



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



AKIŞKAN KUM TABANLI BİYOFİLTRE

Yüksek Lisans Tezi

Gökmen TÜZÜN

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

İzmir
2025

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

AKIŞKAN KUM TABANLI BİYOFİLTRE

Gökmen TÜZÜN

Danışman: Prof. Dr. Halil ŞEN

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı
Su Ürünleri Yetiştiricilik Yüksek Lisans Programı

İzmir
2025

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Akışkan Kum Tabanlı Biyofiltre” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

07 / 01 / 2025

Gökmen TÜZÜN

ÖZET**AKIŞKAN KUM TABANLI BİYOFİLTRE**

TÜZÜN, Gökmen

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Halil ŞEN

Ocak 2025, 74 sayfa

Kapalı devre sistemlerin çevre şartlarından bağımsız çalışabilmesi, kontrollü üretime olanak sağlaması, su kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir kullanımı, su ürünleri yetiştiriciliğinin geleceğinde kritik bir rol oynayacaktır.

Bu çalışmada kapalı devre sistemlerin en önemli bileşeni olarak nitelendirilen biyolojik filtrenin çalışma prensipleri, kapalı devre balık yetiştiriciliği sistemlerindeki yeri detaylı olarak incelenmiş ve tuzlu su yetiştiriciliği için akışkan kum tabanlı biyofiltrenin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Ayrıca deniz suyu sistemlerinde kullanılması planlanan akışkan kum tabanlı biyofiltre prototipi imal edilmiştir. Üretilen prototip ile debiye bağlı en yaygın olarak kullanılan kuvarz kum boyutu (0,6-0,8 mm) esas alınarak, materyalin hem tatlı suda hem de deniz suyundaki davranışı gözlemlenmiştir. Yapılan denemenin sonuçlarına göre kullanılan materyalin her iki su ortamında da verimli şekilde kullanılabileceği tespit edilmiştir. Prototip akışkan kum tabanlı biyofiltrenin imalat sürecinde ülkemiz koşullarında kullanılacak malzemelerin temini ve işlenmesi konularında da çıktılar elde edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Kapalı devre akuakültür sistemi, biyolojik filtrasyon, akışkan kum tabanlı biyofiltrasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon.

ABSTRACT**FLUIDIZED SAND BASED BIOFILTERS**

TÜZÜN, Gökmen

MSc in Department of Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Halil ŞEN

January 2025, 74 pages

The ability of closed-circuit systems to operate independently of environmental conditions, enabling controlled production and efficient and sustainable use of water resources will play a critical role in the future of aquaculture.

In this study, the working principles of the biological filter, which is considered as the most important component of closed circuit systems, its place in closed circuit fish farming systems were examined in detail and the advantages and disadvantages of the fluidized sand-based biofilter for saltwater farming were evaluated. In addition, a fluidized sand-based biofilter prototype which is planned to be used in saltwater systems was manufactured. The prototype was used to observe the behavior of the material in both freshwater and saltwater, based on the most commonly used quartz sand size (0.6-0.8 mm) depending on the flow rate. According to the results of the trial, it was determined that the material used can be used efficiently in both water environments. In the manufacturing process of the prototype fluidized sand-based biofilter, outputs were also obtained regarding the supply and processing of materials to be used in our country's conditions.

Keywords: Closed circuit aquaculture system, biological filtration, fluidized sand-based biofiltration, nitrification, denitrification.

ÖNSÖZ

Kapalı devre sistemlerin çevre şartlarından bağımsız çalışabilmesi, kontrollü üretime olanak sağlaması, su kaynaklarından bağımsız sürdürülebilir tesislerin kurabilmesine imkân tanınması, bu sistemlerin dünya üzerinde her geçen gün önemini artırmaktadır. Özellikle kapalı devre sistemlerin başarısının biyofiltrelerin verimine bağlı olduğu göz önüne alındığında üretim için kullanılacak yeni teknolojilere ve yöntemlere gereksinim olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Büyük miktarlarda ticari üretimin ülkemiz koşullarında yaygınlaştırılması ve özendirilmesi uygulanacak yenilikçi yaklaşımlarla mümkün olabilecektir. Dolayısıyla özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde alabalık için ticari yetiştiricilikte kullanılan akışkan kum tabanlı biyofiltrelerin kapalı devre deniz balığı yetiştiriciliği sistemleri için de kullanılması fikri, akışkan kum tabanlı biyofiltre ile ilgili çalışmaya karar vermemize sebep olmuştur.

Tez çalışmamın bir kısmını içeren akışkan kum tabanlı biyofiltre prototipini ürettiğimiz kısmı Bornova'da kendimize ait atölyemizde yapılmıştır. Şeffaf boru hazır alınıp kalan tüm parçalar elde işlenmiş su kaçırmayacak şekilde birleştirilmiş ve denemeye hazır hale getirilip Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dr. Hakkı Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde tatlı su ve deniz suyu ile denemeler gerçekleştirilmiştir.

Elde ettiğimiz tecrübeleri değerlendirdiğimizde elimizdeki imkânlarla akışkan kum tabanlı biyofiltre üretmenin mevcut olanaklarla mümkün olduğu sonucuna varılmıştır. Biyofiltreyi deniz suyunda kullandığımızda planlanmayan bir durumla karşılaşmamıştır. Üreticilerin ve su ürünleri sektörünün kapalı devre sistemlerde akışkan kum tabanlı biyofiltre kullanımı konusuna eğilmesinin sektör açısından faydalı olabileceği düşünülmektedir.

İZMİR

07 / 01 / 2025

Gökmen TÜZÜN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇ KAPAK	ii
KABUL ONAY SAYFASI	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
TABLolar DİZİNİ.....	xx
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2. SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK SİSTEMLERİ	4
2.1 Ekstansif (Yoğun Olmayan-Kontrolsüz) Sistem	4
2.2 Yarı Entansif (Yarı Yoğun-Yarı Kontrollü) Sistem	4
2.3 Entansif (Yoğun-Tam Kontrollü) Sistem	5
2.3.1 Ağ kafes yetiştiricilik sistemleri	6

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.3.2 Kapalı devre yetiştiricilik sistemleri	7
3. KAPALI DEVRE SİSTEMLER VE BİLEŞENLERİ	9
3.1 Kültür Tankları.....	9
3.2 Mekanik Filtrasyon	11
3.3 Havalandırma ve Oksijen Zenginleştirme.....	14
3.4 Sterilizasyon Ünitesi	16
3.5 Protein Skimmer (Ayrıştırıcı).....	18
3.6 Isıtma/Soğutma Sistemleri	19
3.7 Biyolojik Filtre.....	20
3.7.1 Biyofiltrenin çalışma prensibi.....	21
3.7.2 Biyofiltre çeşitleri	28
4. LİTERATÜR BİLDİRİŞİ	37
5. MATERYAL VE METOD	41
5.1 Prototip İmalatı ve Deneme Düzenegi	41
5.2 Tasarım.....	42

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

5.3 Temin Edilen Malzemeler ve Akışkan Kum Tabanlı Biyofiltre İmalat ve Montaj Süreci.....	45
6. BULGULAR.....	58
7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	60
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	64
TEŞEKKÜR	73
ÖZGEÇMİŞ.....	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Su kıtlığı çeken ülkeler.....	1
1.2. Tük (2023) nüfus artış hızı istatistiği.	2
1.3. Dünya su ürünleri üretimi.	3
1.4. Türkiye su ürünleri üretimi.	3
2.1. Köyceğiz, Dalyan.....	4
2.2. Toprak havuz sistemler.	5
2.3. Ağ kafes sistemleri.....	7
2.4. Kapalı devre sistemler.....	8
3.1. Deniz Suyu Kapalı devre sistem bileşenleri.....	9
3.2. Dairesel kültür tankları.....	10
3.3. Kanal tipi kültür tankları.	11
3.4. Çökeltme tankı.	12
3.5. Basınçlı kum filtre.....	12
3.6. Disk filtre.....	13
3.7. Tambur filtre.	14
3.8. Kartuş filtre.	14

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.9. Oksijen jeneratörü.....	15
3.10. Blower.....	15
3.11. Oksijen konisi.	16
3.12. UV sterilizasyon.	17
3.13. Ozon jeneratörü.....	18
3.14. Protein Skimmer (Ayrıştırıcı).	19
3.15. A, ısıtıcı B, soğutma sistemi (chiller).	20
3.16. Azot döngüsü.	22
3.17. Su altı biyofiltre şeması.	29
3.18. Su altı biyofiltre.	29
3.19. Damlatma biyofiltre.	31
3.20. Dönen disk biyofiltre şeması.	32
3.21. Dönen disk biyofiltre.	32
3.22. Basıncı biyofiltre şeması.....	33
3.23. Basıncı biyofiltre.	34
3.24. Akışkan kum tabanlı biyofiltre şeması.	35

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.25. Akışkan kum tabanlı biyofiltre.....	36
3.26. Sıralı akışkan kum tabanlı biyofiltre.	36
5.1. İmalat atölyesi.	41
5.2. Biyofiltre patlamış montaj resmi.....	42
5.3. Üst kapak teknik resmi.....	43
5.4. Alt kapak teknik resmi.	43
5.5. Sisteme genel bakış.	44
5.6. Santrifüj pompa.....	45
5.7. Alt ve üst kapak ham malzemeler.	46
5.8. Alt ve üst kapak işlenmiş üstten görünüm.	47
5.9. Alt ve üst kapak işlenmiş alttan görünüm.	47
5.10. Biyofiltre su girişi fittingleri ve montaj.....	48
5.11. Biyofiltre su girişi fittingleri ve montaj.....	48
5.12. Biyofiltre su girişi fittinglerinin üst kapağa montajı.	49
5.13. Biyofiltre su giriş kafası malzemeleri ve kaynağı.	50
5.14. Biyofiltre su giriş sistemi PVC boru.	50

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.15. Biyofiltre su giriş sistemi.	51
5.16. Poliüretan (PU) Filtre ve conta.	51
5.17. İşlenmiş borular.	52
5.18. Alt kapağın akrilik boruya montajı.	53
5.19. Montaj saplamaları ve somunları.	53
5.20. Montajı tamamlanmış biyofiltre.	54
5.21. 20 ve 30 Mesh elekler.	55
5.22. Ayırıştırılmış kum.	55
5.23. Su tankı.	56
5.24. Deneme düzeneği genel görünüş.	57
7.1. 2000 m ² işletme alanı simülasyonu.	62

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Yaygın olarak kullanılan biyofiltre medyalarının yüzey alanı tablosu	24
3.2. Sık kullanılan medyalar ve özellikleri.....	24
5.1. Biyofiltre malzeme listesi.....	44
6.1. Farklı debilerde tatlı ve deniz suyu yükselme verileri	59
7.1. Filtre çeşitlerine göre TAN dönüşüm oranları	61
7.2. Biyofiltre tiplerine göre maliyet tablosu	61

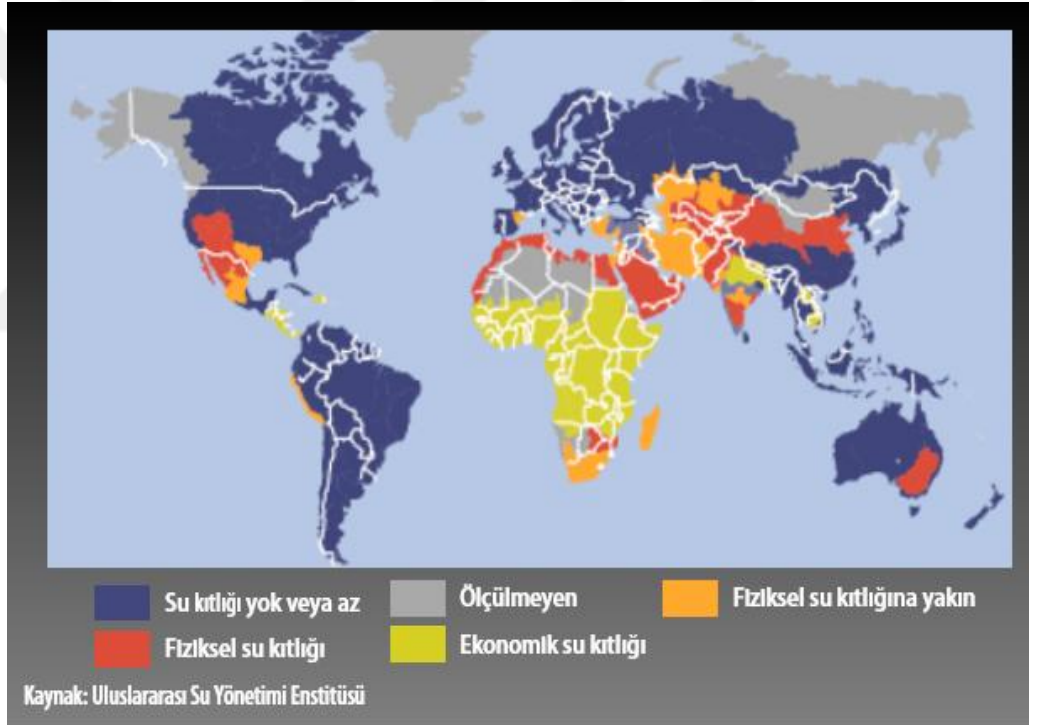
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
Mesh	Elek göz açıklığı
Mitso	Milas ticaret ve sanayi odası
Tepge	Tarım ekonomi ve politika geliştirme enstitüsü



1. GİRİŞ

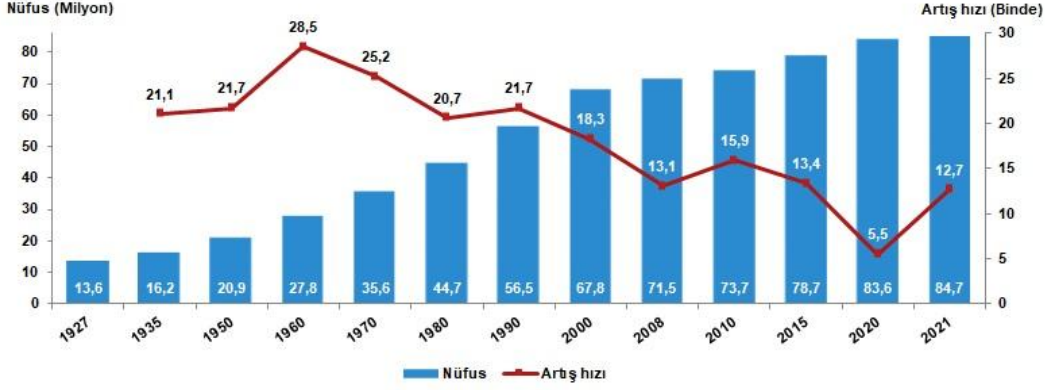
Su, insan yaşamı için hayati öneme sahip olmasına rağmen, genellikle sınırsız olarak düşünülen, ancak gerçekte sınırlı bir kaynaktır. Günümüzde, su kaynaklarıyla ilgili karşılaşılan en büyük sorun, bu değerli kaynağın etkin bir şekilde kullanılmamasıdır (Kırmızı, 2010). Su, tarım, sanayi ve evsel kirlilik gibi çeşitli faktörlerden olumsuz bir şekilde etkilenmekte ve bu sektörlerin suya olan talebinin giderek artması, suyun yönetimini zorlaştırmaktadır. Su kaynaklarının verimli kullanımı, ülkemizin uzun vadeli sosyal ve ekonomik kalkınmasında en belirleyici faktörlerden biri olacaktır. Bu nedenle, sürdürülebilir su yönetimi, ülkemizde giderek daha fazla önem kazanan bir konu haline gelmektedir.



Şekil 1.1. Su kıtlığı çeken ülkeler (UNDESA, 2012).

Son 30 yılda dünya nüfusunun hızla artması, bununla birlikte karasal alanların daha fazla yerleşim alanına dönüştürülmesi, üretim için ayrılan arazilerin giderek daralmasına yol açmıştır. Bu durum, araştırmacıları ve üreticileri, sınırlı alanlarda maksimum verim elde edebilmek için yenilikçi üretim yöntemlerini benimsemeye zorlamıştır. Artan dünya nüfusunun beraberinde getirdiği başlıca zorluklardan biri, beslenme güvenliğine yönelik tehditler ve buna bağlı olarak

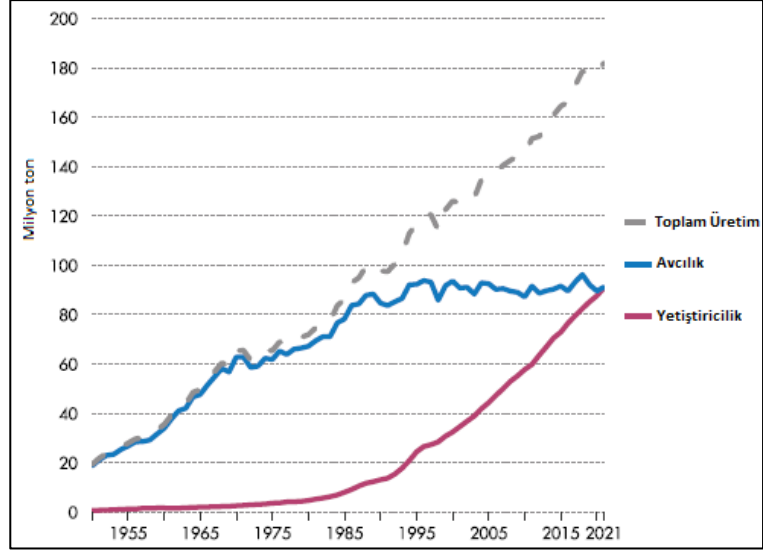
kaynak kıtlığıdır. Bu bağlamda, mevcut kaynakları en verimli şekilde kullanmak, günümüzün en önemli hedeflerinden biri haline gelmiştir.



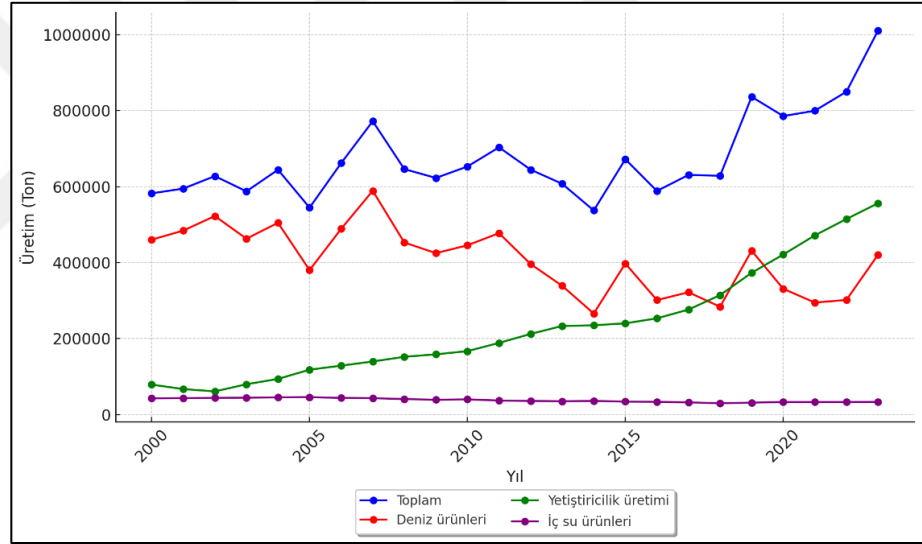
Şekil 1.2. TÜİK (2023) nüfus artış hızı istatistiği (TÜİK, 2024).

Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde bireyler, beslenmelerinde sağlık açısından faydalı gıdaları tercih etmeye özen göstermektedirler. Bu gıdalar arasında balık, zengin protein içeriği ve içerisinde barındırdığı çoklu doymamış yağ asitleri sayesinde vücudun temel besin ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir rol oynamaktadır (Kaya vd. 2004). Ayrıca, balık, insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde olumlu etkiler yaparak sağlıklı bir yaşam sürdürmede en önemli besin kaynaklarından biri olarak öne çıkmaktadır.

Sürdürülebilir su kaynakları kullanımının bu denli önemli olduğu ve nüfusun hızla arttığı bu dönemde dünyanın en büyük hayvansal protein kaynaklarından biri olan su ürünleri, günümüzde tüm ülkelerin ekonomisine sürekli girdi sağlayan değerli sektörlerden biridir (Tepge, 2023). Su ürünleri üretimi avcılık ve yetiştiricilik olarak 2'ye ayrılır. Avcılık yolu ile gerçekleşen su ürünleri üretimi geçmişte daha yoğun olmasına karşın su ürünleri yetiştiriciliğinin üretimdeki payı yıllar içinde artış göstermiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Dünya su ürünleri üretimi (FAO, 2024).



Şekil 1.4. Türkiye su ürünleri üretimi (TÜİK, 2024).

2018 yılından itibaren, Türkiye'deki yetiştiricilik üretimi, avcılık üretimini istikrarlı bir şekilde geçmiştir. Bu durum, yetiştiriciliğin sektördeki önemini giderek artırmaktadır (Şekil 1.4).

2. SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK SİSTEMLERİ

Deniz balıkları yetiştirme teknikleri, genel olarak ortama giren besin miktarı, yetiştirilen türün stok yoğunluğu ve cinsine bağlı olarak üç ana üretim sistemi çerçevesinde ele alınmaktadır (Tacon, 1996; 1999; Altan, 2002; Koçak, 2004). Bunlar ekstansif, yarı entansif ve entansif sistem olarak üçe ayrılır.

2.1 Ekstansif (Yoğun Olmayan-KontROLSÜZ) Sistem

Bu üretim sisteminde, ortama dışarıdan besin girişi sağlanmaz ve dışarıdan insan müdahalesi yapılmaz. Stok yoğunluğu (5 kg/hektar) oldukça düşük olup, bu durum büyüme hızının yavaş olmasına neden olmaktadır. Dalyanlar ve lagünler, bu tür sistemlere örnek olarak verilebilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Köyceğiz, Dalyan (Wikipedia, 2024).

2.2 Yarı Entansif (Yarı Yoğun-Yarı Kontrollü) Sistem

Bu sistemde, ortamdaki organik madde miktarı düzenli olarak ölçülür. Doğada mevcut olan besin miktarına bağlı olarak, balıkların besin gereksinimlerini karşılamak amacıyla karma yem ve mevsime bağlı olarak ekonomik değeri düşük balık türleriyle takviye yapılabilir. İnsan müdahalesi sınırlıdır; ancak insan rolü, ortamdaki besin maddesi miktarını ve dışarıdan verilecek yem miktarını belirlemekle sınırlıdır. Stok yoğunluğu, ekstansif

sistemden daha yüksek olup (10-20 kg/hektar) büyüme hızı da buna bağlı olarak artar. İtalya'daki vallikültür sistemleri, bu tür bir sisteme örnek olarak gösterilebilir. Bu sistemde, ekonomik değeri yüksek türler, doğal ortamlardan toprak havuzlarına alınarak kışlatılmakta ve ortamın besin miktarı göz önünde bulundurularak dışarıdan karma yem verilmesi sağlanmaktadır alınmaktadır (Tacon, 1996; 1999; Altan, 2002; Koçak, 2004).

Toprak havuzlarda balık üretimi; karasal ortamlarda büyük hacimli havuzlarda, yeraltı suyu veya birkaç işletmede olduğu gibi kaynak suları kullanılarak yapılmaktadır. Toprak havuz işletmelerinde (Şekil 2.2), havuz boyutları çok fazla değişkenlik gösterebilmektedir (Tezel ve Güllü, 2017).



Şekil 2.2. Toprak havuz sistemler (<https://mitso.org.tr/tarim-ve-orman-mugla-il-muduru-saylak-ile-toprak-havuz-balik-ureticileri-mitsoda-bulustu-balikta-kdv-yuzde-8den-yuzde-1e-indirilsin/>).

2.3 Entansif (Yoğun-Tam Kontrollü) Sistem

Bu sistemde balıklar yalnızca karma yem ile beslenebilir ve dışarıdan canlı yem girişine izin verilmez. Yetiştiriciliğin, özellikle beslenme sürecinin, insan kontrolü altında olması esastır. Stok yoğunluğu 20 kg/m³ türünde olup, bu sistem süper entansif ve hiper entansif olmak üzere iki alt dala ayrılmaktadır. Süper

entansif sistemde stok yoğunluğu 30 kg/m³ iken, hiper entansif sistemde bu yoğunluk 40 kg/m³'e çıkar. Her iki sistemde de, ortamda sıvı oksijen ilavesiyle stok yoğunluğu artırılmakta ve aktif biyofiltreler kullanılarak ortamda biriken amonyak ve azotlu bileşikler uzaklaştırılmaktadır (Tacon, 1996; 1999; Altan, 2002; Koçak, 2004).

2.3.1 Ağ kafes yetiştiricilik sistemleri

1980'li yılların başlarında, doğal ortamdan toplanan çipura ve levrek yavrularının, pazar büyüklüğüne ulaşana kadar kıyıda ki koylar ve körfezlerde ağ kafeslerde yetiştirilmesiyle deniz balığı yetiştiriciliği faaliyeti başlamıştır. Bu dönemde, genellikle ahşap malzemelerden üretilmiş, kare şekliyle küçük boyutlara sahip (4x4 m) kafesler tercih edilmiştir (Dikel, 2002; Özsoy, 2017).

2000'li yılların başında ağ kafes sistemleri ve yem teknolojisindeki gelişmelerle hızla büyüyen deniz balığı yetiştiriciliği sektörü, kıyı bölgelerinde yoğunlaşan çiftliklerin artan üretim kapasitesiyle birlikte çevreye bıraktığı katı ve çözünmüş atıkların artması sebebiyle, özellikle turizm sektörü ve çevreci gruplardan ciddi tepkiler almıştır. Bu tepkiler doğrultusunda, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 24 Ocak 2007 tarihli ve 26413 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ" yürürlüğe girmiştir. Bu tebliğle, balık çiftliklerinin kurulamayacağı alanlar ve bu alanlarla ilgili kriterler belirlenmiştir. Buna göre, ağ kafeslerin ana karadan en az 0,6 deniz mili (1111 metre) mesafeye taşınması ve en az 30 metre derinlikte bulunması zorunluluğu getirilmiştir. Yasal düzenlemeler sonucunda, ağ kafes işletmeleri kıyıdan uzak, ileri teknoloji ve otomasyon gerektiren tam kontrollü offshore (kıyı ötesi) sistemlere geçiş yapmıştır (Şekil 2.3).

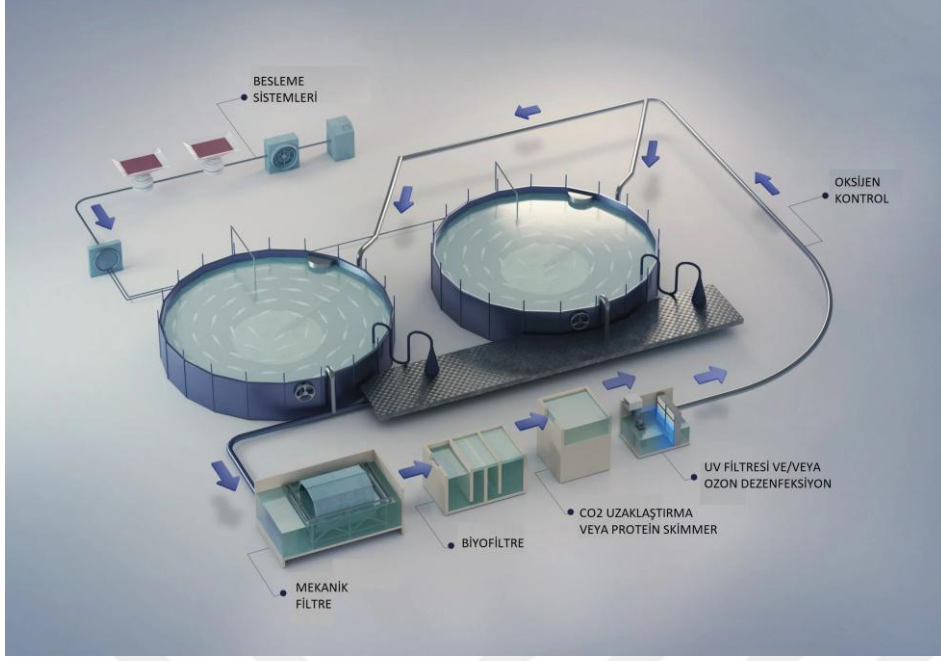


Şekil 2.3. Ağ kafes sistemleri (Undercurrentnews, 2023).

2.3.2 Kapalı devre yetiştiricilik sistemleri

Kapalı devre sistemler (Şekil 2.4), suyun geri kullanımı ve atık ürün yönetimi konularındaki yüksek verimlilikleri sayesinde çevresel etkiyi minimize eder ve su kaynaklarının aşırı tüketimini engeller. Bu sistemler, su kalitesinin ve sıcaklığının titizlikle kontrol edilebilmesi sayesinde yıl boyunca sürekli üretim yapma imkânı sunar; aynı zamanda sınırlı su ve alan ile yoğun üretim kapasitesine ulaşılabilir.

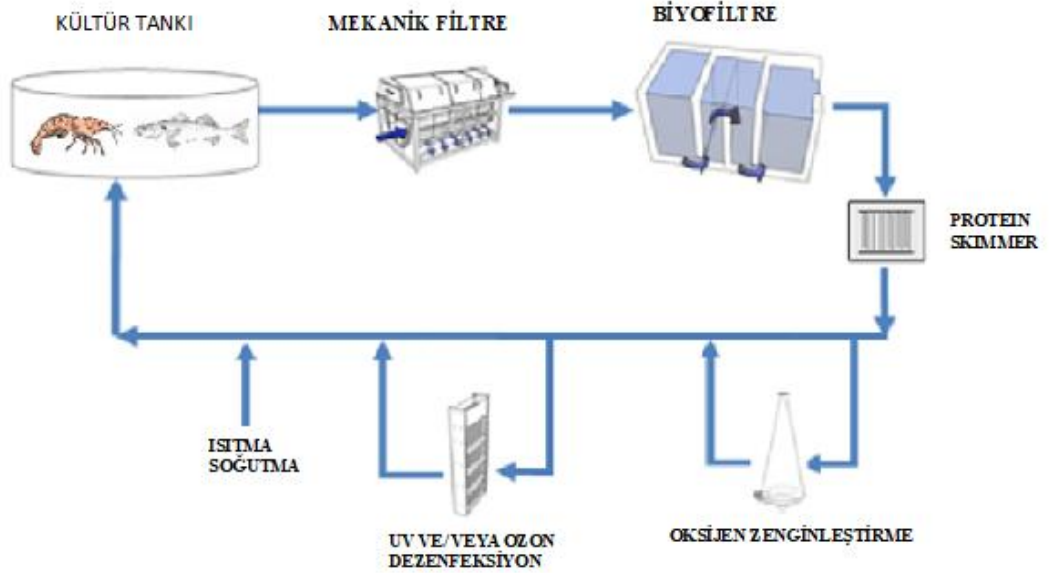
Konvansiyonel su ürünleri yetiştiriciliği yöntemleri, açık hava havuz sistemleri ve ağ kafes sistemleri gibi, uzun vadede sürdürülebilir değildir. Bunun nedeni, önemli çevresel sorunlar ve ürünlerinin tüketiciye güvenliğini garanti edememeleridir. Buna karşılık, iç mekan balık üretimi yapan kapalı devre su ürünleri yetiştiriciliği sistemleri (RAS), sürdürülebilir, sonsuz bir şekilde genişletilebilir, çevresel olarak uyumlu olup, üretilen balıkların hem güvenliğini hem de kalitesini yıl boyunca garanti etme kapasitesine sahiptir (Timmons ve Ebeling, 2010).



Şekil 2.4. Kapalı devre sistemler (Hansa Engineering, 2024).

3. KAPALI DEVRE SİSTEMLER VE BİLEŞENLERİ

Kapalı devre sistemi (Şekil 3.1), akuakültür sektöründe kullanılan ve suyun tekrar kullanılmasına dayalı bir sistemdir. Bu sistemde, balıkların dışkıları ve yem artıkları mekanik filtrasyon ile uzaklaştırıldıktan sonra, suyun içerisindeki amonyak gibi toksik maddeler biyolojik arıtma süreçleriyle zararsız hale getirilir. Ardından temizlenen su, yeniden balıkların yetiştirildiği tanklara geri verilmeden önce, oksijenle zenginleştirilir, karbondioksit giderilir ve gerekirse ozon ya da UV ışığı ile dezenfekte edilerek suyun kalitesi ve kimyasal yapısı iyileştirilir. Bu yöntem, suyun verimli kullanımını sağlayarak çevresel etkileri en aza indirmeyi hedefler (Ebeling et al., 1995; Losordo et al., 1999).



Şekil 3.1. Deniz Suyu Kapalı devre sistem bileşenleri (Eurofish, 2017).

3.1 Kültür Tankları

Kültür tankları, kapalı devre sistemlerinin en önemli bileşenlerinden biridir. Bu tanklar, su ürünlerinin yetiştirildiği ve gelişimlerini sürdürdüğü alanlardır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan kültür tankları, yetiştirilen türün biyolojik ihtiyaçları, suyun akış düzeni ve çevresel koşullara göre farklılık gösterir. Dairesel tanklar (Şekil 3.2), suyun sürekli olarak döngüsel bir biçimde hareket etmesini sağlayarak, su kalitesinin iyileştirilmesine ve balıkların sağlıklı bir şekilde

büyümesine olanak tanır (Timmons and Ebeling, 2013). Diğer taraftan, dikdörtgen tanklar (Şekil 3.3) daha geniş yüzey alanı sunduğundan, yüksek yoğunluklu yetiştiricilik sistemlerinde tercih edilen bir seçenek olup, bu tanklar genellikle büyük ölçekli üretimlerde kullanılır.

Tankların geometrisi, su kalitesinin yönetilmesinde önemli bir rol oynar. Tankların çapı ile derinlik oranı, suyun dolaşımı ve temizlenmesi üzerinde doğrudan etkili olabilir. Yeterli su sirkülasyonu, balıkların sağlığını korumak ve atıkların uzaklaştırılmasını sağlamak için gereklidir. Dolayısıyla, tank tasarımında bu oranların optimize edilmesi, üretim verimliliği için kritik öneme sahiptir (Akiyama vd., 1991).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan kültür tanklarının tasarımı ve malzeme seçimi, işletmenin ölçeğine, türüne ve su kalitesi yönetimi gereksinimlerine göre farklılık göstermektedir. Her bir malzeme türünün avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır ve doğru seçim, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik için büyük önem taşır. Kültür tankları farklı malzeme türlerinden üretilmekte olup, en yaygın kullanılan malzemeler arasında polietilen, fibreglass ve beton yer almaktadır.



Şekil 3.2. Dairesel kültür tankları (Matkuling, 2024).

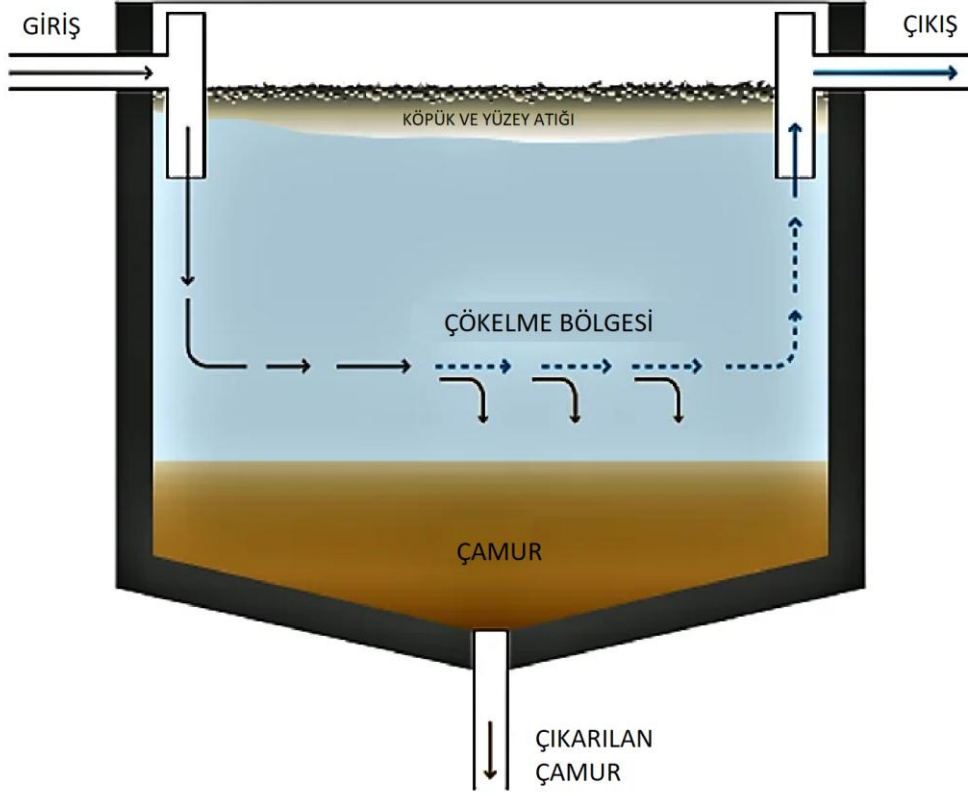


Şekil 3.3. Kanal tipi kültür tankları (Fatih Polyester, 2024).

3.2 Mekanik Filtrasyon

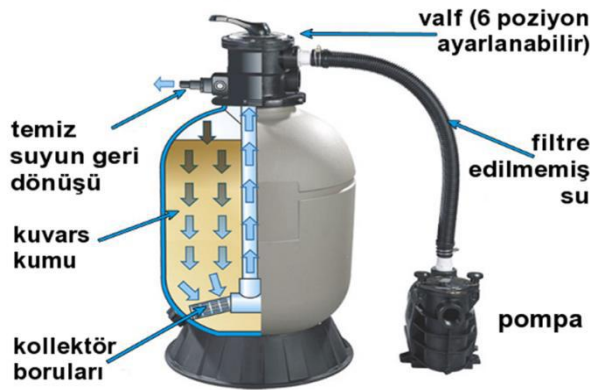
Kapalı devre sistemlerinde askıdaki katı maddelerin (dışkı, yenmemiş yemler, bakteri kolonileri vb.) birikmesi, su kalitesini olumsuz yönde etkileyerek sistemin genel verimliliğini düşürür. Mekanik filtre ekipmanları sayesinde, 10 mikrona kadar olan partiküllerin uzaklaştırılması mümkün olmaktadır (Losordo vd., 1999). Partiküllerin düzenli olarak temizlenmesi büyük önem taşır, çünkü temizlik yapılmadığında hastalıkların yayılma riski artar ve de biyolojik filtre sistemine fazla yük binmiş olur. Filtrasyonu yapılmak istenen partikül boyutuna göre uygulanabilecek başlıca yöntemler açıklanmıştır.

Çökeltme tankları (Şekil 3.4), su arıtma süreçlerinde kullanılan ve suyun içindeki askıdaki katı maddelerin, partiküllerin veya kirleticilerin yerçekimi etkisiyle sudan ayrılmasını sağlayan bir tür mekanik filtrasyon sistemidir. Bu tanklar, özellikle kapalı devre su ürünleri yetiştiriciliği ve su arıtma tesislerinde, su kalitesinin iyileştirilmesinde kritik bir rol oynar.



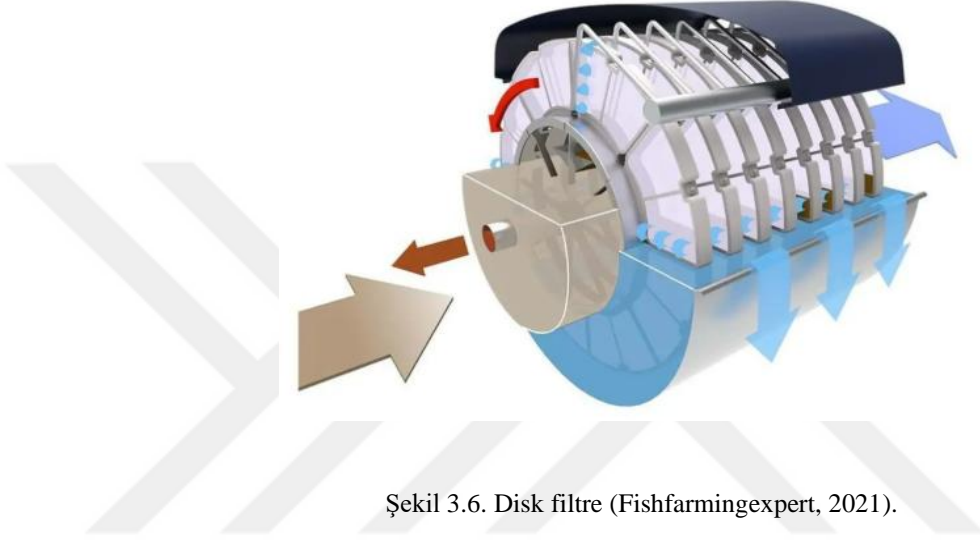
Şekil 3.4. Çökeltme tankı (Sharrer et al., 2010).

Kum filtreleri (Şekil 3.5) , suyu temizlemek için en temel ve yaygın kullanılan mekanik filtrelerdir. Bu filtrelerde, su belirli boyutlardaki kum veya granüller üzerinden geçirilir. Kum tanecikleri, suyun içindeki büyük partikülleri yakalayıp temizlenmesini sağlar. Filtre edilecek su miktarına göre basınçlı veya basınçsız tercih edilebilir.



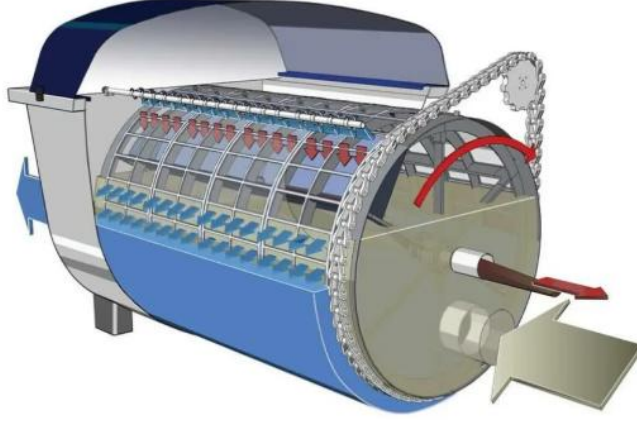
Şekil 3.5. Basınçlı kum filtre (Yüzhavuz, 2024).

Disk filtreleri, bir dizi disk şeklinde düzenlenmiş filtre elemanlarına sahiptir. Giriş suyu merkezi bir tambura girer. Bu tamburda, suyu filtre disklerine dağıtan bir dizi açıklık bulunur. Disk segmentleri, her iki tarafında filtre bezi bulunan birkaç filtre kasetinden oluşur. Bu, filtreleme alanını önemli ölçüde artırır. Su, bu disklerin arasından geçerken, disklerin yüzeylerinde bulunan delikler, suyun içindeki partikülleri yakalar. Disk filtreler (Şekil3.6), özellikle suyun içindeki küçük partiküllerin temizlenmesinde etkilidir.



Şekil 3.6. Disk filtre (Fishfarmingexpert, 2021).

Silindirli filtreler (Şekil 3.7), suyun bir döner tambur (silindir) üzerinden geçirilerek temizlendiği bir sistemdir. Sistem, dış filtre panelleriyle kaplanmış bir tambur şekilli iskelet etrafında inşa edilmiştir. Arıtılmamış su tambura girer ve suyun tamburun içinden geçip dışarı çıkmasını yerçekimi sağlar. Tamburun yüzeyindeki kumaş çok ince gözeneklidir. Su, bu tamburun iç kısmına girer ve dış kısmından geçerken, katı maddeler filtre yüzeyine yapışır. Bu partiküller, tamburun dönmesiyle dışarı atılır.



Şekil 3.7. Tambur filtre (Fishfarmingexpert, 2021).

Kartuş filtreler (Şekil 3.8.), 25 mikron altındaki katı maddelerin ortamdan uzaklaştırılması için kullanılır. Akuakültürde yaygın olarak kullanılan bu sistemde aktif karbon taneciklerinden oluşan filtre yatağı kapalı bir sistem içerisinde bulunur ve arıtılacak su bu filtreden geçirilir.



Şekil 3.8. Kartuş filtre (Winwinpool, 2024).

3.3 Havalandırma ve Oksijen Zenginleştirme

Hem açık sistemlerde hem de modern kapalı devre sistemlerde yetiştirilen balıkların en önemli ve hayati ihtiyacı, sudaki çözülmüş oksijendir. Balıkların yanı sıra, kapalı devre sistemlerinde kullanılan biyolojik filtreler için de havalandırma ve oksijen sistemleri büyük bir öneme sahiptir. Tüm aerobik filtreler, operasyonlarını sürdürebilmek için oksijene ihtiyaç duyar. Sistemin

düzenli ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için oksijenlendirme (havalandırma) sistemlerinin doğru bir şekilde tasarlanması gereklidir. Suyun oksijence zenginleştirilmesinde, yetiştirilen balık türüne ve kullanılan üretim sistemine göre farklı yöntemler ve ekipmanlar tercih edilmektedir. Kapalı devre üretim yapan büyük işletmelerde, yetiştirme tanklarına oksijen jeneratörleri (Şekil 3.9.) aracılığıyla saf oksijen verilmektedir. Saf oksijen beslemesinin kullanıldığı sistemler yüksek maliyetli olduğu için, sudaki oksijen seviyesini artırmak amacıyla genellikle hava motorları (blower) (Şekil 3.10.) veya oksijen konisi (Şekil 3.11.) tercih edilmektedir. Hava motorları, oksijenin suya karıştırılmasını sağlayarak daha ekonomik bir çözüm sunar ve bu sayede işletmelerin maliyetlerini düşürür (Güner vd., 2016).



Şekil 3.9. Oksijen jeneratörü (INMATEC, 2024).



Şekil 3.10. Blower (e-Havuz Market, 2020).

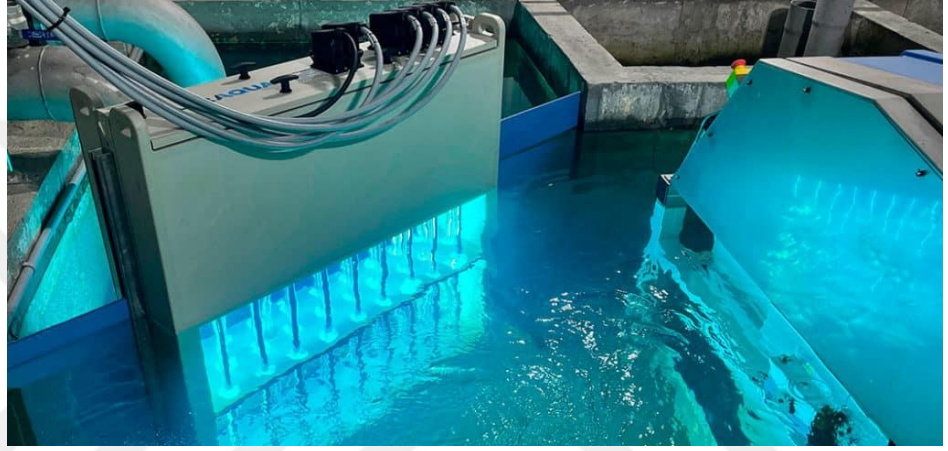


Şekil 3.11. Oksijen konisi (Directindustry, 2024).

3.4 Sterilizasyon Ünitesi

UV sterilizasyon üniteleri, deniz ve tatlı su dezenfeksiyonu için yaygın olarak kurulur ve aynı zamanda su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde kontrol amaçlı kullanılır (Rosenthal, 1981). Yaygın kullanımının başlıca sebepleri arasında yüksek dezenfeksiyon verimliliği, dezenfeksiyon yan ürünlerinin minimum düzeyde olması, kullanım kolaylığı ve düşük maliyet yer almaktadır (Lazarova ve ark., 1999; Gómez ve ark., 2007; Barnes ve Brown, 2011). UV ışını, mikroorganizmaların DNA ve RNA'sını hasara uğratarak onları inaktive eder, bu da mikroorganizmaların çoğalmalarını engeller ve enfeksiyon yapmalarını önler. UV'nin mikroorganizmaları inaktive etme yeteneği, uygulanan UV dozuna bağlıdır. UV dozu, ışık yoğunluğu, temas süresi ve suyun UV geçirgenliği ile çarpılan $mWscm^{-2}$ (mikro-watt saniye/cm²) olarak verilir. Ticari uygulamalarda, normal UV dozu 30-35 $mWscm^{-2}$ arasındadır ve bu doz, su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarındaki en yaygın bakterilerin dezenfeksiyonu için

yeterlidir (Rodrigues ve Gregg, 1993; Liltved ve ark., 1995; Wedemeyer, 1996; Summerfelt, 2003; Timmons ve Ebeling, 2010; Barnes ve Brown, 2011; Lekang, 2013). UV ışınları ile suyun dezenfeksiyonu için, suyun uygun koşullarda ve yeterli süreyle temas etmesi gerekmektedir. UV lambasından optimum dezenfeksiyon verimliliği, lamba ve/veya sistemin uygun şekilde tasarlanmış bir UV ışınlama sistemi (Şekil 3.12) ile mümkün olabilir. Bu nedenle, UV filtrasyon üniteleri farklı tiplerde ve kapasitelere göre üretilebilir (Timmons ve Ebeling, 2010; Lekang, 2013).



Şekil 3.12. UV sterilizasyon (Stateofgreen, 2023).

Kapalı devre yetiştiricilik sistemlerinde suyun en sağlıklı ve güvenilir şekilde temizlenmesi, sterilizasyon yöntemiyle sağlanmaktadır. Sterilizasyon sürecinde, ultraviyole (UV) ışınları gibi ozon gazı da tercih edilmektedir. Ozon, UV tip ozon jeneratörleri veya elektrik akımı (korona akımı) ile üretilmektedir. UV tip ozon jeneratörlerinde, kuru hava ve saf oksijen ultraviyole ışınlarına maruz bırakılır. UV ışınları, oksijenin moleküler yapısını uyararak, oksijenden ozon elde edilmesini sağlar.

CD tip (Korona Akımı) ozon jeneratörleri (Şekil 3.13), "UV" tip ozon jeneratörlerine kıyasla daha yüksek miktarda ve daha yüksek konsantrasyonda ozon üretme kapasitesine sahiptir. Ozon, kararsız bir gaz olup, genellikle 10–20 dakika içinde çöker. Kültür tankına giren fazla ozon, kabuklular ve balıklar için toksik etkiler oluşturabilir. Bu nedenle, ozon uygulamaları uzman kişiler tarafından dikkatle ve özenle gerçekleştirilmelidir (Summerfelt vd., 2009).



Şekil 3.13. Ozon jeneratörü (Freshbydesign, 2023).

Ozon, su ürünleri yetiştiriciliğinde geniş bir kullanım alanına sahiptir çünkü hızlı bir uygulama olup, tatlı suda zararlı reaksiyon yan ürünleri üretmez ve reaksiyon sonunda oksijen üretir. Ozon, son derece reaktif bir oksidan olup, çok etkili bir bakterisit ve virüsittir. Ozon ayrıca su kalitesini iyileştirmek için, ince partikül maddeleri mikrofloakküle ederek (yerleşmesi veya filtrelenmesi daha kolay hale getiren partiküller oluşturmak) ve biyolojik olarak bozulmayan organik molekülleri (daha küçük ve biyolojik olarak daha kolay bozunabilen moleküller oluşturmak), nitritleri ve refrakter organik molekülleri (su rengini azaltmak) oksitleyerek kullanılabilir (Summerfelt ve Hochheimer, 1997; Summerfelt vd., 1997).

Ozonun su ürünleri yetiştiriciliğinde uygulanması, ozon üretimi, ozonun çözeltideki transferi, ozonun reaksiyona girip dezenfekte etmesi için gereken temas süresi ve kültür tanklarına ozon kalıntısı geçmesini engellemek amacıyla ozonun yok edilmesini içerebilir (Summerfelt ve Hochheimer, 1997).

3.5 Protein Skimmer (Ayrıştırıcı)

Protein Skimmer (Şekil 3.14) veya Protein Ayrıştırıcı, özellikle Deniz suyu akvaryumlarında, suyun azotlu atıklara dönüşmeden önce organik maddelerden

arındırılmasını sağlayan bir cihazdır. Bu cihaz, organik bileşenleri suyun içerisinde ayırarak, biyolojik filtrasyon sisteminin yükünü azaltmayı ve suyun indirgenme potansiyelini artırmayı amaçlayan bir filtrasyon yöntemini kullanır. Sürecin temelinde, suyun büyük bir kolon içinde hava ile karıştırılması yer alır. Bu etkileşim sonucunda, organik partiküller köpük formunda yüzeye çıkarak sudan ayrılır.



Şekil 3.14. Protein Skimmer (Ayrıştırıcı) (Hatchery International, 2020).

3.6 Isıtma/Soğutma Sistemleri

Kapalı devre sistemlerinde, yetiştirilecek balık türü ve onların özel ihtiyaçlarına bağlı olarak suyun ısısı ayarlanabilir. Bu doğrultuda, suyun sıcaklığını artırmak veya düşürmek amacıyla farklı türde ısıtıcılar (Şekil 3.15.A), soğutucular (Şekil 3.15.B) ve jeotermal kaynaklar kullanılabilir. Bu sistemler, balıkların optimal büyüme koşullarını sağlamak ve çevresel faktörlere bağlı değişiklikleri dengelemek için gerekli sıcaklık kontrolünü sağlar.

Üretim tanklarında sıcaklığın sürekli ve hassas bir şekilde izlenmesi, üretimin optimize edilmesi, stresin azaltılması ve hastalık risklerinin minimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Sıcaklık, her iki uç noktada da izlenmeli; ancak aşırı düşük ve yüksek sıcaklıkların etkilerinin eşit olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Düşük sıcaklıklar, balıkların büyüme hızını yavaşlatırken, aşırı

yüksek sıcaklıklar, su ürünleri yetiştiriciliğinde istenmeyen bir şekilde canlıların ölmesine yol açabilmektedir.



Şekil 3.15. A, ısıtıcı (Cannon Industrial Plastics, 2024). B, soğutma sistemi (chiller) (Aref Soğutma, 2017).

3.7 Biyolojik Filtre

Biyolojik filtre, su ortamlarında bulunan zararlı maddelerin ve organik atıkların biyolojik süreçler ile giderilmesini sağlayan bir filtrasyon sistemidir. Bu filtreler, özellikle su ürünleri yetiştiriciliği, atıksu arıtma ve havalandırma sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyolojik filtrasyon, doğal ekosistemlerdeki dengeyi taklit eden bir süreçtir ve mikroorganizmaların organik maddeleri, amonyağı ve diğer zararlı bileşenleri oksitleyerek, zararsız hale getirmesini sağlar (Timmons ve Ebeling, 2010).

Biyolojik filtrasyonun temel işlevi, amonyağın nitrite ve sonra nitrata dönüşmesini sağlayan nitrifikasyon sürecini gerçekleştirmektir. Bu süreç, özellikle yoğun su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde (Kapalı Devre Sistemler - RAS) büyük önem taşır çünkü balıklar tarafından atılan amonyak, suyun kalitesini bozarak balıkların sağlığını tehdit edebilir (Summerfelt ve Hochheimer, 1997). Biyolojik filtreler, bu amacın yanı sıra suyun genel kalitesini iyileştirir, suyun oksijen seviyelerini artırır ve suyun pH dengesini düzenler.

Biyolojik filtrelerin kullanımı, sadece su ürünleri yetiştiriciliği ile sınırlı değildir. Atıksu arıtma tesislerinde de, organik maddelerin ayrıştırılmasında ve suyun temizlenmesinde etkin bir rol oynamaktadırlar (Timmons ve Ebeling, 2010).

Kapalı devre akuakültür sistemlerinin önemli bir bileşeni olan biyolojik filtrasyon biriminin etkin izlenebilirliği ve verimli bir şekilde uygulanabilirliği sağlanmadığı takdirde, tüm sistem olumsuz etkilenir, verim kayıpları yaşanır ve genel işleyiş zarar görür. Bu nedenle, biyolojik filtrasyon birimi kurulum aşamasından uygulama sürecine kadar dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Bu yönetim, üretim koşullarına uygun ideal bir biyofiltre seçimi, biyofiltre kapasitesinin doğru bir şekilde hesaplanması, sisteme uygun bir yerleşim yapılması, üretime hazırlanması ve uygulama sürecinde önemli faktörlerin göz önünde bulundurulmasıyla sağlanabilir

Kullanışlı bir biyolojik filtre, kapalı devre sistemlerinde mümkün olduğunca az yer kaplamalı ve kültür tanklarının alanını işgal etmemelidir. Biyolojik filtrelerde kullanılan malzemeler, korozyon, ultraviyole ışınları, çürümeye, bozulmaya ve kimyasal maddelere karşı dayanıklı olmalı, aynı zamanda uzun ömürlü ve ekonomik olmalıdır; nakliye ve enerji tüketimi de dikkate alınmalıdır. Üretim sürecinde aynı filtre farklı ünitelerde kullanılabileceği için, seçilen filtre portatif ve kolay taşınabilir olmalıdır

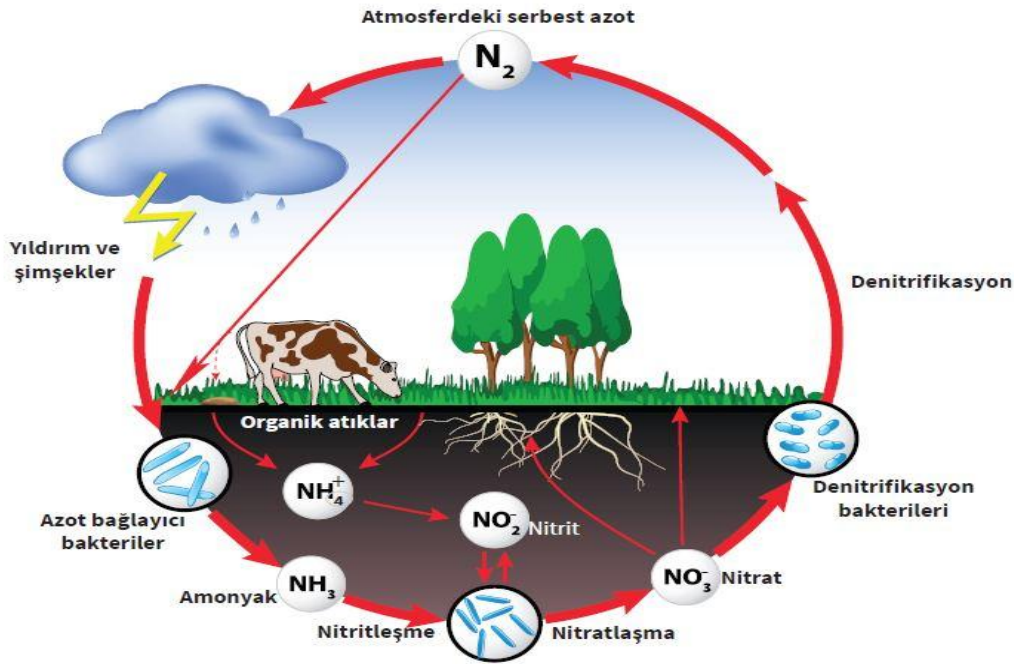
3.7.1 Biyofiltrenin çalışma prensibi

3.7.1.1 Azot döngüsü

Biyolojik arıtım, mikroorganizmaların gerçekleştirdiği bir süreç olduğundan, bu sürecin tam olarak anlaşılabilmesi için mikroorganizmaların besin maddesi ihtiyaçları, moleküler oksijen gereksinimleri ve bakteri büyümesi gibi biyokimyasal aktivitelerinin incelenmesi büyük önem taşır. Mikroorganizmalar, koloidal ve çözünmüş karbonlu organik maddeleri, çeşitli gazlar ve yeni hücreler şeklinde dönüştürerek enerji elde ederler (Öztürk vd., 2005). Azot döngüsü (Şekil

3.16), dünya üzerinde sınırsız alanlarda kesintisiz bir döngü içinde devam etmektedir.

Biyolojik filtreler, belirli görevleri yerine getirecek mikroorganizmaların yetiştirilmesini sağlayan cihazlardır. Farklı mikroorganizma türleri, farklı görevleri üstlenir ve bu görevler, sistemin verimliliğini artırır. Biyolojik filtrelerin tasarımı ve kullanımı, ihtiyaç duyulan organizmaların sağlıklı bir şekilde büyüyebileceği uygun bir ortamın yaratılmasını gerektiren bir süreçtir.



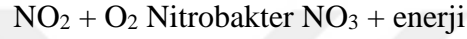
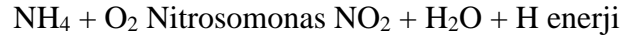
Şekil 3.16. Azot döngüsü (Canlı Bilimi, 2018).

3.7.1.2 Toplam Amonyak Nitrojeni

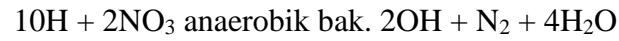
Balıklardaki protein metabolizmasının ana azotlu atık ürünü olan amonyağın, solungaçlardan gaz formunda suya geçtiği bilinmektedir. Kimyasal formülü NH_3 olan amonyağın, hidrojen iyonlarıyla bağ yapabilme özelliği sayesinde su içerisinde genellikle amonyum (NH_4) iyonu olarak bulunur. Toplam amonyak nitrojeni (TAN), amonyağın iyonize olmamış formu (NH_3) ile iyonize olmuş hali (NH_4) arasındaki toplam değeri ifade eder. Biyolojik filtrelerde kültürlenmiş mikroorganizmalar, toplam amonyak nitrojenini besin olarak kullanarak suyun temizlenmesine katkı sağlar (Kartal, 2012).

3.7.1.3 Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon prosesi

Kapalı sistemlerdeki biyolojik filtrelerde genellikle üç tür aerobik mikroorganizma kolonize olur. İlk grup, heterotrofik bakterilerdir ve çözünmüş organik maddeleri besin kaynağı olarak kullanır. İkinci grup, Nitrosomonas türleridir; bu bakteriler amonyağı besin kaynağı olarak tüketir ve atık ürün olarak nitrit üretir. Üçüncü grup ise Nitrospira türleri olup, nitriti besin kaynağı olarak kullanır ve nitrat üretir. Nitrosomonas ve Nitrospira türlerinin gerçekleştirdiği bu süreç, nitrifikasyon olarak bilinir.



Denitrifikasyon süreci, biyolojik filtrelerdeki ikinci aşamada gerçekleşir ve bu aşama, anaerobik bakteriler tarafından nitratın nitrite ve ardından azot gazına dönüşmesiyle tamamlanır. Azot gazı, sudan ayrılarak atmosfere salınır. Ancak denitrifikasyon işlemi, oksijensiz bir ortamda gerçekleşir. Bu süreç, oksijenin bulunmadığı koşullarda, genellikle biyolojik filtrelerin alt katmanlarında veya sistemin anoksik bölgelerinde meydana gelir (Schmit et al., 2008).




3.7.1.4 Biyofiltre medya seçimi ve TAN giderme ilişkisi

Medya öncelikle yetiştiriciliği yapılan canlılara zararı olmayacak materyallerden seçilmelidir. Biyofiltrelerin verimliliğini sağlayan en önemli faktörlerden biri kuşkusuz yüzey alanıdır. Yüzey alanı, mikroorganizmaların tutunarak biyofilm oluşturabileceği alanı sağladığı için, biyolojik işlevin etkinliğini doğrudan etkiler. Bu sebeple, biyofiltrelerin tasarımında kullanılan farklı medya türlerinin yüzey alanı özellikleri oldukça önemlidir. Bu bölümde, farklı biyofiltre medya türlerinin yüzey alanı ile ilgili detaylı bilgiler sunulmuştur. Yüzey alanının artırılması, mikroorganizma yoğunluğunu artırarak amonyak ve diğer kirleticilerin daha etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlar (Nam vd., 2000).



Tablo 3.1. Yaygın olarak kullanılan biyofiltre medyalarının yüzey alanı tablosu (Bogert, 2024)

	MEDYA	EFEKTİF Yüzey Alanı m ² /m ³
1.	Seramik Toplar	99
2.	Seramik Halkalar	132
3.	1/2" Lav Taşı	198
4.	Bio toplar	330
5.	1/8" pomza taşı veya perlit	330
6.	Mavi Matala pedleri	396
7.	Akvaryum çakılı,	462
8.	Statik K1 medya	858
9.	30 ppi sünger	1122
10.	Akışkan kuvarz kum 0,6-0,8 mm	5000




Tablo 3.2. Sık kullanılan medyalar ve özellikleri (Bogert, 2024)

1.	<p>Seramik toplar, akvaryumlarda biyolojik filtrasyon amacıyla kullanılan bir medya türüdür. Genellikle gözenekli ve dayanıklı seramik malzemelerden yapılırlar. Bu topların yüzeyi, suyun içindeki zararlı maddeleri dönüştüren faydalı bakteriler için geniş bir alan sağlar. Bakteriler, amonyağı ve nitritleri, daha az zararlı maddelere (nitratlar gibi) dönüştürerek suyun kalitesini iyileştirir. Seramik topların tasarımı, suyun serbestçe akmasını sağlayacak şekilde optimize edilmiştir. Yüksek yüzey alanı sayesinde bakteriyel kolonilerin gelişmesine olanak tanır, bu da biyolojik filtrasyonun verimliliğini artırır. Ayrıca, seramik toplar su akışını engellemeyen, hafif ve dayanıklı bir malzemedir, bu da onları uzun ömürlü ve bakımı kolay hale getirir. Seramik toplar, genellikle sumplar, dış filtreler veya biyolojik filtrelerde kullanılır ve akvaryumların biyolojik yükünü dengelemeye yardımcı olur. Tıkanma riski düşük olduğundan, bu medya uzun vadeli su temizliği için etkili bir çözüm sunar.</p> <p>https://www.ebay.com.au/itm/153586995030</p>	
----	--	--




Tablo 3.2. Sık kullanılan medyalar ve özellikleri (Bogert, 2024) (devam)

2.	<p>Seramik halkalar, akvaryumlarda biyolojik filtrasyon için yaygın olarak kullanılan bir filtre medya türüdür. Genellikle yüksek yüzey alanına sahip, gözenekli ve dayanıklı seramik malzemelerden yapılırlar. Bu halkalar, suyun geçişine izin verirken, üzerinde faydalı bakterilerin yerleşebileceği yüzeyler sunar. Bu bakteriler, suyun içindeki amonyağı, nitritleri ve diğer zararlı maddeleri, daha güvenli ve zararsız bileşenlere dönüştürerek su kalitesini iyileştirir. Seramik halkalar, biyolojik filtrasyonun etkinliğini artırarak, akvaryumda sağlıklı bir ekosistem oluşturur. Yüksek yüzey alanları, bakterilerin daha yoğun bir şekilde gelişmesine olanak tanır ve suyun temizlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, su akışını engellemeyen tasarımı sayesinde tıkanma olasılığı düşüktür. Seramik halkalar genellikle sump filtrelerinde, dış filtrelerde veya akvaryum içi biyolojik filtrelerde kullanılır. Uzun süreli kullanım ve düşük bakım gereksinimi, onları popüler bir biyolojik filtrasyon medyası haline getirir.</p> <p>https://www.aquatix-2u.co.uk/products/pisces-ceramic-rings-500g-aquarium-filter-media</p>	
3.	<p>Lav taşları, volkanik kökenli, gözenekli bir kayadır ve akvaryum filtrasyon sistemlerinde biyolojik filtrasyon için yaygın olarak kullanılır. 1/2 inç boyutundaki lava rock, özellikle suyun geçişine yardımcı olan geniş yüzey alanına sahip olup, suyun içindeki amonyağı ve nitritleri dönüştüren faydalı bakterilerin yerleşebileceği ideal bir ortam sağlar. Lava taşı, taşınması kolay ve dayanıklıdır, bu da onu uzun süreli kullanım için uygun hale getirir. Ayrıca, pH'ı yükseltme potansiyeline sahip olabilir, bu yüzden kullanılmadan önce su koşullarına uygun olup olmadığına dikkat edilmelidir. Lava taşı, doğal görünümüne sahip olduğu için dekoratif amaçlarla da kullanılır, ayrıca suyun oksijen seviyelerini artırarak biyolojik filtrasyonun etkinliğini artırır.</p> <p>https://aquatix.co.uk/products/filter-media-aquarium-fish-tank-pond-external-bio-volcanic-lava-10-15mm</p>	



Tablo 3.2. Sık kullanılan medyalar ve özellikleri (Bogert, 2024) (devam)

4.	<p>Bio toplar, biyolojik filtrasyon için kullanılan, genellikle plastikten yapılmış, yuvarlak ve delikli küçük toplardır. Akvaryumlar, havuzlar ve su arıtma sistemlerinde kullanılırlar. Bio toplar'ın tasarımı, üzerinde büyük bir yüzey alanı sağlayarak faydalı bakterilerin büyümesine imkan tanır. Bu bakteriler, amonyağı ve nitritleri zararsız maddelere (nitratlar) dönüştürerek suyun kalitesini iyileştirir. Bio balls, suyun içinde hareket etmesine ve mikroorganizmaların gelişmesine olanak tanıyan boşluklar sağlar. Bu medya, genellikle biyolojik filtrelerde, özellikle sumplarda ve kanister filtrelerde kullanılır. Avantajı, bakteri kolonilerinin yoğun bir şekilde büyümesine imkan tanınması ve tıkanmaya karşı dirençli olmasıdır. Bununla birlikte, zamanla kir birikmesi nedeniyle düzenli temizlik gerekebilir.</p> <p>https://www.amazon.com/Yescom-Reusable-Aquarium-Canister-Biofilter/dp/B00S9L80E0</p>	
5.	<p>Pomza taşı, volkanik bir kayaç olup suyu tutma kapasitesinin yanı sıra iyi hava akışı sağlar, bu da biyolojik filtrasyon için faydalıdır. 1/8 inç boyutunda olması, suyun geçişini engellemeyip, suyun ve bakterilerin düzgün bir şekilde hareket etmesine olanak tanır. Ayrıca, suyun oksijen seviyesini artırarak faydalı mikroorganizmaların gelişimini destekler.</p> <p>https://aquainfo.org/7-2-4-pumice-perlite/</p> <p>Perlit, genellikle bitki yetiştiriciliğinde kullanılır, çünkü suyu iyi tutar ve köklerin hava almasını sağlar. Akvaryum filtrasyonunda da kullanıldığında, suyun daha temiz olmasına yardımcı olabilir ve bakteriyel aktiviteyi teşvik eder. Her iki malzeme de özellikle biyolojik filtrasyon medya olarak tercih edilir ve suyun kalitesini artırmada etkili olabilir.</p> <p>https://tommytopsoil.com/product/perlite/</p>	 

Tablo 3.2. Sık kullanılan medyalar ve özellikleri (Bogert, 2024) (devam)

6.	<p>Mavi Matala pedleri, biyolojik ve mekanik filtrasyon için kullanılan, genellikle akvaryum ve havuz sistemlerinde tercih edilen özel bir filtre materyalidir. Bu pedler, matala (yastık şeklinde gözenekli bir malzeme) teknolojisine dayanır ve suyun geçişi sırasında kirleticilerin yakalanmasına yardımcı olur. Mavi Matala pedleri, geniş yüzey alanı sunarak suyun içinde bulunan zararlı maddelerin tutulmasına ve faydalı bakterilerin gelişmesine olanak tanır. Bu materyal, özellikle yüksek biyolojik yük taşıyan sistemlerde etkin bir şekilde çalışarak suyun temizlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, bakteri kolonilerinin gelişebilmesi için mükemmel bir ortam sağlar ve düzenli bakım gerektirir.</p> <p>https://www.amazon.com/Matala-Blue-Filter-Half-Sheet/dp/B003CIAOZS</p>	
7.	<p>Akvaryum çakılı, biyolojik filtrasyon için kullanılan bir medya olarak kullanılabilir. Akvaryum filtrasyonunun destekleyici bir parçası olarak, suyun geçişi sırasında kirleticilerin uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Akvaryum çakılı, yüzeyi geniş olduğu için üzerinde faydalı bakterilerin büyümesine olanak tanır ve bu da biyolojik filtrasyon sağlar. Çakıl, kirleticilerin tutulmasına yardımcı olurken, bakteriler de amonyağı ve nitritleri dönüştürerek suyun temizlenmesine katkı sağlar. Ancak, çakılın düzenli olarak temizlenmesi gerekebilir çünkü zamanla kirlenebilir ve tıkanabilir.</p> <p>https://www.swelluk.com/aquarium/fish-tanks-and-decor/aquarium-substrates/aquarium-gravel</p>	
8.	<p>Statik K1 medya, biyolojik filtrasyon için kullanılan bir medya türüdür. K1, genellikle plastik halkalar şeklinde olan ve iç içe geçebilen bir biyolojik filtre medyasıdır. Statik K1 medya, akışkanlaştırılmış medyanın aksine, suyun içinde hareket etmeden yerinde duran bir şekilde kullanılır. Bu medya, yüzey alanı sağlamak amacıyla, faydalı bakterilerin suyun içindeki amonyağı ve diğer kirleticileri parçalamaya yardımcı olmasını sağlar. Statik K1 medyasının avantajı, daha düşük enerji tüketimi gerektirmesi ve belirli filtre sistemlerinde daha kolay kullanılmasıdır, ancak akışkanlaştırılmış K1'e kıyasla daha düşük verimlilik gösterebilir.</p> <p>https://aquariumscience.org/index.php/7-2-3-k1-media/</p>	

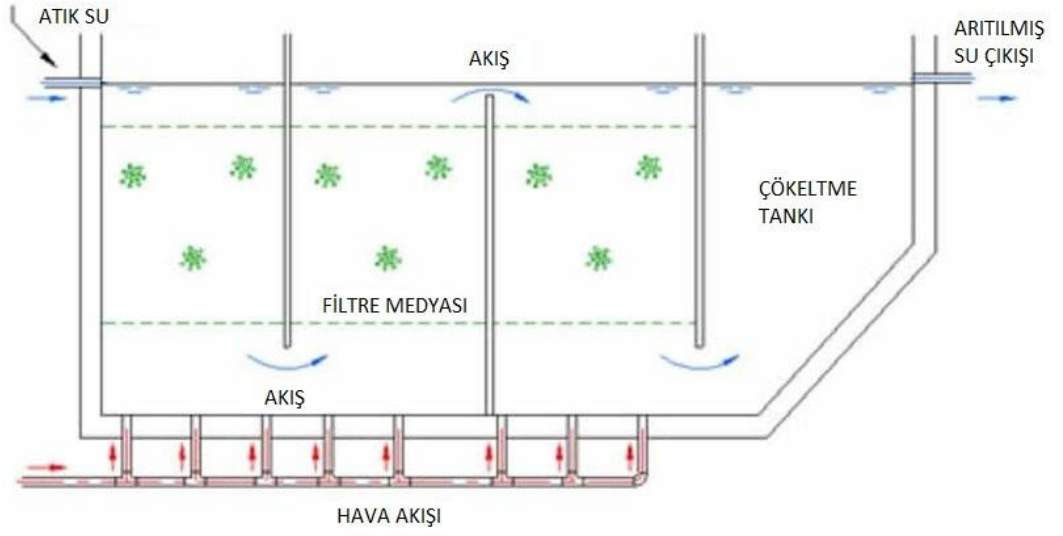
Tablo 3.2. Sık kullanılan medyalar ve özellikleri (Bogert, 2024) (devam)

9.	Bu, 30 ppi (inç başına gözenek) süngerin, bir filtre sisteminde biyofiltrasyon için kullanılan bir medya türü olduğunu belirtir. 30 ppi, nispeten büyük gözeneklere sahip bir süngerini ifade eder, bu da genellikle daha hızlı su akışı sağlar ancak daha hızlı tıkanma riski taşıyabilir. https://cleverbrand.com/products/30-ppi-reticulated-foam-sheets-12-wide-x-4-long	
10.	Biyofiltrelerde medya olarak kullanılan kuvars kumu, özellikle sıvılaştırılmış kum biyofiltresi sistemlerinde yaygın bir tercihtir. Yüksek yüzey alanı, kimyasal stabilite, düşük maliyet ve akışkanlaşabilme kabiliyeti biyofiltrelerde tercih edilmesinin başlıca sebeplerindedir. https://www.tunasiliskum.com.tr/kuvars-kumu/	

3.7.2 Biyofiltre çeşitleri

3.7.2.1 Su altı biyofiltre

Sualtı filtreleri, çok yönlü, dayanıklı ve kullanımı, yapımı ve bakımı açısından kolaydır. Genellikle küçük ölçekli su ürünleri yetiştirme sistemlerinde tercih edilir. Bu filtrelerdeki filtre medyası, su yüzeyinin altına tamamen yerleştirilir, bu sayede biyofilmin gelişimi için gerekli oksijen suyun kendisinden sağlanır. Filtrenin verimliliği, tutma süresi ve ortam türüne bağlı olarak değişir. Bu bağlamda, Smith (2003), sualtı filtrelerden (Şekil 3.17) geçen akış yolunun mümkün olduğunca uzun olması gerektiğini ve en iyi çözümün uzun ve dar bir kanal kullanmak olduğunu belirtmiştir. Sualtı filtrelerinin karşılaştığı olası bir sorun, mikrobiyal popülasyonun yeterli besin ve oksijen alamadığı "ölü bölgeler" oluşmasıdır. Ancak bu sorun, filtre boyunca suyun düzgün bir şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla debiyi artırarak çözülebilir (Smith 2003).



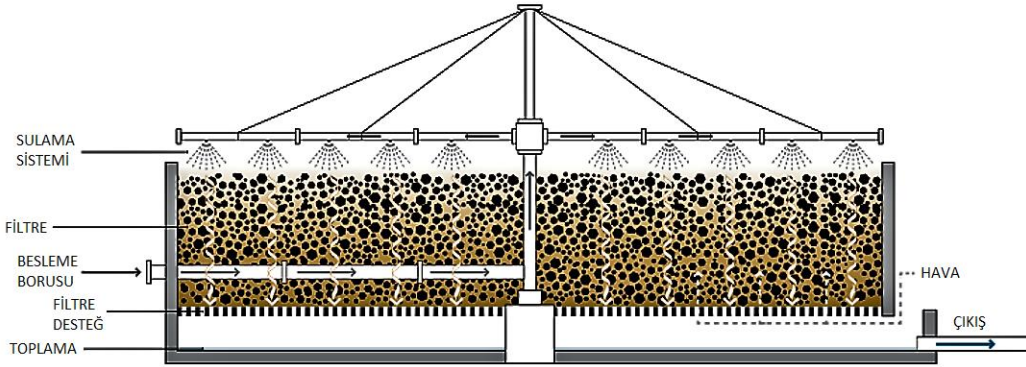
Şekil 3.17. Su altı biyofiltre şeması (Pachaiappana et al., 2022).



Şekil 3.18. Su altı biyofiltre (Henry, 2024).

3.7.2.2 Damlatma biyofiltre

Damlatmalı filtreler (Şekil 3.19), mikroorganizmaların biyofilm şeklinde büyüdüğü ve katı tanecikler içeren dolgu malzemelerinin bulunduğu sistemlerdir. Bu ünite, 0.1-10 cm boyutlarında dolgu malzemesi (kırma taş, plastik, sert kömür, özel dolgu maddeleri vb.) içeren bir tanktan oluşur. Tankın üzerine, önceden arıtılmış atık su belirli bir debiyle verilir. Bu işlem, genellikle tankın merkezi etrafında yavaşça dönen delikli bir boru aracılığıyla (atık su dağıtım sistemi) sağlanır. Bu yöntemle, filtreye verilen atık su, dolgu malzemesinin üstünden süzülerek akar. Filtre yatağındaki boşluklar tamamen su ile dolmadığı için, hava dolaşımı devam eder. Bakteriler, taşların yüzeyinde ince bir biyofilm tabakası oluşturarak atık sudaki organik kirleticileri özümser ve biyolojik arıtım reaksiyonları başlar. Zamanla biyofilm tabakası kalınlaşır ve oksijen ile organik maddeler, tabakanın derinliklerine ulaşamaz. Filtre dolgu malzemesinin yüzeyine yakın bölümlerde havasız koşullar oluşur ve burada biriken gazlar ile sıvı hareketinin oluşturduğu kesme kuvveti, biyofilmin dolgu malzemesinden ayrılmasına ve çıkış suyuyla birlikte dışarı akmasına yol açar. Temizlenen biyofilm, taşların üzerinde hızla yeniden oluşur ve bu döngü sürekli olarak devam eder (Summerfelt, 1999).



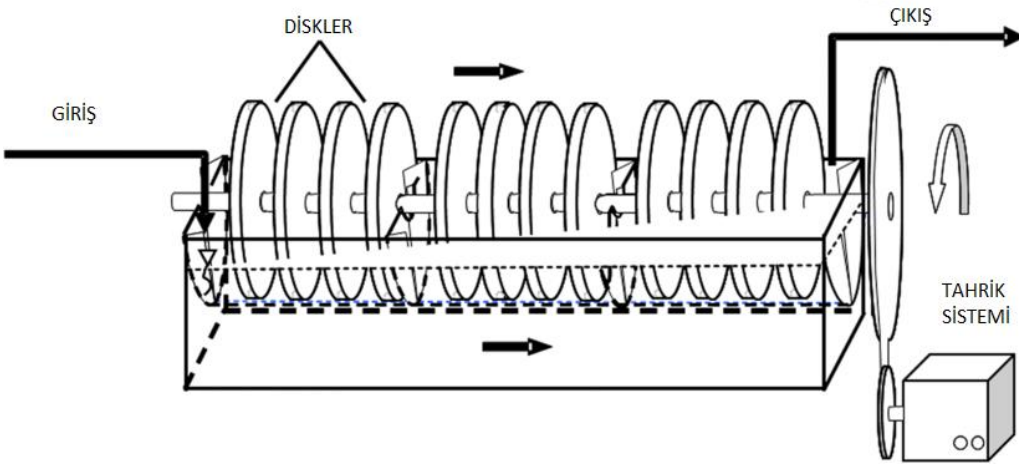
Şekil 3.19. Damlatma biyofiltre şeması (sswm.info, 2024).



Şekil 3.19. Damlatma biyofiltre (DEÜ, 2024).

3.7.2.3 Dönen biyodisk biyofiltre

Dönen biyodisk filtre (Şekil 3.21), plastikten yapılmış disklerden oluşur. Diskler, bir shaft üzerine paralel olarak yerleştirilir ve shaft, bir motor yardımıyla döndürülür. Silindirin dönüşü sırasında biyofilm, dönüşümlü olarak havayla temas eder ve ardından suya dalar. Bu tür biyolojik filtreler, biyolojik olarak parçalanabilir kirleticilerin giderilmesinde yüksek verimlilik sağlar ve yerden tasarruf sağlamak amacıyla kültür tanklarına yerleştirilebilir (Smith, 2003). Ancak, ticari sistemler genellikle yüksek maliyetlidir ve elektriksel ya da mekanik bir arıza durumunda biyofilm kuruma riski taşır.



Şekil 3.20. Dönen disk biyofiltre şeması (Researchgate, 2024).



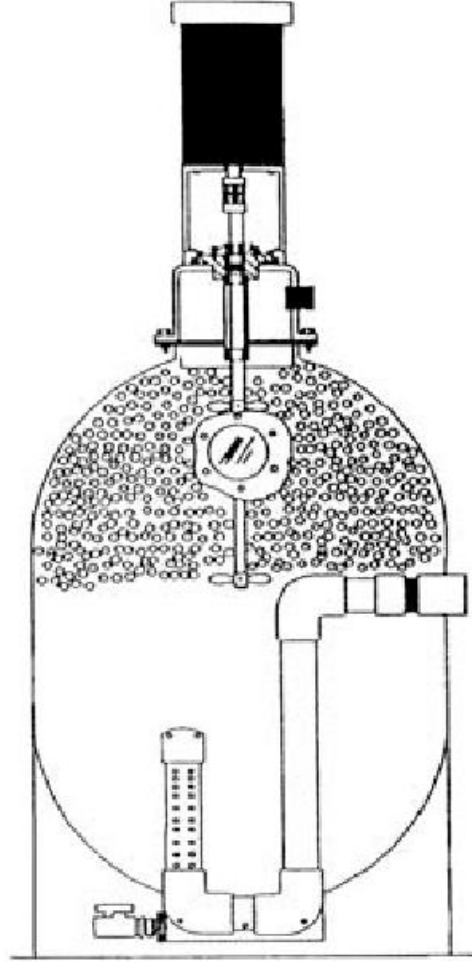
Şekil 3.21. Dönen disk biyofiltre (Climate Policy Watcher, 2023).

3.7.2.4 Akışkan yataklı biyofiltre

3.7.2.4.1 Basınçlı biyofiltre

Basınçlı biyofiltreler (Şekil 3.23), filtre içine giren suyun yüksek debi ve basınç altında kumlardan veya farklı şekillerdeki plastik parçalardan geçirilerek süzülmesi prensibiyle çalışır. Bu süreç sonunda, filtre edilen su aynı debi ve

basınçla sisteme temizlenmiş olarak iletilir. Süzme işlemi, sisteme doğrudan bağlanan santrifüjlü pompanın sağladığı yüksek debi ve basınç ile başlar. Su, üst kanaldan filtreye girer ve filtre medyasından süzöldükten sonra, alt difüzörlerde meydana gelen basınçlı emilim sayesinde çekilerek sisteme iletilir. Santrifüjlü pompanın yarattığı emme ve basma gücü, suyun filtre içindeki süzölmesini sağlar. Filtrede kullanılan medyanın boyutu, süzme verimliliğini doğrudan etkileyen bir faktördür (Güner vd., 2016).



Şekil 3.22. Basınçlı biyofiltre şeması (Van Wyk, 2015).



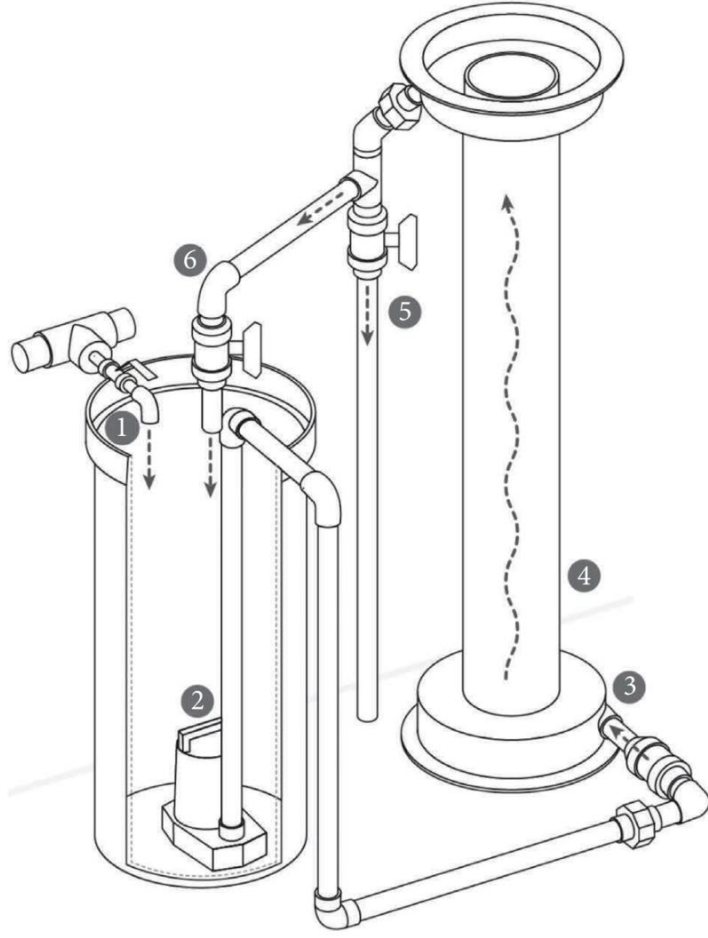
Şekil 3.23. Basıncılı biyofiltre (Amazon, 2017).

3.7.2.4.2 Akışkan yataklı biyofiltre

Akışkan yataklı filtrede (Şekil 3.25), filtre ortamı, suyun yukarı doğru yüklenmesiyle meydana gelen kuvvetle akışta asılı kalan medyadan oluşur. Filtre hızı, parçacıkların şekli, boyutu ve yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir (Smith, 2003). Akışkan kum tabanlı biyofiltre, belirli bir hacimdeki biyolojik aktif yüzey alanı açısından diğer biyofiltre türlerinden daha büyüktür. Ayrıca, kendi kendini temizleme özelliğine sahip olup, farklı türlerdeki besin yüklerine karşı da tolerans gösterebilir. Atık su debisi yatağı akışkan hale getirmek için yeterli olmalıdır. Akışkan debisi aynı zamanda yatak üzerinde büyüyen biyofilmin sistemden atılmasını da sağlar (Schmit et al., 2008).

3.7.2.4.2.1 Akışkan kum tabanlı biyofiltre

Akışkan yataklı biyofiltrelerin medya olarak kum kullanılan türüdür. İşletme sırasında, su, kum yatağının altına, kumun görünür ağırlığını aşan bir kuvvetle enjekte edilir ve bu kuvvet, her bir kum tanesini kaldırarak yerinden oynatır (Summerfelt ve Cleasby, 1996). Böylece, kum yatağı akışkanlaşır ve genişler, yüksek hızda akan suyun her bir partikülün etrafını sarıp yuvarlanmasına olanak tanır. Amonyak ve diğer çözünmüş atıkları metabolize eden mikroorganizmalar, kum yüzeylerine tutunarak bir biyofilm oluşturur; bu biyofilm, mikroorganizmaların süzülerek dışarı atılmasını engeller ve bu da sistemin verimli çalışması için hayati önem taşır (Timmons ve Summerfelt, 1998; Nam et al., 2000).



Şekil 3.24. Akışkan kum tabanlı biyofiltre şeması (Lepine et al., 2023).



Şekil 3.25. Akışkan kum tabanlı biyofiltre (Laswim, 2024).



Şekil 3.26. Sıralı akışkan kum tabanlı biyofiltre (RK2 Systems, 2019).

4. LİTERATÜR BİLDİRİŞİ

Burden (1988), akışkan kum tabanlı biyofiltre suyun kum partikülleri arasında sürekli hareket ettiği bir ortamda, mikroorganizmaların organik maddeleri ve diğer kirleticileri biyolojik olarak giderdiği sistemlerdir. Bu sistemlerde, kum partiküllerinin yüzeyi biyofilm oluşumuna olanak tanır. Çalışmalar, kumun fiziksel yapısının ve akış hızının biyofilmin gelişimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Özellikle, kumun düzgünlüğü ve büyüklüğü, mikroorganizma yerleşimi ve substrat verimliliği açısından büyük önem taşımakta olduğunu ifade etmiştir.

Chen ve diğerleri (1993), çalışmasında askıdaki katı maddelerin hacimce %95'e kadar olan kısmı, yaygın filtrelerdeki (30-60 µm) ağ boyutundan daha küçük (<20µm) bir çapa sahip olabilir ve 'ince katılar' olarak adlandırılır ve bunların uzaklaştırılması köpük ayırma, kimyasal oksidasyon (örn. ozonlama) veya biyolojik oksidasyon yoluyla gerçekleştirildiğini belirtmiştir.

Wedemeyer, (1996), der ki genel olarak, balıklar tükettikleri her kilogram yem başına 0.25–0.35 kg arasında amonyak üretirler. Ancak, amonyak üretimi; balık türü, yaşam evresi, yem formülasyonu ve hatta beslenme sıklığı gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Döngüsel sistemlerde ise amonyak üretimi, biyolojik deaminasyon yoluyla organik bileşiklerin (atık yem ve dışkı), endojen solunum ve hücre lizisi gibi süreçlerle de gerçekleşir.

Eikebrokk ve Piedrahita (1997),’a göre biyolojik filtreler, çözünmüş amonyağı uzaklaştırma kapasitesine sahip olup, bu kapasite büyük ölçüde biyolojik büyümenin tutunabileceği toplam yüzey alanına bağlıdır. Çoğu durumda, biyofiltre yüzey alanının artırılması, amonyak giderme kapasitesinde orantılı bir artışa yol açmaktadır. Çeşitli biyofiltreler üzerinde yapılan geniş çaplı çalışmalara dayalı bir inceleme, bir biyofiltrede 1 m² yüzey alanının günde 0,03 ile 0,78 g TAN (Toplam Amonyak Azotu) arasında amonyak uzaklaştırabileceğini göstermektedir.

Summerfelt ve Wade (1998), der ki akışkan kum biyofiltresi, Kuzey Amerika'da "ideal biyofiltre"ye yakın özellikler taşıdığı için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Filtre kumu genellikle düşük maliyetli olup (\$40 ile \$70/m³ arasında değişmektedir) ve yüksek özgül yüzey alanı (4.000–45.000 m²/m³) sayesinde yüzey alanı maliyetini (\$0.02 ile \$0.001/m² yüzey alanı arasında) düşürmektedir. Bu özellik, ek kum ilavesine düşük ek maliyetle olanak tanır ve akışkan kum biyofiltresini son derece kompakt hale getirir.

Blancheton (2000), Avrupa'daki birçok deniz balığı yetiştiriciliği tesisi, larval evreden fingerling evresine kadar tüm gelişim aşamalarında kapalı devre sistemler kullanmaktadır. Bu süreçte, biyofiltredeki heterotrofik ve ototrofik (nitrifikasyon) bakteriler arasındaki rekabet, operasyonel açıdan önemli bir zorluk oluşturur. Nitrifikasyon popülasyonlarının azalması ve bunun sonucunda amonyum ile nitrit seviyelerinin artması, potansiyel bir risk teşkil edebilir. Bu sorunu çözmeye yönelik bir yöntem, katıların hızlı bir şekilde mekanik olarak uzaklaştırılmasıdır; bu sayede heterotrofik bakterilerin büyüme potansiyeli azalır. Bir diğer zorluk ise biyofiltrelerin düzgün çalıştırılması için balıkların ihtiyacını karşılayacak şekilde amonyak ve nitrit seviyelerinin sürekli olarak düşük tutulmasının sağlanmasıdır. Bu soruna olası bir çözüm, hem yüksek afiniteli/düşük aktiviteli, hem de düşük afiniteli/yüksek aktiviteli amonyak ve nitrit oksitleyicilerden oluşan bir bakteri topluluğunun gelişiminin teşvik edilmesi olabileceğini savunmuştur.

Timmons et al. (2000), Balık üretiminde ekonomik rekabetçi olabilmek, büyük ölçekli balık çiftliklerinin uygulamalarını gerektirecektir. Bu tür çiftliklerde, 454 ton canlı tarafından üretilen günde 40 kg TAN seviyesinde amonyak asimilasyon oranlarının sağlanması gereklidir. Bu gereksinim, yatak hacmi 40 m³ olan bir granüler kum biyofiltre yerine, daha düşük özgül yüzey alanlarına sahip tipik biyofiltre sistemleri tercih edildiğinde 40 m³'ün beş katı (yaklaşık 200 m³) hacim kullanılmasını zorunlu kıldığına dikkat çekmiştir.

Nam ve ark. (2000), çalışmasında 0,60 mm kum boyutu kullanılan reaktör kaplarında elde edilen biyofilmler, 0,23 mm kum örneklerinde ölçülen kalın, pürüzlü ve gözenekli filmlerden farklı olarak, daha ince ve pürüzsüz olarak

gözlemlenmiştir. Ayrıca, küçük kum boyutlarına sahip reaktörlerde biyofilm kalınlıkları, reaktör kabı içindeki konumlara göre değişim göstermiştir. Yüksek türbülanslı bölgeden, yani reaktör tabanından alınan biyofilmler, daha az türbülanslı bölgelerden alınanlara göre daha inceydi. Bu çalışmanın öne çıkan bulgularından biri ise, biyofilm hacmi başına biyofilm yüzey alanının, kum boyutu ve örnek alma konumundan bağımsız olarak oldukça sabit kaldığıdır diye belirtmiştir.

Summerfelt (2006), Akışkan kum yatakları, özellikle sürekli olarak düşük amonyak ve nitrit seviyelerinin korunmasını gerektiren nispeten soğuk veya soğuk su uygulamalarında, çözülmüş atıkların yeniden sirkülasyonlu su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinden uzaklaştırılması için verimli, nispeten kompakt ve maliyet açısından rekabetçi bir teknoloji olduğunu ifade etmiştir.

Gutierrez-Wing, M.T., Malone, R. F. (2006), tuzun yüksek konsantrasyonu, bazı mikroorganizmaların hayatta kalabilmesi için gerekli olan enzimatik aktiviteleri olumsuz etkileyebilir, bu da biyofilmin oluşumunu ve organik maddeyi biyolojik olarak giderme verimliliğini düşürebilir. Bununla birlikte, düşük tuz konsantrasyonları bazı mikroorganizmalar için faydalı olabilir ve biyolojik süreçleri hızlandırabilir diye ifade etmiştir.

Stein ve Klotz (2016), Azot döngüsü araştırmalarındaki tarihin büyük bölümünde, belirli filotiplerdeki organizmaların nitrifikasyon, denitrifikasyon, azot fiksasyonu vb. olduğu kavramını benimsenmiştir. Bu organizma kavramı, azot döngüsü genlerinin ve süreçlerinin filotiple sınırlandırılmadığı, bunun yerine organizmalara azotlu moleküllerin konsantrasyon ve bileşimde dinamik değişikliklere uğradığı ekosistemlerde uyum sağlamak ve gelişmek için gereken envanteri sağladığı bilgisiyle artık sorgulanıyor. Azot döngüsünü modüler evrimin bir sürekliliği olarak hayal etmek, bu nedenle en tutumlu bakış açısidir diye vurgulanmıştır.

Sharma et al. (2021), çalışmasında sistemlerinde kum tanesi boyutunun performans üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma, kum tanesinin büyüklüğünün biyofilm oluşumu, mikroorganizmaların etkinliği ve kirletici giderme kapasitesini doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur. Özellikle, ince kum tanelerinin biyofilm gelişimini hızlandırarak organik madde ve kirleticilerin daha verimli bir şekilde giderilmesini sağladığı bulunmuştur. Ancak, çok ince kumlar, suyun akış hızını olumsuz yönde etkileyerek sistemin genel verimliliğini düşürebilmektedir. Çalışma, akışkan kum tabanlı biyofiltre sistemlerinde kum boyutunun seçiminde dikkatli olunması gerektiğini vurgulamış ve sistem performansının optimize edilmesi için doğru kum boyutunun belirlenmesinin önemini göstermiştir.

Jeon, Y. Et al. (2023), akışkan kum tabanlı biyofiltre sistemlerinde mikroorganizmaların etkinliğini artıran besin maddeleri, sistemin performansını doğrudan etkileyen bir faktördür. Nitrat ve fosfat gibi besin maddelerinin varlığı, bakteriyel faaliyetleri hızlandırarak, kirleticilerin daha etkili bir şekilde giderilmesini sağlar. Bununla birlikte, besin maddelerinin dengesizliği, biyofilm gelişimini olumsuz etkileyebileceği ve sistemin verimliliğini düşürebileceğinin önemi vurgulanmıştır.

Büyük miktarlarda ticari üretimin ülkemiz koşullarında yaygınlaştırılması ve özendirilmesi uygulanacak yenilikçi yaklaşımlarla mümkün olabilecektir. Bu tezin yapılma amacı özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde tatlı su balıklarının ticari yetiştiriciliği için kullanılan akışkan kum tabanlı biyofiltrelerin, kapalı devre deniz balığı yetiştiriciliği sistemleri için de kullanılmasının getireceği avantajları ve dezavantajları değerlendirmektir. Ayrıca, Bu çalışmada, akışkan kum tabanlı biyofiltre sistemlerinde kum yükselme davranışlarını incelemek amacıyla geliştirilen bir prototip ile farklı su ortamlarında (tatlı su ve deniz suyu) 0,6-0,8 mm tane büyüklüğüne sahip akışkan kumun su debisi ile bu yükselme aralığı arasındaki ilişkiyi incelemektir.

5. MATERYAL VE METOD

Projenin ana konusu olan akışkan kum tabanlı biyofiltre konusunda, bilimsel dergiler ve kitaplar ile dijital platformlar aracılığıyla kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Deniz suyu ortamlarında planlanan denemelerin gerçekleştirilmesi amacıyla akışkan kum tabanlı biyofiltre temini piyasada üretimi olmadığı için bu tez kapsamında bir prototip yapılmasına karar verilmiştir.

5.1 Prototip İmalatı ve Deneme Düzenegi

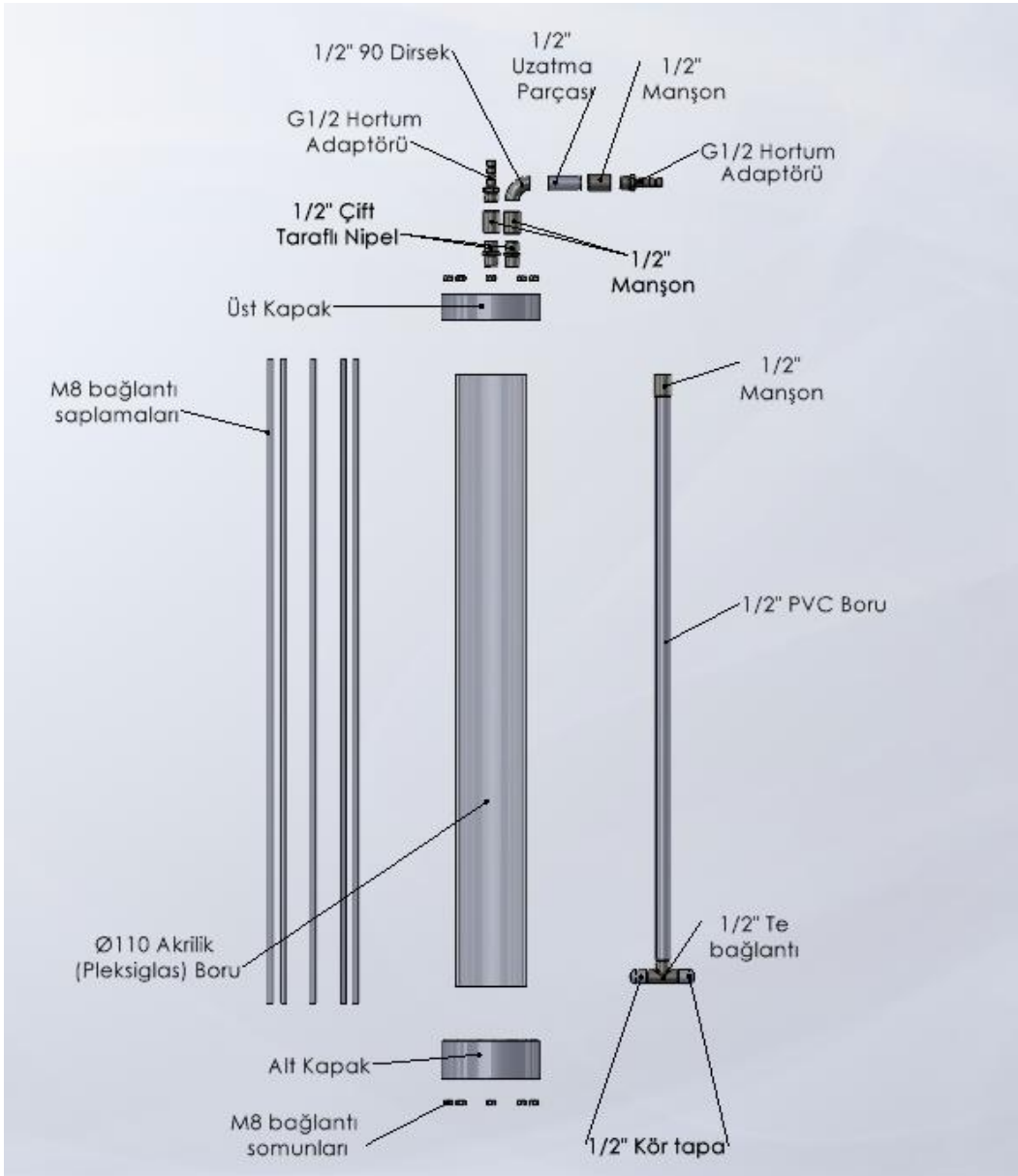
Tedarik etmiş olduğumuz kullanıma hazır parçalar ve parça imalatı için gerekli hammaddeler, kendime ait olan atölyede (Şekil 5.1) işlenmiş ve montajı gerçekleştirilmiştir. Üretimi yapılan akışkan kum tabanlı biyofiltre protipi ile planlanan çalışma, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Urla Yerleşkesi Dr. Hakkı Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde yürütülmüştür.



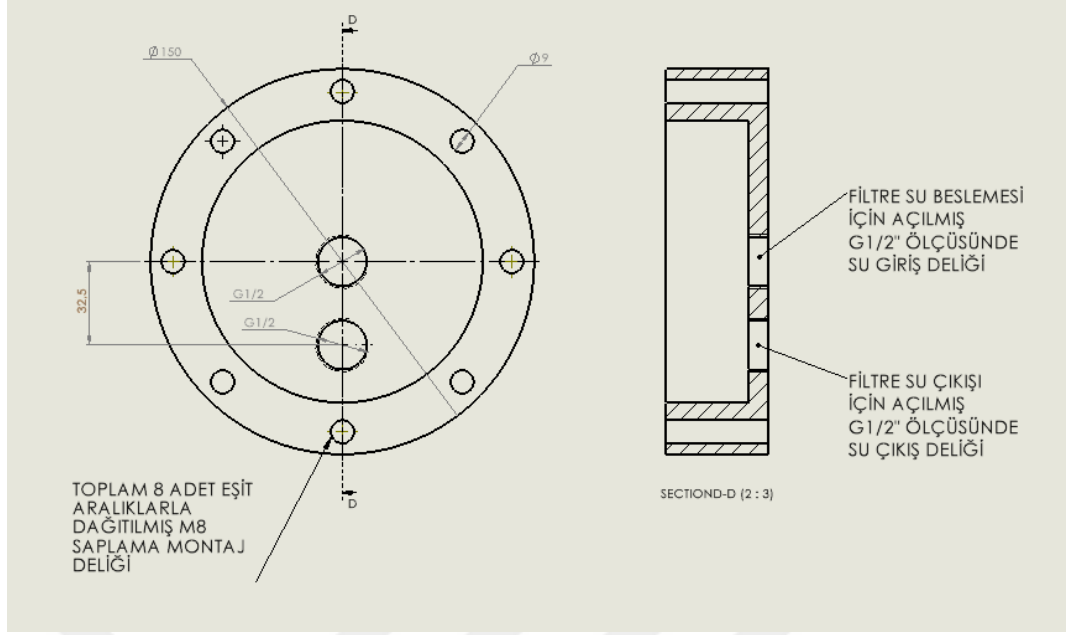
Şekil 5.1. İmalat atölyesi (Orijinal).

5.2 Tasarım

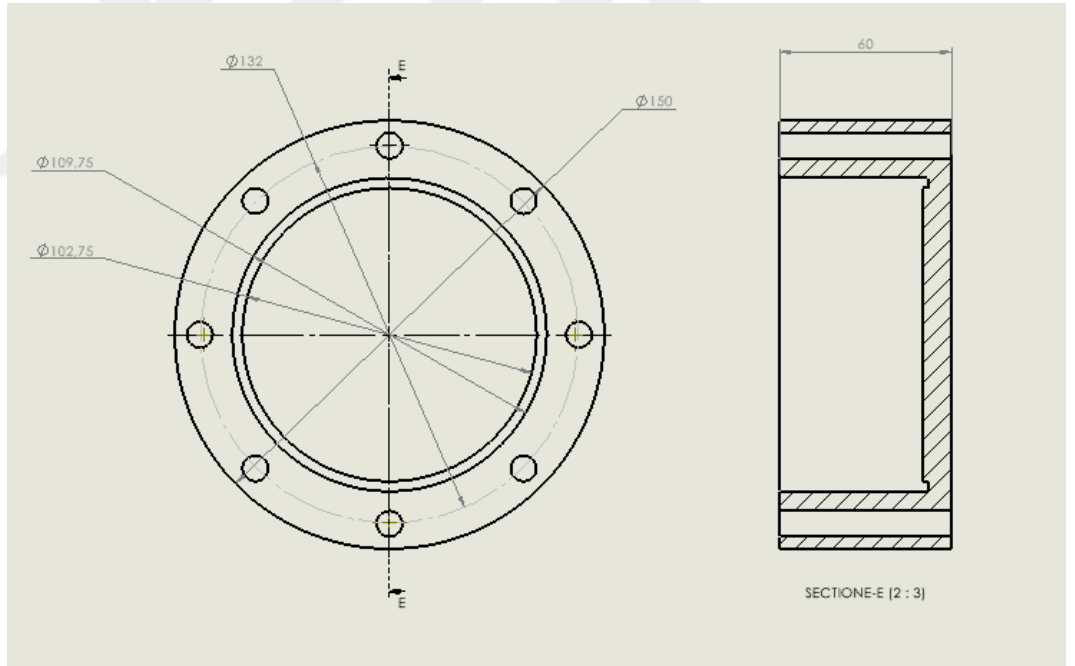
Biyofiltrenin tasarımı Dassault System firmasının cad cam uygulaması olan Solidcam programı kullanılarak yapılmıştır (SolidCAM 2022 X64 SP3 HF2). Biyofiltrenin imalat parçalarının teknik resimleri çıkarılmış, bilgisayar ortamında montajı yapıp patlamış montaj resimleri (Şekil 5.2) hazırlanmıştır. Teknik resimlere uygun olarak torna ve PVC kaynak uygulamaları gerçekleştirilmiş ve tedarik edilmiş olan bağlantı elemanları ile montajı yapılmıştır.



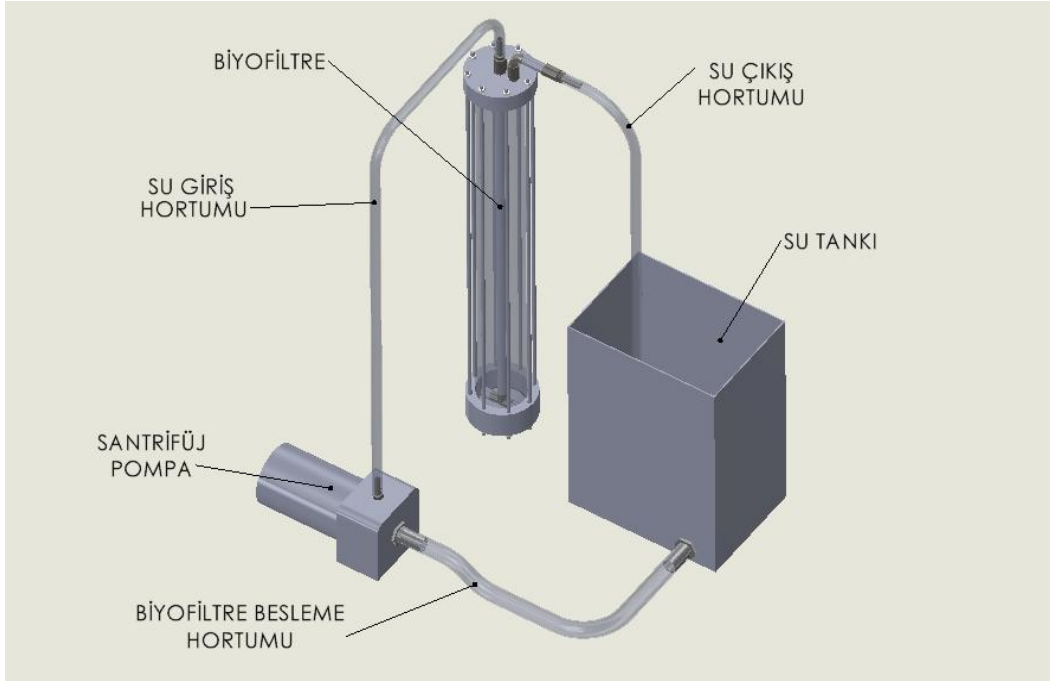
Şekil 5.2. Biyofiltre patlamış montaj resmi (Orijinal).



Şekil 5.3. Üst kapak teknik resmi (Orijinal).



Şekil 5.4. Alt kapak teknik resmi (Orijinal).



Şekil 5.5. Sisteme genel bakış (Orijinal).

Tablo 5.1. Biyofiltre malzeme listesi (Orijinal)

AKIŞKAN TABANLI BİYOFİLTRE MALZEME LİSTESİ				
	Parça Adı	Açıklama	Miktar	Fiyat
01.	Alt Kapak	Polietilen Ø150, boy: 60mm	1 Adet	250 TL
02.	Akrilik (Pleksiglas) Boru	Ø110, boy: 950mm	1 Adet	1750 TL
03.	Üst Kapak	Polietilen Ø150, boy: 40mm	1 Adet	250 TL
04.	Bağlantı Saplamları	Çinko kaplamalı çelik, M8, Boy: 1000mm	8 Adet	400 TL
05.	Saplama Bağlantı Somunları	M8	16 Adet	50 TL
06.	6 Köşe Çift taraflı Nipel	AISI316 Paslanmaz, G1/2"	2 Adet	200 TL
07.	Manşon	AISI316 Paslanmaz, G1/2"	4 Adet	400 TL
08.	Hortum Adaptörü	AISI316 Paslanmaz, G1/2"	2 Adet	200 TL
09.	Hortum Adaptörü	AISI316 Paslanmaz, G1 ¼"	2 Adet	200 TL
10.	PVC Boru 1/2"	Montaj eki 50mm	1 Adet	20 TL
11.	PVC Boru 1/2"	Montaj eki 875mm	1 Adet	100 TL
12.	PVC Te Fitting	1/2"	1 Adet	20 TL
13.	PVC Kör Tapa	1/2"	2 Adet	20 TL
14.	PVC DİRSEK	1/2"	1 Adet	10 TL
15.	HORTUM	1/2"	3 Mt.	150 TL
15.	HORTUM	1¼"	2 Mt.	250 TL
16.	Santrifüj Pompa	AISI 316, 1/2"	1 Adet	5000 TL
17.	Su Tankı	PVC	1 Adet	500 TL
18.	TOPLAM MALİYET			9770TL

5.3 Temin Edilen Malzemeler ve Akışkan Kum Tabanlı Biyofiltre İmalat ve Montaj Süreci

Su Pompası

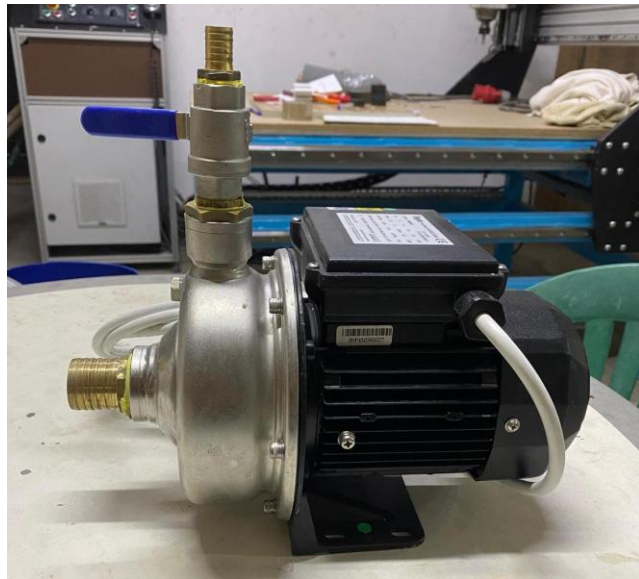
Sistemin tamamlanması için kullanılan ekipmanlar: filtrasyon sistemine su akışı sağlamak amacıyla bir santrifüj pompa (Şekil 5.6) kullanılmıştır. Pompanın teknik özellikleri şu şekildedir:

Pompa çıkışındaki 1 inçlik (1") çap, akış debisi ve basıncın artırılması amacıyla ½ inç (½") olarak küçültülmüştür. Bu küçültme işlemi, Bernoulli prensibine dayalı olarak akış hızını artırarak, sıvıların daha yüksek basınç altında taşınmasını sağlar. Akışkanın hızındaki bu artış, özellikle daha uzak mesafelere sıvı iletimi ve belirli yükseklik farklarının aşılması gerektiğinde kritik bir rol oynamaktadır. Ancak, bu tür bir çap küçültme, sistemdeki enerji verimliliğini artırırken, pompaların performansını optimize edebilmek için dikkatlice tasarlanmalıdır.

Giriş ve Çıkış Çapları: 1¼" giriş, ½" çıkış.

Motor Gücü: 0,37 kW.

Akış Kapasitesi: 3,6 m³/h - 6 m³/h.



Şekil 5.6. Santrifüj pompa (Orijinal).

Silindir Kapakları

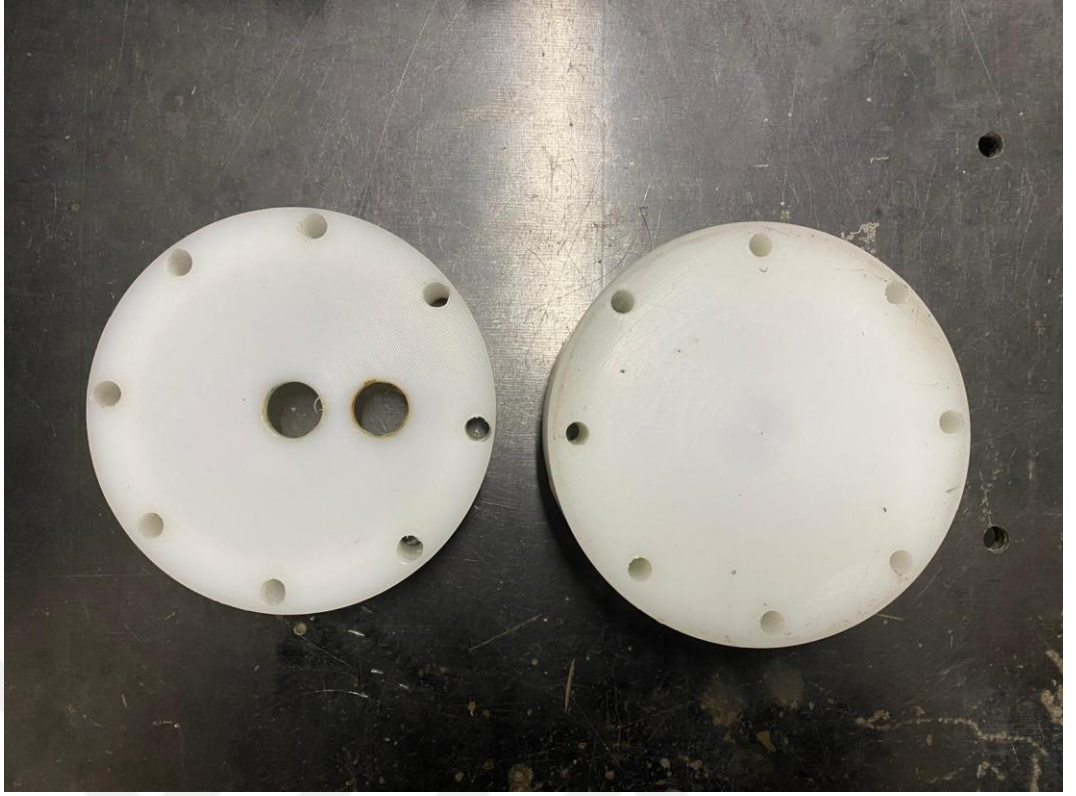
Malzemeler piyasadan tedarik edilmiştir. Kapaklar (Şekil 5.7), sistemin ana yapısını desteklemek amacıyla Polietilen 500 (PE500) malzemeden üretilmiştir. PE500 malzemesi, mekanik dayanımı yüksek, kimyasal ve çevresel etkilere karşı dirençli yapısı nedeniyle tercih edilmiştir. Kapaklar aşağıdaki ölçülerde temin edilmiştir:

Alt Kapak: Çap 175 mm (Ø175), kalınlık 70 mm.

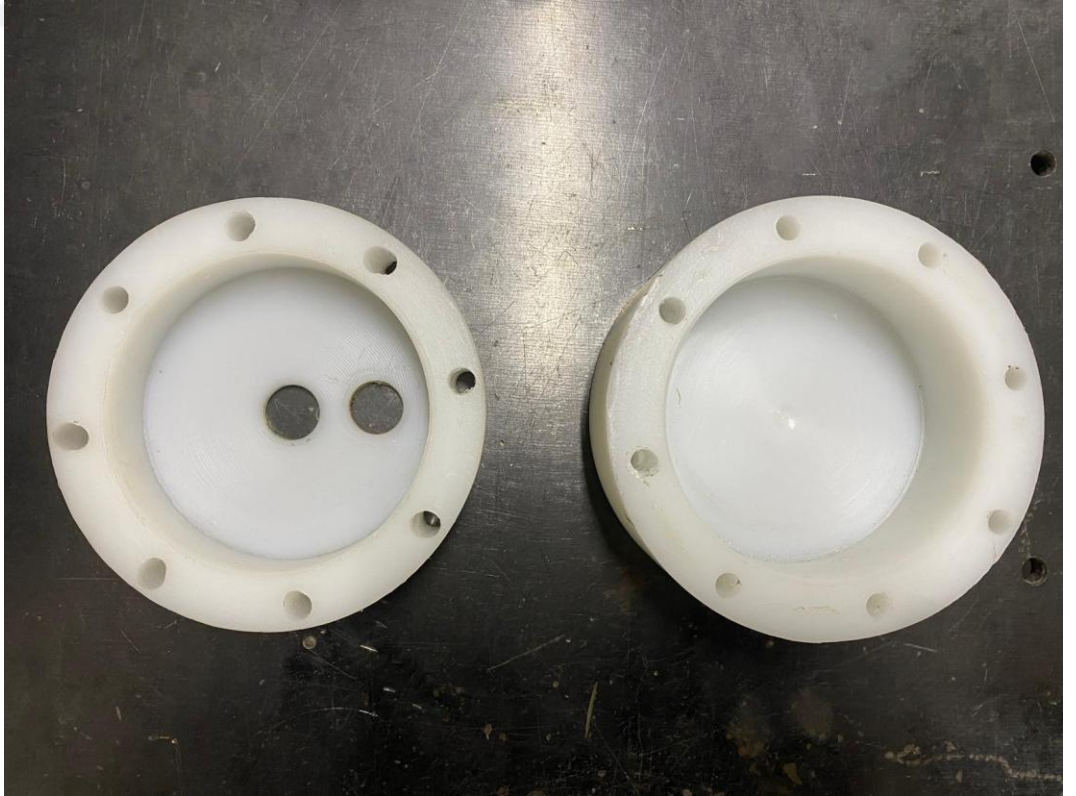
Üst Kapak: Çap 175 mm (Ø175), kalınlık 50 mm.



Şekil 5.7. Alt ve üst kapak ham malzemeler (Orijinal).



Şekil 5.8. Alt ve üst kapak işlenmiş üstten görünüm (Orijinal).



Şekil 5.9. Alt ve üst kapak işlenmiş alttan görünüm (Orijinal).

Su giriş ve Su ıkış fittingleri

Su giriş ve Su ıkış fittingleri st kapağa monte edilmiştir (şekil:6.14).



şekil 5.10. Biyofiltre su giriş fittingleri ve montaj (Orijinal).



şekil 5.11. Biyofiltre su giriş fittingleri ve montaj (Orijinal).

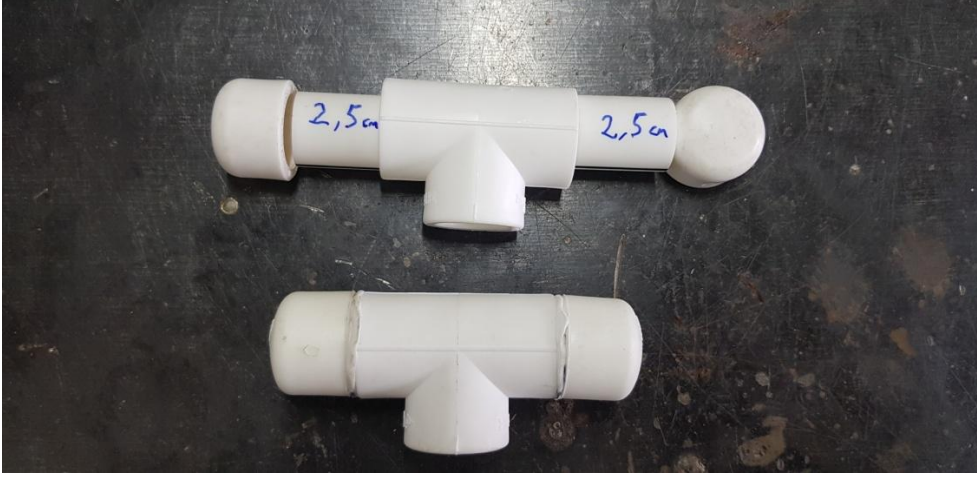


Şekil 5.12. Biyofiltre su girişi fittinglerinin üst kapağa montajı (Orijinal).

Su girişleri ve çıkışlarının hali hazırda bağlanmış olduğu üst kapak montajı, 8 adet M8 saplama ile alt kapak ve boru montajıyla birleştirilmeye hazır hale getirilmiştir. Kumu doldurulmuş, hortumları bağlanmış ve montaj tamamlanmıştır.

Su giriş sistemi

Suyun filtreleme ünitesi içinde homojen dağılımını sağlamak amacıyla, PVC borular ve çeşitli bağlantı elemanları (fittingler) kullanılarak su giriş sistemi tasarlanmıştır. PVC'nin düşük maliyetli, hafif ve korozyona dayanıklı bir malzeme olması, bu tercihleri desteklemiştir. Su girişi 90 mm boyunda ve 2 mm genişliğinde bir kesi ile 4mm çapında 8 adet delikten oluşmaktadır. kesi genişliği 2 mm (Şekil6.11).



Şekil 5.13. Biyofiltre su giriş kafası malzemeleri ve kaynağı (Orijinal).



Şekil 5.14. Biyofiltre su giriş sistemi PVC boru (Orijinal).



Şekil 5.15. Biyofiltre su giriş sistemi (Orijinal).



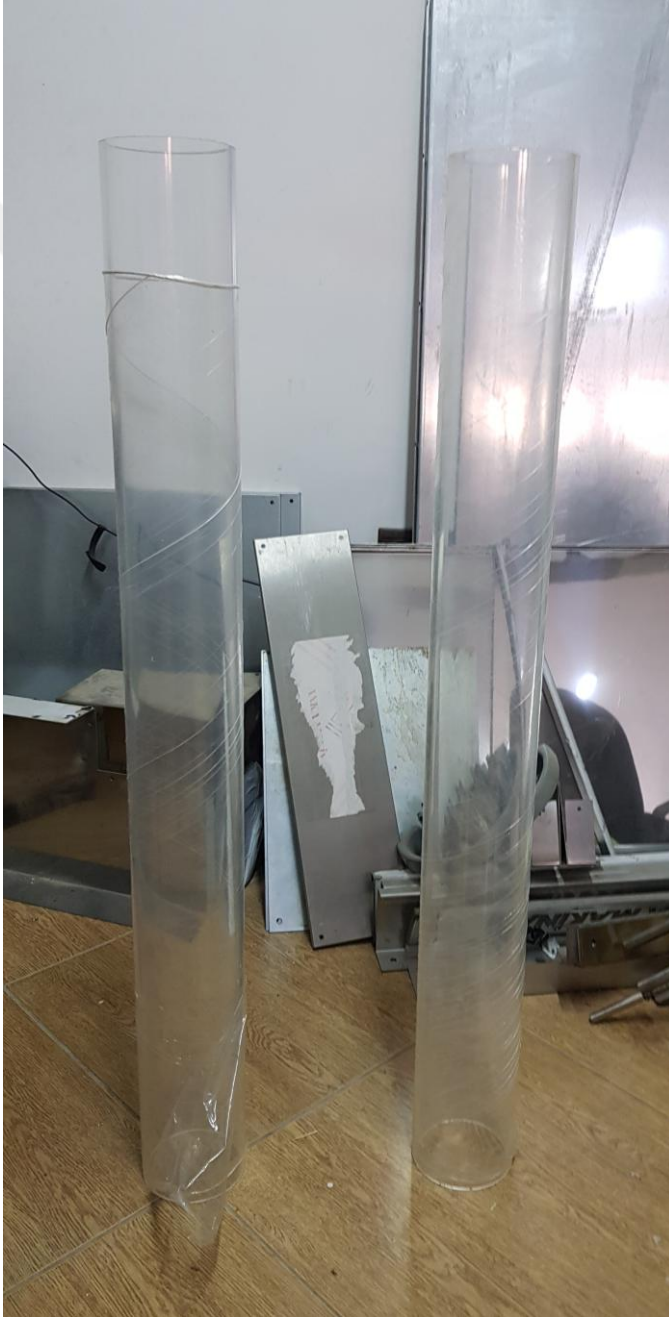
Şekil 5.16. Poliüretan (PU) Filtre ve conta (Orijinal).

Kapaklar, hassas işleme yöntemleriyle tornada şekillendirilmiş ve akrilik boru ile bağlantıya uygun hale getirilmiştir. Ardından, saplama montajı ve su giriş-çıkış bağlantıları için delikler açılmıştır. Bu işlemler ayaklı matkap yardımıyla gerçekleştirilmiş, bağlantıların sızdırmazlığı ve güvenilirliği için dış açma (kılavuz çekme) işlemleri tamamlanmıştır.

Akrilik boru, torna tezgahında işlenerek 2000 mm'den 950 mm uzunluğa kısaltılmıştır. Kesim işlemi sırasında, montaj kolaylığı ve sızdırmazlığın sağlanması amacıyla yüzey pürüzsüzleştirilmiştir.

Akrilik Boru

Filtrasyon ünitesinin gövde kısmını oluşturan borular, şeffaflık ve kimyasal dayanıklılık özelliklerinden dolayı akrilik malzemeden seçilmiştir. Borunun hammaddesi, LAZERPLAST firmasından 110 mm dış çap ($\text{Ø}110$), 100 mm iç çap (d:100) ve 2000 mm boyutunda temin edilmiştir. Filtrasyon sistemine entegrasyon için torna işlemi uygulanmış ve uzunluğu 950 mm'ye indirilmiştir.



Şekil 5.17. İşlenmiş borular (Orijinal).



Şekil 5.18. Alt kapağın akrilik boruya montajı (Orijinal).



Şekil 5.19. Montaj saplamaları ve somunları (Orijinal).



Şekil 5.20. Montajı tamamlanmış biyofiltre (Orijinal).

Temin edilen Kumun Kullanıma Hazır Hale Getirilmesi

Filtrasyon ortamında kullanılan kum, Aydınlar Madencilik firmasından temin edilmiştir. Bu malzemenin tanecik boyutları 500–1200 μm aralığında olup, filtrasyon verimini artırmak amacıyla 600–800 μm boyutundaki tanecikler 20-30 mesh elekler kullanılarak elenmiş ve seçilmiştir.



Şekil 5.21. 20 ve 30 Mesh elekler (Orijinal).



Şekil 5.22. Ayrıştırılmış kum (Orijinal).

Su Tankı

Sistemde su rezervuarı olarak, 60 litre hacimli plastik bir tank kullanılmıştır. Tankın tepe kısmı kesilerek su giriş ve çıkış bağlantılarına uygun hale getirilmiştir.



Şekil 5.23. Su tankı (Orijinal).

Bu tez çalışmasında, akışkan kum tabanlı biyofiltrenin yatağının deniz suyu kullanımı durumunda yükselme miktarındaki değişim incelenmiştir. Türkiye'de bu tür biyofiltreler için uygun bir üretici firma bulunamaması nedeniyle prototip, çalışmanın yürütüldüğü atölyede imal edilmiştir. Filtre yatağı olarak kullanılacak 0,6 mm-0,8 mm boyut aralığındaki kum piyasada hazır halde temin edilemediği için, elek kullanılarak ayıklama işlemi gerçekleştirilmiş ve bu süreç sonucunda 5000 m²/m³ yüzey alanına sahip kum medya elde edilmiştir. Eleme işleminden elde edilen kumun 2 litresi, imal edilen filtre mekanizmasına yerleştirilmiş ve sistem, 400, 800 ve 1200 litre/saat debilerde hem tatlı su hem de deniz suyu ile beşer kez test edilmiştir. Test sonuçları dikkatle gözlemlenerek analiz edilmiştir. Metin içerisinde sonuçlar ortalama \pm SD (standart sapma) olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.24. Deneme düzeneği genel görünüş (Orijinal).

6. BULGULAR

Biyolojik filtreler, su ve atık su arıtma, hava temizleme, ekosistem yönetimi ve tarımsal su kültürü gibi birçok alanda etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Farklı biyolojik filtre türleri, uygulama koşullarına göre üstün verimlilik sağlar ve çeşitli endüstrilerde sürdürülebilir arıtma çözümleri sunar. Damlatmalı biyofiltreler özellikle büyük ölçekli atık su arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılır ve düşük enerji tüketimi ile yüksek verimlilik sağlar (Tchobanoglous et al., 2003).

Sualtı biyofiltreler ise hem içme suyu hem de atık su arıtma süreçlerinde etkinlik gösterir ve gelişmekte olan bölgelerde düşük maliyetli çözümler olarak kullanımı artmaktadır. Bu filtreler, suyun biyolojik arıtılmasında önemli bir rol oynamaktadır ve Avrupa'da çeşitli uygulamalarda başarıyla kullanılmaktadır (Sharma et al., 2021).

Biyolojik filtrelerin amonyağı uzaklaştırma kapasitesinin, biyolojik büyümenin tutunabileceği yüzey alanına bağlı olduğu bulunmuştur. Eikebrokk ve Piedrahita (1997)'ye göre, biyofiltre yüzey alanının artırılması, amonyak giderme kapasitesinde orantılı bir artış sağlar. Literatür incelemeleri, 1 m² biyofiltre yüzeyinin günde 0,03 ile 0,78 g TAN (Toplam Amonyak Azotu) arasında amonyak uzaklaştırabileceğini göstermektedir.

1m³ hacmindeki 0,6mm-0,8mm büyüklüğündeki kumun yüzey alanı 5000 m²'dir (Summerfelt ve Timmons 1998). İmal edilen prototip içerisinde biyofilm medyası olarak 2 Lt (0,002m³) hacminde ve 0,6-0,8mm çapında toplam yüzey alanı 10m² olan kum kullanılmıştır. 2m² yüzey alanı günlük 1 gr TAN giderebildiği için sistem şu anki haliyle 5gr. tam kapasiteyle kullanıldığında ise 7-8gr. Amonyak uzaklaştırabilecektir. 1 kg. canlı balık 0,25gr tan yarattığı için imal edilen sistem ortalama 30 kg balık için uygundur. Paralel bağlanarak canlı ağırlığı,veya mekanik filtrasyon ile verimlilik arttırılabilir.Biyofiltrasyon ünitesi için toplam maliyet 280 USD olarak hesaplanmıştır.Bu maliyetin150 USD'si pompa olduğu bilindiğine göre, biyofiltre başı 130 USD ile pompa gücü göz önüne alınarak paralel bağlanıp verimlilik arttırılabilir.

Geliştirdiğimiz prototip ile gerçekleştirilen %39 deniz suyu ve tatlı su deneylerinde, aşağıda yer alan verilere ulaşılmıştır (Tablo 6.1). Her iki ortamda da debinin kum yükselme miktarı üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. Aşağıda, her iki ortamda farklı debilerle elde edilen kum yükselme miktarları sunulmuştur.

Tatlı su ve deniz suyu ortamlarında debinin artışıyla kum yükselme miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Ancak, deniz suyu ortamında kum yükselme miktarları, aynı debilerde tatlı suya göre daha yüksek olmuştur. Bu fark, deniz suyunun daha yüksek yoğunluk ve viskoziteye sahip olmasının, suyun kum tabakası üzerinde daha güçlü bir taşıma kuvveti uygulamasına neden olduğunu göstermektedir.

Tatlı su ve Deniz suyu ortamlarında beş tekrarlı yapılan denemelerde, debi arttıkça kum yükselme miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Veriler aşağıdaki gibidir.

Tablo 6.1. Farklı debilerde tatlı ve deniz suyu yükselme verileri (Orijinal)

Debi (L/saat)	Tatlı Su Yükselme (cm) ± Standart Sapma (cm)	Deniz Suyu (%39) Yükselme (cm) ± Standart Sapma (cm)
0 L/saat	32	32
400 L/saat	33,4 ± 0,5522	36,8±0,5700
800 L/saat	45,06±0,7092	46,14±0,8443
1200 L/saat	47,18±0,8408	50,22±0,8871

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bir işletmenin biyofiltre kurma amacını göz önünde bulundurduğumuzda, en verimli sistemi kurmak için minimum alan ve minimum maliyetle maksimum performans elde etmek temel hedef olacaktır. Bu bağlamda, biyofiltre sisteminin tasarımında, kullanılan medya tipi, yüzey alanı, akış hızı ve sistemin genel verimliliği gibi faktörler dikkatlice değerlendirilmelidir. İdeal bir biyofiltre, hem işletme maliyetlerini en aza indirirken hem de yüksek biyolojik yükleri etkin bir şekilde işleyebilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Bu amaçla, biyolojik filtrelerin tasarımında optimum alan kullanımı ve maliyet etkin çözümler ön planda tutulmalıdır.

Biyofiltrelerin etkinliğini belirleyen faktörlerden bir diğeri ise atık maddelerin, özellikle amonyak ve diğerkirleticilerin giderilme oranıdır. Bu oran, biyofiltrenin su kalitesini iyileştirme kapasitesini ve operasyonel verimliliğini doğrudan etkiler.

Biyofiltrelerin tasarımında kullanılan medya, akış hızı, mikroorganizma yoğunluğu ve sistemin çalışma koşulları gibi faktörler, giderim oranlarını etkileyen kritik unsurlar arasında yer alır. Yüksek giderim oranları, kirleticilerin etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlar ve su kalitesini hedeflenen seviyelerde tutarak işletmenin verimliliğini artırır.

Bu nedenle, biyofiltrelerin sadece ekonomik açıdan uygun olması değil, aynı zamanda atık giderim oranlarının da yüksek olması, sistemin uzun vadeli başarı ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Yapılan çalışmalar amonyak gideriminde de akışkan kum tabanlı biyofiltrenin avantajlarını göstermektedir.

Tablo 7.1. Filtre çeşitlerine göre TAN dönüşüm oranları (Ebeling, 2010)

Filtre Tipi	TAN Dönüşüm Temeli	TAN Dönüşüm oranı	
		15-20 °C	25-30 °C
Damlatmalı (100 - 300 m ² /m ³) (Ebeling, 2010)	Medya Yüzey alanı	0.2 – 1.0 g/m ² gün	1.0 – 2.0 g/m ² gün
Granüler (tanecikli / kum) (> 500 m ² /m ³) (Ebeling, 2010)	Medya Hacmi	0.6 – 0.7 kg/m ³ gün	1.0 – 1.5 kg/m ³ gün
Dönen biyodisk (100-300 m ² /m ³) (Ebeling, 2010)	Medya Yüzey alanı	0.2-1.0 g/m ² gün	1.0-2.0g/m ² gün

Yapılan çalışmalarda, 454 tonluk bir tilapia çiftliğinin kurulum ve işletme maliyetleri hesaplanmış ve akışkan kum tabanlı biyofiltrenin ekonomik açıdan önemli avantajlar sunduğu gözlemlenmiştir. Bu tür biyofiltre modelleri, özellikle düşük sermaye yatırımları ve düşük işletme maliyetleri ile yüksek verimlilik sağlamakta olup, büyük ölçekli su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde maliyet etkin bir çözüm olarak öne çıkmaktadır (Timmons et al. 2000).

Tablo 7.2. Biyofiltre tiplerine göre maliyet tablosu (Timmons et al., 2010)

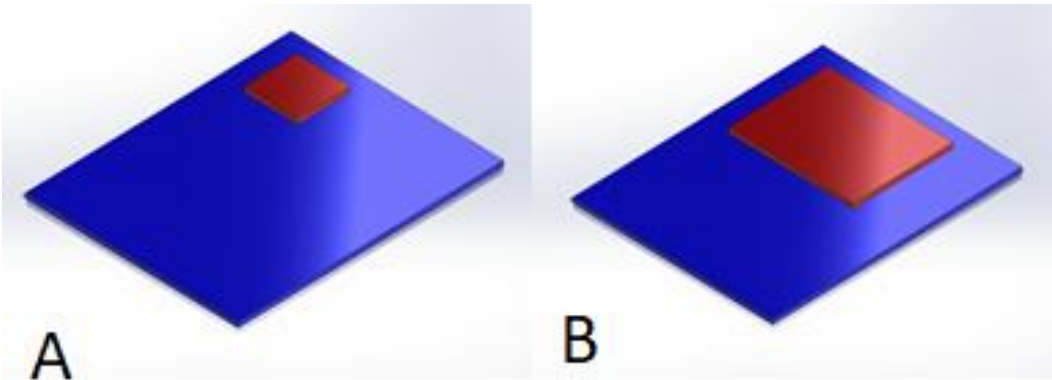
Biyofiltre Tipi	Üretim Maliyeti	Maliyet (Yıllık kg başına \$)
Dönen Biyodisk1	\$668,000	\$1.50
Damlatmalı Biyofiltre2	\$620,000	\$1.37
Basınçlı Biyofiltre3	\$296,000	\$0.66
Akışkan Kum Tabanlı Biyofiltre2	\$124,000	\$0.26

Mevcut veriler 2000 yılında derlenmiştir. Güncel verileri hesaplamak için Amerika Birleşik Devletleri'nin 20 yıllık ortalama yıl başına enflasyon miktarı hesaba dahil edilmelidir (Tablo 7.2).

Prototip olarak imal edilmiş olan akışkan kum tabanlı biyofiltrenin maliyeti yaklaşık olarak 130USD olarak hesaplanmıştır. Daha yüksek hacimlerde kullanılacak malzemelerin daha verimli seçilmesi ve maliyetlerin ciddi oranda düşürülmesi mümkündür.

Yapılan analizler ve karşılaştırmalar, akışkan kum biyofiltrenin özellikle büyük yüzey alanına sahip olması ve yüksek TAN (Toplam Amonyak Azotu) dönüşüm kapasitesi ve düşük kurulum maliyeti ile öne çıktığını göstermektedir. Akışkan kum tabanlı biyofiltreler, yüksek yüzey alanına dayalı biyolojik prosesin etkinliğini artırarak, çözünmüş amonyağın daha hızlı ve etkili bir şekilde daha az maliyetle giderilmesini sağlar.

Dünya genelinde balık üretiminde ekonomik olarak rekabet edebilmek için, günde 100 kg TAN (Toplam Amonyak Nitrojeni) seviyesinde amonyak asimilasyonunun sağlanması gerektiğini belirtmektedir (yıllık 1000 ton balık üretimi için). Bu amaca ulaşmak için, 100 m³ yatak hacmine sahip bir akışkan kum tabanlı biyofiltre kullanılması gerekmektedir. Ancak, kumdan daha düşük özgül yüzey alanlarına sahip medyalar kullanan tipik biyofiltreler, bu hacmin yaklaşık beş katı olan 500 m³ hacme ihtiyaç duymaktadır (Timmons et al., 2000). 2000 m² lik bir işletmenin bu işlevi gerçekleştirebilmek için biyofiltre yüksekliği bir metre olmak üzere akışkan kum tabanlı biyofiltrelerin (Şekil 7.1.A) ve geleneksel filtre sistemlerinin (Şekil 7.1.B) yaklaşık kapladığı alan karşılaştırmalı olarak görselleştirilmiştir.



Şekil 7.1. 2000 m² işletme alanı simülasyonu.

Yapılan araştırmalarda, kapalı devre sistemde somon üretiminin biyolojik ve teknik açıdan uygulanabilir olduğunu belirtmektedir. Atlantik somonu yetiştiriciliğinden elde edilen veriler, balıkların yaklaşık 2 yıl içinde tatlı suda piyasa boyutuna ulaştığını, yüksek hayatta kalma oranı, kabul edilebilir sağılık ve refah düzeyleriyle ve neredeyse hiç tedavi maliyeti olmadan büyüdüğünü göstermiştir (Davidson et al., 2008).

Bir başka çalışmada 60 m³ tilapia tank sisteminde 0,62 m çapında ve 2,43 m yüksekliğinde bir akışkan tabanlı biyofiltre değerlendirde, günlük ortalama TAN giderimi 667 ± 345 g TAN/m³ olarak hesaplanmıştır (Guerdat et al., 2010).

Atlantik somonunun, kapalı sistemlerde pazara uygun büyüklüğe kadar yetiştirilmesine olan ilgi artmıştır. Bu tür sistemlerde kullanılan kapalı devre sistemlerin büyük pazarların yakınlarına yerleşmesini, izin almayı, zorunlu patojenleri dışlamayı ve/veya çevresel etkileri azaltmayı mümkün kılmaktadır. Pazara uygun büyüklükte Atlantik somonu yetiştirmek için kapalı devre sistem kullanımı, oldukça yeni bir alan olup bu konuda çok az bilgi mevcuttur. Bu çalışmada, Kuzey Amerika'nın iki Atlantik somonunun, pazara uygun büyüklüğe (4–5 kg) kadar, yalnızca tatlı su kullanılarak kapalı devre sistemde akışkan kum tabanlı biyofiltre'de (260 m³ kapasite) yetiştirilmesinin performansı değerlendirilmiştir (Davidson et al., 2016).

Sonuç olarak, bu tezde gerçekleştirilen deneylerde, medya olarak kullanılan kum büyüklüğünün hem tatlı su hem de deniz suyunda kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Medya olarak kullanılan kumda matematiksel olarak bir yükseklik farkı gözlemlenmiş olsa da, işletme kurulumu açısından, maliyet ve kurulum zorlukları bakımından işletmelere engel teşkil edecek bir durumla karşılaşılmemiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda, tatlı su yetiştiriciliğinde kullanılan akışkan kum tabanlı biyofiltrenin deniz suyu ortamında uygulanabilirliğine yönelik daha kapsamlı ve detaylı araştırmalara ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akiyama, D. M., Dominy, W.G. and Lawrence, A.L.**, 1991, Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: Revised. Pages 80-98 in D.M. Akiyama and R.K.H. Tan, editors. Proceedings of the Aquaculture and Feed Processing and Nutrition Workshop. Singapore, Republic of Singapore.
- Altan, Ö.**, 2002, Levreklerde (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) Besin maddelerinin Sindirimi Üzerine Araştırmalar. E.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, İzmir, 115s.
- Amazon**, 2017, AST Bubble Bead Filter XS300, The Original Bead Filter, <https://www.amazon.com/AST-Original-Filtration-Solution-Included/dp/B077TXPWK1?th=1>
- Areerachakul, N.**, 2018, Faculty Of Industrial Technology, Suansunandha Rajhabhat University, Bangkok, Thailand
- Aref Soğutma**, 2017, Su Soğutmalı Chiller, <https://www.susogutma.com.tr/urunler>
- Barnes, M. A. and Brown, J. R.**, 2011, UV sterilization in aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 45(2), 93-99.
- Bogert, D.**, 2024, Aquarium Science, 7. Filter Media, Media Ranking and Selection, <https://aquariumscience.org/index.php/7-filter-media/>
- Burden, D. G.**, 1988, Development and design of a fluidized bed/upflow sand filter configuration for use in recirculating aquaculture systems. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Canlı Bilimi**, 2018, Azot Döngüsü, <https://www.canlibilimi.com/azot-dongusu/>
- Cannon Industrial Plastics**, 2024, How Immersion Heaters Revolutionize Aquaculture: The Ultimate Guide to Optimal Water Temperature Control, <https://cannonindustrialplastics.com/blog/immersion-heaters-to-enhance-aquaculture-operations/>
- Climate Policy Watcher**, 2023, Rotating Biological Contactor RBC, <https://www.climate-policy-watcher.org/wastewater-treatment/rotating-biological-contactor-rbc.html>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Davidson, J., May, T., Good, C., Waldrop, T., Kenney, B., Terjesen, B. F. and Summerfelt, S.**, 2016, Production of market-size North American strain Atlantic Salmon *Salmo salar* in a land-based recirculation aquaculture system using freshwater. *Aquacultural Engineering* 74:1–16.
- DEÜ (Dokuz Eylül Üniversitesi)**, 2024, Atık su, <https://web.deu.edu.tr/atiksu/ana52/damlat25.jpg>
- Dikel, S.**, 2002, Su Ürünlerinde Mekanizasyon, Ç.Ü. Su Ürünleri Fak. Yayınları No: 12. 150s.
- Directindustry**, 2024, Stainless steel oxygen cone OG-15, <https://www.directindustry.com/prod/livam-gmbh/product-235235-2395791.html>
- Ebeling, J. M. and Miller, W. W.**, 1995, Model aquaculture recirculation system (MARS): engineering and operations manual: aquaculture education project.
- Ebeling, J., Jensen, G., Losordo, T., Masser, M., McMullen, J., Pfeiffer, L., Rakocy, J. and Sette, M.**, 1995, Model Aquaculture Recirculation System (MARS)- Engineering and Operations Manual, National Council for Agricultural Education, Alexandria, Virginia.
- e-Havuz Market**, 2020, Greenco Çift Kademeli Blower 3,0 Kw, <https://www.e-havuzmarket.com/urun/greenco-cift-kademeli-blower-3-0-kw#gallery-1>
- Eikebrokk, B. and Piedrahita, R. H.**, 1997, Nitrification performance and ammonia excretion from salmonids. *Journal of Applied Aquaculture* 7(4):15–32.
- Eurofish**, 2017, Guide to Recirculation Aquaculture: Chapter 2, <https://eurofish.dk/guide-to-recirculation-aquaculture-chapter-2/>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)**, 2024, Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2021. FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics. Rome, <https://doi.org/10.4060/cc9523en>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Fatih Polyester**, 2024, Aquaculture Tank Dimensions (Fish Tanks), [https://www.fatihpolyester.com/en/aquaculture-tank-dimensions-\(fish-tanks\).aspx](https://www.fatihpolyester.com/en/aquaculture-tank-dimensions-(fish-tanks).aspx)
- Fishfarmingexpert**, 2021, Drum filter or disc filter? Experiences from RAS facilities and tests, <https://www.fishfarmingexpert.com/drum-filter-or-disc-filter-experiences-from-ras-facilities-and-tests/1222157#:~:text=A%20disc%20filter%20is%20significantly,help%20ifting%20out%20the%20solids>.
- Freshbydesign**, 2023, MAT Corona Discharge Ozone Generators, <https://freshbydesign.com.au/aquaponic-aquaculture-products/oxygen-ozone/mat-corona-discharge-ozone-generators/#product-gallery-674869658d712-1>
- Gao, Y. and Zhang, D.**, 2020, Design and operation of recirculating aquaculture systems for sustainable fish farming. *Aquacultural Engineering*, 87, 102001.
- Gómez, L., Lázaro, L. L. and González, A.**, 2007, UV disinfection in aquaculture: A review. *Aquaculture International*, 15(5), 403-413.
- Guerdat, T. C., Losordo, T. M., Classen, J. J., Osborne, J. A. and DeLong, D. P.**, 2010, An evaluation of commercially available biological filters for recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 42:38–49.
- Gutierrez-Wing, M. T. and Malone, R. F.**, 2006, Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural engineering*, 34(3), 163-171.
- Güner, Y. ve Hekimoğlu, M. A.**, 2016, İçsu Balıkları Yetiştiriciliği Araştırma ve Uygulama Ünitesi Kurulması Çalışmaları, Bornova-İzmir.
- Hansa Engineering**, 2024, Fish farming and Recirculating Aquaculture Systems (RAS), <https://hansa-engineering.se/en/solutions/fish-farming-and-recirculating-aquaculture-systems-ras/>
- Hatchery International**, 2020, MAT freshwater protein skimmer (FW-PS) technology, [MAT freshwater protein skimmer \(FW-PS\) technology - Hatchery International](#)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Henry, I.**, 2024, The importance of biofilters, <https://www.akvagroup.com/blog/the-importance-of-biofilters>
- Huang, H. and Chen, W.**, 2018, *Effect of Salinity on Organic Matter Degradation in Fluidized Bed Biofilters*. Environmental Science and Pollution Research, 25(4), 3235-3243.
- INMATEC GaseTechnologie**, 2024, Oxygen Generator PO Series, <https://www.inmatec.de/en/oxygen-po-series.html>
- Jeon, Y., Baranwal, P., Li, L., Piezer, K. and Seo, Y.**, 2023, Current understanding on biological filtration for the removal of microcystins. Chemosphere, 313, 137160.
- Kamstra, A., van der Heul, J.W. and Nijhof, M.**, 1998. Performance and optimization of trickling filters on eel farms. Aquacult. En g. 17, 1 75-192.
- Kartal, K. ve Özden, O.**, 2012, Kapalı Devre Sistemlerdeki Biyolojik Filtrasyon Sistemlerinin İncelenmesi, Bornova-İzmir.
- Kaya Y., Duyar H.A. ve Erdem M.E.**, 2004, Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, Cilt: 21 Sayı: 3-4 365-370 s.
- Kırmızı, M.Ş.**, 2010, Akışkan Yataklı Kum Filtreleri ile Yüzeysel Suların Arıtımında Optimum Şartların Araştırılması, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koçak, C.**, 2004, İzmir Körfezi'nin Farklı Bölgelerindeki Bazı Balık Çiftliklerinin Bentik Çeşitliliğe Etkilerinin Karşılaştırılması, Bornova-İzmir.
- Laswim**, 2024, Fluidized Sand Bed Biofilter with Large De-Nitrification Capacity, <https://laswimlss.en.made-in-china.com/product/GxLYbajvqgUP/China-Fluidized-Sand-Bed-Biofilter-with-Large-De-Nitrification-Capacity.html>
- Lazarova, V. and Manem, J.**, 1999, Application of UV disinfection in aquaculture. *Aquaculture Engineering*, 20(1), 29-39.
- Lekang, O. I.**, 2013, *Aquaculture engineering*. Wiley-Blackwell.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lepine, C., Redman, N., Murray, M., Lazado, C.C., Johansen, L.H., Espmark, A.M., Davidson, J. and Good, C.,** 2023, Assessing Peracetic Acid Application Methodology and Impacts on Fluidized Sand Biofilter Performance, *Hindawi Aquaculture Research*, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/6294325>
- Losordo, T.M., Masser, M.P. and Rakocy, J.E.,** 1999, Recirculating Aquaculture Tank Production Systems-A Review of Component Options. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication, 453:12.
- Masser, M. P., Rakocy, J. and Losordo, T. M.,** 2003, "Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: A Review of the Basic Principles." *Southern Regional Aquaculture Center*, Publication No. 450.
- Matkuling,** 2024, Aquaculture Plastic Tanks and Special Constructions, Aquaculture fish tanks, <https://matkuling.com/equipment/aquaculture-tanks/>
- Mitso,** 2024, <https://mitso.org.tr/tarim-ve-orman-mugla-il-muduru-saylak-ile-toprak-havuz-balik-ureticileri-mitsoda-bulustu-balikta-kdv-yuzde-8den-yuzde-1e-indirilsin>
- Nam, T. K., Timmons, M. B., Montemagno, C. D. and Tsukuda, S. M.,** 2000, Biofilm characteristics as affected by sand size and location in fluidized bed vessels. *Aquacultural engineering*, 22(3), 213-224.
- Naylor, R. L., Goldberg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J. and Troell, M.,** 2000, Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017-1024.
- Özden, O., Suzer, C. ve Şen, H.,** 2016, Kapalı Devre Sistemlerde Akuaponik Uygulamaları: Deniz Balıkları – Bitkisel Üretim Entegrasyonun Araştırılması, Bornova-İzmir.
- Özsoy, E.,** 2017, Ordu ilinde deniz kafeslerinde balık yetiştiriciliği için uygun alanların belirlenmesi (Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Öztürk, İ., Timur, H. ve Koşkan, U.,** 2005, Atıksu Arıtımının Esasları, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, 450s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pachaiappana, R., Cornejo-Poncea, L., Rajendranb, R. and Manavalanc, K.,** 2022, A review on biofiltration techniques: recent advancements in the removal of volatile organic compounds and heavy metals in the treatment of polluted water, 13(4) 8432–8477.
https://www.researchgate.net/figure/Typical-submerged-aerated-biofilter-setup-for-the-treatment-of-wastewater-129_fig5_359172127
- Researchgate,** 2024, <https://www.researchgate.net/publication/333240161/figure/fig2/AS:941896637640762@1601577066795/The-scheme-of-rotating-biological-contactor-used-in-the-study-Cema-et-al-2016.png>
- RK2 Systems,** 2019, Aquatic Life Support, https://www.rk2.com/images/fsfbf_photo_2.jpg
- Rodrigues, A. J. and Gregg, G. M.,** 1993, The use of UV light in aquaculture systems. *Aquaculture Research*, 24(7), 561-570.
- Schmit, C. G., Jahan, K., Debik, E. and Pattarkine, V.,** 2008, Activated Sludge and Other Aerobic Suspended Culture Processes.
- Sharma, R., Verma, N., Lugani, Y., Kumar, S., and Asadnia, M.,** 2021, Conventional and advanced techniques of wastewater monitoring and treatment. In Green sustainable process for chemical and environmental engineering and science, Elsevier, 1-48 pp.
- Sharrer, M., Taylor, A., Vinci, B. J. and Summerfelt, S. T.,** 2010, The cost and effectiveness of solids thickening technologies for treating backwash and recovering nutrients from intensive aquaculture systems. *Bioresource technology*, 101(17), 6630-6641.
- Smith, M.,** 2003, Biological filters for Aquaculture, L.S.Enterprises, USA.
- Smith, R., Johnson, K. and Wright, T.,** 2015, *Biological filtration technologies for wastewater treatment: Fluidized-sand biofilters*. Water Science and Technology, 71(4), 562-570.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- sswm.info**, 2024, https://sswm.info/sites/default/files/inline-images/TILLEY%20et%20al.%202014.%20Schematic%20cross-section%20of%20a%20trickling%20filter_0.png
- Stateofgreen**, 2023, RAS trout facility utilizing UV systems in Canada, <https://stateofgreen.com/en/solutions/ras-trout-facility-utilizing-uv-systems-in-canada/>
- Stein, L.Y. and Klotz, M.G.**, 2016, The nitrogen cycle. *Curr Biol.* 2016 Feb 8;26(3):R94-8. doi: 10.1016/j.cub.2015.12.021. PMID: 26859274.
- Summerfeld, S. and Timmons, M.**, 2000, Fluidized Sand Biofilters, Ithaca-New York.
- Summerfelt, S. T. and Cleasby J. L.**, 1996, A review of hydraulics in fluidized-bed biological filters. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers* 39:1161–1173.
- Summerfelt, S. T. and Hochheimer, J. N.**, 1997, "Water quality management in recirculating aquaculture systems."
- Summerfelt, S. T. and Hochheimer, J. N.**, 1997, Ozone use in aquaculture. *Aquaculture*, 155(1-4), 159-170.
- Summerfelt, S. T. and Wade. E. M.**, 1998, Fluidized-sand biofilters installed at two farms. *Recirc Today* 1(1):18–21.
- Summerfelt, S. T.**, 1999, Waste handling systems. Pages 309–350 *in* E. H. Bartali and F. Wheaton, editor. *CIGR handbook of agricultural engineering, volume II: animal production and aquacultural engineering.* American Society of Agricultural Engineers, Saint Joseph, Michigan.
- Summerfelt, S. T.**, 2003, UV treatment in aquaculture systems. *Aquaculture Science*, 15(3), 23-34.
- Summerfelt, S. T., Seawright, D. E. and Webb, K. L.**, 1997, Ozone treatment in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 16(1-2), 1-20.
- Tacon, A.G.J.**, 1996, Global trends in Aquaculture and aquafeed production. *Fao/Globefish Reasearch Programme Report.* ROME.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tacon, A.G.J.**, 1999, Trends in global Aquaculture and aquafeed production: 1984-1996. Highligts., In: Aquaculture feed manufacturing Practice within the Mediterranean Region. Organized by CIHEAM in March 25-27, Zaragoza.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D. and Tsuchihashi, R.**, 2003, *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill Education.
- TEPGE**, (2023), Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü
- Tezel, R. ve Güllü, K.**, 2017, Toprak Havuzlarda Deniz Balıkları Üretimi Yapan İşletmelerin Sürdürülebilirliklerinin Sağlanması Üzerine Bir Araştırma, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 48000, Kötekli, Muğla, Türkiye
- Timmons, M. B. and Ebeling, J. M.**, 2010, *Recirculating aquaculture*. Cayuga Aqua Ventures.
- Timmons, M. B. and Ebeling, J. M.**, 2013, *Recirculating aquaculture systems* (3rd ed.). Cayuga Aqua Ventures, Inc.
- Timmons, M. B. and Summerfelt, S. T.**, 1998, Application of fluidized-sand biofilters. Pages 342–354 in G. S. Libey and M. B. Timmons, editors. The second international conference on recirculating aquaculture. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.
- Timmons, M. B.**, 2002, "Recirculating Aquaculture Systems." *CABI Publishing*.
- Timmons, M. B., Helwig, N. and Summerfelt, S. T.**, 2000, The Cyclone sand biofilter: a new design concept and field evaluation. In *Proceedings of the Third International Conference on Recirculating Aquaculture*. Virginia Polytechnic Institute and State University, Roanoke, VA (pp. 222-226).
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)**, 2024, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2023, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684>
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)**, 2024, Merkezi Dağıtım sistemi, Su Ürünleri İstatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Undercurrentnews**, 2023, <https://www.undercurrentnews.com/wp-content/uploads/2023/10/Screenshot-2023-10-31-at-10.22.46-e1698748202247.png?x66111>
- UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs)**, 2012, International Decade for Action “Water for Life” 2005-2015, World Water Development Report 4. World Water Assessment Programme (WWAP), March 2012, <https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- Van Wyk, P.M.**, 2015, Chapter 4 – Principles of System Design -59 - Chapter 4 Principles of Recirculating System Design, https://www.researchgate.net/figure/Two-types-of-bead-filters-Bubble-washed-Bead-Filter-Propeller-washed-Bead-Filter_fig5_268380833
- Wedemeyer, G. A.**, 1996, Physiology of fish in intensive culture. International Thompson Publishing, New York.
- Wedemeyer, G. A.**, 1996, UV sterilization and its applications in aquaculture. *Aquaculture*, 146(1-3), 105-116.
- Wikipedia**, 2024, Dalyan (Balıkçılık), [https://tr.wikipedia.org/wiki/Dalyan_\(bal%C4%B1k%C3%A7%C4%B1%C4%B1k\)#/media/Dosya:Dalyan_near_Kaunos.JPG](https://tr.wikipedia.org/wiki/Dalyan_(bal%C4%B1k%C3%A7%C4%B1%C4%B1k)#/media/Dosya:Dalyan_near_Kaunos.JPG)
- Winwinpool**, 2024, CF 200 Cartridge filters emaux, <https://www.winwinpoolshop.com/en/product/18664-13904/cf200-cartridge-filters-emaux>
- Yüzhavuz**, 2024, https://www.yuzhavuz.com.tr/images/azuro/scheme_sand_filtr_tr.jpg

TEŞEKKÜR

Tanıştığımız günden beri bana her konuda yardımcı olan, yol gösteren ve destekleyen başta değerli danışmanım ve hocam, Sayın Prof. Dr. Halil ŞEN'e,

Üniversitenin ilk gününden beri bilgi ve tecrübesiyle her daim bana destek olan dostum Dr. Oğuzhan TAKICAK'a

Tezimin her aşamasında desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan kardeşim Emre TÜZÜN'e süreç boyunca hep yanımda olan Funda TÜZÜN'e

Her zaman yanımda olan desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen eşim Merve DİNÇ TÜZÜN'e

Yorulduğumu her gördüğünde beni motive eden kuzenim Dr. Yiğit Cengiz ÜNSAL'a

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini eksik etmeyen babam Hakkı TÜZÜN'e ve annem Nurdan TÜZÜN'e en içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

07 / 01 / 2025

Gökmen TÜZÜN

ÖZGEÇMİŞ

Gökmen TÜZÜN ilk ve orta öğrenimini İzmir’de tamamladı. 2009 yılında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde lisans eğitimine başladı ve 2020 yılında mezun oldu. İmalat sektöründe meslek hayatına devam ederken 2021 yılında E.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yetiştiricilik Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisansa başladı. 2025 yılında mezun olup meslek hayatına İzmir’de devam etmektedir.

