek enerjili yemlerin kullanıldığı yetiştirme havuzlarından yapılan deşarjların, standart alabalık yetiştirme havuzlarından yapılan deşarjlardan daha düşük konsantrasyonlara sahip olduğu görülmüştür. Standart yetiştirme havuzu çıkış suyunda askıda katı madde düzeyi ortalama 5.0 ± 4.5 mg/L iken, yüksek enerjili yem kullanılan yetiştirme havuzu çıkış suyunda 1.8 ± 2.2 mg/L'ye ulaşmıştır. Standart yetiştirme havuzunda toplam Kjeldahl azotu ortalama 3.2 ± 1.8 mg/L, yüksek enerjili yem kullanılan yetiştirme havuzunun çıkış suyunda ise 3.8 ± 3.0 mg/L olarak daha yüksek tespit edilmiştir (<http://scholar.lib.vt.edu.>, 2007).

Iversen (1995), Danimarka'daki alabalık yetiştiriciliğinin dünyada en sıkı düzenlemelere sahip sektörlerin başında geldiğini vurgulamış ve her işletmenin yılda kullanabileceği yem miktarı ve alıcı ortama bırakabileceği azot miktarının sınırlandırıldığını belirtmiştir.

Cho ve Bureau (2001), su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla, yetiştiricilikten kaynaklanan atıkları azaltmada önemli girişimler yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre, çoğu yetiştiricilik atıkları yem orjinli olup atıkların azaltılması yem formülasyonları ve besleme stratejilerinin geliştirilmesi ile bağlantılıdır. Daha az katı atık içeren yemlerin üretimindeki ilk adım düşük olarak sindirilen yem bileşenlerini (ingredient) elimine etmek ve iyi bağlayıcı özellikli sindirimi yüksek bileşenleri kullanmaktır. Katı atıkların azaltılması işlemi, sindirilebilirliği iyileştirmek amacıyla paralel olup dikkatli ingredient seçimi ve yemin besin elementi dengesi ile ilişkilidir. Azotlu atıkların minimuma indirgenmesi, yemdeki sindirilebilir proteinin sindirilebilir enerjiye dönüşüm oranının düşürülmesi ile azaltılabilir. Fosforlu atıklar ise yem bileşenlerinin dikkatli seçiminin yanı sıra yemde balığın gereksinimini karşılayacak düzeyde sindirilebilir fosfor içeriğinin optimizasyonu ile azaltılabilir.

Green vd. (2000a), tanklardaki gökkuşağı alabalıklarını (*Oncorhynchus mykiss*) fosfor düzeyi 14 g/kg'dan 8 g/kg'a kadar azalan farklı rasyonlarla, 40 gramdan 250 gram oluncaya kadar beslemişler, buna bağlı olarak askıda ve çözünmüş fosfor atığında belirgin azalmalar saptamışlardır. Denemede yem değerlendirme oranı 0.99 ile 1.13 arasında değişmiş, bir ton alabalık üretimi için ortama bırakılan azot ve fosfor yükü ticari yemle beslenen grupta 9.65 kg fosfor ve 49.3 kg azot, deneysel yemle beslenen grupta bu miktar 4.07 kg fosfor ve 36.6 kg azot olmuştur.

Karada kurulu ticari bir alabalık işletmesinde yürütülen 8 haftalık bir besleme denemesinde ise, başlangıç ağırlığı 99 gram olan gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) fosfor ve azottan yararlanma etkinliği üzerinde yemdeki yağ ve fosfor düzeylerinin etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla düşük fosfor-yüksek yağ içeren deneme rasyonu ile yaygın olarak kullanılan ticari alabalık yemi karşılaştırılmıştır. Araştırma, ticari yeme göre deneme rasyonu ile beslenen gruplarda, önemli derecede iyi yem değerlendirme oranı, artan azot ve fosfor tutulumu ve düşük çözünmüş, katı ve toplam fosfor atığı (g/kg kuru yem) ile sonuçlanmıştır. Fosfor içeriği 14 ve 8 (g/kg kuru yem) olan yemlerle beslenen gruplarda sırasıyla % 31.4 ve 50.5 oranında fosfor tutulumu görülürken, % 43.2 ve 42.4 oranında azot tutulumu görülmüştür. Bu gruplarda yem değerlendirme oranı sırasıyla 1.12 ve 1.11 olarak

hesaplanmış, 1 ton alabalık üretimi içinse sırasıyla 8.99 ve 3.80 kg fosfor, 37.2 ve 38.3 kg azot yükü hesaplanmıştır (Green vd. 2000b).

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) rasyonlarında protein düzeyini ve tanklardan çıkan atık sudaki amonyak-azotu ve çözünebilir fosforu azaltmak amacıyla, lysine ilaveli yemlerle bir besleme denemesi yapılmıştır. Lysine ilaveli ve %37 ham protein içeren yemlerle beslenen gökkuşığı alabalıklarının tank atık sularındaki amonyak-azotu ve çözünmüş fosfor düzeyleri, % 37 ve % 42 balık unu içeren yemlerle beslenen kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur (Cheng vd. 2003).

Satoh vd. (2003), tanklarda gökkuşığı alabalıklarını (*Oncorhynchus mykiss*), düşük oranda (% 20) balık unu ve düşük fosfor içerikli deneme yemi ile % 20 soya unu, % 25 mısır gluten unu ve % 5 kan unu içeren ticari yemle beslemişlerdir. İki farklı yemi dikkate alarak fosforun balık etinde tutulma oranı ve ortama bırakılan fosfor yükünü karşılaştırmışlardır. Alınan sonuçlarda spesifik büyüme oranı ve yem değerlendirme oranında bir farklılık görülmezken, deneme yemiyle beslenen alabalıklarda fosfor tutulma oranı daha yüksek (% 35.9), ortama bırakılan fosfor yükü ise daha düşük (7.8 kg/ton) bulunmuştur.

Diler vd. (2007) tarafından, balık unu yerine soya unu kullanılan gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yemlerine bazı ticari enzimlerin ilavesinin büyüme, yemden yararlanma ve azot-fosfor kirliliğinin tespiti amacıyla 13 haftalık bir çalışma yapılmıştır. Proteaz (P) ve fitaz (F) deneme gruplarında kontrol grubuna (K0) göre tüm besinsel parametreler (spesifik büyüme oranı, yemden yararlanma, kondüsyon faktörü) bakımından iyileşmeler gözlenmiştir. Alabalık deneme gruplarında azottan yararlanma oranı en iyi % 46.71 ile proteaz (P) ve en düşük % 28.83 kontrol (K0) grubunda, fosfordan yararlanma en yüksek % 68.74 ile fitaz ve en düşük % 46.12 ile kontrol grubunda elde edilmiştir (p<0.05).

- Çıkış suyu arıtımında kimyasal maddelerin eklenmesi yöntemi

Sindilariu (2007) tarafından bildirildiğine göre alabalık işletmesinin çıkış suyunun arıtımında; 1) kimyasal pıhtılaşma ve topaklanma, 2) kimyasal çöktürme kullanılmıştır. Araştırmacılar

mikroelek geri yıkama çamuru veya çöktürme çamurunu daha da kalınlaştırmak ve suyunu çekertmek için ikincil arıtımında kimyasal madde kullanımının ekonomik olarak yapılabildiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, kimyasal madde kullanımının askıda kalan katı maddelerin azaltılmasında % 99 oranında, fosfat uzaklaştırması içinse % 97 oranında etkili olduğunu belirtmişlerdir. Çöktürme işleminde Al^{+3} ve Fe^{+3} tuzlarından $Al_2(SO_4)_3$ ve demir klorid ($FeCl_3$) kullanılmaktadır, eğer pıhtılaşma/topaklanma katkıları uygulanırsa, kullanılan kimyasal maddelerin özellikle alüminyum ihtiva eden malzemelerin, potansiyel balık toksisitesinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

- Ultraviyole/Ozonlama Yöntemi

Çıkış suyunun dezenfeksiyonunda ultraviyole ışınları kullanılmaktadır. Virüsler de dahil çoğu patojen düşük seviyede ışınlama ile öldürülebilir. Etkili bir ultraviyole arındırması için katı maddeler ortamdan çıkarılmalıdır. Ultraviyole sistemler düşük bakım maliyeti gerektirir ve düşük riskli dezenfeksiyon metodudur. Ozon sudaki organik çözünmüş maddeleri azaltır ve partikül filtrasyonunu artırır (Miller ve Semmens 2002).

- Biyolojik metodlar, nitrifikasyon ve biyofiltrasyon

Çıkış suyunun biyolojik arıtımında solunum, nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile çözünür fosforun tüketimi ve depolanması önemli işlemlerdir. Solunum; oksijen tüketimiyle organik maddenin CO_2 'e dönüşümüdür. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon; oksijenli şartlar altında toplam amonyak azotunun ilk basamakta nitritten nitrate ve ondan sonra oksijensiz şartlar altında nitratın N_2 ' ye dönüştürüldüğü mikrobiyal işlemlerdir. Çözünür fosforun tüketimi ve depolanması; bitkiler ve mikro organizmalar, gelişimleri için fosfora ihtiyaç duyarlar, hatta bazıları çözünür fosforu taneciğe dönüştürmek suretiyle fosfor depolamaktadır (Sindilariu 2007).

Araştırmacılara göre çıkış suyu biyolojik arıtımında kullanılan teknik yöntemler substrat (alt madde) ile buna yapışık bir mikrobiyal film ile çalışmaktadır. Bu yöntemler yüksek seviyeli mekanizasyon ve harici enerji kullanımı gerektirmektedir. Temizleme işlemi, biyolojik olarak

aktif olan çamurun pompalanması ve tekrar dolaşımı, aktif havalandırma, mikrobiyal topluluklar için yapay substratların kullanımı ve aktif geri yıkama yöntemleri büyük ölçüde etkindir (Sindilariu 2007).

Biyolojik arıtmada; çamur işleme, sızdırma filtre, su altı filtre, döner-malzemeli filtre, hareketli yatak filtre, sıvılaştırılmış yatak filtre ve düşük yoğunluklu malzemedan yapılmış filtre teknikleri kullanılmaktadır. Bunlardan biri olan su altı filtreleri; yüksek yüzey, yüksek hidrolik iletken filtre malzemesiyle paketlenmektedirler. Atık su, tamamı suya gömülü olan filtre malzemesinden geçer ve besinler yapışık olan mikrobiyal flora tarafından tutulur ve dönüştürülür. Araştırmacılara göre bu iki aşamalı sistem (su ve malzeme); oksijen yetersizliklerine, kısa devrelere ve özellikle akar-su sistemli işletmelerin çıkış sularında, tanecikli atık tortusuna yol açma eğilimindedir. Oksijen çıkartma ve metanol dozu vermek için bir fişkirtma sütunuyla birlikte, su altı filtreleri, tekrar dolaşımli su ürünleri sistemlerinde kontrollü denitrifikasyon için kullanmışlardır (Sindilariu 2007).

Dumas vd. (1998) tarafından yürütölen çalışmada, alabalık işletmeleri çıkış sularında çözönmüş inorganik besinlerin arıtımında; yaklaşık 165 mg d.m./L 'lik bir konsantrasyonda reaktörlere toksik olmayan cyanobacter *Phormidium bohneri* aşılannmıştır. Su yüzeyine 100 $\mu\text{mol quanta/m}^2/\text{s}$ şiddetinde ve 12 saat ışık 12 saat karanlık olan bir fotoperiyotla, yapay ışık verilmiştir. Çıkış suyu; sırasıyla 8, 12 ve 24 saat hidrolik su tutma süresi olan tamamen karıştırılmış 70 litrelik 3 fotobiyoreaktöre yönlendirilmiştir. Gökkuşaağı alabalığı çıkış suyundan toplam amonyak azotu için % 82 ve ortofosfat için % 85 uzaklaştırma verimliliğı tespit etmiştir. Ancak işletmelerdeki su tutma sürelerinin çok kısa olması bakterilerin suda sürüklenmesine ve istenmeyen sıcaklık koşullarına neden olduğunu ve bakteriyel devir oranlarını ciddi şekilde düşürdüğünü vurgulamıştır. Bu sonuçlarla, *P. bohneri*' nin balık işletmesi çıkış suyunun üçüncöl arıtımına bir alternatif olarak potansiyel kullanımı analiz edilmektedir.

Güneybatı Almanya'da büyük kapasiteli bir alabalık işletmesi, yerel yönetimin atık su yönetmelikleri nedeniyle atık su deşarjını azaltmıştır. 80 μm göz büyüklüğüne sahip elekli disk filtreye rağmen arıtma BOİ₅ ve amonyak değerleri açısından çevresel kriterleri karşılamaması nedeniyle Almanya'da ilk defa bir akarsu sisteminde biyofiltrasyon denenmiştir (Tablo 2.21). Sekiz aylık dönemde (Aralık 2000-Ağustos 2001) biyofiltrenin

verimi incelenmiş ve biyofiltre ile organik madde miktarı önemli oranda azaltılmıştır. Disk filtre ile mekanik ön temizliğe rağmen, biyofiltre BOİ₅ miktarını yaklaşık % 50 oranında, fosfor miktarını ise yaklaşık % 20 oranında azaltmıştır (Bergheim ve Brinker 2003).

Tablo 2. 21 Güneybatı Almanya’ daki akar-su sistemli alabalık işletmelerinde biyofiltrenin tahmin edilen arıtma verimi üzerindeki etkisi (Bergheim and Brinker 2003).

Parametre	Numune sayısı	Konsantrasyon aralığı (mg/L)		Ortalama biyofiltre verimi (% ± SD)
		Giriş	Çıkış	
BOİ ₅	10	7.8-17	4.2-6.8	-48.6 % ± 10.2
KOİ	8	22-35	16-26	-28.9 % ± 3.0
Toplam fosfor	3	0.42-0.49	0.35-0.39	-18.5 % ± 2.6
Organik azot	3	1.2-1.6	0.75-1.18	-31.9 % ± 9.3
Toplam azot	3	7.5-9.9	5.7-7.5	-20.2 % ± 19.3
İnorganik azot	9	4.9-7.3	4.62-7.06	-3.3 % ± 2.2
Nitrat - azotu	9	3.2-4.6	3.18-4.85	-5.1 % ± 9.4
Nitrit-azotu	9	0.022-0.091	0.039-0.185	-126.5 % ± 60.1
Amonyum- azotu	9	1.1-2.6	1.02-2.71	-0.2 % ± 2.7

Su kalite kriterleri açısından alabalık işletmesi atıksularının arıtılmasında Aquamats kullanımının faydaları olduğu fikri benimsenmektedir. Aquamats biyofiltrasyon aracı, suya dikey olarak batırılmış, etkili bir yüzey alanı olan bir çeşit sentetik halıdır. Bu araç balık havuzundaki depolama yoğunluğunu arttırmak için bir yapı sağlar. Çöktürme tankında Aquamats biyofiltrasyon ekipmanı kullanıldığında, askıda katı maddenin arıtımının arttığı, tankın ilk bölümünde hem normal çalışma sırasında (% 84) hem de temizleme ve hasat sırasında (% 94) askıda katı maddenin büyük kısmının temizlendiği ifade edilmiştir (Stewart vd. 2006).

- Kısmi devri-daim sistemleri

Farklı araştırmacılara göre, son yıllarda atık su iyileştirmesi için üçüncü bir strateji uygulanmaktadır. Summerfelt vd.’e (2004) göre kısmi tekrar dolaşımda, yeniden kullanılan su yükseltilmeli ve eğer suyun kalitesi optimal değilse en azından havalandırılmalı ve

oksijenlendirilmelidir. Alabalık işletmelerinde çıkış suyunun tekrar kullanımında genellikle sızdırma filtreler ve hareketli yatak reaktörleri kullanılmaktadır (Sindilaru 2007).

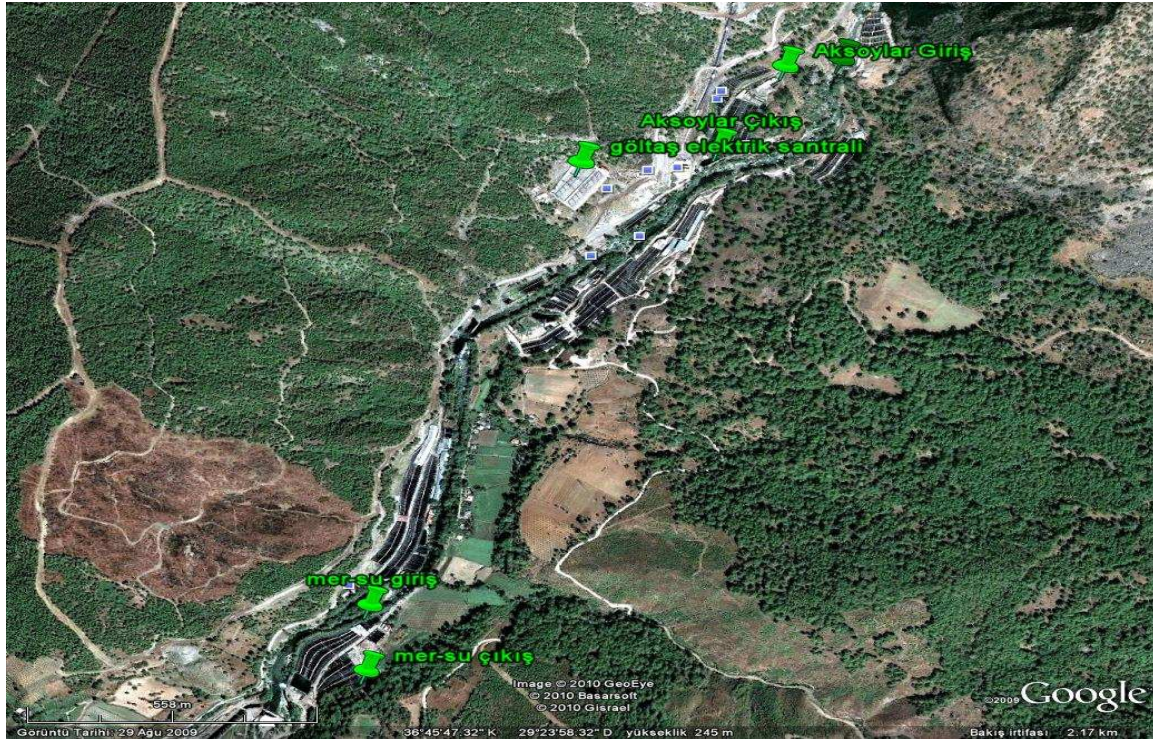
Sızdırma filtreler, bakterilerin tasfiye edilmesi için yüksek yüzey alanı ve yüksek hidrolik iletkenliği olan bir araçtan yapılmış sütunlardır. Temizleme prensibi mikrobiyal parçalamadır. Dönen bir püskürtme çubuğu, dağıtma ızgarası veya oluk içinden itilmek suretiyle kirli su, sütunun tepesinden bırakılmakta ve aşağıya damlayarak filtre yatağından geçmektedir. Filtrenin performansı dikkate alındığında ise oksijen yetersizliği görüldüğü belirtilmiştir (Sindilariu 2007).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1. Gökkuşığı alabalığı işletmeleri

Proje kapsamında, Muğla İli'ne 175 km, Fethiye İlçe merkezine yaklaşık 45 km uzaklıktaki Ören Köyü, Çaygözü mevkiinde Eşen Çayı üzerinde bulunan farklı kapasitedeki iki alabalık işletmesi seçilmiştir (Şekil 3.1). İşletmelerden birincisi 200 ton/yıl kapasiteli Aksoylar Su Ürünleri Tarım Sanayi ve Ticaret İthalat İhracat Limited Şirketine, ikincisi ise bu işletmeye 1 km uzaklıkta bulunan 2500 ton/yıl kapasiteli MER-SU Ürünleri Hayvancılık Nakliye Pazarlama İthalat İhracat Sanayi ve Ticaret Şirketi'ne aittir.



Şekil 3.1 İki farklı kapasiteli işletmelerin konumu (<http://earth.google.com>,2010)

3.1.2 Sahada ve laboratuvarda kullanılan araçlar

3.1.2.1 Sahada kullanılan araçlar

- Oksijenmetre; çözülmüş oksijen ve su sıcaklığı ölçümlerinde kullanılan, 5°C ile + 45 °C arasındaki sıcaklıkları ± 1 °C hassasiyetle, 0 ppm ile 15 ppm arasındaki çözülmüş oksijen değerlerini ± 0.2 ppm hassasiyetle ölçen taşınabilir,
- Taşınabilir pH metre; pH değerlerinin ölçümlerinde kullanılan ± 0.1 hassasiyetle.
- EC; taşınabilir YSI – EC 300 model, 0.01 hassasiyetle.

3.1.2.2 Laboratuvarda kullanılan araçlar

- Vakumlu süzme cihazı,
- Spektrofotometre; 400-800 nm dalga boylarında okuma yapabilen,
- Saf su cihazı,
- Whatman GF/C filtre kağıtları (fosfor fraksiyonlarının ayrılmasında kullanılmıştır)
- Kimyasal ve cam malzemeler

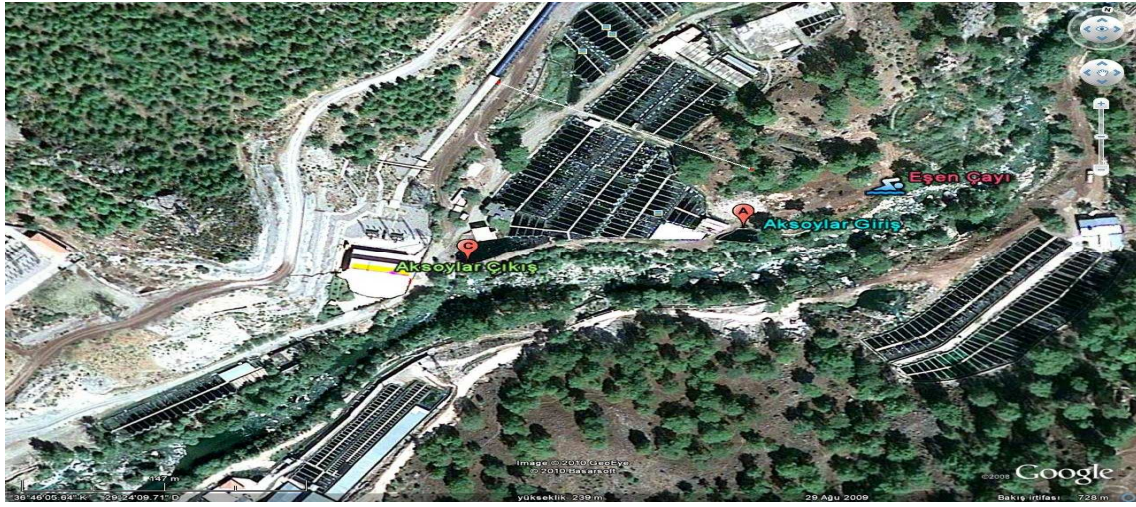
3.2 Yöntem

Bu araştırma orta (200 ton/yıl) ve büyük (2500 ton/yıl) ölçekli olmak üzere farklı iki kapasitede seçilen alabalık işletmesinde Ekim 2009 – Eylül 2010 tarihleri arasında aylık olarak yürütülmüştür. İşletme seçimleri Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği'nin 7. maddesi (1000 ton/yıl ve üzeri) ile 15. maddesine (30 – 1000 ton/yıl) göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Saha çalışması

3.2.1.1 Gökkuşığı alabalığı işletmeleri

İşletmelerin ayrı ayrı konumları Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de, işletmelere ait bazı özellikler ise Tablo 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.2 200 ton/yıl kapasiteli gökkuşığı alabalığı işletmesinin konumu
(<http://earth.google.com>, 2010)



Şekil 3.3 2500 ton/yıl kapasiteli gökkuşığı alabalığı işletmesinin konumu
(<http://earth.google.com>, 2010)

Tablo 3.1 İşletmelere ait bazı özellikler

Özellikler	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
Kullanılan su kaynağı	Eşen Çayı	Eşen Çayı	Eşen Çayı Göлтаş Enerji Ş. çıkış tüneli suyu	DSİ kanalı
Debi (m ³ /s)		0.4		2.5
Kapasite (ton/yıl)	200		2500	
Aile işletmesi	Evet		Hayır	
Teknik eleman istihdam sayısı	1		5	
İşçi sayısı	7		46	
Kullanılan yem	Pelet		Pelet	
Yemleme şekli	Doyana kadar		Doyana kadar	
Çöktürme havuzu	Var		Var	

3.2.1.2 Su örneklerinin alınması

Su örnekleri işletmelerin giriş ve çıkış noktalarından tekerrürlü olarak alınmış, alınan su örnekleri buzlu ortamda strafora konularak laboratuvara ulaştırılmıştır.

İşletmelerin giriş ve çıkış suyu örneklerine ilişkin su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği ölçümleri yerinde yapılmıştır.

3.2.2 Laboratuvar çalışması

Laboratuvara uygun şartlarda ulaştırılan giriş suyu örneklerinde fosfor ve inorganik zot fraksiyonlarının analizi, çıkış sularında ise bunlara ilaveten biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı ve askıda katı madde analizleri aşağıda belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır.

3.2.2.1 İnorganik azot fraksiyonlarının tayini

Amonyak-azotu

Amonyum iyonunun bazik ortamda Nessler reaktifi ile vermiş olduğu sarı rengin konsantrasyonuna bağlı renk şiddetinin spektrofotometrede 425 nm dalga boyunda ölçülmesiyle saptanmıştır (APHA 1995). Toplam amonyak-azotu ve amonyum değerlerinin belirlenmesinde Lawson'un (1995) belirttiği dönüşüm faktörleri kullanılmıştır.

Nitrit – azotu

Örnekteki nitrit iyonları ile sülfanilik asidin diazolanması sonucu oluşan diazo bileşiğinin alfa naftilamin ile verdiği kırmızı renk kolorimetrik olarak spektrofotometre yardımı ile 520 dalga boyunda okuması yapılmıştır (APHA 1995). Nitrit iyon değerlerinin belirlenmesinde Lawson'un (1995) belirttiği dönüşüm faktörleri kullanılmıştır.

Nitrat – azotu

Örnekteki nitrat iyonları ile brucine arasındaki reaksiyon sonucu oluşan sarı renk kolorimetrik olarak spektrofotometre yardımı ile 420 dalga boyunda ölçülmüştür (APHA 1995). Nitrat iyon değerlerinin belirlenmesinde Lawson'un (1995) belirttiği dönüşüm faktörleri kullanılmıştır.

Toplam inorganik azot konsantrasyonu

Toplam amonyak-azotu (amonyak-azotu+amonyum-azotu), nitrit-azotu ve nitrat-azotu konsantrasyonlarının toplamından elde edilmiştir.

3.2.2.2 Fosfor fraksiyonlarının tayini

Belirlenen işletmelerin giriş ve çıkış sularından alınan su örnekleri, bölüm labaratuvarına getirilmiş ve Whatman GF/C membran filtreden geçirilerek filtre edilebilen (çözünmüş) ve filtre edilemeyen (partikül) fosfatlar birbirinden ayrılmış ve aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır:

Toplam fosfor (TF)

İlk kademede (sindirme işlemi) persülfatla parçalama tekniği kullanılarak parçalamayı takiben serbest hale geçen ortofosfat, askorbik asit metodu ile tayin edilmiştir (APHA 1995).

Toplam ortofosfat (TO)

Toplam ortofosfat analizi APHA'ya göre (1995) askorbik asit yöntemi ile yapılmıştır.

Toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO)

Whatman GF/C membran filtreden geçirilen su örneklerinde askorbik asit metodu kullanılarak spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir (Kronvang 1992).

Partiküler inorganik fosfor (PIF)

Bölüm labaratuvarına getirilen su örneklerinde toplam ortofosfat değeri ile toplam filtre edilebilir ortofosfat değerinin farkından hesaplanmıştır (Kronvang 1992).

3.2.2.3 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅)

Yeni alınmış örnek üzerinde ve numunenin 20 °C’de 5 günlük inkübasyonundan sonra yapılan oksijen tayininden hesaplanmıştır (APHA 1995).

3.2.2.4 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Belirlenen işletmelerden alınan çıkış sularına ilişkin kimyasal oksijen ihtiyacı analizleri, open reflux titrimetrik yöntemi ile APHA’ya (2005) göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.5 Askıda katı madde (AKM)

İşletmelere ait çıkış suyu askıda katı madde analizleri, gravimetrik yöntemle göre yapılmıştır (APHA 2005).

3.2.3 Gökkuşaağı alabalığı işletmeleri çıkış suyu toplam fosfor ve toplam inorganik azot yükünün (g/ay) hesaplanması

Belirlenen işletmelerin çıkış sularında aylık ortalama toplam fosfor ve ortalama toplam inorganik azot konsantrasyonları ile aylık ortalama debi ölçümü değerlerinin çarpımından elde edilmiştir.

3.2.4 İşletmelerin kullandığı yemden alıcı ortama bırakılan azot ve fosfor yükünün tahmini

İşletmelerin tahmini azot ve fosfor yükleri Boyd ve Queiroz (2001)’in belirttikleri formüle göre hesaplanmıştır:

Yemden gelen azot miktarı (kg N) = Kullanılan yem miktarı (kg) x Yemin azot içeriği

Balıkta tutulan azot miktarı (kg N) = Üretilen balık miktarı (kg) x 0.25 kg kuru madde/kg balık x 0,10 kg N/kg kuru madde

Alicı ortama olan azot yükü (kg N) = Yemden gelen N (kg) – Balıkta tutulan N (kg)

Yemden gelen fosfor miktarı (kg P) = Kullanılan yem miktarı (kg) x Yemin fosfor içeriği

Balıkta tutulan fosfor miktarı (kg P) = Üretilen balık miktarı (kg) x 0.25 kg kuru madde/kg
balık x 0,032 kg P/kg kuru madde

Alicı ortama olan fosfor yükü (kg P) = Yemden gelen P (kg) – Balıkta tutulan P (kg)

Yem dönüşüm oranı ise Sehreck ve Mayle'a (1990) göre aşağıdaki formülünden hesaplanmıştır:

YDO = Tüketilen yem miktarı (g)/ Kazanılan canlı ağırlık (g)

3.2.5 İstatistiki analizler

Araştırma periyodu boyunca her iki işletmenin giriş ve çıkış sularına ilişkin veriler varyans analizinin ön şartlarını sağlamadığı için, verilerin analizinde Mann-Whitney-Wilcoxon testi kullanılmıştır (Gibbons 1976).

4. BULGULAR

Araştırma periyodu boyunca karada kurulu ve farklı iki kapasitede (2500 ton/yıl-büyük ölçekli ve 200 ton/yıl-orta ölçekli) seçilen gökkuşağı alabalığı işletmelerinin giriş ve çıkış sularında; su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH, elektrik iletkenliği değerleri, amonyak-azotu, nitrit-azotu, nitrat azotu, toplam inorganik azot, toplam fosfor, toplam ortofosfat, toplam filtre edilebilir ortofosfat, partiküler inorganik fosfor konsantrasyonları ile yalnız çıkış sularında; biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı ve askıda katı madde düzeyleri tespit edilmiştir. İşletmelerin giriş ve çıkış sularında saptanan verilerin aylara bağlı değişimleri Tablo 4.1-4.36'da, çıkış sularında saptanan veriler ise Tablo 4.37'de sunulmuştur. Tablo 4.1 - 4.36'daki sayısal değerlerin üzerinde yer alan harfler (a,b); her bir işletme için ayrı ayrı olmak üzere ele alınan özellik açısından giriş ve çıkış suları arasındaki farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.05$). Verilerin üzerindeki büyük harfler (A), ele alınan özellik açısından farklı kapasiteli işletmelerin giriş sularında ortalamalar arası farklılığın, büyük italik harfler (*A*) ise çıkış sularındaki farklılığın istatistiki olarak önemli seviyede olmadığını ($p>0.05$) belirtmektedir. Büyük harf ve büyük italik harf taşımayan giriş ve çıkış suları özelliklerine ilişkin ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.1 Su sıcaklığı

Araştırma periyodu boyunca büyük ölçekli işletmenin (2500 ton/yıl) çıkış suyunda en yüksek su sıcaklığı haziran ayında 15.55°C , en düşük su sıcaklığı değeri ise 10.84°C olarak ocak ayında ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularında nisan (13.20°C ve 13.80°C), mayıs (14.30 – 14.55°C) ve eylül ayında (14.30 – 14.75°C) ölçülen su sıcaklığı değerleri istatistiki açıdan önemli düzeyde farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.1- 4.12, Şekil 4.1).

Araştırma periyodu boyunca orta ölçekli işletmenin (200 ton/yıl) çıkış suyunda en yüksek su sıcaklığı değeri temmuz ayında 14.80°C olarak, en düşük su sıcaklığı değeri ise 12.34°C olarak ocak ayında ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularında ekim ayında (13.50°C ve 13.65°C), aralık ayında (12.75°C ve 12.80°C), nisan ayında (12.85°C ve 13.10°C), mayıs

ayında (13.80°C ve 13.70°C) ve eylül ayında (13.75°C ve 14.65°C) su sıcaklığı değerleri istatistiki açıdan düzeyde farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.1- 4.12, Şekil 4.2).

Her iki işletmenin çıkış sularındaki su sıcaklığı değerleri karşılaştırıldığında ise, nisan ve eylül ayları dışında, tüm aylarda ölçülen su sıcaklığı değerleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.1- 4.12).

4.2 Çözünmüş oksijen

Araştırma periyodu boyunca büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin çıkış suyuna ilişkin en yüksek çözünmüş oksijen değeri nisan ayında 10.23 mg/L, en düşük ise ağustos ayında 5.55 mg/L olarak ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularındaki çözünmüş oksijen değeri nisan ayı (11.84 mg/L ve 10.23 mg/L) ve temmuz ayları (7.35 mg/L ve 6.75 mg/L) dışında tüm aylarda istatistiki açıdan farklılık göstermiştir ($p<0.05$)($p>0.05$) (Tablo 4.1-4.12, Şekil 4.3).

Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış suyu minimum ve maksimum çözünmüş oksijen değerleri ise, sırasıyla 6.75 mg/L (ağustos), 10.91mg/L (nisan) olarak ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularında kasım ayında (10.70 - 10.49 mg/L), aralık ayında (10.80 mg/L ve 10.70 mg/L), nisan ayında (11.55 mg/L ve 10.91 mg/L) ve temmuz ayında (7.05 mg/L ve 6.95 mg/L) çözünmüş oksijen değerleri istatistiki açıdan farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.1-4.12, Şekil 4.4).

Her iki işletmenin çıkış sularındaki çözünmüş oksijen değerleri karşılaştırıldığında ise, nisan ve temmuz ayları dışında, tüm aylarda ölçülen değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.1-4.12).

4.3 pH

Araştırma periyodu boyunca büyük ölçekli işletme çıkış suyu en yüksek pH değeri ocak ayında 8.34 olarak, en düşük temmuz ayında 7.03 olarak saptanmıştır. İşletmenin giriş ve çıkış sularında ocak ayı (8.28 - 8.34) ve mayıs ayında (6.84-8.00) pH değerleri istatistiki açıdan farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.1-4.12, Şekil 4.5).

200 ton/yıl kapasiteli işletmenin çıkış suyu minimum ve maksimum pH değerleri sırasıyla 7.16 (nisan) - 8.05 (ocak) olarak ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularında şubat (7.29-7.55), nisan (7.13-7.16) ve ağustos ayında (7.72-7.72) saptanan pH değerleri istatistiki açıdan farklı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.1-4.12, Şekil 4.6).

Araştırma periyodunca mayıs ayı dışında tüm aylarda işletmelerin çıkış sularındaki ortalama pH değerleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.1-4.12).

4.4 Elektrik iletkenliği

Büyük ölçekli işletmede araştırma periyodu boyunca en yüksek çıkış suyu elektrik iletkenliği değeri temmuz ayında 290.60 $\mu\text{mhos/cm}$, en düşük 250.60 $\mu\text{mhos/cm}$ olarak aralık ayında ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularında kasım (261.90 $\mu\text{mhos/cm}$ ve 260.40 $\mu\text{mhos/cm}$), ocak (265.30 $\mu\text{mhos/cm}$ ve 265.10 $\mu\text{mhos/cm}$) ve mart (268.60 $\mu\text{mhos/cm}$ ve 269.40 $\mu\text{mhos/cm}$) aylarına ilişkin değerler istatistiki açıdan farklı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.1-4.12, Şekil 4.7).

Orta ölçekli işletmenin çıkış suyu minimum ve maksimum elektrik iletkenliği değerleri sırasıyla 268.70 $\mu\text{mhos/cm}$ (kasım) – 281.90 $\mu\text{mhos/cm}$ (mart) olarak ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularında kasım (269.30 ve 268.70 $\mu\text{mhos/cm}$), aralık (278.10 ve 277.40 $\mu\text{mhos/cm}$), nisan (278.60 $\mu\text{mhos/cm}$ ve 279.40 $\mu\text{mhos/cm}$) ve temmuz ayında (278.30 $\mu\text{mhos/cm}$ ve 278.30 $\mu\text{mhos/cm}$) ölçülen değerler istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.1-4.12, Şekil 4.8).

Araştırma periyodunca her iki işletmenin çıkış sularına ilişkin elektrik iletkenliği değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.1-4.12).

Tablo 4.1 Ekim ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen (ÇO₂), pH ve elektrik iletkenliği (EC) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Su sıcaklığı (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	13.45 ^{a,A}	10.67 ^a	7.08 ^{a,A}	267.50 ^a
	Çıkış	13.70 ^b	6.59 ^b	7.85 ^b	271.80 ^b
200	Giriş	13.50 ^{a,A}	9.81 ^a	7.14 ^{a,A}	270.00 ^a
	Çıkış	13.65 ^a	9.50 ^b	7.19 ^b	269.90 ^b

Tablo 4.2 Kasım ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen (ÇO₂), pH ve elektrik iletkenliği (EC) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Su sıcaklığı (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	11.09 ^{a,A}	10.75 ^a	7.49 ^a	261.90 ^a
	Çıkış	12.00 ^b	6.92 ^b	7.97 ^b	260.40 ^a
200	Giriş	12.70 ^{a,A}	10.70 ^a	6.60 ^a	269.30 ^a
	Çıkış	12.80 ^b	10.49 ^b	7.87 ^b	268.70 ^a

Tablo 4.3 Aralık ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen (ÇO₂), pH ve elektrik iletkenliği (EC) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	10.75 ^a	11.75 ^a	7.96 ^a	268.80 ^a
	Çıkış	10.90 ^b	9.43 ^b	8.05 ^b	250.60 ^b
200	Giriş	12.75 ^a	10.80 ^a	6.78 ^a	278.10 ^a
	Çıkış	12.80 ^a	10.70 ^a	7.33 ^b	277.40 ^a

Tablo 4.4 Ocak ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen (ÇO₂), pH ve elektrik iletkenliği (EC) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	10.67 ^a	11.83 ^a	8.28 ^a	265.30 ^a
	Çıkış	10.84 ^b	9.90 ^b	8.34 ^a	265.10 ^a
200	Giriş	12.28 ^a	10.29 ^a	7.95 ^a	274.40 ^a
	Çıkış	12.34 ^b	9.58 ^b	8.05 ^b	270.60 ^b

Tablo 4.5 Şubat ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	11.05 ^a	11.44 ^a	6.78 ^{a,A}	268.00 ^a
	Çıkış	11.20 ^b	8.42 ^b	8.09 ^b	272.30 ^b
200	Giriş	12.00 ^a	10.12 ^a	7.29 ^{a,A}	211.20 ^a
	Çıkış	12.41 ^b	9.32 ^b	7.55 ^a	278.90 ^b

Tablo 4.6 Mart ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	11.10 ^a	11.25 ^a	7.81 ^a	268.60 ^a
	Çıkış	11.20 ^b	8.29 ^b	7.97 ^b	269.40 ^a
200	Giriş	12.41 ^a	9.90 ^a	7.04 ^a	214.30 ^a
	Çıkış	12.60 ^b	9.02 ^b	7.61 ^b	281.90 ^b

Tablo 4.7 Nisan ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	13.20 ^{a,A}	11.84 ^{a,A}	7.99 ^a	269.70 ^a
	Çıkış	13.80 ^{a,A}	10.23 ^{a,A}	8.02 ^b	275.40 ^b
200	Giriş	12.85 ^{a,A}	11.55 ^{a,A}	7.13 ^a	278.60 ^a
	Çıkış	13.10 ^{a,A}	10.91 ^{a,A}	7.16 ^a	279.40 ^a

Tablo 4.8 Mayıs ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	14.30 ^{a,A}	11.76 ^a	6.84 ^{a,A}	265.20 ^a
	Çıkış	14.55 ^a	8.39 ^b	8.00 ^{a,A}	277.20 ^b
200	Giriş	13.80 ^{a,A}	11.35 ^a	6.87 ^{a,A}	273.60 ^a
	Çıkış	13.70 ^a	10.48 ^b	7.76 ^{b,A}	280.30 ^b

Tablo 4.9 Haziran ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	14.65 ^a	10.59 ^a	7.31 ^{a,A}	270.90 ^a
	Çıkış	15.55 ^b	7.86 ^b	7.98 ^b	277.10 ^b
200	Giriş	14.40 ^a	11.13 ^a	7.20 ^{a,A}	275.90 ^a
	Çıkış	14.70 ^b	9.70 ^b	7.80 ^b	278.90 ^b

Tablo 4.10 Temmuz ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri

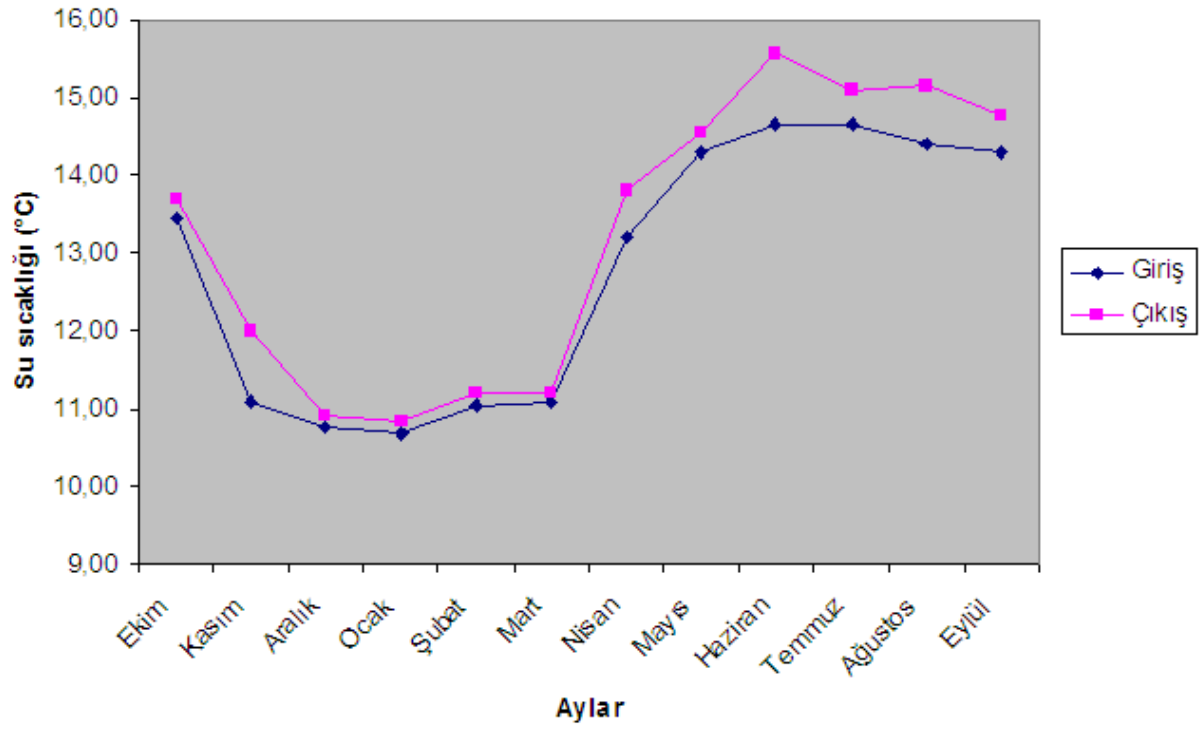
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	14.65 ^{a,A}	7.35 ^{a,A}	7.63 ^a	267.80 ^a
	Çıkış	15.10 ^b	6.75 ^{a, A}	7.03 ^b	290.60 ^b
200	Giriş	14.65 ^{a,A}	7.05 ^{a,A}	7.47 ^a	278.30 ^a
	Çıkış	14.80 ^b	6.95 ^{a, A}	7.22 ^b	278.30 ^a

Tablo 4.11 Ağustos ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri

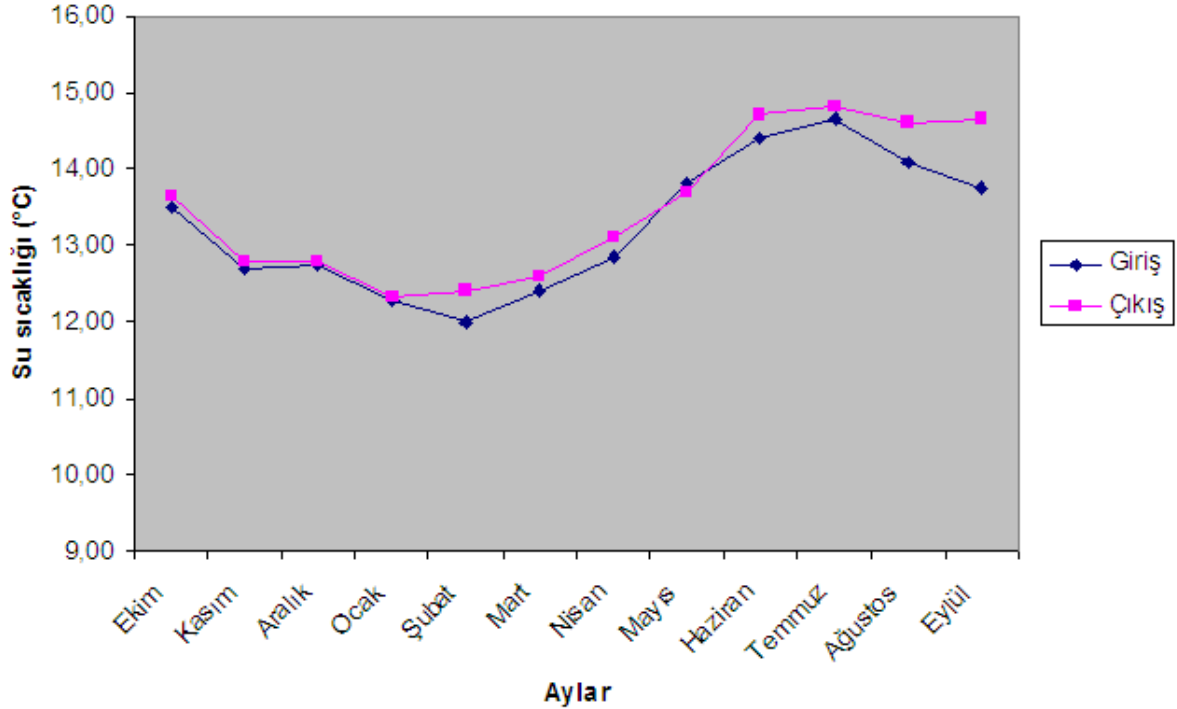
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	14.40 ^{a,A}	6.25 ^a	7.86 ^a	266.00 ^a
	Çıkış	15.15 ^b	5.55 ^b	7.92 ^b	276.00 ^b
200	Giriş	14.10 ^{a,A}	7.25 ^a	7.72 ^a	273.00 ^a
	Çıkış	14.60 ^b	6.75 ^b	7.72 ^a	273.10 ^b

Tablo 4.12 Eylül ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri

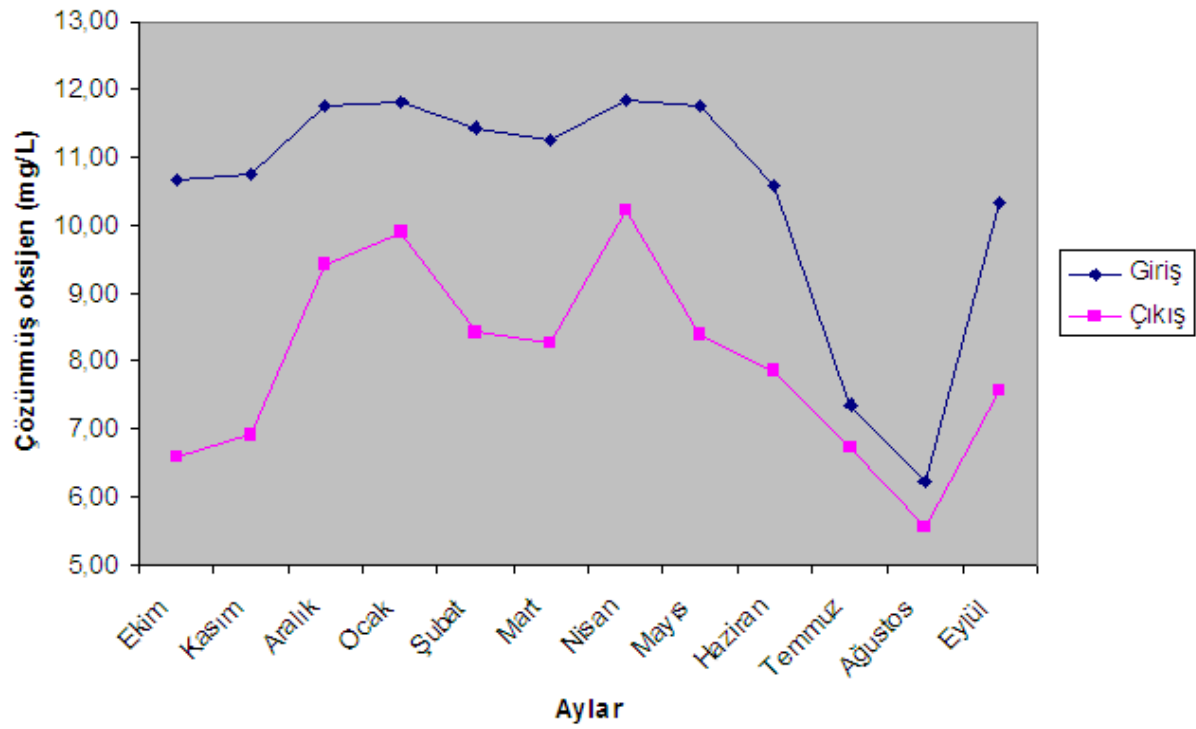
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik			
		Sıcaklık (°C)	ÇO ₂ (mg/L)	pH	EC (µmhos/cm)
2500	Giriş	14.30 ^{a,A}	10.33 ^a	8.11 ^a	273.40 ^a
	Çıkış	14.75 ^{a, A}	7.57 ^b	7.25 ^b	280.40 ^b
200	Giriş	13.75 ^{a,A}	10.82 ^a	7.31 ^a	269.50 ^a
	Çıkış	14.65 ^{a, A}	10.42 ^b	7.83 ^b	279.80 ^b



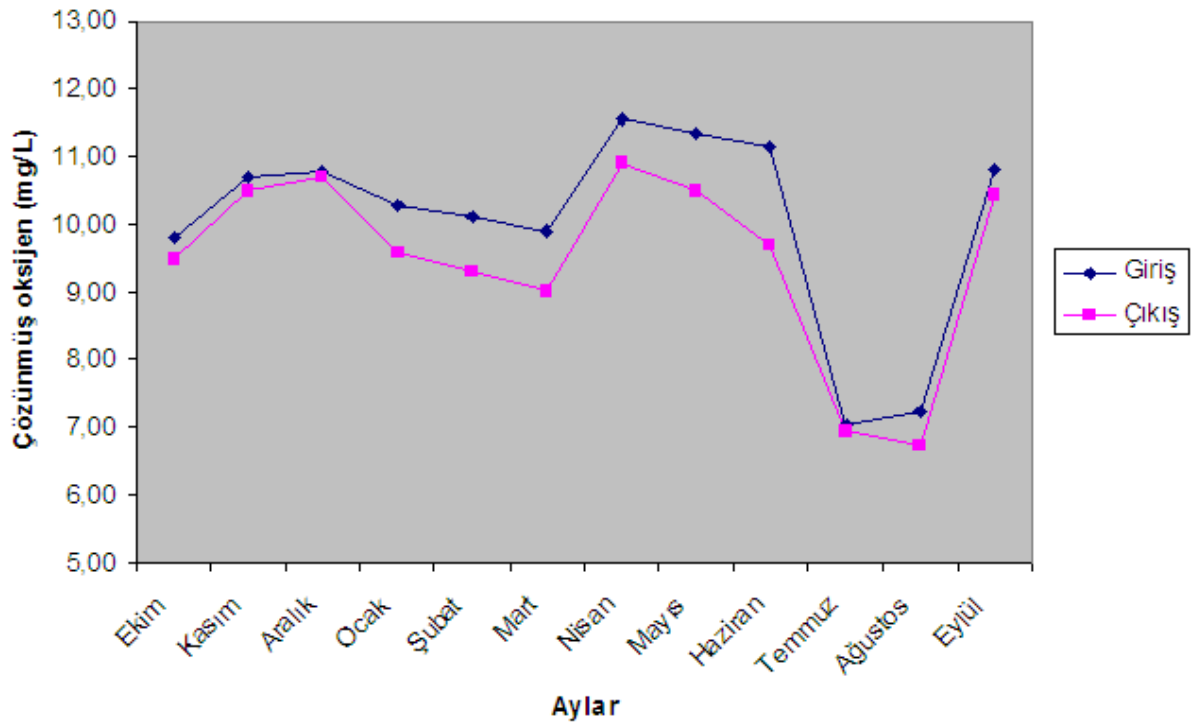
Şekil 4.1 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı değerlerinin aylara bağlı değişimi



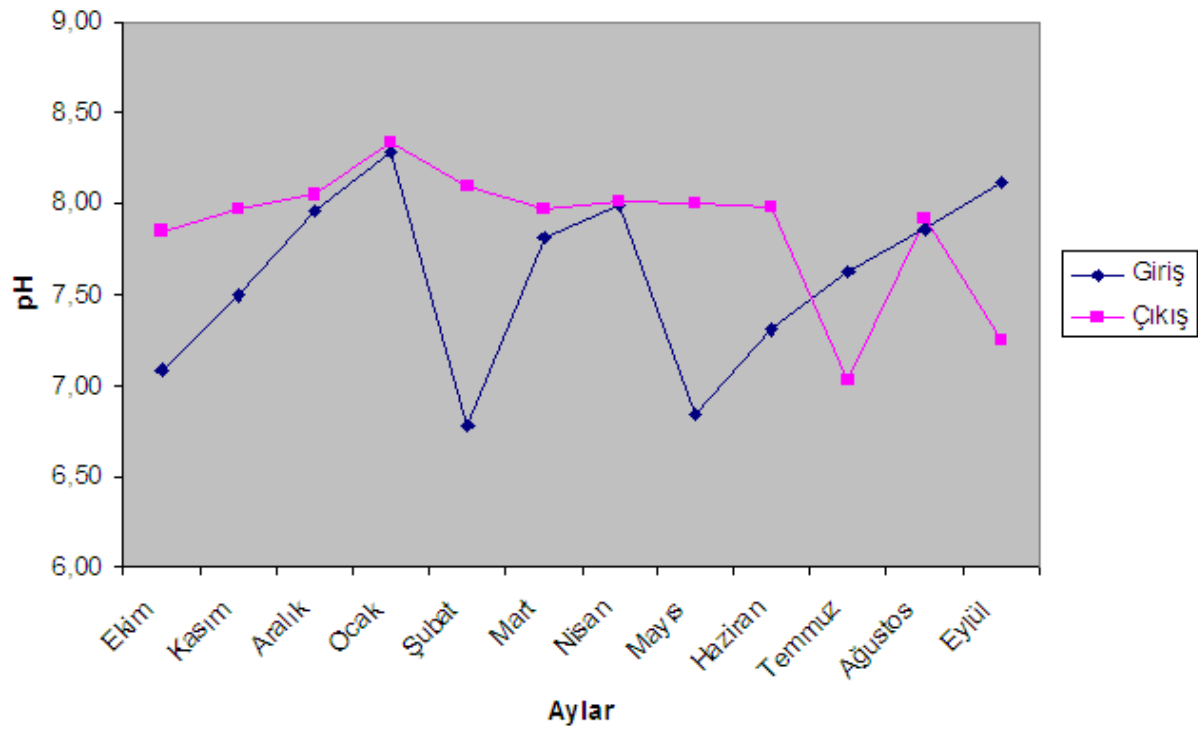
Şekil 4.2 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında su sıcaklığı değerlerinin aylara bağlı değişimi



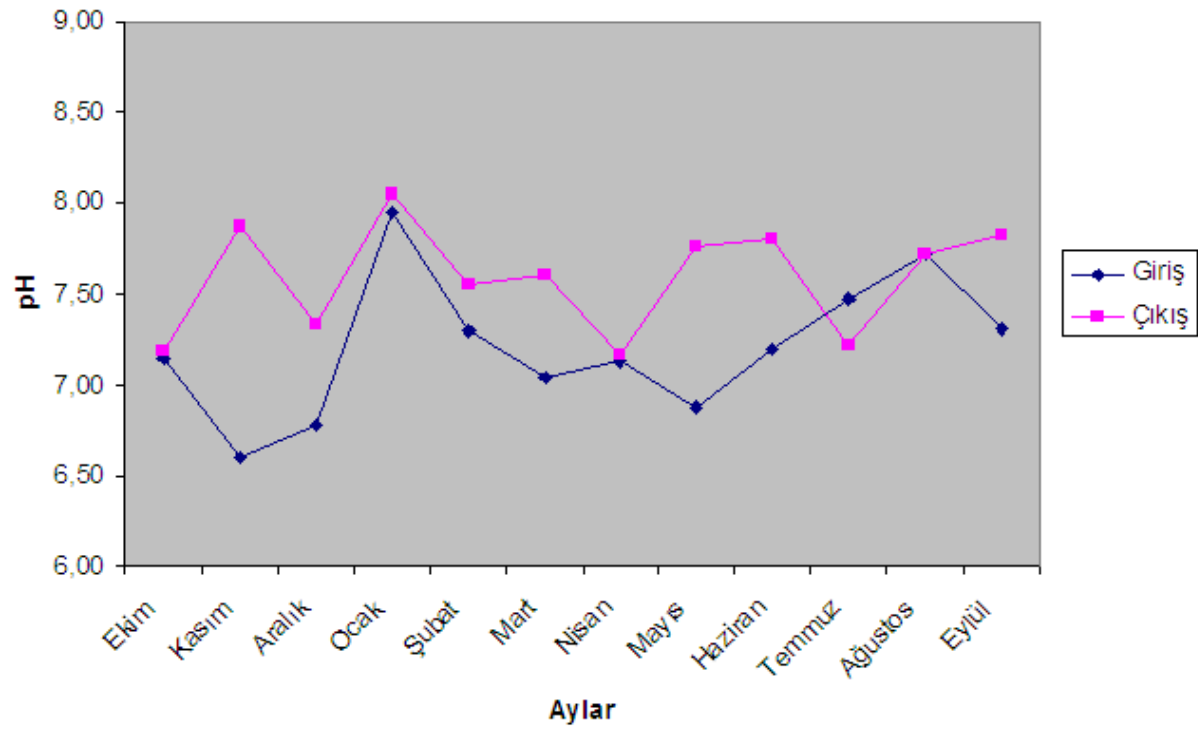
Şekil 4.3 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında çözünmüş oksijen değerlerinin aylara bağlı değişimi



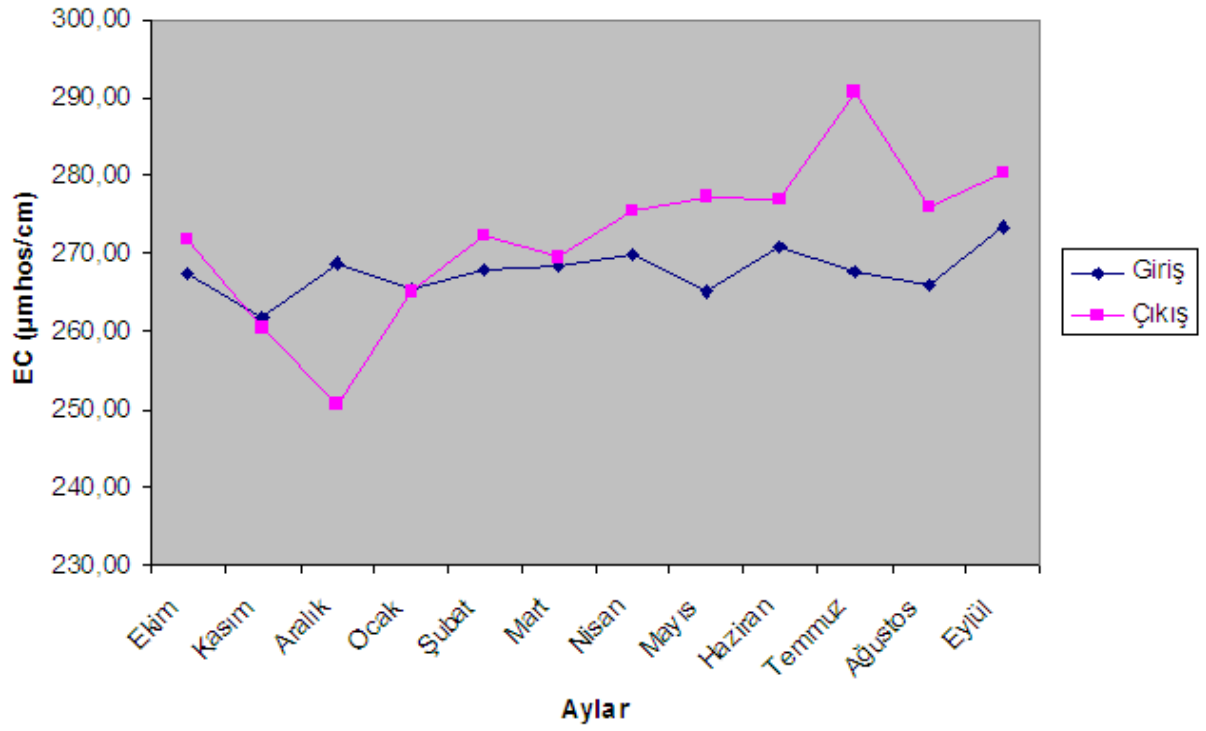
Şekil 4.4 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında çözünmüş oksijen değerlerinin aylara bağlı değişimi



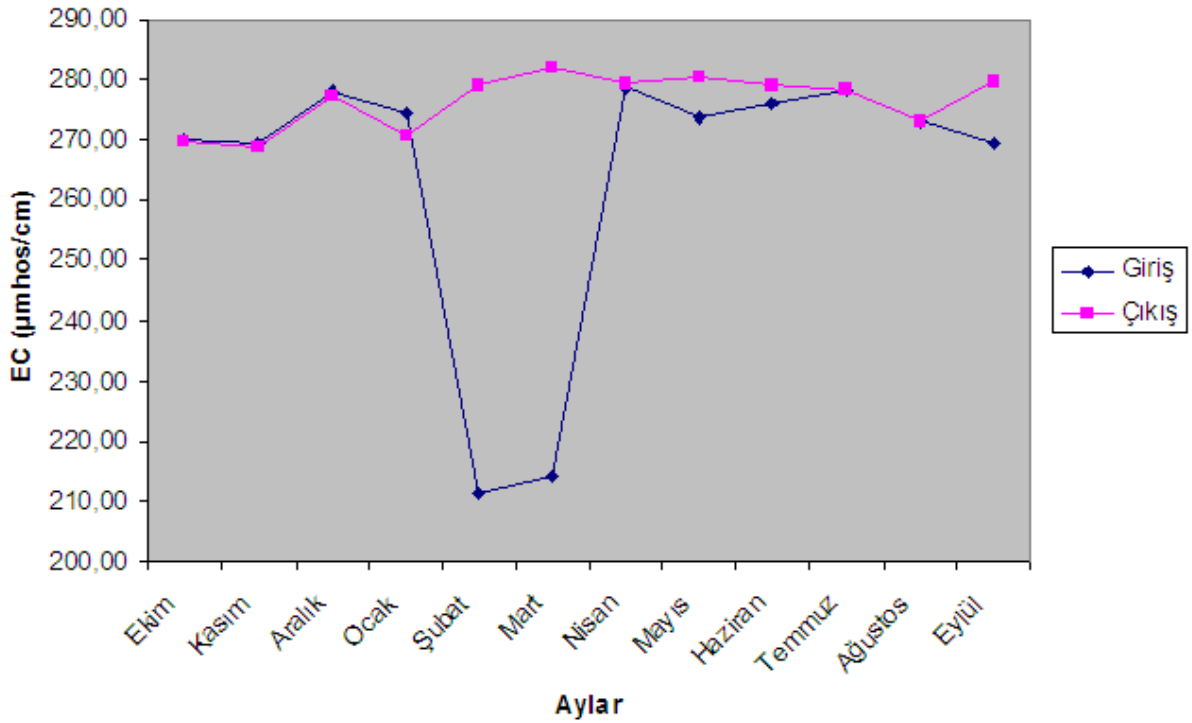
Şekil 4.5 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında pH değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.6 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında pH değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.7 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında elektrik iletkenliği değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.8 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında elektrik iletkenliği değerlerinin aylara bağlı değişimi

4.5 İnorganik azot fraksiyonları

Amonyak-azotu

Büyük ölçekli işletmede en yüksek çıkış suyu $\text{NH}_3\text{-N}$ değeri 0.36 mg/L olarak ocak ve mayıs aylarında saptanırken, en düşük $\text{NH}_3\text{-N}$ değeri aralık ayında 0.28 mg/L olarak tespit edilmiştir. Araştırma periyodu boyunca işletmenin giriş ve çıkış sularında yalnız ekim ayında saptanan (0.29 mg/L) $\text{NH}_3\text{-N}$ değerleri istatistiki açıdan farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.13-4.24, Şekil 4.9).

Orta ölçekli işletmede, en yüksek çıkış suyu $\text{NH}_3\text{-N}$ değeri 0.38 mg/L olarak ekim ayında, en düşük ise kasım ayında 0.19 mg/L olarak tespit edilmiştir. İşletmenin giriş ve çıkış sularındaki mayıs (0.26 mg/L ve 0.27 mg/L) ve temmuz ayına ilişkin (0.32 mg/L ve 0.33 mg/L) $\text{NH}_3\text{-N}$ değerleri istatistiki açıdan farklı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.13-4.24, Şekil 4.10).

Her iki işletmenin çıkış sularındaki amonyak-azotu karşılaştırıldığında ise, ağustos ayı dışında, tüm aylarda ölçülen değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.13-4.24).

Araştırma periyodunca büyük ve orta ölçekli işletme çıkış sularında toplam amonyak azotu 0.41-0.88 mg/L, amonyum iyonu konsantrasyonu ise 0.30-0.64 mg/L arasında değişim göstermiş, tüm aylarda ölçülen değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Nitrit – azotu

Araştırma periyodu boyunca en yüksek $\text{NO}_2\text{-N}$ değeri 2500 ton/yıl kapasiteli işletmenin çıkış sularında ekim, ocak ve temmuz aylarında (0.09 mg/L), en düşük ise mart ayında (0.03 mg/L) saptanmıştır. Büyük ölçekli işletmenin giriş ve çıkış sularında ocak (0.08 mg/L ve 0.09 mg/L) ve mart ayında (0.03 mg/L) tespit edilen $\text{NO}_2\text{-N}$ değerleri istatistiki açıdan farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.13-4.24, Şekil 4.11).

200 ton/yıl kapasiteli işletmenin çıkış suyu minimum ve maksimum değerleri sırasıyla, 0.01 mg/L (ekim, kasım, aralık, ocak) – 0.03 mg/L (mart, nisan, mayıs) olarak tespit edilmiştir. İşletmenin giriş ve çıkış sularında aralık (0.01 mg/L), ocak (0.01 mg/L), mart (0.01-0.03 mg/L), haziran (0.02 mg/L) ve temmuz (0.01 mg/L ve 0.02 mg/L) aylarında belirlenen NO₂-N değerleri istatistiki açıdan farklı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.13-4.24, Şekil 4.12).

Araştırma periyodunca her iki işletmenin çıkış sularındaki NO₂-N değerleri karşılaştırıldığında ise, mart ayı dışında, tüm aylarda ölçülen değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli seviyede bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.13-4.24).

Nitrat – azotu

Büyük ölçekli işletmede en yüksek çıkış suyu NO₃-N değeri 1.70 mg/L olarak ağustos ayında saptanırken, en düşük NO₃-N değeri şubat ayında 0.36 mg/L olarak tespit edilmiştir. Araştırma periyodu boyunca işletmenin giriş ve çıkış sularında yalnız temmuz ayında (1.45 mg/L ve 1.49 mg/L) NO₃-N değerleri istatistiki açıdan farklı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.13-4.24, Şekil 4.13)

Orta ölçekli işletmede, en yüksek çıkış suyu NO₃-N değeri 1.55 mg/L olarak ağustos ayında, en düşük ise aralık ayında 0.28 mg/L olarak tespit edilmiştir. İşletmenin giriş ve çıkış sularında tüm aylara ilişkin NO₃-N değerleri istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık göstermiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.13-4.24, Şekil 4.14).

Araştırma periyodunca her iki işletmenin çıkış sularındaki NO₃-N değerleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.13-4.2).

Toplam inorganik azot konsantrasyonu (TİN)

Büyük ölçekli işletmenin çıkış suyuna ilişkin en yüksek TİN değeri ağustos ayında 2.53 mg/L olarak, en düşük ise 1.11 mg/L olarak aralık ayında tespit edilmiştir. İşletmenin giriş ve çıkış sularında temmuz ayı (2.26 mg/L ve 2.34 mg/L) dışındaki tüm aylarda TİN değerleri

arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.13-4.24, Şekil 4.15).

200 ton/yıl kapasiteli işletmenin çıkış suyu minimum ve maksimum toplam inorganik azot değerleri sırasıyla, 0.74 mg/L (kasım) - 2.33 mg/L (ağustos) olarak tespit edilmiştir. İşletmenin giriş ve çıkış sularında yalnız mayıs ayı (1.23 mg/L ve 1.30 mg/L) TİN verileri istatistiki açıdan farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.13-4.24, Şekil 4.16)

Araştırma periyodunca her iki işletmenin çıkış sularındaki TİN değerleri karşılaştırıldığında ise, mart ayı dışında tüm aylarda ölçülen değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.13-4.24).

Tablo 4.13 Ekim ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.29 ^a	0.02 ^a	0.52 ^a	1.20 ^a
	Çıkış	0.29 ^a	0.09 ^b	0.91 ^b	1.65 ^b
200	Giriş	0.37 ^a	0.01 ^a	0.56 ^a	1.40 ^a
	Çıkış	0.38 ^b	0.01 ^b	0.67 ^b	1.56 ^b

Tablo 4.14 Kasım ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.22 ^a	0.05 ^a	0.27 ^{a,A}	0.82 ^a
	Çıkış	0.30 ^b	0.07 ^b	0.42 ^b	1.17 ^b
200	Giriş	0.12 ^a	0.01 ^a	0.27 ^{a,A}	0.55 ^a
	Çıkış	0.19 ^b	0.01 ^b	0.30 ^b	0.74 ^b

Tablo 4.15 Aralık ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.20 ^a	0.02 ^a	0.24 ^{a,A}	0.73 ^a
	Çıkış	0.28 ^b	0.05 ^b	0.42 ^b	1.11 ^b
200	Giriş	0.23 ^a	0.01 ^a	0.25 ^{a,A}	0.79 ^a
	Çıkış	0.25 ^b	0.01 ^a	0.28 ^b	0.87 ^b

Tablo 4.16 Ocak ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.29 ^a	0.08 ^a	0.38 ^a	1.11 ^a
	Çıkış	0.36 ^b	0.09 ^a	0.48 ^b	1.39 ^b
200	Giriş	0.15 ^a	0.01 ^a	0.24 ^a	0.60 ^a
	Çıkış	0.22 ^b	0.01 ^a	0.30 ^b	0.81 ^b

Tablo 4.17 Şubat ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.20 ^a	0.03 ^a	0.32 ^{a,A}	0.79 ^a
	Çıkış	0.31 ^b	0.04 ^b	0.36 ^b	1.12 ^b
200	Giriş	0.10 ^a	0.01 ^a	0.31 ^{a,A}	0.55 ^a
	Çıkış	0.21 ^b	0.02 ^b	0.46 ^b	0.97 ^b

Tablo 4.18 Mart ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.19 ^a	0.03 ^a	0.33 ^a	0.80 ^{a,A}
	Çıkış	0.31 ^b	0.03 ^{a,A}	0.39 ^b	1.13 ^{b,A}
200	Giriş	0.22 ^a	0.01 ^a	0.31 ^a	0.81 ^{a,A}
	Çıkış	0.25 ^b	0.03 ^{a,A}	0.53 ^b	1.12 ^{b,A}

Tablo 4.19 Nisan ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.12 ^a	0.03 ^a	0.35 ^{a,A}	0.66 ^a
	Çıkış	0.33 ^b	0.07 ^b	0.40 ^b	1.22 ^b
200	Giriş	0.32 ^a	0.01 ^a	0.35 ^{a,A}	1.10 ^a
	Çıkış	0.33 ^b	0.03 ^b	0.38 ^b	1.17 ^b

Tablo 4.20 Mayıs ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.19 ^a	0.03 ^a	0.90 ^a	1.36 ^a
	Çıkış	0.36 ^b	0.07 ^b	1.00 ^b	1.88 ^b
200	Giriş	0.26 ^a	0.01 ^a	0.63 ^a	1.23 ^a
	Çıkış	0.27 ^a	0.03 ^b	0.66 ^b	1.30 ^a

Tablo 4.21 Haziran ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat- azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.16 ^a	0.01 ^{a,A}	0.95 ^a	1.33 ^a
	Çıkış	0.29 ^b	0.06 ^b	1.18 ^b	1.90 ^b
200	Giriş	0.26 ^a	0.02 ^{a,A}	0.69 ^a	1.28 ^a
	Çıkış	0.27 ^b	0.02 ^a	0.97 ^b	1.60 ^b

Tablo 4.22 Temmuz ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat- azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

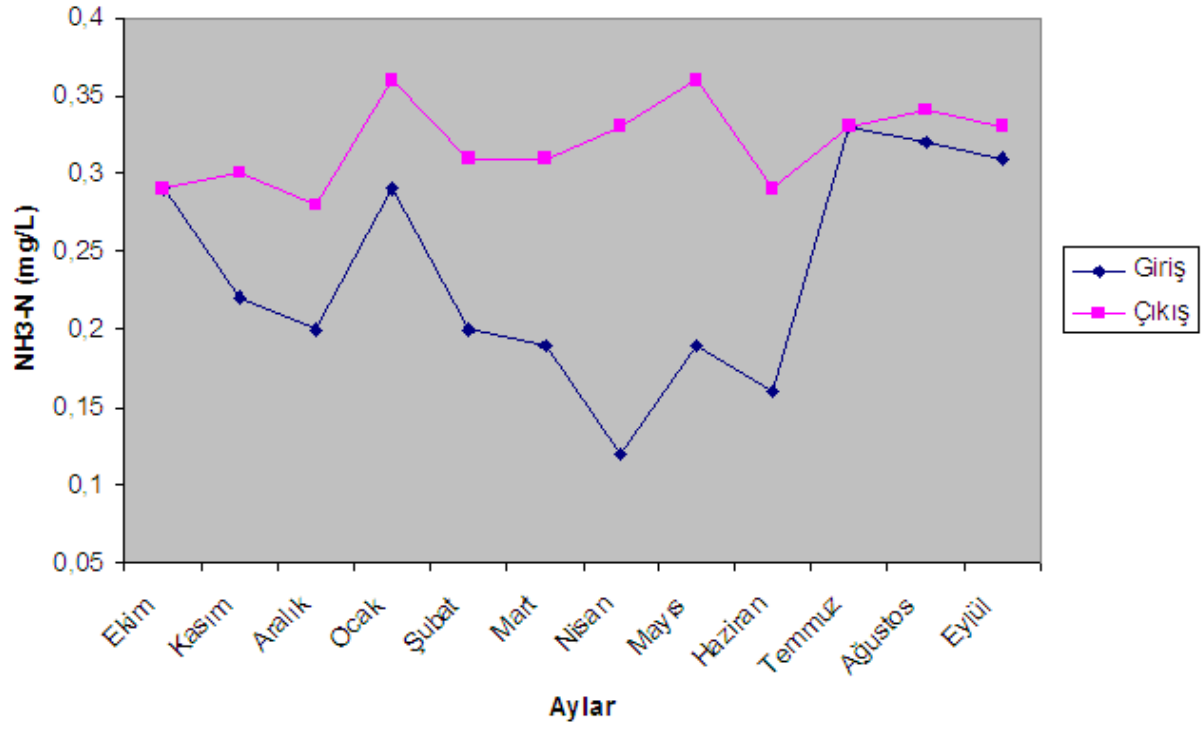
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.33 ^a	0.07 ^a	1.45 ^a	2.26 ^a
	Çıkış	0.33 ^b	0.09 ^b	1.49 ^a	2.34 ^a
200	Giriş	0.32 ^a	0.01 ^a	0.95 ^a	1.69 ^a
	Çıkış	0.33 ^a	0.02 ^a	1.00 ^b	1.77 ^b

Tablo 4.23 Ağustos ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat- azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

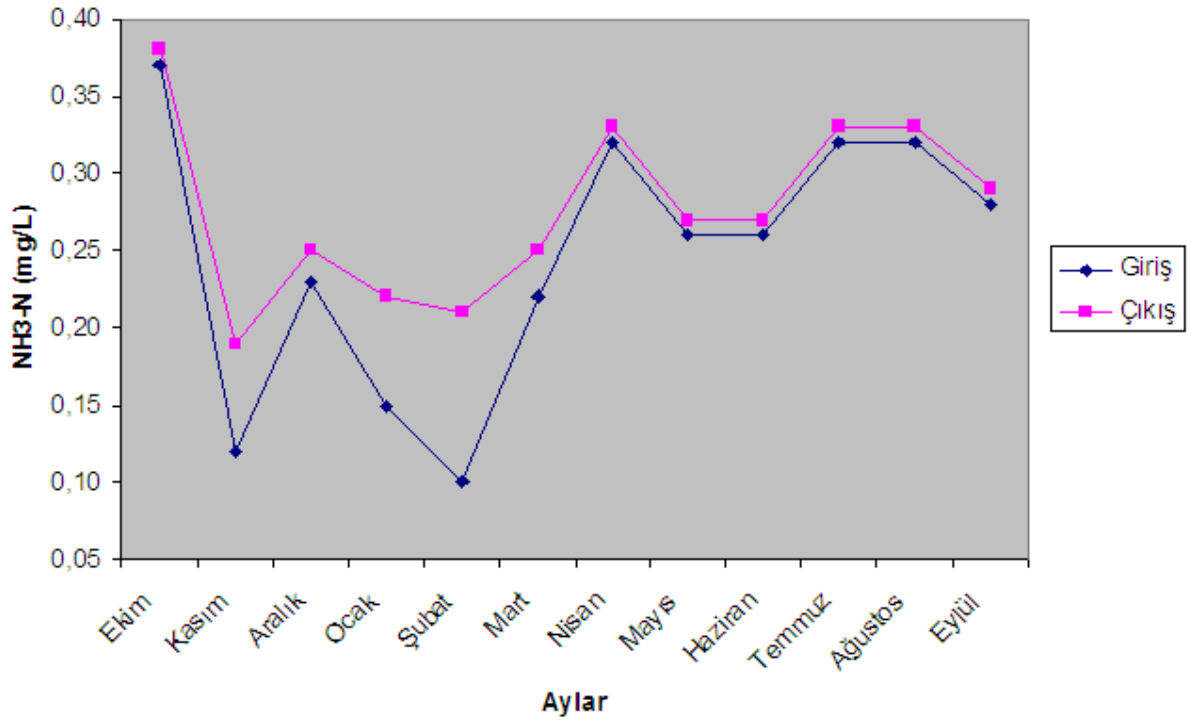
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.32 ^{a,A}	0.04 ^a	1.50 ^a	2.27 ^a
	Çıkış	0.34 ^{b,A}	0.06 ^b	1.70 ^b	2.53 ^b
200	Giriş	0.32 ^{a,A}	0.01 ^a	1.29 ^a	2.03 ^a
	Çıkış	0.33 ^{b,A}	0.02 ^b	1.55 ^b	2.33 ^b

Tablo 4.24 Eylül ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında amonyak-azotu (NH₃-N), nitrit-azotu (NO₂-N), nitrat-azotu (NO₃-N) ve toplam inorganik azot (TİN) değerleri

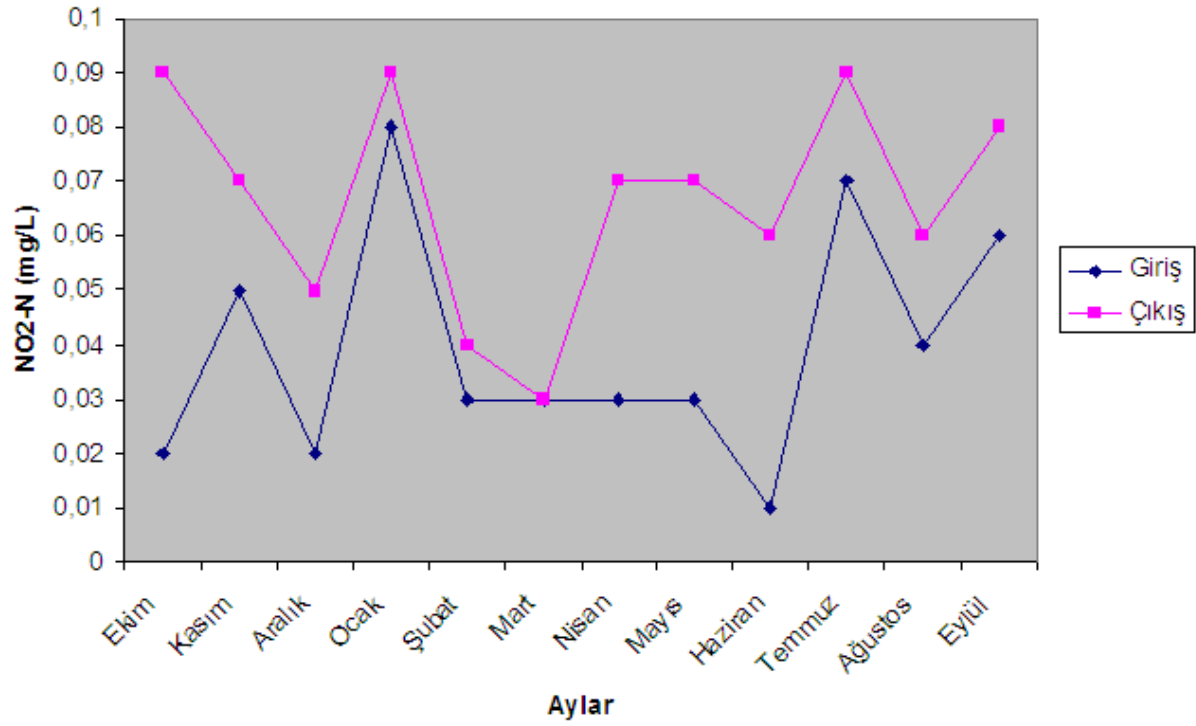
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TİN
2500	Giriş	0.31 ^a	0.06 ^a	1.32 ^a	2.08 ^a
	Çıkış	0.33 ^b	0.08 ^b	1.49 ^b	2.33 ^b
200	Giriş	0.28 ^a	0.01 ^a	1.00 ^a	1.64 ^a
	Çıkış	0.29 ^b	0.02 ^b	1.25 ^b	1.93 ^b



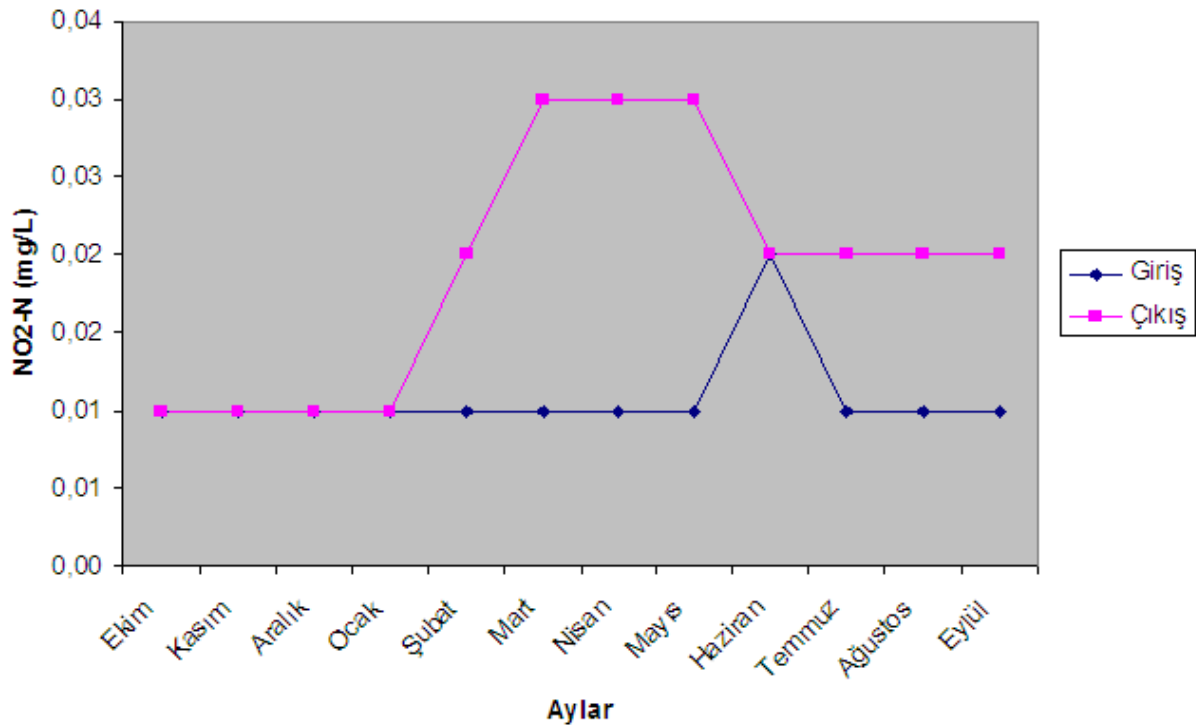
Şekil 4.9 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında amonyak azotu değerlerinin aylara bağlı değişimi



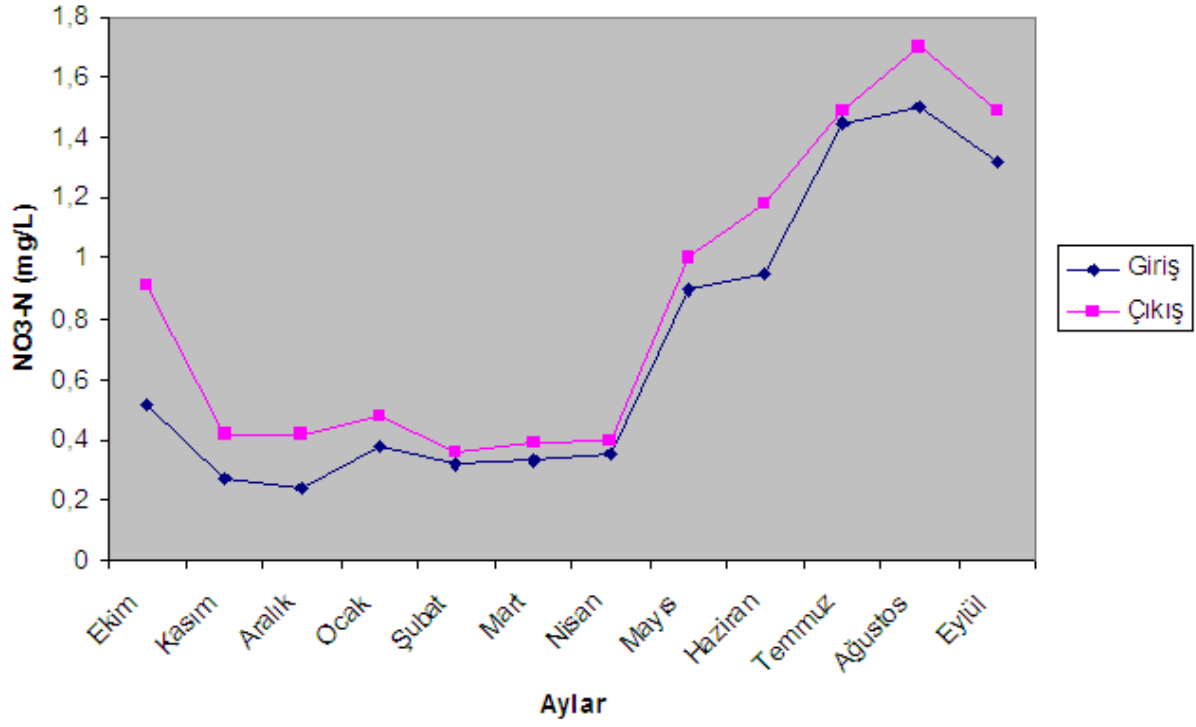
Şekil 4.10 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında amonyak azotu değerlerinin aylara bağlı değişimi



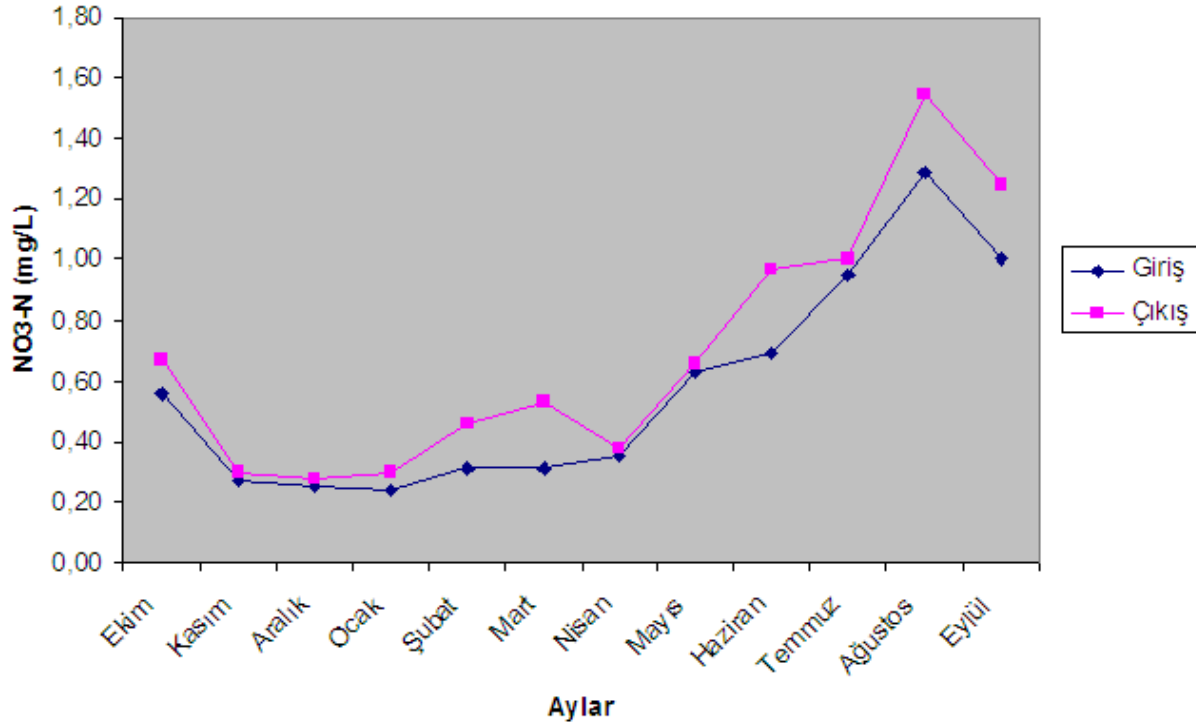
Şekil 4.11 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında nitrit azotu değerlerinin aylara bağlı değişimi



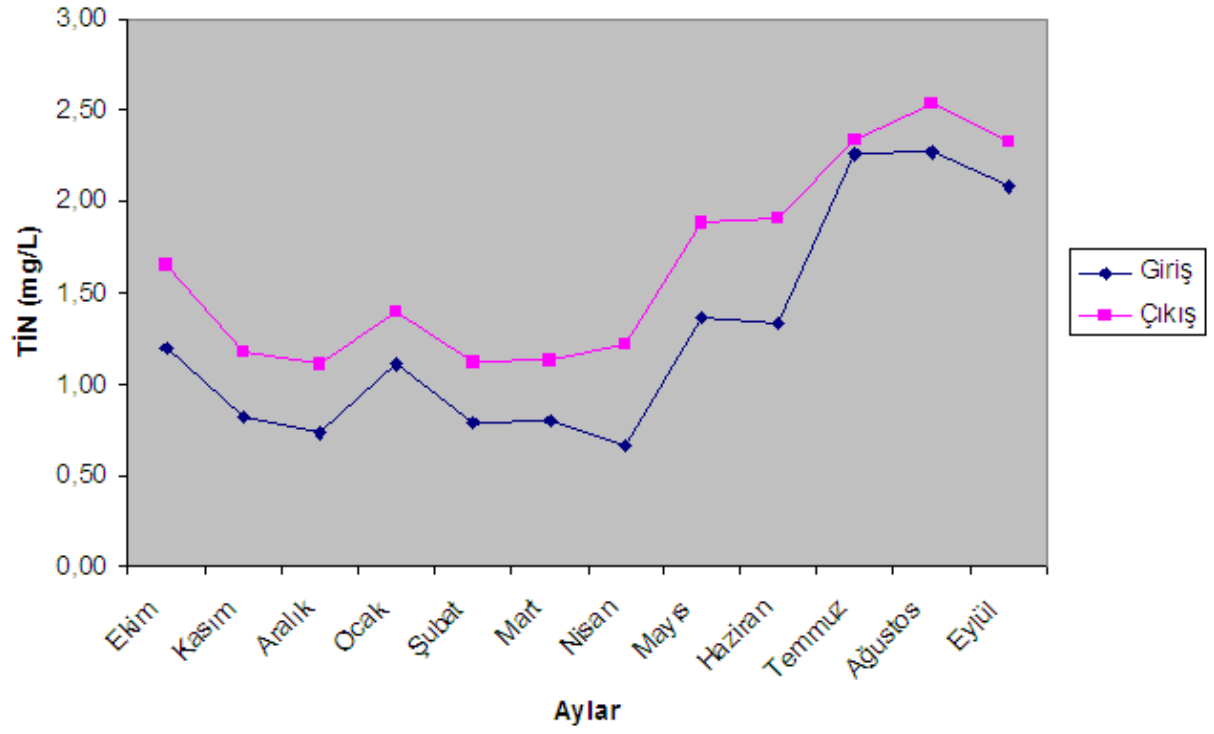
Şekil 4.12 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında nitrit azotu değerlerinin aylara bağlı değişimi



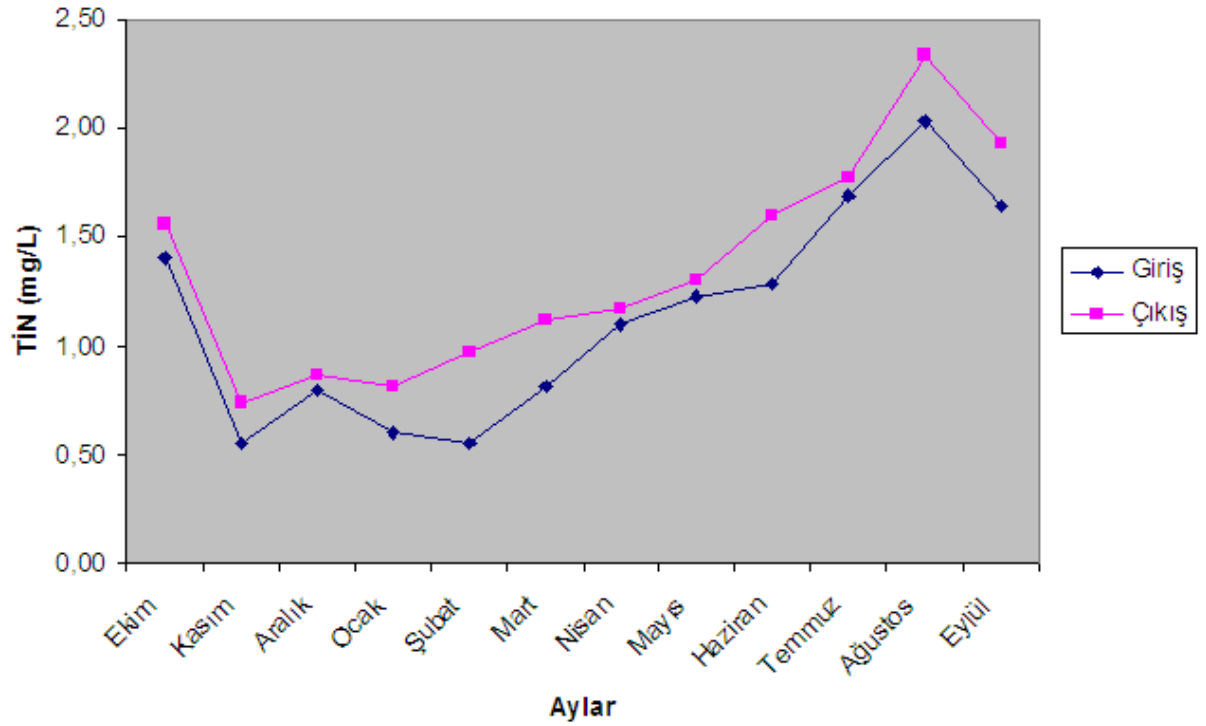
Şekil 4.13 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında nitrat azotu değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.14 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında nitrat azotu değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.15 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında toplam inorganik azot değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.16 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında toplam inorganik azot değerlerinin aylara bağlı değişimi

4.6 Fosfor fraksiyonları

Toplam fosfor (TF)

Büyük ölçekli işletmenin çıkış suyuna ilişkin en yüksek TF değeri temmuz ayında 0.64 mg/L olarak, en düşük TF değeri ise 0.25 mg/L olarak ocak ayında belirlenmiştir. Araştırma periyodunca işletmenin giriş ve çıkış sularındaki TF değerleri istatistiki açıdan önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.25- 4.36, Şekil 4.17).

Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış suyu minimum ve maksimum TF değerleri ise, sırasıyla 0.13 mg/L (şubat, mart) – 0.47 mg/L (ağustos) olarak ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularında şubat (0.13 mg/L), mayıs (0.25 mg/L), temmuz (0.31 mg/L ve 0.33 mg/L) ve ağustos ayı (0.47 mg/L) TF değerleri istatistiki açıdan önemli düzeyde farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.25- 4.36, Şekil 4.18).

Araştırma periyodunca her iki işletmenin çıkış sularındaki toplam fosfor değerleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli seviyede bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.25- 4.36).

Toplam ortofosfat (TO)

Büyük ölçekli işletmede en yüksek çıkış suyu TO değeri 0.30 mg/L olarak temmuz ayında saptanırken, en düşük ocak ayında 0.11 mg/L olarak tespit edilmiştir. İşletmenin giriş ve çıkış sularında ocak ayında (0.09 mg/L ve 0.11 mg/L) saptanan TO değerleri istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.25- 4.36, Şekil 4.19).

Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış suyu minimum ve maksimum TO değerleri ise, sırasıyla 0.09 mg/L (şubat) - 0.17 mg/L (ekim) olarak ölçülmüştür. Orta ölçekli işletmenin giriş ve çıkış sularında kasım (0.13 mg/L) ve şubat ayı (0.09 mg/L) TO değerlerine ilişkin farklılıklar istatistiki açıdan önemli düzeyde farklı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.25- 4.36, Şekil 4.20).

Her iki işletmenin çıkış sularındaki TO değerleri karşılaştırıldığında ise, ocak ayı dışındaki tüm aylarda ölçülen değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.25- 4.36).

Toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO)

Araştırma periyodu boyunca büyük ölçekli işletme çıkış suyuna ilişkin en yüksek TFO değeri 0.09 mg/L olarak nisan ayında, en düşük TFO değeri ise 0.02 mg/L olarak eylül ve kasım ayında saptanmıştır. İşletmenin giriş ve çıkış sularına ilişkin TFO değerleri karşılaştırıldığında ağustos ayı (0.06 mg/L ve 0.07 mg/L) dışında tüm aylarda TFO değerleri istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık göstermiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.25- 4.36, Şekil 4.21).

Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış suyu minimum ve maksimum TFO değerleri ise, sırasıyla 0.01 mg/L (aralık, ocak, şubat ve mart) - 0.04 mg/L (kasım) olarak ölçülmüştür. İşletmenin giriş ve çıkış sularında şubat (0.01 mg/L), mayıs, haziran, temmuz ve ağustos (0.02 mg/L) ayları TFO değerleri istatistiki açıdan farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.25- 4.36, Şekil 4.22).

Her iki işletmenin çıkış sularındaki TFO değerleri karşılaştırıldığında ise, eylül ve ekim ayları dışında tüm aylarda ölçülen değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.25- 4.36).

Partiküler inorganik fosfor (PİF)

Araştırma periyodu boyunca, büyük ölçekli işletme çıkış suyu için en yüksek PİF değeri kasım ayında 0.25 mg/L, en düşük ise ocak ve şubat ayında 0.06 mg/L olarak tespit edilmiştir. İşletmenin giriş ve çıkış sularında ekim (0.15 mg/L ve 0.14 mg/L) ve ocak ayı (0.06 mg/L) PİF değerleri istatistiki açıdan farklı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.25- 4.36, Şekil 4.23).

200 ton/yıl kapasiteli işletmenin çıkış suyuna ilişkin en düşük ve en yüksek PİF değerleri ise, sırasıyla 0.07 mg/L (nisan) – 0.15 mg/L (aralık) olarak tespit edilmiştir. Orta ölçekli işletmenin giriş ve çıkış sularında ocak (0.09 mg/L), şubat (0.08 mg/L) ve mayıs ayında (0.08

mg/L) belirlenen PİF değerleri istatistiki açıdan önemli düzeyde farklılık göstermemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.25- 4.36, Şekil 4.24).

Araştırma periyodunca her iki işletmenin çıkış sularındaki partiküler inorganik fosfor değerleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli seviyede bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.25- 4.36).

Tablo 4.25 Ekim ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.28 ^a	0.16 ^a	0.02 ^a	0.15 ^a
	Çıkış	0.31 ^b	0.18 ^b	0.04 ^{b, A}	0.14 ^a
200	Giriş	0.22 ^a	0.14 ^a	0.02 ^a	0.12 ^a
	Çıkış	0.27 ^b	0.17 ^b	0.03 ^{b, A}	0.14 ^b

Tablo 4.26 Kasım ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.22 ^a	0.12 ^{a, A}	0.01 ^a	0.11 ^{a, A}
	Çıkış	0.38 ^b	0.27 ^b	0.02 ^b	0.25 ^b
200	Giriş	0.32 ^a	0.13 ^{a, A}	0.02 ^a	0.11 ^{a, A}
	Çıkış	0.44 ^b	0.13 ^a	0.04 ^b	0.09 ^b

Tablo 4.27 Aralık ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.24 ^a	0.17 ^a	0.02 ^{a, A}	0.15 ^{a, A}
	Çıkış	0.29 ^b	0.15 ^b	0.04 ^b	0.11 ^b
200	Giriş	0.26 ^a	0.15 ^a	0.01 ^{a, A}	0.14 ^{a, A}
	Çıkış	0.39 ^b	0.16 ^b	0.01 ^b	0.15 ^b

Tablo 4.28 Ocak ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.23 ^a	0.09 ^{a,A}	0.04 ^a	0.06 ^a
	Çıkış	0.25 ^b	0.11 ^{a,A}	0.04 ^b	0.06 ^a
200	Giriş	0.22 ^a	0.10 ^{a,A}	0.01 ^a	0.09 ^a
	Çıkış	0.24 ^b	0.10 ^{b,A}	0.01 ^b	0.09 ^a

Tablo 4.29 Şubat ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.24 ^a	0.10 ^a	0.01 ^{a,A}	0.09 ^a
	Çıkış	0.41 ^b	0.12 ^b	0.06 ^b	0.06 ^b
200	Giriş	0.13 ^a	0.09 ^a	0.01 ^{a,A}	0.08 ^a
	Çıkış	0.13 ^a	0.09 ^a	0.01 ^a	0.08 ^a

Tablo 4.30 Mart ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.30 ^a	0.13 ^a	0.02 ^a	0.11 ^a
	Çıkış	0.46 ^b	0.14 ^b	0.06 ^b	0.08 ^b
200	Giriş	0.12 ^a	0.09 ^a	0.01 ^a	0.08 ^a
	Çıkış	0.13 ^b	0.11 ^b	0.01 ^b	0.10 ^b

Tablo 4.31 Nisan ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.27 ^a	0.13 ^a	0.03 ^a	0.10 ^a
	Çıkış	0.47 ^b	0.24 ^b	0.09 ^b	0.15 ^b
200	Giriş	0.12 ^a	0.09 ^a	0.01 ^a	0.08 ^a
	Çıkış	0.14 ^b	0.10 ^b	0.03 ^b	0.07 ^b

Tablo 4.32 Mayıs ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.29 ^a	0.14 ^a	0.03 ^a	0.11 ^a
	Çıkış	0.49 ^b	0.28 ^b	0.05 ^b	0.23 ^b
200	Giriş	0.25 ^a	0.09 ^a	0.02 ^a	0.08 ^a
	Çıkış	0.25 ^a	0.10 ^b	0.02 ^a	0.08 ^a

Tablo 4.33 Haziran ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.25 ^a	0.15 ^a	0.03 ^a	0.12 ^a
	Çıkış	0.61 ^b	0.27 ^b	0.06 ^b	0.22 ^b
200	Giriş	0.23 ^a	0.10 ^a	0.02 ^a	0.08 ^a
	Çıkış	0.25 ^b	0.11 ^b	0.02 ^a	0.09 ^b

Tablo 4.34 Temmuz ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

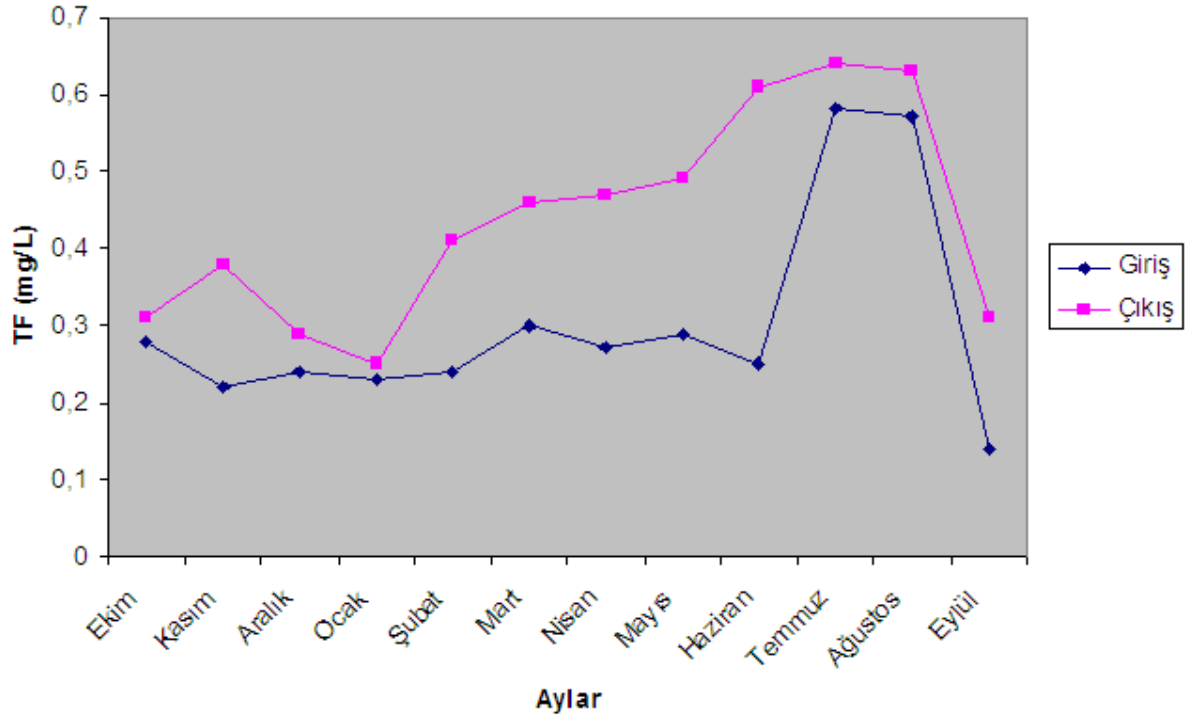
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.58 ^a	0.22 ^a	0.03 ^a	0.18 ^a
	Çıkış	0.64 ^b	0.30 ^b	0.07 ^b	0.24 ^b
200	Giriş	0.31 ^a	0.10 ^a	0.02 ^a	0.09 ^a
	Çıkış	0.33 ^a	0.14 ^b	0.02 ^a	0.13 ^b

Tablo 4.35 Ağustos ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

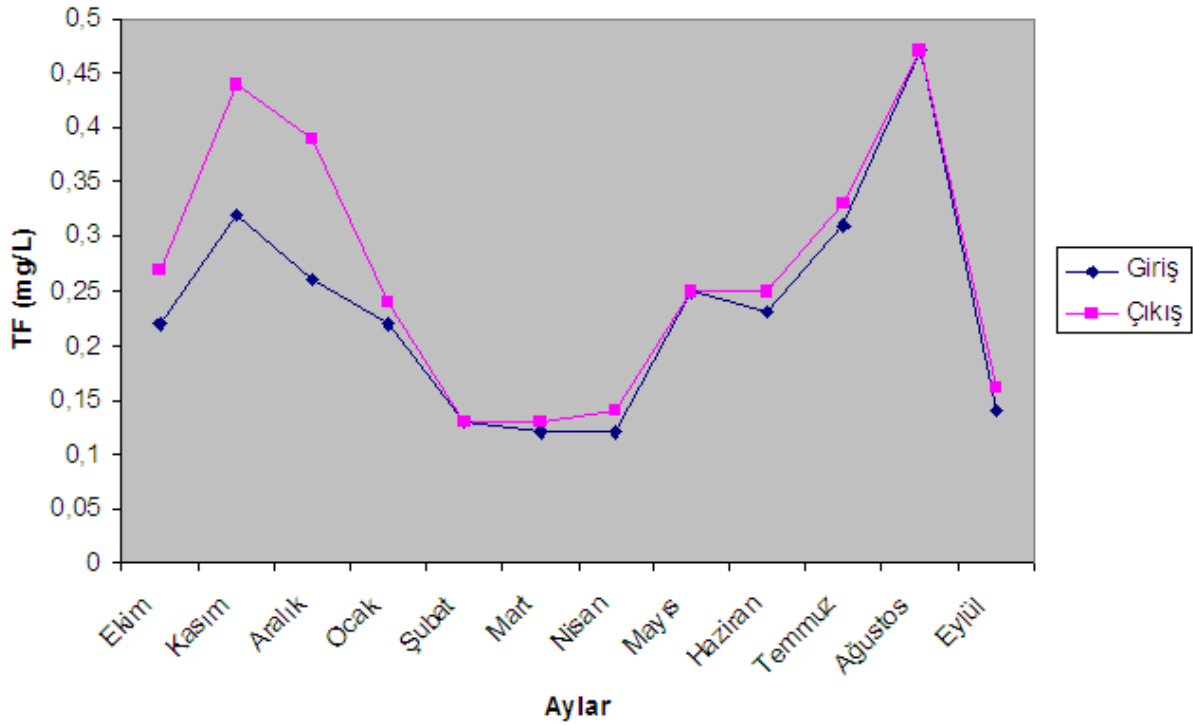
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.57 ^a	0.19 ^a	0.06 ^a	0.12 ^a
	Çıkış	0.63 ^b	0.28 ^b	0.07 ^a	0.21 ^b
200	Giriş	0.47 ^a	0.11 ^a	0.02 ^a	0.09 ^a
	Çıkış	0.47 ^a	0.12 ^b	0.02 ^a	0.10 ^b

Tablo 4.36 Eylül ayında büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor (TF), toplam ortofosfat (TO), toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve partiküler inorganik fosfor (PİF) değerleri

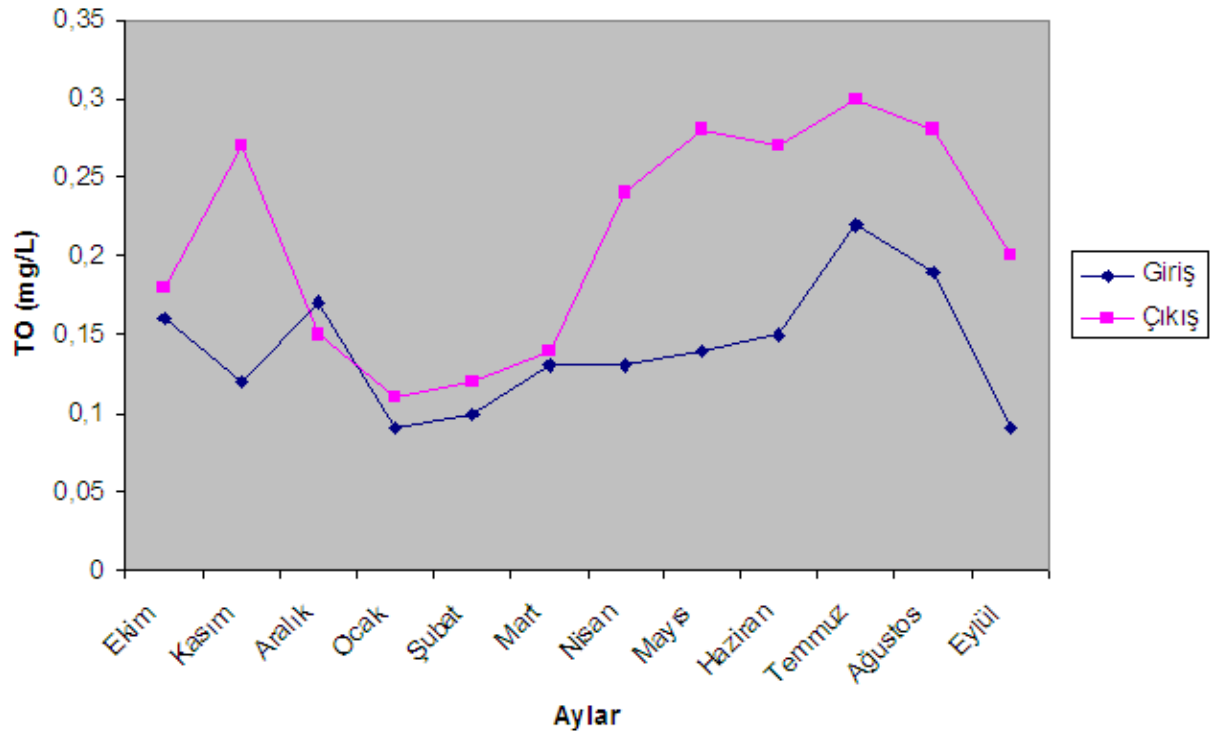
Kapasite (ton/yıl)	Nokta	Özellik (mg/L)			
		TF	TO	TFO	PİF
2500	Giriş	0.14 ^{a,A}	0.09 ^a	0.01 ^{a,A}	0.07 ^a
	Çıkış	0.31 ^b	0.20 ^b	0.02 ^{b,A}	0.18 ^b
200	Giriş	0.14 ^{a,A}	0.10 ^a	0.01 ^{a,A}	0.09 ^a
	Çıkış	0.16 ^b	0.12 ^b	0.02 ^{b,A}	0.10 ^b



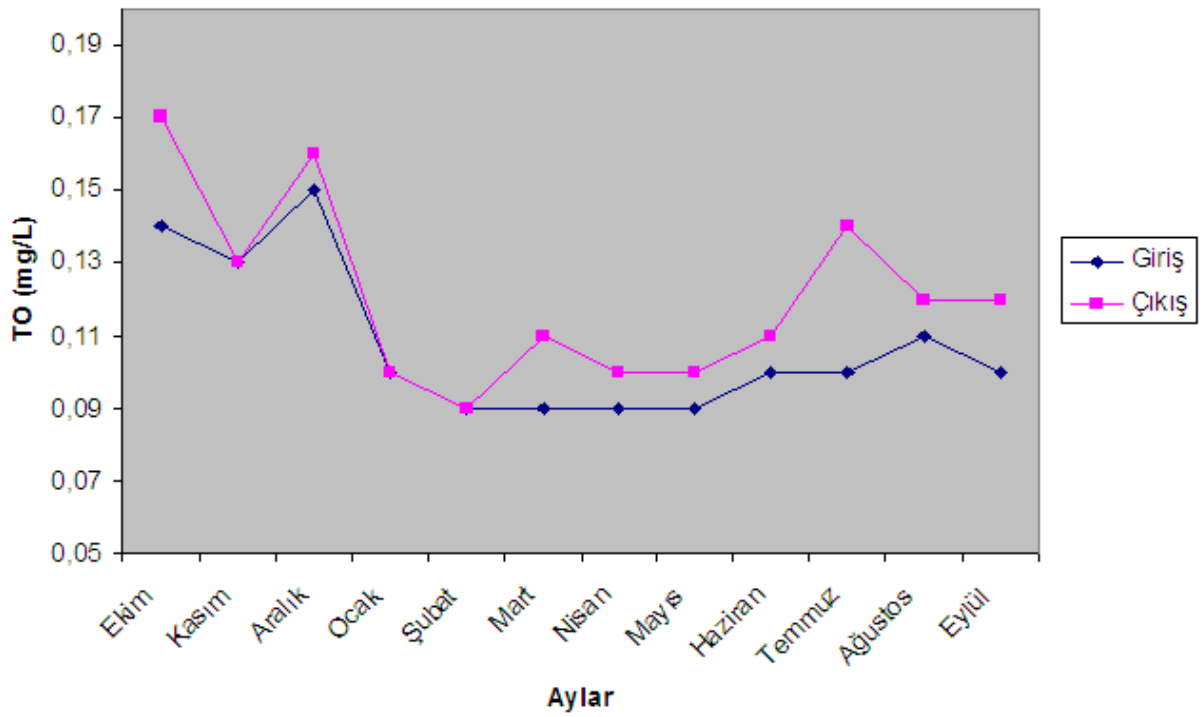
Şekil 4.17 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor değerlerinin aylara bağlı değişimi



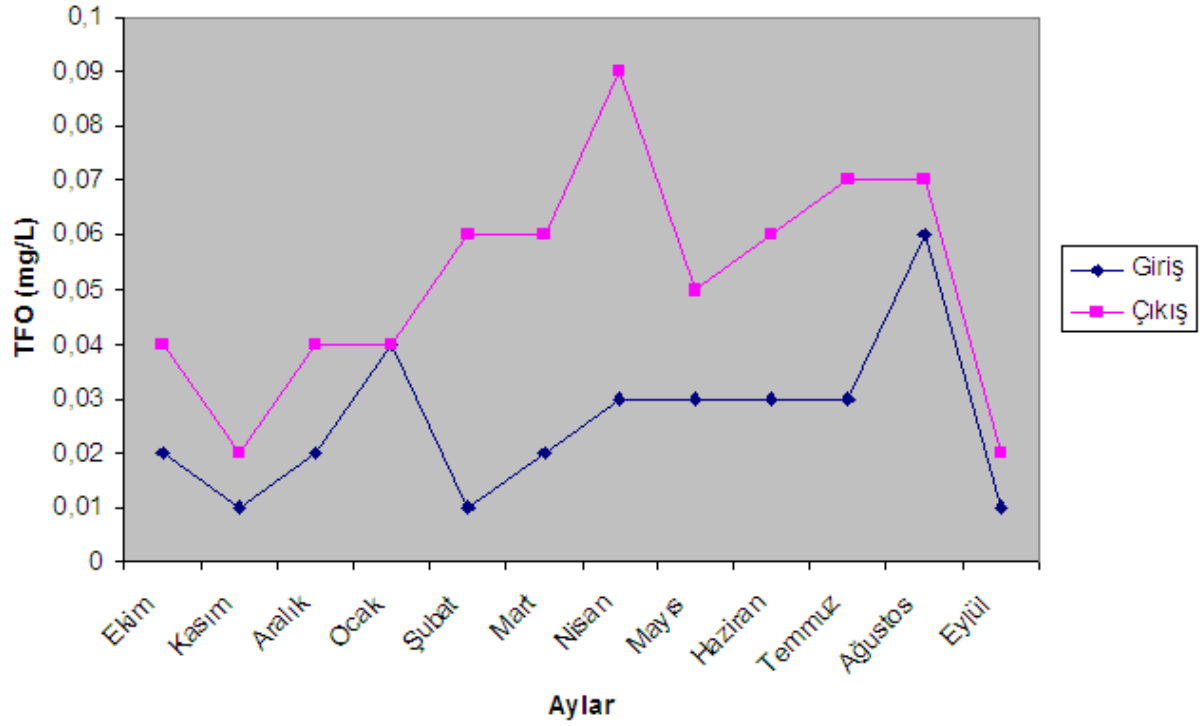
Şekil 4.18 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında toplam fosfor değerlerinin aylara bağlı değişimi



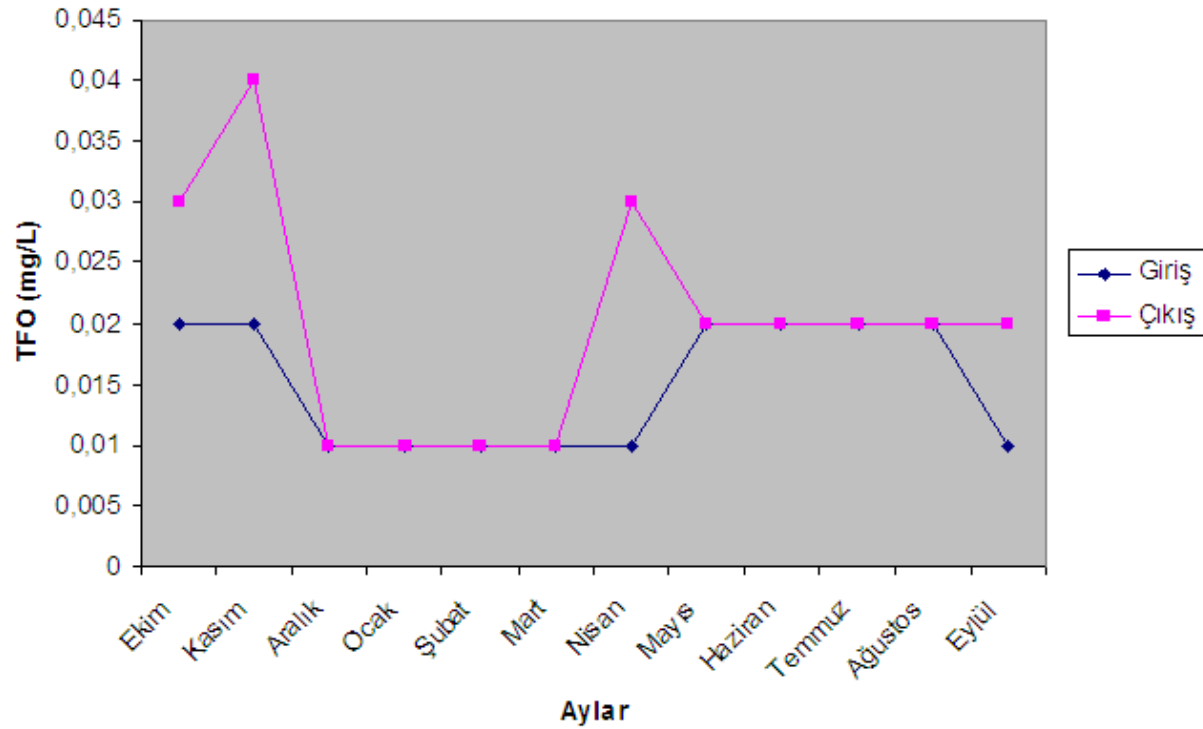
Şekil 4.19 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında toplam ortofosfat değerlerinin aylara bağlı değişimi



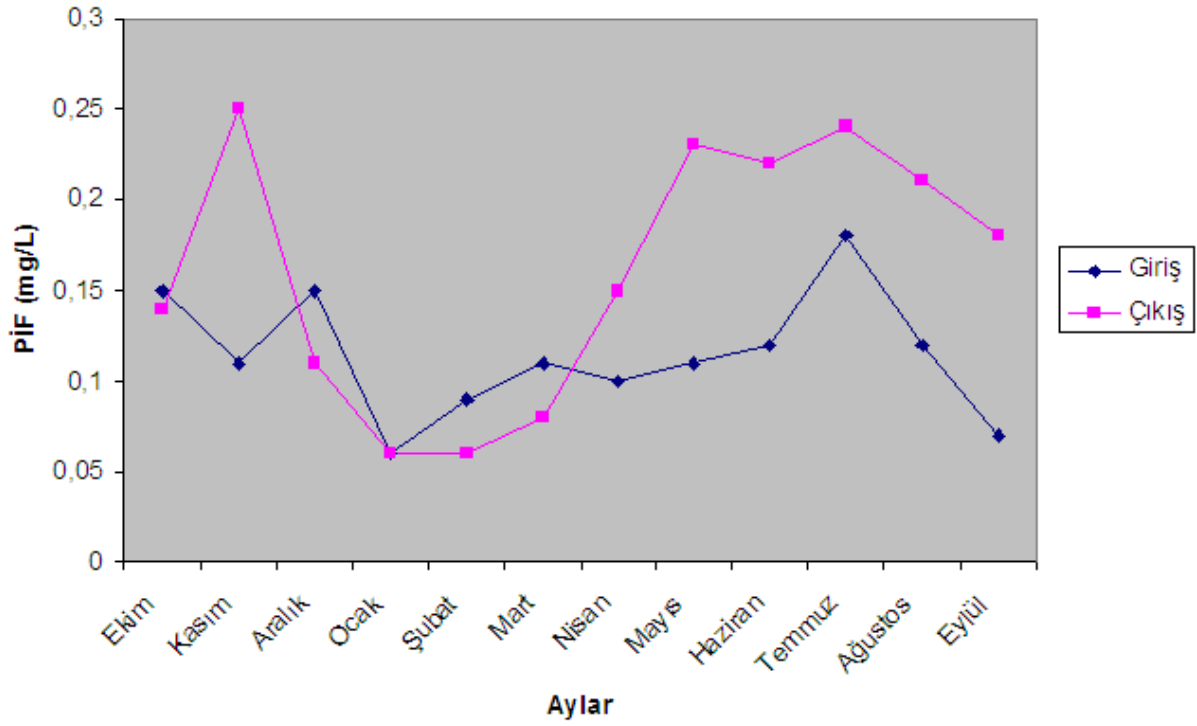
Şekil 4.20 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında toplam ortofosfat değerlerinin aylara bağlı değişimi



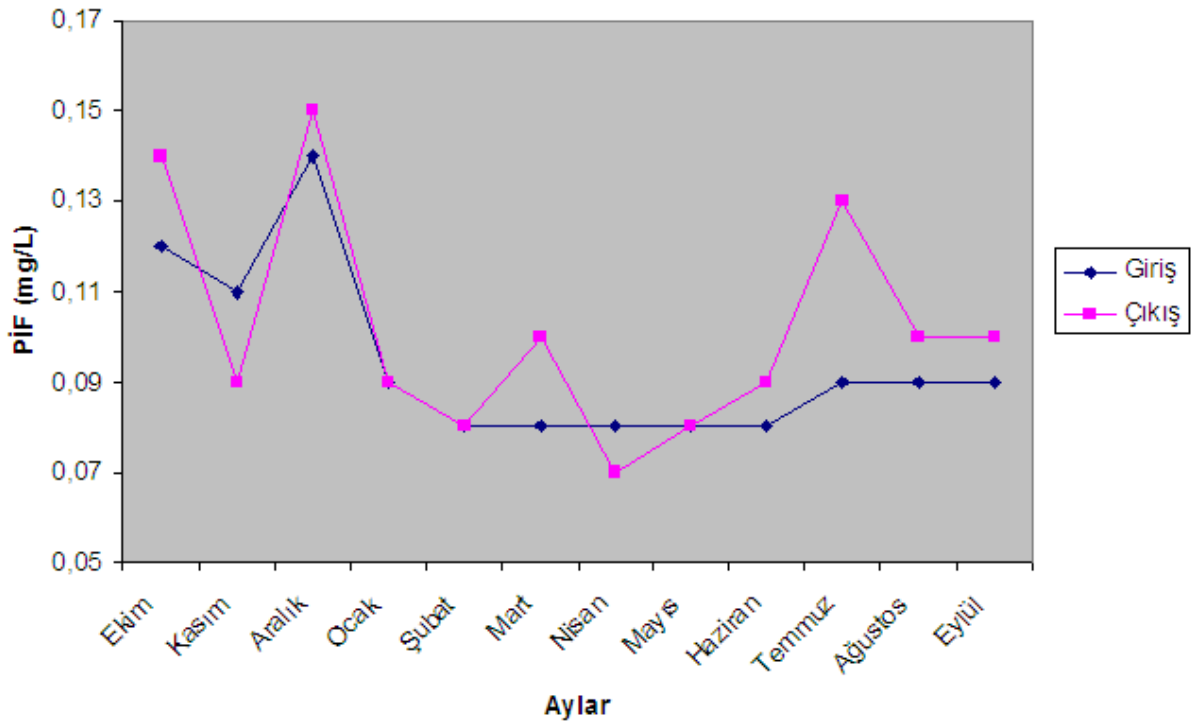
Şekil 4.21 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında toplam filtre edilebilir ortofosfat değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.22 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında toplam filtre edilebilir ortofosfat değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.23 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında partiküler inorganik fosfor değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.24 Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmenin giriş ve çıkış sularında partiküler inorganik fosfor değerlerinin aylara bağlı değişimi

4.7 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅)

Büyük ölçekli işletmede en yüksek çıkış suyu BOİ₅ değeri 5.62 mg/L olarak eylül ayında saptanırken, en düşük değer ekim ayında 2.20 mg/L olarak tespit edilmiştir. İşletmenin çıkış suyu BOİ₅ değerlerinin aylara bağlı gösterdiği farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış suyu minimum ve maksimum BOİ₅ değerleri ise, sırasıyla 3.21 mg/L (mart) - 4.76 mg/L (kasım) olarak ölçülmüştür. İşletmenin çıkış sularında belirlenen BOİ₅ değerlerinin aylara bağlı değişimi istatistiki açıdan önemli seviyededir ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

Her iki işletmenin çıkış sularındaki BOİ₅ değerleri karşılaştırıldığında ise ocak, temmuz ve ağustos aylarına ilişkin BOİ₅ değerleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.37, Şekil 4.25).

4.8 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Büyük ölçekli işletmede en yüksek çıkış suyu KOİ değeri (18.27 mg/L) ocak ayında saptanırken, en düşük değer temmuz ayında (2.99 mg/L) tespit edilmiştir. İşletmenin çıkış suyu KOİ değerlerinin aylara bağlı gösterdiği farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış suyu minimum ve maksimum KOİ değerleri ise, sırasıyla 3.32 mg/L (temmuz) – 15.61 mg/L (nisan) olarak saptanmıştır. İşletmenin çıkış sularında belirlenen KOİ değerlerinin aylara bağlı olarak istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık göstermiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

Her iki işletmenin çıkış sularındaki KOİ değerleri karşılaştırıldığında ise, temmuz ayı dışında tüm aylarda belirlenen KOİ değerleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli düzeyde tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.37, Şekil 4.26).

4.9 Askıda katı madde (AKM)

Araştırma periyodu boyunca büyük ölçekli işletme çıkış suyunda saptanan en yüksek AKM değeri haziran ayında 127.00 mg/L, en düşük ise temmuz ayında 14.75 mg/L olarak tespit edilmiştir. İşletme çıkış suyu AKM değerlerinin aylara bağlı değişimi istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.37)

Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış suyuna ilişkin en düşük AKM düzeyi 20.50 mg/L (eylül) iken, en yüksek değer 123.00 mg/L (haziran) olarak ölçülmüştür. İşletmenin çıkış sularında belirlenen AKM değerlerinin aylara bağlı değişimi istatistiki açıdan önemli seviyededir ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

Araştırma periyodunca her iki işletmenin çıkış sularındaki AKM değerlerinin gösterdiği farklılık istatistiki açıdan önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.37, Şekil 4.27).

4.10 İşletmelerin çıkış suyu toplam fosfor ve toplam inorganik azot yükü

Toplam fosfor yükü (TFY)

Büyük ölçekli işletmeye ilişkin en yüksek TFY değeri 4.14 g olarak temmuz ayında, en düşük değer ise 1.62 g olarak ocak tespit edilmiştir. İşletmenin TFY değerlerinin aylara bağlı gösterdiği farklılıklar istatistiki açıdan önemli seviyededir ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmeye ait en düşük TFY değeri 0.13 g (şubat), en yüksek ise 1.68 g olarak eylül ayında saptanmıştır. İşletmenin TFY değerlerinin aylara bağlı değişimi istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık göstermiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

Araştırma periyodunca her iki işletmenin TFY değerlerinin gösterdiği farklılık istatistiki açıdan önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.37, Şekil 4.28).

Toplam azot yükü (TAY)

Büyük ölçekli işletmeye ilişkin en yüksek TAY değeri 16.35 g olarak ağustos ayında saptanırken, en düşük değer aralık ayında 7.22 g olarak tespit edilmiştir. İşletmenin TAY değerlerinin aylara bağlı gösterdiği farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

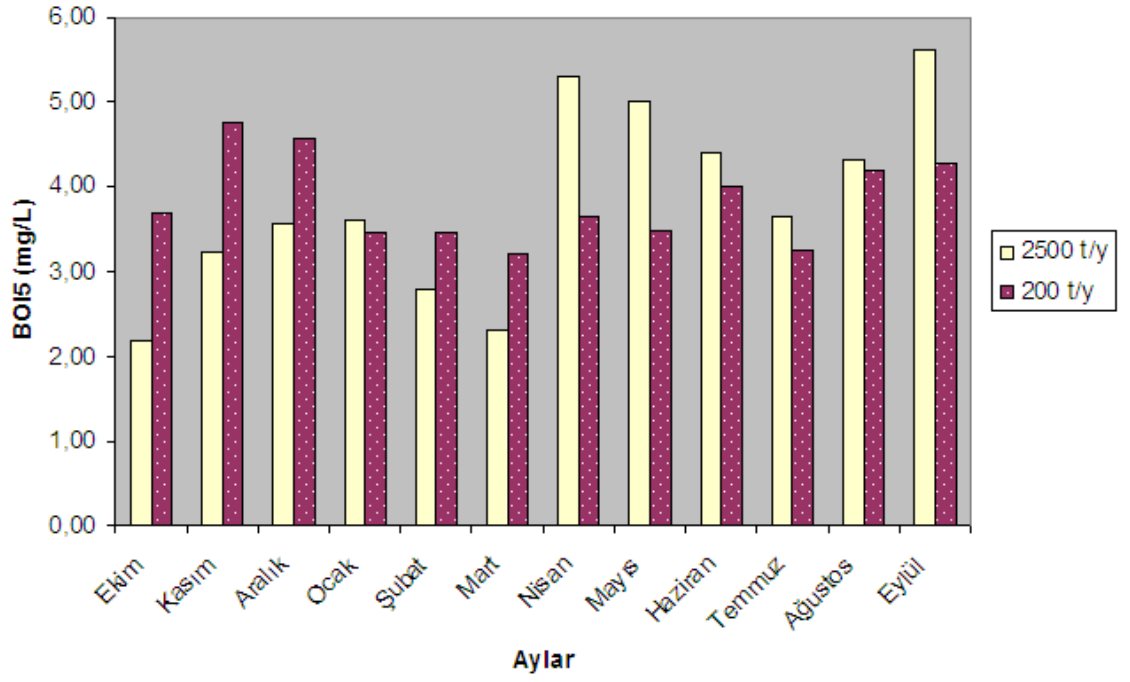
Orta ölçekli (200 ton/yıl) işletmeye ait en düşük TAY değeri 0.76 g (kasım), en yüksek ise 2.41 g olarak ağustos ayında saptanmıştır. İşletmenin TAY değerlerinin aylara bağlı değişimi istatistiki açıdan önemli seviyededir ($p<0.05$) (Tablo 4.37).

Her iki işletmenin çıkış sularındaki TAY değerleri karşılaştırıldığında ise, tüm aylarda belirlenen farklılıklar istatistiki açıdan önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.37, Şekil 4.29).

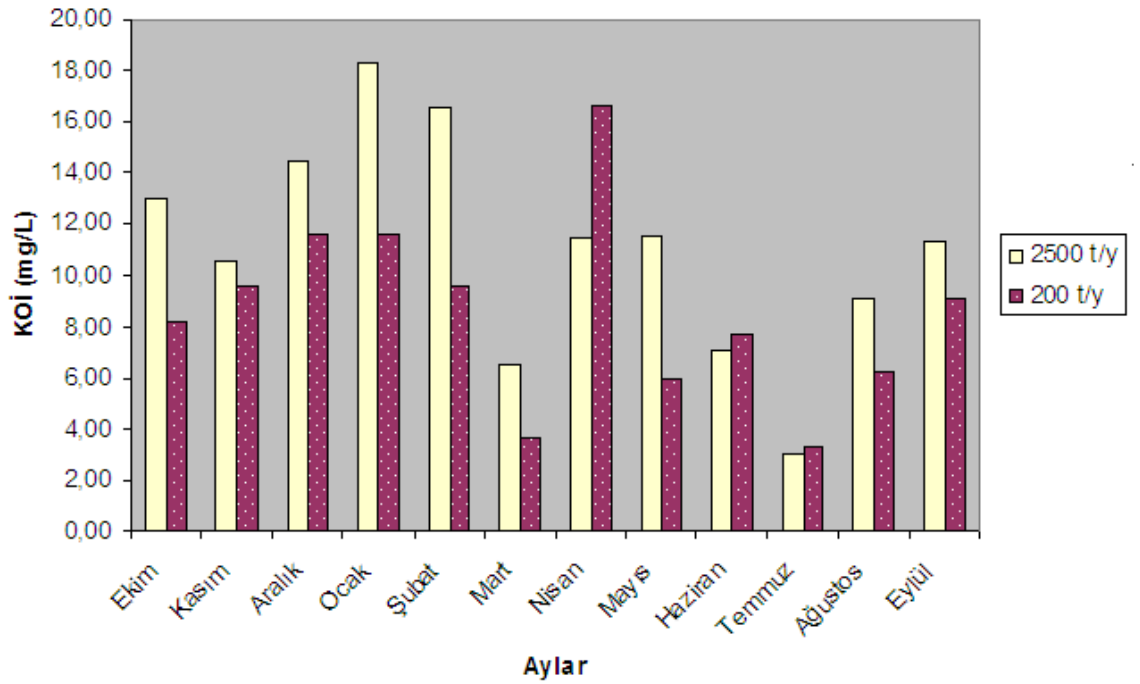
Tablo 4.37 Farklı kapasiteli işletmelerin çıkış sularında biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅, mg/L), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ, mg/L), askıda katı madde (AKM, mg/L), toplam azot yükü (TAY, g) ve toplam fosfor yükü (TFY, g) değerlerinin aylara bağlı değişimi

Aylar \ Özellik	2500 ton/yıl					200 ton/yıl				
	BOİ ₅	KOİ	AKM	TAY	TFY	BOİ ₅	KOİ	AKM	TAY	TFY
Ekim	2.20	12.96	59.00	10.70	1.98	3.69	8.18	67.50	1.62	0.28
Kasım	3.24	10.58	88.00	7.54	2.47	4.76	9.63	51.50	0.76	0.45
Aralık	3.56	14.46	115.00	7.22	1.87	4.57	11.59	83.00	0.90	0.41
Ocak	3.60 ^{a*}	18.27	56.00	8.96	1.62	3.45 ^a	11.57	23.00	0.84	0.25
Şubat	2.78	16.50	56.50	7.25	2.68	3.45	9.60	21.50	1.00	0.13
Mart	2.31	6.48	51.50	7.34	3.02	3.21	3.60	80.00	1.15	0.14
Nisan	5.29	11.46	99.00	7.89	3.06	3.66	15.61	66.50	1.22	0.14
Mayıs	5.01	11.50	17.50	12.10	3.19	3.48	6.00	76.50	1.34	0.26
Haziran	4.40	7.10	127.00	11.93	3.97	4.01	7.69	123.00	1.66	0.26
Temmuz	3.65 ^a	2.99 ^a	14.75	15.28	4.14	3.25 ^a	3.32 ^a	43.25	1.86	0.34
Ağustos	4.31 ^a	9.09	15.75	16.35	4.10	4.18 ^a	6.17	20.75	2.41	0.48
Eylül	5.62	11.26	15.75	15.05	2.02	4.27	9.06	20.50	2.00	1.68

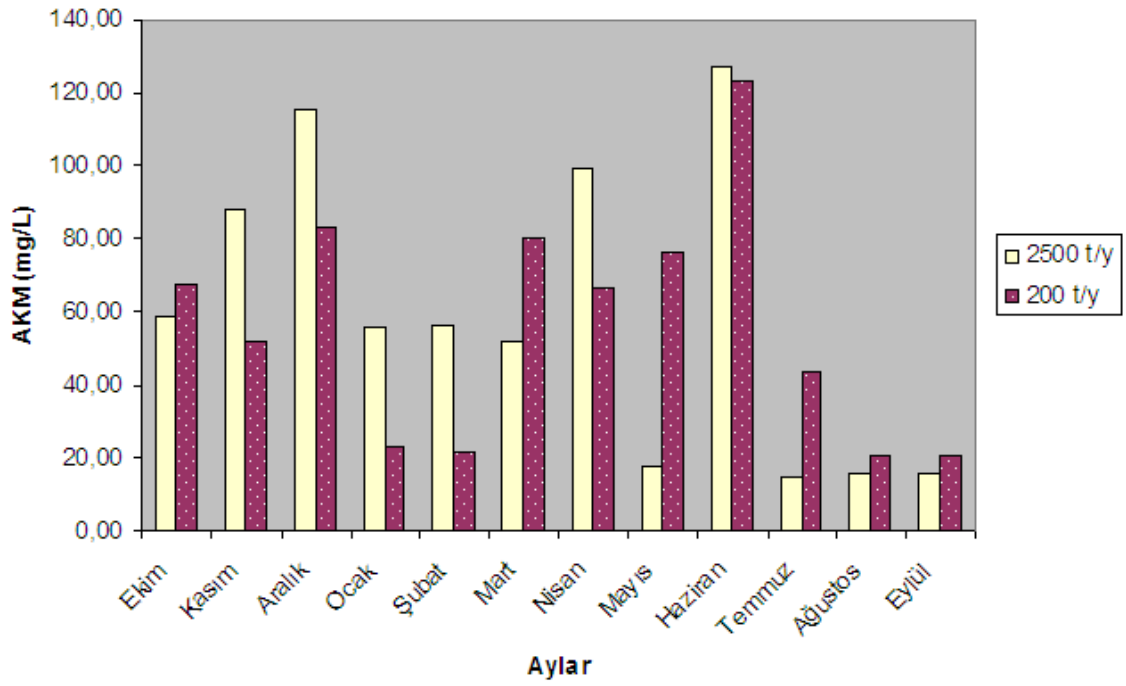
*Herbir işletme ve her bir parametre için küçük harf taşıyan (a) özelliklerin aylara, küçük italik harf (a) taşıyan özelliğin ise işletmelere bağlı değişimi istatistiki açıdan önemli seviyede değildir (p>0.05)



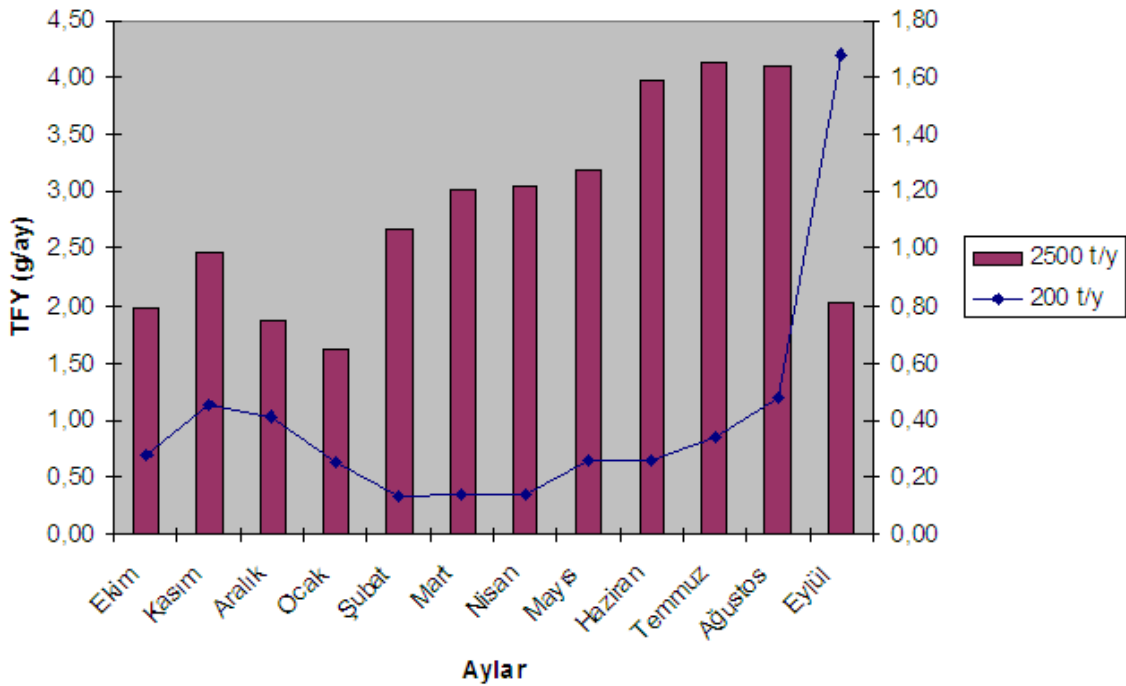
Şekil 4.25 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) ve orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış sularında biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin aylara bağlı değişimi



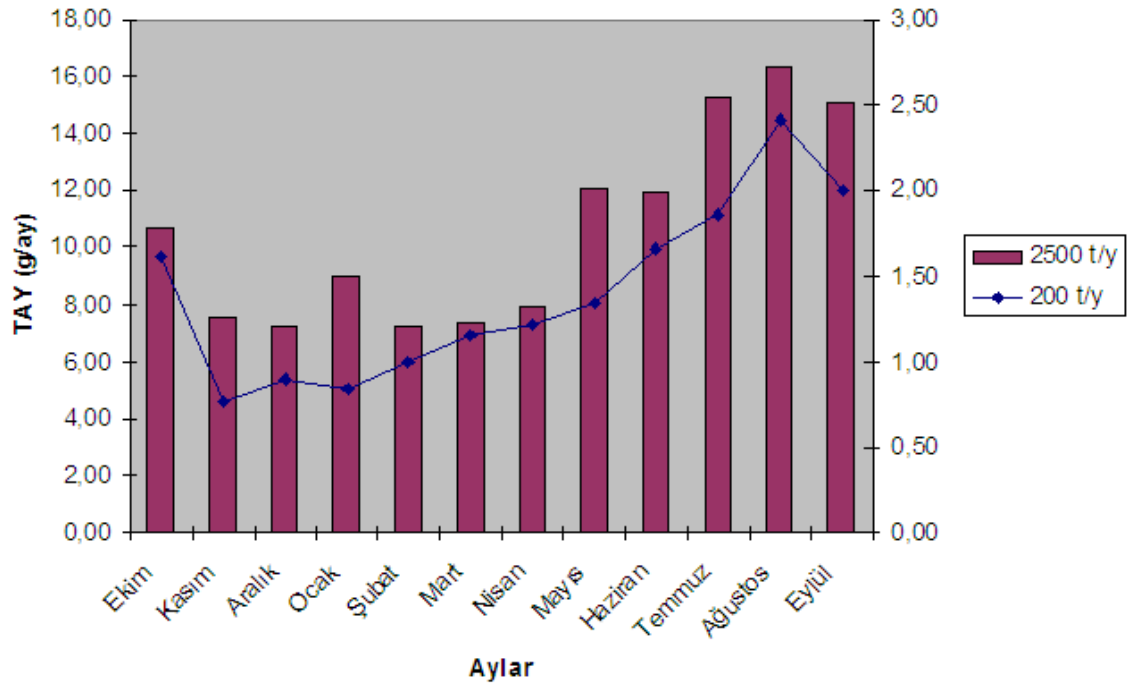
Şekil 4.26 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) ve orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış sularında kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.27 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) ve orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış sularında askıda katı madde değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.28 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) ve orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış sularında toplam fosfor yükü değerlerinin aylara bağlı değişimi



Şekil 4.29 Büyük ölçekli (2500 ton/yıl) ve orta ölçekli (200 ton/yıl) işletme çıkış sularında toplam azot yükü değerlerinin aylara bağlı değişimi

4.11 İşletmelerin kullandığı yemden alıcı ortama bırakılan tahmini azot ve fosfor yükü

Boyd ve Queiroz (2001)'in belirttikleri formül baz alınarak tahmin edilen işletmelere ilişkin azot ve fosfor yükü değerleri Tablo 4.38'de sunulmuştur.

Tablo 4.38 Büyük (2500 ton/yıl) ve orta (200 ton/yıl) ölçekli işletmelere ilişkin azot ve fosfor yükünün tahmini

Kapasite (ton/yıl)	Tüketilen yem (ton/yıl)	YDO	Alıcı ortama bırakılan tahmini yük			
			N (kg)	P (kg)	(kg/ton yem*)	(kg/ton balık**)
2500	2002	0.80	147 710	10 030	73.78 kg N	59.08 kg N
					5.01kg P	4.01kg P
200	250	1.25	21 250	2 150	85.0 kg N	106.25 kg N
					8.60 kg P	10.75 kg P

* İşletmelerde kullanılan yemin azot içeriği % 10.5- fosfor içeriği ise % 1.5'dur.

**Alabalık için kuru madde oranı % 25, N içeriği % 10/kuru madde, P içeriği % 3.2/kuru madde

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1 Su sıcaklığı

Danimarka’da su ürünleri yetiştiriciliği çıkış sularının ortam sıcaklığını en fazla 3°C artırmasına izin verildiği belirtilmiştir (Bergheim ve Cripps 1998). Ülkemizde de Su Ürünleri Yönetmeliği’nde kıta içi tüm sular istihsal sahası olarak kabul edilmiş olup, su ürünleri istihsal yerlerine deşarj edilen, sıcaklığı alıcı ortam sıcaklığını, akarsuda 3°C’den fazla, deniz ve içsularda 2°C’den fazla, 1 saatlik zaman aralığında yapılan ölçümlerde ise, 0.5°C’den fazla değiştiren atık suların alıcı suya verilemeyeceği bildirilmektedir. Bu çalışmada giriş ve çıkış suları su sıcaklığı farkı, araştırma periyodunca 3°C’yi aşmamıştır.

Avrupa Birliği tarafından hazırlanan ve yürürlükte olan “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik” kapsamında, alabalıkgillerin yaşamının devamı için alıcı ortam su sıcaklığına ilişkin su sıcaklığı değeri 10-21°C arasında değişmektedir. İşletmelerin çıkış sularındaki su sıcaklığı değeri (10.84-15.55°C) yönetmelik kapsamı ile uyum göstermektedir.

5.2 Çözünmüş oksijen

Alabalık işletmeleri çıkış sularında çözünmüş oksijen kayıpları, solunum ve organik maddenin parçalanmasından ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada büyük ölçekli işletmenin çıkış suyunda çözünmüş oksijen değeri 5.55 mg/L (minimum) – 10.23 mg/L (maksimum); orta ölçekli işletme çıkış suyunda ise 6.75 mg/L (minimum) – 10.91 mg/L (maksimum) arasında değişim göstermiştir. Araştırma periyodunca işletmelerin çıkış suyu çözünmüş oksijen konsantrasyonu değeri, tatlı sularda yaşamı tehdit eden en düşük konsantrasyon olarak bildirilen 5 mg/L’den (Lawson 1995) daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca büyük ve orta ölçekli işletmelerin giriş ve çıkış sularına ilişkin çözünmüş oksijen konsantrasyonları karşılaştırıldığında, çıkış suyu oksijen değeri

giriş suyuna göre düşmeler gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle büyük ölçekli işletmede çözünmüş oksijen konsantrasyonu bakımından nisan ve temmuz ayları dışında tüm aylarda belirlenen farklılıklar istatistiki açıdan önemli seviyede bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca bu özelliğe ilişkin bulgumuz Tekinay vd. (2009) tarafından Yuvarlakçay (Muğla) üzerinde kurulu 700 ton/yıl kapasiteli gökkuşağı alabalığı işletmesi atık suyundaki çözünmüş oksijen değerinin ortalama 6.88 mg/L olduğu ve bu özelliğin balık yetiştiriciliği aktivitelerinden önemli ölçüde etkilendiği sonucu ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca Castello vd. (1995) ve Boaventura vd. (1997)'ın alabalık işletmeleri çıkış sularında çözünmüş oksijen derişimlerinin azaldığını belirttikleri ve bu değerin mevsimlere bağlı değışimler gösterdiği şeklindeki bildirişlerine de uyum göstermektedir.

Büyük ölçekli işletmede ağustos ayında saptanan çözünmüş oksijen değeri (5.55 mg/L) dışında diğer tüm aylara ilişkin çıkış suyu çözünmüş oksijen konsantrasyon değeri, Stewart vd. (2006) tarafından farklı araştırmacıların akar-su sistemli alabalık işletmelerine ait çıkış sularında belirttikleri çözünmüş oksijen derişim değışim aralıkları (5.4-14.3 mg/L) içerisinde kalmıştır. Araştırmamızda işletmelere ilişkin en düşük çıkış suyu çözünmüş oksijen değeri, Pulatsü vd. (2004) tarafından, Karasu Deresi üzerinde kurulu kapasiteleri 40 ile 1000 ton/yıl arasında değışen alabalık işletmeleri çıkış sularında, en düşük olarak belirtilen 7.8 mg/L düzeyindeki oksijen değerinden daha düşük bulunmuştur. Ayrıca bu değeri, Kırkağaç vd. (2009)'ın karasal kökenli (30 ton/yıl) gökkuşağı alabalığı işletmesi çıkış suyu çözünmüş oksijen değeri olarak belirttiği 5.2 mg/L ile Boyd ve Gautier (2000) tarafından çıkış suyu çözünmüş oksijen zorunlu değeri olarak belirtilen 5 mg/L'ye yakındır. Bu araştırmada büyük ölçekli işletme çıkış suyunda saptanan düşük çözünmüş oksijen değeri (5.55-6.75 mg/L), ABD'de Kuzey Carolina ve Virjinya Eyaletinde soğuk su balıkları üreten işletmelerin çıkış suları kalitesi için getirilen minimum 6.0 – 6.6 mg/L düzeyindeki (Davis 1993) çözünmüş oksijen değeriyle benzer bulunmuştur.

Su Ürünleri Yönetmeliği'nde alıcı ortamın çözünmüş oksijen miktarını 6 mg/L'nin altına düşüren atık suların alıcı ortama verilemeyeceği bildirilmektedir. Bu bağlamda araştırmaya konu olan farklı kapasiteli işletmelerin, bu parametre açısından alıcı

ortamın su kalitesini olumsuz yönde etkilediği söylenemez. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde ise, kıta içi sular su kalite sınıflarına göre dört grupta değerlendirilmekte olup çözünmüş oksijen değeri, I. sınıf su kalite sınıfı için 8 mg/L olarak belirtilmiştir. Çalışmamızda her iki işletmenin çıkış sularına ilişkin çözünmüş oksijen değerleri genellikle belirtilen standart değerin üzerinde ölçülmüştür.

5.3 pH

Araştırma periyodunca pH değerleri işletme farkı gözetmeksizin çıkış sularında minimum 7.03 maksimum 8.34 olarak ölçülmüştür. Castello vd. (1995), Boaventura vd. (1997) ve Maillard vd. (2005) tarafından alabalık işletmeleri çıkış sularındaki pH değerlerine ilişkin değişimlerin giriş suyuna göre önemsiz seviyede olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Karasu Deresi üzerinde ardarda kurulu beş gökkuşağı alabalığı işletmesi çıkış sularında tespit edilen pH değerleri ile kaynak ve giriş suyu pH değerleri arası farklılıkların da istatistiki açıdan önemsiz olduğu belirtilmiştir (Pulatsü vd. 2004). Çalışmamızda ise büyük ölçekli işletmede ocak ve mayıs ayı, orta ölçekli işletmede ise şubat, nisan ve ağustos ayları dışında giriş ve çıkış suyu pH değerlerinin gösterdiği farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Tekinay vd. (2009) tarafından da, Yuvarlakçay üzerinde kurulu 700 ton/yıl kapasiteli gökkuşağı alabalığı işletmesi çıkış suyunda pH'daki değişimlerin giriş suyuna göre istatistiki açıdan önemli düzeyde farklılık gösterdiği bildirilmiştir.

Stewart vd. (2006) farklı araştırmacıların akar-su sistemli alabalık işletmelerine ait çıkış sularında pH değişim aralığını 5.9-9.4 olarak belirtmişlerdir. Stechey ve Linquist (2004) ise, Alberta'da karasal kökenli işletmeler için uygulanan çıkış suyu zorunlu değerlerini 6.0-9.5, Washington Eyaletinde uygulanan zorunlu değerleri ise 6.0-9.0 olarak bildirmişlerdir. Araştırmamızda saptanan pH değerleri yukarıdaki bildirişlerle paralellik göstermektedir. Ayrıca bu değer aralığı, Lawson'un (1995) sucul yaşam için optimum olarak belirttiği (6.6-8.0) değişim aralığına ve Pulatsü vd. (2004) ile Kırkağaç vd. (2009)'ın alabalık işletmeleri çıkış suları pH değerlerine benzerlik göstermektedir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde kıta içi sular, su kalitelerine göre dört sınıfta değerlendirilmektedir; I. sınıf su kalite kriterleri kapsamında pH değeri 6.5–8.5'dur. Su Ürünleri Yönetmeliği'nde alıcı suyun pH değerini 6.5 – 8.5 değerleri dışına çıkaran atık suların alıcı ortama verilemeyeceği bildirilmekte iken, “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik”e göre zorunlu pH değeri 6.0-9.0'dur. Bu bağlamda, çıkış sularındaki pH değerleri, ulusal ve uluslararası ilgili yasal düzenlemelerin gerektirdiği zorunlu değerler arasında bulunmuş olup çalışmamıza konu olan işletmelerin alıcı ortama bu parametre açısından herhangi bir olumsuz etkisi olduğu düşünülmemektedir.

5.4 Elektrik iletkenliği

Bu araştırmada elektrik iletkenliği değerleri 250.60 – 290.60 μ mhos/cm arasında değişim göstermiş ve bu değişimin bazı aylarda gösterdiği farklılık istatistiki açıdan önemli seviyede bulunmuştur ($p < 0.05$). Castello vd. (1995) ve Boaventura vd. (1997) ise alabalık işletmeleri çıkış sularındaki elektrik iletkenliği değerlerinin giriş suyuna göre önemsiz seviyede değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

5.5 İnorganik azot fraksiyonları

Amonyak-azotu

Araştırmamızda büyük ve orta ölçekli gökkuşağı alabalığı işletmeleri çıkış suyunda amonyak-azotu konsantrasyonları 0.19-0.38 mg/L arasında değişmiştir. Amonyak-azotu konsantrasyonlarına ilişkin bulgular, Midlen ve Redding (1998) tarafından balık işletmeleri çıkış sularında 0.2 – 0.5 mg/L, Hinshaw ve Fornshell (2002) tarafından ise akar-su sistemli alabalık işletmeleri çıkış sularında 0.01-1.52 mg/L olarak bildirilen amonyak-azotu konsantrasyon değişim aralığı içerisinde iken, Schwartz ve Boyd'un (1994) Amerika Balıkçılık İşletmeleri çıkış suları kalite standartlarında amonyak-azotu için 1.77 mg/L olarak belirttikleri değerin oldukça altındadır. Bu çalışmada tespit edilen amonyak-azotu konsantrasyon değerleri, Pulatsü vd. (2004)'de çıkış suyu maksimum

amonyak-azotu konsantrasyonu olan 0.114 mg/L'den düşük, Kırkağaç vd. (2009) tarafından tespit edilen 0.39 mg/L değerine ise yakın bulunmuştur.

Castello vd. (1995), Boaventura vd. (1997) ile Selong ve Helfrich (1998) adlı araştırmacılar, amonyak-azotu bakımından alabalık işletmeleri çıkış sularında giriş suyuna göre artışlar olduğunu bildirmişlerdir. Benzer durum büyük ölçekli işletmede ekim ayı dışında, orta ölçekli işletmede ise mayıs ve temmuz ayı dışında tüm aylarda tespit edilmiştir.

Araştırmamızda maksimum amonyak-azotu konsantrasyon artış değeri (çıkış suyu $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyon değeri – giriş suyu $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyon değeri), büyük ölçekli işletme için 0.21 mg/L iken, orta ölçekli işletmede 0.11 mg/L olarak bulunmuş; bu değerler Bergheim ve Cripps (1998)'in Danimarka'da su ürünleri yetiştiriciliği çıkış suyunda amonyak-azotu zorunlu değerlerindeki maksimum konsantrasyon artışı olarak bildirdikleri 0.4 mg/L değerinden düşük bulunmuştur.

Araştırma periyodunca her iki işletmenin çıkış suyunda Lawson'un (1995) belirttiği dönüşüm faktörleri baz alınarak hesaplanan ve 0.41-0.88 mg/L arasında değişim gösteren toplam amonyak azotu değerleri, alabalık işletmelerine ait çıkış suları için Stewart vd. (2006)'ın 0.02-1.52 mg/L olarak bildirdikleri değer aralığı ile uyum gösterirken, Stechey ve Linqvist (2004)'in belirttiği değerin (5 mg/L) altında kalmıştır. Bu özelliğe ilişkin bulgumuz, “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik” kapsamında zorunlu toplam amonyak azotu değeri olarak belirtilen ≤ 1 mg/L'den düşük bulunmuştur.

Su Ürünleri Yönetmeliği'nde 0.02 mg/L amonyum iyonu alıcı ortama ait kabul edilebilir değerdir. Çalışmamız kapsamında Lawson'un (1995) belirttiği dönüşüm faktörleri baz alınarak hesaplanan ve 0.30-0.64 mg/L olarak belirlenen amonyum iyonu değer aralığı, alıcı ortam için kabul edilebilir değerin üzerinde bulunmuştur.

Nitrit – azotu

Farklı araştırmacılar tarafından akar-su sistemli alabalık işletmelerine ait çıkış sularında nitrit-azotunun 0.02 mg/L'den daha düşük olduğu bildirilmiştir (Stewart vd. 2006). Araştırmamızda büyük ölçekli işletmede çıkış suyuna ilişkin nitrit-azotu değerleri tüm aylarda belirtilen değeri aşarken, orta ölçekli işletmede mart, nisan ve mayıs ayları dışında 0.02 mg/L'den daha düşük bulunmuştur.

Nitrat – azotu

Bu çalışmada nitrat-azotu konsantrasyonları 0.28 mg/L (minimum) – 1.70 mg/L (maksimum) arasında değişim göstermiş, bulgularımız Midlen ve Redding (1998) tarafından balık işletmeleri çıkış sularında havuzların temizlendiği dönem dışında nitrat-azotuna ilişkin değerlerin 0.47 ile 3.58 mg/L arasında değişebileceği bilgisi ile örtüşmüştür.

Araştırma boyunca elde edilen azot fraksiyonlarına ilişkin sonuçlar, Schwartz ve Boyd (1994) tarafından Amerika Balıkçılık İşletmeleri çıkış suları kalite standartlarında nitrit-azotu için 0.83 mg/L, nitrat-azotu içinse 16.9 mg/L olarak belirtilen değerlerden oldukça düşük, Pulatsü vd. (2004) ile Kırkağaç vd. (2009) tarafından alabalık işletmeleri çıkış sularında saptanan nitrit-azotu ve nitrat-azotu değerlerine benzer bulunmuştur.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan I. sınıf su kalite kriterleri içerisinde $\text{NO}_2\text{-N}$ değeri 0.002 mg/L, $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri 5 mg/L olarak bildirilmiştir. Su Ürünleri Yönetmeliği'nde ise alıcı ortama ait kabul edilebilir değerler nitrat iyonları için 4.2 mg/L, nitrit iyonları içinse 10 mg/L'dir. “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik” kapsamında nitrit-azotu hedef değeri ≤ 0.01 mg/L olarak belirtilmiştir. Bu bağlamda, büyük ve orta kapasiteli işletmelerin çıkış suları nitrit-azotu değerleri (0.01-0.09 mg/L) gerek Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği gerekse “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında

Yönetmelik”e göre zorunlu değerlerin üzerinde iken, Su Ürünleri Yönetmeliği’nde yer alan alıcı sulara ait kabul edilebilir değerlerin altında tespit edilmiştir. Çıkış suları nitrat-azotu değeri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde belirtilen değerin altında, nitrit iyonu değeriyle de Su Ürünleri Yönetmeliği’nde bildirilen düzeylerin çoğunlukla altında bulunmuştur.

Araştırma periyodunca elde edilen toplam inorganik azot konsantrasyon verileri, konuyla ilgili bu parametreye ilişkin kaynak bulunmadığından tartışılamamıştır.

5.6 Fosfor fraksiyonları

Toplam fosfor ve toplam ortofosfat (TF, TO)

Bu çalışmada, büyük ölçekli işletme çıkış sularında toplam fosfor konsantrasyon değerleri 0.25-0.64 mg/L, orta ölçekli işletmede ise 0.13-0.47 mg/L arasında değişmiştir. Midlen ve Redding (1998) tarafından balık işletmeleri çıkış sularında havuzların temizlendiği dönem dışında toplam fosfor konsantrasyonlarının 0.03-0.13 arasında değiştiği bildirilmiştir. Schwartz ve Boyd (1994) ise, Amerika Balıkçılık İşletmeleri çıkış suları kalitesi açısından bu parametre için zorunlu değeri 0.17 mg/L olarak belirtmişlerdir. Lucas ve Southgate’e (2003) göre, Avrupa’da farklı ülkeler için su ürünleri yetiştiriciliği çıkış sularında toplam fosfor derişimi 0.05–0.26 mg/L arasında değişmektedir. Stechey ve Linquist (2004) tarafından, Ontario’da (Kanada), karada-kurulu balık işletmelerinde çıkış suyunun fosfor değeri 0.03 mg/L, Danimarka’da su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin çıkış suyu toplam fosfor sınır değeri 0.05 mg/L olarak belirtilmiştir. True vd. (2004) ise, ABD Idaho’ da, atık su deşarjında fosfor konsantrasyonunun 0.1 mg/L ile sınırlandırıldığını bildirmiştir. Bu bağlamda araştırma periyodunca çıkış sularında ölçülen toplam fosfor değerleri, yukarıda belirtilen araştırma bulgularından daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca çıkış suyu toplam fosfor konsantrasyonuna ilişkin bulgularımız Pulatsü vd. (2004) tarafından yürütülen çalışmada, Karasu Deresi üzerinde kurulu son gökkuşağı alabalığı işletmesinin çıkış suyu değeri olan 0.184 mg/L’den yüksektir.

Castello vd. (1995) ve Boaventura vd. (1997) alabalık işletmeleri çıkış sularında toplam fosfor derişimlerinde giriş suyuna göre artışlar olduğunu tespit etmişler, Tekinay vd. (2009) Yuvarlakçay (Muğla) üzerinde kurulu 700 ton/yıl kapasiteli gökkuşağı alabalığı işletmesi giriş ve çıkış sularının toplam fosfor konsantrasyonları arasındaki farklılığın istatistiki açıdan önemli olmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise büyük ölçekli işletme çıkış sularında toplam fosfor konsantrasyon değerlerinin tüm aylarda, orta ölçekli işletmede ise şubat, mayıs ve temmuz ve ağustos ayları dışında gösterdiği farklılıklar istatistiki olarak önemli seviyede bulunmuştur ($p<0.05$).

Kırkağaç vd. (2009) otuz ton kapasiteli karasal kökenli alabalık işletmesinde; çıkış suyu toplam fosfor (0.60-1.74 mg/L) ve toplam ortofosfat (0.41-0.76 mg/L) değerlerinin yüksek saptanmasında, yalnız işletmenin etkisinin değil aynı zamanda işletmenin ana su kaynağı olan Batı Göleti'nin sahip olduğu yüksek fosfor düzeyinin de katkısı olduğunu vurgulamışlardır. Benzer şekilde bu çalışmada dikkate alınan her iki işletmenin ana su kaynağı ve dolayısıyla giriş suyu olan Eşen Çayı toplam fosfor değerleri, gerek Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve gerekse “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik” kapsamındaki hedef değerlerin üzerindedir.

Yasal düzenleme bazında Kanada'da su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin düzenlemesi bulunan yerleşim bölgelerinden British Columbia'da toplam fosfora ilişkin zorunlu değer 0.1-0.2 mg/L iken, bu değer Quebec'te 0.02-0.03 mg/L, New Brunswick ve Nova Scotia'da 0.03 mg/L, su ürünleri yetiştiriciliği ile ilgili düzenlemesi bulunmayan karada kurulu tesisler içinse 0.1 mg/L'dir (Stechey ve Linquist 2004). Bu araştırmada elde edilen toplam fosfor konsantrasyonu değerleri, yukarıdaki bildirişlerden daha yüksektir.

Toplam fosfor değeri, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde I. sınıf su kalite sınıfı için 0.02 mg/L olarak belirtilirken, “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik” kapsamında alabalıkgiller için 0.2 mg/L olarak verilmiştir. Çalışmamıza konu olan her iki işletmenin çıkış sularındaki toplam fosfor değerlerinin, araştırma periyodunca yukarıdaki yönetmeliklerde bildirilen değerleri aştığı tespit edilmiştir.

Araştırmamızda maksimum toplam fosfor konsantrasyon artış değeri, büyük ölçekli işletme için 0.36 mg/L iken, orta ölçekli işletmede 0.13 mg/L olarak bulunmuş; bu değerler Bergheim ve Cripps (1998)'in Danimarka'da su ürünleri yetiştiriciliği çıkış suyunda toplam fosfor zorunlu değerlerindeki maksimum konsantrasyon artışı olarak bildirdikleri 0.05 mg/L değerinden oldukça yüksek bulunmuştur.

Bu çalışmada, büyük ölçekli işletme çıkış sularında 0.11-0.30 mg/L, orta ölçekli işletmede ise 0.09-0.17 mg/L arasında değişen toplam ortofosfat konsantrasyon değerleri, Stewart vd. (2006) tarafından farklı araştırmacıların akar-su sistemli alabalık işletmelerine ait çıkış sularında 0.01-1.09 mg/L olarak belirtilen toplam ortofosfat değişim aralığı içinde kalmıştır. Su Ürünleri Yönetmeliği'nde alıcı ortama ait kabul edilebilir fosfat değerinin (15 mg/L) ise oldukça altında bulunmuştur.

5.7 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅)

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin Avrupa'da farklı ülkelerde su ürünleri yetiştiriciliği çıkış sularında 5-20 mg/L (Lucas ve Southgate 2003), balık işletmeleri çıkış sularında havuzların temizlendiği dönem dışında ise 3.0-20 mg/L arasında değiştiği (Midlen ve Redding 1998) bildirilmiştir. Bu çalışmada ise, büyük ölçekli işletme çıkış sularında biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri 2.20-5.62 mg/L, orta ölçekli işletmede ise 3.21-4.76 mg/L arasında değişmiştir. Araştırmamızda saptanan biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerlerine ilişkin değerler, yukarıda belirtilen çıkış suyu BOİ₅ zorunlu değerlerin altında kalmıştır. Bu çalışmada ele alınan farklı kapasiteli işletme çıkış sularına ilişkin maksimum BOİ₅ değerleri, Maillard vd. (2005)'in Virginya'da farklı kapasiteli üç alabalık işletmesi çıkış suyu için saptadığı 1.1-2.5 mg/L'den ve Stechey ve Linquist (2004) tarafından Ontario'da (Kanada) ve Alberta'da su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin çıkış suyu biyokimyasal oksijen ihtiyacı zorunlu değeri olan 3.0 mg/L'den ise daha yüksek bulunmuştur. BOİ₅ bulgularımız, Tekinay vd. (2009)'un Yuvarlakçay üzerinde kurulu 700 ton/yıl kapasiteli gökkuşağı alabalığı işletmesi çıkış suyunda ortalama 4.37 mg/L olarak bildirdiği değerle benzerlik göstermektedir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde I. sınıf su kalitesi için BOİ₅ değeri 4 mg/L, “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik”e göre ise hedef değer ≤ 3 mg/L'dir. Çalışmamıza konu olan büyük ölçekli işletmede ekim, şubat ve mart ayları dışında, orta ölçekli işletmede ise tüm aylarda çıkış suyu BOİ₅ değerleri, yukarıdaki yönetmeliklerde belirtilen değerleri aşmıştır.

5.8 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Araştırmamızda büyük ölçekli işletme çıkış sularında kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri 2.99-18.27 mg/L, orta ölçekli işletmede ise 3.32-15.61 mg/L arasında değişmiş; saptanan kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri, Midlen ve Redding (1998) tarafından balık işletmeleri çıkış sularında havuzların temizlendiği dönem dışında belirtilen kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinden (8.0-24 mg/L) daha düşük iken, Pulatsü vd. (2004) tarafından Karasu Deresi üzerinde ardarda kurulu beş gökkuşağı alabalığı işletmesi çıkış sularında maksimum 6.32 mg/L olarak tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur. Bu parametreye ilişkin bulgularımız, Yuvarlakçay üzerinde kurulu 700 ton/yıl kapasiteli gökkuşağı alabalığı işletmeleri çıkış suyu için ortalama 30.4 mg/L olarak bildirilen değerden (Tekinay vd. 2009) ise daha düşüktür.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde I. sınıf su kalitesi için kimyasal oksijen ihtiyacı değerinin 25 mg/L olması gerektiği bildirilmiştir. Söz konusu yönetmelikte su ürünleri yetiştiriciliği atık sularının alıcı ortama deşarjında sadece KOİ değeri değerlendirilmekte olup bu değer 2 saatlik kompozit numunede 50 mg/L, 24 saatlik numunede 30 mg/L'dir. Büyük ve orta kapasiteli işletmelerin çıkış sularındaki KOİ değerleri ulusal yönetmelikler kapsamında belirlenen değerlerin altında belirlenmiştir.

5.9 Askıda katı madde (AKM)

Tüketilmeyen yem ve balık dışkılarından köken alan (Laird ve Needham 1988) askıda katı madde düzeyi, bu çalışmada ele alınan büyük ölçekli işletme çıkış sularında 14.75-

127.0 mg/L, orta ölçekli işletmede ise 20.50-123.0 mg/L arasında değişmiştir. Bu değerler, Pulatsü vd. (2004) tarafından Karasu Deresi üzerinde kurulu gökkuşağı alabalığı işletmeleri çıkış sularında en yüksek 2.46 mg/L olarak belirtilen değerden oldukça yüksektir.

Araştırmamızda seçilen işletmelerin çıkış sularına ilişkin askıda katı madde değerleri, Avrupa’da farklı ülkelerde için su ürünleri yetiştiriciliği çıkış sularındaki askıda katı madde değerleri olan 5-50 mg/L aralığında (Midlen ve Redding 1998, Lucas ve Southgate 2003) yer almamaktadır. Benzer şekilde işletmelerin çıkış suyu askıda katı madde düzeyleri, Stewart vd. (2006) tarafından farklı araştırmacıların akar-su sistemli alabalık işletmelerine ait çıkış sularında belirttikleri askıda katı madde (1.0-97.0 mg/L) değerleri ile Stechey ve Linquist (2004) tarafından Ontario’da (Kanada) su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin çıkış suyu askıda katı madde zorunlu değerlerinden (5.0-25 mg/L) daha yüksek bulunmuştur.

Yoğun yetiştiricilik yapan soğuk su balığı işletmelerinden çıkan suyun toplam askıda katı madde miktarları geniş bir aralığa sahip olup bu değer aralığı 1.6–20.1 mg/L arasında değişim göstermektedir (Cripps ve Bergheim 2000). Araştırmamızda saptanan çıkış suyu askıda katı madde düzeyleri, yukarıdaki verilerle de uyum göstermemektedir.

Washington Eyaleti’nin Su Kirliliği Kontrolü Kanunu’na uyumlu olarak çıkarıp dört yılda bir yenilediği “Ulusal Kirletici Deşarjı Eliminasyon Sistemi”nde alabalık yetiştiriciliğinden çıkan atık suya ilişkin AKM zorunlu değeri aylık ortalama 5 mg/L, günlük en fazla değer ise 15 mg/L’dir (Anonymous 2005). Bu çalışmada elde edilen askıda katı madde değerleri, sözü edilen zorunlu değerleri aşmış gözükmemektedir.

Askıda katı madde özelliği bakımından, “Balık Yaşamının Desteklenmesi İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlısuların Kalitesi Hakkında Yönetmelik” kapsamında belirtilen hedef değer ≤ 25 mg/L’dir. Su Ürünleri Yönetmeliği’nde ise alıcı suyun askıda katı madde miktarını 30 mg/L’den daha yüksek değere çıkaran atıkların alıcı suya verilemeyeceği ifade edilmektedir. Bu bağlamda araştırmamızda ele alınan

işletmelerin çıkış sularındaki AKM konsantrasyonlarının, Su rnleri Yönetmeliği ve adı geçen yönetmelik kapsamında verilen değerleri aştığı tespit edilmiştir.

5.10 İşletmelerin ıkış suyu toplam fosfor ve toplam inorganik azot yükü

İşletmelerin ıkış suyu debi değerlerindeki artışa bağlı olarak, çıkış suyu besin elementi yük değerleri de artmıştır. Zira büyük ölçekli işletme çıkış suyunun debisi orta ölçekli işletmenin çıkış suyu debi değerinin altı katından fazladır. Araştırma periyodunca çıkış suyu besin elementi yük değerlerinin her iki işletmede de yaz ve sonbahar aylarında yüksek bulunması, özellikle bu aylarda çıkış suyu kalite yönetiminde çöktürme havuzlarının yetersiz kaldığını ortaya koymuştur.

5.11 İşletmelerin kullandığı yemden alıcı ortama bırakılan tahmini azot ve fosfor yükü

Bu çalışmada büyük ve orta ölçekli işletme için azot ve fosfor yükü değerleri sırasıyla, 147 710 – 21 250 kg azot ve 10 030 - 2 150 kg fosfor olarak tahmin edilmiştir. Yem değerlendirme oranının 0.80 olduğu büyük ölçekli işletmede 1 ton balık üretimi için azot yükü 59.08 kg ve fosfor yükü 4.01 kg olarak tespit edilmiştir. Orta lekli işletmede ise, yem değerlendirme oranı 1.25 olup, işletmeye ilişkin 1 ton balık üretimi için azot ve fosfor yükleri sırasıyla 106.25 kg ve 10.75 kg olarak bulunmuştur.

Karasu Deresi (Bilecik, Bozüyük) zerinde kurulu ve kullandığı yemin fosfor içeriği 1.5 olan, 1 000 ton/yıl kapasiteli (YDO: 1.15) işletme ile 200 ton/yıl kapasiteli (YDO:1.20) işletmeden, 1 ton balık üretimi başına sırasıyla 9.25 kg ve 10.00 kg fosfor yükü bırakıldığı belirtilmiştir (Pulatsü vd. 2004). Görüldüğü gibi, benzer kapasiteli (200 ton/yıl) işletmelerden kaynaklanan fosfor yükü değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Yuvarlakçay üzerinde kurulu 700 ton/yıl kapasiteli gökkuşağı alabalık işletmesi içinse (YDO:1.07) tahmin edilen fosfor yükü değeri 10.46 kg/ton balık retimi (Tekinay vd. 2009) olup, bu çalışmada ele alınan orta ölçekli işletmeye ilişkin bir ton balık üretimi başına düşen fosfor yükü değerine benzer bulunmuştur.

Farklı ülkelerde karada kurulu gökkuşuğu alabalığı işletmelerinin besin elementi yüküne ilişkin farklı bildirişler bulunmaktadır. İrlanda’da yem değerlendirme oranı 1.83 olan alabalık işletmesinde bir ton balık üretimi için toplam fosfor yükü 25.6 kg ve toplam azot yükü 124.2 kg olarak (Foy ve Rosell 1991), Danimarka ve Norveç’te yem değerlendirme oranı 1.0-1.1’e düşen alabalık işletmelerinde, 1 ton balık üretimi için toplam fosfor yükü 4.8-6.0 kg ve toplam azot yükü 55 kg olarak bildirilmiştir (Enell 1995). Avrupa Salmon ve Alabalık Üreticileri Federasyonu ise, Norveç’te üretilen bir kg balık için ortama bırakılan azot miktarını 0.06-0.09 ve fosfor miktarını 0.005-0.009 kg olarak belirtmiştir (Mires 1995). İsveç’te kullanılan alabalık yemlerindeki fosfor içerikleri % 1.2-1.4 iken 1 ton alabalık üretimi için alıcı ortama 29 kg fosfor yükünün, yem fosfor oranının % 0.8’e düşürülmesiyle bu değerin 15 kg’a gerilediği vurgulanmıştır (Midlen ve Redding 1998). Bu çalışmada, büyük ölçekli işletmeye ilişkin bir ton balık üretimi için azot ve fosfor yükü değerleri yukarıdaki bildirişlerle uyum göstermektedir. Orta ölçekli işletme baz alındığında ise, azot ve fosfor yükü değerleri, yüksek yem değerlendirme oranı nedeniyle gerek büyük ölçekli işletmeye ait verilerden gerekse farklı araştırmacıların belirttikleri azot-fosfor yükü değerlerinden yüksek bulunmuştur.

5.12 Öneriler

Tez kapsamında Eşen Çayı suyunu kullanan ve çöktürme havuzu bulunan farklı iki kapasitedeki (orta ve büyük ölçekli) karada kurulu gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) işletmesinin giriş ve çıkış suları kalite özelliklerine ilişkin elde edilen kantitatif veriler doğrultusunda, konuya ilişkin öneriler üç ana başlık altında özetlenebilir;

1- İşletmelerde kritik kontrol noktalarının belirlenmesi

‘İyi Yönetim Uygulamaları’ kapsamında, karada kurulu alabalık işletmelerinde kritik kontrol noktaları belirlenmelidir. İşletmeler için sözü edilen kritik kontrol noktaları; giriş ve çıkış suyu kalitesini izleme, kanala giren suyun debi kontrolü, yem ve yemleme,

balık sağlığı, ölü bölge tespiti, atık yönetimi, çöktürme havuzu inşası ve bu konularda personelin eğitimidir.

2- İşletmelerde yem yönetimi

Bu çalışmada orta ölçekli işletmenin azot ve fosfor yükü değerleri, birçok ülkedeki alabalık işletmesine ilişkin yük değerlerinin üzerinde bulunmuştur; yem değerlendirme oranının düşmesine bağlı olarak azalan azot ve fosfor yükünün tespiti, işletmelerde yem yönetiminin önemini ortaya koymuştur. Her iki işletmenin de pelet yem kullandığı göz önüne alındığında, işletmelerden kaynaklanan azot-fosfor yükünün azaltılarak işletme çıkış sularının kalitesinin yükseltilmesinde; büyüme performansının iyileştirilmesi ve ekstrude yem kullanımının artırılması önemli unsurlar olarak gözükmektedir. Karasal kökenli su ürünleri yetiştiriciliği işletmelerinde, yüksek enerjili, protein ve fosfor içeriği düşürölmüş, sindirilebilirliği yüksek ve daha az organik kirlenmeye yol açan yem kullanımının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması, içsu kaynaklarında ötrofikasyonun kontrolünde de önemli rol oynayacaktır. İşletme çıkış sularında askıda katı madde kökenli atık yükünün; yem kaybının ve yem değerlendirme oranlarının minimuma indirilmesi, yemlerin sindirilebilirliğinin ise maksimuma çıkarılması ile kontrol edilebileceği unutulmamalıdır. Bu kapsamda ilgili resmi kurumlarca çevre dostu yem kullanımının desteklenmesine yönelik yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

3- Konuya ilişkin yasal düzenlemelerdeki boşlukların doldurulması

- 29/06/2004 tarihli ve 25507 sayılı Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği'nin 'Çevresel Etki ve Koruma' ile ilgili bölümünde "Karadaki su ürünleri yetiştiricilik tesisleri ile kuluçkahanelerden alıcı ortama bırakılan sular, Su Ürünleri Yönetmeliği'nde bildirilen değerlere uygun olmak zorunda olup, tesislerde bu şartları sağlayacak nitelikte arıtma sistemleri kurulur" denmektedir. Araştırmamız süresince büyük ve orta ölçekli işletmelerin çıkış suyu askıda katı madde miktarları, uluslararası ilgili yasal düzenlemelerde belirtilen zorunlu değerlerin üzerinde saptanmıştır. Bu nedenle yukarıda belirtilen maddede yer alan 'arıtma sistemi' kavramı açık bir şekilde belirtilmelidir.

Yapılan bilimsel çalışmalar ışığında; arıtma yöntemlerinden filtre ve elek sistemlerinin kullanımı ile; askıda katı madde, toplam fosfor, toplam azot ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonlarında önemli oranlarda düşme olduğu bildirilmektedir. Bu bağlamda, işletmelerde tambur filtre ve elek sistemlerinin kullanımının zorunlu hale getirilmesi; resmi kurumlarca sözkonusu sistemlerin daimi ve etkin bir şekilde kullanımının ise izlenmesi gerekmektedir. Alan sorununun olmadığı işletmelerde, askıda katı madde ile azot ve fosfor fraksiyonlarının etkin bir şekilde indirgenmesinde, çöktürme havuzlarıyla birlikte yapay sulak alanların kullanımı da ikincil arıtım sistemi olarak önerilebilir.

- Ülkemizde karasal kökenli su ürünleri yetiştiriciliği işletmelerinin çıkış suyu özellikleri değerlendirilirken, dış kaynaklı noktasal ve yaygın kaynaklara ilişkin kantitatif yük değerleri göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada çıkış suyu toplam fosfor değerleri zorunlu ve/veya hedef değerlerden yüksek bulunmuşsa da, işletmelerin giriş suları toplam fosfor konsantrasyonları da ilgili yasal düzenlemelerdeki zorunlu değerlerden yüksektir. Bu durum ise, işletme çıkış sularının kalitesinde yalnız işletmelerin sorumlu olmadığını desteklemektedir. Bu bağlamda, karasal kökenli su ürünleri yetiştiriciliği işletmelerinde çıkış suyu özelliklerinin değerlendirilmesinde başka bir deyişle çıkış sularının yönetiminde; toplam fosfor, toplam azot, askıda katı madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametrelerinin maksimum konsantrasyon artışına yönelik sınır değerlerin dikkate alındığı yasal düzenlemelerin yapılması ve bu değerlerin esas alınması daha sağlıklı olacaktır.

- Ülkemizde karada kurulu su ürünleri yetiştiriciliği işletmelerinde su kalite özelliklerinin izlenmesinde; işletme öncesinde, arıtım öncesi çıkış suyunda, arıtım sonrası çıkış suyunda, alıcı ortama deşarj noktasında ve alıcı ortamın deşarj noktasına belirli mesafedeki noktalarda izleme ve izleme sıklığı (en az aylık) zorunlu kılınmalıdır. Toplam fosfor, askıda katı madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam azot ise izlenmesi istenen öncelikli su kalite özellikleri olmalıdır. Günümüzde yürürlükte olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 31. Maddesi, su ürünleri yetiştiriciliği (tarla balıkçılığı) ile su ürünleri değerlendirme kuruluşlarını gıda sanayi sektörü kapsamında değerlendirmekte ve yalnız kimyasal oksijen ihtiyacı deşarj değeri, çıkış sularının

kalitesinin izlenmesinde göz önüne alınmaktadır. Oysa kimyasal oksijen ihtiyacı, karada kurulu balık işletmeleri çıkış sularının izlenmesinde uygun ve yeterli bir parametre değildir.

- Ülkemizde su ürünleri işletmeleri için uygulanan ÇED yönetmeliğine göre; ÇED uygulanacak projeler listesi Ek-1de yayınlanmış olup, ÇED, kültür balıkçılığı projelerinde 1000 ton/yıl kapasiteli, Ek-2’de ise seçme eleme kriteri 30-1000 ton/yıl kapasiteli işletmelere uygulanmaktadır. Gerek Ek-1 listesindeki işletmeler için gerekse Ek-2 listesindeki işletmeler için yapılan projelerde yetiştirme sürecinden kaynaklanan yem atığının su ortamına olan fiziksel ve kimyasal etkilerinin olduğu kısımda işletmelerin kullandıkları yemde azot ve fosfor sınırlamalarına gidilmesi ve yem dönüşüm oranlarının minimize edilmesi de önerilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Akkaya, C., Efeoğlu. A. ve Yeşil. N. 2006. TMMOB Su Politikaları Kongresi. Web sitesi. <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/9125.pdf>. Erişim Tarihi: 01.09.2010.
- Alvarado, J.L. 1997. Feeding Tomorrow's Fish: Aquafeeds and the Environment. Cahiers Options Mediterraneennes, Vol: 22, CIHEAM, 307.
- Anonim. 1995. Su Ürünleri Yönetmeliği, 22223 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren
- Anonim. 2003. Bozüyük Yöresi Gökkuşuğu Alabalığı İşletmeleri Çıkış Sularının Karasu Deresi Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Kesin Raporu. 58s., Ankara.
- Anonim. 2004a. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği, 25507 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren
- Anonim. 2004b. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 25687 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren
- Anonim. 2008a. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 26939 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren
- Anonim. 2008b. Çevre Denetimi Yönetmeliği, 27061 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren
- Anonim. 2010a. Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Envanteri Değerlendirme Raporu (2007-2008). Çevre ve Orman Bakanlığı yayını, 172 s., Ankara.
- Anonim 2010b. Balık Yaşamının Sürdürülebilirliği İçin Koruma ve İyileştirme Gereksinimi Bulunan Tatlı Suların Kalitesi Hakkında Taslak Yönetmelik
- Anonymous. 2005. Web sitesi. http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/permits/permit_pdfs/trout_springs/permit.pdf. Erişim Tarihi: 26.03.2009.
- Anonymus. 2006a. Web sitesi. <http://rod.eionet.europa.eu/obligations/582>. Erişim Tarihi: 27.08.2010.
- Anonymus. 2006b. EPA, 2006: Compliance Guide for the Concentrated Aquatic Animal Production Point Source Category (EPA). Web sitesi. <http://ag.arizona.edu/azaqua/extension/BMPs/exampleBMPplan.pdf>. Erişim Tarihi: 09.03.2009.

- Anonymous. 2009. Web sitesi, <http://www.scotland.gov.uk/Publications/2009/01/08093750/0>. Erişim Tarihi: 27.08.2010
- APHA. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed., American Public Health Association. Washington.
- Bartoli, M., Nizzoli, D., Longhi, D., Laini, A., Viaroli, P. 2007. Impact of trout farm on the water quality of an Appennine creek from daily budgets of nutrients. *Chemistry and Ecology*, 23 (1):1-11.
- Bergheim, A. and Cripps, J.S. 1998. Effluent Management: Overview of the European Experience. Rogaland Research, Publication no. 1998/083. Norway.
- Bergheim, A. and Brinker A. 2003. Effluent treatment for flow through systems and European Environmental Regulations. *Aquacultural Engineering*, 27 (1); 61-77.
- Boaventura, R., Pedro, A. M., Coimbra, J. and Lencastre, E. 1997. Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. *Environmental Pollution*, 95 (3): 379-387.
- Boyd, C.E. and Gautier, D. 2000. Effluent composition and water quality standards. *Advocate*, 3: 61-66.
- Boyd, C.E. and ve Queiroz 2001. Nitrogen, phosphorus loads vary by system. *The Advocate*, 84-86.
- Boyd, C. E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture*, 226; 101- 112.
- Brinker, A. 2007. Guar gum in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed: The influence of quality and dose on stabilisation of faecal solids. *Aquaculture* 267 (2007); 315–327.
- Castello, M. J., Thompson, E., Gillooly, M., Dempsey, S., Briody, M., Massik, Z., Quigley, D. and Warrer-Hansen, I. 1995. Pollution Control of Freshwater Fish Farms effluent in Ireland. Stride Report No 5. Department of Environment. 73 p., Dublin.
- Cheng, Z. J., Hardy, R. W. and Usry, J.L. 2003. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. *Aquaculture* 218; 553-565.
- Cho, C. Y., and Bureau, D. P. 2001. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture Research*, 32 (Suppl. 1); 349-360.

- Cripps, S. J. and Bergheim, A. 2000. Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering*, 22 (1-2); 33-56.
- Comeau, Y., Brisson, J., Reville, J. P., Forget, C. and Drizo, A. 2001. Phosphorus removal from trout farm effluents by constructed wetlands. *Water Sciences and Technology*, 44 (11-12); 55-60.
- Çelikkale, M. S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ. 1999. Türkiye Su Ürünleri Sektörü. İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 1999-2.
- Davis, J. 1993. Survey of aquaculture effluents permitting and 1993 standards in the South. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication no. 465., 4 p., USA.
- Diler, İ., Göncü, M., Sevgili, H., Diler, Ö., Emre, Yılmaz. 2007. Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yemlerine bazı ticari enzim ilavesinin yemden yararlanma, büyüme ve çevre kirliliği üzerine etkileri. XVI. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 04-07 Eylül 2007, Muğla.
- Dumas, A., Laliberte, G., Lessard, P. and Noüe, J. 1998. Biotreatment of fish farm effluents using the cyanobacterium *Phormidium bohneri*. *Aquacultural Engineering*, 17 (1); 55-68.
- Enell, M. 1995. Environmental impact of nutrients from Nordic fish farming. *Water Sciences and Technology* 31, 61-71.
- Fornshell, G. 2001. Settling basin design. Western Regional Aquaculture Center. WRAC-106. USA.
- Foy, R. H. and Rosell, R. 1991. Loadings of nitrogen and phosphorus from a Northern Ireland fish farm. *Aquaculture*, 96 (1): 17-30.
- Gibbons, İ.D. 1976. Nonparametric Methods for Quantitative Analysis Holt, Rinehart and Winston. Maple Pres-Eric G.Hieber Associates Inc.463+xv.
- Green, J. A., Hardy, R. W. and Brannon, E. L. 2000a. Effects of dietary phosphorus and lipid levels on utilization and excretion of phosphorus and nitrogen by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 1. Laboratory-scale study. *Aquaculture Nutrition*, 8; 279-290.
- Green, J. A., Brannon, E. L. and Hardy, R. W. 2000b. Effects of dietary phosphorus and lipid levels on utilization and excretion of phosphorus and nitrogen by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 2. Production-scale study. *Aquaculture Nutrition*, 8; 279-290.
- Hinshaw, J. M. and Fornshell, G. 2002. Effluents from Raceways, in *Aquaculture and the Environment in the United States* (Ed: J. Tomasso), U.S. Aquaculture

Society, Baton Rouge, LA.

Iversen, T. M. 1995. Fish farming in Denmark: Environmental impact of regulative legislation. *Water Sciences and Technology*, 31 (10); 73-84 .

Kronvang, B. 1992. The export of particulate matter, particulate phosphorus and dissolved phosphorus from two agricultural river basins: Implications on estimating the non-point phosphorus load. *Wat. Res.*, 26 (10): 1347-1358.

Laird, L. M. and Needham, T. 1988. *Salmon and Trout Farming*. Ellis Horwood Limited (UK), 271pp.

Lawson, T.B. 1995. *Fundamentals of Aquaculture Engineering*. Chapman and Hall, 335 p., New York.

Lucas, J.S and Southgate P.C.2003. *Aquaculture Farming Aquatic Animals and Plants*. Fishing News Boks, Blackwell Publishing, 78, UK.

Kırkağaç, U. M., Pulatsü, S., Topçu, A. 2009. Trout farm effluent effects on water sediment quality and benthos. *Clean*, 37 (4-5), 386-391.

MacMillan, J. ,Huddleston, T., Woolley, M. and Fothergill, K. 2003. Best management pratice devolpment to minimize enviromental impact from large flow-trough trout farms. *Aquaculture*, 226 (1-4); 91-99.

Maillard, V. M., Boardman, G. D., Nyland, J. E. and Kuhn, D. D. 2005. Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms. *Aquacultural Engineering*, 33 (4); 271-284.

Malison, J.A. and Hartleb, C.F. 2005. *Best Management Practices for Aquaculture in Wisconsin and the Great Lakes Region*. Sea Grant Institute Board of Regents University of Wisconsin System.

Midlen, A. and Redding, T. A. 1998. Environmental management for aquaculture. Web sitesi. <http://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=wxA7499yxF4C&oi=fnd&pg=PR11&dq=Environmental+Management+for+Aquaculture&ots=zWuUduBimo&sig=YUIZiAR5HPI3OTYwB2z5Mii4dk4#PPR10,M1>. Erişim tarihi: 11.03.2009

Miller, D and Simmens, K. 2002. *Waste management in aquaculture*. West Virginia University, Aquaculture Information Series, Publication AQ02-1.

Nyland. Web sitesi. <http://scholar.lib.vt.edu>. Erişim Tarihi: 01.07.2007.

O'Connor, R., Whelan, B. J., Crutchfield, J. A. and O'Sullivan, A. J. 1992. *Review of the Irish aquaculture sector and recommendations for its development*. The Economic and Social Research Institute, 287 p., Dublin.

- Pillay, T.V.R. 2004. Aquaculture and the Environment, Fishing News Boks, Blackwell, Oxford, Second Ed., 196 p., UK.
- Pulatsü, S., Çamdeviren. 1999. Water quality parameters in inflow and outflow of Sakaryabaşı trout farm. Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 5 (2); 30-35.
- Pulatsü, S., Rad, F., Köksal, G., Aydın, F., Karasu, Ç. and Akçora, A. 2004. The impact of rainbow trout farm effluents on water quality of Karasu Stream, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 4: 09-15.
- Satoh, S., Hernandez, A., Tokoro, T., Morishita, Y., Kiron, V. and Watanabe, T. 2003. Comparison of phosphorus retention efficiency between rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a commercial diet and a low fish meal based diet. Aquaculture 224; 271-282.
- Selong, J. H. and Helfrich, L. A. 1998. Impacts of trout culture effluents on water quality and biotic communities in Virginia Headwater Streams, Progressive Fish Culturist, 60 (4); 247-262.
- Schreck, C.B. and Moyle, B.P. 1990. Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, 665 p., Maryland.
- Schotzko, M.N. 2009. Yazılı görüşme. Federal Agency for Water Management Institute for Water Ecology, Fisheries and Lake Research, Austria. e-posta:
- Schulz, C., Gelbrecht, J., Rennert, B. 2004. Costructed wetlands with free water surface for treatment of aquaculture effluents. Journal of Applied Ichthyology, 20 (1); 64-70 .
- Schwartz, M.F. and Boyd, C.E. 1994. Channel Catfish Pond Effluents, The Progressive Fish-Culturist, Vol:56; 273-281.
- Stechey, D. And Linquist, J.2006.Environmental Regulation of Freshwater Aquaculture in Canada. Proceedings of the Canadian Freshwater Aquaculture Symposium.AAC Special Puplication No.11. 31-39.
- Stewart, N.T., Boardman, G.D. and Helfrich L.A. 2006. [Treatment of rainbow trout \(*Oncorhynchus mykiss*\) raceway effluent using baffled sedimentation and artificial substrates](#). Aquacultural Engineering, 35(2), 166-178.
- Sindilariu, P.D. 2007. Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production, Aquaculture Research, 38, 1005-1036.
- Şener, E., Yıldız, M. ve Fenerci, S. 2000. Ağ kafeslerde kullanılan yemlerin çevreye etkisinin saptanmasında uygulanan bir araştırma yöntemi. IV. Su Ürünleri Sempozyumu, 783-797 s., Erzurum.

- Tacon, A.G.C. and Forster, I.P. 2003. Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*. 226 (1-4): 181-189.
- Tekinay, A.A., Güroy, D. ve Çevik, N. 2009. The environmental effect of a land-based trout farm on Yuvarlakçay. *Ekoloji*, 19 (73); 65-70.
- Tello, A., Corner, R.A. ve Tefler, T.C. 2010. How do land-based salmonid farms affect stream ecology? Review. *Environmental Pollution*, 158 (5); 1147-1158.
- Tocchetto. 2005. Web sitesi. [http: // www.vetiver.org](http://www.vetiver.org). Erişim Tarihi: 13.08.2007.
- True, B , Johnson W. and Chen S. 2004. Reducing phosphorus discharge from flow through aquaculture I : facility and effluent characterization. *Aquacultural Engineering*. 32 (1); 129-144.
- Wong, K. B. and Piedrahita R. H. 2000. Settling velocity characterization of aquacultural solids. *Aquacultural Engineering* 21 (4); 233–246.

7. EKLER

a) Mali Bilanço ve Açıklamaları

Projenin gerçekleştirilebilmesi için alınan cihaz alımları ile seyahat giderlerine ilişkin harcama tablosu aşağıda sunulmuştur.

HARCAMA TABLOSU

SIRA NO	EKONOMİK SINIFLANDIRMA	MİKTARI	ÖLÇÜ BİRİMİ	TAHMİNİ BEDEL (YTL)	HARCANAN (TL)	KALAN (TL)
	Makine Teçhizat Adı (03.7+06.1+06.3)					
1-2	Sterilizatör +BOİ Cihazı	1	Adet	9853	7 847	2 006
3+4	Saf su sistemi +	1	Adet	8 437	7 670	767
	Askıda katı madde analiz seti	1	Adet			
5	KOİ ölçüm cihazı	1	Adet	13 849	9 440	4 409
	Sarf Malzemesi Adı (03.2)					
1						
2						
3						
4						
	Hizmet Alımı Adı (03.5+03.8+06.6)					
1						
2						
3						
4						
	Seyahat (03.3)					
1	Otobüs+Araç kirası			5 640	4 509	1 130
TOPLAM				37 779	29 466	8 313

b) Makine ve Teçhizatın Konumu ve İlerideki Kullanımına Dair Açıklamalar

Proje kapsamında alınan cihazların Bölüm Araştırma Laboratuvarına kazandırılması ile daha önce yapılamayan su kalite parametrelerine (askıda katı madde, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı) ilişkin analizler gerçekleştirilebilecek, saf su cihazı ise bölümde yürütülen tüm araştırmalar için gerektiğinde kullanılabilir.

c) Teknik ve Bilimsel Ayrıntılar

-

d) Sunumlar

-

e) Yayınlar (hakemli bilimsel dergiler) ve tezler

Hatice BİLGİN YILDIRIM – Doktora Tezi- Şubat 2011