

T.C

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAPALI DEVRE SİSTEMLERİNDE FARKLI TİP
BİYOMEDYA İÇEREN BONCUK FİLTRELERİN,
FARKLI TUZLULUKLARDA PERFORMANSLARININ
İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE ZAIT

AĞUSTOS 2014

MUĞLA

T.C
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAPALI DEVRE SİSTEMLERİNDE FARKLI TİP
BİYOMEDYA İÇEREN BONCUK FİLTRELERİN,
FARKLI TUZLULUKLARDA PERFORMANSLARININ
İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE ZAİT

AĞUSTOS 2014

MUĞLA

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

MERVE ZAIT tarafından hazırlanan **KAPALI DEVRE SİSTEMLERİNDE FARKLI TİP BİYOMEDYA İÇEREN BONCUK FİLTRELERİN, FARKLI TUZLULUKLARDA PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA** başlıklı tezinin, 12/08/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Doç. Dr. Aygül EKİCİ

(Jüri Başkanı)

İmza:

Istanbul Üniversitesi, İstanbul

Yrd. Doç. Dr. Ertan ERCAN

(Danışman)

İmza:

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Yrd. Doç. Dr. Nedim ÖZDEMİR

(Üye)

İmza:

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Yrd. Doç. Dr. Ali GÜNLÜ

Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkan V.,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Yrd.Doç.Dr. Ertan ERCAN

Danışman,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Savunma Tarihi: 12/08/2014

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

MERVE ZAIT

Bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2013/175 proje numarası ile desteklenmiştir.

ÖZET

KAPALI DEVRE SİSTEMLERİNDE FARKLI TİP BİYOMEDYA İÇEREN BONCUK FİLTRELERİN, FARKLI TUZLULUKLARDA PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Merve ZAİT

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ertan ERCAN

Ağustos 2014, 52 sayfa

Deniz balıkları yetiştiriciliğinde özellikle kuluçkahane döneminde balıkların optimum koşullarda yaşaması için belirli sistemler geliştirilmiştir. Kapalı devre olarak bahsi geçen ve suyun tekrarlı olarak kullanımı esasına dayalı bu sistemlerin biyolojik prosesini biyolojik filtreler oluşturmaktadır. Biyolojik filtreler yem artığı ve balık dışkısı ile suda bulunan balıklar için toksik amonyakın kademeli olarak uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Biyolojik filtrasyonun sağlanması için birçok sistem geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi de boncuk filtrelerdir. İstanbul Akvaryum sergi akvaryumu karantinasında bulunan 8 adet 550L hacmindeki tankların kullanıldığı çalışmada; her tanka boncuk filtreler bağlanmıştır. Bu filtrelerden 4 adetinin içinde strafor boncuk diğer 4 adetinin içinde ise polistren boncuk konulmuştur. Aynı tip boncuk içeren filtreler de kendi içlerinde %18 tuzluluk ile %35 tuzluluk çalışılmıştır. Deneme iki aşamada gerçekleşmiş olup I. aşamada balık konulmadan bakteri oluşumu takip edilirken 2. deneme aşamasında ortalama boyları $4,00 \pm 0,14$ cm ve ortalama ağırlıkları $2,70 \pm 0,10$ gr levrek balıklarının sisteme dahil edilmesi ile sistemin biyolojik filtrasyon kapasitesi incelenmiştir. Toplam 70 gün süren çalışmada elde edilen bilgiler ışığında bakteri olgunlaşmasının, nitrifikasyon ve balık büyüme performanslarının %18 tuzlulukta, %35 tuzluluğa göre daha yüksek olduğu; ayrıca biyomedya olarak strafor boncuk kullanılan filtrede bu performansların polistren boncuk kullanılan filtreye göre daha verimli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Nitrifikasyon, Kapalı Devre Sistemler, Boncuk Filtre, Strafor Boncuk, Polistren Boncuk, Biyomedya, Deniz Balıkları, Deniz Levreği.

ABSTRACT

A STUDY ON EVALUATION OF BIOFILTRATION PERFORMANCE IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS OF DIFFERENT TYPES OF BEAD FILTER BIOMEDIA, IN DIFFERENT SALINITIES

Merve ZAIT

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Fisheries

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ertan ERCAN

August 2014, 52 sayfa

In aquaculture, specific systems are developed for keep marine fish alive in optimum conditions especially hatchery period. Biological processes of these systems, which are mentioned by closed circuit systems and based on reused water, are generated by biological filters. Biological filters with the uneaten bait and fish feces procure to keep toxic ammonia away gradually for the fish in to the water. A lot of systems have been developed to ensured biologic filtration done. One of them is bead filter. Number of 8 tanks and volume of 550L tanks, which existed in Istanbul Aquarium's quarantine, were used at this research that bead filters were installed to every each tank. Styropor bead was put in 4 of 8 filters; polystyrene bead was put in other 4 filters. Filters, which include same kind of bead, were worked between 18‰ and 35‰ salinity in themselves. First 25 daily period bacteria maturation had been ensured. During this period what kind of bead and which salinity were more efficient for bacteria maturation had been analyzed. At the end of the 25th day Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) had been put in tanks and during the 45 days nitrification performances, fish growth performance, filters contribution at oxygen enrichment and turbidity values of filter in the tank had been analyzed. Throughout 70 days in the light of obtained information, nitrification and fish growth performance in 18‰ salinity is higher than 35‰salinity; besides styropor bead filter was more efficient than the polystyrene bead filter was determined as bio media.

Keywords: Nitrification, Recirculating System, Bead Filter, Styroporbead, Polystyrene Bead, Biomedia, Marine Fish, Sea Bass

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince her aşamada değerli bilgi ve deneyimleriyle yanımda bulunan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ertan ERCAN'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Eğitimimin başından beri hiçbir yardımını benden esirgemeyen, her konuda bana destek olan değerli arkadaşım Arş. Gör Murat Can SUNAR'a sonsuz teşekkür ederim.

Bitirme çalışmamın her aşamasında bana destek olan Su Ürünler Mühendisi Neslihan AĞRALI'ya teşekkürü borç bilirim.

Bitirme projemde bana kapılarını açıp ev sahipliği yapan İstanbul Akvaryum'a, Dilek ÇAPANOĞLU'ya, Pedro Garcia MIGUEL'e, Uğur ÇAĞLAR'a, Rezzan COKAY'a, Kerem CANDOĞAN'a ve tüm mekanik bölümü çalışanlarına teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Kenan CAR'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Deneme süreci ve yeri	12
3.1.2. Deney düzeneği	12
3.1.2.1. Denemede kullanılan akvaryumlar	12
3.1.2.2. Filtreler.....	13
3.1.2.3. Tuzlu su hazırlanması ve akvaryum suyunun devir daimi	14
3.1.2.4. Havalandırma	15
3.1.3. Deney balığı.....	16
3.1.4. Deneme yemi	17
3.1.5. Nitrifikasyon bakterileri.....	17
3.1.6. Denemede akvaryumlarının fiziksel ve kimyasal su kalitesi ölçüm cihazları	18
3.2. Yöntem.....	19
3.2.1. Bakteri olgunlaşması	19
3.2.2. Balıkların yemlenmesi	19
3.2.3. Toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) tespiti.....	20
3.2.4. Balıklarda büyüme performansı incelenmesi	21
3.2.4.1. Ortalama canlı ağırlık artışı	21
3.2.4.2. Yüzde ağırlık artışı.....	22
3.2.4.3. Spesifik büyüme oranı	22
3.2.4.4. Yem değerlendirme oranı.....	22
3.2.4.5. Yüzde ölüm oranı	22
3.2.5. İstatistiksel Analizler	23

4. BULGULAR	24
4.1. Büyüme Performansları	24
4.1.1. Ortalama canlı ağırlık artışı (O.C.C.A)	24
4.1.2. Ortalama yüzde ağırlık artışı (%A.A.)	25
4.1.3. Spesifik büyüme oranı (S.B.O).....	26
4.1.4. Yem değerlendirme oranı (FCR).....	27
4.1.5. Yüzde ölüm oranları (Mortalite).....	28
4.1.6. Nispi kondisyon	29
4.2. Su Kalite Parametreleri	30
4.2.1. Filtrelerin oksijence zenginleştirilmesi	32
4.2.2. Biyolojik filtrasyon ve nitrifikasyon performansları	33
4.2.2.1. <i>I. Deneme aşamasında bakteri olgunlaşması ve nitrifikasyon performansı</i>	33
4.2.2.2. <i>II. Deneme aşamasında nitrifikasyon performansları</i>	34
4.2.2.3. <i>Çalışma süresi boyunca nitrifikasyon başarısı</i>	36
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	38
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge.1.1. İyonlaşmamış toksik amonyağın sulu solüsyonlarda farklı pH ve sıcaklık değerlerindeki fraksiyonu (Emerson, 1975).....	3
Çizelge 1.2. Levrek balığı yetiştiriciliğinde su kalite parametreleri	8
Çizelge 3.1. Deneme yemi içeriği.	17
Çizelge 4.1. Ortalama canlı ağırlık artışları	24
Çizelge 4.2. Ortalama yüzde ağırlık artışı.....	25
Çizelge 4.3. Ortalama spesifik büyüme oranları.....	26
Çizelge 4.4. Ortalama yem değerlendirme oranı	27
Çizelge 4.5. Ortalama yüzde ölüm oranları	28
Çizelge 4.6. Nispi kondisyon	30
Çizelge 4.7. Ortalama su kalite parametreleri.....	31
Çizelge 4.8. Deneme sonucunda birikim yapan Nitrat ve Fosfor miktarı.....	32
Çizelge 4.9. Filtre Gruplarının Nitritifikasyon Başarısı.....	37

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Nitrifikasyon döngüsü.....	4
Şekil 1.2. Biyofilm oluşumu	6
Şekil 3.1. Denemede kullanılan akvaryumlar ve filtreler	12
Şekil 3.2. Filtrelerin içinde kullanılan polisteren boncuk (A) ve strafor boncuk (B)	12
Şekil 3.3. Deneme düzeneğinin fotoğrafı (orijinal)	14
Şekil.3.4. Boncuk filtrelerin şematik görünümü.	15
Şekil.3.5. Deney balığı (orijinal).....	16
Şekil 3.6. Toz nitrifikasyon bakterisi	17
Şekil 3.7. YSI 556 MPS multiparametre ölçüm cihazı	18
Şekil 3.8. Spektrofotometre – Palintest 8000.....	18
Şekil 3.9. Nitrat test kiti – Machereymagelviscolor ECO.....	19
Şekil 3.10. Denemede kullanılan Levrek balığı (orijinal).....	21
Şekil 4.1. Ortalama canlı ağırlık artışları	25
Şekil 4.2. Ortalama yüzde ağırlık artışı	26
Şekil 4.3. Spesifik büyüme oranı	27
Şekil 4.4. Yem değerlendirme oranı	28
Şekil 4.5. Yüzde ölüm oranı (mortalite).....	29
Şekil 4.6. Polisteren boncuk filtrelerin kullanıldığı gruplarda boy ağırlık ilişkisi....	29
Şekil 4.7. Strafor boncuk filtrelerin kullanıldığı gruplarda boy ağırlık ilişkisi	30
Şekil 4.8. Filtrelerdeki havanın 8 saat süresince kapalı tutulması sonucunda mg/L olarak oksijen değerlerine etkisi	32
Şekil 4.9. Filtrelerde havanın 8 saat süresince kapalı tutulması sonucunda azalan oksijen değeri yüzdesi	33
Şekil 4.10.a. S%35 grubunda bakteri olgunlaşması	33
Şekil 4.10.b. S%18 grubunda bakteri olgunlaşması	34
Şekil 4.10.c. P%35 grubunda bakteri olgunlaşması.	34
Şekil 4.10.d. P%18 grubunda bakteri olgunlaşması	34
Şekil 4.11.a. S%35 grubunda nitrifikasyon performansı.....	35
Şekil 4.11.b. S%18 grubunda nitrifikasyon performansı	35
Şekil 4.11.c. P%35 grubunda nitrifikasyon performansı.....	36
Şekil 4.11.d. P%18 grubunda nitrifikasyon performansı	36

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde Oranı
‰	Binde Oranı
L	Litre
g	Gram
Sa	Saat
O.C.C.A	Ortalama Canlı Ağırlık Artışı
S.B.O	Spesifik Büyüme Oranı
% A.A.	Yüzde Ağırlık Artışı
YDO (FCR)	Yem değerlendirme oranı
S‰ 35	‰ 35 tuzluluktaki strafor boncuk filtre grubu
S‰ 18	‰ 18 tuzluluktaki strafor boncuk filtre grubu
P‰ 35	‰ 35 tuzluluktaki polistren boncuk filtre grubu
P‰ 18	‰ 18 tuzluluktaki polistren boncuk filtre grubu
TAN	Toplam amonyak nitrojeni
NH ₄ -N	İyonlaşmış amonyum
NH ₃ -N	İyonlaşmamış amonyak
NO ₂ -N	Nitrit
NO ₃ -N	Nitrat
PO ₄ -P	Fosfat
°C	Santigrat derece
Π	Pi sayısı
NH ₄ Cl	Amonyum klorür

1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliğinin tarihçesi çok eski çağlara dayanmaktadır. İlk çağlarda başlayan balık avcılığı M.Ö.2500'lü yıllarda Çin'de ve Eski Mısır medeniyetlerinde kültür balıkçılığını başlatmıştır (Timur, 2001). Balık yetiştiriciliğinin Avrupa'da, ortaçağda başladığı ve besin maddesi olarak kullanımının yaygın olduğu Baran ve Timur (1985), tarafından yazılmış olan balık yetiştiriciliğinin temel prensipleri adlı kitapta bildirilmiştir. Sürekli artan nüfus yoğunluğu ile birlikte karasal hayvansal protein ve tahıl kaynaklarının sınırlı olması insanoğlunu balık yetiştiriciliğine yöneltmiştir.

İlk zamanlarda doğadan yumurta ve yavru toplanması ile gerçekleştirilen su ürünleri yetiştiriciliği 20.yy'da artan teknolojik gelişmeler ile yerini daha profesyonel yetiştiricilik tekniklerine bırakmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliği tatlı sularda ve denizlerde aktif bir şekilde yapılmaktadır. Kontrollü, yarı kontrollü ve kontrolsüz olarak sürdürülen bu yetiştiricilik teknikleri arasında farklı mekanizasyon yöntemleri geliştirilerek kullanılmaya başlanmıştır (Çelikkale, 1994).

Kontrolsüz üretimde genellikle açık sistemler tercih edilmektedir. Açık sistem; üretimde kullanılan suyun 1 kere kullanıldıktan sonra fiziksel bir filtrasyon sonucunda kaynağına geri bırakılmasını içerir. Kullanılan su tekrar kullanılmamaktadır.

Yarı kontrollü ve kontrollü üretimde ise genellikle kapalı devre su devir daim sistemi kullanılır. Bu sistemde su üretim boyunca havuzlarda değişmeden kalır. Ancak sirküle edilen su filtrelerden geçirilerek kullanılmaktadır (Baran ve Timur, 1985). Kısaca sistem içerisinde devamlı dolaşan ve zaman zaman temizlenen bir su mevcut olur. Toplam su hacminde filtrelerin temizlenmesi, tankların sifonlanması ve buharlaşma sonucu kaybedilen su taze su ile desteklenir. Dünyada kapalı devre sistemi ilk olarak Almanya'da geliştirilmiş ancak o dönemde sistemin iyi tasarlanmamış olmasından dolayı denemeler başarısızlıkla sonuçlanmıştır (Timur, 2001).

Yetiştiricilik uygulamalarının en önemli unsuru sudur. Sıcaklıkların artması ve suyun bilinçsiz kullanımını doğal su kaynaklarını tehdit etmektedir. Yeryüzündeki tüm canlıların yaşam kaynağı olan suyun ekolojik olarak dengede kullanılması gerekmektedir (Martins vd., 2010).

Su ürünleri üretiminde üretim suyunda önemli olan su kalite parametreleri çözünmüş oksijen konsantrasyonu, amonyak, nitrit, pH ve karbondioksit konsantrasyonudur (Timur, 2001; Colt, 2006). Balık yetiştiriciliğinde her türün kendine özgü dönemsel olarak da farklılıklar içeren su kalite parametreleri olarak alt sınır ve üst sınır değerleri vardır. Yetiştiricilikte balık için optimum şartlar sağlanarak suyun kalite takibi önem taşımaktadır. Balık üretim tesisinde suyun kalitesini etkileyecek ana faktörler balıklara uygulanan yemleme oranı, verilen yemin kompozisyonu, balıkların metabolizma atıkları ve sistemde değerlendirilmeyen yemlerin miktarıdır. Açık devre sistemlerde suyun ortamda bir kere kullanıldıktan sonra çıkışının sağlanması ile bu optimum şartların genel olarak devamlılığı sağlanabilse de iklimsel değişikliklerle bu optimizasyonda değişimler söz konusudur. Bu değişim ortamdaki askıdaki katı partiküller, balık metabolizmasının ve yemmeyen yemlerin oluşturduğu kirlilik ortamdaki uzaklaştırılmaktadır. Sınırlı su kaynakları, birim alanda en fazla üretim ve yetiştirme koşulları üzerinde tam kontrolün sağlanması amacıyla tercih edilen sistemler kapalı devre sistemlerdir. Bu sistemlerde mevcut suyun üretim boyunca sistemde kalması optimum şartların devamlılığı için çeşitli filtreleme mekanizmalarının geliştirilmesine neden olmuştur. Kapalı devre sistemlerinde su kalitesini 5 önemli faktör oluşturmaktadır. Bunlar; suyun sirkülasyonu, katıların uzaklaştırılması, havalandırma, biyolojik filtrasyon ve dezenfeksiyondur (Pfeiffer ve Wills, 2012). Mekanizasyon, birçok parçanın birleştirilmesi sonucu bir bütünün oluşturulmasıdır. Filtrasyon mekanizasyonu mekanik filtreler, gravitasyon filtreler, kimyasal filtreler, karbon filtreler, iyon değişimli ve biyolojik filtreleri kapsamaktadır (Timur, 2001). Açık sistemlerden farklı olarak kapalı devre sistemlerde öncelik balık metabolizması sonucu suda atık olarak bulunan amonyakın uzaklaştırılmasıdır (Francis-Floyd vd., 1990).

Kapalı devre sistemlerdeki suyun kalitesini bozan atıkların hemen hemen tamamı yem orijinelidir. Yemin içeriği olan azot ve fosfor türevleri alıcı olan su ortamında çözünür. Metabolizma yan ürünü olan amonyak balıkların solungaçlarından atılan azot türevi bir kimyasal maddedir. Su ortamından uzaklaştırılması ancak biyolojik filtreler yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

Sudaki iyonlaşmamış toksik amonyak (NH_3) ve iyonlaşmış toksik olmayan amonyak (NH_4) toplam amonyak nitrojeni (TAN) oluşturmaktadır. Ancak toksik amonyağın uçucu bir form olmasından anlık tespitin zor olduğu ve sistem suyunda TAN takiplerinde toplam azotun tespitinde amonyumun (NH_4) takip edildiği bildirilmiştir (Durborrow vd., 1997). TAN bazı söylemlerde basit dille ‘amonyak’ olarak ta kullanılmakta olup pH ile sıcaklık parametreleri amonyağın toksisitesini etkilemektedir (Hargreaves ve Tucker, 2004) (Çizelge 1.1). Sıcaklık ve pH arttıkça amonyağın iyonlaşma oranı azalır (Timur, 2001; Hargreaves ve Tucker, 2004; Yang vd., 2011; Sivri, 1993).

Çizelge 1.1 İyonlaşmamış toksik amonyağın sulu solüsyonlarda farklı pH değerleri ve sıcaklıklardaki fraksiyonu (Emerson, 1975).

pH	SICAKLIK (°C)												
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
7.0	.0013	.0016	.0018	.0022	.0025	.0029	.0034	.0039	.0046	.0052	.0060	.0069	.0080
7.2	.0021	.0025	.0029	.0034	.0040	.0046	.0054	.0062	.0072	.0083	.0096	.0110	.0126
7.4	.0034	.0040	.0046	.0054	.0063	.0073	.0085	.0098	.0114	.0131	.0150	.0173	.0198
7.6	.0053	.0063	.0073	.0086	.0100	.0116	.0134	.0155	.0179	.0206	.0236	.0271	.0310
7.8	.0084	.0099	.0116	.0135	.0157	.0182	.0211	.0244	.0281	.0322	.0370	.0423	.0482
8.0	.0133	.0156	.0182	.0212	.0247	.0286	.0330	.0381	.0438	.0502	.0574	.0654	.0743
8.2	.0210	.0245	.0286	.0332	.0385	.0445	.0514	.0590	.0676	.0772	.0880	.0998	.1129
8.4	.0328	.0383	.0445	.0517	.0597	.0688	.0790	.0904	.1031	.1171	.1326	.1495	.1678
8.6	.0510	.0593	.0688	.0795	.0914	.1048	.1197	.1361	.1541	.1737	.1950	.2178	.2422
8.8	.0785	.0909	.1048	.1204	.1376	.1566	.1773	.1998	.2241	.2500	.2774	.3062	.3362
9.0	.1190	.1368	.1565	.1782	.2018	.2273	.2546	.2836	.3140	.3456	.3783	.4116	.4453
9.2	.1763	.2008	.2273	.2558	.2861	.3180	.3512	.3855	.4204	.4557	.4909	.5258	.5599
9.4	.2533	.2847	.3180	.3526	.3884	.4249	.4618	.4985	.5348	.5702	.6045	.6373	.6685
9.6	.3496	.3868	.4249	.4633	.5016	.5394	.5762	.6117	.6456	.6777	.7078	.7358	.7617
9.8	.4600	.5000	.5394	.5778	.6147	.6499	.6831	.7140	.7428	.7692	.7933	.8153	.8351
10.0	.5745	.6131	.6498	.6844	.7166	.7463	.7735	.7983	.8207	.8408	.8588	.8749	.8892
10.2	.6815	.7152	.7463	.7746	.8003	.8234	.8441	.8625	.8788	.8933	.9060	.9173	.9271

Su ortamında çözülmüş düşük miktardaki amonyak varlığı balıkta strese, solungaç ve diğer doku hasarlarına neden olduğu ve buna bağlı olarak zamanla bakteriyel enfeksiyonlara karşı duyarlı olduğu ve düşük büyüme performansı gösterdiği bildirilmiştir (Francis-Floyd vd., 1990).

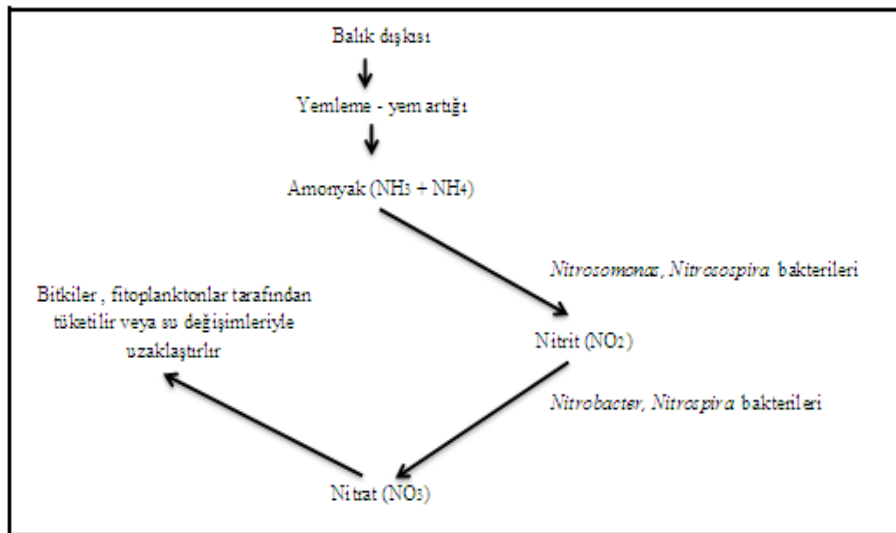
Biyolojik filtrelerdeki biyolojik ajanlar (ototrofik bakteriler algler, mayalar, protozoonlar ve bazı küçük canlılar) sudaki organik maddeleri ortandan uzaklaştırırlar. Bu canlılar filtreye tek tek değil koloni halinde yerleşmektedirler. Bu amaçla çeşitli filtre malzemeleriyle farklı biyolojik filtreler geliştirilmiştir. Bunlar; filtre malzemesi su içerisine daldırılmış olanlar, damlatmalı filtreler, yüzer yataklı filtreler, döner malzemeli filtreler ve yapı malzemesi düşük yoğunlukta olan filtrelerdir (Timur, 2001).

Amonyak biyolojik filtrelerdeki nitrifikasyon bakterileri ile daha az toksik olan nitrite ve nitrata indirgenir. Nitrosomonas ve Nitrosospira grubu bakteriler amonyağı nitrite (NO₂) çevirirler (A), diğer bakteri grubu olan Nitrobacter ve Nitro spira bakterileri ise nitriti nitrata (NO₃) çevirirler (B) (Francis-Floyd vd., 1990).



(EPA, 1975).

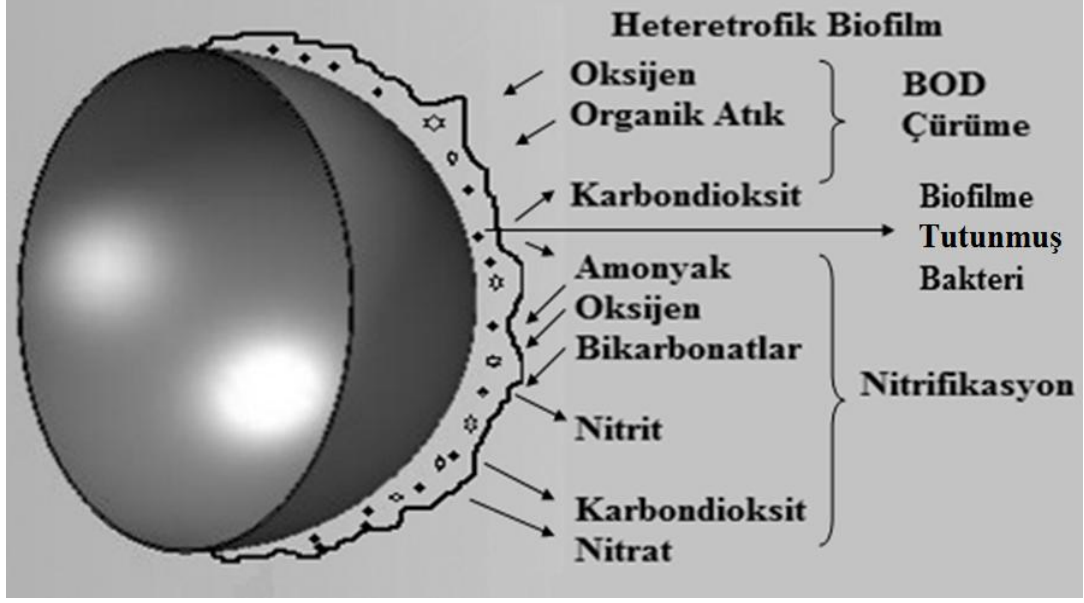
Bu sayede nitrifikasyon döngüsünü gerçekleştirirler. Nitrifikasyon döngüsünün son basamağı nitrattır. Nitrat bu bileşikler arasında balıkların en çok tolere edebildiği kimyasal bileşik olmasıyla birlikte sudan uzaklaştırılması su değişimleri, su bitkileri ve algler ile yapılabildiği bildirilmiştir (Francis-Floyd vd., 1990) (Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Nitrifikasyon döngüsü (Francis-Floyd vd.,1990).

Toksik olan amonyağın uzaklaştırılmasında kullanılan biyolojik filtrelerde nitrifikasyon bakterileri kullanılmaktadır. Bu bakteriler biyolojik filtrelerde farklı ortamlara tutunmakta ve çoğalmaktadırlar. Biyolojik filtrelerde taş dolgu maddesi kullanılması durumunda, yüksek organik yüklerde biyofilm heterotrofik bakteri ağırlıklı olmakta ve nitrifikasyon verimi düşük olmaktadır (Altınbaş, 2001). Ancak dolgu maddesinin plastik malzeme (bioball) olması durumunda, daha geniş yüzey alanı elde edileceğinden bakteri tutma kapasitesi de daha fazla olacaktır. Bu nedenle, yüksek organik yüklerde bile yüksek nitrifikasyon verimlerine ulaşılabilir. Plastik malzeme kullanımının diğer faydası ise daha fazla oksijen transferi sağlamasıdır. Bileşik karbon oksidasyonu ve nitrifikasyon sisteminde kullanılan dolgu malzemesinin taş veya plastik kullanılması durumunda nitrifikasyon verimleri karşılaştırıldığında, plastik malzeme içeren sistemin %80 daha fazla yüzey alanı sağladığı ve sistemde %60 daha fazla amonyum oksidasyonun gerçekleştiği belirlenmiştir (Altınbaş, 2001). Bu sistemler yüksek arıtma verimlerinde çalıştırdıklarından çıkışta oldukça düşük azot (N) ve fosfor (P) konsantrasyonlarına ulaşılabilir (Gonçaves ve Royalla, 1992).

Biyofilm oluşumu ve oluşumdan sonraki nitrifikasyon için ortam şartları önemlidir. Sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 2-4 mg/L altına düşmesi nitrifikasyon bakterilerinin performansını olumsuz etkilemektedir. Nitrifikasyon için optimum pH değeri ise 7,8-9,2 arasında bulunmaktadır (Christenses ve Harremoes, 1978). Bunların dışında suda bulunan toplam amonyum nitrojeni (TAN) konsantrasyonu 1mg/L den düşük olmalıdır (Knowles vd., 1965; Chitta, 1993). Nitrit (NO₂) miktarı ortamda çözülmüş oksijen miktarı yeterli seviyede olduğu sürece filtre performansını olumsuz etkilemediği optimum değer 1 mg/L değerinin altında olması gerektiği bildirilmiştir (Manthe vd., 1985). Suyun sıcaklığı heterotrofik ve nitrifikasyon bakterilerinin dönüşüm oranlarının kontrolü için önemlidir ve bu değer optimum 25 - 30°C olarak bildirilmiştir (Downing vd., 1964; Sharma ve Ahlert, 1977). Biyolojik filtrelerin içerisinde kullanılan yüzer materyalin (polisteren boncuk, strafor boncuk vb.) yüzey alanının geniş olması nitrifikasyon bakterilerinin yerleşip koloni oluşturmasına avantaj sağlamaktadır. Oluşan biyofilm ortamda nitrifikasyonun gerçekleşmesinde görev yapar (Şekil 1.1.) (Malone vd., 1998).



Şekil 1.2. Biyofilm oluşumu (Malone vd., 1998)

Filtre malzemesi düşük yoğunlukta olan filtreler boncuk filtreler adı da verilmektedir. Biyolojik filtre malzemesi olarak kullanılan boncuğun yoğunluğu suyun yoğunluğundan daha az olduğundan boncuklar filtre içerisinde suyun üzerinde yüzerler. Filtre kabının içinde bulunan bir elek boncukların filtre içerisinden çıkmasını engellemektedir. Ancak bu filtreler Türkiye’de henüz çok yaygın kullanım alanına sahip değildir. Boncuk filtrelerde hareketli yataklı biyomedya bulunur. Bu biyomedya nitrifikasyon bakterileri için yaşam alanı oluştururlar. Filtrasyon süresince bakteriler filtrelerde kullanılan boncukların gözeneklerine tutunurlar ve burada süzülen suda çözülmüş durumda bulunan besin tuzlarını (Sastry vd.,1999; Moore vd., 2000). Boncuk filtrelerde tank içi sirkülasyon, oksijen girişi, biyolojik filtrasyon ve kısmen fiziksel filtrasyon gerçekleşmektedir. Bu sayede kapalı devre sisteminde balığın ihtiyaç duyduğu su kalite koşulları sağlanmış olur.

Tüm taranan ve incelenen bu çalışmaların ekonomik kaygının yüksek olduğu ve ticari değeri olan balıkların yetiştiriciliğinde kurgulandığını görmekteyiz. Bu tez çalışmasının bir kısmında ülkemiz balık yetiştiriciliğinde en büyük paya ve geniş dağılım alanına sahip Levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) kullanılmıştır. Levrek balıkları Serranidae familyasına ve *Dicentrarchus* genusuna ait balıklardır. Bu genusun en önemli özellikleri, ağız büyük, pre operkulumun arka kenarı özellikle alt taraf tırtıklı, operkulum üzerinde 2–3 tane yassı diken bulunur. Dorsal yüzgeç iki

tane, kaudal yüzgeci çatal ve yan çizgi kuyruğun arka ucuna doğru uzanır. Vomer dişleri anterior kısmında ve yarım ay şeklindedir. Olgunluk devresinden önce genç bireylerin üzerinde siyah benekler görülür. Bu beneklere yetişkinlerde rastlanmamaktadır (Memiş, 2010) (Şekil 3.5.).

Levrek balığı, kumlu, çamurlu sığ biyotoplarda, sıcaklığa ve tuzluluğa karşı gösterdiği toleransı ile nehir ağızlarında ve lagünlerde yaşayan bir littoral bölge balığıdır. Tüm Akdeniz’de görülmekle birlikte, Atlantik’te Kanarya Adaları’ndan İngiltere’nin yukarı sahillerine kadar yayılım göstermektedirler(Memiş, 2010).

Tek olarak yaşayan ve karnivor bir tür olan levrekler genç dönemlerinde kabuklular, *Crangon* gibi küçük karidesler, *Gammarus* gibi küçük amphipodlar ve *Ligia*’larla, ergin dönemlerinde ise sardalya, hamsi, kaya balığı gibi balıkların yanında, yengeç ve karides, kafadan bacaklılardan *Sephia* ve *Loliga* gibi gıdalarla beslenmektedirler (Memiş, 2010).

Levrek balıkları 2–32 °C arasındaki sıcaklıklarda yaşarlar. Fakat 7 °C’nin altında yem almazlar. Tuzluluk değişimlerine karşı oldukça dayanıklıdırlar. Örneğin tuzluluğu ‰ 5 dolayındaki Bafa Gölü ile tuzluluğu ‰ 40-45’e çıkan dalyanlarda bile rahatça yaşamaktadırlar. 7–8 mg/l çözülmüş oksijen düzeyini tercih ederler. Dalgalı sularda yaşamayı severler, fakat bulanık ve kirli sulardan hoşlanmadıkları bildirilmiştir (Memiş, 2010).

Türkiye İstatistik Kurumu(2013) verilerine göre ülkemizde yetiştiriciliği yapılan deniz balığı türlerinden en fazla üretim miktarı 67.912,5 ton/yıl ile toplam üretim miktarının %62,5’luk bir oranını Levrek balığı oluşturmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliği yönetmeliğine ilişkin uygulama esasları adlı genelgede (2006/1- ek 1/c) Levrek balıklarının yetiştiriciliğinde optimum su kalite parametreleri Çizelge 1.2.’de verilmiştir (Anonim, 2014). Çalışmada elde edilen tüm su kalite değerleri bu yönetmeliğe göre incelenmiştir.

Çizelge 1.2. Levrek balığı yetiştiriciliğinde su kalite parametreleri (Anonim, 2014).

Parametreler	Aralıklar
Oksijen mg/L	≥ 4
Tuzluluk ‰	5-40
Sıcaklık °C	10-25
Ph	6,5-8,5
Ser.CO ₂ mg/L	0,1-10
Amonyak (NH ₃)mg/L	0,02-2,5
Amonyum(NH ₄)mg/L	0,05-1,5
Nitrit (NO ₂) mg/L	<0,5
Nitrat (NO ₃) mg/L	<40
Fosfat (PO ₄) mg/L	<1

Bu çalışmada 2 farklı tuzluluğa sahip akvaryumlarda 2 farklı boncuk filtre materyalinin etkinliği saptanmaya çalışılmıştır. Yine bu çalışmada 2 aşamada gerçekleştirilmiş olup I.aşamada filtrelerin nitrifikasyon başarıları incelenirken II.aşamada levrek balığının gelişimleri ile filtrelerin performansları incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Sastry vd., (1999) tarafından yapılan çalışmada kapalı devre sistemlerinde kullanılan boncuk filtrelerin askıda katı maddelerin uzaklaştırma ve biyolojik filtrasyon performansları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada tilapia (*Oreochromis niloticus*) cinsi balık kullanılmıştır. Deneme tankına bağlı olan boncuk filtrelerde 3 farklı miktarda boncuk kullanılmıştır (16kg/m^3 , 24kg/m^3 ve 32kg/m^3). Çalışma sonucunda boncuk filtrelerde nitrifikasyona etken sadece su kalitesi olmadığı; boncukların fiziksel hareketi, geri yıkama sıklığı, filtre yük kaybı ve bakteri popülasyonunun da etkisi olduğu bildirilmiştir. Geri yıkama sıklığının filtre performansını geliştirdiği ve fazla yemlemelerde gerekli olduğu tespit edilmiştir. En iyi performansı 32kg/m^3 boncuk miktarıyla 24 saat içinde 5 defa geri yıkama yapılarak elde edildiği bildirilmiştir.

Sandu vd., (2002) tarafından plastik boncuk medyalı akışkan filtrede nitrifikasyon verimliliğini etkileyen faktörler incelenmiştir. Aynı miktardaki Acrylonitril Butadiene Styrene (ABS) plastik boncuk medyalar, 500 litre hacimli tanka bağlı olan 3 farklı çapa (12.7, 15.2 ve 17,8 cm) sahip kolon içine doldurulmuş ve bu biyofiltrelerde 4 farklı su akış hızının etkisi denenmiştir. Çalışma sonucunda en geniş çapa sahip biyolojik filtredeki toplam amonyak nitrojeni(TAN) uzaklaştırma yüzdesi, en düşük su akışında (6 L/dak) en verimli nitrifikasyon performansını gösterdiği tespit edilmiştir. Filtrenin kolon çapı arttıkça TAN uzaklaştırma yüzdesi arttığı ve su akış hızı arttığında ise biyofilm oluşumunun azaldığı bildirilmiştir.

Rusten vd., (2006) tarafından kaldnes medyasının hareketli yataklı biyofilm reaktörleri tasarımı ve performansları incelenmiştir. Çalışmada alabalık (tatlı su) ve kalkan balığı (tuzlu su) toplam amonyak nitrojeni (TAN) yüklemesi, TAN uzaklaştırılma oranları, nitrifikasyon bakterilerinin performansları, biyofilm oluşum süreci ve parametrelerin etkileri (oksijen, sıcaklık, pH ve alkalinite) incelenmiştir. Tatlı suda daha verimli TAN uzaklaştırma oranı tespit edilmiş ve ürünün $350\text{ m}^2/\text{m}^3$ yüzey alanına sahip biyomedyanın verimli performans gösterdiği bildirilmiştir.

Timmons vd., (2006) biyolojik filtrasyonda mikro boncuk kullanımını alternatif olarak verdikleri çalışmada, avantajlarını incelemiştirlerdir. Ortalama 1mm çapında, normal boncuk filtrelerden daha küçük çapa sahip, polisteren materyalinden elde edilmiş yüzen bu malzemenin biyolojik filtrasyon malzemesinin nitrifikasyonda etkin rol aldığı, veriminin sıcaklık düşüğe azaldığı, karbondioksit gazını uzaklaştırdığı, ekonomik olarak değerlendirildiğinde daha avantajlı olduğu bildirilmiştir.

Pfeiffer ve Malone (2006) tarafından yapılan çalışmada akışkan kum filtre ile pervaneli boncuk filtrenin nitrifikasyon ve suyun berraklaştırılması performansları, Tilapia cinsi balık bulunan, kapalı devre sisteminde, incelenmiştir. Pervaneli boncuk filtre plastik boncuk, akışkan kum filtre ise silika kum ile doldurulmuştur. Bu sisteme 5 farklı yem (pelet) miktarı denenmiştir. Yüksek miktarda yemlenen gruplarda oksijenin TAN uzaklaştırma oranını sınırlandırdığı bildirilmiştir. TAN uzaklaştırma oranının %75'inin akışkan kum filtreleri tarafından gerçekleştirildiği tespit edilerek, su debisi %20 artırıldığında TAN uzaklaştırma oranının maksimuma ulaştığı belirtilmiştir. Pervaneli boncuk filtrenin su berraklaştırılmasında öncelikli rol oynadığı bildirilmiştir. Sonuç olarak bu iki filtrenin birlikte kullanımının nitrifikasyon performansı ve su berraklığını arttırdığı bildirilmiştir.

Crab vd., (2007) tarafından sürdürülebilir nitrojen giderim metodlarının irdelendiği çalışmada, geleneksel su arıtım tekniklerine ilave olarak, hem su arıtımı hemde balık yemi olarak tüketilen perifiton kullanımı önerilmiştir.

Suhr ve Pedersen (2010) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretimi yapılan ticari açık hava resirküle sisteminde sabit ve hareketli yataklı biyofiltreler kullanılarak, nitrifikasyon ile atık su arıtımında kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir. Sabit ve hareketli yataklı olmak üzere iki farklı biyofiltre kullanılan bu çalışmada, filtreler 5.5m³'lük tanklara farklı medyalarla denemeleri gerçekleştirilmiştir. Sabit filtreli tanklarda 4,2m³ polietilen (200 m²/m³), hareketli biyofiltrelerde ise 2m³ polipropilen (850 m²/m³) medya kullanılmıştır. Amonyum klorür dozajlama cihazı ile azot türevi sisteme eklenerek maksimum toplam amonyak nitrojeni (TAN) oksidasyon oranı takip edilmiştir. Doymuş oksijen belli bir limite (%40 – 60) tutularak etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, sabit yataklı polietilen

medya kullanılan filtrenin yüzey alanı daha az olmasına karşın amonyak uzaklaştırma oranı daha iyi olduğu bildirilmiştir.

Pfeiffer ve Wills (2012) tarafından yapılan çalışmada; kapalı devre sistemden, düşük tuzlulukta yapılan denemede hareketli yataklı biyofiltrelerde 3 farklı tip yüzerliliğe sahip ticari plastik boncuğun (AMB, MB3, K1 kaldness), toplam amonyak nitrojeni (TAN) uzaklaştırma performansları karşılaştırılmış. Her tip medya için düşük ve yüksek miktar yemlemeler yapılarak 2 farklı deneme grubu oluşturulan çalışma sonucunda AMB ve K1 kaldnes medyalarında toplam amonyak nitrojeni (TAN) miktarını düşük ve yüksek yemlemelerde MB3 medyasının en yüksek hacimsel TAN uzaklaştırma oranına sahip olduğu tespit edilerek düşük ve yüksek yemlemelerde sırası ile ortalama %12.3 ve %14.4 TAN uzaklaştırma oranına sahip olduğu bildirilmiştir.

Pedersen vd., (2012) tarafından yapılan çalışmada kapalı devre sistemlerinde farklı miktarda yemlemenin azot dengelerine ve balık performansına etkileri incelenmiştir. Dört farklı yem miktarı (125, 250, 375 ve 500 g/gün) gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) bulunan 3 ayrı kapalı devre sisteminde denemeler gerçekleştirilmiştir. Her sistemin 4 farklı bölümünden (balık tankı, depo, biyofiltre, damlatmalı filtre) örnekler alınarak nitrifikasyon performansları tespit edildi. Yem miktarıyla doğru orantılı olarak toplam amonyak nitrojeni (TAN) miktarının arttığı bildirilen bu çalışma sonucunda kapalı devre sistemlerinde su kalitesi ve balık performansları ve TAN uzaklaştırma modelleriyle ilgili birçok yeni bilgi elde edilmiştir.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme süreci ve yeri

Bu çalışma 11 Mart 2014 ile 20 Mayıs 2014 tarihleri arasında 70 gün boyunca yürütülmüştür. Deney 2 aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci aşama 25 gün sürmüştür. Bu aşamada 25 gün boyunca bakteri olgunlaşması sağlanmış ve filtrelerde kullanılan boncuk materyalinin ve farklı tuzlulukların nitrifikasyon performansına etkisi değerlendirilmiştir. Denemenin ikinci aşamasında I. aşamada takip edilen akvaryumlara levrek balıkları konulmuş ve 45 gün boyunca filtrelerin nitrifikasyon performansları ile balıkların büyüme performansları incelenmiştir.

Deneme İstanbul Akvaryum'un karantinasında gerçekleşmiştir. İstanbul'da Florya'da bulunan bu şehir akvaryumu 6.800 metreküp su hacmine sahiptir ve toplam 64 adet akvaryum bulunmaktadır. Karadeniz'den başlayıp Pasifik'e kadar uzanan 1,2 kilometre uzunluğundaki, özel temalı gezi güzergâhı bulunmaktadır. Yaklaşık 1.500 çeşit, toplam 15 bin adet kara ve deniz canlısı bulunmaktadır.

3.1.2. Deney düzeneği

3.1.2.1. Denemede kullanılan akvaryumlar

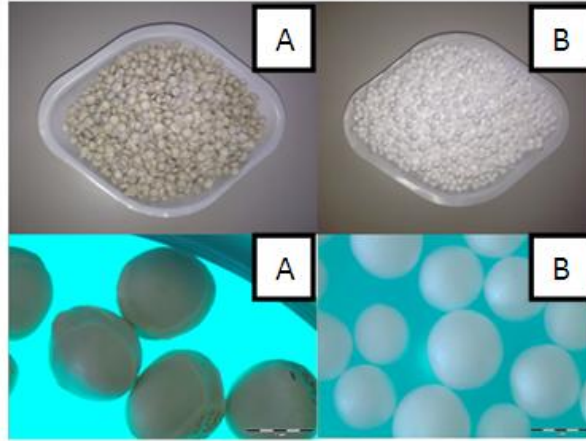
500 L hacmine sahip polyester malzemeden yapılmış ve tek yönü cam ile kaplı akvaryumlarda gerçekleştirilmiştir ve bu akvaryumlara bağlanan boncuk filtreler Şekil 3.1. 'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Denemede Kullanılan Akvaryumlar ve Filtreler

3.1.2.2. Filtreler

Denemede kullanılan filtrelerin içerisine biyomedyaya olarak polistren boncuk (4 adet) ve strafor boncuk (4 adet) yerleştirilmiştir. Takılan filtrelerin içerisine biyomedyaya olarak polistren boncuk ve strafor boncuk konulmuştur (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Filtrelerin içinde kullanılan polistren boncuk (A) ve strafor boncuk (B)

Denemede kullanılan biyolojik filtrelerin kapasitesi 50L olup her filtrenin dörtte biri kadar (12,5 L) boncuk ve strafor materyal ile doldurulmuştur. Strafor boncukların filtre içerisinde bakterilerin tutunabilecekleri yüzey alanı 1 filtre için m^2/m^3 cinsinden yaklaşık $4071,2 m^2/m^3$ olarak hesaplanırken polistren boncuklar için $11310 m^2/m^3$ olarak hesaplanmıştır

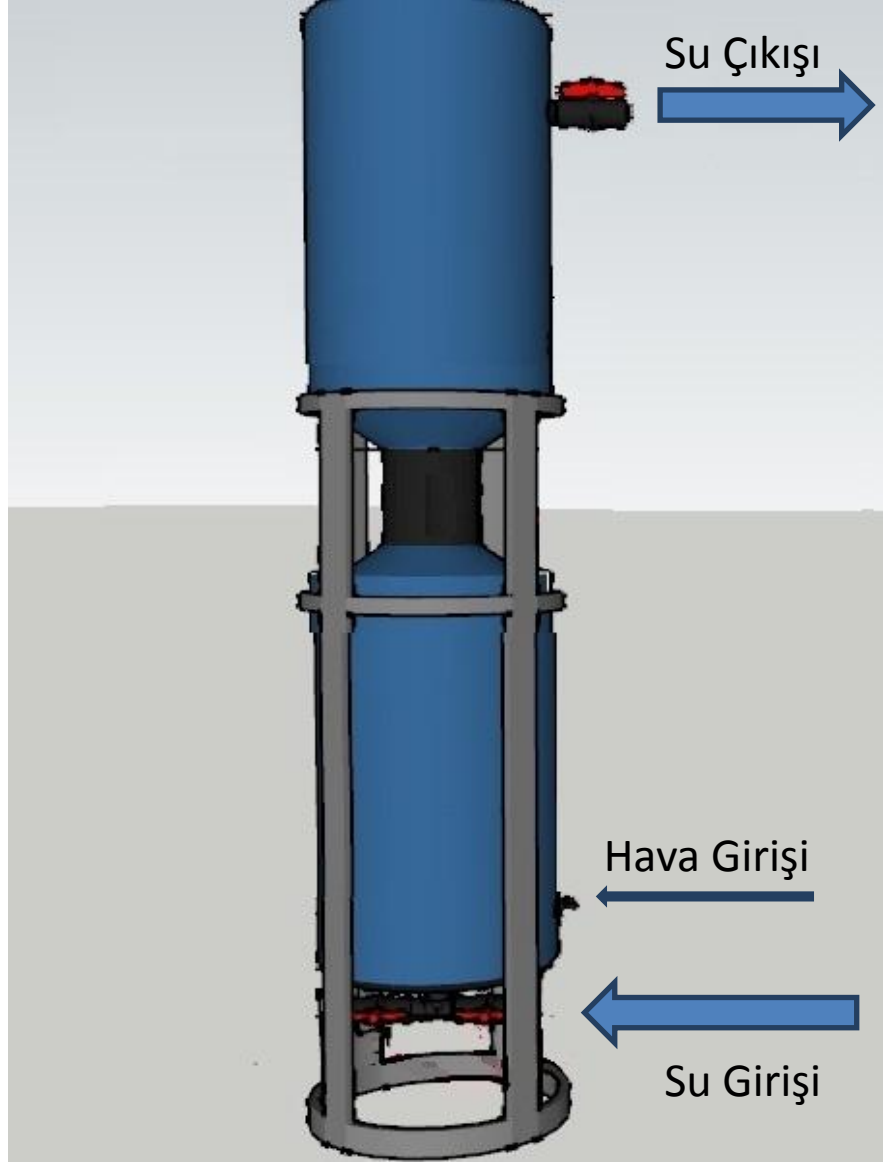


Şekil 3.3. Deneme düzeneğinin fotoğrafı (orijinal)

3.1.2.3. Tuzlu suyun hazırlanması ve akvaryum suyunun devir daimi

Su kaynağı olarak akvaryum tarafından hazırlanan ters ozmos ile elde edilen işlenmiş su ve ticari bir firma tarafından kimyasal olarak hazırlanmış deniz tuzu bileşimiyle harmanlanmış olup ‰18 ve ‰35 oranında tuzluluğa sahip deneme suyu oluşturulmuştur.

Bu deneme tanklarındaki suyun sirkülasyon motoru ile filtreye girişi sağlanarak devir daimi gerçekleştirilmiştir. Su girişi filtrenin altından sağlanırken, su çıkışı ise filtrenin üstünden gerçekleştirilecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 3.4.). Suyun debisi akvaryum suyunun saatte yaklaşık 2 sefer değişimine yakın olacak şekilde ayarlanmıştır ve ‰18 S grubunda $0,84 \text{ m}^3/\text{sa}$, ‰35 S grubunda $0,87 \text{ m}^3/\text{sa}$, ‰18 P grubunda $0,72 \text{ m}^3/\text{sa}$ ve son olarak ‰35 P grubunda $0,72 \text{ m}^3/\text{sa}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Boncuk filtrelerin şematik görünümü

3.1.2.4. Havalandırma

Her filtre ve akvaryum deney ortamında bulunan atmosferik hava ile beslenmiştir. Havalandırma direkt olarak filtrenin içerisinden gerçekleşmiştir (Şekil 3.4.). Havalandırmanın filtre içinde olması aerobik olan bakterilerin olgunlaşması içinde fayda sağlamıştır.

3.1.3. Deney balığı

Denemede 240 adet levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) İDA gıda su ürünleri firmasına ait deniz balıkları üretim kuluçkahanesinden temin edilmiştir. Çanakkale’de bulunan bu kuluçkahaneden, sıcaklığı düşürülmüş ve saf oksijen ile doygunluğu arttırılan poşetlere yerleştirilen balıklar araç ile İstanbul’a transferi gerçekleşmiştir. %28 tuzluluğa sahip su ile getirilen balıklar deneye başlanmadan denemede kullanılacak olan %18 ve %35 tuzluluklara kademeli olarak adaptasyonları sağlanmıştır. Denemede kullanılan bu adaptasyon süreci 10 gün sürmüştür. Bu balıkların ortalama boyları $4,00 \pm 0,14$ cm ağırlıkları ise ortalama $2,70 \pm 0,10$ gr olarak kayıt edilmiştir.



Şekil 3.5. Deney balığı (orijinal)

3.1.4. Deneme yemi

Denemede kullanılan yem 1,5mm boyutunda ticari yemdir. İçeriği izelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme yemi içeriği

Yüzdelik Yem İçeriği	%
Ham Protein	52
Azotsuz Özmadde	17
Ham Yağ	10
Nem	19
Ham Kül	2
Nem	19

3.1.5. Nitrifikasyon bakterileri

Bu çalışmada ticari bir firma tarafından üretilen liyofilize toz olarak hazırlanan nitrifikasyon bakterisi kullanılmıştır (şekil 3.6.).Bu ürün su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde kullanılarak 2- 3 hafta içinde biyolojik filtre ünitesinin olgunlaşmasını sağlamaktadır. Bu bakteriler hem tatlı su, hem de tuzlu su ortamlarında kullanılabilen özelliğe sahiptir.



şekil 3.6. Toz nitrifikasyon bakterisi

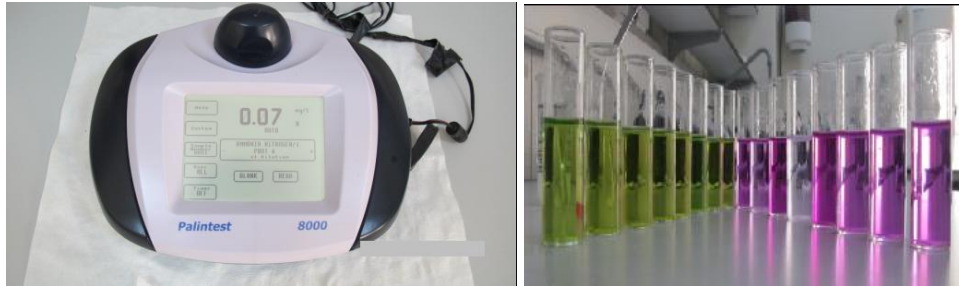
3.1.6. Deneme akvaryumlarının fiziksel ve kimyasal su kalitesi ölçüm cihazları

Toplamda 70 gün süren deneme çalışmasında her gün sıcaklık, pH, oksijen ve tuzluluk ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler YSI556 MPS cihazı ile ölçülmüştür. Her ölçüm öncesi cihazın kalibrasyonu yapılmıştır (Şekil 3.7).



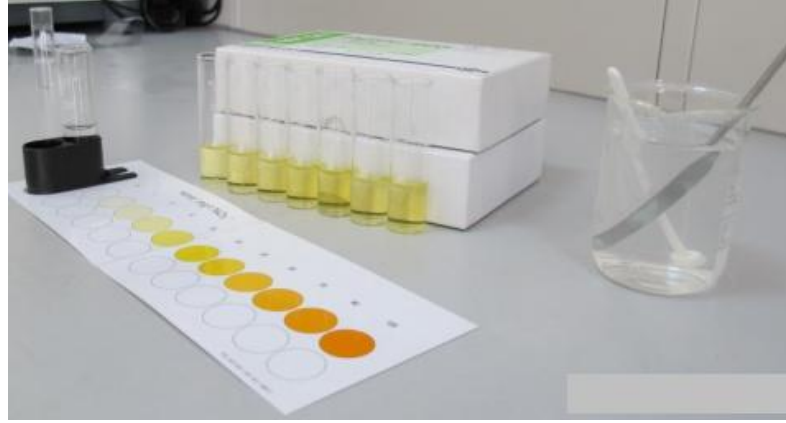
Şekil 3.7. YSI556 MPS multi parametre ölçüm cihaz

Nitrifikasyon performanslarını karşılaştırmak amacıyla günlük yapılan amonyak ve nitrit ölçümleri aylık olarak kalibrasyonları yapılan Palintest8000 spektrofotometresi ile yapılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Spektrofotometre – Palintest8000

Yapılan nitrat testleri ise Macherey magel visocolor ECO test kiti kullanılarak takip edilmiştir (Şekil 3.9). Deneme sonunda nitrat ve fosfor analizi APHA (1985) 'ya göre yapılmıştır.



Şekil 3.9. Nitrat test kiti – Macherey magel visocolor ECO

3.2. Yöntem

3.2.1. Bakteri olgunlaşması

Denemede kullanılan akvaryum sistemlerine nitrifikasyon bakterisi eklenmeden önce kilogram başına 20L su içinde 30 dakika boyunca havalandırılma işlemi uygulanmıştır. Bu toz bakterinin her 100grortalama bir milyar bakteri bulunduğu ticari ürün kullanım bilgilendirmesinde belirtilmektedir.

Deney tank hacimleri göz önünde bulundurularak (500L) her tanka 30 gr bakteri tozu eklenmiştir. 1 gün boyunca filtrelerde iyice havalandırılan bakterilerin beslenmesi için 3 gram amonyum klorür (NH_4Cl) eklenmiştir. Bakterilerin amonyum klorür bileşiğindeki amonyağı tüketerek olgunlaşmaları sağlanmıştır. I. Deneme aşamasında 25 gün boyunca balık olmadan sadece kimyasal maddelerle, II. Deneme aşamasında ise balıkların beslenmesi sonucu ortama giren yem ve metabolizma kaynaklı besin tuzlarının su kalitesine etkisi incelenmiştir.

3.2.2. Balıkların yemlenmesi

II. Deneme aşamasında sisteme Levrek balıkları yerleştirilmiş ve 45 gün boyunca vücut ağırlıklarının %2'si kadar yem verilmiştir. Bu oranın tespitinde balıkların yaşamsal aktivitelerini gerçekleştirebileceği ve sisteme besin tuzları yüklemesinin en

az seviye olacak şekilde hesaplanmıştır. Bu hesaplama içerisinde önde tutulan hipotez, nitrifikasyon bakterilerinin gelişmesi için uygun ortamın oluşturulması, aşırı besin tuzu yüklemesinin önüne geçilmesi ve bu sayede nitrifikasyon başarısının takibinin sağlanmasıdır. Günlük verilmesi gereken yem miktarı, ikiye bölünerek iki seferde (10:00 - 16:00) verilmiştir. Yemlemeden sonra tankta bulunan yemmemiş yemler sifonlanarak uzaklaştırılmıştır.

3.2.3. Toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) tespiti

Su kalitesinin ötrofik düzeyinin belirlenmesinde toplam azot ve fosfor arasındaki oran önemlidir. Bu konuda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların genellikle TN/TP:10 ortalama olarak tespit edilmiştir. Bu değer üzerindeki sular ötrofikasyona yakın olduğu bildirilmektedir (Anonim, 1993; Çelikkale vd., 1999). Toplam azot balık yetiştiriciliğinde balıkların beslenmesinde kullanılan yüksek proteinli yemlerin metabolizması sonucu ortaya çıkmaktadır. Toplam azot denklemi (3.1.) organik ve inorganik azot formlarının toplanması ile elde edilmektedir.

$$\text{Toplam Azot (TN): Toplam organik azot + Toplam İnorganik Azot} \quad (3.1.)$$

Fosfor, azot ve potasyum besleyici elementlerdir. Fosfor, enerji metabolizmasında ve iskelet dokularında görev yapan; nükleik asitlerin ve hücre membranlarındaki önemli bir mineral maddedir. Balıklar sudaki çözülmüş fosforu düşük miktarlarda kullansa da balık yemlerinde takviye olarak verilmektedir (Lazzari ve Baldisserotto, 2008). Sularda bulunan fosfor formları genellikle *orto*-fosfatlar ($\text{PO}_4\text{-P}$), organik fosforlar ve partikül fosforlardır ve toplam fosfor denklemi (3.2.) aşağıda verilmiştir.

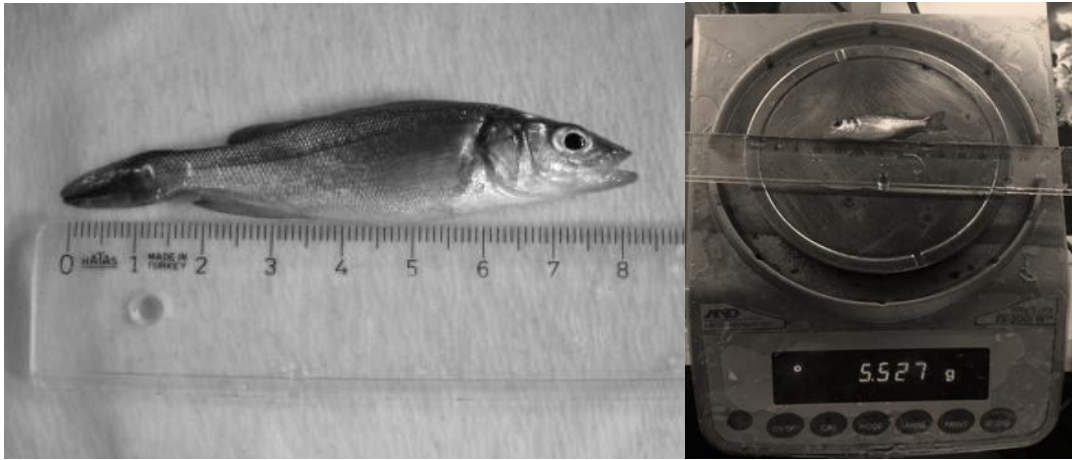
$$\text{Toplam Fosfor (TP): } \text{PO}_4\text{-P} + \text{Organik fosfor} + \text{Partikül fosfor} \quad (3.2)$$

(Berghaim, 1984).

Su ortamına partikül ve çözülmüş olarak giriş yapan balık yemi kaynaklı toplam azot ve fosforun tespiti ise Çelikkale vd., (1999)'a göre hesaplanmıştır. Tüm toplam azot ve fosfor hesaplamaları 70 günlük deneme süresi için hesaplanmış ve olası miktar ile saptanan miktar oranlanarak nitrifikasyon başarısı olarak hesaplanmıştır.

3.2.4. Balıklarda büyüme performanslarının incelenmesi

Çalışma süresince aylık olarak canlı ağırlık ve total boy ölçümleri yapılmıştır. Gün içerisinde yapılan kontrollerle ölü balık kayıtları alınmış ve deneme sonunda yapılan sayımda balıkların yüzde olarak yaşama oranları tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilecek örneklerin kendi aralarında karşılaştırmalarını yapmak için nispi kondisyon faktörü kullanılmıştır (Gaygusuz vd., 2013). Bu indisi kullanmak için tüm grupların örnekleme aynı zamanda yapılmıştır. $LK = W/W'$, W = Balığın ölçülen boyu, W' = Balık boyu ve ağırlığı arasındaki ilişkiden elde edilen ağırlık değeri, balık boyu ile ağırlığı arasındaki ilişki $W' = aL^b$ formülü ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte a = kesim noktası, b = doğrunun eğimidir. Elde edilen sonuçlar 1 değerinden büyük olması karşılaştırma yapılan aynı boydaki diğer bireylerin ortalama kondisyonuna göre daha iyi bir kondisyona sahip olduğunu, 1 'den ufak değerlerin ise daha kötü durumda olduğunu göstermektedir. Alınan ağırlık ve boy ölçümleri ile aşağıda belirtilen metotlar kullanılarak balıkların gelişimleri hesaplanmıştır (Dahl 1909; Carlander 1945; Ricker 1979; Khan vd., 2009).



Şekil 3.10. Denemede kullanılan Levrek Balığı (orijinal)

3.2.4.1. Ortalama canlı ağırlık artışı (O.C.A.A.)

$$O.C.A.A. = A_2 - A_1$$

A_1 : Periyot Başlangıcındaki Toplam Ağırlık (g)

A_2 : Periyot Sonundaki Toplam Ağırlık (g)

3.2.4.2. Yüzde ağırlık artışı (%A.A.)

$$\% A.A. = (A_2 - A_1) / A_1 \times 100$$

A_1 : Periyot Başlangıcındaki Toplam Ağırlık (g)

A_2 : Periyot Sonundaki Toplam Ağırlık

3.2.4.3. Spesifik büyüme oranı (S.B.O.)

$$S. B. O. = [(\ln B_2 - \ln B_1) / T] \times 100$$

B_1 : Periyot Başlangıcındaki Ortalama Bireysel Ağırlık (g)

B_2 : Periyot Sonundaki Ortalama Bireysel Ağırlık (g)

T : Ölçümler Arasındaki Zaman

3.2.4.4. Yem değerlendirme oranı (Y.D.O.)

$$Y.D.O (FCR) = [C / (B_2 - B_1)] + \bar{O}$$

B_1 : Periyot Başlangıcındaki Ortalama Bireysel Ağırlık (g)

B_2 : Periyot Sonundaki Ortalama Bireysel Ağırlık (g)

C : Verilen Yem Miktarı

\bar{O} : Periyot İçinde Ölen Balık Ağırlığı (g)

3.2.4.5. Yüzde ölüm oranı (%M)

$$\% M = (N_2 / N_1) \times 100$$

N_1 : Başlangıçtaki Balık Sayısı

N_2 : Deneme Sonundaki Balık Sayısı

3.2.5. İstatistiksel analizler

Bütün yapılan ikili karşılaştırmalarda t-testi ve çoklu karşılaştırmalarda çoklu varyans analizi kullanılmıştır(ANOVA). Çoklu karşılaştırmalarda hangi çift veri setlerinin farklı olduğunu görebilmek için Tukey testi kullanılmıştır (Zar 1984). Tüm istatistiksel analizler Microsoft Office 2007 Excel programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Büyüme Performansları

Farklı tuzluluklarda farklı filtreler kullanılarak oluşturulan gruplarda çalışma başlangıcında ve sonunda yapılan boy ve ağırlık ölçümlerinden elde edilen veriler değerlendirilerek grupların büyüme performansları incelenmiştir. Farklı filtre materyaline sahip filtreler ve farklı tuzluluklarda büyüme performansları hesaplamalarında $P<0,05$ hassasiyetle istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiştir.

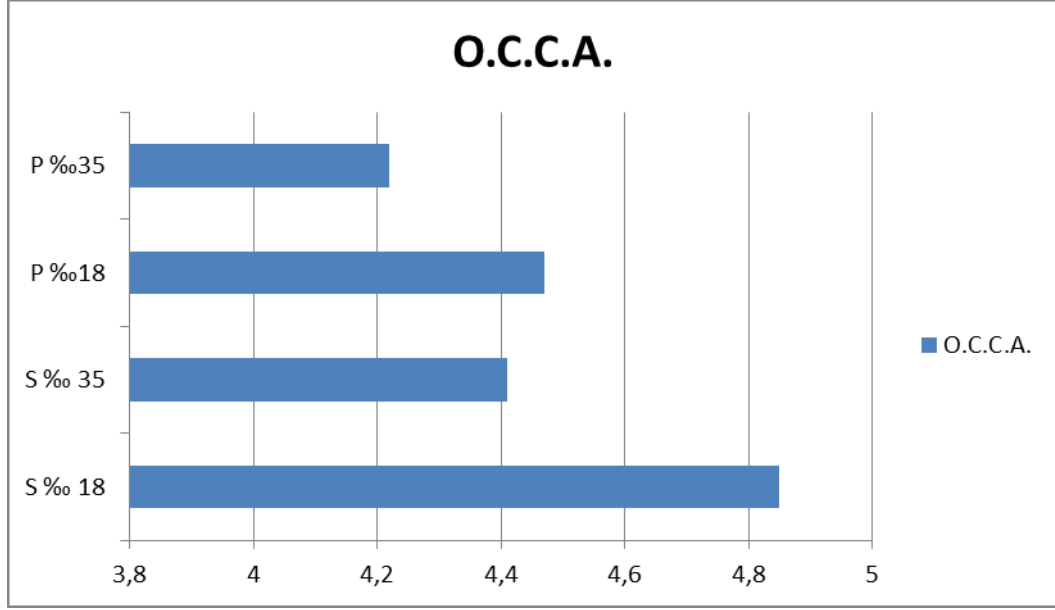
4.1.1. Ortalama canlı ağırlık artışı (O.C.C.A)

Deneme süresince strafor boncuk filtrenin kullanıldığı %18 tuzlulukta beslenen balıklarda ortalama canlı ağırlık artışı 4,85 g olarak hesaplanırken %35 tuzlulukta beslenen balıklarda bu değer 4,41 olarak hesaplanmıştır. Polistren filtrenin kullanıldığı farklı tuzlulukta gruplar değerlendirildiğinde ise %18 tuzlulukta beslenen balıklarda 4,47 g olarak hesaplanan bu değer %35 tuzlulukta beslenen balıklarda ise 4,22 g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1. ve Şekil 4.1.).

Çizelge 4.1. Ortalama canlı ağırlık artışları

Filtre	Tuzluluk	İlk Ölçüm		Son Ölçüm		O.C. A.A
		Ağırlık (g)	Boy (cm)	Ağırlık (g)	Boy (cm)	
S	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	8,30±0,36	7,61±0,29	4,85 ^a
S	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,85±0,28	7,12±0,28	4,41 ^b
P	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	7,90±0,42	7,16±0,40	4,47 ^c
P	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,65±0,18	6,94±0,17	4,22 ^d

Aynı sütundaki farklı harfler önemlidir ($P<0.05$).



Şekil 4.1. Ortalama canlı ağırlık artışları

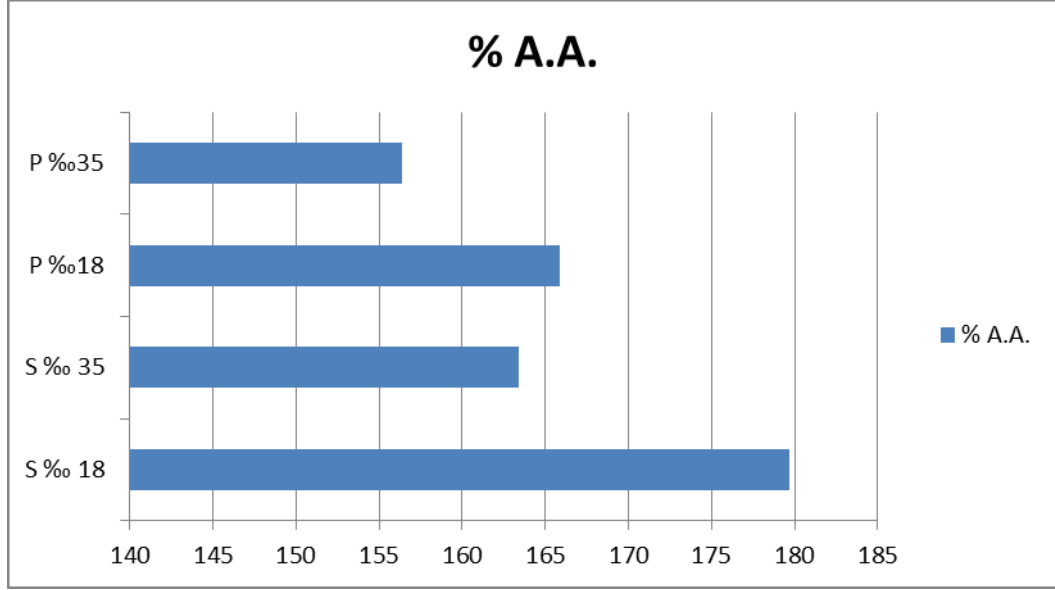
4.1.2. Ortalama yüzde ağırlık artışı (%A.A.)

Çalışmada başlangıç ve son olarak alınan boy ve ağırlık ölçümleri ile yüzde ağırlık artışları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda strafor boncuk filtre kullanılarak %18 tuzlulukta beslenen balıklarda %179,7 oranında ağırlık artışı gözlemlenirken aynı filtrede %35 tuzlulukta bu artış %163,4 olarak hesaplanmıştır. Polistren filtrenin kullanıldığı gruplarda ise %18 tuzlulukta %165,9 g olarak hesaplanan ağırlık artışı %35 tuzlulukta 156,4 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2. ve Şekil 4.2.).

Çizelge 4.2. Ortalama yüzde ağırlık artışı

Filtre	Tuzluluk	İlk Ölçüm		Son Ölçüm		% A.A.
		Ağırlık (g)	Boy (cm)	Ağırlık (g)	Boy (cm)	
S	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	8,30±0,36	7,61±0,29	179,7 ^a
S	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,85±0,28	7,12±0,28	163,4 ^b
P	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	7,90±0,42	7,16±0,40	165,9 ^c
P	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,65±0,18	6,94±0,17	156,4 ^d

Aynı sütundaki farklı harfler önemlidir ($P < 0.05$).



Şekil 4.2. Ortalama Yüzde ağırlık artışı

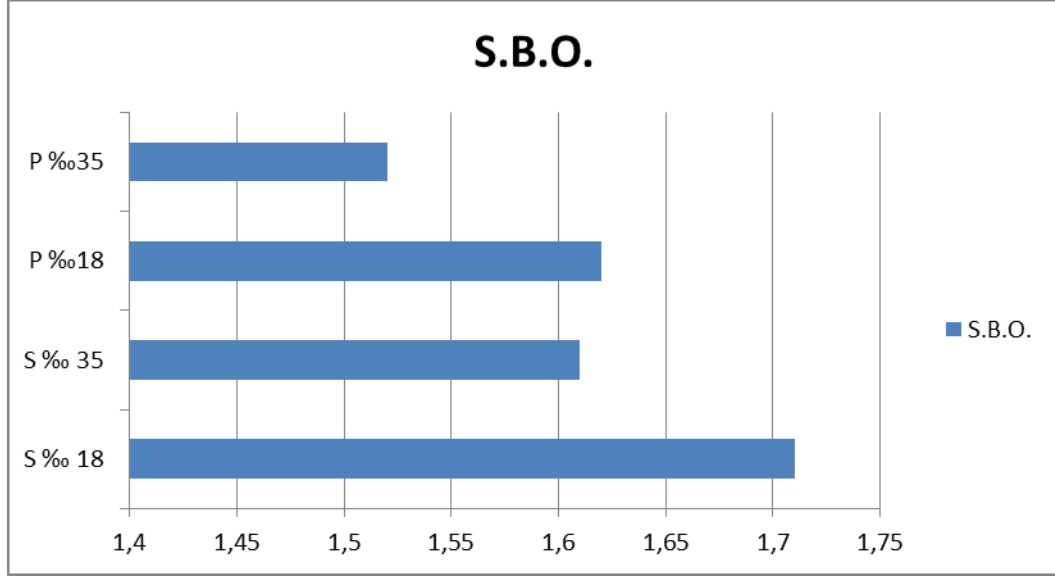
4.1.3. Spesifik büyüme oranı (S.B.O)

Deneme balıklarından alınan ağırlık ve boy verileri spesifik büyüme oranı tespitinde kullanılmıştır. Buna göre; strafor boncuk filtre kullanılan %18 tuzlulukta spesifik büyüme oranı 1,71, %35 tuzlulukta bu değer 1,61 olarak hesaplanmıştır. Polistren boncuk filtrenin kullanıldığı gruplarda spesifik büyüme oranları ise %18 tuzlulukta 1,62 ve %35 tuzlulukta 1,56 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3. ve Şekil 4.3.).

Çizelge 4.3. Ortalama spesifik büyüme oranları

Filtre	Tuzluluk	İlk Ölçüm		Son Ölçüm		S.B.O.
		Ağırlık (g)	Boy (cm)	Ağırlık (g)	Boy (cm)	
S	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	8,30±0,36	7,61±0,29	1,71 ^a
S	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,85±0,28	7,12±0,28	1,61 ^b
P	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	7,90±0,42	7,16±0,40	1,62 ^b
P	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,65±0,18	6,94±0,17	1,56 ^c

Aynı sütundaki farklı harfler önemlidir ($P<0.05$).



Şekil 4.3. Spesifik büyüme oranı

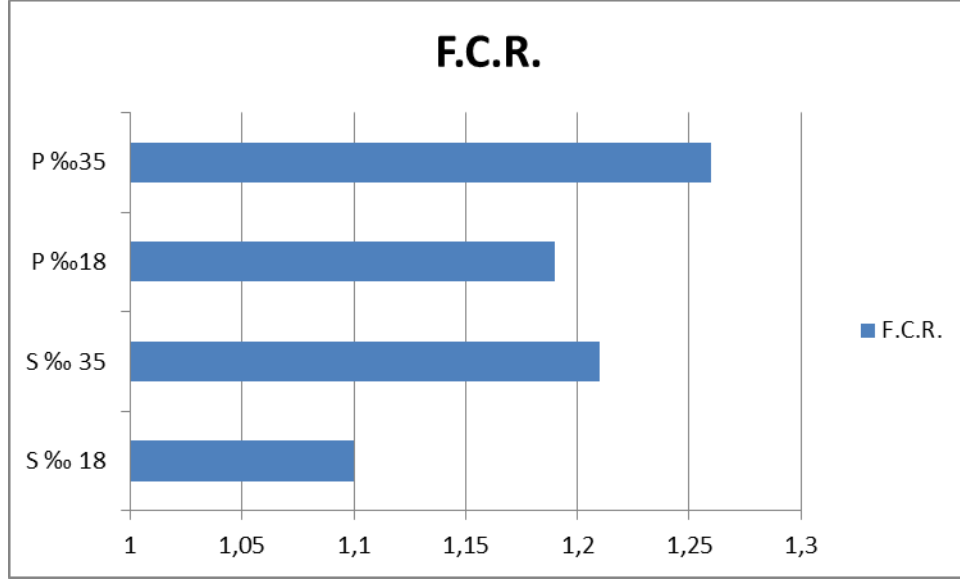
4.1.4. Yem değerlendirme oranı (Y.D.O.)

Çalışma süresince ağırlıklarının %2'si oranında beslenen balıklardaki yem değerlendirme oranlarına incelendiğinde straför boncuk filtrenin kullanıldığı %18 tuzlulukta bulunan grupta 1,10 olarak hesaplanırken aynı malzemeli filtrede %35 tuzlulukta 1,21 olarak hesaplanmıştır. Polistren boncukların kullanıldığı gruplar incelendiğinde %18 tuzlulukta YDO 1,19 olarak hesaplanırken %35 tuzlulukta 1,26 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4. ve Şekil 4.4.).

Çizelge 4.4. Ortalama yem değerlendirme oranı

Filtre	Tuzluluk	İlk Ölçüm		Son Ölçüm		FCR
		Ağırlık (g)	Boy (cm)	Ağırlık (g)	Boy (cm)	
S	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	8,30±0,36	7,61±0,29	1,10 ^a
S	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,85±0,28	7,12±0,28	1,21 ^b
P	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	7,90±0,42	7,16±0,40	1,19 ^b
P	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,65±0,18	6,94±0,17	1,26 ^c

Aynı sütundaki farklı harfler önemlidir ($P < 0.05$).



Şekil 4.4. Yem değerlendirme oranı

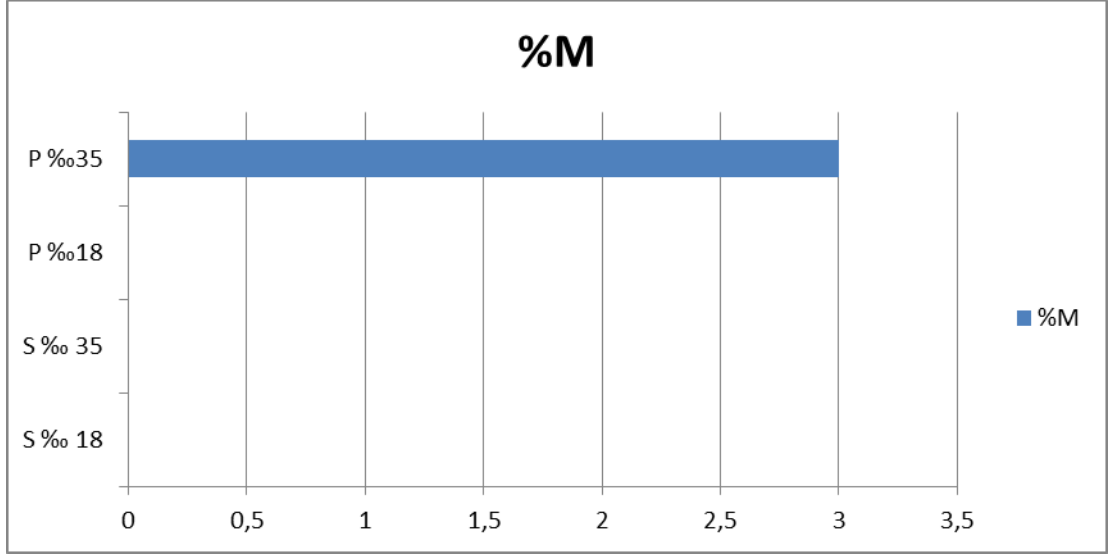
4.1.5. Yüzde ölüm oranları (Mortalite)

Çalışma süresince sadece polistren filtrenin kullanıldığı %35 tuzlulukta beslenen balıklarda %3 oranında ölüm gerçekleşmiştir. Diğer gruplarda birey kaybı gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.5. ve Şekil 4.5.).

Çizelge 4.4. Ortalama yüzde ölüm oranları

Filtre	Tuzluluk	İlk Ölçüm		Son Ölçüm		%M
		Ağırlık (g)	Boy (cm)	Ağırlık (g)	Boy (cm)	
S	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	8,30±0,36	7,61±0,29	0
S	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,85±0,28	7,12±0,28	0
P	%18	2,70±0,10	4,00±0,14	7,90±0,42	7,16±0,40	0
P	%35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,65±0,18	6,94±0,17	3

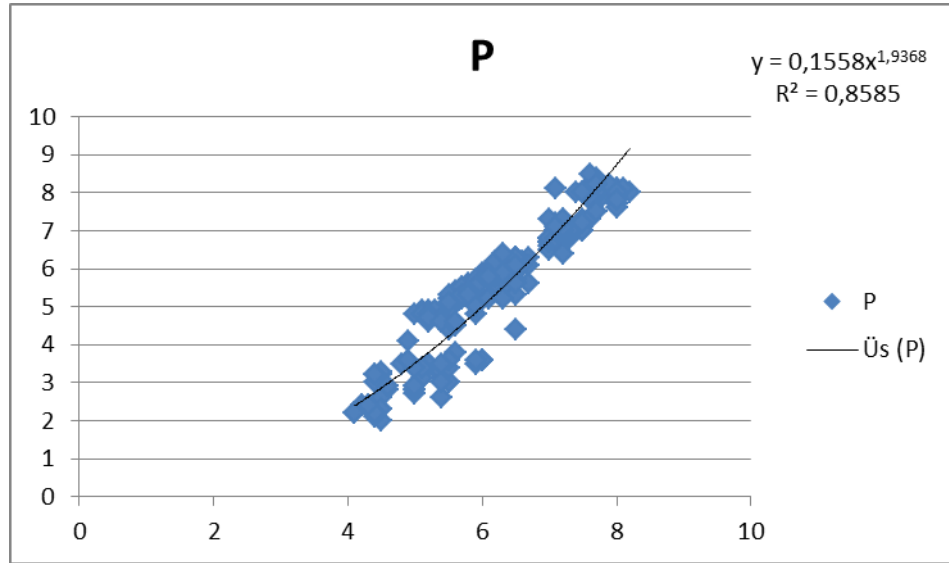
Aynı sütundaki farklı harfler önemlidir ($P<0.05$).



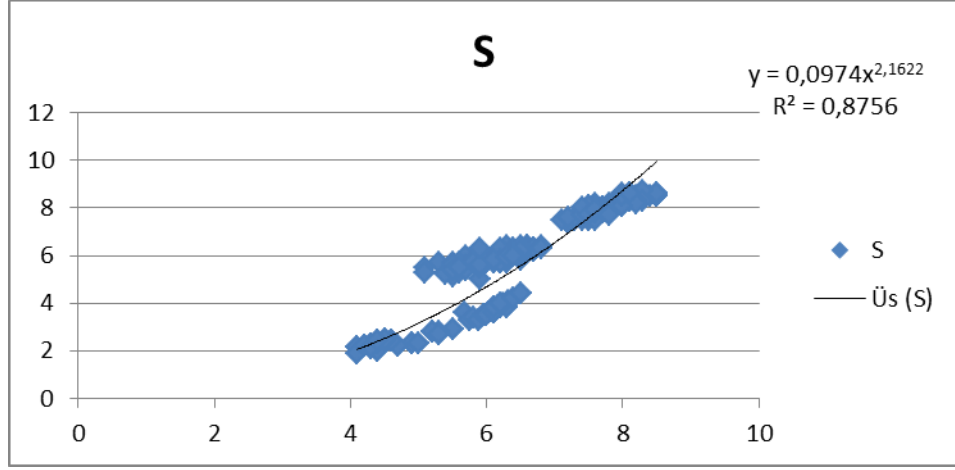
Şekil 4.5. Yüzde ölüm oranı

4.1.6. Nispi kondisyon

Vücut ağırlığı ve boy arasındaki ilişki regresyon çizgileri ile 2 farklı filtrede 2 tuzluluk değeri için ayrı ayrı ifade edilmiş ve bütün sonuçlar pozitif bulunmuştur (Polistren filtre kullanılan %18 ve %35 tuzluluk için, $y=0.155x^{1.936}$; $R^2 =0.858$, strafor boncuk filtre kullanılan %18 ve %35 tuzluluk için $y=0.097x^{2.162}$; $R^2=0.875$) olarak hesaplanmıştır(Şekil 4.6., Şekil 4.7. ve Çizelge 4.6.).



Şekil 4.6. Polistren boncuk filtrenin kullanıldığı grupların boy-ağırlık ilişkisi



Şekil 4.7. Strafor boncuk filtrenin kullanıldığı grupların boy-ağırlık ilişkisi

Çizelge 4.6. Nispi Kondisyon

Filtre	Tuzluluk	İlk Gün		Son Gün		Nispi kondisyon
		Ağırlık (g)	Boy (cm)	Ağırlık (g)	Boy (cm)	
S	‰18	2,70±0,10	4,00±0,14	8,30±0,36	7,61±0,29	0,983881 ^a
S	‰35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,85±0,28	7,12±0,28	1,050989 ^b
P	‰18	2,70±0,10	4,00±0,14	7,90±0,42	7,16±0,40	1,009187 ^c
P	‰35	2,70±0,10	4,00±0,14	7,65±0,18	6,94±0,17	1,021047 ^b

Aynı sütundaki farklı harfler önemlidir ($P < 0.05$).

4.2. Su Kalite Parametreleri

Çalışmada kullanılan strafor boncuklu filtre ve polisteren boncuklu filtrenin bulunduğu gruplarda analiz edilerek elde edilen su kalite parametreleri Çizelge 4.3.'te verilmiştir. Çalışma süresince tüm gruplarda sıcaklık ortalama $23,6 \pm 0,60^\circ\text{C}$ olarak pH ortalama $8,00 \pm 0,05$ olarak ölçülmüştür. Gruplara balıkların eklenmesinden önceki 25 günlük dönemde yapılan ölçümler I.Aşama olarak, balıkların eklenmesinden sonraki 45 günlük dönemde yapılan ölçümler II.Aşama süreci olarak tanımlanmıştır. Elde edilen verilerin analizleri bu çerçevede değerlendirilmiştir (Çizelge 4.7.).

Çizelge 4.7. Ortalama su kalite parametreleri

Deneme	Filtre	Tuzluluk	Sıcaklık (°C)	pH	Çöz.O ₂ (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)
I	S	%18	22,7	8,01	7,19 ^a	0,44 ^a	0,014 ^a	0,37 ^a
	S	%35	23,7	8,10	6,82 ^b	0,32 ^a	0,009 ^b	0,27 ^a
I	P	%18	22,3	8,01	7,30 ^c	0,51 ^b	0,016 ^a	0,47 ^b
	P	%35	23,4	8,02	6,90 ^d	0,33 ^c	0,007 ^b	0,22 ^c
II	S	%18	23,8	7,94	7,51 ^e	0,05 ^d	0,006 ^d	0,55 ^d
	S	%35	24,3	8,03	6,87 ^f	0,11 ^e	0,005 ^d	0,49 ^d
II	P	%18	23,4	7,92	7,67 ^g	0,12 ^e	0,008 ^b	0,65 ^e
	P	%35	23,9	8,01	6,94 ^h	0,35 ^f	0,008 ^b	1,08 ^f

Aynı sütündeki farklı harfler önemlidir ($P<0.05$).

Nitrat ve fosfor zamanla suda birikim gösteren bileşiklerdir. Deneme süresince sudaki nitrat miktarı test kiti ile takip edilmiştir. Toplam 70 gün süren deneme sonucunda yapılan analizde ise gruplarda tespit edilen nitrat (NO₃-N) strafor boncuk filtrenin kullanıldığı grupta %35 tuzlulukta 2,63 mg/L olarak denemenin ortalama en düşük değeri ölçülürken aynı filtre malzemesinde %35 tuzlulukta 2,84 mg/L olarak ölçülmüştür. Polistren boncukların kullanıldığı filtre grubunda %18 tuzlulukta nitrat (NO₃-N) miktarı 3,09 mg/L olarak tespit edilirken bu filtre grubunda %35 tuzlulukta ise 3,41 mg/L olarak deneme gruplarının en yüksek değeri ölçülmüştür. Su analizinde strafor boncuk filtre materyalinin kullanıldığı gruplarda *orto*-fosfat (PO₄) miktarları düşük tuzlulukta (%18) 0,73 mg/L, yüksek tuzlulukta (%35) ise 0,72 mg/L olarak bulunmuştur. Polistren boncukların kullanıldığı filtre gruplarına bakıldığında düşük tuzlulukta (%18) 0,69 mg/L olarak ölçülen fosfor değeri yüksek tuzlulukta (%35) 0,76 mg/L olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Deneme sonucunda birikim yapan Nitrat ve Fosfor miktarı

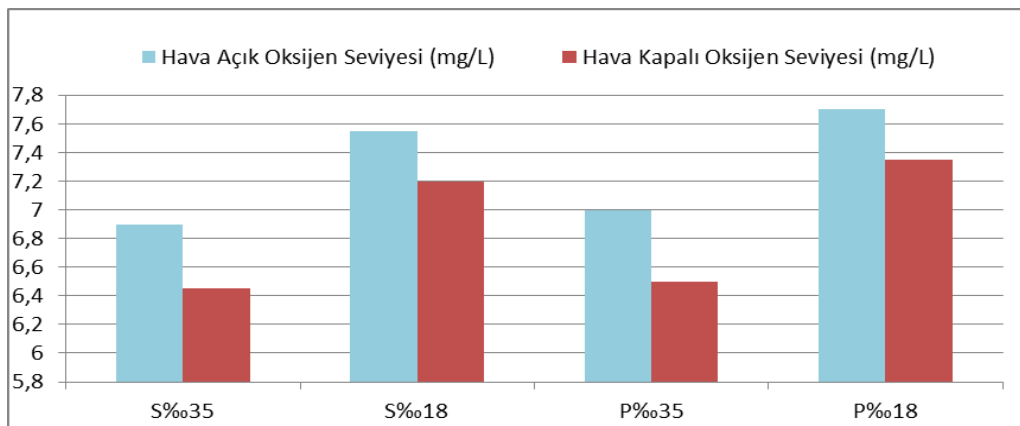
Filtreler	Tuzluluk (‰)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ (mg/L)
S	‰18	2,63	0,73
S	‰35	2,84	0,72
P	‰18	3,09	0,69
P	‰35	3,41	0,76

4.2.1. Filtrelerin oksijence zenginleştirilmesi

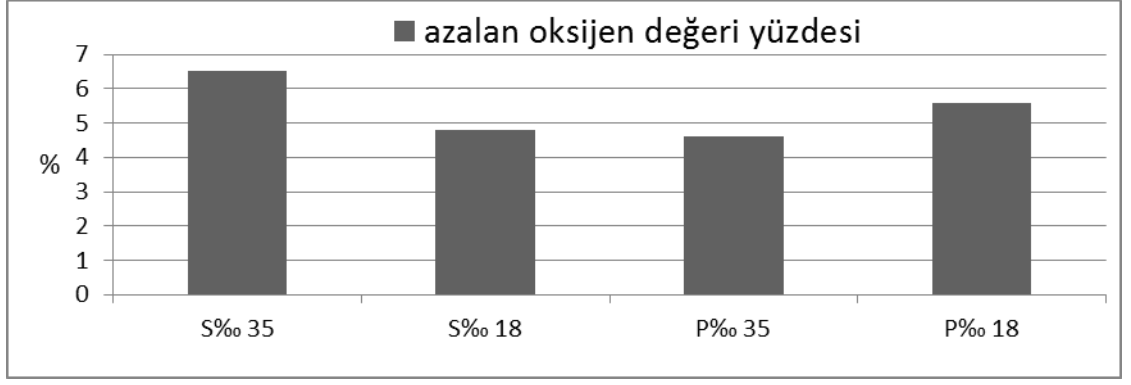
Çalışmada sudaki çözülmüş oksijen miktarı en yüksek olarak ‰18 tuzlulukta polistren filtrede II. aşamada 7,67 mg/L olarak ölçülürken en düşük değer strafon boncuk filtrenin kullanıldığı ‰35 tuzlulukta 6,82 mg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 4.8.).

Filtreleri ve akvaryumu besleyen atmosferik hava, filtre içinde bulunan aerobik bakterilerin gelişimi için gereklidir. Ayrıca bu hava balıkların ihtiyaç duyduğu, çözülmüş oksijeni de sağlamaktadır. ,

Yapılan deneme çalışması içerisinde Levrek balıkları ile filtrelerin ortalama olarak ne kadar oksijen tüketimi sağladığını ölçebilmek için 8 saat kadar filtrelere gelen hava miktarı kesilmiş ve saatlik oksijen değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları 4 deneme grubundan en çok oksijen miktarında azalma %6,5 değer ile S‰35 tankında tespit edilmiştir (Şekil 4.9)..



Şekil 4.8. Filtrelerdeki havanın 8 saat boyunca kapalı tutulması sonucunda mg/L olarak oksijen değerleri

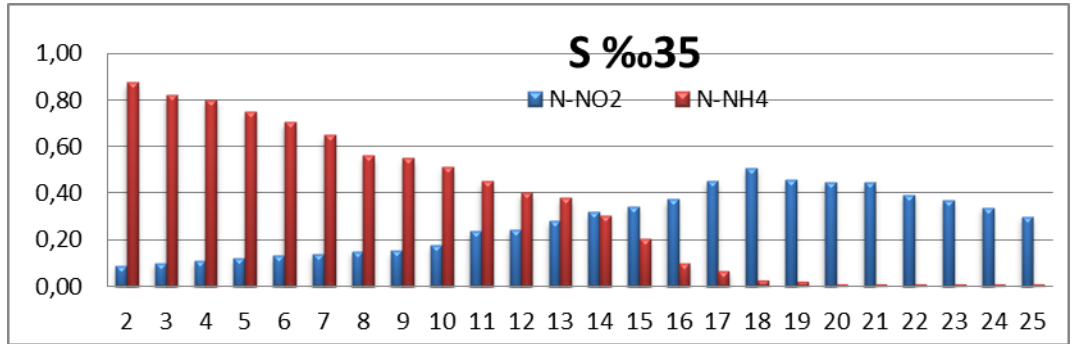


Şekil 4.9. Filtrelerdeki havanın 8 saat boyunca kapalı tutulması sonucunda tanklardaki düşen oksijen değeri yüzdesi

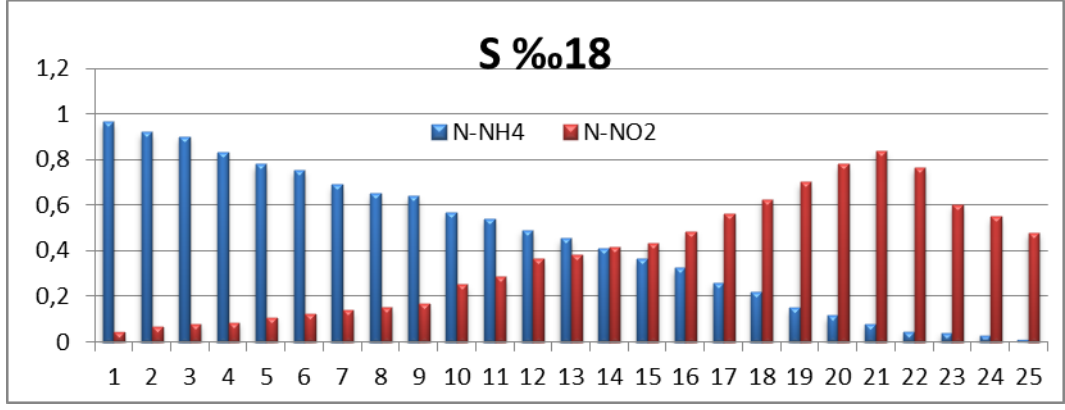
4.2.2. Biyolojik filtrasyon ve nitrifikasyon performansları

4.2.2.1. I. Deneme aşamasında bakteri olgunlaşması ve nitrifikasyon performansı

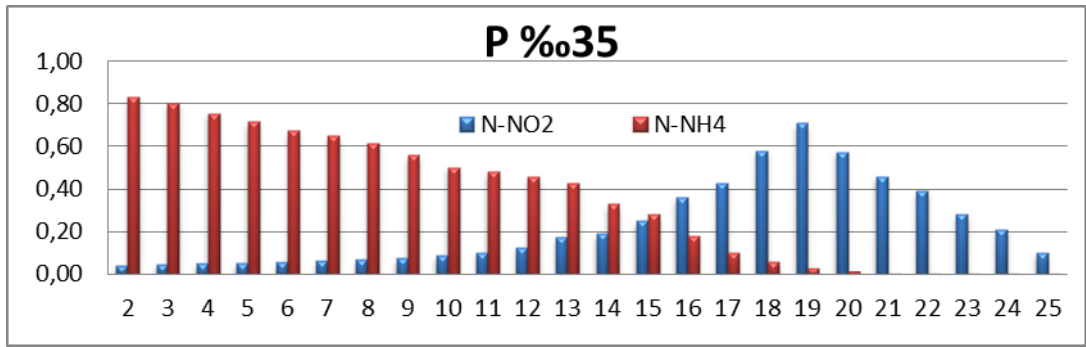
Birinci deneme periyodunda yapılan testlerin sonuçları 4 çalışma grubu altında incelenmiştir. Bakteri olgunlaşma performansları yüksekten düşüğe sırasıyla S %35, P %35, S%18 ve P%18 olarak tespit edilmiştir(Şekil 4.10.a,b,c,d).



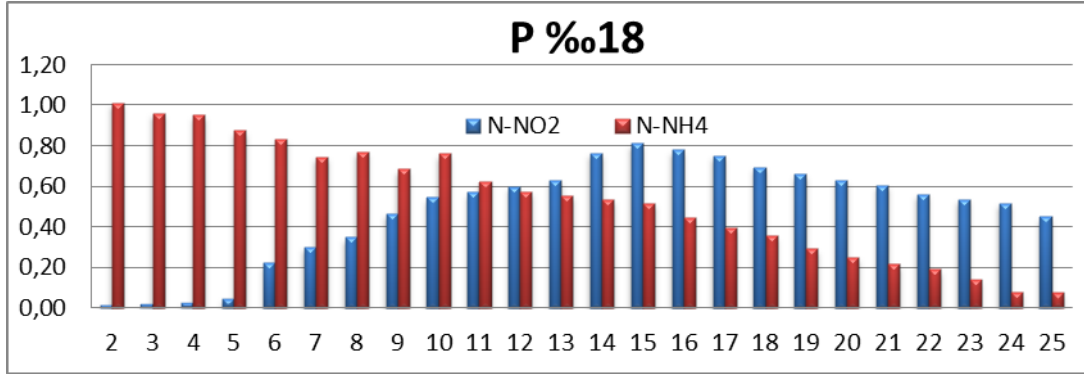
Şekil 4.10.a. S%35 grubunda bakteri olgunlaşması



Şekil 4.10.b. S%18 grubunda bakteri olgunlaşması



Şekil 4.10.c. P%35 grubunda bakteri olgunlaşması

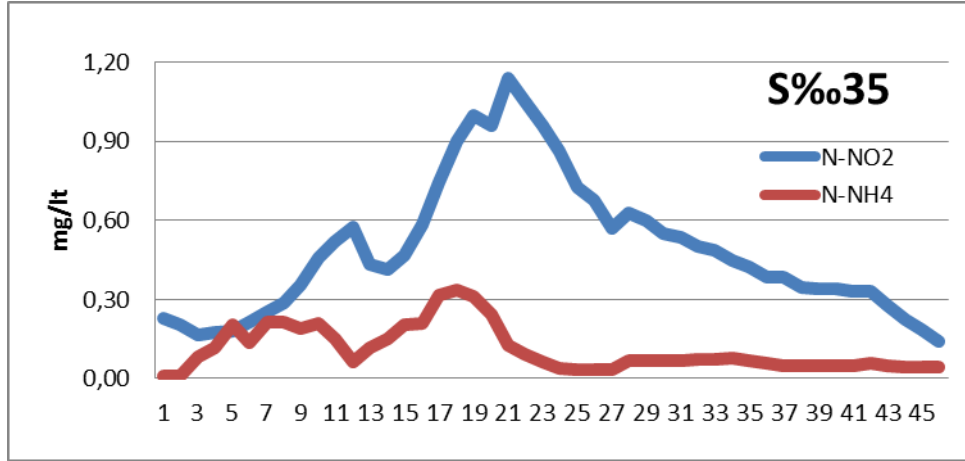


Şekil 4.10.d. P%35 grubunda bakteri olgunlaşması

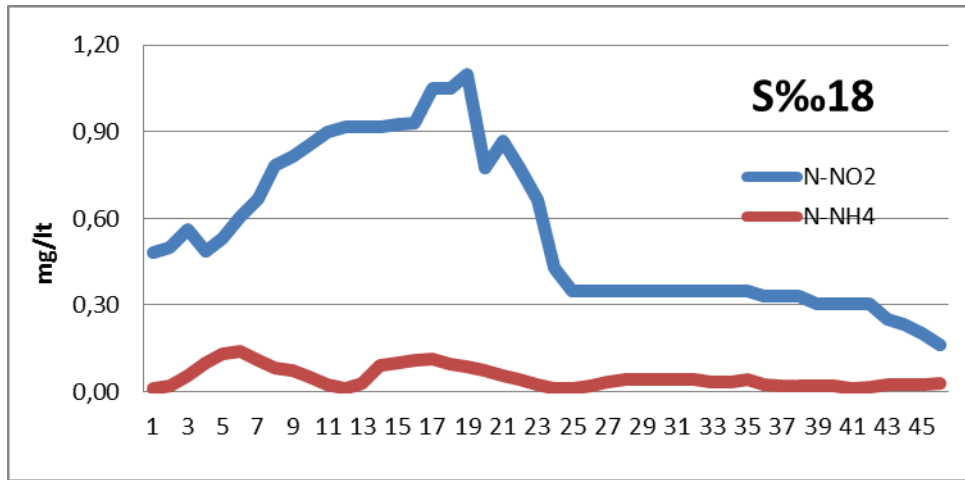
4.2.2.2. II. deneme aşamasında nitrifikasyon performansları

Denemenin II. aşaması balık eklendikten sonra başlamış ve 45 gün sürmüştür. Ortama balık eklenmesinden sonra değerlendirilmemiş yem ve balıkların metabolik artıklarıyla oluşan amonyağın boncuk filtrelerce uzaklaştırılması takip edilmiştir.

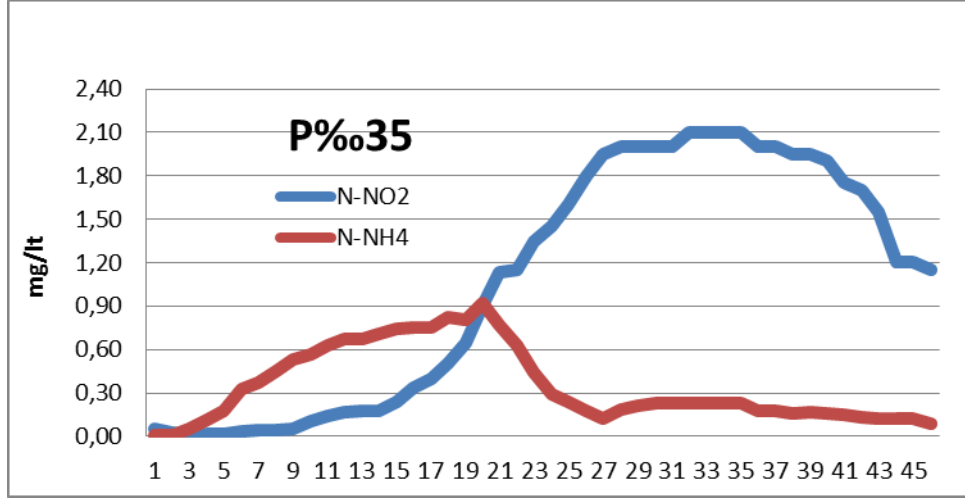
Bu aşamada %18 tuzlulukta strafor boncuk filtrenin kullanıldığı grupta en düşük amonyak seviyesi 0,05 mg/L olarak ölçülürken en yüksek amonyak seviyesi % 35 tuzlulukta polisteren filtrenin kullanıldığı grupta 0,35 mg/L olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.7.).Farklı filtrelerde ve farklı tuzluluklarda amonyak miktarındaki zamanla oluşan değişim Şekil 4.11a, 4.11b, 4.11c, ve 4.11d' de verilmiştir.



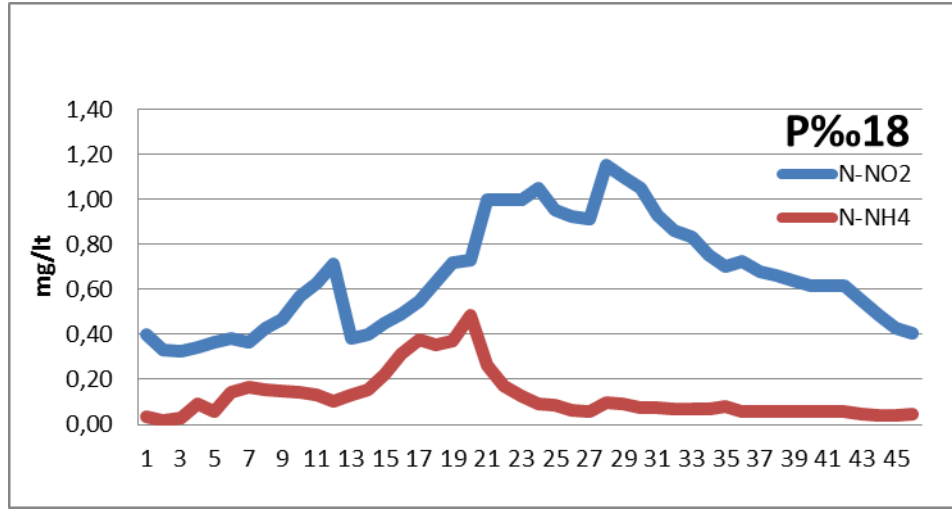
Şekil4.11.a. S%35 grubunda nitrifikasyon performansı



Şekil 4.11.b. S%18 grubunda nitrifikasyon performansı



Şekil 4.11.c. P%35 grubunda nitrifikasyon performansı



Şekil 4.11.d. P%18 grubunda nitrifikasyon performansı

4.2.2.3. Çalışma süresi boyunca nitrifikasyon başarısı

Yetmiş günlük deneme süresi boyunca toplam azot ve toplam fosforun tespiti yapıldıktan sonra su ortamına partikül ve çözünmüş olarak giriş yapan balık yemi kaynaklı fosfor ve azotun tespiti Çelikkale vd., (1999)'e göre hesaplanmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilerek farklı yüzer materyal kullanılan filtrelerin farklı tuzlulukta, ortamda bulunan toplam azot ve toplam fosfor miktarını azaltmadaki etkinliği tespit edilmiştir.

Strafor boncuk filtre %18 tuzluluk oranında ortamdaki toplam azot (TN) miktarını %82,72 oranında azaltırken ortamda bulunan toplam fosfor (TP) miktarını %49,32 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Aynı filtrenin %35 tuzluluk seviyesinde ortamda bulunan toplam azot (TN) miktarını % 81,61 oranında düşürdüğü, toplam fosfor (TP) oranını ise %50,03 oranında uzaklaştırdığı elde edilmiştir.

Polistren boncukların kullanıldığı filtre grubunda düşük tuzluluk grubunda (%18) yapılan hesaplamalarda ortamdaki toplam azot (TN) miktarının %79,28'i uzaklaştırılırken toplam fosfor (TP) miktarında bu oran %51,96 olarak hesaplanmıştır. Yüksek tuzlulukta (%35) bu filtrede uzaklaştırılan toplam azot (TN) miktarı %74,02 iken uzaklaştırılan toplam fosfor (TP) miktarı %47,06 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9.).

Toplam azot ve toplam fosfor miktarlarının birbirlerine olan oranları hesaplandığında ise S%18 grubunda 2,77, S%35 grubunda 2,99, P%18 grubunda 3,50 ve P%35 grubunda 3,99 hesaplanmıştır (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.9. Nitrifikasyon Başarısı

Filtre	Tuzluluk	TN(%)	TP(%)	TN/TP
S	%18	82,72	49,32	2,77
S	%35	81,61	50,03	2,99
P	%18	79,28	51,96	3,50
P	%35	74,02	47,06	3,99

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ekonomik kaygının yüksek olduğu su ürünleri yetiştiriciliğinde su kalitesi büyük öneme sahiptir. Zamana karşı yapılan yarış esnasında en az süre içerisinde yapılan yetiştiricilik performansı işletmelere yer, zaman ve ekonomik kazanç sağlamaktadır. Birim alandan en yüksek verimin elde edildiği sistemlerden biri olan kapalı devre yetiştiricilik sistemlerinde tam kontrolün sağlanması uzmanlık, deneyim ve bilgi gerektirir. Kapalı devre sistemlerin en önemli alanı olarak tanımlanan biyolojik filtrasyon ünitesi bu mekanizasyon içerisinde önemli bir yere sahiptir. Kullanılan filtrelerin performanslarının artırılması üzerine yapılmış uzun zamandan bu yana çalışmalar mevcuttur (Sastry vd., 1999; Pfeiffer ve Malone 2006; Pfeiffer ve Wills 2012). Biyolojik filtrasyonda ortamdaki tüm su kalite parametrelerinin takibi de önemlidir. Günümüzdeki teknolojik gelişimlerle elde edilen alet ve teçhizatlarla kapalı devre sistemlerde su kalite takibi kontrolü kolay olmaktadır. Ancak balık metabolizmasının ve yenmeyen yemlerin oluşturmuş olduğu amonyak (NH_3) ortamdaki biyolojik işlemler sonucu filtreler yardımıyla uzaklaştırılmalıdır. Balıklar için toksik özellikte olan amonyağın uzaklaştırılmasında biyolojik filtrasyon kullanılmaktadır. Amonyağın toksisitesinde su sıcaklığı, tuzluluğu, pH doğrudan etkileyen parametrelerdendir ve kapalı devre yetiştiricilik sistemlerinde bu parametrelerin takibi zorunludur. Biyofiltrasyon noktasında kullanılan materyal kadar fiziksel ve kimyasal su parametrelerinin etkileri mevcuttur.

Yapılan bu çalışmada iki farklı materyal (strafor ve polistren boncuk) kullanılarak oluşturulan filtrelerin iki farklı tuzlulukta (%18 ve %35) performansları ve bu filtre ortamlarında yetiştirilen balıkların büyüme performansları analiz edilerek incelenmiş ve tartışılmıştır.

Su kalite parametreleri çalışma süresi boyunca ölçülmüştür ve elde edilen değerler su ürünleri yetiştiriciliği yönetmeliğine ilişkin uygulama esasları adlı genelde (2006/1-ek/1/c) belirtilen yetiştiricilik değerleri dışarısında zaman zaman seyretmiştir (Çizelge 1.2.) (Anonim,2014). Bu değişimler biyolojik filtrelerin performanslarını göz önüne koymuştur.

Su sıcaklığı tüm çalışma dönemi boyunca 22,3-24,3°C arasında seyretmiştir. Su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin yönetmelikte belirtilen değerler (10-25°C) dışarısına çıkmamıştır ve optimum koşulları sağlamıştır. Bu sıcaklık aralıkları Levrek balıklarının gelişimlerinde sıcaklığın baskılayıcı özelliğinin en az olduğu ve metabolizmalarını fonksiyonel kullandıkları en uygun aralıktır.

Çalışmada 2 farklı tuzluluk değeri (%18, %35) denenmiştir. Bu deneme için seçilen tuzluluk değerleri örihalin olarak tanımlanan Levrek balıklarının yaşayabildikleri ve ticari olarak ülkemizde üretimi ve yetiştiriciliği yapılan Karadeniz ve Ege denizlerinin tuzluluk aralıkları arasında olması çalışmanın sahaya uyarlanabilme özelliğini arttırmaktadır.

Yetiştiricilik ortamında suyun pH'sı önemlidir. Suyun pH'sı karbondioksit ve asidik maddelerden oldukça etkilenmektedir. Fotosentez esnasında suda bulunan birincil üreticiler (fitoplankton, sucul bitkiler) karbondioksiti kullanır. Böylece gündüzleri suların pH'sı düşer (Yanık vd., 2001). Sabah saatleri en düşük pH ölçülürken gün içerisinde balık aktivitesiyle de bağlantılı olarak öğleden sonra ve akşam saatlerine doğru pH yükselir (Yanık vd., 2001). Sudaki pH değerinin artması veya aşırı düşmesi suda bulunan azotlu bileşiklerin ($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$) toksik etkilerini arttırmaktadır (Baran ve Timur, 1985; Yanık vd., 2001). Levrek balığının yetiştiriciliğinde su ürünleri yönetmeliğinde pH değeri 6,5-8,5 olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada pH değeri 7,9 - 8,1 arasında değişmiştir ve olumsuz bir durum gözlenmemiştir.

Denemelerde sudaki çözünmüş oksijen miktarı günlük olarak ölçülerek takip edilmiştir. Yapılan ölçümlerde suda bulunan çözünmüş oksijen miktarı 6,82-7,67 mg/L arasında değişmektedir. Levrek balıkları yetiştiriciliğinde mevzu bahsi geçen yönetmelik doğrultusunda sudaki çözünmüş oksijen miktarının 4 mg/L üzerinde olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışma süresince sudaki çözünmüş oksijen bu değer üzerinde ölçülmüştür. Aynı zamanda nitrifikasyon bakterileri için önemli olan 4 mg/L değerinin üzerinde seyir etmesi alınan verilerin etkinliğini göz önüne koymuştur.

Deneme sonunda deney balıkları ile filtrelerde koloni oluşturan bakterilerin sistemdeki oksijeni kullanım oranları incelenmiştir. Filtreleri ve akvaryumları

besleyen atmosferik havanın 8 saat kesilmesi sonucunda ortamda oluşan oksijen miktarlarındaki değişim Şekil 4.8. ve Şekil 4.9.'da verilmiştir. Bu denemede %35 tuzlulukta strafor boncuk filtrenin kullanıldığı grupta havalandırma kesildikten sonra ortamdaki çözünmüş oksijen oranında yaklaşık olarak %6'lık azalma gözlemlenmiştir. Bu azalmanın ifadesi sistemdeki nitrifikasyon bakterilerinin diğer gruplara göre daha aktif bir şekilde çalıştığını göstermektedir. Çözünmüş oksijen miktarındaki en az düşüş ise yine %35 tuzlulukta polistren boncukların kullanıldığı grupta ölçülmüştür. Yaklaşık olarak %4,5 oranında oksijen miktarının azalması diğer gruplara göre filtrenin nitrifikasyon performansının daha düşük olduğunu göstermektedir. Analizler sonucu alınan azot ve fosfor değerleri bu hipotezin doğruluğunu göstermektedir.

Genel olarak hesaplanan levrek balıklarının büyüme performansları analiz edildiğinde Ortalama canlı ağırlık artışı strafor boncukların kullanıldığı %18 tuzlulukta 4,85 g olarak ölçülmüştür. En düşük ağırlık artışı ise %35 tuzlulukta polistren boncukların kullanıldığı filtre grubunda tespit edilmiştir. Genel olarak düşük tuzlulukta (%18) balıklarda ortalama canlı ağırlık artışı yüksek olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1., Şekil 4.1.).

Ortalama yüzde ağırlık artışları hesaplandığında gruplar arasında düşük tuzlulukta (%18) yüzdelik ağırlık artışının yüksek olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 4.2.). Strafor boncukların kullanıldığı filtrede düşük tuzlulukta maksimum %179,7 olarak hesaplanan ağırlık artışı polistren boncukların kullanıldığı yüksek tuzlukta (%35) %156,4 olarak en düşük değerde bulunmuştur (Çizelge 4.2.). Genel olarak Levrek balıklarının bu evrede elde edilen düşük tuzluluktaki gelişim başarısı Ercan vd., (2013) ile benzerlik göstermektedir.

Spesifik büyüme oranı su sıcaklığı ve balık büyüklüğünün bir fonksiyonudur. Su sıcaklığı azaldıkça ve balık büyüklüğü arttıkça spesifik büyüme oranının düştüğü rapor edilmiştir (Sumpter, 1992; Jobling, 1985; Karataş, 2005). Bu çalışmada su sıcaklıklarında, gruplar arasında büyük farklılıklar olmaması hesaplanan oranlara da yansımıştır. Bu çalışmada en yüksek spesifik büyüme performansı %18 tuzlulukta strafor boncuk filtrenin kullanıldığı grupta elde edilirken en düşük değer %35

tuzlulukta polistren boncukların kullanıldığı filtre gruplarında hesaplanmıştır (Çizelge 4.3. ve Şekil 4.3.).

Yem değerlendirme oranı (Y.D.O.) balıklara verilen yem miktarının canlı ağırlığına dönüşüm oranı şeklinde ifade edilebilir. Ortamın su kalite parametreleri balıklar için önemlidir. Stres oluşturacak bir durum söz konusu olduğunda balıklarda yem alımı durmaktadır. Yem almayı bırakan balıklarda Y.D.O. genellikle yüksek hesaplanmaktadır. Bu da balıklara verilen yemin değerlendirilmediğini göstermektedir. Çalışmada su kalite parametreleri (tuzluluk, çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, amonyum (NH₄-N), amonyak (NH₃-N), nitrit (NO₂-N), nitrat (NO₃-N) genel olarak balıklar için optimum değerlerde hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak balıkların yem alımları yüksektir. En düşük FCR değeri düşük tuzlulukta (%18) strafor boncuk filtrenin kullanıldığı gruplarda 1,10 olarak hesaplanırken en yüksek FCR değeri yüksek tuzlulukta (%35) polistren boncukların kullanıldığı filtrede 1,26 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4. ve Çizelge 4.4.).

Gruplar arasında genel olarak ölüm görülmemiştir. %35 tuzlulukta polistren boncukların kullanıldığı filtrede 1 adet birey ölmüş ve bu %3 oranında ölüm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4. ve Şekil 4.4.). Bu ölümün de balıkların periyodik ölçümleri sırasında manipülasyon sonucu olduğu gözlemlenmiştir.

Genel olarak büyüme performansları değerlendirildiğinde en iyi büyüme performansının her iki filtre için de %18 tuzlulukta gerçekleştiği görülmektedir (Şekil (4.1., 4.2., 4.3.,4.4. ve 4.5.)). Bu çalışmada elde edilen sonuç Ercan vd., (2013) yaptıkları çalışma ile benzerlik gösterdiği elde edilmiştir. Filtreler arasındaki karşılaştırmada ise strafor boncuk filtrenin kullanıldığı gruplarda daha iyi büyüme performansı hesaplanmıştır (Çizelge (4.1., 4.2., 4.3., 4.4. ve 4.5.)).

Nispi kondisyon hesabında balığın boyu ve ağırlığı arasındaki oran hesaplanmıştır. Bu hesaplamada boy ve ağırlık arasındaki oranın levrek balıkları için genellikle 2,5-3,5 arasında olduğunu Ercan vd., 2013 yılında bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada bu oran 1,5-2,5 arasında hesaplanmıştır (Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.). Bu durumda balıkların ağırlıklarının %2'si oranında beslenmesi ile yetersiz beslendiği, fakat boylarının genetik faktörden dolayı uzamaya devam ettiği söylenebilir. Nispi kondisyonun en yüksek olduğu tuzluluk grupları % 35 tuzluluğa sahip suyun bulunduğu gruplar

olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6.). Denemede kullanılan diğer filtrelerle bakıldığında ise polistren boncukların kullanıldığı filtrelerde nispi kondisyon daha yüksektir. Büyüme performanslarında en yüksek sonuçların %18 tuzlulukta hesaplanmasına karşın nispi kondisyonun bu gruplarda daha düşük çıkmasının nedeninin ise boy uzamasının %35 tuzlulukta gruplarda daha az gerçekleşmesi olarak ifade edilebilir. Boy uzamasının ağırlığa oranla %18 tuzluluğa göre daha düşük olmasının nispi kondisyonun bu gruplarda daha yüksek hesaplanmasına neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6.).

Nitrifikasyon performanslarına bakıldığında ise balık eklenmesinden önce (I. aşama) ve balık eklenmesinden sonraki (II. aşama) dönemlerde su kalite parametrelerinde nitrifikasyonu tanımlayan amonyum ve nitrit değerleri takip edilmiştir ve sistemlerde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Pedersen ve arkadaşlarının 2012 yılında yapmış oldukları çalışmada kapalı devre sistemlerde su kalitesi ve balık metabolizmasının biyolojik filtrasyona etkisi bildirilmiştir. Çalışmada ortama eklenen balıkların yemlenmesi ve beslendikten sonra 3 saat içerisinde metabolik artıklarının ortama bırakılması ile sudaki amonyak ve amonyum miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda sudaki oksijenin balık tarafından da kullanılması biyolojik filtrelerin performanslarını etkilediği bildirilmiştir ve nitrifikasyon bakterileri olgunlaşmasının yüksek tuzlulukta daha hızlı olduğu tespit edilmiştir.

Ortamdaki amonyak seviyesi yükseldikçe balığın boşaltımında attığı amonyak miktarı azalmakta, balığın kan ve dokularındaki amonyak miktarı yükselmektedir (Colt ve Armstrong 1979). Buna bağlı olarak kan pH'sında artma ve enzim reaksiyonlarında ters etkilere sebep olmaktadır (Yanık vd., 2001). Sudaki iyonlaşmamış amonyak konsantrasyonunun fazla olması balıkların su geçirgenliğini etkileyerek vücuttaki iyon konsantrasyonlarını azaltmaktadır. Amonyak dokulardaki oksijen tüketimini arttırarak solungaçlara zarar vermektedir ve kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltmaktadır. Amonyanın sublethal dozlarına maruz kalan balıklarda böbrek, dalak, tiroit bezi ve kanlarında histolojik değişiklikler ortaya çıkmakta ve balıkların hastalıklara karşı direncini düşürmektedir ve balık büyümesini azaltmaktadır (Smith ve Piper 1975; Colt ve Tchobanoglous 1978; Andrews vd., 1971; Yanık vd., 2001).

Yapılan bu çalışmada balık eklenmeden önce I. aşamada ‰ 35 tuzlulukta polistren ve strafor boncuk filtrelerin kullanıldığı gruplarda amonyum(NH₄-N) değerleri diğer gruplara göre en erken 17.-18. günde en düşük değerlerde ölçülmüştür. Yine bu tuzlulukta iyonize olmamış amonyak (NH₃-N) ortalama olarak her iki filtre için de 17. ve 18. günde en düşük değerde ölçülmüştür. İyonize olmamış amonyak (NH₃-N) düşük tuzluluk değerlerindeki (‰18) gruplarda 25 günün ortalaması olarak 0,01 mg/L ölçülmüştür. Bu değer yetiştiricilik şartları için sakıncalı olmasa da yüksek tuzlulukta (‰35) değerlere göre daha yüksektir (Çizelge 4.7.), zamanla değişime bakıldığında ise 1. günde ortalama olarak 0,03 mg/L olarak ölçülen bu değer 25. Günde ortalama olarak 0,002 olarak ölçülmüştür. İyonize olmamış amonyağın düşük tuzlulukta daha yavaş ortamdan uzaklaştırılmasının, filtre materyali olarak seçilen boncukların üzerinde biyofilm oluşumunun düşük tuzlulukta, daha uzun zamanda gerçekleşmesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir ve Pederson vd., (2012) çalışması bu hipotezi doğrulamaktadır.

I.aşama içerisinde nitrit değeri ise ‰35 tuzlulukta polistren ve strafor boncuk filtrelerin kullanıldığı gruplarda 20.gün içerisinde 0,5 mg/L olarak verilen sınır değer altına ulaştığı ancak ‰18 tuzluluğa sahip gruplarda 23. gün itibarı ile sınır değer altına düştüğü tespit edilmiştir.

Deneme balıklarının eklendiği II. aşama olan 45 günlük sürede yapılan su analizleri sonucunda, ‰18 tuzluluğa sahip strafor boncuk filtrenin kullanıldığı grupta, nitrifikasyon başarısı sonucu nitritin (NO₂-N) sınır değeri olan 0.5 mg/L en erken 24. günde tespit edilirken, diğer grupların süreye bağlı sıralaması S‰35, P‰18 ve P‰35 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuca göre S‰18 grubunun diğer gruplara göre nitrifikasyon başarısı daha iyi olduğu söylenebilmektedir.

Yapılan biyolojik filtrasyon çalışmalarında sudaki amonyak miktarı Hopkins vd., 1993 yılında 0,5-3,0 mg/L arasında, Crab vd., 2007 yılında ise 0,01 mg/L olarak bildirilmiştir. Su ürünleri yetiştiriciliği yönetmeliğine ilişkin uygulama esaslarına bakıldığında (Çizelge 1.2.) levrek balıkların (*Dicentrarchus labrax*) yetiştiriciliğinde suda bulunabilecek amonyum miktarı 0,05-1,5 mg/L olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada amonyum değeri özellikle II. aşamasında 0,05-0,9 arasında değişerek sınır değerlerin üzerine çıkmamıştır.

Suda oluşan toplam amonyum nitrojeni ortamdaki bakteriler tarafından $\text{NO}_2\text{-N}$ (nitrit) ve balıklar için zararsız $\text{NO}_3\text{-N}$ (nitrat)'e çevrilmektedir (Durborow vd., 1997a, Durborow vd., 1997b). Yetiştiricilik ortamında nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) kaynakları kesin teşhis edilememekle beraber anaerobik çamur ya da suda bulunan bakterilerin nitrati redüksiyona uğratmalarından ileri gelebileceği kaydedilmiştir (Hollerman vd., 1980). Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) balıklar tarafından absorbe edildiğinde hemoglobinin ile reaksiyona girmektedir. Bu tepkime sonucunda oluşan metahemoglobin oksijen taşınması için yetersizdir. Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) absorpsiyonunun devam etmesi hypoxia (dokulara oksijen taşınmaması) ve dokulara oksijen gitmemesi neticesinde derinin soluklaşması veya koyu mavimsi bir renk almasına (cyanosis) sebep olmaktadır. Bu durumda balığın kanı kahverengi renk alır ve nitrit zehirlenmesi, kahverengi kan hastalığı olarak nitelendirilmektedir (Yanık vd., 2001). Nitrit zehirlenmesi genellikle kapalı, entansif kültür sistemlerinde yetersiz, etkisiz veya eksik tasarlanmış filtrasyon sistemlerinde ortaya çıkmaktadır. Bu durum yetiştiricilik açısından önemli maddi kayıplara sebep oluşturabilmektedir. Bunun için dengeli bir filtrasyon sistemi hazırlanarak su kalite parametrelerinin takibi düzenli bir şekilde kayıt altına alınmalıdır. Levrek balıkları yetiştiriciliği için su ürünleri yönetmeliğinde belirtilmiş olan nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) değeri 0,5 mg/L'nin altıdır. Çalışmada kullanılan filtre sistemlerinde elde edilen nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.7.) strafor boncukların kullanılmış olduğu filtrelerden oluşturulmuş gruplarda genel olarak 0,2-0,5mg/L arasında değişmiştir. Aynı filtre grubu içerisinde yüksek tuzlulukta (%35) filtrelerin daha verimli olduğu söylenebilir. Malzeme olarak polistren boncukların kullanıldığı filtrelerde ise nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) miktarları 0,2-1,0 mg/L arasında değişmiştir. II. aşamada %35 tuzlulukta elde edilen nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) değeri 1,08 mg/L olarak balık yetiştiriciliği için yönetmelikte belirtilmiş su kalite parametrelerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu da polistren boncukların filtre performansında balık eklendikten sonra gerçekleştirilen II. aşamada yetersiz olduğunu, uzun vadede balıklar için fizyolojik olarak zararlı olabileceğini ortaya koymaktadır.

Nitrifikasyon performansları sonucunda ortama bırakılan ve zamanla birikmeye başlayan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) balıklar tarafından diğer azotlu bileşiklere nazaran fazlasıyla tolere edilebilmekle birlikte sınır değerlerin üzerindeki konsantrasyonlarda tehlikeli

olabilmektedir. Deneme sonucunda yapılan analizlerde nitrat miktarı 2,63-3,41 mg/L minimum ve maksimum olarak ölçülmüştür. Bu değerler levrek balıkları yetiştiriciliğinde su kalite kriterlerinde belirtilen (<40mg/L) (Çizelge 3.1.) değerinden oldukça aşağısındadır (Çizelge 3.8.).

Azot ve fosfat besleyici elementlerdir, sucul ekosistemlerde fosfor birincil üretimde önemlidir. Bu nedenle sulardaki fosfor konsantrasyonu önem arz etmektedir (Yanık vd., 2001). Analiz yapılırken dikkate alınan fosfor formu genellikle çözünebilir veya filtre edilebilir *orto*-fosfat(PO_4-P)'tır. Ortamda bulunan *orto*-fosfat birincil üreticiler (bakteriler, fitoplankton ve makrofitler) tarafından kullanılmaktadır. Sularda bulunan fosfor absorpsiyonunu ortamdaki kalsiyum miktarı ve pH etkilemektedir. Yüksek pH ve kalsiyum değerine sahip sularda kalsiyum, kalsiyum-fosfat halinde direkt çökebilme ve ortamdaki *orto*-fosfat miktarını düşürebilmektedir. Sudaki üreticiler tarafından kullanılan fosfor arzu edilmeyen formda ve miktarda olduğunda ise ortama zarar verir. Azot ve fosfor dengesinin bozulması balık ölümlerine neden olmaktadır (Timur, 2001).Çalışmada ölçülen toplam fosfor miktarları 0,69 ve 0,76 mg/L arasında değişmiştir (Çizelge 4.8.). Bu değer levrek balıkları üretiminde su kalite parametreleri adlı yönetmelikte belirtilen sınırlar arasındadır (Çizelge 3.1.).

Deneme akvaryum sularında bulunan, yenmemiş yemler ve metabolizma atıklarının suda çözünmesi ile oluşan toplam azot (TN) ve toplam fosfat (TP) değerleri hesaplanarak elde edilen bu oranların boncuk filtrelerce ortamdaki uzaklaştırılma miktarları hesaplanmıştır. Filtrelerde bulunan yüzer materyaller üzerine yerleşerek biyofilm oluşturan bakteriler ortamdaki bu toplam azotu (TN) ve toplam fosforu (TP) nitrifikasyonda kullanmaktadırlar. Nitrifikasyon performansı ne kadar yüksek ise ortamdaki biyolojik arıtım da o kadar yüksek olmaktadır. Denemede strafor boncuk materyalinin kullanıldığı filtrede %18 tuzlulukta maksimum toplam azot (TN) giderimi %82,72 oranında hesaplanmıştır. Bu filtrede toplam fosfor (TP) giderimi ise %49,32'dir. Diğer gruplara nazaran en düşük nitrifikasyon verimi ise %74,02 toplam azot (TN) giderimi ve %47,06 toplam fosfor (TP) giderimi ile %35 tuzlulukta polistren boncukların kullanıldığı filtre grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.9.). Genel olarak düşük tuzlulukta nitrifikasyon verimi, yüksek tuzluluk oranındaki filtrelerden daha fazladır. Bunun nedeni düşük tuzlulukta nitrifikasyon bakterilerinin

daha etkin bir şekilde görev yapmasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Filtre materyalleri kıyaslandığında ise strafor boncukların kullanılması polistren boncuklara oranla nitrifikasyon verimini arttırdığı tespit edilmiştir. Strafor boncukların yüzey alanlarının polistrenden az olmasına karşın biyofilmi oluşturan nitrifikasyon bakterilerinin tutunup yerleşmeleri için porlu yapısından dolayı daha uygun olmasının bu grupta yüksek nitrifikasyon verimliliği elde edilmesine neden olduğu söylenebilir. Toplam azot ile toplam fosfor arasında bulunan oranların ötrofikasyon için belirlenmiş olan 10 oranından oldukça düşük olarak hesaplanmıştır. Bu oranlarda bulunan sistem suyunun atık olarak doğal ortamlara verilmesinde, herhangi bir kirlilik riski oluşturmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.9.).

Strafor boncuk ve polistren boncuk maliyetleri de göz önünde bulundurulduğunda da strafor boncuğun daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. 3 katı oranında polistren boncuk daha pahalıdır.

Ülkemizde bu filtre materyalleri ile yapılan bu çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda düşük tuzlulukta strafor boncuk filtrenin polistren filtreye oranla daha iyi sonuçlar verdiği ancak polistren filtrenin de balıkların büyüme performanslarında ve yaşama oranlarında olumsuz etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Altınbaş, U.(2001) Nutrient removal from low strength domestic wastewater in sequencing batch biofilm reactor, *Water Science and Technology*, Vol.44.1: 181-186.
- Andrews, J.W., Knight, L.H., Page, J. W., Matsuda, Y. ve Brown, E.E. (1971) Interactions of stocking density and water turnover on growth and food conversion of channel catfish reared in intensily stocked tanks, *Prog.Fish Cult.*, 33:197-203.
- Anonim, (1993) Environmental Impact of Aquaculture in Turkey and its Relationship and Sites of Special Protection, Recreation,Tourism (in Turkish). T.K.B, Tarımsal Üret. ve Geliş. Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2014). Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliğine İlişkin Uygulama Esasları, www.tarim.gov.tr/belgeler/mevzuat/genelgeler/2006_1genelgepdf (Erişim Tarihi: 01.09.2014).
- APHA, AWWA, WPCF, (1985). Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th Edition, Greenberg A. E., Trussel, R. R., Clesceri, L. S., Franson M. A. H., Washington.
- Baran, İ. ve Timur, M. (1985) Balık Yetiştiriciliğinin Temel Prensipleri, Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi, Eğirdir Su Ürünleri Yüksek Okulu, Ders Kitabı, Yayın No:6, 126 s.
- Berghaim, A. (1984) Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. II. Investigations 1980-1987, *Aquaculture*, 28, 347-361.
- Carlander, K. D. (1945) Age, growth, sexual maturity, and population fluctuations of they yellow pike-perch, *Stizostedion vitreum* (Mitchill), with reference to the commercial fisheries, Lake of the Woods, Minnesota, *Trans. Am. Fish. Soc.*,**73**:90-107.
- Chitta, B.S. (1993) *Effects of Backwash Frequency on Nitrification in Plastic Bead Media Biofilters Used in Recirculation Finfish Culture Systems*, M.Sc. Thesis, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, 129 s.
- Christenses, M.H. ve Harremoes, P. (1978) Nitrification and Denitrification in Wastewater Treatment, *Water Pollution Microbiology*, Mitchell (ed.), Wiley & Sons.

- Colt, J. ve Tchobanoglous, G. (1978) Evaluation of the short-term toxicity of nitrogenous compounds to channel catfish, *Ictalurus punctatus*, *Aquaculture*, 8:209-224.
- Colt, J. ve Armstrong, D. (1979) Nitrogen toxicity to fish, crustaceans and molluscs. Department of civil engineering, Univ. Of California, *Daviz*, California, 30 s.
- Colt, J. (2006) Water quality requirements for re usesystems, *Aquacultural Engineering*, 34:143-156.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P. ve Verstraete , W. (2007) Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270: 1-14.
- Çelikkale, S.M. (1994) İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Cilt II, 2. Baskı, Genel Yayın No: 128, Fakülte Yayın No:3, 460 s.
- Çelikkale, M.S., Düzgünes, E. ve Okumus, L. (1999) Türkiye Su Ürünleri Sektörü Potansiyeli, Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri, İstanbul Ticaret Odası Yayını, No:1999-2, İstanbul, 414.
- Dahl, K. (1909) The assessment of age and growth in fish, *Int. Revue Ges. Hydrobiol. Hydrogr.* 2.
- Downing, A.L., Painter, H.A. ve Knowles, G. (1964) Nitrification in the Activated Sludge Process, *J.of the Institute for Sewer Purification*, 130:130-158.
- Drennan, D.G.,Hoster, K.C., Francis, M., Weaver, D., Aneshansley, E., Beckman, G., Johnson, C.H. ve Critina, C.M. (2006) Standardized evaluation and rating of biofilters 2.Manufacturer's and user's perspective. *Aquacultural Engineering*, 34: 403-416.
- Durborow, R.M., Crosby, D.M. ve Brunson, M.W. (1997a) Ammonia in Fish Ponds. *SRAC publication*, No: 463.
- Durborow, R.M., Crosby, D.M. ve Brunson, M.W. (1997b) Nitrite in Fish Ponds. *SRAC publication*, No: 462.
- Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E. ve Thurston, R.V. (1975) Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32:2379-2383.
- Environmental Protection Agency (1975) Process Design Manual for Nitrogen Control, Office of Technology Transfer.
- Ercan, E., Sunar, M.C. ve Ağralı, N. (2013) Ters ozmoz sisteminin Deniz Balıkları Yetiştiriciliğinde Kullanımı, 17.Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, Sözlü Sunum.

- Francis-Floyd,R.,Watson, C., Petty, D. ve Pouder, D.B. (1990) Ammonia in Aquatic Systems. University of Florida, *IFAS Extension*, FA16.
- Gaygusuz, Ö, Emiroğlu, Ö, Tarkan, AS, Aydın, H, Top, N, Dorak, Z, Karakuş, U, Başkurt, S. (2013) Assessing the potential impact of non-native on native fish by relative condition. *Turkish Journal of Zoology* 37: 84-91.
- Gonçalves, R.F. and Rogalla, F. (1992) Continuous biological phosphorus removal in biofilm reactor, *Water Science and Technology*, Vol.26, No.9-11:2027-2030.
- Hargreaves, A.J. ve Tucker, S.C. (2004a) Managing Ammonia in Fish Ponds, *Southern Regional Aquaculture Center*, No:4603.
- Hopkins, J.S., Hamilton, R.D.L., Sandifers, P.A., Browdy, C.L.,Stokes, A.D., (1993) Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristic sand nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. *J. World Aquac. Soc.* 24, 304–320.
- Jobling, M. (1985). Physiological and Social Constraints on Growth of Fish with Special Reference to Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), *Aquaculture*, 44: 83-90
- Karataş, M. (2005) Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, ISBN:975-591-757-8
- Khan, S.,Hossain, M.S., ve Hakue, M.M. (2009) Effects of feeding schedule on growth, production and economics of pangasiid catfish (*Pangasiushypophthalmus*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) polyculture, *J. Bangladesh Agril. Univ.*, 7(1): 175–181.
- Knowles, G., Downing, A. L. ve Barret, M.J. (1965) Determination of Rate Constants for Nitrifying Bacteria With the Aid of An Electronic Computer, *J. Gen. Microbiology*, Vol:38.
- Lazzari, R ve Baldisserotto, B. (2008) Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. *Bol Inst Pesca Sao Paulo*, 34(4): 591–600.
- Malone, R.F., Beecher, L.E. ve DeLosReyes Jr, A.A., (1998) Sizing and Management of Floating Bead Bioclarifiers. The Second International Conference of Recirculating Aquaculture Proceedings,16–19.
- Manthe, D.P., Malone, R.F. ve Perry, H. (1985). Water Quality Fluctuations in Response to Variable Loading in a Commercial Closed Blue Crab Shedding System, *J. of Shell. Res.*, 3(2):175-182.
- Martins, C.I.M.,Eding, E.H., Verdegam, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, o., Blansheton, J.P., Roqued’Orbcastel, E. ve Verreth, J.A.J. (2010) New Developments in Recirculating Aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability, *Aquacultural Engineering*, 43:83-93.

- Memiş, D. (2010) Deniz Balıkları Yetiştiriciliği, Filiz Kitapevi, İstanbul, 220 sayfa. ISBN:9789753683289
- Moore, R.,Quarmby, J. ve Stephenson, T. (2000) The effect of media size on the performance of biological aerated filters, *Wat. Res.*, Vol-35: 2514-2522.
- Pedersen, L.F.,Suhr, K.I., Dalsgaard, J., Pedersen, P.B. ve Arvin, E. (2012) Effects of feed loading on nitrogen balances and fish performance in replicated recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 338-341, 237-245.
- Pfeiffer, T. ve Malone, R. (2006) Nitrification performance of a propeller-washed bead clarifier supporting a fluidized and biofilter in a recirculating water fish system. *Aquacultural Engineering*, 34: 311-321.
- Pfeiffer, T.J. ve Wills, P.S. (2012) Evaluation of three types of structured floating plastic media in moving bed biofilters for total ammonia nitrogen removal in a low salinity hatchery recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering*, 45: 51-59.
- Ricker, W. E. (1979) Growth rates and models in W S Hoar, D J Randalland J R Brett Editors, *Fish Physiology*, Vol. 8. Academic Press, Newyork.
- Rusten, B.,Eikebrokk, B., Ulgenes, Y. Ve Lygren, E. (2006) Design and operations of the kaldnes moving bed biofilm reactors. *Aquacultural Engineering*, 34: 322-331.
- Sandu, S.I.,Boardman, G.D., Watten, B.J. ve Brazil, B.L. (2002) Factors influencing the nitrification efficiency of fluidized bed filter with a plastic bead medium. *Aquaculture Engineering*, 26: 41-59.
- Sastry, B. N., DeLosReyesJr, A. A., Rusch, K. A. ve Malone, R. F. (1999) Nitrification performance of a bubble-washed filter for combined solids removal and biological filtration in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture Engineering*, 19: 105-117
- Sharma, B. ve Alhert, R.C. (1977) Nitrification and Nitrogen Removal, *Water Res*, 11:897-925.
- Sivri, N. (1993) *Deniz Suyu Kalitesinin Belirlenmesinde Nitrifikasyon Bakterilerinin Önemi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 42s.
- Smith, C. E. ve Piper, R.G. (1975) Lesion Associated with chronic exposure to ammonia. The Pathology of Fishes. *Univ.of Wisconsin Press, Madison*, 497-514.
- Suhr, K. I. ve Pederson, P.B. (2010) Nitrification in moving bed and fixed bed biofilter treating effluent water from a large commercial outdoor rainbow trout RAS. *Aquacultural Engineering*, 42: 31-37.

- Sumpter, J. P. (1992) Control of Growth of Rainbow Trout (*O. mykiss* W. 1789), *Aquaculture*, 92: 299-320
- Timmons, M.B., Holder, J.L. ve Ebeling, J.M. (2006) Application of micro bead biological filters. *Aquacultural Engineering*, 34: 332-343.
- Timur, M. (2001) Yetiştiricilik Mekanizasyonu, İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Ders Kitabı. ISBN:975-404-618-2.
- TUİK, (2012) Su Ürünleri İstatistikleri. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara. <http://www.tuik.gov.tr> (25.07.2014).
- Yang, H., Minuth, B. ve Allen, G. (2011) Effects of Nitrogen and Oxygen on Biofilter Performance, *Journal of the Air & Waste Management Association*,52:279-286.
- Yanık, T., Çiltaş, A. ve Aras, M. (2001) Balık Yetiştiriciliğinde Su Kalitesine Giriş, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, No:225, 132 s.
- Zar, J. H. (1984) Biostatistical Analysis, II Edition, Prentice - Hall International Incorporation, EnglewoodCliffs, New Jersey.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Merve ZAİT
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul, 28.05.1988
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 531 250 9399
E-posta : merve28may88@hotmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	İstek Vakfı Bilge kağan Fen Lisesi	2005
Lisans	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi	2009
Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2014

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/Görev
2009 – 2010	Turkuazoo Sualtı Dünyası	Akuvarist
2010 – Halen	İstanbul Akvaryum	Laboratuvar Sorumlusu

Yabancı Diller

İngilizce	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		X	
Konuşma		X	
Anlama			X
Okuma			X